

환경영향의 합리적 예측 평가를 위한 기법 연구

2002.12

김 지 영 , 김 영 현 , 권 영 한
김 시 현 , 노 태 호 , 맹 준 호
박 영 민 , 송 영 일 , 유 헌 석
이 수 재 , 이 영 수 , 이 영 준
이 현 우 , 전 인 수 , 정 흥 락
조 광 우 , 조 승 현 , 주 현 수
최 상 기 , 최 재 용 , 최 준 규
주 용 준 , 박 영 재 , 박 준 철
서 성 철 , 이 정 현 , 채 민 정



서 언

지난 20년간 환경영향평가제도가 운영되면서 지속적인 개선 노력이 있었지만 환경영향평가서의 작성 기능에 대한 의문이 늘 제기되어 왔습니다. 평가서 작성이 충실하지 않은 것에는 평가서를 작성하는 작성자와 사업자와의 관계에도 원인이 있지만 평가기법의 연구가 수행되지 않음에 따라 평가서 작성을 위한 충실한 지침서로 활용할 수 있는 자료가 없기 때문이기도 합니다. 이제까지는 구체적인 사항들이 분야별 기술적인 면에서 검토되지 않은 규정을 근거로 평가서를 작성하였기 때문에 실무적인 분야별 평가기법으로 활용할 수 있는 사항은 별로 없었고 기술적인 타당성을 갖추었는지에 대한 의문이 늘 제기되었던 것입니다. 이번의 환경영향의 합리적 예측평가를 위한 기법 연구를 통해서 환경영향을 충실히 검토할 수 있는 토대가 처음으로 갖추어지게 되었습니다. 특히 사업 대상지역에 대한 기본적인 현황자료를 조사하고 작성하는 과정에 대한 부실작성 논란은 이번 연구결과를 활용함으로써 해결이 가능하게 되었습니다.

「환경영향의 합리적 예측평가를 위한 기법 연구」는 2002년에 시작하여 2006년까지 환경영향평가와 관련하여 필요로 하는 다양한 주제를 가지고 연구를 수행할 예정입니다. 제1차년도인 2002년에는 지금까지 논의되어 오고 활용되어 온 기법들을 검토하고 정리, 제안하는 것을 일차적 목적으로 삼았습니다. 금년의 연구결과를 토대로 환경영향평가서 작성지침의 개발이 가능하며 환경영향평가서 작성자들이 활용함으로써 개발사업의 환경영향평가서 작성수준을 실질적으로 한 단계 높일 수 있게 되었습니다. 이번 연구에서는 특히 분야별 전문가들의 전문지식을 수용 조절함으로써 현재 갖출 수 있는 최대한의 학문적 충실성을 만족시킬 수 있도록 노력하였습니다.

이번 연구에는 매우 많은 분야의 연구자들이 함께 참여하여 종합적인 연구를 시행하였으며 다양한 분야의 연구가 동시에 진행됨에 따라 연구 내용이나 형태 등에서 통일성을 유지하기 어려운 점들이 있었습니다. 이러한 다양한 분야별 연구

를 분담하여 수고해주신 환경영향평가부의 연구원들과 연구 내용에 대한 자문의
견을 제시해주신 우리원 내외의 여러 연구자들의 충고에 감사드립니다. 아울러 본
연구의 내용은 본 연구원의 공식견해가 아닌 연구자 개인의 의견임을 밝혀드립니
다.

2002년 12월
한국환경정책·평가연구원
원장 윤 서 성

국 문 요 약

환경영향평가서 작성의 충실도를 높이기 위해서는 환경에 대한 현황조사, 예측, 평가 등에 대한 다양하고도 합리적인 기법들의 개발이 필요하여 본 연구를 수행하게 되었다. 이 연구는 2002년도부터 2006년도까지 5개년 계획으로 추진중이며 올해는 1차년도 연구를 수행하였다. 2002년도는 내실있는 평가서 작성을 위한 기본 토대 구축을 목표로 하여 '환경영향의 합리적 예측 평가를 위한 기법연구'로 수행하였다.

이번 연구에서는 환경영향평가서의 주요 분야에 대한 평가 방향, 범위, 방법, 예측방법 등을 분석하였고 각 주요 항목별로 현황조사, 영향예측, 저감방안 등에 대한 분석 및 방법론을 제안하였다. 자연환경분야는 현황조사의 방법론, 생활환경분야는 현황 및 작성방법, 측정 및 예측 등의 방법에 대해 중점적으로 검토하여 평가기법을 연구하였고 경제성 분석에 대한 개념적인 접근을 시도 제안하였다.

항목별로 현행 작성과정에서 발생하는 문제점을 중심으로 개선방안을 모색하였다. 지형·지질 분야에서는 공사와 관련된 기술적 사항에 초점이 맞추어져 있던 기존의 평가 방향을 보존가치가 있는 지형·지질의 보호 방안 및 지형훼손을 저감할 수 있는 방안들에 대한 사항들이 취급되었다. 동·식물상 분야에서는 세부조사 분야를 체계화하고 용어를 통일하며 조사범위를 대상에 따라 다양화하였다. 객관적인 조사를 위한 기준을 제시하고 생태계 영향에 대해 종합적으로 고려할 수 있는 방안들을 검토하였으며, 녹지자연도 등급에 대한 문제들을 포함하여 검토하였다. 해양분야에서는 기존 평가서 상의 문제점들을 분석하고 평가서 작성을 위한 조사시기, 방법, 조사 항목들을 포함한 방법론을 제안하였다.

토지이용 분야에서는 용도, 개발 관련 계획간의 상호 관계, 입지 용이성 등에 대한 자료들을 제시하도록 요청하였다. 대기질 분야에서는 대기질이 중요한 영향을 미치는 사업들을 중점으로 대기오염물질 발생량, 대기확산 영향 등을 검토하는 방법들을 제안하였다. 수질 분야에서는 수질 현황자료 작성상의 문제점과 예측 방

법론들을 구체적인 항목에 대해 검토하여 개선된 방법론들을 제시하였다. 폐기물 분야에서는 발생 원단위의 확보 및 적용 방안을 검토하여 개선된 방법론들을 제시하였다. 폐기물 분야에서는 발생 원단위의 확보 및 적용방안을 검토 제안하였고 폐기물 관련 사업의 평가과정을 검토하였다. 소음·진동 분야에서는 현장 조사결과에 대한 문제점들을 분석하고 개선된 방법론들을 제시하였다. 위락·경관 분야에서는 경관예측기법 및 작성 현황을 검토하여 경관영향평가절차, 예측 방법 등을 정리 제안하였다. 경제성 분야에서는 사업으로 인한 물리적 환경변화와 이와 관련된 사회 인간에 대한 영향을 화폐가치로 추정하는 방법을 개략적으로 정리 제시하였다.

분야별로 평가서 작성 현황을 분석하고 개선된 평가기법을 제시함으로서 각종 개발사업으로 인해 환경에 미치는 영향을 정량화하고 계통적으로 분석하여 이를 최소화할 수 있는 방법들이 제안되었다. 개선된 방법론들은 환경영향평가서 작성에 직접적으로 영향을 주어 실질적인 평가서 작성의 질을 향상시킬 수 있고 나아가서 개발사업이 환경적으로 건전하고 지속가능한 방법으로 진행될 수 있도록 해 줄 것이다. 향후 통합적인 평가 방법에 대한 연구, 사업별 특성에 따른 평가 기법 등의 개발이 필요할 것이다.

차 례

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구 범위 및 방법	2
제2장 환경영향평가서 분야별 평가 및 작성기법	4
1. 지형·지질	4
1.1 지형·지질 항목의 전반적 고찰	5
1.2 현황 조사	7
1.2.1 조사항목	8
1.2.1.1 지형 현황	9
1.2.1.2 지질 현황	11
1.2.1.3 보전가치가 있는 지형·지질의 현황	13
1.2.1.4 특이한 자연현상	19
1.2.1.5 토양 현황	20
1.2.1.6 토질 현황	21
1.2.1.7 지반 현황	22
1.2.1.8 지표수 및 지하수 현황	24
1.2.1.9 광구 및 광물자원 개발 현황	25
1.2.1.10 지하 매장물 현황	26
1.2.1.11 해저시설물 현황	27
1.2.1.12 기존 유사사례의 현황	27
1.2.1.13 기타 현황	28
1.2.2 조사범위	28
1.2.3 조사방법	29
1.2.3.1 조사 기간과 빈도	30
1.2.3.2 조사 장비	30
1.2.4 조사결과의 제시 방법	30

1.3 영향예측	31
1.3.1 영향예측 항목	31
1.3.1.1 지형변화의 예측	31
1.3.1.2 보존가치가 있는 지형·지질에 대한 영향 예측	35
1.3.1.3 특이 자연현상에 미치는 영향 예측	35
1.3.1.4 토공량 규모에 따른 영향 예측	36
1.3.1.5 재료 소요량에 따른 영향 예측	40
1.3.1.6 토양 변화로 인한 영향 예측	41
1.3.1.7 지질 변화로 인한 영향 예측	42
1.3.1.8 토질 변화로 인한 영향 예측	43
1.3.1.9 지반 변화로 인한 영향 예측	43
1.3.1.10 광산 주변 개발시 영향 예측	46
1.3.1.11 시추로 인한 영향예측	47
1.3.1.12 기타 영향의 예측	47
1.3.2 영향이 미치는 범위의 산정	48
1.3.3 영향예측 방법	48
1.3.4 영향예측시 고려할 사항	48
1.3.4.1 지형개변 규모의 적정성 검토	49
1.3.4.2 지반안정성 검토	50
1.3.4.3 토양에 대한 영향 평가	50
1.3.4.4 토질에 대한 영향 평가	51
1.4 저감방안	51
1.4.1 원형보전 방안	52
1.4.2 지형훼손의 저감	52
1.4.2.1 대절토 발생지역	53
1.4.2.2 고성토 발생지역	55
1.4.3 지질재해의 저감	56
1.5 토의	56
2. 동·식물상	58

2.1 현황조사	58
2.1.1. 조사분야	59
2.1.1.1 현황 및 문제점	59
2.1.1.2 개선방안	60
2.1.2 조사범위	63
2.1.2.1 현황 및 문제점	63
2.1.2.2 개선방안	64
2.1.3 식물상 목록정리	66
2.1.3.1 현황 및 문제점	66
2.1.3.2 개선방안	67
2.1.4 도시화 지수, 양치식물 계수, 생활형 스펙트럼	68
2.1.4.1 현황 및 문제점	68
2.1.4.2 개선방안	69
2.1.5 노거수, 보호수, 천연기념물(독립 노거수)	71
2.1.5.1 현황 및 문제점	71
2.1.5.2 개선방안	72
2.1.6 현존식생도	72
2.1.6.1 현황 및 문제점	72
2.1.6.2 개선방안	74
2.1.7 녹지자연도	74
2.1.7.1 현황 및 문제점	74
2.1.7.2 개선방안	77
2.1.8 식물현존량	84
2.1.8.1 현황 및 문제점	84
2.1.8.2 개선방안	84
2.1.9 식생조사법	85
2.1.9.1 현황 및 문제점	85
2.1.9.2 개선방안	86
2.1.10 포유류	86

2.1.10.1 현황 및 문제점	86
2.1.10.2 개선방안	87
2.1.11 조류	89
2.1.11.1 현황 및 문제점	89
2.1.11.2 개선방안	91
2.1.12 양서류	98
2.1.12.1 현황 및 문제점	98
2.1.12.2 개선방안	99
2.1.13 파충류	101
2.1.13.1 현황 및 문제점	101
2.1.13.2 개선방안	102
2.1.14 곤충류	103
2.1.14.1 현황 및 문제점	103
2.1.14.2 개선방안	105
2.1.15 어류	109
2.1.15.1 현황 및 문제점	109
2.1.15.2 개선방안	110
2.1.16 저서성 대형무척추동물	113
2.1.16.1 현황 및 문제점	113
2.1.16.2 개선방안	115
2.1.17 플랑크톤 및 부착조류	116
2.1.17.1 현황 및 문제점	116
2.1.17.2 개선방안	118
2.1.18 담수생태계	124
2.1.18.1 현황 및 문제점	124
2.1.18.2 개선방안	125
2.1.19 습지	128
2.1.19.1 현황 및 문제점	128
2.1.19.2 개선방안	128

2.2 영향예측	129
2.2.1 식물상	129
2.2.1.1 현황 및 문제점	129
2.2.1.2 개선방안	130
2.2.2 보호수, 노거수, 천연기념물(노거수)	131
2.2.2.1 현황 및 문제점	131
2.2.2.2 개선방안	132
2.2.3 식생 및 녹지자연도	132
2.2.3.1 현황 및 문제점	132
2.2.3.2 개선방안	133
2.2.4 동물상	133
2.2.4.1 현황 및 문제점	133
2.2.4.2 개선방안	134
2.2.5 미소 생물상(플랑크톤 및 부착조류)	138
2.2.5.1 현황 및 문제점	138
2.2.5.2 개선방안	139
2.2.6 주요생물종	140
2.2.6.1 현황 및 문제점	140
2.2.6.2 개선방안	140
2.2.7 생태계	140
2.2.7.1 현황 및 문제점	140
2.2.7.2 개선방안	141
2.3 저감방안	141
2.3.1 식물상	141
2.3.1.1 현황 및 문제점	141
2.3.1.2 개선방안	142
2.3.2 보호수, 노거수, 천연기념물(노거수)	143
2.3.2.1 현황 및 문제점	143
2.3.2.2 개선방안	144

2.3.3	식생 및 녹지자연도	144
2.3.3.1	현황 및 문제점	144
2.3.3.2	개선방안	144
2.3.4	육상동물	145
2.3.4.1	현황 및 문제점	145
2.3.4.2	개선방안	145
2.3.5	어류, 저서성 대형무척추동물, 플랑크톤 및 부착조류	148
2.3.5.1	현황 및 문제점	148
2.3.5.2	개선방안	149
2.3.6	주요 생물종	150
2.3.6.1	현황 및 문제점	150
2.3.6.2	개선방안	150
2.3.7	생태계	151
2.3.7.1	현황 및 문제점	151
2.3.7.2	개선방안	151
2.4	기타 개선사항	151
2.4.1	동·식물상 항목의 명칭	151
2.4.1.1	현황 및 문제점	151
2.4.1.2	개선방안	152
2.4.2	주요 생물종의 선정	153
2.4.2.1	현황 및 문제점	153
2.4.2.2	개선방안	153
2.4.3	동·식물상 항목의 평가서 작성 목차	154
2.4.3.1	현황 및 문제점	154
2.4.3.2	개선방안	154
2.4.4	전문가조사 강화 방안	156
2.4.4.1	현황 및 문제점	156
2.4.4.2	개선방안	157
2.4.5	생물표본확보	157

2.4.5.1	현황 및 문제점	157
2.4.5.2	개선방안	158
2.4.6	생태계영향평가 기법의 발전 방향	158
2.4.6.1	현황 및 문제점	158
2.4.6.2	개선방안	159
2.5	토의	160
3.	해양환경	162
3.1	현황조사	163
3.1.1	현황 및 문제점	163
3.1.1.1	해양동·식물상 조사	163
3.1.1.2	해양수질 및 저질 조사	172
3.1.1.3	해양물리조사	181
3.1.2	개선방안	186
3.1.2.1	해양동·식물 현황조사	186
3.1.2.2	해양수질 및 저질 현황조사	194
3.1.2.3	해양물리현황조사	198
3.2	영향예측	204
3.2.1	현황 및 문제점	204
3.2.1.1	해양동·식물상 영향예측	205
3.2.1.2	수치모형실험을 통한 영향예측	205
3.2.2	개선방안	209
3.2.2.1	해양동·식물상 영향예측	209
3.2.2.2	수치모형실험을 통한 영향예측	209
3.3	저감방안	215
3.3.1	현황 및 문제점	215
3.3.2	개선방안	215
3.3.2.1	공사시 저감방안	216
3.3.2.2	이용시 저감방안	217
3.4	토의	218

4. 수리·수문	222
4.1 현황조사	222
4.1.1 현황 및 문제점	222
4.1.2 개선방안	222
4.2 영향예측	223
4.2.1 현황 및 문제점	223
4.2.2 개선방안	223
4.3 저감방안	235
4.3.1 현황 및 문제점	235
4.3.2 개선방안	235
4.3.2.1 우수배제계획의 수립	235
4.3.2.2 수로차단에 대한 대책 마련	235
4.3.2.3 하천이설시 대책 마련	236
4.4 토의	236
5. 토지이용	238
5.1 현황조사	238
5.1.1 현황 및 문제점	238
5.1.1.1 지구현황분석도	238
5.1.1.2 상위 및 관련 계획의 반영	239
5.1.2 개선방안	239
5.1.2.1 지구현황분석도	239
5.1.2.2 상위 및 관련 계획의 반영	240
5.2 영향예측	240
5.2.1 현황 및 문제점	240
5.2.1.1 상위계획과의 연계성 검토	240
5.2.1.2 주변 토지이용의 변화	241
5.2.2 개선방안	241
5.2.2.1 상위계획과의 연계성 검토	241
5.2.2.2 주변 토지이용의 변화	242

5.3 저감방안	243
5.3.1 현황 및 문제점	243
5.3.1.1 녹지 및 공원확보	243
5.3.1.2 지형을 고려한 개발	243
5.3.1.3 불투수면적의 최소화	245
5.3.1.4 친수환경의 조성	245
5.3.2 개선방안	246
5.3.2.1 녹지 및 공원확보	246
5.3.2.2 지형을 고려한 개발	250
5.3.2.3 불투수면적의 최소화	251
5.3.2.4 친수환경의 조성	252
5.4 토의	253
6. 대기질	255
6.1 현황조사	256
6.1.1 현황조사 및 문제점	256
6.1.1.1 대기질 현황측정	256
6.1.1.2 상층기상 측정	258
6.1.2 개선방안	264
6.1.2.1 대기질 현황측정	264
6.1.2.2 상층기상 측정	266
6.2 영향예측	267
6.2.1 현황 및 문제점	267
6.2.2 개선방안	271
6.2.2.1 대상사업별 발생 예상 대기오염물질 종류	271
6.2.2.2 대기오염물질 발생량 산정 방법	272
6.2.2.3 모델링 방법	284
6.2.2.4 스크리닝 모델	287
6.2.2.5 유동특수현상	289
6.3 저감대책	293

6.3.1 현황 및 문제점	293
6.3.2 개선방안	294
6.3.2.1 공사시	294
6.3.2.2 운영시	297
6.4 토의	302
7. 수질	304
7.1 현황조사	304
7.1.1 현황 및 문제점	304
7.1.2 개선방안	309
7.2 영향예측	314
7.2.1 현황 및 문제점	314
7.2.1.1 토사유출량 산정	314
7.2.1.2 공사시 오수발생량 및 오염부하량	318
7.2.1.3 공사시 오염발생량이 수용하천에 미치는 영향	320
7.2.1.4 이용시 오염부하량	321
7.2.1.5 이용시 발생오염량이 수용하천에 미치는 영향	326
7.2.2 개선방안	326
7.2.2.1 토사유출량 산정	326
7.2.2.2 공사시 오수발생량 및 오염부하량	338
7.2.2.3 공사시 오염발생량이 수용하천에 미치는 영향	341
7.2.2.4 이용시 오염부하량	342
7.2.2.5 이용시 발생오염량이 수용하천에 미치는 영향	344
7.3 저감 방안	345
7.3.1 현황 및 문제점	345
7.3.2 개선방안	349
7.3.2.1 토사유출 방지대책	349
7.3.2.2 공사시 오수처리대책	350
7.3.2.3 지하수오염의 저감대책	352
7.3.2.4 이용시 용수공급계획	353

7.3.2.5 오·폐수처리계획	353
7.3.2.6 오·폐수 재이용	354
7.4 토의	356
8. 폐기물	358
8.1 현황조사	359
8.2 영향예측 및 저감방안	359
8.2.1 현황	359
8.2.1.1 공사시	360
8.2.1.2 운영시	376
8.2.2 문제점 및 개선방안	392
8.2.2.1 도시개발, 산업단지, 관광지조성사업	392
8.2.2.2 소각시설	394
8.2.2.3 폐기물매립시설	395
8.3 토의	416
9. 소음·진동	419
9.1 현황조사	419
9.1.1 현황 및 문제점	420
9.1.1.1 현황조사	420
9.1.1.2 환경목표기준	420
9.1.2 개선방안	434
9.1.2.1 현황조사	434
9.1.2.2 환경목표기준	435
9.2 영향예측	436
9.2.1 현황 및 문제점	436
9.2.1.1 일반공사시 영향예측	436
9.2.1.2 발파공사시 영향예측	436
9.2.1.3 운영시 영향예측	442
9.2.2 개선방안	453
9.2.2.1 일반공사시 영향예측	453

9.2.2.2	발파공사시 영향예측	453
9.2.2.3	운영시 영향예측	453
9.3	저감방안	454
9.3.1	현황 및 문제점	454
9.3.1.1	일반공사시 저감방안	454
9.3.1.2	발파공사시 저감방안	456
9.3.1.3	운영시 저감방안	458
9.3.2	개선방안	465
9.3.2.1	일반공사시 저감방안	465
9.3.2.2	발파공사시 저감방안	466
9.3.2.3	운영시 저감방안	466
9.4	토의	467
10.	위탁 · 경관	469
10.1	현황조사	469
10.1.1	현황 및 문제점	469
10.1.1.1	경관특성의 파악	469
10.1.1.2	경관현황 및 분석도	470
10.1.1.3	조망점의 선정	471
10.1.2	개선방안	471
10.1.2.1	경관특성의 파악	471
10.1.2.2	경관현황 및 분석도	473
10.1.2.3	조망점의 선정	475
10.2	영향예측	476
10.2.1	현황 및 문제점	476
10.2.1.1	경관예측 기법의 선정	477
10.2.1.2	정량적 · 정성적 평가	477
10.2.1.3	저감방안에 관한 효과 분석	478
10.2.1.4	경관영향 예측 과정의 체계화	478
10.2.2	개선방안	479

10.2.2.1	경관예측 기법의 선정	479
10.2.2.2	정량적·정성적 평가	486
10.2.2.3	저감방안에 관한 효과 분석	488
10.2.2.4	경관영향 예측 과정의 체계화	489
10.3	저감방안	504
10.3.1	현황 및 문제점	504
10.3.1.1	경관을 고려한 입지선정	504
10.3.1.2	스카이라인의 보존	505
10.3.1.3	조망권의 확보	505
10.3.1.4	생태복원녹화	505
10.3.2	개선방안	506
10.3.2.1	경관을 고려한 입지선정	506
10.3.2.2	스카이라인의 보존	507
10.3.2.3	조망권의 확보	508
10.3.2.4	생태복원녹화	508
10.4	토의	510
11.	경제성 평가	512
11.1	정의	512
11.2	범위	512
11.3	기능	513
11.4	경제성 분석을 둘러싼 쟁점 사항	514
11.4.1	자료의 유무 및 신뢰성	514
11.4.2	추가환경비용	514
11.4.3	적용시기	515
11.4.4	적용우선사례	515
11.5	향후과제	516
제3장	결론	517
참고문헌		523

표 차 례

<표 1-2> 환경영향평가서의 보전가치 지형·지질에 대한 평가 여부	6
<표 1-3> 환경영향평가서에 제시된 지형·지질항목 작성자의 전공분야	7
<표 1-4> 지형·지질 항목의 현황 조사항목	7
<표 1-5> 각국의 지형·지질 항목 평가내용	10
<표 1-6> 지형·지질에 대한 국내 관련법령	14
<표 1-7> 국제협약에 표현된 보전가치가 있는 지형·지질	15
<표 1-8> 지형·지질 관련자료	17
<표 2-1> 조사분야 및 세부조사내용	61
<표 2-2> 동·식물상에서 개선되어야 할 용어들	62
<표 2-3> 선형 사업지역에서 동·식물상의 조사범위	65
<표 2-4> 면적 사업지역에서 동·식물상의 조사범위	66
<표 2-5> 식생도의 구분과 종류	73
<표 2-6> 녹지자연도 등급 사정기준	76
<표 2-7> 녹지자연도 등급 사정기준 - 수정안	78
<표 2-8> 녹지자연도 판정표	79
<표 2-9> 우점도(피도) 계급을 이용한 구성비율의 판정시 주의사항	80
<표 2-10> 아교목성과 관목성 구성비율 계산시 배제되어야 할 식물	81
<표 2-11> 귀화식물을 제외한 대표적인 외지식물	81
<표 2-12> 상관조사에 의한 녹지자연도와 녹지자연도 7,8,9등급 판정표에 의한 녹지자연도의 분석결과	82
<표 2-13> 식생보전등급기준	83
<표 2-14> 각 구획별 조류목록(200X년 조사) (안)	94
<표 2-15> 법적보호종 및 특정종의 서식상황	95
<표 2-16> 과거의 조사자료	98
<표 2-17> 총질소, 총인, 클로로필-a 양과 투명도에 의한 영양도의 구별	122
<표 2-18> OECD가 제시한 총인, 엽록소-a량과 투명도에 의한 영양도의	

판정	122
<표 2-19> 부영양화지수(TSI)를 이용한 수체(호소)의 부영양화도 판정표	124
<표 2-20> 서식환경 현지조사표	126
<표 2-21> 사업으로 인하여 영향을 받을 것으로 예측되는 종의 보전대책 및 보전수준	136
<표 2-22> 평가서 작성시 동·식물상 목차 및 구성내용	155
<표 3-1> 해양동·식물상의 조사정점 및 항목의 현황	165
<표 3-2> 해양동·식물상 조사방법의 현황	169
<표 3-3> 해양동·식물상 조사결과의 현황	172
<표 3-4> 해양수질 조사의 현황	174
<표 3-5> 해양저질 조사의 현황	179
<표 3-6> 해양동·식물상 영향예측의 현황	206
<표 4-1> 유역면적(A)와 평균경사도(S)에 따른 적용방안	226
<표 4-2> 유역면적(A)과 유로길이(L)에 따른 적용방안	226
<표 4-3> 사업면적(A ₁)와 절토량(Q _s)에 따른 적용방안	227
<표 4-4> 도시하천유역에 대한 도달시간 공식	228
<표 4-5> 자연하천유역에 대한 도달시간 공식	229
<표 4-6> 합리식의 평균유출계수(C)의 범위(도시 및 농경지역)	230
<표 4-7> 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정	231
<표 4-8> 여유고 산정기준	232
<표 4-9> 제정폭 산정기준	232
<표 4-10> 재해영향평가 대상사업	233
<표 6-1> 부지기상 및 상층기상을 측정하여야 하는 사업	266
<표 6-2> 택지개발사업에 대한 보완요청의견 분석	269
<표 6-3> 산업단지 조성사업에 대한 보완요청의견 분석	269
<표 6-4> 소각장 및 발전소에 대한 보완요청의견 분석	270
<표 6-5> 도로건설사업에 대한 보완요청의견 분석	270
<표 6-6> 기타 사업에 대한 보완요청의견 분석	271
<표 6-7> 입자크기계수	273

<표 6-8> 변수들의 적용 한계범위	273
<표 6-9> 입자크기에 따른 배출계수	274
<표 6-10> 변수들의 적용 한계범위	274
<표 6-11> 입자크기에 따른 배출계수	275
<표 6-12> 변수들의 적용 한계범위	275
<표 6-13> 공사장비 연료사용으로 인한 NO ₂ 발생량	277
<표 6-14> 연료별 오염물질 배출계수	278
<표 6-15> LSWR의 대기오염물질 배출계수	281
<표 6-16> 난방에 의한 LNG 수요량 산정 사례	282
<표 6-17> 취사에 의한 LNG 수요량 산정	283
<표 6-18> 난방 및 취사에 따른 대기오염물질 배출량 산정 사례	283
<표 6-19> 자동차 배출계수	284
<표 6-20> 살수차량 운영계획 예	295
<표 7-1> 하천 수질 환경기준	306
<표 7-2> 호수수질 환경기준	307
<표 7-3> 먹는물 수질기준	310
<표 7-4> 대상사업별 지하수 수질 조사항목	314
<표 7-5> 토지이용별 유출계수의 표준치	315
<표 7-6> 유입시간의 평균치	316
<표 7-7> 지표상태에 따른 토사유출량 원단위	317
<표 7-8> 공사금액별 현장사무소 등의 규모	319
<표 7-9> 건축용도별 오수발생 원단위	319
<표 7-10> 급수량 원단위(건축면적기준)	322
<표 7-11> 단위 바닥면적당 사용수량	322
<표 7-12> 건축물의 용도별 오수발생량 산정기준	323
<표 7-13> 유역면적(A)와 평균경사도(S)에 따른 적용방안	329
<표 7-14> 유역면적(A)과 유로길이(L)에 따른 적용방안	330
<표 7-15> 사업면적(A ₁)와 절토량(Q _s)에 따른 적용방안	330
<표 7-16> 도시하천유역에 대한 도달시간 공식	331

<표 7-17> 자연하천유역에 대한 도달시간 공식	332
<표 7-18> 합리식의 평균유출계수(C)의 범위(도시 및 농경지역)	333
<표 7-19> 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정	334
<표 7-20> 작물관리인자(C, 무차원)	337
<표 7-21> 토양보존관리인자 (P, 무차원)	337
<표 7-22> 건설현장 토양침식인자 - VM	338
<표 7-23> 오수발생량 원단위	340
<표 7-24> 각종 오수의 탈산소계수(k)	342
<표 7-25> 예측방법 선정기준	345
<표 7-26> 오수처리시설 및 단독 정화조의 방류수수질기준	351
<표 7-27> 방류수 수질기준	354
<표 7-28> 중수도 공급방식의 분류	355
<표 7-29> 중수도의 수질기준	356
<표 8-1> 장비별 오일 용량 및 교체시기	362
<표 8-2> 장비별 주연료량	363
<표 8-3> 장비별 주연료에 대한 잡품비	363
<표 8-4> 수간의 단위체적당 중량	367
<표 8-5> 수목지하부의 토양단위중량	367
<표 8-6> 기관별 임목폐기물량 분배비	367
<표 8-7> 임목폐기물의 지상부 원단위	368
<표 8-8> A송전선로사업의 공사시 임목폐기물 발생량	368
<표 8-9> 가옥형태별 폐기물 기준	369
<표 8-10> 지장물 발생량 원단위	370
<표 8-11> 건축폐기물 발생원단위(해체 공사)	370
<표 8-12> 건설폐기물 발생량 원단위	371
<표 8-13> 건설폐재 재활용 목표율	372
<표 8-14> B저밀도아파트재건축사업의 폐석면 발생량	373
<표 8-15> 생활폐기물 원단위	377
<표 8-16> 생활폐기물 원단위	378

<표 8-17> 봉명A 토지구획정리사업의 운영시 생활폐기물 발생량	380
<표 8-18> 전주B 택지개발사업의 운영시 생활폐기물 발생량	381
<표 8-19> 화성C 택지개발사업의 운영시 생활폐기물 발생량	382
<표 8-20> 남양주 D택지개발사업의 운영시 생활폐기물 발생량	383
<표 8-21> 자동차 관련시설에서 발생하는 지정폐기물 원단위	384
<표 8-22> 협잡물 및 침사물 발생량 산출 기준	388
<표 8-23> 고양시 A골프장의 폐기물발생량 비교	390
<표 8-24> 인천 A골프장의 폐잔디 발생량	391
<표 8-25> 휴게소 발생 폐기물 성상비 및 발생량	392
<표 8-26> 입지의 적정성 검토사항	396
<표 8-27> 후보지 선정시 고려사항	397
<표 8-28> 입지배제기준	398
<표 8-29> OO시 입지배제기준	399
<표 8-30> 최적 후보지 선정기준	400
<표 8-31> 최적 후보지 선정 항목별 배점표	401
<표 8-32> 미국환경처에서 발간된 매립지 관련편람에 의한 입지선정절차	404
<표 8-33> 외국의 폐기물 처리시설 입지요인 및 배제기준	405
<표 8-34> ISC3 (Industrial Source Complex Model version 3)의 개요	408
<표 8-35> INPUFF(INTe grated PUFF version 2.5) Model의 개요	410
<표 9-1> 환경목표 기준 적용	421
<표 9-2> 노동부 발파작업 표준안전 작업지침	421
<표 9-3> 건축물의 진동허용 기준(안)	423
<표 9-4> 연속진동에 대한 인체의 피해 판정기준(안)	424
<표 9-5> 충격진동에 대한 인체의 피해 판정기준(안)	424
<표 9-6> 서울지하철공사 및 한국토지공사에서 제안한 발파진동 허용 기준치	425
<표 9-7> 구조물 손상가능성 발파진동 평가기준	426
<표 9-8> 진동속도에 따른 건물 피해정도 비교	427
<표 9-9> 발파진동과 피해수준	427

<표 9-10> 진동량 추정 및 진동가속도레벨에 따른 영향	428
<표 9-11> 축종별 권고기준(안)	429
<표 9-12> 진동이 동물에 미치는 영향	430
<표 9-13> 소음에 의한 축종별 예상 피해 발생률	431
<표 9-14> 진동에 의한 축종별 예상 피해 발생률	432
<표 9-15> 건설소음과 가축피해의 관계	433
<표 9-16> 서울지하철공사 추정식에 따른 보정치	441
<표 9-17> 노선별 소음도 지속시간 비교	448
<표 9-18> 차종별 진동레벨 회귀식	450
<표 9-19> 진동원에 대한 방진대책	462
<표 9-20> 건물에서의 진동대책	463
<표 10-1> 경관자원의 종류	474
<표 10-2> 경관변화 예측 지표	487
<표 10-3> 마어튼슨의 법칙	487
<표 10-4> 500kv 송전용 철탑의 시각과 보임	488
<표 10-5> 사업지구의 주요 경관 특성	492
<표 10-6> 조망점에서의 경관특성	494
<표 10-7> 매립고 변화에 따른 정량적 평가	498

그 립 차 례

<그림 2-1> 우포늪과 정양저수지의 식물상을 토대로 한 생활형 비교분석	70
<그림 2-2> 사업지역에 있어서 조사구획 및 조사경로(안)	92
<그림 2-3> 법적보호종 및 특정종이 관찰된 지점	97
<그림 2-4> 하천의 차수 예시도	125
<그림 2-5> 수달의 자연서식지 모형도.	147
<그림 2-6> 수달의 친환경적 서식지 이용통로 조성 모식도.	148
<그림 6-1> 대기질 환경영향평가 절차	255
<그림 6-2> 스크리닝 모델 이용 절차도	289
<그림 6-3> 연기 침강	290
<그림 6-4> 연기 충돌	290
<그림 6-5> 연기 간힘	291
<그림 6-6> 빌딩 세류	292
<그림 7-1> 유속과 면적을 이용한 유량측정방법	306
<그림 7-2> 지하수영향지역 설정 예	313
<그림 7-3> 침사지 설계 예	350
<그림 8-1> 수목별 뿌리부의 형태	366
<그림 8-2> 폐기물 매립시설의 최종복토사례	412
<그림 8-3> 비위생 매립지 정비사례	414
<그림 9-1> 공사장 주변의 가설방음판넬의 예	455
<그림 9-2> 터널발파시 입구에 소음차단 천막 설치	457
<그림 9-3> 터널발파시 입구에 가설방음판넬의 설치	457
<그림 9-4> 도로교통환경 대책의 체계	459
<그림 9-5> 철도소음의 종합적 방지대책 체계	461
<그림 9-6> 공항주변 항공기 소음대책	464
<그림 10-1> 스케치 기법	480
<그림 10-2> 조감도 기법	481

<그림 10-3> 모형 기법	481
<그림 10-4> 사진스케치 기법	482
<그림 10-5> 와이어프레임 기법	484
<그림 10-6> 셰이드 기법	484
<그림 10-7> 매핑 기법	485
<그림 10-8> 경관영향평가 절차도	490
<그림 10-9> 경관현황분석도	491
<그림 10-10> 조망점 선정	493
<그림 10-11> 조망점에서의 현황사진	495
<그림 10-12> 높이에 따른 대상지와의 각도	498
<그림 10-13> 경관분석 1 - 행담도휴게소	499
<그림 10-14> 경관분석 2 - 서해안고속도로	500
<그림 10-15> 경관분석 3 - 주거지	501
<그림 10-16> 경관분석 4 - 주거지내 육교	502
<그림 11-1> 환경을 고려한 경제성 분석 개념	513

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

개발사업이 환경에 미치는 영향을 평가하기 위한 환경영향평가서의 작성시에 환경영향평가서작성등에관한규정(환경부고시 제2001-7호, 2001.1)과 별표 4(평가서 기재요령)을 활용하고 있으나 실질적인 작성을 위해 필요한 구체적인 사항들이 매우 부족한 상태이다. 이것은 환경영향평가서의 작성이 부실하다는 지적들이 자주 제기되게 된 원인의 일부이기도 하다. 기존 연구결과들을 살펴보면 주로 환경영향평가의 발전을 위한 개념적 스케치 수준의 제안들과 해외사례 등에 대한 소개가 주를 이루고 있어서 우리가 현 제도상에서 수행하고 있는 실질적인 평가서 작성의 충실도를 높이는 데는 크게 기여하지 못하였다. 따라서 개발사업으로 인한 환경영향의 합리적 예측과 평가를 위한 기법이 전반적인 분야에 대해 개발 정리해야 할 필요성이 크다.

이번의 환경영향의 합리적 예측 평가를 위한 기법연구는 환경영향평가서의 충실한 작성을 위한 기법들을 개발하기 위한 목적으로 수행되었으며 현재 작성중인 평가서들을 내실있게 작성하도록 하기 위한 기본토대 구축을 일차적인 목적으로 설정하여 수행하였다. 제1차년도인 2002년에는 주요 검토분야를 모두 포함한 전반적인 분야에 대한 검토와 경험, 평가서 검토시 도출된 문제점 등을 토대로 주요 사항들에 대한 개선방안을 제시하고자 하였다. 제2차년도 및 제3차년도인 2003, 2004년에는 분야별 주요 환경영향평가 기준 및 기법개발을 주 목표로 연구를 시행하고 제4차년도 및 제5차년도인 2005, 2006년에는 사업유형별 평가기법 개발을 주 목표로 설정하여 연구하고자 한다.

제1차년도인 2002년도의 연구결과들은 환경영향평가서의 작성지침서를 제작하기 위한 기초자료로 사용하기에 적절한 결과들을 제시한다. 금년의 연구결과들을 토대로 충실한 환경영향평가서를 작성할 수 있는 환경영향평가서 작성지침서(rev. 0)의 개발이 가능할 것이다.

2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 기존의 작성지침에 따라 작성, 활용 중인 평가서들을 주요 분야별로 검토하여 평가의 방향, 범위, 평가방법, 예측 방법 등을 주로 분석 제시하였다. 연구의 체계는 기존의 환경영향평가서 작성요령에서 제시된 틀을 그대로 유지하였다. 본 연구에서는 평가서 작성시 구체적인 평가사항을 대상으로 하였고 평가서 작성시 기술되는 일반사항에 대해서는 제외하였으며 가장 많이 기술되는 기술적인 사항만을 연구 대상으로 설정하였다.

제1장 요약문, 제2장 사업의 개요, 제3장 환경영향평가대상지역의 설정, 제4장 지역개황, 제5장 평가항목의 설정, 제6장 주민의견수렴, 제8장 환경영향환경에 미치는 영향의 저감방안(총괄), 제9장 불가피한 환경영향, 제10장 사후환경영향조사 계획, 제11장 대안설정 및 평가, 제12장 종합평가 및 결론, 제13장 부록에 대해서는 다루지 않았다. 연구의 대상이 된 제7장 환경현황조사, 예측·평가, 저감방안 및 사후환경영향조사 중에서도 2.4 토양, 2.7 악취, 2.8 전파장해, 2.9 일조장해는 본 연구에서 제외하였고 3. 사회·경제환경은 부분적으로 연구를 수행하였다.

자연환경 분야의 경우에는 현황조사의 방법론들을 주로 다루었고 자연환경에 대한 환경영향평가서에 제시된 자료들의 문제점, 다루어야 할 범위, 방향 조정이 필요한 사항들이 분야별로 언급 제안하였다. 생활환경 분야의 경우에는 제시된 자료의 현황 및 작성방법의 문제점, 측정, 예측 등의 방법들에 대한 검토가 수행되었고 개선된 방법론들을 검토 제안하는 것을 포함하였다. 부분적으로 입지선정과 관련된 사항 및 사업 특성별로 분류하여 검토하여야 할 사항들에 대해서는 분야별로 연구 범위에 포함하였다. 사회·경제환경 분야의 경우에는 환경적인 변화가 크게 발생할 것이 예상되는 대규모 국책 사업에 대한 경제성 분석방법에 대한 개략적인 접근 방법을 제시하였다.

이 연구를 토대로 환경영향평가서 작성지침서를 개발하고 활용하여 환경영향평가서를 작성할 경우 개발사업 지역의 환경현황에 대한 충실한 조사 및 자료의 제

시가 가능해질 수 있고, 개발사업이 환경에 미치는 영향을 적절히 평가할 수 있으며, 적절한 저감방안의 도입으로 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있게 되어 환경영향평가 과정에서 발생되어 온 많은 문제점들의 대부분을 해결할 수 있을 것으로 보인다. 또한 환경영향평가서의 협의시 소요되는 기간을 줄일 수 있어 협의 기관과 사업자간의 협의를 원활히 할 수 있게 되는 등, 환경영향평가제도의 부실성에 대해 지적되어 왔던 사항들의 대부분이 일정 수준 이상의 신뢰도를 유지하면서 제거될 수 있을 것이다.

제2장 환경영향평가서 분야별 평가 및 작성기법

1. 지형·지질

현재 환경영향평가의 지형·지질 항목에서 가장 문제가 되는 것 중의 하나가 현황조사 항목의 부족과 조사자료의 제시 방법이다. 환경영향평가서의 일반적인 작성 방법은 「환경·교통·재해등에관한영향평가법」(이하 ‘영향평가법’이라 한다)의 제29조 제2항의 규정에 따르며, 각 평가항목별 세부적인 작성방법은 동법 시행령 제4조3항에 따른다. 이에 따라, 「환경영향평가서작성등에관한규정(환경부고시 제2001-7호, 2001.1.29 개정)」(이하 ‘평가서 작성규정’이라 한다)에는 평가서 작성에 필요한 사항이 전부 망라되어 있다¹⁾. 그러나 평가서 작성규정은 1994년 전문개정 이후 5차례 개정을 거치면서 많은 변화를 겪었으나, 제5조 2항과 관련된 ‘별표2 평가항목별 주요평가내용’에 있는 지형·지질의 주요 평가내용과 제7조 5항과 관련된 ‘별표3 평가서초안기재요령’의 지형·지질 항목의 기재사항과 작성방법은 1997~2001년의 기간 동안에 큰 변화가 없었다²⁾³⁾.

지형·지질 항목에서는 그 동안 토량균형, 절·성토 규모, 사면안정대책, 연약지반보강대책 등 지질공학 혹은 토질·토목공학적인 내용이 중점적으로 다루어졌고, 자연환경의 현황 파악에 의한 보존 및 저감대책은 상대적으로 소홀히 이루어졌다. 모든 사업은 지형의 변형과 지질의 변화를 수반하게 되며, 지형·지질은 한번 훼손이 되면 영구히 복구나 복원이 되지 않는 특징을 가지고 있다. 따라서, 지형·지질 항목은 앞으로 자연환경의 현황조사에 보다 더 많은 관심을 가질 필요가 있다. 자연환경 현황조사와 더불어 환경영향평가에서 다룰 필요가 있는 것이 사면붕괴, 붕락, 포락 등 지질재해로 발생하는 2차적인 환경영향이며, 이는 입지의 타당성을 고려할 때 평가대상으로 포함되는 것이 바람직하다.

1) 환경부. 2001.5. 「환경영향평가관련규정집(고시·훈령·예규등)」

2) 전게서 p.23, pp.38-40

3) 환경부. 1997.10. 「환경영향평가법 관계 규정집(고시·예규·훈령·참고자료 등)」, p.26, pp.46-49.

이 연구는 환경영향평가서의 지형·지질 항목에 대한 영향평가에서 다루어야 할 내용을 주로 논의한다.

1.1 지형·지질 항목의 전반적 고찰

지형·지질 항목에서 시급한 것은 작성규정에 명시된 현재의 주요평가내용을 정비하는 것이다⁴⁾(표 1-1).

<표 1-1> 지형·지질 항목의 주요평가내용

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① 표토 또는 비옥토의 유실방지 및 활용방안 ② 학술적·문화적 또는 자연환경보전상 보전가치가 있는 지형·지질의 조사 및 보전대책 ③ 토취장의 녹지자연도, 토취장 위치의 대안비교 및 토취 후 복원 또는 활용 계획 ④ 지형변화(지반침하, 지각운동, 기반암의 심도와 특성, 지하수 유출, 침강, 퇴적 등)를 야기하는 지형, 지질의 특성파악, 영향의 정도 및 대책 ⑤ 사업지역의 특이한 지형형상(습지, 해안선, 계곡 등)에 대한 훼손정도 및 대책 ⑥ 토사유출·퇴적에 따른 주변환경 변화 예측 및 대책 ⑦ 절·성토의 범위 및 고·저의 적정성 검토 및 법면처리계획 ⑧ 경사도(100×100m)분석 후 과도한 경사지역은 보전대책 수립 |
|--|

위의 내용은 사업의 특성을 고려하지 않은 일반적인 주요평가내용으로 실제 환경영향평가서의 작성시에 많은 문제점을 안고 있다. 예를 들면, 도로사업의 경우, 경사가 급한 지역을 불가피하게 통과하는 경우가 비일비재하나, ⑧항에서처럼 과도한 경사지역은 보전대책을 수립토록 요구하고 있다. 또한 급경사 지역이라도 보전가치가 떨어지는 경우, 사업의 특성상 모두 절취할 경우에는 토지이용이나 토공균형 등 다른 측면에서 보다 더 유리해지는 경우도 발생한다. 위의 평가내용 중 중요한 사항은 ②, ④ 및 ⑤ 등의 내용이며, 이 중 가장 중요한 것이 보전가치가 있는 지형·지질의 조사

4) 환경부, 2001.5. 「환경영향평가관련규정집(고시·훈령·예규등)」, p.26.

및 보전대책이다.

그러나, 실제로 환경영향평가서에서 ②의 보전가치 지형·지질의 존재 여부에 대한 조사를 능동적으로 실시한 평가서는 그 동안 거의 없었으며, 언급조차 하지 않은 것이 대부분이다(표 1-2). 보전가치 지형·지질에 대하여 언급을 한 평가서조차도 “본 사업지구에는 보전가치가 있는 지형·지질은 분포하지 않는 것으로 조사되었다”고 평가서에 제시하고 있으나, 조사한 자료나 조사자를 전혀 제시하지 않은 채 평가서가 작성되고 있다. 또한 평가서의 부록에 제시되어 있는 평가대행자의 인적사항을 조사하여 보면, 지형·지질 항목은 비전공자가 작성할 뿐만 아니라 관련전공자라 하더라도 주로 토목공학적인 관점에서 작성하고 있다는 점이다(표 1-3). 환경영향평가에서 가장 중요한 것 중의 하나가 보전가치가 있는 지형·지질의 존재 여부를 조사하고 확인하는 것이나, 이에 대한 조사·평가가 제대로 이루어지지 않고 있으므로 이에 대한 개선 및 보완 대책이 시급하다.

<표 1-2> 환경영향평가서의 보전가치 지형·지질에 대한 평가 여부

평가내용	평가서 제시 현황	평가서수 (총42건)	비 고
보전가치 지형·지질 의 존재 여부	미제시	21	초안 검토시 검토의견으로 제 시하였으나 여전히 미제시
	“보전가치 지형· 지질이 없다”	18	정밀조사 미실시
	“보전가치가 없다”	2	보존가치가 높은 지역이었음
	“보전가치가 있다”	1	명승으로 이미 지정된 곳

<표 1-3> 환경영향평가서에 제시된 지형·지질항목 작성자의 전공분야

	전공분야	평가서 수	비율(%)
작성자 전공분야	지형·지질	1	2.2
	토목	14	31.1
	환경공학	25	55.6
	생물학	2	4.4
	기타	2	6.7
계		42	100

평가서의 기재요령⁵⁾중 자연환경 현황을 위한 조사항목은 체계적인 분류가 되어 있지 않고, 또한 조사대상이 많이 누락되어 있어서 본질적인 개선이 시급하다(표 1-4). <표 1-4>에는 자연환경적 내용인 ①, ②와 토목공학적인 내용인 ③, ④가 공존한다. 그러나, 현재의 환경영향평가서는 토목공학적인 내용이 주류를 이루며 자연환경적 영향에 대한 조사는 거의 없거나 문헌조사 내용을 단순히 전제하고 있는 형편이다. 따라서 용어의 정의, 평가내용의 선정, 작성방법, 영향의 예측, 저감방안, 사후환경영향조사 등을 전반적으로 재검토하여 지형·지질의 작성방법은 그 기재사항을 새로 정립할 필요가 있다.

<표 1-4> 지형·지질 항목의 현황 조사항목

① 지형형상 조사
② 지질상황 조사
③ 토질성상 조사
④ 토지의 안정성

1.2 현황 조사

5) 환경부, 2001.5. 「환경영향평가관련규정집(고시·훈령·예규등)」, p.46.

1.2.1 조사항목

지형·지질은 다른 항목과의 중복이 필연적이다. 따라서, 가능하면 다른 항목에서 다루지 않는 내용을 다루는 것이 바람직하다. 예를 들어, 토양은 환경영향평가에서 생활환경에 포함되어 있지만, 토양 항목에서 다루는 것은 주로 토양환경보전법에 규정된 토양오염물질이고 자연환경의 기본 구성물질인 토양 자체는 제외되어 있다. 즉 토양의 분포 현황 같은 것은 현재의 토양항목에서는 다루지 않고 있다. 따라서, 토양이 암석의 풍화산물임을 고려하면 자연환경 분야인 지형·지질 항목에서 다루는 것을 고려할 필요가 있다. 지형의 특성은 현재의 평가서에서 통상 개괄적으로 묘사되고 있으나 자연지리적 관점에서 기술은 이루어지지 않고 있다. 가끔 위락·경관 항목에서 다루어지지만 그 지형이 갖는 자연환경적인 특징은 간과되고 있다.

광물, 동굴, 지질, 생물학적 생성물 및 특별한 자연현상으로서 역사적·경관적 또는 학술적 가치가 큰 것 중 문화재로 지정된 것이 있어서(문화재보호법 제2조) 이러한 것들이 문화재 항목에서 다루어지는 경향도 있다. 또한 문화재지표조사를 수행했다는 사유로 화석이나 문화재급 지질학적 대상을 조사한 것으로 제시하는 경우도 많다. 그러나 문화재지표조사(문화재보호법 제74조2)는 문화재관련 전문기관이 조사한 것으로 주로 인문고고학적인 측면만을 조사하여 제시하고 있다. 따라서, 문화재로 지정할 만한 지형·지질의 내용은 문화재 항목보다는 그것의 특성을 잘 파악할 수 있는 지형·지질 항목에서 다루는 것이 바람직하다.

자연수에 대해서는 수질 항목에서 수질오염방지를 위한 수질관리가 중점으로 되어 있고, 자연환경적인 특성은 제시되지 않고 있다. 또한 지하수 문제는 수리·수문 항목에서 다루어야 하지만 관례적으로 수리·수문 항목에서는 용수의 공급, 하천이용 등의 이수 및 치수기능을 주로 평가하고 있다. 그러나, 자연수의 지화학적인 성분은 자연환경을 내포하므로 자연환경을 포괄적으로 다룰 수 있는 지형·지질 항목에서 다루는 것이 필요하다.

지형·지질 항목에서는 자연환경의 현황파악과 그 영향의 평가를 위주로 하므로, 지형·지질의 조사항목은 일반적인 지형 및 지질, 보전가치 지형 및 지질, 토양, 토질, 지표수 및 지하수 현황, 광구 및 광물자원 현황, 특이한 자연현상 등을 조사대상에

포함하는 것이 바람직하다.

지형·지질 항목에 대한 평가내용은 나라마다 조금씩 다르며, 자연환경의 현황을 중요시하는가 혹은 오염물질을 통제하는 데 중점을 두는가에 따라 그 평가내용은 많은 차이점을 가지고 있다(표 1-5).

미국은 우리나라와는 달리 지형·지질항목으로 되어 있지 않고, 지질 및 토양(geology and soil)⁶⁾ 혹은 지질 항목 내에 토양을 포함⁸⁾하기도 한다. 일본은 지형·지질에 토양을 포함시켜서 평가하지만, 이때의 토양은 토양단면도, 토양의 이화학적 성질, 토양의 분류, 토양의 분포 현황 등 자연환경적인 측면을 다루고 있다⁹⁾. 그러나, 우리나라는 토양 항목이 생활환경 분야에서 다루도록 되어 있으며, 주요 평가내용도 기름, 독극물, 슬러지 및 오염물질의 저장, 운반, 이용 등에 따른 영향 및 대책과 비산먼지 등의 대기오염물질로 인한 영향 및 대책 등을 명기하고 있어서 그 관점이 다소 다르다¹⁰⁾. 토양오염이라는 것은 산업활동에 의한 부지오염이라는 것에서 출발하였으므로 이에 대해 향후 명확한 개념정립과 평가내용의 정확한 선정이 필요하다.

1.2.1.1 지형 현황

지형은 사업으로 발생하는 여러 가지 환경상 영향의 특성을 파악하는 데 가장 중요한 요인이므로 세밀하게 조사하여야 한다. 현재의 환경정책의 목적과 기본이념은 환경오염뿐만 아니라 환경훼손의 사전예방도 중점적으로 다루고 있다¹¹⁾. 따라서, 지형의 변형은 환경 변화의 시발점이 되고, 또한 이로 인하여 수계의 변화, 식생의 변화, 동물이동의 변화, 국지기상의 변화 등의 복합적인 환경 영향이 파생되므로 지형에 대한 특성파악은 매우 중요하다.

현재 평가서에 제시되는 지형개황은 지리도나 지형도의 기재내용을 그대로 전제한

6) Marriott, BB. 1997. *Practical Guide to Environmental Impact Assessment*. McGraw-Hill, p.197.

7) J. Petts and G. Eduljee. 1994. *Environmental Impact Assessment for Waste Treatment and Disposal Facilities*. Wiley. p.vii.

8) Oneida-Herkimer Landfill Siting Methodology Final Environmental Impact Statement. 1992. p.iii.

9) 일본자연환경연구센터. 1998. 「자연환경 영향평가 기술매뉴얼(번역서)」.

10) 환경부. 2001.5. 「환경영향평가관련규정집(고시·훈령·예규등)」, p.29, pp.77-78.

11) 환경부. 2000. 「환경정책기본법」 1조 및 2조

것이 대부분이다. 그러나, 지리도나 지형도는 도면을 해독할 수 있는 상식적인 사람이라면 다 알 수 있는 내용이므로, 사업지역의 지형특성을 환경적 관점에서 명료하게 제시하는 것이 바람직하다.

<표 1-5> 각국의 지형·지질 항목 평가내용

국가	평가항목의 분류	주요 평가내용
한국 ¹⁾	· 지형 · 지질	· 지형 · 지질 · 토질 · 토지의 안정성
미국 ²⁾	· 지질(Geology) · 토양(Soil Science)	· 지형, 표고 특성 · 암상분포 · 지질재해(지진위험성, 침강, 사면붕괴 등) · 광물자원 · 지질특성(풍화정도, 지하수위, 불투수층의 두께, 지하수 유동 등) · 토양(비옥도, 유실을 등)
일본 ³⁾	· 지형 · 지질	· 지형 · 암석·광물의 노두 · 지질구조 · 화석산지 · 자연현상 · 토양
영국 ⁴⁾	· 지질(Geology) · 토양(Soils)	· 재료의 양 · 문화적 풍광 · 지반안정성 · 보존가치 지질 지역(SSSI*, RIGS**등) · 토양비옥도(비옥도관리 등) · 토양의 혼염도

주 : 1) 환경부. 2001.5. 「환경영향평가관련규정집(고시·훈령·예규등)」, pp.46-47.

2) Marriott, BB. 1997. *Practical Guide to Environmental Impact Assessment*. McGraw-Hill, p.3, pp.197-212.

USEPA. 1998. *Student Text for Principles of Environmental Impact Assessment Review*, p.8, pp.416-418.

3) 일본자연환경연구센터. 1998. 「자연환경 영향평가 기술메뉴얼(번역서)」, p.23.

4) Wood. C. 1995. *A Practical Guide to Environmental Impact Assessment. A Comparative Review*. Longman, pp.163-165.

*SSSI(Sites of Special Scientific Interest)

**RIGS(Regionally Important Geological/Geomorphological Sites)

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업지구 및 사업지구 주변의 지형은 국립지리원 발행 1:5,000~1:25,000 축척의 축소되지 않은 최신판 원색도면의 지형도를 사용하여 제시한다. 사업지구가 매우 광범위한 선형사업(도로, 철도, 송전선로 사업 등)인 경우에는 1:50,000의 이하의 지형도에 사업계획 전체를 표기하고, 적정한 구간마다 1:25,000 이상의 도면을 제시한다. 지형도 판독과 현지조사를 통하여 사업지구의 전반적인 지형, 지세, 수계의 특징을 제시한다. 특히 지형에 대해 일반적으로 제시해야 하는 사항은 아래와 같다.

[지형현황작성시 제시할 사항]

- 지형도에는 축척, 도엽명칭, 발행년도, 도엽번호, 방위, 좌표(경위도좌표, 특히 TM좌표는 반드시 표기)가 표시되어야 한다.
- 지형도에 사업계획을 표시하고, 선형사업일 경우에는 축점을 표기한다(선길이 10km 내외인 경우는 1km마다 축점을 표시한다)
- 경사분석, 표고분석 등은 사업의 입지조건을 검토할 경우에 제시한다.
- 도로사업의 경우, 기존도로와 겹치는 부분은 기존도로가 있다는 것을 알 수 있도록 표현하여야 한다.
- 주요 지형은 사진, 위치 및 특징 등을 제시한다.

1.2.1.2 지질 현황

지형·지질 항목에서는 ‘지질’과 ‘토질’의 용어 구분이 필요하다. ‘지질’은 지각물질이라는 의미의 일반적인 의미로 사용하고, ‘토질’은 지반의 토목공학적인 특성을 지시할 때 사용하기로 한다. 지질은 여러 가지 사유로 변하지만, 통상적으로 그 변화가 눈에 보이지 않기 때문에 무시되는 경향이 있으므로 주의하여야 한다. 예를 들면, 황철석이 함유된 지층(석탄층, 제3기층 등)을 절토할 경우에는, 황철석의 산화작용으로 주변 수계는 산성배수로 오염이 되고 많은 문제를 야기하지만, 현재의 환경영향평가에서는 심각하게 다루지 않고 있다. 지질항목에서 지화학적인 변화는 현재 무시되거

나 그 중요성이 간과되고 있으므로 환경영향평가에서 다룰 필요가 있다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업지구 주변의 지질은 한국지질자원연구원(구 한국자원연구소, 지질조사소)가 발행한 축척 1:50,000 지질도를 참조하여 제시하고, 부제시에는 축척 1:25,000과 1:250,000 지질도폭을 참조한다. 기발간 지질보고서에는 여러 가지 유용한 정보가 제공되고 있으므로 이를 적극적으로 활용하는 것이 좋다.

도면 발간이 안 된 지역은 현지조사, 관련 연구논문 및 참고자료를 바탕으로 지질도를 작성하여야 하며, 사업 특성에 따라 필요시 정밀지질조사 결과를 제시하여야 한다. 사업지구 지질에 대하여 일반적으로 제시하여야 할 사항은 아래와 같다.

[지질현황 작성시 제시할 사항]

- 인용한 지질도의 명칭을 제시한다.
- 사업지구를 지질도 위에 표시하고 축척을 제시한다.
- 지질 범례와 주요한 지질구조(단층, 절리, 습곡 등)를 제시한다.
- 사업지구 주변의 암석은 지층의 주향과 경사, 엽리, 층리, 편리 등을 제시한다.
- 지층명을 인용할 때, 층군이나 층은 그 구성암석까지 기재한다.
- 지질설명서를 참조하여 그 내용을 요약하여 제시한다.
- 주요 부분의 지질주상도 및 지질단면도를 제시한다.
- 화석이나 화석산출 가능성을 제시한다.
- 지질도의 응용지질 편을 확인하여 광물자원 및 광산을 제시한다.

1.2.1.3 보전가치가 있는 지형·지질의 현황

환경영향평가상의 지형·지질 항목에서 가장 중요한 것이 보존가치가 있는 지형·지질의 존재 여부를 파악하는 것이다. 이것은 사업의 계획단계부터 반드시 고려하여야 하며, 평가서에서 누락되고 사업이 시행되는 과정에서 발견되면 경우에 따라서는 부실평가, 공사중지나 원상복구 명령 등으로 사업에 차질이 발생할 수 있으므로 매우 주의하여야 한다. 그러므로 보존가치 지형·지질에 대해서는 참고문헌을 철저히 검색하는 것이 바람직하며, 현지조사시에는 관련 전문가가 조사에 참여하여야 한다. 관련전문가라 함은 토목공학적인 관점이 아니라 지질 및 지리학적 관점에서 보존가치 여부를 판정할 수 있는 사람을 의미한다. 보존가치라는 것은 그 자체가 이미 주관적인 척도이므로 논란의 대상이 될 수밖에 없으며, 보존가치는 현 세대에서 그 가치척도를 정하기 곤란한 것도 다수 존재한다. 그러나, 환경의 보전이라는 측면에서 본다면 보존가치에 대한 논란이 있는 대상은 우선 보전을 하는 것이 바람직하다.

환경영향평가의 지형·지질 항목에서 가장 중요한 것 중의 하나가 보존가치가 있는 지형·지질의 조사와 존재시 보전대책의 수립이다. 현재의 환경영향평가서에는 이에 대한 인식이 매우 낮아서 정상적인 평가가 거의 없으므로 여기에서는 각국의 예와 함께 국내의 보존가치 지형·지질의 분포현황, 보전 가치가 있는 것으로 기지정된 지형·지질, 참고문헌 및 조사방법 등에 대하여 설명한다.

1.2.1.3.1 보전가치가 있는 지형·지질의 의미

보존가치가 있는 지형·지질의 의미는 주관적일 수도 있으나, 국내의 각종 관련법에 표현된 것을 종합하면 그 의미를 어느 정도 공통적으로 추출할 수 있다.

1) 관련법에 표현된 지형·지질

각종 개별법에는 보존가치가 있는 지형·지질에 대하여 구체적인 설명을 하고 있다(표 1-6). 이들 5개의 관련된 법에서 나타난 개념을 모아보면 보존가치가 있는 지형·지질은 '자연경관적·학술적·문화적·역사적·예술적' 가치를 지닌 것으로 요약할 수 있다.

<표 1-6> 지형·지질에 대한 국내 관련법령

관련법	보호지역명칭, 정의, 조항 등	지형·지질 관련 기재 내용
자연환경보전법	생태계보전지역 (18조 ①의2)	지형 또는 지질이 특이하여 학술적 연구 또는 자연경관의 유지를 위하여 보전이 필요한 지역
습지보전법	습지보호지역 (8조 ①의3)	특이한 경관적·지형적 또는 지질학적 가치를 지닌 지역
자연공원법	국립공원, 도립공원, 군립공원 (2조 1,2,3)	자연생태계나 자연 및 문화경관을 대표할 만한 지역
	자연보존지구 (18조①의1 라)	경관이 특히 아름다운 곳
독도등 도서 지역의 생태계 보전에 관한 특별법	특정도서 (2조 1)	자연생태계·지형·지질·자연환경(이하 자연생태계)이 우수한 도서
	자연생태계 (2조 2)	일정한 지역의 생물공동체와 이를 유지하고 있는 무기적환경이 결합된 물질계 또는 기능계를 말하며, 화석, 중유석 등과 같이 퇴적·풍화, 용해작용이나 화산활동 등에 의하여 자연적으로 생성된 물질을 포함한다.
	특정도서의 지정 요건 (4조)	1. 화산·기생화산·계곡·하천·호소·폭포·해안·연안·용암동굴등 자연경관이 뛰어난 도서 2. 수자원·화석, 희귀동·식물, 멸종위기동·식물 기타 우리나라 고유의 생물종의 보존을 위하여 필요한 도서 5. 지형 또는 지질이 특이하여 학술적 연구 또는 보전이 필요한 지역
문화재보존법	문화재 (2조)	문화재는 인위적·자연적으로 형성된 국가적·민족적·세계적 유산으로서 역사적·예술적·학술적·경관적 가치가 큰 것
	기념물(경승지) (2조 3의 나)	나. 경승지로서 예술적·경관적 가치가 큰 것 다. 동물·식물·광물·동굴·지질·생물학적 생성물 및 특별한 자연현상으로서 역사적·경관적 또는 학술적 가치가 큰 것
	천연기념물 (6조)	기념물 중 중요한 것을 천연기념물로 지정한 것
국토이용관리법	자연환경보전지역 (6조)	자연경관·수자원·해안·생태계 및 문화재의 보전과 수산자원의 보호·육성을 위하여 필요한 지역

2) 국제협약에 표현된 지형·지질

보전 가치 지형·지질에 대한 개념은 유네스코 17차 총회에서 세계 문화유산 및 자연유산 보호협약에도 나타나 있다(표 1-7). 지형·지질의 관련내용 중 지구의 진화 단계를 대표하는 현저한 사례는 지질구조나 화석 등으로 확인이 가능하다. 예를 들면, 우리나라에는 장성대결층이라는 부정합이 있는데, 인접한 두 지층이 연대차이가 1억 년이나 차이가 난다¹²⁾. 그러므로 이는 지구의 진화과정을 보여주는 아주 좋은 예라고 하겠다. 우리나라는 문화유산이 78개 등록되어 있는데 반해 자연유산은 한 건도 없다. 이는 우리나라에 세계유산급의 자연환경이 없기 때문이 아니라 현황조사의 미비와 자연환경 보전의 인식 부족에 상당히 기인할 것이다.

<표 1-7> 국제협약에 표현된 보전가치가 있는 지형·지질

명칭	분류, 대상(개)	관련협약	지형·지질 관련 내용
세계유산 ¹⁾	(총 690개) 문화유산(529개) 자연유산(138개) 복합유산(233개) *우리나라는 석굴암 등 문화유산만 등 7개 있음	유네스코 세계유산 및 자연유산 보호협약 ²⁾	자연유산 등록기준(일부) • 지구의 주요한 진화단계를 대표하는 현저한 사례 • 현재 진행되고 있는 중요한 지질학적 과정, 생물학적 진화 및 인간과 자연환경의 상호작용을 나타내는 현저한 사례 • 독특하고 희귀하거나 최상급의 자연현상, 인간에게 가장 중요한 생태계, 자연적인 지형으로서 특별히 빼어난 자연미를 지닌 조성물이나 지형 혹은 지역

자료 : 1) 문화재청 홈페이지(www.ocp.go.kr)

2) 일본자연환경연구센터. 1998. 「자연환경 영향평가 기술매뉴얼(번역서)」, p596

“Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage”. 「Unesco 17차 총회(1972)」, p3

3) 자연환경조사에서의 지형·지질

12) 정창희. 1986. 「지질학개론」. 박영사, p.309.

환경부에서는 우리나라의 자연현황을 파악하기 위하여 일정한 시기마다 자연환경 조사를 실시하고 있다. 이에 따라, 전국자연환경조사, 전국습지조사, 무인도서 자연환경조사 등을 실시하고 그 조사결과를 발표하고 있다¹³⁾.

전국자연환경조사자료를 바탕으로 작성한 생태·자연도에는 등급에 따라 권역을 설정하여 놓았는데, '생태계가 특히 우수하거나 경관이 특히 수려한 지역'은 1등급 권역으로 분류되어 있다(자연환경보전법 34조). 일반적으로 이러한 조사결과에는 보호지역이나 특별관리지역 등을 설정하여 보전을 목표로 하고 있는 지역이 선정되므로, 최신 자료를 입수하여 평가서를 작성하는 것이 필요하다.

4) 보전가치가 있는 지형·지질에 대한 참고자료

보전가치가 있는 지형·지질 중 문화재로 지정된 것은 보호·보존되나, 아직 미지정된 것은 현행조사 결과 보전가치가 높을 경우에는 사업특성에 맞추어서 보전목표를 설정하여야 한다. 보전가치가 있는 지형·지질과 우수한 지형·지질에 대한 자료는 <표 1-8>에 제시하였다. 이러한 자료에는 지형·지질 항목 중 보전가치가 있는 사항의 사유에 대하여 설명되어 있으므로, 사업지구에 이들 지역의 포함 여부를 유의하여 조사하여야 한다.

1.2.1.3.2 보전가치가 있는 지형·지질의 조사방법

보전가치가 있는 지형·지질에 대한 정보는 체계적인 정리가 필요하다. 보전가치가 있는 지형·지질이 존재하는 지역은 행정구역명, 경위도 좌표(GPS자료 이용), 사진자료, 도면자료, 전문가의 설명자료 등이 체계적으로 구비되어야 한다. 현재로서는 체계적으로 전산자료화 된 자료가 부족하므로, <표 1-8>에서 제시한 자료를 참조하여 사업지구에 보전가치 지형·지질이 존재하는지 확인하는 것이 바람직하다.

보전가치가 있는 지형·지질은 그 분야의 전문적 지식을 가진 사람의 정밀한 조사와 연구가 필요하다. 일반인은 그 존재의 여부도 판단하기 어렵고 보전가치를 판단하기도 어려우므로, 지형·지질 항목에서 보전가치가 있는 지형·지질은 관련전문가에게 조사를 담당케 하는 것이 바람직하다.

13) 환경부. 2001. 「환경백서」 pp280-286

<표 1-8> 지형·지질 관련자료

자료명	저자, 주관자, 출판사	지형·지질 관련 내용
지질·광물 문화재자원 조사보고서	문화재청, 자연유산 보존협회 (2001.10)	• 국가지정문화재, 시·도지정 문화재, 문화재 자료 대상을 구분함. • 희귀한 암석 또는 광물로서 그 성인을 이해하는 데 학술적 가치가 큰 것 • 규모가 크고 경관이 다양하며 학술적 가치가 큰 천연동굴 • 독특하고 희귀한 지형으로서 지표면의 변천을 이해하는 데 학술적 가치가 크고 경관이 화려한 지역 • 지각변동을 이해하는 데 자료를 제공하는 지층, 암체 및 지질구조 • 희귀하고 학술적으로 중요한 화석, 광물, 암석 등의 산출지 또는 표본 • 지질구조와 밀접한 관계를 갖거나 수질이 특이한 온천 또는 광천
천연기념물 구상암석의 구조와 지질	문화재 관리국 (1998.12)	• 구상암석의 성인과 분포를 제공. • 무주 구상화강편마암(천연기념물 249호) • 상주 구상섬록암(천연기념물 69호) • 청송 구상유문암(미지정) • 부산 전포동구상반력암(천연기념물 267호)
백령도일원 (백령도, 대청도, 소청도) 국가지정문화재 신청에 따른 학술조사	인천 광역시 옹진군 (1998.3)	• 남한에서는 희귀한 원생대 상원계 지층 • 지질현상 및 경관의 특수성 • 지구심부 맨틀물질 노출지(천연기념물 393호) • 백령도 사곶사빈(천연기념물 391호) • 백령도 콩돌해안(천연기념물 392호) • 백령도 두무진(명승 8호)
천연기념물 (화석·암석류) 및 공룡발자국 화석류 조사보고서	대한 지질학회 (1992.12)	• 천연기념물 중 지형·지질 및 중요한 화석, 밀양얼음골 등에 관한 연구자료

(계속)

자료명	저자, 주관자, 출판사	지형·지질 관련 내용
해남공룡화석지 보존방안 학술연구	전라남도 해남군 (2000.1.9)	• 천연기념물 394호 • 공룡, 익룡 및 새발자국 화석 • 중생대의 고생대 환경의 세계적 중요자료
보성공룡알 화석지 기초 학술조사보고서	전남대학교 공룡연구소, 보성군(1999)	• 단일규모상 세계 최대의 공룡알화석지 가능성 • 중국대륙과 연계된 학술적 연구가치지역
마산시 호계리 공룡죽인 학술조사보고서	부경대학교 (2000.12)	• 도로공사 절개지에서 발견된 공룡화석 • 한국의 공룡화석 산지 목록 제공(2쪽)
제주오름의 보전·관리방안	제주도·제주 발전연구원 (2000.9)	• 화산활동에 의해 형성된 제주의 특이한 자연 현상인 오름(기생화산)에 대한 관리방안 연구자료
전남도서 해안지역 지질환경연구	전남대학교, 전라남도 (1999)	• 전남 남서해안의 도서는 천혜의 경관을 지닌 자연사적 보고임 • 해식동굴, 해저천연동굴, 기암절벽, 층리발달된 퇴적층, 화석 등 자료 제공
산경표를 위하여	산악문화 (1994)	• 백두대간, 주요 정맥 등 지형분포
백두대간의 효율적 관리방안의 연구	환경부 (2001)	• 백두대간의 관리범위의 제공
우리땅 우리돌 길라잡이	조원식(2001), 두일넷	• 우리나라의 지질 중 교육적 가치가 있는 암석을 제공
세계의 절경	리더스 다이제스트 (1997)	• 원제:Natural Wonders of the World. • 전세계 자연경관(440곳) • 훌륭한 자연경관의 생성원인 및 변화
한국의 화석	윤철수(2001), 시그마프레스	• 우리나라에서 산출되는 주요한 화석자료 제공
자연사기행	최영선(1995), 한겨레신문사	• 경관이 빼어나거나 지형·지질구조가 특이한 자연유적의 생성과정과 변화과정
우리나라 사구실태파악과 보전관리방안에 대한 연구	환경부 (2001.12)	• 부록: 우리나라 해안사구 목록 - 우리나라의 해안사구의 분포를 조사한 자료로 보존상태, 현황을 제시

평가서에서 다루어야 할 사항들

보전가치가 있는 지형·지질은 그 대상의 중요성, 위치, 보존범위, 연구자, 관련문헌 등을 상세히 제시한다. 평가서에 제시하여야 할 사항은 아래와 같다.

[보전가치가 있는 지형·지질 작성시 제시할 사항]

- 환경관련 보호·보존·보전지구가 있다면 그 명칭과 범위를 제시한다.
- 백두대간과 주요 정맥이 사업지구에 있다면 그 명칭과 경로를 지형도(1:25,000 이상)나 지역개황도에 제시한다.
- 특이한 지형형상(습지, 기암괴석, 협곡, 계곡, 동굴 등)의 존재시 특이한 지형형상의 명칭, 위치, 사진현황 및 인용문헌을 제시한다.
- 천연기념물로 지정된 광물, 암석 및 화석의 종류, 위치 및 사진을 제시한다.
- 화석 산출시 화석의 종류, 산출지층면, 참고문헌을 제시한다.
- 해안에 해안사구, 사빈, 사주, 사취, 석호, 파식대지, 해식애, 해식동굴, 시스택(sea stack), 시아치(sea arch), 곱돌이나 몽돌 등의 존재시 분포지 위치, 범위와 사진을 제시한다.
- 주요 석조문화재의 종류, 형태, 위치, 암종을 지형도에 표시하고, 사진으로 제시한다.
- 지역주민이 신성시하거나, 보존하려는 지형형상의 위치, 범위, 사유, 사진현황을 제시한다.
- 풍수지리적 견지에서 중요하게 고증된 지형형상의 형태, 범위, 참고문헌을 제시한다.
- 주요 문학작품(시, 소설 등)과 수필, 지역역사지, 신문, 잡지, 고문헌 등에서 표현된 사업지구의 자연경관의 묘사 및 기재 사항에 대한 위치, 참고자료와 사진현황을 제시한다.
- 예술적 및 영상적 묘사대상(그림 및 예술적 사진촬영 대상, 유명한 영화나 영상매체 촬영장소, 다큐멘터리 제작 배경 등)이 된 곳의 위치, 범위, 참고자료를 제시한다.
- 군사적으로 주요한 전투가 발생하여 역사적인 가치가 있는 지역(대격전지역, 매복지역 등)의 존재시 위치와 참고자료를 제시한다.
- 역사적 사건이 발생한 지역이 존재시 그 위치와 참고문헌을 제시한다.

1.2.1.4 특이한 자연현상

자연현상 중 그 희소성 혹은 특이성 때문에 특별히 보전해야 할 것이 있다. 특히, 특이한 자연현상은 인공적인 변화가 발생하였을 경우, 그 현상이 사라질 수도 있으며, 한번 사라진 자연현상은 회복 불가능한 경우도 있으므로 보전하도록 노력하여야 한다. 특이한 자연현상은 그 동안 평가서에서 제시된 경우가 거의 없었다. 따라서, 특이한 자연현상에 대한 전반적인 조사와 그 분포현황의 파악도 시급하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업지구에 알려져 있는 특이한 자연현상을 조사한다. 이러한 것은 기존 자료가 부재할 경우에는 알기 어려운 조사대상이므로 주의 깊게 조사하여야 하며, 가능하면 관련전문가가 조사하는 것이 바람직하다. 조사된 특이지형의 종류, 위치, 사진을 제시하고, 특이한 자연현상의 현상과 원인을 간단히 설명한다. 특이한 자연현상에 대한 것은 아래처럼 구분하여 제시한다.

[특이한 자연현상]

- 물의 흐름과 관련된 것 : 와류, 급류, 역류, 돌개구멍 등
- 물과 관련된 것 : 온천, 광천, 용천, 여름결빙, 결로 등
- 바람과 관련된 것 : 풍혈, 여름냉혈, 겨울온혈 현상 등
- 착시지형 형상 : 제주도의 도깨비 도로 등
- 특이현상 : 섬의 주기적 혹은 비주기적 연육현상 지역(일명 모세현상)

1.2.1.5 토양 현황

환경영향평가의 토양항목은 산업활동으로 인한 토양오염을 다루고 있으므로, 그 항목과 중복을 피하기 위하여 자연환경적인 토양의 상태만 조사한다. 현재의 환경영향평가서에서 자연환경적인 토양의 현황을 제시한 경우는 거의 없었다. 따라서, 사업지구 및 주변의 토양의 종류, 토양의 이화학적 특징(조성, 유기물, 광물의 종류와 함량), 토양의 비옥도 및 유실현황 등을 조사한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업지구의 토양 특성을 파악할 수 있는 사항을 조사하여 아래와 같이 제시한다.

[토양현황 작성시 제시할 사항]

- 토양도 혹은 토양분류도, 토양의 구성광물과 구성비율을 제시한다.
- 사업지구의 주요 부분은 토양단면도를 사진과 그림 및 표로 정리한다.
- 토양의 현재의 유실량과 유실을 및 장래의 침식량과 침식율을 산정한다.
- 비옥도(표토)의 분포와 발생량을 산정한다.
- 절토지역의 토양이 어디로 얼마나 이동되는지 제시한다.
- 오염유발 가능성 있는 광물질의 존재 여부를 파악한다.

1.2.1.6 토질 현황

토질조사는 사업자가 공사를 위하여 행하는 조사로서 환경영향평가에서는 토질조사 결과가 환경에 영향을 미칠 경우에는 자세히 다룰 필요가 있다. 예를 들면, 대절토 지역에 터널이 곤란한 사유의 하나로서 토질불량을 드는 경우가 있다. 이러한 때는 토질의 정확한 현황을 조사하여야 한다. 도시지역에서 지반침하의 정도를 파악하기 위해서는 지하수 현황을 정확히 파악할 필요가 있다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업 시행에 필요한 토질공학적 특성을 조사한다. 토질조사는 개별 사업의 특성에 맞게 조사하여야 한다. 시추조사 보고서가 별도로 있을 경우에는, 그것을 인용하여 간단히 기재하고, 환경상 중요한 영향이 예상되는 경우에만 상세히 제시한다. 시추조사 보고서는 참고문헌에 제시한다. 토질은 아래에 있는 사항을 조사하여 제시한다.

[토질현황 작성시 제시할 사항]

- 시추조사의 위치를 도면에 표시한다.
- 시추깊이, 토질의 상태, 각 토질의 두께와 특징, 지하수위 등을 표에 기재한다.
- 표준관입시험, 시굴조사 결과를 제시한다.
- 주요 구간에 대해서는 시추 주상도를 제시한다.
- 부지 및 주변의 액상화 여부를 제시한다.

1.2.1.7 지반 현황

자연계에서 지진, 지반침하, 지반함몰, 사면붕괴 등의 가능성은 항상 존재한다. 그러나 이러한 것을 명확히 예측하여 평가하는 것은 매우 어렵다. 필요시 지구물리탐사(탄성과 탐사, 전기비저항 탐사 등) 등을 실시하여 그 현황을 파악하는 것이 바람직하다. 재해영향평가에서 자연재해를 다루고 있지만, 재해영향평가 대상사업은 도시개발, 관광단지의 개발 등 6개 분야로 그 대상이 많지 않다¹⁴⁾. 따라서, 환경영향평가에서 지질재해 측면은 입지의 타당성을 위주로 하여 다룰 필요가 있다.

1.2.1.7.1 지진 현황

우리나라는 비교적 지진안정대에 속한다고 할 수 있어서 지진에 대한 평가는 심도 있게 다루어지지 않고 있다. 그러나, 일부 원자력발전소 건설사업 등은 개별법에 따라 지진안정성에 대한 입지 타당성을 정밀히 수행한다. 따라서, 지진안정성은 사업의 특성에 따라 적절하게 검토하면 될 것이다. 지진 현황은 과거의 지진이력(기록지진 및 계기지진)과 주변의 지진이력(지층의 변화, 암석의 분포 등)을 조사하면 어느 정도 파악이 가능하다.

1.2.1.7.2 약대 지역

지반이 구조적으로 약한 곳은 붕괴, 낙반, 함몰 등 추후 여러 가지 2차적인 환경적

14) 환경부. 1999.10. 「각종 영향평가제도의 통합방안에 관한 연구」, p.21.

문제를 야기한다. 따라서, 사전에 충분히 조사할 필요가 있으므로 대소규모 단층과 절리 등의 분포를 조사하는 것이 좋다. 광역적인 지질구조는 항공촬영이나 인공위성 자료, 시험굴 조사 등으로 확인이 가능하다.

1.2.1.7.3 사태지역

사업지구 중 사면에서 사태가 이미 진행된 곳(테일러스, 썰기파괴, 전도파괴, 평면파괴)은 그 지역의 자연사면안정 상태를 직간접적으로 지시하므로 상세하게 조사하는 것이 바람직하다.

1.2.1.7.4 지반균열 지역

지반이 갈라지거나 파열될 경우 광범위한 지역이 영향을 받으므로 사전에 이러한 가능성 지역의 존재 여부를 충분히 조사하는 것이 바람직하다.

1.2.1.7.5 지반침하 지역

지반침하는 여러 가지 환경문제를 야기한다. 따라서, 지반침하가 이미 일어났거나 그러한 개연성이 큰 지역인지 여부를 조사하는 것이 바람직하다. 연약지반은 농경지, 미고결지층, 습지 등이 분포할 경우 쉽게 예측이 되고 안정상의 문제가 있어서 공사 시에 정밀하게 검토되므로, 환경영향평가에서는 환경상 문제가 야기될 경우에 중점적으로 다루는 것이 필요하다.

1.2.1.7.6. 지하공동 지역

지하에 지하공동이 있는 경우, 그 상부에 어떠한 변형이 가해지면 불안정하게 되어 함몰이나 붕괴의 위험성이 있을 수 있다. 따라서, 석회암 지대는 대규모 지하공동, 돌리네, 우발라 등을, 현무암지대는 용암동굴 등 지하공동을 주의하여 조사한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업지구의 지반의 전반적 상태와 지반불안정 가능성 지역의 존재여부를 조사하

고, 지반의 안정성 검토를 위해 아래의 조사자료를 제시하여야 한다.

[지반현황 작성시 제시할 사항]

- 지반의 변화지역 (기존사면 붕괴 지역, 지반 균열 혹은 열개 지역, 지반붕괴 혹은 함몰지역 등)의 발생 위치와 범위를 도면에 표시한다.
- 대규모 단층지역, 연약지반 (사질지역, 점토층, 빨층, 토탄층, 이탄층 등), 파쇄대, 석탄층, 흑연층 등을 제시한다.
- 사면붕괴 지역은 붕괴의 위치, 범위, 파괴형태(평면, 썰기, 전도파괴 등), 붕괴원인 등을 제시한다.
- 지하동굴의 분포현황을 제시한다(특히 석회암지대는 필수적).
- 전국사면불안정성지역¹⁵⁾ 자료를 참조하여 해당지역의 사면 불안정성을 제시한다.
- 지진발생이력도를 제시한다.
- 각 지역의 과거 지질재해 현황을 제시한다.

1.2.1.8 지표수 및 지하수 현황

자연수의 자연배경치는 그 지역 주변의 자연환경의 현황을 파악할 수 있는 가장 기초적인 자료이다. 또한 사업의 시행시 및 운영시 그 사업지역 주변의 환경변화를 총체적으로 반영하는 것이 자연수의 지화학적 성분변화이다¹⁶⁾. 지하수에 우라늄이 검출되는 경우도 있고, 사업지에서 용수개발을 할 경우에 우라늄이 함유된 물의 존재 여부와 건강상 영향의 여부를 반드시 검토하여야 한다.

지표수와 지하수는 수리·수문 항목에서 다룰 수도 있지만 수리·수문 및 수질 항목은 주로 환경변화 및 환경오염 등의 측면을 다루므로, 지형·지질 항목에서는 자연환경적 특성을 알 수 있는 항목을 주로 조사한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

15) 한국동력자원연구소. 1984. 「전국사면불안정성지역분포도」

16) 한정상. 1998. 「지하수환경과 오염」. 박영사, p.420.

사업지구 및 주변의 지표수 및 지하수는 자연수의 지화학적 자연배경치를 알 수 있는 사항을 조사한다. 따라서, 지표수(하천, 호수 등)의 분포양상과 지하수의 자연분출(샘, 유출수 등) 분포양상을 조사하여 아래의 내용을 제시한다.

[지표수 및 지하수 현황 작성시 제시할 사항]

- 지표수 및 지하수의 조사위치를 도면에 제시한다.
- 온도, pH, Eh, 주요 양이온 (Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+)과 음이온 (HCO_3^- , SO_4^{-2} , Cl^- , NO_3^-)의 농도(mg/ℓ), H_4SiO_4 의 농도(mg/ℓ), 총알칼리도, 용존고체 총량(TDS)측정치를 표로 제시한다.
- 스티프도표(Stiff diagram)나 파이프도표(Piper diagram)에 분석결과를 제시한다.

1.2.1.9 광구 및 광물자원 개발 현황

광물은 주요한 자원이다. 지속가능한 발전을 위해서는 자원의 효율적 이용에 대한 영향도 평가대상이 될 수 있다¹⁷⁾. 그러므로 사업시행으로 인하여 광물자원의 개발계획에 영향을 미치는지 조사할 필요가 있다. 어떤 경우에는 하상골재에 고가의 광물이 함유되어 있을 수도 있으므로 자원의 효율적인 이용을 위해서 성분조사가 필요하다. 도로사업으로 중요한 광구가 향후 개발이 곤란해진다면 자원의 효율적 이용측면에 영향을 주는 것으로 볼 수 있다.

광구나 광산 현황은 사업으로 인하여 나타나는 영향의 종류와 범위를 추정하는 좋은 자료가 된다. 특히 금속 광산, 우라늄 광산, 석탄광의 황철석 등으로 인한 영향의 예측과 평가를 위해서 광구 및 광산 현황은 반드시 파악되어야 한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업지구 주변의 광구와 광물자원의 현황의 파악이 필요하다. 사업지구의 광구출원 현황, 광산등록 현황 및 광물자원 잠재성을 조사할 때는, 광구 및 광산등록 현황을

17) Marriott, BB. 1997. *Practical Guide to Environmental Impact Assessment*. McGraw-Hill, p.199.

참조하고, 해방이전에 존재하던 광산은 기록에 누락된 경우가 많으므로 현지조사를 하여 현황을 파악한다. 도로사업, 철도사업, 거대구조물(댐, 대형건물) 설치사업 등은 갱도가 있을 경우 안전성에 큰 영향을 주므로, 갱도 현황을 세밀히 조사하여야 한다. 광구 및 광물자원에 대해서는 아래의 내용을 조사하여 제시한다.

[광구 및 광물자원 개발현황 작성시 제시할 사항]

- 사업지구 및 주변의 광구와 가행 중인 광산과 휴·폐광산 존재시 정확한 현황을 제시한다.
- 광구등록 현황, 등록 광종을 제시한다.
- 광산의 존재시에는 갱문 위치, 갱도의 방향·크기·연장, 갱내수위, 폐석의 종류와 양 등을 제시한다.
- 광물의 교란(특히 철·성토지역의 금속)으로 인해 산성배수 혹은 알칼리성 배수의 가능성을 검토하여 제시한다.

1.2.1.10 지하 매장물 현황

지하에는 여러 가지 시설과 매장물이 있을 수 있다. 이러한 지하 시설물 및 매설물은 사업시행시 여러 가지 영향을 미치므로 사업계획 초기부터 철저히 조사가 되어야 한다. 도로사업에서는 지하매설물 때문에 노선 선정이 난항을 겪는 경우가 가끔 있다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

지하매장물 현황은 아래와 같이 조사하여 제시한다.

[지하매장물 현황 작성시 제시할 사항]

- 상하수도 관로, 가스관, 송유관, 통신선로 등을 제시한다.
- 지하병커, 석유비축시설, 지하유류저장고 등을 제시한다.
- 기타 지하매설물의 종류, 규격, 내용물, 설치년도, 관리주체, 이설계획 혹은 교체계획 여부 등을 제시한다.

1.2.1.11 해저시설물 현황

침매터널, 해저가스관 매립 등 바다에서 사업이 추진되는 경우 해저의 현황조사는 매우 제한적이지만 해저시설물 관련법과 해저 시설물간의 상호간섭으로 많은 문제가 있을 수 있다. 따라서, 해저에 사업이 시행되는 경우에는 기존의 해저 시설물의 현황을 철저히 조사하여야 한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

해저 시설물의 존재시 아래와 같이 조사하여 제시한다.

[해저시설물 현황 작성시 제시할 사항]

- 해저케이블, 해저가스관, 해저송유관, 침매터널, 해저 군사시설 등의 현황을 제시한다.
- 기타 해저매설물의 종류, 규격, 내용물, 설치년도, 관리주체, 이설계획 혹은 교체계획 여부 등을 제시한다.

1.2.1.12 기존 유사사례의 현황

어떤 경우에는 국내에서 처음 하는 사업의 유형이 있다. 이러한 예로는 동해가스 생산시설 공사 사업이나 위성발사시설 설치사업 등이 있다. 이 경우 이 사업에 대한 이해를 검토기관과 협의기관이 잘 하지 못할 수도 있다. 따라서, 이때는 외국의 사례를 조사하여 사업의 환경영향평가서, 공사시 및 운영시로 구분하여 사업의 특성을 제시하고 비교평가를 하는 것이 바람직하다. 또한, 사업이 매우 특이하여 그 전례를 찾기 어려운 것도 있을 수 있다. 이 경우에는 가능한 유사사례를 잘 조사하여 비교 분석하여야 한다. 기존 사례를 조사하여 제시할 경우, 협의기관과 검토기관은 사업에 대한 이해와 평가의 공정성을 유지할 수 있는 장점이 있다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업 계획과 유사한 사례는 기존의 사례별로 정리를 하여, 사업 시행전의 지형·지질에 대한 예측사항과 현재의 현황을 비교하여 아래와 같이 제시한다.

[기존 유사사례 현황 작성시 제시할 사항]

- 국내에서 처음하는 사업은 외국의 사례를 제시한다.
- 전례가 없는 사업은 유사사례를 비교분석하여 제시한다.

1.2.1.13 기타 현황

우리나라는 환경영향평가서 작성지침에 미리 평가항목을 규정하여 놓아서, 그 지침서에 있지 아니한 사항은 평가를 누락하는 일이 많다. 그러므로 사업의 추진으로 인해 자연환경상 영향이 클 것으로 예상되면 적절한 평가를 수행하는 것이 바람직하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

자연환경 중 지형·지질 항목과 관련된 것을 조사하여 아래와 같이 제시한다.

[기타 현황 작성시 제시할 사항]

- 자연환경 중 지형·지질 항목에서 지정되지 않은 것 중 환경상 중요한 사항을 조사하여 제시한다.

1.2.2 조사범위

지형·지질 항목은 조사범위를 해당 사업지구에만 국한시켜서 대상으로 할 경우 많은 문제가 발생한다. 특히, 도로사업은 전후 연계구간과 도로노선 전체를 대상으로 평가를 해야 하는 경우도 발생한다. 어떠한 경우든 지형·지질 항목은 지형개변을 수반하는 모든 직·간접적인 것을 평가대상으로 한다. 어떤 때에는 주 사업보다는 부수적인 사업이 환경상 영향을 크게 미칠 수도 있다. 예를 들면, 장대터널의 환기를 위한

수직갱 설치공사는 수직갱을 설치하기 위한 진입도로 공사로 자연환경이 양호한 지역을 교란하는 경우가 많다. 또한, 경관이 수려한 계곡에 교량을 설치하는 경우에 공사용 진입도로를 놓으면서 수려한 계곡이 크게 훼손될 수 있다. 따라서, 사업으로 인하여 발생하는 모든 지형개변 가능지역을 평가대상으로 하는 것이 바람직하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

지형·지질 항목의 조사범위는 사업대상지역과 사업시행으로 인해 시공간적으로 영향을 받을 것으로 예상되는 지역을 모두 포함하여야 하며, 현재의 자연환경의 상태를 정확히 파악할 수 있는 위치를 조사한다.

따라서, 아래에 제시한 지역을 조사범위에 포함한다.

[조사범위]

- 사업이 연계되는 구간(도로사업의 경우, 인접 구간)
- 사업으로 인해 부수적으로 발생하는 지형개변 지역
- 토취장, 사토장
- 재료원
- 각종 공사용 진입도로, 운반도로, 터널 수직갱을 위한 진입도로, 교량공사용 가설도로,
- 장비 및 자재 적치 예정장소
- 현장사무소 예정 위치
- 유수의 흐름에 영향을 주는 사업(댐건설, 하천정비 사업 등)은 유수의 흐름에 영향을 받는 모든 상하류지역

1.2.3 조사방법

현황조사는 반드시 현지조사를 원칙으로 하며, 문헌조사와 탐문조사를 병행한다. 전문적인 조사가 필요한 분야는 관련 전문가 혹은 관련 전문기관이 조사하는 것이 바람직하다. 만일 공인된 조사규정이 있다면 그에 따라야 한다. 조사방법은 다음의

사항을 참조하여 실시한다.

- 지질관련 전문기관의 기존 조사자료
- 조사방법에 한국표준(KS) 규정이 있는지 여부를 확인
- 관련전문가의 의견

1.2.3.1 조사 기간과 빈도

통상 지형·지질 항목은 조사시기와 무관한 내용이 많지만, 때로는 자연환경의 복합적인 영향을 파악하기 위해서는 계절적인 변동을 조사할 필요도 있다. 토양의 pH 라든가, 자연수의 수온과 무기용존화합물 등은 계절적 변동을 가지므로 이를 정확히 파악하려면 계절적 조사를 하는 것이 바람직하다.

조사의 기간과 빈도는 현지의 지형, 지질, 토질, 토양, 수계의 특성을 고려하여 설정한다. 지표수 및 지하수의 수위와 수질 등은 계절별 변화를 조사하여야 하므로 장기간 소요된다.

1.2.3.2 조사 장비

환경영향평가에 필요한 기본적인 조사장비는 Global Positioning System(GPS) 장비, 경사계(clinometer), 야외조사용 망치, 정, 묶은 염산용액, 리트머스 시험지, 줄자, 돋보기, 카메라, 비디오 등이다. 기타 장비는 조사의 목적에 따라 준비한다.

1.2.4 조사결과의 제시 방법

어떤 경우에는 조사결과를 그림으로 간단히 제시하는 경우가 더 명확해진다. 인용한 자료의 경우, 인용한 참고문헌을 반드시 기재한다. 또한 사업과 직접 관련성이 있어서 별도로 수행한 환경관련 조사자료(보전가치가 있는 지형·지질 조사자료, 사전 지하수환경조사 자료, 지반안정성 검토자료 등)는 환경영향평가서와 함께 검토기관에 제시하는 것이 바람직하다.

조사결과는 그림, 도표, 사진 등을 활용하는 것이 좋으며, 참고자료는 참고문헌 목

록에 정확히 기재한다. 주요 위치는 GPS의 자료를 사용하여 도면에 표시하고, 표에 좌표(경위도, TM 혹은 UTM 좌표계)를 입력하여 후에 확인이 용이하도록 한다.

환경영향평가는 평가서의 특성상 불확실한 미래를 예측하는 것이므로 어떤 부분은 상당부분 추정에 의하여 평가할 수밖에 없다. 이 경우, 그러한 예측에 사용된 근거자료의 출처를 정확히 밝히는 것이 필요하다. 따라서, 평가서 작성시 인용하였거나 참조한 자료를 인용문헌의 일반적인 제시방법에 따라 제시하는 것이 바람직하다.

1.3 영향예측

환경영향평가는 불확실한 미래를 평가하는 것이므로 여러 가지 제약조건이 있을 수밖에 없다. 이러한 제약의 틀 속에서 평가를 하여야 하지만, 불확실한 근거로 모호한 결론을 유도하는 것은 바람직하지 않다. 어떤 경우라도 환경영향평가는 사업으로 인한 영향의 예측결과를 분명히 표현하여야 하며, 불분명한 결론을 피하는 것이 좋다. 다만 현재의 조건으로 영향의 예측이 불확실한 경우에는 어떠한 사유로 불확실한지 그 제약사항을 명료하게 제시하여야 한다.

1.3.1 영향예측 항목

1.3.1.1 지형변화의 예측

사업시행으로 인해 지형의 변화나 어떤 지역의 점유가 발생하는 공사의 종류를 예측한다. 그 영향이 간접적이고 시간이 오래 걸리는 경우, 예측을 철저히 하여야 한다. 특히 하구언 공사, 댐 공사, 해안도로 공사, 항만공사 등 유수의 흐름에 영향을 주는 공사는 그 영향의 예측이 매우 어려운 일이므로 여러 가지 기존 사례를 조사하고, 적절한 모델링을 통하여 예측하여야 한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업계획으로 인하여 발생하는 모든 지형개변은 반드시 다음과 같은 구체적인 현

황 자료를 근거로 영향을 예측하여야 한다.

- 사업지구의 주요 절·성토 지역의 현황
- 각종 구조물의 공사용 진입도로의 필요성과 위치 및 규모의 정도
- 터널공사시 진입도로의 필요성과 위치 및 규모의 정도
- 터널 환기시설 중 수직갱의 설치시 수직갱의 위치, 규모, 수직갱 공사용 진입도로의 절·성토 현황
- 교량공사시 공사용 가설도로의 설치시 위치 및 규모의 정도
- Batch Plant, Crusher장의 설치시 그 예정위치와 규모의 정도
- 현장 사무소, 자재 적치를 위한 장소의 위치와 규모의 정도

1.3.1.1.1 평면도 및 종단면도 제시 방법

지형개변이 발생하는 지역은 그로 인한 영향을 정확히 예측하기 위해서는 도면으로 제시하는 것이 좋다. 환경영향평가는 자연환경과 생활환경 등이 상충되는 현상이 많으므로 가능하면 이러한 것을 쉽게 파악할 수 있도록 도면화한다. 이러한 도면에는 지역개황을 종합적으로 검토하여 영향을 예측하는 것이 바람직하다.

현재 환경영향평가서에 제시되는 도면은 판독이 불가능한 경우가 많다. 따라서 도면은 다음의 요건을 충족하도록 하는 것이 필요하다.

- 환경영향평가서의 제목(초안, 본안, 보완 등을 구분), 작성날짜, 작성책임자, 작성기관을 표시한다.
- 축척 1:10,000의 도면(필요시 축척 1:5,000)에 방위, 좌표, 등고선, 등고선의 높이, 측점, 지반고, 계획고, 절·성고 상황을 표시한다.
- 경위도와 TM 좌표를 반드시 표시한다.
- 환경관련 지구·지정 현황(자연환경보전지역, 자연생태계 보전지역, 조수보호구역, 상수원보호구역, 자연공원 등)을 표시한다.
- 사업으로 지형개변이 일어나는 지역 주변의 녹지자연도 등급을 평면도에 표시한다. 특히 녹지자연도 7등급 이상일 경우는 그 경계선을 상세히 제시한다.
- 동물이동통로를 설치시에는 평면도에 그 위치를 제시한다.

- 문화재 분포지역을 표시한다.
- 정온시설 현황(인가, 축사, 학교, 정밀계측시설, 천문시설 등), 구조물 및 시설물(철탑, 댐 등), 지장물(각종 유류등 지하저장고, 각종 지하관로, 가스관로, 송유관로, 광통신로, 도수관로 등), 주요 건축물 등을 표시한다.
- 향후 개발계획 예정지(철도노선, 공항 예정지, 택지개발단지, 산업단지 등) 등을 표시한다.
- 도로사업의 경우, 주요 구조물 설치 계획, IC설치 계획, 연결도로망 계획, 인접연결도로 상황 등을 표시한다.
- 사업지구의 주변의 상황을 충분히 표시하여, 사업지구의 전체적인 개요를 파악할 수 있도록 제시한다.
- 사업계획 전구간의 절·성토 상황을 필요시 평면도에 중첩하여 표시한다.
- 도면은 판별이 용이하도록 적어도 3가지 이상의 색으로 작성한다.
- 도면은 사업구간 전구간이 한 장에 제시되어야 한다. 단, 선사업(도로, 철도, 송전선로, 삭도설치 사업 등)의 경우는 적정한 구간마다(매 10km 정도) 분리하여도 된다. 면적사업의 경우 적당한 면적을 분할하여 제시할 수 있으나, 분할하여 제시할 경우 상황파악이 곤란한 골프장, 스키장 등의 사업은 한 도면에 제시하는 것이 바람직하다.
- 도면은 적정한 축척의 크기를 그대로 제시하여야 한다. 축소된 도면은 현황을 파악하는 데 곤란할 뿐만 아니라, 활자가 축소되어 검토가 곤란한 경우가 많기 때문에 바람직하지 않다. 특히 도로사업은 종·평면도를 구간별로 축소하여 제시하면 도로사업의 특성을 파악하는 데 매우 곤란해진다. 도로사업은 선형사업이므로 주변의 환경현황(특히 해발표고, 경사도, 지장물, 주변도로 등)에 따라 종합적인 판단이 필요하므로 반드시 지역개황을 파악하기 좋은 상태로 제시하는 것이 좋다.
- 도면 상에 기입된 모든 사항은 육안으로 쉽게 인식이 가능해야 한다. 특히 축점과 절성토 현황은 알기 쉽게 표현되어야 한다.
- 도로사업의 경우, 종단면도와 종단구배는 평면도 밑에 붙인다.

- 제시된 도면은 인쇄상태가 선명하게 되었는지 확인하여야 한다.

1.3.1.1.2 절·성토 지역의 횡단면도

횡단면도는 절·성토로 인한 영향을 정확히 파악하기 위한 자료이다. 실측자료는 대체로 실시설계 단계에서 얻어질 수 있으므로, 사업의 초기단계에서 정확한 절·성토 현황을 파악하는 것은 매우 어렵다. 따라서, 사업의 초기 계획 단계에서 환경영향 평가서가 준비된다면 수치지도에 의한 개략적인 절·성토 현황을 제시하는 것이 바람직하다. 후에 실측을 하여 예상보다 과다한 절·성토가 발생한다면 그에 따른 저감 방안을 추가로 검토하는 것이 필요하다.

사업지구의 절·성토 규모를 파악할 있는 횡단면도는 특히 아래에 기준을 고려하여 작성한다.

- 도로사업의 경우, 중심선을 기준으로 절토고 30m 이상이 되는 구간
- 절토사면의 경우, 어느 한쪽이라도 절토사면고가 30m 이상 되는 구간
- 도로사업의 경우, 중심선을 기준으로 성토고 10m 이상이 되는 구간
- 성토사면의 경우, 어느 쪽이라도 성토사면고가 10m 이상 되는 구간

횡단면도를 제시할 때 다음의 사항을 참조하여 작성한다.

- 단면의 위치를 평면도에 표시하고, 단면의 구분을 위한 명칭을 부여한다.
- 측점, 지반고, 계획고, 절토고, 절토 좌사면고, 절토 우사면고, 성토고, 성토 좌사면고, 성토 우사면고, 소단의 길이, 소단의 폭, 사면각도 등을 인식 가능하게 표시한다.
- 절·성토 구간이 연속적으로 길게 발생할 경우에는, 최대 절토 및 최대 사면고가 발생하는 구간만을 제시한다.
- 절토고 30m 이상, 절토사면고 30m 이상, 성토고 10m 이상, 성토사면고 10m 이상 되는 모든 구간을 별도의 표로 작성하여 제시하고, 절토부와 성토부를 반드시 분리하여 제시한다. 절토고와 절토사면고, 성토고와 성토사면고를 구분한다.
- 주요한 횡단면도는 경우에 따라 지질이나 토질의 상태를 표시한다. 토질의 경우,

공학적인 암반 분류(풍화도, 풍화암, 연암, 경암 등)를 표시하고, 지질의 경우에는 암석의 종류, 지층의 주향과 경사, 단위 지층의 두께, 지질구조(층리, 편리, 엽리, 선구조 등) 등을 표시한다.

1.3.1.2 보존가치가 있는 지형·지질에 대한 영향 예측

사업시행시 보존가치가 있는 지형·지질의 훼손으로 인한 영향을 예측하여야 한다. 화석은 환경영향평가 단계에서 현황조사시 미발견되더라도 암석을 절개하면 발견되는 경우가 많다. 따라서 화석은 화석이 나올 가능성이 있는 지층을 예측하는 것과 실제 공사시 발견될 경우를 구분하여 영향을 예측하여야 한다. 화석이 나올 가능성이 있다고 해서 보존가치가 반드시 높은 것은 아닐 수도 있기 때문이다. 보존가치가 높지 않을 경우에는 발굴보존 대책 등 사후처리로 충분한 경우도 있으므로 영향의 예측 단계에서는 발견 가능성을 중점적으로 다루는 것이 현실적일 것이다.

절개지는 현재 사면복원이라는 사유로 거의 다시 덮여지고 있는 실정이다. 그러나, 절개지 중에서 중요한 지질구조를 간직한 곳은 사전에 충분히 예측치 못할 수도 있다. 따라서, 이러한 것은 주변의 지질과 기존 문헌을 고려하여 예측할 수밖에 없을 것이다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업으로 인하여 보존가치 지형·지질의 직·간접적인 훼손 여부를 예측하여야 한다. 이들 대상은 GPS로 측정한 자료로 그 범위나 위치를 도면에 번호를 부여하고 별도의 표에 좌표(경위도, TM 좌표계)를 표시하여 제시하는 것이 바람직하다

- 사업으로 인해 자연경관적·학술적·문화적·역사적·예술적 보전가치가 있는 지형·지질의 직·간접적인 훼손 정도를 예측한다.

1.3.1.3 특이 자연현상에 미치는 영향 예측

풍혈, 냉혈 현상 같은 것은 사업지역에 직접 포함되지 않더라도 사업시행으로 인해 간접적인 영향을 받을 수도 있으므로 반드시 그 영향의 정도를 예측하여야 한다. 한

예로, 밀양의 얼음골은 얼음의 생성원인에 대하여 아직도 많은 연구가 진행되고 있다. 얼음골의 빙결현상은 지하수, 기상, 지형, 구성암석, 지리적 위치, 방향 등의 제반조건이 복합적으로 상호작용을 하여 그러한 현상을 보이므로, 이러한 지역의 주변에서 사업을 계획할 경우에는 매우 세심한 예측을 할 필요가 있다.

사실 사업으로 인하여 특이한 자연현상에 미치는 영향의 예측은 매우 어렵다. 어떤 자연현상은 아직 그 현상의 사유에 대하여 정확히 파악되지 않은 경우도 있고, 그 현상의 원인을 잘 알고 있다 하더라도 사업으로 인한 영향의 정도를 파악하는데는 수년간의 조사와 연구가 필요한 것도 있기 때문이다. 따라서, 이러한 것은 일차적으로 그 분야의 전문가의 의견을 따르는 것이 바람직하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업의 시행으로 특이한 자연현상에 미치는 영향을 5단계로 구분하여 예측한다.

- 영향이 없음 : 사업의 시행으로도 특이한 자연현상에 전혀 영향이 없는 경우
- 영향이 미미함 : 사업의 시행으로 영향은 있으나 특이한 자연현상에 본질적으로 영향이 거의 없는 경우
- 영향이 조금 있음 : 사업의 시행으로 특이한 자연현상의 일부가 영향을 받지만 그 영향의 규모가 대략 10% 이하인 경우
- 영향이 있음 : 사업의 시행으로 특이한 자연현상의 전체가 영향을 받고, 그 영향으로 특이한 자연현상의 발생의 감소가 대략 30% 이상 되는 경우
- 영향이 아주 큼 : 사업의 시행으로 특이한 자연현상의 매우 심각하게 영향을 받아서, 특이한 자연현상이 현저하게 감소하거나 전혀 발생하지 않는 경우

13.1.4 토공량 규모에 따른 영향 예측

토공량 예측은 때로는 매우 어려울 경우가 있다. 왜냐하면 사업의 추진단계에 따라 실제 측량을 실시하였는지 여부에 따라 토공량이 많이 달라질 수 있기 때문이다. 국내에는 수치지도(축척 1:5,000)가 판매되고 있지만, 이는 실제 측량한 결과가 아니므로 정밀측량시에는 오차가 있을 수 있다. 또한 사업의 타당성조사 단계나 기본계획

단계에서 대략적으로 정해진 사업계획이 실시계획 단계에서 변경될 경우 토공량은 크게 차이가 날 수도 있다. 사업자는 토공균형을 맞추는 것이 가장 중요한 과제중의 하나이므로 가능하면 토공균형을 맞추려고 노력을 하는 과정에서 지형의 과도한 절·성토가 유발되기도 한다. 사업의 초기 단계에서 얻을 수 있는 구체적인 정보의 제한성 때문에 토공량을 정확하게 산정하는 것은 다소 곤란하지만, 어떤 경우든 사업 지구에서 사업의 시행으로 발생하는 모든 지형개변량을 토공량(절토량과 성토량)으로 환산하여 사업별, 구간별로 구체적으로 예측하여야 한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

모든 지형개변량을 토공량(절토량과 성토량)으로 환산하여 사업별, 구간별로 구체적으로 파악하고, 토공의 과부족시에는 과부족처리계획을 검토한다. 평가서초안과 평가서의 토공량 규모가 변경될 경우에는 반드시 그 변경 내용과 그 사유를 확인하여야 한다.

1.3.1.4.1 부족토량 확보 계획

환경영향평가에서 많은 문제점을 안고 있는 것이 부족토량 확보계획이다. 사토처리하는 사업을 시행하면서 적절한 장소를 물색하면 되므로 다소 시간적 여유가 있다. 그러나, 부족토량 확보계획은 수시로 변경될 수 있고 토지 소유주의 협의관계, 식생, 소음·진동, 대기질 영향 등 부차적 환경요인이 복합적으로 작용하므로 때로는 환경영향평가 협의기간의 장기화의 원인이 되기도 한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

○ 토취장을 새로 개발하는 경우

토취장을 새로 개발하는 경우에는 다음의 사항을 고려하여 토취장으로 선정시 그 영향을 예측한다.

- 토취장 예정지역 위치를 확인한다 (축척 1:25,000 이하의 지형도에 위치를 표시).
- 축척 1:5,000 이상의 도면으로 토취장의 세밀한 지형형상을 파악한다. 토취장의

범위를 표시한다

- 토취 후 최종 지형형태를 파악할 수 있도록, 종단면도 및 횡단면도를 확인하고, 등고선도, 등고선의 높이, 사면고와 사면길이를 표시한다.
- 토취장의 면적, 용량, 녹지자연도, 진입로 현황, 주변 시설현황(마을, 학교, 지장물, 인가, 축사 등)을 확인한다.
- 사면안정 검토를 실시하여 현장여건에 맞는 절취계획과 사면안정대책이 가능한지 검토한다.
- 토취장 진입도로의 현황을 확인한다. 신설시 지형개변의 정도를 확인한다.

○ 기존의 토취장을 활용하는 경우

기존 토취장을 활용하는 경우에는 다음의 사항을 파악하여, 본 사업에 필요한 토량을 공급할 수 있는지 여부를 예측한다.

- 기존 토취장의 명칭, 위치, 지형형태(축척 1:5,000 이상 도면), 허가 면적, 기토취구역, 토취허가 용량, 허가 기간, 허가기관, 인근의 녹지자연도를 확인한다.

○ 기존의 다른 사업장에서 토량을 반입하는 경우

사업에 필요한 토량을 인근사업장에서 발생하는 사토를 유용할 계획인 경우에는 다음의 사항을 검토하고, 토량의 반입이 가능할 것인가를 예측한다.

- 해당사업의 명칭, 사업자, 시공자, 위치, 사업기간, 토공량 현황, 사업개시 여부, 관련서류(사토반입/반출 허가서 혹은 동의서 등) 등
- 이미 공사가 진행된 사업이라면 그 동안의 토공량 처리내역과 향후 토공량 처리내역 등

○ 사업의 시행이 평가서 작성시와 현저히 시간적 차이가 나는 경우

토량공급계획은 사업을 위한 부수적인 사업이므로 사업의 시행시 별도의 협의를 받는 것으로 사후환경영향조사 계획에 포함하는 것이 바람직하다. 그러나 이 경우 토취장이 별도의 환경영향평가 대상이면 시간적 소요기간(주민의견 수렴, 4계절 조사 등)이 필요하므로 주의하여야 한다.

1.3.1.4.2 사토 처리계획

사토는 사업을 시행한 후 발생하며, 실제로 공사시에도 많은 변화가 있다. 또한 사토처리 계획은 수시로 변경될 가능성이 많다. 따라서, 사토처리가 변경되어 환경상 중요한 영향을 미치는 경우에는 관할 환경청과 협의하는 것이 바람직하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업에서 발생하는 잉여토량으로 인한 영향 예측은 다음과 같이 구분한다.

○ 사토장을 별도로 설정하는 경우

사토장을 별도로 설정하는 경우에는 다음의 사항을 제시하고 사토로 인한 환경적 영향의 정도를 예측한다.

- 사토처리를 위한 사토장의 위치, 면적, 용량, 녹지자연도, 접근도로, 운반 경로, 사토 적치 후 활용방안 등
- 사토장이 사업지구 주변일 경우에는 사업지구의 평면도에 표시하고, 별도의 장소에 계획될 경우에는 사토 예정 위치를 축척 1:25,000 이하의 도면에 표시한다.
- 최종 사토상태(사토고, 형상)를 확인할 수 있는 상세도면(축척 1:5,000 이상)을 제시하고, 정확한 위치를 GPS 좌표로 표시한다.
- 사토장의 진입도로를 제시한다. 진입도로가 신설일 경우에는 지형개변의 정도를 파악한다.

○ 사토를 인근 사업장에 반출하는 경우

사토를 인근 사업장에 반출할 때는 아래의 사항을 제시하고 그 시기의 가능성을 중점적으로 검토하여 예측한다.

- 사업장의 위치, 사업주체, 사업명칭, 사업내용, 토공계획, 사업기간 등
- 동일한 사업자가 구간을 달리하여 공사를 하는 도로사업 같은 것은 해당 구간의 토공량 규모

○ 사토처리계획이 미확정될 경우

어떤 경우에는 여러 가지 사정에 의하여 사토처리계획을 확정하지 못하는 때도 있다. 환경적으로 크게 문제가 발생하지 않을 것으로 예상되는 경우에는 사후환경영향조사계획에 포함하여 추후 검토하는 것도 가능할 것이다. 따라서, 이 경우에는 사후환경영향조사계획에 사토처리계획을 포함하는 것이 바람직하다. 다만, 사토처리장의 입지가 문제가 될 것으로 예측될 경우에는 환경영향평가 협의 완료 이전에 충분히 검토하는 것이 바람직하다.

1.3.1.5 재료 소요량에 따른 영향 예측

재료의 특성(재료시험, 적합성 검토 등)을 환경영향평가에서 다루는 경우도 있으나¹⁸⁾, 재료원이 해당 사업에 적합한지의 여부는 채석, 채광, 해사채취 등 특정한 경우로 한정된다. 우리나라에서는 재료원을 대부분 기존의 업체에서 구입하여 사용하고 있고, 이들 업체는 별도의 환경관리를 받고 있으므로 환경영향평가에서는 기존 업체를 활용하는 경우에는 그 기존업체의 현황을 제시하는 것으로 충분하다. 기존 업체의 위치는 지형도에 제시되는 것이 바람직하다. 기존 업체 중에는 백두대간이나 주요 정맥 혹은 환경적으로 보존이 필요한 지역에 위치하여 추가 개발이 바람직하지 않은 경우가 있을 수 있다. 새로운 재료원을 사업으로 인하여 추가로 개발코자 할 경우에는 환경상 문제점을 환경영향평가에서 다루는 것이 바람직하다.

댐 건설사업 등은 여러 가지 재료를 사업지구 주변에서 통상 조달하므로 댐의 건설에 필요한 모든 재료를 포괄적으로 예측하여야 한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업에 소요되는 재료의 종류와 양을 산정하고, 그 공급계획으로 인한 영향을 예측한다.

○ 기존 재료원의 활용시

기존 재료원을 활용할 경우에는 그 현황을 파악하여 사업에 필요한 재료의 공급이

18) EPA. 1995. EPA Office of Compliance Sector Notebook Project. Profile of the Non-Metal, Non-Fuel Mining Industry. EPA/310-R-95-011, p.17.

가능한지를 예측한다. 특히 사업에 필요한 골재량으로 인해 기존 골재장의 허가면적이 추가로 늘어나는 경우에는 별도의 환경영향평가 대상이 되는지 여부를 확인하여, 이에 따른 골재수급계획의 타당성을 검토하여야 한다. 재료원의 평가를 위해서는 다음의 사항이 확인하여야 한다.

- 골재장의 명칭, 허가기간, 허가기관, 허가량, 일생산량, 총매장량 등
- 위치(축척 1:25,000 도면 사용)

○ 재료원을 새로 개발시

재료원을 새로 개발하는 경우는 아래의 자료를 확인하고 입지 타당성과 지형훼손의 정도를 검토한다.

- 사업지구 주변의 재료원 현황
- 재료원의 광역적 위치(축척 1:25,000 이하 도면 사용)
- 재료 채취후 지형형상을 파악할 수 있는 자료(축척 1:5,000의 지형도를 사용)
- 재료의 채취범위, (절취고, 사면고 등), 매장량, 복구계획 등

하상골재를 채취할 경우에는 하상 퇴적물에 유해물질의 함유 여부 및 이들의 재유동으로 인한 수중생태계에의 영향을 검토하여야 한다.

1.3.1.6 토양 변화로 인한 영향 예측

토양은 자연생태계의 기반을 유지하는 중요한 물질이다. 따라서, 사업으로 인하여 토양에 미치는 영향은 엄밀히 검토되어야 한다. 토양의 함수량 변화와 유실에 의한 식생의 변화, 미생물의 변화에 의한 생태계의 영향 등을 검토하여야 하나, 생물에 대한 영향은 동·식물 항목이 별도로 있고, 환경영향평가의 '토양' 항목은 산업활동으로 인한 영향을 주로 다루고 있으므로, 지형·지질 항목에서는 토양의 교란으로 발생하는 지화학적 영향을 주로 검토한다. 특히 산성토 및 중금속이 함유된 토양의 이동 시에는 그 영향을 구체적으로 예측하는 것이 바람직하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업 시행시 토양이 교란되는 경우 아래와 같은 영향을 예측한다.

- 사업지구의 토양의 생성율, 유실율의 변화의 정도
- 토양의 중금속의 함유량에 의한 영향의 정도
- 토양의 교란시 산성배수를 유발하는지 여부를 검토
- 토양 중 비옥도로 판단되는 것은 성토사면 식재용이나 조경용으로 활용계획을 수립할 수 있는지를 검토

13.1.7 지질 변화로 인한 영향 예측

지형을 개변시키는 것은 곧 지질의 변화를 유발한다. 지질 변화는 시간적으로 매우 느리게 나타날 수 있으나, 일단 변화가 발생하면 그 영향범위가 매우 크고, 복원이 불가능하거나 복원비용이 크게 소요되므로 정확히 예측하여야 한다. 자연상태에서 지질의 변화는 주로 물과 관련되어 있으므로, 지화학적 변화 요인(광물-물 반응, 광물-생물 반응 등)으로 인한 영향의 정도를 검토하여야 한다. 특히 절·성토부의 노출면은 풍화작용으로 인해 암석 및 광물의 변질이 발생하고, 때로는 유해물질(중금속, 우라늄 등)의 유출이 발생할 수도 있으므로 그 영향의 정도를 구체적으로 예측할 필요가 있다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

지질의 변화를 예측하기 위해서는 다음의 사항을 검토하여야 한다.

- 절·성토에 따른 지표수 및 지하수의 양과 수위의 변동의 정도
- 주변의 자연적인 샘의 수량 및 수질의 변화
- 절·성토 부위의 표사의 유출량 및 퇴적량의 정도
- 절·성토에 의한 지표수 및 지하수 자연수질의 변화
- 절·성토에 의한 광물(특히 금속광물질)의 변질과 이에 따른 수질변화
- 중금속의 흡착, 침전 및 용해 등으로 인한 영향.
- 지질의 변화로 인한 영향 발생시 그 영향의 범위
- 미생물에 의한 광물 용해 및 침전, 중금속의 유출 및 유동으로 인한 영향

1.3.1.8 토질 변화로 인한 영향 예측

토질변화는 여러 가지 2차적인 환경문제를 야기한다. 따라서, 토질변화가 발생할 가능성을 사업시행 전에 충분히 검토하는 것이 바람직하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업시행으로 인해 토질의 변화(액상화, 압축, 침하 등)로 인해 발생하는 현상(지반 유실, 지반함몰 등)을 예측한다. 이를 위해서는 다음의 자료를 검토한다.

- 공극율의 변화로 인한 지반침하 및 지하수 이동의 영향의 정도
- 토질의 변질(액상화, 함몰, 붕괴 등)로 인한 영향의 종류 및 그 정도

1.3.1.9 지반 변화로 인한 영향 예측

지반안정성은 광역적 지반구조를 고려하여 검토할 필요가 있다. 어떤 사업이라도 공사시 및 운영시 지반이 불안정해질 경우는 지반붕괴, 함몰, 지반침하 등 2차적인 환경적 영향이 발생한다. 이미 산사태, 사면붕괴, 낙반사고, 지반침하 등이 발생한 지역은 지반불안정에 대한 정밀한 검토가 필요하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

지반불안정은 포괄적으로 다루어져야 하므로 다음의 사항을 검토한다.

- 갯도 주변의 붕괴의 가능성 및 그로 인한 영향의 범위
- 터널붕괴의 가능성 및 그로 인한 영향의 정도
- 지반의 침하 가능성 및 그로 인한 영향의 정도
- 기타 지반의 변화(함몰, 미끄러짐, 전도 등) 발생시 그 규모와 피해 범위의 정도

1.3.1.9.1 지진 위험성 존재시 영향 예측

우리나라는 비교적 지진안정대에 있다고 알려져 있으나, 원자력발전소나 핵폐기장

의 건설시 입지 등을 검토할 필요가 있는 특정한 사업에 대해서는 지진안정성을 검토할 필요가 있다. 또한 댐 같은 거대한 구조물이 만들어지는 경우에는 지진안정성을 구체적으로 검토하는 것이 필요하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

지진의 발생 잠재성을 예측하고, 특히 구조물 설치지역, 절·성토지역, 채굴지역은 내진설계의 필요성과 내진강도를 예측할 필요가 있다. 원자력발전소 관련사업(핵발전소 부지선정, 핵폐기물 부지선정) 등은 현재 개별법에 의해 지진발생 가능성 및 지진안정성 평가를 위한 정밀조사가 이루어지고 있으므로 이를 참조하여 영향을 예측한다. 평가서에는 다음의 사항을 예측하여야 한다.

- 향후 지진발생 가능성
- 활성단층의 존재여부에 따른 지진 활동 가능성

1.3.1.9.2 연약지반의 존재시 영향 예측

연약지반의 존재시 여러 가지 환경적인 영향이 예상될 수 있다. 그러므로 연약지반으로 인해 환경영향이 예상될 경우에는 이에 대한 구체적인 예측을 하여야 한다. 예를 들면, 지반개량을 위해 특수약액을 주입하고 이 약액이 주변의 농토나 다른 토지이용 지역에 피해를 입힐 가능성이 있다면 그 영향의 정도를 예측하여야 한다. 택지개발 사업의 경우, 사업지구내 도로에 대해서는 원 사업자가 연약지반을 처리하고, 아파트나 학교부지는 연약지반을 처리하지 않을 경우 후에 사회적으로 문제가 발생할 수도 있다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

연약지반의 존재시 다음의 사항이 검토되어야 한다.

- 전반적인 지반침하의 정도 및 그로 인한 영향
- 교량, 통로박스 등의 구조물의 설치지역과 고성토 지역의 안정성 여부

1.3.1.9.3 자연암반의 불안정성 존재시 영향 예측

지질구조나 지질에 의한 지반안정성 평가는 필요하다. 어떤 시설물이나 도로의 안정성은 지질구조와 연계시켜 검토하는 것이 바람직하다. 지질재해로 인한 피해 발생 시에는 그 규모가 광범위하고 복구에 많은 비용이 들기 때문이다. 지질재해에 대한 구체적인 평가방법은 아직 정립되지 않아서 이에 대한 평가는 향후 연구 개발이 필요하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

평가서에서는 다음의 사항을 검토하여야 한다.

- 암반의 붕괴, 사태, 전복, 포행의 가능성
- 터널이나 주요 대형 구조물(교량, 댐 등) 예정지역에 지반 불안정 요인(단층 같은 불연속선, 파쇄대, 공동, 습곡, 탄층 및 이암 같은 연약암 등의 지질구조)이 있을 경우, 사업시행으로 인한 지반안정성의 영향의 정도와 범위
- 터널 예정지역의 암석에 황화광물(황철석, 황동석 등)의 존재시 이들 광물의 풍화로 생성되는 산성배수로 인한 터널구조물의 부식 정도

1.3.1.9.4 지하공동의 존재시 영향 예측

사업지구에 인위적이거나 자연적인 지하공동이 있을 경우, 사업으로 인한 붕괴 가능성을 검토하여야 한다. 특히 철도나 도로 같은 선형사업인 경우, 선형이 한번 정해지면 공사단계에서 계획을 변경하기가 매우 어려운 경우가 있으므로 지하공동으로 인한 영향은 구체적으로 예측되어야 한다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

지하공동의 존재시 다음의 사항을 검토한다.

- 사업지구 주변의 가행중인 광산과 휴·폐광산 존재시 사업시행으로 인해 갱도의 붕괴가능성, 지반침하, 갱내수 유출의 정도와 영향의 정도.
- 석탄광의 경우, 지하수의 갱내 유입시 구성광물의 풍화반응으로 인한 지반침하

(석고 등의 용해로 인한 것)와 가스유출(메탄가스 등의 농집)로 인한 폭발의 위험성 등의 정도

- 석회암 지대의 카르스트 지역에서 발생하는 지반함몰로 인한 영향의 정도

1.3.1.9.5 사면 불안정으로 인한 영향 예측

환경영향평가에서는 사면안정의 기술적 검토나 대책을 자세히 다루기보다는 지형 훼손의 규모와 저감대책 및 복원방안 등의 관점에서 영향을 예측하는 것이 바람직하다. 사면안정에 대한 별도의 보고서가 있는 경우에는 그 결과만을 인용하고 참고문헌에 기입하는 것이 간편하다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

사업의 시행으로 발생하는 사면의 안정성에 대한 예측은 사면안정 분석을 통하여 실시한다. 사면안정 분석은 지질구조를 고려하여야 한다. 사면안정을 검토하여 다음의 사항을 예측한다.

- 최종 발생사면의 안정성 확보 가능성 여부
- 절토 및 성토 지역의 사면붕괴시 토사 및 암석의 유출량의 정도 및 그 피해의 범위

1.3.1.10 광산 주변 개발시 영향 예측

사업시행으로 인해 광물자원 개발에 미치는 영향의 정도와 부존하는 광물의 사회적 수요 및 부족시 영향을 예측한다. 특히 광물개발사업일 경우에는 개발시와 미개발시 국가경제에 미치는 영향을 연계하여 예측할 필요가 있다. 광산이나 석산개발은 환경상 악영향을 많이 유발하는 사업이므로 그 영향을 구체적으로 검토할 필요가 있다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

광구 및 광산의 주변 지역에서 사업이 시행될 경우에는 다음의 사항이 검토되어야 한다.

- 사업으로 인해 광물의 개발계획에 영향을 주는 정도
- 광산 운영(광석 운반, 채광면적 축소 등)에 미치는 영향의 정도
- 갯도의 분포로 인해 사업계획에 영향을 주는 정도

1.3.1.11 시추로 인한 영향예측

시추시 사용하는 시추용액에는 환경규제물질이 있을 수 있다. 또한 시추되어 나오는 토양 및 암석에는 환경적으로 바람직하지 않은 물질(방사성 물질, 산성배수를 일으키는 황철석 등)이 포함되어 있을 수 있다. 시추물질은 통상 주변 수계를 따라 배출되고, 시추용액에 쓰이는 점토는 주변 수계에 상당히 오랫동안 침전되어 수질이나 미관 등에 영향을 미치므로 이들에 대한 관리가 필요하다. 따라서, 시추조사작업으로 인하여 발생하는 각종 시추용 사용물질과 배출물질의 종류를 예측하고, 지표로 유출시 영향을 예측할 필요가 있다. 특히 주변 수계에 시추 부산물의 유출시 그 영향의 정도를 예측하여야 한다. 심부시추나 시추기간이 장시간 소요될 경우에는 영향예측을 보다 철저히 할 필요가 있다.

평가서에서 다루어야 할 사항들

시추작업이 있을 경우에는 다음의 사항을 파악하여 그 영향을 예측하여야 한다.

- 시추위치, 시추기간, 시추시 사용할 시추용 용액의 종류와 총사용량, 시추용액의 첨가제의 종류와 사용량 등
- 시추시 발생하는 각종 물질(시추 암편, 시추용액 등)의 양과 처리방법
- 시추조사시 발생하는 암편 등에 자연방사성 물질의 함유시, 처리방안

1.3.1.12 기타 영향의 예측

자연계는 미처 고려하지 못한 여러 가지 현상이 발생한다. 따라서, 위에서 열거한 사항 이외에 사업으로 인한 자연환경상 중요한 변화를 일으키는 다양한 원인에 분석과 대한 그로 인한 환경영향의 예측을 할 필요가 있다.

1.3.2 영향이 미치는 범위의 산정

환경영향평가에서 영향의 범위를 산정하는 것은 매우 중요하다. 평가대상은 사업 대상지역과 사업의 실시로 인해 영향이 미칠 것으로 예상되는 지역을 포함하여야 한다. 시간의 경과에 따라 영향이 나타나거나 미치는 지역도 포함할 필요가 있다.

1.3.3 영향예측 방법

지형·지질 항목에서는 사업으로 인한 영향예측이 쉽지 않은 측면이 있다. 자연현상이 완전히 파악된 것도 아니고, 향후 예측치 못한 돌발적인 변화가 있을 수 있기 때문이다. 그러나 환경영향평가가 미래에 대한 예측은 필수적이므로 대상사업의 사업계획 내용에 따라, 현지조사, 자료조사, 수치해석, 모의실험, 관련 유사사례 및 설문조사 등을 최대한 활용하여 예측을 시도하여야 한다.

환경영향평가에서 문제가 되는 것이 자연경관의 보전가치나 특이 지형과 지질 등에 대한 판단 부분이다. 가치판단 부분은 일개인의 편향된 의견일 수도 있으므로, 보존가치에 대한 판단은 다양한 분야의 다수의 관련 전문가 혹은 전문기관의 의견 및 설문조사를 실시하는 것이 바람직하다. 필요시에는 각계각층의 일반인의 의견 및 설문조사를 실시하는 것도 바람직하다.

영향예측에 사용된 수치해석이나 모의실험은 공인을 받았거나 검증된 방법을 적용하여야 하며, 반드시 그 모델적용 후 내부검증 과정과 항목간 상충여부를 확인하여야 한다. 어떤 경우에는 기본적인 입력자료가 부정확하여 환경영향평가의 신뢰성에 의문을 일으킬 수 있으므로 주의하여야 한다.

1.3.4 영향예측시 고려할 사항

우리나라의 환경영향평가는 자연환경, 생활환경 그리고 사회경제환경 등 3가지 분야에서 각 항목별로 평가를 하도록 규정하고 있다. 따라서 현재 각 항목별 영향평가는 어느 정도 성과가 있는 것으로 판단되지만 종합적인 영향평가는 잘 이루어지지 않고 있다. 이는 환경영향평가서 작성지침이 너무 세분화되기 때문에 발생하는 부작용

용이기도 하다. 따라서, 평가를 할 경우에는 항목간 상충이 있는지를 점검하는 것이 필요하며, 다른 항목의 평가내용을 반영하여 종합적인 평가를 하는 것이 바람직하다.

지형 및 지질의 변화로 인하여 발생하는 영향에 대하여 단편적으로 평가하기보다는 사업지구 주변의 토지이용 상황과 지형 형상, 지표수 및 지하수 현황, 대기환경 등을 종합하여 그 영향의 정도를 평가하는 것이 필요하다.

1.3.4.1 지형개변 규모의 적정성 검토

사업지구에서 지형개변으로 인한 환경영향의 평가에는 다음의 사항을 고려하여야 한다.

- 보존가치 지형·지질의 훼손 여부와 보존 대책의 적절성을 검토한다.
- 사업으로 인해 발생하는 사업지구의 지형변화, 수몰여부, 해안선의 변화의 정도의 적정성을 검토한다.
- 절토고나 절토사면고가 30m 이상 발생하는 구간은 지형훼손을 줄일 수 있는 다수의 방안(사업계획의 조정, 노선 조정, 터널화, 편터널화 등)을 검토하고, 불가피한 경우는 그 사유를 명확히 제시하도록 한다. 장대사면(사면고 30m 이상 발생하는 사면)은 지형단절 및 훼손으로 인해 동물이동의 단절, 서식지의 분절, 경관악화, 녹화복원의 곤란 등이 발생하고, 장기적으로도 장대사면은 사면불안정이 초래되어 사면붕괴가 될 가능성이 높으므로 바람직하지 않다. 다만 절토고가 30m 이상 발생하더라도 최종 절토고가 30m 이내가 되고, 이로 인한 환경상 영향이 그리 크지 않을 경우에는 환경훼손으로 인한 영향은 불가피한 것으로 간주할 수도 있다.
- 사업으로 인하여 발생하는 부수적인 지형개변 지역(터널의 환기를 위한 수직갱, 각종 부대공사용 진입도로, 자재적치장, 현장사무소 등)의 적정성을 검토한다.
- 여러 가지 대안의 객관적인 비교자료의 적정성을 검토한다.
- 토공량 예측에 따른 토량 확보 및 사토처리 계획의 적정성을 검토한다.
- 토취장은 가능하면 지형이 단절되어 연결성이 떨어지는 위치를 선정하고, 될 수 있으면 전체를 평면상으로 토취하여 사면이 생기지 않도록 하는 것이 필요하다.

불가피하게 급사면이 발생할 경우에는, 사면고가 30m 이상 발생하지 않도록 하고, 사면안정분석 결과를 활용하여 현장 여건에 맞는 절취계획과 사면안정대책이 수립되었는지를 검토한다.

- 재료원의 확보계획에 대한 적정성을 검토한다.

1.3.4.2 지반안정성 검토

사업지구의 지반안정성은 매우 중요하므로 다음의 사항을 검토한다. 지질재해에 대한 사항은 입지의 타당성 측면에서 검토한다. 지질재해와 관련된 보고서(토질조사 보고서, 사면안정해석보고서, 재해분석보고서 등)가 별도로 수행된 경우에는 그 결과만을 인용하여 평가서에 제시하고 참고문헌에 기입하여야 한다. 지반안정성의 검토 시 다음의 사항을 고려하여야 한다.

- 지하수 개발 등으로 지반침하의 예측 결과를 활용하여 입지의 타당성을 검토한다.
- 터널예정 지역의 붕괴, 함몰 가능성 등의 예측결과를 활용하여 지반안정성을 검토한다.
- 지반침하 예측결과를 활용하여 영향의 정도를 검토한다.
- 광산 존재시 갱도나 지층의 지반붕괴, 침하, 가스유출의 정도에 따른 영향을 검토한다.
- 산사태 발생의 예측 결과에 따른 영향을 검토한다.

1.3.4.3 토양에 대한 영향 평가

토양은 인위적으로 생성하기 어렵고, 한번 제거되거나 오염이 되면 그 복원이 매우 어렵기 때문에 사업으로 인한 영향이 크게 발생하지 않도록 주의하여야 한다. 토양이 오염되지 않은 경우에는 토양 자체의 특성을 잃지 않는 한 토양으로서 역할을 할 수 있으므로, 교란으로 인한 영향은 어느 정도 시간이 지나면 복원이 가능하다.

사업으로 인하여 토양에 대한 영향이 클 것으로 예상되는 경우에는 토양의 이화학적 특성(토양형, 두께, 깊이, 고상, 액상, 기상의 3상분포, 입경조성, 투수계수, 공극

조성, 토양경도, pH, 탄소량, 질소량, 총알칼리도, 양이온교환능력, 유효인산, 인산흡수계수, 광물의 조성과 함량, 유기물 등)의 변화의 정도와 이로 인한 영향의 정도를 검토하여야 한다.

1.3.4.4 토질에 대한 영향 평가

사업지구의 토질 특성은 환경영향평가가 아니더라도 전통적으로 토목·지질공학적 측면에서 상세하게 다루어져 왔다. 다만 토질특성에 따른 지질재해 측면은 환경영향평가에서 어느 정도 혹은 어떤 것을 다루어야 하는지는 아직 명확하게 구분되어 있지 아니하다. 그러므로 현시점에서는 입지의 타당성을 검토하는데 토질 특성을 활용하여야 할 것으로 판단된다. 따라서, 토질의 성상, 물리적 및 지화학적인 특성을 파악하고 이에 따른 사면붕괴, 산사태, 토사유출, 지반유실, 지반침하, 액상화 등을 종합적으로 검토하는 것이 필요하다.

1.4 저감방안

저감방안은 사업의 시행시에 불가피하게 발생하는 환경적 영향에 대해 그 영향을 줄이려는 목적이므로 우선 평가기준에 적합한지를 먼저 검토하여야 한다.

지형·지질 항목의 저감방안은 크게 3가지로 볼 수 있다. 즉 ① 사업으로 인한 영향을 원천적으로 방지하는 원형 보전방안, ② 사업을 시행하되 지형훼손의 규모를 줄이는 등 영향을 저감하는 방안, 그리고 ③ 공사시 토사유출 방지대책이나 사면안정대책 등과 같은 환경관리계획 등이다. 이 중 ②는 절·성토 규모에 대한 일반적인 관리기준에 근접하도록 하는 것이 필요하며, 도로 등 사업의 특성상 불가피한 경우도 있을 수 있다. ③은 사업의 시행 주체가 사업을 시행하면서 저감방안을 성실히 실행하는 것으로서 달성할 수 있다. 이는 사후환경영향조사계획에서 일반적으로 다루어진다. 그러나 위의 ①은 현재의 환경영향평가가 '선계획/후평가'라는 한계를 갖고 있으므로 항상 논란이 되고 있다.

1.4.1 원형보전 방안

지형·지질적으로 보전가치가 있는 지역은 어떤 사업으로 인하여 영향이 거의 없도록 하는 것이 바람직하다. 보전가치가 있는 지역 중 법적 보호대상의 경계지역 이 내는 원칙적으로 보전이 될 것이지만, 경계지역의 어느 정도까지 접근 혹은 점유할 수 있는가를 개별법에 따라 검토하여야 한다. 관련법이나 특별한 관리규정이 없는 경우에는 관련전문가의 의견을 참조하는 것이 바람직하다. 보전가치 지역 중 법적으로 미지정된 것은 특별히 주의하여야 한다. 보전가치가 있지만 법적인 지정사항이 아니라는 이유로 그 중요성이 무시되어서는 안 된다. 즉 자연환경은 미래의 보존가치까지 고려하는 것이 필요하다. 어떠한 경우이든 보전가치가 매우 높은 지역은 사업으로 인하여 영향이 없도록 보전방안을 철저히 수립하여야 한다.

1.4.2 지형훼손의 저감

도로건설 사업처럼 어느 정도의 절·성토가 불가피한 사업의 경우, 대절토 지역에 대한 터널설치 여부와 장대사면 발생지역의 우회 가능성 여부는 여전히 논란거리이다. 특히 터널은 유지관리비와 공사기간, 터널통행료 문제 등이 복합적으로 작용하므로 환경영향평가 과정에서 해결이 쉽지 않은 문제이다. 또한 터널이 필요한 구간이지만 사업 특성상 토량이 필요할 때는 토공균형 때문에 터널보다는 절토로 계획하는 경우가 많기 때문에 상황이 복잡해진다. 터널을 하더라도 물질의 보존측면에서 토량은 필요하고, 따라서 다른 곳에서 토량을 공급해야 하기 때문이다. 더욱이, 사업자로서는 공사비와 사업기간 등을 고려하여야 하므로 이에 대한 논란은 해결이 쉽지 않다. 따라서, 절·성토 규모 문제는 다른 환경적 요인인 동물의 이동 여부, 식생의 중요성 여부, 경관적 영향 등을 종합하여 판단하는 수밖에 없다.

도로사업은 도로폭이 $D(m)$ 내외일 때, 터널의 직경도 D 내외가 된다. 이 경우, 경험적으로 토피고는 $1D \sim 2D$ 내외면 기술적으로 가능하다고 알려져 있다[18, 613-3쪽]. 따라서 터널을 개설할 수 있는 전체 절토고는 계획고를 기준으로 할 때 $2D \sim 3D$ 가 필요하며, 지반의 특성을 고려하면 경험적으로 $3D$ 를 그 기준으로 삼고 있다. 통상, 4차선도로는 분리터널을 하고, 이 경우 한쪽 2차선은 $10m$ 내외이므로, 절토고 $30m$ 가

발생하는 지역은 터널의 가능성이 있다. 한편, 경험적으로 절토사면고가 높아질 경우 경관이 악화되고, 운전자에게 위화감을 줄 수 있으며, 동물의 이동이 지장을 받으며, 장기적으로 식생복원이 어려울 수도 있다.

지형은 훼손되면 자연상태의 원형이 영원히 복구되지 않는 특징을 가지고 있다. 따라서 가능하면 지형의 훼손을 줄이는 방안을 다각적으로 검토하여야 한다. 특히 절토고가 30m 이상 발생하는 지역과 절토로 인한 절토사면고 각 30m 이상 발생지역, 성토고나 성토사면고가 각각 10m 이상 발생하는 구간 중 지형의 연결성과 자연경관성 등을 고려하여 지형훼손을 적절히 줄일 수 있는 다수의 저감방안을 검토하는 것이 필요하다.

1.4.2.1 대절토 발생지역

절토로 인해 급사면의 과다 발생 예정지역은 지형의 원형의 파괴가 심하므로 적절한 저감방안을 검토하여야 한다. 장대사면은 지형의 단절, 식생의 훼손, 동물의 이동 방해, 생태계의 분절, 녹화 복원시 복구 곤란, 경관 악화와 더불어 장단기적으로 사면 붕괴의 위험성을 내포하고 있으므로 가능하면 이러한 절토계획은 피하는 것이 바람직하다. 따라서, 절토사면고가 불가피하게 30m 이상 발생하는 대절토지역은 터널박스를 설치한 다음 복토를 하여 절토에 의한 영향을 줄이는 것을 고려하여야 한다.

지형훼손을 줄이기 위하여 터널이 바람직한 대안으로 제시되지만, 도로사업에서는 지형상 터널이 곤란한 경우도 많다. 따라서 절토 규모가 과다하게 발생하는 경우는 그 사유를 명확히 밝히는 것이 필요하다. 특히 도로사업에서 지형훼손이 심하게 발생하는 대절토 지역과 교차로 지역은 지형훼손의 불가피한 사유가 체계적이고 합리적으로 검토되어야 한다. 지형상 한쪽은 완만한 경사이고, 다른 한쪽은 급경사이며 깊은 계곡이 공존하는 경우에는 터널에 장대교량이 같이 설치되어야 하므로 여러 가지 제약이 발생한다. 비록 백두대간이 있는 지역은 서완동급(西緩東急)의 형태로, 동쪽에서는 터널출구에서 단차를 극복하기 어려운 점이 있지만, 백두대간은 우리나라의 자연환경을 대표하는 지역이므로 지형훼손이 발생하지 않도록 하는 것이 바람직하다.

장대사면은 사면안정이라는 것이 최우선적으로 고려되어야 하므로, 사면발생 구간

의 사면의 길이가 길어지는 것은 불가피한 것으로 보아야 한다. 그러므로, 장대사면 발생이 불가피한 경우에는, 식생의 복원이 용이한 형태로 사면을 형성하는 것이 필요하다. 그러나, 절토사면의 형태를 결정짓는 것은 토공량 발생에 따른 사토 처리방법과 공사에 따른 경제성도 검토되어야 하므로 쉽지 않은 문제이다. 장대급사면의 발생 예정지역은, 사업 계획을 조정하여 장대사면의 규모와 발생 개소수를 줄이도록 하여야 한다. 장대사면 발생지역은 다음의 저감방안을 비교검토한다.

- 도로사업의 경우, 터널화 가능성을 검토한다. 시설물(진출입로, 영업소, 휴게소 등)로 인해 일정한 안전거리 확보상 터널의 설치가 곤란한 경우에는 그 시설물의 필요성에 대한 타당성과 위치 조정 방안을 검토하여야 한다. 모든 것을 고려하여도 지형훼손이 불가피한 경우에는 주변 지형을 고려하여 적절한 절취계획을 수립하여야 한다.
- 필요시에는 관련법규를 정확히 파악하여 해당 사업이 타당한지를 검토하여야 한다. 도로사업은 터널의 입출구로부터 진출입로 시설은 최소한 2km(불가피한 경우 1km) 이상 되도록 도로법에 규정되어 있다. 이러한 규정을 지키기 어려운 지역에 대절토가 발생하는 지역은 불가피한 것으로 볼 수도 있다.
- 도로사업의 경우 노선의 평면선형을 적절히 조정한다. 그러나, 도로의 평면선형은 도로의 기하구조에 맞아야 하므로 그 범위 내에서 검토한다.
- 도로사업의 경우 종단경사를 적절히 조정한다. 그러나, 종단경사는 도로마다 규정이 있으므로 그 범위 안에서 검토한다.
- 토질상 터널 개설이 곤란한 경우는 토질조사 결과를 근거로 터널이 곤란한 사유를 명확하게 제시하여야 한다. 우리나라의 남동부의 제3기층은 암석의 강도가 불량하여 터널이 곤란한 경우가 많다. 또한 이 지역의 암석은 절토 후 사면이 불안정하게 변하는 특성을 가지고 있어서 당초의 사면절취 계획보다 공사시 절토가 더 과다하게 되는 경우도 있다. 제3기층에는 화석이 다수 발견되기도 하므로 이러한 지역에서는 제3기층을 피할 수 있는 방안을 사전에 충분히 검토하는 것이 바람직하다.
- 절토사면고를 줄일 수 있는 사면보강공법을 적절히 검토한다. 그러나, 사면보강

은 장기적인 사면안정이라는 측면이 고려되어야 하므로 사면안정을 최우선으로 하여 검토한다.

- 급경사로 되어 있는 계곡의 경우, 급경사 하천에 교각을 설치하면서 많은 지형변화가 수반되고, 홍수시 교각붕괴나 침하 등의 위험성이 있으므로, 하천의 폭을 고려하여 교각을 설치하기보다는 아치형 교량을 설치할 수 있는 지 검토한다.
- 사면의 경사를 완화하여 식생복원이 용이한지 검토한다.
- 채석, 채광, 토취장 등의 사업은 절취 자체가 목적인 특징을 갖고 있다. 이러한 사업은 환경성과 경제성을 동시에 만족하여야 하므로, 절취계획은 복원계획과 연계하여야 한다.

어떠한 경우이든, 불가피하게 지형훼손이 과다하게 발생하면, 지질재해를 방지할 수 있는 방안을 마련하는 것이 바람직하다. 따라서, 낙석방지시설 이외에 사면붕괴시 암석 및 토사 등으로 피해가 발생하지 않도록 방호벽이나 터널박스 같은 방호시설을 만드는 것이 필요하다.

1.4.2.2 고성토 발생지역

일반적으로 환경적 영향을 유발하는 성토고가 얼마인가 하는 것은 주변 환경에 따라 달라지므로 결정하기 어렵다. 광산개발의 경우, 폐석을 처리하여야 하기 때문에 성토고가 필연적으로 높아진다. 지형이 험준한 지역은 산사면을 따라 사토를 처리할 때, 성토고가 100m 이상 발생하는 경우도 있다. 깊은 계곡에 사토가 쌓이는 경우, 성토고는 높지만 성토사면고는 작을 수도 있으며, 전체적으로는 완만한 지형을 이룰 수도 있다. 골프장 조성사업의 경우 어떤 지역은 성토고 자체가 50m 이상 되는 경우가 많다.

고성토가 될 경우 지형·지질 항목에서는 사면의 안정성과 사토에 포함된 물질이 토양오염이나 수질오염을 일으키지 않는가 하는 것을 검토하여야 한다. 성토지역은 지반침하나 지반붕괴 등으로 인한 지질재해가 발생하지 않도록 대책을 강구하여야 한다.

고성토로 인해 환경적 문제가 되는 사업 중 대표적인 것이 도로사업이다. 도로사업

은 선형사업으로서 긴 구간에 대하여 절성도가 반복되는 특성을 가지고 있다. 사토처리를 위하여 고성토 구간이 발생하는 경우, 지형변화는 수반되지만 이는 그 지역의 지형특성상 불가피한 것으로 봐야 할 것이다. 다만 성토 예정지역이 자연환경이 우수한 경우에는 적절한 저감방안을 검토하는 것이 바람직하다.

일반적으로 성토지역은 다음의 사항을 검토하여야 한다.

- 도로사업의 경우, 고성토 지역은 사면보강 등을 검토하여 성토고를 줄일 수 있도록 한다.
- 대규모 성토가 발생하는 사업은 성토시 소단을 되도록 많이 조성하고 폭을 넓혀서 식생복원을 도모할 수 있도록 한다.
- 고성토 지역이 마을 주변에 있어서 주민에 피해가 예상될 경우에는 교량화를 검토한다.

1.4.3 지질재해의 저감

지반침하, 사면붕괴, 석회암 카르스트 지대, 산사태 및 홍수 다발지역 등 지질재해 발생 가능지역은 입지의 적절성을 미리 검토하여 이러한 지역을 가능하면 배제하도록 한다. 다만 불가피할 경우에는 사업특성에 따라 지질재해 저감시설을 강구하여야 한다. 예를 들어 산사태 위험지역은 방호벽, 터널박스 등을 설치하도록 한다.

1.5 토의

본 연구에서는 지형지질 항목에 대한 평가시 현황조사, 영향예측, 저감방안, 사후환경영향조사 등에 대하여 전반적인 현황과 개선방안 등을 다루었다. 사업으로 인한 영향 예측은 정확한 현황 파악을 근거로 하여야 하므로, 여기에서는 주로 현황조사 항목 및 영향예측 사항을 개괄적으로 제시하였다. 따라서 본 연구내용을 기초로 하여 환경영향평가서를 작성하면 적어도 작성상의 문제점은 상당히 해결될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 환경영향평가의 지형·지질 항목에서 필요한 것은 ① 환경현황을 파악하는데 필요한 기초자료를 구축하여 환경영향평가 관련자들에게 제공하고, ② 영향예측을 위한 구체적인 예측기법의 개발 및 보급을 시도하고, ③ 합리적인 저감방안의 도출로 환경영향평가의 전문성, 공정성 및 객관성을 달성하는 것이다.

자연환경은 무엇보다도 정확한 환경현황 파악이 가장 중요하므로, 향후 지형·지질 환경현황에 대한 기초자료를 구축하고 환경영향평가에 활용하는 방안의 모색이 가장 최우선적으로 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해서는 지리학, 지형학, 지질학 등의 학제적 상호 연구 및 협조가 필요하다.

2. 동·식물상

지구상에 존재하는 전체 생물종은 약 5백에서 1,000만 종에 이르며, 그 중 약 160만 종이 밝혀졌다(Erwin, 1982 ; Gaston, 1991). 그러나 이들 생물종은 다 밝혀지기도 전에 시간당 1종씩 사라져가고 있다(Myers, 1983). 그 원인은 물론 자연적인 것도 있겠지만 오염, 교란, 과도한 개발, 자연지역의 감소와 파편화에 따른 영향이 클 것으로 보고 있다(Spellerberg, 1992).

동·식물상 항목은 환경영향평가에서도 가장 핵심이 되는 분야로서 보다 정확한 자료의 입수와 지역생태계에 대한 다양한 정보를 확보하여야 하며, 사업시행으로 인한 생태계의 전반적인 문제점을 제시할 수 있어야 한다. 지금까지 수많은 환경영향평가가 이루어져 왔지만 현황조사나 예측기법, 저감방안 등 평가기법에 대한 연구가 미흡했던 것이 사실이다. 단지, 몇몇 연구자들이 생태계 현황에 대한 조사 및 예측기법을 연구(고강석 외, 1995 ; 최송현·이경재, 1995 ; 최송현·이경재, 1996 ; 1997a ; 한의정 외, 1997b ; 이명우, 1997 ; 김기대 외, 1998 ; 이창하 외, 1998 ; 김세천 외, 1998 ; 장갑수·박인환, 1999 ; 이규석·안승만, 2000 ; 조용현, 2000 ; Kim and Park, 2001)한 바 있으나 실제로 환경영향평가에 적용된 사례는 거의 없다. 이번 연구에서는 동·식물상 항목에서 그 동안 문제로 대두되었던 사항들을 중심으로 내용을 전개해 나가면서 논리적인 근거를 제시하고, 문제점에 대한 개선방안이나 대안을 제시하고자 한다. 환경영향평가에서 생태적 평가는 자연지역과 서식지에 대한 조사, 분류, 목록의 작성으로부터 시작되어야 한다(Spellerberg, 1992). 따라서 본 연구에서는 조사분야, 조사범위, 육상식물분야, 육상동물분야, 담수생물분야로 나누어서 현황조사, 영향예측, 저감방안, 사후환경영향조사 등에 대해 논의한다.

2.1 현황조사

동물상(fauna)이나 식물상(flora)에 대한 조사방법은 대부분 고전적이며 비교적 단순한 편이다. 그러나 환경영향평가에서 실제로 적용할 수 있는 조사방법이나 분석방

법들은 순수한 연구와 달리 조사결과를 토대로 영향예측이나 저감방안을 마련하는데 직접적인 관련이 되어야 한다. 그러나 우리나라의 현실은 사업의 특성이나 정책적인 결정에 의해 현황조사에 대한 중요성을 간과되거나 무시함으로써 올바른 환경영향평가의 본질을 왜곡시키는 경우가 있어왔다. 특히, 조사시기에 대해서는 사업의 결정시기와 예산집행 등의 문제로 가볍게 생각하는 바람에 문제가 더욱 커지고, 사업지연과 예산낭비 등의 차질을 빚은 경우도 있다. 이와 같은 폐단을 되풀이하지 않기 위하여, 그 동안 문제시되었거나 비합리적인 부분들을 재검토하여 보다 명확하고 논리적인 근거를 제시함으로써 동·식물상에 대한 평가기법을 현실적으로 개선할 필요가 있다.

2.1.1. 조사분야

2.1.1.1 현황 및 문제점

지금까지 조사분야는 동물상과 식물상으로 크게 나누어 평가서를 작성하는 경우가 많았으며, 최근 들어서는 육수생태계 분야를 별도로 나누어서 조사·분석하는 추세이다. 원래 환경부의 「환경영향평가서작성등에관한규정(2001)」에는 육상동·식물상과 육수동·식물상으로 나누고, 육상동·식물상은 식물상과 식생, 육상동물을 포함하며, 육수동·식물상은 수생식물군집, 플랑크톤 및 부착생물, 조간대생물, 수생동물(수서동물, 저서동물), 어획대상 동물, 생활환경을 포함하여 조사항목으로 설정해 놓고 있다. 그러나 이와 같은 조사항목의 분류체계는 생물 중심의 자연생태계를 일목요연하게 파악할 수 있는 체계가 아니다. 뿐만 아니라 용어도 여러 가지 표현을 혼용하고 있어 평가자에게 혼란을 줄 수 있다. 즉, 육상동·식물상이 주는 의미는 단지 생물상(flora 또는 fauna)과 군집(association 또는 community)을 포함하고 있으나 육수동·식물상에서는 수생식물군집항목을 별도로 두었으며, 생활환경이라는 항목이 들어있어 육상과 육수의 서식환경에 대한 일관성 있는 평가서 작성이나 검토에 혼란을 초래하고 있다. 한편 육수동물과 수서동물은 본래 같은 의미이지만 다르게 표현함으로써 용어의 통일성을 잃고 있다. 저서생물이나 담수무척추동물, 저서성대형무척추동물 등의 표현도 정확한 용어로 표현할 필요가 있다.

2.1.1.2 개선방안

1) 조사분야의 재정립

조사분야는 평가서 작성자나 검토자가 이해하고 접근하기 쉽게 체계적으로 분류해 놓을 필요가 있다. 그 체계는 기본적으로 널리 받아들여지는 생물분류체계라는 큰 틀을 따르지만, 환경영향평가에서 검토되어야 할 내용이 포함되어야 할 것이다. 예를 들어 식생이나 녹지자연도, 노거수, 보호수, 천연기념물(식물) 등도 생물상과 함께 조사대상에 포함되어야 한다.

식물상(flora)이나 동물상(fauna)은 각 분류군에 따라 식물(유관속식물), 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 곤충류, 어류, 저서성 대형무척추동물 등으로 구분하여 정리하는 것이 합리적일 것이다. 또한, 노거수, 보호수, 천연기념물(식물), 식생, 현존식생도, 녹지자연도 등은 편의상 현재와 같이 식물상에 포함시키는 것이 해당지역의 생물상에 대한 현황을 이해하는데 유리할 것이다. 플랑크톤과 부착생물 등은 미생물에 가깝고, 향후 선대류, 이끼류, 버섯류 등의 조사가 행해질 것을 대비하여 미소 생물상으로 묶어두는 것이 좋을 것이다. 한편, 담수생태계(육수생태계)에 대한 내용은 “생태계” 항목을 별도로 만들어서 다루는 것이 해당지역의 생태계를 보다 체계적으로 이해하고, 단위 생태계들간의 물리적, 생물학적 상호작용과 생태계의 공간적 구조 및 배치상태를 파악하는 데 도움이 된다. 담수생물 분야에는 진화적 연원이 오래된 다양한 생물군을 포함하며, 어류를 제외한 세부조사항목이 분류학적인 자연집단이라기보다는 생태학적 유형집단이기 때문에 환경영향평가 조사대상에 포함할 분류군 범위가 명확해야 한다. 따라서 부착생물은 단단한 매질에 부착하여 서식하는 다양한 생물군을 총칭(세균, 균류, 조류(藻類), 원생동물 등)하지만, 전 분야를 다 조사하는 것은 조사의 목적을 흐리게 할 수 있으며, 특별한 상황이 아닌 한 육수생태계의 특징을 잘 반영하는 부착조류로 국한시키는 것이 바람직하다.

이하 본 연구에서는 환경부의 「환경영향평가서작성등에관한규정(2001)」과 국내의 각종 환경영향평가서에 나타난 결과를 토대로, ‘조사분야 및 세부조사내용’은 <표 2-1>의 체계로 개선할 것을 제안한다.

<표 2-1> 조사분야 및 세부조사내용

조사분야	세부조사내용
식물상	식물상, 노거수, 보호수, 천연기념물(식물), 식생, 현존식생도, 녹지자연도
동물상	포유류, 조류, 양서류, 파충류, 곤충류, 어류, 저서성대형무척추동물
미소생물상	플랑크톤, 부착조류, 기타 미생물
생태계	산림생태계, 담수생태계, 습지, 각종 생물서식지 등

2) 용어의 통일

일반적으로 지구의 생태계는 육상생태계와 해양생태계로 크게 나눌 수 있고, 육상생태계는 다시 산림생태계, 하천생태계, 호소생태계, 농경지생태계 등으로 구분할 수 있다. 그러나 하천과 호소의 물은 바다의 해수에 비해 염도가 거의 없으므로 이를 구분하기 위해 담수와 해수로 나누고, 담수와 해수가 섞인 물을 기수로 구분한다. 따라서 육상의 하천이나 호소 등을 총칭하여 담수역 혹은 담수생태계라는 용어로 표현할 수가 있다. 물론, 해양은 해수역이라 표현되지만 해수생태계라는 용어는 잘 쓰지 않는다. 마찬가지로 기수역이라는 표현은 있으나 기수생태계라는 용어 또한 잘 사용하지 않는다. 육상에는 해양에 비해 보다 다양한 생태계의 유형이 있으므로 하천을 비롯한 담수역에 대해서는 담수생태계라는 표현이 적절할 것으로 판단된다. 담수생태계(freshwater ecosystem)의 정확한 의미는 강과 하천을 포함하는 유수생태계(lotic ecosystem)와 호소, 습지, 연못, 저수지 등을 포함하는 정수생태계(lentic ecosystem)의 총칭이다.

기존에 사용하던 용어 중 「환경영향평가서작성등에관한규정(2001)」과 각 평가서마다 다르게 표현되는 용어들을 선정하여 <표 2-2>에 정리하고, 통일된 용어를 제시하였다.

<표 2-2> 동·식물상에서 개선되어야 할 용어들

기존용어	의미 (해양생태계 제외)	용어 제안
육수생태계	하천, 연못, 저수지, 호소 등의 민물을 포함하는 생태계	담수생태계
수서생물, 수생생물	담수생태계에 서식하는 생물	담수생물
육수동물, 수서동물	민물 속에 서식하는 동물	수서동물
저서동물, 저서생물	수생태계 저층 바닥에 서식하는 동물	저서성대형무척추동물
식물플랑크톤	부유생활을 하는 식물성 생물군	식물성 플랑크톤
동물플랑크톤	부유생활을 하는 동물성 생물군	동물성 플랑크톤

3) 조사내용의 설정

가) 식물상 분야

식물상 분야는 고등 식물상(flora)과 노거수, 보호수, 천연기념물(식물) 현황을 포함한다. 노거수, 보호수, 천연기념물(식물)은 대부분 개체 수준이므로 여기에서 다루는 것이 바람직할 것으로 본다.

나) 동물상 분야

동물상은 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 곤충류, 어류, 저서성대형무척추동물을 포함한다. 이 중에서 곤충류는 일반적으로 나비목, 잠자리목, 바퀴목, 집게목, 노린재목, 벌목, 파리목, 날도래목, 매미목, 딱정벌레목을 포함한다. 그러나 경우에 따라서는 개미류나 기타 절지동물 등을 추가적으로 조사할 수 있어야 할 것이다.

다) 미소 생물상 분야

미소 생물상 분야는 플랑크톤이나 부착조류 등 현미경을 동원하여야 분류가 가능한 생물군들을 대상으로 한다. 이외에도 세균이나 버섯류 등 미생물로 분류되는 생물군이나 선대류, 지의류 등도 있지만 해당지역 생태계에서 개발사업으로 인하여 영향이 커서 조사의 필요성이 큰 분류군에 국한시키는 것이 적절하다. 최근에는 선대류나

지의류, 버섯류 등의 하등식물도 조사할 필요성이 있음을 강조하는 학자들도 있다.

라) 생태계

환경영향평가 대상 지역의 전체 생태계의 특성이나 산림생태계, 하천생태계, 농경지생태계 등 각종 생태계의 유형이나 습지, 하천, 산림, 농경지 등 생물서식지 유형별로 기능이나 구조적인 측면의 중요성을 부각시킬 필요가 있다. 그러기 위해서는 먼저 식생(vegetation), 현존식생도(actual vegetation map), 녹지자연도(Degree of Green Naturality, DGN)의 기본적인 현황도를 제시하고, 중요한 생물서식지의 분포를 체크하여야 할 것이다. 특히, 기존에 육수생태계에서 다루었던 하천이나 저수지 등에 미치는 영향을 이와 같은 ‘생태계’에서 다루게 됨으로써 평가자는 물론 검토자나 행정담당자들도 이해하기 쉬워질 것이다.

2.1.2 조사범위

2.1.2.1 현황 및 문제점

선형에 해당되는 사업은 주로 도로, 철도, 송전선로 등이다. 이들 사업에 대한 환경영향평가시 적용되는 조사범위는 대부분 예정노선 좌우로 각각 1km로 정하는 경우가 많다. 간혹 예정노선 좌우로 각각 500m를 조사범위로 정하여 조사하는 경우도 있으나 이에 대한 명확한 규정은 없다. 「환경영향평가서작성등에관한규정(2001)」에서는 구체적인 범위를 설정해 놓지 않고, 사업대상지역의 장축길이 2배 면적을 조사하는 것으로 명시하고 있다. 그러나 이는 매우 애매모호한 범위로서 특히 선형사업에서는 적용하기 어려운 규정이다. 더욱이 이 문구의 정확한 의미는 장축길이의 2배를 직경으로 하는 면적이다.

골프장, 산업단지, 주택단지, 석산개발 등은 모두 사업지역의 형태가 면(polygon)으로 나타나는 경우이다. 그러나 현재의 규정을 이와 같은 사업에 적용할 경우 실제 사업시행으로 인하여 영향을 미칠 수 있는 지역을 포함하지 못하거나 사업시행과는 관련이 없는 지역에 대해서도 조사하게 되는 불합리성을 내포하고 있다. 예를 들어 사업지역의 중심으로부터 일정한 거리의 범위를 대상으로 할 경우 해당 집수역

(catchment area)이 아닌 반대편 집수역도 포함하게 되므로 조사의 비효율성을 지적하는 경우가 많다. 대부분의 생물서식지는 집수역을 중심으로 형성되는 경우가 많기 때문이다. 그러나 모든 사업이 반드시 집수역 내에서만 시행되는 것은 아니므로 이를 감안하여 개선방안을 마련할 필요가 있으며, 사업이 시행되는 해당 집수역의 동물들이 다른 집수역으로 이동하는 경우도 고려하여야 할 것이다.

2.1.2.2 개선방안

각 생물분류군에 대한 조사의 범위는 분류군별 특성이나 해당지역의 지형적인 특성을 고려하여 설정하는 것이 중요하다. 식물의 경우는 정착성이기 때문에 사업지로부터 멀어질수록 당연히 영향을 덜 받겠지만 이동성이 큰 동물의 경우는 영향범위가 넓을 수밖에 없다.

선형사업(특히, 도로사업)은 주로 생태계의 훼손이나 단절이 이동성이 큰 동물에게는 치명적인 영향을 줄 수도 있다. 따라서 노선의 좌우로 일정 거리에 해당되는 면적 이상을 조사할 필요가 있으나 현재까지 이에 대한 자세한 연구가 되어 있지 않다. 일본의 경우에는 도로 양쪽으로 약 200~250m를 집중조사하고, 동물의 이동특성이나 지형적인 여건에 따라서 필요한 경우에는 더욱 확대할 수도 있다고 되어있다. 동·식물은 대부분 그들의 서식지나 생육지를 집수역을 중심으로 하거나 사면방향에 따라 종의 분포패턴이 달라지게 된다. 이러한 점을 고려하면 사업시행에 따른 환경영향평가의 범위는 해당 집수역(catchment area)을 포함하거나 사업지를 향한 사면에 국한시켜 집중조사하고, 기본적인 조사범위는 노선 좌우 약 1km 범위로 유지하는 것이 바람직할 것이다. 특히, 현존식생도와 녹지자연도는 사업구간 일대의 생태계 현황을 파악하기 위한 것이므로 적어도 기본적인 조사범위인 노선 좌우로 각각 1km를 포함시킬 필요가 있다. 그러나 다른 생물군에 대해서는 좌우 1km를 기준으로 집수역과 사면방향에 따라 신축성 있게 조사범위를 정할 필요가 있다. 한편 인근에 철새도래지가 있을 경우에는 철새의 이동방향을 고려하여 더 넓은 범위를 설정할 수도 있고, 하천에서는 어류의 이동거리를 고려하여야 할 것이다. 담수생물의 경우 부유물질, 영양염류 등에 의한 영향을 고려하여 사업지역을 통과하는 하천의 상·하류 쪽으로 각각 1km까

지는 조사할 필요가 있다.

면적사업에 대한 조사범위는 사업이나 지형적인 특성을 고려하여 각각 달리 설정하는 것이 가장 합리적이다. 그러나 이에 대해서는 좀 더 많은 연구가 수행되어야 할 것이다. 따라서 이와 같은 사례조사나 구체적인 연구결과가 없는 상태에서는 현행대로 장축길이의 2배를 직경으로 하는 면적을 기본조사범위(특히, 현존식생도와 녹지자연도)로 하는 것이 무리가 없을 것이다. 물론 선형사업에서와 마찬가지로 기본조사범위를 기준으로 집수역과 사면방향에 따라 신축성 있게 조사범위를 정할 필요가 있다. 인근에 철새도래지가 있을 경우에는 철새의 이동방향을 고려하여 더 넓은 범위를 설정할 수도 있고, 담수생물 역시 부유물질, 영양염류 등에 의한 영향을 고려하여 사업지역을 통과하거나 영향을 받는 하천의 상·하류 쪽으로 각각 1km 이상까지를 조사범위로 설정할 필요가 있다.

<표 2-3> 선형 사업지역에서 동·식물상의 조사범위

조사분야	집중조사범위	기본조사범위
식물상	해당 집수역과 사면안쪽	좌우 각각 1 km
포유류, 조류	기본 조사범위	
양서류, 파충류, 곤충류	해당 집수역과 사면안쪽	
어류, 저서성대형무척추동물, 플랑크톤 및 부착생물, 수생식물	상·하류 각각 1km	
식생조사	해당 집수역과 사면안쪽	
현존식생도, 녹지자연도	기본 조사범위	
노거수, 보호수, 천연기념물	해당 집수역과 사면안쪽	

<표 2-4> 면적 사업지역에서 동·식물상의 조사범위

조사분야	집중조사범위	기본 조사범위
식물상	해당 집수역과 사면안쪽	사업지구 장축의 2배 길이를 지름으로 하는 면적
포유류, 조류	기본 조사범위	
양서류, 파충류, 곤충류	해당 집수역과 사면안쪽	
어류, 저서성대형무척추동물, 플랑크톤 및 부착생물, 수생식물	상·하류 각각 1km	
식생조사	해당 집수역과 사면안쪽	
현존식생도, 녹지자연도	기본 조사범위	
노거수, 보호수, 천연기념물	해당 집수역과 사면안쪽	

2.1.3 식물상 목록정리

2.1.3.1 현황 및 문제점

현재 환경영향평가서의 대부분은 식물상 목록을 주로 부록에 제시하고 있으며, 생활형, 한국특산종, 귀화식물, 식재종 등을 표시해 놓는 경우가 많다. 또한, 귀화식물은 본문에 별도로 목록을 제시하기도 한다. 이와 같은 식물상 목록은 해당 사업지역 일대의 전반적인 식물상, 중요한 식물종의 분포현황과 식물지리학적인 측면에서의 입지현황을 파악할 수 있다. 특히, 목록에 제시된 식물종을 통해서 현장조사가 제대로 이루어졌는지도 알 수 있다. 예를 들어 식물지리학적으로 해당지역에 나타날 것으로 예상치 못한 종이 목록에 들어 있거나 반드시 있어야 할 종들이 누락되었을 경우에는 현장조사의 신뢰성과 전문가의 참여가 부족하였음을 반영하게 된다.

수생식물은 별도의 목록이나 식생조사표를 작성·활용할 경우 해당 수계의 식물상·식생 현황과 자연성을 파악하는 데 용이하지만, 대부분의 환경영향평가서에는 전체 식물상 목록과 별도로 다루는 경우가 드물다. 또한 기존의 평가서 작성규정에서 수생식물에 대한 내용이 소홀히 취급되어 수생식물에 대한 정의나 생육지에 대한 유형별 분류조차도 마련되지 않은 실정이다.

수생식물에는 물부추, 물고사리, 가시연꽃, 매화마름, 물여뀌, 조름나물, 쯤어리연

꽃, 통발, 끈끈이귀개 등과 같은 법적 보호종이나 희귀종, 수리·수문의 변동이나 지하수위 변화에 민감한 습지식물들이 많다(현진오, 2001). 이러한 종들은 전문가라 하더라도 적기에 주의 깊게 관찰하지 않으면 발견하기 힘들 뿐더러, 현황조사시 법적 보호종이나 희귀종의 분포는 대부분 쉽게 분포를 알 수 있는 목본 위주로 진행되기 때문에 상기 종들에 대한 분포 정보가 누락되기 쉽다. 또한 수생식물이 분포하는 지역이 대부분 논이나 경작지, 수로 등으로 이용되고 있으며, 매립을 통한 개발대상지이거나 법적 정비대상(하천정비기본계획, 소하천정비종합계획 등)으로 인식되어 왔기 때문에 이들의 생육지가 급속히 훼손되고 있는 형편이다.

따라서 식물상 목록을 제시하는 것은 나름대로의 의미가 있으며, 다만, 일정한 양식에 따라 목록을 작성할 수 있도록 해두는 것이 필요하다.

2.1.3.2 개선허안

식물상 목록에는 기본적으로 법적보호종(멸종위기종, 보호야생종, 천연기념물), 고유종(한국특산종), 재배종, 식재종, 귀화식물, 생활형 등을 표시하고, 공사시행으로 인하여 발생하는 훼손지와 비훼손지를 구분하여 표시할 필요가 있다.

수생식물에는 관속식물 외에 차축조, 선대류 등을 포함하기도 하나, 여기에서는 유관속이 있는 양치식물 이상의 수생식물로 조사대상분류군을 한정하였다. 수생식물의 개념은 계통분류학적인 근거가 없으며, 대개 생활형이나 생장형, 분포지 특성에 따른 구분이 가능하다. 좁은 의미에서 수생식물은 습지식물을 따로 취급하여, 물가에 자라는 정수성 수생식물(emergent hydrophytes; 줄, 부들, 바늘꽃, 갈대, 달뿌리풀 등), 부수엽을 발달시키는 부엽성 수생식물(floating-leaved hydrophytes; 수련, 가래, 순채, 왜개연꽃 등), 침수성 수생식물(submerged hydrophytes; 검정말, 말즘, 나자스말 등), 부유성 수생식물(free-floating hydrophytes; 마름, 자라풀, 생이가래, 개구리밥 등) 등의 초본식물군으로 한정할 수도 있다(최홍근, 2000). 때로는 수생식물과 습지식물을 합해 대형수생식물(aquatic macrophyte)이라는 용어를 사용하고, 그 종목록을 제시하기도 한다(환경부, 1997). 그러나 환경영향평가를 위한 조사자료로 사용하기 위해서는 좁은 의미의 수생식물 외에도 하천, 호소, 소택지, 습지 등에 분포하는 습지식물이나

수변식물, 친수성인 목본이나 관목도 포함하여야 할 것이다.

한편, 새우말속과 거머리말속 식물은 현화식물이기는 하나, 광범위한 해초지를 형성하여 연안 생태계 내 먹이그물의 기초가 되는 중요한 해양자원이므로, 해양생태계 항목에서 다루는 것이 바람직할 것이다.

수생식물의 분포역은 습지보전법, 하천법 등 관련법규의 적용을 받는 수역 또는 수변지역을 포함하며, 담수, 기수 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역(습지보전법 제2조)으로 하는 것이 좋다. 이들 지역의 수생식물 생육지는 하천, 소하천, 실개천, 호 또는 소, 저수지, 하구습지, 하중도, 석호, 늪, 습원, 염습지, 사구습지 등 다양한 유형으로 구분할 수 있다.

2.1.4 도시화 지수, 양치식물 계수, 생활형 스펙트럼

2.1.4.1 현황 및 문제점

도시화지수는 남한의 귀화식물종수에 대한 조사대상지역의 귀화식물종수를 백분율로 나타낸 것으로서 개발이나 도시화의 지표로 종종 이용되고 있다(임양재 · 전의식, 1980). 또한, 양치식물계수는 해당지역의 자연성을 나타내는 지표가 되기도 한다. 그러나 도시화지수의 경우는 특정 귀화식물에 의해 전면적으로 우점될 경우 오히려 그 값이 떨어지는 경향이 있기 때문에 도시화 지표로서 활용하기에는 문제가 있다(김종원 · 이은진, 1997). 이와 같은 점에서 양치식물계수도 마찬가지로 할 수 있으며, 이 두 지수가 환경영향평가에서 뚜렷한 역할을 하지 못하고 있는 것은 사실이다.

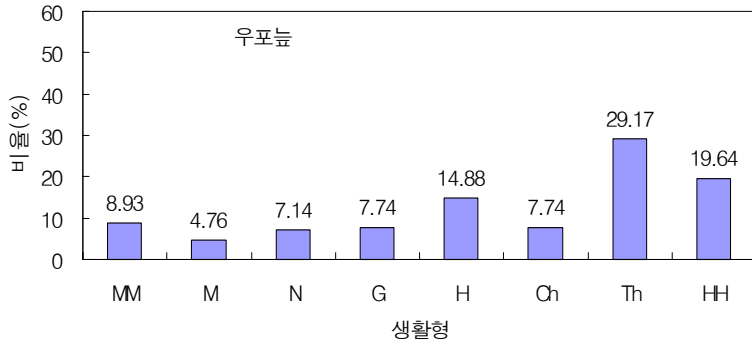
Raunkiaer의 생활형은 극상식생에서 기후적 상관관계를 민감하게 반영(Cain, 1950)할 수 있다. 또한, 식물군집에서 종조성, 환경반응, 경쟁관계에 대한 정보를 제공하기도 한다(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974). 남한의 경우 주로 반지중식물(H)이 normal spectrum(Cain, 1950) 보다 약 4% 높게 나타나 반지중식물기후대임을 나타낸다(임양재 외, 1982). 정홍락(1999)은 대구지역 식생연구에서 신갈나무군락이 소나무군락에 비해 지중식물의 비율이 더 높으므로 두 군락간에 기후적 차이가 있음을 밝힌 바 있다. 이와 같이 식물의 생활형은 종조성적 차이를 토대로 특정지역의 기후조건이나 군락간의 입지특성을 비교할 수 있는 도구로 활용될 수 있다. 최근 일부

환경영향평가서에서 식물의 생활형을 제시하고 있으나 해당지역의 기후조건이나 입지특성을 개략적으로 파악할 수 있는 것 외에는 중요한 정보가 되지 못한다. 더욱이 식물의 생활형 분석은 전 지구적인 차원에서 식생의 기후대를 비교할 경우에 주로 많이 활용된다. 해당지역 전체를 하나의 그래프로 제시하는 것은 큰 의미가 없다. 또한 사업지역에 대한 완전한 식물상 정보를 충분히 획득하지 않았을 경우에는 왜곡된 결과를 초래할 수도 있다. 그러나 경우에 따라서는 좋은 참고자료가 될 수 있으므로 적절하게 이용할 수 있는 방안을 찾아보는 것도 의의가 있다.

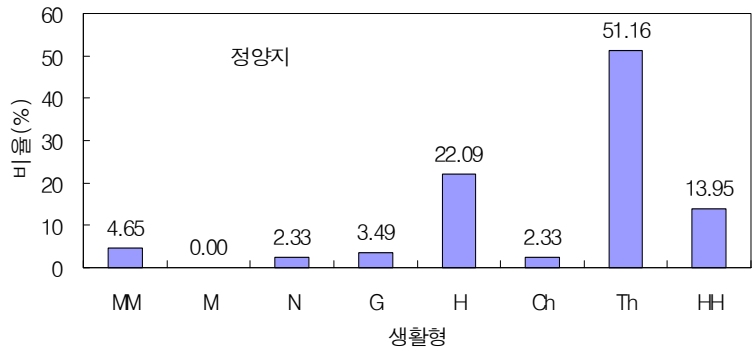
2.1.4.2 개선방안

도시화지수와 양치식물계수는 대상지역의 생태계에 대한 자연성을 논의하는데 있어서 무용한 경우가 많아 이에 대한 보다 활용도를 높일 필요가 있다. 특히, 이들 지수들은 특정 서식지 혹은 생태계 유형에 따른 비교·평가를 위해서 필요한 경우도 있으므로 환경영향평가에서 잘 활용될 수 있도록 보다 과학적인 분석방법들이 개발되어야 할 것이다.

해당지역의 식물상 정보가 충분하다면, 조사지역 전체, 서식지간 혹은 군락유형별로 식물의 생활형을 비교할 수 있다. 그리고 이를 토대로 사업지역의 입지, 군락, 서식지 등에 대해 다양한 해석을 해볼 수 있을 것이다. 예를 들어, 사업지역 중에서도 훼손지역에 대한 식물상의 생활형 분석은 어떤 유형의 식생이 훼손되는지를 알 수 있고, 상관적으로 동일한 서식지라 할지라도 구성원들의 생활형 조성에 따라 질적인 차이를 파악하는 데 중요한 정보를 제공하게 된다(그림 2-1). 그림에서 알 수 있듯이 우포늪은 정양지에 비해 수생식물의 비율이 높고, 다양한 생활형의 식물종으로 구성되어 있다. 즉, 우포늪은 정양지에 비해 산림생태계와도 연결성도 비교적 양호하다는 것을 알 수 있고, 이와 같은 결과는 생물서식지로서 보전가치도 높다는 것을 객관적으로 제시할 수 있는 훌륭한 자료가 된다.



자료 : 우포·목포늪 생태계 보전방향, 1997, 창녕군, 경남개발연구원



자료 : 쌍백~함천간 도로4차로 확장 및 포장공사 환경영향평가서 보완서, 2002, 부산지방국토관리청

<그림 2-1> 우포늪과 정양저수지의 식물상을 토대로 한 생활형 비교분석

2.1.5 노거수, 보호수, 천연기념물(독립 노거수)

2.1.5.1 현황 및 문제점

노거수는 보호수나 천연기념물(독립 노거수)과 함께 해당지역의 원식생(original vegetation)이나 잠재자연식생(potential natural vegetation)을 추정할 수 있는 유일한 증거가 될 수 있다. 특히, 이들 노거수는 주로 마을이나 경작지 등 충적저지대에 분포하는 경우가 많고, 마을 정자목으로 이용되기도 한다. 노거수에 대한 정의가 명확한 것은 아니지만 대개 수령이 100년 이상인 자생종의 수목에 대해서는 노거수로 분류할 수 있을 것이다. 환경부의 「환경영향평가서작성등에관한규정(2001)」에는 노거수, 보호수, 천연기념물(독립 노거수)에 대해서는 별도의 조사항목으로 언급되어 있지 않아 환경영향평가시 노거수는 누락되는 경우가 많다.

산림청에서는 1982년도에 전국의 생활권 내에 있는 수령 100년 이상 된 희귀목, 노목, 거목을 일제히 조사하여 특별히 보존할 가치가 있는 나무와 고사나 전설이 담긴 향토적인 나무 9,516본을 보호수로 지정하였다(산림청, 1984). 당시 보호수의 지정 목적은 쾌적하고 아름다운 생활환경을 보전하고 국민의 아늑한 휴식처를 제공하는 나무로서 보호 육성하기 위한 것이었다. 보호수 지정대상 중 문화재보호법에 의하여 천연기념물로 지정된 수목에 대해서는 제외하였다. 또한, 품격별로 마을나무, 읍·면나무, 시·군나무, 시·도나무로 구분하였으며, 고유지정번호를 부여하였다. 대표적인 수종으로는 느티나무가 가장 많고, 팽나무, 은행나무, 소나무, 회화나무, 향나무 등 총 100여 종에 달한다.

우리나라에 있어서 이른바 거수, 노수, 그리고 명목에 대한 체계적 조사가 진행되고, 간행물로 처음 보고가 된 것은 1919년 「조선 거수 노수 명목지」 일 것이다(임경빈, 1993). 여기서는 전국적으로 산재해 있는 거수, 명목 그리고 전설과 고사를 가진 나무 5,300여 점을 수종별로 나열하여 설명했다. 이들 나무는 신목, 당산목, 호안목, 정자목, 피서목, 풍치목, 명목 등 7가지 속성으로 나누었다. 훗날 이와 같은 자료가 천연기념물의 발단이 되었을 것으로 생각된다. 1933년 8월에 제령(制令) 제6호로서 조선보물고적명승 천연기념물보존령이 공포되면서 최초로 동식물이 포함된 천연기념물 지정이 있었다. 이후 1962년에 문화재보호법이 공포되면서 1933년의 조선보물고

적명승천연기념물보존령이 폐지됨으로써 일제시대의 천연기념물지정은 모두 취소되고 새로이 지정하게 되었다. 현행 문화재보호법 중 천연기념물에 대한 내용에서 노거수에 해당되는 항목은 ‘학술상 가치가 큰 사충, 명목, 거수, 기형목’이다. 1992년 12월 말까지의 자료를 보면 천연기념물 중 식물관련은 총 204건이며, 이 중 독립 노거수는 경북 예천군 감천면의 석송령을 비롯하여 총 127건으로 나타났다.

2.1.5.2 개선방안

환경영향평가지 노거수와 보호수, 천연기념물(노거수)에 대해서는 가능한 한 원형보존할 수 있도록 하는 것이 좋을 것이다. 여러 가지 이유가 있겠지만 앞에서도 언급했듯이 노거수 등은 원식생이나 잠재자연식생을 연구하는 데 있어서 중요한 자료가 된다. 또한, 마을의 정자목으로서 혹은 향토식생의 대표적인 경관을 유지하고 있다는 데서 그 의미를 찾을 수 있고, 마을 사람들이 오랫동안 섬겨온 신앙의 대상으로서 중요한 의미를 부여할 수도 있다. 더욱이 보호수와 천연기념물은 관련 법령에 의해 지정되어 있으므로 당연히 원형보존해야 할 것이다.

따라서 환경영향평가지 노거수, 보호수, 천연기념물에 대해서는 충분한 검토자료가 수집되어야 하며, 수종, 수고, 흉고직경(DBH), 수령, 분포위치, 사업지역과의 이격거리, 사진, 주변환경 등 각종 현황자료를 제시하여야 한다. 보호수나 천연기념물에 대해서는 지정연도, 지정목적, 고유지정번호를 제시하여야 할 것이다.

2.1.6 현존식생도

2.1.6.1 현황 및 문제점

식생도(植生圖, vegetation map)라고 하는 것은 식물군락의 구체적인 구분을 지도상에 그린 것으로서 대상, 축척, 표현법에 따라서 대상에 의한 구분, 축척에 의한 구분, 표현법에 의한 구분으로 나눌 수 있다(표 2-5, 김준민 외, 1987).

<표 2-5> 식생도의 구분과 종류

구분	식생도의 종류
대상	현존식생도(現存植生圖, actual vegetation map)
	원식생도(原植生圖, original vegetation map)
	잠재자연식생도 (潛在自然植生圖, potential natural vegetation map)
축척	소축척식생도 : 보통 1/100만(1cm=10km)보다 작은 축척
	중축척식생도 : 1/100만~1/10만(1cm=10~1km)의 축척
	대축척식생도 : 1/10만~1/1만(1cm=1~0.1km)의 축척
	세밀식생도 : 1/5,000~1/1,000(1cm=50~10m)의 축척
	방형구도 : 1/100~1/10(1cm=1~0.1m)의 축척
표현	상관식생도(相觀植生圖, physiognomical vegetation map)
	식물사회학적 식생도 (植物社會學的 植生圖, phytosociological vegetation map)

이상과 같이 다양한 식생도의 종류가 있으며, 환경영향평가에서는 주로 현존식생도를 많이 이용하고 있다. 축척은 대개 대축척식생도나 세밀식생도를 적용한다. 즉, 토지이용계획을 입안하기 위해서는 1/5,000~1/1,000(1cm=50~10m)의 지도에 표시한 식생도를 제시하는 것이 가장 적합하기 때문이다. 그리고 우리나라와 같이 식물사회학적 연구자료가 충분치 않은 경우에는 1/50,000이나 1/25,000 대축척도에 종조성적 기준을 추가한 상관식생도를 작성하는 것이 합리적일 수도 있다.

문제는 최근 항공사진의 확보가 거의 불가능한 상태에서 현존식생도를 제작하기 위한 현장조사의 어려움과 질이 낮은(정확도가 떨어지는) 식생도의 생산이다. 그리고 아직까지 식물군락의 분류체계가 확립되지 않았기 때문에 군락구분의 어려움이 있고, 최소면적에 대한 문제도 항상 제기되고 있다.

최초의 식생도의 제작에 대해서는 15~16세기로 거슬러 올라 갈 수 있지만(Mraz and Samek, 1963) 그때와 오늘날의 식생도 제작의 목적에는 큰 차이가 있다. 특히, 최근에는 개발욕구가 갈수록 커지고 있으며, 이에 따라 자연파괴가 절박한 문제로 대두되고 있다. 이러한 점에서 식생도는 식물군락뿐만 아니라 토지이용현황이나 각종

생물서식처도 한 눈에 파악할 수 있어야 한다.

2.1.6.2 개선방안

현실적인 어려움이 있기는 하지만 현존식생도 작성법에 대해서는 김준민 외(1987)의 「식생조사법」에 매우 상세하게 나타나 있다. 환경영향평가 비용을 현실화하여 가능하면 항공사진을 구입하여 보다 정확한 정보를 입수할 수 있도록 하는 것이 좋다. 최근에는 높은 해상도의 인공위성사진도 시판되고 있으므로 이를 이용하여도 도움이 될 것이다.

현존식생도는 해당지역의 식생현황이나 토지이용현황을 한 분에 파악할 수 있어서 유용하지만 가능하다면 생물서식지현황도가 제시되면 검토는 물론 영향예측이나 저감방안을 수립하는데 매우 도움이 될 것이다. 그리고 각 식생유형별로 면적과 비율을 제시하는 것은 검토에 도움을 주며, 본문에서는 식생조사결과를 참고하여 현존식생도에 나타난 식생유형별로 특징을 나열하여 기술하는 것이 합리적일 것이다.

2.1.7 녹지자연도

2.1.7.1 현황 및 문제점

현재 환경영향평가에서 녹지자연도 등급 판정은 환경부의 녹지자연도 등급산정기준(환경청, 1986)에 의거하고 있으며, 8등급 이상은 거의 절대적으로 보전토록 하고 있다. 그러나 평가자, 협의기관, 검토기관, 시민단체 사이에 녹지자연도 판정에 대한 견해의 차이가 다소 있어 논란의 시비가 잦은 편이다. 특히, 난개발지역의 경우 자연성이 낮은 식물군락을 주민이나 환경단체에서 보전하도록 주장함으로써 녹지자연도가 사회적 문제로 대두되는 경우가 있다.

녹지자연도는 식생의 자연성을 판단하는 기법이지만 식생에 대한 가치를 포괄적으로 판단할 수 있는 기준은 되지 못한다. 예를 들어, 생태적으로 중요한 습지가 0등급 혹은 4등급으로 판정되기도 한다. 식생의 가치는 자연성만을 기준으로 판단할 수 없다. 성황당림의 경우 수령은 높지만 자연성은 낮다. 그러나 향토사학적, 정서적, 학술

적 가치는 매우 크다고 볼 수 있다. 또한, 충북 단양 일대의 석회암 지대에 제한적으로 분포하는 꼬리진달래 개체군은 학술적으로 매우 중요하지만 녹지자연도는 7등급에 분포하는 경우가 많다.

이와 같은 어려움을 극복하기 위해 식생의 자연성을 판단하는 데 있어서 수령(임령)에 의존하게 되었고, 심지어는 8등급 나무라는 말까지 생겨날 정도로 녹지자연도 사정에 대한 심한 왜곡현상까지 나타나게 되었다. 특히, 현행 녹지자연도 기준에는 습원, 염습지, 사구, 암벽 등 특이식생에 대한 판정기준은 누락되어 있다(표 2-6).

녹지자연도는 순수 경험적 과학인 식생생태학의 학술적인 연구성과를 정책에 반영하기 위해 응용한 것으로서 본질적으로 학자들간에도 식생의 자연성에 대한 이견이 생길 수밖에 없는 학문적 한계가 내재되어 있다. 식생생태학(vegetation ecology)은 정성적 분석(우점종, 표집종, 군락의 안정성, 계층구조 등)을 통해 발전한 학문으로서 독일의 훔볼트(1769~1859)가 시조로 알려져 있다. 그는 남아메리카나 중앙아시아의 탐험을 통해서 법칙과학으로서의 식물지리학을 촉진시키고, 식생생태학의 기초를 굳혔던 것이다. 따라서 현재까지의 식생생태학적인 연구 성과로 누구나 인정할 수 있는 정량화된 판정기준을 만들기는 매우 어려운 문제다.

<표 2-6> 녹지자연도 등급 사정기준(환경청, 1986)

권	지역	성 층	등 급	명 칭	등급별 내용 및 이해의 개요
육 지 권	개발지역	단 층	1	시가지 조성지	녹지식물이 거의 존재하지 않는 지구 (해안, 암석산지 및 해안사지 등)
			2	농경지	논 또는 밭 등의 경작지
			3	과수원	경작지나 과수원, 묘포지 등과 같이 비교적 녹지식생의 분량이 우세한 곳
	반 자연 지역	단 층 또는 복합층	4	이차초원 (A)	잔디군락이나 인공초원(목장) 등과 같이 비교적 식생 의 키가 낮은 이차림으로 형성된 초원지
			5	이차초원 (B)	갈대, 조릿대군락 등과 같이 비교적 식생의 키가 높은 이차초원지
			6	조림지	각종 활엽수 또는 침엽수의 식림지 은수원사시나무~일본잎갈나무~소나무~잣나무 등
			7	이차림 (A)	일반적으로 이차림이라 불리우는 대상식생지구 서어 나무~상수리나무~졸참나무군락 등 : 소위 유령림, 약 20년생까지
			8	이차림 (B)	원시림 또는 자연식생에 가까운 이차림, 신갈나무~물 참나무~가시나무맹아림 등 : 소위 장령림, 약 20~50 년생
			9	자연림	다층의 식생사회를 형성하는 천이의 마지막에 이르는 극상림지구 가문비나무~전나무~분비나무군락 등의 임상 : 고령림, 약 50년생 이상
			10	고산자연 초원	자연식생으로서 고산성 단층의 식생사회를 형성하는 지역
수권	수역	무 층	0	수 역	저수지, 하천유역(하중사구 포함)

2.1.7.2 개선방안

1) 녹지자연도 사정기준 및 판정기법

현행 녹지자연도 기준은 수령에 의존하도록 되어 있어 우리나라의 식생현황을 충분히 반영하지 못하고 있다. 그러므로 수령에 의한 등급판정을 배제시키고, 식생에 대한 과학적인 정보를 토대로 등급별 개요설명을 구체적으로 제시할 필요가 있다(표 2-7). 그래서 녹지자연도 판정시 수령에만 의존하는 폐단을 없애고, 식생에 대한 과학적인 정보를 토대로 진정한 의미의 자연성을 부각시켜야 한다. 이와 같은 기준은 또한 우리나라의 모든 식생유형에 적용이 가능하므로 녹지자연도 사정기준에 대한 활용도를 높일 수가 있다. 그러나 조사자의 학문적인 수준이나 주관에 따라 의견이 다를 수 있으므로 논란이 생길 경우에는 녹지자연도 7, 8, 9등급 판정기법(한국토지공사, 2001)을 활용할 수 있다(표 2-8~2-11). 즉, 녹지자연도 조사는 1차적으로 녹지자연도 사정기준에 의해 실시하지만, 등급판정에 문제가 있을 경우에는 별도의 객관적인 판정기법을 적용할 수 있다. 이와 같은 녹지자연도 판정기법은 한국생태학회의 연구용역 결과(발주처: 한국토지공사)로서 한국생태학회의 여러 전문가들이 참여하여 이루어낸 연구성과로서 비교적 과학적인 접근법이다.

현재 우리나라에는 이외에 객관적인 판정기법이 개발된 것은 아직 없는 실정이다. 녹지자연도 7,8,9등급 판정기법은 식물군락의 발달 정도와 자연성의 잣대가 되는 식피율(우점도), 수령, 계층구조, 종조성을 모두 고려한 과학적인 판정기법으로서 기존의 상관적인 방법의 주관성을 상당부분 배제할 수 있다. 그러나 조사에 많은 시간이 소요되므로 상관적인 방법(기준방법)에 대한 판정시비가 있을 때만 적용 가능하며, 식생생태학(종생태학, 군락생태학 등)의 연구성과가 부족하여 일부 학자들간에 판정기법이나 종선정에 대한 논란이 있을 수 있다.

<표 2-7> 녹지자연도 등급 사정기준(2002년) - 수정안

지역	등급	개요	해당식생형
수역	0	수역	○수역(강 호수, 저수지 등 수체가 존재하는 부분과 식생이 존재하지 않는 하중도와 하안을 포함)
	1	시가지, 조성지	○식생이 존재하지 않는 지역
개발지역	2	농경지(논, 밭)	○논, 밭, 텃밭 등의 경작지 · 비교적 녹지가 많은 주택지 (녹피율 60%이상)
	3	농경지(과수원)	○과수원이나 유실수 재배지역 및 묘포장
	4	이차초원 (키 낮은 초원)	○이차적으로 형성된 키가 낮은 초원식생 (골프장, 공원묘지, 목장 등)
	5	이차초원 (키 큰 초원)	○이차적으로 형성된 키가 큰 초원식생 (목밭 등 훼손지의 역새군락이나 기타 잡초군락 등)
	6	조림지	○인위적으로 조림된 후 지속적으로 관리되고 있는 식재림 · 인위적으로 조림된 수종이 약 70%이상 우점하고 있는 식생과 아까시나무림이나 사방오리나무림과 같이 도입종이나 개량종에 의해 우점된 식물군락
반자연지역	7	이차림(I)	○자연식생이 교란된 후 2차천이의 진행에 의하여 회복단계에 들어섰거나 인간에 의한 교란이 심한 삼림식생 · 군락의 계층구조가 불안정하고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재자연식생을 반영하지 못함 · 조림기원 식생이지만 방치되어 자연림과 구별이 어려울 정도로 회복된 경우 · 소나무군락, 상수리나무군락, 굴참나무군락 등
	8	이차림(II)	○자연식생이 교란된 후 2차천이에 의해 다시 자연식생에 가까울 정도로 거의 회복된 상태의 삼림식생 · 군락의 계층구조가 안정되어 있고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재자연식생을 반영하고 있음 · 난온대 상록활엽수림 (동백나무군락, 구실잣밤나무군락 등), 산지 계곡림 (고로쇠나무군락, 층층나무군락 등), 하반림 (버드나무-신나무군락, 오리나무군락, 비술나무군락 등), 너도밤나무군락, 신갈나무-당단풍군락, 졸참나무군락, 서어나무군락 등
자연지역	9	자연림	○식생천이의 종국적인 단계에 이른 극상림 또는 그와 유사한 자연림 · 8등급 식생중 평균수령이 50년 이상된 삼림 · 아고산대 침엽수림(분비나무군락, 구상나무군락, 잣나무군락, 잣뽕나무군락 등)
	10	자연초원, 습지	○삼림식생 이외의 자연식생이나 특이식생 · 고산황원, 아고산초원, 습원, 하천습지, 염습지, 해안사구, 자연암벽 등

<표 2-8> 녹지자연도 판정표 (한국토지공사, 2001)

평가항목	배점	내 용	
식피율 (수관층)	3	수관층의 식피율이 70% 이상이다.	
	2	수관층의 식피율이 40% 이상 70% 미만이다.	
	1	수관층의 식피율이 40% 미만이다.	
평균수령	5	50년 이상	
	4	30년이상 50년 미만	
	3	20년이상 30년 미만	
	2	10년이상 20년 미만	
	1	10년 미만	
계층구조	5	계층구조가 안정적이고, 아교목성과 관목성 식물종의 구성비율이 매우 풍부한 편이다.	
	4	계층구조가 안정적이고, 아교목성과 관목성 식물종의 구성비율이 풍부한 편이다.	
	3	계층구조가 불안정하지만 아교목성과 관목성 식물종의 구성비율이 보통 이상이다.	
	2	아교목성과 관목성 식물종의 구성비율이 빈약한 편이다.	
	1	아교목성과 관목성 식물종의 구성비율이 매우 빈약한 편이다.	
종조성	5	외지식물이 전혀 없다.	○특정식물이 출현하는 경우는 1점을 추가 ○특정식물의 식피율이 5% 이상일 경우 다시 1점을 추가 ○한국 특산식물의 식피율이 10% 이상일 경우 1점을 추가
	4	외지식물의 구성비율이 5%이하	
	3	외지식물의 구성비율이 5.1~20%	
	2	외지식물의 구성비율이 20.1~50%	
	1	외지식물의 구성비율이 51%이상	
총 점			
등 급		7등급(13점 이하), 8등급(14점 이상), 9등급(17점 이상)	

<표 2-9> 우점도(피도) 계급을 이용한 구성비율의 판정시 주의사항

우점도(피도)	식피율(%)	중앙치(%)	관목성과 아교목성의 구성비율
5	75~100	87.5	매우 풍부한 편이다.
4	50~75	67.5	
3	25~50	37.5	풍부한 편이다.
2	10~25	17.5	보통이다.
1	1~10	5.0	빈약한 편이다.
+, r	1이하	0.1	매우 빈약한 편이다.

◆ 주의사항 ◆

1. 수령은 수관층을 형성하는 종을 말하며, 흉고직경(DBH)과 수형, 입지조건 등을 고려하여 할 수 있음.
2. 계층구조는 2~5층으로 구분되며, 안정과 불안정은 군락구조의 층화현상이 뚜렷한지를 파악하여 해당 입지에 따른 군락의 발달정도를 측정하는 것임.
3. 계층구조 항목에서는 군락의 구조적인 안정성을 우선적으로 보며, 풍부도는 보조수단이 되어야 함.
4. 외지식물이나 2차림의 초·중기의 대표적인 식물(싸리, 산초나무, 국수나무, 진달래 등)과 교목성 식물은 관목성과 아교목성의 구성비율에서 제외
5. 관목성과 아교목성 식물이 2종 이상인 경우 중앙치를 합산하여 식피율의 범위에 적용.
6. 우점도 계급은 해당 계층(초본층에서 출현할 경우도 포함)에서의 값으로만 계산함. 예를 들어 생강나무가 아교목층에 1.1, 관목층에 2.2, 초본층에 +이면 $5.0+17.5+0.1=22.6$ 로서 풍부한 편이며, 생강나무가 관목층에 +이고, 노린재나무가 관목층에 1.1이면 $0.1+5=5.1$ 로서 빈약한 편임.
7. 외지식물이라 함은 길가나 인가, 경작지, 교란지, 임연식생 등 삼림식생 이외에서 나타나는 식물군락의 진단종을 의미하며, 귀화식물이 포함됨.
8. 종조성에서 외지식물의 구성비율은 종수비율과 식피율을 합산하여 계산함.
9. 종조성에서도 외지식물의 비율은 중앙치를 이용.
10. 특정식물이라 함은 법적보호종(멸종위기종, 보호야생종, 천연기념물)과 희귀종을 말함(4개 항목의 합산이 13점 이하인 경우에만 적용).

<표 2-10> 아교목성과 관목성 구성비율 계산시 배제되어야 할 식물

국명	학명	생활형	비고
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> ZABEL	관목	천이 초, 중기
난티잎개암나무	<i>Corylus heterophylla</i> FISCH. BL.	관목	천이 초, 중기
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i> S. et Z.	아교목	천이 초, 중기
보리수나무	<i>Elaeagnus umbellata</i> THUNB.	관목	천이 초, 중기
산초나무	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> S. et Z.	관목	천이 초, 중기
취뽕나무	<i>Ligustrum obtusifolium</i> S. et Z.	관목	천이 초, 중기
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ.	관목	천이 초, 중기
초피나무	<i>Zanthoxylum piperitum</i> A.P. DC.	관목	천이 초, 중기
털진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> NAK.	관목	천이 초, 중기

<표 2-11> 귀화식물을 제외한 대표적인 외지식물

국명	학명	생활형	비고
꼭두서니	<i>Rubia akane</i> NAKAI	초본	노방식물
노박덩굴	<i>Celastrus orbiculatus</i> THUNB.	만경	임연식물
도둑놈의갈고리	<i>Desmodium oxyphyllum</i> DC.	초본	임연식물
돌콩	<i>Glycine soja</i> S. et Z.	초본	노방식물
명석팔기	<i>Rubus parvifolius</i> L.	초본	노방식물
비수리	<i>Lespedeza cuneata</i> G. DON	관목	노방식물
사철쭉	<i>Artemisia capillaris</i> THUNB.	초본	노방식물
새콩	<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i> OHWI	초본	노방식물
쇠무릎	<i>Achyranthes japonica</i> (MIQ.) NAKAI	초본	노방식물
쭉	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (PAMPAN.) HARA	초본	노방식물
용가시나무	<i>Rosa maximowicziana</i> REGEL	관목	임연식물
으름	<i>Akebia quinata</i> DECNE.	만경	노방식물
인동	<i>Lonicera japonica</i> THUNB.	만경	노방식물
짚신나물	<i>Agrimonia pilosa</i> LEDEB.	초본	노방식물
찔레꽃	<i>Rosa multiflora</i> THUNB.	관목	임연식물
취	<i>Pueraria thunbergiana</i> BENTH.	만경	임연식물

한편, 녹지자연도 7,8,9등급 판정기법의 객관성을 검증하기 위하여 현지에서 조사된 356개의 식생조사표(KEI 소유)를 가지고 상관적인 판단결과와 판정기법에 의한 분석결과를 비교해 본 결과(표 2-12), 상관조사와 7,8,9등급 판정기법에 의한 결과가 80.23% 일치하였다. 녹지자연도 7,8,9등급 판정기법을 적용한 결과에 의하면 11.24%가 상향 조정되었으며, 8.43%가 8등급에서 7등급으로 하향 조정되었다. 이와 같은 결과는 녹지자연도 7,8,9등급의 판정기법이 비교적 객관적이면서도 과학적임을 의미한다. 따라서 환경영향평가시 녹지자연도 판정에 문제가 제기될 경우에는 이와 같은 기법을 적용하여 시시비비를 가리는 것도 합리적인 방법중의 하나로 볼 수 있다.

<표 2-12> 상관조사에 의한 녹지자연도와 녹지자연도 7,8,9등급 판정 표에 의한 녹지자연도의 분석결과

녹지자연도 등급		식생조사표수	백분율(%)
상관조사	판정기법		
7	7	147	41.29
7	8	22	6.18
8	7	30	8.43
8	8	138	38.76
8	9	18	5.06
9	9	1	0.28
-	-	356	100.00

2) 식생보전등급

식생에 대한 보전가치는 자연성뿐만 아니라 고유성, 희소성, 분포의 한계성, 입지특이성, 기능성 등의 학술적 가치라든가, 취약성, 고갈진행성, 역사성, 향토대표성 등의 다양한 측면을 고려하여 상대적인 보전가치도 포함시키는 것이 바람직하다. 그 동안 환경영향평가에서 녹지자연도의 자연성에만 크게 의존하여 왔으며, 자연성이 높지 않은데도 불구하고 상대적인 가치를 부각시켜 보전하고자 할 경우에는 뚜렷한 기준이 없어 녹지자연도를 왜곡시키는 결과를 초래했던 사례가 많았다. 이와 같은 문제점을 없애기 위해 녹지자연도 기준을 활용하면서 식생에 대한 보전가치를 평가할 수

있는 판단의 근거를 제시함으로써 환경영향평가 본래의 취지에 부합시킬 수 있다. 즉, 녹지자연도로 인하여 논란이 되는 지역에 대한 진정한 가치 판단의 기준을 제시함으로써 환경영향평가서 설득력 있는 보전방안을 마련할 수 있는 것이다. 그러나 식생의 상대적 보전가치에 대하여 학문적으로 정립되거나 연구성과가 없어 전문가의 식견에 따라 이견이 있을 수 있는 소지는 여전히 남아있다.

<표 2-13> 식생보전등급기준

생태 자연도	등급	기 준
1	V	○ 녹지자연도 9, 10등급(원생림 혹은 그것에 유사한 자연식생) ○ 국내 일부에 분포하지만 극히 드문 식물군락 혹은 개체군 ○ 비교적 흔하게 보이는 것이라도 남한, 북한, 격리분포 등 분포 한계가 되는 산지에 보이는 식물군락 혹은 개체군 ○ 사구, 단애지, 소염지, 호소, 하천, 습원, 염습지, 고산, 석회암지대, 산정화원 등 특수한 입지에 특유한 식물군락 혹은 개체군으로 그 군락의 특징이 전형적인 것
	IV	○ 녹지자연도 8등급 ○ 남획이나 인위의 영향에 의하여 해당 도(道) 단위 행정구역에서 적어질 우려가 높은 식물군락 혹은 개체군 ○ 향토식생경관을 대표하는 식물군락으로 특히 그 군락의 특징을 나타내는 전형적인 것(마을보호림, 사찰림, 성황당림, 고령림 등). ○ 과거에 있어서 인공적으로 식재된 것이 분명한 삼림이라도 장기에 걸쳐서 벌채 등 손이 가해지지 않아 식생경관으로서의 가치가 높은 식물군락 혹은 개체군 ○ 기타 학술상 중요한 식물군락 혹은 개체군
2	III	○ 식생보전등급 IV, V등급 이외의 녹지자연도 7등급
	II	○ 식생보전등급 IV, V등급 이외의 녹지자연도 6등급
3	I	○ 녹지자연도 1, 2, 3, 4, 5등급

3) 향후 연구과제

녹지자연도와 식생의 보전가치에 대한 그 동안의 연구가 미흡하거나 매우 제한적

이었으므로 이에 대한 다양한 연구성과를 도출할 필요가 있으며, 관심 있는 학자들로 하여금 연구에 참여할 수 있도록 적극 지원할 필요가 있다. 앞으로 더 많은 연구가 진행되어 한국토지공사(2001)의 녹지자연도 7, 8, 9등급 판정기법 이외에도 훌륭한 기법들이 개발되면 시비가 생길 경우 다양한 기법들을 중복 적용함으로써 논란의 여지를 훨씬 더 줄일 수 있을 것이다.

향후 연구과제로는 식생유형의 분류체계 확립, 보전가치가 있는 식생유형의 선정, 습지의 판단 기준 등이 있다.

2.1.8 식물현존량

2.1.8.1 현황 및 문제점

식물의 현존량은 개발사업으로 인하여 소실되는 식물을 양적으로 나타내기 위하여 도입된 것으로 보인다. 녹지자연도나 기후모델을 이용한 식물현존량은 매우 광범위한 지역에서 적용될 때 서로 다른 기후대나 식생유형에 따라 그 차이를 볼 수 있는 값이다. 즉, 전지구적인 차원에서 대륙간이나 식생대 별로 그 양적인 값에 의한 변화를 비교, 분석함으로써 지구환경변화에 대한 중요한 정보를 얻게된다(Lieth and Whittaker, 1975). 최근에는 위성영상 자료를 이용하여 식물현존량을 계산해 냄으로써 좀 더 과학적인 결과를 얻을 수도 있다.

이와 같은 식물현존량의 계산을 환경영향평가와 같은 국지적인 개발사업지에 적용하는 것은 비효율적인 것으로 볼 수 있다. 더욱이 녹지자연도에 의한 계산 결과는 기후모델이나 실제 현존량과는 많은 오차를 보이고 있어 여러 학자들로부터 비판을 받아왔다. 또한, 식물현존량의 복잡한 계산 결과에 비해 실제로 해당사업에 따른 환경변화를 예측하거나 저감방안을 수립하는 데 특별한 정보를 제공하는 것은 없다.

2.1.8.2 개선방안

위에서 본 바와 같이 환경영향평가에서 식물현존량의 계산은 대부분 무용지물인 경우가 많다. 따라서 식물현존량의 계산은 지양하고, 녹지자연도와 식생보전등급의

면적별 비율을 계산하여 등급별로 비교, 분석하는 방향으로 개선하는 것이 합리적인 것으로 생각된다. 예를 들어, 해당사업 지역에서 녹지자연도 8등급의 비율이 전체의 몇 %를 차지하고, 얼마 정도가 훼손되며, 면적은 어느 정도인지를 평가서에 제시함으로써 해당 사업으로 인하여 지역생태계에 미치는 영향을 종합적으로 파악하는 데 보다 객관적인 도움을 줄 수 있다.

2.1.9 식생조사법

2.1.9.1 현황 및 문제점

식물사회학적 식생조사의 목적은 두 가지가 있다. 하나는 어떤 식생유형 혹은 자연 지리적인 하나의 영역에 대하여 군락을 체계화하는 것이다. 예를 들어 냉온대 낙엽활엽수림에 대한 군락분류나 한반도의 식생에 대한 전반적인 군락분류체계를 정립할 경우가 될 것이다. 다른 하나는 어떤 지역의 식생지(植生誌)를 만들 목적으로 하는 경우이다. 예를 들어 제주도의 식생지를 만든다든지 강원도의 식생지를 만든다든지 할 경우이다. 이럴 경우에는 그 지역의 식생 전체가 대상이 되며, 삼림이나 초원으로부터 하변식생, 경작지식생, 노변식생 등 모든 식생유형을 총망라하게 된다. 어떤 경우이든 식물사회학적 야외조사 방법은 동일하다.

우리나라에서는 환경영향평가서에도 식물사회학적 식생조사법을 이용하고 있는데 이것은 해당지역의 식생에 대한 구조적인 특성(군락의 종류, 종조성, 계층구조, 입지 등)을 파악하기 위한 것이다. 이러한 식생(혹은 군락)자료(식생의 표본, 군락의 표본, 영국: vegetation sample 혹은 community sample, 독일: Aufnahme, 프랑스: relevé)를 토대로 식생의 자연성이라든가 지역 식생의 현황을 파악하고, 보전가치를 평가하게 되는 것이다. 이와 같은 식생조사는 대부분 Z-M학파의 전추정법에 의하여 수행하게 되는데 그 방법은 김준민 외(1987)의 「식생조사법」에 잘 나타나 있다.

환경영향평가서에 나타난 식생현황의 내용을 보면, 대개 몇 개의 식생조사표를 제시하고, 해당식생에 대한 구조적 특성을 기술하고 있다. 그 중에서도 특히, 삼림식생에 한정되는 경우가 많으며, 이럴 경우 해당지역의 전반적인 식생현황을 파악하는 데 어려움이 있다. 더욱이 식물사회학적 조사자료를 토대로 해당지역의 군락조성표를

제시하는 경우도 있는데 충분치 못한 식생자료를 토대로 이러한 군락표가 만들어지는 것은 사실 별 도움이 안 된다.

왜냐하면, 환경영향평가에서 식생조사는 사업시행으로 해당지역의 식생에 미치는 영향을 예측하고, 저감방안을 수립하고자 하는 것이며, 또한, 전반적인 식생현황을 파악함으로써 생태계의 기반이 되는 식물군락의 분포현황과 구조적 특성을 알아보고자 하는 것이기 때문이다. 군락조성표를 제시하는 경우에는 충분한 식생조사자료와 표징종 및 식별종도 제시되어야 하므로 환경영향평가의 본질적인 목적과는 맞지 않는다.

2.1.9.2 개선방안

환경영향평가에서 식생조사는 현황기재(description)와 함께 식물사회학적 식생조사법에 의한 식생조사표를 확보하여 현황을 기재하는 데 보충자료로 활용하는 것이 합리적일 것으로 판단된다. 또한, 식생현황에 대한 보고서 작성은 현존식생도에 나타난 식생유형별로 기술하되 구체적인 지역을 언급해 두는 것이 검토자의 이해를 도울 수 있다. 그러기 위해서는 훼손지와 비훼손지에서 식생유형별로 대표적인 지점을 선정하여 각각 1개 이상씩의 식생조사표를 확보하는 것이 유리할 것이다. 군집조성표를 만드는 것은 시간과 노력이 많이 드는 데 비해 쓰임새는 적으므로 가능한 한 지양하도록 하고, 식생조사표를 요약하여 해당지역에 대한 실질적인 식생정보를 제공하는 데 그 의의를 두어야 할 것이다.

2.1.10 포유류

2.1.10.1 현황 및 문제점

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

포유류는 일반적으로 대형포유류와 소형포유류로 나뉘어지고, 소형포유류는 주로 설치류에 대한 조사가 대부분이다. 이에 따라 서식환경에 차이가 예상되며, 조사지점도 이를 고려하여 선정하는 것이 바람직할 것이지만 대부분은 조사자의 임의대로 선

정되는 경우가 많다.

2) 조사시기 및 횟수

포유류의 조사시기와 횟수에 대해 구체적인 설정 사유를 제시하지 못하고 있으며, 평가협이나 사업진행에 따라 조사시기나 횟수가 정해지고 있는 실정이다.

3) 조사 방법

대형포유류의 경우는 계획노선 주변과 하천, 농로를 따라 직접관찰, 족적, 분변, 둥지, 굴 등을 조사(Field sign법)하고, 소형포유류인 설치류는 야간에 생포틀(Sherman live trap)을 설치하여 다음날 포획된 종들을 확인하고 있다. 또한, 현지주민들을 대상으로 청문조사를 실시하는 경우도 있으며, 문헌조사를 병행하여 조사결과를 보충하기도 한다. 그러나 청문조사시 조사대상이나 조사방법의 차이에 따라 전혀 다른 결과를 얻을 수도 있으므로 주의할 필요가 있다. 특히, 현지주민들의 이해관계가 결부된 사업의 경우에는 사실과 왜곡된 답변으로 청문조사결과와 신뢰도에 문제가 생길 수도 있다.

4) 조사결과 분석

조사결과는 전체 출현 종수와 함께 종별 분포현황에 대한 설명을 통해 제시하고 있다. 또한, 포유류 목록을 표로 제시하고, 조사구간(혹은 지점)별로 굴(T), 청문(H), 배설물(D), 족적(F), 직접목견(V) 등의 종확인 방법을 표시해 두고 있다. 특히, 직접목견한 경우는 개체수를 표시하고 있다. 종별 분포현황에 대한 내용은 주로 서식장소를 구체적으로 제시하고 있으나 이 정도는 매우 양호한 편에 속하며, 대부분은 목록을 제시하는 정도에서 그치는 경우가 많다. 분포도를 제시하는 경우도 있으나 극히 일부에 지나지 않는다.

2.1.10.2. 개선방안

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

우리나라는 유라시아 대륙과 연결되어 있어 호랑이, 표범 등의 대형 포유동물이 비교적 풍부한 지역이었지만 산업화의 진행과 전쟁 등으로 산림의 파괴와 종수 및 개체수의 감소가 심각하게 일어나고 있다. 포유동물은 먹이사슬에 있어서 상위를 차지하고 있을 뿐만 아니라 서식범위가 넓기 때문에 각종 개발사업으로 인하여 가장 민감하게 영향을 받을 수 있다. 100여종의 육상 포유동물 중 12종(호랑이, 표범, 반달가슴곰, 사향노루, 산양, 삥, 늑대, 여우, 수달, 담비, 다람쥐, 붉은박쥐)이 법적보호대상으로 지정될 정도로 우리나라 생태계의 질을 나타내는 대표적인 동물 분류군이라 할 수 있다.

포유류는 종류에 따라 서식환경이 다른 경우가 많다. 예를 들어 수달은 하천을 선호하고, 박쥐는 굴에서 동면하며, 고라니는 농경지 주변이나 산록에서 주로 서식하고 있다. 조사지점의 선정은 이와 같은 점을 고려하여 선정하는 것이 바람직 할 것이다. 그리고 계획노선 주변과 하천, 농로, 능선, 골짜기 등 서식 가능지역을 미리 예측한 다음에 조사경로 및 조사지점을 선정할 필요가 있다.

2) 조사시기 및 횟수

앞에서도 언급하였지만 포유류는 일부 동면하는 종류가 있으므로 이를 고려하지 않을 수 없다. 물론, 동면중에도 확인할 수 있는 종이 많이 있지만, 대부분은 활동이 왕성한 시기에 실시하는 것이 좋다. 중·대형 포유류는 직접관찰이 거의 어렵기 때문에 흔적조사를 위주로 시행하는데 발자국이나 배설물 등의 관찰은 초목이 없고, 땅이 질거나 눈이 쌓인 겨울철이 가장 적기이다. 또한, 대형 포유동물의 경우는 활동반경이 크기 때문에 1회 조사만으로는 부족할 것이다. 그러므로 겨울조사를 포함하여 최소 2회 이상의 현지조사가 이루어져야 할 것이며, 야간조사가 포함되어야 하므로 1박2일 /회 이상의 조사일정이 요구된다.

3) 조사 방법

현지조사는 기존의 방법대로 실시하되 정확한 출현지점 또는 출현범위를 확인(GPS 이용)하고, 지형적인 특징(산지능선, 사면, 계곡, 하천, 해발 등)을 자세하게 기록한다. 서식지의 파괴로 직접적인 종수 및 개체수 감소가 일어나는 소형 포유동물은

포획조사가 이루어져야 할 것이다. 왜냐하면, 소형포유류는 비교적 포획이 쉬우므로 서식지의 종수나 개체수 밀도 등을 정확히 파악할 수 있고, 이를 통하여 보다 정밀한 영향예측이 가능하기 때문이다. 또한 소형포유류는 족흔이나 배설물 등의 흔적조사가 매우 어렵기 때문에 가능하면 직접 포획하여 확인할 필요가 있다.

청문조사는 지역의 동물서식현황에 대해 비교적 잘 아는 사람(산림감시원, 영림소 직원, 수렵자, 해당마을거주자 등)을 대상으로 하는 것이 좋다. 조사대상자는 가능한 한 1개 조사지점에서 2인 이상을 선정하여 실시하고, 조사대상자에게 각 종의 칼라사진을 보여주면서 청문조사표 양식에 따라 진행한다. 그리고 가급적 상세한 지형도(예, 1:5,000 축척)에 ① 목격지점, ② 포획지점, ③ 서식지역 등의 정보를 표시한다.

4) 조사결과 분석

조사결과는 전체 출현 종수와 함께 법적보호종의 유무를 제시해야 한다. 또한, 주요종에 대해서는 종별 분포현황을 구체적(서식환경, 번식유무, 개체수 밀도 등)으로 기술하고, 서식분포도를 제시하여야 한다. 이때는 물론 해당지역에서 상대적으로 중요한 종을 선정하여 기술하게 되는데 출현종수가 2~5종으로 매우 적거나 중요한 지역인 경우에는 모든 출현종에 대해 분포현황을 구체적으로 기술해 줄 수도 있다. 서식환경의 특성에 대한 구체적인 기술은 해당지역의 서식지에 대한 중요성을 파악하는 데 도움을 줄 수 있다.

포유류 목록은 표로 제시하고, 조사구간(혹은 지점)별로 굴(T), 청문(H), 배설물(D), 족적(F), 직접목견(V) 등의 종확인 방법과 법적보호종, 고유종 등의 특징을 표시해 두는 것이 좋다. 직접목견한 경우는 개체수를 제시하여야 한다.

2.1.11 조류

2.1.11.1 현황 및 문제점

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

조류에 대한 조사지점은 특이한 서식지(습지, 철새도래지 등)가 분포하지 않으면 대부분 임의로 적절히 선정하는 경우가 많다. 혹은 특별한 조사지점이 없이 도보로

이동하면서 관찰되는 대로 기록하고 있다. 간혹, 녹지자연도 등급을 고려하여 조사지역을 선정하는 경우도 있다. 이와 같이 서식환경을 고려하지 않은 조사지점의 선정은 해당지역의 출현종수를 충분히 파악하기 어려운 문제가 있으며, 조류의 서식지에 대한 자세한 정보를 얻을 수 없게 된다.

2) 조사시기 및 횟수

대부분의 평가서는 조류의 조사시기와 횟수에 대해 구체적인 설정 사유를 제시하지 않고 있으며, 평가협이나 사업진행에 따라 조사시기나 횟수가 정해지고 있는 실정이다. 그러므로 충분한 출현종수의 파악이 어렵다.

3) 조사 방법

조류조사는 도로, 제방, 등산로 등을 도보로 이동하면서 조사하는 Line census method와 조류가 밀집해 있는 지역에 대한 Point count method를 병행하여 실시하고 있다.

4) 조사결과 분석

조사결과는 전체 출현 종수와 함께 종별 분포현황과 구간별(조사지점별) 서식현황에 대한 설명을 통해 제시하고 있다. 또한, 포유류 목록을 표로 제시하고, 겨울철새(WV), 여름철새(SV), 텃새(R) 등의 종정보와 상대우점도를 표시하고 있다. 종별 출현 개체수는 구간별(혹은 지점별)로 별도로 제시하고, 생물다양성분석을 통하여 종다양성지수, 풍부도지수, 우점도지수, 보편지수를 각각 계산하여 구간별(혹은 조사지점별)로 비교하는 경우도 있다. 종별 분포현황에 대한 내용은 주로 서식장소를 구체적으로 제시하고 있으나 이 정도는 매우 양호한 편에 속하며, 대부분은 목록을 제시하는 정도에서 그치는 경우가 많다. 일부 평가서에서는 주요분포도를 제시하는 경우도 있으나 출현종이 확인된 위치를 지형도에 표시한 정도여서 검토에 별다른 도움을 주지 못한다.

2.1.11.2 개선방안

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

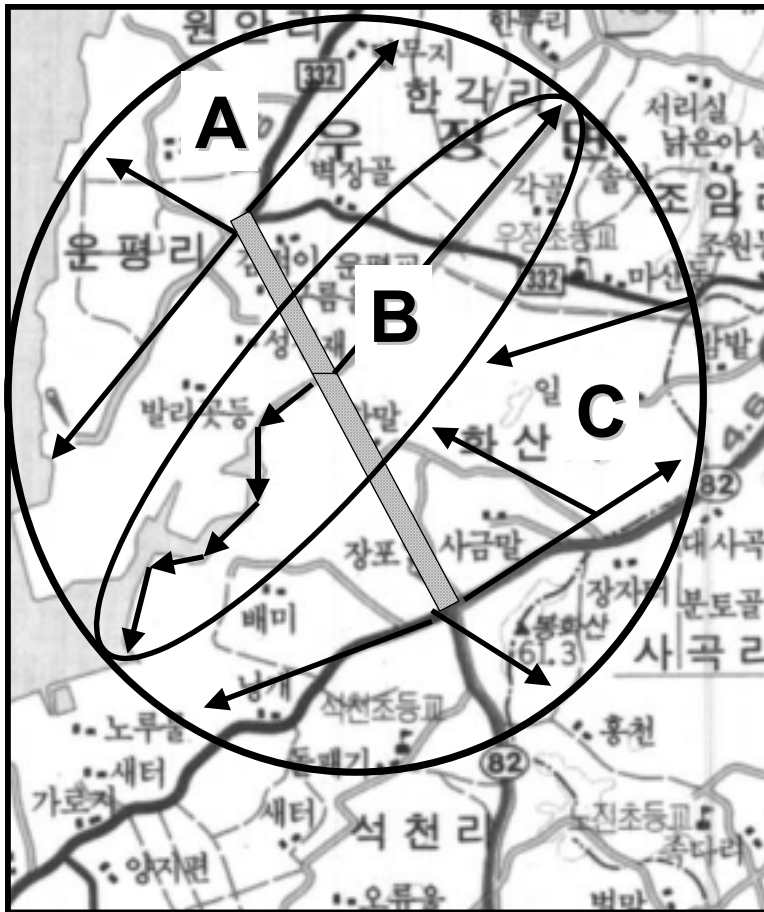
조류는 포유류보다 장거리를 이동하고 서식지도 훨씬 다양하다. 그리고 다양한 서식지 환경에 따라 종 조성도 상당한 차이를 나타낸다. 즉, 하천이나 논 등의 습지를 선호하는 종, 산림성 조류 중에서도 산림의 가장자리를 선호하는 종, 강하구나 저수지 등의 습지에 도래하는 종, 초지를 선호하는 종, 갯벌에서 서식하는 종 등 다양하다.

그러나 조류는 동일한 종일지라도 단일 환경에서 지속적으로 머물지 않고 다양한 환경을 복합적으로 이용하는 종이 많기 때문에 복합적인 환경구조를 가진 사업지역에서는 조사구획을 나누어 조사해야 한다. 조사구획을 나눌 때는 지형적인 측면과 생태계의 측면을 모두 고려하여 면적의 크기에 관계없이 구획을 설정한다.

조사구획이 설정되면 지도상에 사업지역을 기재하고 구획을 A(농경지 1), B(하천 및 그 주변), C(농경지 2)…등으로 표기한다. 그리고 구획별로 조사경로 또는 조사지점을 설정하고(그림 2-2), 구획별로 조류의 서식환경에 대해 서술한다.

2) 조사시기 및 횟수

조류는 이동성에 따라 겨울철새, 여름철새, 텃새, 통과새 등으로 분류되며, 동일한 지역일지라도 시기에 따라 종 조성이 다르기 때문에 반드시 계절적인 조사가 필요하다. 조류의 종은 육안, 소리 등으로 확인이 가능하지만, 개체수는 동일한 계절일지라도 조사일시에 따라 변동이 커서 정확하게 파악하기 어렵다. 또한 동일한 계절에 출현하는 종일지라도 종에 따라 출현적기가 다소 다르기 때문에 동일한 지역일지라도 연중 및 계절적으로 수회의 현지조사가 필요하다. 그러나 동일한 지역에 대해 반복조사의 횟수를 줄이고 효율적인 조류조사를 하려면, 해당지역 서식지의 환경에 따른 출현 가능한 종을 미리 예측하고 많은 종과 개체수가 출현하는 적절한 조사시기와 횟수(구획별로 3회 이상)를 선정한다.



<그림 2-2> 사업지역에 있어서 조사구획 및 조사경로(안)

(사업지역 : ■ 또는 ▨, 조사구획 : —, 조사경로 : →)

3) 조사방법

현지조사는 생태적 특성에 따라 구획별로 조사경로 및 조사지점을 설정하여 시속 2km정도로 보행하면서 기록하는 방법(산지)과 개시점 및 종료점에서 30분씩 기록하는 방법(논, 저수지, 해안 등)을 병행한다. 종 구별은 시야(또는 쌍안경 및 망원경) 및 울음소리에 의해 확인하고, 개체수는 중복되지 않게 산정한다. 조사대상종은 한국에서 관찰된 전 종이며, 그 중 천연기념물(40종), 환경부 멸종위기야생종(13종) 및 보호

야생종(46종)과 전문가의 협의에 의해 감소되고 있거나 급격히 감소될 우려가 있는 종, 집단번식지, 희귀성의 정도에 따라 추가로 선정된 특정종이 있다. 이들 종에 대해서는 확인된 지점을 조사구획별로 지도상에 표시한다(GPS 이용).

4) 조사결과 분석

조사목록 표에는 전 조사대상종 중, 관찰된 종에 대하여 구간별 조사일과 함께 개체수를 기록한다. 최대 개체수는 조사일과 관계없이 각 구간별로 가장 많이 관찰된 수를 기재한다(표 2-14). 그리고 전 구간의 최대 개체수는 전 구획에서 가장 많이 관찰된 개체수를 기재하고, 조사일 및 구획별로 개체수 및 종수의 합계를 기재한다.

법적보호종과 특정종의 서식상황 표에는 이들 종에 대하여 사업지역에서 중요하다고 판단(상대적인 판단)되는 순서대로 번호를 매긴다(표 2-15). 중요도는 법적인 판단, 선정이유, 번식, 개체수 등을 종합하여 순위를 매기고, 사업으로 인하여 영향으로 최소화할 수 있는 우선 보전대상으로 삼아야 한다. 그러나 그 이외의 종일지라도 해당 지역에서 중요하다고 인정되면 추가한다.

서식환경 및 특성은 종별 생태 및 현지정보(국제적 멸종위기에 처한 정도 및 총 개체수에 대한 정보, 서식환경 및 특성, 번식유무, 이동성 등)에 대한 많은 정보를 기재해야 한다. 관찰(번식)구획에는 그 종이 관찰된 구획을 모두 기재하고 번식하는 종인 경우에는 밑줄을 그어 구별되게 한다. 그리고, 이동성에는 겨울철새(WV), 여름철새(SV), 텃새(R), 통과새(P) 등을 표시한다.

또한 법적보호종과 특정종에 대해서는 관찰된 지점이나 이동경로를 지도상에 모두 표기하여 각 종에 대한 행동범위를 파악할 수 있도록 해야 하며(그림 2-3), 특별히 보호가 요구되는 종의 주 이용장소(먹이, 번식 등)가 포함되어 있으면 행동권을 그려 사업으로 인한 영향을 최소화해야 한다.

그리고 해당지역에 관련된 자료가 있으면 별도의 표로 작성하여(표 2-16) 인용문헌에 반드시 기재), 본 조사자료와 조사시기에 따른 종수 및 개체수를 비교·검토한다.

<표 2-14> 각 구획별 조류목록 (200X년 조사) (안)

국명 (학명)	각 구획의 조사일자 및 개체수															전 구 획 의 최 대 개 체 수
	A					B					C					
	1/ 10	4/ 25	6/ 30	9/ 25	최 대 개 체 수	1/ 11	4/ 26	6/ 30	9/ 26	최 대 개 체 수	1/ 11	4/ 27	7/ 1	9/ 27	최 대 개 체 수	
논병아리 (<i>Tachybaptus ruficollis</i>)	0	2	2	0	2	12	4	5	9	12	0	0	1	0	1	12
빨논병아리 (<i>Podiceps grisegena</i>)	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
왜가리 (<i>Ardea cinerea</i>)	0	13	2	0	13	2	26	4	0	26	0	6	2	1	6	26
중백로 (<i>Egretta intermedia</i>)	0	1	6	12	12	0	3	9	10	10	0	0	8	6	8	12
쇠백로 (<i>Egretta garzetta</i>)	0	4	14	22	22	0	6	116	338	338	0	7	5	21	21	338
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
개체수 (총수)	97 (34)	138 (65)	232 (63)	151 (46)	551 (72)	1121 (74)	253 (49)	344 (51)	685 (46)	2774 (84)	154 (38)	268 (58)	477 (61)	247 (53)	884 (69)	4152 (99)

<표 2-15> 법적보호종 및 특정종의 서식상황

중요도	국명	법적보호종 및 특정종	서식환경 및 특성	관찰(번식)구획	생활형
1	저어새	천연기념물 멸종위기종 세계자연보전연맹적색자료목록 및 CITES I 에 기재	· 지구상에 700여마리가 생존하는 멸종위기종 · 분포는 한국, 중국, 타이완, 홍콩, 베트남, 일본 등 동남아시아 · 서식지는 소택지, 논, 호수, 강하구, 해안가, 갯벌 등 · 먹이는 망둥어, 붕어, 송어, 새우류, 게류 등 · 번식은 한국 서해안과 중국 남부의 무인도나 해안의 절벽 · 강화도 여차리에서는 월동지인 타이완, 홍콩 등지로 떠나기 전 9-10월에 매년 100여마리가 관찰되고 제주 성산부근에서 10여마리가 월동 · 본 사업지역 부근의 강하구에서 첫 관찰로 갯벌에서 먹이를 찾아 먹고 있었음 · 이 지역의 이용빈도를 확인하려면 지속적인 조사가 필요함	B	SV
2	황새	천연기념물 멸종위기종	· 지구상에 1,200여마리가 생존하는 멸종위기종 · 월동지는 아산만, 천수만, 우포 등과 일본(소수의 개체가 불규칙하게 관찰됨) · 번식지는 시베리아, 중국동북부 등 · 서식지는 개활지, 논, 밭, 소택지 등 · 먹이는 어류, 양서류, 연체동물, 갑각류 등 육식성 · 본 사업지역에서 관찰된 지역은 논으로 경계심이 많은 이 종으로서는 비교적 활동면적이 적은 편임	B	WV

(계속)

중요도	국명	법적보호종 및 특정종	서식환경 및 특성	관찰 (번식) 구획	생 활 형
3	매	천연기념물 멸종위기종	· 분포는 남아메리카를 제외한 전 지역 · 서식지는 개활지, 호소, 섬 등 · 번식지는 해안의 절벽(국내의 무인도에서도 번식) · 먹이는 소형·중형 조류, 쥐류 등 · 높은 상공에서 관찰되어 이동 중인 것으로 생각되며, 사업지역의 이용빈도는 많지 않을 것으로 생각됨	C	R
4	개구리 매	천연기념물 보호종	· 분포는 한국, 유럽, 아무르, 우수리, 중국, 일본 등 · 서식지는 해안과 내륙의 소택지 · 국내에서 번식은 하지 않지만 우수리, 아무르 주변의 습지 또는 소택지의 수초위에 등지를 틈 · 먹이는 쥐류, 개구리류 등 · 관찰된 지역은 사업지역과 멀리 떨어져 있고 일시적으로 이동 중에 먹이를 찾으러 온 것으로 생각되며 사업지역의 이용빈도는 많지 않을 것으로 사료됨	A	W V, P
5	황조 롱이	천연기념물 특정종	· 분포는 한국, 일본, 중국, 미얀마, 히말라야, 유럽, 아프리카, 러시아, 인도, 말레이시아 등 · 서식지는 도시, 시골 마을부근, 하천, 해안 암벽으로 우리나라 전역의 암벽, 건물의 옥상 및 벽 사이 등에서 번식 · 먹이는 들쥐, 두더지, 파충류, 작은 조류 등 · 이 종은 본 사업지역뿐만 아니라 전국적으로 흔하게 관찰되고 있는 종으로 다른 지역으로 이동하더라도 서식이 가능하리라고 생각됨	A, B	R
:	:	:	:	:	:



<그림 2-3> 법적보호종 및 특정종이 관찰된 지점

(지도상에 중요도의 순으로 ①, ②, ③, ④……의 번호를 매기고 증명
전부 기입하며, 종이 많을 경우에는 지도를 추가하여 기입)

<표 2-16> 과거의 조사자료

종명	관련 조사구획에 대한 인용문헌					
	김(1997)		최·김 (1998)	박(1999)		
	A	C	A+B+C	A	B	C
논병아리	5	0	5	0	2	0
왜가리	13	5	34	0	6	5
중백로	3	5	5	0	2	2
쇠백로	35	27	157	0	12	45
노랑부리백로	0	0	11	0	3	0
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
개채수 (종수)	365 (45)	231 (51)	2443 (78)	78 (61)	854 (77)	152 (44)

2.1.12 양서류

2.1.12.1 현황 및 문제점

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

다른 분류군과 마찬가지로 현재 평가서에서는 양서류에서도 서식지 유형별로 조사 지점이 선정되는 경우가 거의 없고, 대부분은 다른 육상동물 조사지점과 동일한 경우가 많다. 이는 서식환경을 고려하지 않고 조사지점을 임의로 선정한 것이므로 중요한 양서류의 서식지에 대한 충분한 검토를 간과하게 되기 쉽다.

2) 조사시기 및 횟수

대부분의 평가서는 양서류의 조사시기와 횟수에 대해 구체적인 설정 사유를 제시하지 않고 있으며, 평가협의나 사업진행에 따라 조사시기나 횟수가 정해지고 있는 실정이다. 심지어 양서류의 확인이 곤란한 시기인 겨울에 조사한 결과를 제시하는 경우도 있다. 따라서 이러한 경우에는 충분한 출현종수의 파악이 당연히 어렵게 된다.

3) 조사 방법

양서류에 대한 종의 서식확인인 직접조사방법을 이용하며, 도롱뇽류의 경우는 물

이 흐르는 계곡의 유속이 완만한 곳에서 직접 확인하거나 산란한 알을 확인하는 방법으로 조사한다. 개구리류는 사람이 다닐 수 있는 길을 도로로 다니면서 주변의 논이나 수로 등에 서식하는 것을 직접 관찰하거나 야간에 울음소리를 듣고서 확인하기도 한다.

4) 조사결과 분석

조사결과는 전체 출현 종수와 함께 종별 분포현황에 대한 설명을 통해 제시하고 있다. 또한, 양서류의 목록을 표로 제시하고, 조사구간(혹은 지점)별로 직접관찰(V), 울음소리(S), 난이나 난괴(E), 유생 혹은 올챙이(Y), 청문(H) 등의 종확인 방법을 표시해 두고 있다. 직접관찰 한 경우는 개체수를 표시하고 있다. 종별 분포현황에 대한 내용은 주로 서식장소를 구체적으로 제시하고 있으나 이 정도는 매우 양호한 편에 속하며, 대부분은 목록을 제시하는 정도에서 그치는 경우가 많다. 주요 출현종에 대한 분포도를 제시하는 경우도 있으나 극히 일부에 지나지 않는다.

2.1.12.2 개선방안

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

생물에 대한 환경영향의 합리적 예측평가를 위해서는 각 생물군의 생리·생태 특히, 번식생태와 먹이생태를 고려하는 것이 중요하다. 특히 우리나라 양서류의 경우는 알과 유생시기를 모두 물속에서 보내며, 성체가 되어서도 산란은 어류와 같이 물속에서 이루어지며, 환경 변화에 따른 개체군의 유지 또는 감소에 있어서 실질적으로 가장 큰 영향을 받는 것은 산란장소이므로 서식 환경조사를 포함한 분석자료 또한 산란장을 중심으로 이루어져야 한다.

따라서 양서류에 대한 종의 서식확인 은 물두꺼비, 계곡산개구리, 움개구리, 도롱뇽류처럼 유수지에 주로 산란, 서식하는 경우는 물이 흐르는 계곡의 유속이 완만한 곳에서 성체, 유생, 산란한 알을 확인하는 방법으로 조사하고, 정수지에 산란·서식하는 종들은 사람이 다닐 수 있는 길을 도로로 다니면서 논이나 수로 저수지 주변에서 성체, 유생, 산란한 알을 직접 관찰하거나 야간에 울음소리를 듣고서 확인하여야 한다.

2) 조사시기 및 횟수

양서류 성체의 주 출현시기는 주로 각 종의 산란시기로서 제한되어 있으며, 이 시기에는 산란된 알집빈도나 야간의 구애음성을 통한 종의 다양도와 풍부도의 추정까지도 가능하다. 따라서 충실한 양서류상의 조사를 위해서는 각 종의 산란시기 (조사 지역에 따라 약간의 차이가 있을 수 있음)를 고려하여 조사시기를 결정해야 하는데, 양서류는 종에 따라 산란시기가 매우 다양하여 그 절정기가 2월말에서 3월(도롱뇽, 아무르산개구리, 두꺼비 등등), 4월~5월(무당개구리, 물두꺼비 등), 6월~7월(청개구리, 참개구리, 특히 법적 보호종인 맹꽁이는 본 기간 중 장마철에만 관찰 가능)로서 이때가 조사 적기로 제한되어 있다.

따라서 적어도 1년에 3회 이상은 조사를 하여야만 객관적인 종의 서식상황을 파악할 수 있으며, 추가로 산란시기는 아니지만 1년생 성체들이 비교적 많이 출현하며 동면에 들어가기 전인 8~10월이 조사시기에 포함되면 더욱 좋다. 물론 다른 철에도 유생을 통한 종조성과 빈도 추정을 할 수 있는 종들도 있지만, 이 또한 시기적으로 매우 제한되어 있으며 종에 따라서는 현재, 유생이나 변태가 막 끝난 어린 개체를 통한 동정이 어려운 경우도 있고, 유생의 발견이 더 어려운 종의 경우도 있어서 유생관찰은 보조자료로 이용될 때 조사결과의 신뢰성이 증대된다고 본다.

3) 조사 방법

현지조사는 기존의 방법(환경부, 1997)에서 벗어나 산란장을 중심으로 조사를 실시하는 것이 바람직하며, 아울러 산란장과 성체의 정확한 출현지점 또는 출현범위를 확인(GPS 이용)하고 지형적인 특징(소류지, 논, 수로, 산지, 초지 등)을 자세하게 기록한다.

4) 조사결과 분석

조사결과는 전체 출현 종수와 함께 법적보호종의 유무를 제시해야 한다. 또한, 주요종에 대해서는 종별 분포현황을 구체적(번식 또는 서식환경, 번식유무, 개체수 밀도

등)으로 기술하고, 서식분포도를 제시하여야 한다. 이 때는 물론 해당지역에서 상대적으로 중요한 종을 선정하여 기술하게 되는데 출현종수가 2~5종으로 매우 적거나 중요한 지역인 경우에는 모든 출현종에 대해 분포현황을 구체적으로 기술해줄 수도 있다. 번식장 또는 서식환경의 특성에 대한 구체적인 기술은 해당지역의 번식 및 서식지에 대한 중요성을 파악하는 데 도움을 줄 수 있다.

양서류의 목록은 표로 제시하고, 조사구간(혹은 지점)별로 성체관찰(V), 울음소리(S), 난이나 난괴(E), 유생 혹은 올챙이(Y), 청문(H) 등의 종확인 방법 등의 종확인 방법과 법적보호종, 고유종 등의 특징을 표시해 두는 것이 좋다. 성체관찰인 경우는 개체수를 제시할 필요가 있다.

2.1.13 파충류

2.1.13.1 현황 및 문제점

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

다른 분류군과 마찬가지로 현재 평가서에서는 파충류에서도 서식지 유형별로 조사지점이 선정되는 경우가 거의 없고, 대부분은 다른 육상동물 조사지점과 동일한 경우가 많다. 이는 서식환경을 고려하지 않고 조사지점을 임의로 선정한 것이므로 중요한 파충류의 서식지에 대한 충분한 검토를 간과하기 쉽다.

2) 조사시기 및 횟수

대부분의 평가서는 양서류와 파충류의 조사시기와 횟수에 대해 구체적인 설정 사유를 제시하지 않고 있으며, 평가협의나 사업진행에 따라 조사시기나 횟수가 정해지고 있는 실정이다. 심지어 파충류의 확인이 곤란한 시기인 겨울에 조사한 결과를 제시하는 경우도 있다. 따라서 이러한 경우에는 충분한 출현종수의 파악이 당연히 어렵게 된다.

3) 조사 방법

도로변이나 등산로, 목발 등에서 돌을 들추어 확인하거나 뱀류는 저지대의 임연부

와 목밭에서 소형 포충망이나 뱀집계를 이용하여 포획 후 확인하기도 한다. 또한, 조사지역 내의 뱀집이나 전문인을 대상으로 청문조사를 실시하기도 한다.

4) 조사결과 분석

조사결과는 전체 출현 종수와 함께 종별 분포현황에 대한 설명을 통해 제시하고 있다. 또한, 파충류의 목록을 표로 제시하고, 조사구간(혹은 지점)별로 직접관찰(V), 난(E), 청문(H) 등의 종 확인 방법을 표시해 두고 있다. 직접 관찰한 경우는 개체수를 표시하고 있다. 종별 분포현황에 대한 내용은 주로 서식장소를 구체적으로 제시하고 있으나 이 정도는 매우 양호한 편에 속하며, 대부분은 목록을 제시하는 정도에서 그치는 경우가 많다. 주요 출현종에 대한 분포도를 제시하는 경우도 있으나 극히 일부에 지나지 않는다.

2.1.13.2 개선방안

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

파충류는 분류군 별로 서식환경에 차이가 있으므로 이에 따른 조사지점의 선정이 구체적으로 이루어져야 할 것이다.

2) 조사시기 및 횟수

파충류는 모두 동면하는 분류군으로서 봄부터 가을까지로 제한될 수밖에 없다. 그 중에서도 출현종이 가장 풍부한 시기는 번식시기나 동면 전의 먹이활동이 왕성할 때이다.

3) 조사 방법

현지조사는 기존의 방법대로 실시하되, 정확한 출현지점 또는 출현범위를 확인(GPS이용)하고 지형적인 특징(소류지, 논, 수로, 산지, 초지 등)을 자세하게 기록한다.

4) 조사결과 분석

조사결과는 전체 출현 종수와 함께 법적보호종의 유무를 제시해야 한다. 또한, 주요종에 대해서는 종별 분포현황을 구체적(서식환경, 번식유무, 개체수 밀도 등)으로 기술하고, 서식분포도를 제시하여야 한다. 이 때는 물론 해당지역에서 상대적으로 중요한 종을 선정하여 기술하게 되는데 출현종수가 2~5종으로 매우 적거나 중요한 지역인 경우에는 모든 출현종에 대해 분포현황을 구체적으로 기술해줄 수도 있다. 서식환경의 특성에 대한 구체적인 기술은 해당지역의 서식지에 대한 중요성을 파악하는데 도움을 줄 수 있다.

과충류의 목록은 표로 제시하고, 조사구간(혹은 지점)별로 직접관찰(V), 난(E), 청문(H) 등의 종확인 방법 등의 종확인 방법과 법적보호종, 고유종 등의 특징을 표시해 두는 것이 좋다. 직접 관찰한 경우는 개체수를 제시할 필요가 있다.

2.1.14 곤충류

2.1.14.1 현황 및 문제점

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

곤충류도 다른 육상동물의 조사지점과 동일한 지점으로 정하는 것이 대부분이다. 하지만, 곤충과 다른 동물의 삶터와 관련성이 떨어지는 경우가 많다. 그 이유는 대형 척추동물중 포식자의 잔존 개체군은 원생에 가까운 식생에 주로 서식하고 있는 반면에, 멸종위기에 처한 곤충들은 그곳에 소수밖에 분포하지 않기 때문이다. 오히려 서식처의 단편화와 곤충의 위협과는 관련성이 더 높다(Hafernik, 1992). 예를 들어 곤충의 경우는 거대한 나무 한 그루 또는 좁은 군락이 그들의 삶터이자 먹이터일 수 있다. 즉, 광릉의 하늘소는 매우 좁은 서어나무군락 속에서 수십 년을 버티어 오고 있다. 이처럼, 환경의 민감성이 높은 곤충종일수록 좁은 특정 환경에 의존도가 크므로 조사지 내의 다양한 소규모의 생물서식공간을 먼저 고려해야 한다. 따라서 현재의 조사처럼 식물사회화적인 큰 식생단위나 대형동물서식공간 수준에서만 사업이 계속 실행된다면 본래 곤충들의 현황을 충분히 검토하지 못하는 결과가 반복될 수밖에 없다.

2) 조사시기 및 횟수

곤충류의 조사시기와 횡수에 대해 구체적인 설정 사유를 제시하지 못하고 있으며, 평가협이나 사업진행에 따라 조사시기나 횡수가 정해지고 있는 실정이다. 심지어 곤충류의 확인이 어려운 겨울에 조사한 결과를 제시하는 경우도 있다. 환경평가에서 채집 또는 확인되는 곤충은 대부분 성충단계이다. 하지만, 곤충은 알과 애벌레 등 미성숙단계에서 긴 수명을 가지는 대신에 성충에서는 매우 짧은 수명을 가지는 종들이 많다. 길어야 한두 달 정도에 불과하다. 따라서 조사횡수를 늘려야 해당지역의 곤충다양성을 비교적 정확히 파악할 수 있게 된다. 따라서 다음의 조사 방법의 문제와 함께 비용 효율적이면서 정확한 평가가 가능한 시기와 횡수 등이 명시되어야 한다.

3) 조사 방법

기본적으로 주간에는 조사지역을 도보로 이동하면서 관찰하거나 직경 45cm 정도의 포충망을 이용하여 채집하고, 초지에서는 쓸어잡기, 목본지대에서는 털어잡기 방법으로 실시하며, 야간에는 120W 수은유아등과 120×120cm 백색스크린으로 곤충을 유인하여 채집하는 것으로 지침서에 제시되어 있다.

그러나, 이 같은 단순화한 기준으로는 곤충을 이용한 환경평가는 불가능한 것이다. 예를 들어 초지라고 모두 쓸어잡기를 하고 나면 특정 곤충이 나왔다고 해도 수십 미터 이상을 한꺼번에 쓸어왔기 때문에 그 곤충이 어떤 식물과 관련을 맺고 있었는지 전혀 알 수 있는 방법이 없다. 또한 목본지대에서는 털어잡기만을 할 경우 딱정벌레 류처럼 자극이 오면 아래로 떨어지는 습성을 가지는 종은 채집될 수 있으나, 위쪽으로 비행하는 곤충은 모두 도망치고 만다. 또한 조사 자체가 정성조사만을 하기 때문에 사업지 내에서 어떤 공간이 다른 공간에 비하여 상대적 다양성이 높은지를 알 수 없다. 따라서 평가를 위하여 꼭 필요한 종들을 놓치지 않고, 정량적인 비교를 도모하기 위하여 ‘보완설명’의 공간을 만들어 조사 방법을 좀더 구체적으로 제시하고 권고하는 것이 바람직할 것이다.

4) 조사결과 분석

현재의 조사결과 분석에서는 전체 출현 종수와 곤충류 목록을 표로 제시하되, 목록

에는 조사구간(혹은 지점)별로 조사된 개체수의 범위를 제시(1~5개체, 5~10개체, 10개체 이상 등)하고 있을 뿐이다. 또한 분포현황에 대한 특별한 기술은 대부분 하지 않는 것이 현실이다. 이런 결과물 정도로는 해당지역이 곤충에게 얼마나 중요한 지역 인지를 명확히 판단할 수 없으며 그저 구색 갖추기식 조사가 될 뿐이다. 이 같은 이유로 인하여 현장조사시에 곤충을 곤충전문가가 조사하지 않는 사례가 비일비재하게 발생되고 있다는 것은 삼척동자도 다 아는 사실이다. 따라서 결과를 통해서 좀더 명확한 판단 근거가 나올 수 있는 조사들의 제시가 요구된다.

2.1.14.2 개선방안

1) 서식환경 및 조사지점의 선정

조사지역 내 환경을 산지, 임연부, 농경지, 습지(수변포함) 등으로 대구분하되, 각 환경 내에 소규모이지만 곤충의 다양성이 유도될 수 있는 생물서식공간은 별도로 다루어야 한다. 특히, 농경지 주변의 소규모 촌락, 산림내의 과거 습지로 추정되는 지역, 삼림의 나무그루터기 밀집지역 등등이다. 이런 지역은 곤충 조사자보다는 식생이나 경관 조사자에 의하여 쉽게 찾아질 수 있으므로 조사지역의 선정에서 이들의 도움을 받도록 한다.

곤충조사지점은 대구분된 환경별로 최소한 2개 지점을 포함시키고 별도로 다른 소규모 곤충서식지에서는 1개 지점 정도를 선정하도록 한다. 특히, 대부분 환경 내에서도 환경구배가 큰 곳이 많기 때문에 최소한 2개 지점 이상이 다루어져야 그 환경 내에서 곤충다양성 정도를 어느 정도 파악이 가능할 것이다.

2) 조사시기 및 횟수

곤충은 성충의 수명이 짧은 대신에 알부터 애벌레의 미성숙단계가 길다. 따라서 환경 내 곤충다양성을 가장 적절하게 평가할 수 있는 시기는 성충이 가장 활발하게 활동할 수 있는 6월에서 8월초의 기간이다. 하지만, 성충으로 월동을 하여 이른봄에 출현하거나 또는 늦여름부터 성충이 되는 종들도 있다. 따라서 조사 시기는 곤충이 활동이 어느 정도 활발해지는 4월말부터 10월 중순까지는 허용될 수 있다. 이와 더불어

조사 횟수는 최소 3회 이상 반복조사를 하여야 한다. 영향평가에서는 조사기간이 6개월 미만인 경우가 있으나, 이때도 성충의 최대 출현시기가 되는 6월~8월초의 기간은 1회 이상 포함될 수 있도록 하여야 한다.

3) 조사 방법

가) 현지조사

현지 조사는 해당지역의 곤충다양성을 정성 및 정량적으로 평가할 수 있는 방법으로 수행되어야 한다. 특히, 국내에 밝혀진 곤충 종수가 12,000종 이상이 되지만, 영향평가 담당자들이 쉽게 확보할 수 있는 곤충자료가 부족한 것이 사실이며 해당 지역의 모든 곤충종을 일정 기간에 조사할 방법 역시 없다. 따라서 해명도가 높거나 평가지표로 가능한 분류군에 우선 집중하여 조사되어야 한다. 예를 들어 나비목의 나비류, 대형나방류, 딱정벌레목 일부, 파리목의 꽃등예과, 잠자리목, 노린재목, 매미목의 매미류 등은 비교적 풍부한 자료집이 나와 있다. 또한 나비의 경우는 모니터링방법이 국내에서도 적용되어 지역 평가에서 사용된 바 있다(권 외, 1998 ; 김 외, 1999 ; 박 외, 2001). 문제는 곤충종 12,000종 이상과 법적 보호종은 19종으로 이 종들만이 환경평가에서 키 역할을 하지만 그 종들이 현지조사에서 확인될 확률은 극히 낮다. 따라서 지금의 방식으로 영향평가에 곤충을 포함한 것은 구색 맞추기에 불과한 것이라 생각된다.

그러므로 일본처럼 법적 보호종 이전에 곤충의 국가 적색목록(Red lists)이 작성되어야 한다. 즉, 이 종들이 보전가치로 인하여 환경평가를 위한 지표역할이 가능하도록 하는 것이다. 이미 환경부는 2000~2001년 한국자연보전협회에 용역을 주어 법적보호종의 개선방안 연구를 수행한 바 있으며 이때 박 외(2001)은 “곤충류의 지정현황 분석 및 개선방안”에서 나비류를 포함하여 81종(한국 곤충종의 0.7%)을 제시한 바 있다. 이 종들을 환경영향평가에 활용하는 것도 현재의 평가 수준을 높일 수 있는 좋은 방안이라 판단된다.

세부 조사방법은 환경별로 아래의 조사방법을 권고한다.

① 주간 채집

- 쓸어잡기 : 쓸어잡기용 포충망(직경: 38cm, 재질: 광목)만을 이용하고, 생물적 정보의 획득이 용이하도록 유사한 자연환경(초본지역, 관목지역, 교목지역 등) 또는 수종마다 별도로 180°방향으로 실시한다. 일단 포충망 안에 들어온 모든 재료는 운반용 비닐봉지에 담고, 피레스로이드 살충제(시판 모기약)를 즉시 살포한 후 밀폐하여 실험실로 운반한다.
- 털어잡기 : 각 식물체 또는 주변 환경의 하부에 털어잡기망(크기: 1m×1m, 재질: 광목)을 대고 식물가지나 잎등의 물체를 강하게 강타하고 천에 떨어진 생물은 흡충관 또는 손을 이용하여 별도의 독병에 담는다. 숙주 식물명을 기록하면 대상곤충의 관련성을 파악할 수 있어 생물적 정보가 풍부해질 수 있다.
- 토양곤충 및 무척추동물 : 토양과 식생의 특성에 따라서 10cm×10cm×5cm (500cm³)의 토양 채취기(soil sampler)로 5cm 깊이까지의 토양 시료와 그 위의 부엽을 별도로 채취한다. 채취된 장소의 토양특성 식생에 관한 정보를 기록한다. 토심별로 토양무척추동물을 채집하기 위해서는 0~5cm, 5~10cm, 10~15cm로 나누어 토양층위별로 채집하면 된다(최, 1983).

② 야간 채집

- 유인등조사 : black light 또는 수은등을 이용하여 주광성의 야행성 나방, 딱정벌레목, 노린재목, 매미목, 날도래목, 강도래목, 벌목 등을 채집한다.
- 함정채집(pitfall trap) : 지표면에 서식하는 곤충 특히, 많은 지표성 딱정벌레가 주요 목표가 된다. 각 조사지점마다 10개 이상의 트랩을 설치하는 것이 바람직하다. 트랩의 입구를 지면과 일치하도록 묻고, 그 위에 사각형 뚜껑을 덮어서 소형포유류나 빗물이 들어오는 것을 막는다. 각 트랩마다 고정액을 1/2 정도 채우고, 설치된 트랩은 다음날 아침에 수거한다. 고정액을 잘 이용하면 7일 정도 장기 설치후 채집하는 것도 바람직하다.

③ 고정트랩조사

조사지 중에서 특히 삼림의 경우는 쓸어잡기나 털어잡기에서도 곤충들의 채집이

용이하지 않은 경우가 많아 다른 지역보다도 오히려 종다양성이 떨어지는 경우가 많다. 이는 사실 조사방법의 문제일 수 있다. 따라서 다음 2가지의 삼림내 비행성곤충 조사방법을 권고한다. 특히, 이 방법은 7일 이상 장기 설치가 가능하므로 조사결과와 향상을 꾀할 수 있다.

- 비행간섭트랩(flighting intercept trap) : 임지 내를 비행하는 곤충중에서 음의 주광성을 가진 곤충(파리목, 벌목, 딱정벌레목)을 조사하는 방법으로서 주로 크기가 작고 비행력이 떨어지는 곤충이 채집 목표이다. 각 방형구 내에 2개씩의 장막 [규격:1.25m(높이)×1.85m(폭), 재질:흑색 망목]을 설치하여 비행곤충이 걸리게 하고 그 아래에는 비눗물을 혼합한 소금물을 넣은 팬트랩을 설치하여 곤충이 아래로 떨어져 빠지게 한다. 보다 좋은 방법으로는 장막의 꼭대기에 텐트형의 플라스틱 지붕을 설치하는 것이다. 팬에 들어온 곤충은 7일 간격으로 수거하며 이에 관련된 사항은 팬트랩 방법을 참조하면 된다.
- 말레이스 트랩(malese trap) : 임지내에서 비행하는 곤충중에서 양의 주광성을 가진 곤충(벌목, 파리목, 나비목, 딱정벌레목 및 기타목)을 조사하는 방법으로서 주로 활동력이 높고, 비행력이 뛰어난 곤충군인 기생파리, 꿀벌상과, 및 맵시벌상과들이 주요 목표가 된다. 이들은 주로 일시적 방문자이거나 방랑성의 종들이다. 채집량은 설치한 형, 망목크기, 색 등에 따라 달라지게 되므로 규격과 재질을 일률화시키는 것이 중요하다. 이 외에도 설치시의 방향, 비행로, 입구의 위치, 설치의 단단함 정도도 채집품의 수리 및 분류학적 조성에서 많은 차이를 가져온다.

나) 문헌 조사

문헌조사는 곤충의 이동성에 비추어 인용해야 자료적 가치가 있을 수 있다. 따라서 조사정점으로부터 반경 10km 이내에서 조사된 자료만을 이용하도록 할 필요가 있다. 또한 자료의 출처를 명확히 제시하여야 한다.

4) 조사결과 분석

조사결과는 해당지역의 현지 조사로서 나온 출현종 목록, 적색 목록 종과 법적 보호종, 또는 한국미기록 등 국내에서 밝혀진 바 없는 종들의 출현 유무, 만일 출현하였을 때는 이들 종의 현황을 제시하여야 한다. 즉, 출현종 목록은 해당지역의 각 환경별로 비교 가능한 표로 제시하여 조사지점별 출현개체수로 상대적 다양성을 견주어 볼 수 있게 한다. 특정종의 경우는 “주목해야할 종 일람표”란 명칭으로서 증명, 주목해야할 사유(적색목록, 법적보호종, 천연기념물, 국내미기록종이나 신종가능종 등), 서식처 개황, 서식특성, 자료의 출처(현장 채집 또는 문헌자료중 명확한 근거) 등으로 구분하여 제시한다.

육상 곤충류의 군집 분석을 통한 구조적 평가는 학술적으로 충분히 연구되지 못하였으나, 대규모 개발시는 지점별로 평가하여 상대적 평가를 가능하도록 제시하여야 한다.

2.1.15 어류

2.1.15.1 현황 및 문제점

1) 서식환경과 조사지점의 선정

하천은 상류에서부터 하류에 이르기까지 경사와 하상의 입자 등의 물리적 환경이 크게 변화한다. 그와 아울러 수온, 용존산소의 양, 유수량, 수심, 물의 유동형태 등이 변화한다. 또한 주변 유역에서 녹아 들어온 많은 물질들로 인하여 화학적인 환경도 변화하게 된다. 이러한 하천의 물 속에 서식하는 어류들은 주어진 환경에 적응하여 각기 나름대로의 생활방식을 개발하여 살아가기 때문에 하천의 지형조건이나 물리적, 화학적 환경이 어떠한가에 따라서 서식하는 어종이 달라짐은 자명한 사실이다. 그러므로 조사지점의 개관과 정확한 서식처의 환경조건을 기록하는 것은 매우 중요하다. 그러나 현재의 환경영향평가에서는 이러한 물리·화학적인 서식처의 조건을 조사, 기록하는 것을 중요하게 취급하지 않으며, 어류상 조사의 결과와 관련짓는 경우도 보기 어렵다.

2) 조사시기 및 횟수

어류상의 조사는 대부분 1회에 한하는 것이 관행으로 되어있으며, 조사시기도 사업이 발주되는 시점에 따라서 임의로 선정되고 조사기간도 계절과 관계없이 정해지기도 한다.

3) 현지조사 방법

현재 환경영향평가를 위한 어류의 조사방법으로는 탐문조사와 현지채집조사가 행해지고 있다. 탐문조사는 현지의 어류에 대하여 해박한 지식을 지니고 있는 어부, 낚시꾼, 교사 등을 대상으로 행하며, 직접 채집은 조사지점의 상황에 알맞는 도구를 이용하여 채집을 실시하는 것으로 되어 있으나 실제로는 투망, 족대, 유인어망 등에 의한 채집으로 한정되어 있다. 작은 하천에서는 이러한 방법으로도 충분히 채집이 가능하지만 대형하천에서는 불가능하므로 정치망이나 자망 등의 도구를 이용하여야 하지만 이러한 도구를 쓰는 데는 많은 제약이 따르고 경비와 시간 또한 많이 들게 된다.

4) 어류상의 정량적 분석

종다양성 지수와 같은 군집분석 지수는 스트레스를 많이 받는 생태계에서는 낮고 온화한 생태계에서는 높아지기 때문에, 조사정점별로 어류상의 군집을 비교하는 데 용이하다. 그러나 일부 환경영향평가서에는 군집분석에 사용되는 종다양성 지수, 유사도 지수 등 일반적으로 알려진 지수가 잘 언급되지 않는 경우가 있다. 이러한 것은 조사정점의 선정이나 조사시기, 조사횟수, 조사방법 등의 불충분, 비전문가의 조사 등 여러 요인으로 인해 어류 조사가 불충분하여 군집분석지수를 산출하기 어려울 수도 있으며, 대상 수계가 빈약하여 군집분석 등의 방법을 통해 조사정점별 어류상을 비교하는 것이 무의미한 경우도 많다. 하지만 건기라도 하상에 사수역이 형성되고 어류가 상시 생존할 만한 수계라면 어류상의 정량적 분석을 시도하는 것이 타당하다고 볼 수 있다.

2.1.15.2 개선방안

1) 서식환경과 조사지점의 선정

서식환경에 대한 기초자료는 가능한 한 자세하게 작성하여 제시하여야 하며, 한 예로써 환경부의 「제2차 자연환경전국기초조사지침(1997)」에서 사용하고 있는 표를 원용할 수도 있을 것이다. 아울러 각 조사 지점별로 현장의 상황을 근경, 원경, 하천의 바닥 등의 사진을 촬영하여 제시하는 것도 좋다.

사업구역 내에서 조사지점은 가능하면 일정한 간격으로 선정하되, 조사지점의 어류상을 충분히 대표할 수 있는 지점을 택하여야 하며 생태적으로 중요한 지점은 모두 포함시켜야 할 것이다. 그리고 현장에서 조사시에는 하천은 좁은 공간이라 하더라도 다양한 어류의 서식환경을 제공하고 있기 때문에 조사정점의 상하류 방향으로 적어도 100m 정도의 공간을 아울러야 할 것이다.

2) 조사시기 및 횟수

우리나라의 기후 특성상 6~8월은 우기에 해당하고 이 시기에 연간 강우량의 절반 이상이 집중되므로 유수량의 증가로 조사가 불가능하고 조사한다 하더라도 위험하며 정확한 결과를 얻을 수도 없다. 그러므로 이 시기는 조사에서 제외하는 것이 좋다.

우리나라 담수어류의 행동양상은 회유성 어류를 제외하고는 어느 정도 수온 이상이면 계절적인 변동을 크게 나타내지 않는다. 그러므로 1회의 조사로도 충분히 해당 조사지점의 어류상을 대표할 수 있다고 생각된다. 그러나 전문가라 하더라도 어떠한 현장 조사에서도 1회의 조사로는 해당 지점의 모든 어류를 다 파악하는 것은 불가능하고 여러 번 반복 조사를 하여야만 충분한 어류상의 파악이 가능하다. 따라서 조사시기는 유량의 변동이 적은 때를 택하여 2회 이상 반복 조사하여야 한다. 이에 상응하는 조사시기는 4~5월과 9~10월이 될 것이다.

3) 현지조사 방법

어류를 채집하는 데 사용하는 도구는 채집하고자 하는 어종의 생태적 특성에 따라 달라지므로, 다양한 어류를 한꺼번에 밝히기 위해서는 다양한 도구가 사용되어야 한다. 일반적으로 투망, 족대, 유인어망 등을 가장 많이 사용하고 있지만 이 도구들은

하천이 깊고 넓은 곳에서는 거의 사용할 수 없다. 강의 중하류와 같이 깊고 넓은 곳에서는 정치망(삼각망)이나 자망, 낚시 등의 도구가 사용될 수 있지만 정치망은 그물 자체의 가격도 비싸며 이 그물을 사용하는 데는 관청의 허가를 얻어야 하고 설치하는데도 어부의 도움을 받아야 하는 등 사용이 극히 제한되어 있어 일반적으로 잘 사용되지 않는다. 가장 많이 사용하는 투망도 사용하는 것이 불법으로 규정되어 있어서 사용하기가 쉽지 않다. 그러므로 모든 조사에서 해당되는 도구를 사용하여 어류를 포획할 수 있는 허가제를 도입하는 것이 어류상을 조사하는 데 가장 선행되어야 할 문제이다.

탐문조사는 어류의 서식상황이나 생태에 대하여 많은 경험을 가진 자(어부, 낚시꾼 등)를 선택하고, 어종별로 많은 방언이 있으므로 이를 모두 기록하여야 한다. 또한 대상 수계의 수질오염, 방류, 방생, 외래어종 등 어종의 증감원인을 청취하여 기록한다. 그러나 현장에서 어류에 대한 많은 경험을 지닌 자를 만나기가 어렵고 실제로 그러한 사람도 매우 적으며, 또한 안다고 하여도 오류가 매우 많고 방언도 같은 지역에서 여러 가지가 나올 수 있다. 그러므로 모든 조사지점에서 탐문조사를 행하는 것은 불가능하며 정확한 자료를 얻는 것도 어려우므로 탐문에 의한 조사는 의무사항이 되어서는 안 되며 얻어진 결과도 실제 조사에 의하여 얻어진 결과를 보충하는 보조자료로서만 사용되어야 할 것이다.

자세한 담수어류 조사방법은 환경부의 「제2차 자연환경전국기초조사지침(1997)」 등에 제시된 방법을 원용하여야 할 것이다. 어류목록에는 종명 이외에 어류의 생활양식(1차담수어, 육봉어, 회귀어, 주연어 등), 고유종이나 천연기념물, 멸종위기 및 보호야생동·식물, 외래종 등의 정보를 함께 기록한다.

4) 어류상의 정량적 분석

현지조사에 의해 얻어진 결과는 종다양성 지수(Shannon-Wiener Index; H') 및 유사도 지수(Sørensen Coefficient) 등으로 계산하여 조사지점별 다양도와 유사도를 비교할 수 있다. 단, 희소종이 반영되지 않을 경우 종다양성 지수가 크게 감소하고 하천상류의 경우 환경이 아주 우수함에도 불구하고 다양도가 낮게 나타나는 것이 일반적

인 현상이기 때문에 자료의 해석에 유의하여야 할 것이다. 또한 어류상의 분석시 조사 단위와 어종별 등급화 등을 통해 계량화하여 비교하는 것도 검토해 볼 수 있으나 아직 우리나라에서는 이에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

2.1.16 저서성 대형무척추동물

2.1.16.1 현황 및 문제점

1) 조사대상

저서성 대형무척추동물(benthic macroinvertebrates)이란 물속의 바닥이나 수초 주변에서 생활하는 동물 중 육안으로 식별이 가능하고 척추가 없는 동물을 지칭하는 것이다. 플라나리아류, 지렁이류, 거머리류, 패류, 갑각류, 곤충류 등을 포함한다(윤일병, 1984). 환경영향평가서 저서성 대형무척추동물은 저서생물, 담수무척추동물 등으로 용어가 혼용되고 있으므로 용어의 통일이 필요하며, 또한 조사의 목적에 비추어 저서성 대형무척추동물의 크기에 대한 규정도 필요한 상황이라 볼 수 있다.

2) 조사시기 및 횟수

현재의 평가서 기재요령에는 저서성 대형무척추동물에 대한 조사시기에 대해 언급하지 않고 있다. 저서성 대형무척추동물의 대부분(95%이상; Ward, 1992)을 차지하는 수서곤충은 생활사 중 성충시기를 육상에서 보내고, 산란 후 부화와 어느 정도 크기 이상의 유충으로 성장하는 데에 일정한 기간이 소요되므로 이러한 시기의 조사는 부적절하다고 볼 수 있다. 또한 우리나라는 몬순 기후의 영향으로 여름에 집중 강우가 있으므로 이 성충시기의 조사 역시 피해야 할 것이다.

3) 조사방법 및 분석

저서성 대형무척추동물, 특히 수서곤충류는 담수생물 중에서 가장 다양하고 풍부한 무리일 뿐만 아니라, 영양단계(trophic level)의 저차소비자(1차 또는 2차 소비자 대부분)의 역할을 하기 때문에 하천생태계의 구성원으로서 중요하다(Hynes, 1970 ; Ward, 1992 ; William and Feltmate, 1992). 또한 하천생태계의 다양한 환경요인과 미

소서식처에 따른 적응방식이 다양하고 수질환경에 대하여 민감하게 반응하는 종이 많으므로 순수생태학적 연구뿐만 아니라, 지표종으로 이용되는 등 응용연구에도 좋은 재료가 되며(Boon, 1988 ; Dudgeon, 1994 ; Dudgeon, 1995 ; Minshall, 1988 ; Reice and Wolemberg, 1993 ; Rosenberg and Resh, 1993), 어류상에 비해 출현종이 다양하고 밀도나 현존량을 쉽게 정량화할 수 있어 군집분석을 통한 환경영향평가에 매우 유리하다.

현재 우리나라에서는 환경질의 평가와 생태환경 관리기준의 설정을 위하여 저서성 대형무척추동물을 이용한 종다양도지수(H'; Shannon-Weaver, 1949), 우점도지수(DI; McNaughton, 1967) 등의 수리군집지수와 생물지수(津田松苗, 1964), 생태점수(ESB; ecological score of benthic macroinvertebrate community) 산정법(공동수, 1997 ; 환경부, 2001b)의 지표군집지수의 수리객관적 군집지수가 이용되고 있다. 또한 윤일병 외(1992a, b, c)는 우리나라의 저서성 대형무척추동물 군집에 관한 자료를 이용하여 오탁계급치를 밝히고 오탁계급치를 dots로한 단위오탁지수의 분산도분석을 통하여 지표가중치를 도입함으로써 Zelinka and Marvan(1961)의 방법을 개량한 Saprobic Index(SI), Total Biotic Score(TBS) 및 간이수질평가지수인 Group Pollution Index(GPI)를 제안하였다. 공동수 외(1995)는 저서성 대형무척추동물을 과(Family) 이상의 수준에서 총 29개의 분류군으로 대별하고 윤일병 외(1992a, b, c)의 오탁지수를 기준으로 지표군의 단위오탁지수를 산정함과 아울러 종의 출현도를 고려하여 상위분류군 생물지수(Higher Taxa Biotic Index, HTBI)의 지표주관적 생물지수인 한국생물지수(Korean Biotic Index, KBI)를 제안한 바 있다(노태호 외, 2001).

현재 여러 생물지수 중 간편히 이용할 수 있는 생태점수 산정법은 환경부에서 시행하고 있는 제2차 전국자연환경조사에 활용되고 있으며, 최근의 환경영향평가에 많이 이용되고 있다. 그러나 생태점수 산정법은 정성적인 조사에 의한 출현종의 유무에 의하여 산출되는 것으로 출현개체수를 고려하지 않은 생물지수이다. 따라서 정량적인 현지조사와 자료 분석을 통하여 다양한 생물지수를 산출·비교함으로써 담수생태계, 특히 하천생태계의 환경질을 평가하고, 생태환경 관리기준을 설정할 수 있도록 하여야 한다.

2.1.16.2 개선방안

1) 조사대상

용어는 저서성 대형무척추동물로 통일한다. 각 분류군 중 수서곤충의 경우는 윤(1988, 1995), McCafferty(1981), Kawai(1985), Merritt and Cummins(1984, 1996) 등을 이용하여 동정하며, 특히 곤충류 중 꼬마하루살이류는 배연재 외(1998)를 이용한다. 그러나 수서곤충 중 동정이 매우 까다로운 깔다구류는 Wiederholm(1983)을 이용하여 외부형태, 특히 체장, 체색, mouth part 형태, abdominal tube의 유무, 강모의 형태 등의 특징을 고려하여 임의 동정을 할 수도 있다(윤일병 외, 1994). 연체동물의 경우는 권오길(1990), 권오길 외(1993, 2001)를 이용하여 동정을 하고, 새우류는 김훈수(1977)을, 기타 갑각류 및 환형동물류 등은 岡田要(1965a, b, c), Brinkhurst(1986), Pennak(1989) 및 Peckarsky et al.(1990)을 이용하여 동정한다. 동정된 종의 학명 체계 및 국명은 한국곤충명집(한국곤충학회, 1994)과 한국동물명집(한국동물분류학회, 1997)에 의거하여 작성한다. 한편, 조사의 목적에 비추어 0.25mm 이상의 담수산 무척추동물을 환경영향평가에서 지칭하는 저서성 대형무척추동물이라고 볼 수 있겠다.

2) 조사시기 및 횟수

저서성 대형무척추동물 중 수서곤충의 경우 번식을 위해 생활사의 일정 기간을 육상에서 보내는데, 그 시기는 주로 6월이 된다. 그러나 수온 등 다양한 환경요인의 변화에 의하여 한달 정도의 차이가 있어 주로 5~7월경이 된다. 나머지의 기간은 성충이 되기 위한 준비기간인 유충시기로서, 중부지방을 기준으로 할 때 일반적으로 8월 중순경부터 다음해 5월말 경까지 성장하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 조사시기와 횟수는 우화시기와 부화시기를 제외한 3~5월경과 9~11월경의 2회가 적절하다고 볼 수 있다. 또한 우리나라는 몬순 기후의 영향으로 여름에 집중 강우가 있으므로 가능한 이 시기를 피해야 하며, 다른 계절이라도 강우가 있을 시 그 정도에 따라 7~15일 정도의 시일이 경과한 후 조사가 실시되어야 한다. 보다 정확한 조사를 위해서는 늦겨울(2월), 봄(3~4월), 가을(9~11월) 및 초겨울(12월)의 4회 조사를 권장한다.

3) 조사방법 및 분석

조사방법은 정성채집법(Scoop net, Kick screen 등을 이용)과 정량채집법(계류형 Surber net, Dredge, Grab 등을 이용)이 있다. 그러나 출현종수뿐만 아니라 밀도, 개체수의 변화 등 군집의 특성을 밝힐 수 있는 정량채집과 다양한 미소서식처(microhabitats)에 살고 있는 종들을 채집할 수 있는 정성채집을 병행하여 실시하는 것이 바람직하다. 시료채취에 관한 방법은 [환경부\(2001b\)](#)에서 제시한 것을 기준으로 한다. 이에 따르면 깊이가 얕고 흐름이 비교적 빠른 수역에서는 계류형 Surber net(크기 30×30cm나 50×50cm, 망목 0.25mm)을, 흐름이 느리거나 정체가 되는 수역에서는 자루가 달린 Grab이나 Ekman grab, Ponar dredge 등을 이용하여 0.5m, 1m, 2m, 3m, 4m, 5m 이상 깊이에서 각각 3회씩 하상을 채취한 후 공극지름 0.25mm체로 걸러서 생물시료를 채취한다. 유수의 경우, 물살이 빠른 '여울(riffle)', 흐름이 완만한 '흐름(run)' 및 일시적으로 물이 모여 있는 '딴(pool)'의 3가지 형태의 미소서식처를 대상으로 정량 및 정성조사를 실시하여야 한다.

정량채취된 시료로는 개체수, 밀도, 현존량 등을 조사하고, 우점도, 종풍부도, 종다양도, 균등도 등의 군집분석을 수행한다. 출현종의 목록에는 간이수질관정법(윤일병, 1995)에 따라 고도의 청정수에 사는 종, 청정수에 사는 종 등을 표기하여, 수질오염에 대해 지표생물을 이용한 생물학적 판정과 조사지점별 비교가 가능하여야 할 것이다.

또한 저서성 대형무척추동물을 이용한 한국생물지수(KBI), 생태점수(ESB), Saprobic Index(SI), Total Biotic Score(TBS) 등의 다양한 생물지수를 산출·비교하는 것이 검토에 도움을 줄 수 있다. 한편, 지표생물을 이용한 생물학적 판정에는 EPT(Resh et al., 1995), BMWP(Biological Monitoring Working Party; National Water Council, 1981), TBI(Trent Biotic Index; Woodiwiss, 1964) 등이 연구되어 있으므로 참고할 수 있을 것이다.

2.1.17 플랑크톤 및 부착조류

2.1.17.1 현황 및 문제점

1) 조사대상

기준에 사용하고 있는 「환경영향평가서작성등에관한규정(2001)」에서 플랑크톤 및 부착조류에 관한 내용은 이름만 있을 뿐 거의 다뤄지지 않고 있는 바, 먼저 환경영향평가에서 조사를 요구하는 플랑크톤 및 부착생물에 대한 개념 제시도 시급한 상황이다. 또한 환경영향평가에서 플랑크톤 및 부착조류 항목은 육상동·식물상에 가려 소홀히 취급되고 있다. 플랑크톤 및 부착조류는 담수생태계 먹이사슬의 기초단계를 점하며 환경의 인위적 교란에 매우 민감하게 반응하여 환경오염지표종으로 이용되고 있는 바, 적절한 적용기법을 채택할 경우 이들 생물군 분석은 생태계의 구조와 기능을 반영하는 중요한 항목으로 발전할 가능성이 높다. 이들 생물군은 환경영향평가의 담수생태계 분야에서 앞으로 적극 활용하고 체계적인 조사분석을 시도하여야 할 분야이다.

2) 조사시기 및 횟수

현재의 「환경영향평가서작성등에관한규정(2001)」에는 플랑크톤 및 부착조류의 조사시기를 수생식물과 같이 언급하고 있다. 플랑크톤 및 부착조류는 연중 관찰되기 때문에 1회 조사로 국한할 경우 조사시기를 고려해야 한다. 더욱이 우리나라와 같은 온대지방의 경우 플랑크톤 및 부착조류에 있어 온도와 광도의 연중변화, 영양염류의 변화, 포식자의 변화 등에 따라 연중 생태학적 천이가 일어나므로, 조사지역의 담수생태계 변화를 이해하기 위해서는 계절적 변동을 알 수 있도록 연중 대표적인 계절의 플랑크톤 및 부착조류 현황을 모두 조사하는 것이 바람직하다.

3) 조사방법 및 분석

현재의 「환경영향평가서작성등에관한규정(2001)」에는 플랑크톤 및 부착조류의 조사방법에 대한 언급이 없다. 플랑크톤은 채집목적에 따라 네트의 종류도 다양하며, 수평적으로나 수직적으로 공간적 불균형을 보일 뿐더러 일주기성을 포함한 시간적 불균형까지도 있어 채집방법을 일률적으로 규정하는 것은 어려울 수밖에 없다. 그러나 이러한 어려움에도 불구하고 객관적이고 과학적인 근거 하에 조사가 이루어져야

하며, 이를 위해서는 방법론적인 서적과 논문을 참고하고 현지조사를 통해 전문지식을 습득한 자의 조사가 필수적이다.

4) 수계의 오염 측정지표

수생태계는 영양염류인 질소와 인의 농도에 따라 그 생산력이 주로 결정되며, 농도가 높을 경우 부영양화 수계, 낮을 경우 빈영양화 수계라 한다. 호소의 경우 빈영양호에서 부영양호로 점진적으로 변화하는 부영양화 현상은 호소생태계의 자연적 생태천이과정이지만, 인간의 활동에 의한 영양염류 과다 유입은 부영양화 현상을 가속화시키게 된다.

수계의 부영양화를 평가하는 데 있어서는 영양물질의 농도와 이들 영양물질을 직접 흡수하는 식물성 플랑크톤의 발달에 따른 클로로필-a의 변화 및 물의 투명도로 측정하는 방법이 일차적으로 이용된다. 여기에는 인, 질소, 클로로필의 농도범위를 구분하여 수계의 부영양화도를 평가하기도 하며, 또는 국제적으로 통용되고 있는 영양상태지수(또는 부영양화도지수, Trophic Status Index; Carlson, 1977)를 이용하여 평가한다. 영양염류 부하량이 높은 수계에서 민감하게 변동하는 식물성 플랑크톤은 여러 가지이나 남조류중 *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria* 또는 유글레나조류가 대표적이라 할 수 있으며, 이러한 개념에서 식물성 플랑크톤 중 일부 분류군은 담수계에서 부수지수(Saprobic index; S)를 설정하는 지표종으로 알려져 있다(Sladecek, 1989).

2.1.17.2 개선방안

1) 조사대상

플랑크톤(동물성, 식물성)은 물에서 부유생활을 하는 생물군(부유생물)을 말하는 것으로, 분류학적인 집단이라기 보다는 생태학적 유형집단으로 볼 수 있다. 일반적으로 몸의 크기는 수 μ m에서 20mm 정도이며, 물이 고여있는 곳은 어디에서나 서식이 가능하나 물의 흐름이 빠른 하천에서는 유속에 저항하여 생존하기가 어려우므로, 유수 환경에서의 생산자(producer)는 식물과 부착성 조류가 될 수밖에 없다. 플랑크톤을 그 생활수역에 따라 구분할 때 담수성, 기수성, 해양성으로 나뉘며, 환경영향평가시

담수생물 분야에서 다룰 수 있는 것은 담수성과 기수성 종이다. 또한 플랑크톤은 그 크기에 따라 거대형(Megalo-), 대형(Macro-), 중형(Meso-), 소형(Micro-), 미소(Nanno-), 극미(Ultra-) 등으로 나뉘볼 수 있으며, 환경영향평가의 목적상 담수생물 분야에서 다룰 수 있는 것은 육안으로 보거나 광학현미경하에서 검경하여 동정 가능한 종들 정도라고 할 것이다.

플랑크톤 조사가 수행될 수 있는 분류군은 남조류, 녹조류, 규조류, 황갈조류, 편모조류 등의 주요 식물성 플랑크톤과 윤충류, 지각류, 요각류 등의 주요동물플랑크톤이다. 동물성 플랑크톤의 경우는 학자에 따라 원생동물을 여기에 포함시키기도 하지만, 일반적으로 동물플랑크톤은 상기한 세 분류군을 지칭하며, 환경영향평가를 위한 조사에서도 이들만 고려해도 문제가 없을 것이다.

부착생물은 수생태계에서 다양한 기질에 부착하여 생물막을 형성하는 생물군을 말하는 것으로, 여기에는 부착조류, 원생동물, 곰팡이, 세균 등이 주로 포함된다. 따라서 환경영향평가서에서 부착생물과 부착조류의 의미를 명확히 구분할 필요가 크며, 일반적인 환경영향평가에서는 주로 부착성 조류를 대상으로 하여도 문제가 없을 것이다. 부착조류는 플랑크톤과 마찬가지로 분류학적인 집단이라기보다는 생태학적 유형 집단으로 볼 수 있다. 대개 부착조류에 관한 연구는 돌부착조류에 관한 것이며, 환경영향평가에도 돌부착조류(epilithic algae)의 생산성이나 계절적 변동, 군집분석 등이 조사되기도 한다. 그러나 조사대상 하천에 식생이 많이 분포하거나 또는 저층에 토양성분의 분포가 상대적으로 높다면 식물부착조류(epiphytic algae)와 저서층 토양부착조류(epipelic algae)도 조사대상에 포함되어야 한다. 돌부착조류는 수심이 얕은 계류나 하천에서 부유조류인 식물플랑크톤보다 생물량과 물질생산성이 더 높아 하천의 물질대사 측면에서 기여도가 크다. 또한 돌부착조류는 홍수기/갈수기의 교란 후 회복이 매우 빠르고 유기물의 주요 성분으로 저서동물과 어류의 먹이가 되는 등 하천생태계의 물질대사 및 영양단계에서 차지하는 비중이 매우 크다. 우리나라는 강과 하천이 발달한 점, 큰 강 이외의 대부분 지류의 하천 바닥에는 돌 또는 자갈로 되어 있어 돌부착조류가 풍부한 점 등은 돌부착조류의 활용 가능성을 높여준다(이인규 외, 2001). 특히 부착규조류는 하상의 돌 표면에 장기간 부착하므로 규조 종의 오염지표

성을 이용하여 수질을 평가하는 데 활용하기도 한다.

2) 조사시기 및 횟수

담수성 플랑크톤이나 부착생물의 조사는 동절기라도 가능할 것이나, 낮은 수온으로 인해 생물의 활성이 낮고 또한 생물의 풍부도도 낮은 동절기 조사는 생태학적으로 큰 의미가 없다. 그러나 1회 조사시와 같이 계절적인 대표성을 고려할 경우 가급적 수량이 풍부한 5~10월경에 수행하고, 계절적 변동에 대한 조사가 요구될 경우 연중 최소 4회 이상으로 조사횟수를 늘려야 한다. 이 경우 춘계(3~4월), 하계(7~8월), 추계(9~10월), 동계(12월~1월)로 구분하는 것이 바람직하다. 각 계절별로 구분한 시기는 꼭 그렇게 규정할 수는 없으므로 전체 조사기간에 따라 조사지역의 상황과 오염도, 기상요인 등을 고려하여 필요한 수정 보완이 있을 수 있다.

조사시기 중 강우중이나 강우 직후, 강풍시나 강풍직후 등 시기는 가급적 피하고, 생물상이 안정되고 대표적인 상태라고 판단되는 시기에 조사한다. 바람에 의해 퇴적층이 교란될 정도로 수심이 얇은 호수에서는 바람이 없는 시기에 조사한다.

3) 조사방법 및 분석

조사지점의 선정시 하천 및 호소의 규모, 형상 및 수질을 고려하며, 하천의 경우 다른 지류나 주변의 영향이 적은 지역을 선택한다. 조사방법은 조사시기나 조사대상, 현장 상황에 따라 많이 달라질 수 있으므로 조사자의 방안을 따르되, 조사지점, 시각, 채집방법, 망목의 크기, 시료고정 및 관찰, 동정 및 계수방법 등에 대해 상세히 기록해 제시할 필요가 있다. 채취된 시료로는 개체수, 밀도, 현존생물량(클로로필-a의 농도) 등을 조사하고, 우점도, 종풍부도, 다양도, 균등도 등의 군집분석을 수행한다. 한편 생물조사와 함께 수질환경 및 관련되는 요인의 분석이 같이 수행되어야 한다.

자세한 조사방법은 환경부의 「한국의 호소환경 조사기법개발에 관한 연구(2001b)」 등에 제시된 방법을 원용하여야 할 것이다.

4) 수계의 오염 측정지표

수온, 용존산소, pH, BOD, COD, 투명도, 클로로필-a의 농도, 총질소(TN), 총인(TP) 등의 환경조건 측정은 수질 오염과 부영양화를 판단하는 데 도움이 된다. 이러한 환경요인들을 바탕으로 수계의 영양상태(부영양화도) (예를 들면, Carlson의 영양상태 지수)를 판정하여야 하고, 생물지표를 활용하여 판정의 신뢰성을 높인다. 또한 생물을 이용한 수질의 유기오염도 판정에는 수질의 지표성을 나타낼 수 있는 조류들을 이용한 유글레나조류의 모니터링 방법이나 규조류를 이용한 유기오탁지수(DALPO; Diatom Assemblage Index of organic water pollution) 측정 및 평가방법(이인규 외, 2001)의 적용도 고려할 수 있다. 돌말류를 이용한 유기오탁지수의 경우 상시 출현하는 생물군으로서 오염도에 따른 분포범위도 넓고, 규산질로 된 피각으로 인해 오동정이 줄어드는 등 측정자료의 신뢰성이 높다는 점에서 장점이 있다.

여기에서는 부영양화도를 판단할 수 있는 방안을 정리하여 제시하였다.

가) 부영양화도 판정 방안

수생태계의 영양도는 영양염류의 공급도와 여기에 기반을 두고 일어나는 식물의 유기물생산을 주원인으로 일어나는 수체 내 여러 변화를 포함하고 있고, 또한 수체 내의 변화는 다양하며 장소에 따라 다르다. 또한 계절적인 변동이 있으므로 영양도의 판정에는 어려움이 따른다.

정성적인 분류는 연구자의 주관에 따라 변동이 심하고 또한 번잡하다는 결점이 있어서 이러한 결점을 객관화시키고 단일항목의 측정으로 영양도를 판정하는 방법의 개발이 시도되었다(표 2-17, 2-18). 그러나, 단일지표에 대하여 정량적인 수법을 이용하여도 호수의 영양도를 대략적으로 구별하는데 불과하며 어느 정도 호수가 부영양화되어 있는지 양적인 판정을 하기 위해서는 보다 상세한 정량적인 척도가 필요하다.

수체(대체로 정수생태계를 대상)의 영양상태(부영양화도)를 평가하는 데 있어서 개발된 지수(Index)들은 여러 가지 수질항목간의 상관관계를 이용하고 있고, 이들의 관계는 아래와 같이 요약할 수 있다.

- 호소속의 총인, 총질소와 식물플랑크톤 현존량과의 사이에는 밀접한 상관관계가 있으며 그것들을 수식으로 나타낼 수가 있음.
- 호소속의 총인, 총질소 농도는 호수밖으로 부터의 유입부하에 의하여 크게 지배되고 그들 사이에 수식으로 표현되는 양적 관계가 성립.
- 식물플랑크톤의 양과 투명도 사이에는 뚜렷한 역상관관계가 성립.
- 심수층의 용존산소와 식물플랑크톤 생산 사이에는 어느 정도의 인과관계가 있음.

<표 2-17> 총질소, 총인, 클로로필-a 양과 투명도에 의한 영양도의 구별 (6~9월의 평균치)

영양상태 (Trophic state)	총질소 (mg/m ³)	총인 (mg/m ³)	Chlorophyll a (mg/m ³)	투명도 (m)
Oligotrophic	400	15	3	4.0
Mesotrophic	400-600	15~25	3~7	2.5~4.0
Eutrophic	600-1500	25~100	7~40	1.0~2.5
Hypertrophic	1500	100	40	1.0

자료 : Forsberg, C. and S.O. Ryding, 1980. "Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving lakes". *Archive fur Hydrobiologie* 89: 189-207.

<표 2-18> OECD가 제시한 총인, 엽록소-a량과 투명도에 의한 영양도의 판정

Trophic Category	[P] ₁	[Chl.]	[max]	[Sec] _y	[min] _y
ultra-oligotrophic	≤4.0	≤1.0	≤22.5	≥12.0	≥6.0
oligotrophic	≤10.0	≤2.5	≤8.0	≥6.0	≥3.0
mesotrophic	10~35	2.5~8	8~25	6~3	3~1.5
eutrophic	35~100	8~25	25~75	3~1.5	1.5~0.7
hypertrophic	≥100	≥25	≥75	≤1.5	≤0.7

자료 : Vollenweider, R.A and J. Kerekes, 1980. *OECD cooperative programme on monitoring of inland water*. Synthesis Report.

주 : [P]₁ : 총인의 연간 평균치, [Chl.] : 클로로필-a의 연간 평균치, [max] : 클로로필-a의 최대값, [Sec]_y : 투명도의 연간 평균치, [min]_y : 투명도의 연간 최소치 (총인과 엽록소 : mg/m³, 투명도 : m)

나) 부영양화도 지수

① Carlson의 영양상태지수(Trophic Status Index: TSI)

- Carlson(1977)은 투명도와 클로로필-a 농도와의 관계, 클로로필-a 농도와 총인 농도와의 관계를 서로 관련지어 투명도를 기준으로 하는 연속적인 부영양화도 지수를 개발하였음.

$$TSI(SD) = 10 \times (6 - \ln \frac{(SD)}{\ln 2})$$

$$TSI(Chl. a) = 10 \times (6 - \frac{2.04 - 0.68 \ln(Chl. a)}{\ln 2})$$

$$TSI(TP) = 10 \times (6 - \frac{\ln 48}{\ln 2} - \frac{TP}{\ln 2})$$

② 수정 Carlson지수

- Carlson 지수는 수중 현탁물질의 대부분이 식물플랑크톤이라고 가정하였으나, 다른 여러 연구에서는 조류 이외의 물질에 의한 흡광계수가 조류에 비하여 결코 무시될 수 없는 값이라는 것을 보여주었음.
- Aizaki 외(1981)는 투명도를 기준으로 한 지수 대신 클로로필-a 농도를 기준으로 한 수정 Carlson 지수를 제시하였음. 수정 Carlson 지수에서는 지수 100을 클로로필-a 농도 1,000 mg/m³으로 하였고 지수 0은 클로로필-a 농도를 0.1 mg/m³로 가정. Carlson 지수와 같이 그 사이를 지수적으로 표현하면 Chl. a 농도가 2.5배가 될 때 지수가 10씩 증가하는 다음의 TSI_m 기본식과 관계식을 유도하였음.

$$TSI_m = 10 * (2.46 + \frac{\ln(Chl. a)}{\ln 2.5})$$

$$TSI_m(SD) = 10 \times (2.46 + \frac{3.69 - 1.53 \ln(SD)}{\ln 2.5})$$

$$TSI_m(TP) = 10 \times (2.46 + \frac{6.71 + 1.15 \ln(TP)}{\ln 2.5})$$

③ 부영양화도 지수에 따른 호소의 영양상태 판정

- 각 TSI중 조류량을 직접적으로 표현하는 부영양화도 지수는 TSI(클로로필-a)를

기본으로 함.

- 부영양화도 지수는 3가지 독립된 단계(클로로필-a 농도, 투명도, 총인 농도)에서 계산이 가능한 점에서 목적에 알맞은 적당한 지수선택이 가능하며 3가지 단계를 모두 이용할 수 있음.
- 부영양화도 판정을 위해 선택된 매개변수를 아래 표와 비교하여 조사된 호소의 부영양화도를 결정.

<표 2-19> 부영양화지수(TSI)를 이용한 수체(호소)의 부영양화도 판정표

부영양화지수(TSI)	수체(호소)의 영양상태
< 20	극빈영양
30 ~ 40	빈영양
45 ~ 50	중영양
53 ~ 60	부영양
> 70	과영양

자료 : Kratzer and Brezonik 1981

2.1.18 담수생태계

이 부분은 향후 ‘생태계’ 부문에 포함시킬 필요가 있다.

2.1.18.1 현황 및 문제점

담수생태계의 효율적 보전과 관리를 위해서는 담수지역의 환경변화를 판단하기 위한 근거로 조사지의 개황을 파악하기 위한 기초자료의 조사가 필요하나, 지금까지의 환경영향평가 조사는 조사자의 경험이나 관행에 따라 수행되어 객관적인 평가를 위한 체계적인 자료의 수집과 관리가 미흡하였다. 따라서 이러한 부분들이 보다 구체적이고 학술적인 근거 하에서 이루어져야 할 필요성이 크다. 한편, 평가자는 전체 생물상과 각 단위별 생물상, 유역 및 수환경에 대한 기초조사 자료를 근거로 하여 생태계 전반에 대한 객관적인 평가가 도출되도록 하여야 할 것이다.

2.1.18.2 개선방안

조사내용 및 방법으로는 지형분류, 수환경요인 측정, 유역토지이용, 탁도, 수변부 교란 등의 내용을 다룬 「제2차 자연환경전국기초조사지침(환경부, 1997)」이 제시되어 있다. 상기 조사지침은 환경부에서 채택하여 제2차 전국자연환경조사에 활용하고 있으며, 조사내용이 담수환경조사표(표 2-20, 서식환경조사표)에 수록된다. 조사내용들 중 수환경요인의 경우 수질 항목의 측정결과를 이용하는 것이 좋을 것이므로, 수질 조사지점과 담수환경조사지점을 일치시키는 것이 바람직하다.

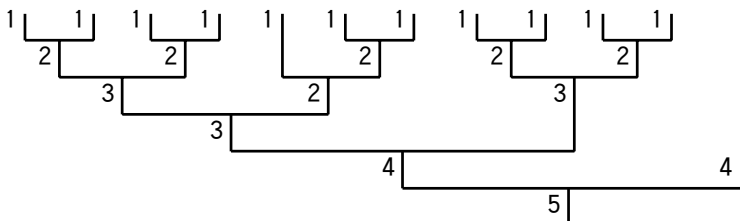
1) 서식환경 조사

가) 조사원칙

- 각 생물군의 조사시 공통적으로 조사당시의 개변사항을 기록한다.
- 기록방법은 조사표 양식에 따라 정확히 기재하고 분야에 따라 특기사항을 기록한다.

나) 조사방법

- 조사자는 조사분야와 대상생물군을 기재하고, 1 : 25,000 지형도를 참고로 하여 도엽명, 도엽번호, 행정지명, 수계명, 위·경도, TM 좌표 및 고도를 기재(위도, 경도, TM은 GPS로 측정가능)한다.
- 조사지점의 하천순위(stream order)는 Strahler(1964)에 따른 다음의 방법으로 산정한다.



<그림 2-4> 하천의 차수 예시도

<표 2-20> 서식환경 현지조사표

대상생물군명 ¹⁾			호 소 명 ²⁾			
지 점 명 ³⁾			조사지점소재지	시	구	동
수 계 명 ⁴⁾				리	도	면
지 도 도 업 명 ⁵⁾			도 업 번 호 ⁵⁾	□□□□ - □□ - □□		
배수구역코드 ⁶⁾	□□□□□□□□		행정구역코드 ⁶⁾	□□□□□□□□		
위 도 ⁷⁾	□□° □□' □□"		경 도 ⁷⁾	□□□° □□' □□"		
TM ⁷⁾	□□□x□□□□		고 도 ⁷⁾	□□□m		
하천순위 ⁸⁾	□차		호소유형코드 ⁹⁾	□□		
조 사 년 월 일	□□ . □□ . □□		조 사 시 간	□□ : □□ - □□ : □□		
수환경요인	유속	수온	pH	용존산소	전기전도도	투명도 ¹⁰⁾
	cm/s	°C		mg/l	μmhos/cm	m
수변부 경사	< 20°		20 - 40°	40 - 60°	60 - 90°	> 90°
유역토지이용	자연식생		농경지	거주지	유원지	기타
하상입자(%) ¹¹⁾	바위		호박돌	자갈	잔석	모래,미사,점토
교 란	준설		절취	선박	어로	양식
						답압
	홍수		피음	오염	방목	
	배수		인공기질	인공수변	해수유입	
					기타	

주 : 1) 수생식물, 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 부착조류, 대형무척추동물, 어류 등으로 구분함.

2) 행정상의 호소편람을 기준하나, 누락된 호소의 경우 보편적으로 불리는 호소명을 기입.

3) 교량, 댐 등 대표적인 구조물이나 호안의 특정 건축물 혹은 지명으로 선정함.

4) 행정상의 하천명. 편람에 없는 경우 보편적으로 불리는 하천명을 기입함.

5) 1:25,000 지형도를 기준하여 기입함.

6) 수질정책지원시스템의 구분코드를 기준하여 기입함.

7) 1 : 25,000 지형도 기준 혹은 GPS로 측정함.

8) 조사지점에 해당하는 하천순위를 결정함.

9) 호소유형은 담수호와 기수호를 구분하고 세부적으로 화구호, 배후습지성호, 댐호, 하구호, 저수지, 석호 등을 구분하여 기입.

10) 수심이 얕아서 투명도를 측정할 수 없는 경우 N.D.로 기입함.

11) 육안으로 하상 조성이 판단 가능할 경우에 한해 아래 입경구분을 기준으로 피복면적 비율 기재: 바위(>256mm), 호박돌(64~256mm), 자갈(16~64mm), 잔석(2~16mm), 모래, 미사, 점토(<2mm)

- 수환경 요인은 측정기기를 이용하여 생물채집의 조사정점에서 측정한다.
 - 수온, 유속, pH, 용존산소, 전기전도도, 투명도 등
 - 유속(m/s)은 유속계나 5m길이의 끈을 단 부표와 초시계로 측정
- 유역토지이용은 수변부와 연결된 근접 유역의 토지 이용 사항을 다음에 따라서 기재한다.
 - 자연식생: 자연 산림이나 초지
 - 농경지: 논, 밭, 방목지, 과수원 등
 - 거주지: 주택, 공단, 창고 등
 - 유원지: 위락장, 골프장, 스키장
- 탁도는 호소의 경우 다음과 같이 분류한다. 하천의 경우는 아래 사항을 수정하여 따르거나 그 상황을 자세히 기술하는 것으로 대체한다.
 - 매우 탁함: 수심 30cm 이상에서 저상을 볼 수 없음.
 - 탁함: 수심 30~75cm에서 저상을 볼 수 있음.
 - 맑음: 수심 75cm 이상에서 저상을 볼 수 있음.
 - 맑으나 얇음: 맑으나 저상이 얇아서 탁도를 파악할 수 없음.
- 수변부의 교란은 다음과 같이 분류한다.
 - 준설: 저상을 준설
 - 절취: 대형수생식물을 인위적으로 절취
 - 선박: 선박의 운행
 - 어로: 어패류 어획
 - 답압: 인간에 의한 답압
 - 홍수: 홍수에 자연적인 교란
 - 피음: 수목이나 인공구조물에 의한 피음
 - 오염: 수질 혹은 토양 오염물질의 유입
 - 방목: 가축의 방목
 - 매립: 수변부의 매립, 매토
 - 배수: 배수에 의한 건조

- 인공기질: 인공적으로 하상을 변경
- 인공수변: 인공구조물에 의한 수변부 하안의 변경
- 해수유입: 기수역에서의 해수 유입

2.1.19 습지

이 부분도 향후 ‘생태계 현황 및 서식지’ 부문에 포함시킬 필요가 있다.

2.1.19.1 현황 및 문제점

습지보전법에 의하여 보전지역으로 지정된 곳은 대암산 용늪을 비롯하여 몇 군데에 지나지 않으나, 국내에서 습지로 공식적으로 조사된 곳은 411 지역에 달한다(환경부, 2000a). 이러한 습지 외에도 조사되지 않은 습지가 많으나 습지에 대한 적절한 판단기준이 미흡하여 환경영향평가지 반영이 곤란하기도 하며, 관계자의 현장조사시 또는 언론, 사회단체 등에 의해 습지에 대한 훼손이 문제시되어 토지이용계획이나 선형의 변동, 환경영향평가 협의사항의 변경 등이 제기되기도 한다.

현재 환경영향평가상 제시된 습지분류는 단순히 녹지자연도 판정기준에 근거한 것으로 0, 2, 10 등급으로 구분되나, 습지의 보전가치에 대한 판단은 결여되어 있다. 특히 습지는 대부분의 국지적 개발사업에 있어 개발자의 토지이용변화 구상에 매우 취약하며, 개발이후 복원이 어려운 경우가 많으므로 이에 대한 적절한 습지인식과 가치 평가기준이 제시되어야 한다.

2.1.19.2 개선방안

습지의 인식에 필요한 주요 지표로는 현재 서울대학교 김귀곤 교수 등에 의해 습지의 보전가치 평가를 위한 등급별 기준(안)이 개발되어 있다(한국수자원공사, 한탄강댐 환경영향평가보완서 참조). 그 내용을 보면, 식생에 의한 보전가치 등급기준(1~5등급), 습지수문에 의한 보전가치 평가기준(1~5등급), 자연성에 의한 보전가치 등급기준(1~5등급) 등 3가지 기준으로 등급의 구분이 가능하며, 이러한 보전가치 평가기

준에 의해 습지를 크게 보전지역, 복원지역, 창출가능지역으로 나누고 있다. 이러한 기준이 규제적 측면에서 적용될 경우 습지보전에는 일부 유리할 것이나, 그 동안 접근해온 방식이 아니므로 앞으로 환경영향평가 대상 사업지역에 대한 사례연구를 통해 적절한 적용방안이 연구되어야 할 것이다.

2.2 영향예측

2.2.1 식물상

2.2.1.1 현황 및 문제점

사업시행으로 인하여 나타날 수 있는 식물상의 변화에 대한 영향예측은 매우 일반적이며, 이에 대한 별다른 기초연구도 없는 실정이다. 평가서에 주로 제시되는 영향예측으로는 다음과 같은 내용들이 있다.

- ① 귀화식물이나 노변식물 등 외지식물의 유입에 의한 증가
- ② 공사차량 등 건설장비 등으로 발생하는 대기오염물질(비산먼지, 매연, 기타 오염물질 등)이 엽육에 침착됨으로 인한 광합성 저하, 생육장애, 농작물 생산량 감소 등
- ③ 댐이나 저수지 건설 등 수자원 확보에 의한 식물의 수몰이 예상되는 경우 생육장애로 인한 고사
- ④ 터널공사시 지하수위의 변동으로 인한 습지식물의 고사
- ⑤ 기타 법적보호종이나 주요 식물종에 대한 영향

사업시행으로 인하여 수생식물에 미치는 영향에 대한 내용은 거의 없는 실정이다. 평가서에 주로 제시되는 영향예측으로는 다음과 같은 내용이 있다.

- ① 수생식물 분포지의 일부 훼손
- ② 법적 보호종이나 주요 식물종에 대한 영향
- ③ 터널 공사시 지하수위의 변동으로 습지식물의 고사

2.2.1.2 개선방안

사업시행으로 인하여 실제로 식물에 미치는 영향을 예측하기는 쉽지 않다. 물론, 훼손지에서 직접적으로 훼손이 예상되는 경우에는 소실될 것으로 예측이 가능하지만, 인접지역에 생육하고 있는 경우에는 다양한 각도에서 영향을 예측하여야 한다. 그리고, 다음과 같이 좀 더 구체적인 영향예측을 제시할 필요가 있다고 생각한다.

- ① 귀화식물이나 노변식물 등 외지식물의 유입에 의한 증가 : 외지식물의 종류를 제시하고, 이로 인하여 나타날 수 있는 문제점을 도출
- ② 공사차량 등 건설장비 등으로 발생하는 대기오염물질(비산먼지, 매연, 기타 오염물질 등)이 염육에 침착됨으로 인한 광합성 저하, 생육장애, 농작물의 생산량 감소 등 : 영향의 정도를 예측
- ③ 댐이나 저수지 건설 등 수자원 확보에 의한 식물의 수몰이 예상되는 경우 생육 장애로 인한 고사 : 구체적인 영향의 메커니즘 제시
- ④ 터널공사시 지하수위의 변동으로 습지식물의 고사 : 이와 관련된 식물의 존재여부와 해당 식물종의 제시
- ⑤ 기타 법적보호종이나 주요 식물종에 대한 영향 : 식물종별로 구체적인 영향을 제시

향후 이와 관련된 연구는 지속적으로 이루어져야 하며, 사후환경영향조사 자료를 충분히 활용할 필요가 있다. 특히, 댐이나 저수지 건설 등 수자원 확보에 의한 식물의 수몰로 생육장애가 예상되는 경우와 터널공사시 지하수위의 변동에 의한 습지식물의 고사 등에 대해서는 아직 많은 현장조사와 실험적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한, 환경변화에 민감한 식물 중에는 서식지 단편화로 인하여 통풍, 습도, 빛, 온도 등 미기상 변화에 따른 소멸가능성에 대해서도 예측할 필요가 있다. 댐건설 후 주변의 미기상변화가 식물의 생육에 미치는 영향도 연구되어야 할 부분이다.

수생식물에 대한 영향은 수리·수문, 수질, 지하수 등의 변동과 관련이 있기 때문에, 성토나 하천정비와 같이 직접적으로 훼손이 예상되는 사업 외에는 사업시행으로 인하여 실제로 수생식물에 미치는 영향을 예측하기는 쉽지 않다. 댐이나 저수지 건설 등의 경우에 있어서도 일부 수생 및 수변식물이 수몰되고 새로운 분포지가 형성될

것이기는 하지만, 향후 변화를 예상하는 것은 역시 어려울 수밖에 없다. 이러한 점에서 볼 때 기존에 제시된 영향예측의 한계성이 드러나기도 하지만, 다음과 같은 관점에서는 구체적인 영향예측이 필요한 부분이 있다.

- ① 갈대밭 등 수생식물 분포지의 일부 훼손 : 하천식생이 일부 훼손되나 빠른 복원력을 고려할 때 큰 영향이 없을 수도 있음. 그러나 사업으로 인해 훼손이 예상되는 지역을 현존식생도에 표기하고, 향후 절·성토나 포장도로 등 주변지형의 변화를 예상하여 수변 식생이나 습지의 복원가능 여부 등을 구체적으로 예측, 평가하는 것이 바람직함.
- ② 법적 보호종이나 주요 식물종에 대한 영향 : 식물종별로 구체적인 영향을 제시.
- ③ 터널 공사시 지하수위의 변동으로 습지식물의 고사 : 이와 관련된 식물의 존재 여부와 해당 식물종의 제시.

향후 이와 관련된 연구는 지속적으로 이루어져야 하며, 사후환경영향조사 자료를 충분히 활용할 필요가 있다. 특히, 터널공사시 지하수위의 변동에 따른 습지식물의 고사 여부에 대해서는 많은 현장조사와 사후 모니터링을 필요로 하는 부분이다.

한편, 수질오염으로 인한 수생식물상의 변화도 주목할 필요가 있다. 대부분의 현화식물은 소부수성에서 Ⅱ-중부수성까지 넓은 대역에 분포하지만 생이가래, 물부추류 등 일부 양치식물은 빈부수성이나 소부수성 같은 부수지수에 특이적인 것으로 알려져 있다(Sladecek, 1991). 이러한 수생식물은 사업시행으로 인한 영향예측과 사후환경영향조사에 지표종으로 이용될 수 있을 것이나, 국내에서의 체계적인 연구자료가 없어 아직 적용하기 곤란한 것으로 여겨진다.

2.2.2 보호수, 노거수, 천연기념물(노거수)

2.2.2.1 현황 및 문제점

보호수, 노거수, 천연기념물(노거수)이 사업지구에 포함되어 있을 경우에는 직접훼손과 대기오염물질 등에 의한 간접적인 영향을 예측할 수 있다. 지금까지 제시된 영향예측의 내용들을 보면, ① 직접훼손으로 절취, 가지 및 뿌리 손상, ② 공사차량 등 건설장비 등으로 발생하는 대기오염물질(비산먼지, 매연, 기타 오염물질 등)이 엽육에

침착됨으로써 야기되는 광합성 저하 등의 생육장애, ③ 터널공사나 사면절토 등으로 수맥차단이나 지하수위가 변동함으로써 나타나는 생육장애, ④ 수몰이 예상되는 사업인 경우는 지하수위의 상승으로 뿌리의 호흡곤란으로 인한 생육장애 등이다.

그러나 기존에 제시된 영향예측들이 실제로 노거수 등에 적용할 수 있는 내용인지는 지금까지 검증되지 못한 예가 많다.

2.2.2.2 개선방안

노거수, 보호수, 천연기념물(노거수)에 대한 영향예측은 지금까지 제시 내용들을 참고하고, 항상 새로운 각도에서 영향을 예측해 보는 것을 시도해 보아야 한다.

또한, 식물상과 마찬가지로 이에 대한 기초연구와 함께 사후환경영향조사 결과를 활용할 수 있도록 개선할 필요가 있다. 도로건설로 인접한 노거수에 대기오염에 의한 영향이 예상될 경우 이격 거리가 어느 정도일 때 실제로 생육에 장애가 발생하는지는 아직 검증된 바 없다. 따라서 기존에 제시된 각종 영향예측에 대해서 검증할 필요가 있으며, 사례조사를 통하여 실제로 어떤 영향이 있는지를 검토해 보아야 할 것이다.

2.2.3 식생 및 녹지자연도

2.2.3.1 현황 및 문제점

현재 식생에 대해서는 주요 식물군락이나 수목훼손에 대한 영향을 예측하고 있다. 즉, 현존식생도에 나타난 주요 식물군락의 훼손과 양호한 수목의 훼손 정도를 예측하고, 그 면적과 훼손수목의 수량을 제시하고 있다. 또한, 녹지자연도는 7등급의 양호한 식생이나 8등급의 식생훼손 여부를 예측하고, 그 면적이나 식물현존량으로 제시하고 있다.

그러나 이와 같은 영향예측은 생태계의 기능에 대한 문제는 간과하고 있으며, 특히, 앞에서도 언급했듯이 식물현존량은 생태계에 미치는 영향예측에 대해 별다른 의미를 부여하지 못하고 있는 실정이다.

2.2.3.2 개선방안

공사시행으로 인하여 보전가치가 있는 식생에 미치는 영향은 직접적인 훼손과 공사시 발생하는 비산먼지 등을 고려하여 예측한다. 특히, 직접적인 훼손이 예상되는 경우에는 훼손수목의 양을 산정하고, 이식 가능성을 예측한다. 습지식생인 경우에는 지하수위의 변동에 민감할 수 있으므로 터널공사나 절토로 인한 영향을 충분히 검토하여야 한다.

2.2.4 동물상

2.2.4.1 현황 및 문제점

사업시행으로 인하여 육상동물의 일부 서식지가 훼손되어 다른 지역으로 이동할 것으로 예상되며, 도로사업의 경우 일부 구간에서는 통행이나 이동에 제한이 있을 것으로 예상하고 있다. 이와 같은 영향예측은 매우 일반적인 것으로써 해당되는 육상동물의 서식지에 대한 구체적인 자료에 근거하지 않고 있음을 의미한다. 따라서 영향예측이 현장의 상황을 제대로 반영하지 못하고, 서식종의 개체군이나 서식지에 대한 구체적인 영향(피해, 교란, 훼손)이 예측되지 않을 경우 이에 대한 적절한 저감대책이나 대안 또는 보호대책이 수립될 수 없게 된다.

한편, 사업이 어류의 서식에 미치는 영향을 파악하기 위하여 현재까지 조사된 우리나라의 연구자료로서도 충분히 수행할 수 있다. 그러나 영향을 예측한다거나 저감방안을 수립하는 데는 아직 그 연구성과가 도출된 것이 매우 부족하다.

예를 들면,

- ① 유하하는 토사가 어류의 아가미에 부착하여 어느 정도의 영향을 주는지?
- ② 교량이나 제방 공사시 흘러내릴 수 있는 시멘트물이 어류에 어떤, 어느 정도의 영향을 미치는지?
- ③ 교량을 가설하면서 상하방의 하상을 평탄화시키는 것이 관행인데 이러한 행위가 어류의 서식에 얼마나 영향을 미치는지?
- ④ 공사에 의하여 서식지가 파괴될 때 거기에 살던 어류가 다른 곳으로 이동하는

지, 그리고 이동한다면 어느 정도의 거리를 이동하며 새로운 서식지에서 적응 가능한지(우리 나라에서 어류의 이동에 대해서는 전혀 연구된 바가 없음)?

⑤ 새로운 서식지로 이동하였을 때 기존의 서식자들과 어느 정도 경쟁을 일으키는 지?

⑥ 중요종에 대하여 대체 서식지를 조성하였을 때 새로운 서식지에서 살아남을 수 있는지(실제로 우리나라의 중요종 즉, 멸종위기어종이나 보호어종에 대해서는 그들의 생태가 거의 알려져 있지 않음)?

등의 부분에 대한 연구가 거의 이루어져 있지 않다. 따라서 환경영향평가에서 반드시 제시되어야 하는 영향예측이 어려운 것이 현재의 실정이다.

또한, 저서성 대형무척추동물에 대한 영향예측은 매우 단편적이며 단지 토사유출로 인해 공사시 일시적 영향이 있을 것이라는 것이 대부분의 평가서에 수록된 주된 내용이며, 댐이나 저수지 건설 등과 같이 하천연속성(RCC, River Continumm Concept; Vannote et al., 1980)이 단절되는 경우 유수생태계가 정수생태계로 변한다는 일률적인 예측만 있을 뿐 실제로 저서성 대형무척추동물 군집의 변화에 대한 예측은 거의 이루어지지 않고 있다. 또한 현재의 환경영향평가는 법정보호종에 많은 초점이 맞추어 진행되고 있기 때문에 저서성 대형무척추동물과 같이 법정보호종이 적은 생물군은 상대적으로 그 중요성이 간과되어왔다.

2.2.4.2 개선방안

육상동물의 경우 사업시행으로 인하여 예상되는 영향은 일반적으로 직접적인 서식지 훼손, 공사시 다른 지역으로 이동, 생태계의 양분화와 훼손으로 인한 이동통로의 단절이나 서식지의 축소, 소음이나 진동에 의해 번식과 산란에 미치는 영향 등이다. 그러나 모든 생물은 분류군 별로 서식환경이나 생태적인 특성이 다르기 때문에 그들의 생태적 지위(ecological niche)나 먹이망을 잘 파악하여 영향을 예측할 필요가 있다. 지금까지 평가서에 제시된 내용과 여러 전문가들의 의견을 토대로 육상동물들에 미칠 수 있는 영향예측들을 살펴보면 아래와 같다.

1) 포유류

대규모 택지나 관광단지의 개발은 이동성이 약한 소형 포유동물의 서식지를 파괴하여 지역 개체군의 절멸을 초래하는 것은 예측 가능한 일이다. 또한, 직접적인 서식지 파괴가 아니라도 서식지 인근지역의 개발로 인위적인 간섭에 의한 소음과 불빛의 증가 등은 어미에게 새끼의 포육을 포기하게 하거나 먹이자원의 확보가 어려워 생존에 영향을 미치게 된다.

한편, 서식지 단편화를 심화시키는 가장 큰 요인은 도로의 개설과 댐의 축조 등으로서 동물의 이동을 방해하여 유전적 다양성을 감소시키게 되며, 이는 결국은 해당개체군을 멸종에 이르게 할 수도 있다. 하천의 정비 등은 하천변에 살고 있는 수달의 주요 서식처를 파괴함으로써 종 자체의 멸종을 불러올 수도 있다. 하천정비로 인하여 수달이 멸종한 예는 일본이 대표적이다(Ando, 1995).

2) 조류

사업으로 인하여 큰 영향을 받을 것으로 예측되는 조류에 대해서는 별도로 보전대책을 검토해야 한다(표 2-21). 그리고 해당 사업지역 주변에 주요 지역(국립공원, 자연환경보전지역, 조수보호구, 철새도래지 등)이 있을 경우에는 반드시 이 지역과의 이동뿐만 아니라 생태적 관련성에 대해 언급하고 이 지역에 미칠 영향도 고려해야 한다.

사업에 의한 영향은 그 지역에서 개체 또는 개체군이 어떻게 될 것인가를 예측하여 기재한다. 즉, 그 지역에서 그 종의 사멸, 도피, 감소, 번식저해, 종 구성의 변화, 갱신(사업 후에 회복), 유지(큰 변동 없음) 등을 기재한다. 조류에 대한 영향으로는 특히 소음, 진동, 불빛에 의한 서식지 교란이 예상된다.

3) 양서·파충류

양서류의 경우는 공사시 토사유출로 인하여 수질이 악화됨으로써 수서곤충 등 양서류의 먹이원이 감소되고, 토사에 의한 도롱뇽의 부화율이 저하되어 이들 개체군의 감소가 예상된다. 물론 직접적인 서식지 훼손도 예측할 수 있다.

<표 2-21> 사업으로 인하여 영향을 받을 것으로 예측되는 종의 보전대책 및 보전수준

보전의 중요도	종명	사업으로 인한 영향	보전대책	보전 수준
1	저어새	도피	· 도래기간인 5-10월을 피해서 공사를 실시하고, 공사로 인하여 하천의 수질 및 생물에 영향을 주지 않아야 함. · 이 지역에서 첫 관찰이기 때문에 공사 후에도 지속적인 모니터링을 하고 강하구를 가장 우선적으로 보전해야 함.	△
2	황새	도피	· 도래기간인 11-3월을 피해서 공사를 실시하더라도 서식지의 단절과 도로의 차량증가로 인하여 다시 돌아올 가능성은 매우 낮음. · 황새는 경작지의 강력한 살충제 사용으로 체내에 농약이 축적되어 무정란을 산란하고 먹이가 감소되고 서식지 주변에 둥지를 틀 큰 소나무의 감소되어 1960년대에 국내에서 번식개체가 멸종. 따라서 월동지 및 번식지 보전, 즉 먹이 대상종이 분포되어 있는 지역과 둥지를 틀 환경 조성이 필요함. · 국내에서 야생복원을 계획하고 있으나 야생에서 번식 가능한 개체수(유전적으로 혈연관계가 먼) 확보 및 번식 가능한 환경을 조성하기까지는 많은 시간이 필요함(일본의 경우 30년간 유전적인 혈연관계를 확인한 100마리이상을 확보하여 豊岡市에 郷公園을 조성하여 야생에 복원할 준비 단계에 있음).	×
3	매	갱신	· 일시적으로 관찰된 것으로 생각되기 때문에 특별한 대책이 없어도 될 것으로 생각됨. · 만일 공사기간 중 도피하더라도 공사 후 다시 돌아올 가능성이 높음.	○
4	개구리매	유지	· 겨울철에 채식지로서 사업지 주변을 이용할 것으로 생각되나 겨울철에 사업을 하지 않는다면 큰 영향은 없을 것으로 사료됨.	○
5	황조롱이	유지	· 연중 채식지로 이용할 것을 생각되나 번식지에 영향을 주지 않는다면 이 지역을 지속적으로 이용할 것으로 사료됨. · 번식지 보호나 밀렵방지를 위한 노력이 필요.	○
:	:	:	:	:

4) 육상곤충류

육상곤충류는 이동거리가 짧고 대부분이 해당 서식처에 고정 이용하므로 국부적 절멸을 예측할 수 있다. 반딧불이의 경우는 야간공사나 공사장 설치에 따른 조명으로 서식처의 질이 현저히 낮아질 우려가 있다.

5) 어류

우리 나라에서의 환경영향평가서 어류에 대한 영향을 예측하는 것은 거의 불가능한 수준이므로 시급히 어류의 생태에 대한 기초조사가 이루어져야 한다. 그러나 현재 까지 부분적으로 알려진 어류에 대한 지식을 이용하여 영향을 예측할 때 제시할 수 있는 내용은 다음과 같으나 기본적인 자료가 부족하므로 영향예측이 부정확한 것은 어쩔 수가 없다.

- ① 서식지의 훼손 : 하상이나 수생식물군락의 직접적인 훼손을 포함하여, 토사의 유출이나 부유물질의 증가, 공사시 및 운영시 부영양화로 인한 먹이사슬의 변화, 수온이나 pH의 변화 등에 대해 제시
- ② 어류 군집에 대한 변화 예측 : 종 조성이나 개체수의 변화 제시
- ③ 토사유출로 인한 영향 : 토사유출이 장기적인지 단기적인지 구분하여 영향을 예측
- ④ 댐, 저수지 등의 건설시 하천의 단절과 생태계 유형의 변화로 인한 영향 : 사업 완료 후 수심이 깊은 정수역으로 바뀌는 등 서식환경의 변화가 급격하기 때문에, 댐건설 전후의 어류군집의 변화와 같은 문헌자료를 이용하는 등 종별로 구체적인 영향을 제시
- ⑤ 법적 보호종, 희귀종, 고유종 등 주요 종에 대한 영향 : 종별로 구체적인 영향을 파악하되, 서식지에 대한 훼손이 예상될 경우 새로운 서식지로의 이동 및 정착 가능성 여부를 제시
- ⑥ 수계의 단절 여부 : 치수 및 이수시설의 설치로 인한 영향에 대해 제시

그러나 서식지가 훼손될 경우 새로운 서식지로의 이동 가능성과 거리, 이동시 기존의 서식자들과 일으키는 경쟁의 강도, 고유종을 비롯한 대부분 담수어류의 산란 및

식성 등의 기초적 현황, 토사유출이 어류의 아가미에 부착해 일으키는 영향 등에 대해서는 기존의 연구가 거의 없으며, 이러한 문제에 대해서는 영향 예측이 어렵다.

6) 저서성 대형무척추동물

저서성 대형무척추동물은 수환경을 평가하는 지표생물로 연구되어 왔기 때문에 (Allan, 1995 ; Hynes, 1970 ; Rosenberg and Resh, 1993), 영향예측이나 사후환경 영향조사에 지표생물 및 생물지수 등에 관한 내용이 반영될 필요가 있다. 또한 저서성 대형무척추동물은 같은 장소에서도 미소서식처를 서로 달리하며, 생활사의 단계에 따라 육상에서 지내는 시기도 있기 때문에 하천의 서식지 다양성과 하천연속성이 유지되는가 하는 것도 영향예측의 주요한 방향이라 할 수 있다. 따라서 저서성 대형무척추동물에 대한 영향 검토는 다음과 같이 개선될 필요가 있다.

- ① 서식지의 훼손 : 하상의 미소서식처, 수변식생의 훼손 등의 영향에 대한 제시
- ② 군집에 대한 변화 예측 : 출현종수, 출현개체수 및 종 조성의 변화, 군집지수와 생물지수의 변동 등에 대한 제시
- ③ 토사유출로 인한 영향 : 토사유출이 장기적인지 단기적인지 구분하여 영향을 예측
- ④ 법적보호종, 희귀종, 고유종 및 국외반출금지종 등 주요 종에 대한 영향 : 종별로 구체적인 영향을 파악하여 제시
- ⑤ 수환경 변화 : 지표종 및 생물지수 등을 이용하여 수환경 변화에 따른 영향을 제시
- ⑥ 댐, 저수지, 보 등 사업시행시 하천의 단절로 인한 영향 : 사업시행시 수심이 깊고 유속이 느린 정수역으로 바뀌는 등 서식환경의 변화가 급격하기 때문에, 댐 건설 전후의 종 조성이나 군집의 변화에 대해 구체적인 영향을 제시

2.2.5 미소 생물상(플랑크톤 및 부착조류)

2.2.5.1 현황 및 문제점

플랑크톤 및 부착조류에 대한 영향예측은 매우 단편적이며, 단지 토사유출로 인해

공사시 일시적 영향이 있을 것이라는 것이 대부분의 평가서에 수록된 내용이다. 그러나 향후의 환경영향평가의 방향이 조사지역 내 생물과 무생물적 환경의 상호작용의 결과로 나타나는 생태학적 영향에 대해 초점을 맞추고 있기 때문에 생태계 영향에 대한 측면이 조사된 결과를 통해 다각도로 예측될 필요성이 크다고 하겠다.

2.2.5.2 개선방안

플랑크톤 및 부착조류는 수질환경을 평가하는 지표생물로 연구되어 왔기 때문에, 영향예측이나 사후환경영향조사에 지표생물에 관한 내용이 반영될 필요가 있다. 또한 플랑크톤 및 부착조류는 수계의 오염 측정지표에 따라 생물량이 민감하게 변동하기 때문에, 가능한 한 군집분석을 통해 정량적 변화를 예측하는 것이 필요하다. 평가서 작성시 영향 검토는 다음과 같이 개선될 필요가 있다.

- ① 서식지의 훼손 : 생태계 내의 생물 다양성은 서식지의 건전성 및 다양성에 직접 의존하므로, 하천 매질(예를 들면 돌 표면), 식생의 표면, 소규모 소(沼)나 여울 등에 대한 토사가 축적되어 발생하는 서식지의 훼손은 궁극적으로 생물군집에 대한 피해로 나타남. 따라서 하상의 미소서식지(소형생물들이 살고 있는 가장 작은 서식공간) 및 서식지훼손 등 영향에 대해 제시가 필요
- ② 생물군집에 대한 변화 예측 : 종 조성이나 개체수의 변화, 계절적 변동, 수화(water blooming; 녹조현상이라고도 함) 가능성 등에 대해 제시. 수질오염과 토사에 의한 영향을 모두 반영.
- ③ 토사유출로 인한 영향 : 토사유출이 장기적인지 단기적인지 구분하고, 특히 토사가 돌부착조류의 생물량과 생산성에 미치는 영향 및 하천의 투명성(광이용도)에 미치는 영향에 대해 제시
- ④ 수질환경 변화 : 사업시행에 따른 외부로부터의 토사, 영양물질, 독성물질 등의 유입으로 나타나는 수질환경의 변화와 지표종을 이용해 수질환경 변화에 따른 영향을 제시
- ⑤ 댐, 저수지 등 사업시행시 하천의 단절로 인한 영향 : 사업시행시 수심이 깊고 유속이 느린 정수역으로 바뀌는 등 서식환경의 변화가 급격하기 때문에, 댐건설

전후의 하천수리학(유속, 체류시간 등)의 변화, 생물종 조성이나 군집의 변화, 수화 기능성에 대해 기존의 조사자료를 이용하는 등 구체적인 영향을 제시

- ⑥ 골프장 등 수질오염사업으로 인한 영향 : 골프장 건설은 농약이나 비료를 지속적으로 투여함으로써 문제가 발생할 가능성이 있기 때문에, 주변 하천이나 호소의 부영양화 및 녹조현상에 대한 예측을 제시.

2.2.6 주요생물종

2.2.6.1 현황 및 문제점

현지조사 결과에서 나타난 법적보호종에 대해서는 대부분의 평가서에서 영향예측을 제시하고 있다. 그러나 문헌조사 결과나 중요종에 대해서는 결과만 제시하고, 별도의 영향예측을 제시하지 못하는 경향이 있다.

2.2.6.2 개선방안

법적보호종이나 희귀종 등의 중요종은 대부분 환경에 민감한 종들로서 사업시행으로 인한 영향을 반드시 예측할 필요가 있다. 특히, 이들 중에 대해서는 현지 내 보전(*in situ* conservation)의 필요성이나 현지 외 보전(*ex situ* conservation)가능성을 정밀 예측하여야 한다.

2.2.7 생태계

앞의 현황조사에서 언급된 담수생태계와 습지는 이 부분에서 논의되어야 할 것이다.

2.2.7.1 현황 및 문제점

조수보호구역이나, 생태계보전지역, 철새도래지 등의 법적보호지역은 물론, 각종 소생태계나 생물서식지에 대한 영향을 예상할 수 있으나 이에 대한 구체적인 예측을 제시하는 경우가 드문 편이다. 이러한 문제는 생물서식지에 대한 개념이 부족하거나

현황조사 자료가 미비한 때문으로 생각된다. 특히, 철새도래지의 경우는 사업시행으로 인하여 주변으로부터 위협요인이 증가하면 치명적인 영향을 받을 수도 있지만 명확한 영향예측 자료가 없을 경우 사업시행에 대한 가부를 결정짓기가 매우 어렵게 된다.

2.2.7.2 개선방안

해당 사업지역의 생태계 유형(산림생태계, 하천생태계, 농경지생태계 등)별로 기능에 미치는 영향을 예측하고, 자연공원지역을 포함한 조수보호구역, 생태계보전지역, 철새도래지 등의 법적보호지역 훼손 여부를 파악하여야 한다. 특히, 담수생태계나 습지에 대한 영향예측은 이 부분에서 다루어져야 한다.

각종 생물서식지(법적보호지역 포함)에 대해서는 동물의 분포현황, 철새도래상황, 번식상황 등을 고려하여 영향권의 범위를 결정하고, 사업이 진행될 경우 각 단계별로 받게 될 직간접적인 영향들(인간의 접근, 장비의 소음, 발파의 영향, 먼지의 영향, 불빛의 영향, 시각적인 영향 등)이 동물의 번식기, 산란기, 채식, 이동, 휴식 등의 서식활동에 미치는 구체적인 예측을 제시할 필요가 있다. 한편, 생물서식지는 일반적으로 핵심지역과 완충지역으로 나누어 그 영향의 정도를 예측할 필요가 있으며, 이 결과는 저감방안을 수립하는 데 결정적인 도움이 될 것이다.

2.3 저감방안

2.3.1 식물상

2.3.1.1 현황 및 문제점

평가서에 제시되는 영향예측별로 저감방안들을 살펴보면, 주로 다음과 같은 내용들이다.

- ① 귀화식물이나 노변식물 등 외지식물의 유입에 의한 증가 : 별다른 저감방안이 없으며, 절토 및 성토로 인하여 암이나 토양이 나출되는 부분에는 녹화제

획을 수립하는 경우가 많다.

- ② 공사차량 등 건설장비 등으로 발생하는 대기오염물질(비산먼지, 매연, 기타 오염물질 등)이 엽육에 침착됨으로 인한 광합성 저하, 생육장애, 농작물의 생산량 감소 등 : 주기적인 살수를 실시하여 비산먼지의 발생을 최소화
- ③ 댐이나 저수지 건설 등 수자원 확보에 의한 식물의 수몰이 예상되는 경우 생육장애로 인한 고사 : 주요식물의 이식방안
- ④ 터널공사시 지하수위의 변동으로 습지식물의 고사 : 터널공사 재검토
- ⑤ 기타 법적보호종이나 주요 식물종에 대한 영향 : 이식방안

수생식물의 생육지에는 환경변화에 민감한 습지식물이 많으며, 여타 담수생물의 생육지로 이용되며, 자연성과 다양성, 생산성 등의 측면에서 보전가치가 높은 경우도 있다. 그러나 수생식물이 분포하는 지역의 보전가치가 객관적으로 평가되기 전에 대부분 논이나 경작지, 수로 등으로 이용되고 있으며, 성토후 택지개발이 진행되거나 하천정비 등으로 훼손되는 경우도 흔하며 간혹 습지 훼손문제가 사회적 관심의 대상이 되기도 한다.

환경영향평가에서 보전가치가 높은 수생식물 생육지의 훼손 문제는 근본적으로, 수생식물 생육지는 토지이용상 용도는 적으나 개발시에는 경제적 가치가 전혀 달라진다는 인식이 있을 수 있으며, 환경영향평가시 녹지자연도로 표현되는 임상양호지역의 훼손도 아니고, 소규모일 경우 현존식생도에서 누락되는 등 그 가치가 평가되지 않는 경우가 많으며, 공사시 토공 균형과 같은 사업자의 개발방향과 설계에도 적합하기 때문일 것이다. 수생식물에 대한 구체적인 생태적 가치의 설정이나 환경영향평가 조사지침의 방향성과 구체성이 부족한 점을 적극 해결해야 할 것이다.

2.3.1.2 개선방안

공사시행으로 인하여 나타날 수 있는 일반적인 식물의 생육장애나 직접적인 훼손에 대해서는 기존의 저감방안 이외에 별다른 방법을 찾아보기 어렵다. 그러나 주요 식물종(법적보호종, 희귀종 등)에 대해서는 해당 식물종의 생태적인 특성과 미기상, 미지형, 토양환경 등을 고려하여 서식지 내 보전방안(*in situ conservation*)

과 서식지 외 보전방안(*ex situ conservation*)을 충분히 검토하여야 한다.

먼저 환경영향평가서 사업시행의 영향권에 있는 수생식물 생육지가 누락되지 않도록 현황조사가 철저해야 한다. 법적 보호종이나 희귀종, 식충식물 등이 있을 경우 종별로 일부 개체를 이식하여 유전적 다양성을 유지하는 방안도 가능하지만, 터널공사 시 지하수위의 변동으로 인해 습지에 영향을 줄 경우 터널공사를 재검토하는 등 서식지 보전방안의 이행 가능성을 검토하는 것이 좋다.

기존의 분포지 훼손이 불가피할 경우나 수생식물군락이 없던 경우라도, 도심지역의 택지개발이나 하천정비와 같이 경관생태학적 측면에서 친수환경의 조성이 강조되는 지역에서는 생태연못 조성(환경부, 2001c)이나 하천주변의 수생식물 식재, 수생식물을 이용한 정화시설의 조성 등 저감방안의 도입이 필요할 수 있다. 수계 주변에서 진행되는 사업의 경우, 자연적인 하도 형상이 유지되어야 하며, 수서곤충이나 양서·파충류의 서식 및 이동과 관련이 큰 담수생태계의 횡단연속성이 단절되지 않도록 인위적 구조물의 설치에 지양하고 수생 및 습생식물 군락을 보전 또는 복원하는 것이 바람직하다.

2.3.2 보호수, 노거수, 천연기념물(노거수)

2.3.2.1 현황 및 문제점

노거수, 보호수, 천연기념물(노거수)가 사업지역과 다소 이격되어 있고, 간접적인 영향이 예상될 경우에는 주기적인 살수로 충분한 저감방안이 될 수 있다. 그러나 직접적인 훼손이 예상될 경우에는 절취하거나 이식하는 방안을 제시하여 왔다. 아니면, 사업을 축소하거나 조정하는 방안 이외에는 대안이 없다. 특히, 도로사업의 경우 노선 조정 등 어려운 문제에 봉착하게 되는 경우가 많다. 그러다보니 사업지역으로부터 이격거리에 대한 문제가 늘 논란의 대상이 되고 있다.

지금까지 제시된 영향예측에 대한 저감방안을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 직접훼손으로 절취, 가지 및 뿌리 손상 : 이식 또는 사업축소, 노선변경 등
- ② 공사차량 등 건설장비 등으로 발생하는 대기오염물질(비산먼지, 매연, 기타 오염물질 등)이 엽육에 침착됨으로 인한 광합성 저하 등의 생육장애 : 주기적인 살수

- ③ 터널공사나 사면절토, 주변복토 등으로 수맥차단이나 지하수위가 변동함으로써 나타나는 생육장애 : 사업재검토, 축소, 노선변경 등
- ④ 수몰이 예상되는 사업인 경우는 지하수위의 상승으로 뿌리의 호흡곤란으로 인한 생육장애 : 이식, 사업축소 등

2.3.2.2 개선방안

노거수, 보호수, 천연기념물(노거수)에 미치는 영향에 대한 저감대책은 지금까지 제시한 내용들을 참고하고, 보다 나은 대책을 마련할 수 있도록 연구할 필요가 있다.

특히, 사후환경영향조사 결과를 활용할 수 있도록 개선할 필요도 있다. 사후환경영향조사나 많은 사례연구를 통하여 사업시행으로 큰 영향이 없음이 검증된다면 가능한 현지 내 원형으로 보존하는 것도 저감방안이 될 수 있다.

2.3.3 식생 및 녹지자연도

2.3.3.1 현황 및 문제점

지금까지 환경영향평가서에 제시된 식생부분의 저감방안은 대부분 훼손수목에 대한 이식방안이나 사면녹화가 대부분이다. 또한, 녹지자연도는 7등급의 양호한 식생이나 8등급의 식생에 대해서는 가능한 한 보전할 수 있도록 하고 있다. 특히, 훼손수목에 대해서는 이식수종, 개체수, 흉고직경, 이식장소, 가이식장소 등의 현황을 자세히 제시하고 있으며, 사면녹화에 대해서도 각종 녹화공법을 소개하고 있다.

그러나 훼손수목에 대한 이식현황을 보면, 많은 경우가 대경목 위주의 이식계획이 수립되어 있고 수종은 소나무나 참나무류 등 비교적 단순한 편이다. 최근에는 대경목의 이식에 대해 비효율적이고, 비경제적이라는 의견이 제시되고 있으며, 특히, 이식 후 활착률이 낮아 많은 논란이 있어 왔다.

2.3.3.2 개선방안

공사시행으로 인하여 훼손되는 식생에 대해서는 녹지자연도 8등급보다는 보전가

치가 있는 식생이나 생태계의 전반적인 기능을 고려하여야 할 것이다. 예를 들어 녹지자연도 8등급에 해당되는 식생이지만 사업상 훼손이 불가피하고, 생태계의 기능상으로도 중요하지 않은 경우에는 특별히 보전을 강조할 필요는 없다. 반면, 녹지자연도가 낮은 등급이지만 식생보전등급에 의해 보전가치가 인정될 경우(예를 들어 생태계의 기능상 중요한 식생)에는 반드시 보전할 수 있도록 해야 할 것이다.

훼손수목에 대해서는 1차적으로 조경업자나 지역주민의 이용을 권장하고, 사업지역에 이식에 필요한 경우에는 가능한 한 유묘를 이식하여 활착률을 높이는 것도 고려해 볼 필요가 있다. 그리고, 사업지역 내의 사면에 대한 복원시에는 자연친화적으로 복원할 수 있도록 유도하는 것이 바람직할 것이다.

2.3.4 육상동물

2.3.4.1 현황 및 문제점

평가서에 자주 제시되는 저감방안으로서는 소음, 진동, 비산먼지에 대해서는 동물의 이동이 적은 주간에 공사를 실시하고, 공사시 발생하는 폭발음과 소음이 큰 공정은 동물의 주요번식기를 가급적 피하여 실시하는 것으로 하고 있다. 동물의 이동이 단절되는 부분에는 동물이동통로를 설치하는 것으로 제시하고 있다. 또한, 법적보호종에 대해서는 해당 동물의 생태적인 특성을 고려하여 적절한 저감방안을 강구하고 있다.

이와 같은 저감방안은 환경영향평가의 초창기에 비하면 많은 발전을 하였으나, 아직까지도 사업자 측의 인식부족이나 예산확보의 어려움이 문제점으로 대두되는 경우가 많다.

2.3.4.2 개선방안

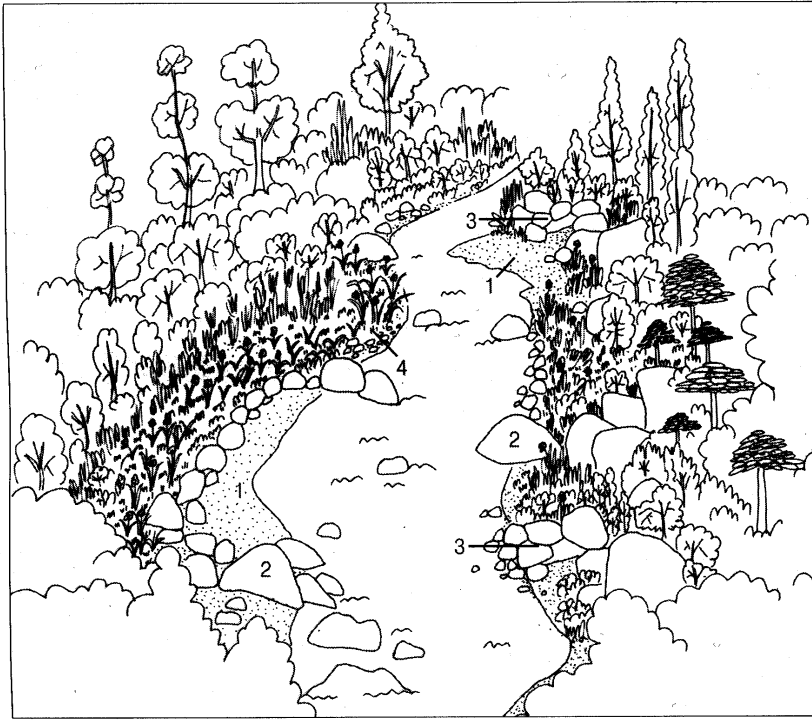
동물에 대한 일반적인 저감방안으로는 공사시 폭발음이나 기계의 소음, 비산먼지 발생에 대해서는 동물의 활동이 비교적 적은 주간에 공사를 실시하는 방안을 제시한다. 또한, 동물의 주요 번식기에는 피함으로써 공사시기를 조정하는 방안이 있다. 도

로사업의 경우에는 서식지의 훼손이나 단절이 적은 대안(노선우회 등)을 설정하고, 교량화와 터널화로 최소화 방안을 수립하여야 할 것이다. 최근에는 동물이동이 단절된 부분에 대해서는 동물이동통로(검용 포함)를 설치하여 친환경적인 건설을 추구하고 있다. 이외에도 우기시에는 토사유출 방지하기 위해 보호막을 설치한다.

포유류 중 수달이 서식하는 하천의 공사시에는 하천변의 한쪽을 먼저 공사하고, 나머지는 나중에 공사하는 편측공사를 시행하여 공사의 진행에 따라 동물의 이동에 미치는 영향을 최소화하기도 한다. 수달의 인공적인 굴이나 은신처, 친환경적인 서식지를 조성해 주는 것도 한 방법이 될 수 있다(그림 2-5, 2-6). 도로공사시 장대교량이 설치될 경우에는 교각 밑에 박쥐의 인공서식지를 만들어 주고, 택지조성이나 관광단지와 같은 면적사업인 경우에는 참나무류나 유실수를 식재하여 먹이자원을 확보하여 동물의 서식환경을 인위적으로 조성한다. 서식지의 훼손이 불가피하여 개체군의 생존에 영향이 있을 경우에는 개체군을 포획하여 인근 서식지로 이동시켜 주는 것도 고려해 볼 수 있다. 이때에는 기존 서식공간 내 개체군 사이의 먹이경쟁과 배우자 쟁탈 등을 고려하여 새로운 서식지에 대한 준비가 이루어져야 할 것이다.

조류의 저감대책은 환경적·지역적·사회적 특성을 충분히 고려하여 무엇을 보호하고 영향을 어디까지 경감할 것인가에 대한 유효 적절한 방안을 채용한다. 저감대책은 보존녹지 등의 확보, 공사기간의 제한, 새집 등의 보전시설의 설치, 서식환경의 창조, 소음방음판 설치 등을 기입하고 이에 대한 내용을 구체적으로 제시한다. 보전수준은 저감대책으로 인하여 어느 정도 보전이 가능한지를 예측하여 ○(보전가능성이 높음), △(중간), ×(보전가능성이 낮음)으로 표기하고, △와 ×에 대해서는 추가조사, 공사 후 모니터링, 사업지역 변경 등으로 사업으로 인한 영향을 최소화해야 할 것이다.

양서·과충류의 경우는 하천생태계에 미치는 영향을 최소화하는 방안이 1차적으로 고려되어야 할 것이고, 도로공사시에는 이들의 도로접근을 방지할 수 있는 시설을 설치할 필요가 있다. 또한, 단편화된 생태계에 대체서식지(소류지 등)를 조성해 주어야 한다.

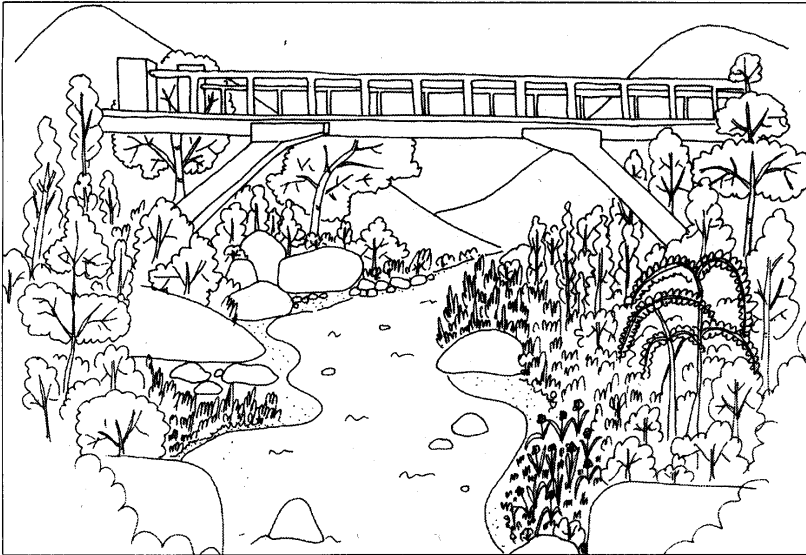


<그림 2-5> 수달의 자연서식지 모형도.

1. 놀이 및 털다듬기 장소, 2. 배설장소, 3. 은신처(주거지, 번식지), 4. 은폐장소.

본 그림은 문화재청(2001년도)에서 인용하였음.

육상곤충류는 지표곤충 또는 토양곤충의 경우 대체서식지를 조성한 후 겨울에 해당 토양을 떠서 옮겨주는 방안이 있다. 반딧불이와 같은 발광성곤충을 위해 야간 조명을 최소화되, 이들이 가장 많이 출현하는 6월에는 각별히 유의한다. 나비 등 식성곤충은 해당 지역내에 대체서식지를 만들어 애벌레 또는 알이 있는 식생을 옮겨준다. 또한, 서식지가 단편화된 경우에는 서식지간 연결통로로서 식생대를 조성해주는 방안을 고려해야 할 것이다.



<그림 2-6> 수달의 친환경적 서식지 이용통로 조성 모식도.

(본 그림은 문화재청(2001년)에서 인용하였음)

2.3.5 어류, 저서성 대형무척추동물, 플랑크톤 및 부착조류

2.3.5.1 현황 및 문제점

유수생태학적 관점에서 하천은 그 규모와는 상관없이 끊임없이 이어지는 연속성을 지니고 있어(RCC, Vannote et al., 1980) 생태 네트워크를 형성하며, 이는 유역생태계에 있어 혈관과도 같은 역할을 수행한다. 하천에 서식하는 어류를 비롯한 담수생물에 미치는 영향에 대한 저감방안이 효력을 갖기 위해서는 하천 유역의 체계적 관리가 가장 급선무이나, 본 연구의 본질상 평가서의 작성 및 검토가 환경영향평가 대상사업에만 한하기 때문에 본질적인 제한을 가질 수밖에 없다고 여겨진다.

우리나라의 하천에는 치수목적이나 이수목적을 위해 하천의 연속성을 단절하는 구조물이 많이 설치되었으며, 하도 형상이 획일적이고 단조로운 형태로 바뀌는 등으로 인해 하천생태계의 훼손, 수량고갈에 따른 건천화, 수질오염, 하천공간의 황폐화 등 여러 문제점이 발생하고 있다. 이러한 인위적 변화에 따른 역기능을 최소화하고 하천

생태계의 보전 및 복원을 위한 노력의 일환으로 건설교통부(2002)나 농어촌진흥공사(1998)의 경우와 같이 관리지침이 마련되어 있기도 하나 그 실효성에 대한 평가는 아직 이른다.

평가서에서 주로 제시되는 저감방안의 경우 어도나 어소블럭 같은 구조물의 설치, 치어의 방류, 산란처(부유식, 돌무덤식 등), 인공하천, 여울-소(Riffle-pool sequence)의 조성, 토사유출 저감시설의 설치, 장마철이나 산란기에는 공사 지양 등 갖가지 방안이 있으나, 사업의 시행이 유역생태계에 근본적인 변화를 일으킬 경우(예, 댐의 건설) 이러한 저감방안의 실효성은 매우 제한적이라고 볼 수 있다.

2.3.5.2 개선방안

사업시행으로 인하여 하천생태계에 미치는 영향에 대해 근본적인 저감대책을 수립하기 위해서는, 먼저 수계의 동·식물상에 대한 조사와 더불어 지형·지질, 수질, 주변 토지이용상황 등을 조사하여 해당 사업이 서식환경이 양호한 하천을 훼손하지 않는가 하는 점을 고려해야 한다. 또한 하천 정비 등의 공정이 사업에 포함되는 경우, 사업자는 하천에 대한 현장조사를 토대로 자연하천(급류협곡, 산지 등), 전원하천(농경지 주변, 주거지역 인접), 도시하천 등으로 대상하천을 분류할 필요가 있다. 물론 자연하천은 보전하여야 하며 전원하천이나 도시하천에서도 담수생물의 서식에 가장 중요한 부분인 하상, 수변식생 등과 다양성이 풍부한 지형을 훼손하는 것은 가급적 피해야 하겠으나, 도시하천의 경우 친환경적 정비를 통해 보다 높은 생물다양성이 갖춰질 수 있도록 하는 방안도 효과적이다. 보, 낙차공 등과 같이 하천을 단절하는 구조물은 이수 목적의 사용 여부를 검토하여 가급적 철거하고, 필요시 소규모 저류지를 설치하여 이수기능을 유지하며, 어류의 이동이 차단되지 않도록 어도를 설치하는 등 관련법규(수산자원보호령 제12조)를 준수하여야 할 것이다. 대강의 내용은 다음과 같다.

- ① 하천보전 또는 개변구간의 선정, 자연형 하도 계획의 수립 : 정비 또는 복개, 하상의 훼손, 하도 변형 등의 경우 생물다양성의 가치판단에 근거하여 타당한 사유를 제시

- ② 생태계를 배려한 공사계획 : 하상 훼손 최소화, 하도 변경 최소화, 토사유출 저감 대책 수립, 공사(토공)시기 조절(산란기에는 공사 지양)
- ③ 종단연속성 : 하상유지시설(바닥보호공, 낙차공 등)이나 보의 설치 지양, 불필요한 보의 경우 철거 계획 수립
- ④ 횡단연속성 : 콘크리트 호안, 도로, 주차장 등 시설물 설치 지양, 투수성 포장으로 물순환 배려 등
- ⑤ 수변공간의 조성 및 복원 : 필요시 하도의 사행특성을 고려하여 좌우 양안 비대칭으로 계획, 본류와 물이 교환되는 습지를 조성, 제방법면의 환경사화, 제내지법면 확충과 녹화식재, 수림대-풀밭-습지의 조성 등 다양한 수변환경 창출, 호안이나 수제에는 다양한 공극구조를 갖는 구조물 설치, 보나 낙차공의 전단면 어도화 또는 어도 설치 등
- ⑥ 수질의 정화 : 수변구역 지정, 정화습지 조성, 하천내 정화시설 설치, 하수·폐수처리시설 운영 등
- ⑦ 대체서식공간의 조성 : 토목공사로 인한 물리적인 교란은 피할 수 없으므로 중요한 생물종의 서식공간이 훼손되는 것을 미연에 방지해야 하며, 어쩔 수 없는 경우에는 영향을 저감할 수 있도록 주변에 대체서식지(biotope)를 조성. 이때 대체서식공간에 자연성을 최대한 도입하여야 하고 주변의 생태계와 단절되지 않도록 biotope network를 고려

2.3.6 주요 생물종

2.3.6.1 현황 및 문제점

그 동안의 육상동물의 주요종(법적보호종 등)에 대한 저감대책은 앞의 일반 육상동물의 경우와 대부분 같다. 이 외에 월동기간과 번식기를 피하고, 공사인부들에게 사전 교육을 통한 포획을 금지한다는 정도이다.

2.3.6.2 개선방안

주요 생물종(법적보호종 등)에 대한 저감대책으로는 현지 내 보전방안과 현지 외 보전방안을 먼저 고려해야 할 것이다. 특히, 중요한 종(멸종위기종, 희귀종, 이식이 불가능하거나 학술상 자생지에서 반드시 보존이 필요한 종 등)에 대해서는 사업축소, 사업포기, 노선변경 등을 통해서라도 현지 내 보전방안을 강구하여야 한다.

2.3.7 생태계

2.3.7.1 현황 및 문제점

조수보호구역, 생태계보전지역, 철새도래지 등의 법적보호지역과 각종 소생태계나 주요 생물서식지에 대한 저감방안으로는 주로 사업축소와 노선조정 등이 많았다.

2.3.7.2 개선방안

해당 사업지역의 각종 생태계에 미치는 영향을 최소화할 수 있도록 방안을 제시하고, 자연공원지역을 포함한 조수보호구역, 생태계보전지역, 철새도래지 등의 법적보호지역을 훼손할 경우 이에 대한 관련부서와의 협의 진행사항을 제시하여야 한다. 특히, 담수생태계나 습지에 대한 저감방안도 여기에서 다루어져야 할 것이다.

각종 생물서식지(법적보호지역 포함)에 미치는 영향권의 범위에 따라 사업의 규모를 축소하거나 도로사업의 경우에는 노선을 조정하는 방안들이 1차적으로 검토될 수 있다. 영향이 보다 미약한 경우에는 방음판 설치 등의 시설물을 설치할 수도 있다. 생물서식지는 핵심지역과 완충지역으로 나누어 그 영향의 정도에 따라 적절한 저감대책을 수립해야 할 것이다.

2.4 기타 개선사항

2.4.1 동·식물상 항목의 명칭

2.4.1.1 현황 및 문제점

현재 환경영향평가의 23개 항목 중 야생생물에 관련된 항목은 동·식물상이다. 엄밀한 의미에서 동물상이나 식물상은 야생동물이나 야생식물의 분포현황과 분포특성을 알려주는 정도이다. 따라서 생태계의 전반적인 문제를 다루고, 특히, 생물서식지나 생태계의 구조와 기능까지도 파악하고 이에 대한 영향예측과 저감방안을 마련해야 하는 항목의 명칭으로서는 다시 한번 논의해 보는 것도 의의가 있을 것이다.

2.4.1.2 개선방안

생물다양성(biodiversity)은 어떤 주어진 집합에서 생태계, 종, 유전자의 수와 빈도를 포함하는 자연의 종류에 대한 포괄적인 단어이다(McNeely, 1988). 우리나라의 환경영향평가에서 다루는 동·식물상 항목의 속성을 보면 생물다양성은 비교적 적절한 표현이다. 즉, 생물다양성이란 의미가 종다양성과 유전자다양성은 물론 생태계다양성까지를 포함하는 용어라면, 현재의 동·식물상이라는 표현보다는 훨씬 더 많은 의미를 포함하고 있다. 그러나 생물다양성의 보전이라는 측면에서는 역시 '생태계'의 구조와 기능을 총체적으로 생각하지 않을 수 없다.

일본에서도 현재의 환경영향평가법에 '생태계'라는 조사 항목이 들어가기 시작한 것이 그리 오래되지 않은 것처럼 외국의 사례를 이용하여 조성된 현재 환경영향평가에서 자연환경항목의 조사는 지형·지질, 식물상, 동물상, 그리고 의미가 모호한 경관(여기서 사용되는 경관은 경관생태학의 경관이 아닌 경치나 풍경을 의미함)과 레크레이션 등으로 정리되어 있다. 그러나 본래 자연환경 요소는 각각 독자적으로 성립되는 것이 아니기 때문에 전체의 항목을 총체적으로 정리해야 한다는 필요성이 대두되고 있는 것이 현실이다. 특히 생태계를 구성하는 다양한 요소를 종합적으로 파악하는 것이야말로 환경영향평가법에서 얻어야 할 주요한 항목일 것이다(中越, 1995 ; Sukopp, 1998).

생태계 항목은 동물, 식물과 함께 생물다양성 확보 및 자연환경의 체계적 보전을 목표로 조사하고 예측하며 평가해야 하는 환경요소이다. 생태학에서의 생태계는 몇 가지의 생물개체군을 포함하고, 그 사이에 종간관계가 존재하고 있고, 비생물학적 환경(무기환경)에 의하여 조절되는 하나의 순환적 시스템이다. 결국, 영향평가에서의 생

태계 조사는 동물, 식물 항목에서의 종 단위의 조사 및 해석을 종합적으로 해야 한다는 필요성을 함축하고 있는 것이다. 따라서 개별 항목의 자료를 종합적으로 조합시켜서 해석한 결과가 생태계 항목의 중심이 되는 것이 바람직하다. 생태계의 내부 구조를 볼 때 모든 생물상을 고려할 수 없기 때문에 특정종(예를 들면 전형종, 지표종 등)을 기준으로 하여 생태계구조를 파악할 수밖에 없다 (鷲谷・矢原, 1997). 이들 종들은 서식지의 특성 및 고유의 생활사에 따라서 구분하여 평가하는 것도 좋은 방법이다.

한편, 미국이나 캐나다, 호주 등의 선진국에서도 생물다양성, 식물상 및 동물상의 용어를 쓰고 있으며, 영국의 경우는 '생태학적 평가' 항목에서 식물상과 동물상으로 나누어 평가하고 있는 등 나라마다 다소 차이가 있다. 따라서 현행의 동·식물상 항목을 그대로 두는 방안과 '생물다양성'이나 '생태계'로 변경하는 방안, 아니면 '동·식물상' 항목을 그대로 두고 생태계항목을 별도로 두는 방안도 생각해 볼 수 있다. 본 연구에서는 유전자에서부터 생태계에 이르기까지 가장 포괄적인 의미를 담고 있는 '생물다양성'으로 변경할 것을 제안한다.

2.4.2 주요 생물종의 선정

2.4.2.1 현황 및 문제점

현재 환경영향평가서에서 제시되고 있는 주요 생물종의 대부분은 법적보호종(환경부 지정 멸종위기종 및 보호야생종, 문화재청 지정 천연기념물)에 한정되어 있는 경우가 많다. 그러나 법적보호종 이외에도 학술적으로 중요하거나 희소종으로 알려진 식물종들은 많이 있다. 예를 들어 층층둥굴레(식물)와 같이 개체수가 많지 않거나 분포입지가 제한적인 종들도 법적보호종 못지 않게 중요하며, 보존할 만한 가치가 충분히 있는 종들이 있다. 따라서 법적보호종에만 신경을 쓰다보면 사업시행으로 인하여 이와 같이 중요한 식물종들이 훼손될 가능성이 크다. 더욱이 비전문가에 의하여 중요한 식물종이 오동정된다거나 해당 식물종의 중요성을 인식하지 못하여 개체수 감소를 초래할 수도 있다.

2.4.2.2 개선방안

법적보호종 이외에도 보전가치가 있는 중요한 생물종을 파악하기 위해서는 각종 문헌(현진오, 2001 ; 산림청, 1996 ; 김철환, 2000 ; 김철환, 2001 ; 환경부, 1997)이나 평가자의 전문적인 식견을 통해 희귀하거나 학술적으로 의미 있는 것으로 판단되는 생물종을 선정하여 제시할 필요가 있다. 또한, 이와 같은 생물종에 대해서는 사업시행으로 인한 영향을 예측하고, 별도의 저감방안을 수립할 필요가 있다. 그리고 향후 연구과제를 통해 중요한 생물종에 대한 보전우선순위를 설정하여 환경영향평가에 반영하는 방안을 추진하여야 할 것이다.

2.4.3 동·식물상 항목의 평가서 작성 목차

2.4.3.1 현황 및 문제점

평가서 작성시 일관된 기준이 없어서 조사결과의 누락, 중요한 내용의 생략, 순서의 뒤바뀜 등의 문제가 발생하여 검토시 혼란을 가져오거나 불필요한 보완이 요구되어 평가협의를 지연되는 결과를 초래하는 경우가 종종 있어왔다.

2.4.3.2 개선방안

평가서의 작성순서나 작성내용을 어느 정도 통일시킴으로써 보다 효율적인 평가서 작성과 검토 및 협의 진행을 기대할 수 있다. 특히, 조사분야 선정사유, 조사시기 및 횟수의 결정 사유, 조사범위의 설정 사유 등을 순서대로 제시하게 함으로써 검토시간을 대폭 줄이게 하는 효과가 있다. 조사결과에서 특이한 사항이 없더라도 해당내용에 대한 언급은 반드시 해주어야 한다. 예를 들어 주요생물종(법적보호종 등), 보호수나 노거수, 생태계관련 보호구역 지정현황 등에 대해서는 반드시 존재유무를 명시해 둘 필요가 있다. 특별한 사항이 없는 경우에는 '특이사항 없음'으로 언급을 해두면 된다. 그렇지 않으면 검토자는 이에 대한 확인을 해야 하며, 평가협의 과정에서 사업자와 협의부서는 물론 검토자 모두가 불필요한 시간을 소요하게 된다.

<표 2-22> 평가서 작성시 동·식물상 목차 및 구성내용

목 차	내 용
○ 동·식물상	
I. 현황조사	
1. 조사항목	- 누락되는 항목에 대해서는 사유를 명시
2. 조사범위	- 분류군별 조사범위의 설정사유 명시
3. 조사시기	- 분류군별 조사시기의 설정사유 명시
4. 조사방법	- 간략히 소개
5. 조사결과	
(1) 식물상	
① 식물상 분포현황	- 식물목록, 주요종 유무 명시(필요한 경우 생태적 특성도 제시)
② 보호수 및 노거수	- 보호수(천연기념물 포함) 및 노거수 현황
③ 현존식생도	- 실선으로 작성, 일반적인 식생현황, 보전가치가 있는 식물군락(녹지자연도 8등급이상 등) 등
④ 녹지자연도,	
(2) 동물상	
① 동물상 분포현황	- 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 곤충류, 어류, 저서성 대형무척추의 목록, 주요종 유무 명시(필요한 경우 생태적 특성도 제시)
(3) 미소 생물상	
① 플랑크톤 및 부착조류	- 플랑크톤 및 부착조류 목록, 주요종 유무 명시
② 기타	- 기타 미생물을 조사할 경우
(4) 생태계	- 생태계 및 생물서식지에 대한 유형과 특성
① 생태계의 구조 및 기능	- 단위 생태계들간의 물리적, 생물학적 상호작용, 생태계의 공간적 구조와 배치형태 등
② 서식지 현황	- 산림, 하천, 습지, 호소 및 기타 주요 생물서식지 현황과 특성
6. 영향예측	
(1) 식물상	- 주요종, 노거수, 보호수, 주요식생
(2) 동물상	- 주요종
(3) 미소 생물상	- 주요종
(4) 생태계	- 각종 생태계 및 서식지에 미치는 영향예측
7. 저감방안	
(1) 식물상	- 주요종, 노거수, 보호수, 주요식생
(2) 동물상	- 주요종
(3) 미소 생물상	- 주요종
(4) 생태계	- 생태통로 및 대체서식지 확보방안, 토사유출과 오염물질 최소화 등
8. 사후환경영향조사	- 필요한 경우 제시
9. 요약	- 특이사항을 간단히 요약하여 제시

생태계 및 서식지에 대해서는 해당 사업지역의 생태계 유형을 분류하고, 각 생태계에 포함된 생물서식지를 분석하여 제시한다. 생태계의 유형은 대분류와 중·소분류로 나눌 수 있으나 평가서에서는 주로 중분류가 제시되고 있으며, 소분류는 대개 특정서식지로 구분된다. 대분류의 경우는 육상생태계와 담수생태계로 크게 나눌 수 있고, 중분류로는 산림생태계, 하천생태계, 호소생태계, 농경지생태계, 도시생태계 등이다. 생물서식지로 구분되는 소분류는 연못, 저수지, 하천, 계곡, 산림, 논, 밭, 임연, 습지 등이며, 생물 분류군에 따라 필요한 경우는 미소서식지(소, 여울, 암벽 등)를 구분할 수도 있다.

따라서 생태계 및 서식지 부문에서는 전체적인 생태계의 현황과 각종 생태계 관련 보전지역 지정구역이나 철새도래지 등을 모두 포함시킨다. 그리고 요약 부문은 주요종, 노거수, 보호수, 주요식생, 주요서식지, 생태통로 등에 대해 특별히 언급할 내용을 요약하여 제시하고, 특별한 저감대책이 없이도 환경영향이 미미한 경우에는 전반적인 현황 및 문제점과 저감방안을 간략히 서술한다.

2.4.4 전문가조사 강화 방안

2.4.4.1 현황 및 문제점

평가서의 부실작성은 오래 전부터 지적되어 오고 있는 문제이다. 물론, 해당전문가의 부재라든가, 예산의 부족이라는 어려운 점이 있는 것은 사실이지만 이것이 평가서 부실로 이어질 경우에는 더욱 큰 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어 중요한 생물종이 비전문가에 의해 오동정된다거나 해당 식생물의 중요성을 인식하지 못하여 적절한 저감대책을 마련하지 못할 경우에는 개체수 감소는 물론 해당 생물종의 절멸까지도 초래할 수 있어 귀중한 생물자원의 손실을 겪게될 수도 있다.

현재 수행되고 있는 대부분의 환경영향평가에서 생태계분야의 조사는 규모가 작은 사업일 때 거의 용역회사(엔지니어링회사) 자체의 인력으로 해결하는 경우가 많다. 이들 인력은 보통 대학의 환경공학과나 관련 학과를 졸업하였거나 석사학위를 소지한 자가 대부분이다. 이 경우 현지조사는 거의 불가능하고 대부분 기존의 자료를 조

사 분석하여 보고서를 작성하게 되는데, 기존의 자료를 정확하게 분석하는 능력이 결여되어 잘못된 결과를 제출할 수도 있다. 예를 들면 하천에 관련된 조사에서 너무 광범위한 자료를 원용한 결과 호랑이가 출현한다거나, 낙동강에는 출현하지 않는 어류가 낙동강에 있는 것처럼 기재되는 것 등이다.

규모가 비교적 큰 사업이라 하더라도 대학의 환경관련 연구소에 위탁하거나 소수의 인력에게 조사를 의뢰하는 경우가 많다. 이 때도 식물관련학과 동물관련학자가 주축이 되고 대학원생들을 동원하여 조사가 진행된다. 따라서 조사 자체가 부실하게 될 수밖에 없으며, 비전문가가 조사를 함으로써 잘못된 결과가 도출될 수도 있다.

2.4.4.2 개선방안

평가서는 반드시 전문가에 의한 현황조사가 이루어졌는지 확인한 후에 접수하는 방안을 검토할 필요가 있으며, 전문가는 인적사항(이름, 소속, 직위, 학위)에 전공분야까지 명시하도록 해야 할 것이다. 동·식물상 항목의 총괄자는 생태학 관련 박사학위 소지자로 제한하는 것이 바람직하며, 그 외 각 분류군에 대해서는 석사학위 이상으로 해두는 것이 합리적일 것으로 생각된다.

사업의 규모가 작다고 하더라도 엔지니어링회사 자체의 인력으로 조사하여 평가서를 작성하는 것은 금지하여야 한다. 생태계를 조사할 수 있는 사람은 해당 분야의 석사학위 소지자 이상의 자격을 갖추어야 한다. 그리고 여러 분야에 걸쳐 생태계 조사를 할 경우에는 각 분야마다 석사급 이상의 전문가가 직접 참여하여 조사가 수행되어야 한다. 단 석사급의 조사자가 얻은 결과 및 보고서는 해당 분야 전문가(박사급)의 검증을 받아야 한다.

2.4.5 생물표본 확보

2.4.5.1 현황 및 문제점

지금까지 환경영향평가서 확증표본을 제시한 적은 없었다. 개발사업으로 인하여 많은 지역의 생물개체들이 사라져가고 있으며, 이 중에는 중요종임에도 불구하고 미

처 확인되지 못한 채 소실되는 경우도 있을 것으로 생각된다. 생물종 표본의 확보는 이와 같은 점을 고려하여 국가생물자원보존관에 보관해 둬으로써 연구자료로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 조사의 정확도도 높일 수 있다.

2.4.5.2 개선방안

생물종의 확증표본은 모든 사업에 적용할 경우 이에 따른 예산확보, 표본과다, 인력부족 등의 문제들이 생길 수 있으므로 제한적으로 적용하는 것이 좋을 것으로 본다. 예를 들어 대규모 공공사업이나 확증표본이 꼭 필요하다고 판단되는 사업지역에 한해서 이를 적용하는 것이 합리적일 것이다.

2.4.6 생태계영향평가 기법의 발전 방향¹⁹⁾

2.4.6.1 현황 및 문제점

생태계의 공간적 유형, 이질성과 다양성은 어떤 지역에 대한 자연현상과 교란 그리고 인간에 의한 영향을 반영하고 있다. 또한 동물과 식물들은 이와 같이 공간적으로 이질적인 생태계를 이용하며 생존하고 있다. 그러므로 생태계의 구조적 다양성은 지역 생물종다양성뿐만 아니라 그들의 행동권이 되는 서식지 다양성과도 밀접한 관계를 갖고 있다 (鷺谷·矢原, 1997 ; 홍선기·노태호, 2001). 그러나 화재와 같은 불확실한 교란이나 벌목이나 간척, 경작지 개발 및 도로건설 등의 갑작스럽고 무분별한 토지 이용은 이러한 공간구조의 배치를 충분히 고려하지 않은 영향평가를 받은 상태에서 이루어지고 있으며 그러한 영향으로 인하여 생물의 서식지 고립화, 상실 또는 생태계 파괴 등 환경문제가 발생하고 있는 것이다 (Sukopp, 1998 ; 홍선기·김동엽, 2000 ; 이도원, 2001 ; 환경부, 2000b).

이처럼 인간이 생태계에 미치는 영향의 범위는 점차 그 범위가 확대되고 있다. 따라서 전 세계적으로 훼손된 생태계에 대한 진단과 복원이 주요한 생태적 이슈가 되고 있다. 또한 자연생태계 뿐 아니라 인간생태계의 환경친화적 관리도 주요한 과제이다.

19) 본 내용은 2002년도 자연보존 제120호에 게재된 “환경영향평가에서 경관생태학의 필요성과 국제네트워킹의 역할”을 저자와 협의하여 재구성한 것임

초창기 우리나라의 환경영향평가에서 동·식물상 항목은 생물종 수준에서 주로 평가가 이루어졌고, 최근에 들어서는 생태통로와 생태계에 미치는 전반적인 영향에 대해 검토하는 수준으로 점점 발전해가고 있다. 그러나 환경영향평가에 실제로 적용할 수 있는 생태학적 이론은 도입되고 있지 않아 평가에 많은 어려움과 혼란이 따르고 있다.

2.4.6.2 개선방안

경관생태학은 자연생태계를 보전하는 데 대한 평가뿐 아니라 훼손된 생태계를 복원하는 데 반드시 거쳐야 할 환경평가 중 생태계를 정량화하여 올바른 환경계획 및 정책 수립에 반영시키는 새로운 생태환경이론이며 또한 연구방법론이다. 다양한 단위생태계들로 형성된 토지 모자이크(경관)에서는 각 생태계간의 물리적, 생물학적 상호작용은 그 경관을 구성하는 생태계의 공간적 구조와 배치에 의하여 결정된다. 숲 혹은 하천 등 단위생태계뿐 아니라 농촌, 산촌, 도시, 연안 등 인간시스템을 포함한 다양한 자연생태계가 모자이크처럼 연결된 환경의 공간적 평가와 계획이 이 생태연구분야에서 진행된다(Forman and Collinge, 1996). 또한 생물서식지 및 생태계 보존, 국토 환경자원 및 토지의 지속가능한 이용을 도모하며 자연과 인간이 공존할 수 있는 새로운 생태계의 창출을 위한 연구에도 간여하고 있다(Haber, 1994 ; 홍선기·김동엽, 2000).

이미 전세계적으로 자연 환경에 미치는 인간의 활동이 자연 생태계의 파괴와 생물 다양성의 변화와 연계되면서 인간활동과 자연 교란이 연계된 경관시스템의 시·공간적 변화에 따른 생물서식지 단편화과정 및 생태계 연결성 복원에 관한 연구가 여러 유형의 생태계를 대상으로 활발히 진행되고 있다. 또한, 국내에서도 Lee and Cho(1998)는 식생의 경관구조를 토대로 생태적 복원을 제시한 연구를 진행한 바 있다.

환경영향평가를 함에 있어서 광범위한 생태계 전체를 평가하는 것은 조사와 경비에 무리가 있으므로 사실상 불가능한 일이다. 따라서 경관생태학에서 해결할 수 있는 어느 수준에서 평가축을 결정할 필요가 있다고 생각된다. 그러한 의미에서 공간과 시간을 변화시키면서 생태계를 다루고자하는 경관생태학은 그 해결 방법의 중심이 되

는 정보를 내포하고 있다고 볼 수 있다.

한편, 생태계현황부분의 평가에 대한 종합대책으로 '생태계영향평가(Ecosystem Impact Assessment)'가 독립적으로 수행되어야 할 필요성이 있다. 또한, 행정절차상 생태계영향평가는 환경영향평가 이전에 환경성검토단계에서 평가되어 입지의 타당성에 대한 검토, 우수생태계보전지역의 훼손 여부 등을 먼저 평가하여야 한다. 이를 통해 다양한 종류의 생물분류군에 대한 영향을 종합적으로 판단할 수 있고, 조사 및 자료분석이 시기적으로 오래 걸리는 단점을 보완할 수 있다. 환경영향평가서 작성부터 협의까지 오랜 기간이 걸리는 것은 생태계조사가 장기간에 걸쳐 이루어지고 보완서에 대한 추가조사도 계절적, 시기적으로 맞지 않는 데서 비롯된다. 결국 환경영향평가 이전 단계에서 생태계가 독립된 영향평가로 이루어져야 하고, 생태계영향평가 이후에 이루어지는 환경영향평가는 입지의 타당성 및 훼손 여부에 대한 검증이 끝난 후이므로 저감방안의 수립이라는 본래의 목적을 빠르고 쉽게 달성할 수 있게 될 것이다.

2.5 토의

동·식물상 항목에 대한 현황 및 문제점, 개선방안에 대해 논의하였다. 중점적으로 논의된 부분은 조사분야, 조사범위, 녹지자연도, 하등생물, 기타개선사항이며, 이외의 부분에 대해서는 기존의 환경영향평가서 작성내용에 대해 재검토하고, 조사방법에 대한 추가적인 정보(조사지점 설정, 조사시기 및 횟수 등)를 제공하는 데 역점을 두었다.

먼저, 조사분야에 대해서는 식물상, 동물상, 기타 생물상, 생태계 및 서식지로 크게 구분함으로써 환경영향평가서 보다 합리적인 계획을 수립할 수 있도록 제시하였다. 조사범위는 기존의 일률적인 공간적 범위를 설정하였으나 이번 연구를 통하여 분류군별 특성에 따라 신축성 있게 설정하여 제시함으로써 조사의 정밀성을 높이도록 하였다. 녹지자연도에 대해서는 기준에 대한 문제점을 제시하고, 보다 객관적인 판정기법을 제시하였다. 기타 생물상에 대해서는 생물학적인 정의가 분명 않은 저서성대형

무척추동물, 플랑크톤, 부착조류를 이에 포함시키고, 조사방법과 영향예측에 대해 비교적 자세히 설명하였다.

한편, 기타 개선방안에 대해서는 동·식물 항목의 명칭을 변경할 것을 제안하였고, 평가서 작성시 통일된 목차부여, 전문가조사 강화방안, 생물표본확보, 주요 생물종의 선정 필요성, 생태계영향평가 기법의 발전방향에 대해 논의하였다. 특히, 생태계영향평가 기법의 발전방향에서는 경관생태학적 환경영향평가 기법에 대한 연구의 필요성이 대두되었다.

결론적으로 이번 연구에서는 기존의 평가기법을 크게 벗어나지 않는 범위에서 문제점을 부각시키고, 이에 대한 개선방안을 제시함으로써 보다 합리적인 영향평가기법을 추구하였다. 그러나 본 연구과제에서 다루는 범위가 너무 광범위하기 때문에 영향예측이나 저감방안 등에 대해서는 시간적으로 깊은 연구가 이루어질 수 없었다. 따라서 동·식물상(혹은 생태계)의 보다 과학적인 영향예측과 최적의 저감방안을 마련하기 위해서는 향후 경관생태학적인 환경영향평가기법을 비롯하여 생물서식지의 유형화, 생물종의 보전우선순위의 선정, 사업특성에 따른 생물군집의 영향예측 등의 연구과제가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 보인다.

3. 해양환경

해양은 고대로부터 자원의 보고로서 인류에 의해 이용되어 왔으며 선박에 의한 수송 통로 및 관광 등 여러 가지 형태로 인간활동에 이용되었다. 특히 바다와 육지가 접하는 연안은 다양한 자원이 존재하며, 인간활동이 가장 활발히 일어나는 공간이다. 국내 경제가 급속히 발전함에 따라 연안에 대한 이용도가 점차 증가하고 있으며, 이로 인해 해면의 매립, 항로 및 박지의 준설, 방파제 및 안벽 축조와 같은 항만공사가 더불어 증가하고 있다. 그러나 연안개발로 인해 해양오염이 날로 심화되고 있으며 이에 대한 우려 또한 크게 증가하고 있다.

연안개발로 인해 해양환경에 미치는 영향으로는 해저지형, 해류, 수질 및 저질 등의 물리·화학적인 변화 및 이로 인한 해양생태계의 변화를 들 수 있으며, 이러한 환경영향을 미리 파악하고 저감방안을 수립하기 위한 목적으로 공사 시행 전 환경영향평가를 실시하고 있다.

해양환경영향평가는 크게 해양생태계, 해양수질 및 저질 그리고 해양물리로 구분할 수 있다. 또한 이들은 다시 세부적으로 나누어진다. 그러나 이들은 서로 연관되어 있기 때문에 현황조사의 경우 각각 독립적으로 시행된다 할지라도 영향예측은 종합적으로 이루어진다. 특히 해양에는 물리, 화학, 생물학적인 과정이 복합적으로 작용하고 먹이망 구조가 복잡하기 때문에 해양환경에 대한 영향평가는 매우 복잡하며 어렵다.

현재 해양 환경영향평가시 가장 큰 문제점은 평가자에 따라 조사항목, 조사방법, 영향예측 방법 및 저감방안들이 서로 상이하다는 것으로 이렇게 된 가장 큰 원인은 지금까지 평가서 작성지침서가 없기 때문이다.

이에 본 연구는 사업시행으로 인한 해양환경에 대한 정확한 현황파악과 해양환경에 미치는 영향을 보다 정확하게 예측·평가하고 이에 근거하여 가장 적절한 저감대책을 수립하기 위한 목적으로 현재의 해양환경 영향평가의 문제점을 분석하여 이를 토대로 개선방안을 마련하고자 하였다.

3.1 현황조사

3.1.1 현황 및 문제점

현재의 환경영향평가서의 현황 및 문제점을 파악하기 위해 1999년 이후 제출된 평가서 중 항만건설과 관련된 사업을 대상으로 분석을 시도하였다. 분석 대상 평가서는 총 15건(서해안 5건, 남해안 4건, 동해안 6건)이며 이들은 평가서를 작성한 기관 및 현황측정을 시행한 기관에 따른 차이점을 파악하기 위해 서로 중복되지 않도록 선정하였다. 분석대상 평가서에 대한 제목은 제시하지 않고 대상지역만을 나타냈다.

3.1.1.1 해양동·식물상 조사

우리나라 연안을 대상으로 해양동·식물에 대한 조사는 연구를 목적으로 많은 연구기관 및 대학을 중심으로 수행되었다. 그러나 이러한 연구 목적 이외에 비록 지엽적이기는 하나 환경영향평가의 일환으로 상당히 많은 조사가 수행되었다. 그러나 이러한 조사결과들이 지금까지 활용적인 면에서 그 가치를 발휘하지 못한 것이 사실이다. 이러한 원인에는 조사주체에 따른 조사방법, 조사시기 및 조사기기의 차이 및 조사가 너무 단편적이고 지엽적으로 국한되었던 점이 많은 부분을 차지한다. 사실상 해양생태계에 대한 조사는 물리·화학적인 조사와 비교해 시료의 채집 및 처리과정에서 많은 오차가 있을 수 있으며, 생물종의 동정에 관해서도 전문지식과 경험의 차이로 인해 조사자에 따라 정확한 동정이 이루어지지 않는 경우도 있다.

따라서 해양생태계에 대한 조사결과가 환경영향평가의 목적인 사업실시에 따른 정확한 영향예측·평가 및 이에 근거한 효율적인 저감대책 수립을 목적으로 한 해양생태계의 정확한 현황파악을 가능하게 하며, 아울러 조사한 결과가 일회성으로 사장되지 않고 우리나라 해안에 대한 정확한 정보의 제공 및 해양환경의 보존 및 해양자원의 관리를 위한 자료로 활용되게 하기 위하여 기존 환경영향평가서에 대한 분석을 실시하였다.

1) 조사정점 및 조사항목

항만건설사업과 관련된 환경영향평가서 15건(서해안 5건, 남해안 4건, 동해안 6건)을 대상으로 조사정점, 조사범위, 조사시기 및 조사항목의 현황을 조사하였다(표 3-1).

가) 조사정점의 선정근거

조사정점의 선정 근거의 경우 선정근거를 제시한 평가서는 2건이며 나머지는 사업 대상지역으로부터 일정한 간격으로 임의로 대표점을 선정하였다. 이들 조사정점의 경우 주로 농도변화에 대응한 배치나 바둑판 배치와 유사하나 조사정점을 선정한 명확한 근거를 제시하지 않았다.

나) 조사정점의 수

조사정점의 수를 조사한 결과 총 15건 중 플랑크톤 및 저서생물의 경우(일부 플랑크톤의 조사정점 수와 저서생물의 조사정점 수가 다른 경우도 있으나 이 경우 플랑크톤을 기준으로 함) 3지점 1건, 4~5지점 9건, 6지점 1건, 7~8지점 4건으로 대체로 4~5지점이 가장 많았다. 이와 같이 조사를 수행한 평가 기관에 따라 조사정점의 수에 있어 차이점이 많았으며, 사업대상해역에 대한 현황파악을 위한 조사정점이 충분하지 못한 경우가 많았다. 한편 조간대 동물의 경우 15건 중 11건이 조사를 하였으며, 조사정점의 수는 2지점 4건, 3지점 6건, 5지점 1건으로 대체로 2~3지점을 대상으로 조사를 하였다.

다) 조사범위

조사범위의 경우 1km 이내가 5건, 1.5km 이내가 2건, 2km 이내가 7건, 5km 이내가 1건으로 대체로 좁은 범위를 대상으로 하여 조사를 수행하였으며, 조사기관에 따라 많은 차이를 나타냈다.

<표 3-1> 해양동·식물상의 조사정점 및 항목의 현황

구분	조사 정점	조사범위	조사시기	조사항목
1 인천	플랑크톤 : 7 지점 저서생물 : 5 지점 조간대 동물 : 2 지점 어란, 치자어 : 2 지점 해산어 : 2 지점	2km 이내	4월, 7월, 10월, 1월, 조간대 동물 (1월 1회)	동·식물플랑크톤 (클로로필-a) 조간대 동물 저서생물 어란, 치자어 해산어류
2 평택	6 지점 조간대동물 : 3 지점	2km 이내	4월, 8월, 10월, 12월	동·식물플랑크톤 조간대 동물 저서생물 어란, 치자어 해산어류
3 군산	플랑크톤, 저서동물, 어 란, 치자어 : 4 지점 조간대 동물, 해조류 : 2 지점	2km 이내	5월, 8월, 10월	동·식물플랑크톤 조간대 동물 해조류 저서생물 해조류 어란, 치자어 해산어류
4 홍성	플랑크톤 : 4 지점 어란, 치자어 : 3 지점 해조류 : 3 지점	1km 이내	5월, 8월, 10월 어란, 치자어, 해 산어류, 해조류 (5월, 10월)	동·식물플랑크톤 (클로로필-a) 해조류 저서생물 어란, 치자어 해산어류
5 영광	7 지점 조간대 동물 : 2 지점	2km 이내	6월, 8월, 11월, 1월,	동·식물플랑크톤 조간대 동물 저서생물 어란, 치자어 해산어류
6 여수	5 지점 조간대 동물 : 5 지점	2km 이내	3월, 7월, 10월, 1월	동·식물플랑크톤 (클로로필-a) 조간대 동물 저서생물 해산어류

(계속)

구분	조사 정점	조사범위	조사시기	조사항목
7 고흥	4 지점	1.5km 이내	5월, 8월, 10월, 2월	동·식물플랑크톤 (클로로필-a) 저서생물 어란.치자어
8 장흥	3 지점 조간대 동물 : 3 지점	2km 이내	5월, 8월, 10월, 2월 조간대 동물(5월 1회)	동·식물플랑크톤 조간대 동물 저서생물 해산어류
9 마산	플랑크톤, 저서생물 : 4 지점 어란,치자어 : 2 지점 조간대동물 : 3 지점	1km 이내	5월, 8월, 10월, 2월	동·식물플랑크톤 (클로로필-a) 조간대 동물 저서생물 어란.치자어 해산어류
10 영덕	5 지점 해조류 : 3 지점	1km 이내	5월, 8월, 11월, 2월	동·식물플랑크톤 (클로로필-a) 해조류 저서생물 해산어류
11 부산	8 지점 조간대 동물, 해조류 : 3 지점	1km 이내	4월, 7월, 10월, 1월,	동·식물플랑크톤 저서생물 조간대 동물 해조류 해산어류
12 울산	동·식물플랑크톤 : 5 지점 조간대 동물, 해조류 : 3 지점 저서생물 : 4 지점	5km 이내	4월, 6월, 8월 (조간대만), 2월 9월(문헌조사)	동·식물플랑크톤 조간대 동물 해조류 저서생물 어란.치자어 해산어류
13 포항	플랑크톤, 저서생물 : 8 지점 어란,치자어 : 6 지점 해조류 : 4 지점	2km 이내	5월, 8월, 10월, 1월	동·식물플랑크톤 저서생물 해조류 어란.치자어

(계속)

구분	조사 정점	조사범위	조사시기	조사항목
14 강릉	플랑크톤, 저서생물 : 5 지점 조간대 동물, 해조류 : 3 지점	1km 이내	4월, 7월, 10월, 1월	동·식물플랑크톤 조간대 동물 저서생물 해조류 해산어류
15 고성	4 지점 조간대 동물 : 2 지점	1.5km 이내	8월, 11월, 2월, 4월, 조간대동물(8월, 2월)	동·식물플랑크톤 (클로로필-a) 조간대 동물 저서생물 해산어류

라) 조사시기

전체 15건 중 4계절 조사를 수행한 경우가 13건으로 거의 대부분 4계절 조사를 수행하였다. 조사시기로는 춘계조사의 경우 3월이 1건, 4월이 6건, 5월이 7건이었으며, 1건의 경우 6월을 춘계조사로 하여 제시하였으나 대부분 4~5월에 춘계조사를 하였다. 하계조사의 경우 7월이 4건, 8월이 11건으로 많은 평가서가 8월에 하계조사를 하였다. 추계조사의 경우, 9월이 1건 10월이 11건, 11월이 3건으로 대부분 10월에 추계조사를 하였다. 동계조사의 경우 12월 1건, 1월 6건, 2월이 6건으로 대부분 1~2월에 동계조사를 하여 조사시기에 있어서는 큰 문제점은 없었다.

마) 조사항목

해양동·식물에 대한 조사 항목에는 주로 동·식물플랑크톤, 저서생물, 조간대 부착동물, 해조류, 어란·치자어, 해산어류가 있다. 동·식물플랑크톤과 저서생물의 경우 15건 전부가 조사를 하였다. 그러나 다른 항목의 경우 일부를 누락시킨 경우가 많았다. 어란 및 치자어의 경우 10건이 조사를 하였으며, 조간대 부착동물은 11건, 해조류는 7건, 해산어류는 13건이 조사를 하였다. 이와 같이 조사를 시행하지 않은 경우 그 사유를 제시하여야 하나, 이들 평가서 모두 이에 대한 특별한 언급이 거의 없었다.

2) 조사방법

동·식물플랑크톤, 저서생물, 조간대 부착동물, 해조류, 어란·치자어, 해산어류에 대한 조사방법에 대해 분석하였다. 식물플랑크톤의 경우, 수심에 따라 표층, 중층, 저층을 구분하여 조사하였는지의 여부에 대해 분석하였으며, 동물플랑크톤과 어란 및 치자어의 경우 채집에 사용한 네트의 망목크기와 채집방법에 대한 차이점에 대해 비교하였다. 저서생물과 조간대 부착동물, 해조류, 해산어류의 경우 조사방법에 대해 비교하였다(표 3-2).

가) 식물플랑크톤

식물플랑크톤에 대한 조사방법은 거의 같았다. 즉, 표층수 및 저층수를 채수기를 이용하여 1000ml 채수한 후 폴리에틸렌 병에 옮겨 고정 후, 농축하여 계수하여 현존량을 cell/ℓ 단위로 파악하고, 생태지수를 계산하였다.

한편 조사대상해역의 수심이 5m 이상인 11건 중에 표층수와 저층수 각각에 대해 조사한 경우는 5건이었으며 6건은 표층수만을 대상으로 조사하였다.

나) 동물플랑크톤

동물플랑크톤을 채집하기 위한 네트의 망목구경에 대해 조사하였다. 조사에 사용한 네트의 망목구경은 100 μ m를 사용한 경우 6건, 200 μ m는 2건, 300~303 μ m는 4건, 330~335 μ m는 3건으로 다양한 규격의 네트를 사용하였다.

조사방법 또한 서로 상이하여 15건 중 6건이 채집방법에 대해 구체적으로 명시하지 않았으며, 4건이 수직채집 방식, 3건이 수평채집 방식, 1건이 경사채집방식을, 그리고 1건만이 수평 및 수직채집을 모두 사용하였다.

다) 저서생물

저서생물에 대한 조사는 15건 중 14건이 Van Veen grab(0.1m²)을 사용하여 채집하였다. 채집횟수는 2건이 구체적으로 명시하지 않았으며, 2회가 2건, 3회가 9건으로 3회가 많았다. 한편 1건은 Van Veen grab외에 저인망을 같이 사용하여 채집하였으며, 1건은 Van Veen grab과 인근해역에서 조업한 어선의 그물에 걸린 동물을 수거하여

분석하였다.

<표 3-2> 해양동·식물상 조사방법의 현황

구 분	식물 플랑크톤 (채집층, 해역수심)	동물 플랑크톤 (망목크기, 조사방법)	저서생물 (조사방법)	조간대동물 (조사방법)	해조류 (조사 방법)	어란, 치자어 (조사방법)	해산 어류
1 인천	표층 2~5m	100 μ m 미제시	Van Veen grab(3회)	방형구 이용	미조사	난치자어 네트 1m/sec (10분)	저인망
2 평택	표층 1~12m	335 μ m 수직채집	Van Veen grab(3회)	Line transsect 법	미조사	난치자어 네트 1m/sec (10분)	탐문 조사
3 군산	표층 5~10m	330 μ m 수직채집	미제시	방형구 이용	방형구 이용	난치자어 네트 1.5m/sec (10분)	저인망
4 홍성	표층 2~10m	100 μ m 미제시	Van Veen grab(3회)	미조사	방형구 이용	난치자어 네트 1m/sec (10분)	탐문 조사
5 영광	표층 1~5m	303 μ m 1m/sec, 5분 수평채집	Van Veen grab(3회)	방형구 이용	미조사	난치자어 네트 1m/sec (5분)	탐문 조사
6 여수	표층, 저층 10~15m	200 μ m 미제시	Van Veen grab(1회), 저인망	방형구 이용	미조사	미조사	저인망
7 고흥	표층 1~5m	303 μ m 경사채집	Van Veen grab(2회)	미조사	미조사	소형 Trawl 어망 0.5m/sec (30분)	미조사
8 장흥	표층 2~5m	303 μ m 수평예인 (1m/sec, 3-5분)	Van Veen grab(2회)	미조사	미조사	미조사	탐문 조사

(계속)

구 분	식물 플랑크톤 (채집층, 해역수심)	동물 플랑크톤 (망목크기, 조사방법)	저서생물 (조사방법)	조간대동물 (조사방법)	해조류 (조사 방법)	어란, 치자어 (조사방법)	해산 어류
9 마산	표층, 저층 10~20m	100 μ m 미제시	Van Veen grab(3회)	미제시	미조사	난치자어 네트 1m/sec (10분)	탐문 조사
10 영덕	표층, 저층 5~10m	100 μ m 미제시	Van Veen grab(3회)	미조사	미제시	미조사	탐문 조사
11 부산	표층 10~20m	330 μ m 수직채집	Van Veen grab	Line transect 법	Line transse ct법	난치자어 네트 2회 수직채집	탐문 조사
12 울산	표층,저 층 20~30m	200 μ m 수직채집	Van Veen grab	방형구 이용	미조사	난치자어 네트 1m/sec (10분)	저인망
13 포항	표층,저 층 5~20m	100 μ m 미제시	Van Veen grab (3회)	미조사	정성 채집	난치자어 네트 1m/sec (10분)	미조사
14 강릉	표층 5~15m	100 μ m 수평 및 수직채집	Van Veen grab(3회), 어선의 그물에 걸려나온 동물을 수거	정성채집	방형구 SCUB A 잠수	미조사	탐문 조사
15 고성	표층 10~20m	300 μ m 수평채집	Van Veen grab(3회)	방형구 이용	미조사	미조사	탐문 조사

라) 조간대 동물

조간대 동물에 대한 조사는 15건 중 10건이 조사를 수행하였다. 2건은 조사방법을 구체적으로 명시하지 않았으며, 1건이 방형구 없이 정성채집 방식을, 6건이 방형구(50

×50cm)를 이용하여 조사하였으며, 2건이 Line transect법에 의해 방형구를 상단부에서 하단부까지 설치하여 조사하였다.

마) 해조류

해조류에 대한 조사는 15건 중 5건만이 조사를 하여 해조류에 대한 조사가 제대로 이루어지지 않음을 알 수 있었다. 조사를 수행한 5건 중 1건은 정성채집 방식으로, 2건이 방형구(50×50cm)를 이용하여 조사하였으며, 1건이 Line transect법에 의해, 그리고 1건은 방형구와 SCUBA 잠수를 통해 조하대를 관찰하는 방식으로 조사하였다.

바) 어란 및 치자어

어란 및 치자어에 대한 조사는 15건 중 10건이 수행하였다. 이중 9건이 난·치자어 네트를 사용하여 조사하였으며, 1건이 소형 Trawl(전개그물길이 12m, 끌그물 8m, 전채그물 20cm, 그물의 전개범위 3.0×1.5m 그물코 14절)을 이용하여 채집하였다.

한편 네트의 예인속도 및 시간은 1m/sec의 속도로 5분간 예인한 경우가 1건이며, 1m/sec의 속도로 10분간 예인한 경우가 6건, 1.5m/sec의 속도로 10분간 예인한 경우가 1건, 0.5m/sec의 속도로 30분간 예인한 경우가 1건이었으며, 수직채집을 한 경우가 1건이었다.

사) 해산어류

해산어류에 대한 조사는 15건 중 13건이 조사를 실시하였다. 이 중 저인망을 사용한 경우가 4건이었으며, 9건이 인근의 어선에서 어획된 어종을 대상으로 조사하는 방식으로 탐문조사를 실시하였다.

3) 조사결과

해양동·식물에 대한 조사결과의 특징에 대해 분석하였다(표 3-3).

조사결과는 주로 점점별 종조성 및 현존량 분포, 우점종 분포, 군집분석(다양도, 풍부도, 균등도, 우점도) 등을 도표를 이용해 상세히 제시하였다. 그러나 조사결과에 대한 설명에 있어서는 평가서별로 차이를 나타냈다. 15건 중 10건이 조사결과에 대한

일반적인 설명에 그쳤으며, 5건은 조사결과를 토대로 사업예정해역에 대한 분석을 실시하였다.

<표 3-3> 해양동·식물상 조사결과의 현황

구분	조사결과의 특징
1 (인천)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 (분석 미흡)
2 (평택)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 (분석 미흡)
3 (군산)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 (분석 미흡)
4 (홍성)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 (분석 미흡)
5 (영광)	· 조사결과에 대한 분석을 실시
6 (여수)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명(분석 미흡)
7 (고흥)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명(분석 미흡)
8 (장흥)	· 조사결과에 대한 분석을 실시
9 (마산)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명(분석 미흡)
10 (영덕)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명(분석 미흡)
11 (부산)	· 조사결과에 대한 분석을 실시
12 (울산)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명(분석 미흡)
13 (포항)	· 조사결과에 대한 일반적인 설명(분석 미흡)
14 (강릉)	· 조사결과에 대한 분석을 실시
15 (고성)	· 조사결과에 대한 분석을 실시

3.1.1.2 해양수질 및 저질 조사

해양은 물리적·화학적·생물학적인 과정이 복합적으로 작용하는 동적인 장소로서 환경영향평가시 해양환경에 대한 현황을 파악하기 위해 수질 및 저질에 대한 조사를 실시하고 있다. 해양수질 및 저질에 대한 현황은 해양환경을 판단하는 데 가장 직접적인 지표가 되기 때문에 정확한 조사가 요구된다. 그러나 조사결과를 비교해 볼 때 조사를 실시하는 기관에 따라 조사결과가 상이하게 나타나는 경우가 있다. 비록 해양은 앞에서 언급한 바와 같이 공간적인 이질성 및 경시적인 변동이 심하기 때문에 같은 기관에서 같은 지점을 대상으로 같은 계절에 조사를 실시하더라도 조사결과가 상이하게 나타나는 경우가 있다. 그러나 현재 환경영향평가서에 제시된 결과를 비교

해 보면 이러한 점을 인정하더라도 조사결과에 있어 상당히 차이가 나는 경우가 많다. 또한 조사범위, 조사항목 및 조사결과에 대한 분석 등에 있어서도 조사기관 및 평가서 작성기관에 따라 많은 차이점을 나타내고 있다. 따라서 이러한 문제점에 대한 개선방안을 마련하고자 먼저 기존 해양환경에 대한 평가서 15건에 대한 분석을 실시하였다.

1) 해양수질 조사의 현황

총 15건을 대상으로 해양수질에 대한 조사정점, 조사범위, 조사시기, 조사항목, 조사의 특징 및 조사결과의 현황에 대해 분석을 실시하였다(표 3-4).

가) 조사정점 선정 및 정점 수

해양수질조사를 위한 조사정점의 선정 및 정점 수에 대해 조사하였다.

조사정점의 경우 총 15건 중 해양생태계와 같은 지점을 대상으로 조사를 실시한 경우는 6건이며 조사정점이 다른 경우가 9건으로 해양수질의 경우 조사생태계 조사와 다르게 조사정점을 선정하는 경우가 많았다.

또한 15건 중 13건이 표층과 저층을 구분하여 조사를 실시하였으며, 1건은 표층에 대해서만 조사를 실시하였으며, 1건은 표층, 중층, 저층을 구분하여 조사를 실시하였다.

조사정점의 수에 있어서는 3개 지점 1건, 4~5개 지점 6건, 6~7개 지점 4건, 6개 지점 1건이었으며, 1건의 경우 처음 조사시 5지점을 대상으로 조사를 실시하였으나 조사결과 일부 지점(항내)의 경우 문제점이 있어(DO가 2 이하) 문제가 되는 해역을 대상으로 추가로 3지점에 대해 조사를 실시하였다. 또한 1건의 경우 13개 지점에 대해 조사를 실시한 경우도 있었다. 이와 같이 조사를 수행한 평가 기관에 따라 조사정점의 수에 있어 차이점이 많았으며, 많은 경우가 사업대상해역에 대한 현황과약을 위한 조사정점이 충분하지 못하였다.

<표 3-4> 해양수질 조사의 현황

구 분	조사정점 (조사범위)	조사시기	조사 항목	조사특징	조사결과
1 인천	7 지점 (해양생태 계와 같음, 2km 이내)	4월, 7월, 10월, 1월 (해양생태 계와 같 음)	20개 항목	· 표층, 저층 조 사 · TOC 분석 · 중금속 항목 1 회 ppb까지 분석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 4개 항목 검출
2 평택	8개 정점 (해양생태 계와 상이, 3.5km 이 내)	4월, 8월, 10월, 12월 (해양생태 계와 같 음)	19개 항목	· 표층 조사	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 전 체 불검출
3 군산	4개 정점 (해양생태 계와 같음, 2km이내)	5월, 7월, 9월, 11월 (해양생태 계와 상 이)	20개 항목	· 표층, 저층 조 사 · TOC 분석 · 일부항목 수 질오염공정시 험법에 의거 조사	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 조사결과 일부 항목에서 신빙성이 낮음 · 중금속 및 유해물질 2개 항목을 제외하고 전부 불검출
4 홍성	4개 정점 (해양생태 계와 상이, 400m이내)	5월, 8월, 10월, 1월 (해양생태 계와 같 음)	20개 항목	· 표층, 저층 조 사 · TOC 분석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 2개 항목을 제외하고 전부 불검출
5 영광	4개 정점 (해양생태 계와 상이, 2km이내)	6월, 10월, 2월, 5월, 10월 재조 사(해양생 태계와 상 이)	20개 항목	· 표층, 저층 조 사 · TOC 분석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 중금속 및 유해물질 2개 항목을 제외하고 전부 불검출

(계속)

구 분	조사정점 (조사범위)	조사시기	조사 항목	조사특징	조사결과
6 여수	6개 정점 (해양생태 계와 상이, 2km이내)	5월, 7월, 10월, 3월 (해양생태 계와 상 이)	20개 항목	· 표층, 저층 조 사 · 중금속 항목 ppb까지 분석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 1개 항목을 제외하고 전부 불검출
7 고흥	4개 정점 (해양생태 계와 상이, 1.5km 이 내)	4월 8,월 11월, 1월 (해양생태 계와 상 이)	20개 항목	· 표층, 저층 조 사 · 1회 TOC 분 석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 4개 항목 검출
8 장흥	3개 정점 (해양생태 계와 같음, 2km이내)	5월, 8월, 10월, 2,월 (해양생태 계와 같 음)	19개 항목	· 표층, 저층 조 사 · 1회 TOC 분 석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 전 체 불검출
9 마산	7개 정점 (해양생태 계와 상이, 1km이내)	5월, 7월, 11월, 2월 (해양생태 계와 상 이)	19개 항목	· 표층, 저층 조 사 · 2회 TOC 분 석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 1개 항목을 제외하고 전부 불검출
10 영덕	4개 정점 (해양생태 계와 상이, 1km이내)	5월, 8월, 10월, 1월 (해양생태 계와 상 이)	23개 항목	· 표층, 중층, 저 층 조사 · 채수지점 수 심 표시 · 2회 TOC 분 석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 중금속 및 유해물질 2개 항목을 제외하고 전부 불검출
11 부산	8개 정점 (해양생태 계와 같음, 1.5km이내)	3월, 7월, 10월, 1월 (해양생태 계와 같 음)	22개 항목	· 표층, 저층 조 사	· 조사결과에 대하여 자세 히 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 5개 항목 검출

(계속)

구분	조사정점 (조사범위)	조사시기	조사 항목	조사특징	조사결과
12 울산	6개 정점 (해양생태 계와 상이, 2km 이내)	4월, 6월, 8월, 2월 (해양생태 계와 같 음)	20개 항목	· 표층, 저층 조 사 · 1회 TOC 분 석	· 조사결과에 대한 일반적 인 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 2개 항목을 제외하고 전부 불검출
13 포항	13개 정점 (해양생태 계와 같음, 2km 이내)	5월, 8월, 10월, 1월 (해양생태 계와 같 음)	20개 항목	· 표층, 저층 조 사	· 조사결과에 대하여 자세 히 설명(각 정점별, 조사 항목별 분포특성 및 원 인 분석 실시) · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 2개 항목을 제외하고 전부 불검출
14 강릉	5개 정점 및 항내 3 개 지점 추 가 (해양생태 계와 같음, 1km이내)	3월, 7월, 10월, 2월 (해양생태 계와 상 이)	21개 항목	· 표층, 저층 조 사, 전도도 조 사 실시 · 채수지점 수 심 표시 · 항내를 대상 으로 3지점 추 가조사 실시	· 조사결과에 대하여 자세 히 설명 · 해양수질 기존조사자료 와 비교 · 중금속 및 유해물질 1개 항목을 제외하고 전부 불검출
15 고성	5개 정점 (해양생태 계와 상이, 1.5km 이 내)	4월, 8월, 11월, 2월 (해양생태 계와 다 름, 3월 추가조사)	19개 항목	· 표층, 저층 조 사 · 1회 TOC 분 석 · 추가조사 실 시	· 조사결과에 대한 설명이 전혀 없음 · 주변 해역에 대한 조사 결과 제시 · 중금속 4개 항목 검출

나) 조사범위

조사범위의 경우 400m 이내인 경우가 1건, 1km 이내가 3건, 1.5km 이내가 3건, 2km
이내가 7건, 3.5km 이내가 1건으로 대체로 좁은 범위를 대상으로 하여 조사를 수행하

였으며, 조사기관에 따라 많은 차이를 나타냈다.

다) 조사시기

조사횟수는 15건 모두가 4회 이상 조사를 실시하였다. 조사시기로는 춘계조사의 경우 3월이 2건, 4월이 5건, 5월이 8건으로 해양생태계 조사와 마찬가지로 대부분 4~5월에 춘계조사를 실시하였다. 그러나 1건의 경우 3월과 5월에 조사를 실시하고 동계조사를 실시하지 않았으며 1건의 경우 4월에 춘계조사를 실시하고 이듬해 3월에 다시 추가조사를 실시하였다. 하계조사의 경우 6월이 1건, 7월이 6건, 8월이 7건으로 대부분이 7~8월에 하계조사를 실시하였다. 그러나 1건의 경우 6월과 8월에 조사를 실시하고 추계조사를 실시하지 않았다. 추계조사의 경우 9월이 1건, 10월이 10건, 11월이 4건으로 10월에 추계조사를 실시한 경우가 많았다. 그리고 1건의 경우 10월에 추계조사를 실시하고 이듬해 10월에 다시 재조사를 실시하였으며, 또 1건의 경우는 9월과 11월에 추계조사를 실시하고 동계조사를 실시하지 않았다. 동계조사의 경우 12월에 1건, 1월에 6건, 2월에 6건으로 대부분 동계조사를 1~2월에 실시하였다. 이와 같이 대부분의 경우 계절별 조사를 실시하였으나, 일부의 경우 4회 조사는 실시하였으나 각 계절을 대표할 만한 시기가 아닌 시기에 조사를 실시하여 계절별 특성이 고려된 정확한 현황조사가 안 된 경우가 있었다.

라) 조사항목 및 방법

조사항목의 경우 20개 내외 항목에 대해 조사를 실시하였다. 평가서별로 1~4개 정도 조사항목의 차이가 있었다. 이러한 차이점은 주로 염분농도, 중금속 및 유해물질에 대한 조사 그리고 TOC에 대한 조사 여부에 따른 차이점에 기인하였다. 정확한 해양수질에 대한 평가를 위해서는 직접적인 유기물의 지표인 TOC에 대한 조사가 필수로 최근 이에 대한 조사를 요구하고 있어 15건 중 9건이 1~2회 이상 이에 대한 조사를 실시하였다. 또한 염분농도에 대한 조사는 특히 연안의 경우 반드시 조사를 실시하여야 하나 이에 대한 조사가 누락된 경우가 있었다.

또한 15건 중 2건만이 채수지점에 대한 수심을 제시하여 대부분의 경우 채수지점

에 대한 수심을 조사하지 않았다.

조사방법은 14건이 해양환경공정시험방법에 의거하여 조사를 실시하였으나 1건의 경우 일부 항목에서 수질오염공정시험법에 의거하여 조사를 실시하였다.

마) 조사결과

해양수질에 대한 조사결과의 특징에 대해 조사하였다. 조사결과에 대하여 분석 없이 일반적인 설명만을 한 경우가 11건이며, 1건의 경우는 표만 제시하고 설명이 전혀 없었다. 그러나 3건의 경우는 조사결과에 대한 분석을 실시하였으며 이중 1건은 각 정점별, 조사항목별 분포특성 및 원인 분석을 실시하였다. 이와 같이 해양수질의 경우 단순히 조사에 그치고 조사된 결과에 대한 분석이 없는 것이 문제점으로 파악되었다. 또한 조사해역 및 주변해역을 대상으로 기존에 조사된 자료를 제시하여 서로 비교한 경우가 12건으로 조사되어 기존 조사자료와의 비교는 대체로 잘 이루어지고 있었다.

중금속 및 유해물질에 대한 조사결과는 전혀 검출되지 않은 경우가 2건, 중금속 1~2개만이 검출된 경우가 9건, 중금속 4개 이상 검출된 경우가 4건으로 조사되었다. 비록 해역에 따라 전혀 검출되지 않은 경우도 있으나 실제로 검출되지 않았는지 또는 실지 조사를 실시하지 않았는지에 대해서는 확인이 매우 어렵다. 따라서 중금속의 경우 고감도의 분석기를 이용하여 분석하여 ppb단위까지 제시하여야 하며, 분석기록지를 첨부하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

2) 해양저질 조사의 현황

해양저질에 대해서도 해양수질과 같은 방식으로 조사정점, 조사시기, 조사항목 및 조사결과 등의 현황에 대해 분석을 실시하였다(표 3-5).

가) 조사정점

해양저질조사를 위한 조사정점의 선정 및 정점수에 대해 조사한 결과 15건 중 12건이 해양수질과 동일한 지점에 대하여 조사를 실시하였으며 3건의 경우 조사 정점수를 축소하여 해양수질 조사지점 중 일부 지점에 대해서만 조사를 실시하였다.

조사시기는 대부분 해양수질과 동일하였으며 1건의 경우만 3회 조사를 실시하였다.

<표 3-5> 해양저질 조사의 현황

구 분	조사정점 (조사범위)	조사 시기	조사 항목	조사특징	조사결과
1 인천	7 지점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	13개 항목	-	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 4 개항목 불검출
2 평택	3개 정점 (해양수질 8지점 중 3지점에 대해 조사)	해양 수질과 동일	12개 항목	-	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 타해역 조사자료와 비교 · 중금속 및 유해물질 3개항목 불검출
3 군산	4개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	12개 항목	-	· 조사결과에 대한 설명 없음 · 타해역 조사자료와 비교 · 중금속 및 유해물질 2개항목 을 제외하고 전부 불검출
4 홍성	4개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	14개 항목	· 유기화합물, 유기탄소 조 사 실시	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 4개 항목 불검출
5 영광	6개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	14개 항목	· 중금속 항목 1회ppb까지 분석	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 3개 항목 불검출
6 여수	6개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	9개 항목	-	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 2개 항목 불검출
7 고흥	2개 정점 (해양수질 4개 지점중 3개 지점에 대해 조사)	해양 수질과 동일	14개 항목	-	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 4개 항목 불검출

(계속)

구 분	조사정점 (조사범위)	조사 시기	조사 항목	조사특징	조사결과
8 장흥	3개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	10개 항목	-	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 4개 항목 불검출
9 마산	7개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	10개 항목	-	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 3개 항목 불검출
10 영덕	4개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	14개 항목	· 2회 TOC 분석	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 5개 항목 불검출
11 부산	8개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	15개 항목	· 황화물 조사 실시	· 조사결과에 대하여 자세히 설명 · 기존조사자료와 비교 · 중금속 및 유해물질 7개 항목 불검출
12 울산	6개 정점(해양 수질과 동일)	3회 실시	13개 항목	-	· 조사결과에 대한 일반적인 설명 · 중금속 및 유해물질 6개 항목 불검출
13 포항	8개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	11개 항목	-	· 조사결과에 대하여 자세히 설명 · 중금속 및 유해물질 6개 항목 불검출
14 강릉	3개 정점 (해양수질 과 일부 동일)	해양 수질과 일부 동일	12개 항목	-	· 조사결과에 대하여 자세히 설명 · 타해역 조사자료와 비교 · 중금속 및 유해물질 3개 항목 불검출
15 고성	5개 정점 (해양수질 과 동일)	해양 수질과 동일	10개 항목	-	· 조사결과에 대한 설명이 없음 · 중금속 및 유해물질 3개 항목 불검출

나) 조사항목

조사항목의 경우 9~15개로 평가서별로 차이를 나타냈다. 이와 같은 차이점은 주로 pH, 일부 중금속 및 유해물질 등의 조사 여부에 따른 차이점에 기인하였다. 해수교환이 원활히 이루어지지 않는 폐쇄해역이나 항내의 경우 황화물에 대한 조사가 필수이거나 이에 대한 조사를 실시한 경우가 1건이었으며, TOC에 대해 조사한 경우가 1건, 중금속을 ppb단위까지 분석한 경우가 1건이었다. 또한 중금속 및 유해물질에 대해서만 조사한 경우도 있어 해양저질에 대한 조사가 매우 미흡함을 알 수 있었다.

다) 조사결과

조사결과의 경우 조사결과에 대하여 분석 없이 일반적인 설명만을 한 경우가 10건이며, 2건의 경우는 표만 제시하고 설명이 전혀 없었다. 그러나 3건의 경우는 조사결과에 대한 분석을 실시하였다. 이와 같이 해양저질의 경우도 해양수질과 마찬가지로 단순히 조사에 그치고 조사된 결과에 대한 분석이 없는 것이 문제점인 것으로 파악되었다.

또한 조사해역 및 주변해역을 대상으로 기존에 조사된 자료 또는 타 해역과 서로 비교하여 해양저질에 대해 평가한 경우는 4건이었으나 이 경우는 주로 조사해역이 타 해역에 비해 오염이 안 되어 있다는 것을 증명하는 데 주로 이용하였다.

또한 중금속 및 유해물질에 대한 조사결과 2~3개 항목을 제외하고 다른 중금속은 검출되지 않는 것으로 제시한 경우가 6건으로, 해양저질도 해양수질과 마찬가지로 중금속의 경우 고감도의 분석기를 이용하여 분석을 하여 ppb단위까지 제시하고 분석기록지를 첨부하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

3.1.1.3 해양물리조사

해양의 물리적 환경은 해양 물리적인 현상 자체뿐만 아니라 물리적인 과정은 해양 지질학·화학적·생물학적인 과정에 주요한 영향을 미치기 때문에 환경영향평가서 해양환경에 대한 현황을 파악하기 위해 해양물리에 대한 조사를 실시하고 있다. 사업 대상 해역의 해양 물리 현황은 해양환경을 판단하는 데 가장 기본적이며 주요한 요소

이므로 적절한 관측 계획, 정확하고 충분한 조사와 조사 결과의 충분한 해석이 필요하다.

예를 들어 해양에 방파제 등을 건설하는 경우 파동 및 흐름의 변화를 가져오며 이들 해양의 물리적인 변화는 수질의 변화, 해안 및 주변 저질의 퇴적상의 변화, 이와 관련된 생물상의 변화 등을 유발하게 되어 연안환경 및 생태계에 매우 큰 영향을 미칠 수도 있다. 이와 같이 해양 관련 사업은 거의 모든 분야에서 유동장의 변화 등과 같은 물리적 환경변화를 유발할 수 있으며 이들의 현황조사는 해양물리적인 현황 파악뿐만 아니라 영향이 예상되는 해양 환경 및 해양생태계 전반과 연관하여 고려되어야 한다. 따라서 사업대상 해역에 대한 해양 물리 현황 조사 및 이에 따른 물리적인 현황파악은 영향 예측을 위한 적절한 모델 개발 및 검증, 합리적 예측의 기초자료를 제공할 수 있게 한다. 또한 현장자료에 근거한 적절한 예측은 사업시행으로 예상되는 악영향을 최소화할 수 있는 저감방안의 설정에 매우 유용하게 사용될 수 있다. 이와 같은 해양 물리 현황조사의 중요성에도 불구하고 현행 평가서의 대부분은 이 분야에 대하여 매우 부족한 것이 현실인 것으로 판단된다.

본 연구에서 조사한 기존 15개 평가서에 대하여 조사정점 선정 및 정점수, 조사범위, 조사항목 및 조사결과에 대한 분석을 실시하였다. 해양물리 현황 파악을 위한 조사항목은 현행 평가서 기재 요령에 수록된 7개의 항목 즉 ① 해안·해저지형 및 수심, ② 밀도(수온 및 염분), ③ 해류(non-tidal flow), ④ 조석(tide) 및 조류(tidal flow), ⑤ 파동(파고 및 파향), ⑥ 확산계수, ⑦ 담수유입량에 대하여 검토하였다.

1) 해양물리 조사의 현황

해양환경의 다른 분야에서 검토한 사업과 동일하게 해역별로 임의로 선정된 15개의 사업을 대상으로 해양물리에 대한 조사정점, 조사범위, 조사시기, 조사항목, 조사의 특징 및 조사결과의 현황에 대해 분석을 실시하였다.

가) 조사정점 선정 및 정점수

해양물리조사를 위한 조사정점의 선정 및 정점수에 대해 조사하였다. 해양의 성층

과 관련된 수온 및 염분의 조사정점의 경우 대부분 수질 관측 항목에서 조사하고 있으며 조사정점은 3~10지점의 분포를 나타냈으며 4개 사업은 이에 대한 관측을 실시하지 않았다. 조석의 경우 1~2개 정점에서 관측을 실시하였으며 주변에 기존 자료가 있는 경우 최대 9지점까지 자료를 분석하였다. 조류의 경우 1~4지점 조사를 실시하였으며 기존자료를 이용한 경우 최대 7지점까지 조류를 분석하여 제시하였다. 조류의 관측을 실시하지 않고 주변 조류의 개황만을 나타낸 경우도 7건이나 되었다. 층별 관측을 실시한 경우는 4건으로 비교적 적었다. 조류의 분포를 조사하기 위한 부표추적은 3건으로 나타났다. 해류의 경우는 따로 해류의 측정은 하지 않고 조류 관측 결과의 잔차류 형태로 표시하였으며 5건이 단지 관측 정점의 단기간의 관측 자료를 이용하여 특정시간에 대하여 나타내었다. 파랑에 대한 조사는 대부분 기존조사와 문헌을 이용하여 조사하였으며 총 10건에서 파동에 대하여 추정 제시하였다. 확산계수 및 담수유입량에 대한 조사는 조사대상사업에서 발견할 수 없었다. 이와 같이 조사를 수행한 평가기관에 따라 조사정점의 수에 있어 차이점이 많았으며, 조석 및 조류 조사는 비교적 충실히 수행되고 있으나 해류, 성층도, 확산계수, 담수유입량 등에 조사는 매우 미흡한 것으로 나타났다.

나) 조사범위

조사범위의 경우 대부분의 현장 조사는 1~2km 이내에서 실시되고 있으며 부표추적의 경우 50km를 정도를 포함한 경우도 있어 그 편차가 매우 심하게 나타났다. 현장 관측을 실시하지 않고 기존 자료를 이용하는 경우 관측 위치가 사업 현장에서 너무 이격되어 있는 경우도 많았으며 그러한 경우 사업대상 해역과의 연관성에 대한 문제도 내포하고 있는 것으로 사료된다. 수온 및 염분의 경우에는 700m에서 5km까지 그 범위가 다양하였으며 다른 항목과 마찬가지로 정점의 범위 선정 사유에 대한 언급이 없는 경우가 대부분이었다. 조석의 경우도 대부분 1km 이내에서 관측을 실시하였고 기존 자료를 이용하는 경우 비교적 먼 지점의 자료를 이용하는 경우도 많았다. 조류의 경우 2km 이내에서 대부분 관측이 이루어졌으나 1건의 경우에는 8km의 범위를 가지는 경우도 있었다. 정점 선정에 대한 분석결과 정점 선정에 대한 뚜렷한 계획

(sampling strategy)을 제시한 경우는 거의 없었으며, 해류의 경우 대부분이 대상해역의 수평적 분포를 파악하는 데 매우 미비한 조사를 실시하고 있다.

다) 조사시기

수온·염분의 경우 대부분 4회 이상 조사를 실시하였으며 수질조사와 같은 시기에 이루어진 관계로 대부분 계절별 조사를 실시하였다. 동계 및 추계 조사를 실시하지 않은 경우가 각각 1건 있었다. 조석의 경우 주변 관측 정점이 있는 경우 1년 연중 관측하였으며 실제 현장을 관측하는 경우에는 계절조사와 상관없이 다양한 시기에 관측하였으며 대략 30일 정도 관측하였다. 조류의 경우도 계절별 관측이 아닌 일정시기에 대조기 및 소조기시 24시간 이하 관측이 많았으며 15일 이상 장기 관측은 2개 사업에서 이루어졌다. 부표관측도 대부분 24시간 이하의 기간동안 이루어지고 있다. 해양 물리 항목에 대한 조사는 수질항목에서 주로 관측되는 수온 및 염분을 제외하고는 계절조사를 실시하지 않고 있으며 이에 따라 계절별 해양 물리 현황은 현재의 평가서를 대상으로 조사한 결과 이루어지지 않고 있다고 해도 과언이 아니다. 이는 조류가 우세할 것으로 예상되는 서해 및 남해를 제외하더라도 동해에서 수행되는 사업조차도 계절별 관측이 이루어지지 않고 있는 점은 매우 심각한 상황으로 해석된다. 서해 및 남해라 하더라도 해류(항류)에 대한 조사가 요구되며 그 이유로는 해양에서 이런 비조석 성분의 유동이 오염물질의 거동 및 생태계에 영향을 주는 주요한 요소로서 작용되기 때문이다.

라) 조사항목 및 방법

조사항목의 경우 대부분의 조사가 수온·염분을 관측하고 있으나 수온관측을 실시하지 않고 염분만 관측한 경우도 3건이나 되었으며 수온만 관측한 경우도 2건으로 나타났다. 대부분의 경우 수온 및 염분은 채수를 통하여 이루어졌으며 CTD 관측은 3건에 대하여 이루어졌다. 조석 및 조류의 경우는 대부분의 평가서에서 조사되고 있으며 조석은 자위검조기에 의하여, 해조류는 해류계에 의한 계류관측이 대부분이며 표류계에 의한 관측도 일부 평가서에서는 수행되었다. 파동에 대한 조사는 파동이 주

요한 항목의 경우 조사되었으나 대부분 실측보다는 기존자료 및 문헌 등의 조사나 모델에 의한 추산치를 이용하였다. 이상의 조사결과 검토 대상 평가서의 해양물리 현황에 대한 조사항목은 수온, 염분, 조석, 조류는 어느 정도 이루어지고 있으나, 해류, 파동, 확산 계수, 담수 유입량 등에 대한 현황조사는 미흡한 실정이라고 판단된다.

마) 조사결과

수온 및 염분의 경우 대부분 해양 수질에서 다루고 있으며 그 결과도 층별(표, 중, 저층)로 연평균값 및 관측시의 값을 제시하는 것으로 한정되어 있다. 수온·염분의 계절별 수평분포도나 수직분포도, 수온·염분을 밀도로 환산한 계절별 수층안 정도 등에 대한 분석이 전무한 실정이다. 따라서 현행 영향평가에서 수온·염분 관측은 해양 물리 현황조사를 위한 관측이라기보다는 해양화학의 현황을 파악하기 위한 수질 항목으로만 간주하는 것으로 파악되었다.

조석은 1건을 제외하고는 대부분 조화상수와 비조화상수를 분석하고 있어 현행 물리 항목에 대하여 가장 충실한 조사와 분석을 실시하는 항목으로 평가된다. 그러나 조석의 공간분포(위상 및 진폭) 및 전파특성에 대한 분석은 미흡한 것으로 조사되고 있다. 조류의 경우 몇몇 사업에서 주요 분조에 대한 조화분해를 실시하였으며 이와 더불어 층별, 유향별 시계열, stick diagram, 조류분산도, 수평벡터도, 부표 궤적 등을 대조기, 소조기, 낙조류, 창조류를 구분하여 조사기관별로 다양하게 제시하고 있다. 조석과 더불어 조류 항목도 비교적 현행 조사시 충실하게 조사되는 항목이나 조석과 마찬가지로 공간적인 분포 및 계절 특성이 상세히 분석되지는 못하는 실정이다.

해류의 경우는 수평 및 수직적인 분포도, 계절적인 변화 등의 기본적인 조사 및 결과 제시는 전무하며 단지 조화분해 후의 잔차류의 정보로서 관측 정점에서 제시되고 있는 실정이다. 위에서 언급한 바와 같이 항류 및 해류의 중요성에 비추어 볼 때 현행 평가서 작성에서 해양물리 현황 조사 중 가장 취약한 분야로서 개선이 요구된다고 할 수 있다. 파랑에 대한 조사도 대부분 관측조사보다는 특정 모형을 이용한 추정치를 제시하고 있으며 추산치도 관측 결과에 의한 모델 구성 및 검증이 이루어지지 않으므로 오차가 클 것으로 예상된다. 확산계수의 경우 대부분 관측을 수행하고 있지

않으며 단지 영향예측 모델에서 계산식에 의하여 산출되는 경우가 대부분인 것으로 조사되었다. 그러나 오염물질의 확산이 중요시되는 사업의 경우 해양 유동의 정확한 조사와 함께 확산계수의 관측 및 검증이 영향예측의 신뢰성을 높이는 수단으로 작용할 것으로 사료된다. 담수 유입량의 경우 대상 해역에 따라 담수유입이 있는 경우와 없는 경우가 있어 일률적으로 설명하기는 어려우나 계절별 및 홍수시 등의 담수 유입을 고려하는 것이 대상 해역의 각종 영향을 예측하는 데 중요하므로 이에 대한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

3.1.2 개선방안

기존 환경영향평가서에 대한 분석결과를 통해 나타난 문제점을 근거로 하여 해양 동·식물을 포함한 해양환경에 대한 현황조사의 개선방법을 제시하였다.

3.1.2.1 해양동·식물 현황조사

1) 조사항목

조사항목의 경우 현재의 평가서 기재요령에 제시되어 있는 조사항목에 큰 문제점은 없다. 즉 ① 식물플랑크톤, ② 동물플랑크톤, ③ 조간대 부착생물(조간대동물, 해조류), ④ 저서생물, ⑤ 어란 및 치자어, ⑥ 해산어류에 대해 조사를 실시한다.

그러나 이 외에 추가하여야 할 항목은 다음과 같다.

○ 클로로필-a

기존의 식물플랑크톤의 출현개체수의 관찰에 의한 정량자료는 해양생태계의 먹이망 및 에너지 순환 측면에서 식물플랑크톤의 역할을 규명하기 어려운 점이 있으므로 클로로필-a에 의한 정량분석이 필수적이다. 또한 세포크기가 큰 식물플랑크톤이 우점할 경우 전체적인 출현개체수는 매우 적으나 실질적으로 클로로필-a의 양은 높을 수 있다.

○ 해양미생물

해양미생물은 일차생산자로, 분해자로 또한 먹이망에 있어 중요한 먹이로 그리고 해양의 물질순환에 매우 중요한 역할을 한다. 또한 미생물의 분포로 해양환경의 특성을 파악할 수 있다.

○ 원생동물

식물플랑크톤과 동물플랑크톤 못지 않게 원생동물의 중요성과 해양생태계에서의 기여도가 매우 높은 것으로 연구결과가 많이 보고되고 있다. 따라서 섬모충류 및 와편모류 등의 조사가 추가되어야 한다.

○ 염생식물(사업예정지역이 간석지로 구성되어 있을 경우)

염생식물은 염분이 높은 지역에 생육하는 식물을 광의의 염생식물로 지칭한다. 우리나라 서해안은 간석지를 중심으로 해안식생이 잘 발달되어 있으며 그 면적이 대단히 넓은데 우리나라의 염생식물로 구성된 해안식생은 세계적으로 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 특히 염생식물에 의한 일차생산량은 먹이연쇄를 이루는 종속영양생물의 최초 먹이원이며, 염생식물의 생산 및 낙엽의 분해와 이동은 종속영양생물의 생산성과 분포를 매개하는 인자로서 중요한 생태계의 기능을 갖는다. 일반적으로 염생식물의 지상부 생산량의 1%가 Particulate organic matter상태로 해양으로 유출되나, 네델란드 해안에서는 5~6%가, 폭풍우가 수반될 경우 10%까지 씻겨 내려간다는 보고가 있어, 염생식물 생산의 최소한 90% 이상이 염습지에서 분해되어 부니질 먹이사슬로 이동될 것으로 예상된다.

2) 조사범위, 조사정점 및 조사시기

조사범위 및 조사정점의 선정은 대상사업의 종류 및 규모, 해역특성 등을 감안하여 결정하여야 하므로 조사범위 및 조사정점의 수를 명확히 구분지을 수는 없다. 그러나 현재 이에 대한 지침이 명확하지 않아 현재는 평가자에 의해 임의로 선정되고 있으므로 어느 정도의 범위를 구분해 줄 필요성이 있다. 조사범위, 조사정점 및 조사시기를 다음 사항을 참조하여 결정한다.

가) 조사범위

- ① 대상사업으로 인해 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역과 영향범위에 포함되지 않는 해역(사업지로부터 최소 2~3km 이상의 거리)을 포함시킨다.
- ② 해양생태계에 대한 조사를 실시하기 전에 해양모델링(부유사확산 예측, 해수유동변화 예측, 지형변화예측, 오염물질확산 예측)을 실시하여 이 결과에 근거하여 조사범위를 결정한다.
- ③ 플랑크톤, 어란 및 치자어와 같이 해류에 크게 의존하는 생물의 조사를 위해서는 대상해역의 물리적 특성을 파악하여 조사범위를 결정하여야 한다.
- ④ 대상해역 주변의 기존 조사자료를 수집하여 이들 자료를 분석한 후 조사계획을 수립한다.
- ⑤ 조사범위 선정의 근거를 명시한다.

나) 조사정점

- ① 조사정점은 바둑판 배치, 중점을 둔 바둑판 배치, 농도변화에 대응한 배치, 방사선상 모양의 배치의 방법 중 사업특성 및 해역특성을 고려하여 선정한다.
- ② 대상해역의 수질환경을 지배하는 물리적 요인, 오염원, 하천 유입상황을 파악하고 주어진 여건 하에서 최적의 대표점을 선정한다.
- ③ 기존 조사자료를 수집하여 기존 조사와 비교가 가능하도록 최소 1지점 이상 같은 지점에 조사정점을 선정한다.
- ④ 해양생태계, 해양수질 및 저질을 서로 비교·분석이 가능하도록 조사정점을 같이 선정한다. 특히 저질조사 저서생물 조사는 같은 지점을 대상으로 실시한다.
- ⑤ 정점간의 거리간격은 각각의 정점사이의 측정치가 무리 없이 내포될 수 있을 거리로 결정한다.
- ⑥ 정점의 배치는 환경요소의 변화가 큰 해역의 경우일수록 조밀하게 선정한다.
- ⑦ 1차 조사결과를 분석하여 그 결과에 근거하여 조사정점을 재조정하는 것도 바람직하다.
- ⑧ 조사정점 선정의 근거를 명시한다.

다) 조사정점의 수

- ① 조사범위를 먼저 결정한 후 조사범위 내의 해양생태계 특성을 명확히 파악할 수 있도록 조사정점을 가능한 많이 선정한다.
- ② 조사정점의 수는 사업규모, 사업해역 및 사업특성에 따라 그 수를 결정하여야 하므로 정확히 구분지을 수는 없으나, 최소한 플랑크톤 및 조하대 저서생물의 경우 6지점 이상, 조간대 저서생물의 경우 4지점 이상을 선정하여야 한다.
- ③ 서해 및 남해안은 조석에 의한 조류에 의해 수괴가 큰 영향을 받으므로 서해 및 남해안의 생태계조사는 대표지점을 선정하여 한 조사정점에서 시간에 따른 변화를 관찰하는 연속관측을 실시하는 것이 바람직하다.
- ④ 조사정점의 수가 대상해역의 해양생태계 특성을 파악하는 데 충분하다는 근거를 명시한다.

라) 조사시기

- ① 조사회수는 계절적인 변동을 파악하기 위하여 연 4회 이상으로 한다
- ② 조사시기는 가능한 한 춘계의 경우 3월말~5월초, 하계의 경우 7월초~8월 중순, 추계의 경우 9월말~10월말, 동계의 경우 12월말~1월말에 실시한다.
- ③ 계절별 조사는 가능한 한 3개월 간격으로 실시한다.

3) 조사방법

가) 식물플랑크톤 및 해양미생물

- ① 표준 수층별 채수를 통한 정량분석 및 망목 20 μ m, 구경 30cm 이상의 원추형 네트의 수직인양으로 보완적 정성분석을 실시한다.
- ② 조사지점의 수심을 제시하고, 수심이 5m 이하인 경우 표층수, 5~10m인 경우 표층수와 저층수를, 10m 이상인 경우 표층수, 중층수, 저층수에 대해 조사한다.
- ③ 클로로필-a에 대해 조사한다.
- ④ 해양미생물의 경우 형광현미경, flow cytometer 등을 이용하여 계수하고, 생산

력은 thymidine method 등으로 측정한다.

나) 동물플랑크톤

- ① 플랑크톤은 네트의 인양을 기본으로 하기 때문에 네트의 망목 크기의 결정이 중요하다. 이에 표준화를 위해서는 $300\mu\text{m}$ 크기를 사용하며, 가장 바람직한 경우는 $150\sim 200\mu\text{m}$ 크기와 $300\mu\text{m}$ 크기를 동시에 사용하는 것이다.
- ② 저층으로부터 표층까지 수직채집을 실시한다.
- ③ 여과된 해수의 수량은 유량계를 네트에 설치하여 계측한다.

다) 저서생물

- ① Van Veen grab(0.1m^3)을 사용하여 2~3회 정량 채집한다. 채취된 퇴적물은 선상에서 망목 1mm 인 체를 사용하여 이물질을 씻어내고 고정 후 동정·계수한다.
- ② 이외에 인근해역에서 조업한 어선의 그물에 걸린 저서생물을 수거하여 분석한다.

※ 어선의 자망에 걸려 나오는 동물들은 해양환경을 알려주는 자료가 되므로 모든 계절에 조사할 필요가 있다.

※ 저서생물조사의 중요성 : 연안의 경우 육지로부터 유입되는 오염물질이 최종적으로 수용하는 곳이 해저퇴적물과 그곳에서 서식하는 저서생물이다. 저서생물은 대상해역의 장기간에 걸친 오염영향을 보존하고 반영한다. 따라서 저서생물에 대한 조사를 통해 대상해역의 해양환경의 오염현황을 정확히 판단할 수 있으므로 저서생물에 대한 조사는 매우 중요하다.

라) 조간대 생물

- ① 경성기질의 경우 Line transect 법에 의해 방형구($50\times 50\text{cm}$)를 상단부에서 하단부까지 설치하여 조사를 실시한다.
- ※ 조무래기따개비(*Chthamalus challenger*), 좁쌀무늬총알고둥(*Nodilittorina exigua*), 굵은줄격판담치(*Septifer virgatus*) 등과 같이 밀집 분포하는 소형종의 경우 소형

방형구(10×10cm) 설치하여 채집하나, 원래의 방형구(50×50cm) 면적으로 환산한다.

- ② 경성저질의 조하대의 경우 1, 3, 5, 10m에 존재하는 생물의 서식밀도와 생체량을 표기한다.
- ③ 암반대와 사질 니질 등 조간대 형태에 따른 서식공간과 서식생물의 변화가 있으므로 해안선에 따른 저질의 형태를 조사하여 명기하거나 이들을 분리하여 명기한다.
- ④ 이 외에 해조류의 경우 별도로 스쿠버 잠수를 통해 조하대를 관찰하는 방식으로 조사한다.

※ 조간대 조사의 중요성 : 조간대는 조석에 따라 그 모양이 변하는 형태로 생물상이 다양하다. 특히 그 서식공간의 위치에 따라 물에 잠기는 양 및 빛수가 결정되므로 최고조위와 저조위의 서식환경은 매우 달라진다. 따라서 이들을 정확히 조사하기 위해서는 대표적인 지역을 선정하여 최저조위시를 선택하여 Line transect 법으로 조사하는 것이 바람직하다. 더불어 서식공간에는 암반대와 사질 니질 등 형태에 따른 서식공간과 서식생물의 변화가 있으므로 이들을 보완하기 위해서는 해안선에 따른 저질의 형태를 조사하여 명기할 필요가 있다.

마) 어란 및 치자어

- ① 난·치자어네트를 이용하여 1m/sec의 속도로 10분간 예인하여 표층의 대상생물을 채취한다.

바) 해산어류

- ① 수협 등을 통해 계통 출하된 어류의 조사나 인근 어업활동을 하는 어민의 협조 등의 방법으로 조사를 실시한다.

※ 사업지구 인근 해역에서 조업한 자망어선 및 정치망 어선의 조업결과를 조사하여, 조사 당일의 어획량을 파악하고, 탐문조사를 하여 어획고를 조사한다. 아울러 1척의 자망어선에 어획한 전체 어획물의 수를 계산한다.

- ② 조사해역의 중요 해양동·식물(희귀종, 보존가치가 있는 종 등)의 종 목록 및 예상 자원량에 대한 조사를 실시한다.
 - ③ 조사해역의 상업적 가치가 있는 어패류의 종 목록 및 예상 자원량에 대한 조사를 실시한다.
 - ④ 사업시행으로 인해 영향을 받을 수 있는 양식장 또는 어업활동의 위치를 제시한다.
 - ⑤ 문헌 및 탐문조사를 통해 주변해역의 회유성, 정착성, 연안성, 소하성 어류에 대한 조사를 실시한다.
- ※ 저인망 사용 금지 : 해산어류의 경우 일반적으로 저인망 트롤 방식을 선호하나, 이 방식은 우리나라에서 자원보호를 위해 법적으로 엄하게 규제하고 있어 조사해역에서 어구를 확보하기 어려울 뿐 아니라 조사목적에 의한 어획 역시 법적으로 금하고 있다. 또한 대안으로 많은 조사가 소형으로 제작된 어구에 의해 어류의 채집이 이루어져 자료의 신뢰도를 매우 낮게 하고 있다.

4) 조사결과

- 조사결과는 가능한 정량화한다.
- 각 조사항목별로 도표를 이용하여 결과를 알기 쉽게 정리한다.
- 동·식물 종들의 학명과 국명을 기재한다.
- 조사된 결과의 현존량 및 서식밀도 등에 대한 일반적인 설명이 아닌 조사결과를 토대로 조사해역의 특성에 대한 분석을 실시한다.
- 현지조사결과와 기존 문헌조사결과를 서로 비교하여 해양생태계의 연도별 변화양상을 분석한다.
- 각 계절별 특성을 설명하고 별도로 종합고찰을 한다.

가) 플랑크톤

- ① 계절별로 정점별 종조성 및 현존량을 나타낸다.
- ② 계절별로 정점별 우점종 및 우점율을 나타낸다.

- ③ 계절별로 정점별 다양도지수, 균등도지수 및 우점도지수를 나타낸다.
- ④ 계절별로 군집분포에 기초한 조사정점에 대한 집괴분석결과를 나타낸다.
- ⑤ 계절별로 정점별 엽록소 농도분포를 나타낸다.
- ⑥ 출현종수 및 현존량에 대해 기존 자료와 비교 분석을 한다.
- ⑦ 조사결과를 통해 조사해역의 특성을 평가한다.

나) 저서생물

- ① 계절별로 동물군별, 정점별 밀도와 생체량을 나타낸다.
- ② 계절별로 정점별 우점종 및 우점율을 나타낸다.
- ③ 계절별로 정점별 다양도지수, 균등도지수 및 우점도지수를 나타낸다.
- ④ 계절별로 군집분포에 기초한 조사정점에 대한 집괴분석결과를 나타낸다.
- ⑤ 출현종수 및 현존량에 대해 기존 자료와 비교 분석을 한다.
- ⑥ 저서생물의 우점종에 대한 섭식유형의 특성으로 현재의 오염정도를 식성지수 값(III) 또는 저서오염지수(BPI)로 나타내어 환경오염정도를 평가한다.
- ⑦ 조사결과를 통해 조사해역의 특성을 평가한다.

다) 조간대생물

- ① 계절별로 동물군별, 정점별, 조위별 서식밀도를 나타낸다.
- ② 계절별로 정점별 우점종 및 우점율을 나타낸다.
- ③ 계절별로 정점별 다양도지수, 균등도지수 및 우점도지수를 나타낸다.
- ④ 계절별로 군집분포에 기초한 조사정점에 대한 집괴분석결과를 나타낸다.
- ⑤ 해안선의 단면측량을 도시하여 나타낸다.
- ⑥ 해조류의 경우 종별 피도, 빈도를 구한 후, 상대피도, 상대빈도를 구하고, 중요도는 상대피도와 상대빈도의 산술평균값으로 나타낸다.
- ⑦ 출현종수 및 현존량에 대해 기존 자료와 비교 분석을 한다.
- ⑧ 조사결과를 통해 조사해역의 특성을 평가한다.

라) 어란 및 치자어

- ① 계절별로 정점별 출현종 및 출현량을 나타낸다.
- ② 주변해역의 어란 및 치자어의 산란구조의 특성과 산란장의 위치를 나타낸다.
- ③ 출현종수 및 현존량에 대해 기존 자료와 비교 분석을 한다.
- ④ 조사결과를 통해 조사해역의 특성을 평가한다.

마) 해산어류

- ① 각 계절별로 출현종 및 출현량 비율을 나타낸다.
- ② 사업지구 인근 해역에서 조업한 자망어선 및 정치망 어선의 조업결과를 나타낸다.
- ③ 희귀종 및 보존가치가 있는 종 등의 종 목록 및 예상 자원량을 나타낸다.
- ④ 상업적 가치가 있는 어패류의 종 목록 및 예상 자원량을 나타낸다.
- ⑤ 양식장 또는 어업활동의 위치를 나타낸다.
- ⑥ 주변해역의 회유성, 정착성, 연안성, 소하성 어류에 대한 조사결과를 나타낸다.

바) 갯벌생태계에 대한 조사

갯벌생태계에 대해서는 다음과 같은 내용에 대해 조사를 실시한다.

- ① 갯벌의 지형과 퇴적환경
- ② 갯벌의 미생물분포와 유기물분해 활성
- ③ 갯벌의 중형저서동물의 군집구조
- ④ 갯벌의 대형저서동물 군집과 저서동물의 공간분포
- ⑤ 갯벌의 해조류와 식이물로서의 저서동물
- ⑥ 염습지 저서생물의 수직분포
- ⑦ 갯벌의 경제성 평가

3.1.2.2 해양수질 및 저질 현황조사

1) 조사항목

조사항목의 경우 현재의 평가서 기재요령에 제시되어 있는 조사항목에 큰 문제점은 없다.

해양수질의 경우 일반수질항목(수온, 염분도, pH, 부유물질, 용존산소 농도 및 포화도), 영양염류(T-N(NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N), T-P), 황화수소, COD, 대장균, 유분, 중금속류 및 특정유해물질(Cr⁶⁺, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, Ni, PCB, 유기인)에 대해 조사를 실시한다.

해양저질의 경우 입도, 함수율, 강열감량, 황화물, COD, 유분, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, Fe, Cr, Ni, Co, PCB, 유기인에 대해 조사를 실시한다.

그러나 이 외에 추가하여야 할 항목은 다음과 같다.

○ TOC

COD 측정은 유기물 농도의 간접적인 지표로 정확한 해양수질에 대한 평가를 위해서는 직접적인 유기물의 지표인 TOC에 대한 조사가 필요하다. 선진국의 경우 대부분 TOC를 유기오염 물질 측정방법으로 시행하고 있다.

○ 해양저질의 용출실험

준설 매립사업 및 폐쇄해역에서 시행하는 사업의 경우 해양저질에 대한 용출실험을 실시하여야 한다. 영양염 및 중금속의 용출은 특히 폐쇄성 해역에서 문제가 된다. 측정방법에는 관측, 현장실험 및 실내실험의 방법이 있다. 이 중 가장 간단한 방법으로 실내실험에 의해 측정하는 것으로 저질로부터 현탁시킨 조사대상 물질을 추출하여 그 농도를 구하는 방법으로 용출률은 수중으로 유리된 양과 저질에 당초 포함되어 있던 양의 비율로 구한다.

2) 조사범위, 조사정점 및 조사시기

해양생태계와 마찬가지로 해양수질 및 저질의 경우도 조사범위 및 조사정점의 선정은 대상사업의 종류 및 규모, 해역특성 등을 감안하여 결정하여야 하므로 조사범위 및 조사정점의 수를 명확히 구분지을 수는 없다. 그러나 현재 이에 대한 지침이 명확

하지 않아 현재는 평가자에 의해 임의로 선정하고 있으므로 어느 정도의 범위를 구분해 줄 필요성이 있다. 조사범위, 조사정점 및 조사시기를 다음 사항을 참조하여 결정한다.

가) 조사범위

- ① 대상사업으로 인해 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역과 영향범위에 포함되지 않는 해역(사업지로부터 최소 2~3km 이상의 거리)을 포함시킨다.
- ② 해양수질 및 저질에 대한 조사를 실시하기 전에 해양모델링(부유사확산 예측, 해수유동변화 예측, 지형변화예측, 오염물질확산 예측)을 실시하여 이 결과에 근거하여 조사범위를 결정한다.
- ③ 조사범위 선정의 근거를 명시한다.

나) 조사정점

- ① 조사정점은 바둑판 배치, 중점을 둔 바둑판 배치, 농도변화에 대응한 배치, 방사선상 모양의 배치의 방법 중 사업특성 및 해역특성을 고려하여 선정한다.
- ② 대상해역의 수질환경을 지배하는 물리적 요인, 오염원, 하천 유입상황을 파악하고 주어진 여건 하에서 최적의 대표점을 선정한다.
- ③ 기존 조사자료를 수집하여 기존 조사와 비교가 가능하도록 최소 1지점 이상 같은 지점에 조사정점을 선정한다.
- ④ 해양생태계, 해양수질 및 저질을 서로 비교·분석이 가능하도록 조사정점을 같이 선정한다.
- ⑤ 해양저질의 경우 해저지형과 밀접한 관계가 있기 때문에 해도 및 해저지형도 등을 참조하여 정점을 결정한다.
- ⑥ 정점간의 거리간격은 각각의 정점사이의 측정치가 무리 없이 내포될 수 있을 거리로 결정한다.
- ⑦ 정점의 배치는 환경요소의 변화가 큰 해역의 경우일수록 조밀하게 선정한다.
- ⑧ 1차조사결과를 분석하여 그 결과에 근거하여 조사정점을 재조정하는 것도 바람

직하다.

- ⑨ 조사정점 선정의 근거를 명시한다.

다) 조사정점의 수

- ① 조사범위를 먼저 결정한 후 조사범위 내의 해양환경 특성을 명확히 파악할 수 있도록 조사정점을 가능한 많이 선정한다.
- ② 조사정점은 사업규모를 감안하여 결정하나, 가능한 한 8지점 이상을 선정한다.
- ③ 서해 및 남해안은 조석에 의한 조류에 의해 수위가 큰 영향을 받아 조석주기별로 차이가 심하게 발생하는 바, 대표지점을 선정하여 한 조사정점에서 시간에 따른 변화를 관찰하는 연속관측을 실시하는 것이 바람직하다.
- ④ 조사정점의 수가 대상해역의 해양환경 특성을 파악하는 데 충분하다는 근거를 명시한다.

라) 조사시기

- ① 조사회수는 계절적인 변동을 파악하기 위하여 연 4회 이상(대규모 사업의 경우 1~2월 간격으로 조사)으로 한다.
- ② 조사시기는 가능한 춘계의 경우 3월말~5월초, 하계의 경우 7월초~8월 중순, 추계의 경우 9월말~10월말, 동계의 경우 12월말~1월말에 실시한다.
- ③ 계절별 조사는 가능한 3개월 간격으로 실시한다.

3) 조사방법

- ① 조사방법은 해양환경공정시험방법에 의하여 조사를 실시한다.
- ② 조사지점의 수심을 제시하고, 해양수질의 경우 수심이 5m 이하인 경우 표층수, 5~10m인 경우 표층수와 저층수를, 10m 이상인 경우 표층수, 중층수, 저층수에 대해 조사한다.
- ③ 시료의 취급 및 채취방법은 분석결과와 질을 결정할 정도로 매우 중요한 문제이므로 분석을 실시하는 사람이 직접 조사에 참가하는 것이 바람직하다.

④ 중금속의 경우 분석시 고감도의 분석기기를 이용하여 분석하여 $\mu\text{g}/\ell$ 단위로 제시한다.

※ 중금속에 대한 조사결과 검출되지 않은 것으로 제시하는 경우가 많다. 그러나 측정결과가 환경기준치를 초과하는지의 여부를 판단하기 위해 조사하는 것이 아니라 중금속의 연안에서의 거동을 파악하여야 하며, 특히 생물의 경우 매우 낮은 농도에서도 영향을 받기 때문에 정밀조사가 필요하다. 따라서 고감도의 분석기기를 이용하여 분석하여야 하며, 단위는 $\mu\text{g}/\ell$ 로 제시하여야 한다.

4) 조사결과

- 각 조사항목별로 도표를 이용하여 결과를 알기 쉽게 정리한다.
 - 조사결과에 대해서는 각 정점별, 조사항목별로 분석을 통해 조사해역의 해양환경의 특성에 대해 자세히 설명한다.
 - 조사결과에 조사시기(대조기, 소조기, 창조시, 낙조시)를 명시한다.
 - 조사된 결과 중 일부 정점, 항목 또는 계절에서 상이한 결과가 나올 경우 이에 대한 원인 분석을 실시한다.
 - 현지조사결과와 기존 문헌조사결과를 서로 비교하여 서로 상이한 결과가 나올 경우 이에 대한 원인을 분석한다.
 - 현지조사결과와 기존 문헌조사결과를 토대로 해양수질 및 저질의 연도별 변화양상을 분석한다.
 - 조사결과는 부록에 분석기록지를 첨부한다.
 - 해양저질의 조사결과와 저서생물에 대한 조사결과를 서로 비교 분석한다.
 - 각 계절별 특성을 설명하고 별도로 종합고찰을 한다.
 - 조사자료의 신뢰성을 높이기 위해 시료를 일정 기간 보관토록 한다.
- ※ 전문가에게 무작위 표본 추출에 의한 감수 및 검증을 실시함.

3.1.2.3 해양물리현황조사

1) 조사항목

해양물리 현황과 관련된 조사 항목은 다음과 같이 ① 해안·해저지형 및 수심, ② 밀도 (수온 및 염분), ③ 해류 (non-tidal flow), ④ 조석(tide) 및 조류(tidal flow), ⑤ 파동 (파고 및 파향), ⑥ 확산계수, ⑦ 담수유입량의 항목으로 나눌 수 있다.

2) 조사범위, 조사정점 및 조사시기

사업 대상 해역의 물리적 특성을 파악하기 위한 조사범위, 조사정점 및 조사시기 선정은 대상 사업의 종류 및 규모, 해역특성 등을 고려하여야 하므로 모든 사업에 적용되는 조사범위, 조사정점 및 조사시기를 규정하기는 매우 어려운 것으로 사료된다. 또한 해양물리의 조사항목별 조사범위, 조사정점, 조사시기도 다를 수 있으므로 여기서는 일반적인 기준에 대하여 제시하고자 한다. 해양물리조사는 사업대상해역의 해양물리적 현황 파악과 동시에 사업으로 인한 각종 영향 예측 및 저감방안 수립과 연결되어 있다. 따라서 해양물리 현황조사는 사업으로 인한 해양환경 및 생태계 등의 영향을 종합적으로 평가할 수 있는 틀 안에서 결정되어야 한다. 현행 평가서 기재요령에서는 조사범위에 대하여 “영향 예상 해역”으로 제한하고 있으며 조사정점 및 조사시기에 대하여는 구체적인 언급이 없는 실정이다. 이에 따라 해양물리 현황조사의 조사범위, 조사정점 및 조사시기는 평가자 임의대로 선정되고 있으며 평가자에 따라 주요한 점을 간과하고 있는 경우가 허다하다. 본 연구에서는 조사범위, 조사정점 및 조사시기를 기존의 경험을 토대로 다음과 같이 제시한다.

가) 조사범위

- ① 해양물리 현황 조사는 사업대상해역의 해양 물리적 특성을 파악함과 동시에 생태계, 오염물질 이동, 지형변화 등의 기초자료로 활용된다. 따라서 해양 물리 조사는 대상사업이 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역을 포함함과 동시에 영향 예측 모델링 구성, 검증 및 생태계, 퇴적상 변화 등 해양환경 전반의 평가를 고려하여 그 범위가 선정되어야 한다.
- ② 해양물리 현황조사의 범위 설정은 기존의 조사 자료 및 문헌을 통해 해당 사업 및 해당 해역에 대한 사전 평가(필요시 예비 관측 실시) 및 예비 모델링 등을

활용하여 사업시행으로 인한 영향범위를 충분히 검토한 후 조사범위를 결정한다.

- ③ 위의 내용을 토대로 조사범위를 선정하고 조사범위 선정 근거를 명시한다.

나) 조사정점

- ① 조사정점은 조사 항목에 따라 그 관측 정점의 수 및 위치가 다를 수 있으며 사업 특성, 해역 및 항목별 특성을 고려하여 정점을 선정하여야 한다. 정점 간격은 일반적으로 정점 사이의 측정치를 보간할 수 있는 거리 (즉 decorrelation scale 이하)로 결정한다. 연안에서 보간 가능 거리는 등수심을 따라 크며 등수심의 구배를 따라 짧으므로 등수심의 구배를 따른 정점 간격이 등수심을 따른 간격보다 조밀하게 배치하여야 한다.
- ② 수온 · 염분 관측은 사업대상 주변해역의 3차원 구조를 파악하기에 충분하도록 선정하며, 해양생태계, 해양수질 및 저질을 서로 비교 · 분석이 가능하도록 조사정점을 같이 선정한다. 조사 정점은 수평적인 변화에 대응한 배치를 구성하되 등수심 간격보다는 등수심의 구배쪽으로 간격을 조밀하게 관측하며 연직적으로는 성층구조를 파악할 수 있도록 연속적으로 관측점을 선정한다.
- ③ 해류 및 조류 조사는 기존 조사자료를 수집 분석하여 대상 해역의 유동을 충분히 파악한 후 정점을 선정하여야 한다. 사업의 종류, 해역 특성, 영향 범위 등에 따라 관측 정점의 수 및 위치를 다르게 할 수 있다. 기본적으로는 사업인접 지역 및 상류 및 하류지역 3개 지역을 중심으로 등수심의 구배에 따라 정점을 설정하여 사업대상해역의 유동 특성 및 영향 예측 모델 구성에 이용할 수 있도록 한다.
- ④ 조석 및 파랑은 대상해역의 최적의 대표점을 선정하여 조사한다.
- ⑧ 본격적인 관측 조사를 실시하기 전 예비조사 및 기존 관측 자료를 활용하여 관측 계획(sampling strategy)을 수립하는 것이 바람직하다.
- ⑨ 조사정점 선정의 근거를 명시한다.

다) 조사시기

- ① 우리나라 주변해역은 4계절의 계절적 특성으로 인하여 계절 변동이 예상되는 바 계절적인 변동을 파악하기 위하여 연 4회 이상(대규모 사업의 경우 1~2월 간격으로 조사)의 현황조사가 필요하다.
- ② 조사시기는 춘계의 경우 3월말~5월초, 하계의 경우 7월말~9월초, 추계의 경우 10월말~11월말, 동계의 경우 1월~2월에 실시한다.
- ③ 계절별 조사는 가능한 한 3개월 간격으로 실시하며 해류조사의 경우 2주 이상 해류 관측을 원칙으로 한다.

3) 조사방법

가) 해안·해저지형 및 수심

- ① 대상 해역의 고분해능의 해도를 이용하여 조사한다.
- ② 해도와 대상 해역의 현황을 비교하여 해도의 개정이 이루어지지 않았을 경우에는 그 차이를 상세히 기재한다.
- ③ 퇴적상의 변화가 심한 곳에서는 해도의 정보가 다를 수 있으므로 음향측심기 등을 통하여 상세히 조사하여야 한다.

나) 밀도(수온·염분)

- ① CTD 또는 STD를 이용하여 정점별 관측을 빠른 시간 내에 수행하며 연직적으로는 전 수층을 조사한다.
- ② 채수기를 이용하여 수온 및 염분을 측정하는 경우 표층, 중층, 저층의 수온 및 염분을 측정하며 이때 표층은 기온에 따른 온도변화를 고려하여 표층으로부터 1m 정도에서 채수하여 측정한다.

다) 조류 및 해류

- ① 해류계(직독식 또는 Doppler식)를 정점에 장기간 (2주 이상) 설치하여 측정하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 표류계(라그랑지 방법)를 이용하는 경우에는 조류 성분과 향류 성분을 분해할

수 있도록 충분한 시간동안 적절한 수의 표류계를 이용하여 관측을 실시한다.

- ③ 수심이 낮은 곳에서는 수층의 중앙에 대표 정점을 선정하여 측정하며 수심에 따라 표층, 중층, 저층의 해류를 측정한다. 표층 해조류 관측은 파동, 바람 등의 영향을 줄이기 위하여 표면으로부터 3m 이하에 설치하며 저층 유속 관측도 유사하게 설치한다.

라) 조위 및 파동

- ① 주변에 조위 측정이 이루어지지 않는 경우 조위계(tide gauge)를 이용하여 측정한다. 주변 해역에 조위자료가 없는 경우 평균해면에 대한 정보를 얻기가 어려우므로 장기적인 조위 관측을 통하여 사업대상 해역의 평균해면을 산출하고 조위의 특성을 파악하도록 한다.
- ② 파동은 파동계(wave gauge)를 이용하여 파고 및 파향을 측정한다.

마) 확산계수

- ① 사업대상해역에 대한 확산 계수는 직접적인 관측 및 간접적인 방법으로 산출할 수 있다. 직접적인 방법으로는 표류계를 이용하여 측정하며 간접적으로는 해류 관측자료 및 경험식을 이용하여 산출한다.

바) 담수유입량

- ① 주변의 강, 호수 등에 의해 담수가 바다로 유입되는 경우 계절별로 강우에 따른 담수 유입량을 조사한다. 조사방법은 문헌조사나 실측조사에 의한다.

4) 조사결과

현황조사에 대한 결과는 항목별로 자세히 분석되어야 하며 그 분석 결과를 토대로 사업 대상 해역의 해양 물리 특성을 4차원(공간 및 시간)적으로 제시하여야 한다. 이를 위한 기본적인 분석지침은 아래와 같다.

- 각 조사항목별로 그림 및 표를 이용하여 관측 결과를 일목 요연하게 정리한다.

관측 항목 및 관측 정점은 연안선 및 등수심도가 나타나는 그림에 표시하며, 관측 항목, 사용된 계측기, 관측 정점 위치, 관측기간 등은 별도의 표로 제시한다.

- 조사결과에 대해서는 각 정점별, 조사항목별로 분석을 통해 조사해역의 해양물리의 특성에 대해 자세히 설명한다.
- 조사결과에 조사시기(계절별 및 대조기, 소조기, 창조시, 낙조시)를 명시한다.
- 조사된 결과 중 일부 정점, 항목 또는 계절에서 상이한 결과가 나올 경우 이에 대한 원인 분석을 실시한다.
- 현지조사결과와 기존 문헌조사결과를 서로 비교 검증하며 서로 상이한 결과가 나올 경우 이에 대한 원인을 분석한다.
- 각 계절별 특성을 설명하고 별도로 종합고찰을 한다.
- 조사결과는 부록 및 디스켓 등으로 첨부한다.

가) 해안·해저지형 및 수심

- ① 대상 해역의 해안·해저지형 및 수심도에는 등수심, 위도 및 경도, 주변 주요 도시 이름 및 관측 정점 등을 포함하도록 한다.
- ② 사업 대상해역에 해안·해저지형 및 수심 등의 변화가 일어나고 있는 경우 그 경향을 상세히 기록한다.

나) 밀도(수온·염분)

- ① 계절별, 수층별 (표층, 중층, 저층) 수온 및 염분 수평분포도를 나타낸다. 수평분포도는 수평적인 분포를 파악할 수 있도록 증분 간격을 설정한다.
- ② 계절별 수온 및 염분의 연직단면도를 나타낸다.
- ③ 수온, 염분 자료로부터 밀도를 계산하여 대상해역의 밀도 분포를 계절별, 수층별, 연직단면별로 나타낸다.
- ④ 조사결과를 통해 조사해역의 특성을 평가한다.

다) 조류 및 해류

- ① 유동 조사자료의 스펙트럼 분석을 통하여 해역의 유동 특성을 파악하고 조류와 해류를 분해하여 나타낸다.
- ② 계절별 평균 조류도 및 해류도를 수평 평면도에 벡터적으로 나타낸다.
- ③ 조류는 계절별로 대조기 및 소조기에 대하여 나타내며 주요 분조에 대하여 나타낸다.
- ④ 해류는 분산도, 유형별 막대그래프, 해류시계열(stick plot) 및 통계적으로 나타낸다.
- ⑤ 조사결과를 통해 조사해역의 유동특성을 시공간적으로 평가한다.

라) 조위 및 파동

- ① 조위는 계절별 조화상수 및 비조화상수에 대하여 나타낸다.
- ② 파동은 계절별 파고 및 파향을 나타내며 통계적 분석 결과를 나타낸다.
- ③ 계절별로 조사해역의 조위 및 파동 특성을 평가한다.

마) 담수유입량

- ① 계절별로 담수유입량을 나타낸다.
- ② 홍수시 및 갈수시의 담수유입량을 나타낸다.
- ③ 계절별 및 홍수시/갈수시 주변해역에 미치는 담수의 영향을 평가한다.

3.2 영향예측

3.2.1 현황 및 문제점

현황조사항목과 마찬가지로 방식으로 현재의 환경영향평가서의 영향예측의 현황 및 문제점을 파악하기 위해 1999년 이후 제출된 평가서 중 항만건설과 관련된 사업을 대상으로 분석을 시도하였다.

3.2.1.1 해양동·식물상 영향예측

해양동·식물에 대한 영향예측의 방식에 대해 분석하였다(표 3-6). 영향예측은 주로 공사시 부유토사로 인한 영향에 대하여 기존 실내실험 연구결과물들을 나열하는 수준에 그치는 경우가 많았다. 즉 15건 중 8건이 공사시 발생하는 부유토사로 인한 일반적인 영향을 해양생태계에 대한 영향예측으로 제시하였으며, 2건이 일반적인 SS의 영향이외에 적조발생 가능성 여부에 대해 간단히 설명하는 것으로 영향예측을 하였다. 그러나 4건(영광, 여수, 부산, 강릉)은 조사결과를 토대로 하여 사업시행으로 인한 영향을 예측하였다.

3.2.1.2 수치모형실험을 통한 영향예측

사업시행으로 인한 해양환경에 미칠 수 있는 영향 예측은 환경영향평가서의 해양환경 부분에서 가장 핵심적인 부분이다. 해양의 많은 사업들은 해양의 유동변화, 수질변화, 퇴적상의 변화, 생태계의 변화 등을 통하여 기존의 해양환경에 종합적으로 영향을 미칠 수 있다. 앞서 언급한 해양에 영향을 미치는 사업의 한 예로 해양의 구조물 설치하는 유동 및 파랑의 변화를 가져올 수 있으며 이는 저층 퇴적상의 변화 및 해안선의 변화, 수질의 변화, 생물상의 변화 등 다양한 해양환경을 변화시킬 수 있다. 발전소의 온배수와 유출과 같이 해양 수질이 변화하는 경우에도 해양물리, 해양생물학적으로 영향 대상해역이 근본적으로 변화하는 양상을 나타내는 경우도 발생한다. 현재의 평가서 작성요령에서는 영향예측에 대하여 수리모형실험과 수치모형실험의 두 가지 방법을 제시하고 있으나 수치모델의 발달, 컴퓨터 성능의 진전, 수치 모델의 용이성 등으로 인하여 거의 대부분의 사업시행으로 인한 해양환경에 미치는 영향 예측은 수치모형실험에 의존하고 있다.

<표 3-6> 해양동·식물상 영향예측의 현황

구분	영향예측의 방식
1 (인천)	· 일반적인 SS의 영향
2 (평택)	· 일반적인 SS의 영향
3 (군산)	· 일반적인 SS의 영향
4 (홍성)	· 일반적인 SS의 영향
5 (영광)	· 공사시와 이용시의 영향을 예측 · 일반적인 SS의 영향 이외에 생물종의 종 다양도 및 변화정도 예측 · 저서생물의 분포정도 및 경제적 가치 예측 · 부영양화 및 적조발생 여부 예측
6 (여수)	· 일반적인 SS의 영향 이외에 사업지구 생태계 특성을 이용하여 나름대로 영향예측
7 (고흥)	· 일반적인 SS의 영향 이외에 조사해역 생태계 내 플랑크톤 군집의 상호작용(포식압)에 대해 문헌조사결과를 통해 설명
8 (장흥)	· 일반적인 SS의 영향
9 (마산)	· 일반적인 SS의 영향 이외에 적조발생 가능성 여부 설명
10 (영덕)	· 일반적인 SS의 영향 이외에 적조발생 가능성 여부 설명
11 (부산)	· 일반적인 SS의 영향 이외에 본 조사지역의 결과를 근거로 하여 영향예측 · 조간대 부착생물의 경우 조사정점 중 영향을 받게 될 정점을 구체적으로 제시
12 (울산)	· 일반적인 SS의 영향
13 (포항)	· 일반적인 SS의 영향
14 (강릉)	· 일반적인 SS의 영향 이외에 생태적 영향을 예측
15 (고성)	· 일반적인 SS의 영향

일반적으로 수치모형실험을 통한 영향예측은 대상해역에 적합한 수치모형(모델) 선정, 적당한 경계조건 및 초기조건, 외력에 의한 모델 구성 (setup), 관측자료와 비교를 통한 모델의 보정 및 검증, 위의 과정을 완료한 후 공사시 및 이용시에 대한 영향예측, 영향예측 후 사업시행으로 인한 영향이 과다한 경우 (수질, 퇴적상 등) 대안 선정 후 영향예측 재실시 등의 과정으로 구성된다고 할 수 있다. 이와 같은 영향예측의 일반적인 과정에 비추어 본 연구에서는 앞서 선정 조사하였던 15개 사업에 대하여 영향예측 현황에 대한 평가를 시도하였으며 이를 통하여 현행 평가서의 문제점을 찾고자 하였다.

앞서 논의한 바와 같이 해양환경은 해양물리적, 화학적, 생물학적 및 지질학적 과정들이 상호 작용하는 복잡한 시스템이다. 이와 같은 해양 환경의 특성으로 인하여 해양 관련 사업으로 인한 영향예측은 거의 모든 분야에서 해양환경 및 해양생태계 전반과 연관하여 고려되어야 한다. 따라서 영향예측은 사업대상 해역에 대한 종합적인 현황조사 및 분석에 기초한 모델 선정, 구성, 검증, 합리적 예측의 과정으로 수행되어야 한다.

1) 예측항목

사업시행으로 인한 해양환경 영향예측에 관하여 현행 평가서 기재 요령에는 ① 대상해역에 미치는 해양수질오염도의 변화, ② 해역이용상황의 변화, ③ 수자원이용상황의 변화를 규정하고 있다. 해양수질오염도의 변화는 공사중과 사업완료 후로 구분하여 공사 중에는 SS 및 탁도를, 사업완료 후에는 COD, 필요시 T-P 및 T-N, 대상수역에 배출되는 중금속의 변화를 예측하도록 규정하고 있다.

해역이용상황의 변화에 관한 항목으로는 당해 개발사업으로 인하여 발생될 해류, 조류, 조석, 확산계수, 파랑, 조랑 등의 변화와 연안류의 변화에 따른 표사 이동, 해안 침식정도 등을 과학적으로 예측, 분석 제시할 것을 명시하고 있다. 수자원이용상황의 변화로는 사업시행으로 인한 인근 연안의 어업권, 항구구역, 연안해역의 이용변화, 해안선의 변화 등을 도표로 작성, 예측 제시토록 하고 있다.

본 연구에서 선정한 15개 사업에 대한 예측항목에 대한 검토 결과 13건이 조석 및

조류에 대한 평가를 실시하였다. 해류에 대한 예측은 실제적으로는 거의 이루어지지 않았으며 단지 몇몇 사업에서 조류 잔차류만 나타난 경우는 있었다. 파랑에 대한 예측은 4개 사업에서만 수행되었다. 부유사 예측은 11개 사업에 대하여 수행되었으며 수질예측은 사업시행으로 인한 영향예측 항목에서 제외되었다.

마지막으로 퇴적상 변화(해안선 변화 포함) 예측은 7개의 사업에 대하여 평가가 이루어졌다. 예측 항목은 사업의 성격에 따라 포함되어야 할 항목이 다를 수 있어 일률적으로 평가하기 어려우나 현행 평가서들은 조석, 조류, 파동, 부유사, 퇴적상에 대하여 영향 예측이 이루어지고 있으며 항류(해류), 수질에 대해서는 영향예측이 이루어지지 않고 있는 것으로 보인다.

2) 예측모델 선정

본 연구에서 고려한 15개 사업은 위에서 언급한 예측 항목(조석, 조류, 파랑, 부유사, 퇴적)에 대하여 공히 2차원 모델을 사용하고 있다. 그러나 2차원 모델의 선정과 관련하여 대상 해역에 대한 특성을 분석하고 이에 따른 모델 선정의 정당성을 부여한 경우는 극히 적은 것으로 조사되었다. 해양물리 현황조사에서 분석한 바와 같이 계절별 유동조사, 연직성층도, 담수 유입 등 대상 해역의 해양물리적 현황의 분석이 결여되어 있으며 적절한 모델 선정의 정당성이 결여되어 있어 대상 해역에 적합한 모델 선정에 의문을 갖게 된다. 예를 들어 하계에 해양의 성층이 강한 경우와 표층에 담수 및 저밀도류가 유입되는 사업인 경우 3차원 모델을 선정하여야 하나 이에 대한 검토가 전반적으로 부족한 것으로 사료된다.

3) 예측모델구성

예측 모델의 경우 모델 영역은 조사기관별로 매우 다르게 선정하였다. 광역모델을 기준으로 모델 영역의 크기는 광역모델이 100km 이상인 경우도 2건이 있었으며 100km 이하~50km 이상인 경우는 한 건도 없었으며, 10km 이상~50km 미만인 경우는 4건, 5km~10km가 4건, 5km 이하가 3건으로 나타났다.

모델 영역의 선정은 사업별, 대상 해역별, 평가 항목별로 다를 수 있으나 이에 대한

언급이 대부분의 경우 누락되어 있었다. 모델 격자 구성도 광역, 중간역, 협역 등으로 구성한 경우, 가변격자로 구성한 경우, 하나의 모델격자로 구성된 모델로 구성한 경우로 구별되었다. 최소격자를 기준으로 모델의 분해능은 5m~280m로서 조사기관별로 다양하게 나타났으나 이에 대한 언급도 대부분 존재하지 않았다.

적정 분해능에 대한 기준은 사실상 어려운 문제이며 향후 연구가 필요한 분야로 사료된다. 초기조건은 유동(조석 포함)의 경우 유속이 없는 상태에서 출발하였으며 담수를 경계조건으로 고려한 경우는 1건뿐이었다. 조석 및 조류를 포함한 유동의 경계조건은 대부분 조석만을 이용하였으며 그 중에서도 M_2 및 S_2 분조만을 사용한 경우도 4건 있었다. 해류 및 항류를 경계조건으로 사용한 예측모델은 본 연구의 조사대상 사업에는 존재하지 않았다. 이상의 결과를 토대로 현행 해양 영향예측 모델의 구성은 대상 해역의 특성을 반영한 점이 부족하였다

3.2.2 개선방안

기존 환경영향평가서에 대한 분석결과를 통해 나타난 문제점을 근거로 하여 해양 동·식물을 포함한 해양환경에 대한 영향예측의 개선방법을 나타내었다.

3.2.2.1 해양동·식물상 영향예측

영향예측은 공사시와 이용시로 구분하여 실시하며, 다음 사항에 중점을 두고 영향예측을 실시하여야 한다.

- ① 해수유동변화예측, 오염물질(SS 및 오·폐수 등)확산예측 및 지형변화예측 결과를 토대로 해양동·식물에 미치는 영향을 예측한다.
- ② 해양생물에 대한 현황조사결과를 근거로 하여 영향예측을 실시한다.
- ③ 해양생물종의 종다양성 및 변화 정도를 예측한다.
- ④ 부영양화 및 적조발생 가능성 여부를 예측한다.
- ⑤ 조간대 부착생물의 경우, 사업시행으로 영향을 받게 될 지역을 구체적으로 제시하고 그곳의 현황조사결과를 토대로 영향을 예측한다.
- ⑥ 희귀종 및 보존가치가 있는 종 등의 소멸가능성 및 종조성의 변화정도를 예측한다.

다.

- ⑦ 상업적 가치가 있는 어패류의 변화정도를 예측한다.
- ⑧ 양식장 또는 어업활동에 미치는 영향에 대하여 예측한다.
- ⑨ 주변해역의 회유성, 정착성, 연안성, 소하성 어류에 미치는 영향에 대하여 예측한다.

3.2.2.2 수치모형실험을 통한 영향예측

1) 예측 항목

사업시행으로 인한 해양 환경 영향 예측에 관하여 현행 평가서 기재 요령에는 ① 대상해역에 미치는 해양수질오염도의 변화, ② 해역이용상황의 변화, ③ 수자원이용상황의 변화를 규정하고 있다. 해양수질오염도의 변화는 공사중과 사업완료 후로 구분하여 공사 중에는 SS 및 탁도를, 사업완료 후에는 COD, 필요시 T-P 및 T-N, 대상수역에 배출되는 중금속의 변화를 예측하도록 규정하고 있다. 해역이용상황의 변화에 관한 항목으로는 당해 개발사업으로 인하여 발생될 해류, 조류, 조석, 확산계수, 파랑, 조랑 등의 변화와 연안류의 변화에 따른 표사 이동, 해안 침식정도 등을 과학적으로 예측, 분석 제시할 것을 명시하고 있다. 수자원이용상황의 변화로는 사업시행으로 인한 인근연안의 어업권, 항구구역, 연안해역의 이용변화, 해안선의 변화 등을 도표로 작성, 예측 제시토록 하고 있다.

2) 예측범위, 예측정점, 예측시기 및 기간

현행 평가서 기재요령에는 영향 예측 범위에 관하여만 언급하고 있으며 그 내용은 사업시행으로 영향 예측은 영향이 미칠 것으로 예상되는 범위로 규정하고 있다. 일반적으로 영향 예측 범위, 예측 정점(모델의 경우 분해능) 및 예측 기간은 현황 조사와 같이 대상 사업의 종류 및 규모, 해역 특성 등에 따라 다르다. 따라서 모든 사업에 적용되는 예측범위, 예측정점, 예측시기 및 기간은 일률적으로 규정하기는 어려울 것으로 사료된다. 또한 이들에 대하여 예측 항목에 따라 다를 수 있으므로 여기서는 일반적인 기준에 대하여 제시하고자 한다.

가) 예측범위

- ① 유동(조류 및 해류)의 예측의 경우 그 자체뿐만 아니라 다른 예측 항목의 기본자료로서 이용되므로 정확한 예측이 요구된다. 따라서 유동 변화 예측은 해양 유동 변화 규명 및 동시에 생태계 변화, 해양 수질 변화, 퇴적상 및 연안선 변화 등의 예측 규명을 고려하여 그 범위가 선정되어야 한다. 유동 모델의 경우 경계 조건 및 모델 분해능의 문제로 인하여 사업 대상 해역을 중심으로 영향 범위를 훨씬 넘을 것으로 예상되는 해역 (예를 들어, 만의 경우 만 전체) 광역 모델을 구성하고 사업 시행으로 영향이 예상되는 지역을 고분해능의 협역 모델로 구성하는 방안이 있다.
- ② 수질 등(SS, 온배수 등)의 예측 범위는 유동(조류, 파랑에 의한 연안류, 해류)의 현황 조사와 모델 예측 결과를 이용하여 이류 및 확산 정도를 예상하고 예비 모델링 등을 통하여 예측 범위를 충분히 산정한다. 예측 범위는 경계조건에 의하여 예측 항목이 영향을 받지 않도록 선정하여야 한다. 또한 유사 해역의 연구 결과도 활용하도록 한다.
- ③ 저서 퇴적상 및 해안선의 변화는 미세 유동 변화에 의하여도 장기적으로 발생하는 바 유동 등의 변화를 면밀히 검토하여 예측 범위를 선정하여야 한다.
- ④ 위의 내용을 토대로 조사범위를 선정하고 조사범위 선정 근거를 명시한다.

나) 예측정점

- ① 조사정점은 조사 항목에 따라 그 관측 정점의 수 및 위치가 다를 수 있으며 사업 특성, 해역 및 항목별 특성을 고려하여 정점을 선정하여야 한다. 정점 간격은 일반적으로 정점 사이의 측정치를 보간할 수 있는 거리 (즉 decorrelation scale 이하)로 결정한다. 연안에서 보간 가능 거리는 등수심을 따라 크며 등수심의 구배를 따라 짧으므로 등수심의 구배를 따른 정점 간격이 등수심을 따른 간격보다 조밀하게 배치하여야 한다.
- ② 수온·염분 관측은 사업대상 주변해역의 3차원 구조를 파악하기에 충분하도록

선정하며, 해양생태계, 해양수질 및 저질을 서로 비교·분석이 가능하도록 조사 정점을 같이 선정한다. 조사 정점은 수평적인 변화에 대응한 배치를 구상하되 등수심 간격보다는 등수심의 구배쪽으로 간격을 조밀하게 하여 관측하며 연속적으로는 성층구조를 파악할 수 있도록 연속적으로 관측점을 선정한다.

- ③ 해류 및 조류 조사는 기존 조사자료를 수집하여 분석하여 대상 해역의 유동을 충분히 파악한 후 정점을 선정하여야 한다. 사업의 종류, 해역 특성, 영향 범위 등에 따라 관측 정점의 수 및 위치를 다르게 할 수 있다. 기본적으로는 사업인접역 및 상류 및 하류역 3개 지역을 중심으로 등수심의 구배에 따라 정점을 설정하여 사업대상해역의 유동 특성 및 영향 예측 모델 구성에 이용할 수 있도록 한다.
- ④ 조석 및 파랑은 대상해역의 최적의 대표점을 선정하여 조사한다.
- ⑤ 본격적인 관측 조사를 실시하기 전 예비조사 및 기존 관측 자료를 활용하여 관측 계획(sampling strategy)을 수립하는 것이 바람직하다.
- ⑥ 조사정점 선정의 근거를 명시한다.

다) 예측 시기 및 기간

- ① 우리나라 주변해역의 해황은 4계절의 계절적 특성으로 인하여 계절변동이 예상되는 바 계절적인 변동을 고려한 계절 예측이 요구된다. 예측시기는 춘계의 경우 3월말~5월초, 하계의 경우 7월말~9월초, 추계의 경우 10월말~11월말, 동계의 경우 1월~2월에 실시한다.
- ② 퇴적상 및 해안선의 변화 등은 장기적으로 서서히 일어나는 변화이므로 장기적인 예측이 요구된다.

3) 예측방법

가) 조석, 유동 (조류·해류), 파랑

- ① 대상 사업의 종류 및 해역의 특성을 고려하여 예측 모델을 선정한다. 예를 들어 온배수의 예측의 경우와 같이 밀도 성층이 뚜렷한 경우는 3차원 모델을 선정하

여야 한다.

- ② 유동모델의 경계조건은 유동 관측 분석을 통하여 사업 대상 해역에 적합하도록 조류, 향류, 밀도, 수심, 연안, 담수유입 등을 선정하여야 한다.
- ③ 구성된 모델은 적절한 경계조건 및 계수 보정을 통하여 관측 자료(유동장, 수온, 염분 등)를 재현하는 검증 과정을 거쳐야 한다.
- ④ 모델 적분시간은 유동장의 변화가 준정상상태(quasi-steady state)에 도달할 때까지 충분히 주어야 한다.
- ⑤ 모델 구성은 계절별로 하며 모델 격자는 사업의 규모에 따라 사업의 시행으로 인한 영향을 충분히 파악할 수 있도록 고분해능으로 한다. 컴퓨터의 용량상 모델은 광역과 협역으로 나누는 경우 협역 모델은 격자간격도 위의 기준에 따라 고분해능으로 한다.

나) 해양 수질 (수온, SS 및 탁도, COD, T-P 및 T-N, 중금속 등)

- ① 해양 수질의 변화 예측도 예측 항목, 사업 대상 해역의 특성 등을 고려하여 적절한 모델을 선정하여야 한다.
- ② 선정된 모델은 산출된 유동장을 이용하되 사업시행으로 발생하는 수질의 경계조건을 정확히 입력하고 계수를 보정한 후 검증과정을 거친 후 예측 실험을 실시하여야 한다.
- ③ 예측 실험의 유동장, 사업대상 해역의 수질 변화 항목의 입력을 고려하되 최악의 경우에 대한 실험을 반드시 포함하여야 한다. 구성된 모델은 적절한 경계조건 및 계수 보정을 통하여 관측 자료(유동장, 수온, 염분 등)를 재현하는 검증 과정을 거쳐야 한다.
- ④ 모델 적분시간은 유동장의 변화가 준정상상태(quasi-steady state)에 도달할 때까지 충분히 적분하여야 하며 배경 해역의 계절적 특성으로 인하여 계절별로 예측하여야 한다.
- ⑤ 모델 구성은 계절별로 하며 모델 격자는 사업의 규모에 따라 사업의 시행으로 인한 영향을 충분히 파악할 수 있도록 고분해능으로 한다.

다) 저층 퇴적상 및 해안선 변화

- ① 대상 해역에 따라 퇴적상 및 해안선의 변화를 유발할 수 있는 유동 성분은 해역에 따라 조류, 파동에 의한 연안류(nearshore current) 등으로 다를 수 있다. 따라서 대상 해역의 특성을 파악하여 유동 변화를 정확히 예측한 후 퇴적상의 변화를 예측하여야 하며 대상 해역에 적합한 모델을 선정하여야 한다.
- ② 선정된 모델은 모델 계수의 보정 및 검증과정을 거친 후 예측 실험을 실시하여야 한다.
- ③ 퇴적상은 장기적으로 일어나는 과정이므로 오차를 줄이기 위하여 단기간의 예측보다는 장기적인 예측을 실시하여야 한다.
- ④ 모델 격자는 사업의 규모에 따라 사업의 시행으로 인한 영향을 충분히 파악할 수 있도록 고분해능으로 한다.

라) 기초 생산력의 변화

- ① 사업시행으로 인한 유동장, 수질, 퇴적상 등의 변화로 인한 사업대상해역의 기초생산력의 변화를 파악하기 위하여 대상 해역의 특성 등을 고려하여 적절한 모델을 선정하여야 한다.
- ② 선정된 모델은 산출된 유동장, 수질, 퇴적상의 변화를 이용하며 적절한 경계조건을 정확히 입력하고 계수를 보정한 후 검증과정을 거친 후 예측 실험을 실시하여야 한다.
- ③ 예측 실험의 유동장, 사업대상 해역의 수질 변화 항목의 입력을 고려하되 최악의 경우에 대한 실험을 반드시 포함하여야 한다.
- ④ 모델 적분시간은 유동장의 변화가 준 정상상태(quasi-steady state)에 도달할 때까지 충분히 적분하여야 하며 배경 해역의 계절적 특성으로 인하여 계절별로 예측되어야 한다.
- ⑤ 모델 구성은 계절별로 하며 모델 격자는 사업의 규모에 따라 사업의 시행으로 인한 영향을 충분히 파악할 수 있도록 고분해능으로 한다.

4) 예측결과

예측결과는 항목별로 자세히 분석 제시되어야 하며 그 분석 결과를 토대로 사업 시행으로 인한 대상 해역의 영향을 4차원(공간 및 시간)적으로 제시하여야 한다. 이를 위한 기본적인 분석지침은 아래와 같다.

- 각 예측 항목에 대한 예측 방법을 상세히 제시한다. 즉 모델 선정 근거, 모델의 특성, 적용 사례, 모델 구성(경계조건, 초기조건, 격자구성 등), 모델 보정 및 검증 과정, 준 정상상태 도달 여부, 검증 결과의 분석 (예측모델의 장단점)을 상세히 나타낸다.
- 예측항목별로 그림 및 표를 이용하여 예측결과를 일목 요연하게 정리한다.
- 예측결과에 대해서는 예측항목별로 분석을 통해 사업시행으로 인한 대상해역의 영향의 대해 자세히 설명한다.
- 예측결과에 대한 예측시기 (계절별 및 대조기, 소조기, 창조시, 낙조시)를 명시한다.
- 예측결과 중 예상외의 결과가 나올 경우 이에 대한 원인 분석을 실시한다.
- 각 계절별 특성을 설명하고 종합고찰을 한다.
- 예측결과는 부록 및 디스켓 등으로 첨부한다.

3.3 저감방안

3.3.1 현황 및 문제점

해양환경향목의 저감방안은 주로 공사시 부유토사의 확산으로 인한 영향을 저감하기 위한 방안으로 오탁방지막을 설치하는 것에 중점을 두고 있다. 그러나 이용시 유속감소 및 해수교환율의 변화 그리고 지형변화 등으로 인해 해양환경에 계속적으로 영향을 미치는 문제를 저감하기 위한 방안이 매우 미흡하였다.

3.3.2 개선방안

저감방안으로 가장 중요한 것은 사업 예정지역 및 규모로 볼 때 본래의 계획대로 사업을 실시할 경우 환경오염이 크게 우려되는 경우 해양환경에 미치는 영향을 최소화하기 위해 사업규모 및 배치계획을 조정하는 등 해양환경이 악화되지 않도록 하는 방안을 적극적으로 수립하는 것이다.

한편 저감방안은 크게 공사시와 이용시로 구분하였다.

3.3.2.1 공사시 저감방안

- 부유토사의 확산으로 인한 영향을 줄이기 위해 부유토사 발생지역 주변에 오탁방지막 설치 및 Filter Mat을 포설하는 방안을 수립한다.
- 해양생물의 생육조건이 좋은 시기, 어민들의 조업시기 등을 고려하여 공사시행시기 등을 조정하는 방안을 수립한다.
- 공사는 가능한 한 간조시 및 밀물시 시행하여 부유토사의 확산을 사업지구 안쪽으로 국한시키는 방안을 수립한다.
- 여수토 내·외측에 각각 오탁방지막 설치하고, 여수토의 위치를 배사관 방류구에서 멀리 떨어져 있는 위치로 조정하는 방안을 수립한다.
- 오탁방지막의 손상 등에 대비하여 오탁방지막의 관리를 철저히 하고, 손상시 즉각적인 보수 및 교환을 실시함과 아울러 교환시는 공사를 중단하여 부유물질 등에 따른 영향을 최소화시키는 방안을 수립한다.
- 오탁방지막에 대한 유지관리비를 사업비에 포함시켜 공사완료 후까지 유지관리를 철저히 하도록 한다.
- 공사시 부유토사 발생량을 최소화하기 위해 정확한 규격의 사석재를 사용하고, 사석투하시 흙이 혼입되지 않도록 하여 부유토사의 영향을 최소화하도록 한다.
- 공사시 공사선박, 장비 및 공사주변지역에 공사용 부표시설 및 소음기 설치 및 대형선박 입·출항시 작업을 중단하는 방안을 수립한다.
- 공사시 통행어선에 미치는 영향을 최소화하기 위해 공사를 순차적으로 실시하여 공사가 실시되지 않는 반대편을 통행할 수 있도록 하는 계획을 수립한다.
- 공사시 이용하는 바지선은 공사지점에 단단히 결박시켜 파랑에 의해 유격되지 않

도록 하며 야간에는 바지선을 철수시켜 안전한 방파제 내측에 정박시킨다. 또한 공사가 끝난 장비나 바지선은 신속히 철수시키는 방안을 수립한다.

- 펌프준설공사시 배사관은 선박의 운행에 지장을 주지 않도록 침설관으로 부설하여 해상부표를 설치하여 야간에도 선박의 통행에 지장이 없도록 하는 계획을 수립한다.
- 해상으로 사석운반시 정량만을 적재하여 토운선으로부터 해양으로 토사유출이 없도록 관리감독을 철저히 수행하는 방안을 수립한다.
- 콘크리트 블록 및 TTP 제작시 해양수질의 오염을 방지하기 위한 대책을 수립한다.
- 기초준설토의 처리대책을 수립한다.
- 공사시 필요한 매립토를 사업지구 주변해역에서 준설토발생 현황(항로 및 박지준설 등)을 조사하여 이를 이용하는 방안을 강구한다.
- 공사시 및 이용시 유류 유출사고에 대비한 방제대책을 수립한다.

3.3.2.2 이용시 저감방안

- 사업입지, 규모 및 배치계획 수립시 해양환경에 미치는 영향을 충분히 검토한 후 환경영향을 최소화하기 위한 계획을 수립한다.
- 이용시 정박선박에서 발생하는 오수 및 폐기물은 무단방류·투기하지 않도록 일시 저장한 후 위탁처리하는 방안을 수립한다.
- 초기우수에 포함된 노면폐수가 항내로 유입되는 것을 방지하기 위하여 우수배출구에 저류조 및 유수분리가 가능한 유수분리시설을 설치하여 협잡물, 오니, 폐유 등의 유출을 방지하는 방안을 수립한다.
- 위판장에서 발생하는 폐수는 1차처리하여 부하량을 낮춘 후 하수종말처리장으로 이송·처리하는 방안을 수립한다.
- 주변마을에서 발생하는 생활하수로 인한 항내 수질오염 방지를 위해 하수종말처리장 건설하는 방안을 수립한다.
- 방파제 설치시 항내수질 개선을 위하여 해수교환용 방파제 설치하는 방안을 수립

한다.

- 방파제 및 호안 설치시 친수성 방파제(의자설치 친수성 등대 등) 및 친수성 호안(완경사 호안 및 자연 해변)으로 설치하는 방안을 수립한다.
- 사업지역에서 발생하는 오·폐수를 항내로 배출할 경우 해양오염이 크게 발생되는 바, 배출구를 항외(방파제 외측)로 배출하는 방안을 수립한다.
- 방파제를 설치할 경우 항내지점을 대상으로 해양수질 및 저질의 오염도를 관측하여 항내 오염도가 가중될 시, 퇴적오염물의 유지준설 실시하는 방안을 수립한다.

3.4 토의

본 연구는 현재의 환경영향평가서에 대한 분석을 통해 현황 및 문제점을 파악하여 이를 근거로 하여 개선방안을 마련하고자 하였다. 환경영향평가서의 현황 및 문제점에 대한 분석결과 많은 문제점이 도출되었다.

현황조사의 경우 해양동·식물상에 있어 조사정점의 선정근거가 명확하지 않았으며, 조사정점의 수 및 조사범위는 조사를 수행한 평가기관에 따라 차이가 많았으며, 또한 사업대상해역에 대한 현황파악을 위한 조사정점이 충분하지 못한 경우가 많았다. 조사항목도 일부 누락된 경우가 있었으며, 조사방법의 경우도 조사를 수행한 평가기관에 따라 차이점이 많았다. 한편 조사결과는 대체로 상세히 제시하였으나 조사결과에 대한 설명에 있어서는 평가서별로 많은 차이를 나타냈다.

해양수질 및 저질의 경우 해양환경을 판단하는 데 가장 직접적인 지표가 되기 때문에 정확한 조사가 필요하다. 그러나 조사를 실시하는 기관에 따라 조사결과가 상이하게 나타나는 경우가 있었으며, 조사범위, 조사항목 및 조사결과에 대한 분석 등에 있어서도 조사기관에 따라 많은 차이점을 나타냈다.

해양물리현황의 경우 해양환경을 판단하는 데 가장 기본적이며 주요한 요소이므로 적절한 관측 계획, 정확하고 충분한 조사와 조사결과의 충분한 해석이 필요하다. 그러나 관측의 경우 조석 및 조류 조사는 비교적 충실히 수행되고 있으나 해류, 성층도, 확산계수, 담수유입량 등에 대한 조사는 매우 미흡하였으며, 조사범

위도 조사기관에 따라 편차가 매우 심하게 나타났다. 또한 계절별 해양 물리 현황에 대한 조사는 거의 이루어지지 않았다.

영향예측의 경우 해양동·식물상에 있어 대상해역의 현황조사 결과에 근거한 영향예측이 아닌 공사시 발생하는 부유토사로 인한 일반적인 영향을 영향예측으로 제시한 경우가 많았다. 수치모형실험을 통한 영향예측의 경우 현행 평가서들에서 대체로 조석, 조류, 파동, 부유사, 퇴적상에 대하여 영향예측이 이루어지고 있으나 항류(해류), 수질에 대해서는 영향예측이 이루어지지 않았다. 또한 예측모델의 선정에 있어 적절한 모델 선정의 정당성이 결여되어 있었으며, 모델 영역은 조사기관별로 매우 다르게 선정되었다.

상기와 같은 문제점을 토대로 개선방안을 마련하였다.

주요 개선방안으로 현황조사의 경우 해양동·식물상에 있어 기존 조사항목에 클로로필-a, 해양미생물, 원생동물, 염생식물의 추가조사가 필요하며, 조사범위에 있어 중요한 점은 해양모델링(부유사확산 예측, 해수유동변화 예측, 지형변화예측, 오염물질확산 예측 등)을 실시하여 이 결과에 근거하여 조사범위를 결정하며 아울러 대상해역의 물리적 특성을 고려하여 결정할 필요가 있다. 조사정점의 수는 조사범위를 먼저 결정한 후 조사범위 내의 해양생태계 특성을 명확히 파악할 수 있도록 조사정점을 가능한 한 많이 선정하여야 한다. 조사방법의 경우 동·식물플랑크톤, 저서생물, 조간대 생물, 어란 및 치자어 및 해산어류 각각에 대한 조사방법을 제시하였다. 조사결과는 조사된 결과의 현존량 및 서식밀도 등에 대한 일반적인 설명이 아닌 조사결과를 토대로 조사해역의 특성에 대한 분석을 실시할 필요가 있다.

해양수질 및 저질의 경우 조사항목에 있어 TOC 및 해양저질의 용출실험이 필요하다. 조사범위 및 조사정점의 경우 해양생태계와 마찬가지로 대상사업의 조류 및 규모, 해역특성 등을 감안하여야 하며 충분한 조사지점에 대해 조사를 실시하고, 가능하면 해양생태계와 서로 비교·분석이 가능하도록 조사정점을 같이 선정하는 것이 바람직하다. 한편, 서해 및 남해안은 조석에 의한 조류에 의해 수괴가 큰 영향을 받아 조석주기별로 차이가 심하게 발생하는 바, 대표지점을 선정하여

동일 조사정점에서 시간에 따른 변화를 관찰하는 연속관측을 실시하는 것이 바람직하다. 조사방법은 해양환경공정시험방법에 의하여 조사를 실시하며 중금속의 경우 분석시 고감도의 분석기기를 이용하여 분석하여 $\mu\text{g}/\ell$ 단위로 제시할 필요가 있다. 조사결과에 대해서는 각 정점별, 조사항목별로 분석을 통해 조사해역의 해양환경의 특성에 대해 자세히 설명할 필요가 있다.

해양물리의 경우 조사범위에 있어 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역을 포함함과 동시에 영향 예측 모델링 구성, 검증 및 생태계, 퇴적상 변화 등 해양환경 전반의 평가를 고려하여 선정되어야 하며, 사업특성, 해역 및 항목별 특성을 고려하여 조사정점을 선정하고 본격적인 관측 조사를 실시하기 전 예비조사 및 기존 관측자료를 활용하여 관측계획을 수립하는 것이 바람직하다. 또한 계절별 조사는 가능한 한 3개월 간격으로 실시하며 해류조사의 경우 2주 이상 계류 관측을 원칙으로 하여야 한다. 조사결과는 항목별로 자세히 분석되어야 하며 그 분석결과를 토대로 사업 대상 해역의 해양 물리 특성을 4차원(공간 및 시간)적으로 제시하여야 한다.

영향예측의 경우 해양동·식물상에 있어 해수유동변화예측, 오염물질 확산예측 및 지형변화예측 결과를 토대로 해양동·식물에 미치는 영향을 예측하여야 하며 중요한 점은 현황조사결과를 근거로 하여 영향예측을 실시하여야 한다.

수치모형실험을 통한 영향예측의 경우 예측범위는 유동 모델의 경우 경계 조건 및 모델 분해능의 문제로 인하여 사업 대상 해역을 중심으로 영향 범위를 훨씬 넘을 것으로 예상되는 해역을 포함하여 광역 모델을 구성하고 사업 시행으로 영향이 예상되는 지역을 고분해능의 협역 모델로 구성하여야 한다. 또한 대상 사업의 종류 및 해역의 특성을 고려하여 예측모델을 선정하여야 하며, 예측결과는 항목별로 자세히 분석 제시되어야 하며 그 분석 결과를 토대로 사업 시행으로 인한 대상 해역의 영향을 4차원(공간 및 시간)적으로 제시하여야 한다.

저감방안의 경우 가장 중요한 것은 사업 예정지역 및 규모로 볼 때 본래의 계획대로 사업을 실시할 경우 환경오염이 크게 우려되는 경우 해양환경에 미치는 영향을 최소화하기 위해 사업규모 및 배치계획을 조정하는 등 해양환경이 악화되

지 않도록 하는 방안을 적극적으로 수립하는 것이다.

이상과 같이 현재의 환경영향평가서에 대한 분석을 통해 현황 및 문제점을 파악하여 이를 근거로 하여 개선방안을 마련하였다. 그러나 본 연구결과 중 영향예측 및 저감방안의 경우 지속적인 연구가 필요한 분야로 본 연구에서는 일반적인 내용에 대해서만 서술하였다. 따라서 영향예측 및 저감방안에 대해서는 계속적인 연구를 수행할 예정이다.

4. 수리·수문

4.1 현황조사

4.1.1 현황 및 문제점

하천 및 호소의 현황에 대한 조사는 대상사업지구의 공사실시 및 운영에 있어 발생할 수 있는 수리·수문 관련 문제점들을 예측할 수 있는 기본자료로 활용될 뿐 아니라 사업지구내의 수계를 분석할 수 있는 기초를 마련하는 중요한 사안이다.

현재 작성되고 있는 평가서를 검토하여 보면 대상사업의 특성에 따라 수리·수문에 대한 작성방법이 현저하게 차이를 보이고 있는데 이는 대상사업의 위치적인 특성에 기인한다. 대상사업의 위치가 하천이나 호소에 인접하는 사업의 경우에는 다양한 측면의 수리·수문 자료 및 예측이 시행되고 있지만 대상사업의 위치가 하천이나 호소와 인접하지 않는 경우에는 수리·수문항목을 생략하거나 간략하게 서술하는 경우도 있어왔다.

일반적으로 현황조사시 수리·수문의 조사범위를 설정하지 않고 대상사업의 주변 지역에 대해서 강우량과 하천유역 및 수자원이용현황 등만 간략히 기술하고 있는 실정이다. 보다 자세한 영향평가를 위해서는 더욱 세밀한 조사가 이루어져야 할 필요가 있다.

4.1.2 개선방안

조사범위는 대상사업의 시행 또는 운영으로 인해 영향이 예상되는 수역, 피해가 우려되는 지역의 수역과 그 인근 수역 및 유역으로 하는 것이 좋다. 대상사업이 선형적인 사업인 경우에는 대상사업예정지역이 하천 또는 호소에 인접하는 지점과 그 인근 지역으로 하는 것이 바람직할 것이다. 하천의 현황을 제시할 때는 하천의 지형적 특성인 유역면적, 유로연장 등을 제시하고 해당 하천의 하천등급, 주요 하천시설물, 하천형상 등도 기재하여야 한다. 호소 또는 저수지 등에 대한 현황을 제시할 때에는 관개면적 총저수량, 유효저수량, 유효면적, 만수면적, 이용상태 등을 상세히 제시하여야

한다. 하천의 유황에 대해서는 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량, 연평균유량을 구분하여 제시하고 수위·유량곡선도 제시하여야 한다. 수문관측자료에 대해서는 관측소현황, 연평균 및 월평균 강우량, 수위관측결과 등을 조사하는 것이 바람직하고 해당지역의 강우특성 등을 검토하여 제시하는 것이 바람직하다. 호소의 특성인 유역면적 및 유역특성, 총저수량, 유효저수량, 저수위, 평수위, 만수위, 유입수량, 유출수량, 상시방류량 등도 조사하여 제시하여야 한다. 대상사업이 지하수를 용수로 사용하거나, 대상사업의 시행으로 인해 지하수위가 낮아질 우려가 있을 경우에 인근지역의 지하수 사용현황에 대해 조사하도록 한다.

4.2 영향예측

4.2.1 현황 및 문제점

우수유출량은 대상사업의 공사시 절·성토 등 원지형이 변형되는 지역이 강우시 토사유실 및 유출이 예상되는 바, 토사유출량을 산정하기 위하여 산정하는 것으로 합리식을 적용하여 산정하고 있다. 합리식의 유출계수는 일괄적으로 거의 0.3을 적용하고 있으며 사업구역을 공지로 간주하고 있다. 또한, 강우강도(I)는 「제1회 도시수문학강좌(연세대학교 수공학연수회, 1993. 2)」에서 제시된 강우강도식을 주로 이용하고 있다. 우수유출량의 산정은 대상사업지역의 지형적 특성에 대한 고려가 없이 획일화된 방법으로 이루어지고 있는 것으로 검토되었다. 우수유출량의 주요 변수는 강우강도인데, 강우강도 산출공식이 대상사업의 특성과 지역적 특성을 반영할 수 없는 단점을 가지고 있다. 또한 지속시간은 도시지역과 합류식 하수관거에 적용하고 있는 값을 적용하고 있어 예측의 정확도가 낮아질 우려가 있어왔다. 지속시간은 배수구역의 정확한 설정으로부터 구해지는 것으로 배수구역의 적절한 설정은 우수유출량을 보다 정확히 예측할 수 있도록 해준다. 현재 평가서 작성시에는 철도의 건설, 도로건설과 같이 선형의 사업을 제외하고는 배수구역에 대한 고려가 미흡한 실정이다.

4.2.2 개선방안

공사시행으로 인한 영향을 예측할 경우에는 우선, 우수유출량의 변화를 파악할 필요가 있다. 사업대상예정지역에 대해 우수유출량을 사업시행 전, 공사시, 운영시로 분류하여 예측하는 것이 바람직하다. 우수유출량을 산정할 경우에는 대상사업지역의 면적, 경사도, 유로길이 등의 지형적 특성에 맞게 유달시간(t_c), 배수면적(A), 유출계수(C) 등을 설정하는 것이 중요하다. 또한 현재 주로 사용되고 있는 우수유출량식인 합리식은 소유역에 보다 신뢰도가 높으며, 저류현상이 거의 발생하지 않는 도시지역에 주로 적용될 수 있는 예측방법이다. 적용가능한 식은 합리식, SCS 방법(무차원 단위도), 중안의 종합단위도법, Clark의 유역추적법, HEC-HMS, 도시수문모형(ILLUDAS, SWMM) 등이다.

1 : 합리식

1) 도시하천유역

- 1-① : 도달시간(t_c)은 Kirpich 경험공식
- 1-② : 도달시간(t_c)은 Kerby 경험공식
- 1-③ : 도달시간(t_c)은 Kraven 경험공식.
- 1-④ : 도달시간(t_c)은 Rziha 경험공식
- 1-⑤ : 도달시간(t_c)은 California Culvert Practice 방안
- 1-⑥ : 도달시간(t_c)은 SCS lag Eqn.

2) 자연하천유역

- 1-㉠ : 도달시간(t_c)은 Kerby 경험공식
- 1-㉡ : 도달시간(t_c)은 Federal Aviation Agency 방안
- 1-㉢ : 도달시간(t_c)은 SCS 평균유속공식

2 : SCS 방법(무차원 단위도)

3 : 중안의 종합단위도법

4 : Clark의 유역추적법

5 : HEC-HMS

6 : 도시수문모형(ILLUDAS, SWMM)

우수유출량은 지형적 특성, 대상사업의 특성에 따라 좌우될 수 있는데 유출에 영향을 미치는 유역특성 인자들 중에서 비교적 유출에 상당히 큰 영향을 미치는 유역면적

과 평균경사도에 따른 유출량 산정 방안, 유역면적과 유로길이에 따른 산정방안, 사업 면적(A_1)과 질토량(Q_s)에 적용방안을 참고하여 적절한 우수유출량 산정공식을 선정할 필요가 있다.

○ 유역면적과 평균경사도에 따른 유출량 산정 방안

유출현상은 하나의 유역특성에 의해 영향을 받지 않고 여러 인자들의 복합적인 영향을 받는다. 그 중에서 유역면적과 평균경사도에 따른 제안 방안들을 <표 4-1>에 정리하였다.

먼저 유역면적이 작은 경우, 대개 이는 합리식의 가정에 크게 위배되지 않기 때문에 합리식을 사용하여도 무방하나, 유역면적이 커질수록 그리고 평균경사도가 커질수록 일반적으로 유역은 단순하지 않고 복잡해지므로 합리식의 사용은 지양될 것으로 판단된다. 또한 유역면적이 1 km^2 미만이라는 제한보다도 더 작은 제한을 둔 것은 좀더 나은 결과를 산정하기 위함이다.²⁰⁾

○ 유역면적과 유로길이에 따른 산정방안

유역면적과 유로길이에 대한 제안방안들은 <표 4-2>에 정리하였다. 먼저 유역면적을 유로길이의 자승으로 나눔으로써 무차원수(A/L^2)로 구분하였으며, 여기서 이 무차원수(A/L^2)가 1이 된다는 것은 유역의 형상(basin shape)이 정사각형에 가까움을 나타낸 것이며, 1보다 작다는 것은 폭이 긴 직사각형의 형태에 가까우며 유역면적에 비해 유로길이 상당히 길다는 것을 의미하며, 이는 도달시간이 길어진다는 것을 의미하는 것이다. 만일 유역전체에 유역출구로부터 등강우강도로 인한 유출량의 시간변화를 보면, 무차원수(A/L^2)가 작을수록 침투유량까지는 가장 긴 시간이 걸릴 것이다.

20) 선우중호. 1994. 「수문학」

<표 4-1> 유역면적(A)와 평균경사도(S)에 따른 적용방안

유역면적 (A, m ²) \ 평균경사(S)	0.5 % 이하		0.5 ~ 2 %		2 ~ 7 %		7 % 이상	
	도시	자연	도시	자연	도시	자연	도시	자연
100,000 이하	1-㉠, 1-㉡, 6	1-②, 1-③, 1-⑥, 5	1-㉢, 1-㉣, 6	1-④, 1-③, 1-⑥, 5	1-㉤, 1-㉥, 6	1-①, 1-②, 1-⑤, 5	1-㉦, 1-㉧, 6	1-②, 1-⑤, 2, 5
100,000 ~ 200,000	1-㉢, 1-㉣, 6	1-②, 1-③, 1-⑥, 5	1-㉢, 1-㉣, 6	1-④, 1-③, 1-⑥, 5	1-㉤, 1-㉥, 6	1-①, 1-②, 1-⑤, 2, 5	1-㉦, 1-㉧, 6	2, 5
200,000 ~ 300,000	1-㉢, 1-㉣, 6	1-②, 1-③, 1-⑥, 2, 5	1-㉢, 1-㉣, 6	1-④, 1-③, 1-⑥, 2, 5	2, 6	2, 5	2, 6	2, 5
300,000 ~ 500,000	1-㉢, 1-㉣, 2, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5
500,000 ~ 1,000,000	2, 4, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5
1,000,000 이상	2, 4, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5

<표 4-2> 유역면적(A)과 유로길이(L)에 따른 적용방안

유역면적 (A, m ²) \ A/L^2	2.0 이상		2.0 ~ 0.5		0.5 이하	
	도시	자연	도시	자연	도시	자연
100,000 이하	1, 6	1, 5	1, 6	1, 5	1, 6	1, 2, 5
100,000 ~ 200,000	1, 6	1, 5	1, 6	1, 2, 5	2, 6	2, 5
200,000 ~ 300,000	1, 2, 6	1, 2, 5	1, 2, 6	2, 5	2, 6	2, 4, 5
300,000 ~ 500,000	1, 2, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
500,000 ~ 1,000,000	2, 4, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
1,000,000 이상	2, 4, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 5

○ 사업면적(A_1)과 절토량(Q_s)에 적용방안

개발사업 중에서 상당한 부분이 토공으로서 많은 토사량을 발생시키고 있다. 결국 토사량이 크게 발생할수록 유역의 형상(basin shape)은 크게 변하며, 하천생태에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 또한 이렇게 발생된 토사량은 수질중에 부유물질(SS, Suspended Solid)의 증가에 직접적인 영향을 미치고 있다.

따라서 평균절토깊이(Q_s/A_1)와 사업면적에 따른 유출 산정 제안 방안을 <표 4-3>에 정리하였다.

<표 4-3> 사업면적(A_1)와 절토량(Q_s)에 따른 적용방안

$Q_s/A_1(m)$ 사업면적 (A_1, m^2)	1 미만		1 ~ 3		3 이상	
	도시	자연	도시	자연	도시	자연
100,000 이하	1, 6	1, 5	1, 6	1, 5	1, 6	1, 5
100,000 ~ 200,000	1, 6	1, 5	1, 6	2, 5	2, 4, 6	2, 5
200,000 ~ 300,000	1, 6	1, 2, 5	2, 6	2, 3, 4, 6	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
300,000 ~ 500,000	1, 2, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 6	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
500,000 ~ 1,000,000	2, 4, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 6	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
1,000,000 이상	2, 4, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 6	2, 4, 6	2, 3, 4, 5

<표 4-4> 도시하천유역에 대한 도달시간 공식

공식명 (발표년도)	공 식 (t_c 단위 : min)	제한사항 또는 비고
Kerby (1949)	$t_c = 36.264(rL^{1.5}/H^{0.5})^{0.467}$ L : 흐름 경로길이 (km) H : 표고차(m) r : 포장지역 0.02 거칠은 나대지 0.10 거칠고 풀이 없는 지역 0.30 잔디 0.40 나무나 풀이 뺏뺏한 지역 0.80	L이 0.4 km 이하인 도시유역 유역면적 0.04 km ² 이하, 하도 경사는 1% 이하인 유역
Izzard (1945)	$t_c = [41.025(0.0007 I + c)L^{0.33}]/[S^{1/3}I^{2/3}]$ I : 강우강도(in/hr) c : 지체계수 L : 흐름경로길이(ft) S : 흐름경로경사(ft/ft) r : 하천형태에 따른 지류인자	지체계수(c) = 평평한 포장지역 : 0.007 콘크리트 포장지역 : 0.012 자갈포장지역 : 0.017 잘려진 잔디밭 : 0.046 조밀한 잔디밭 : 0.060
Kinematic Wave (1965, 1973)	$t_c = 0.94L^{0.6}n^{0.6}/[I^{0.4}S^{0.3}]$ L : 지표면 흐름길이(ft) n : Manning의 조도계수 I : 강우강도(in/hr) S : 지표면 흐름경사(ft/ft)	개발지역의 지표면 유출해석에 이용
Federal Aviation Agency (1970)	$t_c = 1.8(1.1 - C)L^{0.5}/S^{0.333}$ L : 지표면 흐름길이(ft) C : 합리식의 유출계수 S : 지표면 흐름경사(%)	주로 공항지역에 이용할 수 있 도록 미공병단에서 개발, 도시 지역에서도 이용, 지표면 흐름 영역에 적용
SCS 평균유속 공식 (1975)	$t_c = 1/60 \sum L/V$ L : 지표면 흐름길이(ft) V : 표면상태에 따른 평균유속(ft/s)	지표면 상태에 따라 평균유속 을 산정하여 도달시간 계산

자료 : 국립방재연구소, 1998. 「소하천시설기준」.

<표 4-5> 자연하천유역에 대한 도달시간 공식

공식명 (발표년도)	공 식 (t_c 단위 : min)	제한사항 또는 비교
Kirpich (1940)	$t_c = 3.976 L^{0.77} S^{-0.385}$ L : 유역의 최장하천 길이(km) S : 유역의 평균경사(H/L, m/m) H : 유역출구점과 본류 최원점까지의 표고차	지표면 흐름이 지배적인 농경지 소유역, 하도경사가 3~5% 유역면적이 0.435 km ² 이하
Kerby (1959)	$t_c = 36.264 (L \cdot N)^{0.467} / S^{0.2335}$ L : 유로의 최원점부터 하천유입부분까지의 직선거리(km) S : 유로의 평균경사(m/m) N : 유역의 조도를 나타내는 상수	불투수성 완전한 표면 $N = 0.02$ 나지의 비포장표면 $N = 0.10$ 초지가 없는 나지의 거친 표면 $N = 0.20$ 초지로 구성된 표면 $N = 0.40$ 낙엽으로 덮인 수목지역 $N = 0.60$ 초지와 산림이 우거진 표면 $N = 0.80$
Johnstone and Cross (1949)	$t_c = (282/r^2)(L/S)^{0.5}$ L : 본류 유로길이(mi) S : 본류 유로평균길이(H/L, ft/mi) r : 하천형태에 따른 지류인자	25~1,624 mi ² 의 유역면적
Kraven	$t_c = 0.444 L S^{-0.515}$ L : 유로길이(km) S : 유로경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 중하류, 하도 경사가 1/200 이하인 유역
Rziha	$t_c = 0.833 L S^{-0.6}$ L : 유로길이(km) S : 유로의 평균경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도 경사 1/200 이상인 유역
California Culvert Practice (1942)	$t_c = 60 [11.9 L^3 / H]^{0.385}$ L : 최장 유로길이(mi) H : 상류 분할점과 출구의 표고차(ft)	산지 소유역
SCS Lag Eqn. (1975)	$t_c = [100 L^{0.8} \{ (1000/CN) - 9 \}^{0.7}] / [1900 S^{0.5}]$ L : 최장 흐름경로(ft) CN : SCS 유출곡선지수 S : 유역평균경사(%)	주로 농경지 유역에 적용, 0.8 km ² 이하의 도시유역도 적용 가능, 도시 불투수지역에서는 $t_c = 1.67 \times \text{유역지체시간}$

자료 : 국립방재연구소, 1998. 「소하천시설기준」.

우수유출량을 예측할 때에는 배수구역과 배수지점의 산정에 유의하여야 한다. 도로사업은 대상지역이 넓고 선형적인 사업으로 배수구역을 크게 설정할 경우 정확한 우수유출량을 예측하기 어렵다. 따라서 지형과 주변특성을 고려하여 배수구역과 배수지점을 정하는 것이 바람직하다.

합리식을 사용할 경우에는 유출계수의 선정에 유의한다. 유출계수(C)는 유역면적의 크기나 유역의 피복상태에 따라 결정되는 상수로 적절한 값을 사용하는 것이 중요하다. 또한 지형·지질에 따라 유출계수의 보정이 필요하다.

<표 4-6> 합리식의 평균유출계수(C)의 범위(도시 및 농경지역)

토 지 이 용		C	토 지 이 용			C		
상업 지역	도심지역	0.70-0.95	차도 및 보도			0.75-0.85		
	근린지역	0.50-0.70	지 붕			0.75-0.95		
주거 지역	단독주택	0.30-0.50	잔 디	사 질 토	평탄지(2%)	0.05-0.10		
	독립주택단지	0.40-0.60			보통 경사지(2-7%)	0.10-0.15		
	연립주택단지	0.60-0.75			급경사지(7% 이상)	0.15-0.20		
	교외지역	0.25-0.40		중 토	평탄지(2%)	0.13-0.17		
	아파트	0.50-0.70			보통경사지(2-7%)	0.18-0.22		
					급경사지(7% 이상)	0.25-0.35		
공업 지역	산재지역	0.50-0.80	농 경 지	나 지	평탄한 곳	0.30-0.60		
	밀집지역	0.60-0.90			거친곳	0.20-0.50		
	공원, 묘역			0.10-0.25	경 작 지	사 질 토	작물있음	0.30-0.60
	운동장			0.20-0.35			작물없음	0.20-0.50
	철도지역			0.20-0.40		중 토	작물있음	0.20-0.40
	미개발지역			0.10-0.30			작물없음	0.10-0.25
도로	아스팔트	0.70-0.95		초 지	사질토		0.15-0.45	
	콘크리트	0.80-0.95			중토		0.05-0.25	
	벽돌	0.70-0.85		산림지역			0.05-0.25	

자료: 윤태훈. 1997. 「응용수문학」.

<표 4-7> 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정

지표 상황	기본 유출계수	보정치 : 가감량
나 지	0.40	경사 < 5 % : -0.05
초 지	0.35	경사 > 10 % : +0.05
경작지	0.30	재현기간 < 20 yr : -0.05
삼 립	0.18	재현기간 > 50 yr : +0.05
		연평균 강수량 < 600 mm : -0.03
		연평균 강수량 > 900 mm : +0.03

자료 : Stephenson, D. 1981. "Stormwater Hydrology and Drainage Developments"

우수유출량을 산정할 때 강우강도는 중요한 인자로서 고빈도일수록 우수유출량이 증가하게 된다. 우수유출량의 예측은 관거나 관로의 설계를 위한 것이 아니라 홍수량과 홍수위를 산정하기 위한 것으로 50년 또는 100년 빈도의 강우강도를 적용하는 것이 바람직하다. 해당하천이나 호소에 대한 하천정비기본계획에서 채택한 확률빈도에 준하여 적용하는 것이 바람직하다. 대상사업이 하천의 범람영향지역에 있는 경우에는 홍수량과 홍수위를 조사하고 계획지반고와 비교하여 제시한다. 우선 해당 지역의 기왕홍수기록을 조사하고 이를 제시할 필요가 있다. 홍수량과 홍수위를 조사할 때에는 빈도별 홍수위와 홍수량을 제시하는 것이 좋다. 빈도별 홍수위와 홍수량을 고려하여 계획 홍수량 및 홍수위를 선정하여야 할 것이다. 홍수위와 기존제방고를 비교하고 여유고에 대한 안전성 여부를 판단할 필요가 있다. 또한 이를 통해 기성제방고의 부족구간에 대한 조사도 병행하여 실시하는 것이 좋다.

<표 4-8> 여유고 산정기준

계획홍수량(m ³ /sec)	여유고(m)	비고
200미만	0.6이상	단, 계획홍수위가 배후지 반고보다 낮을 경우 또는 지형상황으로 그 필요성이 없는 경우에는 계획홍수량에 관계없이 여유고를 0.6 이상으로 할 수 있다.
200이상~500미만	0.8이상	
500이상~2,000미만	1.0이상	
2,000이상~5,000미만	1.2이상	
5,000이상~10,000미만	1.5이상	
10,000이상	2.0이상	

자료 : 건설부, 1993. 「하천시설기준」

또한 계획 홍수량에 따른 충분한 제정폭의 확보여부도 조사할 필요가 있다. 제정폭의 산정기준은 하천시설기준에 따르는 것이 바람직할 것이다. 또한 제정폭의 부족구간에 대한 조사도 병행하여야 할 것이다.

<표 4-9> 제정폭 산정기준

계획홍수량(m ³ /sec)	제정폭(m)	비고
500미만	3.0	
500이상~2,000미만	4.0	
2,000이상~5,000미만	5.0	
5,000이상~10,000미만	6.0	
10,000이상	7.0	

자료 : 건설부, 1993. 「하천시설기준」

우수유출량과 계획홍수위, 계획홍수량에 대한 조사를 실시하고자 할 때 해당사업이 재해영향평가 대상사업의 경우에는 재해영향평가서를 요약·이기(移記)하여도 무방하다. 재해영향평가서를 요약·이기할 경우에도 환경영향평가서에서 필요로 하는 사항에 대해 충실히 이기하는 것이 좋다. 재해영향평가대상사업은 <표 4-10>과 같다.

<표 4-10> 재해영향평가 대상사업

구 분	대상사업의 범위
가. 도시의 개발	(1) 도시개발법 제2조제1항제2호의 규정에 의한 도시개발사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것 (2) 도시재개발법 제2조제2호의 규정에 의한 재개발사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것 (3) 도시계획법 제3조제10호의 규정에 의한 도시계획시설사업 중 다음의 시설에 관한 사업 가. 유통업무설비로서 부지면적이 30만㎡ 이상인 것 나. 유수지로서 10만㎡ 이상인 것 (4) 주택건설촉진법 제20조 및 제21조의 규정에 의한 아파트지구개발사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것 (5) 주택건설촉진법 제33조제1항의 규정에 의한 대지조성사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것 (6) 택지개발촉진법 제7조제1항의 규정에 의한 택지개발사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것 (7) 유통단지개발촉진법 제2조제4호의 규정에 의한 유통단지개발사업 또는 유통산업발전법 제2조제13호의 규정에 의한 공동집배수단지 조성사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것 (8) 화물유통촉진법 제2조제7호의 규정에 의한 화물터미널설치공사 중 부지면적이 30만㎡ 이상인 것 (9) 고등교육법 제2조의 규정에 의한 학교의 설치공사 중 부지면적이 30만㎡ 이상인 것
나. 산업입지 및 산업단지의 조성	(1) 산업입지및개발에관한법률 제2조제6호의 규정에 의한 산업단지개발사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것 (2) 중소기업진흥및제품구매촉진에관한법률 제20조제1항의 규정에 의한 단지조성사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것 (3) 자유무역지역의지정등에관한법률 제2조제1호의 규정에 의한 자유무역지역의 지정으로서 면적이 30만㎡ 이상인 것 (4) 공업배치및공장설립에관한법률 제2조 제1호의 규정에 의한 공장의 설립으로서 조성면적이 30만㎡ 이상인 것. 다만 (1) 내지 (3)에 해당하여 재해영향평가협의를 한 공장용지에 공장을 설립하는 경우를 제외한다.

(계속)

구 분	대상사업의 범위
다. 관광단지 지의 개발	(1) 관광진흥법 제2조제1호의 규정에 의한 관광사업중 총용지면적이 30만 m^2 이상인 것 (2) 관광진흥법 제2조제6호 및 제7호의 규정에 의한 관광지 및 관광단지의 조성사업 중 면적이 30만 m^2 이상인 것 (3) 온천법 제2조의 규정에 의한 온천의 개발사업 중 면적이 30만 m^2 이상인 것 (4) 도시계획법 제3조제13호의 규정에 의한 도시계획사업 중 유원지로서 부지면적이 30만 m^2 이상인 것 (5) 도시공원법 제2조제1호의 규정에 의한 도시공원의 조성사업 중 조성면적이 30만 m^2 이상인 것
라. 산지의 개발	산림법 제2조제1항제1호의 규정에 의한 산림에서 시행되는 다음 사업 (1) 장사등에관한법률 제2조제6호의 규정에 의한 묘지의 설치로서 조성면적이 30만 m^2 이상인 것 (2) 토석·광물을 채취하는 사업으로서 산림형질변경면적이 30만 m^2 이상인 것
마. 특정지 역의 개발	가목 내지 라목 및 바목의 사업 중 대상사업의 범위에 해당되는 사업으로서 지역균형개발및지방중소기업육성에관한법률에 의하여 시행되는 사업
바. 체육시 설의 설치	체육시설의설치·이용에관한법률 제2조제1호의 규정에 의한 체육시설의 설치공사 중 총용지면적이 30만 m^2 이상인 것. 다만, 골프장의 경우에는 18홀 이상인 경우에 한한다.

자료 : 환경부, 2001. 「환경·교통·재해등에관한영향평가법」

하천내 구조물이 설치되는 경우에는 수리계산을 통해 수위상승을 예측하고 계획홍수위와 비교 검토하여 여유고 확보 여부를 판단하여야 한다. 수위상승정도를 제시할 때에는 기존계획홍수위와 구조물의 설치전과 설치후의 홍수위를 제시하고 여유고를 계산하여 제시하는 것이 바람직할 것이다.

필요에 따라 해당사업지구에 대한 배수체계를 검토하는 것도 요구된다. 배수체계를 검토할 때에는 기존 배수시설 현황과 체계를 제시하고 해당사업의 시행으로 발생

할 수 있는 문제점에 대해서도 예측하는 것이 바람직하다.

수자원을 이용하는 사업의 경우에는 하천의 유량변화 등 수리적인 변화를 예측할 필요가 있다. 하천의 수자원을 이용함으로 인해 발생할 수 있는 하천의 건천화 등을 예측하고 일정 유량의 유지용수가 확보될 수 있는지에 대한 검토도 실시하는 것이 바람직하다. 대상사업이 지하수를 용수로 사용하거나 대상사업의 시행으로 인해 지하수위가 낮아질 우려가 있을 경우에 사업의 시행 또는 지하수개발 등으로 인해 발생하는 영향을 예측하여 제시하여야 한다.

4.3 저감방안

4.3.1 현황 및 문제점

저감방안으로 작성되고 있는 사안은 홍수피해 저감대책이다. 침투유량과 총유출량이 증가하는 유역의 수문특성 변화로 인한 하류의 홍수피해가 우려되는 경우에는 우수관망을 설치하거나 저류시설을 확보하여 홍수피해를 최소화할 수 있는 대책을 제시하고 있다. 그러나 홍수예상지역 외에서도 우수배제계획에 대해서 상세히 기술할 필요가 있으며 대상사업의 시행으로 인한 수로의 차단에 대한 저감방안과 하천을 이설할 경우에는 하천이설계획도 동시에 수립하는 것이 바람직할 것이다.

4.3.2 개선방안

4.3.2.1 우수배제계획의 수립

사업예정지구는 대개 농경지 또는 임야로 구성되어 있으나 사업시행으로 인해 인공구조물이 조성될 경우에는 불투수층의 증가와 지형의 변형 등으로 인해 우수유출량 등에 영향을 미칠 수 있다. 우수유출로 인해 우수가 한 곳에 집중되는 것을 방지하기 위해 사업지구내 지형 등을 고려하여 적절한 우수배제계획을 수립할 필요가 있다.

4.3.2.2 수로차단에 대한 대책 마련

대상사업의 시행으로 사업구역 내 또는 인근의 수로 등에 인공구조물을 건설하거나 유수의 흐름이 방해받는 경우에는 본래의 기능을 훼손하지 않도록 하여야 한다. 하천 또는 수로에 인공구조물을 설치함으로써 인해 발생하는 통수단면적의 감소 등에 대해서는 하천 또는 수로의 단면적을 확대하여 기존의 통수단면적을 확보할 필요가 있다. 또한 배수로의 차단에 대해서는 배수암거, 배수관등을 해당지역에 적정 규모의 구조물을 설치하여 수로단절이 발생하지 않도록 계획하여야 한다.

4.3.2.3 하천이설시 대책 마련

계획홍수량의 유하 및 안전하상 유지를 위해 저수로 및 고수부지정비, 제방축조, 하상정비 등의 하천정비계획을 수립하여야 한다. 이러한 하천정비를 실시할 경우에는 하천주변에 다양한 생물서식공간을 확보하는 공법을 적용하는 것이 좋다. 자연상태의 하천을 이설하는 경우에는 기존 하천의 주변 여건을 고려하여 적절한 공법을 검토하는 것이 중요하며, 하천 바닥 폭은 해당 하천이 원래 갖고 있던 정도의 폭을 유지하며 바닥은 가급적 토사를 유지하는 것이 좋다. 하천은 하천의 원래 형태를 최대한 보존하는 방향으로 계획을 수립하여 하천이 본래 가지고 있는 다양한 완급 경사 및 형상을 유지하면서 생물의 서식환경을 마련하는 것도 중요하다.

4.4 토의

수리·수문 항목에 대한 평가는 대상 사업의 종류에 따라 그 중요성이 달라질 수 있다. 수역의 인근에 실시하는 사업이나 하천내 구조물을 설치하는 사업의 경우에는 매우 중요한 항목이다. 그러나 현재 하천이나 호소에 인접하지 않는 사업에 대해서는 수리·수문 항목이 생략되는 경우가 있다. 본 연구에서는 대상 사업간의 중요도를 같이할 수 있는 일반적인 사항에 대해서만 언급하였다. 특히, 우수유출량 및 수위의 변화를 예측하는 부분에 중점을 두었으며, 우수유출량 산정방법과 수위의 안정도를 비교할 수 있는 기준을 제시하였다.

향후에는 대상사업별로 그 중요성이 인식되는 사항에 대하여 보다 심도 있는 연구가 추진되어야 할 것이다.

5. 토지이용

토지이용 등 대부분의 평가항목은 법적 기준이 설정되어 있지 않기 때문에 수질이나 대기환경에서와 같이 기준치 초과 여부로써 판단할 수 없다. 토지이용 항목은 상위법규 및 계획내용이 주요 판단기준이 된다. 특히, 도시계획지역에 수립되는 도시기본계획에서 제시된 개발지표는 토지이용 변화에 대한 위배 여부를 판단하는 데 중요한 단서가 될 수 있다.

따라서 토지이용의 분야에서는 수질이나 대기환경의 항목에서와 같이 총량으로 접근하는 것이 바람직하며, 이러한 경우 한 개발에 따른 토지이용의 변화보다 상위계획과의 일관성 및 관련 계획과의 연계성을 검토하는 것이 바람직하다.

5.1 현황조사

5.1.1 현황 및 문제점

5.1.1.1 지구현황분석도

토지이용은 주변지역과의 연계성과 해당지역의 자연적·지형적 특성을 고려하여 계획되어야 한다. 택지개발 혹은 관광지의 개발시 양호한 녹지와 수려한 경관자원, 인근의 도로망 체계, 주변의 시설물 등의 자연 및 인문현황은 보존적지 및 개발적지를 판별하는 중요한 기초자료가 된다.

하지만 현재의 평가서는 계획을 수립하는 데 필요한 사업지구 및 주변지역의 토지이용현황 및 환경적 특성 등 지역차원에서의 관련 내용의 제시가 미흡한 실정이다. 현황을 제시한 경우도 대부분 제시된 용도지역, 토지이용현황에 그치고 있으며 그나마 사업부지에 대한 현황이기보다는 사업지구가 속해있는 행정구역 전체에 대한 것으로 사업지구의 구체적인 현황을 파악하는 것은 어렵다. 이에 따라 개발사업의 토지이용계획이 사업지구와 주변지역의 현황을 고려하여 계획이 이루어졌는지 파악할 수 없는 등 문제점이 있다.

5.1.1.2 상위 및 관련 계획의 반영

환경영향평가 대상 사업은 상위계획에 근거하여 단계적으로 추진되고 있는 사업과 도시 및 지역의 개발수요에 의해 개별적으로 입지하는 사업으로 분류할 수 있다. 상위계획에 근거한 개발사업의 경우 당해 사업과 관련된 상위 및 관련계획의 내용이 제시되지 않아 구체적인 개발방향 및 개념을 파악할 수 없다. 또한 개별적으로 입지하는 사업의 경우에도 주변지역에서 현재 이루어지고 있는 개발사업 혹은 계획중인 사업 등에 대한 내용이 제시되지 않고 있다. 개발사업에 대한 토지이용계획을 수립하기 위해서는 이들 상위계획에서 사업이 입지하는 지역에 대해 제시하고 내용이 있으면 이를 수용해야 한다. 따라서 토지이용계획을 작성하기 위해서는 상위계획에서 정한 당해 도시의 토지이용에 관한 사항이 있는가를 조사하여야 한다.

5.1.2 개선방안

5.1.2.1 지구현황분석도

지구현황분석도는 토지이용 항목을 평가하기 위한 가장 기초적인 자료가 되며 향후 개발사업의 녹지지역, 상업시설, 공공시설의 입지의 적절성과 규모의 적합성 등 토지이용계획의 전반에 걸친 시설입지의 타당성 및 합리성을 파악하는 데 중요한 역할을 한다. 따라서 현황조사 단계에서 사업지구 및 주변부지의 특성을 파악할 수 있도록 다음과 같은 내용이 표시된 지구현황분석도를 작성하여야 한다.

- 해당지역의 용도지역
- 토지이용현황
- 개발시의 법적, 물리적, 입지적 제약요건
- 부지의 표고 및 경사도분석에 따른 건축물입지 용이성
- 사업지구 및 인근지역의 양호한 경관자원 현황 및 그에 대한 조망지역
- 양호한 녹지의 분포현황
- 사업지구와 인접한 제반시설

5.1.2.2 상위 및 관련 계획의 반영

대규모의 인구를 유발하는 택지개발을 비롯한 관광지, 유통단지 등의 개발이 해당 지역뿐만 아니라 당해 도시 및 지역의 개발방향에 미치는 영향은 지대하다. 따라서 대규모 개발계획 수립시 도시 및 지역계획 관점에서 상위계획의 대응을 적절히 수용하고 있는지와 도시의 개발방향과 일치하는지의 여부를 검토하여야 한다.

더욱이, 사업지구와 인접해서 계획·개발되고 있는 도로 및 시설물 계획의 경우 환경 및 교통 측면에서 사업지구에서의 직접적인 영향이 예상되므로 이에 대한 개별적 개발계획에 대한 구체적인 내용 또한 제시되어야 한다. 개발사업과 관련한 상위 및 관련계획의 내용은 아래의 내용을 고려하여 작성하는 것이 바람직하다.

- 당해 사업에 대한 상위 및 관련계획상의 추진상황
- 당해 사업에 대한 상위 및 관련계획상의 기본개발 방향
- 사업입지 지역 및 인근지역에 대한 개발계획 수립 현황
- 사업입지 지역 및 인근지역에 대한 환경관련 용도지역 지정 및 지정계획 여부

5.2 영향예측

5.2.1 현황 및 문제점

5.2.1.1 상위계획과의 연계성 검토

개발사업에 따른 토지이용계획은 해당 지역의 현재의 토지이용과 미래의 발전방향을 고려하여 유기적인 연계성을 확보하도록 하여야 한다. 특히, 환경영향평가 대상사업은 대규모이거나 혹은 심각한 환경적 문제를 야기하는 사업으로 해당 지역뿐만 아니라 도시 및 지역전체에 환경적·경제적·사회적으로 많은 영향을 준다.

하지만 이러한 상위 및 관련계획의 내용에 관한 현황조사도 미비하며, 관련 내용이 제시되었다고 하더라도 상위 및 관련계획을 단순히 서술하고만 있어 개발사업과 상위 및 관련계획과의 연계성 검토가 어려운 실정이다.

이러한 상위 및 관련계획의 연계성 검토의 미비는 타 계획과의 유기적 계획을 불가

능하게 하며 결국엔, 용도간의 혼재, 기능의 상충 등의 토지이용상의 문제를 발생할 소지가 있다. 또한 도로사업의 경우 상위 및 관련 계획에 관한 검토가 이루어지지 않아 동일한 기능을 담당하는 도로노선이 동시에 계획되고 있는 경우도 있다.

5.2.1.2 주변 토지이용의 변화

한 지역에 개별사업이 입지하게 되면 이에 따라 필연적으로 서서히 혹은 급속히 연쇄적 개발이 이루어진다. 개별시설물의 입지는 주변의 토지이용에 변화를 초래하게 되고 이러한 과정이 지속되면서 도시에 다양한 개발이 이루어지고 가용토지가 부족하면 교외로 확장되는 등 변화가 발생하게 된다.

개발사업으로 인해 주변 토지이용이 변화되고 이로 인해 해당지역에 생활환경 혹은 사회·경제환경 측면에서 영향이 발생하게 된다면 이 또한 개별사업의 입지로 인해 야기되는 2차 혹은 3차적 영향으로 볼 수 있기 때문에 개별사업 입지에 따른 주변 토지이용의 변화를 예측하는 것은 중요하다. 하지만 현재까지 개별적 개발사업이 입지함에 따라 야기되는 주변 토지이용의 변화에 관한 예측이 이루어지지 않고 있다.

5.2.2 개선방안

5.2.2.1 상위계획과의 연계성 검토

토지이용이란 주어진 토지공간을 어떠한 용도로 이용할 것인가를 정하는 것이다. 따라서 개발사업에 대한 토지이용계획을 수립하기 위한 상위계획에는 계획의 대상 또는 법적 근거에 따라 다양한 상위계획이 존재하게 된다. 예를 들면, 도시내 택지개발의 경우에는 당해 도시의 도시계획이 상위계획이 되며, 관광단지를 조성한다면 해당 지역의 관광개발계획이 상위계획이 된다.

이러한 상위 및 관련계획은 하나만 존재하는 것은 아니며 사업의 특성에 따라 다양한 상위계획이 존재할 수 있다. 이러한 상위계획에 대해 단순히 기본적 내용만을 제시하기보다는 사업계획과 연계되는 부분을 발췌하고 이러한 내용이 계획에 어떻게 적용되었으며 반영이 안된 부분은 무엇이며 그 이유가 무엇인지를 명확히 제시하여

야 한다. 상위계획 및 관련계획의 연계성 검토를 통해 용도간의 상충, 중복 시행, 기능상의 혼재 등에서 오는 환경적·경제적 문제를 사전에 예방할 수 있으며 일관된 도시 및 지역관리가 이루어질 수 있다.

5.2.2.2 주변 토지이용의 변화

개발사업이 입지함에 따라 야기되는 토지이용의 변화는 오랜 시간을 두고 서서히 이루어지거나 혹은 단시간 내에 급속히 변화하기도 한다. 이러한 변화가 단순히 개별적 개발사업으로 인해 야기되는 경우도 있지만 도시 및 지역 전체의 개발 방향 및 잠재력, 정책적 요인 등 여러 가지 요인이 종합되어 이루어진다. 이러한 토지이용 변화의 예측이 객관적·합리적으로 이루어지고 그 과정 및 결과가 공감을 얻는다는 것은 어려운 것임에 틀림없다. 하지만, 지역의 특성, 사업의 종류, 개발의 규모 등을 분석하면 구체적이지는 않더라도 주변 지역의 토지이용이 어떻게 변화하는지에 대해 어느 정도 경험적으로 예측이 가능하다고 본다.

단적인 예로, 택지개발이 이루어질 경우 주변지역의 지가상승과 상업·업무시설의 수요 증가에 따른 토지이용의 변화, 스키장이 개발될 경우 주변지역의 숙박·요식업소 등의 증가는 필연적인 것은 아니지만 충분히 일어날 수 있다.

이러한 예측에 관한 연구가 지속적으로 진행되고 경험이 축적되어 좀더 합리적이며 객관적인 예측이 가능해지면 당해 개발로 인해 예상되는 주변 토지이용의 변화에 능동적으로 대처할 수 있다. 필요하다면 택지개발의 경우 당해 개발사업의 토지이용계획을 변경하여 주변 지역에 미치는 개발 수요를 억제하여 주변지역에 미치는 환경부하를 감소시키거나 무질서한 토지이용의 통제가 가능할 것이다.

이러한 일련의 과정에 대한 정확한 예측이 가능하다면 합리적이고 계획적인 조정 및 관리를 통해 다양한 개발사업이 입지하게 되더라도 환경용량 등을 고려하여 일관된 도시 및 지역관리가 가능하다.

5.3 저감방안

5.3.1 현황 및 문제점

5.3.1.1 녹지 및 공원확보

공원 및 녹지공간은 시민의 쾌적성 확보에 가장 기초가 되는 요소이다. 그러나 대부분의 사업부지 내 공원면적은 상당히 부족한 상태이며, 그 또한 주택지 및 도로를 우선 배치하고 남는 공간에 녹지를 계획하여 접근성이 어려운 경우도 있다. 이는 녹지의 가치에 대한 평가를 우선적으로 고려함에도 불구하고 경제성을 우선시하여 주변지역과의 연계성 혹은 접근성에 대한 고려 없이 녹지가 조성되기 때문이다.

특히, 녹지는 그 기능에 따라 완충녹지, 차폐녹지, 보존녹지 등으로 구분할 수 있으며, 그 기능에 부합되도록 녹지를 조성해야 한다. 하지만, 녹지의 기능 여부에 상관없이 일정 비율의 녹지율 혹은 공원율을 산정하고 나면 차폐 혹은 완충녹지를 조성해야 하는 지역과 혹은 보존가치가 있는 지역에 상관없이 개발지역으로 편입되어 토지이용계획이 이루어지고 있는 실정이다.

택지개발, 관광지 개발 등 대부분의 면적사업의 경우 보존녹지뿐만 아니라 완충녹지가 상당부분 차지하고 있지만, 완충녹지의 폭만이 고려되고 식재는 매우 형식적으로 이루어져 생물서식공간으로서의 역할을 수행하기에는 미흡하다. 이러한 완충공간이 기능간의 상충을 완화하고 경관상 차폐 기능을 담당하면서 생물서식공간 또는 동물의 이동통로로 이용될 수 있도록 하는 방안이 요구된다. 다음의 예는 그 동안 택지개발사업 등 면적사업에 대해 환경영향평가서의 토지이용 항목에서 녹지 및 공원과 관련된 의견을 요약한 것이다.

- 사업지구 내의 공원녹지율이 3.1%에 불과하며 사업지와 인접하여 주거지가 형성되어 있는 점을 고려할 때, 공원녹지율의 제고가 필요함. 따라서 임상이 양호한 지역, 상업지역과 주거지역의 경계부 등에 추가로 공원녹지를 확보하는 방안을 수립
- 사업지구 내의 하천을 자연형 하천으로 정비할 계획인 바, 주민의 접근성을 고려

하고 녹지가 풍부한 수변휴식공간으로서의 기능을 만족할 수 있도록 설계개념을 수립

- 본 사업지구 내의 공원녹지계획 중 경관녹지는 절토면의 사면녹화를 의미하는 것으로서 상기 의견을 참조하여 절토사면의 발생을 최소화하고 완충녹지 또는 공원을 조성하여 전체적인 공원녹지율의 비율을 유지할 수 있도록 토지이용계획을 변경(본 사업지구는 단독주택지가 많이 책정되어 수용인구 1인당 도로면적이 21㎡에 이르는 등 불필요하다고 판단되는 도로의 확보가 있다고 판단되므로 도로망계획을 변경하여 공원녹지공간 확보 가능)
- 공원녹지계획에 있어서 기존의 도시계획시설인 3호근린공원을 보존하는 대안1이 현 토지이용계획보다 유리하며, 지형지세를 고려치 않은 공원설정은 불필요한 사면 또는 옹벽을 발생시키므로 단지내 경관상으로도 좋지 않은 영향을 미칠 것임. 따라서 토지이용계획에 있어서 상업지역 및 공용의 청사를 사업지구 서측(철도노선변)으로 위치 변경하고 근린공원도 원형을 최대한 보존하는 방안을 설정하고 비교 검토하여 최적안을 수립
- 본 사업지구 내 어린이공원을 제외한 녹지율은 11.3%이나 이 중 상당 부분(6.9% 포인트)이 부지정지시 발생하는 절토사면으로서 수목식재의 한계로 인하여 녹지의 효과가 충분하지 못할 것임. 따라서 사업지 내에 녹지공간 추가확보 방안을 검토

5.3.1.2 지형을 고려한 개발

한국의 도시근교 지역은 70% 정도가 구릉에 위치하고 있으며 15% 정도가 산의 비탈면에 위치하고 있다. 이를 뒷받침하듯이 도시개발사업의 토지이용계획은 많은 토공량을 발생시키는 등 지형의 변화가 매우 심하다. 지형의 변화로 말미암아 기존 수목이 훼손되고 생물서식지의 파괴, 배수구역의 변화 등 다양한 2차적 영향을 가져온다. 이를 고려할 때 기존 지형을 최대한 활용하는 토지이용계획은 매우 중요하며 절토 및 성토의 균형을 유도하면서 전반적인 토공량도 최소화하여야 한다. 다음의 예는 그 동안 택지개발사업 등 면적사업에 대해 토지이용 항목에서 녹지 및 공원과 관련된

의견을 요약한 것이다.

- 사업지구 북측에 최대 30m의 절토사면이 발생하여 공동주택지를 비롯한 인근 지역으로부터의 경관에 영향을 줄 것이므로 해당사면의 발생을 최소화할 수 있는 토지이용계획대안(도로종단선형 및 부지정지고 등 포함)을 설정하여 비교 검토하고 최적안을 수립
- 본 사업은 대규모 절토사면(지구북서측)이 발생하며 고지대에 공동주택이 배치되는 등 토지이용계획 및 경관상 지대한 영향을 미칠 것이므로 사업지구내 토공으로 발생할 절성토 사면의 높이를 최소화하고 고지대에는 저층주택이 배치될 수 있도록 전반적인 토지이용계획을 조정
- 본 사업계획에 의거하여 발생하는 토공량은 $3.56\text{m}^3/\text{m}^2$ 으로 유사 토지구획정리사업($2.9\text{m}^3/\text{m}^2$)에 비하여 많은 바, 전반적으로 절성토 균형을 유지하되 전체 토공량을 축소할 수 있도록 토지이용계획 및 부지정지계획을 변경

5.3.1.3 불투수면적의 최소화

대부분의 대규모 개발사업이 농경지 혹은 산지에 개발되어 건축물이 입지하고 많은 부분이 불투성으로 포장됨에 따라 우수가 지하로 침투하지 못하여 지중 함수율이 떨어진다. 이는 식물의 생육, 우수의 유달시간의 단축 등 자연환경 및 생활환경측면에서 영향을 미친다. 하지만 택지개발 혹은 관광지 개발사업과 같은 면적 개발사업의 경우, 특별히 자동차의 통행량이 많거나 과다한 하중이 예상되는 지역이 아님에도 불구하고 불투수성 포장의 사용으로 인하여 우수의 토양침투를 저하시키고 있다.

5.3.1.4 친수환경의 조성

하천은 수 생태계와 육상 생태계를 연결하는 추이대로서 생물의 생산성과 종다양성이 높은 중요한 공간이다. 특히, 도시내 하천은 생물 서식지 및 물질순환 등 생태학적 구조와 기능이 살아 있을 가능성이 높은 공간이다. 하지만 도시화가 진행되면서 재난 방지와 치수 기능을 강화하기 위해 제방의 축조, 저수로 및 고수부지의 정비, 하폭의

확대 등의 하천정비가 이루어졌고 그 결과 하천의 자정 기능의 저하, 경관의 획일화, 수질오염을 가중시키는 등 하천 환경을 파괴하게 되었다.

현재 택지개발의 경우 어느 정도 시가화 인접지역의 농경지나 녹지지역에서 이루어지기 때문에 대부분의 하천이 이미 기 정비화된 상태로서, 하천이 갖는 생태적 혹은 환경적 기능을 상실하였다고 볼 수 있다. 최근에는 도시 하천의 환경문제가 심각해지자 하천 환경 기능을 개선하고 복원해야 한다는 필요성과 오픈스페이스로서 하천 기능을 향상시키려는 움직임이 확산되고 있다.

하지만 아직까지 기존의 택지개발 사례를 보면 하천이 사업지구에 포함되었을 경우 자연형 하천으로 복원하여 생태적·환경적 기능을 되살리면서 시민들을 위한 적극적인 친수환경을 조성하기보다는 치수적 관점에서의 하천정비가 많이 행해지고 있다. 특히, 직선형의 콘크리트 제방으로 정비된 하천은 친수공간으로의 활용이 불가능하며, 인공구조물에 의한 획일화되고 이질화된 하천경관을 야기시켰다. 물론 일부에서는 하천을 단지내 녹지축과 연계하여 하천을 녹지축으로 조성하기도 하지만 하천 수질을 회복하거나 자연형 호안으로 조성하는 등의 생태적 측면에서의 계획 및 관리 는 미흡한 실정이다.

5.3.2 개선방안

5.3.2.1 녹지 및 공원 확보

면적개발사업(택지개발 등)의 경우 우리나라와 같이 도시 내 공원이 부족한 상태에서 단지 내 자연상태의 녹지나 혹은 휴식·위락시설로서의 공원의 확보는 사업지구의 쾌적성 측면에서 중요한 요소이다. 뿐만 아니라, 면적개발사업의 대부분은 농경지 및 녹지지역에 입지하는 것을 감안하면 도시전체 혹은 지역전체를 고려할 때 개발사업이 행해짐에 따라 시가화지역이 확장되고 인구가 증가하지만 다양한 환경적 기능을 수행하고 있는 녹지면적은 상대적으로 감소하게 되어 친환경적 공간은 상대적으로 감소하게 된다.

특히, 녹지 및 공원의 조성은 해당지역의 녹지축 혹은 생태축과의 연결성 측면에서 중요한 의미를 지니고 있다. 이러한 점을 고려할 때 녹지 및 공원의 충분한 확보는

단순히 사업지역뿐만 아니라 도시 혹은 지역전체의 녹지율 및 공원율과 연계되는 것이며 시민전체의 친환경성 혹은 쾌적성과 유기적인 관계가 있음을 알 수 있다.

택지사업을 비롯한 면적사업의 경우 녹지 및 공원의 파급효과는 개발대상지의 특성과 녹지지역의 위치, 형태에 따라 다를 뿐만 아니라 대상지역 내에서 녹지 및 공원을 위한 공간을 확보하는 데 많은 제약성이 있다. 따라서 제한된 녹지면적을 어느 곳에 어떤 형태로 배치하며 녹지공간들간의 관계를 어떻게 조직하느냐 하는 것은 매우 중요하다.

녹지 및 공원의 확보는 거시적으로는 해당 지역 전체의 녹지축 혹은 생태축을 훼손하지 않아야 하며, 도시민의 1인당 유효 공원면적 등을 고려하여 개발대상지역의 토지이용계획을 수립할 때 녹지 및 공원을 확보할 수 있도록 해야 한다.

1) 녹지 및 공원 배치의 기본원칙

가) 도시전체 녹지체계의 위계에 부합하도록 배치

단지 내 녹지 및 공원의 효과를 극대화하고 도시전체의 녹지개발축과 유기적 연계를 확보하기 위해서는 주변지역의 자연적·환경적 특성을 고려하여 조직적인 체계를 형성할 수 있도록 계획을 수립하여야 한다. 녹지 및 공원의 배치는 아래의 내용을 고려하여 우선적으로 배치하여야 한다.

- 도시 및 지역차원에서의 녹지축 혹은 생태축과 연계되는 지역은 녹지지역으로 지정
- 자연의 풍치를 보전해야 할 가치가 있다고 판단되는 곳과 기존의 양호한 산림은 적극적으로 보전
- 공업지역이나 공항과 시가지의 사이, 간설도로와 철도 연변 등의 시설물 주변에는 완충녹지를 설정
- 단지내 주요시설의 보호를 위해 필요한 곳과 교육시설과의 연계성이 좋은 곳은 시설녹지로 지정

나) 지정목적에 부합되도록 배치

단지 내 녹지지역의 지정은 완충녹지, 보전녹지, 차폐녹지 등으로 구분할 수 있다. 이때 보전녹지는 단지 내 양호한 산림환경을 보전하거나 개선함으로써 단지 내 친환경 경성을 위해서 설치하는 녹지를 말한다. 완충녹지는 수질오염·대기 오염·소음·진동 등 공해의 발생원이 되는 곳 또는 가스폭발, 유출 등 재해가 생겨날 우려가 있는 지역과 주거지역이나 상업지역 등을 분리시킬 목적으로 두 지역사이에 설치하는 녹지대를 말한다. 즉, 도로나 철도 주변 주거지대 등, 상호 토지 이용의 혼란방지 등의 공공 재해를 줄이고 녹지 보전을 목적으로 하는 녹지를 말한다. 차폐녹지는 완충녹지와 비슷한 개념이지만 일반적으로 불량한 경관이 조망되지 않도록 조성하는 녹지라 할 수 있다. 이러한 녹지의 기능을 고려하여 그 지정목적에 맞는 위치·형태 및 규모가 필요하며 토지이용계획에서 녹지지역의 입지배분은 이와 같은 입지조건에 부합되도록 수행되어야 한다.

다) 이용이 용이한 거리 내에 배치

도시 내 공원녹지는 도시경관의 질적 향상에 크게 기여한다. 그러나 도시공원녹지의 많은 부분들이 건물에 의해 잠식되거나 건물에 의해 가려져서 제구실을 못하는 경우가 많다. 도시공원 녹지는 두 가지 측면의 접근성을 가지고 있다. 방문객의 접근성과 시각적 접근성이 그것이다. 녹지 및 공원의 입지가 단지 내 주민의 생활공간과 유리되는 지역에 위치하게 되면 활용도가 절감될 뿐만 아니라, 녹지지역이 지닌 본래의 기능을 수행하지 못하기 때문에 녹지 및 공원의 계획은 이러한 점을 고려하여야 한다.

도시공원녹지의 시각적 접근성은 도시경관의 시각적 질과 관련이 있는 것으로 시각적 접근성을 높임으로써 도시경관의 질적 향상에 기여할 수 있다. 시각적 접근성을 제한된 도시의 녹지공간을 거리의 시민들에게 최대한 노출시키고자 하는 개념이다.

시각적 접근성이 높은 공원녹지는 도시내 산림과 함께 도시경관의 개선에 크게 기여하게 된다. 따라서, 시민들이 도시공원녹지의 존재를 충분히 파악할 수 있도록 공원 인접지역은 낮은 건물이나 열려진 공지로 개방시켜야 하며, 공원의 담장을 없애고 생울타리나 투시벽을 조성하는 방안 등이 검토되어야 한다.

라) 개발지역과 공간적 조화를 이루도록 배치

녹지 및 공원은 일상의 활동에 있어서 휴식 및 여유허간으로 조성하기도 하지만 개발대상지역 및 인근지역에서 입지하고 있는 다양한 시설 때문에 발생하는 여러 문제를 완화시키기 위해 지정한다. 예를 들어, 고속도로, 철도, 항공기, 대규모 공장 등으로부터 개발지역의 환경을 보전하기 위한 녹지지역은 이들 시설을 따라 충분한 폭과 거리를 확보하도록 배치하여야 한다. 또한 녹지지역이 소음방지, 일조권 확보 등을 통해 시설물을 보호할 목적으로 지정할 경우는 녹지가 보호 목적물로부터 떨어져 있어서는 제 기능을 발휘할 수 없다. 따라서 녹지지역의 지정은 다른 시설물 계획을 고려하여 공간적 융합을 이루어 상호 보완적 역할을 담당할 수 있도록 배치하여야 한다.

2) 적정녹지면적의 산출

녹지 및 공원의 면적을 확대하면 상대적으로 건축물이 입지하는 부지가 적어질 수밖에 없으므로 사업의 수익성 측면에서 불리하게 된다. 반면, 녹지 및 공원면적을 축소하는 것은 쾌적한 주거환경을 저해하는 치명적인 요소로 작용할 것이다. 그렇다고 택지개발에 대해 지역적 특성을 고려하지 않고 녹지 및 공원면적을 일률적으로 규정하여 적용하는 것은 불합리하다. 또한 공원 및 녹지면적의 확보 기준을 미리 규정해 놓고 이에 따라 토지이용계획을 수립하는 것 또한 바람직하지 않다. 따라서 적정녹지면적의 산출은 앞서 정리한 녹지 및 공원배치의 기본원칙과 우선적으로 녹지지역으로 선정할 지역을 고려하여 우선적으로 선별하여 조성하도록 하고, 해당 사업지역의 다양한 특성을 반영하여 녹지면적을 조정하는 방안이 필요하다.

다만, 지금까지 개발되어온 택지개발에 대해 과거 추이를 살펴보면 앞으로 택지개발을 할 경우 적용되어야 할 적정 수준의 녹지 및 공원면적은 어느 정도인지를 판단하는 것은 가능하다.

예를 들어, 택지개발의 경우 공원녹지율을 보면 12% 내외로서 각 개별 사업지구의 주변 현황에 따라 달라지고 있으며, 이러한 비율은 점점 높아지는 추세이다. 실제로 1997~1998년도 전반기의 택지개발사업의 경우 평균적으로 공원녹지면적은 전체 면

적의 11.2%에 불과하였으나, 1998후반기~1999년의 경우, 12.7%로 높아지고 있으며 21), 현재에는 지역마다 차이는 있겠지만 15~20%까지 공원녹지율을 높이는 경우도 있다. 이때 적용된 공원의 면적에는 어린이공원, 근린공원이 포함된 면적이며, 녹지의 경우는 완충녹지, 경관녹지를 포함한 면적이다. 여기서 경관녹지라 함은 대부분의 경우 지형의 변화로 발생하는 절토사면의 녹화를 의미하는 것으로 녹지 혹은 공원으로 서의 기능은 미약하다 하겠다.

5.3.2.2 지형을 고려한 개발

도시 개발의 경우 기존의 도심지에 대한 택지개발이나 토지구획정리는 이루어지지 않으며 주로 자연녹지지역이나 생산녹지지역에 이루어지고 있어 주변지역과의 지반고를 맞추기 위해서는 토공은 필수적인 요소가 된다. 이 경우 농경지의 성토에 필요한 토사량을 공급하기 위해서 산지를 절개하여 지구 내 토공균형을 맞추도록 계획하는 것이 일반적이다. 이는 토사운반에 따른 경제적인 손실, 비산 먼지의 발생, 운행차량으로 인한 소음 및 대기질의 영향 등 공사시 환경적으로 발생할 영향을 최소화하는 방안도 될 수 있다. 그러나 이러한 경우 양호한 산림의 훼손이 커지며 지형의 변동으로 인한 배수구역의 변화 등의 문제가 발생할 소지가 있다.

따라서 무조건적으로 토공량의 균형을 맞추는 것은 의미가 없다. 지형에 순응하는 개발을 위해서는 개발적지와 보전적지를 구분함에 있어 환경적·생태적으로 보전 가치가 있는 지역뿐만 아니라 지형의 표고와 경사도를 고려하여야 한다. 물론, 현재 사전환경영향평가 검토지침에 제시되어 있는 급경사 0지역(경사도 20°~30°)이 50% 이상일 경우 입지를 불허하는 내용이 있지만, 여기에는 녹지자연도 7등급 이상이라는 조건이 제시되어 있다. 우리나라의 대부분이 산지 혹은 구릉지로 되어 있는 토지 여건을 감안하였을 때 일정 기준을 마련하고 이에 맞추어 토공량을 계획하는 것은 많은 문제점이 있다.

따라서 경사지를 활용하여 외부공간계획과 옥외생활공간을 확보하도록 하고, 환경

21) 건설교통부·한국건설기술연구원, 2000. 「생태도시 조성 핵심기술 개발(I) 연구보고서」, p.49.

사지의 경우 단독주택 및 아파트를 조성하고, 급경사지는 건축적으로 경사면 극복이 용이한 연립이나 테라스 하우스 등 공공주택을 입지시키는 등 경사지, 절벽, 평지 등 지형의 다양성을 유지하여 계획하여야 한다.

5.3.2.3 불투수면적의 최소화

투수성 포장을 통한 우수의 지하침투로의 유도는 도시방재 차원뿐만 아니라 도시의 기후변화 완화, 도시열섬현상 완화 등 친환경적 개발을 위해서는 반드시 필요하다. 자동차가 많이 다니는 차도를 제외하고 보행자도로, 광장, 자전거도로, 주차장, 그린공원내 보도 등은 아스팔트시공을 지양하고 다양한 투수성 포장을 적용할 수 있는 대표적인 지역이다.

현재 우리나라에서 많이 적용되고 있는 투수성 포장 공법은 크게 포설형과 블록형으로 구분할 수 있다. 블록형에서도 블록자체에 투수기능을 지닌 투수블록형 포장 공법, 식생과 함께 적용되는 중공블록형 포장 공법 등으로 세분할 수 있다.

포설형은 국내에서 많이 적용되는 것으로 일반적으로 자전거도로나 광장, 주차장에서 흔히 볼 수 있다. 시공은 간편하지만 각층의 시공에 있어 투수기능이 저해되지 않도록 고려하여 시공하여야 하며 공극이 막히지 않도록 지속적인 유지관리가 필요하다.

투수블록은 블록 자체로도 투수가 가능하고 블록과 블록사이의 틈새로도 투수가 되므로 포장 구조체 전체로 투수성이 확보되는 공법이다. 틈새로나마 토양이 노출되므로 블록의 공극이 막힌다 해도 포설형의 경우와 같이 투수성능이 완전히 상실되지 않는다는 점에서 유리하다. 하지만 국내에서 생산되는 종료가 다양하지 않고 또한 내구성 측면에서 제약이 따른다.

중공블록은 국내에서 식생블록이라 불리는 것과 유사하며 잔디 등 식생과 같이 적용되기 때문에 보다 자연적인 미관을 창출할 수 있다. 기본적인 블록관리 외에 식생관리도 지속적으로 되어야 한다는 점에서 단점이 있지만 최근 주차장, 광장 등에 많이 도입되고 있다²²⁾.

22) 환경부. 1999. 「생태도시 조성 기반기술 개발사업(III)」

투수성 포장은 하나의 재질을 사용하기보다는 사업지역의 다양한 시설지구 및 오픈스페이스 등의 공간성격 및 기능, 활동 행태 등을 고려하여 친환경적인 포장재료를 사용하여야 한다. 특히, 친환경적 포장재료는 투수율을 고려해야 하며 주변지역에 환경적·생태적으로 영향을 미치지 않는 자연재료나 상기의 특성이 있는 인공재료가 바람직하다.

5.3.2.4 친수환경의 조성

친수공간의 조성은 하천의 자연생태적 특성과 이용자의 행태적 특성을 고려하여 하천공간을 구분하고 각 구역의 특성에 적합한 기능공간을 배치하여야 한다. 도시하천 내 친수공간의 조성은 크게 두 가지로 구분하여 방향을 제시할 수 있는데, 하나는 광장, 공원, 호안제단의 조성 등을 통한 녹지확보 차원에서의 친수공간 조성과 하천의 본래의 생태적·환경적 기능을 복원하여 자연형 하천계획으로 구분할 수 있다.

친수공간의 조성은 하천을 자연환경을 형성하는 구조로서 인식하여 하천을 중심으로 분포하는 대규모 녹지 등의 자연적 요소를 활용한다. 하천이 지닌 자연경관과 거리와의 일체성, 연속성을 지닌 정취있는 장을 활용하여 부지 내에 새로운 친수공간의 형성을 목표로 한다.

자연형 하천의 조성은 기존의 제방 - 고수부지 - 저수호안 - 인공 수로의 구조가 일반화되어 획일적으로 정비가 이루어진 하천을 생태공법을 이용한 하천 정비를 통해 생물 서식공간의 확보 등으로 생물다양성 및 풍부성을 확보하여 하천의 생태적 기능을 수행할 수 있도록 하기 위한 것이다.

일반적으로 친수공간의 조성은 인공적 시설이 중심이 되어 하천의 자연환경이 뛰어난 부분에 대해서 자연적 위락시설, 문화시설 등을 설치하거나 고수부지를 활용한 각종 레크리에이션, 스포츠 활동, 이벤트 등의 장소로 활용하기 위한 것이다. 반면, 자연형 하천 조성은 자연생태계 및 자연환경의 보존을 목적으로 인공적인 개량이나 변경을 지양하여 하천의 생태적 기능을 회복하고, 자연환경이나 경관을 살려서 초원, 자연학습장, 자연관광로 등의 자연적인 시설을 중심으로 한 친환경적 활동이 가능하도록 조성하는 데 목적이 있다. 친수공간의 조성시 일반적으로 고려해야 할 사항을 정

리하면 다음과 같다.

- 하천은 녹지로서 큰 의미를 지니므로 주변 배후지의 녹지체계와 연계성을 고려
- 하천측에 인접하여 공원, 녹지, 오픈스페이스를 조성
- 건물의 형상을 고려하여 배후지로부터의 조망을 방해하지 않도록 계획
- 수변공간을 조망할 수 있는 대표적 경관지점을 마련
- 친수공간의 기능 및 활동특성에 적합하도록 시설계획을 수립
- 주택단지에서의 접근성을 고려한 동선계획
- 방재공간으로서의 공간 확보 측면을 고려

5.4 토의

토지이용은 주변의 입지적 여건, 기존 시설물, 향후 개발방향 등을 고려하여 공간적으로 접근이 필요한 종합적 성격을 가지는 항목이라 할 수 있으며 지형·지질, 동·식물 등의 자연환경 분야를 기초로 입지적 검토가 가능하고 녹지공간을 조성하는 등 토지이용계획의 기초가 된다. 또한 대기질, 소음, 교통 등을 고려하여 개발규모를 정하고 위해성이 없도록 완충녹지를 조성하는 등의 타 항목과의 연계를 통한 검토가 이루어져야 한다. 현재에도 이러한 연계적 검토는 이루어지고 있지만 항목간 구체적인 연계기법이나 기준이 마련된 것이 아니라 경험적으로 이루어지고 있어 아직까지는 미흡한 실정이다.

지금까지 제시한 토지이용 항목의 평가기법은 대부분이 택지개발이나 혹은 관광단지 조성 등 면적인 사업을 대상으로 하였지만, 모든 사업에 대해서 공통적으로 적용되어야 할 요소를 기준으로 문제점을 분석하고 개선방안을 제안하였다. 토지이용 항목을 작성 혹은 검토하는 데 있어 현황조사 및 영향예측 단계에서 중요하게 작용하는 것은 주변 토지이용현황을 충분히 고려한 계획과 상위계획 및 관련계획에 대한 반영이다. 따라서 토지이용 항목에서의 현황조사와 영향평가는 주로 현황과 관련계획과의 연계성을 파악하고 계획에 어떻게 반영하여야 하는지에 대해 정리하였다. 또한, 토지이용계획에 있어서 중요하게 다루어지고 있는 녹지지역의 선정 및 녹지율에 대

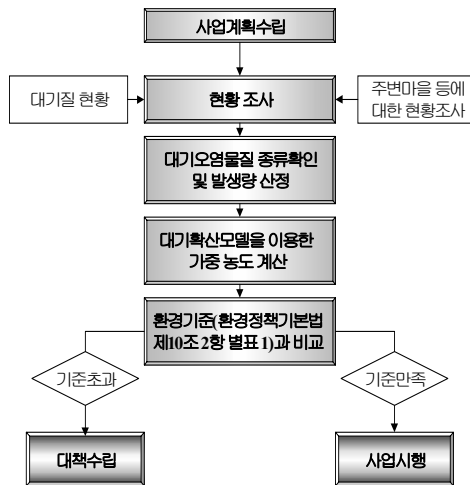
한 계획적 측면에서 접근해서 일반적으로 고려하여야 할 사항을 제시하였다. 하지만 여기서 제시하고 있는 사항은 개발사업에 따른 주변 지역의 토지이용의 변화나 택지 개발시 적정녹지율의 산정 등에 관한 객관적·합리적 근거가 제시되지 않은 한계점이 있다.

따라서 향후 토지이용 항목에 관한 연구는 개발사업이 입지함에 따른 주변 토지이용의 변화를 조사·분석하고 개발사업에 따른 주변 토지이용의 변화를 예측할 수 있는 기본틀을 구축하는 방향으로 이루어져야 한다. 또한 생태적 접근을 통한 단위 공원녹지의 적정규모와 입지유형별, 규모별, 계획사안별 적정 공원녹지율의 산정방안을 모색하는 방향으로 연구가 이루어져야 한다.

6. 대기질

환경영향평가대상사업 중 대기질이 중점평가항목인 사업은 도시개발, 산업입지 및 공업단지 조성, 에너지 개발, 폐기물처리시설 건설 등이 있으며 대기오염물질로는 공사시 비산먼지, NO_2 와 운영시의 사업특성에 따른 오염물질 등이 있다.

환경영향평가가 제대로 이루어지기 위해서는 사업시행으로 인한 환경적 영향을 정확하게 예측할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 상기의 사항 등에 대하여 사업지구의 기상자료, 대기오염물질의 종류와 발생량, 대기확산모델 및 대기오염저감시설 등을 이해하여야 한다. 이에 본 절에서는 현재 대기질 평가의 현황 및 이에 따른 문제점을 분석하며, 개선방안을 제시하고자 하였으며, <그림 6-1>에서와 같은 흐름으로 대기질 평가를 수행하는 방법을 제시하였다. 아울러 대형 오염원에 대한 영향예측을 위하여 사용되는 대기확산모델의 입력자료로 활용되는 기상자료 중 혼합고 추정을 위한 상층기상에 대하여 살펴보았다.



<그림 6-1> 대기질 환경영향평가 절차

6.1 현황조사

6.1.1 현황조사 및 문제점

6.1.1.1 대기질 현황측정

현황조사는 실측 또는 기존자료(대기오염자동측정망 등)의 비교·분석 등을 통하여 사업지역 및 주변지역의 대기 중 오염물질의 농도를 파악하는 것을 의미하며 사업시행으로 대기질 영향이 예상되는 주변지역을 조사범위로 설정한다. 조사범위는 사업특성에 따라 달라질 수 있다. 다음은 현행 「환경영향평가서작성등에관한규정(환경부, 2001)」에 제시된 대기질 현황조사의 내용을 나타낸 것이다.

1) 조사항목

- 대기환경기준항목의 현황농도를 조사한다.
- 사업대상지역 및 주변 인접 지역에 위치하여 영향을 미칠 것으로 판단되는 공장, 밀집주거지, 사업장, 도로 등 주요한 오염발생원의 위치, 연료종류, 연료사용량, 배출시설 및 방지시설 설치 상황 및 오염물질 발생상황을 조사한다.
- 지역별 환경기준, 규제기준, 방지대책 상황을 조사한다.
- 설정항목 농도 조사 외에도 평가자의 판단 하에 지역특성(공단 인근에 위치) 등으로 기타 영향 물질의 조사가 필요한 항목을 선택하여 조사한다.

2) 조사범위

- 대상사업의 실시예에 의해 대기질 농도가 변화될 것으로 예상되는 범위를 포함하는 구역으로서 기상, 지형, 기존의 발생원, 주택의 밀집도, 토지이용 실태 등을 감안하여 설정한다.
- 조사지점 선정은 오염물질 농도 예측치와 상호 비교할 수 있도록 가능한 예측지점과 일치시킨다.
- 조사지점의 선정은 대기오염공정시험방법 내용에 준하여 실시한다.

3) 조사방법

- 현지측정조사에 의한 현황측정결과와 수집된 기존자료를 비교하여 적합성 여부를 분석한다.
- 현지측정조사는 4계절 조사를 원칙으로 하되, 사업의 규모, 위치, 환경에의 영향 정도에 따라 이를 조정할 수 있으며 시료 채취 및 시험방법은 대기오염공정시험방법에 따른다.

4) 조사결과

- 조사지점별로 조사한 대기오염물질의 변화를 시간최고치, 일평균치, 월평균치 및 연평균치로 산출한 일람표를 작성하고 환경기준과 비교하여 적합성을 기술한다.
- 상시 측정자료 구비시 현지 측정자료와 비교하여 대상지역의 특이성을 판단·기술한다.

현황 조사에 대한 현재까지 수행된 대기질 평가에서는 사업특성 및 사업대상지역에서 이용할 수 있는 정보를 매우 제한적으로 이용한 것으로 분석되었다. 이는 사업특성에 따른 대기질의 중요도 정도의 차이, 지역적으로 대기질의 차이가 고려되지 못하고 「환경영향평가서작성등에관한규정」 상에 제시된 내용을 천편일률적으로 수용 가능한 범위 내에서만 적용하였기 때문에 발생한 문제라 할 수 있다.

현재, 측정지점의 선정시 사업별·지역별 특성이 고려되지 못하고 일반적으로 6~8개의 측정지점을 주로 주거지역을 중심으로 선정하여 측정이 이루어지고 있다. 발전소, 소각장 등과 같은 단일 대형 점 오염원과 산업단지 등의 대형 면 오염원, 그리고 도로 등과 같은 선 오염원은 오염원의 특성과 사업이 수행되는 대상 지역의 범위가 사업에 따라 큰 차이를 나타내게 되지만 이에 대한 고려가 거의 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

또한, 대기질 현황측정은 3계절 3일 연속측정을 일반적으로 하고 있으나 현황측정이 일평균치로 이루어지기 때문에, 「환경영향평가서작성등에관한규정」의 결과분

석에서 제시한 ‘대기오염물질의 변화를 시간최고치, 일평균치, 월평균치 및 연평균치로 산출한 일람표를 작성’ 중 일평균치와 전체 측정자료의 평균을 이용한 연평균치만을 제시하고 있는 실정이다. 물론, 사업에 따라 사업대상지역에 인접한 대기오염자동 측정망 자료를 이용하는 경우도 있지만 극소수에 불과하고 대부분 일평균 측정에 따라 3개월 3일 연속 측정, 또는 그 이하의 범위에서 대기질 현황 측정이 수행되고 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위한 개선방안이 다각도로 모색되어야 하며, 이를 위한 대기오염자동측정망 설치의 확충 등에 대한 기초연구의 투자가 선행되어야 할 것이다.

6.1.1.2 상층기상 측정

상층기상 측정은 「환경영향평가서작성등에관한규정」 중 기상항목의 다음 항에 준하여 발전소, 소각시설 등에 대하여 수행되고 있다.

3) 조사방법

- 기존자료에 대한 조사를 실시하되 동 조사자료가 사업지역의 기상현황 등을 충분히 반영하지 못할 경우에는 현지조사를 병행한다. 특히 소각시설 등과 같이 기상조건에 따른 대기오염물질의 영향 변화가 큰 사업의 경우에는 현지 관측 등을 통하여 당해 지역의 기상 현황을 충분히 파악하여야 한다.

상층기상측정을 위하여 사용되는 방법은 크게 Radio Sonde, SODAR/RASS, 고층기상탑의 3가지로 나눌 수 있다. SODAR 등의 기기는 전파 반사도(radar reflectivity)가 refractive index structure parameter에 관련되며 이 parameter가 대류혼합층(convective mixing layer), 즉 역전층의 바닥(bottom)에서 최고치가 된다는 사실에 근거한다. 일반적으로, 지면으로부터 300m 이하 정도의 낮은 고도의 역전은 이 기법을 이용하여 분석할 수 없다. 또한, SODAR/RASS와 고층기상탑의 경우 지면 인접지역

의 기상측정에 초점을 맞추어 측정하는 방법이며, 고가의 장비가 요구됨에 따라 그 이용이 극히 제한적이고, 현재 환경영향평가에서 요구하는 수준은 아니라고 판단된다. 따라서, 현재 환경영향평가에서 주로 이용되고 있는 상층기상측정방법은 Radio Sonde를 이용한 방법이다. 상층기상을 측정하는 각 방법별 원리 및 적용성에 대하여 다음에 나타내었다.

1) Radio Sonde

- 가) 원리 : 온도, 기온, 습도 센서를 장착한 센서 상자를 헬륨이나 수소를 채운 풍선에 매달아 비양시키면서 보내온 측정신호를 컴퓨터로 분석하여 측정하는 방법이다.
- 나) 측정고도 : 풍선 상승고도와 센서의 작동 조건에 따라 달라지나 대개 10~35km까지 가능하다.
- 다) 측정 방법 : 풍향과 풍속은 지상에서 비양하는 풍선(센서상자)를 추적하여 방위각과 고도각을 계산하고 센서에서 보내오는 기압 변화로 상승 속도를 계산한 후 삼각함수에 의해 일정 고도 구간에서의 평균 풍향, 풍속을 구한다.
- 라) 종류 : Air-Sonde, Tethered Balloon, Rawin-Sonde, Rocket-Sonde, Drop-Sonde, Ozone-Sonde 등 센서 또는 관측방법에 따라 다양하며, 현재 국내에서 사용중인 Radio-Sonde의 형태는 다음의 두 종류이다.
 - ① Air-Sonde : 403.5 MHz의 주파수 신호를 사용하는 것으로써 수동식 Theodolite를 사용하며 기압센서의 정확도가 ± 3 hPa 정도이고 구름속 관측과 악천후에는 사용이 곤란하다. 측정고도는 약 5km 정도이고 국내에서는 현재 국립환경연구원, 서울대학교 공동기기센터, 한국전력 등이 보유하고 있다.
 - ② Rawin-Sonde : 1,680MHz대의 주파수를 사용하는 것으로 자동 추적 Radiotheodolite를 사용하며 기압센서의 정확도가 ± 1 hPa 로 비교적 정확하며 악천후에도 관측이 가능하다. 측정고도는 약 35km까지이며,

현재 국립환경연구원, 기상연구소, 서울대학교에서 보유중이다.

2) SODAR/RASS

- 가) 명칭 및 원리 : SODAR(Sonic Detection And Ranging)는 Acoustic Sounder 또는 Acoustic Wind Profiler라고 부르며, 음파를 이용하여 발신된 신호음이 각 기층에서 반사되어 올 때 기층의 이동에 의해 주파수 변화가 나타나는 것을 Doppler 이론에 의해 컴퓨터로 계산함으로써 수평 및 수직 방향의 풍향과 풍속을 측정하는 기기이다.
- 나) 특징 : 컴퓨터에 의해 자동 제어되므로 수 백m까지 원하는 고도 및 평균값에 대해 연속 측정이 가능하지만 소음의 발생과 주변의 측정 환경(소음, 장애물 등)에 민감하고 신호음의 누적 평균을 사용하므로 순간 측정이 불가능한 단점이 있다.
- 다) 구성 : RASS(Radio Acoustic Sounding System)는 고도별 기온을 측정하는 장비로서 단독으로는 측정이 불가능하고 SODAR와 연결되어 가동되며 모든 변수 및 명령어 수행도 SODAR의 기본 프로그램에 의해 제어된다. 측정원리는 SODAR와 동일하게 Doppler 효과를 이용하지만 음파대신 전파(915MHz)를 사용하며 안테나는 각각 발신 및 수신 안테나 2개로 구성되어 연속 송수신을 한다.
- 라) 보유기관 : 현재 본 장비 보유기관으로서는 국립환경연구원이 SODAR/RASS를, 기상연구소가 mini-SODAR를 가동하고 있는 정도이다.
- 마) 측정자료 : 국립환경연구원에서 측정하고 있는 자료의 내용은 50m~920m 고도 사이의 풍향, 풍속, 수직풍속, 바람의 벡터성분, 기온 등을 매 시간 생산중이다.
- 바) 활용범위 : 고도별 바람 특성 및 대기 난류 특성 조사, 해륙풍 및 도시 대기 순환 연구, 혼합고 및 기온 역전층 분석, 대기오염물질 확산이동 연구 등 다양하게 활용 가능하다.

3) 고층 기상탑(Meteorological Tower)

- 가) 원리 : 고층 철탑의 원하는 고도에 바람, 온도, 습도, 난류측정기 등의 측정 센서를 설치하여 고도별 기상요소를 관측하는 방법이다.
- 나) 특징 : 부지 확보 및 시설비가 막대하게 소요되는 단점이 있으나 가장 정확하게 측정, 관리할 수 있을 뿐만 아니라 필요시 오염도 측정 기기 설치도 가능한 장점이 있다.
- 다) 현황 : 국내에는 전용 기상탑이 없으나 미국에서는 오래 전부터 세인트루이스시의 Brookhaven National Laboratory(BNL)에서 123m 기상탑을 이용하여 각종 확산 연구를 수행한 바 있고, 덴버시 부근에는 약 300m급(세계최고) 기상탑을 가동중이다. 또한 일본의 과학연구 단지인 츠크바 소재 기상연구소에서는 213m의 기상측정탑을 활용중이다.

4) Tethered Balloon과 Pilot Balloon

- 가) Tethered Balloon : 센서를 부착한 풍선에 끈을 묶어 오르내리면서 기상 관측을 하는 방법으로 원칙적으로 Radio Sonde의 일종이지만 센서 자체에 풍향, 풍속계가 달려 있고 끈의 길이에 따라 측정고도가 결정되는 차이점이 있다.
- 나) Pilot Balloon : 풍선만을 비양하고 theodolite로 방위각과 고도각을 측정한다. 한 시간 간격으로 측정된 방위각 및 고도각과 풍선의 상승속도를 이용하여 삼각함수법에 의해 고도별 풍향 풍속만을 계산하는 방법으로서 비용이 매우 적게 드는 장점이 있다.

지역대기환경용량을 산정하고 대기확산모델의 입력자료를 확보하기 위하여 적용되고 있는 상층기상측정은 많은 유용한 정보를 제공하고 있음에도 불구하고 다음과 같은 문제점이 제기되고 있다.

1) 상층기상측정의 문제점

- 장비의 부족

- 현재 상층기상측정을 위하여 이용되고 있는 장비는 Air Sonde, Rawin Sonde, GP Sonde 등이 있다. 국내에 이러한 장비를 보유한 곳은 3~4곳에 지나지 않으며 대부분 국가기관이다.
- 몇몇 상층기상 측정에 사용된 Air Sonde의 경우 Sonde가 부착된 풍선을 수동으로 추적하여 기상을 측정하는 기기가 사용되었다. 이러한 기기가 사용되는 경우 매우 숙련된 전문 인력이 필요하나 대부분 이를 충족시키지 못하고 있으며, 또한 야간에는 측정이 거의 불가능한 경우가 대부분이다.
- 전문 인력의 부족
 - 대부분의 상층기상측정을 수행하는 기관이 사업수행지역에 소재한 대학이다. 따라서, 전문적으로 기상 또는 대기 확산에 대한 전공자가 수행하기보다는 유사 전공자가 측정 책임자가 되어 학부생 또는 대학원생이 측정을 수행함으로써 상대적으로 전문성이 결여되고 있다.
 - 이에 따라 sonde를 부착한 풍선이 적절한 부력을 갖지 못하고 목적고도까지 상승하지 못하는 경우가 빈번히 발생하며, 수신기의 정확한 세팅이 이루어지지 못하는 경우도 있다.
- 상층기상측정 site의 문제점
 - 우리나라와 같이 산지가 많고 인구가 밀집한 주거지가 산재하여 있는 경우 적절한 측정 site를 선정하기 매우 어려운 문제점이 있다. 이로 인해 바람이 아주 강한 날에 측정이 제대로 수행되지 못하고 고가의 측정장비를 소비하는 경우가 빈번히 발생한다.
 - 또한, 매립장과 같은 지역에서의 측정은 매립가스 배출공에서의 플레어 때문에 안전사고 등의 문제점이 항상 잠복해 있다.

2) 혼합고 산정 방법의 문제점

- 임의로 적용되는 혼합고 산출방법
 - 환경부 또는 정부출연 연구기관에서 정식으로 권장하거나 지침화한 혼합고 산정방법이 제시되고 있지 않음에 따라 여러 가지 혼합고 산정방법이 혼재

되어 적용되고 있다. 이에 따라 같은 자료를 이용하더라도 혼합고를 산출하는 사람에 따라 그 높이가 달라지고 있다. 혼합고를 산정하는 방법은 매우 다양하지만 그 나름대로 장·단점이 존재하기 때문에 환경영향평가에서 적용하기 위해서는 연구를 통하여 일정 방법에 대한 권장 또는 지침화할 필요성이 있다.

- MMD법은 최대혼합고를 산정하는 방법으로 정확한 혼합고도를 추정할 수 있는 장점이 있으나, 건조단열선의 출발점을 월최대평균온도로 설정함으로써 주간보다 야간에 더 높은 혼합고도를 산정할 가능성이 매우 큰 방법이다.
- 온위를 이용하는 방법은 혼합고의 일변화를 적절하게 표현하는 방법 중 하나라고 할 수 있으나 정확한 고도를 산출하기 어렵고 사람에 따라 혼합고의 고도가 다를 가능성이 매우 크다.
- Holzworth법은 임의로 5℃를 더함으로써 결과의 정확성 여부가 확실하지 않으며, 일반적으로 높은 혼합고도를 나타내는 여름철에 오히려 고도가 감소하는 경향을 나타낸다. 또한, 오전과 오후 두 차례에 대한 혼합고 산정방법만이 제시됨에 따라 혼합고의 정확한 일변화를 산정하기 위하여 6~8회/일의 측정이 수행되는 환경영향평가에 적용하기 어려운 단점이 있다.

3) 자료의 이용에 관련된 문제점

- 국내에서는 5개 상시 상층기상 측정망이 존재하고 있으며, 0900LST와 1800LST에 측정이 이루어지고 있다. 그러나, 실제적으로 상층기상 측정에는 1~3시간 정도의 시간이 소요됨으로 인하여 정확한 시간의 설정에 문제점이 수반되게 된다. 기상청에서 실제 측정이 수행되는 시간은 대략적으로 0830LST와 1730LST이다. 이에 따라 동일 시간에 측정이 수행되기 어렵고, 상관관계를 도출하기가 어려워진다.
- 또한, 현재 기상청에서 발표하고 있는 상층기상자료가 특정 등압선에서의 고도만을 발표함에 따라 측정자료와 비교 가능한 자료의 수가 극히 제한적이라 할 수 있다.

- 상층기상측정자료는 고가의 장비 및 소모품이 소요되는 측정으로 측정자료의 활용이 현재 매우 국한되고 있다.

6.1.2 개선방안

6.1.2.1 대기질 현황측정

현재의 작성규정에서는 구체적인 현황조사 내용을 제시하지 못함으로써 사업자와 검토권자가 임의로 해석할 가능성이 크며, 이에 따라 쌍방간 불필요한 마찰의 소지를 제공하고 있다. 따라서, 구체적 현황조사내용에 대하여 다음과 같이 제시하였다.

1) 조사항목

- 현행 규정을 그대로 활용한다.

2) 조사범위

- “대상사업의 실시에 의해 대기질 농도가 변화될 것으로 예상되는 범위”란 표현이 정성적이므로 스크리닝 모델을 이용하여 모델링을 한 결과 대기질에 미치는 영향이 있을 것으로 예측된 지점들 중에서 주거지역, 학교 등을 우선 조사범위로 설정한다. 단, 스크리닝 모델은 도로와 같은 선오염원에는 적용이 곤란하므로 선오염원의 경우는 별도로 정한다.
- 도로건설사업으로 인하여 주변지역에 영향을 미칠 것으로 판단되는 지역을 포함하는 구역으로 기상, 지형, 기존의 발생원, 주택의 밀집도, 토지이용 시대 등을 감안하여 설정한다.
 - 도로일반(성토, 절토, 평면, 고가)지역 : 도로단으로부터 200m
 - 터널입·출구 : 도로단으로부터 횡단 200m, 종단 500m
 - 환기탑 설치지역 : 환기탑중심 2km

3) 조사방법 및 횟수

○ 현지측정조사의 횟수는 사업의 특성, 위치를 고려하여 다음과 같이 정한다. 단, 사업지구 인근에 대기오염자동측정망이 운영되고 있을 경우 동측정망 자료와 1계절 측정자료와의 상관성을 분석한 후 상관성이 있을 경우 이를 활용할 수 있다. 또한 사업지구 인근 지역에서 최근 1년 이내에 협의한 환경영향평가서의 대기질 현황 자료를 인용할 수 있다. 아래와 같이 정한 데에 대한 이론적 근거는 제시하기 어려우나 기존 환경영향평가 대기질 현황조사자료 및 환경기준 등을 고려할 때, 2계절, 계절별 3일, 일 6회 측정 정도로 사업지구 내·외의 대기질 현황을 파악할 수 있을 것이며, 측정횟수는 현행 소음·진동 공정시험법에 명시된 주간 4회, 야간 2회 측정을 원용하였다.

- 발전소 및 소각장 건설 : 4계절, 계절별 연속 7일 이상, 매일 주간 4회, 야간 2회 측정 (단, 소각장의 경우 반경 2km 이내, 발전소의 경우 반경 5km 이내에 대규모 공장, 아파트단지 또는 주거지역 등이 없는 경우에는 2계절, 연속 3일 이상 측정)
- 석산 및 토취장 개발 : 2계절, 계절별 연속 3일 이상, 매일 주간 4회, 야간 2회 측정(기존 석산에 연접하여 추가 확장할 경우에는 1계절 측정을 추가)
- 택지 개발 : 2계절, 계절별 연속 3일 이상, 매일 주간 4회, 야간 2회 측정 (단, 택지개발 예정지 인근에 대규모 공장이 가동 중인 경우에는 4계절, 계절별 연속 7일 이상, 매일 주간 4회, 야간 2회, 자동측정차량을 이용하여 측정)
- 도로건설사업 및 기타 사업 : 2계절, 계절별 연속 3일 이상, 매일 주간 4회, 야간 2회 측정

○ 가능한 한 자동측정차량을 이용하여 측정하는 것이 바람직함

4) 조사결과

○ 조사지점별로 조사한 대기오염물질의 변화를 시간최고치, 일평균치, 월평균치 및 연평균치로 산출한 일람표를 작성하고 환경기준과 비교하여 적합성을 기술한다.

6.1.2.2 상층기상측정

상기의 작성규정은 모든 사업에 대하여 일률적으로 적용하도록 되어 있어 사업의 특성이 적절하게 반영되기 어렵다. 특히 <표 6-1>에 제시된 사업의 경우 운영시 대기 질에 미치는 영향이 큰 사업(댐 조성의 경우 기상에 미치는 영향이 큼)으로서 보다 정교한 모델링을 수행하기 위해서는 사업지구 인근에 위치하고 있는 기상대 또는 측후소 자료 이외에 사업부지에서 부지기상 및 상층기상 측정을 수행하여야 하는데 이러한 사업들에 대한 기상 측정 관련 규정이 명확하지 않아 평가서 작성시 누락되는 경우가 있으며 이에 대한 보완 요청으로 평가협의를 지연되는 경우가 많았다.

<표 6-1> 부지기상 및 상층기상을 측정하여야 하는 사업

	부지기상	상층기상
발전소 및 소각장 건설	○	○
산업단지, 매립장, 석유비축기지, 댐 조성	○	

주: 택지개발사업의 경우 사업지구 내에 소각장이나 집단에너지 공급시설 등과 같이 대규모 점오염원이 위치할 계획인 경우에는 부지기상 및 상층기상을 측정하여야 함.

따라서 상기의 사업들에 대한 기상 측정 방법에 대하여 아래와 같이 제안하고자 한다.

부지기상의 경우는 사업지구 내에 AWS(Automatic Weather Station)를 설치하여 최소 1년 이상 측정하여야 한다. 사업부지 인근에 기존의 AWS가 최소 1년 이상 운영되고 있을 경우 동 자료를 활용할 수 있다. 또한 사업지구를 관할하는 기상청의 자료를 인용하고자 할 경우에는 최소 1계절 이상 사업부지에서 측정한 자료(사업부지 인근의 AWS 자료 포함)와 기상청 자료의 상관관계를 분석한 후 상관성이 인정될 경우에는 기상청 자료를 인용할 수 있다.

상층기상의 경우는 4계절, 계절별 5일 이상, 일 4회 이상 라디오존데 등을 비양시계 고도별 기온 또는 고도별 온위(potential temperature)를 측정하여 대기혼합고를 산정하여야 한다. 또한 대기혼합고 측정을 간편화하기 위한 대안으로 스크리닝 모델을 이

용하여 사업시행으로 인한 대기질 가중농도와 현황 농도의 합이 1시간 평균 환경기준치를 초과하지 않는 것으로 예측될 경우에는 상층기상의 측정을 생략할 수 있다.

6.2 영향예측

6.2.1 현황 및 문제점

현재 대기질의 사업시행으로 인한 영향예측을 위한 작성규정의 내용은 다음과 같다.

- 1) 항목
 - 대기환경기준항목을 중심으로 하되 지역의 특성과 발생원의 종류에 따라 항목을 추가 선정한다.
 - 예측치에 있어서는 1년간에 있어서의 계절별 예측치 및 연평균치로 한다.
 - 공사 중 부지정지작업 등에서 발생하는 비산먼지 등의 오염물질을 예측한다.
- 2) 범위
 - 공간적 범위는 현황조사의 조사범위에 준한다.
 - 시간적 범위는 공사시와 운영시로 구분하여 설정한다.
- 3) 방법
 - 모델의 선정
 - 사업의 특성 또는 배출되는 오염물질의 종류, 특성, 발생량 등을 고려한 확산식 사용
 - 물리모델 : 물리적인 확산 이론에 의함
 - 통계모델 : 기존 환경관계의 자료로부터 수집되어 통계적 수법에 의하여 예측
 - 공사시와 운영시로 구분하여 예측한다.
 - 배출원단위(배출계수)의 설정은 오염원별, 연료별로 선정한다.
 - 대기질 예측시 모델에 대한 특성과 사용된 모델의 입력자료(기상, 오염물질 발생량, 종류, 배출조건 등), 계산방법 등을 제시한다.

- 도로건설사업의 운영시 영향예측에서 배출원 높이는 자동차 주행높이, 도로구조, 시설물(방음벽) 높이 등을 감안하여 다음과 같이 적용한다.
 - 평면 : 도로 높이 + 1m
 - 성토 : (도로높이 + 1m)/2
 - 절토, 고가, 성토지역의 방음벽 고려 : 가상노면높이 + 1m

4) 예측 결과

- 주변의 토지이용상황과 예측된 결과를 종합하여 대기질 농도를 TM좌표를 이용한 격자 농도 분포표나 등농도곡선으로 영향의 크기와 지리적 범위를 그림으로 나타낸다.
- 예측결과치는 현황치를 배경농도로 하고 대상사업의 실시 때 따른 기여도를 가산하는 방법을 사용하고 영향지점별 예측농도를 정리하여 기술하되, 주요지점별, 계절별, 연평균농도 및 고농도 발생빈도 등을 정리한다.
- 공사시 및 운영시의 예측항목별 농도 예측치를 영향 지점별로 정리·기술한다.
- 예측모델의 사용은 오염도 및 오염원 조건, 기상, 지형(절·성토) 등을 고려하여 현황에 대한 대기질을 계절별로 모델링한 계산치와 계절별 현황실측치를 회귀직선식 등 적절한 방법을 이용, 비교 검증한 후 예측에 사용하며, 이 때 상관계수와 표준편차값을 수록한다.

5) 평가

- 현황조사 및 예측결과에 입각하여 지역의 특성, 환경보전을 위한 조치 및 환경기준(연간기준, 단기간기준) 등을 감안하여 대상사업의 실시가 대기질에 미치는 영향에 대하여 평가한다.

다음은 대기질 영향예측 현황과 관련하여 각종 개발사업의 대기질 평가에 대한 검토의견을 분석한 결과를 나타낸 것이다.

1) 택지개발사업 (14건 분석)

<표 6-2> 택지개발사업에 대한 보완요청의견 분석

	보완요청의견	건수
공사시	공사시 미세먼지, NO ₂ 영향 예측	4
	공사시 저감대책	3
운영시	운영시 대기질 영향 예측	2
	운영시 NO ₂ 농도의 환경기준 초과에 대한 대책	2
	운영시 사업지구 내 도로 운행 차량으로 인한 영향 예측 및 저감대책 수립	11
	소각로 및 집단에너지 공급시설 운영으로 인한 영향 예측 및 저감대책 수립	3
	운영시 대기질 모니터링 계획 수립	1
사후환경	사후환경영향조사계획	5

2) 산업단지 조성사업 (10건 분석)

<표 6-3> 산업단지 조성사업에 대한 보완요청의견 분석

	보완요청의견	건수
공사시	공사시 미세먼지 발생량 산정 오류	1
	공사시 미세먼지, NO ₂ 농도의 환경기준 초과 대책	1
	공사시 저감대책	1
운영시	운영시 대기질 영향 예측 · 입주업체의 공정 특수성에 기인한 특정대기유해물질 영향 예측 및 대책 · 모델링에 관한 오류 · 유동특수현상 미고려	6
	운영시 연료 사용량 산정	2
	적용 모델의 부적절	1
	운영시 각 업체별 대기오염 저감시설 설치	1
	운영시 대기오염물질의 환경기준 초과에 대한 대책	4
	소각로 운영시 영향 예측 및 저감대책 수립	4
	운영시 사업지구 내·외 도로 운행 차량으로 인한 영향 예측 및 저감대책 수립	3
	운영시 대기질 모니터링 계획 수립	6
사후환경	사후환경영향조사계획	5

3) 소각장 및 발전소 건설사업 (5건 분석)

<표 6-4> 소각장 및 발전소에 대한 보완요청의견 분석

	보완요청의견	건수
공사시	공사시 미세먼지 발생량 산정 오류	1
	공사시 저감대책	1
운영시	소각장 운영시 대기질 영향 예측 · 발생량 산정 · 누적 평가 · 쓰레기 운반 차량으로 인한 영향 예측 · 다이옥신 배출허용기준 만족을 위한 대책 수립	3
	발전소 운영시 대기질 영향 예측 · 발생량 산정 · 모델링 결과 정리	2
	운영시 연료 사용량 산정	2
	운영시 대기질 모니터링 계획 수립	2
사후환경	사후환경영향조사계획	1

4) 도로건설사업 (56건 분석)

<표 6-5> 도로건설사업에 대한 보완요청의견 분석

	보완요청의견	건수
공사시	공사시 대기질 영향예측 및 저감방안 수립	136
	공사시 저감대책	108
운영시	운영시 대기질 영향예측 및 저감방안 수립	20
	이용시 대기질 영향예측 결과 NO ₂ 환경기준치 초과하므로 이격거리 최대 확보를 위한 노선조정 등 대책 수립·제시	21
	터널 환기시스템 설치계획 수립	19
	운영시 대기질 모니터링 계획 수립	4
사후환경	사후환경영향조사계획	35

자료 : 국토연구원, 한국환경정책·평가연구원, 2001. 「공공건설사업의 사전환경성 평가체계 구축 연구보고서」

5) 기타 사업 (20개 분석)

<표 6-6> 기타 사업에 대한 보완요청의견 분석

	보완요청의견	건수
공사시	공사시 미세먼지, NO ₂ 영향예측	7
	공사시 미세먼지, NO ₂ 농도의 환경기준 초과 대책	2
	공사시 저감대책	7
	토취장 개발에 따른 영향예측	1
	진입도로 개설에 따른 영향예측	1
운영시	석산 운영시 미세먼지 발생량 산정	4
	크러셔 운영으로 인한 발생량 산정	1
	골재 운반차량 운행으로 인한 영향예측	2
	선박 운영시 영향 예측 및 저감대책	2
	운영시 미세먼지, NO ₂ 농도 환경기준 초과에 대한 대책	4
	소각로 운영시 영향예측 및 저감대책 수립	1
	운영시 사업지구 내·외 도로 운행 차량으로 인한 영향예측 및 저감대책 수립	2
	운영시 대기질 모니터링 계획 수립	1
사후환경	사후환경영향조사계획	8

주: 기타 사업에는 석산개발사업(6건), 준설토투기장 조성사업(1건), 군부대 시설공사(2건), 관광단지 조성사업(1건), 물류단지 조성사업(2건), 매립장(1건), 골프장 건설사업(2건), 공유수면매립, 하천개수 및 항만개발(5건)

6.2.2 개선방안

사업시행으로 인한 대기질 영향예측에 대한 현황에 대하여 분석한 결과 각 평가단계별로 다양한 종류의 오류가 발생됨을 확인할 수 있었다. 따라서 각각의 오류들에 대한 개선을 위하여 대기오염물질 발생량 산정 방법, 모델링 적용 방법 등에 대하여 아래의 개별 항목에서 살펴보도록 하겠다.

6.2.2.1 대상사업별 발생 예상 대기오염물질 종류

- 공통적으로 발생하는 대기오염물질
 - 공사장비 운행으로 인한 미세먼지, SO₂, NO₂, CO : 평가시 문제가 될 수 있는 대기오염물질은 NO₂이므로 기타 대기오염물질에 대한 평가는 필요 없음
 - 부지정지시 공사장비(덤프트럭 등)의 이동, 토공물량 이동 등으로 인한 미세먼지
 - 시설물 운영시 연료 사용으로 인한 TSP, SO₂, NO₂, CO 등
 - 도로 운영시 영향은 PM-10, NO₂ 등
- 평가대상사업의 특수성으로 인한 대기오염물질
 - 소각장 : 다이옥신, HCl 등
 - 공단 : HF, Cl₂ 등
 - 석유비축기지 : 휘발성 유기화합물(VOCs) 등

6.2.2.2 대기오염물질 발생량 산정 방법

6.2.2.2.1 공사시

1) 비산먼지

공사시 비산먼지는 기계를 이용하여 지표면에서 공사하는 경우(절·성토, 부지정지, 덤프트럭 이동, 그 외 공사장비 이동 등)와 토공물량 상·하적시와 토사 적치장에서의 바람에 의한 경우(풍속이 약 5.3m/s 이상)에 발생하는데 주로 비포장도로에서의 덤프트럭 및 야적장 등에서 불도저 등과 같은 기타 장비가 토사를 취급할 때 많이 발생한다. 바람에 의한 발생량은 장비 이동 등에 의하여 발생하는 양에 비하여 보통 1% 정도이므로 평가시 고려하지 않아도 무방하다.

가) 비포장 도로에서 덤프트럭 이동에 의한 발생량

이 경우에 주로 사용되는 식은 두 가지인데 첫째 식은 다음과 같다.

$$E = (1.7) \cdot k \cdot (s/12) \cdot (S/48) \cdot (W/2.7)^{0.7} \cdot (w/4)^{0.5} \cdot [(365-p)/365]$$

여기서 E = 배출계수 [kg/VKT], VKT = 차량운행거리 (Vehicle Kilometer

Traveled), k = 입자크기계수, s = 도로표면의 실트 함량[%], S = 평균차속[km/hr], W = 평균 차량무게[ton], w = 바퀴수, p = 강우일수(강수량이 0.254mm 이상인 날의 수)이며 입자크기계수 k 값과 다른 변수들의 적용 한계범위를 <표 6-7>과 <표 6-8>에 나타내었다.

<표 6-7> 입자크기계수

입자크기계수 k				
$\leq 30\mu m$	$\leq 15\mu m$	$\leq 10\mu m$	$\leq 5\mu m$	$\leq 2.5\mu m$
0.8	0.5	0.36	0.20	0.095

<표 6-8> 변수들의 적용 한계범위

변수적용 한계범위			
실트 함량(wt%)	평균차량무게(ton)	평균차속(km/hr)	평균바퀴수
4.3~20	3~157	21~64	4~13

둘째 식은 다음과 같다.

$$EF = 0.81 \cdot P \cdot s \cdot (S/30) \cdot \{(365-W)/365\} \cdot (T/4)$$

여기서 EF = 배출계수 [lb/VMT], VMT = Vehicle Mile Traveled, P = $30\mu m$ 이하 크기의 입자분율(자갈길 0.62, dirt road 0.32), s = 도로의 실트함량(5~15% 범위 내이며 평균 12%), S = 평균 차속[mph], W = 강우일수(강수량이 0.254mm 이상인 날의 수), T = 평균 바퀴수이다.

나) 포장도로에서 덤프트럭 이동에 의한 발생량

$$E = k \cdot (sL/2)^{0.65} \cdot (W/3)^{1.5}$$

여기서 E = 입자배출계수, k = 입자크기에 따른 배출계수, sL = 도로표면의 실트 함량[g/m²], W = 평균 차량무게[ton]이다. k 값과 변수 적용 한계범위는 <표 6-9>와 <표 6-10>에 나타내었다.

<표 6-9> 입자크기에 따른 배출계수

배출계수 k (g/VKT)			
$\leq 30\mu\text{m}$	$\leq 15\mu\text{m}$	$\leq 10\mu\text{m}$	$\leq 2.5\mu\text{m}$
24	5.5	4.6	2.1

<표 6-10> 변수들의 적용 한계범위

변수적용 한계범위		
실트 함량 (g/m ³)	평균차량무게 (ton)	평균차속 (km/hr)
0.02~400	1.8~38	16~88

※ 포장도로에서의 비산먼지는 그 발생량이 적기 때문에 평가시 고려하지 않아도 무방함

다) 토사 야적장에서의 발생량

토사 야적장에서의 비산먼지 발생원을 세분화하면 다음의 네 단계로 나눌 수 있다. 첫째는 야적장에 토사를 내리는(load-in) 작업, 둘째는 야적시 바람에 의한 발생, 셋째는 야적장 주위의 불도저 등과 같은 덤프트럭 이외의 공사장비 이동, 넷째는 토사를 이동장비에 싣는(load-out) 작업이다.

이들 모두에서 발생하는 비산먼지를 산출하는 방법은 두 가지이다.

첫째 방법은 PE 지수를 이용하는 것이다.

$$EF = 0.33/(PE/100)^2$$

여기서 EF = 배출계수[lb/ton], PE = Thornthwaite의 강우지수(precipitation-evaporation index) 이다.

둘째 방법은 일련의 식들을 이용하는 것이다.

① 토공물량 투하시(②의 식을 이용할 수도 있음)

$$E = (0.0016) \cdot k \cdot (U/2.2)^{1.3} / (M/2)^{1.4}$$

여기서 E = 배출계수, k = 입자크기계수, U = 평균 풍속 [m/s], M = 수분함량(%)이다. k값과 변수적용 한계범위는 <표 6-11>과 <표 6-12>에 나타내었다.

<표 6-11> 입자크기에 따른 배출계수

입자크기계수 k				
$\leq 30\mu\text{m}$	$\leq 15\mu\text{m}$	$\leq 10\mu\text{m}$	$\leq 5\mu\text{m}$	$\leq 2.5\mu\text{m}$
0.74	0.48	0.35	0.20	0.11

<표 6-12> 변수들의 적용 한계범위

변수적용 한계범위		
실트 함량 (%)	수분함량 (%)	평균풍속 (m/s)
0.44~19	0.25~4.8	0.6~6.7

② 토공물량 상적시와 하적시(상·하적시 각각의 경우에 대하여 이 식을 사용하여야 하며 ①의 식을 대신할 수도 있음)

$$EF = 0.0018 \cdot (S/5) \cdot (U/5) / (M/2)^2 / (Y/6)$$

여기서 EF = 배출계수[lb/ton], S = 실트 함량[wt%], M = 수분 함량[wt%], U = 평균풍속[mph], Y = 상·하적용 장비의 용량[yd³]이며 실트와 수분 함량이다. ①, ②에 의한 비산먼지 발생량은 비포장도로에서의 덤프트럭 이동 및 야적장 주위에서의 덤프트럭 이외의 공사장비 이동 등에 비하여 그 양이 아주 적기 때문에 무시하여도 무방하다.

③ 야적장 주위에서 불도저 등과 같은 덤프트럭 이외의 공사장비 이동

$$EF = 0.10 \cdot k \cdot (S/1.5) \cdot (d/235)$$

여기서 EF = 배출계수 [lb/ton], k = 공사장비의 activity factor (주로 0.06~0.25), S = 실트 함량 (wt%), d = 연간건조일수이다. 현재 대부분의 평가서에 배출계수의 단위를 [lb/VMT]를 적용하는 경우가 많이 발생하므로 주의가 필요하다. 또한 이 배출

계수로부터 비산먼지 발생량을 산정하기 위하여 덤프트럭 이외의 공사장비가 하루에 처리하는 양을 배출계수에 곱하여야 한다.

④ 토사 야적시 바람에 의한 경우

$$EF = 0.05 \cdot (S/1.5) \cdot (D/90) \cdot (d/235) \cdot (f/15)$$

여기서 EF = 배출계수 [lb/ton], S = 실트 함량, D = 저장기간, d = 연간건조일수, f = 풍속이 12mph를 초과한 시간이다. 이 경우도 발생량이 적기 때문에 평가시 고려하지 않아도 무방하다.

라) 기타 비산먼지 발생량 산정 방법

빌딩이나 도로 건설 공사현장에서 절·성토, 부지 정리, 굴착 및 발파 등으로 인한 비산먼지 발생량을 계산함에 있어 배출원단위 $E = 1.2[\text{ton/acre/month of activity}]$ 를 이용하는 방법도 있다. 배출원단위는 단 한 번의 현장 실험(아파트와 쇼핑센터 건설 프로젝트)으로부터 유도된 결과로서 공사장의 조건이 작업강도는 보통, 실트 함량은 평균, 그리고 건조한 지역일 경우에만 적용할 수 있는 계수이다. 이 경우의 단점은 어떤 공정이 비산먼지를 가장 많이 배출하는지 알 수 없기 때문에 적절한 비산먼지 제어대책을 수립할 수 없다는 것이다. 그렇기 때문에 공사현장에서 비산먼지 발생량을 계산할 때 공정을 세분화하여 비산먼지 발생량을 계산하라고 미국 EPA는 추천하고 있다.

2001년 1월 1일부터 환경정책기본법 제10조 관련 별표1 대기질 환경기준 중 먼지와 관련하여 총먼지(TSP)에 대한 기준이 없어지고 미세먼지(PM-10)에 대한 기준만 있어 공사시 먼지 영향 예측도 미세먼지를 대상으로 평가를 하여야 한다. 상기에 제시한 방법들은 총먼지에 대한 것이므로 미세먼지 발생량을 산정하기 위해서는 총먼지 중 미세먼지가 차지하는 분율을 계산하여야 한다. 그 분율은 <표 6-11>에 제시된 것처럼 0.36/0.8 정도로 산정하면 무리가 없을 것으로 보인다.

현재 대부분의 환경영향평가에서 비산먼지 영향예측 결과가 비산먼지 저감대책 수립에는 영향을 주지 않고 있는 것으로 판단된다. 즉 모델링 결과에 의하면 비산먼지 영향이 별로 없는 것으로 판단되었는데, 비산먼지 저감시설을 일률적으로 설치하는

것으로 제시되는 경우가 있으며 그 반대인 경우도 가끔 볼 수 있다. 이러한 점에 대해서는 다시 한 번 검토해 볼 필요가 있다.

2) NO₂

공사시 NO₂의 경우는 미국자료 <표 6-13>를 이용하여 주로 산정한다.

<표 6-13> 공사장비 연료사용으로 인한 NO₂ 발생량

장비명	규격	투입대수	연료사용량 [ℓ/hr · 대]	배출계수 [g/ℓ]	배출량[g/hr]
덤프트럭	20톤	4	23.2	62.8	5,287.8

그러나 배출계수 자료가 미국의 자료이며 장비의 상태(노후정도 등)도 우리나라의 장비와 다를 수 있으므로 이상의 방법으로 산정한 발생량을 바탕으로 모델링한 결과를 크게 신뢰할 수는 없을 것으로 생각된다. 따라서 이러한 경우에 스크리닝 모델을 사용하여 보수적으로(conservative) 평가하고 그 결과 문제가 있을 것으로 예측될 경우에는 사후환경영향조사시에 그 지역에서 대기질 현황조사를 실시하여 문제가 있을 경우 일 투입 장비의 수를 조절하는 것도 바람직한 방법 중의 하나라고 판단된다.

6.2.2.2.2 운영시

운영시 대기오염물질 발생량을 산정하는 방법은 주로 적정배출계수를 이용하는 방법과 산정공식을 이용하는 방법으로 구분할 수 있다.

1) 배출계수 이용법

연료사용, 차량운행 등으로 인한 TSP, SO₂, NO₂, CO 등의 발생량을 산정하기 위해서는 2000년 국립환경연구원에서 작성한 배출계수를 이용할 수 있다.

<표 6-14> 연료별 오염물질 배출계수

오염 물질	용도	취 발 유	등유	경유		B-A 유	B-B 유	B-C유				석탄		가스	
				1.0 %	0.1 %			4 %	1.6 %	1.0 %	0.3 %	무연 탄	유연 탄	LNG	LPG
먼 지	난방	-	0.24	0.24		0.84	1.2	1.12S+0.37				0.6*		0.003	0.05
	산업					0.84	1.2					5A		0.1	0.07
	수송	-		4.4	-	4.4		2.4				-		-	
	발전			0.24		0.84	1.2	1.12S+0.37				5A		0.05	
SO ₂	난방	-	17S	17S		18S	19S	19S				10.3*	-	0.01	
	산업					18S	19S					19.5S	19S		
	수송	-		17S	-	19.1S		19.1S				-		-	
	발전			17S		18S	19S	19S				19.5S	19S	0.01	
CO	난방	-	0.6	0.6		0.6		0.6				32.2*	-	0.64	0.2
	산업											0.3		0.56	0.4
	수송	-		14.5	-	0.414		0.414				-		-	
	발전			0.6		0.6		0.6				0.3		0.64	0.2
HC	난방	-	0.067	0.067		0.067	0.193	0.193				0.04	-	0.18	0.06
	산업			0.03		0.03	0.154	0.154				0.04		0.09	0.06
	수송	-		7.1	-	0.082		0.082				-		-	
	발전			0.03		0.125		0.125				0.04		0.028	0.06
NO _x	난방	-	2.4	2.4		2.4	6.6	6.6				1.3*	-	1.5	1.7
	산업					2.4	6.6					9	10.85	2.24	2.3
	수송	-		42.3	-	6.7		6.7				-		-	
	발전			2.4		6.7	6.5	6.5				2.4*	4*	8.8	1.7

주: 1. 산출근거 : *국립환경연구원 조사결과

2. S(황함량) : 등유(0.1%), B-A(1.6%), B-B(1.6%), 무연탄(0.7%), 유연탄(0.5%)로서

각각 S = 0.1, 1.6, 1.6, 0.7, 0.5임

3. A(회분함량) : 무연탄(40%), 유연탄(10%)으로서 방지시설의 효율(90%)을 적용하여

각각 A = 4.0, 1.0임

4. 배출계수 단위 : 유류(kg/kℓ), 석탄(kg/ton), LNG(kg/103m³), LPG(kg/kℓ)

5. 환산계수 : LNG (1kg = 1.238m³), LPG (1kg = 1.97ℓ)

2) 산정공식 이용법

소각장에서의 TSP, SO₂, NO₂ 등의 발생량 산정시 많이 적용되는 방법이다.

소각장 운영시 발생하는 SO₂의 양을 산정하는 순서는 다음과 같다.

① SO₂

· 소각대상 폐기물 내 가연성 폐기물의 함량 및 황 함량을 파악(폐기물의 원소분석

결과를 이용, 가연성 폐기물이 30%, 황이 가연성 폐기물 중 1%를 차지한다고 가정)

- 화학반응식 설정($S + O_2 = SO_2$)
- 소각대상 폐기물 100g 중 황이 차지하는 몰수를 계산

$$\text{황함량} = 100g\text{폐기물} \times \frac{30g\text{가연성 폐기물}}{100g\text{폐기물}} \times \frac{1g\text{황}}{100g\text{가연성 폐기물}} = 0.03g\text{황}$$

이를 몰수로 변환시키면

$$\text{황의몰수} = \frac{0.03g\text{황}}{\text{황의분자량}32g} = 0.0009375\text{몰}$$

황 1몰이 반응하여 SO_2 1몰이 생성된다. 따라서 일 소각량이 100톤이라고 가정하면

$$\begin{aligned} SO_2 \text{ 발생량} &= (100\text{톤/일}) \cdot (10^6\text{g/톤}) \cdot (0.0009375\text{몰}/100g\text{쓰레기}) \cdot \\ &(\text{일}/24 \times 3600\text{sec}) \cdot (64g/SO_2 \text{ 1몰}) = 0.694g/\text{sec} \end{aligned}$$

이 발생량은 저감시설 설치 전의 발생량이므로 저감시설을 설치할 경우에는 (1-저감효율)을 곱해주어야 한다. SO_2 발생량을 g/sec 단위로 표기한 것은 대기확산모델이 요구하는 대기오염물질의 배출량 단위가 g/sec이기 때문이다.

기타 소각장에서 발생할 수 있는 대기오염물질의 양은 동일한 방법으로 계산하면 된다.

② NO_2

- 화학반응식 설정 ($N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2$)
- 소각대상 폐기물 100g 중 질소가 차지하는 몰수를 계산

$$\begin{aligned} \text{질소함량}(g/100g - \text{폐기물}) &= \\ &\text{폐기물량} \times \text{가연성 폐기물분율} \times \frac{\text{질소 함량}(\%)}{100g \text{가연성 폐기물}} \end{aligned}$$

$$\text{질소 몰분율}(\text{몰}/100g - \text{폐기물}) = \frac{\text{질소함량}(g/100g - \text{폐기물})}{\text{질소의 분자량}}$$

$$NO_2 \text{의 발생량} = \text{소각량} \times NO_2 \text{의 몰분율} \times 46g/NO_2\text{-몰}$$

단, NO_2 의 경우는 이론적으로 발생할 수 있는 양의 최대 10%만이 발생되는 것으로 여러 연구에서 밝혀졌기 때문에 이론적으로 산출된 배출량에 0.1을 곱하여 주어야 한

다.

③ HCl

- 화학반응식 설정 ($\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$)
- 소각대상 폐기물 100g 중 염소가 차지하는 몰수를 계산

$$\text{염소함량}(g/100g - \text{폐기물}) = \frac{\text{폐기물량} \times \text{가연성 폐기물분률} \times \frac{\text{염소 함량}(\%)}{100g}}{\text{가연성 폐기물}}$$

$$\text{염소 몰분율}(mol/100g - \text{폐기물}) = \frac{\text{염소함량}(g/100g - \text{폐기물})}{\text{염소의 분자량}}$$

$$\text{HCl의 발생량} = \text{소각량} \times \text{HCl의 몰분율} \times 36.5g/\text{HCl-몰}$$

④ 비산먼지

입도가 미세하고 가벼워 적절한 방법으로 처리하지 않을 경우 2차 오염의 우려가 있는 비산먼지는 소각로에서의 발생량과 HCl, SO_x의 처리시 사용되는 소석회 및 활성탄 투입에 의해 발생한다.

- 먼지발생량 = 소각로 출구의 비산재 발생량(A_{S1})
+ 소석회반응생성물 발생량(A_{S2}) + 활성탄량 (A_{S3})

$$A_{S1} = [\text{회분} \times R \times r_{ash}] + [\text{탄소성분} \times R \times \nu \times r_s]$$

$$A_{S2} = \frac{([\text{CaCl}_2] \times C1) + ([\text{CaSO}_3] \times C2)}{[\text{Ca}(\text{OH})_2] \times k} + C3$$

R : 폐기물처리량

r_{ash} : 바닥재 비산율, r_s : 분진 비산율

C1 : HCl 처리시 투입 소석회량

C2 : SO_x 처리시 투입 소석회량

C3 : 미반응 소석회량

k : 미반응 계수

⑤ 다이옥신(dioxin)

EPA 배출계수 사용 : 8.35×10^{-7} kg/Mg-폐기물 (방지시설 전)배출허용기준 사용 : 0.1 ng/Nm^3 (방지시설 후)다이옥신 발생량 = 소각량 $\times$ 다이옥신 배출계수

저감시설 설치 후 대기오염물질의 배출량은 대기오염저감시설의 효율을 고려하여 계산하도록 하며, 다이옥신의 경우는 배출허용기준인 0.1ng/Nm^3 을 사용하도록 한다.

택지개발사업에서의 대기오염물질 발생량은 취사·난방연료 사용에 대하여 산정하여야 한다. 택지개발사업에서 난방을 위한 에너지원은 근래에 들어 한국지역난방공사에서 공급받는 경우가 많으며 이 때 사용되는 연료로는 LNG(Liquefied Natural Gas), LSWR(Low Sulfur Waxy Residue), 벙커-C유, 보일러용 등유 등이 있다. 각 사용연료에 따라 이용할 수 있는 대기오염물질 배출계수가 달라지며 따라서 오염물질의 배출량이 달라지게 된다. <표 7-14>에서 제시한 대기오염물질 배출계수는 LSWR에 대한 배출계수를 제공하지 못하고 있다. 현재 이용할 수 있는 LSWR에 대한 배출계수는 <표 6-15>에서와 같이 미국 EPA에서 발표한 AP-42(1999)를 이용할 수 있다. 현재 지역난방공사에서 사용하고 있는 LSWR의 황함량은 0.25%이며, 탄소 함유량은 86%이다.

<표 6-15> LSWR의 대기오염물질 배출계수

구 분	SO ₂	NO _x	먼지	CO ₂
LSWR	19S*	5.64	1.20	34.4C*

자료 : EPA(1999), Compilation of Air Pollutant Emission Factors

주 : * 연료 중 황(S), 탄소(C) 함유량의 백분율(%)

또한, 취사의 경우 공동주택은 도시가스 또는 LPG 집단 저장시설을 이용하고 있으며, 단독주택은 도시가스를 주로 이용하도록 계획되고 있다.

택지개발사업은 한국지역난방공사로부터 난방용 에너지를 공급받으며, 이에 따른 대기오염물질 배출량 산정 사례를 다음과 같이 나타내었다.

① LNG 수요량 산정

<표 6-16> 난방에 의한 LNG 수요량 산정 사례

구 분	연면적 (㎡)	난방면적율 (%)	난방면적 (㎡)	단위최대 열부하량 (kcal/h·㎡)	최대열부하량 (Mcal/h)
	㉑	㉒	㉓=㉑×㉒/100	㉔	㉕=㉓×㉔/1000
단독주택	25,999	85	22,099	118.8	2,623
블록형 주택	12,506	85	10,630	118.4	1,259
공동주택	307,446	80	245,957	96.4	23,710
근린생활시설	15,936	80	12,749	103.9	1,325
상업업무시설	70,752	80	56,602	10.39	5,881
계	432,639	-	348,017	-	34,798
구 분	수송 손실 (Mcal/h)	열부하량 (Mcal/h)	동시열부하량 (Mcal/h)	열수요량 (Mcal/년)	LNG 수요량 (Nm ³ /년)
	㉖=㉓×0.1	㉗=㉓+㉔	㉘=㉗×㉙	㉚=㉘×8,760×평균부하율	㉛=(㉚/(10,500×0.8)) ×1000
단독주택	262	2,885	2,452	6,443,856	767,126
블록형 주택	126	1,385	1,177	3,093,156	368,233
공동주택	2,371	26,081	22,169	58,260,132	6,935,730
근린생활시설	133	1,458	1,239	3,256,092	387,630
상업업무시설	588	6,469	5,499	14,451,372	1,720,401
계	3,480	38,278	32,536	85,504,608	10,179,120

주: 1. 동시부하량(㉙) = 0.85, 평균부하율 30%, 시스템효율 80% 적용

2. 발열량 : 10,500 kcal/Nm³

자료 : 대한주택공사. 2002. 「청주성화지구택지개발사업 환경영향평가서」.

② 취사에 의한 LNG 수요량 산정 : 이때 사용하는 원단위는 에너지 총조사보고서 또

는 도시가스사업 통계월보에 따른다.

<표 6-17> 취사에 의한 LNG 수요량 산정

구 분	연면적 (㎡)	적용원단위	LNG수요량 (Nm ³ /년)	비 고
단독주택	112호	138.1 Nm ³ /년·호	15,467	
근린생활시설	15,936	1.89 Nm ³ /년·호·㎡	30,119	
근린상업시설	70,752	1.89 Nm ³ /년·호·㎡	133,721	
계			179,307	

자료 : 대한주택공사. 2002. 「청주성화지구택지개발사업 환경영향평가서」.

③ 난방 및 취사에 의한 대기오염물질 배출량 산정 : 배출계수를 이용하여 산정한다.

<표 6-18> 난방 및 취사에 따른 대기오염물질 배출량 산정 사례

구 분	연료사용량 (Nm ³ /년)	오염물질 배출량 (g/sec)			
		PM10	SO ₂	NO _x	CO
난 방	10,179,120	0.0009	0.0032	0.4841	0.2065
취 사	179,307	0.00001	0.00005	0.0086	0.0036

이 때 주의하여야 할 점은 NO_x의 NO₂ 전환율로서 연평균에 대한 전환율은 0.75²³⁾, 최악의 경우를 고려할 때에는 1.00을 사용하도록 한다.

3) 자동차 배출량 산정

도로건설사업의 운영시 차량운행에 따른 대기질 예측은 현재 1991년 국립환경연구원에서 발표한 배출원단위를 사용하고 있으나, 이는 평균 주행속도 12.5km에 대한 오염물질 배출계수이다. 이를 운영시 자동차에서 배출되는 오염물질산정에 적용하기에는 여러 가지 문제점이 있다. 첫째, 오염물질의 자동차배출량은 차속에 따라 변화하는데 도심통행속도인 12.5km에서의 배출계수를 사용하는 것은 고급화·고속화되어 가

23) US EPA. 2001. *Guideline on Air Quality Models*.

는 도로건설의 현실에서 상당한 과대예측의 가능성이 크다. 둘째, 배출계수 개발에 이용된 차량에 의한 문제점이다. 현재 사용되는 배출계수 개발에 이용된 차량과 현재 도로에서 운영되는 대부분의 자동차는 제작시 적용 받는 배출허용기준에 큰 차이가 있으며, 이는 배출계수를 현 시점에서 사용하기에 큰 한계점을 갖게 한다. 다행히 최근 국립환경연구원에서 새로 개발된 자동차 배출계수가 곧 발표될 예정이므로 발표 시점에 맞추어 갱신된 자동차배출계수를 사용토록 하며, 이 때까지는 현재 사용되는 배출계수를 계속 사용하도록 할 수밖에 없다.

<표 6-19> 자동차 배출계수

차 종			CO	HC	NOx	PM
승용차	자 가 용		2.56	0.43	0.45	0.00
	택시		6.36	0.77	0.84	0.00
버 스	소 형	휘발유	6.21	0.50	1.43	0.00
		LPG	6.17	0.75	0.82	0.00
		경 유	1.16	0.09	1.42	0.34
	중 형	경 유	1.66	0.63	1.48	0.62
	대 형	시 내	9.97	1.34	11.90	1.93
		시 외	9.97	1.34	11.90	1.93
		전 세	9.97	1.34	11.90	1.93
		고 속	9.97	1.34	11.90	1.93
		기 타	9.97	1.34	11.90	1.93
트 럭	소 형	휘발유	6.21	0.50	1.43	0.00
		LPG	6.17	0.75	0.82	0.00
		경 유	1.57	0.13	1.48	0.36
	중 형		1.66	0.63	1.48	0.62
	대 형		12.00	1.42	12.22	1.98

자료 : 환경부, 국립환경연구원. 2000. 「대기오염물질배출량(1999)」.

6.2.2.3 모델링 방법

사업 시행으로 인한 대기질 영향을 예측하기 위해서는 대기확산모델을 이용하여 가중 농도를 계산하여야 한다. 이 항에서는 대기확산모델에 대하여 나타내었다.

6.2.2.3.1 대기확산모델의 필요성 및 종류

사업시행으로 인하여 주민생활환경에 미치는 영향이 어느 정도인지를 정량적으로 파악하기 위해서는 대기오염물질의 시간적, 공간적 농도분포를 계산하는 것이 필수적이다.

대기확산모델이 필요한 대표적인 이유로는 현장 측정에 한계가 있기 때문이다. 대기오염물질 배출시설이 주변에 미치는 영향을 전체적으로 파악하기 위해서는 장기간 여러 지점에서 실측하는 것이 가장 좋으나 오염물질의 확산이 기상이나 지형조건에 민감하게 영향을 받기 때문에 비현실적으로 많은 수의 측정지점이 요구된다. 또한 환경영향평가대상사업은 계획중인 사업이기 때문에 현장에서의 측정은 불가능하다.

또한 대기확산모델의 결과로 산출되는 가중농도는 저감방안 수립의 구체적인 근거로 사용되며 정확한 영향예측결과는 분쟁조정(민원)을 위한 합리적 근거가 된다.

대기확산모델의 종류는 다음과 같이 크게 4가지로 구분할 수 있다. 이 중 Gaussian Plume Mode은 사용이 비교적 용이하고 모델이 가지고 있는 제약 조건을 고려하여 신중히 선정하여 사용한다면 정확한 결과를 얻을 수 있기 때문에 환경영향평가에서 가장 빈번하게 사용되고 있다.

- ① Gaussian Plume Model
- ② Physical Model : Wind tunnel 등
- ③ Statistical Model : 예)서울의 오존경보시스템
- ④ Numerical Model

6.2.2.3.2 Gaussian Plume Model

Gaussian Plume Mode은 대기오염물질의 농도를 계산할 수 있는 deterministic model의 일종이며 배출원 자료, 기상학적 매개변수, 수용점(receptor) 자료 등을 이용하여 저층대기 내에서의 대기오염물질의 난류적 이동과 같은 물리적 현상을 수학적 으로 묘사할 수 있는 방정식을 이용한다.

이 모델에서 사용하는 가정은 다음과 같다.

- ① 연기 흐름 방향에 수직인 plume 내에서의 오염물질의 농도 분포는 정규 분포를

나타냄

- ② 대기오염물질은 점오염원으로부터 연속적으로 배출
- ③ 모든 변수들과 매개변수들이 시간에 대하여 변하지 않는 정상 상태임
- ④ 바람에 의한 대기오염물질의 주된 이동방향은 x축 방향임
- ⑤ 풍속 u 는 일정함
- ⑥ x축 방향으로 바람에 의한 이동이 turbulent diffusion보다 지배적임 (풍속이 1m/s 이상인 경우가 이에 해당됨)

- ⑦ 화학반응은 일어나지 않음

이 모델에서 적용하는 경계조건은 아래와 같다.

- ① $x \rightarrow 0$ 이면 $C \rightarrow \infty$ (점 오염원에서의 농도는 높음)
- ② $x, y, z \rightarrow \infty$ 이면 $C \rightarrow 0$ (오염원으로부터 아주 멀리 떨어진 곳의 농도는 제로임)

- ③ $z \rightarrow 0$ 이면 $\frac{dC}{dz} = 0$ (땅속으로는 오염물질이 확산되지 않음,

즉 지표면에서 오염물질의 흡수나 소멸이 전혀 없으며 plume이 완전 반사됨)

- ④ 풍하방향으로의 대기오염물질 이동속도는 일정하며 오염원에서의 배출속도, Q 와 동일

이상의 가정과 경계조건을 적용하면 지표면($z=0$)에서의 오염물질의 농도는 아래의 식과 같이 표현된다.

$$c(x, y, z) = \frac{Q \cdot \alpha}{\pi \cdot u \cdot \sigma_y(x) \cdot \sigma_z(x)} \cdot \exp \frac{-y^2}{2\sigma_y(x)^2} \cdot \exp \frac{-(h)^2}{2\sigma_z(x)^2}$$

여기서 확산계수 σ_y, σ_z 는 대기안정도와 풍하거리(downwind distance)의 함수로서 y축 방향과 z축 방향으로 연기가 퍼져나갈 수 있는 정규분포를 가지는 폭을 의미한다.

이 모델이 필요로 하는 기상입력자료는 아래와 같다.

- ① 풍향, 풍속 : 풍향과 풍속은 지상 10m 기상탑을 설치하여 측정
- ② 대기안정도 : 대기안정도(atmospheric stability class)는 일사량, 운량, 지표면에서의 풍속 등의 함수이며 Pasquill의 분류에 의하면 대기안정도 A(매우 불안

정)~F(매우 안정)의 6개 등급으로 구분됨

- ③ 대기혼합고 : 지상에서 기온역전층하부 경계면까지의 거리를 대기혼합고(Maximum Mixing Depth)라 하며 이 혼합고 이내에서는 기류의 상하운동이 가능하여 대기오염물질이 혼합됨. 이 높이가 작을수록 대기오염물질의 농도는 높아짐

6.2.2.3.3 대기확산모델 사용 방법

대기질 환경영향평가에서는 공사시 및 운영시 대기질에 미치는 영향 정도를 대기 확산모델을 이용하여 예측하고 있는데, 사용할 수 있는 모델은 U.S. EPA에서 권장하는 모델이면 어느 것이나 상관없으나 점, 면오염원의 경우에는 주로 ISC(Industrial Source Complex)모델, Air Master Pro 모델, 선오염원의 경우는 Caline-3 모델의 사용을 추천한다. U.S. EPA에서 권장하는 모델에는 ISC 모델보다 성능이 더 우수한 모델이 있으므로 이러한 모델을 사용하는 것도 바람직할 것이다.

현재 모델링과 관련하여 자주 발생하는 실수는 모델 입력 자료를 틀리게 적용하는 것이다. 많은 경우 발생량 산정을 잘못하는 경우가 많으며 오염원을 누락하는 경우도 종종 발견된다. 아울러 공사시 영향 예측을 위한 입력자료로 하루동안의 평균 풍향, 풍속 등을 이용하는데 이보다는 사업지구 인근의 기상대의 최근 1년간 자료와 ISCST 모델을 이용하여 모델링을 수행하고 모델링 출력 결과는 1시간 평균, 24시간 평균, 기간 평균(필요시), 연평균 가중농도로 산출하는 것이 바람직하다. 특히 ISC 모델의 경우는 가중농도가 높은 순서부터 50번까지(연평균 가중농도의 경우는 10번까지) 정리하여 출력이 되므로 동 기능을 이용하면 모델링 결과 해석에 보다 도움이 될 수 있다.

6.2.2.4 스크리닝 모델

6.2.2.4.1 스크리닝 모델의 필요성

예비검토모델(screening model)은 사전검토를 목적으로 개발된 것으로서 사업시행으로 발생할 수 있는 최악의 대기질 영향을 간편하게 제시하는 데 목적이 있다. 대상 사업의 시행으로 인한 대기질 영향이 어느 정도인지를 간단한 형태로 사전에 검토한

후, 대기질 영향이 심각할 것으로 판단되는 경우에 한하여 보다 심도 있는 대기질 평가를 하여야 한다. 심도 있는 대기질 평가란 현재의 단순 대기확산모델을 이용하는 방법보다 더 많은 고려인자, 즉 지형조건이나 기상조건 등을 더 구체적으로 고려할 수 있는 모델을 이용하는 등의, 방법으로 평가하는 것을 의미한다.

예비검토모델은 간편한 방법을 적용하는 만큼 모델링 결과의 정확성은 떨어지나 이를 통해 예측된 대기질 농도는 매우 보수적(conservative)이기 때문에 예비검토모델에 의한 대기질 영향이 근소할 것으로 예측된 경우라면 더 이상의 정교한 모델링은 불필요하다.

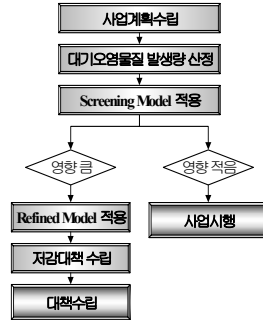
6.2.2.4.2 스크리닝 모델의 특징

스크리닝 모델은 매우 보수적인 결과를 제공하므로 스크리닝 모델의 결과가 “사업지구 인근 마을에 큰 영향을 미치지 않을 것”으로 판명될 경우, 더 이상의 모델링은 필요 없다는 장점을 가지고 있다. 반면에 스크리닝 모델의 결과가 영향이 클 것으로 나타난 경우 보다 정교한 모델을 이용하여 세밀한 모델링을 수행하여야 한다. 정교한 모델을 이용할 경우, 그 모델이 요구하는 입력자료를 정확한 형태로 입력시켜야 한다. 일반적으로 정교한 모델일수록 입력자료가 잘못 입력되었을 때 오류는 더 크게 발생한다.

또한 스크리닝 모델은 별도의 기상자료를 필요로 하지 않으나 모델링 결과로 확인할 수 있는 대기오염물질의 확산에 불리한 기상자료가 실제로 나타날 수 있는 확률이 어느 정도인지 검증할 필요가 있다(예: 사업지구 인근 마을에 심각한 영향을 줄 수 있을 것으로 판명된 날의 기상상태가 풍속은 1.0m/s, 대기안정도는 6등급인 것으로 확인되었을 경우, 이 기상상태가 일년에 한 번만 나타난다면 이 하루를 위해 고가의 저감시설을 설치해야 하는 것이 옳은지 검토해 보아야 한다). 특히 조심하여야 할 사항은 스크리닝 모델의 결과에는 반드시 현황농도를 가중하여야 한다.

※ 스크리닝 모델의 결과 사업지구 인근의 마을들에 미치는 영향이 적다고 하더라도 (대기오염물질 배출량이 많더라도 이격거리가 먼 경우, 당해 마을에서의 농도는 환경기준치 이하로 나타날 수 있음) 대기환경보전법상의 배출허용기준은 만족시켜야 함

6.2.2.4.3 스크리닝 모델 이용의 절차도



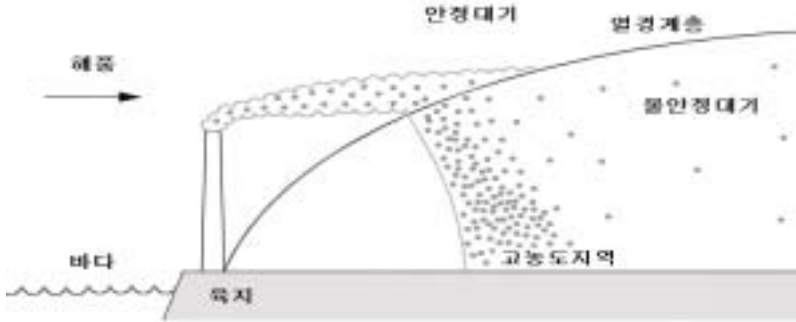
<그림 6-2> 스크리닝 모델 이용 절차도

6.2.2.5 유동특수현상

유동특수현상은 사업지의 지형적 특성 등으로 인하여 대기오염물질이 확산되지 않고 어느 한 곳에 고농도로 축적될 수 있는 가능성을 제공할 수 있는 현상으로 연기침강(fumigation), 연기충돌(impaction), 연기간힘(valley trapping), 빌딩세류(building down draught), 연돌세류(stack-tip down wash) 등을 들 수 있다. 사업특성 또는 지역적 특성에 따라 고려하여야 할 주요 유동특수현상에 대하여 간략히 나타내었다.

1) 연기침강

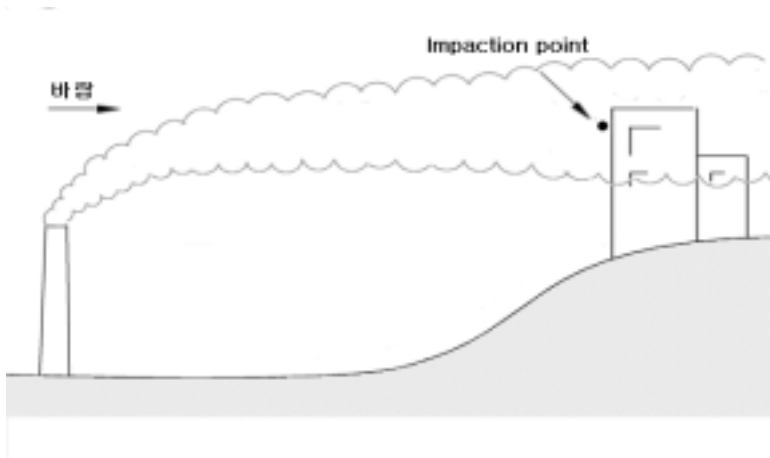
사업지가 해안가에 위치하고 있을 경우에 발생할 가능성이 크며 바다와 육지의 비열차로 인한 대기혼합고의 발달로부터 기인한다. 이 현상이 생길 경우 연돌에서 배출된 배가스가 상층으로 퍼져나가지 않고 갑자기 지면쪽으로 급격하게 하강하여 오염물질이 지면에 축적된다.



<그림 6-3> 연기 침강

2) 연기충돌

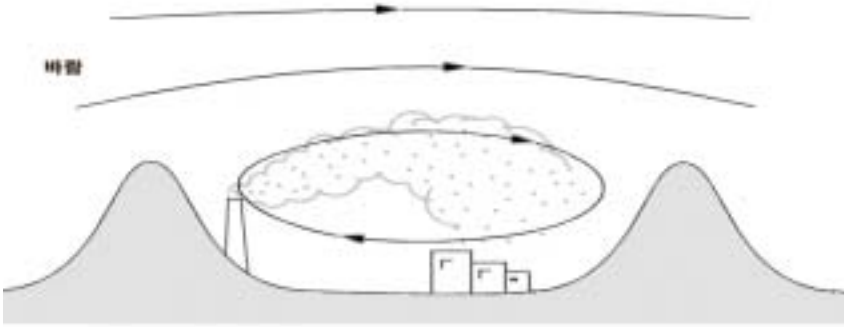
사업지 주위에 고층 아파트가 위치하고 있을 경우에 발생할 가능성이 크다. 대기가 안정한 경우 연돌로부터 배출된 배가스가 수평적으로 이동해가고 그 이동 경로 상에 고층 아파트가 위치하고 있다면 배가스가 아파트에 충돌하게 되고 따라서 고농도의 대기오염물질이 축적된다.



<그림 6-4> 연기 충돌

3) 연기 갇힘

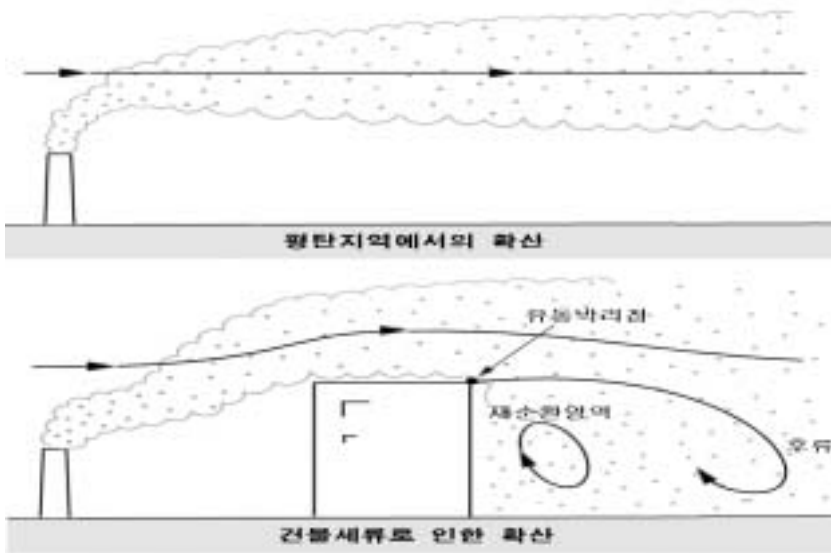
연기 갇힘은 말 그대로 연돌에서 배출된 대기오염물질이 빠져나가지 못하고 갇혀 있는 상태로 사업지가 분지 등에 위치하고 있을 경우에 발생할 가능성이 크다.



<그림 6-5> 연기 갇힘

4) 빌딩 세류

빌딩 세류의 경우 역시 사업지 주위에 큰 빌딩이 위치하고 있을 경우에 발생할 가능성이 크다. 눈이 온 다음날 건물 한 쪽에만 많은 양의 눈이 쌓여 있는 경우를 볼 수 있는데 이 현상의 원리도 이와 유사한 것이다.



<그림 6-6> 빌딩 세류

5) 연돌세류

연돌에서의 배가스 배출 속도가 연돌 높이에서의 풍속의 2배 이하가 될 경우에 발생될 가능성이 크며 이 역시 대기오염물질이 상층으로 확산되지 못하고 지표면에 축적하게 된다. 반면에 배가스 배출속도가 30m/s 정도로 아주 빠른 경우 피리소리 같은 적취현상(笛吹現象)이 일어날 수 있으므로 주의하여야 한다.

이러한 유동특수현상은 연돌이 설치되는 대규모 점오염원 건설의 경우에는 그 발생 여부에 대하여 반드시 검토하여야 한다. 발전소나 소각장 건설사업 환경영향평가시 이러한 현상들의 발생 여부를 검토하지 않는 경우가 종종 발생하는데 위에 언급한 유동특수현상이 발생할 경우 대기오염물질이 상층으로 확산되지 않고 지표 부근에서 고농도로 축적되기 때문에 이러한 현상들이 발생할 가능성이 있는지를 반드시 고려하여야 한다. 이상의 유동특수현상들이 발생할 경우의 가중농도는 스크리닝 모델로 예측할 수 있다.

6.3 저감대책

6.3.1 현황 및 문제점

저감방안과 관련된 현행 작성규정은 「환경영향평가서작성등에관한규정」 제20조(저감대책의 수립)과 별표4 평가서 기재요령 VII항 3에 기재되어 있다.

제20조(저감대책의 수립) ① 저감대책은 제15조, 제17조 내지 제19조의 규정에 의한 환경영향 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 수립되어야 하며 일반적인 학문적, 기술적 내용을 열거하여서는 아니 된다.

② 평가서에 제시하는 저감방안에 대하여는 가능한 모든 대안을 비교하여 그 장·단점을 객관적으로 기술하여야 하며, 최종적으로 사업시행시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정사유를 명시하여야 한다.

③ 사업의 성격상 사업자와 저감대책의 이행주체가 서로 상이한 경우에는 사전에 그 저감대책에 관하여 양자가 합의한 후 그 내용을 제시하여야 한다.

④ 영향평가의 결과에 따라 수립된 저감방안의 내용이 토지의 이용과 관련되는 경우에는 그 내용을 토지이용계획에 반영하여야 한다.

별표 4 평가서 기재요령 VII항 3) 저감방안

- 환경영향 저감방안의 수립은 사업 시행에 따른 환경 변화를 최소화할 수 있도록 이에 대한 방지 대책을 검토하고 검토된 대책을 사전에 제시함으로써 환경의 악영향을 미연에 방지하는 것이 그 목적이므로 환경영향 저감방안의 수립 단계에서는 현재의 기술적, 경제적 수준으로 실시 가능한 최선의 방안을 제시하여야 한다. 따라서 평가에 따른 구체적인 저감 방안은 다음의 사항을 준수하여 현실성 있게 제시하여야 한다.

· 저감 방안을 제시할 때에 저감 방안에 대한 여러 가지 대안을 제시하고 제시된 대안의 장·단점을 비교·분석한 후 이 중에서 적용할 최적안을 선정하여야 한다.

· 사업 시행으로 인한 영향 예측시 설정한 환경목표치를 달성하기 위한 환경 영향 저감 방안을 검토하고 실제로 어떤 대책을 강구하는 것이 가능한가를 제시한다.

· 실시 가능한 것으로 인정된 환경 영향의 저감 방안을 환경인자별로 정리하고 그

효과, 안전, 기술, 비용, 주민에 대한 설득성 등의 모든 사항에 대한 가능성을 검토함과 동시에 그 결과로 사업대상지역 및 그 주변 지역에서 현 상황에 최선이라고 생각되는 대책을 그림·표 등을 이용하여 기술·제시한다.

- 환경적으로 민감하거나 사회·경제적 가치가 있는 지역은 특히 그 저감 대책의 수립에 유의하여야 한다. 즉, 법 상으로 지정된 중요지(구)역은 보전 가치가 있는 대상이므로 동 지역과 인근 지역에 대한 사업 입지를 억제하고, 불가피한 경우 충분한 저감 대책을 수립·제시한다.

- 영향의 저감 방안 시행이 사업지역 관할 지방자치단체 또는 관련 국가기관 등 타 기관의 소관에 속하는 것일 때에는 당해 기관과 협의한 후 근거 서류를 첨부하여 제시하여야 한다.

- 수립된 저감 대책에 대하여는 그 저감 효과 분석을 실시하고 저감 대책을 고려한 영향 예측을 실시하여야 한다.

6.3.2 개선방안

이상에서 언급한 내용들을 바탕으로 평가대상사업의 공사시 및 운영시 대기질 영향 예측 결과를 산출할 수 있고 그 결과가 환경기준치를 초과할 경우에는 저감시설 설치계획을 수립, 시행하여야 한다. 현재의 작성 규정상 별다른 문제점은 찾아보기 어려우며, 현행대로 유지되는 것이 타당하다고 사료된다. 추가적으로 본 절에서는 공사시 및 운영시의 저감시설에 대하여 살펴보도록 하겠다.

6.3.2.1 공사시

1) 세륜·세차시설

2) 살수

공사시 비포장 작업구간에서의 공사차량 주행으로 인한 비산먼지 발생을 억제하기 위하여 주기적인 살수를 실시토록 한다. 이를 위하여 다음 예와 같은 살수차량 운행 계획을 수립토록 한다(표 6-20).

<표 6-20> 살수차량 운영계획 예

종 류	적 재 량 (ton)	대 수	살수회수 (회/일)	운행지역	비 고
16kℓ 탱크로리	13.6	각 1대 이상	2회 이상	비포장 작업구간	

또한, 토사야적물 등 비산의 우려가 있는 곳에 살수 시설을 다음과 같이 설치하고 운영하도록 계획하여야 한다.

- 저장물질의 함수율은 항상 7~10%를 유지할 수 있도록 살수시설을 설치할 것.
- 상·하적 장소 주위에 고정식 또는 이동식 살수시설을 설치·운영하여 작업 중 재 비산이 없도록 할 것.
- 풍속이 평균 8m/s 이상일 경우에는 작업을 중지할 것.
- 통행차량의 운행기간 중 공사장 안의 통행도로에는 1일 1회 이상 살수할 것.

[살수량의 결정]

- 물의 침투심도, 수분증발량 및 풍속관계, 과살수 등의 사항을 종합적으로 고려하여 경험적 수치를 근거로 발진상태에 따라 결정하여야 한다. 일반적으로 공사장 내 및 토량이동이 심한 작업장에 300~400cc/m²가 되도록 살수하여야 한다.
- 살수에 의한 저감효과는 미국 환경청의 자료에 의하면 1일 2회 살수에 약 58%의 비산먼지 저감효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

3) 공사차량에 대한 규제

공사장 통행차량에 대하여는 주행시에 적치물의 흘림이나 비산이 야기되지 않도록 다음과 같은 규제를 실시토록 하여 공사차량에 의한 비산먼지가 발생하지 않도록 계획한다.

- 토사적재시 덮개를 설치하여 적재물이 외부에서 보이지 않고 흘림이 없도록 한다.

- 적재물이 적재함 상단으로부터 수평 5cm 이하까지만 측면에 닿도록 적재한다.
- 공사장내의 통행차량은 주행속도를 20km/hr 이하로 제한한다.

[차량속도 제한에 따른 비산먼지 저감효과]

- 미국 환경청에서 발표한 자료에 따르면 차속 40MPH(약 64km/hr)를 기준으로 속도를 20MPH(약 32km/hr)로 저감하였을 때는 65%, 10MPH(약 16km/hr)로 저감하였을 때는 80%의 비산먼지 저감효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다.
- 따라서, 이에 근거하여 차량속도 제한을 계획하고 시행한다면 비산먼지 저감효과가 매우 클 것이다.
- ※일반적으로 공사시 미세먼지 발생량을 산정할 때 차속을 20km/hr 이하로 제한하는 경우에만 실질적인 저감효과가 있음

4) 방진막 설치

5) C/R장 및 사토장 비산먼지 방지대책

- C/R장 부지경계선 주변으로 가설방진망 설치
- 자재이동차량 진출입로 세륜·세차시설 설치
- 야외 이송시설은 밀폐화함
- 임시 야적물에 대하여 GREEN NET 설치
- 부지내 및 야적지역에 주기적인 살수 실시
- 각종 시설물 덮개 설치

6) 토취장 개발에 따른 비산먼지 저감대책

- 주기적인 살수 실시 : 토취장내에서 발생하는 토사의 채취, 상적 및 차량운행시 발생하는 비산먼지를 저감하기 위하여 살수차를 이용, 차량이동로에 주기적인 살수를 실시하여 주변지역 주거지역에 미치는 영향을 최소화할 계획을 수립한다.
- 세륜·세차시설 설치 : 토취장 진입부에 세륜·세차시설을 설치하여 토취장내 비포장구간 운행시 차량의 바퀴 및 차체에 붙은 먼지를 제거한 후 차량을 운행토록 함으로써 토사운반로 주변에 위치한 주거지역에 미치는 영향을 최소화하도록 하

여야 한다.

- 방진망 설치 : 토취장 개발시 공사장내에서 발생하는 비산먼지의 주변 확산을 방지하기 위하여 주변 주거지와 인접한 공사장내에 방진망을 설치하도록 계획한다.
- 기타 : 토취장으로부터 본선공사시행지역까지의 운반차량이동로 주변에 위치한 주거지역에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 다음과 같은 저감방안을 수립·시행토록 한다.
 - 토량 운반차량 운행시 적재함을 덮개로 덮은 후 운행
 - 토량 운반차량 운행시 적재함 상단 5cm 이하까지만 토사 적재
 - 주거지 주변 운행시 저속운행 실시
 - 차량 운전자에 대한 난폭운전 예방, 경적 사용금지 등의 정기적인 안전교육 실시

7) 건설장비의 배출가스 억제대책

공사시행지역에서 발생하는 배기가스로 인하여 일부 근거리에 위치한 주거지역 및 축사시설에 대기질 환경변화를 유발할 우려가 있으므로, 그 영향을 최소화하기 위하여 다음과 같은 공사장 내 장비투입계획을 수립·시행토록 한다.

- 건설장비는 동일구간 작업장내 집중투입을 억제하기 위한 효율적인 작업공정수립
- 발생 배출가스의 원활한 대기확산을 위하여 이른 아침이나 야간작업 지양
- 건설장비의 불필요한 엔진 공회전 금지
- 건설장비에 의한 작업진행은 배기가스가 인근 주거지 방향으로 배출되지 않도록 주거지 전면부로 정차 및 작업진행
- 건설장비의 노후화 및 고장으로 인한 다량 배가스 방지를 위하여 투입장비의 정기점검 및 보수 실시

6.3.2.2 운영시

운영시 발생하는 대기오염물질 저감시설을 설치하는 계획은 저감하고자 하는 대

기오염물질의 종류, 저감정도 등에 따라 다양하게 수립될 수 있다. 각 대기오염물질 종류별로 많이 알려진 저감방법들을 정리하면 다음과 같다.

1) 황산화물 저감시설

황산화물 저감시설은 물(또는 액체 약품)의 사용 여부에 따라 건식법, 반건식법, 습식법으로 구분할 수 있다(이러한 방법들은 황산화물 이외에도 HCl등과 같은 산성유해가스도 동시에 제거할 수 있는 장점이 있다). 이 외에도 최근 발전소에서 이용하는 방법으로 순환 유동층 연소법이 있다.

가) 건식법

건식법은 calcium oxide(CaO), magnesium oxide(MgO)와 같은 흡착제를 이용하여 황산화물을 제거한다. 이 방법은 건설비와 운영비가 저렴하고 폐수의 발생이 없으며 설치 공간이 많이 필요하지 않고 제어장치가 단순한 것이 장점이다. 반면에 저감효율이 최대 50% 정도로 낮은 것이 단점이다.

나) 반건식법

반건식법은 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 슬러리 등을 이용하여 황산화물을 제거한다. 이 방법은 저감효율이 최대 90% 정도로 높고 폐수처리가 필요 없으며 건설비가 건식법 보다는 비싸지만 습식법 보다는 저렴하다. 다만 소석회를 슬러리 형태로 공급하여야 하므로 슬러리 공급시설이 필요하다. 최근에 소각로에서의 황산화물 및 염화수소 제거를 위하여 이 방법이 많이 사용되고 있다.

다) 습식법

습식법은 가성소다(NaOH) 등과 같은 용액을 이용하여 황산화물을 제거한다. 저감효율이 최대 95% 정도로 아주 높지만 건설비와 운영비가 많이 들며 별도의 폐수처리 시설이 필요한 것이 단점이다.

라) 순환 유동층 연소법

이 방법은 최근에 무연탄 발전소에서 이용되고 있는데 석탄을 석회석과 혼합하여 연소시키는 것이다. 석회석과 석탄을 적정 비율로 혼합하여 보일러 내에 넣고 공기의 속도를 증가시키면 이것들이 물이 끓는 모양을 하면서 격렬하게 움직이게 되는데 이

를 유동층이라 한다. 이 방법은 90% 이상의 황산화물을 제거할 수 있으며 기존의 발전소 보일러 보다 낮은 온도에서 연소가 일어나 질소산화물의 발생도 억제할 수 있는 장점이 있다.

2) 질소산화물 저감시설

질소산화물은 크게 연료 내의 질소성분이 연소하여 발생하는 fuel NO_x 와 연소용 공기 중의 질소와 산소가 반응하여 발생하는 thermal NO_x 로 구분할 수 있다. Fuel NO_x 는 연료 내에 질소 성분이 많을수록, thermal NO_x 는 연소 온도가 높을수록 많이 발생한다.

질소산화물을 줄이기 위한 방법으로는 크게 연소 방법을 변경시키는 것과 배연탈질기술(배가스 내의 질소를 제거하는 기술)로 나눌 수 있다. 연소방법을 변경시키는 것에는 Low NO_x 버너의 사용, 배가스 재순환, 2단연소, 물/수증기 분사 등이 있으며 배연탈질기술에는 주로 선택적 촉매환원법(Selective Catalytic Reduction, SCR)과 선택적 무촉매 환원법(Selective Noncatalytic Reduction, SNCR)이 많이 이용된다.

가) Low NO_x 버너

버너의 형식을 개량하여 질소산화물을 저감하는 것으로서 연소실 내에서는 버너의 위치에 따라 불꽃의 형태나 혼합 정도가 다르므로 버너의 위치를 잘 선택하여 연소실 내의 온도 분포를 균일하게 하고 고온 부분을 피함으로써 질소산화물을 저감시킨다. 저감효율은 40~60% 정도로 알려져 있다.

나) 배가스 순환법

배가스를 순환시켜 연소용 공기에 혼합하여 연소실로 보냄으로써 배가스가 불꽃을 냉각시키는 효과를 나타낸다. 또한 산소의 농도가 낮아 연소가 지연되어 불꽃의 최고 온도가 낮아져 질소산화물의 생성량이 줄어든다. 일반적으로 재순환시키는 배가스의 양은 소요 공기량의 10~15% 정도이며 이 경우 질소산화물의 생성량은 10~30% 정도 감소된다고 한다.

다) 2단 연소

2단 연소법은 연소용 공기를 2단(버너 부분 및 버너 윗 부분)으로 공급하는 것이다.

버너 부분에 연소용 공기를 이론 공기량보다 약간 적게 공급(보통 이론 공기량의 85~95%)하여 불완전 연소를 시키고 버너 윗부분에서 부족한 공기를 공급하여 완전연소를 시킨다. 질소산화물의 생성량이 10~30% 정도 감소하는 것으로 알려져 있다.

라) 물/수증기 분사법

연소로 내에 물이나 수증기를 분무하면 산소와 수소로 분해되는 흡열반응이 일어나 연소 온도가 낮아져 질소산화물의 생성이 억제된다. 질소산화물 저감효율은 대략 30% 내외인 것으로 알려져 있다.

마) 선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction, SCR)

이 방법은 암모니아 적정량을 배가스에 분사하여 TiO_2 또는 V_2O_5 촉매층을 통과시켜 질소산화물을 질소와 물로 분해시킨다. 일반적인 운전조건은 300~400℃이며 300℃ 이하의 온도에서는 촉매의 활성이 저하되고 450℃ 이상의 온도에서는 암모니아가 산화분해되어 질소산화물 저감효율이 저하된다. 질소산화물 저감효율은 95% 이상이며 소각장에서 사용할 경우 촉매의 종류에 따라 다이옥신도 추가로 저감되는 효과가 있다. 반면에 고가의 촉매를 사용하여야 하며 촉매독(촉매의 활성을 저하시키는 물질)으로 작용할 수 있는 물질을 미리 제거할 수 있는 전처리 시설이 필요하다.

바) 선택적 무촉매 환원법(Selective Noncatalytic Reduction, SNCR)

이 방법은 촉매 없이 연소로 내에 암모니아 또는 암모니아수를 분사하는 방식으로 SCR에 비하여 건설비, 유지관리비가 저렴하나 저감효율이 50~80% 정도이며 백연현상(배가스가 굴뚝에서 배출될 때 그 안에 존재하는 수분이 응축되어 하얗게 보이는 현상)이 발생할 가능성이 있다.

3) 먼지 저감기술

먼지 저감기술(집진기술)은 여러 가지가 있으나 주로 사용되는 것들로서는 중력을 이용하는 침강 집진기술, 사이클론(cyclone) 등과 같은 원심력 집진기술, 벤투리 스크라버(venturi scrubber) 등과 같은 세정 집진기술, 전기집진기(electrostatic precipitator, ESP) 등과 같은 전기 집진기술, 백필터(bag filter) 등과 같은 여과 집진기술이 있다.

가) 침강 집진기술

이 기술은 중력을 이용하여 배가스 내의 먼지를 제거하는 것으로 원리와 구조가 간단하여 설치, 가동비가 저렴하다. 주로 크기가 큰 먼지를 제거하기 위하여 많이 사용되며 중력 집진기술이라고도 한다.

나) 원심력 집진기술

원심력을 이용하여 먼지를 제거하는 것으로 대표적으로 사이클론을 예로 들 수 있다. 설치비가 저렴하고 운전 유지비도 적게 소요되는 장점이 있으나 먼지의 크기가 $10\mu\text{m}$ 이하인 경우에는 집진 효율이 아주 낮아지는 단점이 있다.

다) 세정 집진기술

물 등을 아주 작은 액체 입자로 만들어 먼지를 함유한 기체와 접촉시킴으로써 먼지를 제거하는 기술이다. 처리하고자 하는 배가스가 유독성 기체인 경우에는 첨가제를 함께 이용하기도 한다. 이 기술은 먼지를 제거함과 동시에 배가스 내에 함유된 유해가스를 함께 제거할 수 있는 장점이 있다. 반면에 포집된 먼지가 수분을 많이 함유하고 있는 슬러리이기 때문에 폐수처리비용이 많이 소요되는 단점이 있다.

라) 전기 집진기술

이 기술은 배가스 내에 함유된 먼지를 하전시켜 제거하는 기술이다. 정전기력을 이용하여 먼지를 포집하기 때문에 기계적인 집진기술에 비하여 보다 작은 입자의 포집에 효과적이다. 특히 전기 집진기는 발전소나 소각장에서 배출되는 먼지 제거에 많이 이용되었는데 최근의 연구 결과에 의하면 소각장에서 전기 집진기를 이용하여 먼지를 제거할 경우 전기 집진기 후단에서 다이옥신의 농도가 더 증가하는 것으로 나타났다. 그래서 미국 환경청에서는 하루 소각용량 250톤 이상인 도시폐기물 소각시설에서는 전기 집진기 대신에 백필터와 같은 여과 집진기를 사용하도록 추천하고 있다.

마) 여과 집진기술

여과 집진기술은 여과포 등을 이용하여 먼지를 제거하는 기술로서 먼지 발생과정 및 연소 설비 등에 광범위하게 적용되고 있다. 이전에는 배가스의 조건과 습도가 다양한 경우 여과 집진장치의 적용이 어렵다고 알려져왔으나 여과포의 지속적인 개발 등을 통하여 해결이 가능하게 되었다. 특히 소각장에서 배출되는 먼지 제거를 위해서

는 앞서 전기 집진기에서 언급한 것처럼 다이옥신 재생성의 문제로 인하여 전기 집진기보다 더 많이 적용되고 있다.

4) 다이옥신 저감시설

다이옥신이 문제시되는 대기오염 배출시설로는 대표적으로 도시쓰레기 소각시설을 들 수 있다. 소각장에서 배출되는 다이옥신을 줄이는 방법은 크게 소각 전에 쓰레기 내에 포함되어 있는 염소(Cl)를 포함하고 있는 물질을 제거하는 방법과 소각로 내의 온도를 최소 800℃ 이상 유지하도록 하는 방법, 그리고 소각로 후단에서 활성탄 등을 이용하여 제거하는 방법 등이 있을 수 있다. 여기에서는 소각로 후단에서 다이옥신을 제거하는 방법에 대하여 설명한다.

소각로 후단에서 다이옥신을 제거하는 대표적인 방법은 반건식 흡착탑 또는 백필터 등과 같은 여과 집진기 전단의 관내에 활성탄을 분사하는 것이다. 또한 다이옥신과의 흡착이 완전하게 이루어지지 않아 아직도 흡착능력을 가지고 있는 활성탄은 백필터에 포집되어 미반응된 다이옥신을 추가로 제거하기도 한다. 특히 질소산화물 저감을 위한 SCR의 경우도 사용하는 촉매의 종류에 따라 질소산화물뿐만 아니라 다이옥신을 추가로 제거하기도 한다. SCR이 설치된 소각장과 설치되지 않은 소각장에서의 다이옥신 배출농도를 비교한 결과 SCR을 설치하지 않은 소각장에서의 다이옥신 농도가 설치한 소각장 보다 최고 10배 정도 높은 다이옥신을 배출한다고 보고되었다.

6.4 토의

대기질 환경영향평가는 본 절의 첫 부분에 제시한 <그림 6-1>과 같이 평가를 진행하면 오류 발생이 최소화될 것으로 생각한다.

본 절에서는 대기환경영향평가를 위하여 필요한 대기오염물질의 발생량산정방법, 대기확산모델, 대기오염저감시설 등에 대한 기본적인 사항들에 대하여 문제점을 분석하고 개선방안을 제시하였다.

현황농도는 사업특성을 고려하여 대기질에 미치는 영향 정도에 따라 그 측정지점

선정 및 측정기간의 범위를 설정하도록 하여 대기질 현황 농도를 최대한 파악하도록 하여야 할 것이다. 또한, 스크리닝 모델(screening model)을 적극 활용하여 사업시행으로 인한 영향에 대하여 간단한 예측을 사전에 수행함으로써 정교한 영향예측 및 이에 필요한 각종 자료 등의 수집 활동의 판단 근거로 사용토록 하는 것이 바람직하다.

대기오염 저감시설 설치 계획은 저감하고자 하는 오염물질의 종류, 저감정도 등에 따라 달라질 수 있으므로 시설 설치시 심도 있는 검토가 필요한 것으로 판단된다.

향후에는 터널운영시 대기질 영향, 산업단지 운영시 특정대기유해물질의 영향 등 대상 사업별로 구분하여 보다 심도 있는 연구가 필요한 것으로 생각된다.

7. 수질

7.1 현황조사

7.1.1 현황 및 문제점

수자원 이용현황 및 지역현황은 사업지구 인근의 현재 사용중이거나 사용 예정에 있는 수질관련 시설물 또는 구역을 파악함으로써 해당사업이 인근지역의 수환경과 수자원이용에 미치는 영향을 예측하고 평가하는 데 유용한 기초자료로 활용될 수 있다. 현재의 평가서에서는 사업지구 내 또는 인근의 상수원보호구역, 취수장, 정수장 등과 지역현황으로 주요 오염원인 공장, 사업장 등의 주요 발생원의 분포 및 그 발생 상황 등과 사업대상 지역이 위치한 배수구역의 하수종말처리시설, 오수정화시설, 분뇨처리시설 및 기타 수질개선을 위한 처리시설 등을 조사하여 제시하고 있다.

현재의 평가서 작성 실태로는 대상 사업지역의 현황을 정확히 파악하기 힘들 뿐 아니라 대상 사업의 시행으로 인한 영향을 예측하는 데 어려움이 다소 어려움이 있다. 수자원현황 및 지역현황에서는 수변구역 그리고 지하수보전구역 등에 대한 조사가 누락되는 경우가 많고 대상 사업시행지역 인근의 주요 상하수관거 등 수질관련 지하매설물에 대한 조사가 미비한 경우가 있다. 또한 수자원현황 및 지역현황을 도면으로 제시하는 경우에 하천의 흐름방향과 기타 방류지점 등을 미표시하는 등 세밀한 현황의 표기가 미흡한 실정이다.

주요 검토의견

- 평가서에 제시된 조사지점위치도로는 하천과 수질조사지점을 명확히 파악하기가 어려우므로 사업지구 인접 하천(또는 농수로)과 물 흐름 방향을 명확히 표시하고, 저수지(또는 소류지), 주변마을, 현장사무소(오수처리시설 설치지점) 등을 수질 측정지점과 함께 명확히 표시

하천수질에 대한 조사는 사업예정지구 인근의 하천에 대한 기본자료로서 대상 사업 실시 전의 수질환경에 대한 평가를 할 수 있는 자료로 활용될 수 있다. 또한 사후

환경영향조사시에 대상 사업이 수질환경에 미치는 영향의 정도를 파악할 수 있는 기준이 된다.

현재의 평가서에서는 대상 사업지역 인근의 하천에 대해서 임의로 조사지점을 설정하고 환경기준 설정항목 중 생활환경항목과 사람의 건강보호항목 등에 대해 조사하고 있다. 조사시점은 분기별로 총 3~4회 정도로 조사하고 있다. 또한 해당 하천의 기존자료에 대한 연도별 분석도 실시하고 있다. 현재 주로 조사되는 항목은 수온, pH, DO, BOD, COD_{Mn}, SS, T-N, T-P, Mn, Pb, Cd, CN, As, 유기인, 대장균수 등이며 대상 사업의 종류에 상관없이 분석항목은 대부분 유사하다. 환경부 고시 「환경영향평가서 작성등에관한규정」 별표4 평가서 기재요령(제12조제5항 관련)에서는 “조사항목에 대하여 수질환경기준항목의 현황농도를 조사한다” 라고 규정하고 있다. 「환경정책기본법 시행령」 별표1의 하천수질과 호소수질 환경기준은 <표 7-1>, <표 7-2>와 같다.

하천의 유량측정조사는 일반적으로 수심이 깊고 하폭이 넓은 하천의 경우 건교부나 자치단체에서 측정한 수위자료를 이용하여 수위-유량곡선으로 유량을 추정할 수 있고, 그 외 지점은 유속계를 이용하여 하천 평균유속을 구하고 이에 하천의 유수단면적을 곱하여 산정한다.

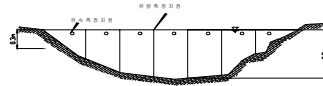
$$Q = A \times U$$

여기서, Q = 유량(m^3/sec)
 A = 유수 단면적(m^2)
 U = 평균유속(m/sec)

직접 유량 측정이 가능한 하천은 수질오염공정시험방법상에 제시된 유속-면적방법(Velocity-Area Method)으로 측정하며, 유량측정시 유황이 일정하고 하상상태가 고른 지점을 선정하여 물이 흐르는 방향과 직각이 되도록 하천의 양끝을 고정하고 여러 개의 소구간 단면으로 분할하여 수심을 측정하여 각 소구간마다 단면적을 산정하고, 유속계에 의한 측정치 또는 부표를 사용한 실측유속을 측정한 후 유량으로 환산하는 방법을 사용하고 있다²⁴⁾.

24) 환경부. 2000. 「수질오염공정시험방법」

수심측정지점



<그림 7-1> 유속과 면적을 이용한 유량측정방법

<표 7-1> 하천 수질 환경기준

구분	등급	이용목적별 적용대상	기준				
			수소이온 농도 (pH)	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/ℓ)	부유 물질량 (SS) (mg/ℓ)	용존 산소량 (DO) (mg/ℓ)	대장균 군수 (MPN/ 100ml)
생활환경	I	상수원수1급 자연환경보전	6.5~8.5	1 이하	25 이하	7.5 이상	50 이하
	II	상수원수2급 수산업수1급 수영용수	6.5~8.5	3 이하	25 이하	5 이상	1,000 이하
	III	상수원수3급 수산업수2급 공업용수1급	6.5~8.5	6 이하	25 이하	5 이상	5,000 이하
	IV	공업용수2급 농업용수	6.0~8.5	8 이하	100 이하	2 이상	-
	V	공업용수3급 생활환경보전	6.0~8.5	10 이하	쓰레기등 이 떠있지 아니할것	2 이상	-
사람 의 건강 보호	전수역	·카드뮴(Cd) : 0.01mg/ℓ 이하 ·비소(As) : 0.05mg/ℓ 이하 ·시안(CN) : 검출되어서는 안됨 ·수은(Hg) : 검출되어서는 안됨 ·유기인 : 검출되어서는 안됨 ·납(Pb) : 0.1mg/ℓ 이하 ·6가크롬(Cr ⁶⁺) : 0.05mg/ℓ 이하 ·음이온 계면활성제(ABS) : 0.5/ℓ 이하 ·폴리클로리네이티드비페닐(PCB) : 검출되어서는 안됨					

자료 : 환경부. 2000. 「환경정책기본법 시행령」

<표 7-2> 호수수질 환경기준

등급	이용목적별 적용대상	기 준						
		수소 이온 농도 (pH)	화학적 산소요구량 (COD) (mg/ℓ)	부 유 물질량 (SS) (mg/ℓ)	용 존 산소량 (DO) (mg/ℓ)	대장균 군 수 (MPN/ 100ml)	총인 (T-P) (mg/ℓ)	총질소 (T-N) (mg/ℓ)
I	상수원수1급 자연환경보전	6.5 -8.5	1 이하	1 이하	7.5 이상	50 이하	0.010 이하	0.200 이하
II	상수원수2급 수산용수1급 수영용수	6.5 -8.5	3 이하	5 이하	5 이상	1,000 이하	0.030 이하	0.400 이하
III	상수원수3급 수산용수2급 공업용수1급	6.5 -8.5	6 이하	15 이하	5 이상	5,000 이하	0.050 이하	0.600 이하
IV	공업용수2급 농업용수	6.0 -8.5	8 이하	15 이하	2 이상	-	0.100 이하	1.0 이하
V	공업용수3급 생환경보전	6.0 -8.5	10 이하	쓰레기 등이 떠 있지 않을 것	2 이상	-	0.150 이하	1.5이하

자료 : 환경부, 2000. 「환경정책기본법 시행령」

현재 평가서 작성기법 중 수질조사지점의 선정, 수질조사항목, 조사시점 등은 다소 개선의 여지가 있다. 수질조사지점의 선정방법에 있어 하천을 따라 선형적으로 지점을 선정하는 방법이 준용되고 있으나 수질조사지점은 대상 사업 전의 기존 수질환경을 측정하는 것으로 향후 사업의 공사시 또는 운영시 문제가 발생할 수 있는 지점을 미리 측정하는 것이 바람직할 것이다. 또한 조사시점에 있어서는 계절별로 측정하거나 일관성 없이 시점을 결정하는 등의 문제점들이 지적되고 있다. 하천의 수질은 하천의 유량 즉, 갈수기와 평수기 그리고 풍수기에 따라 그 현황의 변동이 있으므로 하천의 유량별로 조사시기를 결정하는 것이 바람직하다. 특히 하천수질에 대한 모델링을 실시할 경우에 유량이 많고 하천수질이 양호한 시점의 수질측정결과를 적용하는 경우와 유량이 적은 시점의 수질결과를 적용할 때에는 영향예측의 결과가 다를 수 있으므로 이에 대한 대책을 마련할 필요가 있을 것이다. 수질조사항목은 환경부 고시

「환경영향평가서작성등에관한규정」 별표4 평가서 기재요령(제12조제5항 관련)에서는 “조사항목에 대하여 수질환경기준항목의 현황농도를 조사한다”라고 규정하고 있어 수질환경기준 항목에 대해서만 조사하고 있다. 그러나 환경기준은 자연환경의 하천 또는 수질에 대한 기준항목이어서 실제로 산업단지의 조성 등으로 인해 인위적으로 배출되는 오염물질에 대해서는 파악하지 못한다는 맹점을 가지고 있다.

주요 검토의견

- 사업구간과 인접한 하천(또는 농수로), 저수지(또는 소류지), 오수처리시설에서의 처리수 배출지점, 주변 사용중인 지하수 이용현황 등을 고려하여 수질측정지점이 선정되었는지 검토
- 계절에 따라 수량과 수질에 많은 변화가 있으므로 이를 고려해서 조사시점을 선정
- 수질조사지점은 사후환경영향조사시 수질을 비교·분석하는 것이 필요하므로 사후환경영향조사계획을 고려하여 선정·제시
- 운영시 발생하는 폐수의 성상을 예측하였으나 동 사항은 일반 생활오수의 오염항목과 동일함. 본 사업지구 내에는 각종 제조업체가 입주할 예정이며 제조과정에서 다양한 종류의 오염물질을 함유한 폐수가 발생할 것이므로 발생폐수의 주요 오염성분과 이에 대한 오염농도, 오염부하량을 예측하여 제시(산업단지)

지하수는 유동속도가 느리고 희석이 제한적이기 때문에 오염물질에 의해 오염되었을 경우 오염상태가 상당 기간 지속될 수 있다. 그리고 일반적으로 오염원에 가까운 천층부의 국소적 유동범위에서 지하수 오염이 진행되는 경우가 많은데, 인근 주민들이 지하수를 수원으로 사용할 경우 대부분이 천층부의 주수, 자유지하수, 천층피압수 등 천층부의 지하수를 사용하게 된다.²⁵⁾ 따라서 대상 사업의 실시로 인해 지하수에 미치는 영향은 매우 중요한 사안이며, 때로는 심각한 문제를 발생시킬 우려가 있다. 지하수질에 대한 조사는 대상 사업이 전술한 바와 같이 지하수에 미치는 영향을 판단

25) 김학명 외. 1996. 「지하수오염론」

하는 기준을 마련하기 위함이다. 지하수질의 조사항목은 먹는물관리법 제5조 관련 먹는물수질기준 설정 항목 중의 일부를 선정하여 조사하고 있다. 지하수질의 조사시점은 계절별로 4차에 걸쳐 측정하며, 세부측정시기는 하천수질 조사시기와 동일한 시기에 조사하고 있다. 조사지점은 사업시행으로 지하수 수질에 영향이 미칠 것으로 판단되는 지역을 선정하여 조사하고 있다.

7.1.2 개선방안

수자원현황 및 지역현황 파악 범위는 대상 사업의 공사시와 운영시에 우수 및 오수, 그리고 기타 유해물질이 배출될 수 있는 지점과 그 수질변화가 예상되는 하류를 포함하며, 사업예정지구의 인근지역으로 하는 것이 바람직하다. 다만, 하수종말처리시설, 산업단지 조성사업, 공장조성사업, 공업용지 조성사업, 발전소시설, 송유관 및 저유시설, 댐 또는 하구언사업, 폐기물처리시설 및 분뇨처리시설 등 주변환경에 크게 영향을 미칠 수 있는 사업의 경우에는 그 범위를 확대할 필요가 있을 것이다. 수자원에 대한 지역현황으로는 상수원보호구역과 아울러 「한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률」, 「낙동강수계물관리및주민지원등에관한법률」, 「금강수계물관리및주민지원등에관한법률」, 「영산강·섬진강수계물관리및주민지원등에관한법률」 등에서 규정한 수변구역, 「지하수법」에서 규정하는 지하수보전구역, 「습지보전법」에서 규정한 습지보호지역에 대한 제시할 필요가 있다. 취수장에 대해서는 취수장 위치, 취수지점, 취수량, 취수원수 송수관거위치 등에 대해 제시하도록 한다. 정수장에 대해서는 정수장 위치, 정수량, 상수 송수관거 위치 등에 대해 조사하고, 지하수 관정분포에 대해서는 지하수관정 위치, 이용량, 용도 등에 대해서도 조사하는 것이 좋다.

<표 7-3> 먹는물 수질기준

구분	항 목	기 준	구분	항 목	기 준
미 생 물 (5)	일반세균	1㎖중 100이하		크실렌	0.5 이하
	대장균군	100㎖에서 불검출		1.1-디클로로에틸렌	0.03 이하
	대장균 · 분원성대장균군	100㎖에서 불검출		사염화탄소	0.002 이하
건강 상 유해 영향 무기 물질 (11)	분원성연쇄상구균 · 녹 농균 · 살모넬라 및 쉬겔라(단,샘물)	250㎖에서 불검출	소 독 제 물 질 (8)	1.2-디브로모-3- 클로로프로판	0.003 이하
	여시니아균 (단,공동우물시설)	2ℓ에서 불검출		잔류염소	4.0 이하
	납	0.05 이하		총트리할로메탄	0.1 이하
	불소	1.5 이하		클로로포름	0.08 이하
	비소	0.05 이하		클로랄	0.03 이하
	세레늄	0.01 이하		하이드레이트	0.1 이하
	수은	0.001이하		디브로모	0.1 이하
	시안	0.01이하		아세토니트릴	0.09 이하
	6가크롬	0.05 이하		다클로로	0.004 이하
	암모니아성질소	0.5 이하		아세토니트릴	0.004 이하
	질산성질소	10 이하		트리클로로	0.1 이하
	카드뮴	0.005 이하		아세토니트릴	0.004 이하
	보 론	0.3 이하		할로아세틱에시드	0.1 이하
	페놀	0.005 이하		경도	300 이하
	다이아지논	0.02 이하		과망간산칼륨소비량	10 이하
	파라티온	0.06 이하		냄새	무취
	페니트로티온	0.04 이하		맛	무미
	카바릴	0.07 이하		동	1 이하
	1.1.1-트리클로로에탄	0.1 이하		색도	5도 이하
	테트라클로로에틸렌	0.01 이하		세제	0.5 이하
	트리클로로에틸렌	0.03 이하		수소이온농도	5.8-8.5
	다클로로메탄	0.02 이하		아연	1이하
	벤젠	0.01 이하		염소이온	250 이하
	톨루엔	0.7 이하		중발잔류물	500 이하
	에틸벤젠	0.3 이하		철	0.3 이하
				망간	0.3 이하
				탁도	1NTU이하
				황산이온	200 이하
				알루미늄	0.2 이하

자료 : 환경부. 2002. 「먹는물수질기준및검사등에관한규칙」

특히, 하수종말처리시설, 분뇨처리시설, 산업단지조성사업, 공장조성사업, 공업용지조성사업, 저유시설, 폐기물처리시설 등의 대상 사업의 경우에는 지하수 관정분포에 대한 조사를 심도 있게 수행하는 것이 바람직하다. 오염원에 대한 조사는 대상 사업예정지역의 인근에 위치하거나 대상 사업과 동일한 배수구역을 사용하는 공장, 사업장 등의 주요한 발생원에 대해 조사하도록 한다. 또 오염물질에 처리시설에 대한 현황은 하수종말처리시설, 분뇨처리시설 및 기타 수질개선을 위한 처리시설에 대하여 시설의 위치, 처리용량, 처리공법, 처리효율, 방류수질, 방류지점 등에도 조사하는 것이 좋다. 수자원현황 및 지역현황에 대해서는 도면을 통해 제시하도록 하며, 도면에는 사업예정지역, 대상 사업의 우·오수 방류지점, 상수원보호구역, 수변구역, 지하수 보전구역, 습지보전지역, 취수장, 취수지점, 취수원수 송수관거 위치와 정수장, 상수 송수관거 위치, 지하수 관정분포, 주요 오염시설, 수질개선시설 및 방류위치, 하천의 흐름방향 등을 표시하는 것이 바람직하다.

수질조사지점을 선정할 때에는 사업예정지구의 우·오수 방류예정지점의 상단과 하단의 다수 지점, 방류하천과 합류되는 하천의 합류 직전과 합류 후 지점, 방류하천 연장 내에 있는 주요 배출시설 혹은 처리시설의 방류지점 전·후 지점 등으로 하는 것이 바람직하다. 사업예정지구의 배수구역에 대해 예측기법을 이용한 수질예측이 필요한 사업의 경우에는 예측구역에 대한 수질조사도 수행하는 것이 바람직하다. 또한 사후환경영향조사를 고려하여 지점을 선정하여야 한다. 사후환경영향조사시 환경영향을 판단할 수 있는 지점을 선정하고 동일한 지점을 수질조사지점에 포함시키는 것이 좋다. 대상 사업시행 전의 수질조사지점과 대상 사업시행 후 사후환경영향조사 지점이 다를 경우에는 대상 사업의 대상 하천에 미치는 영향을 정확히 판단할 수 없으므로 대상 사업 실시의 사전과 사후 동일한 지점에서 수질조사가 이루어지도록 하는 것이 좋다.

하천의 수질은 오염원의 유하거리에 따라 달라질 뿐 아니라 하천의 유량에 따라라도 그 변화의 폭이 클 수 있으므로 수질측정지점은 갈수시, 평수시, 풍수시로 구분하여 제시하는 것이 바람직하다. 갈수기, 평수기 그리고 풍수기의 유량과 유사한 시점을 정하여 수질을 측정하고 조사당시의 하천유량과 유속을 제시하는 것이 바람직할 것

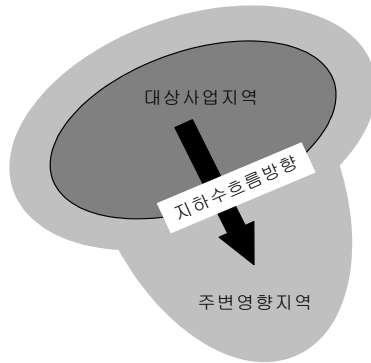
이다.

수질항목을 선정할 때에는 대상 사업의 종류와 대상 지역을 고려하여 선정하는 것이 좋다. 산업입지 및 산업단지의 조성사업의 경우에는 폐놀, 클로로포름, 기타 중금속을 추가로 조사하도록 한다. 에너지개발사업의 경우에는 필요에 따라 BTEX, TPHC 등을 추가할 필요가 있다. 폐기물처리시설중 매립지의 경우에는 위생매립지와 산업폐기물매립지로 분류하고 위생매립지의 경우에는 주요 중금속, 폐놀, 염소계탄화수소에 대해 추가적으로 조사할 필요가 있다. 산업폐기물 매립지의 경우에는 주요 중금속, BTEX, 클로로포름 등에 대해 조사하도록 해야 한다²⁶⁾. 또한 개간사업이나, 공원시설, 체육시설 등은 경우에 따라 유기인을 조사해야 할 필요가 있다. 또 암모니아성질소의 배출이 우려되는 대상 사업의 경우에는 트리할로메탄을 측정할 필요가 있다. 대상 지역이 상수원보호구역, 수변구역 그리고 고시된 청정지역 또는 가지역과 하천수질기준 I, II등급의 경우에는 조사항목을 확대해야 하는데, 특히 대상 사업의 배수구역 인근에 상수원보호구역 또는 수변구역이 위치하거나 취수장이 있는 경우에는 특히 유의하여야 한다.

주요 독성물질에 대한 조사는 산업단지 등의 운영시에 발생할 수 있는 치명적인 환경오염을 추적할 수 있는 중요한 배경농도에 대한 자료를 축적할 수 있고 향후 독성물질에 대한 연구의 밑받침이 될 수 있다는 측면에서 매우 중요한 사안이다. 다만, 수질환경기준에 없는 수질항목을 상기에서 언급한 바와 같이 확대하는 데는 보다 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

수질조사를 할 때에는 대상 사업지역을 중심으로 주변지역에 대해서도 조사하여야 하는데 오염원으로부터 천층부의 지하수가 주로 오염되기 때문에 천층부 지하수흐름 방향에 따라 주변지역을 설정하는 것이 중요하다.

26) Nemerow, N.L., A. Dasgupta. 1991. *Industrial and Hazardous Waste Treatment*. Van Nostrand Reinhold, p.653.



<그림 7-2> 지하수영향지역 설정 예

사업 대상지역의 인근에 지하수보전구역이 위치하거나 지하수를 상수원으로 사용하는 경우에는 지하수질에 대한 조사를 철저히 하여야 한다. 지하수는 유동속도가 느리며 자체 정화능력이 매우 낮기 때문에 상수원으로 사용되는 지하수가 오염되면 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 조사항목과 조사지점을 대폭 증가시키고 해당 관정을 조사지점에 포함시키는 등 철저한 사전조사를 실시할 필요가 있다. 또한 사업 시행 후에도 정기적으로 철저한 조사가 수반되어야 한다.

수질항목을 선정할 때에는 대상 사업의 종류를 고려하여 선정하는 것이 좋다. 지하수질 조사항목은 먹는물 수질기준 중 pH, TS, COD, 일반세균, 대장균, 납, 불소, 비소, 수은, 시안, 암모니아성 질소, 질산성질소, 카드뮴, 6가크롬 등을 기본으로 측정하고, 대상 사업의 특성에 따라 추가적인 항목을 결정하는 것이 좋다. 산업입지 및 산업단지의 조성사업의 경우에는 페놀, 클로로포름, TCE, PCE 등을 추가로 조사하도록 한다. 에너지개발사업의 경우에는 필요에 따라 BTEX, 페놀 등을 추가할 필요가 있다. 폐기물처리시설 중 매립지의 경우에는 페놀, 클로로포름, TCE, PCE, BTEX, 유기인 등에 대해 추가적으로 조사할 필요가 있다. 하수종말처리시설 및 분뇨처리시설 등에 대해서는 트리할로메탄, 클로로포름, 페놀 등에 대해 추가로 조사하는 것이 바람직하다.

<표 7-4> 대상 사업별 지하수 수질 조사항목

구 분	대 상 사 업	조 사 항 목
도시의 개발	▪ 하수종말처리시설	pH, TS, COD, 일반세균, 대장균, Pb, F, As, Hg, CN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, Cd, Cr^{+6} , 트리할로메탄, 페놀, 클로로포름
산업입지	▪ 산업단지 조성사업 ▪ 중소기업단지 조성사업 ▪ 자유무역지역 조성사업 ▪ 공장 조성사업 ▪ 공업용지 조성사업 ▪ 산업기술단지 조성사업	pH, TS, COD, 일반세균, 대장균, Pb, F, As, Hg, CN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, Cd, Cr^{+6} , 페놀, 클로로포름, TCE, PCE
에너지 개발	▪ 발전소 ▪ 저탄장 ▪ 저유시설	pH, TS, COD, 일반세균, 대장균, Pb, F, As, Hg, CN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, Cd, Cr^{+6} , BTEX, 페놀
폐기물 처리시설	▪ 매립시설	pH, TS, COD, 일반세균, 대장균, Pb, F, As, Hg, CN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, Cd, Cr^{+6} , 페놀, 클로로포름, TCE, PCE, BTEX, 유기인
	▪ 분뇨처리시설	pH, TS, COD, 일반세균, 대장균, Pb, F, As, Hg, CN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, Cd, Cr^{+6} , 트리할로메탄, 페놀, 클로로포름

7.2 영향예측

7.2.1 현황 및 문제점

7.2.1.1 토사유출량 산정

토사유출량을 산정하기 위해서는 우선적으로 우수유출량을 산정하여야 한다. 대상 사업의 공사시, 절·성토 등으로 인해 원지형이 변형된 지역이 강우에 노출되면 토사유실 및 유출이 발생하는데, 토사유출량을 산정하기 위해서는 우수유출량의 산

정이 선행된다. 일반적으로 우수유출량을 산정하기 위해 합리식을 적용하고 있다.

$$Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A$$

여기서, Q = 우수유출량(m^3/sec)

C = 유출계수(0.3)

I = 강우강도(mm/hr)

A = 면적(ha)

유출계수(C)의 결정은 대상 사업구역의 공사시 토양표면형태를 감안하여 하수도시설기준에서 제시한 ‘토지이용별 유출계수의 표준치’를 이용하며 그 값은 <표 7-5>와 같다.

<표 7-5> 토지이용별 유출계수의 표준치

표 면 형 태	유 출 계 수	표 면 형 태	유 출 계 수
지 붕	0.85 ~ 0.95	공 업	0.65
도 로	0.80 ~ 0.90	녹 지	0.50
기 타 불 투 수 면	0.75 ~ 0.85	공 지	0.10 ~ 0.30
수 면	1.00	잔디, 수목이 많은 공원	0.05 ~ 0.25
상 업	0.80	경사가 완만한 산지	0.20 ~ 0.40
주 거	0.65	경사가 급한 산지	0.40 ~ 0.60

자료 : 환경부, 1998, 「하수도시설기준」.

현재 사용되고 있는 유출계수는 대개 0.3을 적용하고 있으며 사업구역을 공지로 간주하고 있다.

강우강도(I)는 「제1회 도시수문학 강좌(연세대학교 수공학연수회, 1993. 2)」에서 제시된 강우강도식을 주로 이용하고 있으며 그 식은 다음과 같다.

$$I_{T \cdot t} = a + b \cdot \log \frac{T}{t^n + c}$$

여기서, a, b, c, n : 지역계수

T : 확률년수(년)

t : 강우지속시간(분)

지역계수는 「제1회 도시수문학 강좌(연세대학교 수공학연수회, 1993. 2)」에서 제시한 지역별 계수를 적용하고 있으며, 확률년수(T)는 10년빈도를 주로 적용하고 있으며 강우지속시간(t)은 7분을 적용하고 있다. 그리고 이러한 적용은 대상 사업지역의 지형적 특성에 관계없이 거의 획일적이다.

강우지속시간(t)을 7분으로 적용한 근거는 다음과 같다.

<표 7-6> 유입시간의 평균치

구 분	유입시간
인구밀도가 큰 지역	5분
인구밀도가 적은 지역	10분
간선하수관거	5분
지선하수관거	5~10분
평 균	7분

자료 : 환경부, 1998. 「하수도시설기준」

우수유출량의 산정은 대상 사업지역의 지형적 특성에 대한 고려가 없이 획일화된 방법으로 이루어지고 있다. 우수유출량의 주요 변수는 강우강도인데, 강우강도 산출 공식이 대상 사업의 특성과 지역적 특성을 반영할 수 없는 단점을 가지고 있다. 또한 지속시간은 도시지역과 합류식 하수관거에 적용하고 있는 값을 적용하고 있어 예측의 정확도가 낮아질 우려가 있다. 지속시간은 배수구역의 정확한 설정으로부터 구해지는 것으로 배수구역의 적절한 설정은 우수유출량을 보다 정확히 예측할 수 있도록 한다. 현재 평가서 작성시에는 철도의 건설, 도로건설과 같이 선형의 사업을 제외하고는 배수구역에 대한 고려가 미흡한 실정이다.

주요 검토의견

- 유출량 산정결과에 대한 타당성 여부를 확인하고 필요시 유출량을 재산정하여 결과 제시
- 우수 유출계수 적용이 배수구역별로 적절하지 못하다고 판단되는 바, 이를 검토하여 배수구역의 특성에 따라 우수 유출계수를 적용하여 우수 유출량을 재산정

토사의 유출은 하천의 기저에 퇴적되거나 하천의 혼탁정도를 증가시키고 오염물을 이동시키는 등 하천생태계에 영향을 미칠 뿐 아니라 농경지, 가옥, 기타 시설물에 직접적인 피해를 일으킬 수 있다. 현재 공사시 토사유출량의 산정방법으로는 토사유출 원단위를 이용한 방법이 주로 이용된다.

토사유출원단위를 이용한 방법은 다음과 같다.

$$Q = A \times C \times D$$

여기서 Q : 토사유출량(ton/일)

A : 배수면적(ha)

C : 1ha당 연간 유출 토사량(m³/ha/year)

D : 토사의 밀도(ton/m³)

토사유출량 원단위는 다음과 같다.

<표 7-7> 지표상태에 따른 토사유출량 원단위

토지의 상태	토사유출량 (m ³ /ha/년)	두께 (mm)
나지, 황무지 등	200~400	20~40
벌지, 초지	15	1.5
채벌지	2	0.2
보통의 임야지역	1	0.1

자료 : 「골프사업연감」

현재 주로 사용되는 수치는 나지, 황무지 등의 토사유출범위인 200~400m³/ha/년의 평균값인 300m³/ha/년을 준용하고 있다. 기상자료에서 연중 강우일수를 책정하여 1일 토사유출량 원단위를 산정하고 있다.

$$1\text{일토사유출량}(\text{ton/ha/일}) = \frac{300\text{m}^3/\text{ha/년}}{\text{강우일수/년}} \times \text{토사밀도}(\text{ton/m}^3)$$

토사유출량 원단위를 이용한 예측은 토사유출범위가 넓고 토양의 특성과 강우강도의 고려가 전혀 없어 그 신뢰도가 심각하게 우려된다. 토사유출량은 우수유출량에 따라 크게 좌우된다. 그러나 현재의 예측방법은 우수유출량과 토사유출량을 별도로 계산하여 토사의 오탁농도를 산정하고 있어 적절한 예측을 기대하기 어렵다. 또한 지표상태의 유출특성을 고려하지 않고 토사유출 원단위인 300m³/ha/년을 준용하고 있어 더욱 신뢰도가 저하될 수 있다.

주요 검토의견

- 우수 유출계수 적용이 배수구역별로 적절하지 못하다고 판단되는 바, 이를 검토하여 배수구역의 특성에 따라 우수 유출계수를 적용하여 우수 유출량을 재산정

7.2.1.2 공사시 오수발생량 및 오염부하량

현장에서 발생하는 오수발생량 및 오염부하량의 산정은 대부분 「건축물의 용도별 오수발생량 산정방법 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(환경부 고시 제2001-168호)」과 「건설공사표준품셈(대한건설진흥회, 2001)」을 참조한 원단위 사용방법이 적용되고 있다. 「건설공사표준품셈」을 이용한 오수발생시설 등에 대한 공사규모별 면적을 설정하고, 「건축물의 용도별 오수발생량 산정방법 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법」의 오수발생량 및 발생오수의 BOD농도를 예측한다. 경우에 따라서는 「건축용도별 처리인원 산정기준(공업진흥청 고시 제91-1090호)」을 이용하여 오수 발생인원을 산정하기도 한다.

<표 7-8> 공사금액별 현장사무소 등의 규모

구 분 공사금액	현장사무소면적 (m ²)	창고면적 (m ²)	작업소면적 (m ²)	합숙소면적 (m ²)
5,000만원 미만	60	20	80	50
5,000~1억원 미만	70	30	120	70
1억원~5억원 미만	100	80	150	80
5억원~10억원 미만	120	120	180	120
10억원~30억원 미만	160	120	200	160
30억원~100억원 미만	200	120	220	200
100억원 이상	240	120	240	240
가설물 기준면적	1인당/3.3m ²	수급계획에 의한 순환 저장용량 비교, 시멘트용 1식	-	1인당/2.5m ²
휴 게 소	기거자 3명당 3m ² (기준면적 : 1인당/m ²)			
식 당	30인 이상일 때 설치(기준면적 : 1인당/m ²)			

자료 : 대한건설진흥회, 2001. 「건설공사표준품셈 가설공사」

<표 7-9> 건축용도별 오수발생 원단위

구 분	적용원단위	
	오수발생량	발생오수 BOD농도
현장사무소 (사무소)	15 ℓ / m ² · 일	100mg/ ℓ
합 숙 소 (숙박시설)	300 ℓ / 인 · 일	300mg/ ℓ
식 당 (급식시설)	15 ℓ / 인 · 1식	330mg/ ℓ
작 업 소	40 ℓ / 인 · 일	100mg/ ℓ

자료 : 「건축물의 용도별 오수발생량 산정방법 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(환경부
고시 제2001-168호)」

현재 평가서에서 적용되고 있는 원단위를 이용한 오수발생량 산정방법들은 각 평가대행업체별로 조금씩 차이가 있으며 다소간의 오류가 있어 선정방법에 대한 기준을 마련해야 할 것으로 판단되었다.

현장근무인력의 산정은 「건축용도별 처리인원 산정기준(공업진흥청 고시 제 91-1090호)」에 의한 방법을 피하고 대상 사업에 대한 기본설계보고서 등에서 제시한 인력수급계획을 토대로 하여 상주인원과 비상주인원을 구분하여 산출하여야 할 것이다. 「건축물의 용도별 오수발생량 산정방법 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(환경부 고시 제 2001-168호)」중 단독정화조 처리대상인원 산정방법을 이용하는 것도 바람직하지 못하다. 이 방법은 단독정화조의 용량을 산정하기 위한 것으로 현장에 건설하는 오수처리시설과는 전혀 무관하기 때문이다. 단독정화조는 수세식화장실에서 배출되는 분뇨만을 처리하는 정화시설이고 오수처리시설은 오수와 분뇨를 동시에 처리하는 것으로 대부분의 공사현장은 오수처리시설의 설치 대상이다. 따라서 단독정화조 용량산정을 위한 처리대상인원 산정방법은 바람직하지 못하다. 또, 기존의 현장사무소, 합숙소, 식당, 창고, 작업소 등 오수발생시설 중에서 창고는 오수발생시설에서 제외해도 무방할 것이다. 오수발생시설이란 오수처리시설로 관거가 매설되어 있어야 하는 것으로, 관거가 매설되지 않은 창고에 대해서는 오수발생량 산정 대상에서 제외하여도 무방할 것이다.

7.2.1.3 공사시 오염발생량이 수용하천에 미치는 영향

공사시 현장에서 발생하는 오수량이 소량이거나 오수처리시설을 설치하는 경우에는 평가서 작성시 발생오수가 수용하천에 미치는 영향을 생략하는 예가 많다. 또한 방류되는 오수의 영향을 예측하는 경우에는 단순혼합공식을 주로 적용하고 있다.

▪ 단순혼합공식

$$C(\text{mg}/\ell) = \frac{Q_1C_1 + Q_2C_2}{Q_1 + Q_2}$$

여기서, C : 혼합지점의 BOD농도(mg/ℓ)

Q_1 : 오수발생량(m^3/d)

Q_2 : 하천유량(m^3/d)

C_1 : 오수 BOD농도(mg/ℓ)

C_2 : 하천 BOD농도(mg/ℓ)

공사시 발생하는 오수량이 비록 소량이라고는 하지만 방류되는 하천의 규모에 따라서 하천수질에 미치는 영향이 커질 수도 있으므로 반드시 발생오수가 하천에 미치는 영향을 예측하는 것이 바람직할 것이다. 또한 방류하천이 상수원보호구역 또는 청정지역의 경우에는 단순혼합공식을 적용하여 영향을 예측하는 것은 무리가 있다. 단순혼합공식은 방류지점의 유량과 유속이 많아 방류 즉시 완전 혼합되는 경우를 제외하고는 적절한 예측방법이 아니다. 소규모하천의 경우 유속이 느리고 유량이 적은 경우에는 보다 자세한 예측방법이 필요하다.

7.2.1.4 이용시 오염부하량

용수량의 산정은 오수발생량을 예측하기 위한 것이다. 현재의 평가서에서 제시하는 급수 용수량은 대개 해당사업의 기본계획서상에서 산정한 계획급수량을 준용하고 있다.

기본계획서에서 제시하는 계획급수량의 산정방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 상위계획 즉, 해당 지역의 수도정비기본계획 또는 용수공급계획을 근거로 하여 용수량을 산정하는 방안이 있다. 둘째, 해당지역의 과년도 상수도 통계로부터 회귀분석을 통해 추세선을 작성하고 목표년도의 계획급수량을 산정하는 방법이 있다. 셋째, 유사지역, 유사사업, 유사단지 등 비교 가능한 기존 사업의 용수사용량을 근거로 용수량을 산정하는 방안이 있다.

개별시설 등의 용수량산정에 있어서는 표준원단위가 적용될 수 있는데 건축물의 면적당 급수량 원단위를 이용하는 경우에 사용할 수 있는 원단위로는 환경부의 「상수도시설기준(1997)」 및 건설부의 「상수도 시설기준(1992)」 등이 있다.

<표 7-10>급수량 원단위(건축면적기준) <표 7-11>단위 바닥면적당 사용수량

구 분	원단위($\ell/m^2 \cdot \text{일}$)	업종별	바닥면적 1m ² 당 1일평균사용수량(ℓ)
백화점, 판매, 위락, 근린생활	30(25-35)	호텔	40 - 50
업 무	25(20-30)	백화점	25 - 35
숙박, 유스호스텔	40(40-50)	극장	20 - 30
기 타	25(20-30)	병원	30 - 50
		은행, 사무실	20 - 30
		관공서	20 - 25

자료 : 환경부. 1997. 「상수도시설기준」

자료 : 건설부. 1992. 「상수도 시설기준」

운영시 오수발생량은 대개 계획급수량을 이용하여 산정하고 있다. 일최대 급수량에 오수전환율과 지하수유입량을 고려하여 산정한다. 오수화율은 일반적으로 급수량의 80~90% 정도가 적용되고 있으며 지하수 유입량은 발생오수의 10~20%가 적용되고 있다²⁷⁾.

▪ 일최대오수량 산정

$$\begin{aligned} \text{일최대오수량} &= \text{일최대급수량} \times \text{유달률}(80\%) \times \text{오수화율}(80\sim90\%) \\ &+ \text{지하수유입율}(\text{오수발생량} \times 10\sim20\%) \end{aligned}$$

계획급수량의 산정이 어려울 경우에는 오수량 원단위를 적용하여 산정하는 방법을 이용하고 있다. 이 경우 「건축물의 용도별 오수발생량 및 단독정화조처리대상인원 산정방법(환경부고시 제2001-168호)」 원단위가 이용된다.

대상 사업의 기본계획서에서 제시하는 용수량을 준용하는 경우에는 그 외의 방법으로 용수량을 산정하고 상호 비교평가하여 가장 보편타당한 용수량을 산정할 필요가 있다. 여러 방법으로 산정된 용수량에 대해 장단점을 분석하고 가장 적합하다고 판단되는 용수량을 제시해야 할 것이다. 또한, 개별시설에 대해 원단위를 적용하여 급수량을 산정하는 경우에도 유사시설의 용수사용량을 비교하는 것이 필요하다.

27) 환경부. 1998. 「하수도시설기준」

<표 7-12> 건축물의 용도별 오수발생량 산정기준

분류 번호	건축물 용도			오수발생량	
				1일 오수 발생량	BOD농도 (mg/ℓ)
1	문화 및 집회 시설	집회장	예식장, 공회당, 마을회관, 회의장, 교회, 사찰, 성당, 제실, 사당, 장례식장	16 ℓ / m ²	150
		공연장	영화관, 연예장, 음악당, 연극극장, 서커스장	16 ℓ / m ²	150
		기도원, 수도원, 수녀원		200 ℓ / 인	200
		경기장	체육관, 운동장, 경마장, 경륜장, 자동차경 기장	10 ℓ / m ²	260
		전시장	박물관, 미술관, 기념관, 수족관, 과학관, 박 람장, 관망탑, 모텔하우스	16 ℓ / m ²	150
2	주거 시설	단독주택		200 ℓ / 인	200
		공동주택	아파트, 연립주택, 다세대, 다가구 주택	200 ℓ / 인	200
		기숙사, 양로원, 다중주택(원룸)(4), 하숙, 군대숙소		200 ℓ / 인	200
3	숙박 시설	관광호텔, 호텔, 모텔, 여관, 여인숙		250 ℓ / 인	70
		가족호텔, 콘도미니엄, 유스호스텔		300 ℓ / 인	140
4	위락 시설	무도유흥 주점	나이트클럽, 카바레	100 ℓ / m ²	150
		일반유흥 주점	룸살롱, 단란주점, 요정, 스탠드빠	300 ℓ / m ²	250
		투전기업소, 카지노업소, 마권장외발매소		25 ℓ / m ²	150
		무도장, 무도학원, 콜라텍		16 ℓ / m ²	150
5	의료 시설	종합병원		1,000 ℓ / 병상	300
		병원, 치과병원, 한방병원, 정신병원, 요양소, 격리병원, 산후조리원	급 식 시 설 있음	1,000 ℓ / 병상	300
			급 식 시 설 없음	800 ℓ / 병상	150
		의원, 한의원, 치과의원, 침술원, 접골원, 조산소, 보건소, 진료소		25 ℓ / m ²	150
6	판매 및 영업 시설	시장, 상점	도매시장, 구판장, 소매시장, 양판점, 대형할인 점, 서점, 표구점, 소매점, 수퍼마켓, 사진관, 세 탁소, 장의사, 동물병원, 의약품도매점, 총포판 매소	30 ℓ / m ²	250
		백화점, 쇼핑센터			
		게임제공업소, PC방, 기원, 전자오락실		25 ℓ / m ²	150
		여객, 철도역, 종합여객, 공항		50 ℓ / 인	260

(계속)

분류 번호	건축물 용도		오수발생량	
			1일 오수 발생량	BOD농도 (mg/ℓ)
7	운동 시설	탁구장, 당구장	15 ℓ / m ²	100
		체육도장, 헬스장, 에어로빅장, 볼링장, 사격장, 라켓볼장, 스쿼시장, 실내낚시터, 스케이트장, 롤러 스케이트장, 수영장	15 ℓ / m ²	100
		골프연습장	50 ℓ / 석	100
		골프장	50 ℓ / 인	100
		테니스장	light시설있음	600 ℓ / 코트
			light시설없음	400 ℓ / 코트
8	자동차 관련 시설	주차장(5), 주기장(6)	50 ℓ / 인	260
		주유소, LPG충전소	50 ℓ / 인	260
9	교육 연구 및 복지 시설	초등학교, 유치원, 보육시설	30 ℓ / 인	100
		중학교고등학교, 학원, 대학, 대학교, 직업훈련소	주간 35 ℓ / 인 (중학교) 주·야간 40 ℓ / 인 병설 (중학교이외)	100
		연구소, 시험소, 동물검역소	40 ℓ / 인	100
		도서관, 독서실	15 ℓ / m ²	150
		고아원, 일시보호시설, 보호치료시설, 자립지원시설, 경로당, 자연권 청소년 수련시설	200 ℓ / 인	200
		일반사무소	사무소, 신문사, 상담소, 소개소, 소방서	15 ℓ / m ²
10	업무 시설	방문객 많은 사무소	대사관, 전화국, 공공청사, 금융업소, 경찰서, 우체국	15 ℓ / m ²
		오피스텔	200 ℓ / 인	200

(계속)

분류 번호	건축물 용도		오수발생량	
			1일 오수 발생량	BOD농도 (mg/ℓ)
11	근린 생활 시설	식품 즉석 제조 판매점, 제과점	90 ℓ / m ²	130
		이용원, 미용원	15 ℓ / m ²	100
		일반 목욕장(7)	60 ℓ / m ²	100
		공중화장실	50 ℓ / 인	260
		음식점	오염부하량 높은 경우(한식, 중식)	120 ℓ / m ²
			일반음식점	65 ℓ / m ²
			오염부하량 낮은 경우(양식, 일식, 커피숍, 카페)	35 ℓ / m ²
		안마시술소	15 ℓ / m ²	100
		찜질방	16 ℓ / m ²	100
		노래연습장, 비디오방	16 ℓ / m ²	150
12	공업 시설	공장, 발전소, 작업소	40 ℓ / 인	100
13	공공용 시설	교도소, 구치소, 소년원, 감화원	200 ℓ / 인	200
		촬영소	15 ℓ / m ²	100
14	묘지 관련 시설	화장장, 납골시설	16 ℓ / m ²	150
15	관광 휴게 시설	휴게소	50 ℓ / 인	260
16	부대 급식 시설	문화 및 집회시설, 숙박시설, 위락시설, 판매 및 영업시설, 운동시설, 자동차관련시설, 교육연구 및 복지시설업무시설, 근린생활시설, 공업시설, 묘지관련시설, 관광휴게시설 등의 상주인원에 대한 급식을 제공하는 시설	15 ℓ / 1인 · 1급식	330

자료 : 「건축물의 용도별 오수발생량 산정방법 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(환경부고시 제2001-168호)」

수도정비계획 등 상위계획을 인용하거나, 상수도통계를 이용하여 산정된 계획급수량을 적용하였을 때에는 일최대 급수량이 대상 사업지역에 모두 유달되는 것이 아니기 때문에 급수의 유달률(유수율)을 고려해줄 필요가 있다.

대상 시설의 발생오수처리방법으로 오수처리시설을 설치하는 경우에는 건축물의 용도별 오수발생량 및 단독정화조처리대상인원 산정방법(환경부고시 제2001-168호) 원단위를 적용한 오수발생량을 추정하여 제시할 필요가 있다. 오수처리시설은 「오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률」(이하 오분법)에 의해 용량이 산정되기 때문에 오분법에서 제시한 건축물의 용도별 오수발생량 및 단독정화조처리대상인원 산정방법을 준용하여 오수량을 산정할 필요가 있다.

7.2.1.5 이용시 발생오염량이 수용하천에 미치는 영향

운영시 발생하는 오수는 오수처리시설을 설치하거나 인근 하수종말처리시설로 연계하여 처리하고 있다. 오수처리시설을 설치하는 경우에는 수용하천에 대해 영향을 예측하고 있으나 하수종말처리시설로 연계 처리하는 경우에는 영향예측을 생략하는 경우가 많다. 또한 예측방법도 단순혼합식이 대부분이어서 보다 정확한 영향예측을 위해서는 개선방안이 필요할 것이다.

운영시 발생하는 오수는 대개 오수처리시설을 설치하거나 위탁 또는 연계 처리하기 때문에 오수가 수용하천에 미치는 영향에 대해서는 생략하는 경우가 허다하다. 그러나 영향예측을 통해 저감대책을 수립한다는 원칙 하에서 미처리시의 영향에 대해서도 예측하는 것이 타당하다. 또한, 처리계획을 수립하였다 하더라도 사고나 재난에 의해 또는 처리시설의 처리효율 감소로 인해 발생될 수 있는 미처리 상황을 예측한다는 차원에서 꼭 필요하다. 수용하천에 미치는 영향을 예측하기 위해 현재 사용되고 있는 단순혼합공식은 이미 언급한 바와 같이 그 신뢰도가 낮고 배출유량이 적은 경우에만 적용 가능하므로 이에 대한 대책이 필요한 실정이다.

7.2.2 개선방안

7.2.2.1 토사유출량 산정

대상 사업지역의 면적, 경사도, 유로길이 등의 지형적 특성에 맞게 유달시간(t), 배수면적(A), 유출계수(C) 등을 설정하는 것이 중요하다. 또한 현재 주로 사용되고 있는

우수유출량식인 합리식은 소유역에 보다 신뢰도가 높으며, 저류현상이 거의 발생하지 않는 도시지역에 주로 적용될 수 있는 예측방법이다. 따라서 이에 대한 대안은 다음과 같다.

우선 적용 가능한 식은 합리식, SCS 방법(무차원 단위도), 중안의 종합단위도법, Clark의 유역추적법, HEC-HMS, 도시수문모형(ILLUDAS, SWMM) 등이다.

1 : 합리식

1) 도시하천유역

1-① : 도달시간(t_c)은 Kirpich 경험공식

1-② : 도달시간(t_c)은 Kerby 경험공식

1-③ : 도달시간(t_c)은 Kraven 경험공식.

1-④ : 도달시간(t_c)은 Rziha 경험공식

1-⑤ : 도달시간(t_c)은 California Culvert Practice 방안

1-⑥ : 도달시간(t_c)은 SCS lag Eqn.

2) 자연하천유역

1-㉠ : 도달시간(t_c)은 Kerby 경험공식

1-㉡ : 도달시간(t_c)은 Federal Aviation Agency 방안

1-㉢ : 도달시간(t_c)은 SCS 평균유속공식

2 : SCS 방법(무차원 단위도)

3 : 중안의 종합단위도법

4 : Clark의 유역추적법

5 : HEC-HMS

6 : 도시수문모형(ILLUDAS, SWMM)

유출에 영향을 미치는 유역특성 인자들 중에서 비교적 유출에 상당히 큰 영향을 미치는 유역면적과 평균경사도에 따른 유출량 산정 방안, 유역면적과 유로길이에 따른 산정방안, 사업면적(A_1)과 절토량(Q_s)에 적용방안을 제안하고자 한다.

○ 유역면적과 평균경사도에 따른 유출량 산정 방안

유출현상은 하나의 유역특성에 의해 영향을 받지 않고 여러 인자들의 복합적인 영향을 받는다. 그 중에서 유역면적과 평균경사도에 따른 제안 방안들을 <표 7-13>에 정리하였다.

먼저 유역면적이 작은 경우, 대개 이는 합리식의 가정에 크게 위배되지 않기 때문에 합리식을 사용하여도 무방하다. 그러나 유역면적이 커질수록 그리고 평균경사도가 커질수록 일반적으로 유역은 단순하지 않고 복잡해지므로 합리식의 사용은 지양될 것으로 판단된다. 또한 유역면적이 1 km^2 미만이라는 제한보다도 더 작은 제한을 둔 것은 좀더 나은 결과를 산정하기 위함이다.²⁸⁾

○ 유역면적과 유로길이에 따른 산정방안

유역면적과 유로길이에 대한 제안방안들은 <표 7-14>에 정리하였다. 먼저 유역면적을 유로길이의 자승으로 나눴으로써 무차원수(A/L^2)로 구분하였으며, 여기서 이 무차원수(A/L^2)가 1이 된다는 것은 유역의 형상(basin shape)이 정사각형에 가까움을 나타낸 것이며, 1보다 작다는 것은 폭이 긴 직사각형의 형태에 가까우며 유역면적에 비해 유로길이 상당히 길다는 것을 의미하며, 이는 도달시간이 길어진다는 것을 의미하는 것이다. 만일 유역전체에 유역출구로부터 등강우강도로 인한 유출량의 시간변화를 보면, 무차원수(A/L^2)가 작을수록 침투유량까지는 가장 긴 시간이 걸릴 것이다.

○ 사업면적(A_1)과 절토량(Q_s)에 적용방안

개발사업 중에서 상당한 부분이 토공으로서 많은 토사량을 발생시키고 있다. 결국 토사량이 크게 발생할수록 유역의 형상(basin shape)은 크게 변하며, 이로 인해 하천 환경에 상당한 영향을 미친다. 또한 이렇게 발생된 토사량은 수질중 부유물질(SS, Suspended Solid)의 증가에 직접적인 영향을 미치고 있다.

따라서 평균절토깊이(Q_s/A_1)와 사업면적에 따른 유출 산정 제안 방안을 <표 7-15>에 정리하였다.

28) 선우중호. 1994. 「수문학」

<표 7-13> 유역면적(A)와 평균경사도(S)에 따른 적용방안

유역면적 (A, m ²) \ 평균경사(S)	0.5 % 이하		0.5 ~ 2 %		2 ~ 7 %		7 % 이상	
	도시	자연	도시	자연	도시	자연	도시	자연
100,000 이하	1-㉠, 1-㉡, 6	1-㉢, 1-㉣, 1-㉤, 5	1-㉥, 1-㉦, 6	1-㉧, 1-㉨, 1-㉩, 5	1-㉪, 1-㉫, 6	1-㉬, 1-㉭, 1-㉮, 5	1-㉯, 1-㊱, 6	1-㊲, 1-㊳, 2, 5
100,000 ~ 200,000	1-㉡, 1-㉣, 6	1-㉢, 1-㉣, 1-㉤, 5	1-㉥, 1-㉦, 6	1-㉧, 1-㉨, 1-㉩, 5	1-㉪, 1-㉫, 6	1-㉬, 1-㉭, 1-㉮, 2, 5	1-㉯, 1-㊱, 6	2, 5
200,000 ~ 300,000	1-㉡, 1-㉣, 6	1-㉢, 1-㉣, 1-㉤, 2, 5	1-㉥, 1-㉦, 6	1-㉧, 1-㉨, 1-㉩, 2, 5	2, 6	2, 5	2, 6	2, 5
300,000 ~ 500,000	1-㉡, 1-㉣, 2, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5
500,000 ~ 1,000,000	2, 4, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5
1,000,000 이상	2, 4, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5

<표 7-14> 유역면적(A)과 유로길이(L)에 따른 적용방안

유역면적 (A, m ²) \ A/L ²	2.0 이상		2.0 ~ 0.5		0.5 이하	
	도시	자연	도시	자연	도시	자연
100,000 이하	1, 6	1, 5	1, 6	1, 5	1, 6	1, 2, 5
100,000 ~ 200,000	1, 6	1, 5	1, 6	1, 2, 5	2, 6	2, 5
200,000 ~ 300,000	1, 2, 6	1, 2, 5	1, 2, 6	2, 5	2, 6	2, 4, 5
300,000 ~ 500,000	1, 2, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
500,000 ~ 1,000,000	2, 4, 6	2, 4, 5	2, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
1,000,000 이상	2, 4, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 5

<표 7-15> 사업면적(A₁)와 절토량(Q_s)에 따른 적용방안

사업면적 (A ₁ , m ²) \ Q _s /A ₁ (m)	1 미만		1 ~ 3		3 이상	
	도시	자연	도시	자연	도시	자연
100,000 이하	1, 6	1, 5	1, 6	1, 5	1, 6	1, 5
100,000 ~ 200,000	1, 6	1, 5	1, 6	2, 5	2, 4, 6	2, 5
200,000 ~ 300,000	1, 6	1, 2, 5	2, 6	2, 3, 4, 6	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
300,000 ~ 500,000	1, 2, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 6	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
500,000 ~ 1,000,000	2, 4, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 6	2, 4, 6	2, 3, 4, 5
1,000,000 이상	2, 4, 6	2, 3, 4, 5	2, 4, 6	2, 3, 4, 6	2, 4, 6	2, 3, 4, 5

<표 7-16> 도시하천유역에 대한 도달시간 공식

공식명 (발표년도)	공 식 (t_c 단위 : min)	제한사항 또는 비고
Kerby (1949)	$t_c = 36.264(rL^{1.5}/H^{0.5})^{0.467}$ L : 흐름 경로길이 (km) H : 표고차(m) r : 포장지역 0.02 거칠은 裸地 0.10 거칠고 풀이 없는 지역 0.30 잔디 0.40 나무나 풀이 뺏뺏한 지역 0.80	L 이 0.4 km 이하인 도시유역 유역면적 0.04 km^2 이하, 하도 경사는 1% 이하인 유역
Izzard (1945)	$t_c = [41.025(0.0007 I + c)L^{0.33}]/[S^{1/3}I^{2/3}]$ I : 강우강도(in/hr) c : 지체계수 L : 흐름경로길이(ft) S : 흐름경로경사(ft/ft) r : 하천형태에 따른 지류인자	지체계수(c) = 평평한 포장지역 : 0.007 콘크리트 포장지역 : 0.012 자갈포장지역 : 0.017 잘려진 잔디밭 : 0.046 조밀한 잔디밭 : 0.060
Kinematic Wave (1965, 1973)	$t_c = 0.94L^{0.6}n^{0.6}/[I^{0.4}S^{0.3}]$ L : 지표면 흐름길이(ft) n : Manning의 조도계수 I : 강우강도(in/hr) S : 지표면 흐름경사(ft/ft)	개발지역의 지표면 유출해석 에 이용
Federal Aviation Agency (1970)	$t_c = 1.8(1.1 - C)L^{0.5}/S^{0.333}$ L : 지표면 흐름길이(ft) C : 합리식의 유출계수 S : 지표면 흐름경사(%)	주로 공항지역에 이용할 수 있 도록 미공병단에서 개발, 도시 지역에서도 이용, 지표면 흐름 영역에 적용
SCS 평균유속 공식 (1975)	$t_c = 1/60 \sum L/V$ L : 지표면 흐름길이(ft) V : 표면상태에 따른 평균유속(ft/s)	지표면 상태에 따라 평균유속 을 산정하여 도달시간 계산

자료 : 국립방재연구소, 1998, 「소하천시설기준」.

<표 7-17> 자연하천유역에 대한 도달시간 공식

공식명 (발표년도)	공 식 (t_c 단위 : min)	제한사항 또는 비교
Kirpich (1940)	$t_c = 3.976 L^{0.77} S^{-0.385}$ L : 유역의 최장하천 길이(km) S : 유역의 평균경사(H/L , m/m) H : 유역출구점과 본류 최원점까지의 표고차	지표면 흐름이 지배적인 농경지 소 유역, 하도경사가 3~5% 유역면적이 0.435km^2 이하
Kerby (1959)	$t_c = 36.264(L \cdot N)^{0.467} / S^{0.2335}$ L : 유로의 최원점부터 하천유입부분까지 의 직선거리(km) S : 유로의 평균경사(m/m) N : 유역의 조도를 나타내는 상수	불투수성 완만한 표면 $N = 0.02$ 나지의 비포장표면 $N = 0.10$ 초지가 없는 나지의 거친표면 $N = 0.20$ 초지로 구성된 표면 $N = 0.40$ 낙엽으로 덮인 수목지역 $N = 0.60$ 초지와 산림이 우거진 표면 $N = 0.80$
Johnstone and Cross (1949)	$t_c = (282/r^2)(L/S)^{0.5}$ L : 본류 유로길이(mi) S : 본류 유로평균길이(H/L , ft/mi) r : 하천형태에 따른 지류인자	$25 \sim 1,624 \text{ mi}^2$ 의 유역면적
Kraven	$t_c = 0.444 LS^{-0.515}$ L : 유로길이(km) S : 유로경사(H/L , m/m)	지표면 흐름이 지배적인 중하류, 하 도경사가 1/200 이하인 유역
Rziha	$t_c = 0.833 LS^{-0.6}$ L : 유로길이(km) S : 유로의 평균경사(H/L , m/m)	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도 경사 1/200 이상인 유역
California Culvert Practice (1942)	$t_c = 60[11.9L^3/H]^{0.385}$ L : 최장 유로길이(mi) H : 상류 분할점과 출구의 표고차(ft)	산지 소유역
SCS Lag Eqn. (1975)	$t_c = [100L^{0.8}\{(1000/CN) - 9\}^{0.7}]/[1900S^{0.5}]$ L : 최장 흐름경로(ft) CN : SCS 유출곡선지수 S : 유역평균경사(%)	주로 농경지 유역에 적용, 0.8 km^2 이하의 도시유역도 적용 가능, 도시 불투수지역에서는 $t_c = 1.67 \times \text{유역지체시간}$

자료 : 국립방재연구소. 1998. 「소하천시설기준」.

우수유출량을 예측할 때에는 배수구역과 배수지점의 산정에 유의하여야 한다. 도로사업은 대상 지역이 넓고 선형적인 사업으로 배수구역을 크게 설정할 경우 정확한 우수유출량을 예측하기 어렵다. 따라서 지형과 주변특성을 고려하여 배수구역과 배수지점을 정하는 것이 바람직하다.

합리식을 사용할 경우에는 유출계수의 선정에 유의한다. 유출계수(C)는 유역면적의 크기나 유역의 피복상태에 따라 결정되는 상수로 적절한 값을 사용하는 것이 중요하다. 또한 지형·지질에 따라 유출계수의 보정이 필요하다.

<표 7-18> 합리식의 평균유출계수(C)의 범위(도시 및 농경지역)

토 지 이 용			C		토 지 이 용			C	
상업 지역	도심지역	0.70-0.95	차도 및 보도			0.75-0.85			
	근린지역	0.50-0.70							지 붕
주거 지역	단독주택	0.30-0.50	잔 디	사 질 토	평탄지(2%)		0.05-0.10		
	독립주택단지	0.40-0.60			보통 경사지(2-7%)		0.10-0.15		
	연립주택단지	0.60-0.75			급경사지(7% 이상)		0.15-0.20		
	교외지역	0.25-0.40		중 토	평탄지(2%)		0.13-0.17		
					보통경사지(2-7%)		0.18-0.22		
아파트	0.50-0.70		급경사지(7% 이상)		0.25-0.35				
공업 지역	산재지역	0.50-0.80	농 경 지	나 지	평탄한 곳		0.30-0.60		
	밀집지역	0.60-0.90			거친곳		0.20-0.50		
공원, 묘역		0.10-0.25		경 작 지	사 질 토	작물있음	0.30-0.60		
운동장		0.20-0.35				작물없음	0.20-0.50		
철도지역		0.20-0.40			중 토	작물있음	0.20-0.40		
미개발지역		0.10-0.30				작물없음	0.10-0.25		
도로	아스팔트	0.70-0.95			초 지	사질토		0.15-0.45	
	콘크리트	0.80-0.95	중토			0.05-0.25			
	벽돌	0.70-0.85	산림지역			0.05-0.25			

자료 : 윤태훈, 1997. 「응용수문학」 참조.

<표 7-19> 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정

지표 상황	기본 유출계수	보정치 : 가감량
나 지	0.40	경사 < 5% : -0.05 경사 > 10% : +0.05
초 지	0.35	재현기간 < 20yr : -0.05 재현기간 > 50yr : +0.05
경작지	0.30	연평균 강수량 < 600mm : -0.03 연평균 강수량 > 900mm : +0.03
삼 림	0.18	

Stephenson, D. 1981. *Stormwater Hydrology and Drainage Developments*

강우강도를 산정할 때에는 확률년도를 10년빈도 정도로 한다. 확률년도에 따라 우수유출량의 예측이 차이가 있으므로 주의하여야 한다. 도로사업구간 중 토사유출로 인해 심각한 피해가 발생할 수 있는 지역의 경우에는 확률년도를 높게 선정하는 것이 필요할 수 있다. 상수원보호구역, 또는 희귀생물 서식지 등이 인접하여 있을 경우에는 우수유출량 산정에 유의하여야 한다.

토사유출량을 예측할 때에는 범용토양손실공식(USLE)을 이용하는 것이 좋다. 토사의 유출은 하천의 기저에 퇴적되거나 하천의 혼탁정도를 증가시키고 오염물을 이동시키는 등 하천생태계에 영향을 미칠 뿐 아니라 농경지, 가옥, 기타 시설물에 직접적인 피해를 일으킬 수 있다. 현재 공사시 토사유출량의 산정방법으로는 토사유출원단위를 이용한 방법이 주로 이용된다. 그러나 원단위 방법은 연간 단위 ha당 유출되는 토사량을 나타낸 것으로 강우량과 무관하게 산정되며, 강우일수를 기준으로 토사량을 산정하므로 그 정확성이 매우 의심스러운 방법이다. 따라서 강우강도와 토양의 특성 등을 고려하여 토사유출량을 산정할 수 있는 범용토양손실공식이 보다 정확한 토사유출량을 예측할 수 있을 것으로 기대된다. 더욱이 도로사업의 경우에는 절·성토면이 많고 배수면적이 넓어 원단위법의 단점들을 보완할 수 있는 범용토양손실공식을 사용하는 것이 타당할 것이다.

범용토양손실공식(USLE; universal soil loss equation)은 1971년 건설현장에서 단

순 호우사상에 의한 토양침식 산출이 가능하도록 수정 보완되었다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P = R \cdot K \cdot LS \cdot VM$$

A : 단위면적당 토사침식량(ton/acre)

R : 강우침식인자(100ft · ton/acre · in/hr)

K : 토양침식인자(ton/acre · R)

LS : 지형(경사면 길이 : 경사도)인자

C : 작물관리인자

P : 토양보존관리인자

VM : 건설현장적용계수

○ 강우침식인자 - R

강우는 토사침식에 직접적인 영향을 미치는 토사유출 인자로서 강우침식은 빗방울의 지표 충돌에 의한 이탈과 강우유출에 의한 토립자 운반과 관계된다. 강우침식인자(R)는 정상년의 강우에서 침식지수(특정강우의 침식력) 단위의 수를 표현하는 수치로 30분 최대강우강도와 강우의 총 동력학적 에너지(Kinematic Energy)의 곱으로 표현되는 연평균 침식도 EI_{30} 을 100으로 나눈 값과 같다.

- 침식지수단위 : 주어진 강우강도에서 1인치 강우의 운동에너지

$$E = 916 + 331 \log_{10} X \text{ (in/hr)}$$

- 에너지 단위 : 강우량(in) × E

$$R = \frac{\sum EI_{30} \max}{100}$$

$$I_{30} \max = 30 \text{분 지속 최대 강우강도(in/hr)}$$

○ 토양침식인자 - K

강우에 의한 침식에 대해 저항하는 능력을 나타내는 계수로 토양의 입경분포, 유기물함량(%), 토양구조 및 투수성을 이용하여 산정한다. 토양침식인자는 0.1~0.7의 범

위를 가지며, 유역의 토양구성비를 근거로 Wischmeier의 C값 추정도표를 이용하여 산정한다(Erickson의 삼각형 도표).

○ 지형인자 - LS

강우에 의한 토양침식은 경사지역의 길이와 경사도에 따라 달라지므로 토양침식에 대한 지형의 효과를 반영하기 위해 LS를 제시하였다. S는 사면 경사도 계수이고 L은 사면 길이 계수이다.

$$LS = \left(\frac{L}{72.6}\right)^m \left(\frac{65.41S^2}{S^2 + 10,000} + \sqrt{\frac{4.6S}{S^2 + 10,000}} + 0.065\right)$$

여기서 L = 경사길이(ft)

S = 경사도(%)

m = 경사에 따라 변하는 지수

0.2 : S < 1%

0.3 : 1 < S < 3%

0.4 : 3 < S < 5%

0.5 : S > 5%

○ 토양침식조절인자 - CP(원공식), VM(건설현장)

○ 작물관리인자

지피(Cover)인자라고도 불리는 작물관리인자(Cropping Management Factor, C)는 지피상태에 따른 침식도를 나타내는 무차원계수로서, 지피상태가 상시휴경지(Fallow)의 침식계수 1.0을 기준으로 하여 다른 지피상태의 상대적 침식계수를 도출한 것으로 지피상태에 따른 작물관리인자는 다음과 같다.

<표 7-20> 작물관리인자(C, 무차원)

지피상태	작물관리인자 C	비 고
휴경지, 나대지	1.000	상대적 침식계수 평가의 기준
경 작 지	0.080	
목 초 지	0.010	
산 림 지	0.005	
도시지역	0.010	

○ 토양보존관리인자 - P

토양보존관리인자는 여러 가지 구조적 토양 보존관리(자연등고선보존, 계단식보존, Strip Cropping보존) 등에 따른 침식계수의 변화를 나타내는 무차원계수로서 다음과 같다.

<표 7-21> 토양보존관리인자 (P, 무차원)

유역경사도 (%)	등고선유지	등경사유지	
		초 지	경 지
1.0 ~ 2.0	0.60	0.30	0.45
2.1 ~ 7.0	0.50	0.25	0.40
7.1 ~ 12.0	0.60	0.30	0.45
12.1 ~ 18.0	0.80	0.40	0.60
18.1 ~ 24.0	0.90	0.45	0.70

○ 건설현장 토양침식인자 - VM

1971년 Wischmeier 와 Johnson, Cross 등에 의해 건설 현장에 확대 적용하기 위하여 산정된 값으로 원공식의 경작인자(C)와 토양보전대책인자(P)의 결합지수로 건설 현장 침식표면의 특성을 나타낸다.

<표 7-22> 건설현장 토양침식인자 - VM

현 장 조 건	VM
1. 나대지	
현장부지 6~8인치 교란	1.00
" 강우후	0.89
불도저 작업중	1.30
" (별개제근 후)	1.20
불도저 사면공사중	1.30
" (별개제근 후)	1.20
무작위 공사중	0.90
2. 아스팔트 포장공사	
1250 gallons/acre	0.02
605 gallons/acre	0.14~0.57
151 gallons/acre	0.65~0.70
3. 초지조성공사	
조성 후 60일 이내	0.40
조성 후 60일 이후	0.05

범용토양손실공식 이용시 강우침식인자를 설정할 때에 사용되는 강우강도는 우수 유출량 산정시 사용된 강우강도를 적용하는 것이 타당하다. 우수유출량과 아울러 토사유출량을 산정할 경우도 강우강도에 의해서 예측량이 크게 달라지므로 주의하여야 한다. 또한 우수유출량과 토사유출량은 동일한 조건으로 산출하는 것이 논리적으로도 타당하다. 범용토양손실공식을 적용하여 토사량을 산출할 때에는 유사전달률을 적용하지 않는 것이 좋다. 유사전달률은 일상적인 흐름의 유속이 감소하여 유사퇴적되는 것을 고려한 것이다. 그러나 강우에 의한 침식이 주변하천 또는 호수에 유입되는 경우에는 유사퇴적을 고려할 필요가 없다. 따라서 유사전달률을 고려하면 실제의 토사유출량보다 적은 값이 예측될 수 있으므로 유사전달률은 고려치 않는 것이 타당하다.

7.2.2.2 공사시 오수발생량 및 오염부하량

현재 수행되고 있는 원단위를 이용한 오수발생량 및 오염부하량의 산정방법은 실

제 오수발생량과 차이가 있을 수 있다. 오수발생량에 대한 정확한 예측을 위해서는 실제 사업현장에서 발생하는 오수량과 발생오수의 유기물농도에 대한 자료를 바탕으로 하는 것이 더 타당할 것이다. 하지만 실측을 통해 새로운 원단위를 설정하는 것은 많은 연구가 추가적으로 필요하므로 현재 사용되고 있는 원단위법에 대한 보다 정확한 적용기법을 제시하고자 한다.

대상 사업의 현장근무인력의 산정은 오수발생량 및 오염부하량의 산정에 있어 가장 주요한 인자이다. 따라서 인력산정을 할 때에는 대상 사업에 대한 기본설계보고서 등에서 제시한 인력수급계획을 토대로 하여 상주인원과 비상주인원을 구분하여 산출하는 것이 바람직하다. 상주인원과 비상주 인원을 구분하는 것은 적용하는 원단위량이 다르기 때문에 보다 정확한 오수발생량 및 오염부하량을 산정하기 위해서는 반드시 필요할 것이다. 대상 사업에 대한 인력수급계획이 제시되지 아니한 경우에는 유사 사업, 유사규모의 기존사업의 인력수급현황을 참조하여도 무방하다.

현장근무인력의 산정에 있어 「건축용도별 처리인원 산정기준(공업진흥청 고시 제 91-1090호)」에 의한 방법과 「건축물의 용도별 오수발생량 산정방법 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(환경부고시 제 2001-168호)」 중 단독정화조 처리대상인원 산정방법은 바람직하지 못하다. 특히 후자의 방법은 단독정화조의 용량을 산정하기 위한 것으로 현장에 건설하는 오수처리시설과는 전혀 무관하기 때문이다. 단독정화조는 수세식화장실에서 배출되는 분뇨만을 처리하는 정화시설이고 오수처리시설은 오수와 분뇨를 동시에 처리하는 것으로 대부분의 공사현장은 오수처리시설의 설치 대상이다. 따라서 단독정화조 용량산정을 위한 처리대상인원 산정방법은 바람직하지 못하다. 다만, 현장에 분뇨처리를 위한 단독정화조를 설치하는 경우에는 단독정화조 처리대상인원 산정방법을 사용하여도 무방하다.

현장에서의 오수발생시설은 공사시 현장에 설치된 건축물로 오수처리시설로 관거가 매설된 것에 한한다. 따라서 오수발생시설은 현장사무소, 식당, 합숙소, 작업소 등으로 하는 것이 좋다. 다만 작업소의 경우에는 현장에 설치계획이 없다 하더라도 반드시 포함시키도록 한다. 왜냐하면, 비상주인원의 세면용수 및 화장실용수를 오수발생량에 포함시키기 위한 것이다.

오수발생량과 오염부하량을 산정은 범용적인 원단위를 적용하여 산정하는 것이 좋다. 오수발생량의 원단위는 「건축물의 용도별 오수발생량 산정방법 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(환경부고시 제 2001-168호)」을 이용하도록 한다.

<표 7-23> 오수발생량 원단위

구 분	적용원단위		비 고
	오수발생량	발생오수 BOD농도	
현장사무소(사무소)	15 ℓ / m ² · 일	100mg/ ℓ	면적 (건설공사표준품셈)
합숙소(숙박시설)	300 ℓ / 인 · 일	300mg/ ℓ	상주인원
식당(급식시설)	15 ℓ / 인 · 1식	330mg/ ℓ	상주인원+비상주인원 (1식 또는 3식기준)
작업소	40 ℓ / 인 · 일	100mg/ ℓ	비상주인원

합숙소에서 발생하는 오수발생량은 오수발생원단위와 상주인원으로 산정하고, 식당의 경우는 원단위와 상주인원 및 비상주인원으로 산정하는데 상주인원의 경우에는 급식횟수를 3회 기준으로 하며 비상주인원의 경우에는 급식횟수를 1회 이상으로 하는 것이 바람직하다. 작업소의 경우에는 원단위와 비상주인원으로 산정하며, 현장사무소는 원단위와 면적으로 하되, 면적의 산정은 건설공사표준품셈을 참고하도록 한다.

오수발생량 및 오염부하량을 제시할 때는 오수농도도 동시에 제시하는 것이 좋다. 오수농도, 오수발생량, 오염부하량의 산정은 다음과 같다.

$$\text{오수농도}(C : \text{mg}/\ell) = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2 + \cdots}{Q_1 + Q_2 + \cdots}$$

$$\text{오수발생량}(Q : \text{m}^3/\text{d}) = (Q_1 + Q_2 + \cdots) \times \frac{1000\text{L}}{\text{m}^3}$$

$$\text{오염부하량}(\text{kg}/\text{d}) = Q \times C \times \frac{1000\text{L}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{g}}{1000\text{mg}} \times \frac{\text{kg}}{1000\text{g}}$$

7.2.2.3 공사시 오염발생량이 수용하천에 미치는 영향

공사시 현장에서 발생하는 오수는 대개 오수처리시설을 설치하거나 위탁 또는 연계처리하기 때문에 오수가 수용하천에 미치는 영향에 대해서는 생략하는 경우가 허다하다. 그러나 영향예측을 통해 저감대책을 수립한다는 원칙하에서 미처리수의 영향에 대해서도 예측하는 것이 타당하다. 또한, 처리계획을 수립하였다 하더라도 사고나 재난에 의해 또는 처리시설의 처리효율감소로 인해 발생할 수 있는 미처리상황을 예측한다는 차원에서 꼭 필요하다고 할 수 있다. 현재 하천수질 예측방법으로는 대부분 단순혼합공식을 적용하고 있다. 그러나 단순혼합공식만으로는 하천수질에 미치는 영향을 제대로 파악하기는 어려울 것으로 판단된다. 다만, 공사시 현장에서 발생하는 오수의 수량이 적기 때문에 발생오수 미처리시 영향예측은 단순혼합공식을 사용하되, 수용하천의 방류지점으로부터 유하거리별 하천수질농도를 예측하여 제시하는 것이 바람직할 것이다. 단순혼합공식과 유하거리에 따른 오염물질예측공식은 다음과 같다.

○ 단순혼합공식

$$C(\text{mg}/\ell) = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_1 + Q_2}$$

여기서, C : 혼합지점의 BOD농도(mg/ℓ)

Q_1 : 오수발생량(m^3/d)

Q_2 : 하천유량(m^3/d)

C_1 : 오수 BOD농도(mg/ℓ)

C_2 : 하천 BOD농도(mg/ℓ)

○ 유하거리에 따른 오염물질예측공식

$$\text{BOD}_t = L_0 10^{-k \times t}$$

여기서, BOD_t : t시간 유하후의 BOD농도

L_0 : 초기 혼합지점의 BOD농도

k : 탈산소계수($1/\text{d}$)

t : 유하시간

<표 7-24> 각종 오수의 탈산소계수(k)

오수의 종류			k(1/d)
가정오수	약오염 (< 100mg/L as BOD)		0.15
	평균 (100~250)		0.15
	강오염 (> 250)		0.15
하수처리장 배출수	최 초 침 전 지		0.15
	최 종 침 전 지		0.05~0.15
하천	1 ~ 4		0.04~0.1
	> 4	얕은 하천	0.06~0.24
		깊은 하천	0.12~0.24

자료 : 일본환경기술연구회, 1978. 「환경 ASSESSMENT MANUAL」

탈산소계수는 <표7-24>를 참고하여 산정할 수 있을 것이다. 현장에서 배출되는 오수의 경우는 약 0.15를 준용해도 무방할 것이다. 하천에서 실측한 값을 사용하기 위해서는 실측범위 내에 다른 지류의 유입이나 유출이 없어야 하며 실측범위 내 여러 지점을 실측하고 그 기율기로 탈산소계수를 설정하여야 한다. 또한 오수가 하천에 유입되어 혼합된 상태에서 실측하여야 하기 때문에 올바른 값을 측정하기 어렵다. 게다가 하천수량이 달라지면 탈산소계수값도 변하기 때문에 올바른 값을 측정하기가 어렵다. 유하거리에 따른 영향을 예측할 때에는 갈수시와 평수시 그리고 풍수시로 구분하여 예측하는 것이 바람직하다. 예측범위는 방류지점으로부터 유하거리 5~10km 정도를 기준으로 하여 예측하도록 한다. 그러나 오수발생량이 수용하천(소하천 제외)의 1/4 이상이거나 수용하천이 하상계수가 커서 유속이 빠른 경우에는 예측범위를 10km 이상으로 한다, 또한 인근에 상수원보호구역이나 수변구역 등이 위치하여 있을 경우에는 특정구역이 시작되는 지점까지 예측범위를 확대할 필요가 있다.

7.2.2.4 이용시 오염부하량

용수사용량을 예측할 때에는 기본계획서에서 제시하는 계획급수량을 이용할 수 있

다. 기본계획서에서 제시하는 계획급수량은 상위계획 즉, 해당지역의 수도정비기본계획 또는 용수공급계획을 근거로 하여 용수량을 산정하거나 해당지역의 과년도 상수도 통계로부터 회귀분석을 통해 추세선을 작성하고 목표년도의 급수량을 산정하며, 경우에 따라 유사지역, 유사사업, 유사단지 등 비교 가능한 기존사업의 용수사용량을 근거로 용수량을 산정하므로 이를 준용할 수 있다. 다만, 산정된 용수량을 제시할 때에는 상기 방법들로부터 예측된 용수량을 비교하는 것이 바람직하다. 여러 방법으로 산정된 용수량에 대해 장단점을 분석하고 가장 적합하다고 판단되는 용수량을 제시할 필요가 있다. 용수량의 산정은 대개 안전율을 고려하여 용수수급이 부족하지 않도록 충분량을 산정하는 경향이 있으므로 이로부터 오수발생량을 산정하는 경우에는 지나친 예측이 초래될 수 있으므로 주의하여야 한다. 계획급수량에 대한 해당지역의 상위계획이 없거나, 해당지역의 용수이용량에 대한 자료가 없거나, 계획급수량을 적용할 수 없는 대상 사업일 경우에는 용수사용 원단위를 적용하되 규모가 비슷한 유사시설과 비교하여 제시하도록 한다. 만약, 원단위의 적용도 불가능할 경우에는 유사시설의 용수사용량을 토대로 예측하는 것이 바람직하다.

오수량의 산정은 예측된 용수사용량을 근거로 하여 산정하는 것이 바람직하다. 오수량과 달리 용수량은 그 근거가 명확하고 오수량에 비해 비교적 정확한 자료를 얻을 수 있기 때문에 오수발생 원단위를 이용하는 것보다 보다 정확한 오수발생량을 예측할 수 있다. 다만, 용수사용량이 과다하게 산정되는 경우가 있으므로 다양한 방법을 통해 이를 보정하는 작업이 필요하다. 계획급수량을 근거로 오수량을 산정할 때에는 유달률을 고려하여야 한다. 계획급수량은 급수시 상수관거에서 유실되는 양을 고려하여 산정하는 경우가 많기 때문에 계획급수량과 용수사용량은 차이가 있을 수 있다. 지역적으로 다소차이는 있지만 통상적으로 유달률은 80%를 적용하므로 계획급수량에 유달률을 곱하는 것이 보다 정확한 용수사용량일 것이다. 유달률을 고려한 오수량 산정은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{일최대오수량} &= \text{일최대급수량} \times \text{유달률}(80\%) \times \text{오수화율}(80\sim90\%) \\ &+ \text{지하수유입율}(\text{오수발생량} \times 10\sim20\%) \end{aligned}$$

오수화율은 대개 80~90%를 적용하는데 유달률을 고려하면 오수화율은 90%를 적용하는 것이 타당할 것이다. 또 지하수 유입율은 오수발생량의 10~20%를 적용하도록 하수도시설기준에서 권고하고 있다. 오수가 오수처리시설이나 하·폐수처리시설로 유입될 때 신설관거를 이용할 경우에는 10%를 적용하고 지관은 신설하되 본관은 기존의 시설을 이용할 경우에는 20%를 적용하도록 한다. 다만, 본관이 최근에 매설되었다면 신설관거로 간주하는 것이 바람직하다. 표준원단위를 이용한 계획급수량으로 오수발생량을 예측하였거나, 오수발생원단위를 이용하여 예측하였을 경우에는 다수의 유사시설의 오수발생량과 비교하여 제시하여야 한다. 표준원단위를 이용한 계획급수량은 신뢰도가 타 방법에 비해 다소 낮기 때문에 오수발생량의 예측 또한 신뢰도가 낮아질 우려가 있으므로 보정을 위한 유사사례를 제시하도록 한다. 오수발생원단위를 이용하는 경우도 동일한 이유로 유사사례를 제시할 필요가 있다. 적절한 용수사용량으로부터 오수발생량을 예측하였다 하더라도 오수처리시설을 설치하는 경우에는 표준원단위를 이용한 산정결과도 제시하도록 한다. 오수처리시설은 오분법의 규정에 의해 용량이 산정되므로 오분법에서 규정하고 있는 표준원단위인 「건축물의 용도별 오수발생량 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(환경부고시 제2001-168호)」에 준하여 오수발생량을 예측할 필요가 있다. 오수농도, 오수발생량, 오염부하량을 동시에 제시하고, 오염부하량을 산정할 때에는 「건축물의 용도별 오수발생량 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(환경부고시 제2001-168호)」를 이용할 수 있다.

7.2.2.5 이용시 발생오염량이 수용하천에 미치는 영향

영향예측은 수질모델을 이용하여 영향을 예측하되, 배출량이 적거나 수용하천이 소하천으로 자료가 빈약한 지역은 단순혼합공식과 유하거리에 따른 오염물질예측공식을 이용하여 방류지점의 영향과 유하거리별 영향을 예측한다. <표 8-25>와 같은 예측방법 선정기준을 검토해 볼 필요가 있다. 배출량이 500m³/d 이하일 경우에는 혼합공식과 유하거리별 오염예측공식을 적용하고 그 이상일 경우에는 수질모델을 적용하되, 수용하천이 지방2급 미만의 소하천의 경우에는 혼합공식과 유하거리별 오염예측공식을 적용한다. 다만, 방류지점은 소하천이더라도 실제 대하천으로 곧바로 유입되

는 경우는 제외한다. 또한 수용하천의 인근 하류가 상수원보호구역, 수변구역, 수질환경보전법에서 정한 청정지역, 가지역일 경우에는 배출량에 상관없이 수질모델을 적용하도록 한다.

수질모델을 적용하여 영향예측을 실시할 때는 하천의 경우에는 BOD, SS, TN, TP에 대해 예측하고 호소의 경우에는 BOD, COD, SS, TN, TP에 대해 예측하는 것이 타당할 것이다. 이러한 방법들은 보다 심도 있는 연구가 선행되어야 할 것이다.

<표 7-25> 예측방법 선정기준

배출량(m ³ /d)		예측방법
< 500		혼합공식, 유하거리별 오염예측공식
> 500	지방2급 미만	혼합공식, 유하거리별 오염예측공식
	지방2급 이상	수질모델
상수원보호구역, 수변구역, 청정지역, 가지역		수질모델

수질모델을 적용하여 수용하천에 미치는 영향을 예측할 때에는 해당하천에 적절한 모델을 선택하여 예측하되 시나리오분석, 보정(calibration), 민감도분석(sensitivity analysis) 등을 수행하고 결과를 제시할 필요가 있으며 입·출력자료도 동시에 제시하는 것이 바람직할 것이다. 시나리오분석은 모델인자들에 대한 민감도 분석을 통해 최악의 경우를 설정하거나, 최다빈도 경우를 설정할 수도 있다. 또는 수용하천이 갈수시, 평수시, 풍수시로 구분하여 시나리오를 설정하는 것도 의미가 있다. 또한 입력자료에 대한 보정을 수행하여야 하는데, 이 때에는 인근 또는 해당하천의 실측치를 사용하는 것이 좋다.

7.3 저감 방안

7.3.1 현황 및 문제점

강우시 발생하는 토사유출수로 인한 농경지 및 인근 하천에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 우수유입을 배제할 수 있는 가배수로 설치, 사면에 비닐덮개 씌우기, 침사지 설치와 오탁방지막 설치 등과 같은 저감방안을 계획하고 있다. 주된 내용은 다음과 같다.

- 절 · 성토 등의 토공작업을 가능한 한 우기를 피하여 실시토록 계획
- 우수를 신속히 배제할 수 있도록 수로Box를 우선 설치하고 토공작업지역의 강우유입을 최대한 차단할 수 있도록 도로측면을 따라 가배수로를 설치하여 토사유출수를 수로Box로 유도토록 하여 농경지로 토사유출수의 유입을 방지
- 장기간 노출되는 절 · 성토지역에는 사면의 적정 구배조정 후 식재계획에 의거, 조기 식재를 하여 사면으로 토사유출을 최소화
- 절토지역은 산마루측구를 설치하고, 평지 및 성토지역은 가배수로와 우수유입 방지둑을 설치하여 우수를 신속히 배제
- 토사유출이 예상되는 부분에는 가마니나 비닐 등 덮개를 덮고 노선을 따라 가배수로 및 물막이공을 설치
- 현장여건에 맞도록 기존 지형 및 계획구배를 고려하여 우수가 잘 배제되는 곳을 선정하여 침사지를 설치
- 침적된 토사는 주기적(강우 후)으로 제거하여 침사지의 효율을 극대화하며, 준설된 토사는 자연건조하여 성토재 등으로 활용
- 현장여건에 맞게 시공시 공사구간을 구분하여 단계적으로 공사를 시공토록 하여 토사유출수로 인한 영향을 감소토록 계획

침사지의 규모산정방법은 대상 사업지구의 토질조사시 측정된 입도분포 결과를 바탕으로 입경별 표면부하율을 산정하여 제거 대상 최소입경을 결정하는 방법으로 주로 사용하고 있다. 침강속도에 대한 표면부하율은 해당 입경 이상의 크기 입자를 제거할 수 있는 수치를 의미하므로 Stokes법칙을 이용하여 침강속도를 산정한다.

○Stokes 법칙

$$V_s = \frac{g \cdot (\rho_s - \rho_w) \cdot d^2}{18 \cdot \mu}$$

여기서 V_s : 침강속도 (cm/sec)

g : 중력가속도(980cm/sec^2)

ρ_s : 토사입자의 비중 (2.618g/cm^3)

ρ_w : 물의 밀도 (1.000g/cm^3)

μ : 물의 동점성 계수 ($0.01\text{g/cm} \cdot \text{sec}$)

침사지의 규모를 산정하기 위해 제거 대상 최소입경별 제거효율을 산출할 때에는 침전속도에 따른 침전속도곡선을 작성하고 이 곡선을 이용하여 설계속도 V_0 에서 제거되는 총입자분율을 계산할 수 있으며, 입자에 대한 총 제거효율을 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$\text{제거된 분율} = (1 - F_0) + \frac{1}{V_0} \int_0^{F_0} V dF$$

여기서, $1 - F_0$: 속도 V 가 V_0 보다 큰 입자의 제거분율

$$\frac{1}{V_0} \int_0^{F_0} V dF : \text{속도 } V \text{가 } V_0 \text{보다 작은 입자의 제거분율}^{29)}$$

또는 설정한 제거효율을 달성할 수 있는 최소입경을 입도분포로부터 추적하는 방법도 사용된다. 제거 대상 최소입경이 결정되면 최소입경으로부터 수면적부하(표면부하율)을 산정하고 이를 통해 침사지 규모를 산정하고 있다.

침사지 용량산정과 아울러 침사지 준설 계획을 수립하고 있다. 강우시 과다한 토사 유입으로 인한 침사지 용량의 감소 및 공공하수도(우수암거)의 통수능력 저하를 방지하기 위하여 침사지에 침전된 토사를 주기적으로 준설하여 우수토사 저감효과를 최대화하며, 공공하수도(우수암거)에 토사 및 모래, 작업부산물 등이 유입되지 않도록

29) Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*.

계획을 수립하고 있다. 침사지 준설시기는 호우 발생 후에는 공사인부를 동원하여 퇴적토사를 준설토로 계획하고 있다. 준설된 토사는 임시 야적장을 설치하여 자연건조하고 자연건조된 토사는 성토재로 활용하고 활용이 불가능할 경우에는 관리형 매립장으로 반출하여 매립하는 계획을 수립하고 있다.

대상 사업지역의 토질에 대해 입도분포를 실시하고 이를 근거로 유출되는 토사의 입도를 예측한다. 입도분포는 침사지의 용량산정에 있어 가장 중요한 인자이다. 유출되는 토사 중의 최소입경이 작을수록 침강속도가 느려지고 이에 따라 입자 제거에 필요한 수면적 부하가 감소하게 되므로 침사지의 용량이 증가하게 된다. 이러한 이유로 인해 현재 작성되는 평가서에서는 입도분포의 조사에 있어서 #200메쉬의 0.075mm의 입경을 최소입경으로 하여 조사하고 있다. 그러나 보다 정확한 침사지 용량을 산정하기 위해서는 이보다 작은 입경에 대한 입도분포조사가 수행될 필요가 있다.

침사지 용량을 산정할 때 입도분포에 대한 조사 없이 하수도 시설기준에서 제시하고 있는 수면적부하와 제거 대상 입경인 $3,600\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, 0.4mm를 적용하는 경우가 있는데 이는 심각한 오류를 일으킬 수 있다. 하수도 시설기준에서 제시하는 수면적부하와 제거 대상 입경은 하수관거를 통해 유입되는 하수를 대상으로 한 것으로 자연지형에서 발생하는 토사와는 큰 차이가 있다. 또한 하수에서는 입자가 큰 토사가 대부분이고 침사지를 통과하는 토사의 경우에도 일차침전지와 이차침전지를 거치며 제거되므로 하수도시설기준의 권고안을 적용하는 것은 잘못된 것이다.

대상 사업이 선형적인 사업일 경우에 침사지의 부지 확보가 문제되는 경우가 종종 있어왔다. 특히 도로건설의 경우에는 선형적인 사업으로 예측된 침사지 용량을 충분히 설치한 부지가 부족하다는 의견이 있어왔다. 이에 대한 검토도 필요할 것이다.

침사지를 설계할 때 하수도 시설기준에 따라 침사지의 유효수심을 1.2~1.5m정도로 하여 설치하고 있다. 그러나 이 또한 하수처리시설에 적용하는 것으로 대상 사업의 공사현장에서는 초기강우시 다량의 토사가 유출되고 이로 인해 침사지의 기저부에 퇴적되는데 일정량이 퇴적되면서 침사지의 유효용량과 유효수심이 감소하여 침사지의 침전능력이 감소하게 된다. 하수처리장의 침사지는 하루동안 유입되는 토사량이 거의 일정하고 주기적으로 토사를 준설하기 때문에 유효수심과 설계수심이 동일하여

도 무관하지만 대상 사업의 공사현장에서는 유효수심으로 설계할 경우 문제가 발생할 우려가 있다.

주요 검토의견
• 공사시 설치하는 침사지는 사업지구의 토사를 대상으로 입도분석을 실시하고 이를 토대로 강우시 유출되는 토사의 80% 이상을 제거할 수 있도록 설계계획을 수립하여 제시 • 여건상 침사지의 용량확장이 곤란한 경우 소규모의 침사지를 추가로 설치하거나 다단계 침사지를 설치하는 방안을 검토하여 결과 제시

저감대책을 수립할 때 생략되는 항목으로 공사시 오수처리대책, 지하수오염의 저감대책, 이용시 용수공급계획, 오·폐수처리계획, 오·폐수 재이용 등이 있다. 이러한 항목에 대해서도 세밀한 검토가 필요하다.

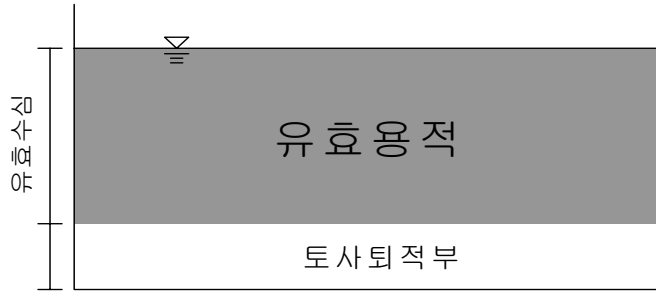
7.3.2 개선방안

7.3.2.1 토사유출 방지대책

대상 사업지구의 토질에 대한 입도분포 조사는 0.01mm 이하에 대해서도 조사하는 것이 바람직하다. 수질측정시 부유성입자와 용존성입자를 구분하는 기준은 수질오염 공정시험법에 근거하여 0.001mm 정도이다. 따라서 0.01mm까지는 입도분석을 실시할 필요가 있다. 또한 강우에 의해 유출되는 토사는 입경이 작은 입자가 입경이 큰 입자에 비해 더 많이 유출될 수 있으므로 입경이 작은 입자에 대한 조사를 실시하여 이를 토대로 침사지의 용량을 산정하는 것이 바람직할 것이다. 또한 침사지의 용량을 산정할 경우에는 유출되는 토사량의 80%를 제거하는 것이 바람직할 것이다.

침사지의 설계시 유효수심은 1.2~1.5m정도로 하되 토사퇴적부를 고려하여 설계수심은 2m 이상으로 하는 것이 바람직할 것이다. 토사퇴적부의 고려 없이는 강우에 의한 토사유출시 토사의 퇴적으로 인해 침사지의 침전능력이 조기에 상실될 수 있으므로

로 토사퇴적부를 고려하는 것이 바람직할 것이다. 다만 유효용적은 유효수심으로 설계하는 것이 타당할 것이다.



<그림 7-3> 침사지 설계 예

7.3.2.2 공사시 오수처리대책

공사시 가설물 및 가설물에 근무하는 인부에 의해 오수가 발생되므로 오수처리를 위하여 현장사무소 내 오수처리시설을 설치하거나 위탁처리하는 계획을 수립하고 있다. 현행 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법규상 오수처리시설의 방류수수질 기준은 수변구역, 특정지역, 기타지역으로 구분되어 설정되어 있으며, 해당 사업지구가 적용되는 방류수 수질기준에 따라 방류계획을 수립하고 있다.

<표 7-26> 오수처리시설 및 단독 정화조의 방류수수질기준

지 역	구 분 항 목	단 독 정화조	오수처리시설
수 변 구 역	생물화학적 산소요구량 제거율(%)	65 이상	-
	생물화학적 산소요구량 (mg/ℓ)	100 이하	10 이하
	부유물질량(mg/ℓ)	-	10 이하
특 정 지 역	생물화학적 산소요구량 제거율(%)	65 이상	-
	생물화학적 산소요구량 (mg/ℓ)	100 이하	20 이하
	부유물질량(mg/ℓ)	-	20 이하
기 타 지 역	생물화학적 산소요구량 제거율(%)	50 이상	-
	생물화학적 산소요구량 (mg/ℓ)	-	20 이하
	부유물질량(mg/ℓ)	-	20 이하
토양침투처리방법에 의한 단독정화조의 방류수수질기준은 다음과 같다. 가. 1차 처리장치에 의한 부유물질 50% 이상 제거 나. 1차 처리장치를 거쳐 토양침투시킬 때의 방류수의 부유물질량 250mg/ℓ 이하			
골프장 및 스키장에 설치된 오수처리시설의 방류수수질기준은 생물화학적산소 요구량 10mg/ℓ 이하, 부유물질량 10mg/ℓ 이하로 한다. 다만, 숙박시설이 있는 골프장에 설치된 오수처리시설의 방류수수질기준은 생물화학적 산소요구량 5 mg/ℓ 이하, 부유물질량 5mg/ℓ 이하로 한다.			

주: 1) 이 표에서 수변구역은 한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법을 제4조제1항의 규정에 의한 구역으로 하고, 특정지역은 영제2조의2제1호·제2호 및 제4호 내지 제7호에 해당하는 구역 또는 지역으로 한다.

2) 수변구역 또는 특정지역이 하수도법 제6조의 규정에 의한 인가를 받은 하수종말처리시설, 동법 제6조의2의 규정에 의한 협의를 마친 마을하수도 또는 수질환경보전법 제26조의 규정에 의한 승인을 얻은 폐수종말처리시설의 예정처리구역에 해당되는 경우에는 당해 지역에 설치된 단독정화조에 대하여 기타지역의 방류수수질기준을 적용한다.

자료 : 환경부, 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」.

7.3.2.3 지하수오염의 저감대책

대상 사업구역 내 지장물 조사시 지하관정이 있는 것으로 조사되는 경우에는 되메움을 실시하여 대상 사업의 공사로 인한 지하수 오염이 발생되지 않도록 계획을 수립하고 있다.

폐공은 그 자체가 직접적인 지하수 오염원으로 작용하고 또한 폐공 내에 설치되어 있는 관(케이싱)이 부식되거나 또는 박테리아의 성장에 필요한 영양원으로 작용함으로써 폐공이 오염원을 유발하는 역할을 할 수 있으며, 지표오염원의 유입 창구, 오염원을 지하 심부까지 이동시키는 이동경로 역할을 하게 된다. 따라서 지하수 오염방지를 위해 폐공처리를 함으로써 폐공 내로 유입되는 지표오염원 차단, 오염원의 수직적 이동통로 제어, 오염원시설(케이싱 등) 제거 등의 지하수 오염방지 효과를 얻을 수 있다.

폐공처리 방법으로는 일시적인 폐공처리, 되메움을 통한 원상복구, 폐공을 관측정으로 활용하는 방법 등이 있으나, 일시적인 폐공처리법은 지하수 오염방지 측면에서 미봉책에 불과하므로 영구적으로 사용하지 않을 우물에 대해서는 원상복구를 하는 것이 바람직하다. 원상복구란 원래의 지층조건으로 복원하는 것이지만 현실적으로 완전 원상복구란 불가능하므로 폐공 내부를 다른 물질로 채우는 되메움이 가장 효과적인 방법이다. 되메움은 충적층 우물의 폐공과 암반층 우물의 폐공에 따라 그 방법이 달라진다. 충적층 우물의 폐공의 경우에는 암반층까지 굴착하지 아니하고 암반층 상부의 모래, 자갈, 실트 등 충적층 구간까지만 굴착한 우물이므로 케이싱을 인출하여 공 내부가 자연적으로 함몰되게 하고, 공 내부가 함몰되지 않으면 주변 토양으로 되메움을 시행한다. 암반층 우물의 폐공인 경우에는 오염원 유입과 대수층내 유입된 오염원이 자유롭게 유동하는 데 있으므로 이를 제어하는데 목표를 두고 되메움 처리를 하여야 하며, 특히 지표오염원이 폐공내로 유입되는 것을 차단하여야 한다. 따라서 폐공을 되메울 때 가장 효과적인 방법은 폐공 전구간을 투수성재료 되메움 구간, 불투수성재료 되메움 구간 및 표면처리 구간으로 구분하여 각 구간별로 적합하게 되메우기를 실시하는 것이다. 불투수성재료 되메움구간은 상부 일정구간으로 반드시 불투수성재료(시멘트:물=1:1로 배합)로 충적층 구간까지 또는 지하수위보다 약 5m정도 아래까지 주입하되, 위의 조건으로 지표하 10m가 되지 않을 때에는 지표하 10m까

지 불투수성재료를 주입한다. 또한 케이싱을 인발하지 못하였을 경우에는 케이싱 하부 1m 이상까지 반드시 불투수성재료를 주입한다. 투수성재료 되메움 구간은 폐공의 하부구간으로 투수성재료(모래 등)로 되메움한다. 지표부표면처리 구간은 케이싱을 인발제거하지 못하였을 경우 1~1.5m 깊이의 터파기를 하여 케이싱을 절단한다. 터파기 구간의 하부는 시멘트몰탈을 타설하고 나머지 구간은 주변 흙으로 되메움하고, 케이싱을 인발하였다면 지표부 표면처리는 필요치 않으므로 지표면까지 불투수성재료를 주입한다.

7.3.2.4 이용시 용수공급계획

용수공급에 대해 관련상위계획을 검토하고 용수공급량의 안정적인 수급 여부를 판단할 필요가 있다. 수도정비기본계획 또는 도·송수시설에 관련된 계획을 검토하고 일차적으로 용수의 공급가능성을 확인하는 것이 중요하다.

7.3.2.5 오·폐수처리계획

사업지구내의 발생 오·폐수에 대한 처리계획에 대해서는 관거의 형태와 대상 사업의 오·폐수 발생특성을 고려하여 수립하여야 한다. 하수처리계획에 대해서는 사업지구 내 배제방법에 대한 검토를 수행하고 해당 종말처리시설의 처리용량에 대한 검토를 수행할 필요가 있다. 하수종말처리시설이 건설될 예정이거나 증설이 필요한 경우에는 하수종말처리시설이 완공되기 전까지의 하수처리계획을 별도로 수립하여야 하며 하수처리시설의 방류농도에 대한 검토도 수행하는 것이 좋다.

폐수처리계획에 대해서는 대상 사업시설내의 1차 처리장을 통해 1차 처리토록 하고 1차 처리수는 폐수종말처리시설로 전량 차집하여 처리하도록 계획을 수립하는 것이 타당하다. 발생폐수 중에 포함되어 있는 유해물질은 1차 처리시 처리하여야 하는데 이에 대한 충분한 조사와 면밀한 검토가 요구된다.

<표 7-27> 방류수 수질기준

구 분	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/ℓ)	화학적 산소요구량 (COD) (mg/ℓ)	부유 물질량 (SS) (mg/ℓ)	총질소 (T-N) (mg/ℓ)	총 인 (T-P) (mg/ℓ)	대장균군수 (개/ml)
특정지역기준	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하	3,000 이하
기타지역기준	20 이하	40 이하	20 이하	60 이하	8 이하	

적용시기

가. 제3호가목의 한강수계지역중 환경정책기본법 제22조의 규정에 의하여 지정·고시된 특별대책지역중 팔당호상수원수질보전특별대책지역과 잠실수중보권역에 대하여는 2002년 1월 1일부터 특정지역기준을 적용한다.

나. 제3호 각목의 규정에 의한 한강수계지역(잠실수중보권역을 제외한다)·낙동강수계지역·금강수계지역·영산강 및 섬진강수계지역에 대하여는 2004년 1월 1일부터 특정지역기준을 적용한다. 다만, 하수종말처리시설의 방류수가 제3호 각목의 규정에 의한 각 수계의 분류 및 그 지천으로 유입되지 아니하는 시설중에서 방류지점 하류에 수도법 제3조제15호의 규정에 의한 취수시설이 없는 경우에는 기타지역기준을 적용한다.

다. 특정지역기준을 적용받는 지역외의 지역은 기타지역기준을 적용하되, 이 지역에 대하여도 2008년 1월 1일부터는 특정지역기준을 적용한다.

라. 특정지역기준을 적용받는 경우에도 총질소 및 총인에 대하여는 겨울철(12월 ~ 3월)에는 기타지역기준을 적용한다.

마. 대장균군수는 모든 지역에 대하여 2003년 1월 1일부터 적용하고, 아래의 경우에 해당하는 지역은 방류수수질기준을 1,000개/ml로 강화하여 적용한다.

(1) 수질환경보전법시행규칙 별표 5의 규정에 의한 청정지역

(2) 수도법 제5조의 규정에 의한 상수원보호구역 및 그 경계구역으로부터 상류로 유하거리 10km 이내 지역

(3) 수도법 제3조제15호의 규정에 의한 취수시설로부터 상류로 유하거리 15km 이내 지역

자료 : 환경부, 2001. 「하수도법」

7.3.2.6 오·폐수 재이용

발생하는 오·폐수를 처리하여 재이용하는 방안은 수자원의 효율적인 이용을 도모하고 장래 물부족 문제를 해소할 수 있는 해결책으로 대두되고 있다. 또한 처리수 재이용은 용수의 공급량과 방류수량을 감소시키므로 방류하천의 수질개선에도 효과가 있다. 따라서 중수도와 공업용수재이용 측면에서 적극적인 검토가 필요한 시점이다.

중수도는 종래 상수도에 의해 급수되고 있는 많은 용수 중에서 반드시 음용수와

똑같은 정도의 청정을 필요로 하지 않는 용도에 적합한 수질의 물을 급수하는 것을 의미한다. 중수도 사용용도는 화장실세정수, 살수, 스키장제설수, 조경용도 등 비음용 잡용수와 공업용수로 사용될 수 있다. 중수도 공급방법은 개별순환방식, 지구순환방식, 광역순환방식으로 분류될 수 있다.

<표 7-28> 중수도 공급방식의 분류

구분	중수도 공급방식
개별순환방식	사무소, 빌딩등에 있어 그 건물에서 발생하는 배수를 자가처리하여 빌딩내에서 다시 이용하는 방식
지구순환방식	비교적 한 곳에 집중되어 있는 좁은 지구 즉, 아파트 단지나 신규 건설되는 주거지역 등에 있어 사업자와 건축물 등의 소유주가 공동으로 중수도를 운영하고 해당 건축물의 수요에 따라 중수를 급수하는 방식
광역순환방식	일정지역내에서 해당지역의 빌딩과 주택 등 일반적인 중수의 수요에 따라 중수도로부터 광역적, 대규모적으로 공급하는 방식. 주로 대규모 하수종말처리장 유출수나 공단폐수종말처리장 유출수를 처리하여 이용

현재 국내의 중수도 적용 예를 살펴보면 대부분 개별순환방식으로 단일 건축물에 대한 적용이 대부분이다. 이는 중수도 도입에 대한 정책적인 지원의 부재에 기인하며 지구순환방식이나 광역순환방식을 채택할 경우에는 초기설치에 대한 경제성을 확보하기 어렵기 때문이다.

중수도의 적용을 검토할 때에는 우선 경제적 타당성과 중수도 공급방식에 대해서 검토하고 이를 통해 공급할 수 있는 중수량을 예측할 필요가 있다. 또한 공급되는 중수로 인해 상수도급수량의 감소 정도를 예측할 필요도 있다.

<표 7-29> 중수도의 수질기준

구 분	수세식 변소용수	살수용수	조경용수	세차·청소 용수
대장균군수	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것
잔류염소 (결합)	0.2mg/ℓ 이상일 것	0.2mg/ℓ 이상일 것	-	0.2mg/ℓ 이상일 것
외 관	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것
탁 도	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것
생물학적 산소요구량 (BOD)	10mg/ℓ를 넘지 아니할 것	10mg/ℓ를 넘지 아니할 것	10mg/ℓ를 넘지 아니할 것	10mg/ℓ를 넘지 아니할 것
냄새	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것
pH	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5
색 도	20도를 넘지 아니할 것	-	-	20도를 넘지 아니할 것
화학적 산소요구량 (COD, Mn기준)	20mg/ℓ를 넘지 아니할 것	20mg/ℓ를 넘지 아니할 것	20mg/ℓ를 넘지 아니할 것	20mg/ℓ를 넘지 아니할 것

자료 : 환경부, 2001. 「수도법」.

7.4 토의

수질항목에 대한 환경영향평가서 작성시의 문제점을 현황조사, 영향예측 그리고 저감방안 별로 파악하고 그에 대한 개선안을 제시하고자 하였다. 사업유형별 영향예측과 저감방안이 차이가 있고 주변 수환경에 따라 그 중요도가 달라지므로 본 연구에서는 사업유형에 관계없이 공통적으로 적용될 수 있는 항목에 대하여 분석하고자 하

였다.

본 연구에서 파악된 주요 문제점은 현황조사시 측정시점과 지하수질조사 항목, 우수유출량 산정방법, 토사유출량 산정방법, 오염부하량 예측방법 등이었다. 특히, 우수유출량 및 토사유출량 산정방법은 현재의 예측방법에 오류가 많고 사업의 형태나 사업의 위치적 특성에 대한 고려 없이 일괄적인 예측방법을 적용하고 있어 이에 대해 개선이 시급할 것으로 판단되었다. 또한 토사유출에 대한 저감대책으로 침사지 용량을 산정함에 있어 오류가 있는 것으로 파악되었으며, 이에 대해서도 개선방안을 제시하였다.

수질항목의 특성상 대상 사업의 종류와 지역특성에 따라 영향예측과 저감방안이 차이가 있고 필요에 따라서는 환경정책기본법에서 제시한 환경기준과 별도로 영향물질을 선정하고 그 영향을 예측하며 개선방안을 제시하여야 할 필요가 있는 등 보다 세부적인 추가 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

8. 폐기물

환경영향평가 폐기물 항목의 기본적 목적은 “사업의 시행으로 인해 공사시 및 운영시 발생하는 폐기물 발생량을 예측하고 주변 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 폐기물 관리계획을 수립”하는 것이다.

폐기물 관리계획은 국내외의 폐기물 관련 법규를 기초로 사업 특성, 사업장 주변 현황 등을 면밀히 고려하여 적절하게 수립되어야 한다. 폐기물 관련 주요 법규로는 「폐기물관리법」, 「폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원등에관한법률」 등이 있으며, 「폐기물관리법」을 기본으로 한 ‘폐기물 분류체계’, ‘국가 및 지방자치단체의 폐기물관리책무’, ‘폐기물관리계획’, ‘폐기물 관리기준’ 및 ‘폐기물처리업’ 등에 관한 내용과 「폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원등에관한법률」의 ‘폐기물처리시설 설치 및 운영’, ‘입지선정절차’, ‘폐기물처리시설 주변영향지역의 환경조사 및 지원에 관한 사항’ 등이 고려되어야 할 주요 사항들이다.

개발사업을 시행하기에 앞서 환경영향을 최소화하기 위한 최적의 폐기물관리계획을 수립하기 위해서는 다음과 같이 현황조사, 발생량 예측, 폐기물관리계획 수립과 같은 체계적 계획이 실행되어야 한다.

- ① 사업특성이 적절하게 고려된 발생 폐기물의 종류 및 발생 원단위 조사 및 사업장 주변의 폐기물 처리현황 조사
- ② 공사시 및 운영시의 폐기물 발생량 예측
- ③ 국내 폐기물 관련 법 및 ①항의 사업장 주변 폐기물 처리현황 조사결과를 토대로 적정 폐기물 관리계획 수립

본 절에서는 기존에 작성된 환경영향평가서 폐기물 항목의 분석을 통해 환경영향평가서 적용된 폐기물 발생 원단위 및 발생량 예측방법과 폐기물관리계획 수립시의 문제점을 조사하고 이를 개선하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

현행 환경영향평가서는 환경부에서 발간한 「환경영향평가서작성등에관한규정」, 「환경영향평가관련규정집」, 「환경영향평가서검토편람」 등에 있는 평가서 기재 요령을 기초로 하여 작성되고 있다.

「환경영향평가서작성등에관한규정」 및 「환경영향평가관련규정집」은 1991년 처음 발간된 이후 2001년까지 수 차례 개정된 바 있으나, 폐기물 항목의 경우, 1997년 개정판에 저감방안과 사후환경영향조사에 대한 작성요령이 간략하게 추가되었으며, 폐기물분류체계의 변화에 따른 용어 수정이 이루어진 것을 제외하고는 전반적으로 내용과 틀에는 큰 변화가 없었다. 타 항목의 경우와 마찬가지로 내용의 애매함, 현실성 결여 등의 이유로 개정의 필요성이 제기되고 있는 실정이다.

8.1 현황조사

폐기물 발생량 예측 및 저감방안 수립 이전에 현 개발사업에 관련된 사업대상지역 및 인근지역의 폐기물처리에 대한 현황조사가 이루어져야 하며, 현황조사는 환경영향평가서작성등에관한규정(환경부)에 나와 있는 바와 같이 조사항목, 조사범위, 조사방법, 조사결과 등으로 구분된다.

사업대상구역 및 주변인접지역을 조사범위로 하여 생활계폐기물 및 지정폐기물 등의 성상별 처리현황을 조사하고 개발사업에 따라 운영시 발생하는 폐기물의 처리계획이 효율적이고 적절하게 수립될 수 있도록 활용하여야 한다.

또한, 공사시 배출되는 폐기물 발생량 산정을 위해서는 현지조사를 통하여 지장물 및 훼손입목 등의 현황을 파악할 필요가 있다.

8.2 영향예측 및 저감방안

8.2.1 현황

환경영향평가서 폐기물항목 작성규정에서의 영향예측 및 저감방안은 사업시행으로 인한 폐기물 발생량 예측 및 적정 처리계획 수립에 해당된다고 할 수 있다.

폐기물 발생량 산정을 위해서는 해당 사업의 특성을 적절하게 반영할 수 있는 폐기물 발생 원단위의 확보가 필요하다. 폐기물 발생원단위는 도시특성, 도시개발 정도에

따라 지역별 발생량이 상이하고 도시발전에 따른 소득 수준증가, 소비문화 향상으로 인해 필연적으로 변화하는 요소이므로 처리대상구역의 도시특성 및 발전 가능성을 검토하여야 하고, 또한 처리대상구역의 폐기물 배출량에 대한 과거 추이를 조사하여야 한다. 폐기물 발생량 예측시에는 사업지구 대상구역 및 주변 인근지역으로 범위를 정하고, 가장 최근에 발행된 공신력 있는 자료를 이용하되, 인용출처를 명확히 밝혀야 하며, 계획중인 사업장에 적합한 발생원단위를 적용하여야만 폐기물발생량을 예측할 수가 있다.

본 장에서는 기존에 작성된 환경영향평가서 및 환경영향평가 협의가 완료되어 공사가 진행중인 일부 사업장의 현장조사를 통하여 환경영향평가시의 폐기물 발생량 예측과정과 수립된 폐기물 처리계획의 전반적 현황을 파악하였으며, 이를 통해 기존 환경영향평가 폐기물 항목에서의 영향예측 및 저감방안 수립 과정에서의 문제점을 파악하고 개선책을 제안하고자 한다.

8.2.1.1 공사시

공사시 발생하는 폐기물은 사업별 특성보다는 공사가 이루어지는 사업부지의 특성에 따라 배출되는 성상이 달라지게 되며, 공사현장에 투입되는 인부에 의한 생활폐기물, 공사장비 운영시 발생하는 폐유 등과 같은 지정 폐기물, 사업지구의 부지정리시 불가피하게 훼손되는 임목폐기물과 지장물 철거 등으로 배출되는 건설폐기물 등으로 구분된다. 이와 같은 폐기물의 발생량 산정과정 및 처리방안은 다음과 같다.

1) 공사인부에 의해 배출되는 생활폐기물

공사시 배출되는 생활폐기물은 사업시행으로 인해 건설현장에 투입되는 인부수 및 이에 해당되는 폐기물 발생원단위를 곱하여 산정되는 것이 원칙이나, 공사시 인부로부터 발생하는 폐기물 발생원단위에 대한 연구 및 자료가 거의 전무한 실정으로 실제로는 사업지구 인근 지자체의 일평균 생활폐기물 발생량과 공사인부의 일평균 작업시간을 고려하여 발생원단위를 대신하고 있는 실정이다.

일부 평가서에서는 사업지구 인근 지자체의 일평균 발생원단위를 그대로 적용하는

경우도 있으나, 공사에 투입되는 인부가 모두 공사현장에 항상 상주하는 것이 아니므로 이 같은 방법에 의해 산정된 발생량은 실제 현장에서 발생하는 양보다 과다하게 예측될 것으로 예상된다.

$$\text{생활폐기물 발생량(kg/일)} = \text{폐기물 발생 원단위(kg/인·일)} \times \text{투입공사인부(인)}$$

A고속도로 사업의 환경영향평가서 공사인부로 인한 폐기물 발생량 산정과정을 살펴보면 다음과 같다. 현장투입 작업인부의 현지 상주시간을 감안하여 A고속도로 사업장 인근 지자체의 1인당 생활폐기물 발생원단위인 0.96kg/인·일의 50%인 0.48kg/인·일 및 공사투입 예상인부 70인을 근거로 공사시 총 134.4kg/일의 생활폐기물이 발생하는 것으로 예측하였다.

$$\text{생활폐기물 발생량} = 0.48\text{kg/인} \cdot \text{일} \times 70\text{인} = 36.6\text{kg/일}$$

생활폐기물의 경우 재활용성, 가연성, 불연성으로 구분하여 분리 수거용 쓰레기통을 설치하여 분리수거를 용이하게 하여야 한다. 이 중 음식물 쓰레기는 「음식물 쓰레기 감량의무 사업장 관리 및 재활용 촉진을 위한 지침(환경부, 1997. 7.)」에 의거하여 감량화 대상 사업 여부를 파악하여 대상 사업인 경우 자체 음식물 쓰레기처리시설을 설치하거나 음식물 쓰레기 처리업체에 위탁처리하고, 대상 사업이 아닌 경우 탈수하여 규격 쓰레기봉투에 넣어 배출하여야 한다.

환경영향평가 협의 완료 후 공사가 진행되고 있는 일부 사업장을 현지 조사한 결과, 분리수거시설 등이 적정하게 운영되고 있었으며 공사시 발생하는 생활폐기물은 별 문제없이 관리되고 있는 것으로 파악되었다.

2) 폐유

공사시 투입장비에 의해 배출되는 폐유 발생량은 크게 두 가지 방법에 의해 산정된다. 첫 번째 방법으로는 아래의 식에서와 같이 투입장비 대수, 오일교체시기, 오일탱크용량 및 작업시간 등을 고려하여 폐유발생량이 산정되며, 대부분의 평가서에서 이

방법을 사용하고 있다. 오일탱크용량, 오일교체시기 등과 같은 자료는 「건설기계현황(국립건설시험소, 1993)」 등과 같은 문헌에서 얻을 수 있으며 일부 자료를 소개하면 <표 8-1>과 같다. 한편, 일반적으로 폐유발생량은 최장 공사시간 및 장비투입대수가 가장 많은 공종을 가정하여 예측하며, 따라서 예측값은 실제 발생량보다 적게 산정된다.

폐유발생량(ℓ /일)

$$= \frac{\text{오일탱크용량}(\ell) \times \text{작업시간}(\text{hr/일})}{\text{오일교체시기}(\text{hr})} \times \text{투입 장비대수(대)}$$

<표 8-1> 장비별 오일 용량 및 교체시기

구 분 (1일평균작업시간 : 8hr/일)		오 일 용 량 (ℓ)		
		엔 진	밋 셴	유 압
불 도 저	삼성중공업 19 ton	26.0	75.0	112.0
덤 프 트럭	대우중공업 15 ton	23.0	13.0	25.0
로 우 더	삼성중공업 1.7 m ³	15.0	35.0	114.0
	현대중공업 1.45 m ³	16.3	26.0	115.0
그 레 이 더	삼성중공업 3.66 ton	15.0	17.0	60.6
레 미 콘	쌍용자동차 3.0~6.0 m ³	15.5	10.0	50.0
로 울 러	삼성중공업 8.5~15.6 ton	13.0	38.0	7.0
백 호 우	삼성중공업 0.7m ³	16.3	5.0	250.0
	대우중공업 1.1m ³	20.0	11.0	300.0
크 레 인	삼성중공업 50.0 ton	20.0	14.5	675.0
아스팔트피니셔	동 국 중 기 2.4 m	12.0	3.2	40.0
오일교체시기(회/hr)		1/250	1/1,000	1/2,000

주 : 각 장비의 주연료량 역시 규격별로 다르기 때문에 사용빈도가 높은 기계들에 대해서만 제시.

자료 : 국립건설시험소. 1993. 12. 「건설기계현황」

두 번째는 잡품발생량에 일정 비율(10%내외)을 곱하여 폐유발생량을 산정하는 방법으로 이 방법을 사용하기 위한 기초자료들은 「건설표준품셈(건설연구사)」 등에 있으며 <표 8-2, 8-3>에 일부 자료들을 소개하였다.

<표 8-2> 장비별 주연료량

구 분	규 격	주연료(ℓ)
불도저 (무한궤도)	19 ton	39.6
굴삭기 (유압식)	0.7 m ³	10.5
로우더 (무한궤도)	1.72 m ³	18.0
(타이어)		12.1
크레인 (무한궤도)	50.0 ton	14.8
(트럭)		12.6
그레이더	3.6 m	15.4
덤프트럭	15 ton	21.1
롤 러 (타이어롤러 자주식)	8~15 ton	11.7
레미콘	6.0	21.1

주 : 각 장비의 주연료량 역시 규격별로 다르므로 사용빈도가 높은 기계들에 대해서만 제시.

자료 : 건설연구사. 2000. 「건설표준품셈」

<표 8-3> 장비별 주연료에 대한 잡품비

구 분	잡품비(주연료의%)
불도저(무한궤도)	27
(타이어)	70
습지불도저	38
굴삭기(유압식)	15
(타이어식)	40
습지 굴삭기	35
덤프트럭(2.5~15 ton)	44
(30~32 ton)	73
그레이더(일반용)	66
(사리도)	189
레미콘	33
(머캐덤, 탠덤, 진동, 타이어, 양측식)로울러	20
(탠덤진동, 양측식진동)	8
아스팔트피니셔	20
크레인(무한궤도)	20
(트럭)	38
트럭탑재형크레인	20
스크레이퍼	36

주 : 잡품비는 장비의 규격에 의해 결정되는 것이 아니라 작동방식에 의해 결정되므로 간략하게 제시.

자료 : 건설연구사. 2000. 「건설표준품셈」

A택지개발사업 및 B리조트 사업의 경우, 각각 위의 두 방법을 사용하여 폐유발생량을 산정하였으며, 산정과정은 다음과 같다.

$$\text{A택지개발사업시 폐유발생량} = \frac{\text{오일탱크용량} \times \text{작업시간} \times \text{투입장비대수}}{\text{오일교체시기}}$$

• 불도저

$$\text{엔진 오일} = 26.0 \ell \times 5\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/250\text{hr} = 4.16 \ell / \text{일}$$

$$\text{밋선 오일} = 75.0 \ell \times 5\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/1,000\text{hr} = 3.00 \ell / \text{일}$$

$$\text{유압 오일} = 112.0 \ell \times 5\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/2,000\text{hr} = 2.24 \ell / \text{일}$$

• 백호우

$$\text{엔진 오일} = 23.0 \ell \times 5\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/250\text{hr} = 3.68 \ell / \text{일}$$

$$\text{밋선 오일} = 15.6 \ell \times 5\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/1,000\text{hr} = 0.62 \ell / \text{일}$$

$$\text{유압 오일} = 250.0 \ell \times 5\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/2,000\text{hr} = 5.00 \ell / \text{일}$$

• 덤프트럭

$$\text{엔진 오일} = 10.4 \ell \times 26\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/250\text{hr} = 19.14 \ell / \text{일}$$

$$\text{밋선 오일} = 12.4 \ell \times 26\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/1,000\text{hr} = 2.58 \ell / \text{일}$$

$$\text{유압 오일} = 39.0 \ell \times 26\text{대} \times 8\text{hr/일} \times 1\text{회}/2,000\text{hr} = 4.06 \ell / \text{일}$$

B리조트사업의 경우 건설표준품셈에 제시된 주연료에 대한 잡품비의 10%를 적용해 폐유발생량을 예측하였다.

$$\text{B리조트사업시 폐유발생량} = \frac{\text{연료사용량} \times \text{투입대수} \times 1\text{일작업시간} \times \text{잡품비} \times 10\%}{1}$$

• 불도저 (19 ton)

$$= 23.8(\ell / \text{hr} \cdot \text{대}) \times 1(\text{대}) \times 8(\text{hr}) \times 27(\%) \times 10(\%)$$

$$= 5.141 (\ell / \text{일})$$

• 덤프트럭 (15 ton)

$$= 21.1(\ell / \text{hr} \cdot \text{대}) \times 7(\text{대}) \times 8(\text{hr}) \times 44(\%) \times 10(\%)$$

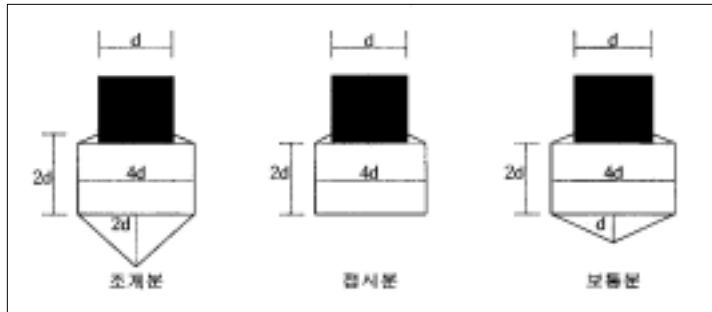
$$= 52.00 (\ell / \text{일})$$

폐유의 경우 장비를 가동 전·후에 수시로 점검하여 장비의 노후나 고장 등으로 인한 오일 유출을 방지하여야 하며, 장비의 폐유헌유 및 폐유의 교체는 가급적 공사장 내에서 금지하고 지정된 정비업체에서 이루어지도록 하여 현장에서부터 발생을 최소화할 필요가 있다. 다만, 부득이하게 공사장내에서 오일 교환 등이 이루어질 경우에는 발생 폐유를 일정 용기에 담아 보관하였다가 위탁 처리하며, 폐유는 폐기물 관리법에 의거 외부로 유출되지 않도록 철저히 관리하여야 한다.

대부분의 현장에서는 드럼통 같은 일반적인 수집용기에 폐유를 모은 후 일정량이 차면 수거차가 와서 수거하면서 양을 측정하고 있으며, 이때 용기에 저장된 폐유는 수거업자에 의해 수거되지만 용기는 수거하지 않기 때문에 용기에 남아있는 폐유의 찌꺼기 처리에 어려움이 있는 경우도 있는 것으로 조사된 바 있다.

3) 임목폐기물

공사시 배출되는 임목폐기물 발생량은 식생 조사시 나타난 표본 방향 내의 수목 밀도를 고려하여 지상부와 뿌리부를 구분하여 산정한다. 수목의 직경, 폭, 수고를 파악한 후 「조경설계요람(문석기 외, 1998)」, 「토목조경면적(대한토목공사, 1992)」 등에 제시된 수목의 지상부 및 뿌리부 중량 계산공식을 이용하여 지상부와 뿌리부의 중량의 합으로 훼손수목의 중량을 산정한다. 이 때, 뿌리부의 형태는 <그림 8-1>과 같이 조개분, 접시분, 보통분으로 구별된다. 또한, 「산림생태학(이경준 외, 1996)」에 제시된 수종별 기관 분배비, 「영림계획편성실무(임업협동조합중앙회, 1996)」에 제시된 임목폐기물 발생 원단위를 적용하여 산정하기도 한다.



<그림 8-1> 수목별 뿌리부의 형태

수목 중량 산정식 (문석기 외, 1998)

- 지상부 중량 계산 공식

$$W_a(\text{kg}) = k \times [3.14 \times \left(\frac{B}{2}\right)^2 \times h \times w_1 \times (1 + p)]$$

여기에서 k : 수간 형상계수 (0.5)

B : 흉고직경(m) (근원직경 × 0.8)

h : 수고

p : 지엽의 과다에 의한 보합률(임목 : 0.3, 고립목 : 1.0)

w₁ : 수간의 단위체적당 중량(kg/m³)

- 뿌리분 체적 산정 방법

$$V = \pi D^2 \times \left(\frac{D}{2} + \frac{R_{H2}}{3}\right) = 0.3927 D^3$$

D : 뿌리분의 직경(DBH, m)

R_{H2} : 뿌리분의 형상에 따른 밑면 높이(m)

뿌리분의 중량 = 뿌리분의 체적 × 토양단위중량

<표 8-4> 수간의 단위체적당 중량

수 종	단위체적당중량 (kg/m ³)
가시나무류, 감탕나무, 상수리나무, 소귀나무, 졸참나무, 호랑가시나무, 회양목 등	1,340 이상
느티나무, 밀밭도리, 목련, 빗죽이나무, 사스레피나무, 죽동백, 참느릅나무 등	1,300~1,340
굴거리나무, 단풍나무, 산벚나무, 은행나무, 일본잎갈나무, 향나무, 곰솔 등	1,250~1,300
메일잣밤나무, 벽오동, 소나무, 침엽수, 편백, 플라타너스 등	1,210~1,250
가문비나무, 녹나무, 왜금송, 일본목련 등	1,170~1,210
굴피나무, 화백 등	1,170 이하

자료 : 문석기 외. 1998. 2. 「조경설계요람」.

<표 8-5> 수목지하부의 토양단위중량

구분	형상	중량(kg/m ³)
점질토	보 통	1,500~1,700
	자갈 등이 섞인 것	1,600~1,800
	자갈 등이 섞이고 수분이 많은 것	1,900~2,100
모래진흙	모래진흙	1,700~1,900
점토	건 조	1,200~1,700
	습 기	1,700~1,800
	모 래	1,800~1,900

자료 : 문석기 외. 1998. 2. 「조경설계요람」.

<표 8-6> 기관별 임목폐기물량 분배비

구분	지 상 부(ton)				뿌리	계
	줄기	가지	잎	소계		
분배비(%)	45	15	25	85	15	100

자료 : 이경준 외 3인. 「산림생태학」. 향문사

<표 8-7> 임목폐기물의 지상부 원단위

수 종	지상부 원단위(m ³ /주)
곰 솔	0.145
상 수 리 나 무	0.118
굴 피 나 무	0.0186
자 귀 나 무	0.0116
아 까 시 나 무	0.0143

자료 : 임업협동조합중앙회, 1996. 「영림계획편성실무」

A송전선로사업의 경우, 위의 식들을 이용하여 훼손되는 상수리나무 및 잣나무로부터 발생하는 임목폐기물 발생량을 산정한 결과 상수리나무(927주) 및 잣나무(1,942주)로부터 각각 80.4 ton 및 237.6 ton의 임목폐기물이 발생하는 것으로 예측되었다(표 8-8). 이때 사용된 인자들을 소개하면 다음과 같다.

- 상수리나무와 잣나무의 단위체적당중량은 각각 1,340kg/m³ 및 1,250kg/m³ 적용
- 지엽의 과다에 의한 보합율은 임목의 보합율인 0.3 적용
- 뿌리부의 중량 계산시 직경 D는 평균DBH 적용
- 토양의 단위중량은 뿌리분을 포함한 분의 단위중량으로 1,300kg/m³ 적용

<표 8-8> A송전선로사업의 공사시 임목폐기물 발생량

수목명	폐기수목 (주)	평균수고 (m)	평균DBH (m)	발생량 (ton)		
				지상부	뿌리부	계
상수리나무	927	11.0	0.107	79.83	0.58	80.41
잣나무	1,942	7.0	0.164	233.20	4.38	237.58

임목폐기물은 재활용을 우선으로 처리계획을 수립하여야 하나, 톱밥, 목탄제조, 버섯 재배, 지주목 등의 용도로 재활용이 가능하다.

실제 사업장에서는 재활용이 가능한 임목폐기물(원목)은 필요한 사람들이 직접 가져가고, 나머지 임목폐기물(뿌리 등)은 지주목 등으로 사용하거나 톱밥, 화목, 목

탄·목초액 등과 같은 용도의 재활용을 위해 위탁처리하는 경우가 대부분인 것으로 조사되었다.

4) 건설폐기물

공사를 시행함에 따라 사업예정지역에 있던 기존의 지장물 철거 또는 건축물 신축 시 건설폐기물이 발생한다.

지장물 및 건축물의 철거·해체에 따라 발생하는 폐기물의 종류는 폐콘크리트, 폐아스콘, 금속·철재류, 굴착 토사 등이며, 발생량은 보통 다음과 같은 각종 자료에 제시된 원단위를 이용하여 예측된다.

- i. 건축물 폐기류의 적정 처리 및 재활용 방안, 1995. 서울시정개발연구원
- ii. 건설폐기물의 처리 및 재활용방안 연구(I), 1997. 대한주택공사
- iii. 건설폐기물 처리 및 재활용 요령, 1997. 5. 건설교통부
- iv. 건설표준품셈, 1998. 건설연구사

<표 8-9> 가옥형태별 폐기물 기준

구 분	철거 부재(m^3/m^2)		
	양옥	한옥	슬레이트조
철근 콘크리트	0.19281	0.01663	0.01593
무근 콘크리트	0.15617	0.18675	0.19555
블 록	0.33343	0.38790	0.39274
벽 돌	0.20845	0.05890	0.03221
슬레이트	0	0	0.00712
기 와	0	0.02047	0.00544
목 재	0.002629	0.02521	0.03734
기 타	0.10827	0.13799	0.29905
계	1.05242	0.83385	0.98538

자료 : 대한주택공사 주택연구소, 1997. 「건설폐기물의 처리 및 재활용 방안(I)」

<표 8-10> 지장물 발생량 원단위

종 류		주거용 건물(ton/m ³)			업무용 건물(ton/m ³)			공공건물 (ton/m ³)
대 분류	소분류	연와· 벽돌조	목조	RC조 (APT)	철골조	RC조	SRC조	
콘크리트	콘크리트	0.800	-	0.865	0.675	1.100	1.300	2.400
	벽돌	0.583	0.209	0.580	0.201	0.151	0.086	0.132
	블록	-	-	-	-	0.03	0.156	0.004
	몰탈	0.106	0.038	0.123	0.208	0.117	0.028	0.016
	타일	0.001	0.014	0.013	0.003	0.013	0.007	0.006
	소계	1.490	0.261	1.581	0.904	1.411	1.577	2.558
유 리 류		0.024	0.024	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001
금속 류	철근	-	-	0.029	0.058	0.031	0.051	0.048
	기타	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	소계	0.003	0.003	0.032	0.061	0.0314	0.054	0.051
종이 류	벽지	0.0003	0.0003	0.0004	-	-	-	-
	기타	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	소계	0.0063	0.0063	0.0064	0.006	0.006	0.006	0.006
플라 스틱 류	장판지	0.0009	0.0009	0.0009	-	-	-	-
	기타	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	소계	0.0029	0.0029	0.0029	0.002	0.002	0.002	0.002
목 재 류		0.044	0.100	0.026	0.022	0.026	0.019	0.026
섬 유 류		0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
기 타		0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
총 계		1.601	0.428	1.682	1.026	1.510	1.689	2.675

주: 1. 철골조, SRC조에서 철골량은 제외한다.

2. 본 배출량 원단위는 대표값을 기준으로 산정하였으므로 경우에 따라 큰 편차를 가질 수 있다. 그러나 표의 값보다 작은 경우는 0.5배 이내이며, 클 경우는 3배이다.

자료 : 서울시정개발연구원, 1995. 10. 건축물 폐재류의 적정처리 및 재활용 방안

<표 8-11> 건축폐기물 발생원단위(해체 공사)

구 분		계	콘크리트류	금속·철재류	혼합폐기물
주거용	단독주택	1.660	1.409	0.048	0.203
	아파트	1.796	1.566	0.061	0.169
비주거용	업무용	1.580	1.356	0.083	0.141
	공공용	1.451	1.252	0.081	0.118

자료 : 건설교통부, 1997. 5. 「건설폐기물 처리 및 재활용 요령」

<표 8-12> 건설폐기물 발생량 원단위

(단위 : ton/m³)

구분			콘크리트 류	금속 및 폐재류	혼합 폐기물	계
건축물 신축	주거용	단독주택	0.018	0.0016	0.0064	0.026
		아파트	0.02	0.002	0.0083	0.0303
	업무용	철근콘크리트조	0.019	0.0024	0.0064	0.0278
		철골조	0.012	0.0018	0.0064	0.0202
		철골철근콘크리트조	0.021	0.004	0.0072	0.0322
	공공용	철근콘크리트조	0.018	0.0022	0.0088	0.029
		철골조	0.012	0.0018	0.0056	0.0194
		철골철근콘크리트조	0.018	0.004	0.0056	0.0276
건축물 해체	주거용	단독주택	1.409	0.048	0.203	1.660
		아파트	1.566	0.061	0.169	1.796
	업무용	철근콘크리트조	1.488	0.073	0.135	1.696
		철골조	0.937	0.055	0.135	1.127
		철골철근콘크리트조	1.644	0.122	0.152	1.918
	공공용	철근콘리트조	1.409	0.067	0.118	1.594
		철골조	0.937	0.055	0.118	1.110
		철골철근콘크리트조	1.409	0.122	0.118	1.649

- 주: 1. 콘크리트류에는 콘크리트, 벽돌, 파일, 모르터, 잡석 등이 포함되어 있다.
 2. 금속 및 철재류에는 철골량이 포함되어 있으며, 철골량은 실측에 의하여 별도 산정할 수 있다.
 3. 혼합 폐기물에는 건물의 사용과정에서 발생한 설비, 가구 등의 잔존 폐기물이 포함되어있다.
 4. 혼합폐기물 발생량은 1층 또는 연면적이 작거나 칸막이들이 많은 건물의 경우 20%내에서 수량을 증가할 수 있다.
 5. 건축물의 특성, 시공방법 및 공사현장의 여건에 따라 조정하여 사용한다.

자료 : 건설연구사. 1998. 「건설표준품셈」

사업부지 내 가옥 240동, 공장 5동 등이 분포하고 있는 것으로 조사된 A택지개발 사업의 건설폐기물 발생량 산정과정은 다음과 같다. 산정과정에는 「건설폐재류의 적정 처리 및 재활용 방안(서울시정개발연구원, 1995)」의 연와·벽돌조 배출원단위가 사용되었다.

$$\begin{aligned}\text{건설폐재 발생량} &= \text{철거건물(245동)의 면적} \times \text{발생원단위} \\ &= 20,825\text{m}^2 \times 1.601 \text{ ton/m}^2 = 33,341 \text{ ton}\end{aligned}$$

현장에서의 건설 폐기물은 선별·파쇄한 후 성토재 등으로 재활용하거나 재활용 및 매립을 전제로 한 위탁처리가 중심을 이루고 있다. 건설폐기물 재활용 제고를 위해 환경부는 <표 8-13>과 같은 건설폐재 재활용 목표율을 고시한 바 있다. 건설폐기물 재활용을 위해서는 최대직경 100mm 이하와 이물질 함유량 1% 이하를 맞추어야 하며, 이를 위해 추가 비용이 소요되는 단점이 있으며 이러한 점이 현장에서의 애로사항으로 조사된 바 있다.

<표 8-13> 건설폐재 재활용 목표율

연도별	목 표 율 (%)			
	토 사	콘크리트 및 벽돌	아스팔트 콘크리트	건 축 폐목재
1998. 1. 1 ~ 1999. 12. 31	60	50	35	-
2000. 1. 1 ~ 2001. 12. 31	70	70	70	30
2002. 1. 1 ~	75	75	75	50

자료 : 환경부고시 제98-117호, 건설교통부고시 제99-218호. 건설폐재 배출사업자의 재활용지침

지장물 철거시 발생될 수 있는 주요 지정폐기물로는 폐석면을 들 수 있으며, 재건축사업 등과 같이 오래된 아파트 등의 주거용 건물들을 철거할 때 폐석면이 발생한다. 폐석면은 「석면자재(평슬레이트판) 사용면적(서울특별시 국정감사 자료, 1997)」 및 건설폐재 배출 원단위 등을 사용하여 발생량을 예측할 수 있다.

세대별 욕실 발생량(m^3)

$$= \text{세대수(세대)} \times 1 \text{세대 욕실 발생원단위}(\text{m}^3/\text{세대}) \times \text{사용석면의 길이}(\text{m})$$

최상층부 발생량(m³)

$$= \text{층별세대수(세대)} \times \text{최상층 1세대 발생원단위(m}^2/\text{세대)} \times \text{사용석면의 길이(m)} \\ \times \text{동수}$$

- 1세대 욕실 : 2.52m²
- 최상층 1세대 : 30.18m² (욕실제외)

B저밀도아파트지구재개발사업의 경우, 철거대상의 기존 아파트는 대부분 1970년대 후반~1980년대 초반에 건축되었으며 단열재로 사용된 펄슬레이트인 밤라이트 4.5mm의 폐석면이 발생하는 것으로 나타났다. 위의 방법을 이용하여 폐석면이 총 804.3ton이 발생하는 것으로 예측된 바 있다.

석면입자는 인체에 유해한 지정폐기물로 구분되며 철거시 석면의 비산 등에 의한 영향이 없도록 사전 계획을 철저히 수립하여 석면제거작업을 실시하여야 한다. 수거된 폐석면은 지정폐기물처리업체에 전량 위탁처리하는 경우가 대부분이다.

<표 8-14> B저밀도아파트재건축사업의 폐석면 발생량

구분	세대수	층별 세대수	석면발생량 (m ³)			동수(동)
			욕실	최상층부	계	
1단지	5,390	8	61.1	133.6	194.7	123
2단지	4,450	10	50.5	116.8	167.3	86
3단지	3,280	8	37.2	77.1	114.3	71
4단지	2,130	8	24.2	58.7	82.9	54
시영단지	6,000	8	68.0	177.1	245.1	163
계	21,250	-	241.0	563.3	804.3	-

주) 1. 층별 세대수는 동별 평균치를 적용.

2. 욕실 발생량 = 세대수 × 2.52m²/세대 × 4.5mm

3. 최상층부 발생량 = 층별세대수 × 30.18m²/세대 × 4.5mm × 동수

비닐하우스 해체시 발생하는 폐비닐은 한국자원재생공사의 농업용 폐수지 발생량

조사 결과 보고서(1993. 10)에 제시된 면적당 폐수지 발생량을 이용하여 예측이 가능하다.

$$\bullet Q = A \times t \times 2 \times 0.94 (\text{비중}) \times 1.2 (\text{여유율})$$

a : 비닐하우스 부지면적 ,

F : 비닐하우스 상부 단면적 계수

$$(F = \frac{(2\pi r)/2 \times L}{L^2} (= \frac{\pi}{2})),$$

L : 비닐하우스 부지의 한 변의 길이, r = L/2)

t : 비닐 두께(비닐하우스용 비닐의 평균치인 0.75mm 가정)

A 도로사업의 경우, 사업지구내 지장물 중 비닐하우스가 총 6동 분포하며 비닐하우스 부지면적은 98.573m²이었으며, 상부 단면적 계수를 $\pi/2$ 인 1.5708을 적용하여 총 262.0 ton의 폐비닐이 발생되는 것으로 예측되었다. 발생된 폐비닐은 자원재생공사 또는 재활용업체를 통해 재활용을 유도하고 성상별로 분리가 어려운 혼합 폐기물의 경우에는 전문처리업체를 통해 전량 위탁처리하고 있다.

$$\begin{aligned} Q &= A \times t \times 2 \times 0.94 (\text{비중}) \times 1.2 (\text{여유율}) \\ &= (95.573(\text{m}^2) \times 1.5708) \times 0.75(\text{mm}) \times 2 \times 0.94(\text{ton/m}^3) \times 1.2 \\ &= 262.0 \text{ ton} \end{aligned}$$

터널현장에서 발생하는 슛크리트폐수 처리시, B/P장에서 콘크리트 생산시의 폐수 처리 등에 의해 슬러지가 발생하게 된다. 터널공사에서의 슬러지 발생량은 SS유입과 유출, 슬러지 함수율을 고려하여 예측하고, B/P장에서 발생하는 슬러지는 설계기준을 토대로 콘크리트 생산에 따른 발생량을 산정한다. 또한, 오수에 의한 슬러지는 BOD와 SS에 의한 슬러지 발생량을 합산하여 발생량을 예측한다.

- 터널폐수에 의한 슬러지 발생량

$$= \text{유입유량} \times (\text{유입SS농도} + \text{응집제투입량} - \text{유출SS농도})$$

- B/P(Batch Plant)장 설계기준(레미콘 용량 : 120m³/hr)

- 실 레미콘 출하량 : 120m³/hr
- 운반차 : 25대
- 반품 레미콘량 : 5m³/일
- 레미콘 드럼 세정횟수 : 1.5회(세정수량 : 2m³/대)
- Mixer Drum 및 시멘트호퍼 세정수량 : 5m³/일
- 차량자체 세정수량 : 5m³/일
- 기타 폐수발생량 : 2m³/일

- BOD에 의한 슬러지 발생량 = BOD부하량×미생물전환율×BOD 제거율

- SS에 의한 슬러지 발생량 = SS부하량×총오수 발생량×SS제거율

A도시고속도로 건설사업의 터널설치지역에 계획된 폐수처리장에서 발생하는 슬러지는 유입농도 280~420mg/ℓ, 유출농도 30mg/ℓ를 적용하여 2.04ton/일이 산정되었다.

- 관악터널 슬러지 발생량

$$= (\text{유입 SS농도} + \text{응집제투입량} - \text{유출SS농도}) \times \text{폐수량} \times 100 \div (100 - \text{함수율})$$

$$= (280 + 40 - 30) \text{g/m}^3 \times 1,000 \text{m}^3/\text{일} \times 10^{-6} \text{ton/g} \times 100 \div (100 - 40)$$

$$= 0.48 \text{ton/일}$$

- 신림터널 슬러지 발생량

$$= (420 + 40 - 30) \text{g/m}^3 \times 1,500 \text{m}^3/\text{일} \times 10^{-6} \text{ton/g} \times 100 \div (100 - 40)$$

$$= 1.08 \text{ ton/일}$$

- 서초터널 슬러지 발생량

$$= (280 + 40 - 30) \text{g/m}^3 \times 1,000 \text{m}^3/\text{일} \times 10^{-6} \text{ton/g} \times 100 \div (100 - 40)$$

$$= 0.48 \text{ ton/일}$$

- 총슬러지량 = 0.48 + 1.08 + 0.48 = 2.04 ton/일

공사시 발생하는 슬러지는 용출시험을 거쳐 유해성을 확인한 후 건조하여 재활용 또는 위탁처리한다.

8.2.1.2 운영시

한국환경정책·평가연구원에서 검토된 환경영향평가서의 폐기물 발생량 산정방법 및 처리계획이 조사되었으며, 조사결과를 토대로 문제점 및 개선방안을 본 장에서 제안하고자 한다. 운영시 발생하는 폐기물은 사업의 특성에 따라 성상이 달라지므로 운영시의 폐기물 발생량 산정방법 및 처리계획에 대한 본 연구결과를 사업별로 서술하였다. 또한 대표적 폐기물처리시설인 매립시설과 소각시설의 환경영향평가에 대한 현황, 문제점 및 개선책 등도 본 장에서 논의하고자 한다.

8.2.1.2.1 택지개발사업

택지개발시 주로 발생하는 폐기물은 생활폐기물이며, 택지개발의 토지이용계획에 따라 일정량의 지정폐기물이 발생하는 경우도 있다.

1) 생활폐기물

생활폐기물은 택지개발지역내 주거 및 상업지역 등의 입주민이나 이용객에 의해 발생하게 되며, 생활폐기물 발생량 산정을 위해서 다음과 같은 문헌 내 원단위가 주로 이용된다.

- i. 폐기물 처리방안에 관한 연구(I) 택지개발지구 내 발생 폐기물 처리대책, 1995. 12. 한국토지공사
- ii. 전국폐기물통계조사, 1997. 12. 환경부
- iii. 서울시 쓰레기 처리 기본방향 설정-쓰레기 배출특성 분석 및 관리방향 설정, 1994. 서울시정개발연구원
- iv. 도시고형폐기물 소각을 위한 쓰레기 성상분석 및 발열량 조사연구, 1992. 한국 폐기물학회 제9권 제2호

- v. 강동 자원회수시설 건설 기본방향을 위한 폐기물 성상업무 최종보고서, 1994. 서울시립대학교
- vi. 청소행정 발전을 위한 장·단기 사업계획, 1994. 안양시
- vii. 전국폐기물매립지 입지 타당성 조사 보고서, 1992. 환경부
- viii. 전국폐기물 발생 및 처리현황, 환경부

택지개발에 따른 생활폐기물 발생량을 예측하기 위해 주로 사용되는 원단위를 정리하면 <표 8-15> 및 <표 8-16>과 같다.

<표 8-15> 생활폐기물 원단위

구 분	배출량 원단위	출 처
공 동 주 택	0.385 kg/인·일	연구결과
단 독 주 택	0.388 kg/인·일	"
상 가	0.094 kg/m ² ·일	"
공 공 시 설 및 관 공 서	0.059 kg/m ² ·일	①, ③, ④ 평균
교 육 시 설	0.107 kg/인·일	①, ④ 평균
체 육 시 설 및 공 원	0.012 kg/m ² ·일	②
의 료 시 설	0.032 kg/m ² ·일	③
지 구 공 원	0.003 kg/m ² ·일	③
시 장	0.374 kg/m ² ·일	①, ②, ③ 평균
백 화 점	0.074 kg/m ² ·일	②, ③ 평균
농 수 협 직 매 장, 슈 퍼	0.153 kg/m ² ·일	②

주) ① 서울시정개발연구원. 1994. 「서울시 쓰레기 처리 기본방향설정 - 쓰레기 배출특성 분석 및 관리방향 설정」.

② 이승무 외. 1992. "도시고형폐기물 소각을 위한 쓰레기 성상분석 및 발열량 조사연구". 「한국폐기물학회」 9(2).

③ 서울시립대학교. 1994. 「강동 자원회수시설 건설 기본방향을 위한 폐기물 성상업무 최종보고서」.

④ 안양시. 1994. 「청소행정 발전을 위한 장·단기 사업계획」.

자료 : 한국토지공사, 1995.12. 폐기물 처리방안에 관한 연구(I) 택지개발지구내 발생폐기물 처리대책

<표 8-16> 생활폐기물 원단위

(단위 : kg/인·일)

구분		일반생활폐기물	재활용폐기물	계
주거용지	단독	0.292	0.12986	0.422
	공동	0.297	0.11972	0.417
	연립	0.283	0.11188	0.395
	다세대	0.332	0.14845	0.480
	비주거용	0.336	0.17800	0.514
소규모 사업장	공장	1.062	0.34161	1.404
	시장상가	1.934	0.55765	2.492
	사무실	0.565	0.26115	0.826
	서비스업	0.705	0.29059	0.996
	음식점	2.287	0.44795	2.735

자료 : 환경부, 1997. 「전국폐기물통계조사」

<표 8-15>의 원단위는 한국토지공사에서 1995년 발간된 ‘폐기물 처리방안에 관한 연구(I)’ 내에 있는 자료로 기존의 자료와 표본조사로 나온 결과값을 조합한 것이다. 기존 자료가 출처에 따라 배출량의 변동폭이 큼을 감안하여 각 자료마다 조사횟수를 고려하였으며, 아파트, 단독주택의 주거시설과 이를 지원하는 상가시설에 대한 조사를 통해 택지개발지역에서 입주 가능한 지원시설에 적합하도록 적용하여 단위배출원에 의한 1인 1일이 아닌 택지개발지역 전체 배출량에 대한 1인 1일 배출원단위 추정에 활용하기 위해 조사되었다. 구리시, 대전시, 전주시내 토지공사가 기 개발한 택지 조성지역을 표본으로 계절별 연속 15일씩 4계절 조사하였다. 각 발생원별 조사방법을 요약하면 다음과 같다.

- 단독주택, 아파트, 2회 조사(1회 조사는 일주일간 발생 쓰레기 모두 포함)
- 일정기간동안 배출되는 양을 조사
- 각 계절별 9~12일 연속조사
- 단독주택, 아파트(계절별 4회 조사), 상가(계절별 2회 조사)
- 각 계절별 9~12일 연속조사

<표 8-16>은 1997년 환경부에서 발간된 ‘전국폐기물통계조사’의 원단위이며, 동일

대상지역을 춘하추동 연 4회(1996. 4. 1~1997. 2. 14) 조사한 후 종량제 대상 폐기물 및 기타 폐기물(재활용, 연탄재 등)로 원단위를 구분하고 있다. 주택 및 소규모사업장에서 배출되는 종량제 대상 폐기물은 주택을 주거형태와 규모로 구분하였고, 소규모사업장(1일 300kg 미만 배출)은 공장, 시장상가, 사무실, 서비스업, 음식점 등으로 구분하여 조사되었다. 공공시설에서 배출되는 폐기물은 기타 생활폐기물로 구분하여 재활용폐기물, 대형폐기물 및 연탄재 발생원단위가 조사된 바 있다.

앞에서 언급되었다시피 「폐기물 처리방안에 관한 연구(I)」(한국토지공사, 1995)와 「'96전국폐기물통계조사(환경부, 1997)」의 원단위를 이용하여 택지개발시 생활폐기물발생량이 주로 예측되고 있다. 3개의 토지구획정리 및 택지개발사업을 사례로 발생량 산정과정의 분석되었다. 각 사업별 생활폐기물발생량은 <표 8-17>~<표 8-19>에 있다.

봉명A토지구획정리사업과 진주B택지개발사업의 경우, 폐기물처리방안에 관한 연구에 제시된 원단위를 사용하여 발생량을 예측하였으며, 면적대비 원단위 적용시 건물면적을 용적률을 곱한 연면적이 아닌 토지이용계획상의 면적을 그대로 적용하여 발생량이 적게 예측되었다. <표 8-20>의 남양주 D택지개발사업의 경우, 용적률을 고려하여 폐기물발생량을 예측하였으며 이와 같이 원단위를 적정하게 적용함은 실제 폐기물발생량과의 오차를 최소화할 수 있는 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

또한, 타 평가서의 경우폐기물처리방안에 관한 연구에는 교육시설에 대한 원단위가 인구대비임에도 불구하고 면적대비로 적용한 경우도 있었으며, 폐기물통계조사에 제시된 원단위를 적용할 때에 일반생활폐기물의 원단위와 재활용폐기물의 원단위가 구별되어 있음에도 불구하고 일반생활폐기물의 원단위만으로 발생량을 예측하고 재활용폐기물에 대한 원단위로의 예측은 고려하지 않는 경우도 있었다. 원단위 적용시 면적대비인지 인구대비인지 적용대상을 정확하게 파악할 필요가 있으며 폐기물통계조사에 제시된 원단위를 적용할 때에는 일반생활폐기물과 재활용폐기물의 원단위를 함께 적용하여 발생량을 예측할 필요가 있다.

<표 8-17> 봉명A 토지구획정리사업의 운영시 생활폐기물 발생량

발생원	적용대상	폐기물처리방안에 관한 연구		폐기물통계조사		차이
		발생원단위	발생량 (kg/일)	발생원단위	발생량 (kg/일)	
계			21,231 ²⁾		51,485 51,316 ⁹⁾	26,811 (109%)
			25,665 ⁴⁾			
			24,496 ⁹⁾			
공동주택	4,181 인	0.385 kg/인 · 일	1,609	0.417 kg/인 · 일	1,743	134
단독주택	6,123 인	0.388 kg/인 · 일	2,375	0.422 kg/인 · 일	2,584	209
상 가	215,749 m ² 18,836인	0.063 kg/m ² · 일 ¹⁾	13,592 ²⁾	2.492 kg/인 · 일	46,959	26,679
		0.094 kg/m ² · 일 ³⁾	20,280 ⁴⁾			
공공시설 및관공서	17,938 m ²	0.059 kg/m ² · 일	1,058	0.059 kg/m ² · 일 ⁶⁾	1,058	-
지구공원	37,165 m ²	0.003 kg/m ² · 일	111	0.003 kg/m ² · 일 ⁷⁾	111	-
교육시설	26,449 m ² 2164인 (89인)	0.094 kg/m ² · 일 ¹⁾	2,486 ²⁾	0.348 kg/인 · 일 ⁸⁾	31	-211
		0.107 kg/인 · 일 ³⁾	232 ⁵⁾			

주 : 1) 협의내용변경계획서 본안에서 제시한 잘못된 원단위

2) 1)의 원단위를 적용하여 예측한 평가서상의 발생량

3) “폐기물처리방안에 관한 연구” 문헌에 제시된 원단위

4) 3)의 원단위를 적용하여 예측한 발생량

5) 교육시설 이용인구를 적용하여 예측한 발생량

6) “전국폐기물통계조사”에는 공공시설 및 관공서의 적절한 원단위가 제시되어 있지 않으므로 “폐기물처리방안에 관한 연구”에 제시된 원단위를 그대로 적용.

7) 지구공원에 대한 발생량 비교시 “전국폐기물통계조사”에는 공원의 발생원단위가 제시되지 않았으므로 “폐기물처리방안에 관한 연구”의 원단위를 그대로 적용.

8) 서비스업종 중 <교육서비스업, 학술연구기관>의 이용객대비 종업원 1인당 발생량을 상근인구 89인, 이용인구 2,075인이므로 이용객 100명 초과시 발생원단위 0.348kg/인 · 일 을 상근인구 89인에 대비해 적용.

9) 동일한 원단위에 의해 계산된 발생량을 제외하고 실제 비교한 발생량.

<표 8-18> 전주B 택지개발사업의 운영시 생활폐기물 발생량

발생원	적용대상	폐기물처리방안에 관한 연구		폐기물통계조사		차이
		발생원단위	발생량 (kg/일)	발생원단위	발생량 (kg/일)	
총 계			5,861.8 5,542.3 ⁹⁾		6,433 6,113.5 ⁹⁾	571.2 (10.3%)
공동주택	8,296(인)	0.385 kg/인·일	3,194.0	0.417 kg/인·일	3,459.4	265.4
단독주택	974(인)	0.388 kg/인·일	377.9	0.422 kg/인·일	411.0	33.1
근린생활 지구	5,430(m ²) 759(인)	0.094 kg/m ² ·일 ¹⁾	510.2	0.336 kg/인·일 ⁴⁾	255.0 ⁵⁾	255.2
상업시설	13,060(m ²) 773(인)	0.094 kg/m ² ·일	1227.6	2.492 kg/인·일	1,926.3	698.7
공공시설	780(m ²)	0.059 kg/m ² ·일	46.0	0.059 kg/m ² ·일 ⁶⁾	46.0	-
교육시설	1,413(인) 58(상근)	0.107 kg/인·일	151.2 ³⁾	0.348 kg/인·일 ⁷⁾	20.2	-131
공 원	20,110(m ²)	0.012 kg/m ² ·일 ²⁾	241.3	0.012 kg/m ² ·일 ⁶⁾	241.3	-
종교용지	2,680(m ²)	0.012 kg/m ² ·일 ²⁾	32.2	0.012 kg/m ² ·일 ⁶⁾	32.2	-
문화집회 시설	6,780(m ²) 51(인)	0.012 kg/m ² ·일 ²⁾	81.4	0.815 kg/인·일 ⁸⁾	41.6	-39.8

주 : 1) 상업용지에 대한 원단위 적용.

2) 체육시설 및 공원에 대한 원단위 적용.

3) 교육시설 이용인구 1,413인을 적용하여 예측한 발생량

4) 주거용지 중 비주거용에 대한 원단위 적용.

5) “폐기물통계조사”에서 주거용지에 대한 원단위는 상근인구에 대한 것이 아닌 총 이용인구(이용, 상근)에 대한 원단위이므로 총 이용인구 759인을 적용하여 발생량 예측.

6) 본 환경영향평가서에서 공공시설에 대한 활동인구 산정을 제외하여 “폐기물통계조사”의 원단위를 적용할 수 있는 대상이 없고, 공원 및 종교시설의 경우 “폐기물통계조사”에서 제시된 원단위가 없기 때문에 “폐기물처리방안에 관한 연구”에 제시된 원단위를 그대로 적용.

7) 교육서비스업 및 학술연구기관의 이용객 대비 종업원 1인당 발생원단위 적용.

8) 오락 및 문화예술서비스업의 이용객 대비 종업원 1인당 발생원단위 적용

9) 동일한 원단위에 의해 계산된 발생량을 제외하고 실제 비교한 발생량.

<표 8-19> 화성C 택지개발사업의 운영시 생활폐기물 발생량

발생원	적용대상	폐기물처리방안에 관한 연구		폐기물통계조사		차이
		발생원단위	발생량 (kg/일)	발생원단위	발생량 (kg/일)	
총 계			20,094.7 19,607.3 ⁷⁾		17,810.2 17,322.8 ⁷⁾	-2,284.5 (-11.7%)
아파트 연립	17,490인 630인	0.385 kg/인·일	6,976.2	0.417 kg/인·일 0.395 kg/인·일	7,228.4 248.8	501
단독주택	270인	0.388 kg/인·일	104.8	0.422 kg/인·일	116.9	12.1
근린생활 지구 ¹⁾	11,885m ² 356인	0.094 kg/m ² ·일	1,117.2	2.492 kg/인·일	887.0	-230.2
상업시설 ²⁾	103,790m ² 3,507인	0.094 kg/m ² ·일	9,756.3	2.492 kg/인·일	8,738.2	-1,018.1
공공시설 ³⁾	18,500.2m ² 153인	0.059 kg/m ² ·일	1,091.5	0.169 kg/인·일	25.9	-1,065.6
교육시설	223인(상근) 5,023인(이용)	0.107 kg/인·일 ⁵⁾	561.3	0.348 kg/인·일 ⁶⁾	77.6	-459.9
자족시설 ⁴⁾	590인	0.862 kg/인·일	487.4	0.862 kg/인·일	487.4	-

주 : 1) 용적률 300% 적용.

2) 용적률 700% 적용.

3) 공공시설은 도서관, 박물관, 종교시설을 의미하며, 각각 200%(도서관), 80%(박물관), 200%(종교시설)의 용적률을 적용하였다.

4) 사업장 중 사무실의 연평균 생활폐기물 원단위, 용적률 350% 적용하였다.

“폐기물처리방안에 관한 연구(I)”에 자족시설이나 사무실에 대한 원단위가 제시되지 않았으므로 “폐기물통계조사”에 제시된 원단위를 적용하여 발생량을 예측하였다.

5) “폐기물처리방안에 관한 연구(I)”에서는 학교의 원단위를 학생을 기준으로 제시된 것이기 때문에 발생량을 예측할 때에 학생수(5,023인)에 대비하여 예측하였다.

6) 실제 환경영향평가서 본안에서는 학교에 대한 원단위를 “폐기물통계조사”에 제시된 원단위를 사용하여 발생량을 예측하지 않고 “서울시 쓰레기처리 기본방향 설정-쓰레기 배출특성분석 및 관리방향설정, 시정개발연구원”에 제시된 교육서비스업의 원단위(1.53kg/인·일)를 적용하여 발생량을 예측하였으나 본 보고서에서는 원단위 비교를 위한 것이므로 “폐기물통계조사”에 제시된 이용객대비 종업원1인당 생활폐기물 배출량인 0.348kg/인·일(이용객 100인 초과)을 적용하여 상근인구(223인)에 대비한 발생량을 예측하였다.

7) 동일한 원단위에 의해 계산된 발생량을 제외하고 실제 비교한 발생량.

<표 8-20> 남양주 D택지개발사업의 운영시 생활폐기물 발생량

구분	상주인구 (명)			발생량원단위 (kg/인·일)	발생량 (ton/일)
공 동 주 택	27,916			0.385	10.748
단 독 주 택	958			0.388	0.372
소 계	-			-	11.120
	면적(m ²)	용적률(%)	연면적(m ²)	(kg/m ² ·일)	
근린생활시설	3,313	200	6,626	0.094	0.623
상 업 용 지	35,657	400	142,628	0.094	13.407
공 원	67,048	-	-	0.003	0.201
학 교	88,724	100	88,724	0.107	9.493
종 교 시 설	7,139	100	7,139	0.012	0.086
공 공 시 설	10,338	60	6,020.8	0.059	0.366
소 계	-	-	-	-	24.176
합 계	-	-	-	-	35.296

택지개발사업의 운영시 폐기물 처리계획은 해당 지자체 등의 폐기물처리시설 현황 및 폐기물관련법규 등을 고려하여야 한다. 폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원 등에관한법률에서는 “조성면적 100만m² 이상의 공동주택단지 또는 택지를 개발하고자 하는 자는 공동주택단지 또는 택지로부터 발생되는 폐기물의 처리를 위한 폐기물 처리시설을 설치하거나 그 설치비용에 상당하는 금액을 해당 지역 관할 시장, 군수, 구청장에서 납부”하도록 하고 있다. 또한 발생 폐기물은 소각대상, 매립대상, 재활용성으로 구분, 분리수거를 통하여 재활용을 제고하고 폐기물 감량을 도모하여야 한다. 재활용이 불가능한 가연성폐기물은 소각시설을 이용하여 소각하고 불연성폐기물 중 매립대상 폐기물은 사업지구 지자체의 매립장과 연계하여 최종처리한다. ‘시’ 이상에서 발생하는 음식물쓰레기는 2005년부터 소각·퇴비화·사료화·소멸화 처리 후 발생하는 잔재물만 매립하여야 함도 폐기물처리계획 수립시 충분히 고려되어야 할 사항이다.

2) 지정폐기물

사업지구 내 입지하게 되는 상업시설이나 의료시설, 자동차 관련시설 등에서 지정폐기물이 발생하며 발생량산정을 위해서 다음의 문헌 내 원단위 등이 이용된다.

i. 전국폐기물통계조사, 1997. 환경부

ii. 특정폐기물 배출 원단위산정 및 결과표(소, 세, 세세분류 업종별). 1998. 환경부
대전A택지개발사업의 경우, 사업지구 내 계획된 자동차 관련시설에서 발생하는 지정폐기물 발생량을 「특정폐기물 배출원단위 산정 및 결과표, 1995. 환경관리단」에 제시된 원단위를 적용하여 예측하였다. 발생한 지정폐기물은 인근 적정처리업체에 위탁처리되는 것이 일반적이다.

<표 8-21> 자동차 관련시설에서 발생하는 지정폐기물 원단위

구분	업종	폐기물	기준	A	B	R ²
자동차 관련 시설	502 (자동차 수리업)	03 (폐 유)	사업장 면적 (건물)	0.001127	27.236072	0.002461
		04 (폐유기용제)		0.000857	0.577334	0.567599
		05 (폐합성고분자화합물)		-0.000245	54.139093	0.001575
		17 (오 니)		-0.000021	11.078491	0.000304

주 : 기초자료를 이용하여 배출원단위를 산정한 것으로 업종별 폐기물 종류별 원단위 산정기준에 대한 회귀방정식 $Y=AX+B$ 를 결정하는 A, B 값과 결정계수 R^2 값을 나타냄.

자료 : 환경관리공단, 1995. 3. 특정 폐기물 배출 원단위 산정 및 결과표(소, 세, 세세분류 업종별)

8.2.1.2.2 산업단지조성사업

산업단지 조성사업의 경우 운영시 발생하는 폐기물로 생활폐기물, 사업장일반폐기물 및 지정폐기물 등이 있다.

1) 생활폐기물

생활폐기물은 주거시설내 상주인구나 기타 사업장의 근무인원이나 방문인구에 의

해 발생하게 되며, 주로 「전국폐기물통계조사(환경부, 1997)」에 제시된 원단위를 적용하여 발생량을 예측한다. 여기서 발생하는 생활폐기물 성상은 택지개발사업의 경우와 유사하며, 처리계획수립시 기초가 되는 사항 역시 택지개발사업과 동일하다.

2) 사업장 폐기물

사업장 폐기물은 각 사업장의 업종이 세부적으로 분류되어 있어 각 사업장과 근접한 유사업종 및 동일업종에 대한 원단위를 적용할 수 있는 「전국폐기물통계조사(환경부, 1997)」의 각 업종별 원단위를 적용하여 일반 폐기물과 지정폐기물을 분류하여 발생량을 예측하는 것이 일반적이다.

- 사업장 일반폐기물 = 각 업종의 가연성 및 불연성 폐기물 원단위 × 종업원수
- 사업장 지정폐기물 = 각 업종의 지정 폐기물 원단위 × 종업원수

부산A지방산업단지의 경우 역시, 「전국폐기물통계조사」의 사업장 업종별 세부 원단위를 적용하여 발생량을 산출하였으며 구체적 산정과정은 다음과 같다.

$$\text{산업시설에서의 폐기물 발생량} = \sum (\text{각 업종의 원단위} \times \text{종업원수})$$

- 메카트로닉스 업종에서의 폐기물 발생량
 - 자동차 관련 업종 및 자동제어장치 등을 생산 계획
 - 자동차 및 트레일러, 달리 분류하지 않는 기계장비 제조업 업종의 폐기물 원단위를 적용
 - 폐기물 발생량 = $\frac{1}{2} \cdot \sum (\text{자동차 및 트레일러} + \text{달리 분류되지 않는 기계장비 제조})$
 - 메카트로닉스 시설지역에서의 일반 폐기물 발생량
수용인구 : 3,025인
발 생 량 : 8,532kg/일(가연성 3,757kg/일, 불연성 4,775kg/일)
 - 메카트로닉스 시설지역에서의 지정폐기물 발생량 : 1,775kg/일

• 신소재 업종에서의 폐기물 발생량

- 주로 신금속 및 복합재료 등을 생산할 부지
- 제1차 금속, 기타전기전자 및 전기변환장치, 의료, 정밀과학기기 업종의 폐기물 원단위 적용
- 폐기물 발생량 = $\frac{1}{3} \cdot \Sigma(\text{제1차 금속} + \text{기타전기전자 및 전기변환장치} + \text{의료, 정밀과학기기업종})$
- 신소재 시설지역에서의 일반 폐기물 발생량
수용인구 : 2,761인
발생량 : 30,319 kg/일(가연성 4,882kg/일, 불연성 25,437kg/일)
- 신소재 시설지역에서의 지정 폐기물 발생량 : 6,063kg/일

• 정밀화학 업종에서의 폐기물 발생량

- 엔지니어링 플라스틱, 특수섬유 등을 생산할 부지
- 화합물 및 화학제품제조 업종의 폐기물 원단위를 적용
- 폐기물 발생량 = $\Sigma(\text{화합물 및 화학제품 제조 업종})$
- 정밀화학 시설 지역에서의 일반 폐기물 발생량
수용인구 : 91인
발생량 : 1,400 kg/일(가연성 908kg/일, 불연성 492kg/일)
- 정밀화학 시설 지역에서의 지정 폐기물 발생량 : 1,709kg/일

• 정보통신업종에서의 폐기물 발생량

- 반도체, 컴퓨터, 통신기기 등을 생산할 부지
- 영상, 음향 및 통신 장비제조, 사무계산회계용기계, 기타 전기기계 및 변환장치 업종의 폐기물 원단위 적용
- 폐기물 발생량 = $\frac{1}{3} \cdot \Sigma(\text{영상, 음향 및 통신장비제조} + \text{사무계산회계용기계} + \text{기타 전기기계 및 변화장치 업종})$
- 정보통신 시설지역에서의 일반폐기물 발생량

수용인구 : 810일

발 생 량 : 2,006 kg/일(가연성 1,278kg/일, 불연성 728kg/일)

- 정보통신 시설지역에서의 지정폐기물 발생량 : 1,576kg/일

• 기타 일반 제조업종에서의 폐기물 발생량

- 도시형 공장업종 및 첨단 업종 등을 주로 유치할 부지
- 화합물 및 화학제품, 제1차금속, 기타 기계장비, 사무계산·회계용기계, 기타 전기기계 및 변화정차, 영상음향·통신장비, 의료정밀광학기, 자동차트레일러업종의 폐기물 원단위 적용
- 폐기물 발생량 = $\frac{1}{8} \cdot \Sigma(\text{화합물 및 화학제품} + \text{제1차금속} + \text{기타 기계장비} + \text{사무계산} \cdot \text{회계용기계} + \text{기타 전기기계 및 변화정차} + \text{영상음향} \cdot \text{통신장비} + \text{의료정밀광학기, 자동차트레일러업종})$

- 기타 일반 제조업종 지역에서의 일반 폐기물 발생량

수용인구 : 2,837인

발 생 량 : 21,312 kg/일(가연성 7,474kg/일, 불연성 13,838kg/일)

- 기타 일반 제조업종 지역에서의 일반 폐기물 발생량 : 11,107kg/일

• 연구시설에서의 폐기물 발생량

- 기업부설 연구소 및 엔지니어링 업종들을 유치할 부지
- 기타 공공, 사회 및 개인서비스 업의 폐기물 원단위를 적용
- 폐기물 발생량 = $\Sigma(\text{기타 공공, 사회 및 개인서비스업})$
- 연구시설 지역에서의 일반폐기물 발생량

수용인구 : 166인

발 생 량 : 648 kg/일 (가연성 346kg/일, 불연성 302kg/일)

- 연구시설 지역에서의 지정폐기물 발생량 : 0.000kg/일

- 사업장 일반 폐기물의 총 발생량 : 64,218kg/일
(가연성 18,645kg/일, 불연성 45,573kg/일)
- 사업장 지정 폐기물의 총 발생량 : 22,230kg/일

3) 슬러지

사업지구 내 하수종말처리장이나 폐수처리장이 입지하여 지구 내 발생 오·폐수를 처리하는 경우 슬러지가 발생되는데, 협잡물 및 침사물의 발생량은 「하수도 시설기준 (환경부, 1997).」에 제시된 원단위를 사용하여 발생량을 예측하며, 탈수슬러지 발생량은 각 하수처리장의 물질수지도에 의해 산정되는 것이 일반적이다.

슬러지는 현재 해양투기 또는 매립처리되고 있는 것이 일반적이다. 해양투기의 경우, 장기적 안목에서 볼 때 해양오염 및 2차 환경오염 유발 등의 많은 문제점이 있어 계속적인 해양투기는 바람직하지 않다. 또한 향후 유기성 오니의 직매립에 대한 규제가 지속적으로 강화될 것으로 보이므로 하수종말처리장 건설시 하수슬러지의 재활용 등과 같은 효과적 처리계획이 수립되어야 할 것으로 보인다.

<표 8-22> 협잡물 및 침사물 발생량 산출 기준

성 상	구 분	발생량 산출 기준
협잡물	스크린	하수량 1,000m ³ 당 0.001~0.015m ³
침사물	침사지	하수량 1,000m ³ 당 0.001~0.002m ³

자료 : 환경부, 1997. 「하수도 시설 기준」

A하수처리장의 경우, 협잡물 및 침사물의 발생량은 「하수도 시설기준」에 의해 산정하고 슬러지는 물질수지도에 의해 예측하였다. 총 2,010,000(m³/일)의 계획하수량으로 인해 협잡물 30.15(m³/일), 침사물 40.20(m³/일), 탈수CAKE 862(m³/일)가 발생되는 것으로 예측되었으며, 구체적 산정과정은 다음과 같다.

- 협잡물 = 2,010,000(m³/일) × 0.015m³/하수1,000m³ = 30.15(m³/일)
- 침사물 = 2,010,000(m³/일) × 0.02m³/하수1,000m³ = 40.20(m³/일)
- 탈수CAKE = 862(m³/일)

$$\bullet \text{ 총 발생량} = 932.35(\text{m}^3/\text{일})$$

8.2.1.2.3. 골프장 조성사업

1) 생활폐기물

골프장 조성시 발생하는 폐기물은 국내 골프장에서의 발생원단위를 이용하여 예측하는 것이 적정하나 외국 문헌의 자료(Wilson, 1977)를 이용하는 경우도 발견된다. 외국의 원단위는 국내의 폐기물 발생 특성이 적절히 반영되지 않는 경우가 많아 사용을 자제하는 것이 바람직하나, 국내 골프장에서의 배출원단위가 공식적으로 조사된 경우가 드물기 때문에 국내의 원단위 사용에 어려움이 많은 것도 사실이다.

1999년 이후 한국환경정책·평가연구원에 검토 의뢰된 평가서의 원단위들을 동일 사업에 대해 비교해 본 결과, 문헌에 의해 예측된 발생량과 기 운영중인 사업장을 대상으로 조사한 원단위에 의한 발생량이 큰 차이가 있었으며, 기 운영중인 사업장에서 조사한 원단위도 차이가 크게 나타났다. 이는 각 골프장의 규모가 동일하지 않은 점과, 이용객과 종업원에 의해 배출되는 양이 차이가 있음에도 구분하지 않고 동일 원단위를 적용한 것에 의해 차이가 발생하는 것이라 생각된다.

<표 8-23>는 고양시 A골프장 조성사업(총인구 286인; 상근종업원 16인, 비상근종업원 70인, 이용객 200인)을 대상으로 각종 문헌에 나와있는 골프장원단위를 적용했을 때의 폐기물발생량을 비교한 결과로, 원단위의 적용에 따라 폐기물발생량에 많은 차이(고양시 A골프장 조성사업 환경영향평가서 예측된 발생량보다 많게는 7배 이상 차이)가 있음을 보이고 있다.

<표 8-23> 고양시 A골프장의 폐기물발생량 비교

원단위 출처	발생원단위 (kg/인·일)	발생량 (kg/일)	차이	
			(kg/일)	(%)
미국자료 (David Gorden Wilson, Hand Book of Solid waste Management. Van Nostrand Reinhold)	0.322(이용객) 0.662(상근) 0.268(비상근)	64.40 10.59 18.76 93.75		
환경기본통계편람 ¹⁾	0.705	201.63	107.88	115.1
폐기물관리(1992, 환경부) ²⁾	0.7	200.2	106.45	113.5
00전국폐기물 발생 및 처리현황 ³⁾	0.98	280.3	186.55	199.0
전국폐기물통계조사 ⁴⁾	0.705	201.63	107.88	115.1
"D"골프장	1.35	386.1	292.35	311.8
경주마우나오션골프장	0.565	161.59	67.85	72.4
부산인근A골프장 ⁵⁾	1.69	483.34	389.6	415.6
부산인근B골프장 ⁵⁾	2.87	820.82	720.07	775.5
부산인근C골프장(27홀) ⁶⁾	0.29	82.94	-10.81	-11.5
부산인근D골프장(27홀) ⁶⁾	0.33	94.38	0.63	0.7
천안상록리조트	0.37	105.82	12.07	12.9
용평리조트	1.69	483.34	389.6	415.6

주 : 일평균발생원단위에 의해 각각의 발생량을 비교하였다.

1. 유사시설 서비스업의 원단위 적용
2. 관광지의 원단위 적용
3. 1인당 생활폐기물 배출량 적용.
4. 서비스업의 종업원1인당 발생원단위 적용
5. A.G 골프경기장 건설사업 보완서 p.40
(A, B 골프장의 원단위가 다른 원단위와 달리 1인당 폐기물발생원단위보다 큰 것은 각 골프장에서 배출되는 폐기물로 조사한 것이 아니라 위탁처리업체에서 수거하는 폐기물량으로 산정한 것이기 때문에 다소 높게 산정된 것이라 생각된다.)
6. 정관컨트리클럽 본안평가서 p.389

2) 폐잔디

골프장 운영시 폐잔디 발생량은 대부분 인근의 유사 사업장에서의 발생량을 고려하여 예측하며, 인천 A골프장 개발사업의 경우 한국체육진흥공단(주) 대충골프장 조성사업 중 은화삼 골프장의 건초발생량을 기준으로 하여 발생량을 예측한 바 있다.

폐잔디의 경우 사업지구 내에 퇴비화시설을 설치하여 음식물 쓰레기와 함께 퇴비화한 후 조경용 등으로 재활용하는 것이 바람직한 처리계획이라 할 수 있다.

<표 8-24> 인천 A골프장의 폐잔디 발생량

구분	원단위 (kg/m ² · 일)		면적(m ²)	발생량 (ton/년)	발생량 (kg/일)	비고
그린, 티	5,6,9,10,11월	0.02	25,783.6	78.4	697.7	152일
	7,8월	0.006		9.6		62일
	소계	-		88.0		214일
훼어 웨이	5~9월	0.01	139,314.8	61.3		22주 주 2회 제초
계	-		165,098.4	149.3		-

주 : 일평균발생량 산정시 5~11월 기간중인 7개월(214일) 적용

8.2.1.2.4. 도로건설사업(휴게소)

도로사업과 연계하여 설치되는 휴게소 운영시 배출되는 폐기물 발생량은 일반적으로 「고속도로 휴게소 폐기물 발생추세에 대한 연구(한국도로공사)」에 제시된 선형회귀식을 이용하여 예측된다.

$$Y = 75.4 + 0.059X$$

Y : 휴게소 일간 폐기물량(kg/일)

X : 휴게소 일간 이용객수(인)

B고속도로 건설사업의 경우 「고속도로 부대시설 이용실태 조사보고서(한국도로공사, 2000)」를 참고하여 1일 휴게소 이용객수를 12,438인으로 산정하였으며, 위의 식을 적용하여 809.2kg/일의 생활폐기물이 발생되는 것으로 예측하였다.

$$\begin{aligned} \text{1일 폐기물 발생량} &= 75.4 + 0.059 \times 12,438 \\ &= 809.2 \text{ (kg/일)} \end{aligned}$$

또한, 「고속도로 휴게소 폐기물 발생추세에 대한 연구(한국도로공사)」에 의해 발생 폐기물을 성상별로 분류하였을 때 음식물 쓰레기가 301.8kg/일(37.3%)로 가장 많은 양을 차지하고 있다.

<표 8-25> 휴게소 발생 폐기물 성상비 및 발생량

구분	계	음식 물류	종이 류	골판 지	유리 도자 기류	금속 알루 미늄 류	비닐 플라 스틱 류	기 타	섬 유 류	나무 짚풀 류	가죽 고무 류
구성비 (%)	100	37.3	14.7	13.3	10.1	9.4	8.9	4.8	0.8	0.5	0.2
발생량 (kg/일)	809.2	301.8	119.0	107.6	81.7	76.1	72.0	38.8	6.5	4.0	1.6

자료 : 한국도로공사. 1997. 「고속도로 휴게소 폐기물 발생추세에 대한 연구」

8.2.2 문제점 및 개선방안

8.2.2.1 도시개발, 산업단지, 관광지조성사업

1999년 이후 한국환경정책·평가연구원에 검토 의뢰된 도시개발, 산업단지, 관광지조성사업 관련 평가서를 조사한 결과, 평가서 작성시의 주요 문제점으로는 다음과 같은 사항들이 지적되었다.

- 운영시 폐기물 발생량 산정의 오류
 - 택지개발시 쓰레기종량제 이전의 폐기물 발생원단위 적용
 - 성격이 다른 여러 사업체가 입주함에도 불구하고 세부 폐기물 발생원별 원단위 미적용
 - 폐기물 발생원단위의 정확한 이해 없이 적용, 등
- 폐기물처리계획의 타당성 검토 생략
 - 수립된 처리계획이 실제로 가능한지에 대한 타당성 검토 없이 처리계획 수립

- 사업장 주변에 축사가 실제로 존재하지 않음에도 불구하고 음식물쓰레기를 사업장 인근 축사에 공급하여 재활용하는 것으로 계획
 - 매립 종료된 폐기물매립장에서 폐기물매립처리계획 수립
 - 주변 위탁업체의 현황조사 없이 산업단지에서 배출되는 폐기물을 위탁처리하는 것으로 계획
- 수립된 폐기물 처리계획이 폐기물관련법(폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원등에관한법률, 폐기물관리법 등)과 부합되는지에 대한 검토 생략
- 폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원등에관한법률에 의거 자체 폐기물처리시설설치 사업임에도 불구하고 동사항에 대한 계획 미수립
 - 2005년 이후 '시' 이상의 지역에서 택지개발이 완료되는 사업임에도 불구하고 음식물쓰레기 처리계획 미수립
- 막연한 폐기물처리계획 제시
- 폐기물처리방법들을 장황하게 나열만 하고 실제 처리계획은 미제시
- 위에서 제시한 주요 문제점을 개선하고 환경영향평가서를 적정하게 작성하기 위해서는 환경영향평가서 작성시 다음과 같은 사항들이 충분히 고려되어야 할 것으로 보인다.
- 가장 최근에 조사된 유사 사업장에서의 세부 발생원별 원단위를 이용하여 운영시의 폐기물 발생량을 종류별·성상별로 예측
 - 폐기물 발생량 산정시 사용된 원단위의 적정성 검토
 - 다음 사항을 고려한 운영시 폐기물 처리계획 수립
 - 폐기물의 수거, 보관 및 운반계획 수립
 - 재활용가능폐기물의 분리 및 보관을 위한 시설 설치계획 수립
 - 음식물쓰레기 처리계획 수립
 - 오수정화시설에서 배출되는 슬러지 처리계획

- 가연성 및 매립대상폐기물 처리계획 수립
- 소형소각로 운영은 효과적 대기오염관리라는 측면에서 바람직하지 않으므로 사업장에서 배출되는 가연성폐기물을 위탁처리 등을 통하여 대형소각시설에 반입 처리하는 방안을 적극적으로 검토
- 수립된 폐기물 처리계획이 폐기물관련법(폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원등에관한법률 등)과 부합되는지에 대한 면밀한 검토
- 수립된 폐기물 처리계획의 실행가능 여부에 대한 면밀한 검토

8.2.2.2 소각시설

소각시설의 환경영향평가지 폐기물 항목에서의 주요 검토 사항은 소각시설의 용량 적정성 검토 등이다. 폐기물소각시설의 용량이 과대하게 산정될 경우, 자원의 불필요한 낭비와 소각시설의 비효율적 운영(오염저감시설의 효율 저하 등)으로 인해 경제적 사회적 문제점을 초래할 수 있으므로 소각시설설치계획시 소각용량의 산정은 매우 중요한 과정이라 할 수 있다.

실제로 소각시설의 과대용량 산정으로 문제가 되었던 과거의 사례들이 존재하고 있으며, 이는 다음과 같은 사항 등이 고려되지 않고 시설용량을 산정함으로써 문제가 초래된 것으로 보인다.

- 용량 산정시 쓰레기종량제 실시 이후의 분리수거에 따른 재활용률의 증가로 인한 폐기물발생 감소 추이
- 해당 폐기물 발생 지역의 폐기물 발생 특성 등

소각시설 용량을 적정하게 산정하기 위해서 특별히 고려해야할 주요 검토사항들은 다음과 같다.

- 해당 지역의 폐기물발생, 처리현황, 사회·문화적 환경 등의 변화추이를 반영하여 폐기물 발생량이 예측되어야 함
- 해당 지역에 도농(都農) 복합적 특징이 있는지를 조사하고 이를 폐기물 발생량 산정시 고려하여야 함
- 해당 지역의 현재 소각률을 조사하고 향후 추이를 예측하여 소각시설의 용량산정

시 이를 반영하여야 함

- 폐기물 발생량과 성상에 대한 정확한 기초조사자료를 확보하기 위해서는 최소한 1년간 4계절조사가 원칙임

상기의 내용들을 반영하여 소각시설의 용량을 산정하는 것이 필요하기는 하나, 미래의 폐기물 발생량 예측산정과정에 오차가 있을 수밖에 없다는 점과 일정 지역에서의 폐기물 발생추이가 어느 정도 정상상태(대규모 택지개발 등이 이루어지지 않을 경우)에 이르렀음을 고려할 때, 소각시설의 용량이 실제 소각시설로 반입되는 가연성폐기물 발생량을 초과하지 않게 하기 위해서는 가장 최근의 매립폐기물 처리량 중 가연성폐기물량을 대상으로 소각용량을 산정하는 것이 가장 안전한 방법이라 사료된다.

8.2.2.3 폐기물매립시설

1995년부터 전국적으로 실시된 쓰레기 종량제와 재활용품 분리수의 확대에 따라 1인당 폐기물 발생량은 상당한 감소를 나타내었으나, 인구증가와 산업화 등으로 인하여 전체적인 쓰레기 발생량은 크게 줄지 않고 있는 실정이다. 전반적으로 폐기물처리 방법에 있어서는 재활용과 소각의 비율이 점차 증가추세에 있으며 전체적인 폐기물 발생의 감소에도 불구하고 종이, 플라스틱 및 음식물쓰레기는 계속적인 증가추세에 있다. 그러나 아직도 많은 양의 폐기물이 매립의 형태로 처분되고 있으며 장래에 생활폐기물의 소각처리비율이 증가하더라도 매립은 지속적으로 이루어질 수밖에 없다.

이러한 폐기물 매립장은 사회기간시설로서 필수 불가결한 것임에도 불구하고 시설 설치에 따른 부지확보는 NIMBY현상으로 인한 주변 주민의 반대 등 주민과의 합의가 쉽지 않아 입지선정이 매우 어려운 실정이다. 이는 폐기물 매립장이 해당주민에게는 혐오시설로 받아들여지고 있으며, 매립장의 입지에 따른 지가하락과 시설 안정성에 대한 불신감, 시설운영에 따른 주변 환경 오염 등 생활환경보전상의 불안을 우려하고 있기 때문이다. 또한 과거 불법투기를 포함한 부적정 처리 등으로 인하여 폐기물에 대한 이미지가 악화된 것도 한 가지 요인이라 할 수 있다.

1) 입지적정성³⁰⁾

매립장 입지 선정시의 입지배제기준과 관련하여 환경영향평가지의 문제점 및 개선 방안을 제안하고자 한다.

현재 매립장 입지선정에 있어서 가장 기본적으로 참고를 하고 있는 환경부 폐기물 처리시설 설치업무편람에서는 녹지자연도 8급 이상, 상수 취수원 등이 위치하는 경우 입지제한을 하고 있으며, 이를 바탕으로 국내외 매립장에서 적용한 사례 등을 살펴보면 다음과 같다.

가) 국내 매립장 입지선정 기준

① 폐기물처리시설 설치업무편람

입지의 적정성 검토사항과 후보지 선정시 고려사항은 다음 <표 8-26>, <표 8-27>과 같이 규정하고 있다.

<표 8-26> 입지의 적정성 검토사항

- 자연생태계 보전상 개발을 제한할 필요가 있는 경우
 - 생태계보전지역 또는 녹지자연도 8등급이상지역 등이 포함될 시
 - 천연기념물지정, 국립 및 도립공원, 천연보호림지정지역 등이 포함될 시
 - 조수보호구역으로부터 1km 이내인 지역
- 상수 취수원 등이 위치하여
 - 상수원수질보전특별대책지역으로 지정·고시되어 개발사업이 제한되는 경우 (예:팔당, 대청호)
 - 상수원 수질보전을 위하여 입지를 제한할 필요가 있는 경우
 - 광역상수원보호구역의 상류방향으로 유하거리 20km
 - 일반상수원보호구역의 상류방향으로 유하거리 10km
 - 취수장(상수원보호구역 미고시지역)의 상류방향으로 유하거리 15km 이내의 지역과 그 하류방향으로 유하거리 1km 이내의 지역에 위치할 경우
- 환경오염이 심화된 지역 또는 심화가 예상되는 지역
 - 수질오염으로 인한 생활용수·농업용수 등 이수상황에 미치는 영향이 클 것으로 예상되는 경우

<표 8-27> 후보지 선정시 고려사항

구 분			고 려 사 항
매립지 건설의 가능성	기술적 인 측면	공사 측면	○지형 및 지질 등이 적합한 곳 ○시공조건이 유리한 곳 ○공사재료의 확보가 용이한 곳
		방재 측면, 환경보전 측면	○지형의 변화에 따른 흙의 미끄러짐 등 붕괴우려가 없는 곳 ○지형의 변화로 인한 하천유황등에 미치는 영향이 적은 곳 ○하천, 호소, 해역 등 주변 수역의 이수등에 영향을 미치지 않는 곳
	토지이용 측면		○관련법규상 문제가 없는 곳 ○도시계획구역내의 경우 도시계획결정시 폐기물처리시설의 입지가 가능한 곳 ○자연환경(경관, 생태계)상 입지가 가능한 곳
	경제적 측면		○처리시설 건설비 및 부대공사비 등의 소요가 경제적인 곳
용 지 취득의 가능성	소유형태 및 주민동의		○토지소유형태상 용지취득이 가능한 곳 ○주민동의가 용이한 곳
작업성 및 유 지 관 리	시설운영 측면		○시설의 운영이 용이한 곳 ○2차 공해발생요인이 적은 곳 ○폐기물의 이송거리가 짧은 곳
	유지관리 측면		○상·하수도, 전력등의 설치가 용이한 곳 ○시설관리가 용이한 위치 및 지형인 곳 ○환경감시(모니터링)에 적합한 곳 ○폐기물의 운반, 종사원의 통근이 용이하고, 진입로의 개설이 용이한 곳 ○토취장 확보가 용이한 곳

② 전국폐기물매립지 입지타당성조사

전국 폐기물 매립지 입지타당성조사서의 입지배제기준은 다음 <표 8-28>과 같다.

<표 8-28> 입지배제기준 (환경부, 1992)

구 분	내 용
상수보호구역 및 취수장 인접지역	○ 침출수 방류선이 상수보호구역 및 취수장과 인접하여 폐기물 투기금지지역으로 고시되었거나 상수원으로의 이용목적에 영향을 미칠 것으로 판단되는 지역
매립용량 부족	○ 지형여건상 불리하여 용량확보를 위한 초기투자비의 과다소요가 예상되는 지역
주거밀집지역	○ 후보지 주변에 대단위 마을이 인접하고 있어 매립지로 인한 환경영향이 클 것으로 예상되는 지역
배수구역 과다	○ 후보지의 지형여건상 집수구역의 면적이 과다하여 우수배제를 위한 초기투자비가 과다하게 소요되며, 매립지 유실 등의 재해발생의 우려가 있을 것으로 판단되는 지역
침출수 방류선 및 폐수방류선	○ 방류하천과의 거리에 따른 관로 공사비 고려 ○ 방류하천 주위의 농경지 발달 정도에 따른 영향 가능성 고려
공동묘지 및 묘지 밀집지역	○ 후보지내 및 주변지역에 공동묘지 및 다수의 묘지 존재 시 이장문제(이장비용, 묘지이장을 위한 대토 확보)가 발생하므로 묘지의 발달정도를 고려 선정
구릉지 및 평야인접지역	○ 지형상 매립장 설치로 인한 초기 투자비의 과다소요 및 2차 오염의 영향이 클 것으로 판단되는 지역
기타지역	○ 후보지에 도로, 변경불가시설, 주요시설, 보호수 및 수림 등이 위치하거나 공원, 유원지로 이용되는 지역

③ ○○시 생활폐기물 위생매립시설 조성사업 입지타당성조사(2000)

○○시에서 적용한 입지배제기준 및 입지선정 기준은 다음 <표 8-29>, <표 8-30>과 같으며, 이를 바탕으로 산정한 최적후보지선정 항목별 배점은 다음 <표 8-31>과 같다.

<표 8-29> ○○시 입지배제기준

입 지 배 제 기 준	배제지역	기 준 설 정 사 유
1. 자연환경보전지역 생태계8등급지역	전부제외	국토이용관리법 제 15조 폐기물처리시설 설치업무편람, 1998, 환 경부
2. 주거지역, 상업지역, 녹지지역 (보전녹지지역)	전부제외	
3. 상수원보호구역 취수원 농업용저수지	상류 10km 상류 15km 상류 5km	수질환경보전법 폐기물처리시설 설치업무편람 개발사업 사전환경성검토 편람
4. 문화재입지지역 전통사찰보전지역	보호구역 주변 2km	문화재 보존을 위하여 배제 전통사찰보전법
5. 조수보호구역	주변 1km	폐기물처리시설 설치업무편람
6. 상습침수지역	해당지역	상습침수지구로 지정된 지역
7. 채석장	해당지역	경제적 측면 및 지형적인 측면을 고려
8. 기타	해당지역	이전 불가시설 존재 (도로, 공장, 보호수 등이 위치)

<표 8-30> 최적 후보지 선정기준

선정기준	선 정 사 유
지장물	조성지역내 및 인근의 지장물 검토(묘지, 가옥, 과수원등)
소음	소음에 따른 영향 평가
대기질	대기질에 미치는 영향 고려
수질(상수원보호구역)	유하지점의 상수원보호구역에 대한 영향 고려
생태계보전	매립장 조성에 따른 훼손 생태계 고려
가시권(경관)	혐오시설로서 외부에서의 차폐 가능 고려
매립연한	매립지 수명에 따른 투자 효율성 검토
부지정지의 용이성 (경사도)	시공의 용이성 및 사면의 안정성 확보를 위한 경사도 고려
진입도로개설	기존도로의 이용 가능성 및 신설도로 설치시 경제성 고려
집수면적	집수면적이 커지면 배수구역에 대한 배수시설 설치가 필요하며 부대비용 증가
토질 상태	토질상태에 따른 하부 차수시설 설치 고려
저류구조물의 시공성	제방 연장에 따른 안전성 및 경제성 고려
지하수위	지하수위 존재에 따른 시공 난이도 고려
인구분포	매립지 운영에 따른 주거지역에 대한 환경적인 영향 가능성 고려
운반거리	발생원에서 운반 비용고려
하수처리장 연계성 및 방류관로	침출수의 하수처리장 연계성 및 방류관로 길이 고려(기존 관로와 연결성 파악)
토지취득의 용이성	소유자별 매입 용이성 검토
토지이용현황	토지용도별 특성에 관한 검토
평균토지가격	시설 설치에 따른 부지매입비 고려
매립면적대비용량	면적대비용량 검토

<표 8-31> 최적 후보지 선정 항목별 배점표

항 목	배점	내 용	비 고
지장물	5	5점 미만	전신주0.5점, 묘지 1점, 관정 1점, 가옥 5점, 기타 시설(과수원, 양어장등 인공시설) 10점으로 환산하여 점수화
	4	5점 이상~10점 미만	
	3	10점 이상~15점 미만	
	2	15점 이상~20점 미만	
	1	20점 이상	
소음	5	5가구 이하	점수=공사장비에 따른 이격거리 소음도 초과지역내 가구수(70m)
	4	6~10가구	
	3	11~15가구	
	2	16~20가구	
	1	20가구 초과	
대기질	5	10가구 이하	점수=악취배출허용기준농도 초과거리내 가구수
	4	11~20가구	
	3	21~30가구	
	2	31~40가구	
	1	40가구 초과	
수질	5	상수원보호구역이 존재하지 않거나 20km 이상	상수원보호구역까지의 유하거리
	4	17.5km 이상 ~ 20.0km 미만	
	3	15.0km 이상 ~ 17.5km 미만	
	2	12.5km 이상 ~ 15.0km 미만	
	1	10.0km 이상 ~ 12.5km 미만	
생태계 보전	5	2만㎡ 미만	훼손수목면적
	4	2만㎡ 이상 ~ 4만㎡ 미만	
	3	4만㎡ 이상 ~ 6만㎡ 미만	
	2	6만㎡ 이상 ~ 8만㎡ 미만	
	1	8만㎡ 이상	
가시권 (경관)	5	외부에 노출 없음	
	4	30%	
	3	50%	
	2	70%	
	1	전면노출	
매립 연한	5	20년 이상	
	4	15년 이상 ~ 20년 미만	
	3	10년 이상 ~ 15년 미만	
	2	5년 이상 ~ 10년 미만	
	1	5년 이상	

(계속)

항 목	배점	내 용	비 고
부지 정지의 용이성	5	2% 이상 ~ 5% 미만	매립계획 바닥부
	4	5% 이상 ~ 8% 미만	
	3	8% 이상 ~ 11% 미만	
	2	11% 이상 ~ 14% 미만	
	1	14% 이상 또는 2% 미만	
진입 도로 개설	5	0.3km 미만	신설(확포장의 경우 0.5배 적용)
	4	0.3km 이상 ~ 0.6km 미만	
	3	0.6km 이상 ~ 0.9km 미만	
	2	0.9km 이상 ~ 1.2km 미만	
	1	1.2km 이상	
집수 면적	5	100% 미만	매립면적 대비
	4	100% 이상 ~ 200% 미만	
	3	200% 이상 ~ 300% 미만	
	2	300% 이상 ~ 400% 미만	
	1	400% 이상	
토질 상태	5	점토질	주요 지질특성
	4	실트질 사질토	
	3	마사토	
	2	자갈섞인 모래	
	1	암반지형	
저류 구조물 의 시공성	5	100m 미만	제방의 길이를 고려, 시공성 검토
	4	100m 이상 ~ 200m 미만	
	3	200m 이상 ~ 300m 미만	
	2	300m 이상 ~ 400m 미만	
	1	400m 이상	
지하 수위	5	8m 이상	지하수위 측정
	4	6m 이상 ~ 8m 미만	
	3	4m 이상 ~ 6m 미만	
	2	2m 이상 ~ 4m 미만	
	1	2m 미만	
인구 분포	5	0.2 미만	처리시설경계선에서 1km 이내의 마을과 이격거리 비율을 고려 점수 = $\sum(H_i/D_i)$ H_i : 이격거리별 가구수(호) D_i : 이격거리(m)
	4	0.2 이상 ~ 0.4 미만	
	3	0.4 이상 ~ 0.6 미만	
	2	0.6 이상 ~ 0.8 미만	
	1	0.8 이상	

(계속)

항 목	배점	내 용		비 고
운반 거리	5	10.0km 미만		아산시 전역 평균운반거리 적용
	4	10.0km 이상 ~ 12.0km 미만		
	3	12.0km 이상 ~ 14.0km 미만		
	2	14.0km 이상 ~ 16.0km 미만		
	1	16.0km 이상		
하수 처리장 연계성 및 방류 관로	5	1km 미만	-	하수처리장 연계가 불가능한 경우 방류관로 연장 검토
	4	1.0km 이상~ 2.0km 미만	1.0km 미만	
	3	2.0km 이상~ 3.0km 미만	1.0km 이상~ 2.0km 미만	
	2	3.0km 이상~ 4.0km 미만	2.0km 이상~ 3.0km 미만	
	1	4.0km 이상	3.0km 이상	
토지 취득의 용이성	5	1.0 이상 ~ 1.5 미만		필지당 단체 5점, 개인3점, 국가 및 지방자치단체 1점 부여 점수 = (가중치×편입면적/총편 입면적)
	4	1.5 이상 ~ 2.0 미만		
	3	2.0 이상 ~ 3.0 미만		
	2	3.0 이상 ~ 4.0 미만		
	1	4.0 이상		
토지 이용 현황	5	1.0 이상 ~ 2.0 미만		토지 활용도를 감안 임야, 유휴지 1점, 전답 5점, 대지 10점, 기타3점 가중치 부여 점수 = (가중치×편입면적/총편 입면적)
	4	2.0 이상 ~ 3.0 미만		
	3	3.0 이상 ~ 4.0 미만		
	2	4.0 이상 ~ 5.0 미만		
	1	5.0 이상		
평균 토지 가격	5	1,000원 미만		공시지가 적용 공시지가×편입면적/총편입면적
	4	1,000 이상 ~ 2,000원 미만		
	3	2,000 이상 ~ 3,000원 미만		
	2	3,000 이상 ~ 4,000원 미만		
	1	4,000원 이상		
면적 대비 용량	5	15m³/m² 이상		
	4	12m³/m²이상~15m³/m² 미 만		
	3	9m³/m²이상~12m³/m² 미만		
	2	6m³/m²이상~9m³/m² 미만		
	1	6m³/m² 미만		

나) 외국 매립장 입지선정 기준

① 미국 EPA Manual

미국환경처에서 발간된 매립지 관련 편람에 의하면 입지선정절차를 아래와 같이 3단계로 크게 나누어 예시하고 있다(U.S EPA, 1978). 각 단계별 세부절차는 <표 8-32>에 나타내었으며, 외국의 폐기물 처리시설 입지요인 및 배제기준은 <표 8-33>에 제시하였다.

- 초기입지 선정단계(Initial assessment of sites)
- 후보지평가 및 선정단계(Screening and rating of candidate sites)
- 최종입지결정 단계(Final site selection)

<표 8-32> 미국환경처에서 발간된 매립지 관련편람에 의한 입지선정절차

1. 초기입지선정(Initial Assessment of site)단계
 - (1-1) 관련법규 검토(Determine regulatory constraints)
 - (1-2) 선정대상구역 설정(Establish suitable study area)
 - (1-3) 후보가능입지 선정(Identify potential candidate sites)
 - (1-4) 개략적 경제성 분석(Assess preliminary economic feasibility)
 - (1-5) 입지예비조사(Perform preliminary site investigation)
 - (1-6) 부적격지 배제(Eliminate less desirable sites)
 - (1-7) 주민의견 참고(Obtain public input)
2. 후보지 평가(Screening of candidate sites)단계
 - (2-1) 후보지평가를 위한 방법결정(Determine methodology for screening candidate sites)
 - (2-2) 후보지 기술적평가(Evaluate sites based on technical aspects)
 - (2-3) 후보지 등급결정(Rate sites)
 - (2-4) 후보지 평가 및 선정결과를 환경영향평가서에 포함시킴(Input site selection finding top sites into an environmental impact reports)
 - (2-5) 주민의견 수렴(Obtain public input)
3. 최종입지결정(Final Site Selection)단계
 - (3-1) 매립방법 등 기본사항결정(Determine landfilling method and preliminary design)
 - (3-2) 매립완료 후 부지사용계획(Determine completed site use)
 - (3-3) 경제성평가(Evaluate economic in detail)
 - (3-4) 정책성사항평가 및 주민의견수렴(Evaluate local governmental policies and obtain public input)
 - (3-5) 최종입지 결정(Select site)

<표 8-33> 외국의 폐기물 처리시설 입지요인 및 배제기준

구 분	내 용
1.Dawson and Mercer (1986)	1) 지질학적 측면 ○ 기반암의 깊이가 10cm이하인 지역 ○ 균열 석탄암 지역 ○ 활성단층에서 1.6km 이내의 지역 ○ 고고학적으로 의미가 있는 지층대
	2) 지형학적 측면 ○ 습지 ○ 범람원 ○ 채석장 ○ 경사도가 25%이상인 지역
	3) 수문학적 측면 ○ 중점토나 유기물층 ○ 백년을 주기로 홍수가 발생하는 지역 ○ 지표수로부터 최소한 600m 이내인 지역 ○ 지하수면까지 거리가 최소한 1.5m 이상인 지역
	4) 기후적인 측면 ○ 강수량이 증발량보다 많은 지역 ○ 태풍이나 토네이도의 경로지역
	5) 교통측면 ○ 국도로부터 최소한 300m 이내지역
	6) 기타 ○ 관광지나 경관이 수려한 하천주변지역 ○ 멸종위기에 있는 생물 서식처
2. Davise and Lein (1991)	1) 문화적인 요인 ○ 국립공원 ○ 주립공원 ○ 관광휴양지역 ○ 주거지역에서 1,000ft 이내 지역 ○ 소유경계선(Property line)에서 300ft 이내 지역 ○ 제트기 이착륙 공항에서 10,000ft 이내지역 ○ 프로펠러기 공항에서는 5,000ft 이내지역
	2) 지질적 요인 ○ 모래 및 자갈채취장 ○ 채석장 ○ 연약지질지역 ○ Holocene(제4기층) 단층지역으로부터 2,000ft 이내 지역 ○ 광산지역
	3) 수문학적 요인 ○ 범람원 ○ 하천, 호수, 습지로부터 200ft 이내 지역 ○ 5년내에 오염가능성이 있는 공공우물 주변의 지표와 지하

(계속)

구 분	내 용	
2. Davise and Lein (1991)	3) 수문학적 요인	○ 주요 대수층 지역 ○ 매립지로부터 10,000ft 이내에서 100Gal/min의 우물을 취수할 수 있는 대수층 ○ 우물이나 수원으로부터 1,000ft 이내 지역
3. Jenson and Christensen	○ 습지나 환경민감한 지역에서 160m 이내 지역 ○ 기존의 매립지나 생산지역(공단)에서는 최소한 200m 이내 지역 ○ 간선도로와의 거리가 300m 이내 지역 ○ 해발고도 100m이하 지역	
4. Bagchi (1994)	○ 범람원, 습지, 희귀동식물 서식지 ○ 지하수와 지표수원의 오염가중성이 있는 지역 ○ 호수나 연못 : 300m, 하천 : 90m, 국도 혹은 고속도로와 공원 : 300m, 공장 : 3km, 상수원 : 365m 이내 지역	
5. 미국 RCRA (Resource Conservation and Recovery Act)	○ 활성단층지역 ○ 100년 빈도 홍수 범람지역 ○ 습지 ○ 매립지 바닥과 최고 지하수위가 1.5m 미만인 지역 ○ 용수공급설비와 150m 이내 지역	
6. 미국 오하이오주	○ 거주지, 학교, 병원, 교도소 또는 감옥으로부터 2,000ft 이내 지역 ○ 습지 ○ 홍수위험지역	
7. Basone (1989)	1) 물리적 요소	○ 과립상 지표양, 주요 하천, 범람지역, 습지대, 빙퇴구
	2) 토지이용	○ 인디언 보호지역, 주거지역, 상업지역, 농가지역
	3) 레크레이션과 공공시설물	○ 병원, 노인정, 대학, 교육시설, 경찰서, 테마공원, 교도시설 및 장애인 시설
	4) 교통	○ 공항
	5) 농업	○ 특별한 농작물, 높은 생산력이 있는 농경지

다) 입지선정 및 환경영향평가 작성시 문제점 및 개선 방안

① 입지선정기준

현재 소각시설 및 매립장은 지역주민의 극심한 반대에 의하여 몇몇 시·군에서는 입지를 선정하고도 공사를 못하고 있는 실정이고, 매립장 특성상 계곡매립이 용량확보와 경제적인 측면에서 가장 유리하지만 녹지자연도 등급(8등급 이상)에 걸려 이를 포기하고, 주거지역 인근에 입지를 선정함으로써 지역주민의 반대에 부딪치고 있는 실정이다.

예를 들어 매립장 조성면적중 매립장 일부가 8등급 이상인 지역이 존재할 때 이를 보존하거나 타 입지를 검토한다는 것은 매립장의 관리 및 비용측면에서 불리하며, 후보지 이전에 따른 해당 지역 주민의 극심한 민원발생의 소지가 있다.

이와 같은 현실에서는 무조건적인 녹지자연도 8등급 지역의 배제보다는 생태학적 가치 등을 면밀히 평가하여 입지기준을 탄력적으로 적용할 필요성이 있는 것도 사실이다.

② 모델 적용시 문제점 및 개선 방안

현재 환경영향평가서에서 적용하고 있는 대기오염(악취포함) 예측모델은 대부분 정상상태를 가정하고 있는 Gaussian Plume Model(ISC모델)로서 계산이 비교적 간단하며 계산시간이 짧고 입력자료의 적용이 용이하다는 장점에서 많이 사용되고 있다. 하지만 정상상태를 가정해 지역에 따른 바람이 동일하게 입력되기 때문에 우리나라와 같이 삼면이 바다이고, 산악지역 등 복잡한 지형이 많아서 기상상태의 지역적인 차이와 시간변화가 큰 지역에서의 적용은 큰 무리가 있다. ISC의 모델의 개요는 <표 8-34>에 나타내었다.

<표 8-34> ISC3 (Industrial Source Complex Model version 3)의 개요

1. 제작년도	○1995
2. 모델의 개요	○steady state Gaussian Plume Model ○공단형태의 오염원으로부터의 장·단기 영향농도 예측
3. 사용범위	○도시 및 농촌지역의 공단 등과 같은 복잡한 오염원 ○평탄하거나 기복이 있는 지형, ○평균 예측시간은 1시간부터 1년
4. 입력자료	○오염원 : 위치, 배출강도, 연돌고, 가스배출속도, 연돌내경, 배출가스 온도, 오염원 표고, 건물직경, 입력분포, 지표면거칠기 ○기상 : - 시간별 대기안정도, 풍향, 풍속, 기온, 혼합고 - STAR(Joint Frequency Function, 6개 안정도·풍속등급별 평균혼합고, 6개 안정도별 평균기온) ○예측점 : 평형, 극좌표계, 특정지점예측좌표, 지표고
5. 출력형태	○입력옵션(control parameter), ○시간당 기상자료 ○상위 50개 최대농도(ISCST) 및 10개 최대농도(ISCLT) ○예측점에서의 일별·계절별·년간 평균농도
6. 모델의 종류	○Gaussian Plume and Sector averaged Model
7. 오염물질의 종류	○1차 오염물질 및 비반응성물질
8. 오염원과 예측점 범위	○점·선·면·부피·Openpit 오염원의 입력범위 제한없음
9. 연기해석	○Briggs의 연기상승식 및 stack tip downwash식 사용 ○Huber & shulman의 building wake algorithm 사용 ○fumigation은 적용치 않음
10. 수평풍속	○시간대별 steady-state, ○도시·농촌에 따른 풍속 저감율 적용 ○단기 예측시 무풍 적용 가능
11. 수직풍속	○0으로 처리
12. 수평확산	○Turner의 농촌지역 확산계수를 적용 ○McElroy의 도시지역 확산계수를 적용 ○Sector average plume 식에서는 수평확산계수를 무시
13. 수직확산	○Turner의 농촌지역 확산계수를 적용 ○McElroy의 도시지역 확산계수를 적용
14. 화학반응	○반감기를 이용한 오염물질 감쇄효과 고려
15. 물리학적 제거	○침전과 건·습식 침강 고려

Gaussian Puff Model은 Gaussian Plume Model(ISC모델)과 달리 굴뚝에서 연속적으로 배출되는 연기를 작게 잘라서 각각의 연기덩어리(puff)를 이동, 확산시켜서 농도를 계산한 후 모든 연기덩어리의 농도를 종합하여 대상지역의 농도분포와 시간변화를 계산하는 모델이다. Puff 모델은 비정상상태 모델이기 때문에, 풍향, 풍속, 확산폭(안정도), 배출량이 위치, 시간에 따라 다르게 적용할 수 있어 바람장(wind field) 모델 등을 고려하여 입력할 수 있다는 장점이 있다.

즉 시간에 따른 풍향, 풍속의 변화와 풍향, 풍속의 지역차이를 고려할 수 있으며, 시간에 따른 Puff의 배출량 변화도 고려할 수 있기 때문에 해륙풍 순환과 같은 풍향 변화(비정상상태)를 나타내는 지역에 유용한 모델이다. 따라서 Puff 모델은 우리나라와 같이 삼면이 바다로 되어 있고 도시나 공단 등이 해안지역에 위치하여 복잡한 지형을 이루는 경우에 적합한 모델이기 때문에 Plume 모델과는 달리 모델의 신뢰성을 더 향상시킬 수 있는 모델이다.

Puff 모델은 Plume 모델과 마찬가지로 화학반응을 고려할 수 없는 한계를 가지고 있으나, 그 한계를 일부 극복하기 위하여 같은 Puff 모델 계열인 MESOPUFF-II (Mesoscale Puff Model)모델에서는 SO_2 와 NO_x 의 변환율을 오염농도와 안정도 등의 함수로 하여 화학반응에 의한 농도감소를 고려하도록 하고있기 때문에, ISC 모델과 같은 Plume 모델보다는 더 사용범위가 넓다고 할 수 있다. (INPUFF 모델의 개요 <표 8-35> 참조)

점진적으로 환경영향평가서의 질적 향상과 신뢰성을 확보하는 방안은 풍향, 풍속의 공간분포를 나타내는 3차원 바람장(wind field)과 대기의 상태를 산출하는 기상모델의 개발이 필수적으로 이루어져야 한다.

<표 8-35> INPUFF(INtegrated PUFF version 2.5) Model의 개요

1. 제작년도	○1986
2. 모델의 개요	○non-steady state Gaussian Puff Model ○여러 형태의 오염원으로부터의 장·단기 영향농도 예측
3. 사용범위	○다각적인 복잡한 오염원 ○평탄하거나 기복이 있는 지형 ○평균 예측시간은 사용자가 원하는 분~년
4. 입력자료	○오염원 : 위치, 배출율, 연돌고, 가스배출속도, 연돌내경, 배출가스 온도, 오염원 표고, 건물직경, 입경분포, 지표면거칠기 ○기상 : - 단일기상자료 : 사용자가 원하는 분~시간별 대기안정도, 풍향, 풍속, 기온, 혼합고 - DWM(Diagnostic Wind Model)과 같이 지역적 바람을 모사할 수 있는 바람장 모델의 결과 적용 가능 ○예측점 : 평형, 특정지점예측좌표, 지표고
5. 출력형태	○입력옵션(control parameter) ○기상입력정보자료 ○예측점별로 사용자가 원하는 분·시간·일·계절·년간 평균농도
6. 모델의 종류	○Gaussian integrated puff model
7. 오염물질의 종류	○1차 오염물질 및 비반응성물질
8. 오염원과 예측점 범위	○점·선·면·moving·low level·multiple source
9. 수평풍	○시간별, 지역별 non-steady state ○도시·농촌에 따른 풍속 저감을 적용 ○약한 풍속에 대해서도 적용 가능
10. 수직풍속	○바람장 모델의 결과 사용
11. 확산 알고리즘	○Buoyancy-induced Dispersion ○P-G scheme ○On-site scheme ○Long travel time scheme
12. 화학반응	○반감기를 이용한 오염물질 감쇄효과 고려
13. 물리학적 제거	○침전과 건·습식 침강 고려

③ 사후모니터링

매립장에서 오염물질들이 유출되지 않도록 최적의 설계 및 시공이 이루어지고 있으나, 불의의 사고로 매립장에서의 오염물질들이 유출될 경우 이에 대한 환경상 영향은 지대하다 할 수 있다. 따라서 매립장의 환경영향평가시 종합적 사후모니터링계획은 중요한 과정일 수밖에 없음에도 불구하고 현재의 환경영향평가는 이에 대한 고려가 미흡한 것도 사실이다.

매립장의 환경영향평가시 종합적 사후모니터링계획 (지하수, 악취, 토양 등의 모니터링 지점, 횟수, 기간 등)은 다음과 같은 사항들을 고려하여 수립되어야 한다.

- 매립장에서의 침출수 유출시 예상되는 오염지역을 예측하고 예측 결과 및 지하수 이용 현황 등을 고려하여 지하수 검사점의 위치 및 개수를 결정
- 계획된 모니터링 지점, 횟수 및 기간의 적정성을 면밀히 검토
- 지하수 및 토양 모니터링 지점은 사업장 인근의 주거지역 및 농경지와 지하수 이용 현황 등을 고려하여 결정

2) 사용 종료된 폐기물 매립장 활용을 위한 환경영향평가시 주요 고려사항 ³¹⁾

폐기물 매립장은 크게 2가지 기준으로 구분할 수 있는데 첫 번째는 매립형태에 따라 위생매립장과 비위생매립장으로 구분하는 방법이고, 두 번째는 매립성상에 따라 생활계폐기물 매립장과 사업장 폐기물 중 주변환경을 오염시킬 수 있거나 인체에 위해를 줄 수 있는 유해한 물질을 매립하는 지정폐기물 매립장으로 구분하는 방법이다.

이러한 폐기물 매립장의 사용이 종료되고 상부 토지를 타 용도로 활용하고자 할 때에는 매립장 유형별로 주변환경이나 사업대상물에 미치는 영향이 약간의 차이가 있기 때문에 서로 구분하여 평가해야 한다.

또한 폐기물관리법 제47조 제2항 별표14 규정에 의한 사후관리기준 및 방법에서 사용종료 또는 폐쇄신고를 한 날로부터 20년 동안은 사후관리가 필요치 않다고 판정되지 않는 한 매립장 사후관리를 시행해야 하고 그 기간동안 토지의 이용 또한 공원, 수목 식재, 초지의 조성 및 체육시설의 설치로 제한되어 활용할 수밖에 없다. 따라서

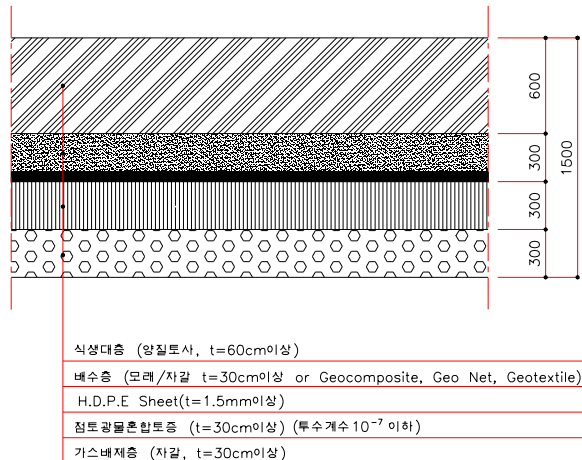
31) 자문: 건화엔지니어링 김만득 상무

사용 종료된 폐기물 매립장 활용을 위한 환경성 검토나 환경영향평가시에는 매립장 유형별, 사후관리 형태별로 구분하여 시행되어야 한다.

앞에서 언급한 바와 같이 사용 종료된 폐기물 매립장(이하 '종료 매립장'이라 함)에는 여러 종류의 유형이 있지만 여기서는 유기물과 무기물성분이 혼재되고 그 성상이 여러 가지로 구성되어 매립되고 국내에 가장 많이 존재하는 생활폐기물 매립장을 대상으로 사용 종료된 폐기물 매립장 활용을 위한 환경영향평가시 주요 고려 사항을 살펴보기로 한다. 참고로 사업장 폐기물, 지정폐기물은 유기물보다는 무기물이 대체로 많이 함유되어 있으며 이러한 매립장은 요즈음 주로 위생적으로 매립되고 있고 주변환경이나 사업대상물에 환경적으로 크게 영향을 미치는 부분이 적기 때문에 생활폐기물을 대상으로 하였다.

가) 생활폐기물 매립장(위생)

위생적으로 매립된 생활폐기물 매립장은 매립 종료 후 상부는 아래와 같이 최종복토를 시행한다.



<그림 8-2> 폐기물 매립시설의 최종복토사례

정상적으로 매립장이 운영되고 최종복토가 상기와 같이 시행되었다면 매립장 내부는 매립이 진행되는 동안 내부로의 우수 유입으로 폐기물의 혐기성 분해와 더불어 다량의 침출수(Leachate)와 매립가스(LFG)가 발생한다. 폐기물의 분해와 다짐 그리고 상재 하중의 증가에 따라 매립장 내부는 매립이 진행되면서 그리고 매립 종료 후에도 오랜 기간 동안 침하가 발생된다. 통상적으로 유기성 폐기물은 매립 후 10년 정도 지나면 어느 정도 분해가 완료되고 난분해성 폐기물은 몇 십년에 걸쳐 서서히 분해되기 때문에 매립장 침하에는 유기성 폐기물이 가장 큰 영향을 미친다. 즉 사후관리 20년 동안 어느 정도 큰 침하는 종결된다고 보면 된다.

따라서 종료 매립장 활용을 위한 환경영향평가는 사후관리 전과 후로 나누어 생각할 수 있고 사후관리기간이 지난 후에는 일반지역과 동일하게 판단하면 될 것 같다. 평가시 주요 고려사항은 아래와 같다.

- 폐기물 분해로 인한 매립지반 침하
 - 토지의 이용제한
 - 매립지 옹벽, 제방등 구조물에 대한 안정도 평가 필요
- 지속적인 침출수(Leachate)발생
 - 위생적으로 매립장이 조성되었지만 매립공사나 운영시의 부주의로 침출수 누출로 인한 지하수, 수계오염 위험 상존
 - 발생된 침출수 처리시설 운영 또는 처리시설로의 이송시 수질오염 가능성 검토
- 지속적인 매립가스(LFG) 발생
 - 발생 매립가스 포집, 이송, 처리시설의 적정설치 및 가동여부 검토
 - LFG 포집, 이송, 처리시설의 설치나 운영 부주의로 인한 대기질 오염 가능성 검토
 - 이때 공사시와 운영시로 구분하여 작업인부에 대한 위해 가능성 검토(LFG는 VOC성분 다량 함유로 흡입시 인체에 위해 요인 많음)
 - 매립장내나 인근의 수목은 LFG에 강한 수종 선택여부 검토
 - 악취성분 다량 함유되어 있는 LFG는 저기압시 영향이 커지므로 대기질 Modelling시 유의

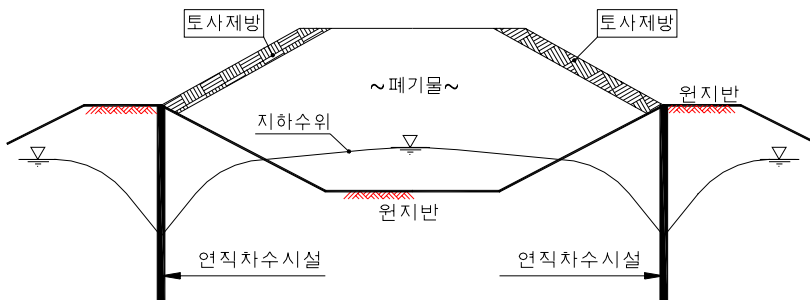
사후관리기간 경과 후 평가시 주요 고려사항은 아래와 같다.

- 구조물(주택, 건물등) 축조시 지하층이나 하부에는 반드시 환기공을 두어 잔여 LFG에 의한 폭발 위험성을 배제하는 것에 대한 검토
- 매립지 인근 지하수의 지속적인 모니터링 시행여부 검토(지하수 오염 여부 확인)

나) 생활폐기물 매립장 (비위생)

비위생매립장은 위생매립장과는 달리 매립장 하부에 별도의 차수시설이 없고 무계획적 Open Dumping된 시설로 국내에 약 1,000여 개 이상 존재한다. 따라서 매립이 진행되는 동안은 말할 것도 없고 매립이 종료된 후에도 많은 환경오염요인이 상존한다. 환경오염요인을 최소화하기 위해서 비위생매립지 정비사업이 실시되고 있고 정비사업이 어느 정도 진행된 곳은 위생 매립장 사후관리기간과 동일한 기간을 거치게 되면 타용도로 활용도 가능하다.

일반적인 비위생매립장 정비 후 상부 토질활용에 대한 평가시 유의해야 할 사항으로 단순화시켜 살펴보면 다음과 같다.



<그림 8-3> 비위생 매립지 정비사례

정비사업은 우선 미관상 보기에 좋지 않은 폐기물을 지반 정지 후 토사로 복토하는 작업과 매립장 내부에서 발생하는 침출수와 매립가스를 차집, 포집하여 외부로 처

리하고 지하수와 수계 오염을 막기 위해 연직 차수벽을 설치하고 제방의 안정성을 도모할 수 있도록 제방 보강 작업등으로 요약할 수 있다.

평가시 주요 고려사항은 아래와 같다.

- 폐기물 분해로 인한 매립지반 침하
 - 토지이용의 제한
 - 매립지 옹벽, 제방 등 구조물에 대한 안정도 평가 필요
- 지속적인 침출수(Leachate) 발생
 - 상부 최종복토층이 대부분 차수층이 없이 식생토층만 설치되어 있기 때문에 매립지 내부로의 우수유입으로 다량의 침출수가 발생되기 때문에 침출수 차집, 이송의 원활성 여부 검토
 - 침출수의 매립지 외부로의 누출방지를 위해 연직 차수벽을 설치하였지만 침출수 누출여부 확인 필요 → 매립지 인근에 지하수 감시정(Monitoring Well)의 정기적인 수질검사 필요
 - 침출수 처리시설의 적정 가동여부 및 처리시설의 이송시 누출로 인한 수질오염 가능성 검토
- 지속적인 매립가스(LFG) 발생
 - 발생매립가스 포집, 이송처리시설의 적성 설치 및 가동 여부 검토
 - LFG 포집, 이송 처리 시설의 설치나 운영 부주의로 인한 대기질 오염 가능성 검토
 - 상부에 가스 배제층과 차단시설이 없기 때문에 매립가스가 포집시설 이외에 복토면으로 어느 정도 누출이 예상되므로 인간, 동식물에 대한 위해성 여부 검토
 - 매립지 내와 인근의 수목은 LFG에 강한 수종 선택 여부 검토
 - 공사시와 운영시로 구분하여 악취등 대기질 Modelling에 유의
- 전반적인 환경위해 요인 검토
 - 비위생매립장의 활용에 따른 환경영향평가는 공원 및 체육시설 설치의 경우 매립가스(LFG)의 표면 누출로 인해 매립가스에 다량 함유되어 있는 VOC 성분이 인간이나 동물에 미치는 위해성에 대한 중점적 조사, 예측, 평가, 저감방안 수립

등으로 이루어진다.

- 식물 생태계에 대해서도 매립가스에 내성이 강한 수종을 식재하도록 대안을 설정해야 한다. 수목식재나 초지의 조성시에도 마찬가지이다.
- 특히 구조물 축조시에는 반드시 하부에 매립가스 포집관을 설치하여 CH_4 가스로 인한 폭발가능성(CH_4 가스농도 50% 이상시에는 폭발가능성 상존)과 VOC 성분에 의한 위해성을 사전에 예방할 수 있도록 매립가스 배제시설 설치 여부에 대한 검토 필요

이상 살펴본 바와 같이 사용 종료된 폐기물 매립장을 타용도로 사용하기 위해 환경영향평가를 수행할 때는 여타 시설이나 부지 여건과는 아주 판이한 특성을 감안하여 시행해야 한다. 지반의 지속인 침하, 내부지반에서의 지속적인 분해로 인한 침출수, 매립가스 발생 등 그 자체만으로도 환경에 분명 악영향을 미치는 것이 주지의 사실인데 그 상부를 타용도로 활용하기 위해서는 보다 광범위하고 세밀한 환경영향평가가 수행되어야 한다.

결론적으로 말하면, 폐기물이 완전히 분해되어 자연상태로 회귀하기 전이라도 사전에 제반 환경에 미칠 악영향을 조사하고 예측하여 적정한 저감방안 및 대안을 수립하여 다른 환경과 조화를 이룬다면 폐기물과 자연, 생활, 사회 경제환경이 서로 공존할 수 있을 것이다.

8.3 토의

환경영향평가의 폐기물 항목에서 주로 다루어지는 내용은 “사업의 시행으로 인해 공사시 및 운영시 발생하는 폐기물 발생량을 예측하고 주변 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 폐기물 관리계획을 수립”하는 것이며, 이외에도 폐기물처리시설 용량의 적정성검토 등이 주요 사안으로 다루어지고 있다. 본 연구에서는 1997년부터 한국환경정책·평가연구원에 검토 의뢰된 환경영향평가서의 작성현황을 조사하여 작성상의 문제점을 도출해내고 이를 개선하기 위한 방안을 제안하였다.

사업시행시 배출되는 폐기물발생량 산정을 위해서는 폐기물 배출원의 특성을 반영

할 수 있는 발생량산정방법이 정확하게 적용되어야 하며, 유사 또는 동일사업장에서의 폐기물발생원단위 조사 또한 필수적이다. 8.1절에서는 사업시행시 배출되는 폐기물발생량 산정방법 및 산정시의 주의점과 발생량 산정시 필수적으로 확보되어야 할 원단위 문헌을 소개하였다. 폐기물발생원단위 적용시 사용될 원단위의 적용범위 등을 제대로 파악하지 못해 폐기물발생량을 정확하게 산정하지 못하는 경우가 종종 있는데, 전체 연면적 대비 원단위를 용적률을 고려하지 않은 채 토지이용계획상의 사업면적만을 적용하여 폐기물 발생량을 산정하는 것이 하나의 예가 될 수 있을 것이다.

또한 다음과 같은 사항들이 폐기물처리계획 수립시의 주요 문제점으로 조사되었다.

- 폐기물처리계획의 타당성 검토 생략
- 수립된 폐기물 처리계획이 폐기물관련법(폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원 등에관한법률, 폐기물관리법 등)과 부합되는 지에 대한 검토 생략
- 막연한 폐기물처리계획 제시 등

이러한 주요 문제점을 개선하기 위해서는 환경영향평가서 작성시 다음과 같은 사항들이 충분히 검토되어야 할 것이다.
- 가장 최근에 조사된 유사 사업장에서의 세부 발생원별 원단위를 이용하여 운영시의 폐기물 발생량을 종류별·성상별로 예측
- 폐기물 발생량 산정시 사용된 원단위의 적정성 검토
- 다음 사항을 고려한 운영시 폐기물 처리계획 수립
 - 폐기물의 수거, 보관 및 운반계획 수립
 - 재활용가능폐기물의 분리 및 보관을 위한 시설 설치계획 수립
 - 음식물쓰레기 처리계획 수립
 - 오수정화시설에서 배출되는 슬러지 처리계획
 - 가연성 및 매립대상폐기물 처리계획 수립
 - 소형소각로 운영은 효과적 대기오염관리라는 측면에서 바람직하지 않으므로 사업장에서 배출되는 가연성폐기물을 위탁처리 등을 통하여 대형소각시설에 반입 처리하는 방안을 적극적으로 검토

- 수립된 폐기물 처리계획이 폐기물관련법(폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원등에관한법률 등)과 부합되는지에 대한 면밀한 검토

- 수립된 폐기물 처리계획의 실행 가능 여부에 대한 면밀한 검토

소각시설의 용량 적정성 검토는 소각시설의 환경영향평가지 주요 사안으로 소각시설 용량을 적정하게 산정하기 위해서 특별히 고려해야 할 주요 내용은 다음과 같다.

- 해당 지역의 폐기물발생, 처리현황, 사회·문화적 환경 등의 변화추이를 반영하여 폐기물 발생량이 예측되어야 함
- 해당 지역에 도농(都農) 복합적 특징이 있는지를 조사하고 이를 폐기물 발생량 산정시 고려하여야 함
- 해당 지역의 현재 소각률을 조사하고 향후 추이를 예측하여 소각시설의 용량 산정시 이를 반영하여야 함

또한 본 연구에서는 폐기물매립시설 조성시의 환경영향평가지 개선방안과 매립 종료된 폐기물 매립시설 활용을 위한 환경영향평가지 주요 고려사항들도 8.2.2.3에 제안하였다.

9. 소음·진동

급속한 생활수준의 향상과 도시화의 진전으로 교통기관, 건설공사장 등에서 발생하는 소음·진동이 증가함에 따라 국민의 정온한 생활환경이 악화되어 큰 사회문제로 대두되고 있다. 환경부의 「전국 주민의 소음인식도 여론조사 결과」³¹⁾에 따르면, 6개 도시 주민들의 32.2%가 소음·진동 문제를 가장 시급히 개선해야 할 환경문제로 설문에 응답하여 그 심각성을 대변해주고 있다.

이러한 문제는 각종 개발계획을 수립할 시에 소음·진동 환경을 고려하지 못한 결과라고 할 수 있다. 이를 다소나마 완화시킬 수 있는 환경영향평가 역시 작성지침서가 없는 실정이며, 현황조사 및 영향예측 등의 평가기법에 대한 연구가 미흡했다.

환경 소음·진동의 전달감쇠는 기하학적 확산효과, 공기·지면의 감쇠 및 반사 효과, 구조물 및 지형에 의한 반사 및 회절 효과 등의 다양한 현상에 의해 결정된다. 또한 이들 효과가 주파수 대역별로 달라지기 때문에 소음·진동 환경영향평가에 적용되는 예측방법 역시 발생원의 종류에 따라 국가 또는 관련 기관별로 달리 적용되고 있는 상황이고 공신력이 인정되는 표준화된 방법이 없는 실정이어서³²⁾, 뚜렷한 개선방안이 없는 경우가 많았다. 이러한 소음·진동의 특성으로 인하여 평가기법에 대한 많은 연구가 필요하며, 현행 법규 역시 합리적인 환경영향평가가 실시될 수 있도록 개선이 필요한 시점이다.

따라서, 본 연구에서는 소음·진동 항목에서 문제점으로 제기되었던 사항과 개선이 필요한 사항을 중심으로 합리적인 환경영향평가가 실시되기 위한 작성현황 및 문제점, 개선방안을 현황조사, 영향예측, 저감방안으로 나누어 제시하고자 한다.

9.1 현황조사

환경영향평가서에는 현황조사 후에 환경목표기준을 설정하도록 하고 있다. 여기서

31) 환경부. 2002. 「전국 주민의 소음인식도 여론조사결과」.

32) 조대승. 2001. "ISO 9613 방법에 기초한 옥외 환경소음의 예측". 「한국소음진동공학회 환경영향평가서 소음·진동문제와대책세미나」, p47.

는 소음·진동항목에 대한 현황조사와 환경목표기준을 현황 및 문제점과 개선방안으로 나누어 기술하였다.

9.1.1 현황 및 문제점

9.1.1.1 현황조사

소음·진동 현황조사는 「환경영향평가서작성등에관한규정」³³⁾에 준하여 피해예상지역을 중심으로 소음·진동공정시험방법에 의거 정확히 측정하고, 그 측정결과를 각 기준과 비교하여 적합성을 평가하고 있다. 피해예상지역은 사업특성을 고려하여 공사시, 발파시, 운영시 각각 영향이 미칠 수 있는 범위로 설정하고 법규에 상응하는 대상지역의 구분을 명기하여 작성하고 있다. 추가로 피해예상지역의 지형특성, 구조물 형태 및 주민의견 등을 고려하여 소음·진동 저감시설 설치의 가능 여부를 파악하여야 한다.

사업시행으로 인한 환경적인 영향을 정확하게 예측하기 위해서는 철저한 현황조사가 이루어져야 하지만 지형조건과 수음점 조건, 계획사업만을 파악하기 때문에 민원이 제기될 경우 합리적이고 효과적으로 대처하지 못하는 경우가 발생하고 있다. 또한 단순히 소음·진동을 측정하여 기준과 비교하는 수준에서 마무리되는 경우가 많고 주민의견 수렴도 형식적으로 행해지고 있는 실정이다.

9.1.1.2 환경목표기준

현황조사 후에 공사시, 발파시 및 운영시의 평가기준인 소음·진동 환경목표를 피해예상 대상별(인체, 구조물, 가축 등)로 설정하도록 하고 있다.

현행 환경영향평가에서는 일반적으로 소음환경기준을 적용하여 평가서 작성 및 검토가 이루어지고 있으며, 철도소음·진동 및 항공기소음의 경우 한도를 기준으로 하며, 건설작업소음·진동은 생활소음·진동 규제기준을 적용하고 있다(표 9-1). 발파소음·진동은 생활소음·진동 규제기준, 노동부 발파작업 표준안전 작업지침³⁴⁾(표 9-2)

33) 환경부. 2001. 「환경영향평가서작성등에관한규정(고시 제2001-7호)」.

및 다양한 참고문헌의 내용을 비교·분석하여 환경목표를 설정하고 있다.

<표 9-1> 환경목표 기준 적용

구분	환경목표 기준	비 고
공사시	생활소음·진동규제기준	소음·진동규제법 시행규칙 별표7의2
발파시	생활소음·진동규제기준 피해판단기준으로서의 기준 (인체, 구조물, 가축 등)	소음·진동규제법 시행규칙 별표7의2 국내·외 자료
운영시	소음환경기준 교통소음·진동한도(도로 및 철도) 항공기소음한도 공장소음·진동 배출허용기준	환경정책기본법 시행령 별표1 소음·진동규제법 시행규칙 별표10 소음·진동규제법 시행령 제10조의 2 소음·진동규제법 시행규칙 별표4

<표 9-2> 노동부 발파작업 표준안전 작업지침

구 분	1	2	3	4
건물구분	문화재	주택, 아파트 (실금이 나타나 있는 정도)	상 가 (금이 없는 상태)	철근콘크리트 빌딩 및 공장
건물기초에서의 허용진동치(cm/sec)	0.2	0.5	1.0	1.0~4.0

철도(특히, 고속전철)소음, 항공기소음 및 건설작업소음에 대한 소음환경기준이 확정되지 않아 소음문제를 감안한 영향예측 및 저감방안에 어려움을 겪고 있다³⁴⁾. 도로 교통소음은 소음환경기준을 적용하고 있으나 철도소음, 항공기소음 및 건설작업소음은 소음환경기준에서 제외하도록 되어 있어, 환경목표를 한도 및 규제기준에 적용시킬 수밖에 없는 실정이다.

현행 국내에 제정되어 있는 소음·진동 규제기준 등은 그 기준이 인체의 피해를

34) 노동부. 1994. 「발파작업 표준안전 작업지침(고시 제1994-26호)」.

35) 나희승. 2001. “고속철도 환경영향평가서 소음평가 및 시험”. 「한국소음진동공학회 2001년도 환경영향평가서소음·진동문제와대책세미나」, p42.

대상으로 한 것으로써 소음·진동에 훨씬 민감한 가축에 적용될 수 없는 형편이며, 건축물 등 재산 피해의 기초가 되는 영향기준으로써 효과적인 역할을 다하지 못하고 있다. 특히 발파소음·진동은 충격성이 크고 피해범위가 넓기 때문에 사람 이외에 가축의 생육과 구조물에 큰 영향을 미침에도 불구하고, 허용기준이 없어서 생활소음·진동 규제기준의 공사장 기준에 준하여 적용하고 있다. 발파진동은 노동부 고시 제 1994-26호인 「발파작업 표준안전지침」 상에 발파작업에서의 진동 및 파손의 우려가 있을 때 준용할 수 있는 작업지침만이 있을 뿐, 환경진동 측면에서의 발파진동을 규제 및 관리할 수 있는 제도적 장치가 미약한 실정이다.

여기에서는 발파진동으로 인한 국내·외 피해판단기준들을 구조물 및 인체에 대한 영향과 가축에 대한 영향으로 나누어 정리하였다. 허용기준이 설정되기까지는 다음의 여러 기준들을 활용하여 적합한 환경목표 기준을 적용하여야 할 것이다.

9.1.1.2.1 구조물 및 인체에 대한 영향

중앙환경분쟁조정위원회에서는 구조물에 대한 피해판단기준으로서 진동허용 기준을 최대진동속도의 벡터합(Peak Vector Sum, PVS)으로 채택하였다. 이를 주파수 대역 10Hz 이하, 10~40Hz, 40Hz 이상으로 구분하고 건축물의 민감도에 따라 4등급으로 분류하여 <표 9-3>과 같이 제시하였다³⁶⁾.

36) 중앙환경분쟁조정위원회. 1996. 「진동으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정방법에 관한 연구」. p151.

<표 9-3> 건축물의 진동허용 기준(안)

민감도 등급	대상건물	진동속도(mm/s)		
		주파수 대역		
		< 10Hz	10~40Hz	> 40Hz
I	공업지역 및 상업지역의 철근 콘크리트조의 산업용과 상업용 건물	15	15~45	45~50
II	주거지역의 콘크리트, 벽돌조의 주거건물	10	10~25	25~30
III	조적조 시멘트 블록조의 주거건물 학교, 종교시설, 병원건물	5	5~15	15~20
IV	III등급의 건물이 개축된 건물 역사적 보존건물	2.5	2.5~7.5	7.5~10

주 : 1) 민감도에서 보통인 III등급을 기준으로 I 등급은 3배까지에 해당하는 값, IV등급은 1/2 수준에 해당하는 값임.

2) 기준값 5~15mm/sec (주 주파수에 따라 기준값이 정해짐)는 ISRM의 하한선 한계인 12mm/sec를 근거로 함.

3) 상한선 한계는 DIN, ISRM 및 Esteves의 상한폭을 근거로 함.

4) 이 기준값은 건축물이 노후도 등급 A에 속할 때임. 노후도 B, C 또는 그 이하의 건축물 상태인 경우에 대하여는 추후 검증과정에서 조정되어야 할 것임.

5) 이 기준값은 각 방향성분 중 최대 값을 의미하며 순간적인 충격진동에 대한 기준값임.

6) 이 기준값은 건축물의 기초지반에서 측정된 것으로 하며 건축물 내 최상층에서 측정할 경우 40Hz에 해당하는 값을 기준값으로 할 것을 제안하며 추후 검증과정에서 조정되어야 할 것임.

또한 중앙환경분쟁조정위원회에서는 ‘연속진동에 대한 인체의 피해 판정기준(안)’을 <표 9-4>와 같이 제시하였다. 인체에 대한 진동 피해기준으로 쾌적기준을 초과하는 수준의 경우 극히 민감한 사람은 정신적 피해 발생의 가능성이 있는 것으로 판정(A)하였으며, 피로기준을 초과하는 경우에는 일반적으로 정신적 피해 발생이 있는 것으로 판정(B)하였다. 또한 노출한계를 초과한 경우에는 정신적 피해가 심각한 것으로 판정(C)하였다. 따라서 연속진동과 인체 피해여부와의 인과관계가 인정되는 기준을 B기준으로 하는 것이 타당할 것이다³⁷⁾.

37) 중앙환경분쟁조정위원회. 1996. 「진동으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정방법에 관한 연구」. pp.212-214.

<표 9-4> 연속진동에 대한 인체의 피해 판정기준(안)

장소	시간	만족기준 A		피해판정기준 B		기준 C	
		진동레벨 (dB(V))	진동속도 (mm/s)	진동레벨 (dB(V))	진동속도 (mm/s)	진동레벨 (dB(V))	진동속도 (mm/s)
특수지역 (병원수술실등)	낮 밤	54	0.1	-	-	-	-
거주지	낮	63	0.4	73	1.3	79	2.5
	밤	57	0.2	67	0.6	73	1.3
사무실	낮 밤	66	0.6	76	1.8	82	3.6
공 장	낮 밤	72	1.1	82	3.6	88	7.0

주 : 진동주파수는 8Hz 이상으로 되어 있고, 그 이하의 진동에 대해서는 주파수별 보정이 필요하므로 표에 의거하여 별도 계산이 필요.

한편, 충격진동에 대해서는 DIN 4150 part 2³⁸⁾의 기준값과 대비하여 3dB과 8dB의 폭을 갖는 피해인정 기준 B 및 기준 C를 제안하였으며, 이 방식으로 산정한 충격진동의 기준안은 <표 9-5>와 같다.

<표 9-5> 충격진동에 대한 인체의 피해 판정기준(안)

장소	시간	만족기준 A		피해판정기준 B		기준 C	
		진동레벨 dB(V)	진동속도 mm/s	진동레벨 dB(V)	진동속도 mm/s	진동레벨 dB(V)	진동속도 mm/s
거주지	낮	83	4	86	5.6	91	10
사무실	낮	90	9	93	12.5	98	22
공 장	낮	93	12	97	20.0	101	32

주 : 야간에는 건설진동 발생을 원칙적으로 배제함.

38) DIN 4150 Teil 2. 1992. "Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden".

서울지하철공사 3, 4호선 건설당시 설정한 기준과 한국토지공사에서의 발파진동 허용기준치 설정(안)은 <표 9-6>과 같다. 건물의 고유주파수가 일반적으로 30Hz 이하이고, 저주파의 진동은 건물의 고유주파수와 공명을 일으켜 건물에 더욱 큰 피해를 유발할 가능성이 크므로 한국토지공사에서는 30Hz를 기준으로 하여 그 이하에서는 허용기준치를 감소시켰다³⁹⁾.

<표 9-6> 서울지하철공사 및 한국토지공사에서 제안한 발파진동 허용 기준치

건축물의 종류	허용진동치(cm/sec)		
	서울 지하철공사	한국토지공사(안)	
		30Hz이상	30Hz이하
유적이나 고적 등의 문화재	0.2	0.2	0.2
결함이 있는 건물, 빌딩이나 균열이 있는 저택 (주택, 아파트)	0.5	0.5	0.4
균열이 있고 결함이 있는 빌딩 (상가)	1.0	1.0	0.8
회벽이 없는 공업용 콘크리트 구조물 (무근콘크리트 빌딩 및 공장)	1.0~4.0	1.0~4.0	0.8~2.0

주 : 픽업(Pick up) 위치를 해당건물의 외부마당(Ground)에 설치함을 기준으로 한다.

독일에서는 다음 <표 9-7>과 같이 평가기준을 설정하였으며⁴⁰⁾, 국가적 기준으로 많이 사용하고 있다. 이 기준은 건물의 기둥이나 보 등의 변형률에 기인하는 진동속도에 의해 건물구조별 해당 건물의 기초와 최상층의 주파수 대역별 허용진동속도(mm/sec)를 정의하여 충격진동에 대하여 평가한 것이다. 국내의 지하철공사시 적용된 허용진동기준은 1970년도 DIN 4150 Part 3을 인용한 것으로 알려져 있다.

39) 한국토지공사. 1993. 「암발파 설계기법에 관한 연구」. pp.269-272.

40) DIN 4150 Teil 3. 1986. "Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf bauliche Anlagen".

<표 9-7> 구조물 손상가능성 발파진동 평가기준

종 별	구조물 종류	진동속도(mm/sec)			
		구조물 기초 ¹⁾ (Hz)			구조물 최상부층 바닥평면 ²⁾
		< 10	10~50	50~100	주파수복합
1종	상업/산업용 건물 : 사무실/공장건물	20	20~40	40~50	40
2종	주거용 건물 : 단독주택,연립,복합주택,아파트	5	5~15	15~20	15
3종	진동에민 구조물 : 노후건물,문화재급구조물	3	3~8	8~10	8

주 : 100Hz 이상의 주파수에는 100Hz에 준한 값을 최소한의 기준값으로 한다.

- 1) 지하실 최저층의 최외벽 벽체를 기준하고 벽체 하단의 기초나 벽체 내부 또는 벽체의 우묵한 곳을 택한다. 지하실이 없는 경우는 건물외곽 벽체의 지면에 가까운 하단부를 기준 하되, 지표면에서 50cm 이상 떨어지지 않은 지점으로 해야한다.
- 2) 수평(X, Y방향) 진동성분의 측정위치는 건물 최외측 벽면, 석조 외장부의 내부 또는 이에 가능한 가까운 지점으로 한다.

<표 9-8>은 진동속도에 따른 건물 피해정도에 대한 각국의 비교치를 나타낸 것으로 이 표에 따르면 진동속도 0.5cm/sec 이하에서는 각국 모두 구조물에는 피해가 없는 것으로 규정하고 있다⁴¹⁾.

<표 9-9>는 발파진동과 피해수준을 나타낸 것으로써⁴²⁾, 발파진동의 입자속도가 0.05cm/sec이면 많은 사람들이 진동을 감지하게 되며, 0.5cm/sec이면 사람들은 건물이 무너질 듯한 느낌을 받지만 실제로 건축물에는 피해가 발생하지 않는다.

41) 김재수. 2000. “건설소음·진동의 특성과 실태”. 「한국소음진동공학회2000년도 건축물의소음·진동 제어에관한세미나」, p49.

42) 동아건설산업주식회사. 1993. 「현장기술지도서(건설현장관리-소음진동)」.

<표 9-8> 진동속도에 따른 건물 피해정도 비교

진동치 (cm/s)	Sweden	Canada	U.S.A.	Germany	ASCE
40이상	큰 균열이 발생	피해 발생	큰 균열이 발생 (피해발생)	큰 피해 발생	구조물 위험
30	균열이 발생		가벼운 피해		
15	미세한 균열				
10	요주의	요주의	요주의	피해 발생	10Hz, 35Hz의 구조물 주의
5	눈에 보이는 피해 없음				
1		안전	안전	극히 가벼운 피해 요주의	10Hz, 35Hz의 기계 안전한계
0.5					
0.2	인체에는 잘 느껴지나 구조물에는 피해 없음				
0.04	일반적으로 많은 사람이 진동을 느낌				
0.01	대단히 민감한 사람만이 진동을 느낌				
0.005이하	인체에 감각이 없다				

<표 9-9> 발파진동과 피해수준

진동속도 (cm/sec)	50.0	건물에 큰 피해가 일어난다.
		건물에 균열이 생긴다.
	10.0	건물에 가벼운 피해가 일어난다.
	5.0	건물에 극히 가벼운 피해가 생긴다.
	1.0	(건물이 무너질 듯한 느낌을 사람이 받는다.)
	0.5	인체는 심하게 느끼나 건물에는 피해가 없다.
	0.2	
	0.1	일반적으로 많은 사람이 진동을 느낀다.
	0.05	매우 민감한 사람이 진동을 느낀다.
	0.01	
	0.005	인체가 느낄 수 없다.

<표 9-10>은 진동량 추정 및 진동가속도레벨에 따른 영향⁴³⁾을 정리한 것이다.

<표 9-10> 진동량 추정 및 진동가속도레벨에 따른 영향

진 도	명 칭	최대 진동 가속도(cm/s^2)	진동속도 (mm/s)	진동가속도 레벨(dB(V))	피해 손상의 상황
0	무감	0.8 이하	0.13	55dB이하	인체 무감, 지진계 기록
I	미진	0.8~2.5	0.13~0.4	55~65	정지해 있는 사람이나, 지진에 특히 민감한 사람만이 느끼는 정도
II	경진	2.5~8	0.4~1.3	65~75	많은 사람이 느끼는 정도의 것이므로 집의 미닫이가 약간 움직이는 것을 알 정도
III	약진	8~25	1.3~4.0	75~85	집이 흔들리고, 미닫이가 덜덜덜 소리 내며 움직이고, 전등이 흔들리고, 그릇의 수면이 움직이는 것을 알 정도
IV	중진	25~80	4.0~13	85~95	집의 동요가 심하고, 안정감이 좋지 않은 꽃병 등이 쓰러지고, 그릇의 물이 넘치고, 걸고 있는 사람에게도 느껴지고, 많은 사람이 집밖으로 피신하는 정도
V	강진	80~250	13~40	95~105	벽이 갈라지고, 묘비·석등 탑이 넘어지고, 굴뚝·돌담이 파손되는 정도
VI	열진	250~400	40 이상	105~110	집이 무너지는 것이 30% 이하이고, 산이 붕괴되고, 땅이 갈라지는 현상이 나타나고, 많은 사람들이 서 있는 것이 불가능한 정도
VII	격진	400 이상		110 이상	집이 무너지는 것이 30% 이상에 이르고, 산이 붕괴되고, 단층 등이 생김

주: 기상청 진도 등급에 진동속도, 진동레벨을 대응시킨 것.

9.1.1.2.2 가축에 대한 영향

소음·진동 수준에 따른 가축의 피해유발 정도는 지반, 지질상태, 입지여건, 평상시 생활소음·진동도, 축종, 사양관리 형태, 축군 및 개체별 건강상태, 소음·진동 반복 주기, 노출시간, 주야간, 조석별, 기상상태, 피해유발 물체의 가시여부 등에 따라 현저한 차이가 있다. 또한 소음·진동이 동시에 발생되었을 때에는 개별 요인의 경우보다 피해가 증가되며, 야간 작업시 강한 조명등이나 차량 전조등 등의 영향과 병행될 경

43) 日本環境技術研究會, 1978.

우에는 피해가 가중되는 것으로 보고되었다⁴⁴⁾. 미국의 경우에는 권장 기준을 설정하고 있는데, 미국 연방연합위원회는 가축사육지역의 소음수준을 65~75dB 이하로 유지하도록 권고하고 있다⁴⁵⁾.

가축에 대한 소음·진동의 피해 판단기준을 제시하기 위하여 중앙환경분쟁조정위원회의 자료를 인용하여 살펴보면, 가축의 진동에 대한 피해사례는 많이 발생하였지만 병리학적 인과관계가 분명히 밝혀진 것은 없고 문헌보고 사례에 따라 인과 관계가 있었을 것으로 추정하는 경우가 대부분이므로, 어느 정도의 소음·진동레벨이 어느 정도의 피해를 발생시킨다는 구체적인 사례는 없다. 따라서 문헌의 보고사례와 암소음 및 암진동의 측정자료로부터 피해발생의 가능성이 있는 기준을 축종별로 <표 9-11>과 같이 제안하였다. <표 9-11>에 의하면 소음·진동레벨이 70dB(A 또는 V)에서 가축에 대한 피해를 인정한 사례가 있으므로 이러한 사례들을 중심으로 면밀히 검토한 후 축종별 피해기준의 정립이 필요할 것으로 생각된다.

<표 9-11> 축종별 권고기준(안)

가축종류	권고기준 ¹⁾		암소음 ²⁾ dB(A)		암진동 ²⁾ dB(V)	
	소음 (dB(A))	진동 (dB(V))	L _{eq}	L _{max}	L ₁₀	L _{max}
소	70이하	70이하	69	77	30	52
돼지	70이하	70이하	75	86	27	68
닭	70이하	70이하	70	78	67	74
사슴	70이하	-	69	85	29	83

주 : 1) 낮시간대의 기준임, 야간에는 건설 소음·진동의 발생을 원칙적으로 배제함

2) 암소음, 암진동이 대단히 낮은 경우에는 세심한 관찰이 요구됨

자료 : 중앙환경분쟁조정위원회. 1996. 「진동으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정방법에 관한 연구」. p.247.

44) 정갑철. 2000. “건설공사장 소음방지 대책”. 「한국소음진동공학회창립10주년기념소음진동학술대회 논문집」, pp.940-948.

45) 양형식. 1997. “암 발파에서의 소음·진동 규제기준과 저감 방안”. 「한국소음진동공학회 건설공사장 소음·진동저감방안세미나」, p.53.

<표 9-12> 진동이 동물에 미치는 영향

대상 동물	진동의 종류	영향의 개요	비고
소	발파진동	0.1~0.24cm/sec에서 소의 유산·사산이 확인됨.	현도공단 조성시
돼지	충격성 진동 (발파, 항타 등)	소보다 소음진동에 더욱 민감. 한 마리가 놀라면 모두 따라 놀라 이리저리 몰려다님.	-
월동기 꿀벌	차량, 경운기 진동, 발파진동	진동이 월동기 꿀벌에 피해가 큼. 0.01~0.04cm/sec 이상의 진동은 폐사의 원인이 될 수 있음.	양봉계지 1990.2
닭	기차진동 등	철도로부터 25~200m 떨어진 위치에 있는 5개소 양계장에서 산란율이 65~75%임. (일반적 양계장의 산란율은 85%임)	-

자료 : 한국소음·진동공학회. 1999. 「도심지 환경소음·진동 저감대책 세미나」.

<표 9-13>은 국내 건설공사에 의한 소음 피해지역에 대한 장기적인 조사 자료를 통계·분석하여 얻은 결과를 요약한 것이다. 소음도 구간 60~70dB에서의 피해발생은 평상시 소음도가 낮은 지역에서 공사가 시작될 때 갑작스러운 충격음 등에 의해서 나타나는 극히 제한적인 경우이며, 일반 소음도가 높은 지역에서는 거의 관찰되지 않는다. 이 자료를 실제 피해현장에 적용할 때에는 여러 가지 현장요인들을 복합적으로 고려해야 하며, 수의, 축산, 소음·진동 전문가가 공동 참여하여 관련된 여러 인자들의 가중치와 우선 순위를 고려하여 실제 피해량을 결정해야 할 것이다.

<표 9-13> 소음에 의한 축종별 예상 피해 발생률

현황		dB	60~70	70~80	80~90	비고
젖소	유생산성저하		10~20%	30%이상	40%이상	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	유·사산		5~10%	10~20%	30%이상	
	번식효율저하		5~10%	10~20%	30%이상	
	폐사율증가		5~10%	5~10%	10~20%	
한우	유·사산		0~5%	5~10%	10~20%	
	번식효율저하		5~10%	10~20%	30%이상	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	폐사율증가		0~5%	5~10%	10~20%	
돼지	유·사산		5~10%	10~20%	30%이상	
	자돈압사, 폐사		5~10%	10~20%	30%이상	
	산자수감소		5~10%	10~20%	30%이상	
	번식효율저하		5~10%	10~20%	30%이상	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	모돈폐사			5~10%	10~20%	
닭	산란율저하		5~10%	10~20%	30%이상	기러기, 꿩 등 야생 조류는 닭보다 피해율이 높음
	이상란율증가		5~10%	10~20%	30%이상	
	수정란율저하		5~10%	10~20%	30%이상	
	폐사율증가		5~10%	10~20%	30%이상	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
개	유·사산		0~5%	5~10%	10~20%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우 임
	자견폐사		0~5%	5~10%	10~20%	
	번식효율저하		0~5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	산자수감소		0~5%	5~10%	10~20%	
사슴	유·사산		0~10%	10~20%	30%이상	인과요인이 번식계절에 가해질 경우 임
	수태율저하		0~5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	녹용생산성저하		0~10%	10~20%	30%이상	
	폐사율증가		0~5%	5~10%	10~20%	
곰	유·사산		5~10%	10~20%	30%이상	인과요인이 번식계절에 가해질 경우 임
	수태율저하		0~5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		5~10%	5~10%	30%이상	
	폐사율증가			5~10%	10~20%	
	산자수감소			0~5%	5~10%	
염소	쌍자율감소		0~5%	5~10%	10~20%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우 임
	수태율저하		0~5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		5~10%	5~10%	10~20%	
	폐사율증가			5~10%	10~20%	

자료 : 황우석, 1997. 「건설공사에 의한 가축피해 및 구제방안」. pp.33-34.

<표 9-14> 진동에 의한 축종별 예상 피해 발생률

kine 현황		0.02~0.05	0.05~0.1	0.1~0.5	0.5~1.0	비고
젖소	유생산성저하	10~20%	30~40%	30~40%	40%이상	
	성장지연	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	
	유·사산	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	번식효율저하	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	폐사율증가	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	
한우	유·사산	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	번식효율저하	0~5%	5~10%	10~20%	30~40%	
	성장지연	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	
	폐사율증가	0~5%	0~5%	10~20%	30~40%	
돼지	유·사산	10~20%	30~40%	30~40%	40%이상	
	자돈압사, 폐사	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	산자수감소	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	번식효율저하	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	
	성장지연	5~10%	10~20%	30~40%	30~40%	
닭	산란율저하	10~20%	30~40%	30~40%	40%이상	
	이상란율증가	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	수정란율저하	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	성장지연	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	
개	유·사산	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	인과요인이 변 식계절에 가해 질 경우임
	자견폐사	5~10%	5~10%	30~40%	40%이상	
	번식효율저하	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	
	성장지연	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	
	산자수감소	0~5%	5~10%	10~20%	30~40%	

자료 : 황우석, 1997. 「건설공사에 의한 가축피해 및 구제방안」. pp.35-36.

<표 9-15> 건설소음과 가축피해의 관계

소음도 (dB(A))	축종	피 해 정 도
50~60	젖소	• 유생산성저하(+), 성장지연(±)
	돼지	• 유 · 사산(±), 자돈폐사(±), 산자수감소(±)
	닭	• 산란율저하(+), 이상란율저하(±), 수정란율저하(±)
60~70	젖소	• 유 · 사산(+), 유생산성저하(++), 번식효율저하(+), 성장지연(+), 폐사율증가(±)
	한우	• 유 · 사산(±), 번식효율저하(+), 성장지연(+), 폐사율증가(±)
	돼지	• 유 · 사산(+), 자돈압사 · 폐사(+), 번식효율저하(+), 성장지연(+)
	닭	• 폐사율증가(+), 산란율저하(+), 이상란율증가(+), 수정란율저하(+), 성장지연(+)
	개	• 유 · 사산(±), 자견폐사(±), 번식효율저하(±), 성장지연(+), 산자수감소(±)
	사슴	• 유 · 사산(±), 수태율저하(±), 성장지연(+), 녹용생산성저하(+), 폐사율증가(±)
	곰 염소	• 유 · 사산(+), 수태율저하(±), 성장지연(+), 질병이환율증가(+) • 쌍자율감소(±), 수태율저하(±), 성장지연(+), 폐사율증가(+)
70~80	젖소	• 유 · 사산(++), 유생산성저하(+++), 번식효율저하(++), 성장지연(++), 폐사율증가(+)
	한우	• 유 · 사산(+), 번식효율저하(++), 성장지연(++), 폐사율증가(+)
	돼지	• 유 · 사산(++), 자돈압사 · 폐사(++), 산자수감소(++), 번식효율저하(++), 모돈폐사(+), 성장지연(+)
	닭	• 폐사율증가(++), 산란율저하(++), 이상란율증가(++), 수정란율저하(++), 성장지연(++)
	개	• 유 · 사산(+), 폐사율증가(+), 번식효율저하(+), 성장지연(++), 산자수감소(+)
	사슴	• 유 · 사산(++), 수태율저하(+), 성장지연(++), 녹용생산성저하(++), 폐사율증가(+)
	곰 염소	• 유 · 사산(++), 수태율저하(+), 성장지연(+), 폐사율증가(+), 산자수감소(±) • 쌍자율감소(+), 수태율저하(+), 성장지연(+), 폐사율증가(+)

(계속)

소음도 (dBA)	축종	피 해 정 도
80~90	젓소	• 유·사산(+++), 유생산성저하(++++), 번식효율저하(+++), 성장지연(+++), 폐사율증가(++)
	한우	• 유·사산(++), 번식효율저하(+++), 성장지연(+++), 폐사율증가(++)
	돼지	• 유·사산(+++), 자돈압사·폐사(+++), 산자수감소(+++), 번식효율저하(+++), 모돈폐사(++), 성장지연(+++)
	닭	• 폐사율증가(+++), 산란율저하(+++), 이상란율증가(+++), 수정란율저하(+++), 성장지연(+++)
	개	• 유·사산(++), 폐사율증가(++), 번식효율저하(++), 성장지연(+++), 산자수감소(++)
	사슴	• 유·사산(+++), 수태율저하(++), 성장지연(+++), 녹용생산성저하(+++), 폐사율증가(++)
	곰	• 유·사산(+++), 수태율저하(++), 성장지연(+++), 폐사율증가(++), 산자수감소(+)
	염소	• 쌍자율감소(++), 수태율저하(++), 성장지연(++), 폐사율증가(++)

주 : 1. $\pm$: 0~5%, + : 5~10%, ++ : 10~20%, +++ : 30~40%, ++++ : 40%이상

2. 기러기, 꿩 등 야생조류는 닭보다 피해율이 높음

3. 사슴, 개, 염소, 곰은 인과요인이 번식계절에 가해질 경우임

4. 진동도와 혼합되지 않는 성적임

자료 : 황우석. 1997. “건설공사에 의한 가축피해 및 구제방안”. 「월간축산인」 1997년 7월호.

9.1.2 개선방안

9.1.2.1 현황조사

사업시행으로 인한 환경적인 영향을 정확하게 예측하기 위해서는 현황조사를 철저히 하여야 하며 어떤 상황에서도 합리적이고 효과적인 방법으로 해결책을 강구해야 할 것이다. 즉 공사단계 및 운영단계에서 민원이 제기될 수 있는 모든 것을 포함하여야 하며, 소음피해지역의 제 상황과 지형 등 물리적인 현황 이외에 대 주민 설문을 시행하여 현장조사가 마무리되어야 한다. 단순 측정 외에 과거 문제시된 소음·진동의 사안들을 주민과의 대화를 통하여 자세히 기록함으로써 향후 대책 강구시에 자료

로 활용하여야 할 것이다.

현행 소음·진동의 작성규정은 소음 및 진동항목을 구분하여 기술하는 것을 원칙으로 하지만 사업의 특성에 따라 효율적인 측면에서 병행하여 기술하여도 상관없을 것이다. 그리고 조사지점의 경우 예측지점, 사후환경영향조사지점과 연계시킴으로써 현황자료, 예측자료, 실측자료 등의 유의한 자료를 얻을 수 있을 것이다. 또한 누적평가가 요구되는 곳은 현황 조사지점으로 선정하여 향후 예측시 현황(암소음, 암진동) 자료로 활용하는 것이 바람직할 것이다.

9.1.2.2 환경목표기준

현재의 진동레벨은 사업시행으로 인한 구조물에 대한 피해판단기준의 척도로서 적당하지 않으므로, 인체를 고려하여 마련된 진동규제기준과는 별도로 진동속도를 척도로 사용하여 주파수 대역을 고려한 새로운 기준안이나 관리지침을 마련하여야 할 것이다⁴⁶⁾. 외국의 발파진동 허용기준치를 보면 주파수를 기준(오스트리아 15Hz, 영국 12Hz, 스위스 60Hz)으로 기준치를 달리하고 있는 경우가 많고, 진동주파수가 낮을 때는 좀 더 엄격한 기준을 적용하고 있다. 일반적으로 건물의 고유주파수는 5~20Hz 이므로 오히려 저주파수의 발파진동에 의해 건물이 공명을 일으키게 된다. 따라서 진동이 저주파 진동일 경우에 지반을 통과하는 파의 에너지의 대부분이 구조물의 진동을 확대시키는 에너지로 흡수되기 때문에 저주파수의 발파진동이 더욱 위험하므로⁴⁷⁾⁴⁸⁾, 발파진동의 허용기준 제정시는 주파수도 고려되어야 할 것이다⁴⁹⁾.

그리고, 현재 소음환경기준이 없는 철도소음, 항공기소음 및 건설작업소음에 대해서도 행정목표치인 환경기준을 마련하여야 할 것이며⁵⁰⁾, 발파소음·진동과 함께 새

46) 환경부. 2001. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」. p.85.

47) 우제윤. 1993. "우리나라 지반진동 허용기준의 제정 및 적용에 관한 제안(I) : 구조물". 「한국지반공학회 학술발표집(지반진동영향평가지반진동위원회 제2집)」.

48) 나진균 외. 1995. 「환경진동의 저감대책에 관한 조사연구(I)」. 국립환경연구원, p.64.

49) 이흥기 외. 1997. "고정밀장비의 진동허용규제치치 사양에 관한 연구". 「한국소음진동공학회 1997년도 춘계학술대회논문집」, pp.362-369.

50) 김명재 외. 2001. "철도소음 환경기준 설정을 위한 기초적 연구". 「한국소음진동공학회 2001년도 추계학술대회논문집」, pp.707-710.

로운 기준 적용에 따른 세부지침 및 공정시험방법의 개정이 필요할 것이다.

또한, 환경기준은 전용주거지역, 일반주거지역, 상업지역, 공업지역으로 구분되어 정해져 있으나 학교지역이나 병원지역 등 국토이용관리법상 혹은 도시계획법상 지역 구분을 구체적으로 세분화하여 정온을 요하는 시설이나 지역에 대한 기준을 폭넓게 설정하여 법제화시켜야 할 것이다⁵¹⁾.

9.2 영향예측

9.2.1 현황 및 문제점

사업·지역특성에 따라 적합한 예측식을 선정하여 일반공사시, 발파공사시, 운영시로 나누어 피해예상지역별로 영향예측을 실시하며 환경목표와의 만족여부를 파악하고 있다.

여기서는 공신력이 인정되고 현재 많이 사용하고 있는 대표적인 예측식을 기술하였으며, 실제 평가시에는 사업특성과 현장특성을 고려한 최적의 예측식을 선정하여야 할 것이다.

9.2.1.1 일반공사시 영향예측

일반공사시 영향예측은 피해예상지역별, 공종별로 전공종에 대하여 예측·평가하며, 부대작업장까지 포함되도록 하고 있다.

항타기계는 건설기계 중에서 가장 높은 소음·진동도를 보이는 장비로서 7m 떨어진 거리에서 107dB(A) 까지의 평균소음도를 발생⁵²⁾시키고 있기 때문에 이런 항타공정이 있는 경우 다양한 문헌을 통해 별도로 예측하는 것이 바람직할 것이다.

현재 예측식으로는 거리감쇠식 및 합성식⁵³⁾이 많이 이용되는데 공사시 투입되는

51) 환경부. 2001. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」. p.106.

52) 조창근, 김하근. 1997. 「건설공사장 소음·진동 국내 현황 및 문제」. 한국소음진동공학회 건설공사장 소음·진동 저감 방안 세미나, p.70.

53) 정일록. 1997. 「소음·진동학」. 신광출판사, pp.56-59.

각 장비별, 거리별 소음도 및 진동레벨을 토대로 현지 공사여건을 모의 설정하여 주요장비 투입에 따른 각 공종별 합성소음도 및 합성진동레벨을 산출한 후, 거리감쇠식을 이용하여 이격거리에 따른 공종별 소음 및 진동을 예측하고 있다. 자료 인용시에는 가능한 공인된 자료 및 최근 자료를 인용하여 가장 적당한 제원의 장비 및 작업조건에서의 소음·진동레벨을 선정하여 예측하도록 한다.

소음예측의 경우 소음원과 수음점간에 전파경로의 변경을 수반하는 장애물, 지반고차 등이 있을 경우에는 거리감쇠 외에 장애물에 따른 회절감쇠를 감안하여 예측하는 방안도 강구하는 것이 바람직할 것이다.

$$SPL = SPL_o - 20 \log \frac{r}{r_o} \quad SPL_o = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{SPL_i/10} \right)$$

여기서, $\left\{ \begin{array}{l} SPL : \text{예측지점}(r) \text{에서의 소음도(dB(A))} \\ SPL_o : \text{기준지점}(r_o) \text{에서의 소음도(dB(A))} \\ SPL_i : \text{각 장비별 발생소음도(dB(A))} \\ r : \text{소음원에서 예측지점까지의 거리(m)} \\ r_o : \text{소음원에서 기준지점까지의 거리(m)} \end{array} \right.$

진동예측의 경우도 기본적인 거리감쇠식과 합성식이 사용되며, 여기에는 국립환경연구원(1995)⁵⁴⁾이 제시한 기하감쇠정수가 많이 쓰인다.

$$VL = VL_o - 20 \log \left(\frac{r}{r_o} \right)^n \quad VL_o = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{VL_i/10} \right)$$

여기서, $\left\{ \begin{array}{l} VL : \text{예측지점}(r) \text{에서의 진동레벨(dB(V))} \\ VL_o : \text{기준지점}(r_o) \text{에서의 진동레벨(dB(V))} \\ VL_i : \text{각 장비별 발생진동레벨(dB(V))} \\ r : \text{발생원에서 예측지점까지의 거리(m)} \\ r_o : \text{발생원에서 기준지점까지의 거리(m)} \\ n : \text{기하감쇠정수} \end{array} \right.$

54) 나진균 외. 1995. 「환경진동의 저감대책에 관한 조사연구(I)」. 국립환경연구원, pp.49-51.

항 타 기 : 0.75,	브레이커 : 1.2
굴 착 기 : 0.36,	천 공 기 : 1.8
디 센 기 : 0.35,	발 전 기 : 0.42

이와 같은 합성식과 거리감쇠식은 이론적으로 유도된 식으로 실제 현장과는 차이가 있을 수 있으며 건설장비의 제원, 기종에 따라 소음·진동레벨이 다르고, 동일 제원의 장비일 경우에도 제작사 및 노후화 정도에 따라 차이가 있는 상황에서 공인된 건설 장비별, 제원별 소음·진동 자료가 부족한 실정이다. 또 참고자료 조차도 과거 현황조사 결과를 토대로 만들어진 자료들이기 때문에 신뢰성이 부족하고, 미래를 예측하는 평가단계에서 장비별 제원이 결정되지 못하기 때문에 형식적인 예측이 될 수 있는 실정이다. 특히 진동의 경우는 지반특성이 상이할 수 있어 예측값과 실측값 사이에 큰 오차가 발생할 수도 있는 문제점을 가지고 있다.

9.2.1.2 발파공사시 영향예측

발파공사시 소음·진동은 충격성분이 강하므로 발파에 영향을 미칠 수 있는 전지역을 대상으로 그 영향을 예측 및 평가하고 있다.

발파진동을 예측할 경우 현장에서 시험발파를 수행한 후에 예측식을 도출하여야 하기 때문에 실제로 시험발파를 통하여 예측인자의 수정, 보완이 이루어져야 한다. 그러나 환경영향평가 기간동안 시험발파를 수행하는 것이 무리인 경우가 많으므로, 일반적으로 기존의 경험식을 바탕으로 현장여건에 적합한 예측식을 선정하고 피해예상 대상별(인체, 구조물, 가축 등)로 설정된 환경목표의 만족여부에 따라 지발당 최대장약량을 조절하거나 미진동발파 등의 발파공법을 제시하며, 향후 시공시에 시험발파를 통해 예측된 내용을 검증하는 순서로 행해지는 것이 대부분이다. 이런 경우 발파진동은 공사현장의 지형특성 및 지반특성 등 제반조건에 따라 예측식이 매우 상이하기 때문에 시험발파 없이 예측하는 경우(현장 여건의 고려가 없는 경우)에 일반적인 상수의 적용은 실제 측정치와 큰 오차를 보일 수 있는 문제점을 안고 있다.

발파소음의 경우 총포화약안전기술협회 예측식⁵⁵⁾, 산업화약과 발파공학 예측식⁵⁶⁾,

일본 건설성 예측식⁵⁷⁾, 미광무국 예측식⁵⁸⁾⁵⁹⁾ 등이 있으며, 이 중에서 총포화약안전기술협회에서 제안한 예측식은 다음과 같다.

$$dB = 20 \log \left[\frac{P}{P_o} \right]$$

$$P = (D / \sqrt{W})^{-(1.2 \sim 1.5)}$$

P : 대상음의 음압 [dyne/cm²]

P_o : 기준치로서 사람이 인지할 수 있는 최소 가청음압

$$P_o = 2 \times 10^{-4} \text{ [dyne/cm}^2\text{]}$$

D : 이격거리(m)

W : 지발당 최대장약량(kg)

발파진동 예측식은 국내·외에서 여러 가지 형태의 실험식이 보고되고 있으나 지발당 장약량(W)과 이격거리(D)가 변화할 때 최대입자속도를 예측하는 미광무국(USBM) 일반식⁶⁰⁾⁶¹⁾에서 현장 여건에 맞는 적절한 상수를 대입하여 사용하고 있다. 미광무국식은 다음과 같다.

$$V = K \left(\frac{D}{W^b} \right)^n$$

V : 진동속도(cm/sec)

D : 폭원으로 부터의 거리(m)

55) 한국토지공사. 1993. 「암발파 설계기법에 관한 연구」

56) 김재극. 1993. 「산업화약과 발파공학」. 서울대학교 출판부, pp.395-396.

57) 일본 건설성. 「위생공학 핸드북(소음진동편)」. pp.227-229.

58) 미광무국. 1977. 고시 제656호.

59) 양형식. 1997. “암 발파에서의 소음·진동 규제기준과 저감 방안”. 「한국소음진동공학회 건설공사장 소음·진동저감방안 세미나」, p.61.

60) 미국 광무국. 1977. 고시 제656호.

61) 양형식. 1997. “암 발파에서의 소음·진동 규제기준과 저감 방안”. 「한국소음진동공학회 건설공사장 소음·진동 저감 방안 세미나」, p.55.

W : 지발당 최대장약량(kg/delay)

K : 자유면 상태, 폭약종류, 압질 등에 따르는 상수

b : 장약지수(1/2 또는 1/3)

(이격거리 6~30m에서 1/3, 이격거리 30m 이상에서 1/2)

n : 감쇠지수

우리나라에서는 아래와 같은 서울지하철공사 추정식⁶²⁾에서 사용한 상수를 많이 사용하는 실정이다.

$V = K W^{0.57} D^{-1.7}$: 화강암인 경우

$V = K W^{0.5} D^{-1.5}$: 편마암인 경우

V : 진동속도(cm/sec)

D : 폭원으로부터의 거리(m)

W : 지발당 최대장약량(kg/delay)

K : 발파진동 상수

$$K = E_i \times [(R_i \cdot S_c) + Q_i]$$

E_i : 폭약보정계수

R_i : 암종에 따른 상수

S_c : 암석의 압축강도(kg/cm²)

Q_i : 발파형식에 따른 보정치

62) 대우기술연구소. 1988. 「건설진동의 영향평가 및 대책에 관한 연구」, pp.367-368.

<표 9-16> 서울지하철공사 추정식에 따른 보정치

구 분			내 용	
폭약보정계수 (E_i)	다이나마이트		1.0	
	에멀전폭약		0.8	
	초안(초유)폭약		0.65	
암중에 따른 상수 (R_i)	서울 화강암		0.0371	
	서울 편마암		0.0206	
발파형식에 따른 보정치 (Q_i)	개착식	바닥발파	화강암	편마암
			80	60
		계단발파	50	30
	터널식	심발발파	60	40
		확대발파	30	10

발파진동으로 인한 구조물의 피해정도는 진동속도에 잘 비례하기 때문에 발파진동의 예측은 진동속도(cm/sec, kein)를 기준으로 하고 있고, 대부분의 외국의 경우도 진동속도를 평가척도로 채택하고 있다. 현실적으로 발파현장에서 설계목적으로 진동속도를 계측한 경우, 인체 및 가축의 피해를 입증하거나 기준에 적용시키는 경우에는 진동속도를 다음의 환산식으로 환산한 진동레벨을 사용하고 있다. 반면에 진동레벨을 계측한 경우에도 다음 환산식을 이용한 진동속도를 사용하여 구조물의 영향을 평가하고 있는 실정이다.

$$VL = 20 \log (\text{kein}) + 91 \quad [\text{dB(V)}]$$

그러나 이 환산식은 진동속도의 peak치와 진동레벨의 관계로부터 8Hz 이상의 연속 정현진동일 때 환산이 가능하지만 충격진동에는 잘 맞지 않으며 충격진동의 경우 진동레벨이 과대평가되는 경향이 있어 그 신뢰성에 대해서도 항상 문제가 제기되어 왔다⁶³⁾.

63) 김남수, 양형식. 1998. “발파소음·진동 수준의 변환 연구”. 「한국소음진동공학회 1998년도 춘계학술대회논문집」, pp.377-380.

9.2.1.3 운영시 영향예측

운영시 영향예측은 피해예상지역에 미치는 소음·진동 영향의 정도를 파악하여 최적의 저감대책을 수립할 수 있도록 자료를 제시하는 것을 목적으로 한다.

대상사업의 특성에 따라 예측 및 평가방법이 달라지게 되는데 크게 도로, 철도, 공항, 공장 등으로 나눌 수 있으며, 해당 소음원에 적합한 예측식을 선택하여 수치계산을 하거나 유사사례의 인용 및 해석에 의하여 예측하고 있다.

9.2.1.3.1 도로교통소음·진동

1) 도로소음

도로소음의 경우 현재 간선도로 및 일반도로에는 국립환경연구원식(1999) 또는 일본음향학회식을, 고속도로에는 한국도로공사식(HW-NOISE) 또는 국립환경연구원식(1989)을 많이 사용하고 있다.

도로의 특성을 고려하여 적합한 예측식 및 인자를 선정하여 예측하고, 차속은 도로 서비스 수준을 고려한 최대평균통행속도를 사용하도록 하고 있다. 일반적으로 도로는 주·야간으로 교통량이 다르고, 연도별로 교통량이 증가하는 경향을 보이게 된다. 교통량의 변화는 차속의 변화를 동반하게 되는데, 이로 인해 소음도의 변화에 영향을 주게 된다. 그러므로 교통량과 차속의 변화를 고려하여 매년 또는 5년 단위로 향후 10~20년간의 운영시 소음도의 변화 추이를 예측하는 것이 바람직할 것이다. 이 자료는 최초 환경목표를 초과하는 시기를 예측하여 저감대책 수립시기 및 규모를 결정하는 판단자료로도 이용할 수 있을 것이다.

또한 도로가 중첩되어 건설되거나 교통섬 구간과 같이 누적평가가 요구되는 곳은 누적평가를 실시하도록 하고 있다.

현재 간선도로 및 일반도로 소음의 경우 많이 사용되는 식은 국립환경연구원식(1999)이며 다음과 같다.

○ 도로단 10m 이내지역

$$L_P = 45 + \log \left(\frac{N_1}{\ell} \right) + 30 \log \left(\frac{V_1}{50} \right)$$

$$L_B = 53 + \log \left(\frac{N_2}{\ell} \right) + 30 \log \left(\frac{V_2}{50} \right)$$

$$L_{eq} = 10 \log \left(10^{\frac{L_P}{10}} + 10^{\frac{L_B}{10}} \right)$$

— N_1 : 시간당 소형차(차량총중량 8ton미만) 통과대수 (대/hr)

N_2 : 시간당 대형차(차량총중량 8ton이상) 통과대수 (대/hr)

ℓ : 가상주행중심선에서 도로변지역까지의 거리로 통상 10m 미만의 거리(m)

V_1 : 소형차의 평균차속 (km/hr)

— V_2 : 대형차의 평균차속 (km/hr)

○ 도로단 10m 이외지역

$$L_{eq} = 8.55 \log \left(\frac{Q \cdot V}{\ell} \right) + 36.3 - 14.1 \log r_a + C \text{ dB(A)}$$

— Q : 1시간당 등가교통량 (대/hr) (Q =소형차 통과대수+10×대형차통과대수)

V : 평균차속 (km/hr)

ℓ : 가상주행중심선에서 도로단까지의 거리+도로단에서 기준 10m지점까지의 거리(m)

r_a : 거리비(기준 10m 거리에 대한 도로단에서 10m이상 떨어진 예측지점까지의 거리비)

— C : 상수

$$15,000 < Q \text{ 이면, } C = -2.0$$

$$10,000 < Q \leq 15,000 \text{ 이면, } C = -1.5$$

$$5,000 < Q \leq 10,000 \text{ 이면, } C = -1.0$$

$$2,000 < Q \leq 5,000 \text{ 이면, } C = -0.5$$

$$Q \leq 2,000 \text{ 이면, } C = 0$$

이 식은 간선도로에 적용되는 실험모델이므로 일반도로에 적용할 수 있는 예측식의 개발이 필요하다. 또한, 전파경로 변경을 수반하는 경우 회절감쇠치 또는 관측각 보정치를 별도로 적용하는 것이 바람직할 것이다.

한편, 고속도로에 많이 적용되고 있는 한국도로공사식(HW-NOISE)은 고속도로 또는 이에 준하는 도로를 약 1,000대/h 이상의 자동차가 60~120km/h 정도의 속도로 정상주행하고 있을 때 이 도로에서 약 100m 지점까지 등가소음도를 추정하고, 중단 구배, 지형조건, 회절에 의한 보정을 통하여 구하는 예측식이다. 성토, 절토, 평탄, 교량에 따라 달리 예측을 할 수 있게 되어 있으나, 도로표면의 재질을 콘크리트 기준으로 한 모델식이기 때문에 아스콘 포장에 비하여 약 3dB(A)정도 높게 예측된다.

이러한 각 예측식들의 적용범위와 장·단점을 충분히 파악하여 현장여건에 가장 적합한 예측식을 선정하여 사용하여야 하고, 각 예측식별로 달리 정의하고 있는 인자를 정확하게 적용하여야 할 것이다.

도로소음 예측의 경우 「도로변지역」에 대한 구분이 문제점으로 제기되고 있다. 환경정책기본법에 규정되어 있는 소음환경기준에서 도로변지역은 소음·진동공정시험방법⁶⁴⁾에 의해 범위를 도로단으로부터 차선수×10m로 하고, 고속도로 또는 자동차 전용도로의 경우에는 도로단으로부터 150m 이내의 지역으로 정의하고 있다. 이로 인해서 동일지역의 경우라도 일반지역과 도로변지역으로 구분될 수 있으며 그 기준이 두 지역간에 10dB(A)의 차이가 있어 매우 민감한 사안을 포함하고 있다. 최근 도로용량의 증가로 교통량이 많아지고 차속이 빨라져 소음도가 증가되는 관계로 피해 영향 지역은 더욱 넓어지고 있는 추세이다. 그러나 실질적으로 도로소음의 영향이 미침에도 불구하고 일반지역으로 적용되고 있는 경우가 많아서 도로변지역의 구분을 현실성 있게 개선해야 할 필요성이 있다.

현재 도로소음 예측에서 난해한 부분은 최근 증가하고 있는 고가도로, 터널 및 고층 공동주택의 경우이다. 고가도로는 고가도로 하부 지역에 대한 명확한 영향예측 기법이 현재 없고, 터널이나 지하차도의 경우 구조물과 같은 반사물로만 구성되어 장애물이 없는 일반도로에 비해 출·입구 주변의 소음도 증가가 우려되지만 소음도 예측이 힘든 실정이다. 고층 공동주택의 경우 1층에 비해 중간 층 부분의 소음도가 훨씬 높아서 층별에 따른 영향예측이 이루어져야 하지만 현재 예측식으로는 1층에서만 예측이 가능하며 층별에 따른 정량화된 예측기법이 없다. 그러므로 현재로서는 기 측정된

64) 환경부. 2000. 「소음·진동공정시험방법(고시 제2000-31)」, p.10.

자료 중에서 가장 유사한 조건의 자료를 인용하여 평가하도록 해야 할 것이며, 여기에 따른 많은 연구가 필요할 것이다.

한편 공동주택의 직각배치에 의한 소음저감 효과와 식재(방음림)에 의한 소음 저감 효과를 기대하지만 저감효과의 산정을 위한 자료와 연구가 부족하여 예측에 어려움이 있으므로 평가시에 제외하는 것이 바람직할 것이다.

2) 도로진동

도로진동의 경우 일본 건설성 토목연구소 제안식(TR-VIB, Traffic Road Vibration Model, 1985)이 일반적으로 많이 사용되고 있으며 다음과 같다.

평탄도로에 병설된 고가도로의 진동레벨을 예측하는 경우에는 고가도로에 의한 진동레벨과 병설 평면도로에 의한 진동레벨을 예측 기준점에서 파워 합성한 L' (고가 + 평탄)을 구해 이 값에 대한 거리감쇠의 보정을 실시한다.

$$L_{10} = a \log(\log Q^x) + b \log V + c \log M + d + \alpha_\sigma + \alpha_f + \alpha_s - \alpha_\ell$$

L_{10} : 진동레벨의 80% Range 상단치의 예측치(dB)

Q^x : 500초간의 1차선당 등가교통량(대/500초/차선)

$$Q^x = \left(\frac{500}{3,600} \right) \times \left(\frac{Q_1 + 12Q_2}{M} \right)$$

Q_1 : 소형차 시간 교통량(대/시)

Q_2 : 대형차 시간 교통량(대/시)

V : 평균주행속도(km/시)

M : 상·하차선 합계의 차선수

α_σ : 노면의 평탄성에 의한 보정치(dB)

α_f : 지반탁월진동수에 의한 보정치(dB)

α_s : 도로구조에 의한 보정치(dB)

α_ℓ : 거리감쇠치(dB)

a, b, c, d : 정수

이 식은 도로구조(성토, 절토, 굴착, 고가 등)를 반영한 진동예측이 가능하고, 차량 이동이 많은 국도 및 고속화도로에 적용된다. 그러나 모델식의 고려인자 중 노면의 평탄성에 의한 보정치, 지반타월 진동수에 의한 보정치, 도로구조에 의한 보정치들에 대한 뚜렷한 적용범위가 없고 일률적으로 적용하고 있는 실정이다. 따라서 매질과 차속에 따른 여러 가지 변수조건에 대한 연구(실험)가 요구되며, 예측의 신뢰성 확보차원에서 실험식에 의한 데이터를 적용하여 예측하는 것이 타당할 것이다.

9.2.1.3.2 철도소음 · 진동

철도소음 · 진동은 여러 가지 조건에 의해 다양하게 나타날 수 있으며, 그 중에서 가장 일반적으로 비교 · 검토할 수 있는 조건은 레일의 형태(장대레일, 단레일), 선로 형태(교량구간, 토공구간), 운행속도(정상주행구간, 정거장구간) 등이다.

영향예측은 철도가 개통 · 운행되는 시점으로부터 연차별 최대 통행시점을 기준으로 하며, 피해예상지점별 철도소음 · 진동한도에 의거 주 · 야간으로 구분하여 평가하고 있다. 도로의 경우와 같이 최대 통행시점을 기준으로 한 예측은 소음 · 진동의 최대 발생량 및 최초 환경목표를 초과하는 시기를 예측함으로써 저감대책 수립시기를 결정하는 판단자료로 이용할 수 있을 것이다.

발생원 자료는 당해 계획노선과 유사성이 가장 높은 지역에서의 자료를 인용하거나 실측하도록 하고 있으며, 기존 철도 또는 고속철도의 소음 · 진동 영향이 미치는 구간은 누적평가를 실시하도록 하고 있다.

1) 철도소음

철도소음 예측은 열차통과시 최고소음도의 평균치와 지속시간을 고려하여 1시간 등가소음도를 예측하는 국립환경연구원식⁶⁵⁾이 많이 활용되고 있다. 그러나 화물열

65) 정일록 외. 1993. 「사업장 소음의 방지대책에 관한 연구(II)」. 국립환경연구원, p.155.

차의 경우 최고소음도($L_{\max}$) 예측식이 누락되어 있는 실정이므로 보완이 필요할 것이다.

전과경로 변경을 수반하는 경우 음원과 수음점의 표고차를 감안하여 지형에 의한 회절감쇠효과를 별도로 적용하고 있다. 교통량은 교통영향평가서를 인용하도록 하며, 차종별(새마을, 화물차 등)로 예측한 자료를 평가서에 기재하도록 한다.

열차 통과시간(T_e)을 적용할 때 <표 9-17>의 지속시간을 일률적으로 적용하는 사례가 많다. 그러나 철도소음 예측에서는 최고소음도와 소음 지속시간에 의해 예측치가 크게 좌우되므로 열차 통과시간은 중요한 변수이므로, 열차길이와 통과속도를 고려하여 열차 통과시간을 현장여건에 맞게 설정하여야 할 것이다. 또한 열차 통과시간을 실제로 열차소음의 영향권에 포함되는 시간으로 산출하는 것이 타당할 것이다.

국립환경연구원식(1993~1994)

$$L_{eq} = \overline{L_{\max}} + 10 \log \left(\frac{n \cdot T_e}{T} \right) - 15 \log r_a$$

$L_{\max} = 21.76 \log v + 47.74$ (새마을호가 장대레일 구간을 90~138km/h의 속도로 주행할 때 선로 중앙으로부터 7.5m 거리에서의 소음도와 속도의 관계식)

$L_{\max} = 19.71 \log v + 62.04$ (무궁화, 통일호가 장대레일 구간을 56~126km/h의 속도로 주행할 때 선로 중앙으로부터 7.5m 거리에서의 소음도와 속도의 관계식)

L_{eq} : 등가소음도(dB(A))

$\overline{L_{\max}}$: 개별열차 통과시의 평균 최고소음도의 대수평균치(dB(A))

n : 관련시간대의 왕복 열차 통과대수(대)

T_e : 열차 1대당 최고소음도 지속시간(sec)

T : 관련시간대의 시간(sec)

66) 강대준 외. 1994. 「사업장 소음의 방지대책에 관한 연구(III)」. 국립환경연구원, pp.57-61.

r_a : 기준거리에 대한 예측거리의 비

v : 열차 통과 속도(km/h)

<표 9-17> 노선별 소음도 지속시간 비교

선 별	Te(sec)	비 고
경부선, 호남선 구간	2	-
중앙선, 태백선, 영동선 구간	8	전기기관차 운행
경부선(서울~구로)복복선 구간	5	전동차 병행 운행
수도권 전철 운행 구간	6	전동차 운행

고속철도의 경우 현재 철도소음한도에 준하여 평가하고 있는 실정이며, 예측은 GEC Alsthom사식을 이용하여 최고소음도(L_{max})를 산출한 후, C. E. Hanson식을 이용하여 1시간 등가소음도(L_{eq})를 산출하고 있다.

C. E. Hanson식(1990)

$$L_{eq} = L_{max} + 10 \log [2.56(2n)/T]$$

GEC Alsthom사 식(프랑스 TGV제작사)

$$L_{max} = 80 + 28 \log v/100 - 14 \log d/25$$

L_{max} : 통과열차의 최고 소음도, dB(A)

n : T시간 동안의 열차 통과대수, 대

T : 관심대상 시간, sec

d : 선로 중앙으로부터의 거리, m

v : 열차 통과 속도, km/h

67) 강대준 외. 2001. 「고속철도소음 특성」. 국립환경연구원, pp.31-32.

철도는 간헐적이지만 큰 소음·진동을 발생하기 때문에 철로변 주민들로부터 많은 민원이 발생하고 있다. 하지만 그 평가방법이 소음의 경우 1시간 동안의 등가소음도, 진동의 경우 1시간 동안의 L_{10} 이어서 많은 문제점을 내포하고 있는 실정이다. 실제 1시간 동안 열차가 통과하는 시간보다 미통과하는 시간이 훨씬 많기 때문에 1시간 동안 측정된 철도소음·진동은 한도를 밑도는 낮은 수치를 나타내는 경우가 많으므로 통과횟수 및 최고치(L_{max})에 대한 보정을 해주는 등의 측정 및 평가방법을 현실적으로 개선해야 할 것이다. 또한 고속철도의 경우 우리나라 사정상 일반 평지 보다 터널, 고가구간이 많은 현실에서 고가구간에서의 소음예측식에 대한 연구가 절실하다.

2) 철도진동

철도진동을 예측하는 방법은 크게 해석적 방법과 회귀적 방법으로 구분할 수 있으며, 환경영향평가에서의 진동예측은 주요 영향변수들만을 고려하고, 변수의 취득이 용이한 회귀적 방법이 많이 쓰인다.

국립환경연구원(1996)은 일본 대판부 기업국식에서의 변수와 상수의 의미를 고려하지 않고 아래와 같이 단순화한 다중회귀식으로 분석하였다. 그러나 통과 차종별 최고진동레벨(L_{max})만 예측할 수 있고, 철도진동한도에 적용되는 L_{10} 으로 환산할 수 없는 실정이다.

$$VL = A_1 + A_2 D + A_3 \log_{10} V - 10 \log_{10} D$$

VL : 열차통과시의 진동레벨의 피크치(dB)

V : 열차주행속도(km/h)

D : 궤도중심으로부터의 거리(m)

A_1, A_2, A_3 : 계수

<표 9-18> 차종별 진동레벨 회귀식

차 종	회 귀 식	관측수	상관계수
새마을	$L_{\max} = -15.715 + 0.453D + 53.505 \log V - 31.984 \log D$	138	0.827
무궁화	$L_{\max} = 93.113 + 0.284D + 0.276 \log V - 28.511 \log D$	174	0.859
통일호	$L_{\max} = 77.440 + 0.085D + 7.111 \log V - 23.460 \log D$	111	0.805
화물차	$L_{\max} = 56.079 + 0.081D + 15.115 \log V - 20.064 \log D$	45	0.878

9.2.1.3.3 항공기소음

현재 국내에서 개발되어 사용되고 있는 항공기소음 예측모델은 없는 상태이며, 일반적으로 항공기소음 예측에는 INM(Integrated Noise Model)이 사용되고 있다. INM은 1978년 미연방항공국(FAA)에 의해 공표된 이래 현재까지 수 차례의 Version up을 실시한 결과, 현재 Version 6.0이 최신판으로 되어 있으며 미연방항공국의 항공기 소음예측에 대한 표준화 도구로 적용되고 있다. 국내 인천, 김포, 제주공항 등의 항공기 소음 영향예측에 사용되고 있다. INM 작업시 주요 입력사항과 운영순서는 다음과 같다.

- I. SET UP : 공항의 위치, 표고, 연평균온도, 평균풍속 입력
취항기종 선정, 주요 지점의 좌표 입력
- II. TRACKS : 활주로위치, 연장, 폭, 표고 입력, 이·착륙 운항패턴 단계별 입력
등
- III. OPS : 기종별, 활주로 이·착륙 방향별 운항회수 입력
- IV. RUN : 소음평가단위설정, 소음계산범위설정, 소음계산실행
- V. OUTPUT : 소음등고선 출력

항공기소음은 항공기 기종 및 운항회수의 변화, 풍향에 따른 이·착륙 방향반전, 엔진출력 등에 의해 많은 변화양상을 나타내므로, 변동상황을 장기간에 걸쳐 관측하

고 이의 평균을 취하여야 할 것이다. 이로 인해 단기간 고소음 노출시의 예측에는 부정확해 질 수 있는 단점이 있다⁶⁸⁾.

영향예측은 WECPNL 단위로 영향범위를 설정하고 있으며 이격거리의 경우 진행 방향은 활주로 끝단으로 하고, 측방향은 활주로 중심하고 있다. 항공기소음한도 및 항공법에 제시된 항공기소음 영향지역은 WECPNL 80 이상으로 설정되어 있으므로, 이 범위 이상 지역을 대상으로 정온을 요하는 시설 및 축사 등의 영향을 평가하도록 한다.

9.2.1.3.4 공장소음

산업단지개발사업 등의 공장에서 발생하는 소음예측시에는 아래와 같은 이론식이 사용되고 있다. 공장진동은 주택 등이 인접해 있는 중·소 공장의 경우를 제외하고 대규모 공장의 경우는 공장진동이 부지경계선 밖으로 전달되는 경우가 거의 없으므로⁶⁹⁾ 특별한 경우 외에는 영향예측에서 제외하여도 될 것이다.

영향예측은 공장 내에서 발생하는 예상 합성소음도를 산정하고, 합성소음도가 벽면 투과 후 공장외벽에 미칠 수 있는 소음도를 산정한다⁷⁰⁾. 그 후 Rath 경험식인 장방형면음원거리감쇠식을 적용하여 부지경계선 및 수음점에서의 소음도를 예측하고 평가하고 있다.

○ 건물 내벽에서의 합성소음도 :

$$SPL_{내} = PWL + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

$$\text{여기서, } PWL = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{PWL_i/10} \right)$$

$$R = \frac{\bar{\alpha} \cdot S}{1 - \bar{\alpha}} \quad [m^2], \quad \bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot \alpha_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

68) 환경부. 2001. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」. p.129.

69) 나진균 외. 1995. 「환경진동의 저감대책에 관한 조사연구(I)」. 국립환경연구원, pp39-40.

70) 정일록 외. 1991. 「국내제작 및 사용기계류의 음향파워레벨 조사연구(II)」. 국립환경연구원.

$SPL_{내}$: 건물 내벽에서의 합성소음도

PWL : 공장 내부의 총 파워레벨

PWL_i : 각 기계에서 발생하는 파워레벨

$\bar{\alpha}$: 실내 평균 흡음율

α_i : 실내 각 표면의 흡음율

S : 실내 총 표면적(m^2)

S_i : 실내 각 표면의 표면적(m^2)

R : 실정수(m^3)

○ 건물 외벽에서의 소음도 : $SPL_{내} - \overline{TL}$

$$\text{여기서, } \overline{TL} = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n (S_i \cdot \tau_i)} \quad [dB]$$

$\overline{TL}$: 총합투과손실

τ_i : 실내 각 표면의 투과율

○ 거리감쇠식 :

$$- \quad \pi r < a \text{ 일 때 : } SPL = SPL_0$$

$$- \quad a < \pi r < b \text{ 일 때 : } SPL = SPL_0 - 10 \log \left(\frac{\pi r}{a} \right)$$

$$- \quad \pi r > b \text{ 일 때 : } SPL = SPL_0 - 20 \log \left(\frac{\pi r}{b} \right) - 10 \log \left(\frac{b}{a} \right)$$

여기서, Q : 지향계수(음원이 바닥면에 근접 설치된 경우 = 2)

a : 단변의 길이(m), b : 장변의 길이(m), r : 이격거리

공장소음 예측의 경우 공장 내부의 기계별 제원이 환경영향평가지까지 결정되지 않으며 공장 내부의 정확한 제원을 예측하는 것이 무리인 경우가 많다. 또한 건물 외벽에서 벽체의 투과손실만 고려하여 예측하고 있는 실정이므로 실측값과 큰 오차가

발생할 수 있는 문제점이 있다.

9.2.2 개선방안

9.2.2.1 일반공사시 영향예측

일반공사시 영향예측의 근본적인 개선방안은 정확한 예측식 개발을 위한 연구이다. 건설장비의 제원, 기종에 따라 소음·진동레벨이 다르고, 동일 제원의 장비일 경우에도 제작사 및 노후화 정도에 따라 차이가 있으며, 특히 진동의 경우 지반의 조건에 따라 달라지는 상황이므로 실측값과 예측값 사이의 오차를 줄이기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다. 그러나 현재와 같이 합성식과 거리감쇠식으로 계속 예측하여야 할 경우는 주기적인 건설장비의 발생원 단위의 측정이 계속되어 가장 적절한 자료를 인용할 수 있어야 할 것이다.

9.2.2.2 발파공사시 영향예측

환경영향평가서에는 발파진동으로 인한 영향을 피해예상 대상별(인체, 구조물, 가축 등)로 평가하여야 하며, 현재 발파진동의 예측은 진동속도를 기준으로 행하여지고 있다. 진동에 대한 인체와 가축의 영향은 진동레벨(dB)에, 구조물의 영향은 진동속도(cm/sec, kein)에 잘 비례하기 때문에, 현재 진동속도로 예측한 후 진동레벨로 환산하여 인체 및 가축의 영향을 평가하고 있는 실정이다. 그러나 환산식이 충격진동에 잘 맞지 않아 그 신뢰도가 항상 문제로 제기되어 왔으므로 진동속도와 진동레벨의 정확한 환산식에 대한 연구가 필요할 것이다. 나아가 인체 및 가축의 영향예측을 위해 진동레벨을 기준으로 한 예측식의 연구도 병행하여야 할 것이다.

9.2.2.3 운영시 영향예측

도로소음의 예측에서 고속도로 및 간선도로(자동차 전용도로)를 제외하고 현재 우리나라 현실에 맞는 일반도로의 예측식이 없는 실정이므로 정량화된 예측식 개발이 시급하다.

철도소음 예측의 경우 열차 통과시간은 열차길이와 통과속도를 고려하여 현장여건에 맞게 설정하여야 할 것이다. 또한 열차 통과시간을 실제로 열차소음의 영향권에 포함되는 시간으로 산출하는 것이 타당할 것이다.

항공기소음의 경우 국내 실정에 맞는 항공기소음 예측모델 개발을 위하여 항공기소음 발생원 단위에 대한 통계자료 구축 및 항공기소음에 대한 인식전환을 통한 모델 개발 투자에 적극적으로 나서야 할 것이다⁷¹⁾.

9.3 저감방안

9.3.1 현황 및 문제점

저감방안은 환경상의 악영향을 최소화시키는 것이 목적이며, 예측결과 환경목표기준을 초과하는 지역에 대하여 저감대책을 강구하여 가능한 환경목표기준 이내의 쾌적한 상태로 유지할 수 있도록 하기 위함이다.

따라서, 저감시설의 설치에 대한 주민의견수렴과 더불어 사업 및 지형적 특성을 고려하여 다양한 측면에서 검토된 친환경적인 저감대책을 수립하고, 저감효과 평가를 통하여 환경목표 달성 여부를 판단하여 기준을 만족할 수 있는 대책을 수립하고 있다. 그렇지 못한 경우에는 불가피한 환경영향으로 주민의견을 고려하여 계속적으로 동기준을 만족할 수 있는 대안을 수립하도록 하고 있다.

소음·진동 저감방안으로 발생원 대책이 가장 근본적이며 가장 확실한 효과를 기대할 수 있으나 현실적으로 그 적용에 있어 곤란한 경우가 많고, 전파경로 및 수음(진)점 대책으로는 현장여건상 저감대책 수립이 어려운 경우가 많다.

9.3.1.1 일반공사시 저감방안

공사시 투입장비에 의한 소음·진동의 예측결과가 규제기준을 초과하거나 규제기준과의 차이가 근접한 지역은 여건에 적합한 저감방안을 강구하고, 사후환경영향조사시 조사지점에 포함시켜 지속적인 관리가 가능하도록 하고 있다. 저감효과는 투과

71) 환경부. 2001. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」. p.129.

손실 및 지형 등을 고려한 감쇠효과를 평가하여 환경목표 달성여부를 판단하며, 「방음벽 설치지침」⁷²⁾을 참조하여 방음벽의 재질, 형태 및 제원을 제시하도록 하고 있다. 여기서 소음·진동에 민감한 가축 등에 대해서는 공사시행 전에 피해를 최소화할 수 있는 방안을 수립하고, 고소음·진동 유발 공종인 항타 공정에 대해서 별도로 저감방안을 강구하는 것이 바람직할 것이다.

공사장 소음·진동 저감대책은 관리 요령⁷³⁾에 따라 철저히 준수하도록 하고 필요시 <그림 9-1>과 같은 가설방음판넬을 설치하며 설치시기는 최초 공사장비가 투입되기 전으로 하여야 할 것이다. 가설방음판넬로 기준을 만족시키지 못할 경우 작업시간 고려, 공종변경, 장비교체 등의 대책을 수립하도록 하고 있다.



<그림 9-1> 공사장 주변의 가설방음판넬의 예

건설소음은 환경기준에 적용되지 아니하며, 일시적이고 한시적이라는 이유로 관리 자체가 잘 이루어지지 않은 실정이었다. 특히 주민들의 민원도 소음·진동의 문제만이 아니라 보상 및 지역 이기주의 등과 복잡하게 얽혀 있는 경우가 많으며 이로 인해 사업자도 주민 이해에 소홀히 다루는 경우가 많았다.

72) 환경처. 1990. 「방음벽 설치지침」.

73) 환경처. 1993. 「건설공사장 소음관리 요령」.

소음 발생량의 저감을 위해 외국에서는 1970년대에 본격적으로 저소음기계의 제작을 위해 소음대책의 사양을 도입한⁷⁴⁾ 반면, 국내에서는 1996년에 건설장비와 같이 고소음을 발생시키는 기계를 대상으로 ‘고소음기계중저소음기계에대한소음표시권고제’를 설정함으로써 저소음 기계제작에 대한 관심이 고조되기에 이르렀다. 그러나 국내의 건설 현장에서는 저소음 기계에 대한 인식이 아직 부족한 실정이다. 또한 상대적으로 장비 사용료가 비싼 저소음 기계의 사용이 활성화되고 있지 않은 실정이며 권고제이기 때문에 대상기계 제작자의 자발적 참여가 미약한 실정이다.

9.3.1.2 발파공사시 저감방안

발파소음·진동을 경감시키기 위해서는 장약량을 줄이거나, 피해가 예상되는 지점과의 이격거리를 충분히 확보하여야 한다. 그러나 장약량이 적어지면 일반적으로 발파효과가 감소되고 이격거리의 확보에도 한계가 있다. 따라서 충분한 발파효과를 얻으면서도 발파소음·진동을 경감시킬 수 있는 저소음·진동 발파공법을 많이 채택하고 있다. 특히 소음·진동에 민감한 가축 및 구조물 등에 대해서는 공사시행 전 피해를 최소화할 수 있는 방안을 수립하여야 할 것이다.

피해예상지역별로 설정된 환경목표 소음·진동도에 만족하는 최적의 발파공법 및 장약량을 선정하고 아래와 같은 저감방안을 병행·실시하여 그 영향을 최소화하고 있다(그림 9-2, 9-3). 발파시 피해가 우려되는 지역에 대해 사후환경영향조사시 조사지점에 포함시켜 지속적인 관리가 가능토록 하며, 사전 발파영향의 검토와 시험발파 진단결과 화약량 조정 등으로 목표 소음·진동 기준을 만족하지 못할 경우는 보상을 실시하는 방안을 강구하여야 할 것이다.

일반적인 발파소음·진동 저감방안은 이론적인 경우가 많고, 현장에 적용하기에는 현장여건이 매우 불리한 경우가 많다. 그러므로 발파시공시 현장여건을 고려하여 가장 적합한 저감방안을 수립하는 것이 현실적인 대안이 될 것이다.

74) 北川原 徹 外 2人, 1995. 「建設機械の騒音対策技術動向」, 騒音制御, 19(4), pp.172-176.



<그림 9-2> 터널발파시 입구에 소음차단 천막 설치



<그림 9-3> 터널발파시 입구에 가설방음판넬 설치

9.3.1.3 운영시 저감방안

저감대책으로 방음벽이 선정된 경우에 반사음의 영향이 우려되거나 양측으로 방음벽이 설치되는 경우는 흡음형 재질로 하며, 방음벽 전면 및 배면에는 경관 및 차폐조경을 실시하여 방음벽 설치에 따른 경관의 부조화가 발생되지 않도록 계획하는 것이 바람직할 것이다.

9.1.3.3.1 도로교통소음·진동 저감방안

예측결과 환경목표를 초과하거나 근접한 지역은 피해우려지역으로 구분하여 여건에 적합한 저감방안을 강구하고, 저감대책 수립 후에도 환경목표를 초과하는 지역은 불가피한 환경영향으로 피해예상 주민의 동의서 또는 계획서를 첨부하여 계속적으로 동 기준을 만족할 수 있는 대안을 수립·제시토록 하고 있다. 이런 경우의 대안으로는 방음터널, 수음점 대책(이중창 등) 등의 적극적인 대책이 있을 수 있다.

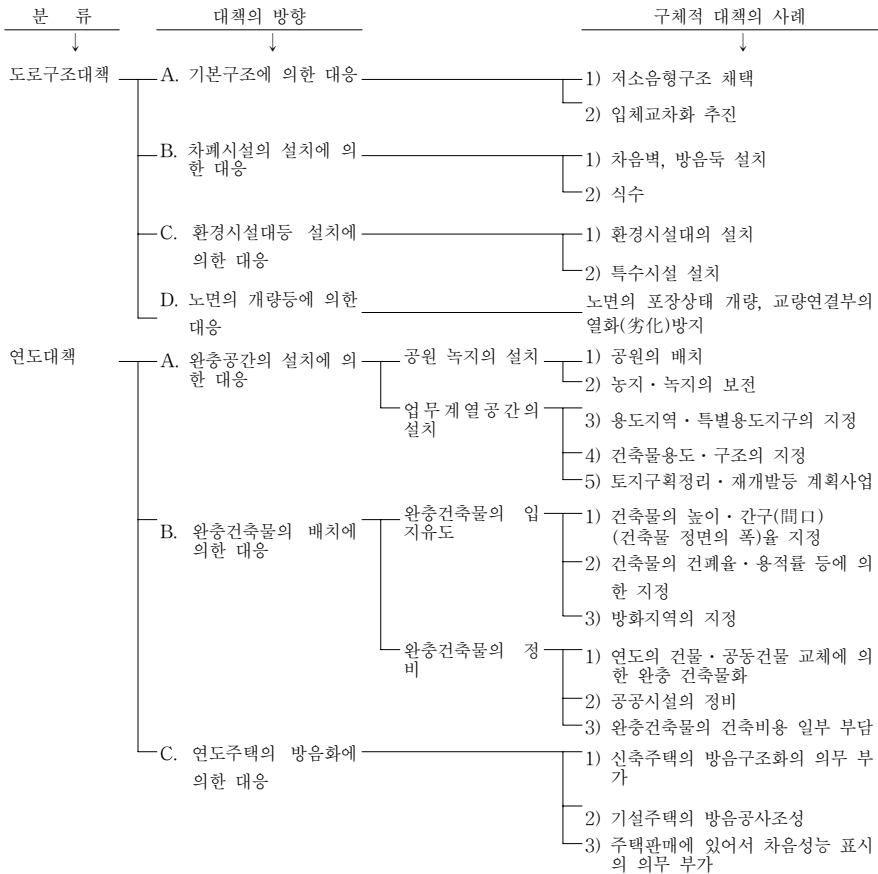
저감효과는 투과손실 및 지형 등을 고려한 감쇠효과를 평가하여 환경목표 달성여부를 판단하며, 「방음벽 설치지침」⁷⁵⁾을 참조하여 방음벽의 재질, 형태 및 제원을 제시하도록 하고 있다. 또한 장기적인 교통량 및 차속을 고려하여 저감대책의 설치시기, 규모, 내구 연한을 고려한 현실적인 소음·진동관리계획을 검토하도록 하며, 저감대책의 설치시기는 최초 환경목표를 초과하는 시기 또는 공사시 등 적절한 시기에 수립토록 하고 있다.

방음벽 설치에서의 문제점은 설치 및 관리주체가 명확하지 않다는 것이다. 이로 인해 영향평가서상에 그에 대한 명확한 언급이 없어서 설치계획이나 관리계획(세척, 유지보수, 민원발생시 대책, 추가시설 설치 등)이 잘 이루어지지 않고 있다. 또한 방음벽 연장에 대한 통일된 계산식이 없는 실정이므로 그 산정방법에 대한 연구가 필요할 것이다. 한편 택지개발의 경우 공동주택의 고층에 대한 소음대책으로 녹지율 확보 등이격거리에 의한 저감대책이 가장 효과적이나, 현실적으로 과대한 녹지공간 확보 등으로 사업 시행자에게 큰 부담이 되고 있는 실정이다.

도로교통소음을 저감하는 방안으로는 토지이용계획의 변경, 도로변 시설녹지 확보,

75) 환경처. 1990. 「방음벽 설치지침」.

마운딩 설치, 방음벽 설치 등이 있다. 도로교통소음 저감방안은 크게 환경시설대의 설치 등의 도로구조대책과 완충건축물의 설치 등의 연도대책으로 나눌 수 있는데 그 대책에 대한 체계는 <그림 9-4>에서 볼 수 있다⁷⁶⁾.



<그림 9-4> 도로교통환경 대책의 체계

도로변 진동을 저감시키기 위한 대책은 크게 진원대책, 전파경로 대책, 수신점 대책으로 구분할 수 있다⁷⁷⁾.

76) 강대준 외. 2000. 「도로교통소음(II)」. 국립환경연구원, pp.141-157.

77) 설증민 외. 1996. 「환경진동 저감대책에 관한 조사연구(II)」. 국립환경연구원, pp.34-38.

진원대책으로는 도로개량과 차량제한이 있다. 도로 보수의 효과는 일반적으로 -5~-10dB 정도이며, 콘크리트 도로는 연결 부위에 높이 차와 노면의 평탄성이 떨어져 진동저감 측면에서는 아스팔트 도로가 유리하다. 전파경로 대책은 현실적으로 적용하기에는 어려운 점이 있으나 방진구 또는 방진벽 등을 설치하여 차진 또는 방진 효과를 얻는 방법과 도로와 도로변의 건물 사이의 거리를 멀리하여 거리감쇠의 효과를 얻는 방법이 있다. 수진점 대책은 건물 또는 건물 내의 인체나 정밀기계류가 진동장해를 받을 때 개개에 대하여 대책이 실시된다. 정밀기계류에 대한 대책의 경우는 기계의 특성에 따라 대책이 달라질 것이기 때문에 제시하는데 어려움이 있을 것이다.

일반적으로 도로교통에 의해 발생하는 진동은 비교적 낮은 레벨이라도 발생원이 소음을 수반하기 때문에 소음과 진동의 상승효과가 발생하여 진정이 발생하는 경우가 많다. 이러한 경우에는 소음방지대책을 하여 주민의 심리적 영향을 제거하는 것도 하나의 방법이다.

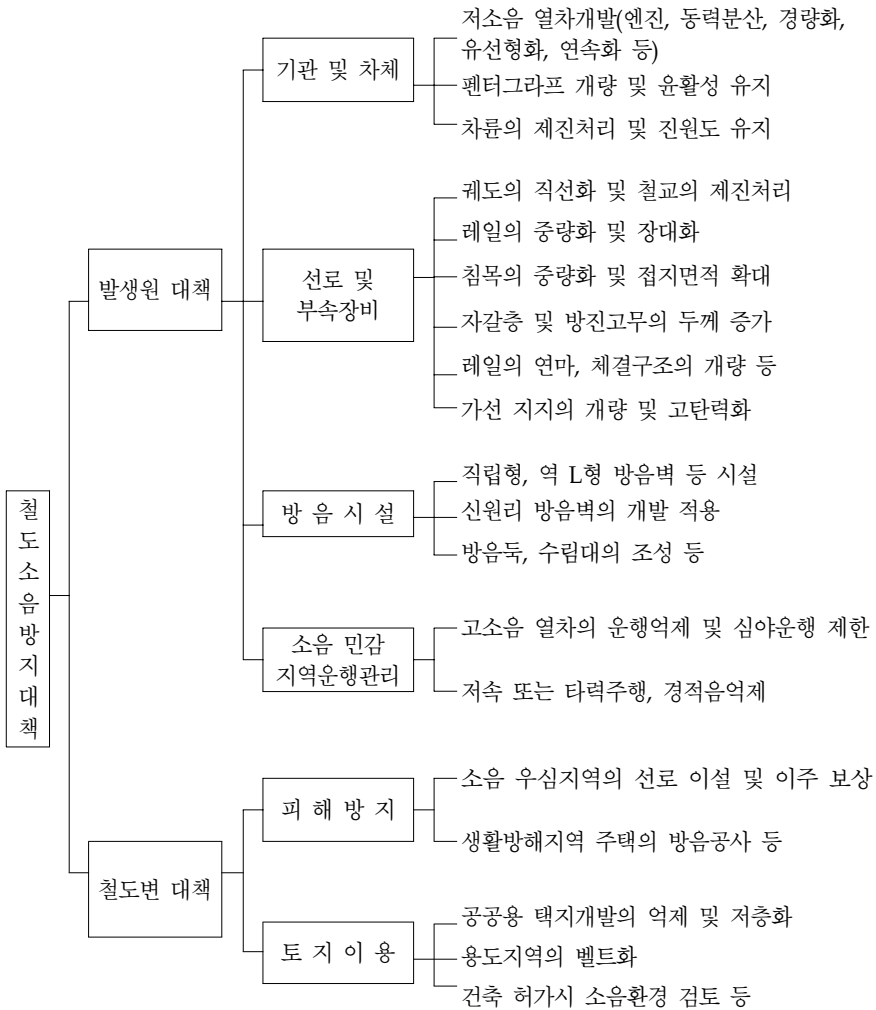
9.1.3.4.2 철도소음 · 진동 저감방안

철도소음에 대한 방지대책을 종합하면 <그림 9-5>와 같다. 발생원 측면에서는 기관 및 차체의 저소음화 및 차륜 등의 진원도 유지, 선로의 중량화, 장대화 및 자갈층과 방진재의 두께 증가, 방음시설의 확충, 고소음 열차의 소음 민간지역 운행 억제 및 제한 등을 고려해 볼 수 있고, 철도변 측면에서는 소음 우심지역 철도의 이설 또는 민가의 이주·보상, 주택의 방음공사 조성, 토지이용의 합리화 등을 생각할 수 있다⁷⁸⁾.

철도진동의 저감대책은 진동원 대책, 전파경로 대책, 수진점 대책으로 대별된다. 그러나 철도진동은 발생 및 운반기구가 복잡하고, 저감대책에 관한 연구도 충분하지 못한 것으로 알려져 있다⁷⁹⁾. 방진대책이 효과적이기 위해서는 진원 대책이 가장 중요하며 차량, 궤도 및 선로구조물에 대한 방진대책은 다음 <표 9-19>와 같다.

78) 강대준 외. 2001. 「고속철도소음 특성」. 국립환경연구원, pp.43-47.

79) 설증민 외. 1996. 「환경진동 저감대책에 관한 조사연구(II)」. 국립환경연구원, pp.57-63.

**<그림 9-5> 철도소음의 종합적 방지대책 체계**

<표 9-19> 진동원에 대한 방진대책

진동원		방진대책
차량		운행방법(속도저감), 스프링하 질량감소, 탄성차륜사용 및 대차에서의 진동차단, 차륜 flat 방지 등
궤도		레일, 체결장치, 침목, 도상 및 궤도슬래브 각각의 경계부위에 방진재(고무패드)삽입, 레일의 장대화, 중량화, 스프링상수가 낮은 궤도사용, 궤도틀림방지, 레일 단차방지 등
선로구조물	터널	궤도, 노반, 복공사이의 진동절연, 질량증가(두꺼운 복공 및 저판의 중량화 등으로 인한 진동모드 변경), 이중측벽, 터널상부에 진동차단층 설치, 방진벽 설치, 지반강화 등
	교량	탄성지지교량, 저진동구조물(강성, 질량, 지간길이 등에 따른 진동모드 변경), RC화, 기초공법에 의한 대책(2중 말뚝, 지반강화), 구조물내의 진동차단, 흡수 또는 완충기구 설치 등
	성토, 절토	약액 주입에 의한 연약지반 개량, 연약지반 치환, 노반강화, 나무 말뚝에 의한 보강 등

자료 : 신종서 외, 1993. 「고속철도에서의 진동 및 그 대책」.

전파경로 대책으로는 방진구 및 방진벽의 설치가 있다. 방진구에 의한 진동차단 효과는 구의 깊이에 비례하여 크지만 파장에 따라 다르며, 진동수가 크고 짧은 파장의 진동에 효과가 있다. 또 방진벽으로는 지반보다 부드러운 재료, 단단한 재료 어느 것이라도 사용할 수 있지만 시공성, 강도 등을 고려할 필요가 있다. 지반으로 전파되는 진동의 거리감쇠는 토질, 매질의 구조적 변화, 파동, 전파방향, 진동수 등의 여러 요인의 영향을 받기 때문에 단순히 진동원으로부터 수신점까지의 거리만으로는 결정되지 못한다.

수진점 대책은 건물과 그 근방에서의 진동저감 방법으로는 다음 <표 9-20>과 같은 대책이 고려되고 있다.

<표 9-20> 건물에서의 진동대책

분 류	방 법
건물구조부	중량화(RC화), 강성부여, 탄성지지, 에너지흡수, 골조집약화, 전달차단공, 기초개량
건물주변부	진동차단공, 지표면대책, 인공지반
건물 이전	부지내이전, 전면이전, 적지이용

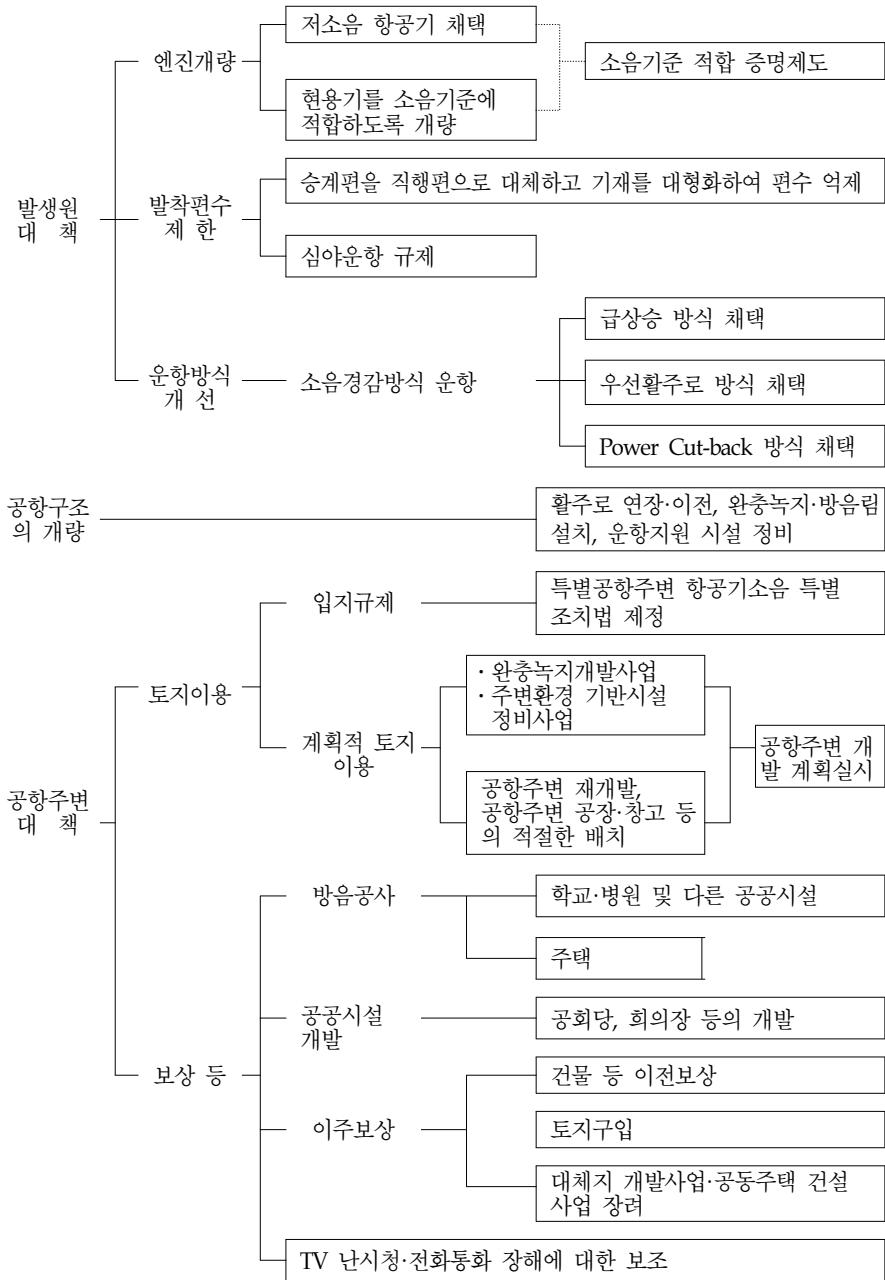
현재 철도에서 발생하는 소음·진동에 대한 소음·진동규제지역이 설정되어 있지 않은 실정이며, 도심지역의 철도 및 도시철도(전철)의 open cut구간에 대하여 규제속도를 설정하지 못하고 있다. 또한 철도주변에 각종 건축물 허가시 소음환경 검토를 의무화하여 기준 초과시 방음시설 설치(시공자부담)를 의무화하는 제도장치가 없는 실정이다.

9.1.3.4.3 항공기소음 저감방안

공항주변의 항공기 소음대책은 일반적으로 발생원 대책, 공항구조 개량, 공항주변 대책으로 나뉘어지며 그 구체적인 내용은 다음 <그림 9-6>과 같다⁸⁰⁾.

항공기소음은 높은 소음으로 그 영향이 광범위하여 소음대책 마련이 어렵고 법적·제도적 대책이 미흡하고, 공항주변 주민들에 대한 피해보상 및 방지대책들이 저조하며, 민원이 해마다 증가하는 추세이다.

80) 강대준 외. 1998. 「공항주변 항공기소음」. 국립환경연구원. pp.63-68.



<그림 9-6> 공항주변 항공기 소음대책

9.3.2 개선방안

소음저감방안의 일환으로 대부분 방음벽을 이용하는 실정이다. 이 경우 조망권에 영향을 미치므로 기존의 흡음형 방음벽과 투명형 방음벽을 이용한 복합형 방음벽을 사용하여 조망권과 환경권을 동시에 확보하도록 노력해야 하며, 지속적인 발생원 대책 및 방음시설의 성능개선에 대한 연구가 필요하다⁸¹⁾.

또한 소음·진동 저감방안으로 발생원 대책이 가장 근본적이며 가장 확실한 효과를 기대할 수 있으나 현실적으로 그 적용에 있어 곤란한 경우가 많고, 전파경로 및 수음(진)점 대책으로는 현장여건 상 저감대책 수립이 불리한 경우가 많으므로 가능한 모든 대책을 병행함으로써 더 큰 저감효과를 기대할 수 있을 것이다⁸²⁾.

9.3.2.1 일반공사시 저감방안

공사의 내용에 대해서 인근 주민의 양해를 구하는 것은 소음·진동 대책에 우선하는 중요 사항이다. 건설공사는 공사의 착수부터 완공까지 다양한 형태로 소음·진동이 인근 주민에게 영향을 미치게 되므로 주민의 오해나 불안 심리가 소음 및 진동에 대한 고충으로써 표현되는 경우가 많으며 인근 주민과 공사관계자와의 마찰이 공사중단의 원인이 되기도 한다. 그러므로 공사 전 및 공사 중에 설명회 등을 열고 공사예정, 소음·진동의 상황에 대해서 지역주민들의 이해를 얻을 방안을 강구하도록 한다⁸³⁾.

근본적인 건설공사장의 소음·진동의 저감을 위해서는 건설공사장을 “건설공사 소음·진동규제지역”으로 지정하여 시공 완료시까지 관리하고 기준도 별도로 적용하여야 할 것이다. 여기에는 소음·진동 자동계측기 설치 의무조항을 신설하고, 일정규모 이상의 공사 및 특정공사 신고대상 장비로 규제하던 것을 기존 주택지나 정온시설 주변의 모든 공사시 사전신고 제도화를 추진하여야 할 것이다. 또한 공사장 소음을

81) 나희승. 2001. 「고속철도 환경영향평가서 소음평가 및 시험」. 한국소음진동공학회2001년도환경영향평가서소음·진동문제와대책세미나, p.42.

82) 환경부. 2001. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」, p.181.

83) 정갑철. 2000. 「건설공사장 소음방지 대책」. 한국소음진동공학회창립10주년기념소음진동학술대회 논문집, pp.940-948.

발생원에서부터 저감시키기 위해서는 현재 시행 중에 있는 고소음 건설장비의 소음 저감을 유도할 수 있는 ‘고소음기계중저소음기계에대한소음표시권고제’를 모든 건설 기계로 확대하여 형식승인 방법과 같은 의무제로 전환하여야 할 것이며, 장기적인 안목에서 권고소음도를 강화시켜야 할 것이다⁸⁴⁾.

9.3.2.2 발파공사시 저감방안

발파공사 역시 일반공사시와 연계하여 발파시간 및 상황에 대해서 인근 주민의 양해를 구하는 것이 소음·진동 대책에 중요하다.

일반적인 발파소음·진동 저감방안이 현실적으로 불리한 경우는 경제성을 고려한 발파대체공법을 적용하는 방안을 강구하여야 한다. 발파대체공법으로는 미진동 파쇄기(CCR), 비폭성 파쇄기(약액주입 파쇄공법), 가스압(cardox), 유압장비(dardar, bursting system) 등이 있으며, 이러한 공법은 소음이나 진동문제는 현저히 감소하지만 공기가 늦어질 뿐만 아니라 시공비가 많이 소요되는 단점이 있다⁸⁵⁾.

9.3.2.3 운영시 저감방안

저감시설의 설치 및 관리주체가 명확하지 않아 실질적이고 지속적인 관리가 곤란한 실정이므로 도로공사 및 택지공사 등을 실시할 때 저감시설에 대한 일체의 관리 및 보수, 환경영향평가서상의 협의사항 등을 지속적으로 준수할 것에 대한 사항을 명시하여야 할 것이다⁸⁶⁾.

방음벽으로 환경목표를 유지할 수 없는 지역의 경우에는 운영시 발생하는 민원으로 인해 훨씬 많은 예산을 다시 투입하여야 하는 경우가 발생되므로 방음터널 설치, 수음자측 발코니를 소음방지형 샷시로 시공하는 등과 같은 적극적인 대책을 수립할 수 있게 강구하여야 한다. 주거지역 주변의 과속방지를 위해 감시카메라 설치 등의

84) 국립환경연구원. 1999. 「환경자료집」. pp.307-311.

85) 양형식. 1997. “암 발파에서의 소음·진동 규제기준과 저감 방안”. 「한국소음진동공학회 건설공사장 소음·진동 저감 방안 세미나」, p.59.

86) 환경부. 2001. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」. p.224.

방안을 강구하는 것이 바람직할 것이며⁸⁷⁾, 개통후의 주기적인 보수 및 유지 관리 계획 등도 수립하여야 한다.

각종 개발계획 수립시 소음·진동 환경을 고려하기 위해 도로구조 개선에 따른 효율적인 교통시스템 구축 및 교통정책개발을 반영하여야 할 것이다. 예를 들면 고가, 지하철 등 도로구조 개선, 순환도로 방음벽, 차음벽 설치, 녹지공간확보, 노면개선 등 도시계획과 연계된 교통시스템을 구축하고, 컨테이너, 대형화물차 도심 진입 억제를 위한 물류센터 및 배후수송 도로건설, 자가용 억제를 위한 역세권 환승주차장 건설 등이 그 예라고 볼 수 있다. 또한 철도 연변에서의 소음·진동의 조사연구를 통하여 최적의 주행속도를 설정하며, 각종 건축물 허가시 환경소음·진동 검토를 의무화하여 기준 초과시 방음시설 설치(시공자 부담)를 의무화하여야 할 것이다⁸⁸⁾.

항공기소음의 경우 소음문제 개선을 위한 범 정부 차원의 협의체가 구성·운영되어야 하며, 법적·제도적 보완도 추진하여야 한다. 예를 들어, 군 관할 공항에 의한 소음피해방지 대책수립을 위한 근거를 마련하여야 하며, 관계 부처에 저소음 항공기 도입, 이·착륙 운항방식 개선, 개별 항공기 최고소음도 제한 등 대책 수립을 요구하여야 할 것이다⁸⁹⁾.

9.4 토의

소음·진동 문제가 날로 증가하여 큰 사회문제로 대두되고 있는 현실에서 영향평가기법에 대한 많은 연구가 필요하며, 현행 법규 역시 합리적인 환경영향평가가 실시될 수 있도록 개선이 필요한 시점이다.

본 연구에서는 소음·진동 항목에서 문제점으로 제기되었던 사항을 중심으로 작성 현황 및 문제점, 개선방안을 현황조사, 영향예측, 저감방안으로 나누어 제시하였다.

87) 김하근. 2001. 「환경영향평가서 도로교통소음 예측 및 대책 사례」. 한국소음진동공학회2001년도 환경영향평가서소음·진동문제와대책세미나, p.17.

88) 환경부. 2001. 「소음·진동환경개선 중·장기 계획(2002~2010)」.

89) 환경부. 2001. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」. pp.253-254.

발파진동의 허용기준 제정의 필요성을 제안하였고, 정량적인 영향예측에 대한 연구의 필요성을 제시하였다. 또한 발생원 차원에서의 저감방안을 위한 여러 가지 정책제안도 도출하였다.

향후 국내 실정에 맞는 소음·진동 예측식의 개발이 시급하고, 저감방안에 대한 연구도 활발히 진행되어야 할 것이며, 각종 개발계획 수립시에 소음·진동 환경을 고려하여야 할 것이다.

10. 위락·경관

1960년대 이래 개발·발전·성장이라는 이름하에 진행된 도시화 및 산업화의 진전은 자연생태계의 파괴와 환경오염 등 국토의 훼손을 초래하였다. 특히 시각적인 측면에서 자연경관을 보호·보전하려는 노력은 다른 환경 요소들에 비해 소홀히 다루어져 수려한 자연경관이 급속히 훼손되고 있는 실정이다. 최근에 들어서야 쾌적한 자연환경에 대한 요구와 경관에 대한 인식이 확대됨에 따라 가치 있는 경관자원을 복원·보호하기 위한 필요성이 대두되고 있다.

개발사업이 어느 지역에 입지할 경우 그 지역의 경관변화는 불가피하다. 더욱이, 이러한 경관적 변화는 기 훼손된 산림의 복원, 노후화된 시설물의 정비, 매립지의 공원화 등과 같은 사업을 제외하고는 현재보다 불량한 경관이 되는 것이 대부분이다. 이에 따라 보전적 차원에서 개발사업에 대해 규제하고 통제할 수 있는 체계적인 장치가 요구됨에 따라 경관보전을 위한 수단으로서 환경영향평가내의 경관평가 분야의 중요성이 강조되고 있다.

환경영향평가 중 한 부문을 차지하고 있는 경관영향평가는 개발로 인해 발생하는 경관의 훼손, 파괴 등의 악영향을 방지하거나 최소화하기 위해 개발 전에 시행하는 하나의 평가방법이다. 경관영향평가는 개발지역의 현재의 경관적 특성과 개발된 후의 경관적 특성에 관한 판단을 할 수 있도록 면밀한 현황조사 및 분석과 객관적·합리적 영향예측이 필요하며, 이를 통해 입지선정이 이루어지고 효율적인 저감방안이 마련되어야 도시 및 지역경관을 효율적으로 관리하는데 실효성을 갖는다. 따라서 여기에서는 현재 경관영향평가의 현황조사, 예측 및 평가, 저감방안 등 각 단계별로 문제점을 분석하고 개선방안을 수립하고자 한다.

10.1 현황조사

10.1.1 현황 및 문제점

10.1.1.1 경관특성의 파악

개발사업이 입지하는 대상 부지의 경관을 파악하기 위해서는 그 지역을 포함한 지역적 차원에서 해당부지의 경관적 특성을 파악할 필요가 있다. 이는 경관이란 하나의 독립된 개체로서 인식되는 것이 아니라 주변과의 관계와 연속성 측면에서 인식되기 때문이다. 모든 지역이 국립공원처럼 수려한 자연경관이나 도시의 화려하고 세련된 인공경관은 아닐 지라도 지역 특유의 개성있는 경관을 가지고 있기 때문에 해당지역에 관한 경관적 특성을 다양한 관점에서 유형화하여 대상 지역의 개략적인 경관을 제시하는 것이 필요하다. 하지만 현재의 평가서 작성시 이러한 내용은 제시되지 않고 있다. 단순히, 사업부지를 포함한 행정구역 단위에서 용도지역·지구의 지형현황만을 제시하고 있어 사업지역이 입지하는 지역의 일반적인 자연 및 인공경관의 특성을 파악하기가 어렵다.

10.1.1.2 경관현황 및 분석도

환경영향평가에서 경관향목은 이러한 불량한 경관이 발생하지 않도록 혹은 최소화할 수 있도록 예측하고 평가하는 것이 주요 목적이다. 개발사업이 입지함에 따라 주변 경관에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 해당지역의 물리적·인문적 경관의 특성을 파악할 수 있는 현황자료가 필요하다.

자연경관이 수려한 곳이나 시가지와 인접한 지역 등 개발사업에 따른 경관적 영향이 큰 지역이나 개발자체가 대규모로 계획되거나 혐오시설로서 주변 경관에 지대한 영향을 주는 경우에는 이러한 지역경관을 상세히 묘사하고 표현하는 것이 무엇보다 중요하다.

하지만 현재 대부분의 평가서에서는 문헌조사에 의해 사업지구 주변의 공원이나 관광지, 역사·문화유적지 등에 대해 일부 제시하고 있지만 도면으로 작성되지 않고 간략하게 서술되어 있어 사업지구와의 방향, 거리 등 공간적 연계성을 파악하기 곤란하다. 또한 사업지구에 대한 현황사진에 대해서도 조망점을 주변의 토지이용 현황을 고려해서 합리적으로 선정할 것이 아니라 조망지점의 선정기준이 없어 고지대에서 내려다 본 조감이나 사업지 전경만 촬영하는 경우가 많다.

지역경관의 경우 해당 지역에 거주하고 있는 주민이 중요하게 여기는 경관이 있을

수 있지만 이에 대한 고려가 되지 않고 있다. 이러한 현황자료만으로는 개발사업이 입지하는 지역이 어떠한 성격의 경관을 형성하고 있는지 파악할 수 없을 뿐만 아니라, 개발사업이 시행될 경우 어떠한 영향이 예상되는지에 대한 합리적이고 객관적인 평가를 기대할 수 없다.

10.1.1.3 조망점의 선정

조망점은 경관 대상을 바라보는 위치를 말하며 동일한 경관 대상이라 하더라도 조망점의 위치에 따라 경관의 이미지는 크게 변화되고, 그에 따라 관찰자가 느끼는 경관에 대한 인상도 달라지게 된다. 따라서 경관평가에 있어서 조망점의 선정은 매우 중요하다. 하지만 현재까지 작성된 평가서에서의 조망점의 선정은 형식적으로 이루어지고 있으며 그나마 비합리적이다. 조망점을 단순히 사업지구가 잘 보이는 지점이나 혹은 전혀 조망이 되지 않는 자연적으로 차폐된 지역, 사업지구에서 상당히 멀리 떨어진 지역을 조망점으로 선정하기도 한다. 또한 여러 곳의 조망점을 선정하여도 그 선정근거를 제시하지 않은 경우가 대부분이다.

10.1.2 개선방안

10.1.2.1 경관특성의 파악

경관의 공간적 형태는 매우 다양하며 관찰거리에 따라서 동일장소가 상이하게 지각되기도 하므로 경관의 형식을 엄격하게 분류하기에는 어려움이 있다. 하지만 경관의 주요 대상이 자연적 대상인지 인위적 대상인지에 따라 크게 자연경관과 인공경관으로 분류할 수 있으며 자연경관과 인공경관이 복합적으로 작용하는 경관을 혼합경관으로 분류하기도 한다.

자연경관은 다시 산악, 능선을 중심으로 하는 산림경관, 평야를 조망하는 평야경관, 하천이나 해안선 주변의 수변경관으로 나뉘며, 주요 경관자원은 자연지형과 수계로 구성된다. 인공경관은 크게 문화경관이라고도 하며 크게 도시경관과 농촌경관으로 구분된다. 도시경관은 도로를 중심축으로 가로경관, 주거지를 조망 대상으로 하는 택

지경관, 도시근교의 자연경관이 어우러진 교외경관을 분류되며, 농촌경관은 집단취락을 대상으로 하는 취락 경관과 농업활동의 대상지인 경작지 경관으로 나눌 수 있다.

자연경관과 인공경관이 복합된 혼합경관은 대부분의 경우 조망 대상자의 위치는 인공경관구역 내에, 조망 대상이 되는 경관자원은 자연경관구역에 위치하는 이원적인 구조를 갖고 있으며, 도시자연경관, 역사경관 그리고 도시수변경관으로 분류된다. 특히, 도시자연경관은 도시외곽부의 산이나 자연공원 등과 시가지지역의 건축물 또는 인공구조물 등이 어우러진 경관으로, 주로 도시의 외곽부에 입지하는 것이 보통이다.

일반적으로 환경영향평가 대상 사업의 경우 도시지역에 개발이 되는 경우보다는 미개발지의 임야나 농경지에 개발되는 경우가 많다. 즉, 대부분이 인문경관보다는 자연경관이나 혹은 혼합경관에 대한 유형 분석이 주를 이룰 것으로 사료된다. 자연경관의 유형을 살펴보면 다음과 같다. 이를 참고로 사업부지가 위치하는 지역의 전체적인 경관유형을 구체적으로 제시하여야 한다.

- 전경관 : 넓은 초원과 같은 시야가 가리지 않고 멀리 개발되는 경관을 말하며, 광활한 대지의 웅장함과 아름다움을 느낄 수 있으며, 동시에 자연에 대한 경이감을 일으키기도 한다.
- 지형경관 : 독특한 지형의 특징을 나타내고 있어 관찰자가 강한 인상을 받게 되고 또 경관의 지표가 된다. 지형경관의 예로서는 대규모의 장엄한 산봉우리나 평원을 배경으로 솟은 산봉우리 등을 들 수 있다.
- 위요경관 : 평탄한 중심공간이 있고 그 주위를 숲이나 산이 둘러싸고 있는 경관을 말한다. 숲속의 호수는 위요공간이라 할 수 있다.
- 초점공간 : 우리의 시선이 한 초점으로 집중될 때 이를 초점경관이라 한다. 예를 들면, 계곡의 끝에 폭포가 높여 있을 때는 이를 초점경관이라 한다.
- 일시경관 : 대기권의 상황변화에 따라 경관의 모습이 달라지는 경우를 말한다. 즉, 설경이나 수면에 투영된 영상 등이 이에 속한다. 그러나 이러한 경관의 변화를 통하여 우리는 계절감, 시간성 그리고 자연의 다양한 모습을 경험한다.

10.1.2.2 경관현황 및 분석도

경관평가에 한해서 개발사업의 입지 타당성, 토지이용계획, 경관 영향을 최소화하는 저감방안 등은 경관현황 및 분석도를 기초로 이루어진다. 경관의 현황을 조사하고 분석하는데 우선적으로 필요한 것은 범위를 설정하는 것이다. 경관의 범위에 따른 분류에 대해서는 다양한 분류기준이 나와 있지만 개발사업에 따른 경관영향평가를 위한 경관의 범위는 지구적 차원과 지역적 차원으로 분류할 수 있다.

지구적 차원에서의 경관은 주로 사업지구 및 인근지역(근린지역)에서 보여지는 경관을 의미하며, 경관의 범위가 좁기 때문에 조망권이 협소하고 조망에 영향을 주는 요소는 주로 인공적인 요소인 건축물, 시설물 등 점적인 속성을 지니는 것들이 많다. 경관 대상이 근린지역에 국한되므로 관찰자의 시점은 대개 옥상이거나 보행중인 시점인 경우가 많다. 지역적 차원에서의 경관은 근린지역의 경관범위를 넘어 지역 전체에 걸치는 경관을 말한다. 경관의 범위가 상당히 넓어져 자연적 경관요소인 지형, 능선, 하천 등이 인공적 경관요소와 어우러지게 된다. 스카이라인이 경관에 중요한 영향을 미치며, 경관을 조망하는 지점도 해당지역의 주요 지점이 되거나 또는 자동차를 타고 가면서 보는 것이 중요하게 된다. 지역적 경관에 영향을 주는 주요 경관요소로는 도로, 대규모 건물군, 도시기간시설 등이 있다.

경관현황분석도는 경관의 범위를 어떻게 규정하였는지에 따라 즉, 지구적 차원에서의 경관인지 혹은 지역적 차원에서의 경관인지에 따라 조사항목이나 내용 또한 차이가 있다. 다만, 지구차원에서의 경관분석은 지형·지질, 동·식물 등에 관한 항목과 연계되어 평가하는 부분이 많고, 경관항목의 특성상 사업지구 내부의 경관보다는 외부에서의 경관영향이 중요한 경우가 많기 때문에 지역차원에서의 경관현황분석에 한하여 언급하고자 한다.

1) 경관현황조사

지역차원에서의 경관현황 분석은 개발사업을 시행함에 따라 외부의 자연경관 혹은 인공경관에 영향을 미치는지의 여부와 외부에서 조망할 경우 경관 변화를 판단하는데 주안점을 두고 있다. 따라서 문헌조사와 현지답사를 통해 사업지구 주변의 유적지,

관광지, 공원, 유명 지형·지물 등 특이한 경관지형이나 수려한 자연경관, 의미 있는 역사적·문화적 장소를 조사한다. 주변에서의 경관적 영향을 파악하기 위해서는 상기한 다양한 경관자원 뿐만 아니라 사람들의 빈번한 활동이 예상되는 마을이나 주거지, 도로 등을 조사하여야 한다. 여기서는 단순히 현황뿐만 아니라 현재 계획되어 있는 사업에 대해서도 고려하여 조사가 이루어져야 한다.

<표 10-1> 경관자원의 종류

구분	자원	추출의 기준
자연자원	산지	지형도에 ○○산으로 표시된 지역으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	고원·평야	○○고원, ○○평원 등으로 불리며 넓은 면적의 평탄지 또는 완경사지로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	습지	고층습지, 중층습지, 저층습지 등으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	호수	지형도에 호수로 명명되어 있으며 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	협곡	○○협곡, ○○곡으로 불리며 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	폭포	지형도에 폭포로 표시되어 있으며 경관자원으로 인정된 곳
	하천	하천의 종류·상류의 하천경관으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	해안	모래사장, 모래언덕, 낭떠러지 등에 의해 구성되는 해안경관으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	섬	지형도에 기재되어 있는 도서로서 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	식물	삼림, 식물대, 식물군락, 자생지 등으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
인문자원	사적명승	유적 및 문화 등의 명승지로서 우수한 경관자원으로 인정되어 있는 곳
	사찰	유서깊은 사찰, 건축물이 우수한 사찰, 문화재를 소장 또는 부속하고 있는 사찰 등 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	성터·성곽	성터 또는 수복·복원된 성곽으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳

2) 경관현황분석

현황조사 단계에서의 경관분석은 두 가지 측면에서 이루어져야 한다. 하나는 현황조사에서 선정한 주요 경관자원 및 조망점 예상지역에서 주변을 조망했을 경우의 경관특징이나 성격 등을 분석하는 것이다. 다른 하나는 각 조망점에서의 사업지구의 조망여부를 파악하는 것이다. 여기서는 단순히 조망여부를 파악하는 것이기 때문에 구체적인 수치자료나 시각적 자료는 요구되지 않는다. 다만, 각 조망점에서 개발지역이

조망될 경우에는 조망정도와 이질감, 차폐감 등 조망특성을 분석하고, 조망이 안될 경우에는 지형에 의한 자연스러운 차폐인지 등에 대한 이유를 설명하고 도면으로 표시하여야 한다.

10.1.2.3 조망점의 선정

경관은 다양한 위치에서 수많은 개인이 조망할 수 있기 때문에, 여러 개의 후보 조망점을 선정한 후 대표적인 조망지점이나 경관변화가 큰 곳을 잘 조망할 수 있는 지점 등을 중심으로 주요 조망점을 선정하여야 한다. 조망점을 선정하기 위해서는 아래에 제시된 내용을 원칙으로 하여 선정하여야 하며, 조망점 선정시에는 그 선정 근거를 제시하여야 한다.

1) 지역경관의 파악이 용이한 지역

경관이란 개발시설물 하나에 대한 평가가 아니라 시설물을 포함한 그 주변 지역의 전체를 평가하는 것으로 조망점의 선정은 사업지구와 주변 지형을 전체적으로 가시할 수 있는 곳이어야 한다. 특히, 이 경우는 자연경관의 수려한 지역에 개발사업이 이루어지거나 혹은 시가지에서 고층·고밀의 건축물이 입지할 경우에 선정하여야 한다.

2) 인구가 집중된 곳이나 다양한 활동이 발생하는 지역

경관 피해자가 인간이라 할 수 있기 때문에 조망점의 선정은 인간이 거주하는 곳이나 활동이 빈번하게 일어나는 지역에서 선정하여야 한다. 개발지구와 인접한 마을이나, 인구가동이 많은 교차로, 마을입구나 학교정문, 통행량이 많은 도로, 휴식·위락 행위가 일어나는 공원이나 산책로, 등산로 등을 조망점으로 선정해야 한다.

3) 거리를 고려한 조망점 선정

조망의 대상이 되는 경관자원과 조망주체와의 거리에 따라 근경, 중경, 원경으로 구분할 수 있다. 근경은 경관대상의 세부적 요소의 형태를 육안으로 구별 가능한 거리의 경관으로 산을 조망함에 있어 산에 있는 수목의 가지와 잎의 식별이 가능하다.

중경은 경관 대상의 세부적인 요소의 형태를 구별할 수는 없지만 대략적인 윤곽의 식별이 가능한 거리의 경관을 말한다. 산을 조망하는 경우에 있어서는 수목의 가지나 잎의 식별은 곤란하지만 수목의 대략적인 구분이 가능하며, 지형, 능선 등의 인자가 주요한 경관요소로 등장하게 된다. 원경은 세부요소의 구분은 불가능하며 산의 윤곽, 스카이라인 등에 의해서 경관을 인식하게 되는 정도의 거리에서 조망하는 경관이다. 능선 등의 지형외곽선인 스카이라인이 하늘을 배경으로 하여 주요한 경관요소로 작용한다.

위에서 설명한 거리를 고려한 조망점의 선정은 사업의 규모 및 특성을 고려하여야 한다. 송전탑 건설과 같이 산능선을 개발하거나 석산개발과 같이 대규모의 지형변화와 훼손이 심각하게 일어나는 사업에 대해서는 원경에서도 조망점을 선정할 필요가 있다. 대부분의 점적사업이나 선적사업(도로, 철도사업)은 특별한 경우를 제외하고는 근경이나 중경에서 조망점을 선정한다. 다만, 조망점의 선정은 한 방향에만 집중되지 않고 다양한 방향에서 개발사업에 따른 변화를 파악할 수 있도록 각 방향에서 고르게 선정해야 한다.

4) 현지주민 의견 수렴

몇 차례의 현장조사로서 그 지역의 경관을 대표할 수 있는 조망점을 찾는 것은 어려운 작업이며, 그 지역 사회에서 중요하게 여기는 경관을 간과할 위험이 있기 때문에 지역주민의 의견을 듣는 것이 중요하다. 또한 외지인이 평가하는 지역경관과 그 곳에서 거주하며 생활하는 주민들이 느끼는 경관은 차이가 있다. 따라서 주민들이 중요하게 생각하는 장소나 경관, 자주 모이거나 지나는 지점 등에 대해 주민들에게 의견수렴을 하여 조망점을 선정하는 것이 바람직하다.

10.2 영향예측

10.2.1 현황 및 문제점

10.2.1.1 경관예측 기법의 선정

경관은 인간의 시지각을 통해서 인지되어 이미지를 형성하므로, 경관평가를 위한 가장 효과적인 방법은 경관예측 기법을 통하여 시각을 통해 판별할 수 있도록 하는 것이다. 경관예측 기법은 어떤 제안된 개발계획 때문에 야기되는 경관의 변화를 사람들에게 보다 간단하게 이해시키고 판단할 수 있도록 시각화하기 위한 기법이라 할 수 있다. 따라서 경관영향을 평가하기 위해서는 현실감 있고 사실적이며 객관적인 평가 기법의 적용이 무엇보다 중요하다. 최근 들어 경관에 대한 중요성이 강조되면서 경관영향을 평가하기 위한 다양한 기법이 개발되고 현재도 사용되고 있다. 하지만 아직까지 환경영향평가에서의 경관예측기법은 초보적인 수준이라 할 수 있다.

현재 평가서에서 경관예측을 위해 수치자료를 이용한 3차원적 기법도 사용하고 있지만 가장 많이 이용되고 있는 경관예측 기법은 사진합성과 사진스케치로 각각 43.8%, 27.5%를 차지하고 있다⁹⁰⁾. 사진합성법은 현황사진을 스캐닝하고 계획 대상을 기존의 다른 사진 등에서 오려붙이기 하거나 수정하여 경관변화를 나타내는 기법으로, 작업속달정도에 따라 시각적 효과나 정확성 확보 차원에서 문제가 되며 무엇보다 스케일 측면에서 정확성이 없다. 사진스케치법은 도로사업에 주로 사용되며, 현황사진에 곧바로 실선으로 계획도로를 표시한 것으로 현실감뿐만 아니라 정확성이 없다.

이렇듯 대부분의 평가서에서 사용하고 있는 경관 예측기법이 현실적이지 못하며 사실성이나 정확성이 없기 때문에 실효성 있는 경관평가가 어려운 실정이다.

10.2.1.2 정량적·정성적 평가

경관영향평가에서 경관의 개념을 시각적 차원에서 파악한다면 미적 가치의 문제와 결부되기 때문에 평가가 주관적이기 쉽고 모호할 가능성이 많아 예측·평가하는 것은 어렵다. 따라서 개발사업이 시행될 경우 주변 지역에 미치는 조화감이나 이질감, 개방감이나 차폐감 등의 경관적 영향을 시각적 측면만을 고려하여 정성적으로 평가하는 것은 객관성이나 일관성 측면에서 문제점이 있다.

90) 환경부. 2000. 「경관평가기법 개발에 관한 연구」, p.118.

이를 보완하기 위해 경관지표(가시영역, 상향각, 견입각 등)의 분석과 같은 정량적인 평가가 요구된다. 또한 현재 평가서에 제시되어 있는 시각적 측면에서의 경관변화 예측기법은 사실성이나 정확성, 현실감 등이 떨어지기 때문에 경관지표와 같은 정량적 평가는 보완적 측면에서 반드시 필요하다. 하지만 대부분의 평가서는 현황사진과 형식적인 경관변화자료만을 제시하고 있으며 주요 조망점에서의 경관지표의 분석은 제대로 이루어지고 않고 있다. 평가서에서 제시되고 있는 경관평가 내용 또한 시각적 측면만 부각하여 제시하고 있으며 그나마 혹은 “특별히 영향을 받는 경관이 없음”, “기존의 단순한 경관에 비해 새로운 경관이 형성됨” 등으로 명기하고 있는 실정이다.

경관영향평가의 실효성을 확보하기 위해서는 경관예측기법이 좀더 신뢰성 있고 현실화되며, 정확해야 할 뿐만 아니라, 이러한 시각적 평가를 뒷받침해 줄 수 있는 경관지표에 관한 분석 및 평가도 필요하다.

10.2.1.3 저감방안에 관한 효과 분석

현재의 경관항목 평가서에서는 계획에 따른 주변경관에 미치는 시각적 영향을 예측하고 문제가 있을 경우, 다양한 저감방안을 수립하지만 이에 대한 검증이 되고 있지 않다. 경관항목에 대해 계량화·수치화가 가능하고 환경기준이 있으면 그 기준에 부합되도록 저감방안을 수립하는 것이 가능하지만, 경관은 시각적 인지도를 통한 정성적 평가가 중요시되는 점을 고려할 때 현재와 같이 저감방안을 단순히 서술하는 것만으로는 저감방안이 합리적인지 혹은 실효성이 있는지를 평가할 수 없다.

10.2.1.4 경관영향 예측 과정의 체계화

현재에는 과거와는 달리 환경영향평가 대상 사업의 대부분이 위락·경관을 중점평가항목으로 선정하고 있어 경관보존의 중요성을 인식하고 있음을 알 수 있다. 하지만 아직까지 문헌조사에 의지한 피상적인 현황조사와 경관변화 예측자료 없이 현황사진만을 제시하고, 사업으로 인한 경관적 영향을 단순히 서술하면서 형식적인 저감방안을 수립하여 제시하고 있는 경우가 많다. 여기에는 환경영향평가 작성지침의 내용이

포괄적이며 기본적인 지침만을 제시하고 있다는 점도 원인이 되고 있지만, 현황조사에서부터 경관영향을 분석·평가하고 저감방안을 수립하기까지 일련의 과정이 생략되거나 체계적이지 못한 원인도 있다. 따라서 경관 영향을 예측·평가하기 위한 체계적이고 일관적인 절차가 요구된다. 이러한 과정을 통해서 사업특성 및 지역의 특성을 고려한 경관영향의 정확한 예측이 가능하며 실효성 있는 저감방안의 실효성을 확보할 수 있다.

10.2.2 개선방안

10.2.2.1 경관예측 기법의 선정

경관영향을 평가하기 위한 기법의 선택은 경관 예측·평가의 수준과 대상의 종류에 따라 결정되며, 경우에 따라서는 몇 개의 기법이 포함될 수도 있다. 경관계획에 사용되는 시뮬레이션 기법들은 대부분 시각적인 시뮬레이션에 중점을 두고 있으며, 계획 설계 데이터의 가시화를 통한 예측과 평가를 위주로 하게 된다. 경관계획에 시뮬레이션을 이용할 경우 주목해야 할 점은 경관에 대한 인위적 변화가 시행됨으로서 나타나게 될 결과의 이전과 이후 상황을 비교하거나, 영향을 주는 대상과 받는 대상 간의 관계를 파악하고자 하는 측면에서 경관 시뮬레이션은 상대적이라는 특징을 가지며, 특히 계획시행에 의해 나타나는 부정적 측면을 중시하여 적용된다는 점이다.

시뮬레이션을 통해 계획설계안의 내용이 부정적으로 평가된 점이 있다면, 이러한 결과가 어떠한 원인에 기인하였는가를 파악하고 그 영향을 최소화할 수 있는 대책안의 수립에 시뮬레이션의 적용이 연계되도록 하는 것이 바람직하다. 이러한 점에서 경관시뮬레이션이 경관예측과 평가과정에 도입될 때에는 다분히 시각적 영향을 파악하고 그것을 가시화하기 위한 수단의 타당성과 정확성이 전제되어야 한다. 아래의 내용은 경관영향평가 기법에 관한 일반적인 소개와 기법을 적용하여 경관을 예측할 경우 고려해야 할 사항을 제시하였다.

1) 경관예측기법⁹¹⁾

○ 스케치

스케치 기법은 대상지의 일부분을 프리핸드(freehand)로 간략하게 표현하는 방법이다. 보통 연필, 색연필, 목탄(炭), 콩테, 파스텔 등을 써서 단색으로 나타내는데, 여기에 수채화 물감으로 담채(淡彩)를 칠하는 경우도 있다. 스케치는 대체로 전체적인 설계와 구성, 배치 및 전반적인 느낌을 나타내는 데 역점을 둔다. 경관시뮬레이션으로 이용하기에는 프리핸드로 그리기 때문에 스케일 상의 문제가 있으며 회화의 느낌이 강해 사실감이 많이 떨어진다.



고산국도~대구종합경기장도로사업



오동근린공원 조성사업

<그림 10-1> 스케치 기법

○ 조감도

조감도는 하늘에서 새가 내려다보듯이 높은 곳에서 아래를 내려다 본 모양의 그림 또는 지도를 말한다. 조감도에서는 지표의 모양을 입체적으로 나타내고, 또한 원근의 효과를 나타내어 회화적인 느낌을 준다. 튀어나온 부분의 뒤쪽을 그림에 나타낼 수 없는 결점이 있다. 건물이나 나무 등 지상물은 실물에 가까운 상태로 나타내는 경우가 많으며, 관광 안내도, 여행 안내도, 조경 공사 계획 등에 쓰인다. 경관시뮬레이션으로 이용하기에는 조망점 자체가 현실성이 없는 하늘에 있기 때문에 사람의 눈높이에서 느끼는 경관변화를 표현할 수 없는 단점이 있다.

91) 환경부. 2000. 「경관평가기법 개발에 관한 연구」, pp.110-117.



A.G골프경기장 건설사업



영주정보연구단지 조성사업

<그림 10-2> 조감도 기법

○ 모형

모형은 실물의 특성을 보이기 위해 실물을 본떠 만든 본보기로서 모델(model)이라고도 한다. 실물과 구조는 같으나 규모는 다르게 만든 물건, 또는 작품을 만들기 전에 미리 만든 본보기나 완성된 작품을 본떠 만든 본보기 따위를 말한다. 따라서 모형은 실험·전시·교육 등을 위하여 만드는 것도 있고, 다만 취미로 만드는 경우도 있다. 실물과 비교하였을 때의 크기에 따라 실물보다 크게 만든 확대 모형, 실물과 똑같이 만든 실물 크기 모형, 실물보다 작게 만든 축소 모형으로 나뉜다. 모형을 경관시물레이션에 사용하기에는 모형자체가 축소되어 있어 경관영향이 축소되어 보일 수 있으며 조감도와 마찬가지로 사람의 눈높이에서 경관변화를 볼 수 없는 단점이 있다.



천안종합체육시설건설사업

<그림 10-3> 모형 기법

○ 사진스케치기법

사진스케치기법은 현황사진을 스캔(scan)하여 그 위에 실선으로 계획 대상의 모습을 개략적으로 표현하는 방법이다. 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션이라고 해도 시뮬레이션 작성 자료로 쓰이는 현황사진에 곧바로 굵은 실선으로 계획도로를 표시한 사진스케치기법은 현실감뿐만 아니라 정확성이 없기 때문에 경관시뮬레이션이라고 할 수 없다.



초계-적중간 마을외곽도로사업



<그림 10-4> 사진스케치 기법

○ 사진합성

사진합성기법은 현황사진을 스캐닝하고 계획 대상을 기존의 다른 사진 등에서 오려 붙이기(cut & paste)하거나 수정(retouch)하는 방법이다. 사진이나 슬라이드, 비디오 등의 자료에서 스캐닝(scanning)하거나 비디오 캡처(video capturing)하여 얻은 2차원 화상을 오려붙이기(cut & paste)하거나 수정(retouch)하는 방법으로, 손쉬운 방법인 것

처럼 간단하게 설명되는 편이지만 실질적으로는 작업속달정도(마스킹의 작성과 합성 알고리즘의 구사를 포함)에 따라 결과 화상의 질적 차이 및 정확성 확보 수준의 차이가 있을 수 있기 때문에 데이터 조작성이 문제시된다.

흔히 컴퓨터를 이용한 사진수정기법으로 가장 큰 단점은 시물레이션 대상(건물, 구조물 등)의 2차원 사진 이미지 상의 위치와 크기, 방향 등을 정확하게 가늠하기 어렵다는 것이다. 현황사진으로 항공사진을 이용하여 사진합성기법을 사용한 경우 역시 경관시물레이션으로 부적합하다. 이는 기법 자체의 문제라기보다는 현황사진으로 항공사진을 사용하여 시물레이션을 작성하였기 때문이다. 조감도나 이러한 시물레이션은 사업에 의한 경관변화를 쉽게 이해하는 데 도움을 주는 것으로 사용할 수 있다.

사진합성기법은 시물레이션작성을 위해 필요한 데이터가 적고 일반 개인용 컴퓨터로도 작업이 용이하기 때문에 많이 사용되고 있으나, 3차원 공간을 2차원사진 상에 위치시키는 데 많은 어려움이 따른다. 비록 매우 현실감을 주기는 하나 그 정확성은 촬영된 사진 이외의 다른 데이터(조망점의 위치, 카메라 관련자료(위치, 렌즈, 필름), 계획안과 사진의 위상관계를 정립할 수 있는 조절점에 대한 자료 등)의 활용 없이는 얻어질 수 없다.

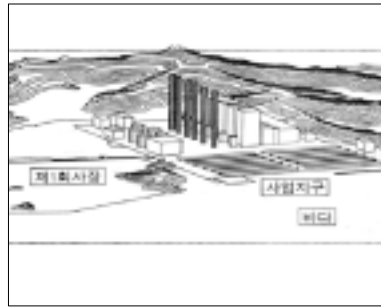
컴퓨터 화상처리기법(computer image processing technique)에 의한 시물레이션은 경관영향평가에 있어서 많은 혜택을 제공한다. 사진과 거의 동등한 수준의 사실성, 컴퓨터 그래픽스가 지니는 본연의 정확성, 그리고 다양한 대안의 비교, 분석에 있어서의 신속성 등은 여타의 매체나 기법과 비교할 때 컴퓨터 화상처리기법이 지니는 장점이다.

○ 와이어프레임(wire-frame)

3차원으로 작성된 모델의 면에 색을 입히지 않고 선만으로 표현하는 방법이다.



동두천송내지구택지개발사업



하동화력발전소5.6호기건설사업

<그림 10-5> 와이어프레임 기법

○ 셰이드(shade)

3차원으로 작성된 모델의 면에 색을 칠해 표현하는 방법이다.



청담.도곡 저밀도 아파트개발사업



화곡 저밀도 아파트 개발사업

<그림 10-6> 셰이드 기법

○ 매핑(mapping)

3차원으로 작성된 모델의 면에 질감(texture)을 입혀서 표현하는 방법이다. 3차원 시뮬레이션은 배경 및 시뮬레이션 대상 모두를 3차원의 자료로서 다루는 모형으로, 모델링해야 할 자료가 많아지기는 하지만 시점을 자유자재로 설정할 수 있기 때문에 예측·평가 시점이 정해져 있지 않은 경우나 시점이 다수인 경우에 효과적이다.



부산 감천항 지방산업단지 조성사업



천안불당지구택지개발사업

<그림 10-7> 매핑 기법

2) 경관평가기법의 고려사항

경관분석방법의 선택은 분석 대상이 되는 경관의 특성(도시 혹은 자연), 시간과 비용의 제약, 분석결과의 용도 등 여러 가지 여건을 고려하여 결정되는 것이 보통이다. 그러나 어떤 방법이 선택되든지 그 방법은 최소한 아래에 제시되어 있는 신뢰성, 정확성, 현실감이 있어야 한다.

○ 신뢰성

시뮬레이션이 효과적으로 정보를 전달하려 한다면 사용자에게 신뢰를 주거나 확실한 것이어야 한다. 신뢰성을 확보하기 위해서는 경관영향에 대해 다른 사람이 동일한 작성과정을 거쳤을 때 동일한 결과를 얻어야 하며, 대상에 대해 생생하게 표현하였는가에 대한 사실성과 경관변화 결과가 나오기까지의 과정을 설명하는 증빙자료를 통해 신뢰도를 보장받을 수 있다.

○ 정확성

시뮬레이션의 정밀도와 반응들간의 관계를 면밀히 이해하지 못할 경우 경험적 시뮬레이션이 시각적 평가의 목적으로 사용되는 때는 부정확한 것보다는 시각적으로 정밀한 것이 안전하다. 렌더링에서 적당하게 추상화시킨 것이 타당한 경관평가로 이

끌 수 있다는 증거도 있지만 환경에 대한 스케일 관계, 스카이라인에 관한 윤곽, 색조 대비와 같은 시각적 영향의 평가에 강하에 영향을 미치는 시각적인 특성은 정밀도를 가지고 보여져야 한다.

○ 현실감

현실감은 실제 경관을 본 것처럼 시각적으로 단순화하지 않고 계획안을 사실적으로 표현하는 것이다. 즉, 인간의 시력에 적합한 정도의 세부묘사, 색상, 선명도 등이 요구되며, 시물레이션의 크기와 보는 거리 등이 실제 경관을 보는 것과 최대한 유사해야 한다. 경관영향은 일차적으로 시각적 문제이기 때문에 평가자가 경관영향을 충분히 이해할 수 있도록 실제 모습에 가깝게 사실적으로 표현해야 한다.

10.2.2.2 정량적 · 정성적 평가

경관영향의 예측 및 평가는 현재 또는 장래의 경관구성요소와 그들의 조합으로 형성되는 종합적인 경관에 대해 관찰자가 어떻게 보고 느끼는가에 대해 객관적 · 주관적 또는 정량적 · 정성적 방법으로 파악하는 것이 중요하다.

정성적 평가는 경관에 미치는 영향을 관찰자의 심리적인 영향으로 파악하는 것으로 경관을 보고 느끼는 긍정적 혹은 부정적 느낌을 대상으로 한다. 정성적 평가는 경관지표를 이용한 정량적 평가와 같이 수치화 될 수 없고 주관적 판단에 크게 의지하므로 신뢰도의 문제가 제시될 가능성이 높다. 그러나 경관의 속성이 인간이 인지하는 미적 감각임을 고려하면 이러한 정성적 평가는 관찰자가 경관을 인지한 상태의 인지속성을 측정한다는 점에서 보다 본질적인 평가가 될 수 있는 장점이 있다.

정량적 평가는 인공구조물이 경관에 미치는 영향의 정도는 주로 구조물의 규모에 달려있다는 전제하에 구조물의 규모를 이용하여 할 수 있다. 즉, 구조물의 높이, 길이와 폭, 입면의 면적, 구조물로 형성되는 스카이라인의 길이 등에 대해 경관지표를 활용하여 수치화하여 평가하는 것이다. 정량적 평가를 위한 경관지표는 다음과 같다.

<표 10-2> 경관변화 예측 지표

경관지표	내 용
가시거리	가시거리는 시설 등의 인지에 직접적인 영향을 주며, 가시거리 에 의해 일부 개발 사업의 입지 불허기준으로도 이용되고 있어 보전대책의 입안지침을 수립함에 있어 유용함
전입각	조망점으로부터 대상이 보여지는 크기를 표시하는 지표로서 일반적으로는 조망점으로부터 대상을 조망하는 수직시각과 수 평시각을 지표치로 사용
양각(상향각)	대상물의 상단과 시점을 연결하는 선과 수평선이 이루는 각이 며, 각이 클수록 압박감을 느낌. 상향각은 도시에 대한 주변부 의 감각을 나타내는 지표로서 광장과 가로의 분석과 설계에 이 용됨
부각(하향각)	대상물의 하단과 시점을 연결하는 선과 수평선이 이루는 각이 며, 일반적으로 하향각 10°~ 30°는 부경관에 있어서 중심영 역이 되며, 개발행위가 그 주변에 위치하는 경우에 눈에 잘 띄 게 됨
시선입사각	시선과 면이 이루는 각으로 대상의 표면을 조망하는 용이도와 보여지는 면적을 좌우하며, 시선입사각은 시선화면에 수직이 되는 경우 보여지는 면적이 가장 크며, 조망성도 가장 큼

그러나, 이러한 정량적 평가는 구체적인 수치로 표현되기 때문에 객관적인 기준을 세우는 데는 유용하나 지표의 수치가 의미하는 경관의 영향에 대해 아직까지 객관적으로 인정할 수 있는 뚜렷한 기준이 없다는 한계가 있다.

<표 10-3> 마어튼슨의 법칙

각도	d/h	인상의 특징
상향각 12~10°	4.5~4.7	대상이 포근하게 느껴지며 건물정면이 원경의 하나 로 포함되고 중요하게 느껴지지 않음
상향각 18°	3	건축적인 아름다움이 느껴지며 원경에서 대상물을 인식하게 됨
상향각 27°	2	전체를 전망하는 위치로 정면의 세부적인 것과 전 체를 동시에 봄
상향각 45°	1	대상 전체를 볼 수 없고 건물 정면의 세부를 봄

<표 10-4> 500kv 송전용 철탑의 시각과 보임

시각 (상향각)	거리	철탑의 보임
0.5°	8,000m	윤곽이 겨우 인식됨. 계절과 시간에 따라 영향이 많은데, 대기중에 있는 가스의 영향도 있음
1°	4,000m	충분히 보이지만, 경관적으로 거의 영향을 미치지 못함. 대기중의 가스가 가리어져 보이기 어려움
1.5° ~ 2°	2,000m	실루엣이 되고 있는 경우에는 잘 보이며, 상황에 따라서는 경관적으로 부각되기 쉬움. 실루엣이 되지 않고 특히, 환경융화적인 도색이 되어 있는 경우에는 거의 눈에 띄지 않음
3°	1,300m	비교적 상세한 부분까지 보이게 되어 눈에 거슬리지만 압박감은 없음
5° ~ 6°	800m	약간 크게 보이며, 경관적으로도 커다란 영향이 있음. 전선도 잘 보이지만 압박감은 크지 않음
10° ~ 12°	400m	눈에 가득할 정도로 크게 보여 압박감을 느끼며 평탄한 곳에서는 수직방향의 경관요소로서 돌출된 존재가 되어 주위의 경관과 조화되지 않음
20°	200m	올려다 볼 정도이며 압박감도 강하게 됨

자료 : 시노하라 오사무, 배현미 외 역. 1999. 「경관계획의 기초와 실제」, p.320.

10.2.2.3 저감방안에 관한 효과 분석

경관항목의 특성상 저감방안을 수립했을 경우 본래의 계획보다 어느 정도 어떠한 점에서 효과가 있는지를 시각적으로 표현하여 제시하여야 하며, 보완적으로 경관지표 분석이 이루어져야 한다. 가령, 스카이라인의 보전을 위해 택지개발시 아파트의 층수를 조정한다거나 혹은 관광지 개발시 숙박시설의 층고계획을 조정했을 경우, 단순히 수치상으로 몇 층을 조정했는가보다는 층고 조정을 통해 어느 정도 스카이라인이 보전 효과가 있는지의 판별이 중요하다. 따라서 본래의 계획과 비교하여 어느 정도 효과를 보이고 있는지를 정성적·정량적으로 분석할 수 있도록 경관시뮬레이션을 작성하고 경관지표를 분석하여야 한다. 또한 경관적 저감효과가 미흡할 경우에는 새

로운 대안을 선정하고 그에 따른 효과를 다시 예측하는 등 영향예측 및 평가와 저감방안의 수립과의 원활한 피드백(feed-back) 기능이 요구된다.

10.2.2.4 경관영향 예측 과정의 체계화

경관영향평가에 대한 작성지침은 현황조사, 영향예측, 평가, 저감방안 등으로 구분하여 각 단계별로 필요한 사항을 제시하고 있지만, 실제로 경관영향을 평가하기 위해서는 좀더 구체적인 체계적인 절차가 요구된다. 이러한 절차는 사업의 특성에 따라 다소 차이가 있지만 일반적으로 <그림 10-8>과 같다. <그림 10-8>에서 제시하고 있는 각 단계별 내용은 이미 앞서서 설명한 현황조사와 영향예측·평가 부문에 설명이 되어 있다. 따라서 여기서는 각 단계별로 어떻게 진행되고 어떠한 내용이 포함되어야 하는지를 실제 사례를 들어 설명하고자 한다. 여기서 제시하고 있는 사례는 폐기물 최종시설 조성에 따른 매립고 변화에 대한 경관영향을 평가한 자료로서 아래의 절차와 다소간의 차이는 있지만 참고자료로 인용하고자 한다.

1) 현황조사

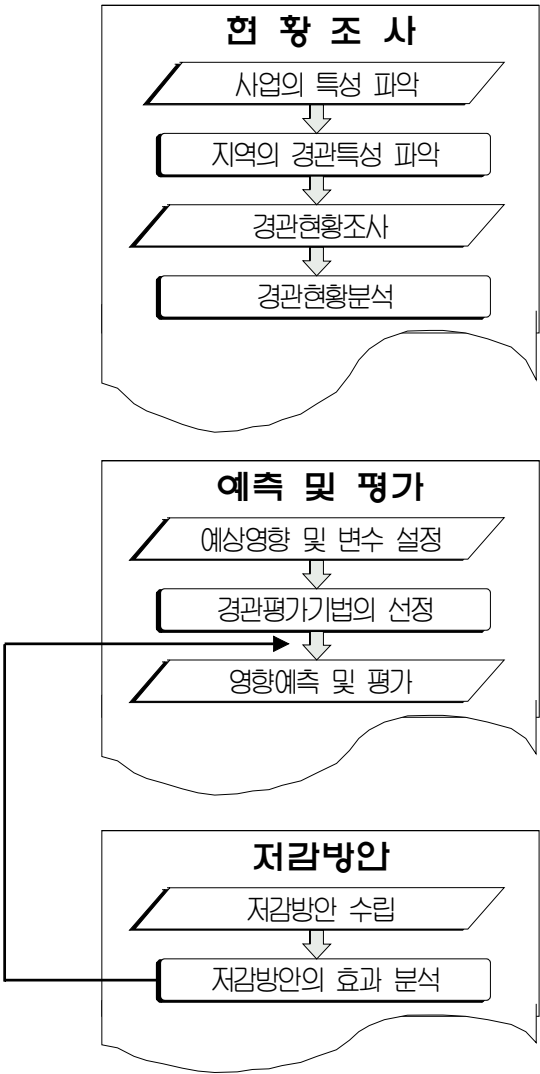
가) 사업의 특성 파악

경관에 대한 영향은 사업의 종류와 특성에 따라 예측·평가하여야 할 항목이 정해지며 고려해야 할 변수도 다양해진다. 도로사업의 경우, 주변의 관광지를 활용하기 위한 관광도로인지, 소규모로 형성된 마을간 통행을 위한 연결도로인지, 각 시 혹은 도를 연결하는 간선도로인지 등에 관한 성격파악이 필요하다. 또한 계획노선의 주요 통과지역이 어떤 지역이며(산지, 농경지, 계곡 등) 경험적으로 어떤 경관적 특성이 있는지에 관한 내용이 조사되어야 하며, 이는 경관영향평가를 위한 사전과정의 하나라 할 수 있다.

나) 지역의 경관특성 파악

개발의 종류 및 규모에 상관없이 모든 개발사업은 정도의 차이는 있지만 주변 경관에 영향을 미친다. 이러한 경관적 영향은 사업의 종류 및 지역의 경관적 특성에 따라

다르게 나타난다. 따라서 사업이 입지하는 지역의 경관적 특성을 다양한 관점에서 유형화하여 상징적으로 표현하여, 대상 지역의 개략적인 경관을 제시하는 것이 필요하다.



<그림 10-8> 경관영향평가 절차도

다) 경관현황조사 및 분석

경관현황조사는 사업의 유형에 따라 지역적 차원과 지구적 차원, 혹은 이 두 가지 차원을 동시에 고려하여야 한다. 지역차원에서의 경관현황분석은 개발사업이 시행될 경우 외부의 주요 경관자원에서의 영향이나 외부에서 조망되는 경관 영향을 판단하기 위한 것이며, 지구차원에서의 경관현황분석은 사업지구 내 보존할 가치가 있는 지역 등에 관한 평가를 위한 것이다. 따라서 현황자료를 토대로 외부에서 사업지구를 조망할 때 조망권 침해, 불쾌함 등 경관적 영향이 예상되는 지점에 대해 조망점을 선정하고, 그 지점에서의 경관적 특성을 파악해야 한다. 사업지구 내부에 대해서도 마찬가지로 자연경관이 수려한 수림지대, 자연스러운 선형을 형성하는 하천경관 등에 관해서 다양한 지점을 선정하여 경관적 특성을 파악하고 이를 토지이용계획에 반영할 수 있도록 분석해야 한다.

○ 경관현황분석도



<그림 10-9> 경관현황분석도

○ 사업지구의 주요 경관 특성

사업지구 인근의 다섯 개 조망점에서의 경관특성을 구체적으로 서술하면 다음 표와 같다.

<표 10-5> 사업지구의 주요 경관 특성

	해안선	개방감	조망특성
행담도 휴게소	서해대교 중간에 위치한 휴게소로서 해안선 경관이 추가됨	섬의 특성상 해안경관의 개방감과 해안선의 원경이 나타나는 곳임	사업지와 약 1.3km 떨어져 있으며 휴게소 서측면 끝단 도로면에서 현재 사업지구가 조망됨
서해 대교	난간높이로 인해 해안조망은 차단되나, 사업지 근처의 육지 쪽으로 사업지구가 조망됨	서해대교상의 해안경관 등의 개방감은 없음	차량주행중 휴게소에서 하행선 방면으로 현재 사업지구가 조망
주거 단지	택지는 조성되었으나 미개발된 상태로 해안선 조망은 없음	전면도로 쪽으로 공원 녹지가 형성되어 있고, 사면이 모두 녹지 공간을 형성하여 주변 시설과 차폐되어 있음	미개발된 주거의 전면도로 연결부분에서 현 사업지가 일부 조망되며 거리는 500m임
한진 포구	해안선 경관이 조망되는 곳으로 소형어선의 입출항이 이루어짐	해안경관의 개방감과 해안선의 원경이 나타나는 곳임	부곡지구와 고대지구 사이에 위치한 한진포구는 현 사업지와 약 3km 정도 떨어져 있고, 부곡지구 내 입주공장에서 사업지구가 조망됨
송악산	주변에서 가장 높은 산으로 해안경관 및 주변경관이 조망됨	사방이 탁트인 곳으로 개방감이 하향으로 조망됨	현재 송악산 정상근처에는 송전탑이 설치되어 접근이 어려우며 사어지구와 4km 이격됨

○ 조망점에서의 경관특성

조망점에서의 이격거리, 경관구성요소 등을 고려하여 경관특성을 파악한 결과는 다음 표와 같다.

<표 10-6> 조망점에서의 경관특성

조망점	이격거리	경관구성요소	종합판단
①	1.3km	· 해안선 및 바다 · 서해대교, 부두	· 현재 운영중인 사업지구 내 시설물은 이질감 있는 재료로 경관주목도가 높음
②	0.1km	· 도로 및 서해대교 · 톨게이트, 주변녹지	· 이동차량에 의해 조망되고 사업 대상물에 근접할수록 조망이 확대됨
③	0.5km	· 공원녹지, 육교 · 도로 및 서해대교	· 공원녹지 등 차폐용 식재에 의해 일부가 조망되나 조망인지도는 매우 낮음
④	0.5km	· 도로 및 서해대교 · 해안선 및 바다	· 사업지가 부각(하향각)으로 조망됨
⑤	4.0km	· 해안선 및 바다 · 도로 및 서해대교 · 주변 녹지	· 일반인의 접근이 용이하지 않으며, 주변 녹지 및 인공시설물에 의해 조망인지도는 매우 낮음
⑥	3.0km	· 해안선 및 바다 · 도로 및 서해대교 · 행담 휴게소 · 부두 및 항만	· 주변 공간 건축물에 의해 조망이 이루어지지 않음. 단, 포구에서 떠난 배에서는 조망인지도가 있음
⑦	2.0km	· 해안선 및 바다 · 서해대교 · 행담 휴게소 · 부두 및 항만	· 인공구조물(서해대교)과 차폐녹지공간에 의해 조망은 이루어지지 않음
⑧	0.8km	· 도로 및 서해대교 · 주거지 및 공단	· 공단내 건축물과 주변 녹지공간에 의해 조망인지도는 매우 낮음

○ 조망점에서의 현황사진



1번 조망 현장사진



2번 조망 현장사진



3번 조망 현장사진



4번 조망 현장사진

<그림 10-11> 조망점에서의 현황사진

2) 영향예측 및 평가

가) 영향항목 및 변수 설정

개발사업이 입지함에 따라 주변 경관에 미치는 중요한 경관적 영향항목 즉, 스카이라인의 변화, 훼손지역에 대한 경관적 이질감, 조망훼손, 차폐의 유무 등을 파악하여야 한다. 또한 이러한 경관적 변화에 영향을 주는 주요 변수를 찾아내서 이를 평가기법의 활용시 적용하여야 한다.

나) 경관평가기법의 선정

경관평가기법의 선정은 평가하고자 하는 경관영향을 시각적으로 표현하는 데 있어서 그 결과가 신뢰성과 정확성, 현실감이 있는지를 기준으로 하여야 하며 사업 및 지역의 특성도 고려해야 한다.

다) 영향예측 및 평가

개발사업에 따라 다소 차이는 있겠지만 일반적으로 영향이 예상되는 경우는 다음의 세 가지로 나누어 볼 수 있는데, 이러한 영향은 현재뿐만 아니라 주변의 개발여건을 감안하여 영향이 예상되는 지점을 추가로 고려해야 한다.

- 대상 사업이 경관자원을 이용하는 이용자의 가시권 안에서 그들의 경관적 만족감을 감소시킬 가능성이 있는 경우
- 해당지역에서 중요한 경치 또는 조망을 가리거나 가치를 감소시킬 우려가 있는 경우
- 주위의 토지이용형태 또는 자연·인공환경에 대조되거나 차이가 있는 경우

개발사업이 시행되고 주변경관에 상기한 내용에 관한 영향이 예상될 경우, 어떠한 영향요인에 의해 어느 정도의 경관변화가 예상되는지를 시각적으로 판단할 수 있는 경관평가기법을 이용한 정성적 자료와 경관지표를 활용한 정량적 자료를 고려하여 평가하여야 한다.

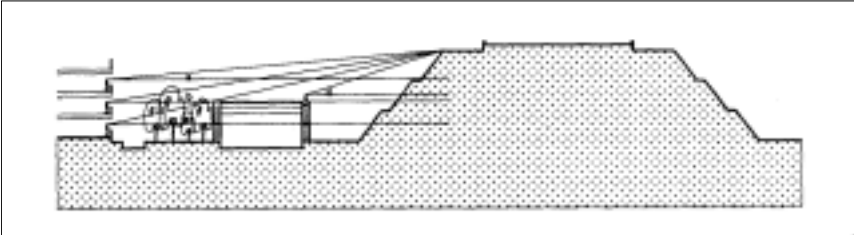
○ 매립고 조정(5m→12m) 조망점에서의 경관분석

조망점	이격거리	종합판단
①	1.3km	· Air Dome 철거 후 높이가 낮아지면서 조망 인지도는 매우 낮아짐
②	0.1km	· 서해대교 고속도로에서 보여지는 것으로 Air Dome 철거후 주변 경관과 함께 혼합경관으로 조망되어 인지도는 적음
③	0.5km	· Air Dome 철거후 주변식재와 공단내 건축행위에 따라 조망인지도는 적은 편임
④	0.5km	· 하향각에 의한 조망으로 Air Dome 철거후 조망인지도는 낮아짐
⑤	4.0km	· 주변경관과 혼합된 경관으로 Air Dome 철거후 조망인지도는 저음
⑥	3.0km	· 주변 공단내 건축행위 등에 따라 Air Dome 철거후의 조망인지도는 없음
⑦	2.0km	· 인공구조물인 서해대교에 의해 Air Dome 철거후 조망인지도는 없음
⑧	0.8km	· Air Dome 철거후 주변식재와 주변의 토지이용활성화에 따라 조망인지도는 없음

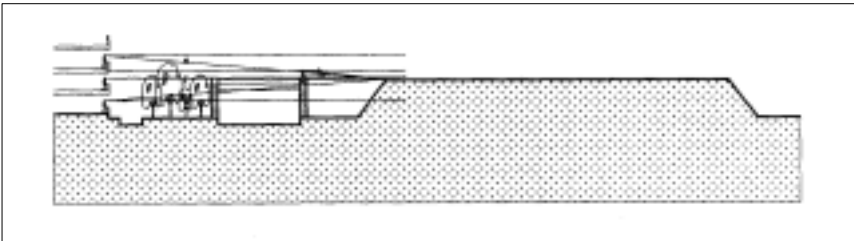
○ 조망점 분석

조망점	조망여부			특 성
	운영중	5m	10m	
①	○	△	△	· 비의도적인 조망
②	○	△	△	· 차량이동중 발생하는 조망
③	○	△	△	· 주거지 동북쪽에서 일부 조망
④	○	○	○	· 하향각으로 조망

○ 시지각적 분석(정량적 평가)



매립고 12m



매립고 5m

<그림 10-12> 높이에 따른 대상지와의 각도

<표 10-7> 매립고 변화에 따른 정량적 평가

구분		위치	거리(d)	각도	h/d	비고
매립고 12m	a	3층주거	500m	0.4583	4/500	상향각
	b	2층주거	500m	0.8020	7/500	상향각
	c	1층주거	500m	1.1457	10/500	상향각
	d	육교위	400m	0.8593	6/400	상향각
매립고 5m	e	3층주거	500m	-0.2520	-2.2/500	하향각
	f	2층주거	500m	0.0916	0.8/500	상향각
	g	1층주거	500m	0.4354	3.8/500	상향각
	h	육교위	400m	-0.1718	-1.2/400	하향각

○ 조망점에서의 경관영향예측



운영시



사업완료 후(5m)



사업완료 후(12m)

<그림 10-13> 경관분석 1 - 행담도휴게소



운영시



사업완료 후(5m)



사업완료 후(12m)

<그림 10-14> 경관분석 2 - 서해안 고속도로



운영시



사업완료 후(5m)



사업완료 후(12m)

<그림 10-15> 경관분석 3 - 주거지



운영시



사업완료 후(5m)



사업완료 후(12m)

<그림 10-16> 경관분석 4 - 주거지내 육교

○ 평가

- 현재의 경관구성은 Air Dome이 존재함에 따라 가시영역이 광범위하게 설정되어 있으나 Air Dome이 제거된 후 경관의 영향은 매우 낮아질 것임
- 당초 계획매립고 5m인 경우의 예측결과와 12m의 예측결과를 비교하여 보면 주요 조망점과의 거리가 0.5km에서 1.3km로 실제로 보이는 시선집중도는 매우 낮으며 양각 또한 1°내외로 압박감은 없음

3) 저감방안

가) 저감방안 수립

경관분석의 궁극적인 목적은 양호한 경관을 유지하고 불량한 경관은 개선될 수 있도록 방안을 강구하며, 장래의 개발행위에 따른 경관의 훼손과 파괴 등의 악영향을 최소화하여 경관의 질을 유지·향상시키는 데 있다. 저감방안의 수립은 이러한 점을 충분히 반영하여야 하며, 저감방안이 실효성을 확보하기 위해서는 아래의 내용을 고려하여야 한다.

① 저감방안의 정밀성

현재, 대부분의 평가서에서는 사업 대상지의 특성을 감안하기보다는 일반적으로 알려져 있는 방법을 형식적으로 적용하고 있다. 이것은 저감방안의 실제적 효용성이나 효과성이 미비함을 의미한다. 저감방안의 정밀성이란 경관의 영향예측에 대하여 얼마나 면밀하게 지역 및 사업의 특성을 고려하여 실효성 있는 저감방안이 수립되었는가를 의미한다.

② 저감방안의 명확성

저감방안의 명확성이란 평가서에서 기술되고 있는 저감방안의 효과가 명확하게 설명되고 있는지에 대한 분석이다. 즉, 효과에 대한 명확하고 구체적인 서술이나 수치가 있는지, 아니면 문어체식 표현이 있는가를 나타내는 것이다. 현재의 경관영향평가의 경우 저감방안의 효과에 대한 서술이 구체적인 서술보다는 문어체적 서술이 대부분

을 차지하는 등 명확성 측면에서 부족하다.

③ 저감방안의 계량화

저감방안의 서술이 얼마나 구체적인가, 객관적인가를 나타내기 위해서는 경관항목의 특성상 어려운 점이 있지만 저감방안에 대한 효과가 계량화되어야 한다. 경관에 대한 예측 및 평가는 적용할수 있는 부문이 한계가 있지만 경관지표의 분석을 통해 어느 정도 계량화가 가능하다. 구체적인 예측 및 자료 없이 현재와 같은 “대부분이 영향이 없을 것으로 판단된다” 혹은 “저감방안의 수립으로 양호한 경관이 재창출된다”라는 모호한 문어체식 표현은 경관영향평가의 실효성을 저감시키고 있다.

나) 저감방안의 효과 분석

제시된 저감방안으로 인해 경관적 영향이 어느 정도 상쇄될 수 있는지에 대한 효과를 분석하여야 하며, 저감방안의 수립에 다른 2차적 환경영향이 예상되는지에 대해 평가를 하여야 한다. 효과에 대한 분석은 시각화가 가능하다면 경관평가기법을 활용하여 본래의 계획과 저감방안 수립후의 경관변화 정도를 파악할 수 있도록 하여야 한다. 또한 경관지표의 활용이 가능한 경우에는 이를 충분히 활용하여 구체적이고 계량적으로 분석하여야 한다.

10.3 저감방안

10.3.1 현황 및 문제점

10.3.1.1 경관을 고려한 입지선정

대규모의 건설사업은 지형훼손에 따른 스카이라인 변화와 산림훼손에 따른 이질화된 경관의 형성 등 주변경관에 지대한 영향을 미친다. 더욱이, 대규모 절토사면의 발생이나 스카이라인의 불가피한 훼손 등의 경우, 이를 해소하는 방안이 극히 제한적일 뿐만 아니라 그 효과도 극히 미비하다. 따라서 이러한 사업에 대해서는 입지선정 단

계에서 경관평가가 필요하지만 이루어지고 있지 않으며, 환경영향평가 단계에서 즉, 입지가 결정된 후에 경관영향을 검토하기 때문에 경관훼손을 방지하는데 한계가 있다. 이로 인해 필연적으로 식생 및 지형의 훼손을 야기하는 사업은 주변 경관에 미치는 영향이 지대함에도 불구하고 교통량이 많은 인근 도로에서 혹은 마을에서 조망되는 지역에 입지하여 개발중에 혹은 개발 후에도 대규모의 절취사면이 조망되는 등 심각한 경관적 혐오감을 야기하고 있다.

10.3.1.2 스카이라인의 보존

스카이라인은 일정 경관을 바라볼 때에 지상에 있는 지형지물과 하늘의 경계선을 말하는 것이며, 도시경관 형성에 있어서 절대적인 중요성을 갖는다. 도시경관에 있어서 건축물과 하늘이 이루는 스카이라인은 관찰자에게 개방감이나 안정감을 제공하지 못하거나 시선을 차단하여 경관에 대한 부정적인 요소로 작용하게 될 가능성이 높으며, 자연경관자원에 대한 스카이라인을 어떻게 확보할 것인가 하는 문제가 도시내 경관평가의 핵심적 과제가 된다.

10.3.1.3 조망권의 확보

택지개발로 인해 고층·고밀의 건축물이 입지할 경우 양호한 자연경관에 대한 조망권 상실의 문제점이 있다. 특히, 구릉지에 입지하는 고층 아파트 단지의 경우에는 주변 산을 차단하여 조망권의 상실을 가져옴과 동시에 위협적인 경관이 되고 있다. 조망의 문제는 건축물의 공공성에 대한 가치의식과 관계가 있으며, 구릉지나 양호한 조망지점에 세워지는 아파트는 소수의 사람만이 양호한 조망을 확보할 수 있는 반면에 다수의 시민은 조망권을 침해하는 불평등한 결과를 가져오고 있다. 또한 고층·고밀의 건축물은 대부분 동일한 주거 단위의 연속적 반복으로 인한 형태적 획일성과 단순성이 심각한 문제로 대두되고 있다.

10.3.1.4 생태복원녹화

개발사업으로 인해 발생하는 대규모의 사면은 장기간 동안 주변 경관에 심각한 이질감을 발생시키며, 주변으로 도로 혹은 주거지가 형성될 경우 이러한 영향은 더욱 커진다. 이러한 인위적인 훼손지인 비탈에 대해서 다양한 절취사면 녹화공법을 적용하여 녹화를 시도하였지만, 훼손된 비탈면의 녹화는 시간이 지나감에 따라 주변의 식생과 조화되지 못하고 시공 당시의 절개된 훼손모양을 그대로 간직하고 있는 곳이 많다.

특히, 발생사면 중 성토면에 대해서는 목본이 생육하기에 비교적 용이하지만 절토면에 대해서는 식물의 지속적이며 건강한 생장을 위한 식생기반 조성이나 주변산림과 조화되는 자연 친화형 식물군락을 조성할 수 있는 생태적 복원을 위한 특수한 공법이 필요하다. 따라서 발생한 절토사면에 대한 영향을 최소화하고 훼손되기 이전의 생태환경으로 복원하기 위해서는 실효성 있는 생태복원이 이루어져야 한다. 하지만 아직까지 이러한 생태적 복원을 목표로 한 사면녹화 공법의 적용은 미비한 실정이며, 대부분 경제성 및 시공성을 고려한 녹화공법이 적용되고 있다.

10.3.2 개선방안

10.3.2.1 경관을 고려한 입지선정

인간의 삶은 자신이 속하는 환경에 영향을 받고 있음을 고려할 때 지역 및 지구차원에서 물리적 환경을 조성하는 데 있어 시각적 측면을 충분히 고려하여야 한다. 또한 경관은 일단 훼손되면 복원이 거의 불가능하기 때문에 사후대책보다는 사전에 면밀한 평가·분석을 통해 최대한 보호·보전하려는 노력이 중요하다. 그러므로 사전에 이러한 문제점을 유발하지 않게 하기 위해서는 모든 개발사업에 대해 입지선정 단계에서부터 그 시각적 영향이 예측되어야 하고, 그 평가에 따라서 의사결정이 이루어져야 한다. 특히, 대규모의 개발사업이나 자연상태가 잘 보존된 지역에서의 개발사업은 사전에 경관적 영향을 충분히 고려하여 자연경관을 보존하고 효율적으로 관리할 수 있도록 해야 한다. 아래의 사항은 개발입지 선정시 경관적 영향을 평가하기 위해 고려되어야 할 일반적 사항이다.

- 시각적으로 가장 적합한 곳에 입지

- 조망시아 내에 시각적 혐오시설의 노출 여부
- 주거지역의 조망권 보호
- 장차 주민이 주요 전망지점으로 예상되는 곳을 보존
- 우수한 자연경관지에서의 인공시설물은 지양
- 급경사지의 개발을 지양
- 시각적으로 우수한 건물 파사드의 보호
- 송전선, 도로 등은 스카이라인과 산 능선 등의 자연선형에 어긋나지 않도록 배치
- 자연적 특성에 입각하여 식생을 처리

10.3.2.2 스카이라인의 보존

스카이라인은 산악의 능선과 하늘, 그리고 능선 주변의 건축물이 구성하는 선적인 경관요소로서 자연적인 경관자원에 대한 스카이라인이 확보되면 관찰자에게 개방감과 양호한 시계를 제공하게 되어 경관의 인식성이 크게 높아진다. 도시경관에서 중요한 역할을 담당하는 스카이라인의 효율적인 보전을 위해서는 건축물의 높이를 제한하는 것이 가장 효율적인 방법이다.

건축물의 높이를 규제하는 방법은 현재 층수 규제와 양각 규제, 시곡면 규제로 구분할 수 있다. 층수규제는 지표면에서부터 건축 가능한 층수를 규제하는 것으로 자연지형의 흐름을 살리고 규제의 일률성을 기할 수 있지만 경관장애 지역에 고층건물의 건축이 가능하게 되는 단점이 있다.

양각규제는 조망지점에서 대상 지역에 대한 시선이 확보될 수 있도록 규제하는 방법으로 경관 대상에 대한 조망의 확보가 가능하지만 자연지형의 흐름을 살릴 수 없고 건축 불가능한 지역이 발생할 수 있으며 건축규제의 내용이 불평등한 단점이 있다.

시곡면 규제는 층수규제와 양각규제의 장점만을 도출한 것으로 우선, 조망지점과 조망 대상지점을 연결하는 시곡면을 형성하고 자연지형중 지표면을 입력하고 지표면에서 층별로 건축높이를 올려 시곡면에 돌출하는 부분을 찾아내고 건축물의 높이를 지정하는 방법이다.

현재 고층건축물에 의한 스카이라인의 훼손을 방지하기 위한 저감방안은 특별한

기준이 있다기보다는 해당 지역의 여건을 고려하여 적정수준에서 층고계획이 이루어진다. 상기한 양각의 의한 규제 혹은 시면각에 의해 건축물의 층고를 직접적으로 규제할 수 있도록 좀더 발전시키고 현실에 적용 가능하도록 보완과정을 거쳐 법·제도화되는 것도 중요하다. 하지만 현재의 시점에서는 주변 지형 및 경관을 고려했을 때 적용이 필요한 곳에서는 양각이나 시면각을 평가기준으로 하여 층고 조정을 하는 방안도 고려해 볼 수 있다.

10.3.2.3 조망권의 확보

조망권 피해의 원인은 대부분 고층의 건축물 입지이기 때문에 이에 대한 개선방안은 상기한 스카이라인을 보존하기 위한 층고규제와 같은 방법이 요구된다. 하지만 이외에 계획적 기법을 통해 적용 가능한 방법은 고층건물의 배치를 조정하여 배후 경관을 확보하는 방법이다. 이는 아파트 동 사이의 인동간격을 조망시야로 활용하는 방법으로 건축물간의 간격을 이용하여 아파트 단지에 배후경관 조망용 투시공간을 마련하는 것이다.

10.3.2.4 생태복원녹화

자연식생의 회복이나 자연경관의 복원 측면에서 절토부 녹화에도 수림형성을 목표로 하는 경향이 최근에 선진국에서 일어나고 있다. 개발로 인해 훼손된 지역에 대해서 경관적 측면에서 가장 바람직한 상태는 훼손지역이 생태적으로 안정화되고 주변 식생과 조화되어 자연스러운 경관을 형성하는 것에 있다. 따라서 훼손지역에 대해 가치있는 경관, 경관적 훼손을 최소화하기 위해서는 생태적 혹은 친환경적 복원이 주요목표가 되어야 한다.

녹화공법을 적용하고 이에 대한 실효성을 거두기 위해서는 사후환경관리를 정기적으로 실시하여야 하며, 이 과정에서 시간이 지남에 따라 경관이 변화하는 것을 식생, 지형 등의 예측결과와 맞추어 관련 항목간 상호비교가 되도록 조사하여야 하며 이를 기록하여 자료화한다. 이러한 자료는 이후 유사개발과 동일지역에서의 개발시 유용한 자료로 응용하도록 한다.

여기서는 절토사면에 대한 녹화공법의 장단점을 비교하거나 실효성을 평가하기보다는 비탈면 녹화시 고려해야 할 복원방향과 식생의 생육특성에 영향을 미치는 일반적인 조건을 제시하고자 한다. 여기서는 절토사면에 대한 녹화공법의 장단점을 비교하거나 실효성을 평가하기보다는 비탈면 녹화시 고려해야 할 복원방향을 제시하고자 한다.

○ 생태복원을 위한 기본방향

- 자연회복을 지향 : 식물군락의 재생은 자연 스스로가 진행하기 때문에 그러한 자연 회복력에 대한 도움을 주는 것이 생태복원녹화로서 식물 군락이 성립될 수 있도록 생육하기 쉬운 상태로 훼손지역을 정비하여 주고 이것을 기초로 한 군락의 재생을 도모한다.
- 종자로부터 자연의 군락을 재생 · 창조 : 식물의 침입이나 정착이 용이하지 않은 장소에서는 적극적인 도입을 도모할 필요가 있다. 이러한 경우에 종자로부터 성장한 식물은 그 장소에서 적합한 생육을 하기 때문에 자연에 보다 가까운 상태의 회복이 도모되고, 보전 기능면에서 유효한 군락이 조성되기 쉽다.
- 자연에 가까운 방법으로 군락을 재생 : 생태복원녹화는 식물천이의 축진을 도모한다는 관점으로부터 생각하는 것이 중요하다. 이는 자연의 흐름을 고려한다는 것을 의미한다. 따라서 자연의 흐름을 존중하고 흐름에 역행하지 않는 방법으로 군락을 재생하는 것이 바람직하다.
- 가능한 한 다양하고 풍부한 종을 사용 : 생태복원녹화에서는 가급적 다양하고 풍부한 종을 사용하는 것이 바람직하다. 토질적 요인, 입지적 요인, 환경적 요인, 토양 수분의 분포 등 다양한 요인이 작용하기 때문에 가급적이면 많은 종의 종자를 도입하여 주어진 조건에서 가장 잘 적응하는 식물로 나지가 복원되도록 유도한다.⁹²⁾

92) 김남춘. 2001. "한국의 생태복원녹화기술의 적용사례와 향후과제". 「한국환경복원녹화기술학회 2001 세미나 자료」

10.4 토의

경관항목에 대한 현재의 작성지침은 가장 기본적인 사항만을 제시하고 있어 평가서의 작성 및 검토를 하는 데 있어 이를 적용하고 구체적인 결과물을 도출하기에는 매우 어려운 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 현재 작성되고 있는 평가서를 분석·평가하여 경관영향 평가를 위한 현황조사 및 영향예측·평가, 저감방안 등 각 단계별로 문제점을 도출하였다.

주요 문제점으로는 현황조사단계에서는 경관특성의 파악이나 경관현황분석도의 작성, 조망점의 선정 등에서 문제점을 도출하였으며, 영향예측단계에서는 경관영향을 객관적으로 평가하기 위한 기법의 선정과 정량적·정성적 평가, 저감방안의 효과분석, 경관예측을 위한 일반적 절차 등에 대한 문제점을 제시하였다. 저감방안 단계에서는 경관을 고려한 입지선정, 스카이라인의 보존, 조망권의 확보, 생태복원녹화에 관해 일반적인 문제점을 제시하였다.

이러한 경관영향을 평가하기 위한 각 단계별에서 제시되어 있는 각각의 항목별 문제점에 대해 일반적으로 적용할 수 있는 개선방안을 제시하였다. 특히, 영향예측 단계에서는 현황조사에서부터 저감방안의 수립에 이르기까지 일련의 절차를 간략하게 정리하여 일정한 체계에 따라 경관영향평가가 이루어지도록 하였다.

본 연구에서 경관영향평가에서 적용하고 고려하여야 할 내용을 정리하였지만 이는 모든 사업에 대해 일반적으로 적용할 수 있도록 작성하였기 때문에 사업의 특성 혹은 지역의 특성을 충분히 반영하기 위해서는 좀더 보완이 필요하다.

각 사업의 특성에 따라 경관적 영향이 다르게 나타나기 때문에 상기한 내용을 기본적 틀로 적용하는 것은 바람직하지만 여기에 국한하여 경관영향을 예측하는 것은 충분하지 않다. 이는 택지개발의 경우에는 스카이라인이나 조망권의 확보가 중요하게 작용할 것이며, 도로사업의 경우에는 자연속에 입지하는 교량 등과 같은 인공시설물에 대한 조화성 여부, 절·성토에 따른 차폐감 및 주변과의 부조화 등이 문제시되고 그러한 경관적 변화에 영향을 주는 변수 또한 상당히 상이하고 복잡하게 나타나기 때문이다.

현재의 연구는 모든 사업에 공통적으로 적용할 수 있는 기본적이며 일반적인

체계를 구축하고 그 곳에 포함되어야 할 내용을 정리하였기 때문에 사업의 특성에 따른 경관변화 요인을 충분히 고려하지 못한 한계가 있다. 경관영향을 파악하는 것은 사업 및 지역의 특성에 따라 고려해야 할 경관평가 항목도 서로 상이하고 변수 또한 다양하기 때문에 하나의 일관적 틀보다는 이러한 특성을 고려한 평가절차가 필요하다.

따라서 향후 2차년도 혹은 3차년도의 연구는 현재의 연구 결과를 토대로 한층 더 발전시켜 각 사업의 유형별로 경관영향을 평가할 경우 사업의 특성 및 예상되는 경관의 변화를 고려하여 예측·평가할 수 있도록 해야 한다. 사업의 유형별로 적용할 수 있는 구체적인 틀을 구축하고 어떻게 계획적으로 접근하여 평가를 하고 평가시 고려하여야 할 변수와 그 변수가 어떻게 경관변화에 영향을 주는지, 이러한 변수들을 어떻게 조정하고 계획해야 경관영향을 최소화할 수 있는지에 대해 연구 주제로 삼아야 할 것이다.

11. 경제성 평가

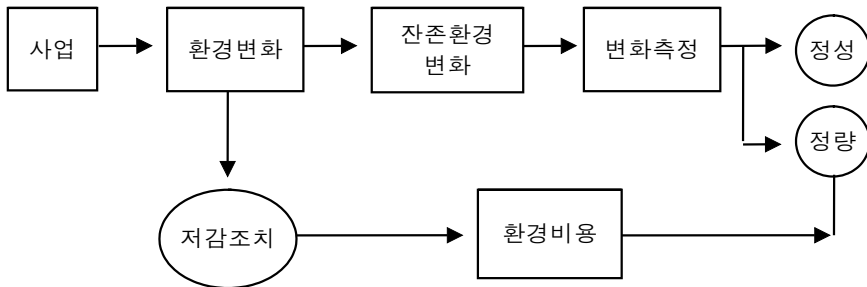
11.1 정의

여기서 경제성평가란 “환경을 고려한 경제성 평가”의 준말로 사업에 따른 물리적 환경 변화와 이와 관련된 사회, 인간에 대한 영향을 정량적(화폐가치화)으로 추정하는 것이다. 경제성 분석의 기본 목적은 어떤 사업 때문에 해당사회에 발생하는 비용과 편익을 화폐단위로 표시하여 경제적 잣대로 해당사업을 평가하고자 하는 것이다. 이 경우 환경을 고려하지 않을 경우 비용은 건설비 등 사업에 소요되는 항목과 관련되어 있으며 편익은 지역개발이익 등 긍정적 효과를 지칭한다. 여기에 환경을 포함할 경우, 개발로 인하여 환경피해가 예상되면 사회적 비용으로, 환경이 개선되면 환경편익으로 간주된다.

환경영향평가에서 경제성평가는 자연환경이나 생활환경분야에 비하여 평가기법이나 원칙이 거의 없는 상태이다. 때문에 이 연구의 목적도 경제성 평가가 환경영향평가에서 해야할 역할과 범위를 제안하고 경제성 적용과 관련된 쟁점을 거론하는 정도에 국한하고자 한다.

11.2 범위

경제성평가는 인구, 산업활동을 단순히 나열하는 현행 환경영향평가서상의 사회, 경제 항목에 대한 기존의 평가방식을 벗어나 새로운 자료와 논리를 도출하는 것을 포함한다. 경제적 목적을 위한 사업이 환경에 어떠한 영향을 주고 궁극적으로 환경적, 경제적 영향이 사회의 효용에 어떠한 변화를 주는가를 분석하는 것이다. 이러한 이유로, 물리적 환경-경제-효용과의 ‘연관관계’를 분석하는 것이 경제성 검토의 핵심이다. <그림 12-1>에서 제시되었듯이 환경을 고려한 경제성 분석은 ① 저감조치에도 불구하고 발생하는 ‘불가피한 환경변화’를 화폐가치로 ‘정량’ 평가하는 것, ② 환경영향평가 과정을 통해 추가된 저감조치와 관련된 추가적인 비용을 도출하는 것을 의미한다.



<그림 11-1> 환경을 고려한 경제성 분석 개념

11.3 기능

경제성 분석은 사업 여부를 결정하는 여러 고려 사항 중의 하나이며, 환경영향평가서 항목 중의 하나이다. 경제성 분석이 그 결과를 경제와 환경의 영향을 포함하여 하나의 지표(보통 화폐가치)로 나타낸다는 측면에서 포괄적인 성격이 있으나 사회, 문화, 계층, 정치에 대한 고려가 거의 결여되어 있으며 환경관련 자료의 불확실성을 고려 할 때 환경영향평가를 둘러싼 의사결정과정에서 경제성 분석에 대한 과도한 강조는 지양될 필요가 있다. 환경재와 같이 불확실성과 수치의 주관성이 클 경우 경제성분석은 한계가 크다. 이런 맥락에서 편익/비용(B/C) 비율이 1 이나 아니냐 하는 것에 과도하게 집착할 필요는 없다. 예를 들어, 독일은 유럽의 다른 국가와는 다르게 환경자산의 가치를 화폐로 정량화하여 사업의 시행여부에 참조를 하고 있다. 독일은 환경이 포함될 경우의 개발사업에 대한 편익/비용 비율이 1이 넘지 않으면 탈락시키고 1~2는 유보하며 2가 넘어야 경제성평가를 통과한 것으로 간주하는 경향이 있다. 즉, 경제성 분석은 단지 커다란 흐름을 파악하기 위한 참고자료로 활용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 논란의 여지가 있는 환경을 고려한 비용편익분석의 B/C 비율이 애매할 경우 “경제적 기준으로 볼 때 판단이 불확실하다고” 간주하는 것이 합리적인 것이다. 즉, 사회적 형평성, 환경위험의 불확실성, 정치적 고려 등을 가지고 사업의 여부를 판단할 필요가 있다.

11.4 경제성 분석을 둘러싼 쟁점 사항

11.4.1 자료의 유무 및 신뢰성

경제성 분석에서 필요로 하는 자료는 사업의 형태, 훼손되는 환경의 종류, 속성, 정도에 따라 다양하다. 화폐가치로 환산하는 자료는 크게 시장을 매개로 한 자료와 이해당사자의 지불의향에 근거한 자료로 나눌 수 있다. 환경영향평가의 경제성 분석의 측면에서 볼 때 기본자료가 부실한 분야 중의 하나가 일반적인 환경가치라고 하겠다. 여기서 일반적인 환경은 천연기념물, 보호종, 8등급 식생같이 사업을 시행하면서 특별한 관리를 받지 않는 대상을 지칭한다. 예를 들어 택지 개발사업으로 훼손되는 조그만 산의 나무, 동물, 생태계 기능, 풀, 잔디 등을 들 수 있다. 실제로 개발사업으로 희생되는 곳은 대부분 평범한 환경이며 이러한 경향은 더욱 증가될 전망이다. 때문에 이러한 환경자산에 대한 가치평가지침은 환경을 고려한 경제성 분석에서 대단히 필요하다고 하겠다. 여기서 말하는 평가지침은 단위가치(unit value)를 제시하는 것이다. 실제로 홍수피해예방의 경우 건설교통부는 건물 피해액, 인명사망 및 부상에 대한 표준화된 가치를 평가지침에 근거하여 시행하고 있다. 미국의 경우도 대기오염과 관련된 조기사망, 각종 질병, 가시거리 등에 대한 표준단가가 존재하고 있다. 한국의 경우도 이러한 표준단가를 마련하여 시범적으로 적용하는 것이 필요할 것이다.

환경자료의 대부분이 비시장가치이기 때문에 객관성과 신뢰성에 대한 논란이 있는 만큼, 이 분야에 대한 표준가치를 정하는 작업은 공공기관이 주도가 되어 사회적 합의를 거치면 가능할 것이다.

11.4.2 추가환경비용

환경영향평가과정에서 추가적으로 발생하는 오염저감시설비용과 불가피한 환경비용은 경우에 따라서 경제성 분석결과에 결정적인 역할을 할 수도 있다. 실제로 최근 5개 댐에서 환경비용으로 예측한 금액보다 추후에 실제로 집행한 금액이 3~4배 이상차이가 나는 것으로 나타나고 있다. 여기에 통상 예비타당성 검토에서

반영하지 않는 불가피한 환경비용을 추가 할 경우 경제성이 없는 것으로 판정될 경우도 있다.

11.4.3 적용시기

사업단위의 경우 환경을 고려한 경제성 분석은 예비타당성 단계에서 수행하는 것이 사업계획의 일관성, 사업지체에 따른 사회적 비용 방지라는 측면에서 바람직하다. 이 경우 예비타당성 검토 이후의 환경영향평가과정에서 발생하는 추가적인 오염저감비용과 불가피한 환경비용이 문제가 될 수 있다. 하지만 이 문제는 사업에 따른 중요한 환경변화를 예비타당성검토과정에서 비용으로 고려하게 되면 이후의 환경영향평가와 관련된 비용은 상대적으로 규모가 작게 되어 문제가 거의 없을 수 있다.

11.4.4 적용우선사례

최근 한국환경정책·평가연구원이 관여한 경제성 분석과 관련된 사업은 한탄강댐, 화북댐, 광양초남제2지구토지구획정리사업, 옥계석회석광산개발사업, 삼척지역 39광구(동양메이저), 남한강정비사업, 강남순환외곽도로 등이 있다. 한편 개발 사업 중 한국환경정책·평가연구원이 주관하지 않았거나 경제성 분석을 안 한 경우로 대표적인 경우는 경인운하, 새만금간척, 서울외곽순환도로중 벽제-퇴계원 구간, 대규모택지개발, 동강댐 건설 등이 있다.

대부분의 환경영향평가에서 경제성을 포함한 사회·경제환경이 상대적으로 중요시되지 않고 있는 점은 여러 가지 정화에 근거하여 큰 문제가 없다고 할 수 있다. 하지만 사회적으로 민감하고 논란이 있는 경우의 사업은 경제성 또한 주의 깊게 고려할 필요가 있다. 이 경우 사업에서 경제성이 중요한 항목으로 부각될 경우도 있지만, 다른 사업의 경우라면 지나치고 넘어가도 될 만큼 상대적으로 비중이 적은 경제성마저도 문제로 제기될 소지가 있기 때문이다.

위와 같은 과거의 경험과 상황에 근거하여 환경영향평가에서 경제성 분석을 우선적으로 적용할 필요가 있는 경우는 다음과 같다. 첫째, 수자원개발로서 댐개발

과 관련된 환경, 생태계 훼손 문제를 경제성의 측면에서 분석하는 것이 필요하다. 현재 한국환경정책·평가연구원의 환경영향평가과정에서 적용하고 있다. 둘째, 대규모택지개발로서 교통혼잡비용, 대기악화 비용, 녹지대 훼손 비용으로 통합환경 평가의 개념에서 접근할 필요가 있다. 현재 환경경제성분석이 적용되지 않고 있으나 환경경제성 평가는 이 분야가 가장 시급하다고 할 수 있다. 셋째, 자연자산에 대한 근본적이고 대규모적인 변경을 초래할 간척, 갯벌관련 분야가 해당된다. 넷째, 대체가 불가능한 절대적이고 희귀한 경우로 환경, 문화재, 민속 등이 이에 포함된다.

11.5 향후과제

환경을 고려한 경제성 분석이 현재의 기술과 자료의 여건상 논란이 소지가 큰 것은 사실이지만 환경경제성 분석이 개발사업 평가에서 차지하는 비중이 높아질 개연성은 크다고 하겠다. 이러한 맥락에서 개발사업과 밀접한 대표적인 환경변화에 대한 가치를 표준화는 작업은 가장 시급하게 추진되어야 할 것이다.

제3장 결 론

지금까지 상기 제2장에서는 11개 환경영향평가항목에서의 현황, 예측, 저감방안에 대한 각각의 문제점과 개선방안에 대해서 논의하였다. 환경영향평가서 작성시 각 항목별로 나타난 문제점들을 짚어보고 보다 효율적이고 합리적인 환경영향평가서 구성을 위해 필요한 사항들을 살펴보았다. 모든 환경영향평가 항목에서 환경영향평가서작성등에관한규정과 별표에 제시된 평가서 기재요령만으로는 정확한 현황 판단과 이에 기초한 예측 및 저감방안을 수립할 수 없다는 의견들이 지배적이었다.

자연환경분야의 경우 현재 모호하게 제시된 조사범위와 조사방법으로는 사업으로 인해 야기되는 환경영향평가의 목적을 이룰 수 없는 것으로 지적되었다. 이를 위해 각 사업별, 지역별, 또는 항목별 특성에 따른 신축성 있는 조사범위와 조사방법들을 제시하였다. 특히 동·식물상의 경우 조사범위를 분류군별 활동 특성에 따라서 신축성 있게 설정하고 해양환경에서는 기존 조사항목에 클로로필-a, 해양미생물, 원생동물, 염생식물의 추가조사의 필요성을 제시하였다. 그리고 생활환경분야의 경우는 이용할 수 있는 자료 및 정보를 매우 제한적으로 이용하여 환경영향평가서가 작성되고 있다는 문제점을 제기하였다. 수질의 경우 수변구역, 지하수보전구역 등의 상하수도 관거 및 지하매설물 등 가용자료의 미비가 문제시되었고 대기질의 경우도 대기측정망을 활용한 현황조사가 미비한 것으로 나타나, 사업에 관계되는 가용자료를 보다 다양하게 활용하는 방안을 제시하였다.

사업시행으로 인한 영향의 예측은 정확한 현황조사를 토대로 하여 가능하므로 많은 항목에서 정확한 조사범위와 조사방법에 근거한 모델링의 필요성을 제기하였다. 또한 모델링을 통해 영향을 예측하는 것뿐만 아니라 예측결과로부터 영향범위를 예상할 수 있으므로 현황파악 단계의 조사범위를 설정하고 저감방안 수립을 위한 자료로서 활용될 수 있는 등 상호보완적인 장점들과 활용방안들을 제시하였다. 각 항목별 결론은 다음과 같다.

지형지질

그동안 토량균형, 절·성토 규모, 사면 안정대책, 연약지반 보강대책 등 토질공학적인 내용이 중점적으로 다루어졌고 자연환경의 현황 파악에 의한 보존 및 저감대책등이 상대적으로 소홀히 다루어졌으므로 이에 구체적인 보존가치가 있는 지형·지질의 직간접적인 훼손 여부에 대한 예측사항 및 자연현상에 미치는 영향평가 사항들을 평가시 중점적으로 고려하도록 제시하였다.

동·식물상

사업대상지역의 장축길이 2배 면적으로 사업범위가 규정되어 있는 등 불명확한 조사범위 규정으로 인해 각각의 사업 특성에 따라 조사범위를 설정하는 데 어려움이 따랐고 구분 및 용어표현의 혼용으로 인한 혼란이 있었다. 이번 연구를 통해서 조사분야에 대해서는 식물상, 동물상, 기타 생물상 및 서식지로 크게 구분하여 환경영향평가지, 보다 합리적인 조사가 이루어질 수 있는 계획을 수립할 수 있도록 제시하였고, 조사범위는 분류군별 특성에 따라 신축성 있게 설정하여 제시함으로써 조사의 정밀성을 높이도록 하였다.

해양환경

현재 해양 환경영향평가지 가장 큰 문제점은 평가자에 의해 조사항목, 조사방법, 영향예측 방법 등이 서로 상이하다는 것으로 이는 지금까지 상세한 작성지침서가 없기 때문이었다. 이에 해양 동·식물상, 해양수질·저질 및 해양 물리 현황 조사의 경우 조사항목, 조사범위, 조사정점, 조사시기, 조사방법 및 조사결과에 대한 개선방안을 마련하였다. 영향예측의 경우 해양 동·식물상의 영향예측과 수치모형실험을 통한 영향예측 방법에 대한 개선방안을 마련하였다.

수리·수문

수리·수문항목에 대한 평가는 대상사업의 종류에 따라 그 중요성이 달라지고 있다. 수역의 인근에 실시하는 사업이나 하천내 구조물 설치사업의 경우에는 중요

한 항목이지만 하천이나 호소에 인접하지 않는 사업에 대해서는 수리·수문항목이 생략되고 있다. 따라서 이번 연구에서는 대상사업간의 중요도를 같이 할 수 있는 일반적인 상황과 계산에 필요한 공식들을 제시하였다. 특히 우수 유출량 및 수위의 변화 예측방법과 우수유출량 산정방법, 수위의 안정도를 비교할 수 있는 기준등을 제시하였다.

토지이용

현재 작성되는 환경영향평가서는 계획을 수립하는 데 필요한 사업지구 및 주변 지역의 토지이용현황 및 환경특성 등 지역차원에서의 관련 내용의 제시가 미흡한 실정이고 상위 및 관련계획에 입각한 토지이용계획이 수립되지 못하고 있는 문제점을 안고 있다. 따라서 현황조사단계에서 사업지구 및 주변부지의 특성을 파악할 수 있도록 지구현황분석도를 작성하도록 제시하였고 토지이용계획에서 고려되어야 할 상위 및 관련계획의 내용이 충실히 포함되도록 제안하였다.

대기질

대기질에 대한 환경영향평가를 수행하기 위해 필요한 대기오염물질 발생량 산정 방법, 대기확산모델, 대기오염저감시설 등에 대한 기본적인 사항들에 대해서 문제점을 분석하고 개선방안을 제시하였다. 현황농도는 사업특성을 고려하여 대기질에 미치는 영향의 정도에 따라 측정지점선정 및 측정기간, 범위를 설정하는 방안을 제시하였고 스크리닝 모델을 적극 활용하여 사업 시행으로 인한 영향에 대한 예측을 사전에 수행함으로써 정교한 영향예측 및 이에 필요한 각종 입력자료 등의 수집활동의 판단 근거로서 사용토록 할 것을 제안하였다.

수질

현재 작성되고 있는 환경영향평가서에서는 대상사업지역의 수질변화와 관계될 수 있는 수자원 현황, 수변구역, 지하수보전구역, 주요상하수도 관거 현황 및 수질 관련 지하매설물에 대한 조사들이 미비한 실정이어서 현황파악은 물론 대상사업

의 시행으로 인한 영향을 예측하는 데 어려움이 있는 것으로 나타났다. 따라서 정확한 현황조사를 위한 수질측정방법 및 시점 등을 제시하였고 현재 영향예측에 있어 오류가 많이 나타나고 있는 관계식들을 정리하여 제시하였다.

폐기물

수립된 폐기물 처리계획이 폐기물 관련법에 부합되는지에 대해 충분히 검토되지 않고 있어 폐기물처리계획의 타당성이 분명하게 제시되지 않고 있음을 지적하였다. 그리고 사업시행시 배출되는 폐기물발생량 산정을 위한 원단위들이 폐기물 배출원의 특성에 맞게 조사되지 않아 폐기물발생량들이 정확하게 산정하지 못하는 문제점들이 있었다. 이에 대해 폐기물 발생량 산정시 주의점과 산정시 필수적으로 확보되어야 할 원단위 문헌들과 자료들을 제시하였다.

소음·진동

현황조사가 단순히 소음·진동을 측정하여 기준과 비교하는 수준에 머무르는 경우가 많았고 예측방법에 대한 많은 문제점이 지적되었다. 이에 평가기법, 법규, 시험방법 등 소음·진동의 전반적인 문제점을 도출하였고 그에 대한 개선방안을 제안하였다. 발파진동의 허용기준 제정의 필요성을 제안하였고, 정량적인 영향예측에 대한 연구의 필요성을 제시하였다. 또한 발생원 차원에서의 저감방안을 위한 여러 가지 정책제안도 도출하였다.

위락·경관

현황조사단계에서 경관특성의 파악이나 경관현황분석도의 작성, 조망점의 선정 등에서 문제점이 도출되었고 영향예측단계에서는 경관영향을 객관적으로 평가하기 위한 기법의 선정과 정략적·정성적 평가, 저감방안의 효과분석, 경관예측을 위한 일반적 절차 등에 대한 문제점을 제시하였다. 이러한 경관영향을 평가하기 위해 각 단계별로 일반적으로 적용할 수 있는 개선방안을 제시하였다. 특히 영향예측단계에서는 현황조사에서부터 저감방안의 수립에 이르기까지 일련의 절차를

간략하게 정리하여 일정한 체계에 따라 경관영향평가가 이루어질 수 있도록 하는 방안들을 제시하였다.

경제성 평가

대규모 개발사업의 경우 환경을 고려한 경제성 평가를 통해 사업에 따른 물리적·사회적 영향을 정량적으로 측정하는 것이 필요함을 지적하였다. 환경영향평가에서 경제성 평가가 할 수 있는 역할과 범위를 제안하였으며, 경제성 분석시 쟁점 사항들에 대해 논의하였다. 대규모 개발사업 또는 환경에 미치는 영향이 큰 사업들 중에서 경제성 분석이 필요한 사업들을 분류, 제안하였다.

모든 항목에서 공통적으로 종합적인 환경영향평가에 대한 필요성이 지적되었다. 이러한 종합적 환경영향평가방안들은 앞으로 계획되어 있는 연구에 의해 구체적으로 제시될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 2002년~2006년까지 5개년으로 계획되어 있어, 2, 3차년도인 2003, 2004년에 분야별 주요 환경영향평가 기준 및 기법개발 연구가 시행되고 4, 5차년도인 2005, 2006년에는 사업유형별 평가기법개발 연구가 수행되면 지속적으로 환경영향의 합리적 예측평가를 위한 기법이 개발 보급될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 강대준, 강인구, 설증민, 김종민, 이정희, 박준철, 홍승철. 1998. 「공항주변 항공기소음」. 국립환경연구원.
- 강대준, 오수태, 신동석, 안준영, 정일록, 나진균, 최덕일, 서충열, 이재인. 1994. 「사업장 소음의 방지대책에 관한 연구(Ⅲ)」. 국립환경연구원.
- 강대준, 정일록, 김종민, 유승화, 박준철, 이용준, 최용호. 2000. 「도로교통소음(Ⅱ)」. 국립환경연구원.
- 강대준, 정일록, 장성기, 서충열, 박준철, 김용찬, 홍준기. 2001. 「고속철도소음 특성」. 국립환경연구원.
- 강대준, 최양일, 김종민, 이정희, 박준철. 1999. 「도로교통소음(Ⅰ)」. 국립환경연구원.
- 건국대학교. 2001. 「지역난방방식의 에너지 절감 및 환경개선 효과분석」. 한국지역난방공사.
- 건설교통부. 1997. 5. 「건설폐기물 처리 및 재활용 요령」.
- 건설교통부. 2000. 「도로설계편람(Ⅰ)」.
- 건설교통부. 2002. 「자연친화적 하천관리지침」
- 건설교통부. 2003. 「지하수법」.
- 건설교통부·한국건설기술연구원. 2000. 「생태도시 조성 핵심기술 개발(Ⅰ) 연구보고서」, p.49.
- 건설부. 1992. 「상수도 시설기준」.
- 건설연구사. 2001. 「건설표준품셈」.
- 경기개발연구원. 1998. 「도시경관 개선방안에 관한 연구」.

- 경기개발연구원. 2001. 「경기도 강변지역 경관관리방안」.
- 고강석, 서민환, 강인구. 1995. “환경영향평가서에 나타난 육상생태계분야의 평가에 대한 문제점과 개선방안”. 「환경영향평가」 4(1):37-46.
- 공동수. 1997. 「대형 수생생물을 이용한 수질개선 기법의 현황과 전망」. 한국과학재단 학연산연구교류회 198:1-50.
- 공동수, 류홍일, 류재근, 윤일병. 1995. “저서성 대형무척추동물 상위분류군 생물지수의 고안 및 적용”. 「한국환경독성학회 추계학술대회 요약집」
- 공업진흥청. 1991. 「건축용도별 처리인원 산정기준(고시 제91-1090호)」.
- 국립건설시험소. 1997. 「국산건설기계현황」.
- 국립방재연구소. 1998. 「소하천시설기준」.
- 국립수산진흥원. 1997. 「해양환경공정시험방법」.
- 국립환경연구원. 1995. 「폐수배출시설 표준원단위 조사연구(하)」.
- 국립환경연구원. 1999. 「환경자료집」.
- 국토연구원, 한국환경정책·평가연구원. 2001. 「공공건설사업의 사전환경성 평가체계 구축 연구보고서」. 건설교통부, 한국건설기술연구원.
- 군산시. 2001. 「선유도 2종어항 개발사업 환경영향평가서」.
- 권오길. 1990. 「한국동식물도감 제32권 동물편 (연체동물 I)」. 문교부.
- 권오길, 박갑만, 이준상. 1993. 「원색한국패류도감」. 아카데미서적.
- 권오길, 민덕기, 이종락, 이준상, 제종길, 최병래. 2001. 「신원색한국패류도감」. 민패류박물관.
- 김기대, 길지현, 최병진, 서민환, 고강석, 최덕일. 1998. “환경영향평가서에 나타난 생태계 단편화 현황과 생태통로 조성 실태”. 「환경영향평가」 7(2):15-26.

- 김남수, 양형식. 1998. “발파소음·진동 수준의 변환 연구”. 「한국소음진동공학회 1998년도 춘계학술대회논문집」.
- 김명재, 고광필, 정성수, 조문재, 장길수, 김선우. 2001. “철도소음 환경기준 설정을 위한 기초적 연구”. 「한국소음진동공학회 2001년도 추계학술대회논문집」.
- 김세천, 윤창호, 서흥렬. 1998. “군산시 공원주변의 동물상과 개발에 따른 생물학적인 영향 및 대책”. 「환경영향평가」 7(1):23-34.
- 김재극. 1993. 「산업화약과 발파공학」. 서울대학교 출판부.
- 김재수. 2000. “건설소음·진동의 특성과 실태”. 「한국소음진동공학회 2000년도 건 축물의소음·진동제어에관한세미나」.
- 김종원, 이은진. 1997. “다항목 매트릭스 식생평가 기법 - 식생의 자연성 평가에 대한 새로운 기법과 그 적용”. 「한국생태학회지」 20:303-313.
- 김준민, 김철수, 박봉규. 1987. 「식생조사법(식물사회학적 연구법)」. 일신사.
- 김철환. 2000. “자연환경평가- I. 식물군의 선정”. 「한국환경생물학회지」 18(1):163-198.
- 김철환. 2001. “자연환경평가- II. 국내 자연공원과 울릉도의 식물군을 이용하여”. 「한국환경생물학회지」 19(1):49-58.
- 김하근. 2001. “환경영향평가지 도로교통소음 예측 및 대책 사례”. 「한국소음진동공학회 2001년도 환경영향평가지소음·진동문제와대책세미나」.
- 김학명 외. 1996. 「지하수오염론」. 동화기술.
- 김훈수. 1977. 「한국동식물도감 제19권 동물편(새우류)」. 문교부.
- 나진균, 설증민, 최덕일, 오수태, 유등도, 신동석, 박준철, 안준영, 김수정. 1995. 「환경 진동의 저감대책에 관한 조사연구(I)」. 국립환경연구원.
- 나희승. 2001. “고속철도 환경영향평가지 소음평가 및 시험”. 「한국소음진동공학회 2001년도 환경영향평가지소음·진동문제와대책세미나」.

- 노동부. 1994. 「발파작업 표준안전 작업지침(고시 제1994-26호)」.
- 노태호, 송미영, 김동욱, 윤일병. 2001. 「지구환경생태학」. 한국방송대학교 출판부.
- 농림부·농어촌진흥공사. 1998. 「농어촌지역정비를 위한 경관변화 예측 시스템 개발 (I)」.
- 농어촌진흥공사. 1998. 「농어촌지역 소하천의 하천정비기법 개발. 용역보고서」. 농림부.
- 대우기술연구소. 1988. 「건설진동의 영향평가 및 대책에 관한 연구」.
- 대한건설진흥회. 1997. 「건설표준품셈」.
- 대한건설진흥회. 2001. 「건설공사표준품셈」.
- 대한국토·도시계획학회. 1996. 「토지이용계획론」. 보성각.
- 대한주택공사. 1997. 「건설폐기물의 처리 및 재활용방안 연구(I)」.
- 대한주택공사. 2002. 「청주성화지구택지개발사업 환경영향평가서」.
- 대한토목공사. 1992. 「토목조경면적」.
- 동아건설산업주식회사. 1993. 「현장기술지도서(건설현장관리-소음진동)」.
- 문석기 외. 1998. 2. 「조경설계요람」. 조경출판사.
- 문화재청 [Online]. Available : <http://www.ocp.go.kr>.
- 문화재청. 2001. 「천연기념물 수달의 서식실태 및 보호방안 연구」.
- 미광무국. 1977. 고시 제656호.
- 박광수. 2000. 「환경영향평가서의 경관시물레이션에 관한 연구」. 서울대학교 석사학위 논문.
- 배연재, 박선영, 황정미. 1998. “감장하루살이(하루살이목: 꼬마하루살이과) 유충의 기재 및 한국산 꼬마하루살이과 유충의 검색표”. 「한국육수학회지」.

31(4):282-286.

변병설. 1999. “경관영향평가의 개념과 의의”. 「KEI 환경정보」 12월호. 한국환경정책·평가연구원.

변병설. 1999. “환경친화적 도로건설 사업방안의 새로운 모색”. 「환경영향평가서 작성방법 개선방안」. 한국환경정책·평가연구원.

산림청. 1984. 「보호수지」.

산림청 임업연구원. 1996. 「희귀 및 멸종위기식물」.

서울시립대학교. 1994. 「강동 자원회수시설건설 기본방향을 위한 폐기물 성상」.

서울시정개발연구원. 1994. 「서울쓰레기처리 기본방향설정」.

서울시정개발연구원. 1995. 「건축물 폐기류의 적정 처리 및 재활용방안」.

서울특별시. 1999. 「저밀도 아파트지구 재건축사업에 따른 건설폐기물처리 종합대책」.

서울특별시 국정감사 자료. 1997. 10. 「석면자재(평슬레이트판)사용면적」.

선우중호. 1994. 「수문학」. 동명사.

설증민, 최덕일, 유승도, 신동석, 오수태, 강대준, 박준철. 1996. 「환경진동 저감대책에 관한 조사연구(II)」. 국립환경연구원.

시노하라 오사무 (배현미 외 역). 1999. 「경관계획의 기초와 실제」. 대우출판사.

신종서 외. 1993. 「고속철도에서의 진동 및 그 대책」.

안양시. 1994. 「청소행정 발전을 위한 장단기 사업계획」.

양병이. 1994. “우리나라 경관영향평가제도 정착을 위한 과제”. 「환경논총」 제32권.

양형식. 1997. “암 발파에서의 소음·진동 규제기준과 저감 방안”. 「한국소음진동공학회 건설공사장소음·진동저감방안세미나」.

- 여수지방해양수산청. 1999. 「여수구항정비사업 환경영향평가서」.
- 영광군. 2001. 「법성 진내지구 공유수면 매립공사 환경영향평가서」.
- 우재윤. 1993. “우리나라 지반진동 허용기준의 제정 및 적용에 관한 제안(I) : 구조물”. 「한국지반공학회 학술발표집(지반진동영향평가지반진동위원회 제2집)」.
- 윤일병. 1984. “한국의 저서성 대형무척추동물개관”. 「예초 정영호박사 회갑기념논문집」, pp.231-251.
- 윤일병. 1988. 「한국동식물도감 제30권 동물편(수서곤충류)」. 문교부.
- 윤일병. 1995. 「수서곤충검색도설」. 정행사.
- 윤일병, 공동수, 유재근 1992a. “저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구(I) -오탁계급치 및 생물가중치 산정을 중심으로”. 「한국환경생물학회지」 10:24-39.
- 윤일병, 공동수, 유재근 1992b. “저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구(II) -생물군집에 대한 환경요인 영향을 중심으로”. 「한국환경생물학회지」 10:40-55.
- 윤일병, 공동수, 유재근 1992c. “저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구(III) - 육안적 간략수질 평가방법을 중심으로”. 「한국환경생물학회지」 10:77-84.
- 윤일병, 김종인, 이성진, 황정훈, 박재홍. 1994. “경안천의 저서성 대형무척추동물군집”. 「경안천 자연생태계 조사연구보고서」, pp.72-109.
- 윤태훈. 1997. 「응용수문학」. 청문각
- 이건호 외. 1995. “도시속의 자연경관보전을 위한 도시계획관련 법과 제도에 관한 연구”. 「건축·도시환경연구」 12월호.
- 이경준 외. 1996. 「산림생태학」, 향문사.

- 이규석, 안승만. 2000. “덕유산 국립공원 무주리조트개발 환경영향평가서 문제점 고찰 - 생태계, 수문, 토지이용 항목을 대상으로”. 「환경영향평가」 9(3):229-238.
- 이도원. 2001. 「경관생태학」. 서울대학교 출판부.
- 이명우. 1997. “지리정보체계를 이용한 생태환경분석 및 적지분석: 자연생태계 보전 지역 설정 및 평가모형을 중심으로”. 「환경영향평가」 6(2):61-80.
- 이승무, 김윤식, 이수구, 박상헌, 이수환. 1992. “도시고형폐기물 소각을 위한 쓰레기성상분석 및 발열량 조사연구”. 「한국폐기물학회지」 9(2):241-249
- 이원환. 1993. 「제1회 도시수문학 강좌」. 연세대학교 수공학연수회.
- 이인규 외. 2001. 「한국의 조류: 생태와 응용」. 아카데미서적.
- 이창하, 안승만, 이규석. 1998. “덕유산 국립공원의 자연보존지구와 자연환경지구의 지형, 식생, 경관자원의 분포 비교”. 「환경영향평가」 7:49-61.
- 이흥기, 박해동, 김두훈, 김사수. 1997. “고정밀장비의 진동허용규제치치 사양에 관한 연구”. 「한국소음진동공학회 1997년도 춘계학술대회논문집」.
- 인천지방해양수산청. 2001. 「인천북항 영종도 준설토투기장 환경영향평가서」.
- 일본건설성. 「위생공학 핸드북(소음진동편)」.
- 일본해양학회. 1986. 「연안환경조사매뉴얼」.
- 일본환경기술연구회. 1978. 「환경 ASSESSMENT MANUAL」.
- 임경빈. 1993. 「천연기념물 - 식물편」. 대원사.
- 임양재, 전의식. 1980. “한반도의 귀화식물 분포”. 「식물학회지」 23:69-83.
- 임업협동조합. 1996. 「영림계획편성실무」.
- 일본자연환경연구센터. 1998. 「자연환경 영향평가 기술매뉴얼(번역서)」.
- 장갑수, 박인환. 1999. “경상북도 4개 도시의 녹지파편화 현상 비교”. 「환경영향평

가」 8(4):13-23.

재단법인환일본환경협력센터. 2000. 「해양환경모니터링지침」.

전인수. 2001. “생활폐기물소각시설 환경영향평가지 문제점 및 해결방안”. 「2001년
춘계 폐기물관련학회 공동학술대회」.

정갑철. 2000. “건설공사장 소음방지 대책”. 「한국소음진동공학회 창립10주년기념 소
음진동학술대회논문집」.

정강현. 1974. 「골프사업연감」.

정일록, 강대준, 오수태, 설증민, 이우석, 석광설, 서충렬. 1990. 「국내제작 및 사용 기
계류의 음향 파워레벨조사연구(I)」. 국립환경연구원.

정일록, 강인구, 강대준, 오수태, 이종우, 서충렬, 설증민, 석광설, 정재구. 1991. 「국내
제작 및 사용기계류의 음향파워레벨 조사연구(II)」. 국립환경연구원.

정일록, 강인구, 강대준, 오수태, 이종우, 서충렬, 정인구. 1992. 「사업장 소음의 방지
대책에 관한 연구(I)」. 국립환경연구원.

정일록, 설증민, 오수태, 이우석, 김양균, 이종우, 석광설. 1989. 「도로교통 소음저감을
위한 종합대책에 관한 연구(III)」. 국립환경연구원.

정일록, 최덕일, 강대준, 오수태, 서충렬, 이재인, 남정주. 1993. 「사업장 소음의 방지
대책에 관한 연구(II)」. 국립환경연구원.

정일록. 1997. 「소음·진동학」. 신광출판사.

정창희. 1986. 「지질학개론」. 박영사.

정홍락. 1999. 「대구 인접지역의 삼림식생에 관한 식물사회학적 연구」. 건국대학교
대학원 박사학위논문.

- 조대승. 2001. "ISO 9613 방법에 기초한 옥외 환경소음의 예측". 「한국소음진동공학회 환경영향평가시소음·진동 문제와대책세미나」.
- 조용현. 2000. "경관지수를 이용한 지역생태계 평가 - 용인시를 대상으로". 「환경영향평가」 9(4):349-362.
- 조창근, 김하근. 1997. "건설공사장 소음·진동 국내 현황 및 문제". 「한국소음진동공학회 건설공사장소음·진동저감방안세미나」.
- 중앙환경분쟁조정위원회. 1996. 「진동으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정방법에 관한 연구」.
- 최송현, 이정재. 1995. "환경영향평가중 삼림생태계 평가기법 개발(I) : 지리산 산청 양수발전소 건설예정지를 중심으로". 「환경영향평가」 4(2):71-91.
- 최송현, 이정재. 1996. "환경영향평가중 삼림생태계 평가기법개발(II) : 녹지의 자연성 평가". 「환경영향평가」 5(2):33-47.
- 최홍근. 2000. 「수생관속식물」. 생명공학연구소.
- 포항지방해양수산청. 1999. 「월포항 방파제 축조공사 환경영향평가서」.
- 한국가스공사. 1999. 「평택생산기지 3차확장사업 환경영향평가서」.
- 한국곤충학회. 1994. 「한국곤충명집」. 건국대 출판부.
- 한국도로공사. 1992. 「도로설계요령 제6권 도로안전 및 부대시설」.
- 한국도로공사. 1994. 「고속도로 소음대책에 관한 연구」.
- 한국도로공사. 1995. 「건설공사장 소음·진동방지 시설 설계기법에 관한 연구(I)」.
- 한국도로공사. 1996. 「건설공사장 소음·진동방지 시설 설계기법에 관한 연구(II)」.
- 한국도로공사. 1997. 「고속도로 휴게소 폐기물 발생추세에 대한 연구」.
- 한국도로공사. 1998. 「고속도로 휴게소 오수정화시설 표준화연구」.

- 한국도로공사. 1999. 「고속도로 소음평가 및 방음벽 설계요령」.
- 한국도로공사. 2000. 「고속도로 부대시설 이용실태 조사보고서」.
- 한국동력자원연구소. 1984. 「전국사면불안정성지역분포도」.
- 한국동물분류학회. 1997. 「한국동물명집」. 아카데미서적.
- 한국소음·진동공학회. 1999. 「도심지 환경소음·진동 저감대책 세미나」.
- 한국자원재생공사. 1993. 「농업용 폐수지 발생량 조사 결과 보고서」.
- 한국토지공사. 1993. 「암발과 설계기법에 관한 연구」.
- 한국토지공사. 1995. 「폐기물처리방안에 관한 연구」.
- 한국토지공사. 1996. 「환경친화적 단지계획기법」.
- 한국토지공사. 2001. 「환경친화적 단지계획 수립을 위한 식생자연도 연구」.
- 한국환경복원녹화기술학회. 2001. 「생태복원녹화기술의 개발방향에 관한 세미나」.
- 한의정, 김명진, 이재운, 김상훈, 홍준석, 서창원. 1997a. “식생지수를 이용한 환경영향 평가”. 「환경영향평가」 6(1):47-54.
- 한의정, 김명진, 홍준석, 서창원. 1997b. “식생지수와 녹지자연도의 비교평가”. 「환경영향평가」 6(2):181-188.
- 한정상. 1998. 「지하수환경과 오염」. 박영사.
- 해군본부. 2000. 「98-5951-2 시설공사 환경영향평가서」.
- 해양수산부. 1999. 「사천진항 어항시설사업 환경영향평가서」.
- 해양수산부. 2000. 「강구항 어항시설사업 환경영향평가서」.
- 해양수산부. 2000. 「공현진항 어항시설사업 환경영향평가서」.
- 해양수산부. 2000. 「남당항 어항시설사업 환경영향평가서」.
- 해양수산부. 2001. 「해양생태계 조사·연구를 위한 기본계획」.

- 현대중공업. 2001. 「전하만 공유수면 매립공사 환경영향평가서」.
- 현진오. 2001. 「한반도 보호식물의 선정과 사례연구」. 순천향대학교 대학원 박사학위논문.
- 홍선기, 김동엽. 2000. 「토지 모자이크: 지역 및 경관생태학」. 성균관대학교 출판부.
- 홍선기, 노태호. 2001. “야생동물 보전 및 관리 정책을 위한 경관생태적 계획”. 「한국자연보존협회 연구보고서」 20:111-127.
- 환경관리공단. 1995. 「특정 폐기물 배출원단위 산정 및 결과표」.
- 환경관리공단. 1998. 「생활폐기물 소각시설 운영관리지침」.
- 환경부, 국립환경연구원. 2000. 「대기오염물질배출량(1999)」.
- 환경부. 1991. 「환경영향평가서작성 등에 관한 규정」.
- 환경부. 1992. 「전국폐기물 매립지 입지 타당성 조사 보고서」.
- 환경부. 1992. 「폐기물관리」.
- 환경부. 1995. 「환경영향평가서 검토 및 협의 등에 관한 업무처리규정」.
- 환경부. 1995. 「환경영향평가서작성 등에 관한 규정」.
- 환경부. 1996. 「국가폐기물종합관리계획」.
- 환경부. 1996. 「환경영향평가서 검토 및 협의 등에 관한 업무처리규정」.
- 환경부. 1997. 「상수도시설기준」.
- 환경부. 1997. 「전국폐기물통계조사」.
- 환경부. 1997. 「제2차 자연환경전국기초조사지침」. 한국자연보존협회.
- 환경부. 1997. 「하수도시설기준」.
- 환경부. 1997. 「환경영향평가서검토요령집」.
- 환경부. 1997. 「환경영향평가법 관계 규정집(고시·예규·훈령·참고자료 등)」.

- 환경부. 1998. 「폐기물처리시설 설치업무편람」.
- 환경부. 1998. 「하수도시설기준」.
- 환경부. 1999. 「습지보전법」.
- 환경부. 1999. 「환경기본통계편람」.
- 환경부. 1999. 「각종 영향평가제도의 통합방안에 관한 연구」.
- 환경부. 1999. 「건설폐재 배출사업자의 재활용지침(환경부고시 제98-117호, 건설교통부고시 제99-218호)」.
- 환경부. 1999. 「생태도시 조성 기반기술 개발사업(Ⅲ)」.
- 환경부. 2000. 「경관평가기법 개발에 관한 연구」.
- 환경부. 2000. 「생활폐기물 소각시설 설치·운영지침」.
- 환경부. 2000. 「소음·진동공정시험방법(고시 제2000-31호)」.
- 환경부. 2000. 「수질오염공정시험방법」.
- 환경부. 2000. 「여호항 어항시설사업 환경영향평가서」.
- 환경부. 2000. 「원전항 어항시설사업 환경영향평가서」.
- 환경부. 2000a. 「전국 내륙습지 목록(용역보고서)」. 한국습지학회.
- 환경부. 2000. 「친환경적 도시계획수립 방안 연구」.
- 환경부. 2000. 「환경정책기본법」.
- 환경부. 2000b. 「환경친화적 토지이용체계 구축방안 연구(환경정책연구회 보고서)」.
- 환경부. 2000. 「회진항 어항시설사업 환경영향평가서」.
- 환경부. 2001. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」.
- 환경부. 2001. 「건축물의 용도별 우수발생량 산정방법 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법(고시 제2001-168호)」.

- 환경부. 2001. 「소음·진동환경개선 중·장기 계획(2002~2010)」.
- 환경부. 2001. 「수도법」.
- 환경부. 2001. 「영산강·섬진강수계물관리및주민지원등에관한법률」.
- 환경부. 2001. 「전국폐기물 발생 및 처리현황」.
- 환경부. 2001. 「하수도법」.
- 환경부. 2001. 「한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률」.
- 환경부. 2001. 「환경·교통·재해등에관한영향평가법」.
- 환경부. 2001. 「환경백서」.
- 환경부. 2001. 「환경영향평가서작성등에관한규정(고시 제2001-7호)」.
- 환경부. 2001a. 「환경영향평가관련규정집(고시·훈령·예규등)」.
- 환경부. 2001b. 「한국의 호소환경조사기법에 관한 연구: 조사지침서(한국육수학회 보고서)」.
- 환경부. 2001c. 「도시에 자연을 불러오기 위한 생태연못 조성 길라잡이」.
- 환경부. 2002. 「금강수계물관리및주민지원등에관한법률」.
- 환경부. 2002. 「낙동강수계물관리및주민지원등에관한법률」.
- 환경부. 2002. 「먹는물수질기준및검사등에관한규칙」.
- 환경부. 2002. 「오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률」.
- 환경부. 2002. 「전국 주민의 소음인식도 여론조사결과」.
- 환경처. 1993. 「대기오염배출계수(Ⅱ)」.
- 환경처. 1994. 「대기오염배출계수(Ⅰ)」.
- 환경처. 1990. 「방음벽설계지침」.

- 환경처. 1993. 「건설공사장 소음관리 요령」.
- 환경청. 1986. 「자연생태계전국조사지침」.
- 환경청. 1994. 「환경영향평가서작성 등에 관한 규정」.
- 황우석. 1997. "건설공사에 의한 가축피해 및 구제방안". 「월간축산인」 7월호.
- 황우석. 1997. 「건설공사에 의한 가축피해 및 구제방안」.
- 岡田要. 1965a. 「신일본동물도감(상)」. 북룡관.
- 岡田要. 1965b. 「신일본동물도감(중)」. 북룡관.
- 岡田要. 1965c. 「신일본동물도감(하)」. 북룡관.
- 北川原徹 外 2人. 1995. 「建設機械の騒音対策技術動向」. 騒音制御, 19(4).
- 中越 信和. 1995. 「景觀のグランドデザイン」. 共立出版株式會.
- 津田松苗 1964. 「汚水生物學」. 北陵館.
- 鷺谷いずみ, 矢原 徹一. 1997. 「保存生態學入門」. 文一總合出版.
- Aizaki, M., A. Otsuki, T. Fukushima, T. Kawai, M. Hosomi and K. Muraoka, 1981. "Application of modified Carlsons trophic state index to Japanese and its relationships to other parameters related to trophic stage". *Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud.* 23:13-31 (in japanese).
- Allan, J.D. 1995. *Stream Ecology - Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London.
- Ando, M. 1995. "Comparison of river otter habitat deterioration between Japan and Korea". *Korea-Japan otter Symposium*, pp.8-9.
- Boon, P.J. 1988. "The impact of river regulation on invertebrate communities in the U.K. Regulated Rivers". *Research and Management* 2:389-409.

- Brinkhurst, R.O. 1986. *Guide to the freshwater aquatic microdrile Oligochaetes of North America*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 84, Dept. of Fisheries and Oceans, Canada.
- Cain, S.A. 1950. "Life-forms and phytoclimate". *Bot.Rev.* 16:1-32.
- Carlson, R.E. 1977. "A trophic state index for lakes". *Limnology & Oceanography* 22:361-369.
- "Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage". 「Unesco 17차 총회(1972)」.
- DIN 4150 Teil 3. 1986. "Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf bauliche Anlagen".
- DIN 4150 Teil 2. 1992. "Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden".
- Dudgeon, D. 1994. "Functional assessment of the effects of increased sediments loads resulting from riparian-zone modification of a Hong Kong stream". *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25:1790-1792.1
- Dudgeon, D. 1995. "Environmental impacts of increased sediment loads caused by channelization: A case study of biomonitoring in a small river in Hong Kong". *Asian J. Environmental Management* 3(1):69-77.
- EPA. 2002. *National Ambient Air Monitoring Strategy-Revised Draft*.
- EPA. 1995. *EPA Office of Compliance Sector Notebook Project. Profile of the Non-Metal, Non-Fuel Mining Industry*. EPA/310-R-95-011.
- Erwin, T.L. 1982. "Tropical forests: their richness in coleoptera and other arthropod species". *Coleopterist's Bulletin* 36:74-75.
- Forman, R.T.T. and S.K. Collinge. 1996. "The spatial solution to conserving

- biodiversity in landscapes and regions". In R.M. DeGraaf and R.I. Miller (eds.), *Conservation of faunal diversity in forested landscapes*. Chapman & Hall, pp.537-568.
- Forsberg, C. and S.O. Ryding, 1980. "Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving lakes". *Archive fur Hydrobiologie* 89:189-207.
- Gaston, K.J. 1991. "The magnitude of global insect species richness". *Conservation Biology* 5:283-296.
- Haber, W. 1994. "System ecological concepts for environmental planning". In F. Klijn (ed.). *Ecosystem classification for environmental management*. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands, pp.49-67.
- Hynes, H. B. N. 1970. *The ecology of running waters*. Liverpool Univ. Press, Liverpool, U.K.
- Kawai, T. 1985. *An illustrated book of aquatic insects of Japan*. 東海大學出版會.
- Kim, S.-W. and C.-H. Park. 2001. "Spatio-temporal change detection of forest patches due to the recent land development in North Korea". *Journal Environmental Impact Assessment* 10(1):39-47.
- Lee, C.-S. and H.-J. Cho. 1998. "Landscape structure and ecological restoration of Mt. Hwangryung in Pusan, Korea". *Korean J. Ecol.* 21:791-797.
- Marriott, BB. 1997. *Practical Guide to Environmetal Impact Assessment*. McGraw-Hill.
- McCafferty, W.P. 1981. *Aquatic entomology*. Jones and Bartlett, Boston.
- McNaughton, S.J. 1967. "Relationship among functional properties of California Grassland". *Nature* 216, pp.168-169.
- McNeely, J.A. 1988. *Economics and biological diversity; developing and using economic*

- incentives to conserve biological resources*. IUCN, Gland.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins. 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2nd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co.
- Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc.
- Minshall, G.W. 1988. "Stream ecosystem theory: a global perspective". *J. N. Benthol. Soc.* 7(4):263-288.
- Mraz, K. and V. Samek. 1963. "Beiträge zum Problem der Vegetationskartierung mit besonderer Rücksicht auf ihre forstliche Anwendung". In: *Reinhold Tüxen*, 1963, pp.385-393.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Myers, N. 1983. "A priority-ranking strategy for threatened species?" *The Environmentalist* 3:97-120.
- National Water Council. 1981. *River Quality: The 1980 Survey and Future Out-look*. London, National Water Council.
- Nemerow, N.L., Dasgupta, A. 1991. *Industrial and Hazardous Waste Treatment*. Van Nostrand Reinhold.
- Oneida-Herkimer Landfill Siting Methodology Final Environmental Impact Statement*. 1992.
- Peckarsky, B.L., P.R. Fraissinet, M.A. Penton, and D.J. Conklin, Jr. 1990. *Freshwater Macroinvertebrates of Northeastern North America*. Cornell Univ. Press, Ithaca

and London.

Pennak, R.W. 1989. *Fresh-Water Invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca.* John Wiley & Sons, Inc.

Petts, J. and G. Eduljee, 1994. *Environmental Impact Assessment for Waste Treatment and Disposal Facilities.* Wiley.

Reice, S.R. and M. Wohlemborg. 1993. "Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem health". pp.287-305 In: D. M. Rosenberg and V. H. Resh (eds.) *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates.* Chapman & Hall, New York.

Resh, V.H., Norris R.H. and Barbour M.T. 1995. "Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates". *Australian Journal of Ecology* 20:108-121.

Rosenberg, D.M., and V.H. Resh. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* Chapman and Hall, New York.

Shannon, C.E. and W. Weaver, 1949. *The Mathematical Theory of Communication.* University of Illinois Press, Urbana.

Sladeczek, V. 1991. *Atlas of freshwater saprobic organisms (Japanese Translation).* Hokuryukan, Japan.

Spellerberg, I.F. 1992. *Evaluation and assessment for conservation.* Chapman & Hall. London.

Stephenson, D. 1981. "Stormwater Hydrology and Drainage Developments" in *Water Science Series No. 14.* Elsevier Science Publishing Co.

Strahler, A.N. 1964. "Quantitative geomorphometry of drainage basins and

- channel network" In: Ven te Chow(ed.). *Handbook of Applied Hydrology* section 4-2, McGraw-Hill, New-York.
- Sukopp, H. 1998. "Urban Ecology-Scientific and Practical Aspects" In: Breuste, J., Feldmann, H., Uhlmann, O. (eds.). *Urban Ecology*, Springer-Verlag, Berlin.
- US EPA. 1992. Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Source, Revised.
- US EPA. 2001. Guideline on Air Quality Models.
- US EPA. 1998. *Student Text for Principles of Environmental Impact Assessment Review*.
- Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, and C.E. Cushing. 1980. "The river continuum concept" *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137.
- Vollenweider, R.A and J. Kerekes, 1980. *OECD cooperative programme on monitoring of inland water*. Synthesis Report.
- Ward, J.V. 1992. *Aquatic Insect Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Wiederholm, T. 1983. "Chironomidae of the Holarctic region Keys and diagnose. Part I - Larvae". *Ent. Scand. Suppl.* 19.
- Willams, D.D. and B.W. Feltmate. 1992. *Aquatic Insects*. C·A·B International. Wallingford, UK.
- Wilson. D.G. 1977. *Hand Book of Solid Waste Management*. Van Nostrand Reinhold.
- Wood. C. 1995. *A Practical Guide to Environmental Impact Assessment. A Comparative Review*. Longman.
- Woodiwiss F. S. 1964. "The biological systems of stream classification used by the Trent River Board". *Chemistry and Industry*, pp.443-447.
- Zelinka, M. and P. Marvan. 1961. "Zur Präzisierung der biologischen klassifikation

der Reinheid fliessender Gewässer". *Arch. Hydrobiolog* 57:389-407.

Abstract

A study on Reasonable Estimation and Assessment Method of Environmental Impact

This study is to establish various and reasonable techniques for survey, estimation and assessment of environmental impact. This is to prepare more substantial Environmental Impact Assessment Report. This study is the first year of 5-year plan of study, which begins in 2002 and will end in 2006. In 2002, the study is focused on establishing fundamental scheme for preparing Environmental Assessment Report.

In this study, various aspects about assessment principle, range, survey methods, estimation and mitigation methods are reviewed and compiled.

In 'Natural Environment Field', methodologies of survey were reviewed. In 'Living Environment Field', survey, preparation of document, measurements and estimations were reviewed. And conceptual approach and implementation of benefit/cost analysis were briefly tested.

Problems occurred during preparation of documents of each divisions were reviewed and enhanced methods have been explored. In 'Geology and Geography', protection of regionally valuable sites were mainly discussed. Published reports had described mainly about engineering-related properties. In 'Ecology', detailed survey area have been systematically classified, terminologies have been unified and range of scope has been defined according to its inherent properties of each classification categories. Standard for objective

field survey have been suggested and scheme of consideration of impact on ecology has been reviewed. Degree of green naturality has been reviewed and revised. In 'Marine Environment', published assessment reports have been reviewed and revised methodologies have been suggested. In 'Land Use', declaration of relationship between use and development was emphasized. In 'Air Quality', methods have been suggested for estimation of air pollutant effluents and impact of spreading into the air. In 'Water Quality', problems in preparing data and estimation methods have been reviewed and revised methodologies have been suggested. In 'Waste', useful generation-units of wastes were reviewed and suggested. In 'Noise and Vibration', problems of field measurement has been pointed and enhanced methodologies have been suggested. In 'Recreation and Scene', estimation methods about impact on scene and review results of published report have been presented. In 'Economy', estimation method of physical environmental change and impact on society and man in value of money have been reviewed and suggested.

For every field, quantification and systematic analysis on environmental impact due to development projects have been implemented through review of published reports and presentation of assessment methodologies. And methods have been suggested to minimize environmental impact. The revised methodologies suggested in this study would promote preparation quality and integrity of environmental impact assessment report, and eventually assist in maintaining environmental sustainability of development projects. It would be necessary to develop further the integrated assessment method of each individual field and the specific assessment method of each project categories.

집필자 약력

김지영

서울대학교 이학박사(1989)
한국환경정책·평가연구원 연구위원
(현, E-mail: mythe@kei.re.kr)

송영일

미국 폴리테크닉대 공학박사(1996)
한국환경정책·평가연구원 연구위원
(현, E-mail : yisong@kei.re.kr)

김시현

미국 듀크대 환경학석사(1988)
한국환경정책·평가연구원 선임연구위원
(현, E-mail : ksheon@kei.re.kr)

유현석

일본 큐우슈우대 공학박사(1997)
한국환경정책·평가연구원 연구위원
(현, E-mail : hsyoo@kei.re.kr)

권영한

미국 코넬대 농학박사(1991)
한국환경정책·평가연구원 연구위원
(현, E-mail : yhkwon@kei.re.kr)

이영수

한양대학교 공학박사(1994)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : leeys@kei.re.kr)

전인수

독일 아헨공대 공학박사(1993)
한국환경정책·평가연구원 연구위원
(현, E-mail : isjeon@kei.re.kr)

강영현

미국 뉴욕공과대 공학석사(1994)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : yhka@kei.re.kr)

최상기

독일 함부르크-하부르크대 공학박사(1993)
한국환경정책·평가연구원 연구위원
(현, E-mail : sgchoi@kei.re.kr)

최준규

건국대학교 공학박사(2002)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : jgchoi@kei.re.kr)

박영민

일본 교토대 공학박사(1996)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : ympark@kei.re.kr)

정홍락

건국대학교 이학박사(1999)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : chlak@kei.re.kr)

주현수

미국 어번대 공학박사(1997)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : hsjoo@kei.re.kr)

이현우

서울대학교 이학박사(2001)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : hwlee@kei.re.kr)

맹준호

일본 교토대 농학박사(1996)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : jhmaeng@kei.re.kr)

노태호

미국 워싱턴주립대 이학박사(1995)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : 소개@kei.re.kr)

조광우

미국 텍사스A&M대 이학박사(1996)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : kwcho@kei.re.kr)

최재용

영국 런던대 계획학박사(1998)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : jchoi@kei.re.kr)

이수재

서울대학교 이학박사(1996)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : sjlee@kei.re.kr)

조승현

미국 조지아대 경제학박사(1998)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : shjoh@kei.re.kr)

이영준

미국 텍사스A&M대 이학박사(1997)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail : yjlee@kei.re.kr)

주용준

충북대학교 공학석사(1999)
한국환경정책·평가연구원 연구원
(현, E-mail : yjjoo@kei.re.kr)

연구진

연구책임자 김지영

참여연구원 강영현, 권영한, 김시현, 노태호, 맹준호,
박영민, 송영일, 유현석, 이수재, 이영수,
이영준, 이현우, 전인수, 정홍락, 조광우,
조승현, 주현수, 최상기, 최재용, 최준규,
주용준 박영재, 박준철, 서성철, 이정현,
채민정

산·학·연·정 연구자문위원회

강병렬 (건화엔지니어링 전무)
곽인실 (한양대 생물학과 연구교수)
구윤서 (안양대 환경공학과 교수)
김강주 (군산대 토목환경공학부 교수)
김승도 (한림대 환경시스템공학과 교수)
김종범 (일본 교토대 동물학부 연구교수)
김창희 (국립환경연구원 생태조사단 책임연구원)
김필홍 (환경부 환경평가과 서기관)
박동철 (우대기술단 이사)
박선환 (도화종합기술공사 이사)
박해철 (농업과학기술원 잠사곤충부 농업연구사)
백인성 (부경대 환경지질과학과 교수)
손정곤 (동일기술공사 전무)
송종석 (안동대 생명과학과 교수)
안병호 (쌍용엔지니어링 상무)
양서영 (인하대 생명과학과 명예교수)
오영민 (한국해양연구원 책임연구원)
원두희 (국립환경연구원 생태조사단 책임연구원)
윤성택 (고려대 지구환경과학과 교수)
이문형 (한국종합기술개발공사 상무)

이상돈 (계명대 지구환경보전과 교수)
이상문 (협성대 도시건축공학부 교수)
이성한 (환경부 산업폐기물과 과장)
이수갑 (서울대 기계항공공학부 교수)
이용일 (서울대 지구환경과학과 교수)
이우신 (서울대 산림자원학과 교수)
이창석 (서울여대 환경생명과학부 교수)
이춘원 (수성엔지니어링 상무)
장한문 ((주)장안환경 사장)
조홍연 (한국해양연구원 선임연구원)
채병수 (국립환경연구원 생태조사단 책임연구원)
최병진 (한국자연환경연구소 선임연구원)
현진오 (동북아식물연구소 소장)
홍선기 (서울대 환경계획연구소 책임연구원)
황순진 (건국대 생명자원환경과학부 교수)

© 2002 한국환경정책·평가연구원

발행인 윤서성
발행처 한국환경정책·평가연구원
서울시 은평구 불광동 613-2
우편번호 122-706
전화 380-7777 팩스 380-7722
<http://www.kei.re.kr>

인쇄 2002년 12월
발행 2002년 12월
출판등록 제17-254호
ISBN 89-8464-047-6

값 14,000원