

환경친화적 댐 관리를 위한 사례 연구

최지용 김흥년

KEI/2003 정책과제

최종보고서

환경친화적 댐 관리를 위한 사례 연구

최 지 용 · 김 흥 년



한국환경정책·평가연구원

연구진

연구책임자 최지용
공동연구책임자 김홍년

© 2003 한국환경정책·평가연구원

발행인 윤서성
발행처 한국환경정책·평가연구원
서울시 은평구 불광동 613-2
우편번호 122-706
전화 380-7777 팩스 380-7799
<http://www.kei.re.kr>

인쇄 2003년 12월
발행 2003년 12월
출판등록 제17-254호
ISBN 89-8464-087-5 93530

서 언

우리나라의 많은 댐은 환경영향평가가 실시되기 전인 80년대 이전에 건설되었고, 이 당시는 환경에 대한 고려가 부족하였습니다. 이러한 이유로 기존에 개발되어 운영 중인 댐의 경우 다양한 환경복원 및 생태복원 기법을 적용하여 비환경적인 요소를 보완하고 이를 기반으로 관리하는 방안이 모색되어야 합니다. 우리나라의 수자원 총 이용량중 40%인 133억 m^3 이 댐에서 공급되고 있으며, 장래 용수수급전망을 볼 때 2011년에는 총 이용량의 48% 수준인 152억톤을 댐에 의존하여야 합니다. 이와 같이 댐에 의존하는 비율이 갈수록 증가하기 때문에 안정적인 용수원 확보를 위해서는 신규 용수원 개발뿐만 아니라, 기 개발된 댐의 환경친화적인 관리도 중요합니다. 여기에는 지속가능한 용수 이용 및 생태계의 지속가능한 관리가 포함됩니다.

세계 각국에서도 증가된 환경지식을 바탕으로 댐의 환경친화적 관리방안을 각 국가의 특성에 적합하게 적용하고 있습니다. 일반적으로 수질과 수량이 풍부한 국가에서는 생태에 큰 비중을 두고 있는 반면에 수질과 수량이 열악한 국가에서는 수질 및 수량관리에 큰 비중을 두고 있습니다. 근래까지 우리나라에서 환경친화적 댐관리의 비중은 주로 댐 주변지역에 대한 조경과 친수공간의 확보에 있었습니다. 그러나 최근 들어 댐 상류지역에 대한 오염원 저감방안 모색, 생태복원 사업 추진 등 국내에서도 환경친화적 댐관리 방안이 확대되고 있는 추세입니다. 따라서 이제는 우리나라도 기존 댐관리 시스템을 검토하고 적절한 환경친화적 댐관리방안을 도출할 필요가 있습니다. 본 과제에서는 기존 국내 댐의 환경친화적 건설 및 관리실태 분석과 해외 환경친화적인 댐건설 및 관리사례 조사가 포함되며 이를 기반으로 도출된 환경 친화적인 댐 관리방안은 앞으로 우리나라의 댐 관리에 큰 도움이 되리라 봅니다. 끝으로 본 연구를 수행한 본원의 최지용 연구위원과 한국수자원공사 김홍년 처장의 노고에 감

사를 표합니다. 아울러 본 연구의 내용은 본 연구원이나 한국수자원공사의 공식견해
가 아닌 연구자 개인의 견해임을 밝혀 드립니다.

2003년 12월

한국환경정책·평가연구원
원장 윤 서 성

한 국 수 자 원 공 사
사장 고 석 구

국 문 요 약

우리나라에서 80년대까지의 댐건설 및 관리는 용수 확보, 홍수 피해경감 등 이수·치수 기능이 많이 강조되었다. 그러나, 선진국 대열에 진입하게 된 90년대부터 수자원 개발사업은 국민의 삶의 질과 연계된 환경적 기능이 중요시되면서 새로운 사회적 이슈로 대두되기 시작하였다. 현재는 댐 건설에 있어 환경적인 고려는 당연한 시대적 흐름으로 받아들여지고 있으며, 기존댐 또한 환경친화형 기능으로 대폭 개선해야 하는 과제를 안게 됨에 따라 환경 친화적인 다목적댐 관리에 대한 체계적인 연구가 필요한 시점에 와 있다.

최근 자연환경 보전이라는 새로운 패러다임의 전환으로 댐 운영에 있어서도 환경에 미치는 영향의 최소화가 중요한 문제로 대두되고 있다. 우리나라의 대부분 댐은 80년대 이전 환경영향평가가 실시되기 전에 건설되었고, 이 당시는 환경에 대한 고려가 부족하였다. 이와 같이 기존에 개발되어 운영중인 댐의 경우 다양한 환경복원 및 생태복원 기법을 적용하여 비환경적인 요소를 보완하여 관리하는 방안이 모색되어야 한다. 이를 위해서 기 건설되어 관리중인 댐에 대한 현황을 진단하고, 선진사례를 조사하여 향후 환경친화적인 댐 건설 및 관리를 위한 방안을 모색하는 일이 시급하다. 수자원 확보가 극히 불리한 우리나라의 경우 현실적으로 댐 건설 이외의 신규 수자원 확보가 어려운 실정이지만, 현재 댐 건설에 따른 환경단체들의 환경파괴 주장과 대규모 수몰이주민 발생, 댐 주변지역 개발제한 등으로 인한 댐 건설에 대한 반대 여론은 확산되어 있는 것이 현실이다. 국외에서는 이미 이러한 댐의 부정적인 문제를 해결하기 위한 방안으로 이미 환경친화적 댐으로 인식의 전환이 1970년대를 기점으로 이루어지고 있었고, 국내에서도 환경영향평가가 시행된 1980년대부터 댐 개발에 있어 환경문제가 적극적으로 고려되기 시작하였다.

댐을 친환경적으로 활용하기 위해서는 자연환경의 회복과 복원을 기반으로 주변지역의 사회 문화 경제상황과 연계하여야 가시적인 효과를 기대할 수 있기 때문에 자연환경의 복원 사업과 친수환경 활성화 사업의 균형, 철저한 계획이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 예를 들면 생태복원사업을 추진함에 있어 복원사업을 기반으로 이를 교육의 장, 지역 이벤트 문화의 장 등 지역 문화와 경제활성화의 수단으로 다양하게 활용할 수 있도록 하는 보다 세밀한 계획이 필요하다. 생태복원사업의 가장 기본적인 추진순서는 댐 주변지역에 대한 체계적인 생태 환경 조사를 실시한 후 그 결과를 바탕으로 자연환경보전과 동식물 보호 등을 위하여 보존·재생의 가치가 있는 생물종류와 복원 적정 장소를 선정하여야 한다. 그리고 자연이 지닌 회복력을 이용하여 자연을 복원·보전함으로써 서식 생물종의 은신처 기능과 분산(확산) 및 이동통로로서의 기능은 물론 휴식과 레크레이션의 공간 확보, 환경교육의 실험지역 및 지역 생태계 연구 대상지로서의 역할 등 다양한 기능을 가지도록 추진하여야 한다.

자연환경을 되찾기 위한 이러한 생태복원사업은 유무형의 다목적 효과를 거둘 수 있다. 교육적 측면에서 보면 교실에서의 교육이 아닌 실질적인 살아있는 환경교육의 기회를 제공하고, 지역 사회적 측면에서도 지역사회 주민에게 휴식, 교육, 사교의 기회를 제공하게 된다. 경제적 측면 또한 생활의 질을 높임으로써 환경적 우월성에 따른 경제적 이익 발생을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 이를 생태관광 상품화하여 집중 육성할 경우 지역 경제 도약의 계기가 될 수 있다. 또한, 생태학적 측면에서도 조성지역이 생물의 서식장소로 이용되고 수환경의 지표 및 환경 모니터링의 역할을 수행하는 계기가 되는 등 그 활용성이 다양하다. 아울러 저수지의 수리수문학적 특성, 자연환경조건(해당지역의 생물상, 기후 등), 접근성, 인근의 각종 개발계획등 지역적 특성을 고려하여 세분화하고 그 특성과 활용 목적에 적합한 복원 방법을 적용하여야 한다.

댐 건설의 필요성과 반대 양론을 조화롭게 극복하기 위해서는 모든 국민이 공감하는 투명한 수자원 정책이 수행되어야 하고 인간과 자연이 함께하는 댐 건설과 관리가 실현되어야 한다. 그 동안 이수 및 치수 기능 중심의 다목적댐 건설이 지역경제의 낙후성을 낳게 하였고 환경파괴 주범으로 지적받고 있음을 고려할 때 관리중인 댐에

대해서도 적극적인 지역경제 활성화방안 시행과 자연환경 복원사업은 시급히 이루어져야 할 것이다. 이를 위해 환경용량 범위 내에서 시행하는 레크레이션시설 설치, 레저사업, 생태복원사업 등은 댐 건설로 피해의식을 지닌 지역주민에게 새로운 삶의 수단으로서 경제적 자립을 실현할 수 있는 계기를 제공하게 될 것이다. 그리고 일반 국민에게는 친수환경을 통한 여가활동의 장을 제공함으로써 다양한 욕구를 충족시킬 수 있는 기회요소로 작용하므로 지역과 주민, 국민과 함께 하는 댐으로 거듭날 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다.

차 례

서 언

국문요약

제1장 서 론	1
1. 연구의 목적	1
2. 연구의 범위 및 방법	2
제2장 우리나라 댐건설 및 관리실태 고찰	5
1. 댐 유역환경 및 댐 환경실태	5
가. 댐 유역환경 현황	6
나. 댐 수역의 오염배출량 및 수질실태	11
다. 댐 운영 현황	19
2. 댐건설로 인한 편익과 환경영향	25
가. 댐건설 편익	25
나. 댐건설에 의한 환경영향	30
3. 우리나라 다목적댐의 환경관리 실태	35
가. 기존댐의 환경성 고려 실태	36
나. 국내 다목적댐의 친환경관리 도입사례	39
다. 환경 및 사회경제 영향감소 대책	47
라. 댐 개발 및 관리에 있어 적용기법	57
제3장 국외의 환경친화적 댐관리 동향	69
1. 댐 정비 사례	69

가. 다양한 생육·서식환경의 정비	69
나. 식생 복원 등	73
다. 수질 환경보전	74
라. 하천환경의 보전(토사, 유사대책)	76
마. 야생동물 이동경로의 확보	78
바. 어도 설치	78
사. 수원지역 사업	80
아. 유지용수 및 친수시설 설치	83
자. 경관 향상 및 수질 보전	88
2. 댐주변지역 활성화 지원 사례	91

제4장 댐의 환경친화적 관리방안 95

1. 기존의 댐관리시스템 개선	96
가. 유역환경을 고려한 댐·저수지 종합관리기반·체계 구축	96
나. 지자체 등 지역공동체와의 유기적 협조체계 구축	100
다. 환경친화형 하천사업 시행	101
라. 유역 중심의 하천운영체계 구축	103
마. 댐 및 주변유역의 환경친화적 복원 사업 추진	105
2. 댐 상류유역 산지관리	115
가. 산림수자원 관리기술	115
나. 산림유역관리 방안	121
3. 댐하류 하천 관리	127
가. 하천 재생 방안	127
나. 수변녹지의 조성	137

제5장 결론 143

참고 문헌	145
-------------	-----

Abstract	147
----------------	-----

표 차 례

<표 2-1> 오염 배출부하량 현황(모든 댐)	6
<표 2-2> 댐유역 인구현황	7
<표 2-3> 댐별 토지이용현황	7
<표 2-4> 주요 오염물질 배출시설 현황	8
<표 2-5> 댐별 폐수배출시설 현황	9
<표 2-6> 전국 댐 상류유역 오·하수 처리율	10
<표 2-7> 댐 유역내 오염배출부하량	12
<표 2-8> 오염배출부하량 - 합천댐	13
<표 2-9> 경작에 의한 오염배출(BOD) 부하량	14
<표 2-10> 경작에 의한 오염배출(T-N) 부하량	15
<표 2-11> 경작에 의한 오염배출(T-P) 부하량	15
<표 2-12> 다목적댐별 종합 수질현황	16
<표 2-13> 다목적댐별 년도별 수질현황(COD)	17
<표 2-14> 다목적댐별 년도별 수질현황(BOD)	18
<표 2-15> 수계별 댐 현황	22
<표 2-16> 규모(저수용량)별 댐 현황	23
<표 2-17> 2001년 이후 완공 또는 건설중인 다목적댐 현황	23
<표 2-18> 각 유역별 댐 및 하천수 공급량(백만톤)	24
<표 2-19> 전국용수 수요전망	24
<표 2-20> 2001년 가뭄시 다목적댐 운영 현황	26
<표 2-21> 다목적댐의 홍수조절 효과	27
<표 2-22> 국가별 수력 발전량	29

<표 2-23> 유지관리에서의 환경영향 분석	32
<표 2-24> 댐이 환경에 미치는 영향	33
<표 2-25> 기상변화 - 충주댐	34
<표 2-26> 기상변화 - 대청댐	34
<표 2-27> 연도별 댐건설 현황	38
<표 2-28> 국내 6개 댐에 적용된 생태계 보전 및 복원 사례	39
<표 2-29> 하수도보급 현황	49
<표 2-30> 저수지내 오염저감 노력	49
<표 2-31> 다목적댐의 수생식물 재배 현황	51
<표 2-32> 수생식물 처리효율 조사현황	52
<표 2-33> 수거 실적	53
<표 2-34> 년도별 부유쓰레기 수거실적 및 예산	53
<표 2-35> 수중폭기장치 현황 및 설치계획	54
<표 2-36> 탐방로 세부 사항	58
<표 2-37> 댐 사업의 재활용 현황	63
<표 2-38> 댐 사업의 거수목 보호 현황	63
<표 2-39> 수생식물 재배지 설치현황	66
<표 3-1> 칸나댐 비오톱에 있어서 생물종의 확인현황	70
<표 3-2> 히가시자와 비오톱의 정비내용	71
<표 3-3> 선택취수시설의 설치 예	75
<표 3-4> 三春댐의 수질보전 목표	75
<표 3-5> 三春댐 수질보전대책 시설 현황	76
<표 3-6> 어도의 설치 예	79
<표 3-7> 筑後大堰의 어도제원	80
<표 3-8> 일본 수원지역 정비사업의 주요내용	82
<표 3-9> 사루타니댐의 제원	84
<표 3-10> 쿠쥬류댐의 제원	85

<표 3-11> 쿠쥬류댐 시설 및 운영	85
<표 3-12> 미나가와댐의 제원	88
<표 3-13> 조르페탈 댐의 제원	88
<표 3-14> 뢰네탈 댐의 제원	90
<표 3-15> 외국의 댐 주변 활용 확대 제도	92
<표 3-16> 미국의 댐 주변지역 활성화 효과	93
<표 3-17> 국외 댐주변 활성화 지원 사례 개요	94
<표 4-1> 정부와 공사의물관리 업무 구분	105
<표 4-2> 나무심기 권장수종	117
<표 4-3> 숲아베기 잔존본수 기준표	118
<표 4-4> 수종별, 소유별 기준 벌기령	119
<표 4-5> 침엽수림의 산림사업	121
<표 4-6> 활엽수림의 산림사업	122
<표 4-7> 지피상태별 침투능의 비교	122

그 립 차 례

<그림 1-1> 연구수행 흐름도	3
<그림 2-1> 다목적댐 하수처리율	10
<그림 2-2> 다목적댐별 년도별 수질현황(COD)	18
<그림 2-3> 다목적댐별 년도별 수질현황(BOD)	19
<그림 2-4> 다목적댐별의 홍수 조절효과	28
<그림 4-1> 임령 증가에 따른 임상별 토양 조공극의 증가	123

제1장 서론

1. 연구의 목적

우리나라에서 그동안의 댐건설 및 관리는 용수의 양적 확보를 통한 산업 경제의 발전, 홍수로부터의 피해경감과 사회적 손실방지에 주안점을 둔 이·치수 기능측면이 많이 강조되었다. 그러나, 선진국 대열에 진입하게 된 90년대부터 수자원 개발사업은 국민의 삶의 질과 연계된 환경적 기능이 중요시되면서 새로운 사회적 이슈로 대두되기 시작하였다. 현재는 수자원 전체에 대한 환경용량의 건전성 확보에까지 이르게 되어 수자원 확보를 위한 다목적댐건설과 관리에 환경적인 고려는 당연한 시대적 흐름으로 받아들여지고 있다. 이처럼 이·치수기능이 고려된 기존댐 또한 환경친화형 기능으로 대폭 개선해야 하는 과제를 안게됨에 따라 환경 친화적인 다목적댐 관리에 대한 체계적인 연구가 중요한 시점에 있다.

일부 국가에서는 댐건설후 생태계에 미치는 영향을 조사하여 환경생태적으로 건전한 방향으로 댐을 관리하고자 하는 인식이 확산되고 있다. 최근 자연환경 보전이라는 새로운 패러다임의 전환으로 댐 운영에 있어서도 환경에 미치는 영향의 최소화가 중요한 문제로 대두되고 있다. 우리나라의 대부분의 댐은 80년대 이전 환경영향평가가 실시되기 전에 건설되었고, 이 당시는 환경에 대한 고려가 부족하였다. 이와 같이 기존에 개발되어 운영중인 댐의 경우 다양한 환경복원 및 생태복원 기법을 적용하여 비환경적인 요소를 보완하여 관리하는 방안이 모색되어야 한다.

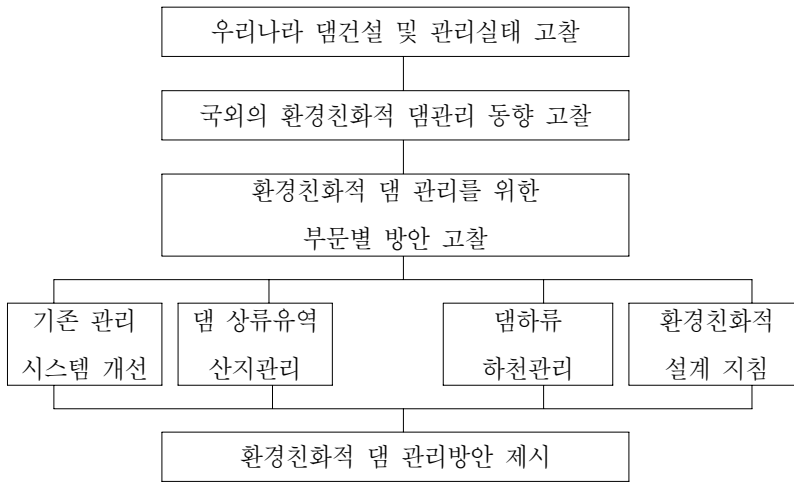
이를 위해서 기 건설되어 관리중인 댐에 대한 현황을 진단하고, 선진사례를 조사하여 향후 환경친화적인 댐건설 및 관리를 위한 방안을 모색하는 일이 시급하다. 즉, 댐이 생태계를 파괴하는 사업이 아닌 새로운 생태계를 창조하고 복원하는 사업이 될 수 있도록 자연복원 시스템을 도입하고, 자연은 무한재가 아니라 유한재라는 인식을 갖고 국토의 환경용량을 고려한 자연 생태적 측면을 추가하여 댐을 관리할 수 있는

방안을 도출해야 한다. 따라서 본 연구에서는 자연환경과 생태계보전 및 인간정주 환경의 보전을 최우선적으로 고려한 자연친화적인 댐관리방안을 구체적인 사례연구를 통해 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

2000년대 이후 환경 친화적인 개발 및 지속가능한 개발에 관한 관심의 증가로 각종 개발 사업에 대한 각 관련기관에서는 ‘자연생태계 보전기법 및 복원기술’ 등에 관심을 기울여 왔다. 이에 2002년에는 KEI와 수자원공사는 『환경친화적인 수자원 개발 및 관리』 과제를 공동수행하여 기존 수자원의 이용효율 향상, 수요관리 정책의 강화, 환경친화적 수자원 확보에 대한 필요성 및 기본 방안을 제시한 바 있다. 본 연구에서는 2002년 공동연구에서 제시한 방안의 하나인 『환경친화적 수자원 관리』 방안 중 기존 다목적 댐에 대한 환경친화적 관리를 위한 구체적인 사례분석을 토대로 우리나라에 적용할 환경친화적인 방안을 도출하고자 한다.

주요 연구의 범위로서는 댐건설과 관리에 있어 환경친화성 고려 요소 검토, 기존 국내 댐의 환경친화적 건설 및 관리실태 분석, 해외 환경친화적인 댐건설 및 관리사례 조사, 환경 친화적인 댐건설 및 관리에 환경친화성 제고방안 도출 등이다. 이를 위한 연구방법으로 국내 기존의 댐건설 및 개발 사례를 분석하고 외국의 댐건설사례를 고찰한 후 국내 및 국외의 적용방안을 검토하여 이를 바탕으로 현실에 적용가능한 환경친화적인 댐 관리방안을 도출하고자 하며 위한 연구의 흐름도는 다음과 같다.



<그림 1-1> 연구수행 흐름도

4 환경친화적 댐 관리를 위한 사례 연구

제2장 우리나라 댐건설 및 관리실태 고찰

1960년대 이전에는 이수 위주의 수자원개발로써 농업용수의 확보와 수력발전을 위한 단일목적 댐을 건설하였고, 1960년대는 수자원 개발을 위한 유역조사가 실시되어 이 조사가 다목적 댐건설을 선도하였다. 1970~1980년대는 주로 이수 및 치수목적의 대규모 다목적댐 위주로 수자원을 개발하였다. 다목적 댐은 생공용수의 안정적 공급을 통해 70-80년대의 개발시대의 경제성장의 견인차 역할을 하였다. 1990년대는 환경에 대한 국민우려를 반영하여 하천관리의 자연친화적 방법을 도입하였고 이수 및 치수를 위한 중규모 댐건설로 정책을 전환하였다.

몬순기후에 속하고 하상계수가 큰 특성을 가진 우리나라는 홍수피해를 막고 필요한 용수를 확보하기 위해 일차적인 방법으로 댐을 건설하여 하천의 유황을 조정하는 방법을 채택, 일찍부터 저수지 개발의 중요성을 강조하여 왔다. 특히 60년대 후반부터는 급속한 산업발달과 인구증가 및 생활수준의 향상에 따라 안정된 용수 공급이 필요함과 동시에 도시화 및 산업시설의 집중으로 때때로 생기는 홍수 피해가 대형화·다양화됨에 따라 다목적댐을 중심으로 홍수의 자원화를 도모하는 수자원 관리가 이루어져 왔다. 21세기 들어 수자원관리에 있어 환경과 생태의 중요성 인식으로 지속가능한 용수원개발과 관리가 중요해지고 있다.

본 장에서는 지속가능하고 환경친화적인 댐 관리방안 도출을 위해 먼저 댐의 운영 현황 및 유역 환경 현황을 다룬다. 다음으로 댐건설의 필요성이라는 원론적인 문제에서부터 시작해서 시대적 환경성 고려, 환경친화적 설계의 개념을 살펴보고, 댐에 의한 영향 및 그 대책에 대해 전반적으로 고찰하고자 한다.

1. 댐 유역환경 및 댐 환경실태

가. 댐 유역환경 현황

오염 배출부하량 현황은 오염원별로 살펴보면 전 댐을 평균적으로 생각해 볼 때 T-N을 제외한 BOD와 T-P는 인구에 의해 가장 많이 발생함을 알 수 있다. 총질소 부하량은 토지에서 거의 반 정도가 배출되는 것을 알 수 있다. 기타 가축이나 산업은 부하량 비율이 작긴 하지만 T-P의 경우 산업에서도 상당량의 부하량이 배출되고 있다.

<표 2-1> 오염 배출부하량 현황(모든 댐)

오염원별 기준	배출부하량 (kg/일)	오염원별 배출부하량 비율(%)			
		인구	가축	토지	산업
BOD	47,600.8	61.4	7.6	22.0	9.0
T-N	32,348.4	34.8	6.7	48.6	9.9
T-P	2,908.8	40.3	9.9	35.1	14.6

또한 한강, 낙동강, 금강, 섬진강 수계별로 각 댐 유역의 인구현황 및 생활하수 발생량을 기술하였다. 수계별 가축현황, 축산폐수 처리 역시 표로 제시하였다. 인구의 경우, 한강수계의 충주댐, 금강수계의 대청댐, 낙동강수계의 남강댐 순으로 많은 것을 알 수 있고, 축산폐수 역시 이들 3개 댐에서 가장 큰 배출량을 보이는 것을 알 수 있는데 차례로 대청댐, 남강댐, 충주댐 순이다. 기타 댐별 토지이용 면적 역시 이들 세 개 댐에서 가장 크며 면적이 가장 큰 댐은 한강수계의 충주댐으로 6,648.2km²에 달한다. 인구에 의한 BOD 오염부하량이 60% 이상임을 볼 때, 댐 저수지 수질오염의 주요 원인은 생활하수임을 알 수 있다.

<표 2-2> 댐유역 인구현황

구 분		한강수계			낙동강수계					금강		섬진강수계		기타	
		소양강	횡성	충주	안동	임하	합천	남강	밀양	대청	용담	섬진강	주암	부안	보령
인구 현황 (인)	도시	10,200	-	238,586	49,271	16,384	40,262	33,139	-	106,508	18,933	5,167	15,814	-	-
	시외	30,562	4,212	142,525	31,901	33,954	33,156	94,994	833	152,776	30,022	31,622	34,721	315	10,092
	계	40,762	4,212	381,111	81,172	50,338	73,418	128,133	833	259,284	48,955	36,789	50,535	315	10,092
생활하수 발생량 (m³/일)		9,020	817	99,941	21,118	11,551	18,632	28,470	162	61,910	11,561	7,700	11,528	61	1,958

<표 2-3> 댐별 토지이용현황

구 분		한강수계			낙동강수계					금강		섬진강수계		기타		계
		소양강	횡성	충주	안동	임하	합천	남강	밀양	대청	용담	섬진강	주암	부안	보령	
토 지 이 용 현 황 (km ²)	논	30.0	9.3	135.0	37.4	48.0	91.7	248.7	2.1	283.9	77.2	67.6	127.4	1.4	12.3	1,172
	밭	110.2	16.1	535.5	108.1	103.7	44.6	98.4	2.2	256.3	59.3	52.0	63.4	1.1	7.1	1,458
	대지	6.6	1.1	40.1	7.8	9.0	9.3	31.0	0.4	38.3	8.2	7.6	13.3	0.1	1.8	174.6
	임야	2,204.9	174.5	5,451.8	1,325.2	1,120.6	707.5	1,752.7	90.7	2,335.5	731.4	573.4	848.4	53.5	132.4	17,502.5
	목장	-	0.9	40.6	-	1.5	1.5	10.8	-	5.8	12.5	0.5	4.0	-	0.4	78.5
	골프장	-	0.0	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	기타	351.3	7.2	440.9	105.5	79.1	70.2	143.5	-	284.6	41.4	62.3	88.1	3.0	9.6	1,686.7
	계	2,703.0	209.1	6,648.2	1,584.0	1,584.0	924.8	2,285.1	95.4	3,204.4	930.0	763.4	1,144.6	59.1	163.6	22,298.7

댐별 폐수배출시설 현황에서도 이들 3개 댐 유역에서 가장 많은 폐수배출시설을 보유하고 있는 것을 볼 수 있으며 규모별로 보면, 5종이 1,759개로 1,853개에 달하는 전체 폐수배출시설 개수의 대부분을 차지함을 알 수 있다. 또한 오폐수 처리시설 처리로는 현황과 계획 모두에서 마을하수처리장이 가장 많은 수를 차지하고 있다. 하수

종말처리장과 마을하수처리장의 개소수와 용량, 그리고 오폐수 처리율을 보았을 때, 댐 유역에서 오폐수처리율은 현재 평균 36.4%로, 2001년말 현재, 우리나라 전체 하수 처리율인 73.2%와 비교해 보았을 때 상당히 떨어지는 수준임을 알 수 있다.

<표 2-4> 주요 오염물질 배출시설 현황

댐별	식품접객업				관광객 이용 시설업	위생접객업 등					의료 업	자동차 정비업	주유 소 시설	계 (개소)
	휴게 음식 점	일반 음식 점	단란 주점	유흥 주점	관광 음식점	숙박 업	이미 용업	목욕 장업	세탁 업	기 타	병원 등	자동차 종합 정비업	주유 소 등	
소양강	88	913	50	61	0	221	86	11	31	1	18	46	39	1,565
횡성	8	50	0	2	0	3	9	0	0	0	5	3	3	83
충주	706	5,910	179	218	2	502	892	78	261	630	258	62	232	9,930
안동	127	997	39	56	2	90	204	17	49	0	20	59	47	1,707
임하	113	675	19	29	0	61	93	11	20	0	14	5	47	1,087
합천	141	1,061	33	30	0	77	177	22	53	0	49	5	30	1,715
남강	173	1,078	35	45	0	79	170	17	33	39	21	8	53	1,751
대청	476	3,355	65	102	6	261	559	37	129	4	155	165	179	5,493
섬진강	55	488	6	4	0	29	106	4	16	0	13	29	34	784
주암	76	675	15	18	1	70	90	7	19	42	31	24	30	1,098
부안	0	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	13
밀양	0	73	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	79
용담	82	596	8	28	0	36	89	8	21	0	28	21	50	967
보령	16	128	9	3	0	10	17	1	4	0	1	4	4	197
계	1,977	14,879	425	577	0	1,422	2,356	201	631	324	538	289	741	24,360

댐별 폐수배출시설 규모별 현황(1종: 폐수배출량 2,000m³/일 이상; 2종: 700이상-2000미만; 3종: 200이상-700미만; 4종: 50이상-200미만; 5종: 그외)은 다음과 같다.

<표 2-5> 댐별 폐수배출시설 현황

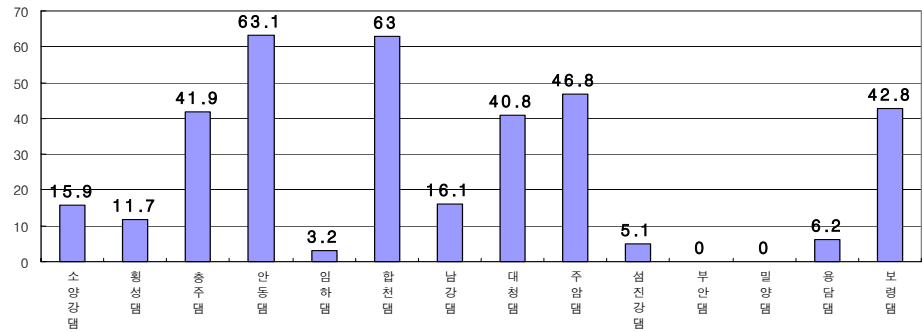
구 분		한강수계			낙동강수계					금강		섬진강수계		기타		계
		소양강	횡성	충주	안동	임하	합천	남강	밀양	대청	용담	섬진강	주암	부안	보령	
규모별개수	1종	0	0	3	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	9
	2종	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	3종	1	0	4	2	0	3	1	0	8	0	2	0	0	0	21
	4종	3	0	18	8	3	3	6	0	24	5	5	0	0	0	75
	5종	61	2	485	111	59	84	154	0	578	90	75	43	0	17	1,759
계		65	2	2	126	62	90	161	0	598	95	83	43	0	17	1,853
폐수배출량		807	25	41,146	44,065	784	1,796	1,298	0	7,233	693	8,039	387	0	70	106,343

한편 오수 및 하수의 처리율은 2001년말 우리나라 전체 하수처리율이 73.2%임에 비해 36.4%로 절반에 불과하여 이는 향후 5년까지 대폭 확충을 위한 계획이 수립되어 있다.

<표 2-6> 전국 댐 상류유역 오·하수 처리율

댐별	현 황(2001)					계 획(2005)				
	유역 인구 (명)	오,하수 처리인구(명)			오,하수 처리율	오,하수 처리인구(명)			누계 인구 (명)	오,하수 처리율 (%)
		소계	하수종 말	마을하 수		소계	하수종 말	마을하 수		
소양강 댐	40,762	6,470	-	6,470	15.9	17,196	15,800	1,396	23,666	58.1
횡성댐	4,212	491	-	491	11.7	710	-	710	1,201	28.5
충주댐	381,111	159,574	140,240	19,334	41.9	121,282	120,902	380	280,856	73.7
안동댐	81,172	51,199	51,000	199	63.1	-	-	-	51,199	63.1
임하댐	50,338	1,628	-	1,628	3.2	30,401	29,757	644	32,029	63.6
합천댐	73,418	46,277	45,632	645	63.0	454	-	454	46,731	63.7
남강댐	128,133	20,651	19,390	1,261	16.1	46,297	25,773	20,524	66,948	52.2
대청댐	259,284	105,703	103,290	2,413	40.8	76,753	73,819	2,934	182,456	70.4
섬진강 댐	36,789	1,871	-	1,871	5.1	15,911	14,000	1,911	17,782	48.3
주암댐	50,535	23,667	19,253	4,414	46.8	6,250	5,662	588	29,917	59.2
부안댐	315	-	-	-	0	237	-	237	237	75.2
밀양댐	833	-	-	-	-	410	410	-	410	49.2
용담댐	48,955	3,037	-	3,037	6.2	18,389	15,990	2,399	21,426	43.8
보령댐	10,092	4,317	-	4,317	42.8	-	-	-	4,317	42.8
계	1,165,949	424,885	378,805	46,080	36.4	334,290	302,113	32,177	759,175	65.1

다목적댐 하수처리율(%)



<그림 2-1> 다목적댐 하수처리율

나. 댐 수역의 오염배출량 및 수질실태

1) 오염배출량

오염배출량은 댐 유역 전체에 대한 배출량과 댐의 수질에 직접 영향을 끼치는 홍수터내의 오염부하량을 나누어 산정하여 제시하였다.

가) 유역내 오염배출량

댐 각각의 오염배출량을 아래 표에 기술하였다. 이는 2002년 12월 현재의 수치로 14개 다목적댐의 유역내 오염배출량을 BOD, T-N, T-P로 나누었으며 이에 기여하는 오염원을 인구, 가축, 토지, 산업으로 대분하여 그 비율을 산정하였다. 댐유역 대부분에서 인구에 의한 부하량이 가장 큰 기여를 하고 있음을 알 수 있으며 안동댐을 제외하면 산업에 의한 영향은 미미하였다.

<표 2-7> 댐 유역내 오염배출부하량

댐 명	오염원별 기준	배출부하량 (kg/일)	오염원별 배출부하량 비율(%)			
			인구	가축	토지	산업
소양댐	BOD	2,248.9	58.5	2.6	37.4	1.5
	T-N	2,059.8	21.9	1.7	75.2	1.2
	T-P	152.2	33.1	2.7	62.1	2.1
횡성댐	BOD	253.5	56.1	8.5	35.0	0.4
	T-N	214.1	22.3	5.2	72.1	0.4
	T-P	16.4	32.4	8.5	58.5	0.6
충주댐	BOD	14,201.0	62.1	5.3	21.0	11.6
	T-N	9,916.7	35.7	4.5	47.3	12.5
	T-P	866.0	41.6	6.1	33.3	19.0
안동댐	BOD	3,776.9	33.8	3.9	15.6	46.7
	T-N	3,119.5	20.5	2.7	34.4	42.4
	T-P	308.5	18.8	3.5	20.6	57.1
임하댐	BOD	2,534.9	72.9	3.2	22.7	1.2
	T-N	1,640.2	36.5	2.7	59.4	1.4
	T-P	136.6	50.6	4.1	43.0	2.3

<표 2-8> 오염배출부하량 - 합천댐

댐명	오염원별 기준	배출부하량 (kg/일)	오염원별 배출부하량 비율(%)			
			인구	가축	토지	산업
합천댐	BOD	2,074.3	55.7	17.8	23.0	3.5
	T-N	1,529.9	37.8	14.3	44.4	3.5
	T-P	133.5	39.2	19.9	35.5	5.4
남강댐	BOD	6,072.5	67.9	7.8	23.3	1.0
	T-N	3,456.2	40.9	7.9	49.9	1.3
	T-P	342.3	46.1	15.0	37.2	1.7
대청댐	BOD	8,965.0	68.2	8.6	20.0	3.2
	T-N	5,606.3	43.4	8.2	44.6	3.8
	T-P	497.6	49.9	11.1	33.2	5.8
섬진강댐	BOD	2,431.0	54.6	16.3	15.9	13.2
	T-N	1,508.5	28.8	17.0	38.2	16.0
	T-P	150.7	33.1	20.2	25.3	21.4
주암댐	BOD	2,001.1	54.1	12.5	32.6	0.8
	T-N	1,482.6	30.6	9.5	59.2	0.7
	T-P	126.9	35.5	14.2	49.1	1.2
부안댐	BOD	31.0	38.4	4.8	56.8	-
	T-N	43.5	8.7	11.3	80	-
	T-P	3.9	10.3	30.8	58.9	-
밀양댐	BOD	69.7	45.2	7.5	47.3	-
	T-N	72.8	13.8	3.8	82.4	-
	T-P	5.3	22.6	5.7	71.7	-
용담댐	BOD	2,545.8	68.6	8.8	21.5	1.1
	T-N	1,435.7	39.9	8.9	49.7	1.5
	T-P	136.4	48.1	12.5	37.4	2.0
보령댐	BOD	395.2	58.3	18.8	22.1	0.8
	T-N	262.6	35.5	19.2	44.5	0.8
	T-P	32.5	28.9	45.3	24.9	0.9

나) 홍수조절용지내 경작에 의한 오염부하량

2002년 1월 현재 홍수조절용지내 오염부하량을 다음 표들에 기술하였다. 이들 부하량은 용지내 경작에 의한 것으로 BOD, T-N, T-P를 각각 도표화한 것이다. 배출원단위는 1999년 환경부 고시 제199-143를 적용했으며 오염물질 발생원단위는 경작지의 경우, BOD $1.6\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{일}$, T-N $9.44\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{일}$, T-P $0.24\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{일}$ 을 적용했고, 오염

물질 배출원단위는 발생원단위의 25%로 산정했다. 또한 적용범위의 경우, 댐유역 오염원은 인구, 가축(한우,젓소,돼지,가금류), 토지(논,밭,대지,임야,기타), 산업폐수로 나누었고, 경작지 원단위는 위의 구분에 따라 적용하며 논, 밭, 임야 등의 구분은 2001년 자료 취합후 분석하였다.

<표 2-9> 경작에 의한 오염배출(BOD) 부하량

댐 명	배출부하량(BOD기준)			비 고		
	댐 유역 (BOD kg/일)	경작지 (BOD kg/일)	경작지 오염부하율 (%)	댐 유역면적(km ²)	홍수조절용지내 경작면적 (천m ²)	경작허가 면적비(%)
소 양 강	2,331.1	0.346	0.015	2,703	865	0.03
안 동	3,621.9	0.634	0.017	1,584	1,814	0.11
대 청	12,194.5	0.823	0.007	4,134	2,057	0.05
충 주	14,806.3	0.830	0.006	6,648	2,074	0.03
합 천	1,674.2	0.616	0.037	925	1,541	0.17
섬 진 강	2,470.5	0.0	0.00	763	0	0
남 강	6,234.9	0.0	0.00	2,285	0	0
주 압	1,993.7	0.344	0.017	1,145	859	0.07
임 하	2,521.2	0.867	0.034	1,361	2,168	0.16
부 안	32.5	0.0	0.00	59	0	0
횡 성	242.7	0.0	0.00	209	0	0
계(평균)	39,989.8	4.46	(0.011)	18,500	11,378	(0.062)

<표 2-10> 경작에 의한 오염배출(T-N) 부하량

댐 명	배출부하량(T-N기준)			비 고		
	댐 유역 (T-N kg/일)	경작지 (T-N kg/일)	경작지 오염부하율 (%)	댐 유역면적(km ²)	홍수조절용지내 경작면적 (천m ²)	경작허가 면적비(%)
소 양 강	2,105.4	2.04	0.097	2,703	865	0.03
안 동	3,092.4	3.73	0.121	1,584	1,814	0.11
대 청	7,890.6	4.85	0.061	4,134	2,057	0.05
충 주	10,261.4	4.89	0.048	6,648	2,074	0.03
합 천	1,639.4	3.64	0.222	925	1,541	0.17
섬 진 강	1,594.4	0.0	0.00	763	0	0
남 강	4,018.6	0.0	0.00	2,285	0	0
주 압	1,646.3	2.03	0.123	1,145	859	0.075
임 하	1,688.0	5.12	0.307	1,361	2,168	0.16
부 안	40.0	0.0	0.00	59	0	0
횡 성	219.6	0.0	0.00	209	0	0
계(평균)	28,303.5	26.3	(0.093)	18,500	11,378	(0.09)

<표 2-11> 경작에 의한 오염배출(T-P) 부하량

댐 명	배출부하량(T-P기준)			비 고		
	댐 유역 (T-P kg/일)	경작지 (T-P kg/일)	경작지 오염부하율(%) ()	댐 유역면적(km ²)	홍수조절용지내 경작면적 (천m ²)	경작허가 면적비(%) ()
소 양 강	157.3	0.05	0.032	2,703	865	0.03
안 동	295.8	0.10	0.034	1,584	1,814	0.11
대 청	714.4	0.12	0.017	4,134	2,057	0.05
충 주	896.9	0.12	0.013	6,648	2,074	0.03
합 천	138.3	0.09	0.065	925	1,541	0.17
섬 진 강	159.4	0.0	0.00	763	0	0
남 강	381.8	0.0	0.00	2,285	0	0
주 압	142.7	0.05	0.035	1,145	859	0.075
임 하	139.0	0.13	0.094	1,361	2,168	0.16
부 안	2.9	0.0	0.00	59	0	0
횡 성	16.6	0.0	0.00	209	0	0
계(평균)	2,484.4	(0.66)	(0.027)	18,500	11,378	(0.05)

2) 수질현황

2002년 댐별 수질현황은 다음 표와 같이 2-3급수를 유지하고 있다. COD와 BOD의 그래프에서 볼 수 있듯이 낙동강하구의 수질이 가장 우려되고 있다. 낙동강 하구둑은 수온이 높고, 영양염류인 T-N, T-P의 수치가 매우 높은 수준이기 때문에 부영양화의 우려가 큰 댐이다.

<표 2-12> 다목적댐별 종합 수질현황

항목 댐	수온 ℃	pH	DO mg/L	BOD mg/L	COD mg/L	SS mg/L	대장균 군수 MPN /100ml	T-N mg/L	T-P mg/L	투명 도 m	Chl-a mg/m ³	전기전 도도 umhos /cm	수질 등급
소양강댐	12	7.1	9.6	0.9	2.3	8.1	4.3E+01	1.557	0.023	2.9	2.9	64	II
충주댐	14	8.1	10.0	1.2	2.2	5.3	1.6E+01	2.796	0.026	3.2	3.7	223	II
안동댐	11	7.8	10.3	1.5	2.5	2.5	7.4E+01	1.618	0.018	3.0	4.5	163	II
임하댐	12	8.0	8.1	2.3	3.2	5.2	8.2E+01	1.754	0.042	1.4	2.5	161	III
합천댐	11	8.3	8.3	1.9	2.8	2.5	2.6E+01	2.014	0.018	1.9	8.4	94	II
남강댐	15	7.9	6.6	1.4	2.8	6.5	3.7E+01	1.143	0.027	1.9	7.4	81	II
낙동강 하구둑	16	8.7	11.1	2.1	4.6	17.3	1.3E+03	5.355	0.189	0.8	17.9	266	III
대청댐	14	7.5	9.7	1.1	3.0	2.8	4.1E+00	1.868	0.027	2.7	8.4	110	II
섬진강댐	10	6.7	9.0	1.5	3.4	2.0	2.9E+01	2.000	0.019	2.2	9.2	107	III
주암댐	15	7.4	9.8	1.4	2.5	6.9	1.2E+01	1.306	0.022	2.0	15.2	122	II
부안댐	13	6.8	8.9	0.9	2.3	2.0	1.2E+02	1.072	0.009	2.8	5.0	63	II
횡성댐	14	7.4	8.9	0.9	2.1	2.2	3.8E+01	1.680	0.027	2.1	3.3	93	II
용담댐	12	7.3	8.0	1.2	3.5	2.8	2.6E+02	1.968	0.028	2.6	9.0	88	III
밀양댐	12	7.1	9.1	1.0	2.0	6.3	1.1E+01	0.777	0.014	2.5	4.3	42	II
보령댐	14	7.7	10.8	1.4	1.9	1.4	1.4E+02	1.561	0.015	2.3	1.9	105	II
수질1등급		6.5 -8.5	7.5 이상	1 이하	1 이하	1 이하	50 이하	0.2 이하	0.01 이하				
수질2등급		6.5 -8.5	5 이상	3 이하	3 이하	5 이하	1000 이하	0.4 이하	0.03 이하				

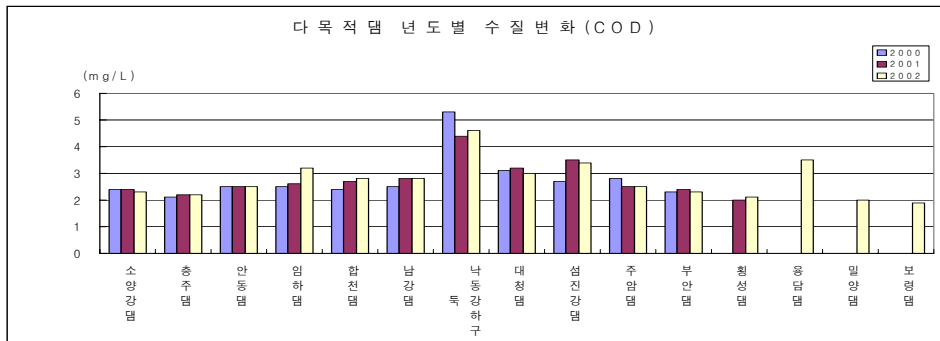
살펴본 것처럼 현재 국내 다목적댐의 문제는 현재 재정 부족 등의 사유로 댐 상류 환경기초시설의 설치가 저조하며, 비점오염원에 의한 수질저하가 가중되고 있다는 점이다. 다목적댐 유역의 비점오염 부하는 전체 오염부하의 45% 이상이며 초기 강우 시의 유입이 댐 수질저하의 또다른 주요 원인이다. 이러한 원인으로 댐저수지 수질은

3급수를 초과하거나 여름철 조류 발생 등 수질 저하 현상이 지속되어 양질의 용수공급이 저해되고 있는 실정이다.

<표 2-13> 다목적댐별 년도별 수질현황(COD)

연도 댐	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2K	'01	'02
소양강댐	1.8	2.1	1.7	1.6	1.6	1.6	1.9	2.0	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3
충주댐	1.9	2.0	1.4	1.7	1.6	1.9	2.1	1.9	2.4	2.1	2.0	2.1	2.2	2.2
안동댐	2.2	2.4	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	2.4	2.6	2.7	2.6	2.5	2.5	2.5
임하댐	-	-	-	-	2.8	2.8	2.8	2.5	2.4	3.2	2.9	2.5	2.6	3.2
합천댐	2.1	2.4	2.4	2.4	2.1	2.2	2.0	1.9	2.4	2.3	2.2	2.4	2.7	2.8
남강댐	1.3	2.3	2.6	2.5	2.5	2.8	2.6	2.7	2.7	2.6	2.4	2.5	2.8	2.8
낙동강 하구둑	5.9	5.0	4.8	5.0	4.9	6.3	7.2	6.7	7.1	5.1	5.3	5.3	4.4	4.6
대청댐	3.0	2.4	2.3	2.1	2.0	2.0	2.2	2.4	2.6	3.2	2.9	3.1	3.2	3.0
섬진강댐	2.4	2.4	2.6	2.8	2.3	2.3	2.6	2.5	2.6	2.6	3.1	2.7	3.5	3.4
주암댐	-	-	-	2.7	2.5	2.5	2.5	2.4	2.7	2.9	2.8	2.8	2.5	2.5
부안댐	-	-	-	-	-	-	-	-	3.2	3.0	2.5	2.3	2.4	2.3
횡성댐	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	2.1
용담댐	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.5
밀양댐	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
보령댐	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9

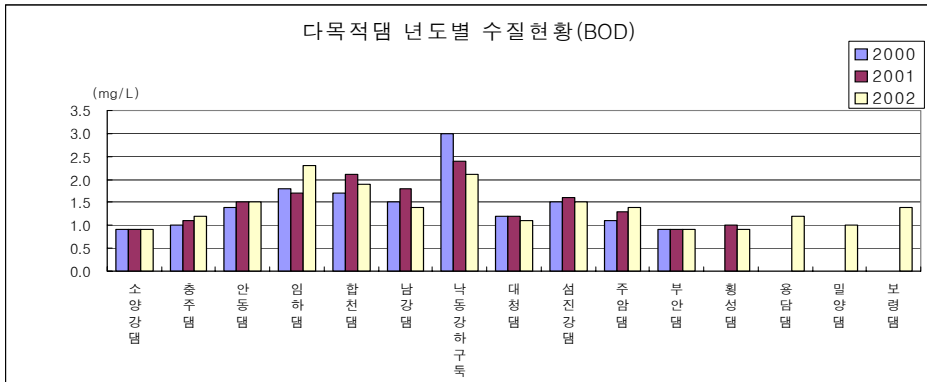
다목적댐 저수지 수질문제의 근본적인 해결에는 댐상류지역 하수처리 시설설치 및 비점오염원 제어가 가장 중요하다. 따라서 극히 저조한 하수처리율 제고와 비점오염원저감 대책 추진이 시급하다고 볼 수 있다.



<그림 2-2> 다목적댐별 년도별 수질현황(COD)

<표 2-14> 다목적댐별 년도별 수질현황(BOD)

[illegible]



<그림 2-3> 다목적댐별 년도별 수질현황(BOD)

다. 댐 운영 현황

8.15 광복이후 오늘에 이르기까지 우리나라의 댐건설은 시기별로 크게 3기로 구분할 수 있다. 제1기는 광복이후 6.25동란 휴전 성립까지의 과도기, 제2기는 1961년까지의 전진기, 제3기는 제1차 경제개발 5개년계획 이후 오늘에 이르는 개화기라고 할 수 있다. 제1기 즉 댐건설 과도기에는 광복 후의 혼란과 정부의 재정빈약으로 광복과 더불어 중단되었던 댐 공사의 시행에 급급하였던 시기로서 전남 성평의 대동댐(높이 16m, 흙댐, 1949)을 비롯한 관개용 댐 27개가 모두 흙댐으로 건설되었다. 생활용수댐으로는 부산의 회동댐(높이 28m, 중력식콘크리트댐, 1946)이 준공되었다.

제2기 댐건설 전진기에는 국고와 6.25동란 후의 외국 원조를 기반으로 관개용 댐건설에 많은 진전을 보았다. 충남 보령의 청천댐(높이 20m, 흙댐, 1960)을 비롯하여 169개의 관개용 댐이 모두 흙댐으로 건설되었다. 생활 용수댐으로는 경기도 연천의 중리댐(높이 26m, 흙댐, 1960)등 2개댐이 흙댐으로 건설되었다. 또한 1957년에는 국내기술에 의하여 수력발전용 댐으로 충북 괴산에 괴산댐(높이 28m, 중력식콘크리트댐, 1957)이 건설되었다.

제3기 즉 댐건설 개화기에는 1962년을 기점으로 하는 제1차 경제개발 5개년계획이 추구하는 전천후 농업용수개발, 공업의 고도화 계획, 장기전원개발, 사회간접자본화

등을 위하여 바야흐로 댐건설이 경제개발의 기둥으로 등장하게 되었다. 이 기간에는 댐건설의 양적 팽창과 더불어 댐건설 기술면의 질적 향상에도 많은 진전을 이룩하였으며, 댐건설 재원은 국고와 외국 차관으로 충당되었다. 전천후 농업기반 조성을 위한 장성댐(높이 36m, 록필댐, 1976)을 비롯하여 무려 425개의 관개용 댐이 건설되었고, 국민생활수준 향상과 공업생산기반 조성을 위한 생공용수 공급 목적의 사연댐(높이 46m, 록필댐, 1965), 동북댐(높이 45m, 콘크리트 표면차수형 록필댐, 1985) 등 49개의 생공용수댐이 이시기에 건설되었다. 또한 에너지원 개발을 위하여 춘천댐(높이 40m, 중력식 콘크리트 록필댐, 1965) 등 9개의 수력발전용댐이 건설되었다. 그 가운데 청평양수발전소 본댐(높이 62m, 록필댐, 1980) 등 4개댐은 양수 발전용으로 축조된 바 있다.

그러나 무엇보다도 특기할 사항은 제3기에 특정다목적댐법의 제정(1964)에 따른 다목적댐의 등장이다. 소양강댐(높이 123m, 록필댐, 총저수용량 29억 m^3 , 1973)을 시작으로 현재까지 14개의 다목적댐이 건설되었다. 치수 및 이수 목적을 구비한 이러한 다목적댐의 건설이 1960년대부터 수자원개발 사업의 중심이 되어왔다. 그밖에 전력 수요의 증가에 따른 발전전용댐과 생공용수전용댐 및 농업용수전용 댐 등이 1960년대 이후 본격적으로 건설되었다. 각 목적별 댐을 구분하여 보면 다음과 같다.

가) 관개용수댐

1960년대에 전국적 규모로 전천후 농업용수개발을 위한 유역조사가 UNDP, FAO 및 AID 등의 지원으로 활발하게 이루어졌으며 이 조사사업이 1962년 이후 댐건설을 촉진시켰다. 그 결과 1962년이래 425개의 관개용댐이 완공되었고 총 저수용량 천만 m^3 를 초과하는 대규모 관개용댐만도 21개에 이른다. 그 중 영산강하구둑 등 4개의 댐을 대하천 하구부에 건설함으로써 하구부 생태계변화에 큰 영향을 끼치게 되었다.

나) 생·공업용수 댐

1962년이래 건설된 생·공용수댐은 49개이며 그 가운데 총 저수용량 백만 m^3 을 초과하는 것은 17개이다. 그 중 동북댐(높이 45m, 1985)은 우리나라 최초의 표면 차수벽형 록필댐이며 나머지 16개댐은 모두 필댐이다. 울산의 사연댐(높이 46m, 록필댐, 1965)은 우리나라 최초의 공업용수댐이자 댐형식면에서도 우리나라 최초의 록필댐으로 기록되고 있다.

다) 수력발전용댐

1958년이래 한국전력이 춘천 등 7개소의 수력지점 조사를 실시하였고, 1960년대에는 프랑스기술조사단에 의하여 수력발전 지점조사도 이루어졌다. 한편 1961. 5.16. 이후 정부의 강력한 경제 개발 정책에 따라 1962년 이래 준공된 수력발전용댐은 9개이다. 1965년에 준공한 춘천댐은 우리나라에서 처음으로 콘크리트 중량배합을 시도한 댐이다. 1973년에 완공한 팔당댐은 상시유량이 방대한 대하천의 하류부 댐건설 기술 발전에 기여한 댐으로 댐지점의 상시 수심이 8m로서 저녁차 지점 수력의 효율적 개발에 역점을 두기도 하였다. 또한, 1991년에 준공한 강릉수력은 유역 변경으로 얻어지는 낙차가 640m로써 우리나라 최대낙차 즉, 최대수압을 이용하였다(부전강 수력 500m, 청평 양수 452m, 섬진강수력 166m).

라) 다목적댐

1960년대는 수자원종합개발을 위한 유역조사 활발기였으며 이 조사가 다목적댐건설을 선도하였다. AID 및 FAO 자금으로 건설부(현 건설교통부)가 한강 및 낙동강 유역조사를 실시하였고 연이어 한국수자원개발공사(현 한국수자원공사)가 금강 및 영산강 유역조사를 대행하였다. 1960년 초반에 일제치하에서 계획, 착공한 바 있는 섬진강댐과 남강댐을 재 착공한 것이 우리나라 다목적댐건설의 시발이었다. 1970년 준공한 남강댐은 기초 하상부 8~9m 심도의 사력층 차수를 위하여 정통공법에 의한 콘크리트심벽으로 마감한 점이 특이하다. 1973년 완공한 소양강댐은 치수·이수면에서

획기적 기여를 한 우리나라 최초의 대규모 다목적댐이다. 대형기계화 시공에 의한 우리나라 근대 댐의 상징이라고 할 수 있으며 설계 시공 현장시험 및 계기매설 등 댐 기술 발전에 크게 이바지 한 댐이다. 이어 안동 다목적댐(1976년), 대청다목적댐(1980년), 충주 다목적댐(1985년), 합천 다목적댐(1989년)이 연이어 준공되었다. 1990년 이후 주암 다목적댐(1991년), 임하 다목적댐(1993년), 부안 다목적댐(1996년), 횡성 다목적댐(2000년), 밀양 다목적댐(2001년), 용담 다목적댐(2001년)을 준공한 바 있으며 현재 탐진강 유역에 탐진 다목적댐을 건설 중에 있다.

표에서 볼 수 있는 것처럼 우리나라는 1000개 이상의 댐이 있으며 관개용댐이 수량 면에서는 절대적이고, 개수로는 생공용수댐, 발전용댐, 다목적댐 순으로 많다. 수계별로 보면, 다목적댐 및 관개용댐의 개수는 낙동강수계가 제일 많고, 발전용댐의 경우 한강이 가장 큰 비중을 차지한다. 영산강 수계의 경우, 생공용수댐 및 관개용댐만 보유하고 있으며 다목적댐이나 발전용댐은 부재한 상태이다.

규모별 댐 현황에서는 개수만으로 간과할 수 있는 실제 댐의 중요도를 확인할 수 있는데, 1200여개 댐 중 1100개 이상을 차지하는 관계용 댐의 대부분이 저수용량 1백만 m^3 이하의 소규모 댐으로, 수량은 적지만 대부분 1억 m^3 의 대형 댐인 다목적댐이 영향력 면에서는 훨씬 비중이 있음을 알 수 있다. 용담댐, 탐진댐, 밀양댐은 모두 2001년 이후 완공된 최근 댐들로 환경친화적인 ECO댐의 필요성을 반영하여 설계된 환경친화적 댐이다. 친환경기법의 구체적인 내용은 앞으로 다루기로 한다.

<표 2-15> 수계별 댐 현황

구 분	다목적댐	생공용수댐	발전용댐	관개용댐	홍수조절댐	합 계
계	14	63	21	1,114	1	1,213
한 강	3	5	10	112	1	131
낙동강	5	5	7	293	-	310
금 강	2	4	2	129	-	137
영산강	-	9	-	63	-	72
섬진강	2	1	1	98	-	102
기 타	2	39	1	419	-	461

주 : 건설중인 댐 포함

<표 2-16> 규모(저수용량)별 댐 현황

구 분	다목적댐	생공용수 댐	발전용댐	관개용댐	홍수조절 댐	합 계
계	14	63	21	1,114	1	1,213
1백만 m^3 이하	-	19	1	811	-	831
1백만 m^3 ~1천만 m^3	-	18	14	268	-	300
1천만 m^3 ~1억 m^3	3	20	5	35	-	63
1억 m^3 ~10억 m^3	7	6	1	-	1	15
10억 m^3 이상	4	-	-	-	-	4

<표 2-17> 2001년 이후 완공 또는 건설중인 다목적댐 현황

댐 명	수계명	저수량 (백만 m^3)	높이 (m)	길이 (m)	사업효과		공사 기간
					홍수조절 (백만 m^3)	용수공급 (백만 m^3 /년)	
용담댐	금 강	815	70	498	137	650	'90~'01
밀양댐	밀양강	74	89	535	6	73	'90~'01
탐진댐	탐진강	191	53	403	8	128	'96~'03

한편 우리나라는 국토의 기후적, 지형적 특징 때문에 용수수요의 상당 부분을 이차림 인공적인 댐에 의존하고 있는 실정이다. 표에서 확인할 수 있듯이 2001년 전국 댐 용수공급량은 148억 m^3 을 확보하고 있으며, 2006년까지 건설중인 댐들이 완공되면 152억 m^3 으로 증대될 전망으로 댐호에 의한 용수공급이 전체의 40%를 점하게 된다. 한편 하천수는 30년 1회 발생 가뭄시 전국 하천에서 이용할 수 있는 하천수공급량은 2001년 159억 m^3 에서 2011년에 165억 m^3 으로 확대될 전망이다.

<표 2-18> 각 유역별 댐 및 하천수 공급량(백만톤)

권역	2001		2006		2011	
	댐	하천	댐	하천	댐	하천
전국	14,771	15,877	15,205	16,111	15,205	16,481
한강	5,117	6,159	5,117	6,489	5,117	6,590
낙동강	4,102	4,675	4,168	4,809	4,168	4,904
금강	3,469	2,436	3,709	2,347	3,709	2,587
영산강/섬진강	2,083	2,608	2,211	2,466	2,211	2,401

지하수 이용량은 약 30억m³(‘98, 제주도 염수 제외)으로, 전국 물이용량(331억m³)의 약 10%를 차지하며, 매년 증가 추세로 ‘98년 약 30억m³에서 2011년 35억m³으로 점차 증가할 전망이다. 그러나 지하수 공급을 늘리면 지하수위가 낮아져 하천수의 지하수 유입량이 많아지고 지하수의 하천 유입량이 줄어들어 하천수량의 감소를 초래하기 때문에 이용에 한계가 있다. 이에 더해 늘어나는 총 용수수요는 댐 의존도를 높이는데 일조하고 있다. 우리나라의 총 용수수요는 계속 증가 추세에 있는데, 1980년대에 가장 급속한 증가가 있었고, 1998년부터는 완만한 증가가 예상되고 있다. 전반 10년 동안(2001~2011)은 2001년 대비 연간 1% 수요증가가 있으나, 후반 10년 동안은 2011년 대비 연간 0.2%의 수요증가로 다행히 추세가 둔화될 전망이다.

<표 2-19> 전국용수 수요전망

구분		2001	2006	2011	2016	2020
용수 수요량 (백만톤/년)	계	34,090	35,073	37,353	37,792	38,147
	생활용수	7,312	7,644	8,749	8,920	9,021
	공업용수	3,355	3,706	4,043	4,311	4,565
	농업용수	15,875	15,986	16,193	16,193	16,193
	하천유지용수	7,548	7,737	8,368	8,368	8,368

주 : 농업용수 수요량은 유효우량을 제외한 수요량임

우리나라는 1년간 내리는 비의 70% 이상이 우기에 집중되어 매년 홍수와 가뭄이 되풀이되는 불리한 특징으로 많은 댐이 건설되어 왔다. 이에 더해 용수 수요량이 증가하고 있고 이에 댐이 차지하는 비율이 40% 이상되므로, 댐의존율이 매우 높은 실정

이다. 한편 댐의 종류로 볼 때, 수자원사업은 대부분 주로 경제성 때문에 하나 이상의 목적을 가지고 계획하므로 1973년 소양강댐을 필두로 건설되는 댐들은 주로 의도적으로 다목적으로 계획되는 다목적댐이 주축이 되고 있다.

2. 댐건설로 인한 편익과 환경영향

가. 댐건설 편익

2001년 현재 건설중인 시설을 포함한 우리나라의 댐 및 저수지 총 개수는 약 18,000개소이며 그 중 높이 10~15m로서 길이가 2,000m 이상이거나 저수용량 300만 m^3 이상인 댐은 1,206개로 조사되었다. 유효저수량을 기준으로 보면 10개 남짓의 다목적댐이 64%를 차지해 다른 1000개 이상의 댐 저수용량의 1.8배에 달하는 것으로 나타났다(한국수자원공사, 2002b)

앞서 기술한 것처럼 이러한 이유로 현재 다목적댐의 중요성이 커지고 있으며 댐건설의 추세도 이쪽으로 돌아서고 있는 실정이다. 다목적댐은 홍수기에 홍수조절을 통해 물로 인한 재해를 막고, 가물때는 물을 안정적으로 방류하여 농업용수와 생활용수, 공업용수로 공급한다. 또한 부수적으로 수력전기를 생산해 청정한 동력자원을 제공한다. 이처럼 다목적댐은 주요한 사회간접자본 시설임에도 최근에는 댐적지의 감소, 환경에 대한 관심 증가, 수몰지역 발생과 재산권행사 지장으로 인한 반발 등 여러 가지 이유로 댐건설을 둘러싼 사회적 여건이 매우 곤란한 상황에 직면해 있다. 따라서 다목적댐의 필요성을 확실히 하고 넘어갈 필요가 있으며 이를 아래에 기술하였다.

1) 안정적 수자원 확보

우리나라 수자원의 원천인 강수량은 세계평균보다 1.3배 많으나, 인구의 과밀화로

1인당 강수량은 10%정도에 불과하다. 이마저 년 강수량의 2/3가 여름철(6~9월)에 집중되어 여름에는 홍수, 겨울과 봄에는 가뭄이 빈발하고 있다. 따라서 수자원의 계절적인 불균형을 줄이고, 인구가 집중되어 있는 도시지역을 중심으로 늘어나는 용수 수요에 대처하기 위해서는 안정적인 용수 확보가 필수적이다.

다목적댐은 물을 담아 홍수를 막아줄과 동시에 홍수시 담아 둔 물을 가뭄기간동안 일정하게 공급하여 가뭄피해를 줄이는 역할을 한다. 아래 표에서 볼 수 있듯이 우리나라의 근대 기상관측사상 유례가 없었던 2001년 가뭄시에 다목적댐의 유입량과 유출량의 비교에서 보듯이 4대강유역 전체 댐유입량이 1일 2.8백만 m^3 이었음에도 그보다 9배 이상인 2천5백만 m^3 정도를 공급할 수 있었던 것은 다목적댐이 가뭄해소에 기여한 정도가 지대했음을 나타낸다. 일례로 2001년 6월 가뭄시 댐이 해체된 연천지역은 물이 없어 모내기를 못하고 있을 때, 강원도 횡성군은 준공된 횡성댐 덕택으로 가뭄 걱정이 없었으며, 원주시의 식수까지 공급한 바 있다.

<표 2-20> 2001년 가뭄시 다목적댐 운영 현황

구 분	댐유입량(A)	댐공급량(B)	대비(B/A)
계	2.8백만 m^3 /일	25.7백만 m^3 /일	9.2
한강수계	1.0백만 m^3 /일	12.1백만 m^3 /일	12.1
낙동강수계	1.3백만 m^3 /일	5.9백만 m^3 /일	4.5
금강수계	0.4백만 m^3 /일	3.5백만 m^3 /일	8.8
섬진강수계	0.1백만 m^3 /일	4.2백만 m^3 /일	42.0

자료 : 한국수자원공사. 2002a.

한편, 다목적댐은 수자원 확보를 위한 중요한 사회간접자본 시설이나 건설에 10년 이상 소요되므로 미리 준비하지 않으면 물 부족으로 인한 사회적 비용이 크게 늘어나 경제발전에 가장 큰 걸림돌이 될 수도 있으므로 사전에 충분한 국민의견 수렴과 계획 수립이 요구된다.

2) 홍수조절

수자원총량 중 홍수기에 유출되는 양이 39%정도 되므로, 이같이 엄청난 분량의 물을 바다로 흘려보내기 보다는, 이를 저장하였다가 필요할 때 사용할 수 있게 하여 홍수의 예방과 물의 자원화를 도모하는 등 비상강우시 재해예방 수단으로서 다목적댐은 이수와 치수차원에 필수적 시설이다.

이러한 다목적댐의 홍수조절 효과를 아래에 도표화하였다. 최근 몇 년 간의 집중호우의 경험에 비추어 보면 다목적댐의 홍수조절로 당해년도 호우피해액을 절반 수준으로 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 일례로 이러한 홍수조절 효과를 설명할 수 있도록 한강수계 홍수조절 개념도를 아래 그림(한국수자원공사, 2003.)에 나타내었다.

<표 2-21> 다목적댐의 홍수조절 효과

연도	피해액	주요내용
2002	60,679	여름 집중호우(8.4~8.16) - 소양강 및 충주댐 연계운영으로 인도교지점 최고수위를 2.43m저하 - 낙동강수계 4개댐의 연계운영으로 진동지점 최고수위 4.25m 저하, 진동지역 침수시간 95시간 단축(위협수위 기준)
		제15호 태풍 루사 내습시(8.30~9.4) - 소양강 및 충주댐 연계운영으로 인도교지점 수위 3.7m 저하 - 낙동강수계 4개댐 연계운영으로 진동지점 수위 4.73m 저하
2000	6,454	제10호 태풍 빌리스 내습시(8.24~8.29) - 대청댐 홍수조절로 공주지점 수위 1.2m 저하 시킴
		제14호 태풍 사오마이 내습(9.12~9.18) - 낙동강수계 4개 다목적댐 홍수조절로 진동지점 수위 1.13m 저하 - 대청댐 홍수조절로 규암지점 수위 0.74m 저하시킴
1999	12,446	제5호 태풍 닐 및 제7호 태풍 올가 내습시 - 소양강댐, 충주댐 홍수유입시 인도교 수위 1.84m 저하
		제17호 태풍 앤 및 제18호 태풍 바트 내습시 - 낙동강수계 다목적댐 연계운영으로 진동수위 0.92m 저하
1998	15,815	계릴라성 호우(7.31~8.20) - 한강수계 댐 연계운영으로 인도교수위 2.6m 저하 - 낙동강수계 댐연계운영으로 진동수위 1.98m 저하 - 대청댐 홍수조절로 공주지점 수위 4.12m 저하 - 섬진강 주암댐 홍수조절로 구례지점 1.42m, 송정지점 수위 2.49m 저하

자료 : 행정자치부 중앙재해대책본부, 2001.



<그림 2-4> 다목적댐별의 홍수 조절효과

3) 수질개선

댐을 통해 충분한 하천유지용수를 공급하여 하천의 건천화를 막아 수질을 개선하고, 하천의 자정능력을 높여 갈수기 수질사고 예방과 어족자원의 서식조건을 제공한다. 다목적 댐이 건설되기 전에 우리나라 주요 하천의 유량변동계수가 400이상되었으나 다목적댐이 건설된 후 300이하 수준으로 낮아진 것은 다목적댐에 의한 하천유량의 안정화와 하천수 이용여건이 개선되었음을 보여주는 예다.

또한 앞으로 건설되는 댐은 생태환경을 고려하고, 댐상류에 환경기초시설을 완비하여 수질오염의 원인인 댐상류의 하수와 축산폐수 등 각종 오염물의 유입을 원천적으로 차단하며, 환경시설을 이용하여 철저한 수질 관리를 시행하므로 수질개선 효과도 도모할 수 있다.

4) 수력발전

다목적댐의 중요한 기능 중 하나가 수력발전이다. 에너지 자원의 거의 대부분(97% 이상)을 외국에 의존하고 있는 우리나라는 수력 등 국내에서 개발 가능한 에너지 자

원을 개발하는 일이 유가 폭등 등 대외적 요인에 의한 가격과 국가경제의 불안을 최소화하는 방법이다. 특히 수력발전은 물의 위치에너지를 이용하므로 원자력이나 화력발전과 같은 공해를 유발하지 않는 청정에너지 자원이란 점과, 피크 타임이나 비상시 즉각적인 발전이 가능한 질적으로 우수한 특성이 있다. 2001년말을 기준으로 우리나라 에너지 공급에 있어 수력이 차지하는 비중은 매우 낮아 수자원을 에너지 자원으로 적극 활용하고 있는 외국과 큰 대조를 보인다. 이를 나타내기 위해 국가별 수력발전량을 다음 표에 나타내었다. 2001년 기준으로 우리나라의 전체발전량은 285,224GWh, 그중 수력이 4,151GWh(1.5%), 화력이 168,940GWh(59.2%), 원자력이 112,133GWh(38.3%)로서, 수력발전량이 우리나라 연간 총발전량 보다 많은 캐나다, 미국의 경우와 매우 대조적임을 알 수 있다. 따라서 수력발전을 위한 필요성에서도 다목적댐의 건설은 의미가 있다.

<표 2-22> 국가별 수력 발전량

국 가	발 전 량	수력발전 의존율(%)	비 고
캐 나 다	330,690	62.0	
미 국	296,378	9.9	
브 라 질	250,000	97.4	
베네슈엘라	63,000	72.0	
중 국	166,800	18.0	
일 본	91,301	9.2	
한 국	4,151	1.5	2001년말 기준
북 한	24,000	60.0	
러 시 아	162,800	26.8	
프 랑 스	65,500	15.4	
노르웨이	112,676	99.6	
스 위 스	35,597	59.1	
뉴질랜드	24,400	66.0	

자료 : 박석준, 2002.

Glick, P.H., 1998

5) 지역사회 발전

마지막으로 다목적댐건설은 지역사회 발전에도 기여할 수 있다. 지난날 댐건설은 수자원 이용의 효율성 측면이 강조된 경향이 있으나, 앞으로는 용수공급, 홍수조절 및 수력발전 등 본래의 목적뿐만 아니라 관광, 레크레이션, 지역사회개발, 어족보호, 하천환경관리 등 생태환경과 사회적인 영향을 종합적으로 고려하여, 지역발전에 기여하고 지속가능한 개발이 가능토록 하는 방향으로 나아가고 있다(한국수자원공사, 2003). 이처럼 댐건설 및 이의 유지는 국내에서 피할 수 없는 과제이다. 외국 역시 댐을 계속 건설하고 있다는 사실에 주목할 필요가 있다. 일례로 1946년 이후 미국의 467개 댐이 해체되었으나 이는 3m 내외의 소규모 보로, 건설한지 오래되거나 댐의 기능이 상실되어 해체한 것이 대부분이다. 미국은 현재 약 7천여개의 대형댐이 있고 24개를 추가로 건설중이며 댐의 재개발 역시 활발히 진행중에 있다. 일본 역시 현재 230여개의 댐을 건설 중에 있다. 이처럼 미국, 유럽 등은 초점을 환경친화적인 댐건설 및 관리에 돌리고 있는 실정이다(<http://www.kowaco.or.kr>).

나. 댐건설에 의한 환경영향

1) 자연환경 영향

댐이 건설되면 가장 먼저 자연환경에 변형이 온다. 거주지와 농지, 임야가 수몰됨에 따라 생물서식지도 함께 침수되어 생물다양성에 감소를 가져온다. 주변 저수지와 범람원, 삼각지를 포함한 습지에는 계절에 따른 주기적 범람이 일어나 습지 생태계를 교란시키며 그 영향은 인근 해양 생태계에까지 미친다. 또한 하천유역의 지형변화를 가져와 세계의 큰 강 중 60%가 댐과 배수로에 의해 조각으로 나뉘었으며 이러한 변형으로 인해 하류에 토사가 침적된다.

수몰지역의 식물, 토양, 수계에서 유입되는 유기물의 부패로 인해 저수지에서는 온실가스가 배출된다. 온실가스는 지구온난화현상과 깊은 관련이 있으며, WCD(World Commission on Dam)는 전 세계 온실가스의 1~28%가 저수지에서 배출되는 것으로 추정하고 있다. 심지어는 저수지의 가스 배출량이 석탄 또는 석유 화력발전소보다 크

거나 같은 경우도 있다.

댐에 의해 물을 공급받는 토지 중 20%가 토양염화에 의해 영향을 받고 있다. 토양의 염화는 지하수면의 상승으로 인해 초래된다. 댐의 물을 농지에 과도하게 관개하면 그 물들이 지하에서 다 빠져나가지 못하고 그대로 고여 지하수면이 상승한다. 지하수면이 상승해서 지표면에 근접하게 되면 모세관작용에 의해 토양이 지하수에 포함된 미량의 염분을 끌어들이게 되는 것이다. 또한 토양이 유실되어 농업생산성에도 영향을 끼치며, 유실된 토양은 하천바닥에 침적되어 저수량의 감소를 불러온다.

지하수면이 높아지면서 염도와 알칼리도의 증가, 집약적 농업활동에 의한 살충제·중금속의 유입과 BOD와 대장균의 증가, 지하수에서 칼륨(K)과 불화물(F)이 검출되면서 지표수와 지하수의 수질 저하가 발생할 수 있다.

댐건설은 기후변화와도 관련이 되는데, 물을 저장하는 댐이 하류지역의 환경과 기온을 급격히 변화시키고 안개일수가 증가한다.

댐은 토착동식물의 생태를 변화시키고 외래동식물의 침입을 쉽게 한다. 또한 댐은 수중생태계의 종다양성을 감소시키고, 인접평야, 습지, 강하구, 그리고 인근바다의 생태계까지 영향을 미친다. 댐으로 인해 침전물과 영양물질의 운반량이 감소함에 따라서, 강바닥, 인접평야, 강하구의 삼각주 등이 영향을 받으며, 수중 서식지가 감소된다.

댐은 주기적인 자연범람을 막기 때문에 인접평야의 토지생산성을 급격히 낮추어 인근지역을 찾는 조류의 종류가 급격히 줄어들게 되며, 인접평야 지대의 지하수 재충전량을 심각하게 감소시킨다. 또한 담수총량의 상당분(세계 평균 5%)이 저수지에서 증발된다.

댐건설이 환경·생태계에 미치는 영향의 고려는 계획에서부터 유지관리에 이르기까지 다양하며 각 단계별로 고려하여야 한다. 댐에 의한 자연생태계 변화는 댐부지에 의한 생태계 변화로 하천생태계가 호소생태계로 변화하는 것과 댐공사에 의한 수질 오염, 소음·진동 등에 의한 영향이 가장 크다. 그리고 담수 후 환경변화에 의한 영향으로는 미기상 변화, 수질변화, 퇴적 및 하상변화, 서식동물·어종·식생의 변화, 하류 하천흐름의 변화 등이 있다. 댐 공사 공정별 주요 환경·생태계 영향 및 댐의 건설에 의한 직접 및 환경영향은 아래 표와 같다.

<표 2-23> 유지관리에서의 환경영향 분석

공사내용 환경특성		댐형식	댐입지	댐규모	시설물위치	도로	방류구	저수지	골재	토취장
자연환경	기상	△	◎	◎	△			○		
	지형지질		◎	◎	△	○		○	◎	○
	동식물		◎	◎	△	○		○	○	○
	수리수문	△	◎	◎				○	◎	
환경오염	대기오염						○	○	○	
	수질오염						○	○	○	
	토양오염						○	○		
	소음진동						○	○	○	
	폐기물								△	
어메니티	위락경관	△	◎	○	△	△				○
	문화재		◎	○		△				
	환경보존지역	△	◎	○		△				○
	어업		◎	○	○	△				
	농업		◎	○	○	△				○
	취락	△	○	○		△				△

주 : ◎: 영향이 아주 큼, ○: 영향이 큼. △: 영향이 적음

댐건설로 나타나는 자연생태계 영향은 일반적으로 서식지 손실과 분리, 어류이동의 장애, 물리적 지형의 변화, 수자원의 오염, 미기상 변화, 생태계 변화 등으로 알려져 있다. 구체적으로 서식지 손실은 담수에 의한 가치 있는 서식지의 직접 또는 영구 손실과 공사 등에 의한 교란으로 인한 일시적인 손실 등이 있다. 서식지 분리는 서식지 단절에 따른 고립, 이용가능 자원의 손실 등에 기인한 생물종 다양성의 손실 등이 있다. 어류 등 이동의 장애는 댐체나 수량 및 흐름변화에 의한 이동유형을 변경·방해하여 고립이나 익사사고 등 부정적인 영향 초래, 회귀성 어종의 이동 단절 등이 있다. 물리적인 지형의 변경은 댐 하류측의 하상·유황의 변화에 따른 세굴, 퇴적, 냉수 방류 등에 따른 댐 상하류의 수생태계 변화가 있다. 수자원의 오염은 담수호 전이에 따른 자정작용 저하, 수생식물 및 동물에 잠재적 영향 초래, 수상활동에 의한 부유물질 등 오염, 물의 체류증가에 의한 부영양화, 유기염류의 축적 등이 있다. 미기상변화로 안개일수의 증가, 일조시간 감소 등의 영향이 있고, 생태계의 변화로 저수지 부근

식생의 변화, 수중생물의 변화, 유역내 동물서식지의 변화 등이 있다.

<표 2-24> 댐이 환경에 미치는 영향

요 인	직접적인 현상	환경에 미치는 영향
댐 본체 및 부속시설의 설치	토지의 굴착 등 형질변경	식생의 파괴, 동물 서식지역의 감소와 분리, 절 개사면의 발생
	흐름의 차단과 불연속화	어류 등의 이동저해
저수지 생성	수면 및 대형수체의 창출	미기상의 변화 수면을 이용하는 생물의 증가
	수몰지 발생	식생의 감소와 분리, 동물 서식지역의 감소와 분리, 동물의 이동저해
	물의 체류 수위 상승	소하천의 감소, 수질의 변화 지수성 생물의 증가, 호안의 나지화
하류의 하천유량과 수질의 변화	흐름상황의 변화	유황의 안정, 홍수에 의한 교란의 감소
	수질의 변화	저류수의 방류에 의한 수질의 변화
토사 유하의 차단	퇴사	저수지에 퇴사 유입하천 하상의 상승
	토사 공급의 변화	하류하천의 하상저하 하상구성재료의 변화
이설도로·이주 단지 등의 정비	토지의 형질변경	식생의 감소와 분리 동물 서식지역의 감소와 분리 동물의 이동장애, 절개사면의 출현
원석채취 등에 따른 지형의 변화	토지의 형질변경	식생의 감소와 분리 동물 서식지역의 감소와 분리 절개사면의 발생

댐건설에 따라 기상변화에 대해서도 종종 논란이 제기되고 있다. 다음은 충주댐과 대청댐의 건설전후의 연간 기상변화를 나타낸 것으로 댐건설과 밀접한 관련이 있는 평균기온, 상대습도, 안개일수, 일조시간을 비교한 것이다. 평균기온에 미미한 상승이 있으며 상대습도 및 안개일수에는 큰 증가가 있음을 알 수 있다. 반면 일조시간은 큰 폭으로 하락하였다. 따라서 이러한 환경적 영향을 경감시킬 수 있는 대책 마련을 구체적으로 강구해야 한다.

<표 2-25> 기상변화 - 충주댐

구 분	평균기온 (℃)	상대습도 (%)	안개일수 (일)	일조시간 (hr)
건설전('82~'86)	10.9	73.9	54.5	2486.8
건설후('87~'2000.3)	11.4	70.6	93.1	2269.4
증 감	0.5	3.3	38.6	-217.4

자료 : 충주축후소

<표 2-26> 기상변화 - 대청댐

구 분	평균기온 (℃)	상대습도 (%)	안개일수 (일)	일조시간 (hr)
건설전('77~'81)	10.4	66.4	34.3	2577.4
건설후('82~'2000.3)	10.7	71.4	50.7	2359.7
증 감	0.3	5	16.4	△217.7

자료 : 보은축후소

2) 경제적 영향

침수지역이 증가하면 토지소유 형태의 변화가 일어난다. 대체적으로 농장주들의 소유면적은 감소하나, 농업생산이 가능한 관개지는 증가한다. 토양성분의 변화로 인해 경작 재배 농작물 종류에 변화가 오며, 개간지가 늘어나 지역농업인구가 증가하여 농업소득이 증대된다. 또한 댐은 일상적인 범람들을 없앴기 때문에 범람에 의해 영양분을 얻어 경작했던 농업 등 범람에 의존했던 사람들에게는 피해를 주기도 한다.

전세계 평균적으로 댐의 용량 중 0.5~1%가 매년 부유물 침전에 의해 줄어들고 있다. 부유물 침전으로 인해 댐의 경제적 효율이 예상보다 줄어들게 된다. 지하수면이 높아지면서 침수지역과 염도와 알칼리도, 토양유실 증가로 인한 장기적인 농업생산량이 감소된다. 하류지역에 담수유입이 변화되면서 염도변화로 인해 하류지역의 해수어업에 경제적인 손실을 불러올 수 있다. 염화된 토양을 복구시키려면 그 지역의 지하수를 배출해야 하는데, 배수비용은 물론 토지생산성 저하와 농업생산량 감소로 인한 경제적 손실도 예상된다.

3) 사회적 영향

우선 댐건설로 인한 이주인이 발생한다. WCD의 조사결과에 의하면 20세기동안 4천~8천만의 사람이 댐으로 인해 삶의 터전을 옮겨야했다. 현 지구인구의 100명중 1명이 대형댐 건설로 인해 이주한 것이다. 또한 댐과 함께 지어지는 수로라든가 발전소, 또는 여러 부대시설로 인해 이주민도 발생한다. 이주민들은 거주지 변화, 지역공동체의 해체, 사당이나 조상의 묘와 같은 문화유적지 소실과 관련한 전통성의 단절 등으로 심리적인, 사회·문화적인 스트레스를 받는다. 직업이나 새로운 정착지, 공동체 등의 복원이 제대로 이루어지지 않을 경우엔 이주초기에 사회경제적 지위가 도리어 하락할 수 있다. 뿐만 아니라 직접적인 상관이 없는 강에서 수백km 떨어진 하류지역 주민도 수량과 지하수가 댐으로 인해 영향을 받는다. 즉, 강에서 멀리 떨어진 바다에서의 수산업도 영향을 받으며, 범람원 농업과 같은 자연자원의 손실로 인해 농민도 피해를 입을 수 있다.

또한 댐건설로 인해 사회적 불평등이 야기될 수 있다. 댐으로 인한 피해를 부담하는 사람들은 대부분 지역주민, 자급자족 농민, 토착민, 소수 인종, 여성이다. 특히 토착민과 여성은 댐건설로 불공정한 피해를 겪고, 종종 편익에서 제외되었다. 또한 댐의 편익분배에서 부익부 빈익빈 현상도 초래될 수 있다.

공중보건에도 문제가 야기될 수 있다. 열대지역에서 이주한 주민들은 말라리아와 같은 수인성 질병에 걸릴 위험이 매우 높아진다. 댐에 서식하는 물고기에는 수은이 축적될 가능성이 높아지기 때문에 사람이 먹을 경우 수은 중독에 걸릴 위험이 높다. 또한 토지생산성 감소로 인한 영양실조가 발생될 수도 있다.

3. 우리나라 다목적댐의 환경관리 실태

국내에서도 댐건설로 인하여 훼손된 댐 주변을 자연친화적으로 녹화 복원하고 근무자 및 내방객에게 쾌적한 환경조성과 공사의 이미지 제고 및 물 홍보장소로 활용함

으로써 내방객 및 근무자의 활동, 휴식에 필요한 공간조성과 수몰지역의 식생이식이나 자연석을 활용한 녹지공간 조성으로 유지관리의 용이성을 고려하여 도입시설을 선정하고 배치하였다. 국내 다목적 댐은 최근에 만들어져 설계 및 개발시부터 환경친화적 공법이 도입된 부안댐, 보령댐, 밀양댐 등의 경우가 있는가 하면, 대부분의 댐은 기존에 건설되어 건설 자체는 친환경적이지 못했으나 정비계획 등 관리의 환경성 추구로 일반적으로 친환경적 흐름에 부합해가는 추세이다. 본 장에서는 환경친화적 개념에 따라 건설되고 관리되고 있는 다목적댐의 대략적 사례를 기술하고, 후반부에 구체적인 사례를 실어 이해를 도모하고자 하였다.

가. 기존댐의 환경성 고려 실태

1) 댐건설시기별 환경성 고려정도

현재 댐건설은 수자원 이용의 효율성만을 강조하던 기존의 인식에서 벗어나 환경과 조화된 지속가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development: ESSD)의 흐름에 발맞추어 환경과 지역사회의 영향을 고려하는 방향으로 접근하고 있다. 국내에서 댐건설시 환경고려 정도를 검토해 볼 때 대규모개발사업에 대한 환경영향평가가 1981년에 제도화되었기 때문에 1980년 이전과 이후로 크게 구분 할 수 있다.

가) 1980년 이전

이 시기는 댐의 건설과 관리에 있어 환경에 대한 고려는 미흡하였다. 구체적으로 1960년 이전에는 소규모 단일목적댐 개발시기로서 식량증산 목적하에 안정적인 농업용수 확보를 위한 농업용저수지 및 산업화에 따른 전력에너지 확보를 위한 수력발전댐을 추진하였다. 주요 건설댐으로는 탐정제(1944) 등 농업용 저수지 및 청평댐(1943), 화천댐(1944), 괴산댐(1957) 등 수력발전댐이 있다. 1960년대에는 종합적인 수자원 개발을 위한 초기 다목적댐 개발 시기로서 1962년 시작된 『경제개발 5개년 계획』과 병행하여 1965년 4대강 유역의 수자원 종합개발을 위한 『수자원개발 10개년계획』 수립

되어 추진되었다. 동 계획의 성공적인 추진을 위한 제도 및 조직 마련의 일환으로 1966년 『특정다목적댐법』 제정, 1967년 한국수자원개발공사가 창립되어 본격적인 개발이 시작되었다. 섬진강댐(1965), 남강댐(1970), 소양강댐(1973) 등 홍수조절, 용수 공급, 수력발전 등 다목적 기능 수행을 위한 다목적댐이 건설되었다.

나) 1980년 이후

본격적인 대규모 다목적댐 개발 시기로서 인구증가 및 본격적인 산업발달에 따른 급격한 용수수요 증가에 안정적으로 대처하며, 항구적인 홍수피해 예방대책 수립을 위하여 다목적댐건설을 적극 추진하였다. 1981년에는 국토의 환경친화적 개발을 위하여 『환경영향평가제도』를 도입하여 댐 등 주요 공공사업에 대한 환경영향평가 실시하여 본격적인 환경검토가 이루어 졌다. 안동댐(1977), 대청댐(1981), 충주댐(1986), 합천댐(1989), 주암댐(1992), 임하댐(1993) 등 다목적댐이 건설되었다.

1990년대에는 환경에 대한 국민의 의식 수준 향상과 대규모 다목적 댐건설 적지의 부족으로 환경과의 조화를 고려한 중규모 다목적댐 개발 시기이다. 환경보전의 중요성 증가, 대규모댐건설적지 감소 등 여건변화를 감안하여 중규모 다목적댐건설로 댐 건설 정책방향을 전환하였다. 주요 환경관련 사안은 댐주변지역 지원사업 시행 및 수몰이주민 이주정착금 지원 등 댐주변지역 지원확대를 위한 1993년 『특정다목적댐법』 개정, 대규모 개발사업에 대한 보다 철저한 환경영향 저감방안 마련을 위하여 1993년 『환경영향평가법』 제정 등이다. 이시기에 부안댐, 횡성댐, 밀양댐 등 1억³이하의 중규모 다목적댐건설이 추진되었다.

<표 2-27> 연도별 댐건설 현황

구 분	다목적댐	생공용수댐	발전용댐	농업용댐	홍수조절댐	계
	14	63	21	1,114	1	1,213
1910~1965	1	12	5	399	-	417
1966~1975	1	13	2	181	-	197
1976~1985	2	13	4	247	-	266
1986~1995	4	20	4	187	1	216
1996이후	6	5	6	100	-	117

주 : 단, 높이 15m 이상, 건설중인 댐 포함

90년대 이후부터 여러 댐에서 환경을 고려한 복원사업이 시작되었는데 구체적으로 부안댐, 보령댐, 용담댐, 밀양댐, 횡성댐, 탐진댐에서 이루어 졌다. 부안댐은 전북 부안군 변산반도에 위치하며 본격적인 의미의 친환경 기법이 적용되기 시작한 최초의 사례로서 1996년 준공한 이후 모니터링이 수행되고 있다. 보령댐은 충남 보령군에 위치하며 1998년에 준공되었다. 당초 계획에는 친환경 및 생태복원 개념이 적용되지 않았으나 한국수자원공사가 사업을 주관하면서 생태복원 사례가 도입 적용되었다. 전북 진안군에 위치한 용담댐, 경남 밀양군에 위치한 밀양댐과 강원 횡성군에 위치한 횡성댐 등도 계획단계에서부터 친환경 및 생태복원 개념이 적용되었다. 전남에 위치한 탐진댐은 앞서 적용된 친환경 및 생태복원 개념을 분석하여 적용시키고 있는 단계이다. 이러한 6개 댐에 적용되었거나 적용중인 생태보전 및 복원 개념은 표와 같다.

<표 2-28> 국내 6개 댐에 적용된 생태계 보전 및 복원 사례

구분		부안댐	보령댐	용담댐	밀양댐	황성댐	탐진댐
생태계 보전	수림대 식생 및 생태계 보전	○	○		○		○
	자생수목 이식	○	○	○	○	○	○
	식생군집 및 생태계 이전	○	○				○
생태계 복원	댐하류사면 식생 복원		○	○	○	○	○
	암절개 비탈면 식생 복원			○	○	○	○
	채석장 등 훼손지 복구				○		○
	어도 조성						
	생태통로 조성			○		○	○
	자연형 하천 및 계류 조성			○	○		○
	인공습지 조성			○			○
생태계 창출	생태공원 및 자연학습원 조성	○		○			○
	생태연못 조성			○			
	생태숲 조성						○
	서식지 조성						○
	친수호안조성			○	○		○
친수환경	댐방류수 이용 친수시설 설치	○			○		
	댐경관설계						
경관 및 역사문화	지역이미지 적용			○			○
	역사문화공간 조성			○	○	○	○
	향토 자연재료 사용	○	○		○	○	○
기타	투수성 포장재 사용		○	○			
	표토 재활용		○		○		
	벌채목 이용 우드칩				○		
	생태계 변화 모니터링	○					

자료 : 총리실, 2002

나. 국내 다목적댐의 친환경관리 도입사례

1) 밀양다목적댐

밀양댐은 정부가 추진하고 있는 중규모 다목적댐 개발정책의 일환으로 입안되었다. 지금까지 대규모 다목적댐을 위주로 추진되어 왔던 수자원 개발정책에서 댐 건설로 인해 발생하는 주변지역의 사회적인 문제점들을 경감시키면서 수자원의 이용을 극대화할 수 있는 중규모댐건설에 의한 수자원개발로 정책을 전환, 우리나라

라의 국토를 효율적으로 이용하기 위한 것이다.

밀양댐은 밀양시 동쪽 16km 지점인 밀양강 지류 단양천에 콘크리트 차수벽형 석괴댐으로서 밀양, 양산 및 창녕지역에 각종 용수의 안정적 공급과 홍수피해 경감, 수력에너지 개발을 목적으로 하고 있다. 1990년에 착공한 밀양댐은 높이 89m, 길이 535m, 체적 3,763천 m^3 이며, 총저수용량은 73.6백만 m^3 로 6백만 m^3 의 홍수조절능력, 7백만kwh의 연간 발전량을 갖추고 있다.

밀양댐의 환경친화적인 건설개념은 1996년에 시행한 담수예정지역 식생조사를 기초로 하여 마무리계획을 수립하였으며, 댐배면녹화 및 자생수목이식을 통한 댐 주변조경공사 시행뿐만 아니라 사업구역내 자연석과 수생식물을 활용한 자연형 연못과 계류 등 친자연적 친수공간 조성에 주력하였다. 특히, 하류하천 호안의 자연석을 활용한 호안공은 미흡하지만 수자원공사가 시도한 최초의 자연형호안공 시공사례로서 지속적인 공법개발을 요구한다.

2) 용담다목적댐

용담다목적댐은 높이 70m, 길이 498m, 체적 2,225천 m^3 의 콘크리트 표면 차수벽형 석괴댐으로 전주, 익산, 군산, 군장지역 등 전주권과 서해안 개발지역에 생활용수, 농업용수 등의 안정적 공급과 금강 하류지역의 홍수피해 경감은 물론 수력에너지 개발하기 위하여 금강상류인 전북 진안군 용담면에 위치해 있다.

용담댐의 총저수용량은 815백만 m^3 으로서 650.43백만 m^3 의 연간 용수공급과 137백만 m^3 의 홍수조절능력, 연간 198,553백만kwh의 전기를 생산할 수 있는 2개의 발전소를 갖추고 있으며, 21.9km의 도수터널을 뚫어 전주권에 용수를 공급하고 있다. 1988년에 타당성조사를 시작하여 실시설계(1990~1991년)를 거쳐 1992년에 착공, 2001년 준공하였다.

용담댐건설사업을 추진하면서 환경친화적인 건설개념을 도입하기 위하여 1996년에 수몰지내 자생수목조사를 통한 자연학습원 조성계획을 수립하였고, 댐하류 좌안 사토장부지에 자연학습개념의 자연생태공원을 조성하였다.

자연생태공원내에는 수몰지의 참나무림, 소나무림, 혼요림 등 자생수목을 활용한 수림대, 소생물서식공간, 자연계류 등 자연친화적 공간 조성은 물론 지식묘 등 문화재와 수몰지의 정주요소 도입 등을 통하여 실질적인 친환경 공간 조성을 꾀하고 있다.

3) 탐진다목적댐

전남 서남권 해안지역 개발과 산업도시 조성 등 지역발전에 따라 용수수요는 증가하나 수원개발 적지가 부족한 전남지역내에 탐진댐을 건설함으로써 유역내 홍수피해 경감 및 갈수기에 방류량을 증가시켜 하류하천 유허개선을 통한 관개 및 유지용수를 원활히 확보함은 물론 상습적인 가뭄피해를 입고 있는 서남해안지역 중소도시의 2000년대 용수부족을 해결함으로써 전남 서남권 해안지역의 지속적인 발전기반을 구축할 수 있을 것이다.

탐진댐은 높이 53m, 길이 403m, 체적 1,506천 m^3 의 콘크리트 표면 차수벽형 사력댐으로 전남 장흥군 부산면 지천리에 건설하고 있다. 총저수용량은 183백만 m^3 으로서 127.8백만 m^3 의 연간 용수공급과 8백만 m^3 의 홍수조절 능력을 갖추고 있다.

1997년 착공하여 2005년에 완료할 탐진댐은 본격적인 환경친화적인 건설개념을 도입하기 위하여 1999년에 담수예정지역 식생조사를 통한 생태문화마을조성계획을 수립하였고, 댐주변을 지역의 소득증대뿐만 아니라 생태적으로 건전한 관광지역으로 만들기 위한 ‘국민적 공감대를 갖는 탐진댐 주변지역개발 기본계획 수립 조사’를 추진하고 있다.

4) 남강다목적댐

기존의 남강다목적댐은 경상남도 진주시 서쪽 8km 지점 낙동강수계인 남강에 1969년에 준공되었으나, 용수수요의 급격한 증가와 홍수조절용량 부족으로 수해가 상습적으로 발생하여 새로운 댐의 건설이 필요하게 되어, 기존 댐의 직하류에 기존

댐보다 8m 높은 콘크리트 차수벽형 석괴댐으로 2001년에 새로이 건설하였다.

높이 34m, 길이 1,126m, 저수용량 309.2백만 m^3 의 새로운 남강댐은 홍수조절용량이 269.8백만 m^3 으로서, 댐 좌측은 경남 진주시 판문동에 댐 우측은 경남 진주시 내동면 삼계리에 위치한다.

홍수시에는 12개의 수문을 통해 사천만으로 방류함으로써, 남강하류지역의 상습적인 홍수피해 경감과 서부 경남지역의 생·공·관개용수를 공급하고, 41.3GWh/년의 수력에너지를 생산하여 공급하고 있다.

댐을 건설하면서 수몰되는 지역의 자생수목을 활용하기 위하여 1996년에 담수예정 지역 식생조사를 실시하였고, 이를 토대로 수몰지내 수목을 대거 이식하여 댐 주변 및 하류배면을 녹화하는 등 친환경건설의 기초를 조성하는데 일조하였다.

5) 보령댐

보령댐은 높이 50m, 길이 291m의 중심코아형 석괴댐으로 충청남도 서북지역에 안정적인 용수공급과 댐 하류지역의 홍수피해를 경감하여 지역주민의 삶의 질을 높이고 지역발전에 이바지할 목적으로 보령군 웅천천에 건설되었다.

보령댐의 총저수용량은 116.9백만 m^3 으로서 106.6백만 m^3 의 연간 용수공급과 10백만 m^3 의 홍수조절능력을 갖추고 있으며, 보령정수장을 통하여 이 지역에 용수를 공급하고 있다.

1992년에 착공하여 1998년에 준공하였으며, 환경친화적이고 지속가능한 개발이라는 ESSD 개념이 국제적인 약속으로 등장하면서 우리나라에서도 환경친화라는 개념이 새로운 패러다임으로 대두됨에 따라 1992년부터 건설 중이던 보령댐에 본격적으로 ESSD의 개념을 적용하였다.

사석쌓기 표면처리라는 기존의 사력댐의 형태를 탈피하여 국내에서는 최초로 하류 비탈면을 생태적 공간으로 만들기 위해 수몰예정지에서 유기물이 풍부한 토양을 운반하여 구릉형의 인공식재기반을 만들고 식생을 도입하여 생태계를 복원하고 좌우안의 생태계가 연결되도록 하였다.

6) 부안다목적댐

부안다목적댐은 높이 49m, 길이 280m, 체적 587천 m^3 의 콘크리트 표면 차수벽형 석괴댐으로 전라북도 부안군과 고창군 등 인근 서해안 일원의 급수난 해결과 각종 용수의 안정적 공급과 홍수피해를 경감할 목적으로 국립공원 변산반도내의 직소천에 건설되었다.

부안댐의 총저수용량은 41.5백만 m^3 으로서 36.7백만 m^3 의 연간 용수공급과 9.3백만 m^3 의 홍수조절능력을 갖추고 있다. 1991년에 착공하여 1996년에 준공하였으며, 댐체를 암반지역에 절묘하게 앉혀 변산반도 국립공원의 빼어난 경관훼손을 최소화한 것은 기본계획에서부터 자연환경보전 개념을 도입한 환경친화적 건설의 모범사례로서, 채석장, 내소사, 개암사, 직소폭포 등의 명소와 더불어 새로운 관광명소로 부각되고 있다.

댐건설사업을 추진하면서 천연기념물 24호인 팽팽나무 군락지를 이전하는 등 희귀 식물 보존에도 각별한 신경을 썼으며, 댐건설 후에는 건설에 따른 댐호수 주변의 식생의 변화를 관찰하기 위하여 1996년부터 2000년까지 5년간 식물생태변화모니터링을 실시하였다.

7) 소양강다목적댐

소양강다목적댐은 동양에서 손꼽히는 크기의 저수능력을 갖춘 대규모 사력형 다목적댐으로 우리나라 토목사에 신기원을 이룩한 대역사이며, 4대강 유역종합개발계획에 따라 건설되었다.

높이 123m, 길이 530m, 체적 9,591천 m^3 이며, 200,000kwh의 발전시설과 2,900백만 m^3 에 달하는 저수용량을 갖추고 있다. 소양강은 유로연장이 160km에 이르는 북한강이 최대 지류로 오대산 부근에서 발원하여 남쪽으로 흐르다가 춘천시에서 북한강과 합류한다.

소양강댐은 춘천시 동북방 13km 지점의 춘성군 신북면과 동면에 위치하고 있으며,

북한강 유역의 유일한 다목적댐으로 1967년 4월 가설비 공사를 착수한 이래 약 6년 8개월의 공사 끝에 1973년 12월에 준공하였다.

소양강댐은 유역면적 2,703km²로 연평균 강수량 1,100mm의 풍부한 수자원을 한강 연안과 서울을 비롯한 수도권지역에 연간 1,213백만m³의 관개 및 생·공용수를 공급하고 있다. 또한 500백만m³의 홍수조절 능력을 갖추고 한강 하류지역의 수해방지에 크게 기여하고 있으며 연간 353백만kwh의 수력에너지를 생산공급하는 한편, 하류 지역의 3개 발전소에 61백만kwh의 전력증가효과를 가져오는 등 무공해 에너지 공급에 크게 기여하고 있다.

소양강댐의 건설 당시에는 개발우선 정책으로 자연환경변화나 경관훼손에 대한 배려를 할 여유가 없었으므로 자연히 댐 주변에 대한 투자가 소홀했던 것이 사실이다. 더구나 댐건설 후 20여년 동안 댐주변시설 정비가 미흡하여 각종 시설이 노후되어 지저분한 주변환경 때문에 지역주민들이 좋지 않은 이미지를 갖고 있어, 이를 개선하기 위해 1996년 댐의 안정상 기념탑 주변 정비계획을 수립하여 소공원 개념의 쾌적한 호반 휴식처를 만들어 댐을 찾는 내방객에게 제공하고 있다. 구체적으로는, 기존의 바닥 콘크리트와 아스팔트를 철거하여 타일포장으로 깨끗하게 정리하였고, 자연석 쌓기로 화단을 조성하여 녹지공간을 확보하였으며, 목재데크를 설치하여 경관을 개선하고 새로운 조망의 명소를 마련하였다. 특히 대형 콘크리트 옹벽과 암절개 사면을 이용한 수경시설은 댐 주변 환경정비 사업의 핵심으로 소양강의 명소로 자리잡고 있다.

8) 안동다목적댐

낙동강유역의 수자원 종합개발사업으로 이루어진 안동다목적댐은 높이 83m, 길이 612m, 체적 4,014천m³의 중앙차수벽형 토석댐으로 저수용량은 1,248백만m³에 달하며, 90,000kw의 국내 최초의 양수겸용 발전소를 갖추고 있다. 안동댐은 낙동강 하구로부터 340km 지점의 안동시 상아동과 성곡동을 연결하여 낙동강 본류를 막고 있으며, 본댐으로부터 약 3km 하류에 높이 20m, 길이 218m, 수문 10련, 저수용량 5백만m³의

역조정지가 설치되어 있다.

1971년 4월에 착공하여 1977년 5월에 준공된 안동댐은 110백만 m^3 의 홍수조절능력을 갖추고 하류지역의 홍수피해를 경감시켰을 뿐 아니라 연간 450백만 m^3 의 생공용수와 300백만 m^3 의 농업용수 및 158백만kwh의 전력을 생산하여 국가경제발전에 큰 몫을 하고 있다.

안동댐은 소양강댐과 마찬가지로 개발논리가 우선하던 시대에 건설된 댐으로 댐건설로 인한 자연훼손은 당연시하였고 댐주변지역 훼손지 복구에 대한 배려가 미흡하였다. 댐 정상지역에 소규모의 매점이 들어서있을 뿐, 건설을 위해 사용했던 공간들은 방치된 상태로 있었으며, 건설 후의 댐주변에 대한 환경정비를 하지 않아 지역주민의 원성이 매우 높았다.

정부에서는 이를 개선하기 위해 1996년에 댐 주변을 3개 지역으로 구분하여 환경정비계획을 수립한 후 건설당시 가설비부지로 사용되었던 댐하류좌안지역에 자연생태형 시민공원을 조성하여 지역주민에게 제공하고 있다.

9) 충주다목적댐

충주다목적댐은 한반도의 중심부를 관류하는 남한강 수계에 건설된 국내 최대의 콘크리트중력식댐으로 남한강 유역이 보유하고 있는 수자원을 효율적으로 이용하여 하류 지역에 각종 용수를 공급하고 수력에너지를 생산하여 침투전력수요에 대처하는 한편 하류지역의 홍수피해를 경감시킬 목적으로 건설된 댐이다.

1978년 6월에 착공하여 1986년 10월에 준공된 충주다목적댐은 높이 97.5m, 길이 447m, 체적 902천 m^3 , 저수용량 2,750백만 m^3 으로 유역면적이 6,648 km^2 이다. 댐하류 19.6km 지점에 조정지댐이 있으며, 본댐에 시설용량 400,000kw의 제1발전소와 조정지댐에 12,000kw의 제2발전소 등 총 412,000kw의 발전시설용량 및 616백만 m^3 의 홍수조절능력을 갖추고 있다.

충주댐이 준공됨으로써 한강 인도교의 수위를 1m 이상 저하시켜 수도권 지역을 포함한 댐 하류지역의 홍수피해를 경감시키고, 연간 3,380백만 m^3 의 각종 용수를 공급함

은 물론 단양팔경에까지 이어지는 호반관광권을 형성하여 관광명소로 각광받고 있다.

충주댐의 건설로 발생한 우안 landslide 지역을 녹화하기 위하여 식생혈공, 유기물 도말법, seed spray, 야면석쌓기 후 수목식재 등 각종 녹화 공법을 총동원하여 훼손지 복구에 심혈을 기울였다. 또한 최초로 건설공사에서 발생한 자연석을 조경공사에 활용하였고, 댐 우안지역 외곽에서 유입되는 계곡물을 이용한 인공폭포, 물레방아, 자연형연못을 조성하는 등 자연친화적 기법을 도입하였다.

10) 황성다목적댐

강원도 황성군 갑천면 대관대리에 건설된 황성댐은 높이 48.5m, 길이 205m, 체적 680천 m^3 의 중앙차수벽형 석괴댐으로서 총저수용량이 8,690만 m^3 이며, 원주시와 황성군 등 섬강 중하류지역에 연간 1억1천2백만 m^3 의 용수공급 및 홍수시 950만 m^3 의 홍수 조절능력을 갖추고 있고, 연간 560만kwh의 전력에너지를 생산하여 공급할 수 있다.

1990년 1월에 착공하여 2000년 12월에 완공한 황성댐은 환경친화적 건설개념을 도입하기 위하여 여러 가지의 친환경기술을 적용하고 있다. 1996년 수몰지내 야생수목 조사를 시행하여 댐 배면녹화에 활용하였으며 하류호안은 자생수종을 식재하여 자연형 하천호안을 조성하였을 뿐만 아니라 보행자를 위한 포장재료를 자연재료화합으로 써, 자연친화적 공간조성에 주력하였다. 특히, 야생동물의 이동통로를 단절시키지 않기 위해 댐진입도로에 동물이동통로를 설치하였고, 진입도록의 암반사면에 한국형 녹화공법을 시험 시공하여 좋은 효과를 얻었다.

11) 대청다목적댐

대청다목적댐은 높이 72m, 길이 495m, 체적 123만4천 m^3 의 중력식 콘크리트댐과 사력댐으로 구성된 복합형 댐으로 금강하구로부터 150km 상류지점인 대전시 동북방 16km, 청주시 남방 16km 지점에 위치해 있다.

금강은 우리나라 중부내륙에서 서해로 흐르는 유로연장 401km에 유역면적이 전국

토지 면적의 약 10%에 해당하는 9,810km²이며, 주변에 대전, 청주, 전주, 군산, 이리 등 주요 도시들이 위치하고 있으며 각종 용수가 부족한 실정이었다.

주요 시설로는 저수용량 14억9천만m³의 본댐과 조정지댐이 있으며, 본댐 주변에는 저수지내의 물이 다른 지역으로 넘치지 못하도록 해주는 3개의 보조댐이 있고, 대전과 청주지역으로 용수를 공급하기 위한 도수로와 시설용량 9만KW의 수력발전소가 있다.

1975년 3월에 공사를 착수하여 1981년 6월 공사를 완료하였는데 대청댐의 완공으로 댐 하류지역의 홍수피해와 하류연안 농경지의 염수피해를 경감시키고 급격히 증가하고 있는 유역내 인접도시의 생·공용수를 공급하고 있다(한국수자원공사, 2000).

다. 환경 및 사회경제 영향감소 대책

1) 댐 설계 및 관리에 있어서의 기존의 친 환경적 대책

가) 설계 및 시공단계

댐건설에 따른 환경영향 최소화를 위하여 충분한 사전조사 실시 및 환경영향 저감 시설과 대체환경 조성을 추진한다. 댐건설시 생태계 단절을 해소하기 위하여 魚道, 동식물 이동통로 등을 설치하며, 동식물 서식지 제공을 위하여 자연생태공원, 人工浮島 등 대체환경을 조성하고 있다. 환경친화적 댐건설을 위하여 댐설계 및 건설시 준수사항을 종합하여 『환경친화적 댐설계지침』을 제정하여 추진중이고 하천수질 및 생태환경 등을 감안한 적정 하천유지유량 공급을 위하여 댐의 하천유지유량 공급기준 개선 방안을 마련중이다.

나) 유지·관리 단계

댐 준공이후에도 주변 환경변화에 대한 장기적인 사후 모니터링을 실시하여 지속

적인 환경영향 최소화 대책을 수립하고 있다. 댐관리의 객관성 및 지역주민의 참여도 증대를 위하여 모니터링 작업에 대한 지역주민 및 시민단체 등의 참여기회를 확대하고, 댐하류 건천화 방지차원을 넘어서 하천생태계 복원 등 적극적인 하천환경개선을 위하여 충분한 하천유지용수 확보하여 공급하는 방안도 추진하고 있다. 특히 하천수질이 특히 악화되는 갈수기의 하천유지용수 증대를 위한 탄력적인 댐 운영방안도 검토하고 있다.

다) 환경친화적 댐주변공간 조성사업 추진

댐 주변공간을 친환경공간으로 적극 조성하여 국민적 휴식처 제공 및 지역경제 활성화도 도모하고 있다. 댐별로 지역 특성을 감안한 문화행사를 관광상품으로 적극 발굴하여 지역경제 활성화 및 댐에 대한 국민적 친밀감 형성도 도모하고 있다. 댐관리자는 지자체와 협력하여 『1댐, 1문화행사』 발굴도 추진하고 있다. 기존댐 및 건설중인 댐은 댐관리자가 지자체 참여하에 수질 및 환경 등을 감안한 『댐주변지역 환경정비계획』을 수립하여 건설교통부 및 환경부 등 관계중앙부처와의 협의회 시행한다.

난개발 및 수질오염 등 각종 부작용의 예방을 위하여 『先계획, 後개발』의 원칙하에 사전에 철저한 오염방지대책을 수립하여 추진하고 있다. 신규댐은 기본계획 수립시 댐주변지역 종합개발방안을 함께 수립하여 사전에 환경성 검토, 환경영향평가 등을 거친 후 시행한다. 환경친화적 댐주변공간 조성사업에 소요되는 재원은 댐주변지역 정비사업비 및 지원사업비를 적극 활용하되, 공익성 사업은 국가 또는 지자체가 부담하고 수익성 사업은 민자유치 등으로 추진한다.

라) 수질개선 대책

수질개선 대책으로는 다목적댐 상류지역 하수처리사업과 호소내 대책으로 크게 구분할 수 있다. 다목적댐 상류지역의 하수처리 실태는 지자체의 소요사업비 확보곤란으로 사업추진을 기피하여 댐 상류지역의 하수도 보급율이 낮아 양질의 상수원 확

보에 애로가 있다. 이로 인해 다음 표에서 보듯이 하수처리율이 전국평균을 크게 밑돌고 있다.

<표 2-29> 하수도보급 현황

구 분	하수처리장수/시설용량 (개소, 천톤/일)	하수처리인구/총인구 (천명)	하수도보급율 (%)
댐상류	28 / 205	374 / 1,390	27
전 국	184 / 19,230	35,369 / 48,289	73

자료 : 환경부 내부 자료, 2001

주요댐의 저수지 수질현황은 지속적으로 악화되어 COD 기준으로 대부분이 상수원수 2~3급수의 수질을 유지하고 있다. 또한 조류발생이 증가하여 용수이용에 지장을 초래하고 있으며, 특히 대청호의 부영양화 발생현황은 '97년 조류주의보, '00년 조류경보, '01년 조류대발생 등 그 수준이 갈수록 심해지고 있다.

그간 이와같은 현상을 개선하기 위한 댐저수지 수질개선 노력은 댐법 개정을 통한 댐주변지역 정비사업비 일부에 환경기초시설 설치를 위한 사업비 포함, 댐상류유역 오염부하량 조사 및 주요지점 수질조사(73개소) 등을 실시하였다. 그리고 저수지내 오염저감 노력도 추진하고 있다.

<표 2-30> 저수지내 오염저감 노력

구분	세부내역
수질측정망	26개댐 및 취수원상류 139개소 운영
수생식물 재배지	9개댐 14개소 운영
부유물 수거	15개댐 147천m ³ /년
수중폭기장치	15개댐 287기 운영
조류저감시설	유입차단망, 차광막, 제거설비, 황토살포
수질오염감시원	26개댐 및 취수원상류 767명

또한 생태현황조사·치어방류 등 댐주변지역의 생태회복에 노력하고 댐상류 환경 기초시설 사업에 직접참여(탐진·용담·대청댐)하고 있다. 정부에서는 2007년까지 15개 다목적댐 상류지역의 하수도보급률을 75.2% 까지 향상(2001년말 현재 27%)시키기 위해 8개댐(소양·충주·대청·안동·임하·남강·합천·주암댐)에 대해서는 2003년부터 2006년까지 총사업비 9,286억원을 투자 하수처리장 등 329개소 확충을 계획하고 있다. 구체적으로 용담, 탐진 등 2개 댐은 한국수자원공사에서 위탁시행하고 횡성, 섬진강, 밀양, 부안, 보령 등 5개 댐은 지자체에서 시행중이다.

구체적인 오염저감 대책으로는 수생식물재배, 부유쓰레기 수거, 소규모 오수처리 시설 설치를 들 수 있다. 국내 다목적댐의 수생식물 재배 현황과 그 처리 효율을 아래 표에 기술하였다.

<표 2-31> 다목적댐의 수생식물 재배 현황

사무소		수 생 식물별	설치면적 (m ²)	처리량 (m ³ /일)	설치 년도	수생식물 재배지 설치 지점
한강 수계	소양강댐	갈대+왕골	1,000	50	97년	인제군 남면 관대리 (99년 미나리 → 갈대+왕골)
	충주댐	미 나 리	2,169	178	97년	단양군 단성면 소재지앞
낙동강 수계	안동댐	부레옥잠 + 미나리	950	160	97년	안동시 도산면 서부리 178-3
	합천댐	미 나 리	486	220	97년	합천군 대병면 하금리 ※ 대병면 하금리에 마을 하수처리시설 설치로 폐쇄예정
		미 나 리	650	86	2001년	합천군 봉산면 김봉리
	임하댐	미 나 리	193	100	97년	안동시 임동면 중평리
		미 나 리	1,347	350	98년	청송군 진보면 이촌리
	남강댐	미 나 리	500	100	97년	사천시 곤명면 작팔리 479-2
		미 나 리	250	60	99년	순천시 송광면 후곡리
섬진강 수계	주암댐	미나리, 꽃창포, 부처꽃	1,700	500	2001년	보성군 북내면 용전리
금강수 계	용담댐	갈대	52,741	17,700	2001년	진안군 운산리
		미나리	983	950	2000년	장수군 장수읍 노하리
		미나리	1,150	1,166	2000년	장수군 계남면 칠곡리
기타수 계	보령댐	부들,갈대	900	20	2001년	보령시 비산면 도화담리 288
계		14개소	0	65,019	-	

<표 2-32> 수생식물 처리효율 조사현황

항목 댐명	식물명	처리효율(%)			비 고
		BOD	SS	T-P	
충주댐	미나리	32.3	62.2	83.8	
안동댐	부레옥잠+미나리	48.7	48.2	47.9	
합천댐	미나리	41.1	51.1	31.2	
임하댐	미나리	24.8	24.7	16.1	임하면 중평리
	미나리	24.2	23.3	17.2	진보면 이촌리
남강댐	미나리	71.6	75.0	72.6	
주암댐	미나리	48.7	47.7	32.9	송광면 후곡리
계(6개댐)		65,019	65,019	65,019	

주 : 2001년 평균치

또한 부유쓰레기의 처리 현황은 다음과 같다. 전국 11개 주요댐의 부유쓰레기 수거량이 연평균 30%이상씩 증가하여 왔다. 90%내외가 초목류이며, 그 외에는 스티로폼, 페트병, 농약병, 페타이어, 비닐용지 등이다. 부유쓰레기의 발생원인은 상류지역의 조림·간벌·벌목·임도개설 등 영림과정에서 발생된 나무등결등의 안전처리 부실과 상류지역의 도로건설, 택지개발 등 각종 건설현장에서의 입목 및 건축폐기물 안전처리 부실 및 도로건설·부지조성등 과정에서 절개지·법면·사면 등의 표층관리 부실, 경사도 과도로 인한 강우시 토사 유출과 함께 초목류 유실을 들 수 있다. 또한 상류유원지 등에서 행락객이 투기한 쓰레기, 쓰레기 수집시설의 수집지연 등으로 쓰레기가 유입하고 상류댐 및 하천의 하천부지등지의 경작지에서 농업용 비닐, 스티로폼, 농약병 등 농사관련 쓰레기가 유입되며 침수시 일반농경지, 주택가등으로부터도 쓰레기가 유실된다. 그리고 길거리등 생활주변에 투기된 쓰레기 및 수해시 거주지 침수로 인한 생활쓰레기 및 생활용품 등도 유입된다. 이와같이 유입되는 부유쓰레기를 저감하기 위해 산림훼손 및 공사장 관리 강화, 하천부지 관리강화, 생활쓰레기의 관리 강화 등의 시책을 추진하고 있다. 구체적인 수거 실적과 연도별 부유쓰레기 수거실적 및 예산은 다음과 같다.

<표 2-33> 수거 실적

댐 별	'99 수거량	'00 수거량	'01 수거량	'02 수거량
소양강댐	3,641	3,547	4,363	14,319
충 주 댐	7,197	2,020	1,242	35,787
안 동 댐	1,572	291	756	16,583
임 하 댐	1,574	1,047	801	9,944
합 천 댐	830	1,345	713	10,150
남 강 댐	1,014	3,277	2,236	16,761
낙동강 하구둑	310	1,009	17	540
대 청 댐	9,190	7,355	159	34,137
주 암 댐	924	811	372	2,201
섬진강댐	1,027	355	378	670
부 안 댐	189	160	96	83
횡 성 댐	-	-	3,623	987
용 답 댐	-	-	-	3,458
밀 양 댐	-	-	-	1,592
보 령 댐	-	-	-	184
계(m ³)	27,468	21,217	14,756	147,396

<표 2-34> 년도별 부유쓰레기 수거실적 및 예산

년 도 별	수거실적	예 산
'92년도	9,342m ³	214,000천원
'93년도	12,819m ³	281,199천원
'94년도	14,726m ³	683,000천원
'95년도	18,034m ³	825,000천원
'96년도	12,277m ³	1,404,000천원
'97년도	12,748m ³	1,629,000천원
'98년도	21,804m ³	1,406,119천원
'99년도	27,468m ³	1,164,228천원
2000년도	21,217m ³	674,052천원
2001년도	14,756m ³	538,902천원
2002년도	147,396m ³	4,466,519천원

소규모 오수처리시설 역시 댐개발의 부정적인 영향을 줄이기 위한 한 가지 방안이다. 이 방안은 토양생태계의 정화기능을 최대한 활용, 토양 미생물을 이용하여 오수정화를 하는 원리로, 저농도 오수처리에 용이하며, 오니발생이 매우 적은 장점이 있다. 또한 2차오염이 없고, 무인, 무동력으로 운영하여 유지관리비가 적으며, 댐저수지 부

영양화 원인물질인 질소, 인의 제거가 가능하다. 대청댐과 팔당댐을 대표적인 예로 들 수 있는데 대청댐의 경우 1996년 8월에 착공하여 1997년 6월에 완공하였으며 대상 지역은 충북 옥천군 수북리 93세대, 축사 34동이다. 시설용량은 $107\text{m}^3/\text{일}$ 이며 총사업비는 600백만원이다. 모관침윤트렌치공법을 적용 공법으로 사용하였으며, 차집관로 3,039m, 정화조 5개, 트렌치 1,652m로 구성되어 있다.

팔당댐은 1996년 10월에서 1997년 3월의 공사기간을 갖고 있으며, 대상지역은 경기도 여주군 내양리 39가구 137인에 위치해 있다. 시설용량 $40\text{m}^3/\text{일}$, 총사업비 241백만원이고, 적용공법은 역시 모관침윤트렌치공법이다. 기타 여과조 설비는 25조, 토양식부패조 설비 30.3m^3 , 모관침윤 트렌치 설비 335m, 차집관로 420m, 재택관로 608m로 구성되어 있다. 마지막으로 수중폭기장치 및 조류제거선 현황 및 설치계획은 다음과 같다. 물이끼 제거선은 대청댐 1척으로 1991년에 5.8억을 들여서 마련되었다.

<표 2-35> 수중폭기장치 현황 및 설치계획

구 분	계	간헐식	산기관식
대청댐	33	8	25
연초댐	16	7	9
광동댐	9	9	-
달방댐	6	6	-
사연댐	9	-	9
선암댐	18	-	18
안계댐	5	5	-
영천댐	10	10	-
보령댐	32	7	25
운문댐	40	-	40
대암댐	50	-	50
남강댐	31	-	31
형성댐	7	7	-
주암댐	8	8	-
밀양댐	10	10	-
계(기)	284	77	207

종합하면, 현재 국내에서는 댐에 의한 환경변화를 완화하려는 수질 개선 방안으로

다음을 고려하고 있다.

- 댐건설시 하수처리시설을 국가(댐사업자)가 댐과 일체로서 건설
 - 현재 하수도법 개정 추진중
 - 하수처리장 운영의 효율성 제고를 위해 통합관리(위탁관리) 추진
- 댐 상류부터 하수처리장이 우선 설치되도록 공조 유지
 - 지자체, 유역환경청 등에 댐상류 우선 설치 제의
 - 수계관리기금을 사용한 하수처리장 운영관리 지원 강화
 - 면단위 이하의 지역 등은 마을하수처리장 우선 건설
- 조류발생 저감을 위한 고도하수처리시설(질소, 인 제거)이 댐
 - 상류에 우선 보완되도록 공조 유지
- 비점오염 저감대책추진
 - 하수처리를 제고와 병행하여 강우초기 유입되는 고농도 우수의 차단·수집·처리시설(저류지, 습지, 접촉산화지 등) 등 댐 수질 보전을 위한 유역종합관리대책 수립 필요

2) 사회·경제적 대책

가) 댐주변지역 지원확대

댐건설지역의 지원확대를 위하여 『댐건설및주변지역지원등에관한 법률』에 의한 댐주변지역 정비사업비 및 지원사업비를 확대하고, 대상댐의 범위도 단계적으로 확대하며, 기존댐에도 정비사업을 시행하고 있다. 공공시설 위주의 사업내용을 주민지원효과가 큰 소득증대 사업으로 비중을 확대하는 방안도 강구중이다. 기타 『수도법』, 『한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률』에 의거하여 상수원보호구역 및 수변구역은 별도 지원사업을 시행중에 있다.

댐건설지역에 대해 도로, 하천개수사업 등 SOC사업의 투자우선순위를 상향 조정하여 지원하고 있다. 지원사업의 효과적인 시행을 위하여 지자체의 지역개발사업 등

을 종합적으로 감안하여 댐기본계획 수립시 주변지역 정비사업계획 및 각종 지원사업계획을 포함·수립하고 있다.

저수지 상류지역의 환경기초시설을 댐사업비에 반영하여 댐건설과 동시에 설치함으로써 상수원보호구역 지정 최소화 방안을 강구하고 있다. 댐 주변지역 노령화 주민을 위한 의료사업 등 지원사업의 다양화를 유도하고, 수몰이주민에 대해서는 댐건설 공사시 우선 고용, 각종 기능자격 취득, 직업훈련 지원 등 취업알선 등도 강구하고 있다.

나) 지역주민 의견수렴 절차 강화

댐사업시행자는 댐사업에 관한 지역참여 확대를 위하여 지역주민, 지자체 등이 참여하는 『지역 협의회』를 구성·운영하고 있다. 『지역협의회』는 계획 확정 이전 단계인 기본계획 수립 단계에서 구성한다. 댐 기본계획 수립시 『지역협의회』를 통하여 지역의견을 적극 수렴·반영하여 지역특성에 맞는 댐건설계획을 입안한다. 지역의견 수렴절차의 제도화를 통하여 사전조사 거부, 집단민원 및 지역갈등 등 사회적 문제를 해소하고자 노력하고 있다.

다) 댐건설예정지역 지정에 따른 주민불편 최소화

그동안 댐건설예정지역 고시는 댐건설예정지내 불법 투기행위 방지를 위하여 댐건설계획 수립이전에 실시하고 있다. 주민의 재산권 제한, 토지거래 침체 등 주민불편 해소를 위하여 댐건설예정지역 지정은 기본계획 수립과 동시 또는 이후 실시한다. 댐건설예정지역내 투기행위 방지를 위하여 『공특법』 상의 영농보상 규정을 개정하여 영농보상비는 작물별 구분없이 일정하게 지급하는 방안으로(『공특법』 시행규칙(제 29조) 개정하였다.

라) 제도적 정비 및 보완

댐건설및주변지역지원등에관한법률을 개정(2001.12)하여 신규댐건설시 건설기간 동안 지원하는 정비사업비를 댐당 200~300억원에서 최저 300억원 이상으로 확대하는 등 『댐주변지역 정비사업비』를 확대하였다. 또한 기존댐에도 『댐주변지역 정비사업비』를 댐법 시행이전('00.3.7) 준공·고시된 댐에 대해서도 건설중인 댐과 동일하게 200~300억원 규모의 정비사업비를 지원토록 하였다. 『댐주변지역 지원사업비』출연율도 댐 준공후 매년 댐주변 시·군지역에 시행하는 지원사업비에 대한 수자원공사의 출연금을 다목적댐은 발전수익금 2%→3%, 생공용수댐은 용수수익금 10%→15%로 인상하였다. 또 댐주변지역에 생태공원, 자연학습장 등 친환경공간 조성사업을 시행할 수 있는 근거를 마련하였고, 댐주변지역의 경제진흥 및 생활환경개선 등을 위하여 타지역에 우선하여 도로 등 공공사업을 시행할 수 있는 근거도 마련하였다.

라. 댐 개발 및 관리에 있어 적용기법

1) 자연환경 복원

가) 유희지를 생태 공간으로 복원

용담다목적댐의 경우, 사토장부지에 수몰지역의 대표적 삼림식생을 복원하고 기존의 연못을 이용한 친수공간 및 자연생태관찰원을 조성하여 야생 동식물 접할 수 있는 자연생태공원을 제공한다.

자연생태 관찰원에서, 댐 수몰지역의 대표적 산림 식생구조를 토대로 수몰지에 자생하는 참나무, 낙엽활엽수 등과 수변식물을 이용하여 자연생태관찰원으로 복원한다. 용담댐 자연생태관찰원 도입 식생은 참나무 군락, 낙엽활엽수 군락, 습지 식물 군락으로서 참나무 군락의 식재방식은 수몰지역의 참나무 식생구조를 유지하고 식생구조모형을 계획·적용하는 것이다. 낙엽수활엽군락의 경우 수몰지역의 활엽수 식생구조를 복원하며 역시 식생구조모형을 계획·적용한다. 습지식물군락은 자연천이를 유도하는 식재 방식을 택한다.

자연생태관찰원의 습생식물들의 생육환경을 위하여 깊이 1.5m 내외의 얇은 저수지를 조성하고 수로는 자연생태공원 자연계류로 연결하여 친수공간을 조성한다. 여기에는 기존연못의 수생태계를 안정시키고 생물다양성을 증진시키기 위해 식물 및 수서곤충 등의 서식공간을 제공하여 관찰할 수 있도록 하는 생태연못 조성이 포함된다. 연못의 최대 수심은 2m 이하로 유지되도록 하며 수변 경계부에 목책을 설치하여 사면을 안정시키고 바닥은 논토양을 이용한 진흙 다짐으로 토양 누출수를 최대한 억제한다. 또한 자연생태공원내로 유입되는 유수를 연못과 자연계류에서 직접 체험할 수 있도록 친수환경을 조성하여 자연생태관찰의 기회를 제공한다. 갈대, 부들 등 자연습지에서 나타나는 식생을 도입하고 굴곡 부위는 여울과 못을 반복하여 조성한다. 특히 자연석, 통나무, 고사목 등의 다양한 자연재료를 이용한 생태호안으로 자연정화의 작용을 관찰할 수 있도록 한다.

자연생태관찰을 위한 탐방로는 생물 서식환경 보호를 위하여 제한적관찰방식으로 관찰로의 폭은 2m 이내로 제한하며, 포장재료는 우드칩 등 수몰지내의 제거목을 활용한 자연재료를 사용한다. 수몰지역에서 이전해 온 다양한 정주요소의 탐방로는 많은 사람이 자유롭게 이용할 수 있는 개방형 공원시설로서 3m의 마사토로 포장한다. 관찰을 위한 탐방로 및 시설연결로, 산책로의 세부 사항을 아래 표에 기술하였다.

<표 2-36> 탐방로 세부 사항

구분		폭	포장재료	비고
탐방로	자연생태관찰	2m	우드칩	제한관찰
	수몰지역 문화관찰	3m	마사토	자유관찰
시설연결로		3m	조립블럭/마사토	
산책로		2m	마사토	

탐진다목적댐의 경우, 야적장 및 가설비부지를 자연형계류와 생태연못 등을 도입한 친수공간의 자연생태공원으로 조성했다. 구체적으로, 댐하류 공원부지를 가로질러 흐르는 소하천은 수변공간 및 생태연못으로 조성하여 생태환경 체험의 장소로 활용하고 있다. 생태연못의 도입수종은 수몰지역 하천에 생육하는 수생식물을 이식하는

데 여기에는 석창포, 창포, 세모고랭이, 줄, 애기부들, 송이고랭이, 왜개연꽃 및 달뿌리풀, 억새 등이 포함된다. 여기에 수물지역의 자생수종을 이용하여 지역의 대표적 산림구조를 복원하고 생태교육 및 체험을 위한 자연학습원으로 조성한다. 억새원, 모란원, 자생식물원, 국화원, 돌나물원, 향기식물원, 염료원, 식물식물원, 백합원, 붓꽃원, 산채식물원, 무궁화원 등이 여기에 포함된다. 기타 주요 공간은 감나무를 기조 수종으로 식재했다.

충주다목적댐의 경우, 설계시공단계에서부터 계곡 유입수를 이용한 친수공간을 조성했다. 충주댐 정상부에서 흘러내리는 자연수를 이용하여 환경친화적인 자연생태연못을 조성하고 생물의 다양성과 생태계의 건전성이 유지되도록 관리하여 자연학습의 장으로 활용하였다. 충주댐 우안에서 흐르는 계곡수를 공원으로 유도하여 인공폭포를 조성함으로써 관광객들에게 시원함을 느낄 수 있는 친수공간을 제공하였다. 본댐의 경우 지하수를 이용한 약수터를 조성했는데 암반에서湧출되는 지하수를 이용할 수 있도록 식수대를 조성하여 내방객에게 음용수로 제공하였다.

부안다목적댐 역시, 설계시공단계부터 인공계류 및 분수대를 설치하고 휴게공간을 조성하였다. 수물지역의 자연석을 활용하여 연못과 계류를 조성하였고, 댐 하류 지역에 방류하는 하천 유지용수를 이용하여 무동력의 분수, 인공계류 등의 친수공간을 조성하였다. 또한 댐건설 공사시 작업장으로 활용하던 정상부지를 전망 및 휴게공간으로 조성하여 조형물 등을 설치하고 주변 휴게공간은 사업구간내에서 이식한 자생수목과 자연석등을 활용한 자연소재로 경관훼손지역 복구에 노력을 기울였다.

안동다목적댐은 환경친화적 노력의 일환으로 시민휴식공간조성과 소생물서식공간을 조성하였다. 안동댐 자연생태 시민공원은 방문객에게 자연에 대한 올바른 이해와 지식을 전달하고자 스스로 탐구할 수 있는 생태연못, 자연계류, 조각물 전시공간, 수변 전망공간 등의 학습, 체험 및 휴식공간을 제공하였다. 또한 댐 유희지의 분출수를 활용하여 생태연못과 자연계류등의 생물서식공간을 조성하였고 자연생태관찰 및 수변공간의 이용시 공간별, 계절별로 흥미를 유발할 수 있도록 배려하였다. 안동댐 정상 지역에서 발생한 우수를 암절개면으로 유도하여 인공폭포수로 활용함으로써 주변경관을 향상시켰고 폭포아래 자연스럽게 형성된 연못은 소생물권 서식공간으로 손색이

없다.

마지막으로 소양강댐 역시 유희지를 생태공간으로 복원한 사례로 들 수 있다. 소양강댐 우안 정상지역 정비계획에 의거 기념탑 주변을 소공원화하여 녹음을 확보하고 댐건설 당시 축조된 대형 콘크리트 옹벽을 이용하여 인공폭포 등 수경시설을 설치하였으며 상단의 암절개면은 녹화공법을 이용하여 녹화하였다.

나) 댐체 하류부에 식생을 도입한 생태계 복원

용담다목적댐의 경우, 조사계획단계에 녹화계획을 세워 식생기반조성 및 식생 복원을 시도하였다. 댐체의 하류배면부에 양질의 토양으로 성토하여 식생을 도입함으로써 경관을 개선하고 생태계를 복원하며 하천 좌우안의 생태계를 연결하는 계획을 도입하였다. 식생기반 조성을 위해서 표토는 용담댐 수몰지내의 양질의 토양과 인근 산림에서 식생구조가 유사한 지역의 흙을 이용하였다. 성토면 경사는 토양의 안식각인 1:2 이하로 유지하고 Leakage Wall 하단부는 여수로 최대방류시 역류에 의한 배수에 영향을 받는 곳이므로 복토 후 발파석 박기로 사면안정을 유도하였다. 전체적으로 식생은 주변지역의 식생패턴과 유사하게 복원될 수 있도록 하였다.

탐진다목적댐은 생태계를 복원하기 위한 기본방향을 설정하고 식재기반을 조성하였다. 기본방향으로, 식생 재현 목표기간을 10년으로 잡고, 야생동물의 이동통로 기능을 수행할 수 있도록 주위의 산림식생을 모델로 댐주변과 유사한 식생으로 시각적 이질성을 완화하였다. 또한 군락식재로 입지환경별 적합한 식물군락을 재현하였다. 수몰 예정지의 산림수목을 이식하여 활용하되 포트묘를 도입하여 예산을 절감하고 자연생태적 군락형성을 용이하게 하며 부족 수량은 농장에서 재배된 수목을 식재하여 녹화 목표를 효과적으로 달성하게 하였다.

식재기반 조성을 위해 수몰 예정지에서 채취한 양호한 토양으로 1.0m 이상 복토하고 성토 토심에 따라 잡석재나 일반토양을 사용하여 양호한 배수환경 조성 and 댐배면 지형을 표면수가 자연스럽게 유하되도록 조성하였다. 또한 토양 안정을 위해 지표면을 코이어매트나 황마로 멀칭하고 식물종다양성 증진과 초본류의 조기활착을 위하여

산림토양과 밭토양을 2:8의 비율로 혼합한 뒤 지표층에 20cm 두께로 피복하였다.

또한 녹화계획을 실시하였는데 댐체 하류부 상부는 낙엽활엽수 군락, 하부에는 소나무 군락을 재현하고, 숲 가장자리에 발달하는 주변부 식생은 환경입지의 특성에 따라 상단지역과 기타 지역으로 구분하며, 조록싸리, 국수나무 등으로 폭 3m 내외로 조성하고 정상부는 3~5m 내외로 억새군락을 재현하였다. 이때 낙엽활엽수 혼효림 재현을 목표로 하며, 종구성은 우점종을 중심으로 자연계 식물군락보다 단순화하여 식재하고 식물군락의 종다양성을 증진시키기 위하여 일부 희소종을 혼식하였다. 또한 식생조사지내 생육하고 있는 흉고직경 7cm 이하 수목을 우선적으로 선정하여 식재하되, 3~5꺽론 포트 묘를 혼합 식재하며 식생구조모형에 따라 군락식재하고 간격은 1.5m로 식재하여 교목층에서는 갈참나무와 졸참나무를 우세종으로, 관목층에서는 국수나무, 조록싸리를 우세종으로 재현하였다.

친환경기술 및 공법으로는, 비탈면을 본래 지형과 유사하게 완만한 자연 구릉으로 만들기 위해 수몰지 내 토양을 활용하여 기초적인 모양을 형성하였다. 식재 기반은 하류 비탈면의 심층재인 Random재의 특성에 따라 성토후의 토양 침하 및 수목 생육을 위한 토양심도를 고려하여 수몰지내 표토(발흙)를 토심 1~2m로 포설하였고, 비탈면 경사는 수목식재 및 비탈면 안정을 위해 1:1.9, 1:2.5로 조성하였다. 상단부에 떨어지는 빗물을 배수하기 위해 소단부 기슭부분에 벤치플롭관을 설치하고 하단부 양편 및 골부분의 도수로와 연결하였다. 수몰지에 대한 식생조사를 통해 생태적으로 가치가 있고 이식가능한 자생수목을 이식하여 수몰지내 원 식생을 복원하였고, 일부 자생수목과 같은 수종과 초류종자를 반입하여 식재하였다. 생태적인 다층구조를 형성하고 시각적 효과를 고려하여 대부분 대교목인 이식 수목은 인공구릉지 능선부와 중앙부에서 최상층 수관을 형성하였고 외부에서 반입된 소교목은 중층대를 산철쭉 등 관목은 교목류 하부식재와 가장자리 식재를 하여 생태적 효과와 아울러 계절의 변화를 느낄 수 있도록 하였다. 성토 비탈면은 지반이 안착되지 않아 우기에 토사 유실이 예상되어 이를 방지하기 위해 Seed Spary와 Jute Mesh로 피복하여 집중강우에도 견딜 수 있도록 시공하였다.

다) 생태통로 설치를 통한 생태계 연결

황성다목적댐의 경우, 설계시공단계에서부터 생태통로를 설치를 도입하였다. 황성댐 진입로 개설로 인하여 산림에서 하천으로 이어지는 야생동물 이동통로가 단절되는 것을 방지하고자 생태계 이동통로를 배려하였다. 이동이 예상되는 야생동물은 도롱뇽, 구렁이, 산개구리, 다람쥐 등이다.

낙동강하구둑은 회유성 어류를 위한 어도를 설치하였는데, 낙동강하구둑으로 인해 이동경로가 차단된 회유성 어류의 이동을 위하여 어도 2개소와 갑문 1개소를 설치하여 생태계의 연결을 배려하였다. 어도 상하류에 수중카메라를 설치하여 어류의 이동 현황 및 생태계의 변화를 관찰하여 어족자원 보존을 위한 기초자료로 활용하고 있다. 구조는 overflow 및 underflow로 어류의 이동이 가능하도록 5개의 지수판이 설치되어 있고 물고기를 어도로 유도, 안내할 수 있도록 물의 흐름을 유도하는 유도수문을 설치하였다.

2) 자연과 조화를 이룬 설계

가) 자연지형에 순응한 지형 설계

여러 댐에서 주변 입지환경 및 자연환경을 고려하여 생태계 안정, 자연과의 조화를 배려하였다. 부안다목적댐의 경우, 지형에 순응한 진입도로를 조성하였는데 자연지형을 따라 조성하여 절성토를 최대한 억제함으로써, 자연식생 훼손을 최소화하였다. 밀양다목적댐은 지형에 순응한 구조물을 축조하였는데, 자연지형의 훼손을 최소화하여 구조물 축조 공사를 시행하였다.

나) 사업구간내 자연재료를 활용을 환경 개선

사업지역내 수몰되거나 훼손되는 자연재료(수목, 토양, 자연석 등)와 생태적 가치

가 있는 자생 식생등을 사전에 조사·분석하여 생태계의 이전 및 복원으로 환경개선에 노력한 사례들을 찾아볼 수 있다. 구체적인 재활용 현황과 거수목 보호 현황은 아래의 표와 같다.

<표 2-37> 댐 사업의 재활용 현황

구분	사업내용	비고
교목	소나무외 50종 16,481주	수몰지 자연재료 활용
관목	대나무외 30종 97,509주	
자연석	11,152Ton	
표토	2,227m ³	

<표 2-38> 댐 사업의 거수목 보호 현황

구분	사업내용	비고
부안댐	노송 1주, 수령 약 200년	지방 지정 보호수
보령댐	느티나무 1주, 수령 약 300년	지방 지정 보호수
임하댐	용계 은행나무, 수령 약 700년	천연기념물(175호)
합천댐	노송 6주, 수령 약 100년	

부안댐 하류 잔디광장 내에 자생하는 노송을 보존하여 지역의 역사성을 유지하고 휴식공간을 제공하였다. 남강댐 역시 자생수목인 소나무를 활용한 가족공원을 조성하였고 이를 위해 이식목의 규격조사와 이식대상목의 표지를 실시하였다. 보령다목적댐에서는 자연재료를 이용한 포장을 시도하였는데, 댐좌안 정상부에 조성된 공원 내 동선을 마사토, 원목, 자갈 등 자연재료로 포장하여 자연친화적인 공간조성에 최선을 다하였다. 또한 보령지역 특산물인 자연석인 오석을 이용한 식수대를 설치하였다. 대청다목적댐의 경우 이용객의 출입이 빈번하여 지피식생의 생육이 어려운 지역에 고사된 나무를 파쇄하여 녹지를 포장하는 방법을 택하였다. 안동다목적댐의 경우, 공원발생시 발생된 목재를 녹지경계석 및 녹지 멀칭 재료로 활용하였다. 밀양다목적댐 역시 자연재료를 이용하여 구조물을 축조하였는데 산책로 등 주요시설을 만드는데 수몰지역의 자연재료를 활용하였다. 댐 하류 호안을 자연석으로 축조하여 수변식물,

동물의 서식처 및 어류의 산란, 서식, 이동 등에 적합한 하천환경을 제공하였다. 횡성 다목적댐에서도 포장재로 사업구역내 자연석, 마사토를 활용하였다.

3) 식생 및 자연재료를 이용한 경관 개선

가) 자연석을 이용한 경관개선

충주다목적댐에서는 댐좌안 사면이 용출수에 의해 상습적으로 붕괴되는 사면지역을 자연석인 호박돌을 활용한 수로로 안정시키고, 덩굴식물을 식재하여 주변경관과 자연스럽게 조화되도록 조성하였다.

나) 차폐식재로 경관개선

또한 충주다목적댐에서는 댐진입로 대형 콘크리트옹벽을 덩굴성식물인 담쟁이와 능소화로 차폐하여 경관을 개선하고 위압감을 완화하였다.

다) 수관터널 조성

댐진입로에 왕벚나무로 수관터널을 조성하여 내방객들이 봄의 화사함과 여름의 시원함을 만끽할 수 있도록 배려하였다.

라) 목재 등 자연재료의 사용

부안댐의 경우 댐정상 진입로 비탈면을 목재로 처리하여 자연스럽고 부드러운 경관미를 나타내었다. 보령다목적댐은 전원풍경의 도로변을 조성하였는데, 댐정상 진입로변 울타리를 원목으로 설치하여 주변 경관과 조화를 도모하고 전원풍 경관을 연출하였고 횡성다목적댐의 경우, 자연포장과 조화를 이룬 목재 다리를 설치하였다. 또한

안동다목적댐은 지역에서 활동하고 있는 작가들에게 작품 전시 공간을 제공함으로써 공원을 찾는 내방객에게 예술작품의 접촉기회를 부여함으로써, 휴식과 문화체험을 동시에 충족할 수 있도록 하였다.

4) 연구 목적 및 교육 홍보

가) 수생식물을 이용하여 유입되는 오폐수의 수질개선

안동다목적댐의 경우, 댐 주변을 연구의 목적으로 이용한 대표적인 사례이다. 이주단지 및 댐 상류 마을의 비점오염원에서 발생한 생활하수와 농축산 하수를 수생식물 및 산화지를 이용하여 정화함으로써 자연생태적 수질개선을 도모하였다. 이에는 4가지 수처리 단계를 도입하였는데 침전조에서 부유물질을 침강시키고, 1차 처리조에서는 부레옥잠, 2차 처리조에서는 부레옥잠과 개구리밥, 3차 처리조에서는 미나리와 개구리밥을 이용하여 수처리하는 방법을 모색하였다.

수질개선 효과에서 BOD, SS, P를 모니터링하였는데, SS의 경우 대부분 중력 침강에 의한 것으로 처리효율 결과는 1999년 기준 4~84%로 조사되었다. BOD는 식물의 줄기나 뿌리에 부착 성장하는 박테리아와 현탁증식에 의한 생물학적 분해와 물보다도 무거운 침강성 고형물이 침강하면서 많은 유기물이 같이 제거되는 기작에 의해 제거되며, 1999년 처리효율 결과는 5~78%로 조사되었다. 또한 P는 흡착 침전반응에 의한 침강과 식물체 흡수에 의해 제거되는데 1999년 처리효율 조사 결과 9~89%로 조사되었다.

안동 다목적댐 외에도 여러 댐에서 수생식물 재배지를 설치하고 있다. 아래 표에서 국내다목적댐의 수생식물 설치지역 및 수생식물 등 현황을 확인할 수 있다.

<표 2-39> 수생식물 재배지 설치현황

설치 지역		수생식물별	설치면적 (m ²)	설치면적 (m ² /일)	설치년도	수생식물 재배지 설치 지정
한강수계	소양강댐	갈대+왕골+미나리	1,000	50	97	인제군 남면 관대리
	충주댐	미나리	2,169	178	97	단양군 단성면 소재지 앞
낙동강수계	안동댐	부레잠옥+미나리	950	160	97	인동시 도산면 서부리 178-3
	합천댐	미나리	486	220	97	합천군 대병면 하금리 502-1
	임하댐	미나리	193	100	97	안동시 임동면 중평리
		미나리	1,347	350	98	청송군 진보면 어촌리
	남강댐	미나리	500	100	97	사천시 곤명면 작팔리 479-2
섬진강수계	주암댐	미나리	250	60	99	순천시 송광면 후곡리
계		8개소	6,895	1,218		

나) 댐 내 유입쓰레기 수거를 통한 수질 및 호수 환경 개선

충주댐의 경우 댐 상류지역에서 유입되는 쓰레기를 수거하여 수질 오염을 예방하고 호수 경관의 향상을 도모하였다. 또한 수거된 목재쓰레기를 분쇄하여 축산농가 등에 무료로 분배하여 폐자원을 활용한다. 본 댐의 부유물 처리를 위한 시설물로는 수거선 9대, 운반선 4대, 푼톤 10대, 쓰레기차단망 6개소, 톱밥제조기 1대가 있다.

다) 생태 환경 교육

댐을 생태교육의 장으로 활용한 실례를 찾아볼 수 있는데 용담댐, 부안댐 등에서는 각 댐에 설치된 홍보관, 전시관내에 호수에서 서식하는 동식물과 지역문화재 및 향토 자료를 전시하여 체험·교육의 장으로 제공하였다. 뿐만 아니라 충주댐의 경우는 자연관찰에 도움이 되도록 저수지에 서식하는 동식물의 생태를 전시하고 있다. 대청댐

등에서는 매년 물과 자연환경에 대한 물 글짓기 및 그림 그리기 대회를 개최하며 사진공모전과 전시회 등을 통해 물과 자연에 대한 소중함을 간접적으로 체험할 수 있는 교육 효과를 도모하고 있다. 향토 자생 수목원을 조성하여 교육의 효과를 노리는 댐도 있는데 부안댐의 경우, 댐 하류에 조성된 공원에 수목원을 조성하여 댐 수몰지에서 이식한 수목과 향토수목을 전시하고 방문객들이 나무의 생태에 대하여 관찰하고 이해할 수 있는 교육자료로 활용하고 있다(한국수자원공사, 2000.).

제3장 국외의 환경친화적 댐관리 동향

범세계적으로 20세기에 대두된 지속가능한 개발에 대한 인식 제고와 환경에 대한 중요도 증가에 따라 자원의 개발과 관리, 특히 댐건설과 관리에 대한 환경성 고려는 많은 주목을 받게 되었다. 특히 다목적댐은 이용자에게 많은 편익을 주나 또 한편으로 환경에 큰 피해를 입히는 양면성을 가지고 있다. 따라서 기 건설된 댐의 환경친화적 관리는 갈수록 그 중요성이 증가하고 있다. 본 장에서는 대규모댐의 관리에 있어 환경성을 고려한 관리동향을 검토하고자 한다.

1. 댐 정비 사례

가. 다양한 생육·서식환경의 정비

1) 칸나댐의 비오톱의 조성

일본 오키나와현의 칸나댐에서는 습지를 선호하는 생물에게 다양한 서식공간을 제공할 목적으로 사업실시 전부터 있었던 습지대에 방죽을 만들어 제2저수지화 하고, 평상시의 수위를 댐 저수지의 만수위와 같은 높이로 상승시켜 수역의 확대를 도모함과 동시에 관찰대와 산책로를 설치하여 학습장으로 하는 계획을 추진한 바 있다.

칸나댐의 제2저수지 부근은 예전부터 농지로 사용하여 왔으나 1981년부터 이용하지 않아서 치고자사, 하이비끼 등의 수생식물과 송사리, 토게나 시누마새우, 류우쿠우 잠자리 등이 생식하는 습지대가 되어 있었다. 그래서 제2저수지에서는 습지대를 보전함과 동시에 독을 만들어 평상시의 수위를 상시만수위까지 상승시켜 습지대의 확대를 도모하였다.

또한 유역에서의 적토 유입을 방지하기 위해 침사지 효과가 있는 다단형 토제방과

사행유로를 설치하였으며, 저수지의 유기물에 의한 수질오염의 진행 및 부영양화의 방지를 위해서 돼지우리의 배수를 우회화함으로써 댐의 하류에 배출시켰다. 그 위에 자연관찰학습의 장소로서 공원길, 관찰용 건물, 개구리류의 산란장 등을 설치하여 주변 주민 및 학생들의 휴식처 및 자연학습장으로 이용하고 있다.

정비 후, 정비전과 비교하여 저수지의 면적은 두 배로 증가하였고 토사의 유입은 제방과 사행유로에 의해 방지할 수 있었다. 또한 동식물의 종류수는 습식식물로 2.9배, 수생곤충은 7.2배, 수변성 조류는 1.8배 증가하였고, 특히 수생곤충 중의 구성 변화가 현저하였는데 이를 아래 표에 제시하였다. 그 외에도 습지성 식물이나 곤충류, 조류가 확인되었다.

<표 3-1> 칸나댐 비오톱에 있어서 생물종의 확인현황

구 분		확인종수
습지성 생물		15과 33종
곤충류	수 생	41과 144종
	육 상	60과 174종
어 류		6과 10종
갑각류		1과 1종
수변의 조류		9과 21종

2) 미야가세댐의 비오톱의 정비

일본 미야가세댐에서는 자연환경의 복원을 유도할 목적으로 저수지 상류의 히가시자와(東澤)에 비오톱을 정비하였다. 히가시자와는 댐건설 당시 토취장으로 이용되었다. 토취가 종료된 후로 수년간 방치되어 있었기 때문에 비오톱으로 정비하기 전에는 주로 억새풀이 번성한 단조로운 환경이었다. 그러나 성토의 평탄면은 사면림이 대부분이고 주위에서 볼 때 중요한 환경이며, 주변에 서식하는 사슴과 멧돼지 등의 대형포유류가 가끔 은신처로 이용하는 것으로 알려져 있었다. 비오톱의 정비는 수몰지역 등을 중심으로 주변에서 감소하고 있는 습지대를 중심으로 한 환경 복원을 목표

로 하였다.

<표 3-2> 히가시자와 비오톱의 정비내용

수로·연못	상류의 연못에서 흘러나온 물의 흐름에 완급을 주어 연못으로 유입시킨 후, 이를 수생생물의 은신처, 산란장으로 조성한다. 또한 이들 수로와는 연결되지 않은 天池도 조성한다.
쌍둥이산	쌍둥이산은 크고 작은 언덕을 안장처럼 연결한 구조이다. 언덕의 내부에는 매설구 및 크고 작은 배관을 설치하고, 생물의 보금자리를 만들었다. 또한 산의 표면에는 식재를 하지 않고 자연천이토록 하였다.
돌 주위	석단 등의 쌓기를 만들고, 농촌 주변에 존재하는 다공질의 공간을 만들었다.
우회 수로	배수처리용의 수로도, 전석(轉石)을 나란히 배치한 완만한 횡단 경사를 가진 구조로 하고, 동물의 이동이나 서식의 편이를 고려했다.
관찰대	숨어서 생물을 관찰하도록 한 시설

1998년 완료된 히가시자와의 비오톱은 1997년 유입수의 감소와 수위상승이 반복되어 토사의 유출, 피복 등이 교차되는 현상으로 식물 및 이동능력이 낮은 수서곤충의 종 수가 한때 감소하였으나 이동능력이 큰 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 육상 곤충류는 영향을 크게 받지 않은 것으로 나타나 비교적 안정화되고 있음을 알 수 있었다. 그 이후 선구성 목본류의 침입에 따른 환경변화에 의해 다른 생물도 다양하게 변화해 가는 것으로 알려져 있다.

3) 오키나와 종합사무국 북부댐사무소의 조류서식지 정비

댐건설에 따라 벌채할 수밖에 없었던 수목을 이용해서 인공 새집 설치를 추진하였다. 설치된 인공 새집과 벌채목은 호반새 등의 보금자리로 이용되고 있으며 일본의 천연기념물인 노구찌딱다구리(일본고유종의 딱다구리)의 생육을 확인한 바 있다. 곤충이나 작은 동물의 보금자리나 은신처를 만들기 위해 댐공사의 벌채목을 유역의 도처에 쌓아올려 놓는 소위 동물 은신처를 조성하여 쥐 및 다수의 곤충류가 서식하도록

하고 조류와 이들의 먹이연쇄과정을 안정화 시켰다. 또한 유역에 서식하는 생물의 서식지 소실의 영향을 완화하기 위해 작은 새·곤충의 서식처가 되는 honey cam판을 설치하기도 하였다.

4) 미노오댐 표토 보전 및 회복

미노오댐에서는 댐건설공사로 변화된 토지의 표토를 보전하고 공사 후 나지화된 곳의 표토를 피복함으로 식생 회복 속도를 가속화하였으며, 이설도로 건설로 인한 자연지형에 미치는 영향을 경감하기 위해, 절·설토량을 줄이고, 터널과 교각을 설치하였다. 도로면은 표토의 조기안정화를 위해서 싸리나무와 쭉 등의 재래종과 이태리잔디를 섞어 객토 부착을 하였다.

댐의 측면은 녹화를 위해 싸리나무, 마메쓰게, 치자나무 등의 관목류를 심었다. 또한 댐의 앞에는 화분을 설치하여 아베리아, 히라도철쭉 등의 키가 작은 화목을 심었다. 원산석은 객토덮기를 행하면서 암반의 얇은 곳에 구멍을 뚫어 해송과 산단풍나무를 심었다.

정비 후의 성과를 알아보기 위해서 댐이 완성된 1980~1981년과 1988~1989년에 걸쳐서 식물과 곤충류를 대상으로 조사하였다. 표토의 복원 후 5년을 경과한 지점에서는 쭉 등의 다년생초본이 우점하는 군락으로 천이되어 있으며 홍수터 구간의 대부분은 매토의 종자기원으로 생각되는 저목림까지 식생이 회복하였다. 수위가 안정된 저수지의 수변에는 메가마 등의 습성식물의 군락이 형성되었다.

나비류에 있어서, 정비전·후의 종류수가 대체로 같았으나 안정된 풀이 나 있는 저습지 주변에 서식하는 몇 가지 종을 새롭게 확인하였다. 이것은 서식의 발달과 환경의 안정을 뜻하는 것으로 사료된다. 메뚜기 역시 안정된 초원을 좋아하는 콩중이의 존재가 새롭게 확인되었다. 이러한 현상은 공사로 인해 파손된 나지에서 초원, 산림으로 점차적 회복 단계에 접어들기 때문으로 사료된다. 하천의 저생동물은 댐완성 직후에 88종에서 7년후에는 117종으로 증가하였는데 이는 저생동물의 서식환경이 보전되었다는 점과 더불어 지수성저생동물의 종류수가 증가하였기 때문으로 생각된다.

5) 기타 생태계 복원의 사례

기타 조류, 곤충, 어류 등을 위한 생태계 복원 사례를 일본에서 찾아볼 수 있는데 다음과 같다.

댐수원지환경정비센터는 일본 이바라기현 카스미가우라에서 경관의 향상 및 조류 및 어류의 생식장 창출을 위해 녹색의 부도를 1994년 5월에 실험적으로 설치했다. 설치후 2개월 경과한 녹색의 부도는 사스레피나무와 광나무 등의 목본류와 부처꽃, 부들 등의 초본류가 성장하였다. 조류는 흰뺨검둥오리, 참새, 백할미새의 도래를 관찰, 확인되었다.

나이가다현 가시게시의 시모조우 댐에서는 댐저수지 상류 40,000m²의 나대지에 타입이 다른 잠자리연못을 조성했으며, 연못 사이에는 관찰용의 다리를 설치하여 식물원과 자연학습관을 관찰할 수 있도록 하였고, 이를 위해 1995년부터 공사를 시작하였다.

정비 결과, 잠자리연못에는 모노사시잠자리와 왕잠자리의 서식을 확인하였으며, 진입 금지구역(Core zone)으로 했던 장소에 공사업자의 중기가 실수로 진입하여 문제가 되었으나 다음해 중기가 운행된 곳이 양호한 물웅덩이가 되어 수종의 잠자리에 좋은 서식처가 되었다. 이는 잠자리의 생식환경을 인위적으로 조성하기 위해서 잠자리류의 생태적 특성과 생식환경을 철저히 파악하고 시행한 좋은 예이다.

나. 식생 복원 등

1) 노무라댐의 훼손된 토지의 식생복원 또는 녹화

절토된 법면은 예전부터 외래수목의 이전 정착 등 초본류에 의한 자연천이가 대부분이었으나, 지속성·경관보전 등의 측면에서 문제가 있었다. 이에 노무라댐 관리자들은 향후의 관리를 용이하게 하고 지역에 적합한 자연의 회복을 유도하고자 식생 복원에 대한 기본계획을 수립하고 이를 기초로 하여 잠재 자연식생을 기반으로 하는

댐 주변의 녹화사업을 추진하였다.

댐 주변 녹화의 기본방향은 다음과 같다.

- 녹화는 수목과 초목을 중심으로 한다.
- 잠재자연식생에 기초한 식재종을 기본으로 한다.
- 수목에 의한 식재는 활착도가 높은 포트묘(2~3년생)를 사용한다.
- 밀식과 혼식을 전제로 한다.

시공을 함에 있어서는 수목이 활착하고 정상적인 생장을 유도하기 위해 식재 후 3년 동안 객토의 유실 등을 방지하는 것이 매우 중요하기 때문에 계단방식과 평면방식의 객토유실 방지공법을 사용하였다. 또한 유지관리를 위하여 인근 자치구인 野村町・宇和町 와 「관리협정」을 체결하고, 유지·운영은 町에서 하고 보수는 정부(국토교통성)가 하는 것으로 분담하였다.

2) 오키나와 종합사무국 북부 댐사무소의 식물 이식

일본 오키나와 종합사무국 북부 댐사무소에서는 수몰 예정지 내에 서식하는 희귀 식물(멸종의 위기에 있거나 학술적으로 귀중하다고 알려진 식물)을 대상으로 하여 멸종의 위험성을 완화하고 실험실에서 증식실험과 현지 이식실험 등 수행, 증식·이식 기술을 확립하기 위해 희귀식물의 이식 및 증식사업을 시행하였다. 수몰 예정지 내에서 서식하는 희귀식물을 보존할 목적으로 유역내의 수몰되지 않는 장소로 이동시켜 지속적인 모니터링을 실시하였다. 그 결과 댐건설에 의해 소멸되는 삼림의 대체환경으로써 나대지 및 법면 등을 삼림으로 조기 회복시키기 위하여 山原(ヤンバル) 숲의 대표적인 목본류인 구실잣밤나무에 대한 이식실험 결과 성목이라도 이식이 가능하다는 것을 검증하여 향후 타댐의 수목이식사업에 적용할 계획에 있다.

다. 수질 환경보전

1) 淺瀬石川댐의 선택취수시설의 설치

淺瀨石川댐에서는 임의의 수심에서 취수를 하기 위하여 다단 실린더식 게이트를 취수설비로 채택하여 취수용도와 수온·수질상황에 따라 취수층을 선택토록 하였다.

<표 3-3> 선택취수시설의 설치 예

상수도 취수설비	수질이 양호한 층에서 최대 132,800 m ³ /일 생활용수 공급
농업용수 취수설비	관개용수로서 적절한 온수를 취수 (최대매초 0.33 m ³)
공동취수 설비	하류하천의 유지 및 발전용수의 목적으로 적절한 온수를 취수함 (최대 매초 24m ³)

2) 三春댐의 우회 수로의 설치·폭기순환시설·침전지의 설치

三春댐에서는 수질보전을 위하여 바이패스 수로의 설치(유입수 우회 관로), 폭기순환시설의 설치, 침전지의 설치 등 여러 대책을 시행하고 있다. 수질보전을 위하여 가능한 한 모든 대책을 시도한다는 취지에 따라 하천으로 유입된 영양염을 감소시키고, 가능한 한 댐 저수지에 영양염을 유입시키지 않고, 빛을 감소시켜 수온을 낮춤으로써 식물플랑크톤의 증식을 억제시킬 목적으로 이러한 대책들을 시행하였다.

<표 3-4> 三春댐의 수질보전 목표

담수목표	- 식물플랑크톤 이상번식 억제 - 경관 장애의 제거	댐의 수질보전대책 목적만으로 대응하는 목표
장기목표	- 공공수역으로서 바람직한 수환경의 창조	댐의 수질보전대책 이외, 유역대책달성을 위한 목표

<표 3-5> 三春댐 수질보전대책 시설 현황

대 책	시설명 · 시설 제원
전 저 수 지	본류하천 전저수지 저수용량 225,100 m ³
	蛇澤川 전저수지 저수용량 114,000 m ³
	牛縊川 전저수지 저수용량 214,200 m ³
	蛇石川 전저수지 저수용량 152,700 m ³
	폭기시설 5kw X 3대, 공기량 8.5 m ³ /분 · 대
유입수 바이패스관	본천 전저수지~三春댐 하류
	방류구 : 三春댐 하류
	연 장 : 약 2.4 km
	관 경 : 1,500 mm
천 층 순 환	천층순환시설 : 22kw X 4대
심 층 순 환	심층순환시설 : 22kw X 2대

라. 하천환경의 보전(토사, 유사대책)

일본의 댐에서는 홍수조절에 지장을 주지 않는 범위에서, 강수량이 많은 장마나 태풍시기에 잉여용량으로 되어 있는 댐의 홍수조절 용량의 일부를 저장하고, 기존 댐의 홍수조절용량의 일부를 유효하게 활용함으로써 댐 하류의 하천환경의 정비와 보전에 활용하는 방안을 추진하고 있다.

1) 長島댐의 댐내 퇴적토사 준설 · 댐 직하류의 모래 · 자갈조절

長島댐에서는 저수용량의 저하를 억제하기 위하여 댐 상류부에 유입 토사 방지용 댐을 설치하여 하천으로부터 운반되어 들어오는 토사(사리나 입경이 큰 모래)를 침강시키고 침강된 토사를 정기적으로 제거함으로써 토사 방지용댐을 통한 하류의 퇴사량을 저감시키는 대책을 추진하고 있다. 또한, 댐건설후에는 상류에서 운반되어 온 토사가 댐에 침강되기 때문에 댐 하류부의 토사 공급량이 감소되어 하류의 하도가 저하되는 등의 영향이 우려되므로 長島댐에서는 상류의 토사 방지용댐 상류에서 제

거한 토사의 일부를 長島댐의 하류하천에 사용함으로써 하천환경의 변화를 최소화하는 대책이 시행중이다. 제거한 토사는 유량 증가에 따른 하안의 침식 메카니즘을 이용하여 홍수시 흐르게 함으로써 하류 하천에 널리 분포되도록 하는 방법을 활용하고 있다. 환원된 토사는 평상시의 유량으로 유하시키는 것이 아니고, 홍수에 의하여 하천수가 혼탁해지기 시작할 때 유하하도록 계획하고 있다. 하천으로의 토사 유하는 한번에 대량으로 실시하지 않고, 흘러가도 안전이 확인될 수 있는 양만큼 만을 년중 여러 번 실시하는 것으로 예정되어 있다.

2) 出し平댐, 宇奈月댐의 배사

出し平댐, 宇奈月댐이 건설된 黒部川은 유역에 있는 산들의 침식작용이 과다하여 호우시 붕괴된 다량의 토사가 하천으로 흘러 들어온다. 이 때문에 두 댐에는 댐의 기능유지, 하류 하천의 침식제어 등의 목적으로 침전된 토사를 내려보내는 게이트가 설치되어, 소류력을 이용하여 저수지에 퇴적된 토사를 하류로 배출시키는 대책을 광범위하게 실시하고 있다.

出し平댐에서는 1985년 댐이 완공된 이후 1999년까지 총 8회의 배사가 수행되었다. 담수 후 6년이 경과된 1991년 12월에 실시한 최초의 배사에서는 저수지 바닥에 퇴적된 유기물들이 토사와 함께 유출되어 환경에 영향을 미치기도 하였으나 직후의 호우시 긴급 배사 등을 통한 자연상태의 배출 방법을 경험함에 따라 홍수시 배사라고 하는 방법을 확립하게 되었다.

黒部川에서 발생한 토사의 90% 이상은 5-8월의 홍수시에 집중되어 유입되고 있다. 홍수시의 배사는 유입한 토사를 댐에 담아두지 않고 하류로 흘러 보냄으로써 종전의 방법(저수지 내에 퇴적된 토사를 배출함)과 비교할 때 환경에의 악영향을 최소화하도록 시도하였다. 또한 치수와 이수를 수행하면서 하천에서부터 바다에 도달할 때까지의 환경을 보전하기 위해서 黒部川 수계 전체에 대한 종합적인 토사 관리가 필요하다는 인식에 따라 出し平댐과 宇奈月댐간의 연계 배사체계를 구축하여 出し平댐에서 배사된 토사는 그대로 宇奈月댐 하류로 통과시키도록 하였다.

마. 야생동물 이동경로의 확보

1) 川辺川댐의 Box 매설구 등의 설치

댐의 건설과 함께 저수지 주변에 새로운 도로가 설치된 경우, 양서류·파충류 등의 작은 동물이 도로로 인하여 이동을 저해 받거나 이동 중에 도로 가장자리 등에 떨어지는 등의 경우가 있으므로 川辺川댐에서는 이동성 동물들의 도로 횡단을 가능하게 하기 위해, 가장자리에 떨어진 작은 동물이 자력으로 탈출할 수 있도록 일부의 구간에 다음과 같은 시설물을 설치하였다. 또한 작은 동물이 도로의 반대측으로 이동할 수 있도록 도로의 아래에 횡단관(소규모의 터널)을 설치하였다. 측구에 떨어진 작은 동물이 자력으로 탈출할 수 있도록, U자 배수구의 측면에 폭 20cm 정도의 홈이 50m 간격으로 설치되어 있다. 홈(절개구)은 탈출한 후에 도로와 다시 만나지 않도록 차도의 반대측에 설치되어 있다. 작은 동물이 낙하한 경우에도 간단히 기어오를 수 있도록, 법면에 계단형식으로 배수구를 설치함에 있어 측구면의 경사가 완만한 완경사형의 측구를 시공하였다.

바. 어도 설치

댐 본체로 하천이 분단되면 회유어종 등의 서식에 영향을 미치기 때문에 여러 댐에서 어류의 회귀가 가능하도록 어도를 설치하고 있다. 일본에서 15m 이상의 댐에 설치된 어도는 34개인데 30m 이하까지의 댐에서 설치 사례가 많고, 50m 넘는 댐에서는 현존하는 어도 설치사례 없다. 어도의 형식은 풀이 있는 계단식 어도가 대부분이다.

1) 二風谷댐의 설치사례

二風谷댐이 건설된 沙流川(사류천)은 연어, 곱사연어, 시마연어 등이 회귀하는 자연생태가 풍부한 하천이다. 특히 시마연어는 부화 후 1년 간 하천에서 생활하나 산란

까지 양분의 축적이 어려운 점 등으로 인공부화 사업이 곤란한 어종이기 때문에 시마연어 자원의 보호를 목적으로 32.0m 높이의 댐에 어도를 설치하였다.

<표 3-6> 어도의 설치 예

대상어	시마연어	축고	1.0m
형식	계단식	낙차	0.3m
구배	1/10	수심	1.0m
수로폭	2.0m	월류심	0.1~0.3m
격벽간격	3.0m	유량	0.25~0.33m³/s

二風谷댐에는 댐 저수지의 수위에 대응하여 어도 게이트가 상하로 움직이는 스윙 슈트식 어도를 채택하여 설치하였으며 1998년에 수행된 조사에서는 어도 내에서 시마연어를 시작으로 연어, 황어, 홍송어, 옥새송어, 산천어, 참붕어, 미꾸리 등의 이동을 확인하였다.

2) 池田댐의 설치사례

池田댐에는 높이 24 m의 댐체에 계단식어도가 설치되어 있다. 어도는 폭 4.5m, 길이 165m로, 형식은 왕복형(지그재그형태) 계단식(47단)으로 되어 있으며, 은어, 돌잉어, 황어, 피라미, 동자개, 뱀장어, 메기, 물개의 일종(잉어과), 붕어, 모래무지의 회귀가 확인되었고, 이들 물고기를 먹이로 포식하기 위하여 해오라기 등의 새들이 모여드는 것을 확인하였다.

3) 筑後大堰의 설치사례

筑後川과 有明海의 사이에는 은어, 객정어, 밀어, 동남참게 등이 계절에 따라 회귀·강하하기 때문에 하구로부터 약 23km 상류에 건설된 筑後大堰에서는 이들 어류의 이동을 가능하게 하기 위하여 어도가 설치되어 있다. 이 어도는 독의 좌우양측에

설치되어 있고, 좌우 모두 계단식 어도 2개와 그 중앙에 유인수 수로가 위치하고 있다.

<표 3-7> 筑後大堰의 어도제원

항 목	계단식 어도	유인수 수로
개 소	특의 좌우 양안에 2개소	언의 좌우 양안에 각 1개소 (계단식 어도 중앙에 배치)
폭	2.5 m	1.5 m
유 속	0.5 m ³ /s	5.0 m ³ /s
비 고	독상류의 수위 저하시에도 물을 흘릴 수 있도록 어도 상부에 플라프케이트 설치	하천수 방류로 물고기 유인 시설

筑後大堰은 有明海의 큰 조석차 영향을 받아 만조가 되면 수위가 약 3 m씩 변화하는 수역이기 때문에 수리모형실험 등을 기본으로 하여 이러한 상황에서도 물고기가 회귀하기 쉬운 구조로 설계하였고 筑後大堰에는 배가 다니는 통선문도 어도 기능을 가진 구조로 되어 있어 은어, 치어의 회귀기인 3~5월의 기간 어도로서 활용이 활발하다. 또한, 이들 어도에 의해 매년 3~5월에 걸쳐 은어가 100~200만 마리, 1~2월에는 동남참게 등 게치어가 5만 마리 정도 회귀하는 것이 확인되었으며, 피라미·붕어·뱀장어·걱정이·망둥어류 등 17종의 회귀도 확인하였다.

사. 수원지역 사업

일본은 댐건설을 촉진하기 위해 수원지역대책으로 지정하여 수몰자 개인의 생활 재건을 지원하고 수몰관계지역에 대한 댐건설의 영향을 완화하기 위한 각종 조치를 실시하고 있다. 수원지역대책으로서 가장 뚜렷한 것은 댐건설 사업자가 행하는 보상과 수원지역대책 특별조치법에 근거한 수원지역정비사업, 댐건설사업자, 지방공공단체 그리고 수원지역대책기금 등에 의해 행해지는 생활재건대책으로 나눌 수 있다(이

승복, 1995). 댐건설사업자가 행하는 보상은 개인이 소유하는 토지를 취득하여 사용하는 것에 의해 발생하는 손실을 충당하기 위한 ‘일반보상’과 공공시설용으로 제공되고 있는 토지를 취득하는 것으로 발생하는 손실을 충당하기 위한 ‘공공보상’으로 나누어진다. 그리고 수원지역대책 특별조치법에 근거한 수원지역정비사업은 댐 등의 건설에 의한 수원지역의 기초조건에 대한 변화의 영향을 완화시키고 지역진흥을 위한 생활환경, 생산기반 등을 정비하는 것이다. 또한 생활재건대책은 댐 등의 건설에 따른 생활기반을 잃는 수물관계자의 생활재건을 추진하기 위하여 주택, 체비농지의 취득, 직업 전환 등이 원활하게 이루어지도록 하는 조치이다.

1) 수원지역대책 특별조치법

이 법률은 댐 또는 호수 수위조절시설의 건설에 따라 그 기초 조건이 현저하게 변화하는 지역에 대하여 생활환경, 생활 기반 등을 정비하고, 아울러 호수의 수질을 보전하기 위한 수원지역 정비계획의 수립, 실시 등을 통해 관계주민의 생활안정과 복지향상을 도모하는 한편 댐 및 호수 수위조절시설의 건설을 촉진하여 수자원을 개발하고 국토를 보전하는데 목적이 있다.

2) 생활재건대책

관계행정기관의 장, 관계지방공공단체, 지정댐 등을 건설하는 자, 정비사업을 실시하는 자는 지정댐 등의 건설 또는 정비사업의 실시에 따라 생활의 기초를 잃어버리게 되는 주민에 대하여 생활재건을 위한 조치를 실시할 필요가 있을 경우에는 해당주민의 신청에 따라 협력하고 해당 생활재건을 위한 조치를 위해 노력하는 것이다.

- 택지, 농지로 개발될 수 있는 토지 및 기타 토지의 취득에 관한 것
- 택지, 점포, 기타 건물의 취득에 관한 것
- 직업 소개, 지도 또는 훈련에 관한 것
- 기타, 적당한 토지이기는 하지만 환경이 매우 불량한 토지에 주거를 이전한 경

우 환경정비에 관한 것 등을 규정하고 이의 해결을 위해 노력하고 있다.

3) 수원지역 정비사업의 실시

수원지역대책 특별조치법에 근거한 정비사업은 댐 등의 건설에 의한 수원지역에 대한 영향을 완화하고 지역의 진흥을 도모하기 위하여 생활환경, 산업기반 등의 정비를 행하고 있으며 정비사업의 주요내용은 다음과 같다.

<표 3-8> 일본 수원지역 정비사업의 주요내용

지정댐에 관계된 정비사업	지정호소 수위조절 시설과 관계된 정비사업
토지개량사업, 치산사업, 치수사업, 도로정비, 간이수도 정비, 하수도 정비, 의무교육 시설 정비, 진료소 정비, 택지조성, 공영주택의 건설, 임도정비, 조림, 농업 임업 어업경영의 근대화 위한 공동이용시설의 정비, 자연공원의 보호 또는 이용을 위한 시설의 정비, 주민 공동시설 및 문화재의 보존 및 활용을 위한 시설의 정비, 스포츠 또는 레크레이션에 제공되는 시설의 정비, 소방시설의 정비, 분뇨처리시설의 정비, 쓰레기 처리시설의 정비	토지개량 사업, 하천의 정비, 하수도의 정비, 어항의 정비, 수산자원의 보호 배양 및 개발을 위한 사업, 수산물 유통시설의 정비, 자연공원의 보호 및 이용시설의 정비, 간이수도의 정비, 축산경영에 관계된 오수의 처리를 위한 시설의 정비, 분뇨처리시설의 정비, 쓰레기 처리시설의 정비

4) 수원지역대책기금

댐 등의 건설에 따라 생활기반을 상실하게 되는 수몰주민의 생활재건대책과 수몰지역의 진흥대책을 적극적으로 추진하기 위하여 수몰지역과 수익지역 관계지방 공공단체 등을 구성원으로 하는 수원지역대책기금이 각지에 설립되어 각종 사업을 전개하고 있다.

수원대책기금은 수몰관계주민의 생활재건대책 및 지역진흥대책에 필요한 조치에 대한 자금의 원조와 각종 행사를 통한 상하류지역의 상호이해, 교류를 촉진하기 위한

사업 등에 따라 수특법 등에 의한 수원지역대책을 보완하고 보다 세심한 수원지역대책을 실시하는 것을 목표로 하고 있다. 현재 설립되어 있는 수원지역대책기금을 대상 지역에 따라 대별하면 수자원개발촉진법에 근거한 수자원개발 수계에 관련한 기금, 광유역수원(廣流域水源) 등에 관련된 기금 및 단일지역에 관련된 기금으로 나눌 수 있다.

5) 수원지역의 활성화 대책

일본 국토청에서는 수원지역 활성화 사례조사보고서를 작성하여 각 방면에 참고가 되도록 제공하고 있으며 수원지역 활성화 대책조사로서 매년 2-3지구의 수원지역을 대상으로 지역활성화계획을 작성하고 계획 추진에 협력하고 있다. 또 수원지역대책 자문관 파견 제도 및 수원지역 市, 町, 村이 댐건설을 전제로 한 종합적인 지역진흥계획을 책정하는데 필요한 경비에 대해서 보조하는 수원지역 재건계획책정사업을 실시하고 있다(한국수자원공사, 2001b).

아. 유지용수 및 친수시설 설치

1) 에루와 댐

오늘날 미국의 하천관리에 있어서 변화를 일으킨 중요한 두 가지 사례 중의 하나는 태평양 연안 연어 어업의 급격한 쇠퇴문제이다. 그리고 이 문제의 원인은 댐이었다. 연어 어업은 경제적으로 매우 중요함에도 불구하고 댐의 설계단계에서 연어의 이동이 무시되었으며 그 결과 하구에 있어서도 수질의 변화와 어업의 쇠퇴 현상이 나타났다. 그래서 캘리포니아주에서는 새로운 2개의 법률이 통과되었다. 그 법률로 연어 어업을 유지하기 위해 많은 하천 유지용수를 요구하게 되었다. 하구의 생태계를 유지하기 위해 보다 많은 유지용수를 공급하는 지금까지 없었던 법률이 된 것이다. 수문학에서 물 흐름이 하구의 생태계에 얼마나 중요한가라는 것이 인식되었다. 그 뿐만 아

나라 댐의 수문조절 방식까지 바뀌어졌다.

예컨대 수문조작 방식을 변경하고 홍수시기에는 대량의 물을 방출했다. 상류에 댐이 없는 것 같이 조작한 것이다. 결국 처음부터 댐을 만드는 것이 아니었다는 인식에서 더 나아가서 낡은 댐의 철거계획까지 나왔다.

2) 사루타니댐

사루타니댐은 五條市内로부터 약 40km 정도 떨어져 있고, 또 일부 도로폭이 좁아 통행이 어려우나, 관광 명소인 ‘곡뢰의 구름다리’와 같은 코스에 있기 때문에 주말에는 관광객들이 대개 화장실, 휴게실 등을 이용하고 있다. 이 때에 A지구, B지구에 들러 PR비디오를 보거나 전망대에 오르는 이용자들이 있다. 주변시설현황은 산책로, 전망광장, 립간광장, 피크닉광장, 전망대, 기념비 등이 설치되어 있다. 연간 댐호수의 이용현황은 1997년도의 연간 이용자수는 5만 5,000명으로 추산된다. 이용형태별 댐호수 이용현황의 연간 추산치에 의하면, 산책이 약 90%를 차지하고 있으며, 댐본체 주변의 이용이 많다. 평지가 적기 때문에, 광장이나 전망대 시설이 주된 시설이고, 운전자의 휴게소로 이용되고 있다.

<표 3-9> 사루타니댐의 제원

구분	내용
댐형식	중력식 콘크리트댐
댐높이	74m
댐길이	170m
제체적	174,000m ³
유역면적	203.7km ²
답수면적	1.0km ²
총저수량	23,300,000m ³
유효저수량	17,300,000m ³

3) 쿠쥬류댐

쿠쥬류댐은 大野市에서 약 25km, 이즈미 마을에서 약 3km 정도 떨어져 있고, 국도 158호 변에 있다. 국도 158호는 기후현으로 통하고 있고 교통량도 많다. 이즈미 마을은 인구가 계속 감소되고 있지만, 관광에는 힘을 기울이고 있다. 이 때문에, 댐주변에는 Auto-camp장 등의 시설을 설치하였고, 시설 이용을 위한 댐 견학자가 많다.

<표 3-10> 쿠쥬류댐의 제원

구분	내용
댐형식	rock-fill 댐
댐높이	128m
댐길이	355m
제체적	6,300,000m ³
유역면적	184.5km ²
담수면적	8.9km ²
총저수량	353,000,000m ³
유효저수량	223,000,000m ³

<표 3-11> 쿠쥬류댐 시설 및 운영

시설명	내 용	규 모	사업주체	운영관리
A지구	위령비 산책로 전망광장 림간광장 피크닉광장	총면적 28,600m ²	댐관리자 댐관리자 댐관리자 댐관리자 댐관리자	大塔村 大塔村 大塔村 大塔村 大塔村
		1기		
		600m		
		580m ²		
		1,280m ²		
		800m ²		
B지구	전망대 산책로 광장 PR비디오 기념비	총면적 25,800m ²	댐관리자 댐관리자 댐관리자 댐관리자 댐관리자	大塔村 大塔村 大塔村 大塔村 大塔村
		1기		
		523m		
		478m ²		
		1		
		1기		

1997년도의 연간 이용자 수는 10만 8,000명으로 추산 된다. 이용형태별 댐호수 이용현황의 연간 추산치에 의하면, 야외활동이 약 50%를 차지하고 있고, 下半原공원 및 上半原공원의 이용이 많다. 또한 산책이 약 40%를 차지하고 있다. 주변 시설로는 광장, 오토캠프장, 휴게시설, 파고라, 전시 등이 있다.

4) 미나가와댐

미나가와댐은 일본 최대 규모의 콘크리트 댐으로 친환경적 요소를 적극적으로 도입한 대표적인 사례로 꼽힌다. 본 댐은 1969년 댐 공사가 시작되어 1998에 완공된 댐으로 댐 높이 156m, 부피 2백만³m³, 총저수량 2억톤인 대규모 댐이다. 또한 수도용수 공급 및 발전 등의 기능을 하는 다목적 댐으로서 RCD(Roller Compacted Concrete Dam)공법을 활용하여 건설되었다. 오오노시에서 약 14km 정도 떨어져 있고, 주변에는 촌락이 별로 없으므로 댐호수를 지나는 길은 교통량이 적지만, 상류 마을주변이 camp등으로 이용되기 때문에 여름철의 교통량은 많다.

미나가와댐은 자연보존에 최선의 노력을 기울인 댐 중의 하나로서 제한적 개발을 통해 무질서한 자연훼손 방지를 도모했다. 개발지구의 자연복원으로는, 채석장, 토사장, 도로 등 공사에 의해 훼손된 지역에 대해 적극적인 사면식생으로 녹지공간을 복원하는 내용과 비오톱 조성을 통해 생물들의 서식환경을 복원하는 내용을 채택했다. 경사가 급한 지형에 댐을 건설하였음에도 불구하고, 댐공사로 인해 발생한 절개지의 사면을 특수공법에 의해 식재하였다.

또한 새로운 경관을 창출하고 기본 생태계를 복원하여 전체적인 조화를 도모하였는데, 인공적인 구조물의 돌출을 최소화하도록 구조물을 설계하였다. 일례로 가로등은 댐마루의 보호방책에 함께 설치하여 돌출을 피하고 자연적인 모습을 유지하였다. 저수지 주변 도로에 건설한 교량 색을 빛나게 하여 숲의 녹색과 물에 어울리도록 '무지개 다리'로 조성, 새로운 이미지를 창출하였다.

재래종의 보존을 위해서 댐건설에 의한 댐주변 동식물의 서식환경에 미치는 영향을 고려, 새로운 서식공간을 확보하거나 지역에 있는 고유 수종의 이식 등을 통하여

지역 고유의 자연환경을 살리기 위해 노력하였다. 댐 하류부의 유명한 연어 서식처 보호를 위해 일정한 하천유지유량을 방류하여 서식처 보전과 낚시터로서의 명성을 유지하였고, 수몰지역 주민 거주지역을 관광단지로 조성하여 생활 기반을 마련할 수 있도록 배려해 주었다.

본 댐은 댐을 이용한 홍보 및 교육적인 측면도 활용하였는데 일례로 댐건설시 발생하는 사면절개지를 식생으로 처리한 내용을 공법별, 식생 종류별로 현장에 홍보시설을 설치하여 방문객들에게 홍보하고 있다. 댐을 중심으로 하는 다양한 이벤트 행사도 실시하고 있으며 댐 주변 일주 마라톤 대회 개최가 이에 속한다. 댐건설사업의 홍보를 위해서 수몰지구 주민 보상문제와 새로운 생활터전 조성, 환경과최소화 방안 등을 정부기관과 주민대표, 관련 단체들이 10년 넘는 장기간의 협상을 통해 문제를 해결하기도 했다. 또한 댐건설에 주민들의 동참을 유도하는 행사와 홍보를 실시하였는데 주민에게 친숙한 마스코트를 제작하여 각종 행사에 활용하였으며, 건설골재에 자기 이름을 새겨 이를 공사에 활용, 댐건설에 참여하였다는 자부심과 친밀감을 유도하였다. 댐주변 공원 내에는 지역의 문화박물관을 조성하기도 하였다.

이용현황을 보면, 연간 이용자수는 1997년 기준 15만 5,000명으로 추계된다. 이용형태별 댐호수 이용현황의 연간 추계치에 의하면, 야외활동이 약 80%를 차지하고 있고, 가을의 마을 이용이 많다. 또한 산책이 약 10%를 차지하고 있고 봄에는 마을주변 이용이 많다. 주변시설은 기념비, 안내판, 주차장, 전망대, 위령비, 휴게소, 방갈로(철골 · 1F), 취사사, 수식기, 야외로, 피난동(RC · 1F), 쓰레기놓는곳, 텐트사이드 등이 있다 (한국수자원공사. 2001a.).

<표 3-12> 미나가와댐의 제원

구분	내용
댐형식	아치댐
댐높이	127.5m
댐길이	357m
제체적	507,000m ³
유역면적	223.7km ²
담수면적	2.93km ²
총저수량	115,000,000m ³
유효저수량	95,000,000m ³

자. 경관 향상 및 수질 보전

1) 독일 조르페탈(Sorpetalsperre) 댐

독일 조르페탈 댐은 라인강 지천인 루르강 유역 조르페탈 지방에 위치하고 있다. 댐 개요는 다음 표와 같다.

<표 3-13> 조르페탈 댐의 제원

구분	내용
건설기간	1926~1935년
댐형식	earth-fill type 댐
댐높이	69m
총저류량	70×106m ³
최대 홍수조절량	50CMS
유역면적	52.7km ²
발전방식	양수발전(년발전량 1,200만 KW)

조르페탈 댐은 하천유량의 변화가 심해 하천유지유량의 안정적 확보와 수력발전 기능을 위해 개발되었다. 여기에 시대적 요구에 따라 주변의 아름다운 경관을 활용한 휴양지로서의 기능이 추가되었다.

본 댐에는 많은 환경친화적 시설이 도입되었는데 다음과 같다.

저수지 상류(Amcke 지역)에 상류댐을 건설, 수질오염방지와 일정한 유량을 하류로 공급하여 생태계를 보호하였다. 또한 수질관리를 위한 철저한 관리를 하였는데 3개 하수처리장 건설로 생활하수를 100% 처리하였고, 모터 보트와 같이 기름을 사용하는 배의 사용을 금지하였으며, 요트와 같은 돛단배도 전체의 수와 사용횟수를 제한하였다. 효과적인 수질 및 생태계 관리를 위해 저수지주변 땅 매입으로 사람의 출입과 모든 개발을 통제하였다. 댐유역을 휴식(산책, 하이킹 등) 공간과 캠핑구역으로 구분하여 관리하였고, 댐 구역 내에서는 취사와 야영을 금지하였다.

댐 사면의 침식방지를 위한 식생호안도 조성하였는데 돌망태나 석축같은 인공재료가 아닌 버드나무, 오리나무를 식생하여 침식방지와 주변 경관과의 조화를 유도하여 생태계 보전을 추진하였다. 뿐만 아니라 경관에도 환경친화적인 고려를 하였는데, 댐 주변의 아름다운 자연을 이용한 산책로를 개발하였다. 요구인 휴양지로의 개발과 그에 따른 수질저하 등의 요소를 적절히 조화시켜, 경관이 빼어난 저수지 주변을 최소한으로 개발하였다. 여기에는 산책과 하이킹 허용, 산책로 차량진입 금지, 산책로 주변에 취사 및 야영 금지 등의 내용이 포함된다. 댐정상부 양사면에 일정구간 나무를 심어 산책로 연장을 했다. 댐 정상부 양쪽에 나무를 심어 주변환경과의 조화를 유도하였다. 이를 통해 숲속 산책의 느낌이 이어지며 주변 숲과의 조화를 유도하기 위해 댐 마루에 나무를 심어 댐체가 주변경관을 파괴하는 느낌을 최소화하였다.

댐 형식이 흙댐이므로 이를 활용해 하류측 사면에 야생 잔디류를 심어 푸르름을 조성하여 주변 숲과의 색채적인 조화를 유도하였다. 여수로 주변을 숲으로 조성, 외부에서 여수로가 보이지 않도록 처리하였다. 댐 좌안에 설치된 여수로를 주변 숲과 같은 수종으로 심어 숲과 일체감을 증진하였다.

2) 독일 뢰네타 댐

본 댐의 루르강의 지류 뢰네타강 유역에 있는 뢰네타 지역에 위치한 댐이다. 댐의 개요는 다음과 같다.

<표 3-14> 뢰넨탈 댐의 제원

구분	내용
건설기간	1908~1913년
댐형식	콘크리트 중력식 아치댐
댐높이	40m
댐길이	650m
댐바닥 폭	34.2m
댐마루 폭	6.25m
유역면적	432.0km ²
총저류량	134.5×106m ³
계획홍수위	213.74m
홍수조절량	1,000만톤
저수지 수면적	1,037ha
저수지 주변길이	약 38km

뢰넨탈댐은 수자원의 안정적 확보, 홍수조절 및 발전 등 다목적이나 용수확보가 주요한 기능이다. 뢰넨탈댐에도 각종 환경친화적 시설과 요소가 도입되었다. 댐 설계시 국민정서와 주변의 주요 문화재를 고려해 댐과 주변 경관과의 조화를 유도하였고 댐의 전체적인 모습을 중세 시대 성곽 형태로 건설하여 산과 물이 있는 주변환경과의 조화는 물론 정서적 향수를 유도하였다. 또한 댐과 주변 산림 녹색과의 조화를 위해 댐 표면을 어두운 색깔의 현무암으로 외장처리하였다. 저수지 사면보호를 위해 engineering biology를 고려해 자연에 가까운 공법을 적용하였는데 사용한 석축은 콘크리트 등이 주변경관에 어울리지 못하였고 끝부분에서 침식이 발생하여 섬유포를 돌망태 하단에 사용하였으나 효과가 미비한 한계점도 있었다. 이를 방지하기 위해 시범적으로 버드나무로 수제를 축조한 방법을 사용하고 있는데 효과적임이 판명되었다.

그 밖에 수질보호를 위해 여러 노력을 시도하고 있는데, 댐 주변이 휴양지로 지정되었기 때문에 이는 더욱 절실하였다. 구체적으로, 요트 시설도 20개로 한정하고 전체 요트수도 800개로 제한하여 관리하였으며, 캠핑장은 댐 유역 밖에 설치하였다. 저수지를 왕래하는 유람선 운행속도도 저수지사면 침식방지를 위해 법으로 규정하여 유람선 운행을 발생하는 물결에 의한 저수지사면 침식을 방지하고 있다.

3) 독일 뉘탈댐

뉘탈댐은 위퍼강 유역 뉘탈 지방에 위치한 댐으로 댐형식은 흙댐이고 나팔형 여수로로 구성되어 있다. 본 댐은 상수원 확보를 위한 용수댐으로서 독일에서는 상수용 댐에 한해서는 홍수조절, 발전 등의 다른 목적을 부여하지 않고 상수용 목적으로만 운영하고 관리하고 있다. 뉘탈댐 역시 환경친화적 요소를 도입하였는데 주변과 같은 종류의 나무를 댐사면에 식생하여 외형적으로 인공구조물인 댐체를 시선에서 가리어 주변 산이나 구릉의 연장으로 보이도록 설계한 것이 인상적이다. 뿐만 아니라 댐 여유고 주변에 풀 종류로 식생을 식재하였는데 댐마루 상류쪽 사면은 여유고 부분의 식생으로 사면 침식방지를 유도하였다.

뉘탈댐의 철저한 수질관리 역시 친환경적인 댐관리의 핵심 사항이라고 할 수 있다. 상수용 저수지에는 수질보호를 위해 저수지 내에 요트장같은 위락 시설을 설치하지 않았고 출입을 제한하였다. 반면 댐정상부터 하류부는 주민에게 산책로 등으로 개방하여 자연을 즐기며 휴식을 취할 수 있도록 배려했다(한국수자원공사, 1997.).

2. 댐주변지역 활성화 지원 사례

선진 외국의 경우에는 일찍부터 새로운 개념의 수자원 정책을 수립하여 댐 등을 축조할 때는 일반적인 댐건설 목적 외에 준공 후 생성되는 저수지와 수변지역에 대한 활용도를 극대화하고 지역경제 향상을 도모하기 위하여 이를 법제화하고 사업자 등으로 하여금 의무사항을 부여함으로써, 댐은 환경 위해시설이 아니라 지역에 열린 공간, 지역주민과 함께 하는 시설로의 활용을 제도화하고 있다.

특히, 미국의 경우 1985년부터 시행한 Public Law에 의거 모든 수자원개발사업은 조사 및 계획 단계에서부터 레크레이션 기회와 어족 및 야생동물 서식증대 사업을 포함토록 하고 있으며, 동 사업의 실천력을 강화하기 위하여 사업에 소요되는 예산을 수자원개발사업 편익계산에 반영시키도록 하였을 뿐만 아니라 비용배분주체 등을 명

확히 하는 등 댐 저수지 활용성 극대화를 제도적으로 뒷받침하고 있다.

<표 3-15> 외국의 댐 주변 활용 확대 제도

국가	법 률 명	내 용
미국	Flood Control Act	· 저수지는 수영, 보트 등의 용도로 대중에 개방
	Water Resources Project Act	· 댐 등의 개발사업에 있어서는 레크레이션 기능을 적극적으로 검토하여야 함.
일본	수원지역 특별대책법	· 본 법의 규정에 없는 경우에도 수원지와 지역경제 활성화를 위해 노력하여야 한다.(수특법 제 14조)
	수원지 대책 편람	· 수특법 14조는 댐호의 관광자원화 촉진에 목적
영국	Water Resources Act 1991(Wales)	· 개발청이 웨일즈내에 하나 이상의 지역사회에 항구적인 영향을 미치고, 건설 1차목적이 지역사회나 주민이 아닌 댐건설 및 운영과 관련한 작업을 수행하는 경우 지역주민에게 편익을 제공하기 위한 레크레이션이나 다른 여가활용시설을 직접 제공하거나 또는 그러한 시설을 제공하는 타인을 지원할 의무가 있음.
	Water Industry Act 1991	· 상기 Water Resources Act 1991(Wales)와 동일

구체적으로, 미국 시카고에 있는 Kilbourn 댐의 경우, Wisconsin Dells 마을을 댐 호수를 바탕으로 친수 물놀이 휴양 및 편의시설을 조성하여 시카고등 주변지역 도시인들의 레포츠, 휴식공간등으로 제공하여 지역경제를 활성화하고 있다. 관광시설의 설치 및 관리는 민간이 개발, 관리 및 소유하며 유람선운항, 수상스키 등 댐수면을 적극적으로 이용하는데 매년 3백만명의 관광객이 방문하며 7,000여개의 직업 창출로 약 525백만\$(6,977억원)의 관광 및 레크리에이션 소득 창출된다. 여름 시즌에는 부족한 서비스인력을 전 세계의 자원봉사자 학생들이 도와주는 운영체제로 장래적으로 홍보효과가 기대된다. 미국의 댐 주변지역 활성화 효과를 아래 표에 제시하였다.

<표 3-16> 미국의 댐 주변지역 활성화 효과

기 관 명	호수 (개소)	방문객수 (천명/년)	고용창출효과 (천개)	경제적효과	
				(억\$/년)	(억원/년)
미 개척국	288	50,000	87	60	72,000
공병단	537	211,800	364	251	301,200
TVA	54	108,000	186	129	154,800

자료 : National Recreation Lakes Study Commission. 1999.

일본의 경우, 홋카이도 소재의 가츠라자와 댐과 가나야마댐을 실례로 들 수 있다. 가츠라자와댐은 취수탑으로부터 약1km 상류지역에 관광호텔, 캠프장과 테니스코트, 보트장(개인용), 음식점 등의 레저시설을 정비, 계절별로 주민 및 관광객 휴식공간과 볼거리를 제공함으로써 지역경제활성화를 도모한다. 주요 축제행사로 하계에 댐 축제, 추계에 댐페스티벌, 단풍축제등으로 댐의 연간 이용자수는 약 19만명이나 되는데 특히, 호수축제로 낚시행사(송어,산천어,빙어)에는 매년 약 2만명이 참가한다. 주변지역정비 사업시행 및 관리는 관광협회, 지자체, 주민상업번영회 등이 자율적 협의체를 통한 역할의 분담으로 특별한 법제도의 규제없이 사업을 추진·관리하고 있다.

가나야마댐은 댐상류 7km 지역에 일반호텔, 통나무집, 방가로등 다양한 숙박시설 제공과 라벤다(지역특산 꽃이름)공원, 보트장, 스포츠센터, 캠프장, 오토캠프장 등 적극적인 수변이용시설 및 관광레저시설을 설치하여 이를 활용함으로써 지역경제활성화에 앞장서고 있다. 댐호수를 배경으로 한 가나야마 지역축제등 약 45만명/년의 관광객이 이용하며, 카누레이스, 불꽃놀이, 빙점축제, 빙어낚시등 다양한 축제를 개최한다. 주변지역정비 사업시행 및 관리는 관광협회, 지자체, 주민상업회 등이 자율적협의체를 통한 역할의 분담으로 특별한 법제도의 규제없이 사업추진 및 관리를 하고 있으며 특히 호텔시설은 지자체가 건설 관리하여 저렴하게 이용할 수 있다. 기타 국외의 댐주변 활성화 지원 사례는 다음과 같다.

<표 3-17> 국외 댐주변 활성화 지원 사례 개요

구 분		주 요 내 용
미 국	Kingsley Dam	야생조류 서식지 제공 윈드스핑등 여가활동공간 제공
	Harriss Dam (Harris Project)	낚시, 보트, 야영장, 래프팅, 카약, snowmobile이용(겨울)등 여가활동 공간제공
	Wisconsin River Dam	카누/카약경기 코스 설치 등 여가활동 공간제공
	Savage River Dam	국제 카약경기 대회개최
	Kilbourn Dam	호수 유람선 운항으로 관광수입
일 본	日 南 댐	캠프장 정비, 댐호반주변 보행자도로 정비 댐 수면 레크레이션장 제공
	土 師 댐	水 박물관, 국제회의장 등 학습체험장 제공 카누경기 코스 설치, 자연체험장의 제공
	中筋川댐	다목적 광장 정비, 수면 레크레이션장 제공 비오톱 등 야외학습장 제공 미니골프장, 오토캠프장의 정비, 댐제방의 경관설계
	小 玉 댐	댐주변 꽃놀이 광장, 수생식물 및 산책로 정비 기념박물관 정비
	四万川댐	갤러리 및 엘리베이터 개방 댐하류 및 주변에 습생식물원등 친수시설 정비 온천시설 및 자연관찰원등 자연시설 정비
	下條川댐	자연학습관, 잠자리생태원, 습생식물원등 시설정비 댐 갤러리 개방
	靑 土 댐	호반친수공원, 오토캠프장 정비, 댐제방 Light Up

기존댐 주변지역의 당면 현안과제를 종합적으로 요약하면, 댐의 국가적 편익제공에도 불구하고 댐에 대한 유·무형의 많은 부정적 인식으로 피해의식이 만연되어 있고, 특히 기존댐 주변지역 주민의 불만과 각종 NGO들의 활성화가 기존댐 저수지 관리를 어렵게 하거나 댐건설 반대 분위기 조성의 진원지가 되고 있다. 따라서 원활한 댐관리 및 건설기반 조성을 위해서는 기존댐 주변지역 주민이 겪는 불편을 해소하고 댐이 지역과 주민에게 도움을 주는 시설이라는 국민인식을 전환시킬 수 있는 정책변화가 요구되고 있다(한국수자원공사, 2002).

제4장 댐의 환경친화적 관리방안

20세기에 들어오면서 수자원개발을 위한 댐건설은 토목공사 및 시공기술의 발달로 각국은 경쟁적으로 대규모 댐을 건설하는데 집중하였다. 그 결과 수자원의 이수·치수면에서 높은 효율성을 가질 수 있어 산업발달, 도시화의 촉진 등 경제발전의 밑거름이 된 것은 사실이나 댐건설에 의해 환경 및 생태계의 파괴 내지는 손실을 초래하였고 하천유역의 생활문화 변질 또는 손실을 가져왔다는 비난도 있다. 대규모 다목적 댐의 건설이 이수·치수면에서는 국가 및 사회전체적으로 유익한 기능을 한다는 것은 일반적으로 인정되고 있으나 댐 주변지역 및 상·하의 유역민에게 부정적으로 받아들이는 문제가 있다는 것이 현실이다. 즉, 댐의 건설에 따른 환경파괴, 생태계의 변화, 주변지역에 미치는 환경에의 영향, 개발에 따른 사회·경제적 손실이 오히려 더 크다고 보고 있다. 그래서 이의 대안이 대두하게 되었는데 이는 즉, 신규 댐을 설계할 때나 기존의 댐을 관리할 때 환경친화적인 요소를 도입하여 수자원 및 당해 유역의 지속가능성을 도모한다는 것이다.

대규모 댐건설 이후 나타난 현실적 문제는 첫째, 대규모의 인공호수로 인하여 주변지역의 기상변화(기온차, 습도, 일조량, 안개일수 등)와 생태계의 변화로 주민건강과 농작물의 수확에 영향을 준다는 것과 둘째, 수몰민과 수몰지의 발생으로 인구감소와 지역경제력의 위축을 가져오고 셋째, 상류 및 주변지역에 대한 각종의 제한조치로 재산권 행사의 제한 내지 침해가 발생한다는 것이다. 넷째는 댐건설로 인한 편익은 댐 하류민에게만 돌아가고 댐 주변 지역민들에게는 각종 제한 조치로 인한 경제적 불이익을 받아도 이에 합당한 대책이 없다는 것이다.

본 장에서는 이와 같은 여러 문제들이 개선될 수 있도록 댐 관리방안을 마련해 보고자한다. 여기에는 기존댐의 환경친화적 운영을 위해 유역통합관리(integrated watershed management) 개념 도입, 지역공동체와 생태계를 상위로 하는 수자원 관리, 환경생태학적, 공공친화적 친수성제고, 공공·정부·지자체 등 이해관계자의 조화모색, 사회구성원들의 동의와 자발적 참여 유도 등이 포함된다. 이어서 댐 상류유역의 산지관리와 하천관리의 여러 가지 방안들을 검토하였다. 마지막으로 환경친화적

설계 지침을 구체적으로 고려함으로써 기존 댐 관리와 신규 댐건설시 댐 및 주변유역, 댐관련 부속구조물을 어떠한 기준에 따라서 건설하고 관리할 수 있는지 모범 모델을 제시하고자 하였다.

1. 기존의 댐관리시스템 개선

가. 유역환경을 고려한 댐·저수지 종합관리기반·체계 구축

1) 댐주변지역 환경친화적 관리 및 특성화 사업 추진

수자원관리에 대한 공공 및 이해관계자들의 의견과 역할이 커지면서 기존의 관리 정책에 대한 전환 필요성이 확산되고 있다. 이수·치수 위주의 수자원 개발·정책에 대한 지역정서의 악화로 신규 수자원 개발정책 시행차질이 발생하는 등 환경친화적 물관리의 필요성이 증가하고 있다. 따라서 댐 주변지역의 관광자원화 및 친수공간 조성 등을 추진하여 지역에 기여하고, 아울러 댐의 특성을 나타낼 수 있는 사업을 병행 추진하여 댐주변 환경개선사업의 적극 추진이 필요하다.

2002년 다목적댐에 대해 댐주변지역 정비사업 추진절차 등 투자사업의 효율성 제고를 위한 『기존댐 주변지역 정비사업 시행기준』이 수립·시행중이고 이를 바탕으로 안동·섬진강·소양강댐 주변 종합환경개선 기본계획을 수립하여 추진중이다. 그리고 2003년에는 친수공간, 체육공원, 인공습지 등 환경친화적 시설물 개발사업 시행 및 관리규정도 마련하였다. 댐주변지역 환경친화적 관리 관련, 관광객 Walk tour 체험코스 조성, 댐정상-댐법면도로-댐진입도로에 꽃길을 조성하여 도보로 관광하면서 댐시설물을 견학할 수 있는 tour 코스 조성, 수계에서 자생하는 고유어종 및 우리나라 토속어종을 전시하는 수족관 건립, 댐하류 광장 및 시민휴식공간, 댐하류 수중보 인근 종합시민공원 조성 등 댐별 특성화 사업(symbol)도 적극 추진하여야 한다.

2) 댐상류 오염부하 저감 및 저수지 수질개선 방안 시행

환경부에서는 사전예방적 유역관리차원에서 수변구역지정·완충저류시설 설치·오염총량관리제·하천구역 오염물질사용제한 등을 추진하고 있다. 반면, 현재 댐상류 하수처리율은 34.4%로 저조한 실정이며, 비점오염원에 대한 대책도 장기간·고경비가 요구되어, 현실적으로 적용가능한 장·단기 개선대책을 수립·시행하는 방안이 필요하다. 특히 호소내 흡수, 조류, 악취, 부유쓰레기 등에 의해 수질·환경에 대한 대외적인 불신감이 우려되므로, 이에 대한 시급한 조치가 요구된다. 또한 댐별 목표수질 설정에 있어 정책목표와 관리목표가 상이할 뿐 아니라, 목표수질 달성을 위한 대책이 미흡하다. 수질관리대책이 명확하지 않을 경우, 환경단체 등의 반대로 댐주변지역 환경친화적 개발사업 시행에 차질이 예상된다.

따라서 유역내 점오염원·비점오염원의 실천적인 관리대책과 호소내의 수질개선 방안을 연구·조사하여, 궁극적으로 댐·저수지의 목표수질 달성을 위한 방향에서 대책을 수립·시행하여야 한다. 이를 위해 하수처리율 제고, 고도처리 등 환경기초시설 설치 및 운영효율 제고를 통한 오염부하 저감노력을 지속해야 한다. 또 유역의 점오염원부하 저감을 위한 유역외 하수배제 및 유도 등에 대해 기존댐의 적용성 검토 및 관련기관과 협의, 비점오염원 저감을 위한 축사 및 기초시설 관리의 홍보 및 관련기관과의 공동조사 검토, 부유물처리시설 개선 및 처리방안의 현실성·효율성 강구가 필요하다. 또 공기부상조류제거, 심층폭기에 의한 저층수 수질·흡수 대책 수립 등 저수지 수질개선을 위한 연구·시범사업을 지속적으로 실시하여야 한다. 또한 저수지 목표수질관리를 위한 기본계획 수립하여 관리함이 바람직하다. 목표수질관리는 물관리종합대책, 상수원보호구역 지정용역, 상수원 종합대책 등에서 제시하는 실질관리목표수질 채택하여 오염요소 관리 및 지천별 허용기준 설정지표로 활용토록 하고 관리목표수질을 기준으로 환경부·지자체·학계·NGO·지역주민의 공동참여를 통한 합의에 바탕을 두어야 한다. 우선 대상 다목적댐(총14개댐)중 오염도가 비교적 높은 소양, 대청, 안동, 섬진강댐(총4개댐)을 우선으로 추진함이 바람직하다.

3) 저수지 생태현황 조사 및 복원대책 시행

댐건설 후 서식환경변화로 인한 수중생태보전과 어족보호를 위해 지역사회 및 NGO등과 연계하여 치어방류사업을 추진중이나, 댐건설·개발에 따른 자연환경 및 생태계 파괴에 대한 국민의 불만과 위기의식이 팽배해 있어, 생태·환경적으로 건전하고 지속적인 개발측면에서 철저한 생태환경조사와 그에 따른 생태복원이 요구되고 있다.

개선방안으로는 현재 생태현황조사는 자체적으로 실시하고 있으나, 생태복원은 시초 단계로 많은 경비와 장기간이 소요될 것으로 예상되어 국가적인 사업으로 추진함이 바람직하다. 기초조사 및 연구사업으로 댐 주변지역 생태환경조사는 댐 관리자가 지속적으로 실시함이 바람직하고 다목적댐 치어방류 및 모니터링, 운영매뉴얼 등을 정비하여 치어방류는 생태계에 영향이 없고 대량생산이 가능한 토종어종과 경제성을 고려 회유가 가능한 어종, 종 다양성 확보와 격감위기에 처한 육식어류(쏘가리, 꺾지)를 대상으로 지속적으로 시행함이 바람직하다.

생활환경 개선등 정비사업을 국가가 주도적으로 추진하는 것은 곤란하기 때문에 개선방안으로 적극적인 개발과 보전 대책을 통한 삶의 질 향상 도모 측면에서 댐 주변지역에 보전을 전제로 한 댐주변지역 종합환경개선사업 시행, 댐의 기능강화 및 지역경제 활성화 도모하여야 한다. 환경친화적인 주변지역 정비사업을 추진함으로써 댐에 대한 지역의 부정적 정서 완화로 댐운영 조기 정상화를 이룰 수 있을 것이다. 친환경적 주변지역 정비사업으로는 댐주변 및 하류하천 정비, 저수지 주변지역 친수 환경조성, 환경 및 생태 보전·복원 등이 있다.

4) 기존댐 시설개량, 지역주민편의시설등 자체 투자 및 지역친화노력

관리중인 14개댐 중 특히 소양강댐 등 5개댐(소양, 안동, 섬진강, 충주, 대청댐)은 준공이후 15~30여년이 경과하였다. 건설당시 국가경제여건·국민 생활수준의 차이로 편의시설이 빈약한 것이 사실이다. 댐은 자연과 인공구조물이 어우러진 대규모 시

설로 관광자원·지역경제 활성화에 개선효과가 매우 크나 오히려 지역의 기피시설화 되어가고 있다. 기존댐은 신규댐에 비해 댐 시설내 출입제한, 통제로 공간적으로 지역과 단절되고 저수지의 개방·활용을 위한 지방자치단체와의 적극적인 협조 노력 미흡하여 상대적 피해감이 크다.

개선방안 및 조치계획으로 우선 시설 개량·개선에 대한 자체 투자 규모 확대 및 근거확보가 필요하다. 다목적댐 수탁관리자로서 댐법 제36조에 의거, 시설의 수선·유지에 필요한 투자는 가능하나 대규모 시설의 개량·개선에 필요한 비용부담 근거가 미약하다. 따라서 우선 수자원공사는 자체투자를 통한 댐시설 개량·개선 투자기반 조성후 치수·안전시설 등 명백한 국고투자대상은 댐관리권자인 국가에서 투자토록 지속적으로 요청하는 등 치수·안전시설등에 대한 국고 시행논리 정립 및 지속요청이 필요하다. 댐 시설물 개방 및 주민 편의시설 확충과 댐 유역내 환경기초시설 등 주변지역 환경정비를 적극 추진하여야 한다.

5) 수계관리기금의 활용방안 모색 및 사업추진

4대강 수계의 수자원과 오염원의 관리차원에서, 비용분담제도로써 도입된 수계관리기금은 수공의 기금부과·징수에도 불구하고 활용은 지자체와 환경청의 고유권한으로 되어있다. 현재 수공에서 활용할 수 있는 근거는 환경부장관의 요청(준설, 조류제거, 청소 등)에 의거한 비용지원 수준이다. 따라서 저수지·유역관리·각종 수질개선사업의 관리 이분화 및 전문성 결여의 부정적인 측면이 있으므로, 국민 부담금의 합리적인 활용에 대한 협의·보완·개선 추진이 요구된다. 개선방안 및 조치계획으로 현단계에서는 수계관리기금으로 시행하는 저수지 및 유역내 수질개선사업 등에 대해 지자체와 수탁형태로 협의 추진하고 특히 비점오염원관련 사업은 환경부와 수공의 공동수행을 기본방향으로 추진하여야 한다. 이에 는 수계관리기금활용·일부 수공예산 투입하여 댐유역 비점오염원관리대책 수립, 수변정화기술 적용 타당성 조사, 비점오염원 저감방안(유량, 수질, 발생원단위), 비점오염원 처리대책제시(비강우시, 강우시), 비점오염원 처리를 위한 적지별 각종시설 실시설계 등이 있다. 기타 대청·

주암호 수변정화 시설 설치·운영 시범사업 시행, 강우초기 유입되는 오염 우수의 적정처리(완충저류지, 접촉산화시설, 습지, 유로전화 등 10여개의 자연정화형 처리시설), 환경친화적 시설설물설치로 학습·레크레이션 기능 확보가 필요하다.

나. 지자체 등 지역공동체와의 유기적 협조체제 구축

1) 지역사회의 댐관리 참여기회 확대

지역사회의 댐에 대한 부정적 인식 해소를 위하여 NGO등 사회단체활동 참여, 지역 간담회 등을 실시중에 있으나 추진성과가 미흡하다. 2002년 현재 대청호살리기 운동본부, 소양·안동·임하·충주·주암·섬진강 등 6개댐 환경보전연구소를 설치·운영중이나 운영체계의 미정착, 운영의 연속성에 대한 회의가 내재되어 있다.

개선방안으로는 6개댐 환경보전연구소 법인화, 운영자금의 안정적 지원체제 확립, 댐주변지역 간담회 운영 내실화하여 댐주변 지자체 단체장, 사회단체대표로 구성되는 상설 댐운영위원회를 설치운영(분기 1회 개최)하고 댐주변지역 요구, 불만사항 수렴 댐운영계획에 반영하고 지역협의, 댐운영위원회 운영실적 및 현안사항의 해결노력 정도를 댐별 고객만족도 평가지표로 활용하는 방안이 모색되어야 한다.

2) 지역사회가 공감하는 문화·사회·경제적관점 제시 및 홍보대책

대형다목적댐을 관리하고 있는 수자원공사 물홍보관은 11개소이나 이중 주암, 임하댐 등 5개시설은 10년이상된 노후화 시설이다. 특히 수도권에서 가까운 우리나라 대표적인 다목적임 소양강과 안동, 보령, 섬진강댐은 홍보관이 없다. 홍보관이 있는 경우도 전시물의 노후화 및 진부화, 지역협력을 위한 문화공간 활용미흡, 자연생태, 환경보전 등 국민 요구(Needs)에 대한 교육의 장 활용 미흡 등 물관리 당면과제 및 정책 홍보기능 미흡하다. 각 댐별 인터넷 홍보자료가 빈약한 실정으로, 댐 자체시설의 저수지 주변의 명소, 특산물등 일반인들이 보다 친숙하게 접근할 수 있는 자료의 내

실화가 요구된다.

개선방안으로 대형댐을 관리자만이 가지는 고유의 홍보방법 발굴과 그에 따른 국민들을 상대로한 적극적인 홍보전략을 수립·시행하여 댐의 필요성, 가치 등 댐으로 인한 경제·사회·문화적 이점을 최대한 알릴 수 있는 공간확보와 이벤트 추진이 필요하다. 물홍보관도 소극적 전시문화에서 국민을 위한 적극적 문화공간으로 개념정립, 지역주민에게 문화적으로 열려있고 친근감 있는 공간으로 활용, 물 환경에 대한 체험과 교육의 장으로 활용 등 운영개념 재정립 및 개선방안 수립이 필요하다.

각댐별 인터넷 홈페이지 보완을 통한 cyber홍보관으로 활용 추진하여 댐, 저수지에 대한 관리정보, 댐 상류지역에 관련된 역사자료, 토속적이고 재미있는 이야기, 댐주변 드라이브 코스 안내, 환경생태 자료, 상·하류탐사기 게재, 아름다운 상·하류 자연환경 사진(주간 베스트사진 선정 포상), 마을, 사람들 소식, 커뮤니티 공간(게시판)개설 등이 필요하다.

댐주변 아름다운 자연환경 및 탐사코스 발굴·홍보, 특히 동·식물 군락지, 산책로, 산악마라톤 코스, 산악자전거 코스 및 카약등을 이용한 수상레저 코스 발굴 등 필요하다. 기타 저수지 상·하류 주민간 교류 및 공감대 형성 방안 추진, 물의 경제·사회적가치 계량화로 객관적인 홍보 추진, 댐관리자료의 정기적 제공 및 투명한 공개로 정보 공유 대책 추진 등이다.

다. 환경친화형 하천사업 시행

1) 국가하천의 자연친화적 하천정비사업참여 기반조성

정부에서는 하천의 생태계 복원과 수질자정 기능 향상을 위하여 친 자연형 하천정비 및 복원사업을 본격 추진하고 있다. '98년 오산천을 시초로 경천, 경안천의 자연친화시범사업실시하였고 '02. 01. 24 자연친화적인 하천관리지침 제정 및 6월부터 국가하천 도시구간 하천환경 기본조사 실시한바 있다. 그러나 수자원공사의 하천수질개선에 대한 시범사업이 시화호 인공습지에 국한되어 있으며, 하천환경에 대한 자료조

사 및 기술축적이 부족하며 궁극적인 유역관리·사업영역확대를 위한 하천사업진출이 필요하다는 한계점이 있다.

개선방안으로 하천관리 및 유역통합관리를 위한 댐 관리기관도 시범사업을 실시하며, 실질적인 수질개선효과 추구, 지역주민 참여를 원칙으로 시행하여야 한다. 하천살리기 시범사업을 추진하여 수질개선·자연친화적하천관리·하천사업진출·유역관리 등을 최적으로 고려, 계획단계에서 지역의 참여 유도 및 적극적인 홍보가 필요하다. 환경친화적인 하도 개량 및 생태 복원을 위해 지방1, 2급 하천에 연계된 하천을 대상으로 시범사업 전개, 하도·수질·생물·친수공간 관리·개량·모니터링, 계획·설계·시공·유지관리·모니터링에 대한 주민참여 추진, 자연형 공생하천 정비·설계지침의 기초단계로 실시하여야 한다.

또한 수변조사(물리·화학·생물·생태계·주변환경)기준 및 지침, 수역(수제역)·생태계·수변공간의 정비·관리·설계 기준 개발, 하천의 연속된 공간(상·중·하류)개념을 고려 구간·전체 조화 등 종합적인 자연형공생하천 정비·설계기준 수립하여야 한다.

2) 환경친화적 하천관리 기술 표준화

현재 저수지에 대한 수질개선을 위한 호소내 물리·화학적 수질개선방안, 상류 오염부하 저감대책 방향으로 직·간접투자 및 관계기관과의 협의 등을 추진하고 있으나, 각 댐별(유역)세부적이고 통합된 수질(저수)관리 표준기술이 없어 하천사업 및 유역관리에 대한 경쟁력이 미흡하다. 개선방안으로 실질적인 현안과악 및 저수지 외 하천의 자연친화적인 하천기능 확보를 위한 저수·수질관리 기술개발 및 자료축적을 목표로, 향후 유역통합관리기반 조성이 필요하다.

유역별 수질(생태·저수) 현안사항 조사·기본계획 수립하고 이를 바탕으로 저수지·상류·하류를 연계한 통합 수질관리 기술 개발 및 적용하고 유역별 댐하류 하천의 수질·생태환경을 위한 저수관리기법 개발, 최소유량(Minimum flow)기술, 선택방류 기법등의 개발이 필요하다. 그리고 저수지 목표수질관리를 위한 수질예측 시스

템과 연계도 필요하다.

3) 하천사업·유역관리 의식제고의 지역주민 참여 프로그램 개발

하천관리의 목적중 하천환경의 정비와 보전이 이미 제시되어 있고, 하천내의 생태계 보전, 아름다운 경관, 수변공간의 쾌적함에 대한 사회적 욕구가 증대되고 있는 실정이다. 반면 하천의 환경친화적인 공간관리보다는 생태·수질·수량 문제에 초점이 집중되고 있으며, 하천·유역관리 등의 추진을 위해서는 사업시 지역주민의 의견반영, 참여가 반드시 필요함에도 현재까지는 관 주도로 하천사업 및 저수지관리를 추진해오고 있다.

개선방안으로는 하천사업진출을 위한 상·하류 시민의식 제고방안 추진하고, 하천 살리기 시범사업, 친환경공간조성, 유역현안문제 조사등 조사 및 대책수립단계에서 의견반영체제 구축도 필요하다. 실개천에 대한 부락단위의 모니터링 및 감시활동체제 구축, 지역주민의 관리주체로의 인식전환과 관리조직 구성, 수변경작에 대해 경작자 스스로 토양보전·수질개선·제도정비차원에서의 관리활동이 가능하도록 지원·협업·유도방안강구 등 수변·상류 주민의 자치적인 토양·수질관리 유도·지원검토가 필요하다.

라. 유역 중심의 하천운영체제 구축

1) 댐-하천연계운영을 위한 수문조사 기능 강화

다목적댐을 중심으로 상류와 하류유역의 수문조사가 이원화되어 홍수통제소는 유역 홍수통제를 위한 수문관측 및 조사를 담당하고, 수자원공사는 다목적댐건설·관리를 위한 수문관측 및 조사를 시행하고 있다. 따라서 수문관측방법, 장비 등의 표준화미흡으로 측정의 일관성 결여되어 있다. 갈수기 수위-유량곡선식의 신뢰도 저하로 댐-하천을 연계한 이수관리 측면의 활용도 저하되고 기득·허가수리권을 통한 유역

내 댐용수 사용량의 자료조사도 미흡하다.

개선방안으로는 수계별로 댐운영 과학화를 위한 댐 하류 주요지점 갈수기 유량측정 실시, 경쟁우위의 신뢰도 높은 수위-유량환산식 개발, 댐 용수이용 현황 등 물관리 기초자료 수집·관리 등 수계별 수문조사 조직 및 기능을 강화하여야 한다. 수문조사 대행 및 수문관측소 위탁관리 추진도 필요하다.

2) 댐-하천 연계운동을 위한 물관리시스템 개선

수자원공사에서는 댐관리 전문기관으로서의 위상과 경영효율성을 제고하기 위하여 댐과 하천을 연계한 수계종합 물관리와 댐통합운영체계 구축을 목표로 물관리센터를 구축하였다. 물관리센터의 핵심기능은 유역의 다양한 물정보의 수집·제공과 다목적댐을 중심으로 한 댐-하천시스템 연계운영이지만, 이를 수행할 수 있는 기술적 기반이 취약한 상태이다. 특히 댐상하류를 연계한 수계단위 물관리 기반기술 취약(강우-유출해석 → 물수지분석 → 공급량 배분 → 효과분석), 댐 하류상황을 고려한 댐 홍수조절 제도적·기술적 한계 등이 문제점이다. 건교부는 5대강 수계의 홍수통제소를 하천관리청으로 재편코자 추진중이며 하천운영 업무지원을 위한 하천운영시스템을 구축중이다. 따라서 하천운영시스템의 기능은 하천정보의 수집·관리 뿐만 아니라 유역의 물수지와 댐운영 부분을 포함하고 있으므로 전략적 대응 필요하다.

개선방안으로는 댐-하천연계 통합운동을 위한 실시간물관리운영시스템 구축, 댐운영과 하천운영시스템의 기능 및 역할 분담 협의(건교부 하천관리과), 댐 상·하류를 연계한 홍수분석 및 조절기술 확보 등이 필요하다.

3) 댐-하천 연계운영 주도를 위한 법·제도적 기반조성

하천법상(시행령 제57조, 2001. 9) 국가하천의 이·치수관리의 권한은 홍수통제소장에게 위임되어 있다. 건교부는 통제소내 동업무 및 기능을 강화하기 위해 전문인력이 보강된 하천정보센터 구축을 구상 중이다. 물관리센터 중심의 댐-하천연계운영체

계 구축을 위해서는 법적 권한을 가진 건교부(통제소)와 수공의 역할분담 필요하며 동일수계내 다목적댐과 수력댐의 관리 이원화와 운영목적 차이로 댐연계운영 효율이 저하할 우려가 있다. 개선방안으로는 정부는 의사결정-정책기능을 담당하고, 수자원 공사는 의사결정지원-집행기능을 담당함이 바람직하다.

<표 4-1> 정부와 공사의 물관리 업무 구분

정부(건교부, 홍수통제소) (의사결정-정책기능담당)	한국수자원공사 (의사결정지원-집행기능담당)
· 유역관리를 위한 정책 수립	· 수문관측 및 조사업무 전담
· 하천운영 감시·규제업무	· 하천운영 정보관리 및 제공
· 하천 우수점용 인·허가업무	· 유역단위의 댐-하천시스템 운영
· 국가하천 홍수조절의사결정·감독	· 댐조절하천 홍수예보·시설관리

또한 하천법 개정도 추진하여 4대강수계 다목적댐 조절하천의 이·치수업무 수공 위임, 다목적댐·수력댐관리일원화 등을 추진할 필요가 있다. 수계내 다목적댐과 수력댐 일원화로 용수공급 최적화를 이룰 경우 한강수계 댐통합효과는 용수공급 약 4.6 억m³, 홍수조절 2.1억m³(1조3천억원 규모의 신규댐건설 대체)의 편익이 있다(국무총리 수질개선기획단, 2002.).

마. 댐 및 주변유역의 환경친화적 복원 사업 추진

1) 설계 주안점

댐건설은 광범위하게 환경을 변화시키는 사업으로 각종 인공구조물이 건설에 따른 자연훼손과 경관의 파괴 및 생태계의 변화를 수분하는 사업이다. 댐건설에 따른 댐주변 유역의 생태계 변화에 따른 고려와 자연훼손의 최소화를 위한 환경친화적 설계지

침과 댐체의 경관에 대한 환경친화적 설계에 대한 사항을 수변공간과 녹지공간 및 주변 시설물 등으로 구분하여 정리하였다. 우선 댐 및 주변유역에 대한 환경친화적 설계를 위해 고려해야 할 사항을 정리하면 다음과 같다.

가) 순환성

물은 자연상태에서 순환하는 것으로 환경친화적 시설에 대한 설계시 물의 순환성을 고려해야 한다. 즉 물의 흐름과 변화의 과정에서 가능한 자연의 물순환에 가까운 형태의 물확보와 흐름을 살리는 것이 좋다. 특히, 여러 수원 중에서 우수와 각종 용수의 활용을 도모하는 것이 필요하다.

나) 다양한 물의 연출

물로써 연출할 수 있는 방법은 크게 낙수, 담수, 우수 및 분수의 형태로 할 수 있고 형태로는 액체, 고체, 기체의 3가지가 있다. 이를 조합하여 지역과 지형과의 조화를 통해 다양하게 연출한다. 그리고 물의 유하과정은 수경적인 요소 뿐 아니라 수질을 깨끗하게 하는 자정능력과 생물의 다양화를 유도하는 생태계적 기능이 있다.

다) 수량의 안정성

수질정화를 충분히 부여하기 위해서 물가의 단면구조에 유의해야 한다. 즉, 자정작용은 미생물과 식물에 의해 촉진되므로 횡단면에 수심변화를 주어 다양한 생물의 서식환경을 만들어 정화기능을 제고할 수 있도록 해야 한다. 또한 안정적인 유량확보를 위해서 저수지와 하천의 유량이용과 유역의 우수 및 지하수 이용 등 여러 가지를 복합적으로 검토한다. 또한 수풀의 보수기능에 의한 유량과 유출기간의 조정, 저수지와 논, 수로 등의 1차 저류기능과 수문과 보에 의한 인위적인 통제 등도 고려해야 한다.

라) 수변공간의 형성

하천과 수로의 물가연속성은 여러 가지 다양한 장소를 같이 연결해 주는 효과가 있다. 레크레이션 활동, 생활공간의 활동 및 생태적 측면에서 주요한 의미를 부여할 수 있다.

마) 다양성

수변의 구조는 다양하면 할수록 생태적으로 다양하다. 따라서 수심 변화, 정선의 변화, 바닥재료의 변화, 유속의 변화에 유의해야 하며 식생과 켄, 돌, 목재 등의 바닥 재료 이용을 적절한 위치에 하는 것이 중요하다.

바) 역사 문화적 고려

물가에 있는 인간의 생활과 산업활동에 관한 역사적 흔적들과 오래된 치수, 이수 시설은 물가를 인식시키는 대표적인 요소가 된다. 따라서 그 지역의 전통적인 시설을 고려하여 일체가 되는 수변을 꾸미기 위해 호안과 하상구조의 공법과 소재를 조사하여 현황을 보전하는 방향과 소재 공법에 의한 충실한 복원을 꾀하도록 한다.

2) 수변공간

가) 설계 주안점

댐 및 주변유역에서 수변공간을 구성하는 대표적인 시설물의 기능은 수자원의 확보와 관리차원에서 중요한 의미를 가지는 것은 물론 하나의 생태계로서 동식물의 주요한 서식처를 제공함은 물론 새로이 조성된 활용부지와 시설을 이용한 휴식과 레저 스포츠 공간 및 자연학습장으로서 중요한 의미를 갖는다. 또한 기존의 댐건설과 하천

정비사업 등에서는 인간중심의 개발이 우선하여 자연 생태계의 보전과 보수, 수질보전을 위한 측면 등이 소홀히 다루어져 생태계적 기능은 물론 경관마저 훼손되어 지속 가능한 개발을 위한 구체적인 대안이 어느 공간보다 우선적으로 요구된다.

나) 설계지침

댐 및 주변유역의 수변공간을 구성하는 시설물의 종류는 저수지 사면, 친수호안, 생태공원의 연못이나 여울, 분수 및 수상스태이지 등으로 구분할 수 있다. 이 각각의 공간구조물에 대한 환경친화적 설계요소는 다음과 같다.

① 저수지 사면

저수지 사면에서 가장 주요한 설계요소는 저수지 수위의 변동과 수면에서 이는 파도에 의해 사면에서 발생하는 침식을 방지하는 것이다. 침식방지를 위한 여러 가지 방안 중에서 사면의 침식을 방지하고 주변 환경과 조화를 이루며 경관적으로 바람직한 방안으로써 식생에 의한 사면처리 방법의 설계요소는 다음과 같다.

- 저수지 주변의 토양분포: 저수지 수면등락에 의한 사면의 침식 및 세굴방지를 위해 식생에 의한 처리공법에 사전조사로 토양 분포를 조사한다.
- 저수지의 경사분포와 재료 조사: 저수지 사면 경사도는 물리적으로 완만한 경사(1:3 이상)가 더 안정적이며 사면처리 재료는 콘크리트보다 자연석이나 진흙을 이용하는 것이 물리적인 위험성이 없는 경우 경관적으로 친밀감을 제고한다.
- 저수지 사면 침수지역에 적절한 수종 선정: 저수지 사면은 의례적으로 식재를 규제하나 환경친화적 설계 개념에서는 설계홍수위 윗부분은 식물을 이용하여 사면의 안정성과 생태적 경관적 효과를 도모한다. 저수지 사면은 특성상 침수가 불규칙적으로 발생하므로 사면침식을 위해 수목의 선택과 조합 기술은 우선 친근성과 심근성의 조화를 고려해 이에 적합한 수종과 기술을 선정한다. 수목류 외에도 속근류를 이용할 수 있는데 유지관리는 물론 경비절감 효과를 도모한다. 수종의 선정은 그 지역의 환경적인 특성에 적응할 수 있는 것으로 충분히 검토하며 식재

후 생태계 교란이나 저수지 사면의 파괴가 발생하지 않도록 고려한다.

② 연못과 여울

- 동식물 생태 고려: 연못과 여울은 수경효과가 높은 시설로 동식물의 서식지인 경우 하안, 식생 등 생태환경의 보전 및 창출에 유의한다.
- 수경상의 연출을 고려: 그림자, 수면의 빛남, 수음 등 정과 동의 조합을 고려한 수경상의 연출에 대해 검토한다.
- 동식물과 암석에 의한 연출: 공작물, 암석 등을 사용하면 미적 효과 뿐 아니라 어류에게는 자연적인 서식처 및 활동공간을 제공한다.
- 물흐름 유도 방법: 물흐름의 유도는 자연유하에 의한 것이 이상적이고, 하천수를 이용하면 작은 물고기 등도 같이 넣을 수 있어 효과적이나 우물물 등을 사이펀, 펌프 등으로 공급하는 경우에는 유지관리 문제를 반드시 고려한다.
- 수심: 물은 흐르게 하는 것이 이상적이나 순환여과해서 재사용하는 경우에는 수질보전에 유의할 필요가 있다. 보통은 10~60cm, 안정성이 요구되는 경우에는 20cm 이하, 양어지에는 30~60cm로 하나 식물의 종류에 따라 수심의 변화를 조정할 필요가 있다.
- 관측장소: 생태공원의 관측장소는 사람의 접근성을 고려하되 관측대상인 동물의 입장에서 사람이 잘 보이지 않도록 주변환경과 조화를 이루어 설치한다.

③ 분수

분수는 물의 흐름 중에서 시각적인 아름다움이 강조된 경우로 분출되는 형상에 따라 분류되며 이는 기계동력과 노즐에 의해 다양한 형을 창출한다. 최근에는 분수의 형태와 움직임을 컴퓨터에 의해 다양한 형태와 크기를 연출할 수 있다.

- 공간의 특성에 따른 종류, 형태 선정
- 소규모인 것으로 다양한 연출 도모
- 일반적으로 유지, 관리를 고려해 선정

④ 친수호안

물가로의 접근이 쉽고 경관을 배려한 호안으로 물과의 물리적 심리적 거리를 단축하여 편안함과 정취를 도모한다.

- 구조적으로 계단호안과 완경사 호안으로 구분한다.
- 홍수위의 생기빈도에 따라 잠기는 정도를 고려해 소재와 형상을 선정한다.
- 이용가능한 구역 선정: 접근계단의 설치시 하안의 이용 가능구역을 수위조건에 따라 선정한다.
- 소재의 선정: 콘크리트 블록은 손쉬운 소재이나 댐 주변환경을 고려해 가능한 자연상태를 유지하거나 필요시에는 자연재료(나무, 호박돌 등)를 이용함으로써 자연과의 조화를 고려한다.
- 구조: 침식방지를 우선 고려하며, 경사도 완만하게 유도 계단호안의 경우 이용자의 안전을 고려해 미끄럼방지, 전락시 대책에 대해 검토가 필요하다.

⑤ 수상스테이지

댐 저수지 주변은 급경사가 많고 이용장소가 한정되어 새로운 부지조성이 곤란하므로 필요에 따라서는 호수면 이동이 불가피하다.

- 수위 변동에 의한 문제점을 예견한다.
- 수상스테이지의 관리 문제를 해결한다.
- 안이한 남용은 지양하고 보트 계류시설, 소규모 잔교등의 복합 이용을 권장한다.

3) 녹지공간

가) 설계 주안점

댐 공사로 인해 파괴되는 녹지공간의 보상을 위해서는 주변식생의 보전과 수목을 옮겨 식생하는 등의 활용계획과 함께 식재의 목적과 정비수준 등을 사전에 고려하여 계획한다.

① 식재와 종류

- 기능에 의한 구분: 방재, 경관구성, 녹음, 차폐, 유도 및 기념 등으로 구분한다.
- 식재 위치에 따른 구분: 식재 위치에 따라 외주, 길가, 분리, 구분 및 독립 등으로 구분한다.
- 식재 방법에 의한 분류: 식재 방법에 따라서 통일, 균정, 대립, 조화, 반복, 대비 및 비례 등으로 구분한다.
- 형태에 의한 구분: 식재형태에 의해 면적, 선적, 점적, 정형식, 부정형식 및 자연 풍경식, 군락식재 등으로 구분한다.

② 식재계획

- 식재의 기능, 기법, 위치, 형태 외에 수형, 꽃피는 계절, 계절감, 색채 및 향기 등을 고려
- 수목의 성질, 토양, 기상조건을 조사한다.
- 유지관리가 용이하고 주변 자연환경과의 조화를 고려해 수종을 선정한다.
- 현존하는 주변의 식생을 이용한다.

나) 설계지침

① 댐마루 및 댐사면

댐체의 사면은 댐의 종류에 따라 환경친화적 설계 적용을 구분할 수 있다. fill-type 댐은 사면에 초본류나 목본류를 식생할 수 있으며, 콘크리트 댐은 기능성을 확보하면서 디자인 요소 즉, 댐의 형태, 댐체 외부표면의 무늬나 색채 등과 같은 것을 고려하여 주변환경과 어울리도록 하는 요소를 친환경적 요소로 도출할 수 있다.

- 댐주변 식생분포를 조사하여 식재가 가능한 댐인 흙댐이나 사력댐 등의 댐마루와 사면에 대한 식재 계획을 수립한다.
- 식재계획시 선정하는 나무종류는 주변환경과 댐과의 경관적 조화를 위해 주변에 분포되어 있는 것과 같은 종류의 나무나 풀을 선정한다.

- 댐 상류측 사면의 여유고 부분을 식생하여 사면침식 방지와 경관을 고려한다.
- 댐체 표면이 큰 돌로 처리되어 식재가 곤란한 fill type댐의 경우 표면에 위치한 재료의 색을 눈에 띄지 않게 어두운 색으로 처리하여 인공구조물인 댐체가 주변으로부터 과도하게 눈에 띄지 않도록 고려한다.
- 콘크리트 댐의 경우 댐체 형상을 주변의 역사적 문화적 시설의 형상을 고려하여 설계함으로써 친근감을 부여한다.
- 콘크리트 댐의 표면을 어두운 색이나 혹은 돌 등으로 외장하여 표면을 처리함으로써 콘크리트 재질감을 최대한 지양하고 주변 경관과의 조화를 유도한다.

② 댐주변 도로나 채석장 절개지 사면

- 지형조건을 고려해 가급적 절개면의 면적을 최소화할 수 있도록 도로를 설계한다.
- 공사용 도로나 진입로 건설과정에서 발생하는 사면절개지에 대해 절개지의 경사와 크기에 따른 식재공법을 선정한다.
- 주변의 식생과 조화를 이루도록 주변에 있는 나무나 풀의 이식계획을 포함한 식재계획을 수립한다.
- 보도주변의 사면에는 나무크기를 다양화하고 도로변에는 담쟁이 넝쿨 등을 함께 식생하여 다양한 느낌을 창출하도록 한다.
- 댐공사용 골재채취를 위한 채석장이나 골재를 쌓아 둔 사토장도 공사 후에는 사면녹화를 하여 최대한 녹지공간을 확보하고 주변경관을 손상하지 않도록 한다.
- 댐공사 기간 중에도 흙이나 모래같은 골재를 쌓아놓은 사토장 사면에 토사의 유실방지와 주변 환경과의 조화를 위해 사면의 녹화를 유도한다.
- 댐건설지점 지하에서 골재채취로 주변 자연경관 훼손 최소화를 도모한다.

3) 댐주변 부속시설물

가) 설계주안점

댐주변에 설치되는 각종 시설물이나 공간은 사용목적에 적절한 위치에, 눈에 너무 띄어 주변경관을 해치지 않고, 유지관리가 용이하고 대다수 이용자로부터 지지를 얻을 수 있도록 기능과 형태 및 색과 밝기 등을 고려해 설치하는 것이 필요하다. 환경친화적 설계시 고려할 사항은 다음과 같다.

- 이용성 : 이용자의 편의와 이용활동의 다양성을 고려하여 자연스럽고 이용의 욕구를 만족하도록 고려한다.
- 안전성 : 시설의 배치, 구조 등에 유의하여 이용자의 안전성이 확보되도록 고려한다.
- 경제성 : 초기투자가 다소 들더라도 유지관리를 종합적으로 고려한 비용에서 경제적이고 내구성 있는 시설을 고려한다.
- 경관성 : 댐저수지 주변에서는 풍경을 즐기는 것이 중요한 활동이므로 여러 시설은 눈에 띄지 않고 주변환경과 조화를 이루도록 하고 디자인과 재질 등도 충분히 고려한다.

나) 설계지침

댐 주변 부속 시설물에 대한 환경친화적 설계지침에 대한 것으로는 주로 각종 시설물의 외형적인 설계와 건물 등에 대한 요소를 도출하였다.

① 공원 도로와 광장

- 지하수 함양을 위해 도로나 보도 건설시 가급적 포장 재료를 지향하고 자연재료나 투수성 포장을 활용하거나 자연상태의 산책로를 건설한다.
- 주변에 도로를 건설할 경우 그 지역에 천연기념물이나 대표적인 생물의 보호를 위해 도로주변에 이런 생물이 이동할 수 있는 시설물을 설치한다.

② 교양시설: 댐기념관, 자료관, 야외음악당, 공연장 등

- 자료관 등의 디자인은 그 지역의 역사적 배경이나 댐과의 경관적인 조화를 고려

하여 설계한다.

- 지역의 독특한 문화행사나 음악공연의 장소로 활용할 수 있도록 하여 댐을 중심으로 하는 공간을 생활공간의 한 부분으로 인식하도록 한다.

③ 편의시설: 주차장, 식수장, 세면장, 시계탑, 화장실 등

- 시설물은 주변환경과의 전체적인 조화를 고려하고 특히 편의 시설은 장애인도 손쉽게 사용할 수 있도록 설계한다.

④ 휴양시설: 전망시설, 휴게소, 벤치, 야외탁자, 야영장 등

- 같은 대규모 구조물에는 많은 전망지점을 갖게 되나 전망시설은 가급적 넓은 시야로 주변 경치를 즐길 수 있는 지점에 설치한다.

- 주변 경관과 조화를 이루어 산책로 등도 비포장으로 설치한다. 특히 이런 시설물의 설치시 기존 식생의 파손을 최소화하도록 한다.

⑤ 운동시설: 운동광장, 테니스 코트, 게이트볼 코트 등

- 물과 어우러지는 아름다운 지역에 각종 운동시설을 설치하여 댐 주변공간을 주민들이 자유롭게 활용할 수 있도록 한다.

- 자연조건을 활용한 체육행사나 각종 이벤트 행사를 통하여 주민과 친밀감을 증대한다.

⑥ 관리시설: 관리사무소, 조명시설, 방호시설, 안내시설 등

- 관리사무소 건물은 주변의 자연경관과 조화를 고려하며 특히 그 지역의 유명한 문화적 역사적 시설물을 고려하면 주민들에게 친근감을 유도할 수 있다.

- 각종 안내시설 크기와 형태, 글자 도안은 통일성 있게 하며 댐의 마스코트 등을 선정하여 이를 활용하면 효과적이다.

- 각종 방호시설은 안전을 우선으로 고려하되 외형을 주변 물의 유동성과 조화를 이루도록 곡선을 넣고 시설물의 재료와 일치감을 갖도록 구성한다(한국수자원공사.

1997.).

2. 댐 상류유역 산지관리

지속가능한 수자원 확보 방안이란 『미래세대가 필요한 수자원을 충족시킬 수 있는 능력을 위태롭게 하지 않고도 현세대가 필요한 수자원을 충당할 수 있는 확보 방안』이라고 정의할 수 있다. 위의 정의대로라면 불행하게도 우리나라는 지속가능한 수자원을 확보하는데 매우 불리한 여건에 처해 있다. 지금까지 수자원 개발은 대형 댐건설에 의해 주도되어, 현재 소양강, 충주 등 13개 다목적댐은 연간 10,641백만³m³의 용수를 공급하고 2,180백만³m³의 홍수를 조절할 수 있는 능력을 가지고 있다. 댐건설은 단기간에 많은 양의 수자원을 확보할 수 있고 홍수를 조절할 수 있으며 물과 관련된 연관 산업의 발전을 도모하여 경제적인 편익을 가져오는 긍정적인 효과가 있는 반면에 기상변화, 농작물의 피해, 자원수몰과 문화재 유실 그리고 상하류간의 수리권 분쟁 등 부정적인 영향도 있다. 더욱이 국민들의 환경의식이 높아지면서 환경단체와 수몰 지역주민들이 댐건설을 반대하고 있어서 영월댐의 예와 같이 후보지 선정에도 많은 논란을 빚고 있다. 이와같이 대규모 댐건설이 어려워지면서 댐건설 및 관리에 환경친화적인 개념이 적극 도입되고 있고 동시에 이를 대체·보완할 수 있는 다양하고 지속적인 수원개발이 절실한 과제가 되고 있다. 이의 대표적인 방안이 바로 국토의 65%인 산림의 녹색댐 기능 즉 홍수조절기능, 갈수완화기능 그리고 수질정화기능을 높이는 방안이다.

본 내용에서는 댐 상류 산림의 녹색댐 기능을 향상시킴으로써 친환경적이고 지속가능한 댐관리를 배가할 수 있는 방안을 제시하였다. 먼저 산림수자원 관리기술을 살펴보고, 다음으로 산림유역관리 방안을 고찰하여 앞으로 산림유역의 수자원 공급 및 수질정화기능을 높일 수 있는 관리방안을 제시하고자 하였다.

가. 산림수자원 관리기술

1) 수자원보전림 관리지침

수자원보전기능을 높이기 위해 목표로 하는 산림은 다음과 같다.

- 임목의 뿌리가 깊고 넓게 뻗어있어 땅틈새가 많이 형성되고 이에 따라 수자원의 보전능력이 큰 산림
- 복층림 등 숲이 울창하게 우거져 있고 생장이 왕성한 산림
- 필요에 따라 강우의 지하 침투를 촉진하는 사방시설이 정비되어 있는 산림

상기의 수자원보전기능이 높은 산림으로 조성하기 위한 산림관리방법은 다음과 같다.

가) 나무심기

대상지는 다음과 같은데, 형질이 불량한 산림, 산림피해지, 미립목지등에 대하여 우선적으로 인공조림을 실시하고 벌채수확후에는 목표로 하는 산림의 조성을 위하여 원칙적으로 인공조림을 실시한다.

또한 수종으로는 수자원함양기능 및 수질정화기능이 큰 수종(뿌리가 많고 땅속깊이까지 뻗는 활엽수: 상수리나무등 참나무류, 자작나무등)을 위주로 선정한다. 식재기준본수는 활엽수 장기수의 경우 ha당 3,000본을 기준으로 하되 수종과 묘령에 따라 조정한다.

이를 복층림으로 조성하는 것이 유리한데 복층림이라 함은 수관층이 하나로 형성되어 있는 장령림(약 40년생 이상)이상의 산림에 대하여 임목의 일부를 벌채하고 인공갱신을 실시함으로써 수관층이 2개이상 형성되어 있는 산림을 말한다. 복층림을 조성하게 되면 단층림으로 조성된 산림보다 2배 이상의 수관층을 가진 산림이 됨으로써 수원함양기능 등 산림의 공익기능이 제고된다. 복층림 조성시에 상층부는 소나무류 등 양지에서 잘 자라는 수종을, 하층부는 젖나무, 편백등 음지에서도 잘 자라는 수종을 택한다.

<표 4-2> 나무심기 권장수종

강우량이 많은 북부지역	강우량이 많은 남부지역	강우량이 적은지역
낙엽송, 잣나무, 잣나무, 갈참나무, 굴참나무, 상수리나무, 졸참나무, 자작나무, 거제수 나무, 고로쇠나무, 들메나무, 서어나무, 피나무	편백, 화백, 측백, 갈참나무, 굴참나무, 상수리나무, 졸참 나무, 비목나무, 생달나무, 동백나무, 보리수나무, 소사나무, 사스레피나무, 다정큼나무, 사철나무, 팥나무	갈참나무, 굴참나무, 상수리나무, 졸참나무, 자작나무, 거제수나무, 고로쇠나무, 들메나무, 서어나무, 피나무

나) 나무가꾸기

나무가꾸기에는 솜아베기와 가지치기를 들 수 있다. 아래 표의 잔존본기준표에 의해 솜아베기를 실시함으로써 상층부의 우거진 정도가 70~85%이하를 유지되도록 하고 태양광선이 임지표면에 투과되도록 하여 초본류, 관목류의 생육을 촉진시킨다. 또한 옹이가 없는 우량 완만재의 생산을 목적으로 실시하는 것으로서 임목의 죽은 가지, 큰 가지 이하의 생가지를 제거하여 임목의 생육을 촉진시키고 태양광선이 임지표면까지 투과되도록 한다.

<표 4-3> 속아베기 잔존본수 기준표

수 종	평 균 흉 고 직 경 급(cm)											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
잣나무	1,500	1,200	1,000	880	760	670	600	530	480	440	400	-
낙엽송	1,500	1,300	1,100	1,000	900	800	700	600	530	490	410	-
리기다 소나무	2,000	1,600	1,300	1,100	940	810	710	630	560	500	-	-
강원도지방 소나무	2,300	1,800	1,500	1,300	1,100	950	840	740	670	610	-	-
중 부 지 방 소나무	1,300	1,110	960	860	780	710	650	610	-	-	-	-
삼나무	2,200	1,860	1,630	1,430	1,260	1,130	1,010	890	-	-	-	-
편 백	2,700	2,200	1,700	1,510	1,330	1,180	1,070	950	-	-	-	-
해 송	1,700	1,400	1,200	1,060	950	850	750	660	620	-	-	-
상수리 나 무	980	880	800	730	660	600	540	500	460	430	390	350

단위: 본/ha

다) 벌채

산림상태에 급격한 변화가 발생하지 않도록 대면적 모두베기를 지양하고 2ha미만의 소면적 모두베기, 골라베기 또는 복층림 조성을 위한 벌채를 실시한다. 벌채목의 운반시에는 지표를 손상시키지 않도록 특별히 유의한다. 벌기령은 기준벌기령보다 20년이상의 장벌기를 채택한다.

<표 4-4> 수종별, 소유별 기준 벌기령

수 종	국 유 립	사 유 립	비 고
소 나 무	70년	50년(30년)	- 펄프 및 갯목
잣 나 무	70년	60년(40년)	· 낙엽송 : 20년
리 기 다	35년	25년(20년)	· 소나무 : 30년
낙 엽 송	60년	40년(20년)	· 참나무 : 20년
삼 나 무	60년	40년(30년)	- 표고, 영지 및 천마
편 백	70년	50년(30년)	· 참나무 : 20년
활 엽 수	70년	50년(20년)	
포플러 류	15년	15년	

주 : 사유림 ()은 産業備林의 벌기령임

라) 임도시설

복충림 사업 등 각종 산림사업의 집약적·효율적 실행을 위하여 임도를 시설한다. 임도시설로 인한 토사유출이 발생되지 않도록 절성토면을 완벽히 복구한다.

마) 사방시설의 설치

수원함양능력의 제고를 위하여 이수댐등의 사방시설을 설치한다. 소규모로 분산된 황폐지는 조속히 복구하여 토사의 유출, 토사의 붕괴등이 방지되도록 한다.

2) 수원함양산림 조성

댐 상류유역 수질관리를 위해 유역별 수원함양산림을 고려할 수 있다. 5대강유역 산림 중에서 수질개선 및 수원함양에 직접 영향을 주는 본류를 기준으로 좌우 5km 유역의 자연분수계 이내 산림을 대상으로 한다. 나무심기를 위해서, 대상지는 산불이나 병해충 및 산사태 등 피해지로 소생가망이 없는 임지와 임상이 불량하여 나무심기

가 필요한 산림을 대상으로 한다. 수종은 수원함양기능이 높고 수질정화기능이 큰 수종으로 뿌리의 양이 많고 땅속 깊이 뻗는 수종으로 5대강 유역별 권장수종은 다음과 같다.

- 한강: 낙엽송, 잣나무, 상수리, 갈참나무, 자작나무, 거제수나무, 고로쇠나무, 들메나무, 서어나무
- 낙동강: 갈참나무, 상수리나무, 굴참나무, 물푸레나무, 서어나무, 개서어나무, 느티나무
- 금강: 낙엽송, 상수리나무, 굴참나무, 신갈나무, 갈참나무, 고로쇠나무, 들메나무
- 영산강·섬진강: 삼나무, 상수리나무, 굴참나무, 졸참나무, 참느릅 나무, 물푸레나무, 굴피나무, 고로쇠나무

나무를 심을 때, 산불 및 병해충 피해지로서 소생가망이 없는 임지는 모두베기 후 인공조림을 한다. 임상이 불량한 임지는 대면적 모두베기를 지양하고 환경파괴가 안 되는 범위내에서 소구역으로 정리하여 나무심기를 한다. 수하식재나 천연갱신 등으로 복층림을 조성하여 혼효림이나 활엽수림으로 유도한다. 나무가꾸기를 위해서는 다음의 지침을 제시한다.

- 인공림은 적기에 풀베기와 어린나무가꾸기를 실시한다.
- 우량천연림은 하층식생을 유지·관리하면서 나무가꾸기를 실행하여 경제 및 환경적 가치가 큰 경제림으로 육성한다.
- 덩굴제거작업을 실시하여 조림목의 성장을 촉진하고 임목피해를 줄인다.
- 초본류와 관목류 등 하층식생을 유도하여 생육을 촉진시키기 위한 숨아베기(간벌) 사업을 적극적으로 실행한다.

또한 사방사업을 시행할 수 있는데 황폐지와 붕괴지 등 사방사업대상지는 산지 및 야계사방을 실시한다. 산기슭 침식, 토사·석력 유출 및 홍수범람 방지를 위한 사방댐과 야계사방시설을 설치한다. 집중호우나 태풍 등으로 유목이 발생할 우려가 있는 계류에는 슬릿트(Slit)댐을 설치한다.

나. 산림유역관리 방안

1) 상부산림

가) 임목의 차단 및 증산량 조절

산림유역은 키가 큰 나무로 덮여 있기 때문에 가지나 잎에 붙은 빗물이 쉽게 공기 중으로 증발하고 뿌리에서 흡수한 수액이 잎의 기공을 통해 쉽게 증산한다. 산림유역에서 증발산에 의해 손실되는 수자원량은 기후나 임상에 따라 다르겠지만 우리나라의 경우 약 50%를 차지한다. 우리가 이용할 수 있는 수자원부존량은 전적으로 강수량에 의존하기 때문에 수자원량을 늘리기 위해서는 산림의 증발산량을 줄여야 한다. 특히 목재생산을 위해 조림한 침엽수인공림은 220만ha에 이르고 있으나 15년생 이후에 솎아베기와 가지치기를 실시하지 않을 경우 증발산에 의한 수자원 손실량은 60% 이상 증가한다. 산림의 증발산량은 임목을 벌채하거나 솎아베기 그리고 가지치기를 통해서 줄일 수 있지만 모두베기와 같이 전면적으로 벌채할 경우 지표면을 통해 유출이 일시에 발생하여 표토가 유실된다. 따라서 지속가능한 수자원 확보를 위해서는 토양유실이 발생하지 않는 범위에서 임상별로 다음과 같이 산림시업을 한다.

<표 4-5> 침엽수림의 산림시업

시 업 종 류	시 업 내 용
풀베기	· 5년까지 2~3회
어린 나무 가꾸기	· 1차는 7년~9년생이며 폭목과 병든 나무 제거 · 2차는 11년~13년생이며 1/3 제거
간벌	· 우세목성장방해목은 벌채(30%) · 강도의 상층간벌(30%벌채) 3회실시 · 약도의 상층간벌(20%벌채) 2회실시하여 상층울폐도 70%이하로 유지
가지치기	· 2~3회 실시하며 수고의 1/2높이까지 자름
수종갱신	· 천연갱신은 산벌, 소규모 개벌 또는 띠형벌채 · 70년생 이후에 수하식재

<표 4-6> 활엽수림의 산림사업

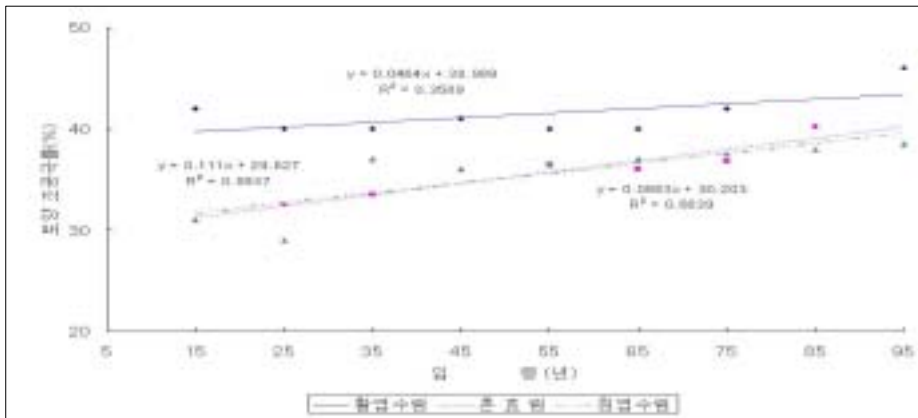
사업종류	사업내용
어린 나무 가꾸기	· 분수조절은 7~15년 사이에 실시 · ha당 2,000본 정도 남김
예비간벌	· 임령 20년일때 폭목과 병든 나무 제거 · ha당 1,400본 정도 남김 · 상층울폐도 80% 이하로 유지
간벌	· 임령 20~70년 사이에 4회 실시 · 1, 2차 간벌은 중도의 상층간벌 · 3, 4차 간벌은 약도의 상층간벌을 실시하여 상층울폐도 70%이하로 유지
가지치기	· 가지치기는 원칙적으로 실시하지 않으며 밀생시켜 자연낙지를 유도
수종갱신	· 갱신은 소규모 개별 또는 택별 후 ha당 5,000본 이상 고밀도로 식재

나) 수자원 저장고인 산림토양 관리

산림유역의 토양은 낙엽낙지와 유기물이 덮여 있는 유기물층과 공극이 잘 발달되어 스핀지화된 표토층 때문에 침투능이 매우 높다. 표토층은 무기입자와 유기물이 서로 결합하여 포도모양의 토양입자로 되어 있고 토양속에 지렁이나 노린재, 두더지 등 토양소동물이 지나다니면서 만든 통로나 뿌리가 썩어서 생긴 대공극을 가지고 있기 때문에 최대침투능이 시간당 272mm이상 된다.

<표 4-7> 지피상태별 침투능의 비교

침투능 (mm/hr)	지 피 상 태					
	침엽수림지	활엽수림지	벌채적지	초지	붕괴지	보도
평균	246	272	160	191	99	11
범위	104~387	87~395	15~289	22~193	24~281	2~29



<그림 4-1> 임령 증가에 따른 임상별 토양 조공극의 증가

표토층 밑에 있는 A, B층은 유기물이 빗물과 함께 유입하여 무기입자와 결합하여 생긴 조공극 안에 많은 양의 물을 저류할 수 있다. 위의 산림유역시험 결과에서 보듯이 전나무림의 경우 시업 후 4년동안 토양의 조공극량이 37.0%에서 38.2%로 1.2% 증가한 반면 시업을 하지 않은 경우는 오히려 1.6%가 감소하였다. 만약 침엽수인공림 220만ha를 시업할 경우 평균 토심을 50cm로 가정한다면 산림토양의 저류량은 132백만톤이 증가한다. 그러나 반대로 시업을 하지 않고 방치할 경우 176백만톤의 저류량이 감소한다.

산림토양의 조공극량은 유령림보다 장령림으로 갈수록 늘어난다. 전국 약 300개소에서 숲 종류별 산림토양의 조공극량을 측정하여 임령과의 관계를 분석한 자료에 따르면 활엽수림은 유령림일때 침엽수림이나 혼효림보다 조공극량이 많지만 임령 증가에 따른 조공극량의 증가율은 가장 작다. 반면에 침엽수림은 활엽수림과 반대의 경향을 보인다. 숲 종류에 상관없이 조공극량을 늘리기 위해서는 숲을 적어도 80년이상 가꾸어야 한다.

숲 종류별로는 활엽수림이 다른 숲보다 조공극량이 더 많다. 토양의 조공극은 낙엽이 분해되어 생긴 유기물이 빗물과 함께 토양속으로 유입되어 무기입자와 결합하고 유기물을 먹이로 하는 토양소동물이 활발히 활동하면서 발달한다. 유기물은 미생물

에 의해 분해되며 분해율을 결정하는 가장 중요한 인자는 탄질률이다. 탄질률이 높으면 미생물이 단백질 합성에 필요한 질소가 부족하기 때문에 미생물 증식이 적어져 낙엽분해가 느리다. 대체로 침엽수 낙엽의 탄질율은 약 111:1로 높은 반면 활엽수는 약 45:1로 낮기 때문에 침엽수에 비해 활엽수 낙엽이 빨리 분해된다. 더욱이 침엽수 낙엽은 분해가 어려운 리그닌과 키틴질을 많이 함유하고 있기 때문에 낙엽 분해시 사상균과 방사상균이 불투수층을 형성하여 빗물의 침투를 방해한다. 침엽수 낙엽의 분해를 촉진하는 방법은 활엽수 관목을 유도하고 토양소동물 및 미생물의 활동이 활발해지도록 강도의 솟아베기와 가지치기를 실시하는 것이다.

2) 하부계안지역

가) 특성

산림유역의 하부계안지역은 비가 올 때 상부산림지역에서 지표 또는 지표하유출수가 모이는 곳으로 쉽게 포화되는 지역이다. 이곳의 또 다른 수문학적 특성은 지하수위가 높기 때문에 비가 올때 지하수위가 급상승하여 포화됨으로써 포화지상류가 발생한다. 이 지역이 상부산림지역 보다 포화기간이 길기 때문에 소규모 교란행위에도 토사나 양료가 쉽게 계류로 유입되므로 수문학적으로 가장 민감한 지역이므로 세심한 관리가 요구된다. 또한 이 지역은 양료와 수분이 풍부하기 때문에 식생이 자라는데 좋은 조건을 갖고 있어 생태적으로 종 다양성이 높다. 반면에 토양수분이 많고 계안이 붕괴되기 쉬우므로 종 다양성과 계류의 안정을 위해 잘 관리해야 한다.

나) 관리방안

이 지역은 수질과 수중생물에 좋은 영향을 준다. 이 지역에 있는 숲은 유출과 상부사면에서 작업으로 인하여 발생하는 퇴적물을 감소시키고, 유출수가 계류에 도달하기 전에 양료를 감소시킨다. 이 지역의 나무들은 계류 내에 그늘을 만들어 계류수의

온도를 조절하며, 계류 생태계를 위한 에너지원으로 유기물 부스러기와 계류에 큰 나무더미를 제공한다. 이 지역은 수중생물에게 중요한 서식처를 제공하고, 동시에 벌채 후에 발생하는 지조물이 지나치게 많이 계류로 유입되는 것을 막는다.

계안지역은 사면 상부에서 산림사업에 따라 발생하는 퇴적물과 양료가 인접한 계류에 유입되는 것을 막을 수 있을 만큼 충분히 넓어야 한다. 이 지역의 폭은 경사와 토양형, 강우량, 임관, 계류의 특성에 따라 정한다. 이 지역의 붕괴를 막기 위해서 간헐적이거나 일시적인 수로 그리고 요지(凹地)와 같이 집중적인 배수지역은 관리 지역의 폭과 위치를 정할 때 고려해야 한다. 이 지역은 풍해나 풍도에 잘 견디도록 설계해야 하는데, 예를 들어 한 줄의 임목으로는 풍도에 견딜 수 없을뿐더러 계안관리 지역의 기능을 수행하지 못하게 된다.

계안관리 지역은 계류 독의 안정과 많은 나무더미를 지속적으로 공급할 수 있도록 충분히 많은 교목을 유지하도록 관리해야 한다. 여기에서 나무더미는 자연적으로 죽어 넘어진 목재를 말하며, 벌채시 발생하는 지조물과 혼동해서는 안 된다. 이 지역에서 유지·관리되는 임목들은 어류의 서식처나 하류의 계류 구조물과 연관된 유익한 용도를 유지할 수 있을 정도로 많은 나무더미를 제공해 주어야 한다. 이 지역의 나무가 나무더미를 공급할 수 있을 정도의 크기로 성장할 때까지 지속적으로 관리해야 한다. 계류수의 온도변화를 줄이고 수온이나 햇볕이 수중생물에게 나쁜 영향을 주지 않도록 계류에 그늘을 제공할 수 있을 만큼 충분한 면적의 숲이 유지되어야 한다. 구체적인 관리방법은 다음과 같다.

- 일반적으로 계안관리지역은 최소한 10~15m의 폭을 가져야 한다. 계안관리지역의 폭은 입지조건에 따라 증가한다. 계안지역의 폭을 결정하는 중요한 요소는 경사도, 계류 등급, 지하수면까지의 깊이, 토양, 식생 그리고 관리의 강도 등이다.
- 계안지역의 표토를 노출시킬 수 있는 토양교란을 최소화하도록 집재기나 중장비를 사용하지 않는다.
- 모든 적목장을 계안지역 밖의 임도에 만든다.
- 계안지역 내에서는 천연갱신이나 어린나무 가꾸기를 실시한다.
- 계안지역 내에서는 살충제나 비료의 사용을 제한한다. 살충제를 사용하려면 모든

계류에 완충지대를 설정해야 한다.

- 계류 내에 벌채 지조물이나 유기물 부스러기가 유입되지 않도록 계류에서 멀리 떨어진 방향으로 벌채한다.
- 계안지역의 안정을 위해 그 지역 내에서 벌채를 제한한다.

3) 계류지역

계류지역은 유역 상부산림지역과 계안지역에서 흘러온 토사나 양료가 모여 물과 함께 유역하부로 빠져 나가는 곳이므로 교란이 발생하지 않도록 관리해야 한다. 인위적인 교란이나 자연재해 등에 의해서 황폐된 계류는 계류안정공법을 적용하여 복원해야 한다. 지금까지 계류안정공법은 주로 토목자재와 콘크리트를 이용한 기슭막이, 바닥막이 및 사방댐 등 토목구조물이 주종을 이루었다. 토목구조물은 단기간에 공학적인 안정성을 제공해 주지만 계류와 계안 및 상부산림과의 물 흐름을 단절시키고 계류의 저류기능을 낮추어 자연적인 유출조절기능을 저해할 수 있다.

자연친화적인 계류복원기법은 유목이나 지조, 간벌목, 자연석 등을 이용하여 계안과 계류의 안정성을 확보하면서 동시에 계류 내의 수생태계 및 자연정화능력을 최대한 발휘하는 방안이다. 이들 기법은 산림유역을 경관생태학적 관점에서 상하부의 생태적 연결성을 조사·분석하여 그 지점에 적합한 공법을 적용해야 한다(정용호, 2002.).

우리나라는 기후, 지형 및 사회여건이 수자원을 확보하는데 매우 불리한 물부족 국가이다. 지금까지 수자원개발은 대규모 댐건설에 치중되어 왔으나 근자의 댐건설 여건은 예전과 같지 않다. 이에 물 수요관리, 중소규모 댐건설, 해수의 담수화 등과 더불어 지속가능한 수자원 확보방안의 일환으로 녹색댐 기능을 높이기 위한 산림유역관리가 주목을 받고 있다.

물 관리에 있어 집중호우가 문제되지 않는 미국과 영국 등 대부분의 나라들은 수자원의 신규개발보다는 청정수역인 산림유역에서 발생하는 비점오염원의 저감을 통한 수질보전에 초점을 두고 있다. 극단적인 건기와 우기가 교차반복되며 집중호우가 심

한 우리나라의 경우는 유출을 안정시켜 가용 수자원량을 늘리고 수질을 보전하기 위한 임분단위의 집약적 산림유역관리의 지속적 실시가 필요하다. 5년여 전부터 확대 실시하고 있는 숲 가꾸기 사업은 물 관리에 있어 많은 문제점들이 나타나고 있는 침엽수 인공림에 대해 과도한 물 손실량을 줄이고 토양의 저류량을 증대시켜 산림의 녹색댐기능을 높이는 효과가 있다. 장차 숲 가꾸기 사업을 보다 효율적으로 실시하기 위해서는 현행의 숲 가꾸기 지침보다 세밀한 기술이 개발정립되어야 할 것이며 이를 뒷받침할 수 있는 효과분석도 보다 심층적으로 추진할 필요가 있다고 본다.

산림유역은 살아 있는 유기체로서 상부 산림지역과 하부 계안지역 그리고 계류지역이 서로 유기적으로 얽혀 있다. 이들 지역은 각기 다른 수문학적 특성을 가지고 있으며 서로의 역할도 다르다. 상부 산림지역은 유출원으로서 숲 종류별로 숲아베기와 가지치기를 실시하여 빗물 손실량을 줄여야 한다. 계안지역은 쉽게 포화되는 민감한 곳에 한하여 간벌 등 벌채를 실시하고 농약, 제초제와 같은 화학물질을 사용하지 못하도록 해야 청정한 산원수질을 보전할 수 있다. 계류의 계상(溪床) 및 계안은 침식이 활발한 곳이므로 자연재료를 이용하여 계류의 침식을 막음으로써 계류의 안정은 물론 저류능력이 증대되도록 하여야 한다.

3. 댐하류 하천 관리

댐건설로 인한 환경변화로 저하된 하천의 재생을 목적으로 하는 관리 역시 넓은 의미에서의 환경친화적인 댐관리에 속한다. 본 내용에서는 댐 하류 하천을 어떻게 환경친화적으로 관리할 수 있는지를 하천재생과 수변녹지 조성의 두 부분으로 나누어 다루어 본다.

가. 하천 재생 방안

하천의 재생은 자연과학과 사회과학을 포괄하는 전문적인 기술을 필요로 하는 복

잡한 과정이다. 이는 하천직강화의 복원, 구형댐의 해체, 보행자와 자전거용 도로(그린웨이)와 trails의 건설, 복개된 수로의 복원, 버려진 공업용지의 정리를 포함한다.

하천재생 사업에는 수문학, 하천 지형학, 수리학, 생물학 등을 포함하는 하천유역과 그것의 상호작용에 관한 철저한 지식이 요구된다. 게다가 개발된 지역은 토지사용, 인구통계, 미적 정서에 대한 연구, 레크레이션, 대중의 접근용이성, 역사, 문화와 같은 지역사회의 특수성에 대한 관심들이 대두되어 진다. 최근 몇년간은 하천재생에 대한 관심이 몇몇 특정주제에 집중되는 경향을 보인다. 1972년 연방정부에서 Water Pollution Control Act가 통과되면서 첫째로 수질개선에 관심이 집중되었다. 몇몇 사람들은 오염된 하천에서의 레크레이션 활동에 관심을 가졌지만 수질이 개선되면서 이뿐만아니라 대중의 물사용과 심미적 만족에 대한 욕구도 충족시키게 되었다. 두 번째 관심사는 공업용수를 많이 필요로 하는 오래된 산업을 정리하는 것이었다. 많은 댐들이 수력발전과 물저장을 위해 건설되었으나 더이상 활발하게 사용되어지지 못하고 있으며 해체될 상황이다. 물을 많이 사용하는 산업이 발달되어 있으며 많은 인구를 가진 도시 호안지역은 재사용이 가능하다.

1) 하천에 대한 인간 활동의 영향

일찌기 운송과 용수공급, 어업, 수력발전, 개간을 위해 많은 도시들이 강을 따라 생성되었다. 습지 복개, 산림 제거, 농업용지의 배수는 지하수의 재충전을 감소시키고 지표수의 유출을 증가시켰다. 최근 들어 도시화는 지표수량과 수질에 심각한 영향을 미쳤다. 아스팔트로 포장된 도랑과 수로, 우수배수관은 하류로 흘러드는 유속을 가속시킨다.

개발이 많이 된 하천유역과 도심에서 유출수의 속도가 빠른 것으로 조사되었는데, 이로 인해 수로바닥과 독이 침식되었다. 침식은 생물다양성과 생산성을 감소시키면서 수로 하층토와 수중 동식물의 서식지를 교란시킨다. 이러한 침식으로 인한 다량의 토사부하량은 하류의 수질과 서식지에 부정적인 영향을 끼친다.

이외에도 인간의 활동은 자연하천을 개조변경함으로써 수계에 직접적인 영향을 미

친다. 많은 지역사회는 항해와 홍수조절, 개간을 위한 수로를 내기 위해 하천을 준설하고 재정비한다. 하천의 직강화는 침식을 가속하고, 하천의 길이가 짧아짐에 따라 수중 서식지도 감소한다. 홍수조절을 위한 수로폭의 확장은 유속을 느리게 하며, 토양 침적을 증가시켜 하천의 깊이를 감소시킨다. 수로화는 범람원과 습지의 물저장 기능을 떨어뜨려 하류 유량을 급속히 증가시킨다. 수로나 범람원을 메우거나 돌과 콘크리트, 벽돌 등으로 하천독을 안정화시키려는 행위는 강변 식생과 생물 다양성을 감소시킨다. 게다가 인위적 정비는 대중의 접근을 막고, 미관에 영향을 끼친다. 많은 소지류는 모든 생태적인 기능을 상실한 채 밀폐된 지하에 놓이게 되었다.

2) 유역관리

유속과 수질은 유역의 토지이용과 관련이 깊다. 따라서 건강한 하천을 유지하기 위해서는 유역관리가 바탕이 된다는 것이다. 유역관리 방안은 상호 밀접한 관련이 있는 세 단계로 나뉘어 있다. 유역이라는 것은 자연적으로 하천이 흐르는 모든 지역을포함한다. 미터법으로 하자면 단지 몇 에이커에 이르는 지역일수도 있고 수천 평방마일에 달하는 지역일 수도 있다. 큰 유역에서는 범람원과 하상에서 토지이용에 따른 영향을 격감시키는 반면 규모가 작은 유역은 토지이용과 변화에 민감하다. 배수유역에서의 수리학적 순환과 오염원은 중요하게 다뤄져야한다. 지형, 토양, 식생, 토지이용, 유출수 또한 중요하게 고려되어야 한다. 중간단계는 범람원, 습지, 대수층, 완충지대와 같은 지역으로 구성되어있다. 이러한 지역에서는 기본적으로 상류지역과 수체 사이의 이동이 이루어진다. 수변지역은 대수층을 충전하고, 육상으로부터 유입되는 오염물질을 걸러내고 유속을 늦추며, 야생동식물에게 서식지를 제공한다. 대부분의 수변지역은 농업활동과 도시의 토지이용, 수변지대를 분할하면서 강을 따라 난 고속도로와 철길, 제방 등에 의해 교란받는다. 도심 하천 회랑지대 계획(planning)의 주요한 요소는 인접 주민, 활발한 레크레이션의 필요, 환경교육, 생물 서식지와와의 연관 등이다. 최종 단계는 실제적으로 연못과 호수, 하상, 하천관리에 초점이 맞춰져있다. 이들 호소의 생물 서식지, 하상의 수용성과 안정성, 물고기이동, 수질 등이 중요하게 다뤄진다. 도

심지역에서는 물사용, 대중접근성, 레크레이션 또한 중요한 요소로 취급된다. 도심, 공업지역, 농업지대에서의 집약적 토지이용은 심각한 점오염원과 비점오염을 생성한다. 수질에 미치는 점오염원과 비점오염원에 관련된 부정적인 영향은 하천에 유입되는 일일 최대 오염부하량을 감소시키기 위하여 EPA와 각 주정부에서 규제되고 있다. 여기서 보다 중요한 점은 효과적인 방류제한이나 실제적인 관리 샘플이 아니라 종합적인 수질관리에 있다. 비점오염원은 광범위한 인간활동에 기인한 것이기 때문에 유역관리는 누적된 영향에 대한 평가가 필요하다.

또한 유역관리는 최고 유속과 유출수 유량에 대한 적절한 관리가 동반되어야 한다. 이것은 토지이용과 불투수지대를 감소하는 계획과 습지보존, 유출수 이동을 감소하는 방안을 포함한다. 환경에 영향을 점감하는 개발은 다공성 포장, 습지대를 이용한 배수, 퍼져서 흐르게 하는 curbless, 지붕유출을 위한 drywell의 사용을 포함한다. 이것은 하류로의 빠른 유입과 유출수의 모음보다는 발생원에서의 강수 유출량 자체를 감소시키는 것이 목적이다. 하천 재생이란 개념은 퇴락한 자원의 개발이라는 관심에 대한 반응에서 발전되었다. 도심에서는 지역사회의 가치회복, 교외에서는 수중 서식지의 회복을 말한다. 소규모의 하천재생 사업일지라도 기본적인 수자원과 관련된 과학에 대한 지식은 갖추어져야한다. 아래의 글들은 이와 관련된 것이다.

3) 불필요한 보의 제거

대부분의 댐들은 대중 혹은 개개인의 용수공급과 수력발전, 항해, 레크레이션을 위해 건설되었다. 미국에는 75,000개의 중요한 댐들이 있다. 기능적인 면에서 뿐만이 아니라 오래된 구형의 댐해체에 대한 국가적 관심이 증가하고 있다. 일부는 물리적 구조가 낡음으로 인해, 일부는 19세기형 수력발전을 하고 있는 물방앗간의 제거로 인함이다. 대부분의 댐들은 계속적으로 용수공급과 수력발전과 같은 편익을 가져다 주지만 한편으로는 부정적인 결과들도 발생시킨다. 이러한 부정적인 영향은 댐이 하천 토사이동의 경로를 바꾸며, 오염된 퇴적물을 담아두며, 유속과 용존산소를 감소시키며 수변 습지와 범람원을 침수시켜며, 카누와 카약의 이동을 차단시키고, 물고기의 이동

을 막기 때문이다. 댐은 또한 하류지역에 영향을 미치는데 이것은 댐의 방류로 인해 하류 침식을 유발하는 퇴적 부하량이 저하되기 때문이다. 또한 부적절하게 관리되는 구형댐으로 인한 환경악화도 고려되어야 한다.

물고기의 이동과 번식에 관한 댐의 영향은 회귀성 어종이 있는 해안지역에서는 주요 관심사가 된다. 연어와 청어같은 어류는 산란기때는 민물환경으로 돌아온다. 그러나 물고기의 이동 용이성을 돕기위한 도제, 승강기(elevator), 어망 작업의 효과는 미미하다.

댐해체를 폭파작업의 일종으로 인식하는 사람들이 있다. 그러나 실제적인 댐 구조물의 해체는 매우 간단한 작업이다. 댐해체에서 가장 중요한 부분은 과량의 퇴적물 조절과 해체 후 물고기의 지속가능한 이동경로의 확보이다. 어종마다 이동에 적합한 최적의 하천 깊이와 유속은 다르다. 이를 위해서는 계절별로 유속에 대한 정밀한 수문학적 분석이 뒤따라야 한다.

수력적 분석은 물고기 이동을 위한 수로의 용적과 기울기, 유량이동과 하천 유형에 따른 지형학적 평가 등을 위해 필요하다. 댐해체 사업과 관련된 문제 중 하나로 물저장에 따른 유역면적과 저수용량과 면적에 비례하여 발생하는 부유물과 퇴적물이다. 이러한 퇴적물이 자꾸 쌓이게 되면 준설공사가 필요하다. 댐해체 이후에 식생이 없는 토양에서는 침식을 최소화하기 위한 녹화작업이 필요하다. 교정된 지역은 습지 서식지나 공원 등으로 이용된다. Connecticut주의 Naugatuck River 재생계획은 오염된 도심하천 개선사업의 좋은 예이다. 지난 150여년간, Naugatuck River는 이 지역 금속공업에 냉각수 등의 공업용수로 사용되었다. 지금 대부분의 공장들은 정리되거나, 용수를 적게 사용하는 공정으로 전환되며 강의 회복을 꾀하고 있다. 이 사업의 주안점은 수질개선을 위해 효율성 높은 폐수처리시설과 정화조시스템의 건설, 폐기된 산업용 댐에 물고기 이동통로설치이다. 이외에도 낚시 같은 주민들의 하천접근행위를 통제하고, 조립사업을 벌였으며, 지류 합류점에 sediment bar를 설치하는 등의 조치들이 행해졌다. 이 사업은 연방정부와 지역주민, NGO단체가 주축이 되어 추진되었다.

4) 직강화의 복원

직강화의 복원이란 전에 행해졌던 직강화된 하천을 예전 상태로 복원시키는 과정을 일컫는다. 이 과정은 노후된 옹벽과 판벽의 제거, 하천제방의 이전, 수로 배열의 변형 등을 포함한다. 이런 모든 조치들에는 철저한 수리·수문학적 사전조사가 행해져야한다. 게다가 채널의 모양과 배열은 지형학적 원리들이 고려되어야 한다. 수로 내부에는 연간 최고유속과 과량된 유량이 고려되어야 한다. 일반적으로 인공채널은 최대유량을 감안하여 일직선에 가까운 배열을 보이며, 단면은 사다리꼴 또는 직사각형의 모양이다. 침식을 방지하기 위해 콘크리트 또는 암석 구조물을 가진다. 따라서 이러한 인공 채널은 산소공급 제한, 생물다양성과 서식지 감소, 수온상승, 폭·깊이 및 유속의 변동 등 환경성이 떨어지는 구조물이다. 대용량 채널은 너무 폭이 넓어서 건기시 기본 유량도 채우지 못하며 퇴적물의 이동성이 저하된다.

5) 복개하천 재생사업

극단적인 경우로, 지역사회는 전적으로 유역을 둘러싸고 있으며, 일반적으로 지역 개발과 도로확장, 홍수조절 등의 이유로 범람원을 개간하거나 복개하고 있다. 복개된 물줄기는 작은 개울에서부터 큰 강까지 다양하다. 오염이 심한 하천은 악취와 비위생적인 환경으로 인해 복개되기도 한다. 복개된 하천은 대중의 접근이 제한되며 더 이상 레크레이션의 장소나 수생물의 서식처로서의 기능을 담당하지 못한다. 복개된 하천을 복원했을 때의 유익은 생물 서식처의 확대, 수질향상, 보트타기와 같은 레크레이션의 장소로 활용, 물고기 이동통로 확보, 지하복개구조물의 유지비용의 감소 등이다. 복개하천을 복원하려는 시도는 깨끗한 수자원을 확보하고 공공의 편익을 위한 도시 재개발과 종종 관련되어있다. 복개하천재생 사업은 지역사회의 적극적인 참여와 여러분야에 걸친 협동이 요구된다. 새롭게 건설되는 채널은 수중 서식처를 제공하는 동시에 자연적인 채널과 유사하게 지어져야 한다. 대부분의 재생사업은 소규모이지만, 몇몇 사업은 도심의 큰 하천을 대상으로 이루어지고 있으며 서울시가 추진중인 청계천 복원사업도 같은 맥락이다.

6) 강변지대의 친수성 제고

도심의 강변지대는 하천 회랑지대를 따라 놓여있는 고속도로와 철도, 손쉬운 용수 확보를 위해 인근에 세워진 산업시설, 홍수방지를 위한 제방으로 인해 시민들의 접근이 어려운 상황이다. 결과적으로 지역사회는 지역성장을 위해 시민들의 하천접근을 제한했고, 자연경관과 레크레이션 기회를 포기해야했으며 자연히 환경보호에 대한 관심도 사라지게 됐다. 덴버의 Cherry Creek Project, San Antonio River Walk, Baltimore Harbor, Hartford's Riverfront Recapture는 도심에서 과거에는 활용되지 않았던 강변지대의 적절한 재이용의 좋은 예이다. 성공적인 사업은 도시개발계획과 경관설계가 조화된 것을 말한다. 도심 강변지대는 경제적·문화적 활동을 격려하는 공간이 되어야 하기 때문이다. Riverfront Recapture Inc. 사업은 지역사회와 Connecticut River를 재결합하기 위해 1981년 시작되었다. 홍수조절용 댐, 철길, 주간 고속도로는 호안지대로부터 Hartford 도심을 격리시키고 있었다. 강변지대 종합계획은 1982년에 세워졌고, 산책로, 오솔길, 선박장, 극장, 쇼핑센터 등을 예정하고 있었다. 강변지대 사업은 지역 대학교의 경기장 사업과 500만 달러의 호텔건설 계획 등, 지역 내 다른 개발계획들을 장려하는 결과도 가져왔다.

7) 서식지 복원

유로변경으로 인해 범람이 잦거나, 복개사업의 대상이 되었던 하천은 생물서식지 감소와 연관된다. 이러한 지역에서는 서식장소가 협소해지고 수질은 악화되고 높은 퇴적부하량과 빨라진 유속, 식생의 감소등이 일어나기 때문이다. 미국 EPA에서는 추가적인 생태적 노력없이 수질개선만으로는 수영과 낚시를 할 정도로 건강한 하천을 회복할 수 없다고 했다. 강변지대의 이러한 문제들은 대부분이 인공적인 채널 변형으로 인해 야기된 것이다. 수중생태계를 회복시킬 수 있는 현실적인 대안은 침식을 조절하고, 우수유출수를 관리하며 다양한 깊이의 채널을 조성하고 급류와 유량을 조절하는 것이라고 할 수 있다. 수중 서식지는 그들을 조성하여 수온상승을 막아주고, 유

출 오염물을 걸러주는 역할을 하는 강둑으로 인해 보호된다.

8) 유량의 관리

인간의 활동은 자연적인 하천의 유량에 변화를 가져오는데, 이는 토지이용의 변화와 개간 등을 위한 용수로의 전환 때문이다. 도심에서의 유역이 자연적으로 형성된 유역보다 더 높거나 낮은 유량을 가진 것은 이제 흔한 일이다. 하천 유량을 감소시키는 소비적인 물 사용에는 생활용수, 개간수, 냉각수로의 사용을 들 수 있다. 유역간에 수자원이 분할되어 하천 유량은 수중 생태계를 보호하고, 레크레이션을 제공하며, 폐수를 정화하기에 부족하게 되었다. 수력발전과 공업활동은 단기간동안에 하천흐름에 변화를 불러올 수 있다. 하천의 흐름에 대한 관리는 일정한 방류속도를 가진 하천의 재생에서 매우 중요하게 여겨지는 부분이다. 수중생태계를 보고하고 수질을 유지하기 위해서는 일정량 이상의 충분한 양의 유량이 확보되어야 한다. 또한 유속은 미세한 퇴적물을 이동시키고, 과량의 침적을 막고, 주기적으로 입자가 큰 물질을 씻어낼 정도의 충분한 속도를 가져야 하며 수중 서식지의 면적과 용적은 한계속도에 비례하여야 한다. 대부분의 나라에서는 여름에 하천유량이 수중 생태계 유지에도 못미치는 적은 유량을 보유하고 있다. 수량과 수질 관리는 수영과 낚시가 가능한 건강한 하천의 회복을 목표로하는 연방정부의 Clean Water Act의 성취를 위해서는 통합적으로 관리되어야 할 영역이다. 몇몇 유역에서는 인간 활동이 건기시에 하천유량을 갑작스럽게 증가시켜 수중생태계와 레크레이션, 경관에 도움을 준다. 예를 들어 Connecticut's Farmington River 유역에서는 홍수조절댐과 용수저수지에서 겨울과 폭우시에 다량의 유출수를 담아두었다가 시간의 경과에 따라 여름에 천천히 자연적으로 유출을 증가시킨다. 증가된 유량은 낚시와 같은 레크레이션 활동을 돕는다.

9) 지형학적 고려

대부분의 하천재생사업에 도입되는 자연적인 접근방법은 과학의 발전을 토대로 하

여 세워진다. 하천재생과학의 발전을 통하여 그 하천의 유속과 퇴적부하량, 수중생태계에 따른 적합한 배열, 경사, 단면 모양을 설계할 수 있다. 최근 진보된 하천재생 노력들은 수력발전의 기술과 하천 지형학간의 점진적인 통합으로 인해 가능했다. 수력발전 기술은 유체학적 체계와 구조의 통계분석에 초점을 두었고, 하천지형학은 지질학자들의 자연체계 관찰에 비중을 두고 발전하였다. 이러한 점은 하천 역학의 양적 진보를 가져와 하천생태변화에 대한 예상을 가능하게 했다.

지형학적 설계 과정은 댐해체와 복개하천복원, 직강화 하천의 복원, 서식지 복원사업과 유사하다. 지형학적 설계 과정은 현존하는 수리, 지형학적인 조건에 대한 철저한 평가로부터 시작된다. 또한 사업지역에 적합한 자연스러운 수로 기울기, 배열, 단면모양을 고안해야 한다. 만약 적합한 수로 형태를 제공하지 못한다면 그에 따른 다른 변수들 또한 변화되어야 하기 때문이다. 개방형 수로의 전통적으로 해오던 수리적 분석은 정해진 크기에 맞추기 위한 유량 용량을 제한하거나, 역으로 규정된 유량속도에 맞게 수로 크기를 결정한다. 몇몇 접근방식은 일직선 수로를 위해서 안정적 조건으로 접근해왔다. 경험주의에 기초한 체제관계는 물리적인 과정에 대한 세심한 고찰을 강조하면 일반적인 지침안을 잡아준다. 안정된 수로의 폭, 깊이, 기울기의 수력 평면 방정식은 대상지역의 경험적인 데이터에 근거해 세워진다. 이론적인 stress 접근방식과 퇴적물 이동분석은 하천안정화와 평형상태의 진보로 인해 가능해진다. 이러한 점은 수로 단면적에 대한 기울기에 대한 지침을 제공하지만 수로 모양과 형태에 대해서는 그렇지 못하다. 수로형태를 설계할때는 유동성이 떨어지는 수로정렬을 최소화하면서 동시에 생물 서식지를 제공하기 위하여 경험적인 데이터와 이론적인 접근을 모두 고려해야 한다.

첫 번째 전문적 사항은 수로의 폭, 깊이, 기울기를 결정하기 위한 모델로서 대상지역의 상하류, 안정된 수로의 위치선정으로 구성된다. 또한 유사한 유출속도와 지질을 가진 복제수로와 평형상태에 놓인 대체 수로를 필요로 한다. 이러한 이유로 첫째 전문사항은 유역변동이 있는 곳에서는 사용되기 힘들다.

두 번째 전문사항은 미국 Geological Survey에 의해 수집된 수로의 기하학적 측정 연구에 기초하여 경험적인 데이터를 사용한다. 그 연구는 일년반의 기간동안에 측정

된 평균 recurrence frequency 내에서의 bankfull capacity 는 유량과 일치한다고 가정하여 특정한 기후지역 내에서 안정된 자연수로의 폭, 깊이, 기울기는 bankfull flow capacity에 비례한다고 보고하였다. 따라서 수로유량을 측정하여 자연수로에 흡사한 최적의 수로비율을 결정할 수 있고 침전되고 있는 범람원의 충적 수로에서 탁월하다. 그러나 쇠퇴하고 있거나 매적되고 있는 수로에서는 효율이 다소 떨어진다고 보고되었다. 또한 도시화의 따른 빠르게 변화하고 있는 유역에서는 부적합하다고 평가되었다.

첫 번째, 두 번째 전문사항은 경험에 기초한 것이지만 세 번째 수로재생 접근방식은 기질 안정성과 퇴적물 이동에 대한 기술적 이론에 기초한다. 평형상태에서 수로를 제공하기 위한 기본적인 개념은 하천의 퇴적물 이동능력과 퇴적물 유입속도가 같다는 것이다. 수학적 기술은 간단한 속도와 shear stress 분석에서부터 1,2차원 입체 컴퓨터 모델에 이르기까지 다양하다. 전에 기술되었던 기술을 사용하면서 자연 수로를 복원하는 유역변화에 대한 예상하는 방법을 터득했다.

10) 대중 참여

하천재생은 대중적 지지를 받고 있으며 대부분 지역사회나 정부와 협동하고 있는 NGO단체에 의해 주도되고 있다. 대중의 참여는 지역사회의 필요와 환경을 연관시키는 성공적인 사업을 달성하기 위해 반드시 필요하다. 공청회를 통하여 지역의 하천재생에 대한 정보를 주고, 지역사회와 지역환경의 필요들을 알리는 것은 재정과 토지확보, 규제허가에 대한 정치적 지지를 돕는다. 몇몇 경우에 개인 기금이 보조금신청을 위한 기본계획과 비용평가를 준비하는 데에 도움이 되며, 때로는 더 많은 기부금이 들어오는데 공헌하기도 한다. 도심지역에서 하천재생 사업의 일부분으로서 역사유적지와 건물의 보존, 환경교육, 일자리 창출 등에 대중의 관심이 모아지고 있다. 전형적인 사업진행도표는 몇 단계에서 대중참여를 포함한다. 대중의 초기 참여는 사업을 범위를 정하고 목표를 세우며, 후반 참여는 사업의 우선성과 선택사항을 결정하는데 도움을 준다.

나. 수변녹지의 조성

하천을 자연상태로 복원하는 물리적인 방안에 더해서 이에 녹지를 조성할 필요가 있다. 실제 국내에서 수변녹지의 조성은 수질개선이 주요 타겟이나 이에 더해 용수 확보 및 생태계보호 등 여러 가지 목적과 상호 관련되어 있다. 따라서 조성 계획을 위해서는 현재 시행되고 있는 수변구역 및 토지매수와 관련된 전체적 전략을 파악하고 수질개선이라는 목표와 타목표와의 연관성을 고찰해보는 과정이 선행되어야 한다. 수변녹지 조성의 목표는 수질정화, 수자원확보, 생태계 보전 및 생물서식공간 확보, 환경친화적 활용 등이 될 수 있다.

수변녹지 조성방안에 앞서 수변녹지 시스템을 형성하기 위해 고려되어야 할 일반적인 사항을 살펴보고자 한다. 이는 환경적 조건의 변화, 인간의 이용에 대한 생물상 반응, 현재 수변 생태시스템을 복원하는 속도에 영향을 미치는 인자 등으로 구체적으로는 다음과 같다.

수변녹지를 조성하기 위해서는 먼저 합리적인 복원 목표를 설정하는 작업이 선행되어야 한다. 수변녹지 조성이 대부분 특정 구간에 초점을 맞추어 이루어지지만, 손상되지 않은 수변지역의 지역적 패턴을 이해하는 것이 복원 목적을 결정하기 위해서 필요하다. 손상부분을 파악하고 영향받은 생태시스템의 훼손되기 전 특성을 잘 이해하는 일은 복원으로서 무엇이 얼마나 달성될 수 있는지 가늠하는데 도움이 된다. 과거에 이루어진 육상, 수변, 수중 시스템에 대한 인간의 영향을 제대로 파악하는 것이 중요한데 여기에는 외래종의 도입과 멸종, 교란, 토양 감소 등이 포함된다. 이러한 인위적 훼손으로 훼손전의 상태로 복원하는 것이 사실상 용이치 않거나 합리적이지 않을 수 있다. 이처럼 시스템의 변천사와 도달할 수 있는 합리적인 복원 목표를 결정하는 것은 시스템 과정, 종 구성, 기능 등에서 최대한의 복원 및 향상을 도모하는 출발점이 될 것이다.

목표 설정시에는 다음의 항목들을 고려해야 한다.

먼저 수문학적 교란 상태를 파악해야 한다. 수변 시스템은 수체가 지니고 있는 물뿐 아니라 수변식물 등으로 이루어져 있고 유역의 변화에 따라 교란이나 회복의 과정

을 거쳐서 현상태를 유지하고 있다. 예를 들면, 수변식물종은 장기간의 수문학적 상황에 적응하면서 형성되었다. 성공적인 복원 프로그램을 달성하기 위해서는 이러한 전체 또는 부분적 상태파악이 기초적으로 수행되어야 한다. 또한 침식 및 퇴적물 공급의 변경 역시 복원을 제한하는 인자가 될 수 있다. 따라서 배후지역 토지이용으로 침식을 가속화시켜 왔다면, 배후지역의 퇴적물 공급원 조절이 병행되어야 한다.

다음으로 현존 토양 및 지형상태를 고려해야 한다. 예를 들어 많은 도시하천의 경우, 개수시 수로의 직선화와 인위적 수로단면 조성, 수변 삼림과 사구제거 등으로 많은 훼손이 일어났다. 그리고 댐의 건설 역시 하천흐름의 크기와 빈도를 감소시켜왔다. 수로 절개, 수로 확장, 피크유출 감소 등은 하천과 수변지역간의 연계성을 교란시키고 변경시켜 왔다. 따라서 하천녹지시스템의 복원시 기존에 많은 변화가 있던 하천의 경우 변경 전후의 토양 및 지형구조를 충분히 파악하여 복원후 하천녹지 시스템이 지형과 토양생태와 균형을 이루도록 사전에 고려하여야 한다.

또한 해당 수변 시스템의 초목을 이해해야 한다. 수변 시스템의 생물군 특히 초목은 수변 시스템의 특징과 기능에 있어 중요한 역할을 한다. 개울기슭 초목은 일반적으로 수변 식물 군집의 구성요소, 다양성, 생산성에 영향을 미칠 수 있는 자연적인 교란 체제뿐만 아니라 직접적 및 간접적인 토지이용 영향을 경험하게 된다. 식물 종의 조성, 성장, 사망률 등은 당해 지역의 미기후, 미세지형, 수분 이용가능성, 토양 비옥도, 수로 체제 등과 같은 많은 요소에 의해서 영향받는다. 따라서 초목의 기능을 이해하는 것이 수변시스템의 생태학적 복원을 시도하는 어떤 프로젝트에 대해서도 가장 기본적인 사항이다.

마지막으로 유역개발의 추이 역시 고려해야 한다. 지구 및 지역 규모로의 토지 이용 및 자원 개발의 역사는 현 수변 시스템의 상태를 이해하는데 필수적이다. 이는 현 조건에 기여해 왔거나 중요한 원인이 되는 또는 복원을 막아왔던 그런 기법들이나 요소들을 확인하는데 도움을 줄 수 있다. 어떠한 유형에 상관없이 상기 항목들이 충분히 고려되어 반영될 때 해당지역 내 조화롭고 효율적인 수변녹지시스템의 구축이 가능할 것이다.

수질정화는 수변의 자연정화 능력을 활용하는 것으로 하천에 의한 자연정화, 생태

계보전에 의한 자연정화, 수변완충녹지에 의한 자연정화, 토지피복에 의한 자연정화가 있을 수 있다. 생태계 보전 및 생물서식공간 확보는 습지와 수생식물의 서식지 보전 및 복원, 수변의 주변환경 보전, 수질 개선 등 생태계 보전 전략과 자연형 하천 복원, 생물의 서식에 적합한 수변환경보전 및 창출, 수변완충녹지대 조성 등 생물서식공간확보를 통해 이루어 낼 수 있다. 환경친화적 활용은 수변습지조성과 자연형제방 정비, 비오톱 조성 등 환경친화적 수변 전략과 생태관광, 환경농업, 환경 교육장 및 생태학습장 이용 등 환경친화적 이용을 통해 가능하다, 수자원 확보는 습지 보전 및 복원, 산림생태계 보전, 우수의 지하 침투 대책, 지하수 보전 및 자연빗물이용을 위한 용수의 보전 등 자연 생태계 이용 전략과 하수 처리수, 중수도 이용 등 물의 재활용 등을 이용해 달성할 수 있다.

수변녹지의 조성계획은 공간적 범위에 따라 단계적으로 제시되는 것이 효율적이다. 먼저 본류 중심의 큰 경계를 잡아 전체적인 윤곽을 파악한 후 조화로운 조성계획 수립을 도모하고, 실제 설계를 위해서는 보다 작은 소유역이나 소유역 내의 특징적인 지점을 선택해 되도록 그 지역의 특징을 살려 최소단위의 조성지역에서의 수질개선 효과를 극대화하고 인접 지역과도 조화를 이루어 궁극적인 수질개선을 도모할 수 있는 조성방안을 마련하여야 한다. 실제 친환경적인 수변지역을 조성하기 위해서는 다음과 같은 절차를 따른다. 조성우선순위는 비교적 큰 행정구역인 시, 군 단위를 대상으로 조성 목적을 파악한 후, 조성우선순위의 전체적인 분포를 살펴서 높은 우선순위 지수가 밀집되어 있거나 매우 오염된 지천을 포함하여 수질개선이 시급한 유역들을 우선적으로 선정한다. 혹은 조성이 시급하다고 판단되는 소유역들을 대상으로 각각 유역 내 구체적인 조성우선순위를 모의할 수 있다.

수변녹지의 우선순위에 따라 조성을 계획할 때, 조성의 효율성을 향상시키기 위해서는 해당 유역이나 지점이 지니는 조성유형을 파악하여 향후 조성의 방향을 구분할 필요가 있다. 즉, 현재의 토지이용 형태가 전체적으로 훼손 없이 안정되어 있고 하천이나 습지 등이 기존의 자연성을 유지하고 있는 곳으로 현재의 자연성이 보호, 보전되는데 중점을 맞춰야 할 지역인가, 홍수나 산불 등 자연적인 현상 혹은 인간의 외적행위에 의해 본래의 특성을 잃은 곳으로 원상태로 복원시켜야 하는 지역인가, 수리적

안정이 필요하거나 인공화되거나 자정기능이 상실되거나 오염원이 처리 없이 수계로 유입되어 수계가 악화되어 최대한 빨리 대체생태계의 창출이 필요한 향상지역인가가 파악되어야 한다. 조성우선순위를 위한 일반적인 관점으로는 비점오염원 저감에 효율적인 지역, 오염원 자체를 저감할 수 있는 지역, 개발이 우려되는 지역을 들 수 있다. 이 경우 첫 번째, 세 번째 관점은 보전 및 복원이 필요하며 두 번째 관점은 복원 및 향상에 중점을 두어야 할 지역으로 크게 분류된다. 조성계획수립에 앞서 각 소유역이나 특정 지점의 조성유형을 정확하게 정립하여야 전체적 차원에서의 조화를 이룰 수 있다. 기본적인 조성방안은 다음과 같다.

- 수변지역내 녹지는 조성지역의 보전, 복원, 향상을 통해 가능한 녹지를 연계시켜 조성한다. 이는 비점오염원의 저감 뿐 아니라 생물통로의 기능을 하여 다양한 생물을 번식시키고 나아가 생태계가 전체적으로 조화롭게 발전하도록 촉진한다.
- 훼손된 하안은 수변녹지를 조성하여 제 역할을 수행할 수 있도록 복구해야 한다. 토사유출이나 침식에 의해 일단 하안이 훼손되면 주위의 경작, 기후변화 등으로 그 훼손 속도가 가속되어 수질악화에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 훼손의 요인을 차단하고 하안 역시 본래의 상태로 복구할 필요가 있다.
- 지천의 경우, 유역의 성격이나 종류에 따라 효율적인 조성 및 관리 방법이 상이하지만 기본적으로 인공적 재료의 사용이라든지 무리한 직강화 등을 피하고 자연 그대로의 상태로 복원 및 보전하는 것이 바람직하다. 지천이 건강해지면 결과적으로 비점오염원의 본류 진입이 차단되어 전체적인 수계의 수질이 개선된다.
- 수변녹지대 조성과 더불어 주변에서 유입되는 오염원 관리를 병행해야 한다. 기존의 점오염원과 비점오염원의 제거가 용이하지 않을 경우 배출수의 처리를 강화하고 인공습지나 저류지 등 친환경적인 정화시설을 도입해야 한다.
- 또한 배수체계를 지속적으로 관리할 수 있어야 하는데 표면유출을 감소시키고 나머지 유출수는 되도록 녹지를 통과하도록 시스템을 구축함으로써 비점오염원의 효과적인 저감을 도모해야 한다. 배수체계의 구축은 별도의 부지가 소요되지 않으면서도 표면유출수를 상당량 저감시킬 수 있으므로 강우에 의한 토양 침식을 방지할 수 있다. 또한 지하수 침투를 증가시켜 수분이 서서히 유수에 유출되도록

도와 하천이 안정적인 수량을 유지하는데 큰 역할을 한다(한국환경정책·평가연구원, 2003).

제5장 결 론

본 연구에서는 국내 댐의 친환경적 관리를 위하여 국내 현황과 해외 사례 등을 중심으로 환경적 측면뿐 아니라 사회·경제적인 측면의 고려까지 다루어 다각도로 해결방안을 모색해 보았다. 지형학·기상학적으로 수자원 확보가 극히 불리한 우리나라의 경우 현실적으로 댐건설 이외의 신규 수자원 확보가 어려운 실정이지만, 현재 댐건설에 따른 환경단체들의 환경파괴 주장과 대규모 수몰이주민 발생, 댐 주변지역 개발제한 등으로 인한 지역주민의 반대로 댐건설에 대한 반대 여론은 확산되어 있는 것이 현실이다. 국외에서는 이미 이러한 댐의 부정적인 문제를 해결하기 위한 방안으로 이미 환경친화적 댐으로 인식의 전환이 이루어지고 있었고, 현재 국내에서도 환경영향평가가 시행된 1980년대를 기점으로 환경친화적 댐으로의 관리와 개발이 시행되고 있다. 그러나 댐운영 및 유역환경 현황에서 언급하였듯이 댐의 부정적인 영향을 완화하려는 노력에도 불구하고 국내 댐은 수질면에서 악화되고 있고, 댐건설에 부정적인 사회인식도 크다.

따라서 댐을 친환경적으로 활용하기 위해서는 자연환경의 회복과 복원을 기반으로 주변지역의 사회 문화 경제상황과 연계하여야 가시적인 효과를 기대할 수 있기 때문에 자연환경의 복원 사업과 친수환경 활성화 사업의 균형, 철저한 계획이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 예를 들면 생태복원사업을 추진함에 있어 복원사업을 기반으로 이를 교육의 장, 지역 이벤트 문화의 장 등 지역 문화와 경제활성화의 수단으로 다양하게 활용할 수 있도록 하는 보다 세밀한 계획이 필요하다. 생태복원사업의 가장 기본적인 추진순서는 댐 주변지역에 대한 체계적이고 세밀한 생태 환경 조사를 실시한 후 그 결과를 바탕으로 자연환경보전과 동식물 보호 등을 위하여 보존·재생의 가치가 있는 생물종류와 복원 적정 장소를 선정하는 것이다. 자연이 지닌 회복력을 이용하여 자연을 복원·보전 하므로써 서식 생물종의 은신처 기능과 분산(확산) 및 이동통로로서의 기능은 물론 휴식과 레크레이션의 공간 확보, 환경교육의 실험지역 및 지역 생태계 연구 대상지로서의 역할 등 다양한 기능을 가지도록 추진하여야 한다. 자연환경을 되찾기 위한 이러한 생태복원사업은 유무형의 다목적 효과를 거둘 수 있

다. 교육적 측면에서 보면 교실에서의 교육이 아닌 실질적인 살아있는 환경교육의 기회를 제공하고, 지역 사회적 측면에서도 지역사회주민에게 휴식, 교육, 사교의 기회를 제공하게 된다. 경제적 측면 또한 생활의 질을 높임으로써 환경적 우월성에 따른 경제적 이익 발생을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 이를 생태관광 상품화하여 집중 육성할 경우 지역 경제 도약의 계기가 될 수 있다. 또한, 생태학적 측면에서도 조성지역이 생물의 서식장소로 이용되고 수환경의 지표 및 환경 모니터링의 역할을 수행하는 계기가 되는 등 그 활용성이 다양하다. 아울러 저수지의 수리수문학적 특성, 자연환경조건(해당지역의 생물상, 기후 등), 접근성, 인근의 각종 개발계획등 지역적 특성을 고려하여 세분화하고 그 특성과 활용 목적에 적합한 복원 방법을 적용하여야 한다.

댐건설의 필요성과 반대 양론을 조화롭게 극복하기 위해서는 모든 국민이 공감하는 투명한 수자원 정책이 수행되어야 하고 인간과 자연이 함께하는 댐건설과 관리가 실현되어야 한다. 그 동안 이치수 기능 중심의 다목적댐건설이 지역경제의 낙후성을 낳게 하였고 환경파괴 주범으로 지적받고 있음을 고려할 때 관리중인 댐에 대해서도 적극적인 지역경제 활성화방안 시행과 자연환경 복원사업은 시급히 이루어져야 할 것이다. 이를 위해 환경용량 범위 내에서 시행하는 레크레이션시설 설치, 레저사업, 생태복원사업 등은 댐건설로 피해의식을 지닌 지역주민에게 새로운 삶의 수단으로서 경제적 자립을 실현할 수 있는 계기를 제공하게 되고 일반 국민에게는 친수환경을 통한 여가활동의 장을 제공함으로써 다양한 욕구를 충족시킬 수 있는 기회요소로 작용하므로 지역과 주민, 국민과 함께하는 댐으로 거듭날 수 있는 계기가 될 것으로 사료된다. 이렇게 추진하게 되면 진정으로 지역사회와 함께하는 열린 댐이 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 국무총리 수질개선기획단. 2002. 「자연친화적인 댐건설추진방안」.
- 보은측후소. 2000. 내부자료.
- 충주측후소. 2000. 내부자료.
- 한국수자원공사. 2003. 「물과 미래」.
- 한국수자원공사. 1997. 「환경친화적 설계지침」.
- 한국수자원공사. 2000. 「환경친화적 건설·관리」.
- 한국수자원공사. 2001a. 「북으로 남으로(일본 전국 댐호 이용시설/이용현황)」.
- 한국수자원공사. 2001b. 「환경친화적인 ECO댐 설계를 위한 국외사례 조사보고서」.
- 한국수자원공사. 2002a. 「지역사회와 함께하는 댐」. 불안댐 발표자료.
- 한국수자원공사. 2002b. 「한국의 댐」.
- 한국수자원공사 [Online]. 2003. Available: http://www.kowaco.or.kr/korea/introduction/pr/water_story/dictionary/dictionary_html.
- 한국환경·정책평가연구원. 2003. 「4대강 유역 수변녹지대 조성방안 및 적용 우선순위 산정」.

행정자치부 중앙재해대책본부. 2001. 「재해연보」.

환경부. 1996. 「환경백서」.

환경부. 2001. 내부자료.

환경부. 2001. 「환경백서」.

이승복. 1995. 「댐주변지역 지원사업을 위한 정책 방향」. 국토 정보

정용호, 김경하, 최형태, 박재현, 정창기. 2001. 「산림유역의 비점오염원 관리」.

Gleick, P.H. 1998. *The World's Water, The Biennial Report on Freshwater Resources*.

National Recreation Lakes Study Commission. 1999. *Record of Document*.

Abstract

Case Studies for Management of Environment-Friendly Dams

Emphasis in the construction and management of dams in Korea had been put on the aspects of irrigation and flood control until 1980s so as to secure supply water and reduce damage due to floods. Beginning from 1990s when Korea took its place among the group of the advanced countries and people began to concern about the quality of their living, however, environmental problems involved in water resources developmental projects came to the front of social issues. Now that environmental consideration in the construction of dams is perceived as a matter of course, and the existing dams should be remodeled to be environmentally friendly, systematic researches are required for the environment-friendly management of multipurpose dams.

With the recent appearance of a new paradigm that demands the protection of natural environment, the influence on the environment is required to be limited to the least in the operation of dams. Most of dams in Korea were built before the 1980s when the environmental assessment was not implemented and proper consideration was not given to the environment protection. In the operation of the existing dams, diverse methods to restore the damaged environment and ecology to the original state are required to be developed to replace the factors unfriendly to environment and for that, actual conditions of the existing dams and

management examples in the advanced countries should be collected and investigated for reference in the future construction and management of dams. Korea has no other ways but to further build dams to secure water resources despite diverse difficulties involved in it and oppositions raised by environment organizations and the general public owing to various unfavorable side-effects, such as damage to environment, exodus of large number of settlers from the submerged land and the development restriction on the land in the vicinity of dams. In foreign countries, the concept of environment-friendly dam was introduced beginning from the 1970s as a solution for such unfavorable side-effects, but in Korea, the environmental considerations have not been taken in the development of dams until the 1980s when the environmental assessment was introduced for the first time.

To use dams in a way friendly to environment with visible effects, an elaborate plan should be prepared to combine projects for natural restoration and promotion of water-friendly environment with the social, cultural and economic situation of the surrounding communities. For instance, ecological restoration project should be carefully planned in a way that allows it to use as a forum for education, cultural events and economic promotion. To restore ecology, actual conditions of the ecological environment in the surrounding area of the dam should be first investigated and then the species of animals and plants worthy of restoring and preserving and places suitable to the purpose should be selected based upon the investigation result. And using natural recuperative powers, nature should be restored and preserved so that it can provide a space for diverse roles and activities, including hiding-places and passageways for the inhabitants, leisure and recreation, environmental experiments and local ecological research.

This kind of ecological restoration project can take effects, tangible and intangible, in diverse ways. In terms of education, it provides an opportunity for

practical environmental education in place of the education in classrooms, and in terms of local community, it provides the residents with a forum for relaxation, education and society. In addition, the improved environment will lead to economic returns and the local economy can be jumped up by commercializing the ecology as a tourism commodity. In terms of ecology, the reclaimed land can be used in many ways, including the habitation for animals and plants, and the monitoring of the earth's surface and water environment. In the planning for the restoration of ecology, subdivided local features, such as hydrographic features of the reservoir, conditions of natural environment including fauna and flora and climate of the locality, accessibility and developmental projects in the vicinity, should be considered and the method proper for the purpose should be employed.

To harmonize the needs for dam development with the opposition against it, the policy for water resources should be transparently conducted and dams should be built and operated in a way that harmonizes human with nature. Given the fact that the hitherto development of dams with a focus on aspects of irrigation and flood control has retarded the local economy and caused to be designated as the main destroyer of environment, plans for the promotion of local economy and ecological restoration are required to be established in short days. In the context, the facilities for recreational and leisure industry allowed to be constructed within the range of environmental capacity in addition to ecological restoration projects will provide the local residents who were damaged due to the construction of dams with an opportunity to economically stand for themselves and the general people with the opportunity to enjoy their leisure through the water-friendly environment, thus turning the dams into a means to give benefits to the community, local residents and the general people.

집필자 약력

최지용

KAIST 공학박사(수질관리전공)(1994)

한국환경정책·평가연구원 연구위원

(현, E-mail:jychoi@kei.re.kr)

著書 및 論文

「종합수질지표의 개발」 (1996)

「도시지역 비점오염원 관리방안」 (1997)

「농업지역 비점오염원 관리방안 연구」 (1998)

「물자원의 효율적인 이용을 위한 유역관리 방안」 (1999)

「수질환경기준 개선방안」 (2000)

「수질개선을 위한 수변녹지 조성 및 관리방안 연구」 (2000)

「Nonpoint Pollution Effects and It's Control Measures in Paldang Reservoir」
(2000)

「하천수량확보 및 건천화 방지대책 수립연구」 (2001)

「지역특성별 축산폐수관리모델 개발에 관한 연구」 (2001)

「비점오염원 저감을 위한 우수유출수 관리방안」 (2002)

「환경친화적인 수자원 개발 및 관리에 관한 연구」 (2002)

「산업폐수 관리체계 개선 연구」 (2003)

「Implementation of a Watershed Management System」 (2003) 등 다수

김홍년

한국수자원공사 에너지사업처 처장

(현, E-mail:khn@kowaco.or.kr)