

육상교통 수단의 환경성 비교분석

2002.12

김 준 순

한 화 진

박 현 속

이 선 하



한국환경정책·평가연구원
Korea Environment Institute

서 언

교통은 그 지역 또는 나라의 경제력을 알아볼 수 있는 주요 부문으로 여겨졌으며, 사람들에게는 생활의 편리함과 이동의 자유와 세계화에도 큰 영향력을 행사하였습니다. 오늘날 교통은 경제발전을 위해서는 꼭 필요한 요소가 아닐 수 없으나 그와 함께 동반되어지는 많은 문제들로 인해 세계의 관심을 받고 있습니다. 그 문제란 대기오염에서부터 소음, 온실효과, 교통 혼잡과 사고, 토양오염, 자연경관 훼손, 동물의 이동성 단절 등으로 폭넓고 다양하게 발생하고 있습니다.

선진국들은 이미 지속가능한 국가 발전을 도모하기 위하여 친환경적인 교통정책을 수립하고 추진하고 있습니다. 우리나라도 시대의 흐름에 따라 환경친화적인 교통정책을 위해 적극적으로 이에 동참해야 할 때입니다. 향후 우리나라의 환경정책들은 가능한 한 기준이나 정량화된 목표 하에 정부 부처간의 긴밀한 협조가 이루어져야 할 것입니다. 이와 같은 시대적인 상황에 부응하여 교통정책 역시 경제와 환경을 종합적으로 고려한 분석이 필요한 시점입니다. 이를 통해 교통 현황을 파악하고 문제점이 발견되면 구체적인 개선목표를 설정함으로써 향후 교통정책의 나아갈 방향을 제시해야 할 시기라고 생각합니다.

특히 교통수단중에서도 사람들의 생활에 가장 밀접하게 다가와 있고, 많이 이용하고 그래서 더욱 영향력이 큰 육상교통 수송수단인 도로와 철도에 대해서 알아볼 필요가 있습니다. 현재 국내 육상교통의 90%이상이 도로에 의존하고 있는 실정입니다. 지금과 같은 자동차 위주의 교통체계가 계속된다면 환경훼손은 물론 교통정책 등으로 인해 경제에 악화요인으로 작용할 것이며, 또한 환경문제는 더욱 심각해 질 것입니다.

지금까지는 국내에서 도로와 철도의 환경성에 대한 비교 연구가 제대로 이루어지지 않았던 것이 사실이며 그로 인하여 교통환경에 대한 정량적인 정보가 거의 없는 상황입니다. 그러므로 그 동안 우리의 현실과는 다른 해외자료를 인용해

야만 했고, 이는 우리의 실정을 제대로 반영하였다고 할 수 없었습니다.

본 연구에서는 이러한 문제를 조금이나마 개선하고자 노력하였고, 육상교통수단인 도로와 철도를 대상으로 대기오염, 온실가스, 소음, 토지이용, 교통사고, 교통혼잡 등 총 6가지 항목으로 구분하여 분석하였으며, 그 결과 동일한 수송량을 가정할 때 철도가 도로보다 3배 이상 더 친환경적인 것으로 평가되었습니다. 본 연구의 분석결과 및 도출된 육상교통환경의 개선방안은 향후 국내 교통관련 연구 및 교통정책 수립시 고려될 수 있다고 판단됩니다.

끝으로 본 연구를 맡아 수행하여 주신 김준순 박사, 한화진 박사와 박현숙 연구원과 공주대학교 이선하 교수님의 노고에 감사를 표합니다. 또한 바쁘신 와중에도 과제의 원활한 진행을 위해서 유익한 자문과 자료수집에 많은 도움을 주신 환경부 교통공해과, 교통개발연구원의 김연규 박사님과 이성원 박사님 그리고 국토연구원의 조남건 박사님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

아울러 본 연구의 내용은 본 연구원의 공식적인 견해가 아닌 연구자 개인의 견해를 밝혀 드립니다.

2002년 12월

한국환경정책·평가연구원

원장 윤 서 성

국 문 요 약

국내에서는 경제 활성화 방안으로 자동차 및 도로 위주의 투자와 지원이 이루어져 왔다. 지금과 같이 도로위주의 교통정책이 앞으로도 계속 진행된다면 이로 인한 환경 피해는 더욱 심각해 질 것으로 예상된다. 하지만 국내에서는 아직까지 도로와 철도 환경성에 대한 비교가 제대로 이루어지지 않아 교통정책을 수립하는데 반영되지 못하고 있다. 이에 수송수단간의 사회적 비용을 분석하고 비교·평가하고 그에 따른 추진 방안을 모색할 필요성이 제기되었다.

본 연구에서는 교통의 환경영향을 대기오염, 온실가스, 소음, 토지이용, 교통사고, 교통혼잡 등 총 6가지 항목으로 구분하여 이들에 대한 경제, 사회, 환경적인 영향을 종합적으로 검토하고 분석하였다. 평가시점은 2000년과 2010년을 기준으로 하였으며, 지금의 교통정책이 계속 유지된다는 가정 하에 평가가 이루어졌다. 2000년 교통사고 및 교통혼잡 비용은 교통개발연구원에서 매년 산출하고 있는 자료에 근거하였다.

2000년 한 해 동안의 총 교통환경비용은 49조원으로 분석되었으며 이중 대기오염비용이 11조 6천억원(23%)으로 가장 높고, 혼잡비용이 11조 3천억원(23%), 토지이용비용이 9조 7천억원(20%), 교통사고비용이 9조 2천억원(19%), 온실가스비용이 5조 9천억원(12%), 소음비용이 1조 9천억원(4%) 순으로 나타났다.

도로와 철도로 구분하여 산출한 환경비용을 여객 수송량(인·km)과 화물의 수송량(톤·km)을 단순 가산한 수송량으로 나눈 결과, 도로가 철도보다 대기오염비용은 3.1배, 온실가스비용은 3.6배, 소음비용은 2.1배, 토지이용은 1.0배, 교통사고비용은 646배로 높게 산출되었다. 이때, 철도의 혼잡비용은 없다고 가정하였다. 도로에서 한 대당 대기오염을 제일 많이 배출하는 차종은 대형버스가 가장

높고, 그 다음으로는 대형트럭과 택시 순으로 나타났다.

특히, 대기오염비용에서는 단위여객(인·km)기준으로 택시가 가장 높은 24.5 원이고 그 다음으로는 자가용이 12.9원, 대형버스가 11.4원, 기차가 5.5원 순으로 나타났으며, 단위화물(톤·km)기준으로는 대기오염비용은 도로에서 46원, 철도에서 10원으로 평가되었다. 온실가스 배출의 경우 동일한 수송량을 가정하였을 때 여객에서는 도로가 철도보다 2배 이상, 화물에서는 도로가 철도보다 10배 이상 많이 배출하는 것으로 나타났다.

2010년 기준으로 환경비용을 평가한 결과, 총 교통환경비용은 약 57조원으로 증가하였다. 2000년 교통환경비용에 비해 교통사고 비용이 3조 7천억원, 대기오염비용 1조 8천억원, 온실가스비용이 3천억원 가량 감소하는 것으로 나타난 반면, 혼잡비용은 6조 1천억원, 토지이용비용은 5조 7천억원, 소음은 1조 6천억원 증가하는 것으로 나타났다.

또한 단위 수송량에 대한 교통환경비용은 모든 항목에서 2000년보다 철도의 우위성이 점점 높아지고 있음을 발견하였다.

도로와 철도의 사회적 비용

(단위: 억원/년)

기준 연도	대기오염		온실가스		소음		토지이용		교통사고		혼잡비용		계	
	도로	철도	도로	철도	도로	철도	도로	철도	도로	철도	도로	도로	도로	철도
2000년	113,310	2,865	57,518	1,249	18,776	677	89,939	6,947	91,788	11	112,525	483,856	11,749	
2010년	96,404	1,791	54,569	1,148	34,499	897	145,584	8,044	54,340	3	173,784	559,180	11,883	

결론적으로 교통의 사회적 비용 측면에서는 철도가 도로보다 약 3~4배 우수한 것으로 나타났으며, 향후 혼잡비용의 급격한 상승으로 인해 그 차이는 더욱 심화될 것이다.

이와 같은 분석결과를 토대로 도출된 세부적인 개선방안으로는 첫째, 도로에

지나치게 의존하는 교통정책에서 탈피하여 철도 등 친환경적인 교통수단의 활용이 확대될 수 있도록 정책적 배려가 필요하며, 둘째, 대기정책의 강력한 추진과 함께 교통혼잡을 줄이기 위한 대중교통서비스의 증진과 확충이 필요하고 셋째, LPG 택시 차량의 엔진기술의 향상에 의한 배출량의 절감 노력이 필요하며, 끝으로, 경유차 연료개선을 통한 대기오염물질의 배출량 감소와 이를 위한 천연가스 버스로의 대체가 시급하다.

앞의 세부적인 부분을 포함한 우리나라의 육상교통환경의 개선방안은 크게 다섯 부분으로 나눌 수 있다. 우선 가장 직접적인 오염원인 자동차에 대해 제작차의 기술개발과 운행차의 검사기준 및 연료에 대해 품질 기준을 강화시키고, 청정 연료의 사용을 확대하는 등의 오염물질 배출량을 저감시키는 방법이 있다. 여기에 자가용 승용차 이용객을 대중교통수단으로 전환하기 위해 정시성 확보와 요금체계 등을 정비하여 대중교통의 서비스를 강화시킨다. 또한 다양한 교통수요 관리 방법을 도입하여 교통량을 줄이고, 배기가스를 많이 배출하는 화물차의 효율적인 운행 및 교통사고의 감소로 혼잡이나 대기오염 등을 줄이려는 노력이 필요하다. 도로에서의 많은 화물이동을 철도로 이용할 수 있도록 철도의 운송을 활성화시키기 위한 물류체계를 개선해야 할 것이다. 마지막으로 토지이용의 효율화와 소음저감을 위한 방안 역시 고려해야 한다.

교통의 사회적 비용은 본 연구에서 평가한 항목 이외에도 생태계 영향, 경관 등의 영향인자에 대한 연구를 추진할 필요가 있다. 또한 도로와 철도의 진정한 우위성을 평가하기 위해서는 시설투자에서 운행 그리고 차량의 사후처리 과정에서 발생하는 모든 사회적 편익과 비용까지 포괄하여 평가해야 할 것이다. 또한 단위비용에 대한 체계적인 연구를 통해 단위 사회적 비용에 대한 공감대가 형성될 수 있어야 하겠다. 지역에 따라 교통의 특성이 상이하므로 향후 지역 특성별로 적절한 분석과 방안을 제시해야 할 것이다.

차 례

제1장 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 범위 및 내용	3
제2장 육상교통의 현황 및 교통환경 정책	5
1. 국내 육상교통의 현황 및 정책	5
가. 교통기반	5
나. 여객 및 화물 수송량	11
다. 에너지 소비	20
라. 자동차 주행거리	27
마. 교통부문의 투자	30
바. 교통환경 정책	31
2. 국외 교통환경 정책	34
가. OECD	34
나. EU	36
다. 북미(미국, 캐나다)	38
라. 유럽 3개국(독일, 영국, 프랑스)	43
마. 일본	48
제3장 육상교통환경의 영향 및 사회적 비용 추정	53
1. 육상교통환경의 영향	53
가. 대기오염	53
나. 온실가스	59
다. 소음	61

라. 교통혼잡	69
마. 교통사고	74
2. 육상교통의 사회적 비용 추정(2000년 기준)	80
가. 개요	80
나. 대기오염	88
다. 온실가스	96
라. 소음	100
마. 토지이용	103
3. 미래 교통환경의 변화 전망 및 사회적 비용 추정(2010년 기준)	106
가. 교통환경의 변화 전망	106
나. 2010년 교통의 사회적 비용 추정	110

제4장 우리나라 육상교통의 개선방안 131

1. 자동차 오염물질 배출량 저감	133
가. 제작차 기술개발 및 검사기준의 강화	133
나. 청정연료의 확대	134
다. 자동차 연료 품질기준 강화	136
라. 자동차 세제의 구조 변경	137
2. 대중교통수단의 이용 증진	137
가. 대중교통의 서비스 증진 및 정시성 확보	137
나. 요금체계 정비 및 다인승 차량 우대	139
3. 혼잡완화를 위한 교통수요 관리	140
가. 도심내의 교통수요관리(TDM)	140
나. 지능형 교통시스템(ITS) 추진	142
다. 교통사고의 감소 노력	143
라. 화물차량의 효율적 운행	143
4. 철도운송의 활성화	144
가. 철도운송의 경쟁력 강화	144

나. 철도의 서비스 개선	145
5. 토지이용의 효율화 및 소음저감	146
가. 토지이용의 효율화 방안	146
나. 주거지역 소음대책	146
제5장 결론 및 제언	149
참고문헌	151
<부록 1> EST를 위한 10가지 권고안(EST Guidelines)	159
<부록 2> 독일의 교통환경 변화 예측	161
<부록 3> 유럽 17개국 교통관련 사회적 비용 비교	171
<부록 4> 서비스부문 투자에서의 도로와 철도의 비교	174
Abstract	177

표 차례

<표 2-1> 도로등급별 연장 현황	5
<표 2-2> 철도 복선화·전철화 추이	6
<표 2-3> 주요국의 철도 복선 및 전철화율 비교(1998년)	6
<표 2-4> 주요국의 철도 및 도로시설 비교	7
<표 2-5> 인구 및 자동차대수 추이	8
<표 2-6> 차종별 등록대수 추이	9
<표 2-7> 국가별 자동차 등록대수의 비교	10
<표 2-8> 철도차량 보유추이	11
<표 2-9> 교통부문별 여객수송량 추이	12
<표 2-10> 도로 영업용 차량의 여객수송량 추이	13
<표 2-11> 철도부문 여객 수송실적 추이	13
<표 2-12> 수송수단별 여객수송량(인·km) 추이	14
<표 2-13> 수송수단간 여객수송량 분담률 추이	15
<표 2-14> 교통수단별 화물수송량(톤)	16
<표 2-15> 교통수단별 화물수송량(톤·km)	17
<표 2-16> 주요국의 종류별(여객·화물) 수송분담량	18
<표 2-17> 1차 에너지원별 에너지소비 추이(석유환산)	21
<표 2-18> 부문별 에너지 소비추이	22
<표 2-19> 수송 부문에서의 에너지 소비량	23
<표 2-20> 수송 부문의 에너지원별 소비추이	23
<표 2-21> 육상교통수단별 연료소비량(2000년)	24
<표 2-22> 수단별 에너지 효율성	25
<표 2-23> 교통부문의 에너지소비(1996년)	25
<표 2-24> 도로의 연료별 에너지소비(1996년)	26

<표 2-25> 주요국의 휘발유 가격대비 경유가격(2001.12)	27
<표 2-26> 차종별 용도별 1일 평균주행거리 변화추이	28
<표 2-27> 용도별·차종별 주행거리 현황(2000년)	29
<표 2-28> 주요국의 주행거리 비교	29
<표 2-29> 도로와 철도의 투자 규모 추이	30
<표 2-30> 주요국의 도로 및 철도 투자액 비교	31
<표 2-31> 일본의 저공해 자동차 추세	49
<표 2-32> 차종별 배기가스 변경 기준	50
<표 3-1> 대기오염물질이 인체에 미치는 영향	53
<표 3-2> 발생원별 대기오염물질 배출량(1999년)	54
<표 3-3> 수송부문 대기오염물질 배출량	55
<표 3-4> 도로 및 철도의 대기오염물질 배출량 비교	56
<표 3-5> 자동차 연료별 오염물질 배출량(1999년)	56
<표 3-6> 주요국의 대기오염물질 단위배출량	57
<표 3-7> 유럽연합의 대기오염물질 배출량	58
<표 3-8> 수송수단별 외부비용	58
<표 3-9> 전체 CO ₂ 배출량중 수송부문의 배출량	59
<표 3-10> 연료별 CO ₂ 배출량의 상대적 비교(휘발유 기준 수치)	60
<표 3-11> CO ₂ 배출원단위	60
<표 3-12> 유럽연합의 온실가스 배출량(1995년)	61
<표 3-13> 소음 수준과 인체 영향	62
<표 3-14> 소음에 대한 심각성 평가	63
<표 3-15> 주요국의 소음기준 현황	64
<표 3-16> 교통수단별 소음의 심각성 비교	65
<표 3-17> 국내 소음비용 산출 사례	66
<표 3-18> 주요국의 소음비용 및 분석방법	67
<표 3-19> 소음의 잠재가격	67

<표 3-20> 유럽의 도로교통으로 인한 소음의 외부비용(1991년)	68
<표 3-21> 국외 소음 원단위를 적용한 우리나라 소음비용	69
<표 3-22> 지역간 도로의 교통혼잡비용 산출결과	72
<표 3-23> 지역간 도로의 교통혼잡비용 추이	72
<표 3-24> 구성요소별 2000년 혼잡비용	73
<표 3-25> 교통혼잡비용 추이	74
<표 3-26> 교통사고 추이	74
<표 3-27> 철도 사고유형별 사상자수	75
<표 3-28> 주요국의 교통사고 사망자 변화	76
<표 3-29> 주요국의 교통사고 비교	76
<표 3-30> 유럽연합의 교통수단별 사망자수(1998년)	77
<표 3-31> 교통사고비용 산정방법	78
<표 3-32> 사상사고 1건당 교통사고비용	78
<표 3-33> 철도 여객사고 배상현황 추이	79
<표 3-34> 우리나라 교통사고비용의 변화	80
<표 3-35> 교통환경에 의한 외부불경제 유형에 따른 평가방법	82
<표 3-36> 한국과 독일의 교통으로 인한 사회적 비용	83
<표 3-37> 독일의 부문별 단위 사회적 비용	84
<표 3-38> 유럽연합의 교통부문 사회적 비용	84
<표 3-39> 유럽의 도로·철도의 단위당 사회적 비용	85
<표 3-40> 유럽연합의 교통의 사회적 비용	86
<표 3-41> 유럽 17개국 교통관련 평균 사회적 비용	87
<표 3-42> 도로의 대기오염물질 배출계수	88
<표 3-43> 디젤기관차 및 디젤동차의 배출계수	89
<표 3-44> 대기오염물질 배출량 산정방법	90
<표 3-45> 대기오염물질 총배출량	91
<표 3-46> 차종별 평균 재차인원 및 적재톤수	92
<표 3-47> 2000년 수송수단별 여객 및 화물수송량	93

<표 3-48> 수송수단별 여객 및 화물의 대기오염물질 배출량	93
<표 3-49> 연료별 대기오염물질의 배출량	94
<표 3-50> 대기오염물질의 단위 사회적 비용	94
<표 3-51> 차종별 대기오염 비용	95
<표 3-52> 온실가스의 차종별 배출계수	96
<표 3-53> 온실가스의 차종별 배출량	97
<표 3-54> 교통수단별 온실가스 배출원단위	98
<표 3-55> 수송수단별 온실가스 비용	99
<표 3-56> 수송수단별 대기오염 및 온실가스 비용	99
<표 3-57> 수송수단별 대기오염 및 온실가스의 단위비용	100
<표 3-58> 교통수단별 소음 가치	102
<표 3-59> 전국 육상교통 기반시설의 면적	103
<표 3-60> 육상교통 기반시설의 면적추이	104
<표 3-61> 토지면적대비 수송량 비교	105
<표 3-62> 2000년말 자산가치	105
<표 3-63> 자동차 대수 및 주행거리 예측	106
<표 3-64> 시기별 제작차 배출허용기준	107
<표 3-65> 제작차 배출계수의 비율(2002년 배출계수/2000년 배출계수) ..	108
<표 3-66> 경유버스와 천연가스버스의 대기오염물질 배출량 비교	109
<표 3-67> 경부고속전철 건설 유무에 따른 통행량 전망	110
<표 3-68> 2010년 수송수단별 여객 및 화물 수송량	111
<표 3-69> 2010년 차종별 배출계수 전망	111
<표 3-70> 철도의 대기오염물질 단위배출량	112
<표 3-71> 2010년 육상교통에서의 연료소비량	113
<표 3-72> 2010년 육상교통에 의한 대기오염물질 배출량	113
<표 3-73> 2010년 대기오염물질의 사회적 비용	114
<표 3-74> 온실가스의 차종별 배출량	115
<표 3-75> 교통수단별 온실가스 배출원단위	116

<표 3-76> 교통수단별 온실가스 비용	116
<표 3-77> 수송수단별 대기오염 및 온실가스 비용(2010년)	116
<표 3-78> 수송수단별 대기오염 및 온실가스 단위비용(2010년)	117
<표 3-79> 2010년 교통수단별 소음 가치 전망	118
<표 3-80> 토지이용에 따른 수송량	118
<표 3-81> 우리나라 교통사고율	119
<표 3-82> 교통선진국의 교통사고율	120
<표 3-83> 2010년 교통사고 비용 전망	120
<표 3-84> 도로의 혼잡비용에 대한 회귀분석 결과	122
<표 3-85> 2010년 예측된 혼잡비용	122
<표 3-86> 교통의 부문별 사회적 비용(종합)	123
<표 3-87> 고속철도 건설로 인한 수단별 수송량의 변화	126
<표 3-89> CNG 버스의 배출계수 및 배출량	127
<표 3-90> CNG 버스 도입에 따른 대기오염비용	128
<표 3-91> 수송분담률 변화에 따른 비용 추정	129
<표 3-92> 2010년 육상교통 연료소비량(제4차 국토종합계획 기준)	130

그 립 차 례

<그림 2-1> 교통수단별 여객수송량 증가 추이(유럽연합)	19
<그림 2-2> 교통수단별 화물수송량 증가 추이(유럽연합)	19
<그림 2-3> 유럽연합의 고속도로와 철도의 연장 추이	20
<그림 3-1> 교통혼잡비용의 구성 요소	70
<그림 4-1> 교통발달의 과정	132

제1장 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

교통은 국가의 경제발전을 이루기 위해 전제되어야 할 중요한 경제기반이다. 그 동안 교통의 발달로 인해 경제 발전, 생활의 편리, 국제사회의 실현, 세계경제의 확대 등 인간의 복리를 증진시켜 온 것은 사실이지만 또 다른 한편으로는 대기오염, 소음, 기후변화, 교통정체, 교통사고, 연료나 오일로 인한 토양오염, 자연형 토지의 상실, 교통수단의 폐기물, 경관의 훼손, 동물의 이동성 단절, 생태계의 단편화 등의 많은 환경 문제들을 유발시킨다. 육상교통에 있어 도로교통은 철도교통에 비해 환경악화를 더욱 가중시키고 있다.

1992년 리우회의 이후 선진국들은 에너지소비, 기후변화, 대기오염의 심각성을 인식하면서 화석연료 소비의 비중을 줄이려는 노력의 일환으로 교통부문에 관심을 갖게 되면서 수송차량의 연비 개선, 대중교통수단의 활성화를 위한 교통체계의 전환을 모색하게 되었다. 국제사회에서는 친환경적인 교통체계 도입의 필요성이 제기되면서 OECD 중심으로 「환경적으로 지속가능한 교통」(Environmentally Sustainable Transportation: EST) 수립을 위한 프로젝트가 1994년 시작된 이래 지금까지 수 차례의 회의를 진행하였으며, 친환경적인 교통체계로의 전환을 목적으로 10 가지 권고안(<부록 1>)과 함께 온실가스의 주요 배출원중의 하나인 자동차에 대해 1998년 '신차에서의 이산화탄소 배출 감축을 위한 협약'을 체결하였다.

우리나라 역시 1970년 경부고속도로의 개통과 함께 전국 교통망의 발달은 인간의 활동 공간을 확장시켰으며 이를 발판으로 급속한 경제성장을 이룰 수 있었다. 그 동안 정부는 고용기회의 확대와 경제 활성화 차원에서 도로건설을 국가의 SOC 투자의 우선 순위에 둔 것이 사실이다. 도로교통의 발달은 개인의 활동공간

의 확대, 생활의 편리함, 경제성장 등 복지사회 건설에 이바지하였을 뿐 아니라 자동차 산업에도 영향을 미쳐 1997년도에는 자동차 등록대수가 천만대인 국가로 부상하게 되었다.

하지만 도로에 편중된 발달로 인해 교통혼잡, 교통사고, 대기오염 등의 문제가 발생하였으며 이제는 그 정도가 개인의 경제 및 생활활동에 피해를 줄 수 있는 정도에까지 도달한 상태이다. 그 동안 도로건설에 적극적인 지원과 대규모 투자를 한 반면, 철도 산업에 대한 투자와 지원은 상대적으로 도외시되었다. 그리하여 1960년대까지 국가의 중추적인 간선교통수단이었던 철도는 하나의 보조교통수단으로 전락하였다. 그 결과, 이제는 육상교통의 90% 이상이 도로에 의존하고 있는 실정이다. 2020년 우리나라 자동차 보유대수는 지금의 약 두 배 정도로 증가할 것으로 예상되고 있다. 이러한 상태에서 교통체계의 대폭적인 변혁 없이 지금과 같은 자동차 위주의 교통체계가 지속된다면 환경훼손은 물론, 교통체증으로 인한 실물경제에 악화요인으로 작용할 것이다.

이러한 교통환경 문제를 해결하기 위해서는 수송수단간의 사회적 비용을 분석하여 우위성을 비교하고 그에 따른 적절한 개선 방안을 도출해야 할 것이다. 지금까지 국내에서 발표된 교통의 사회적 비용 산출과 관련해서는 도로만을 대상으로 하였거나 해운과 육운의 비교 연구가 전부이다. 하지만 아직까지 도로와 철도의 사회적 비용을 비교가 이루어지지 않음으로 인하여 육상교통에 대한 수송수단간의 우위성을 평가하지 못한 상태이다. 교통환경이 육상교통정책에 중요한 인자로 부각되고 있는 실정에서 도로와 철도의 환경성에 대한 국내 실증 연구 자료가 없다는 것은 향후 교통 관련 연구 및 정책 입안에 있어 큰 걸림돌로 작용할 것이다. 이에 육상교통 수단간의 사회적 비용을 분석하고 비교·평가하는 것은 시급한 현실이다.

본 연구에서는 도로와 철도로 구분하여 수송수단 간의 사회적 비용을 추정하고, 현재 국가에서 추진하고 있는 육상교통정책이 달성된다는 전제 하에 미래의

사회적 비용을 정량적으로 예측하는 것을 1차적인 연구의 목적으로 하고 있다. 더 나아가 사회적 비용의 추정 결과와 선진 외국의 교통정책을 검토한 결과에 기초하여 우리나라의 환경친화적 육상교통으로의 발전 및 개선방안을 제시하는 것이 연구의 2차적인 목적이다.

2. 연구 범위 및 내용

교통에 대한 최적 수송분담률을 도출하기 위해서는 시설 및 서비스 투자비용과 총산출액 그리고 교통혼잡, 사고, 대기오염, 소음, 토지이용 등에 대한 경제, 사회, 환경적인 영향을 종합적으로 검토해야 하나 본 연구에서는 육상교통수단인 도로와 철도만을 대상으로 운행에 따른 사회적 비용을 평가하였다.

미래의 수송분담률 적용은 기준 연도를 2010년으로 설정하여 현 수송분담률을 유지한다는 가정과 제4차 국토종합계획에서 예상하고 있는 수송분담률을 적용하여 도로와 철도의 사회적 비용을 추정하였다.¹⁾ 2010년의 예측에서는 국내에서 계획하고 있는 교통정책(수송연료의 기준 강화, 도로 및 철도망 연장계획 등)이 실현되는 것을 전제로 분석하였다.

본보고서의 주요 내용은 다음과 같이 구성되었다. 서론인 제1장에 이어 제2장에서는 국내 육상교통의 현황 및 정책을 살펴보고 국외 선진국의 교통환경정책을 소개하고자 한다. 제3장에서는 육상교통으로 인해 발생하는 각종 문제들에 대해 현황을 설명하고 이들 인자들에 대해 도로와 철도로 구분하여 현재와 미래의 사회적 비용을 산출하였다. 제4장에서는 2, 3장의 내용을 바탕으로 우리나라의 친환경적인 육상교통정책을 추진하기 위한 개선방안에 대해 제시하였다. 마지막으로 제5장은 결론 및 제언으로 구성되었다.

1) 우리나라에서 사회적 비용을 최소화시키는 철도의 적정분담률은 환경비용과 사고비용을 포함하면 40%, 포함하지 않을 경우는 37%로 최적 수준이라고 발표한 바 있다(철도청, 1998).

부록에는 본 보고서의 이해를 돕기 위하여 EST 개념과 독일의 미래 교통환경을 소개하고 유럽 국가의 외부비용의 평가 대상 및 산출 결과 그리고 운송서비스 투자로 인해 실물경제에 미치는 파급효과에 대해 제시하였다.

제2장 육상교통의 현황 및 교통환경 정책

1. 국내 육상교통의 현황 및 정책

가. 교통기반

1) 도로 및 철도 시설

우리나라의 총 도로연장은 1980년 이후 연평균 3.24%로 꾸준히 증가하고 있다. <표 2-1>을 보면, 고속국도와 특별·광역시도의 연장은 꾸준히 증가하는 반면, 지방도, 시·군도의 건설사업은 일정 기간 동안 큰 변화가 없다가 급격하게 증가하는 양상을 보이고 있다.

<표 2-1> 도로등급별 연장 현황

(단위: km, %)

	고속국도	일반국도	지방도	특별·광역 시도	시·군도	계
1980	1,224.60 (2.6)	8,231.80 (17.5)	11,020.60 (23.5)	7,938.70 (16.9)	18,534.90 (39.5)	46,950.60 (100.0)
1985	1,415.40 (2.7)	12,241.20 (23.4)	10,166.70 (19.5)	10,017.80 (19.2)	18,422.80 (35.2)	52,263.90 (100.0)
1990	1,550.70 (2.7)	12,160.60 (21.4)	10,671.5 (18.8)	12,298.30 (21.7)	20,033.4 (35.3)	56,714.5 (100.0)
1995	1,824.5 (2.5)	12,052.70 (16.2)	13,854.40 (18.7)	14,081.5 (19.0)	32,424.1 (43.7)	74,237.2 (100.0)
2000	2,131.20 (2.4)	12,413.49 (14.0)	17,838.90 (20.1)	17,150.97 (19.3)	39,240.46 (44.2)	88,775.02 (100.0)
연평균 증가율	2.81	2.08	2.44	3.93	3.82	3.24

자료: 건설교통부. 2001. 『건설교통통계연보』.

철도의 수용능력과 친환경성을 판단할 수 있는 지표는 일반적으로 철도연장 그리고 복선화 및 전철화 정도를 들 수 있다. <표 2-2>와 같이 우리나라의 철도키는 거의 변화가 없는 반면, 복선화와 전철화는 2000년 각각 30.1%와 21.4%로 꾸준히 증가하고 있다. 이는 철도건설에 의한 물리적인 연장을 늘리기보다는 기존의 철도를 유지하면서 복선화와 전철화를 통해 질적인 개선을 꾀하고자 함을 알 수 있다. 하지만 <표 2-3>에서 우리나라의 복선화율과 전철화율을 선진 외국과 비교해 보면 아직 낮은 수준이다.

<표 2-2> 철도 복선화·전철화 추이

(단위: km, %)

	1980	1985	1990	1995	2000	연평균 증가율
철도키로	3,134.6	3,120.6	3,091.3	3,101.2	3,123.0	-0.02
복선키로	719.6 (23.0)	763.6 (24.5)	846.8 (27.4)	882 (28.4)	938.6 (30.1)	1.34
전철키로	425.8 (13.6)	425.8 (13.6)	522.2 (16.9)	555.1 (17.9)	667.5 (21.4)	2.27

자료: 철도청. 각년도. 『철도통계연보』.

<표 2-3> 주요국의 철도 복선 및 전철화율 비교 (1998년)

(단위: km, %)

구 분	연 장	복선화율	전철화율
일 본	20,150	40	59
프랑스	31,851	50	45
독 일	40,826	43	45

자료: 재정경제원. 1999. 기획예산위원회 및 예산청. 『한국의 재정』 p.173.

일반적으로 국가간 연장의 비교는 나라마다의 사정이 다르므로 <표 2-4>에서 보듯 면적 또는 인구에 근거하거나 국토면적과 인구를 함께 고려한 국토계수당 연장으로 비교한다.

<표 2-4> 주요국의 철도 및 도로시설 비교

국 가	철도 연장 (km)	도로 연장 (천km)	인구천명당 (km)		국토면적 천km ² 당 (km)		국토계수당 연장(km)		단위면적당 도로/철도 연장
			도로	철도	도로	철도	도로	철도	
한 국	3,120	88.8	1.93	0.07	889.5	31.3	1.31	0.05	28.45
일 본	20,150	1152.2	9.17	0.16	3,049.8	53.3	5.29	0.09	57.18
프랑스	31,851	893.5	15.25	0.54	1,620.0	57.8	4.97	0.18	28.05
영 국	16,536	371.9	6.39	0.28	1,531.1	68.1	3.13	0.14	22.49
독 일	40,826	656.1	7.99	0.50	1,837.8	114.4	3.83	0.24	16.07
미 국	243,304	6,348.2	23.70	0.91	659.3	25.3	3.95	0.15	26.09

주: 1) 국토계수당 연장 = $\text{연장}(km) / \sqrt{\text{국토면적}(km^2) \times \text{인구}(\text{천명})}$

2) 국외 도로연장은 『OECD 주요통계지표』를 참조하였으며 국가간의 비교 시점을 동일하게 하기 위하여 철도연장은 '96년, 인구수는 '97년, 국토면적과 도로연장은 '99년 자료를 이용.

자료: 건설교통부. 2001. 『도로업무편람』. 철도청. 각년도. 『철도통계연보』.

통계청. 2001. 『OECD 주요통계지표』. 통계청. 2001. 『국제통계연감』.

우리나라의 도로와 철도연장을 면적, 인구, 국토계수를 기준으로 선진국과 비교하면 약 2~5배 차이로 열악한 상태임을 알 수 있다. 국토계수를 기준으로 살펴보면, 도로의 비중이 제일 높은 나라는 일본이며, 철도의 비중이 제일 높은 나라는 독일로 나타났다.²⁾ 우리나라는 산림이 국토의 60% 이상을 차지하는 국가인

2) 국토계수를 기준으로 우리나라의 철도에 대한 도로의 비율을 1로 가정할 때, 일본은 우리나라보다 약 2배 정도로 도로의 비중이 높은 반면, 다른 나라들은 철도의 비율이 더 높은 것으로 나타났다. 산악형 국가인 일본은 철도보다는 도로의 건설이 용이할 뿐 아니라 간헐적으로 발생하는 지진으로 인한 피해를 최소화하고 이동공간의 확보를 위한 소로(小路)의 건설로 도로의 연장이 다른 나라에 비해 높은 편이다.

점을 감안하더라도 다른 나라에 비해 도로와 철도의 기반시설이 아직 취약한 상태임을 알 수 있다.

2) 자동차수 및 철도차량 대수

우리나라의 2000년 인구는 47,275천인으로 1990년 이후 연평균 0.98%의 증가율을 보이는 반면, 자동차 등록대수는 12,059천대로서 연평균 증가율이 13.51%로 매우 급격하게 증가하고 있다. <표 2-5>에서 나타나듯이 천인당 자동차 등록대수는 1990년에는 79대에서 2000년에는 255대로 자동차보급율이 매우 높아졌다. 이러한 증가율은 1990년대 초에는 20%를 상회하기도 했으나 그 증가율이 서서히 하향 안정되어 1990년대 말부터는 10% 이하의 증가율을 나타내고 있다. IMF의 경제지원을 받기 시작했던 1998년을 제외하고는 천인을 단위로 하였을 때 매년 약 20대의 차량이 추가적으로 증가하고 있다.

<표 2-5> 인구 및 자동차대수 추이

(단위: 천인, 천대, %)

구 분	인구	자 동 차		
	계	대 수	천인당 자동차대수	전년대비 증가율
1990	42,869	3,395	79.2	-
1991	43,296	4,248	98.1	25.1
1992	43,748	5,231	119.6	23.1
1993	44,195	6,273	141.9	19.9
1994	44,642	7,404	165.9	18.0
1995	45,093	8,469	187.8	14.4
1996	45,545	9,553	209.7	12.8
1997	45,991	10,413	226.4	9.0
1998	46,430	10,470	225.5	0.5
1999	46,858	11,164	238.2	6.6
2000	47,275	12,059	255.1	8.0
연평균 증가율	0.98	13.51	12.41	-

자료: 통계청 [Online]. 추계인구. Available : www.nso.go.kr.

<표 2-6>에 나타난 바와 같이 2000년 차종별 등록대수의 비율은 승용차 67%, 화물자동차 20.8%로, 두 차종이 전체 차량의 87.8%를 구성하고 있다. 1990-2000년 차종별 등록대수의 연평균 증가율은 승용차가 14.6%, 버스가 14.0%로 다른 차종에 비해 높게 나타났다.³⁾

<표 2-6> 차종별 등록대수 추이

(단위: 대, %)

년 도	구분	승용차		버 스		화 물		특수차	
		대 수	증가율	대 수	증가율	대 수	증가율	대 수	증가율
1990	대 수	2,074,922	33.1	383,738	18.7	924,647	20.2	11,496	24.9
	구성비	61.1		11.3		27.2		0.3	
1991	대 수	2,727,852	31.5	427,650	11.4	1,077,467	16.5	14,847	29.1
	구성비	64.2		10.1		25.4		0.3	
1992	대 수	3,461,057	26.9	483,575	13.1	1,261,522	17.1	24,740	66.6
	구성비	66.2		9.2		24.1		0.5	
1993	대 수	4,271,253	23.4	527,958	9.2	1,448,634	14.8	25,163	1.7
	구성비	68.1		8.4		23.1		0.4	
1994	대 수	5,148,713	20.5	582,069	10.2	1,644,646	13.5	28,919	14.9
	구성비	69.5		7.9		22.2		0.4	
1995	대 수	6,006,290	16.7	612,584	5.2	1,816,582	10.5	33,445	15.7
	구성비	70.9		7.2		21.5		0.4	
1996	대 수	6,893,633	14.8	663,011	8.2	1,962,564	8.0	33,884	1.3
	구성비	72.2		6.9		20.5		0.4	
1997	대 수	7,586,474	10.1	719,127	8.5	2,072,256	5.6	35,570	5.0
	구성비	72.9		6.9		19.9		0.3	
1998	대 수	7,580,926	-0.1	749,320	4.2	2,104,683	1.6	34,670	-2.5
	구성비	72.4		7.2		20.1		0.3	
1999	대 수	7,837,206	3.4	993,169	32.5	2,298,116	9.2	35,237	1.6
	구성비	70.2		8.9		20.6		0.3	
2000	대 수	8,083,926	3.1	1,427,221	43.7	2,510,992	9.3	37,137	5.4
	구성비	67.0		11.8		20.8		0.3	
연평균 증가율		-	14.6	-	14.0	-	10.5	-	12.4

자료: 건설교통부, 2001. 『건설교통통계연보』.

이렇듯 전체 자동차 등록대수는 꾸준히 증가하고 있으며, 자동차 등록대수 중

3) 버스의 경우 1990-2000년 증가율이 매우 높게 나타난 원인은 2000년에 1,427,221대로 전년대비 43.7%의 급격한 증가율을 보이고 있는데 이는 차종 분류기준의 변화로 인해 7~10인승 차량이 승합(버스)으로 포함되었기 때문이다.

에서 제일 높은 점유율을 차지하는 승용차의 연평균 증가율이 다른 차종보다 높다는 것은 향후 자동차의 등록대수에서 승용차가 차지하는 비중이 점차 높아질 것임을 예측할 수 있다.

우리나라는 도로연장에 비해 자동차 대수가 <표 2-7>에서와 같이 다른 선진국에 비해 2~4배 정도로 높게 나타나는데 이는 교통혼잡을 유발하는 원인으로 작용한다.

<표 2-7> 국가별 자동차 등록대수의 비교

기 준 국 가	대/도로연장 (km)	대/인구(천명)	대/국토면적 (km ²)	대/국토계수	대/GDP(\$)
한 국	135.8(1.00)	262.2(1.00)	120.8(1.00)	178.0(1.00)	1,170.0(1.00)
일 본	61.5(0.45)	563.7(2.15)	187.4(1.55)	325.1(1.83)	2,123.4(1.81)
프랑스	37.0(0.27)	564.6(2.15)	60.0(0.50)	184.1(1.03)	1,376.3(1.18)
영 국	62.3(0.46)	397.9(1.52)	95.3(0.79)	194.8(1.09)	1,027.5(0.88)
독 일	68.4(0.50)	546.8(2.09)	125.7(1.04)	262.1(1.47)	1,751.2(1.50)
미 국	32.5(0.24)	770.0(2.94)	21.4(0.18)	128.4(0.72)	6,813.6(5.82)

우리나라 자동차 대수를 단위인구를 기준으로 살펴보면 선진국에 비해 아직은 적은 편이다. 그러므로 향후 우리나라의 소득이 선진국과 비슷해지면 자동차 등록대수는 지금 수준보다 높아질 것임을 예측 가능하다.

우리나라 철도차량 중에서 디젤기관차와 디젤동차, 전기동차의 보유대수는 증가하였으나 그 외 차량들은 감소하거나 거의 변화가 없다. 2000년 현재 증기기관차는 1대를 보유하고 있으며 난방차는 보유차량이 없다(<표 2-8>). 실질적으로는 화물량과 여객수에 따라 탄력적으로 차량을 운용할 수도 있으나 그렇지 않은 현실에서 화물량과 여객수의 지표라 할 수 있는 객차와 화차 수의 감소는 철도산업이 쇠퇴하고 있음을 알 수 있다.

<표 2-8> 철도차량 보유추이

구분	디젤 기관차	디젤 동차	전기 기관차	전기 동차	증기 기관차	객차	화차	난방차	통일호 전기동차
1980	425	130	90	286	30	1,901	16,702	163	10
1985	471	138	90	388	0	2,168	16,133	121	20
1990	491	200	94	540	0	2,133	15,601	88	20
1995	485	495	94	1,100	1	1,856	14,330	50	20
2000	467	615	95	1,674	1	1,675	13,224	0	10

자료: 철도청. 2001. 『2000 철도통계연보』.

나. 여객 및 화물 수송량

1) 여객

여객수송량의 단위는 여객수만을 고려하여 나타내는 '인'과 여객수와 수송거리를 함께 표현하는 '인·km' 두 가지로 표현 가능하다.

도로부문에서 영업용 여객수송량(인)은 1990년대 이후 불규칙하게 변화하다가 1993년 이후 꾸준한 감소추세를 보이는데 이는 택시나 버스 이용객들의 일부가 자가용을 구입하였거나, 그 밖의 도로 영업용 여객이 수도권내에서는 지하철로, 중·장거리 이동은 철도 또는 항공 수단으로 운송수단을 바꾸었기 때문인 것으로 파악된다. 자동차는 단·중거리, 철도는 중·장거리, 항공은 장거리 이동 수단으로 사용되는 것이 일반적이다. 도로 교통에서는 단거리일 경우에는 택시와 시내버스, 중·장거리일 경우에는 시외·고속버스의 이용율이 높다.

1998년 우리나라의 여객수송량 분담률은 <표 2-9>와 같이 도로가 제일 높은 약 91%로 이중 비영업용이 55.4%, 영업용이 35.7%를 차지하고 있다.⁴⁾

4) 건설교통부에서는 비영업용의 경우 1999년부터 자료의 신뢰성에 대한 문제가 제기되면서 공식적인 집계를 발표하지 않고 있다.

<표 2-9> 교통부문별 여객수송량 추이

(단위: 천인, %)

연도	철도	지하철	도 로		해운	항공	합 계	합 계 (도로비영업 제외)
			영업용	비영업용				
1990	644,814	1,186,634	12,721,877	6,893,339	8,260	11,064	21,465,988	14,572,649
1991	679,281	1,422,615	12,854,212	8,325,932	8,485	12,253	23,302,778	14,976,846
1992	716,364	1,546,279	12,848,750	9,993,390	8,733	14,555	25,128,071	15,134,681
1993	723,057	1,576,040	12,117,439	11,930,409	7,990	15,550	26,370,485	14,440,076
1994	729,003	1,603,945	11,603,575	12,552,257	7,869	18,406	26,515,055	13,962,798
1995	790,381	1,693,003	11,289,507	14,953,737	8,702	21,009	28,756,339	13,802,599
1996	819,542	1,728,171	11,480,422	16,805,918	9,413	23,566	30,867,032	14,061,115
1997	832,999	1,855,166	10,887,456	16,926,847	9,899	25,639	30,538,006	13,611,159
1998	829,050	1,838,870	10,783,922	16,765,881	8,277	19,504	30,245,504	13,479,623
1999	823,563	2,015,999	10,455,862	-	9,052	21,145	-	13,325,621
2000	814,472	2,235,221	10,743,551	-	9,702	22,515	-	13,825,461
연평균 증가율	2.36	6.54	-1.68	-	1.62	7.36	-	-0.52

자료: 건설교통부. 2001. 『건설교통통계연보』.

<표 2-10>에서 보는 바와 같이 도로의 영업용 차량에서 고속버스, 시외버스, 시내버스의 여객수송량은 감소하는 반면, 택시와 전세버스 이용객은 증가하고 있다. 그 이유는 소득의 증가로 택시의 이용이 증가되었고 전세버스의 경우는 여가 생활의 증가가 주요 원인일 것이다. 고속버스, 시외버스, 시내버스는 정기적으로 운행하는 공급위주의 교통수단이라고 할 수 있는 반면, 전세버스와 택시는 수요위주의 교통수단이다. 일반적으로 택시는 단거리 수송에, 고속버스, 시외버스, 전세버스는 중·장거리 수송에 이용된다. 그러므로 2000년 도로의 영업용 차량의 수송분담률은 인 단위 기준으로 택시가 50%, 시내버스가 44.9%로 단거리 교통수단이 대부분을 차지하고 있다. 이에 반해 고속버스, 시외버스, 전세버스의 수송인원은 다른 차종에 비해 낮다. 하지만 이들 차량의 특성상 여객 1인의 이동거리는 다른 차종에 비해 높다.

<표 2-10> 도로 영업용 차량의 여객수송량 추이

(단위: 천인, %)

연 도	영업부문					합 계
	고속버스	시외버스	시내버스	전세버스	택 시	
1990	76,505	880,294	7,187,756	74,005	4,503,317	12,721,877
1991	66,376	765,317	6,805,905	78,489	5,138,124	12,854,211
1992	58,769	723,927	6,518,164	83,736	5,464,154	12,848,750
1993	57,757	667,965	6,336,153	83,089	4,972,476	12,117,440
1994	53,544	621,414	5,996,272	79,875	4,852,470	11,603,575
1995	53,539	532,607	5,688,254	94,693	4,920,413	11,289,506
1996	51,567	496,961	5,866,288	95,952	4,969,654	11,480,422
1997	49,134	481,273	5,426,038	100,256	4,830,755	10,887,456
1998	42,945	418,809	5,440,576	92,472	4,789,121	10,783,923
1999	43,250	389,573	5,054,599	102,717	4,855,724	10,445,863
2000	43,070	373,936	4,823,851	130,918	5,371,775	10,743,550
연평균 증가율	-5.58	-8.21	-3.91	5.87	1.78	-1.68

자료: 건설교통부, 2001. 『건설교통통계연보』.

철도에서는 다른 차량에 비해 쾌적하고 서비스 질이 높은 새마을과 무궁화 차량의 이용객은 증가하는 반면, 다른 철도 차량의 이용은 감소하는 추세이다(<표 2-11>).

<표 2-11> 철도부문 여객 수송실적 추이

(단위: 천인/년, %)

구 분	일반수송							수도권전철	계
	정기	새마을	무궁화	통일	비둘기	기타	소계		
1990	5,444	7,438	40,970	53,815	41,234	1,175	150,076	494,739	644,815
1995	2,944	13,945	50,875	36,901	30,038	950	135,653	654,727	790,380
2000	5,276	15,494	70,447	23,616	93	988	115,914	698,558	814,472
연평균 증가율	-0.31	7.61	5.57	-7.91	-45.63	-1.72	-2.55	3.51	2.36

자료: 건설교통부, 2001. 『건설교통통계연보』.

특히 비둘기 차량은 거의 이용을 하지 않는다. 이는 소득 수준 및 생활 수준의 향상으로 인하여 보다 쾌적한 차량을 선호하는 추세로 바뀌기 때문으로 볼 수 있다. 여객수송량을 대표하는 단위는 국제적으로도 '인'보다는 '인·km' 정보를 더 선호하며 교통정책을 세울 때에도 비교할 수 있는 지표로 '인·km'를 활용한다.

여객수송량이 '인·km'로 제시된 <표 2-12>에 따르면 1990년대 초반에는 증가하는 듯하다가 중반 이후부터는 큰 변화가 없는 상태이다.

<표 2-12> 수송수단별 여객수송량(인·km) 추이

(단위: 백만인·km, %)

연도	철도	지하철	도 로		해운	항공	합계	합계(도로 비영업제외)
			영업용	비영업용				
1990	29,864	11,229	89,712	33,541	520	4,011	168,877	135,336
1991	33,470	11,891	87,697	38,642	524	4,447	176,671	138,029
1992	34,787	12,970	83,152	46,591	525	5,233	183,258	136,667
1993	33,693	13,168	77,998	56,595	468	5,511	187,433	130,838
1994	31,912	13,343	74,167	59,736	436	6,481	186,075	126,339
1995	29,292	14,048	82,324	71,439	502	7,406	205,011	133,572
1996	29,580	12,859	72,871	79,268	547	8,288	203,413	124,145
1997	30,073	11,691	68,737	79,511	571	9,052	199,635	120,127
1998	32,976	11,144	66,853	77,331	434	6,877	195,615	118,284
1999	28,605	18,204	76,193	-	543	7,505	-	131,051
2000	27,787	20,268	74,572	-	672	8,039	-	131,338
연평균 증가율	-0.72	6.08	-1.83	-	2.60	7.20	-	-2.48

자료: 건설교통부. 2001. 『건설교통통계연보』.

또한 1998년 도로의 분담률(인·km)은 전체 여객수송량의 73.7%를 차지하고 그 다음으로 철도, 지하철, 항공, 해운 순으로 나타났다. 여객수송량에서는 철도의 경우 단위가 '인'이었을 때는 점차 증가하였는데 '인·km'일 때는 감소하는 것으로 나타났다.

이것은 과거보다 이용자는 많아졌으나 이용거리가 짧아진 것을 의미한다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 이동거리가 상대적으로 짧은 수도권 전철 이용객의 증가와 함께 중거리 이용객은 철도보다는 비영업용인 자동차, 장거리 이용객은 철도보다는 항공으로 수송수단이 전환되었기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 1990년대 여객수송량의 단위가 ‘인’과 ‘인·km’일 때 도로와 철도의 분담률은 시간이 지남에도 불구하고 거의 변화가 없거나 철도의 분담률이 작으나 감소하는 경향을 나타내고 있다(<표 2-13>).

<표 2-13> 수송수단간 여객수송량 분담률 추이

구 분	인		인·km	
	도로	철도	도로	철도
1990	0.968	0.032	0.805	0.195
1992	0.970	0.030	0.789	0.211
1994	0.971	0.029	0.808	0.192
1996	0.972	0.028	0.837	0.163
1998	0.971	0.029	0.814	0.186

주: 건설통계연보의 수송량 자료를 이용하여 계산함.

2) 화물

‘톤’에 근거한 수송수단별 국내 화물수송량은 경제 규모가 증가하면서 철도를 제외한 다른 교통수단에서는 꾸준히 증가하고 있다(<표 2-14>). 1990년대에는 해운, 도로, 항공 모두 연평균 7% 이상의 증가율을 보이고 있으며 특히 항공에 의한 화물수송량은 연평균 증가율이 약 9%로 다른 수송수단보다 높은 것으로 나타났다. 도로 비영업용까지 포함한 화물수송량 정보가 있는 1996년 기준 화물수송량은 도로 비영업용에서 가장 큰 71.4%, 도로 영업용에서는 19.6%로 총 화물수송량의 90% 이상이 도로에서 이루어지고 있다.

<표 2-14> 교통수단별 화물수송량(톤)

(단위: 천톤, %)

연도	철도	도 로		해운	항공	합계	합계(도로 비영업용제외)
		영업용	비영업용				
1990	57,922	215,125	972,990	63,915	183	1,310,135	337,145
1991	61,215	245,126	1,080,018	76,124	200	1,462,683	382,665
1992	58,768	266,009	1,271,213	85,869	242	1,682,101	410,888
1993	60,167	289,450	1,353,841	96,196	273	1,799,927	446,086
1994	57,866	345,831	1,444,205	117,694	306	1,965,902	521,697
1995	57,469	408,368	1,504,881	129,112	323	2,100,153	595,272
1996	53,527	426,414	1,553,057	140,951	351	2,174,300	621,243
1997	53,828	499,083	-	147,046	387	-	700,344
1998	43,345	408,136	-	115,179	363	-	567,023
1999	42,081	401,177	-	123,692	393	-	567,343
2000	45,240	496,174	-	131,987	434	-	673,835
연평균 증가율	-2.44	8.72	-	7.52	9.02	-	6.59

자료: 건설교통부, 2001. 『건설교통통계연보』.

‘톤·km’ 단위로 표현된 철도의 화물수송량은 철도의 여객수송량에서와 같이 감소 추세인 반면, 해운과 항공에 의한 화물수송량은 꾸준히 증가하고 있다(<표 2-15>). 도로의 영업용 화물수송량 1997년 말 경제위기로 인해 급격하게 감소하였으나 점차 증가하고 있는 추세이다. 1990년대 도로의 비영업용을 제외한 화물수송량 역시 1997년이 가장 높게 나타났다. 장거리 화물은 주로 해운에 의해 운송된다. 신속하게 운송해야 할 장거리 화물인 경우에는 주로 항공수단이 사용된다. 1996년의 화물수송량(톤·km)은 도로에서 47.9%, 해운에서 40.6%를 점유하고 있다. 도로는 주로 단거리 수송, 해운은 장거리 수송으로 이원화되어 이용되고 있다.

<표 2-15> 교통수단별 화물수송량(톤·km)

(단위: 백만톤·km, %)

연도	철도	도 로		해운	항공	합계	합계(도로 비영업제외)
		영업용	비영업용				
1990	13,663	9,325	22,517	21,127	72	66,704	44,187
1991	14,494	10,530	24,251	24,737	79	74,091	49,480
1992	14,256	11,364	28,546	36,008	94	90,268	61,722
1993	14,658	12,666	30,544	38,465	105	96,438	65,894
1994	14,070	15,446	33,215	34,935	116	97,782	64,567
1995	13,838	18,213	34,612	43,936	123	110,722	76,110
1996	12,947	19,114	35,720	46,452	134	114,367	78,647
1997	12,710	22,219	-	45,299	149	-	80,377
1998	10,372	9,387	-	33,461	140	-	53,360
1999	10,072	9,227	-	33,699	151	-	53,149
2000	10,803	11,412	-	38,298	167	-	60,680
연평균 증가율	-2.32	2.04	-	6.13	8.78	-	3.22

주: 2000년 자료는 철도청(2001a), 그 외 정보는 건설교통부, 해양수산부, 한국공항공사의 내부자료임.

자료: 건설교통부, 2001. 『건설교통통계연보』.

3) 주요국 수단별 여객·화물 수송량

다른 나라의 여객과 화물의 분담구조를 살펴보기 위하여 교통선진국이라 할 수 있는 일본, 프랑스, 영국, 독일, 미국에 대한 여객과 화물수송량을 <표 2-16>에 나타낸 바, 일본을 제외한 다른 나라들의 경우에는 여객에서의 도로 분담률이 80% 이상을 차지한다. 미국은 국토면적이 크므로 도로의 대체수단으로 철도보다는 항공을 주로 이용하는 것으로 나타났다.

철도가 발달한 일본의 1994년도 자료에 의하면 이동거리가 100km 미만일 경우에는 철도의 분담률이 10%를 약간 상회하나 이동거리가 길어지면서 철도의 분담률이 점점 증가하여 500~750km 구간에서는 철도 분담률이 약 70%로 제일 높게 나타났다. 이동거리가 750km 이상에서는 철도의 분담률이 점차 감소하는

것으로 나타났는데 그 이유는 장거리일 경우에는 항공이나 해운이 대체 교통수단의 기능을 담당하기 때문이다(철도청, 1998). 여객을 대상으로 일본의 철도 분담률은 약 40%에 육박하는 반면, 다른 나라들의 철도 분담률은 10%이하를 차지하는 것으로 나타났다.⁵⁾

미국은 화물수송에서 다른 국가에 비해 철도를 많이 이용하는데 이는 넓은 국토를 보유한 나라의 독특한 특성이라 할 수 있다. 독일과 미국은 화물수송의 약 14%를 내륙수로에 의존하고 있는데 이는 국토의 지리적인 특징 때문이다.

<표 2-16> 주요국의 종류별(여객·화물) 수송분담량

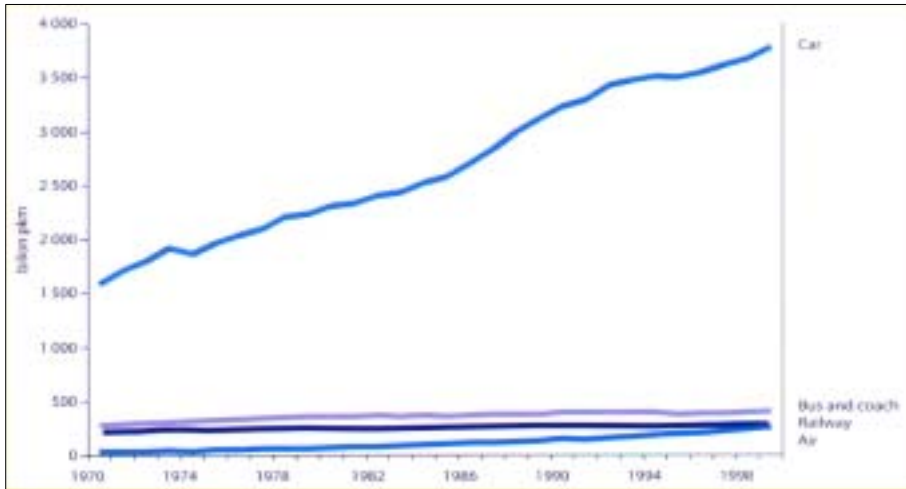
구 분	일본	프랑스	영국	독일	미국
국내여객 (억인·km)	16,653(100)	8,000(100)	7,080(100)	9,413(100)	39,871(100)
도로	9,556(57.4)	7,210(90.1)	6,590(93.1)	8,314(88.3)	32,148(80.6)
철도	6,259(37.6)	645(8.1)	420(5.9)	724(7.7)	225(0.6)
기타(항공+해운)	838(5.0)	145(1.8)	70(1.0)	375(4.0)	7,498(18.8)
국내화물 (억톤·km)	5,824(100)	2,507(100)	2,453(100)	4,693(100)	57,598(100)
도로	3,071(52.7)	1,678(66.9)	1,595(65.0)	3,159(67.3)	16,524(28.7)
철도	448(7.7)	551(22.0)	174(7.1)	736(15.7)	23,202(40.3)
내륙수로	-	62(2.5)	-	643(13.7)	7,771(13.5)
파이프라인	-	216(8.6)	112(4.6)	148(3.2)	9,876(17.1)
기타(항공+해운)	2,305(39.6)	-	572(23.3)	7(0.1)	225(0.4)

주: 미국의 국내화물 1997년 자료이며 그 외 자료는 1998년을 기준으로 함.

자료: 運輸政策研究機構. 2001. 『鐵道2001』.

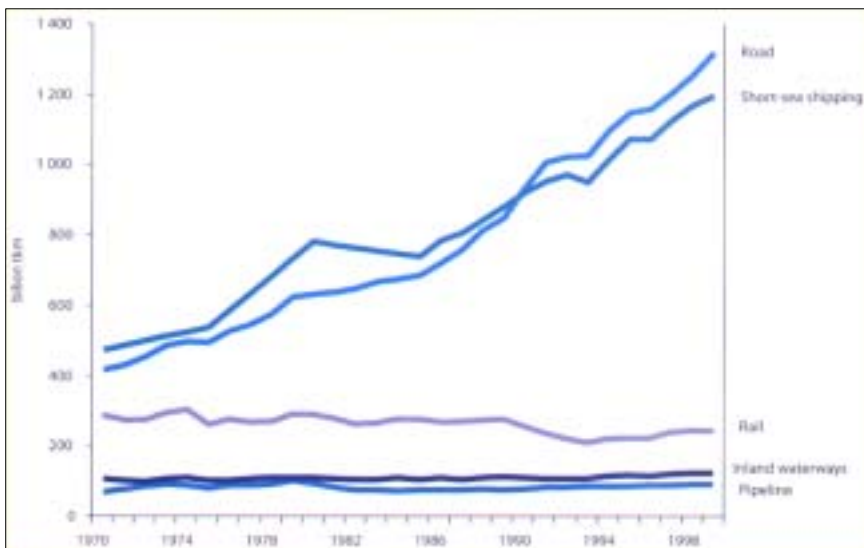
<그림 2-1>과 <그림 2-2>에 보면, 유럽연합의 1970년과 1998년 사이 수송 수단별 여객 및 화물수송량 모두 도로에서의 증가율이 다른 수송 수단의 증가율을 훨씬 앞서고 있다.

5) 일본의 수송분담률에서 철도가 차지하는 비중이 높은 이유는 일본의 철도 연장이 <표 2-4>에서 보듯이 다른 선진국에 비해 길기 때문이라고는 할 수 없다.



<그림 2-1> 교통수단별 여객수송량 증가 추이(유럽연합)

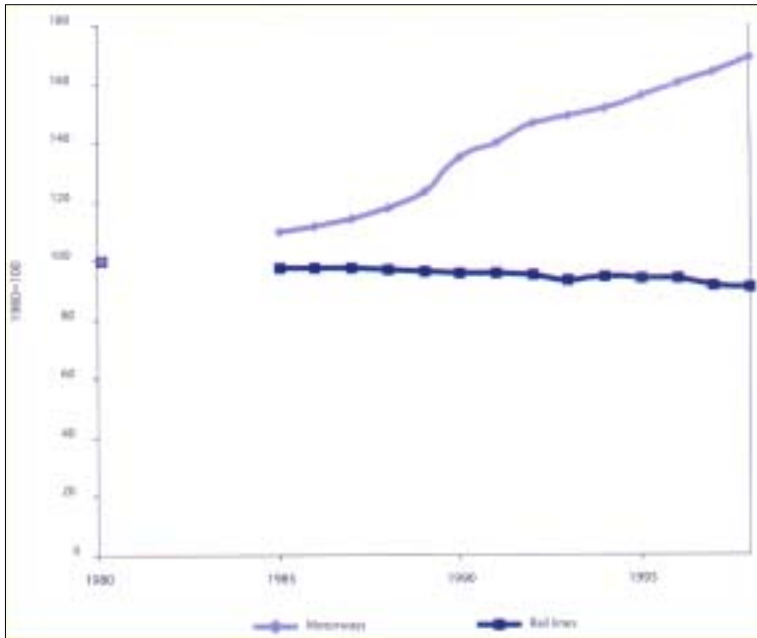
자료: EC. 2001. 『White Paper』 .



<그림 2-2> 교통수단별 화물수송량 증가 추이(유럽연합)

자료: EC. 2001. 『White Paper』 .

수송량 자료에서 나타나듯이 유럽 역시 아직까지는 교통체계가 도로 중심으로 이루어져 있다. 그러므로 도로와 철도의 연장 추이인 <그림 2-3>을 보더라도 도로는 증가하는 반면, 철도는 다소 감소하고 있음을 알 수 있다.



<그림 2-3> 유럽연합의 고속도로와 철도의 연장 추이

자료: EC, 2001. 『White Paper』.

다. 에너지 소비

1) 최종 에너지 소비량

1990년 이후의 1차 에너지원별 에너지소비 증가율은 연평균 7.5%를 나타내고 있다. 이중 석유 소비의 연평균 증가율은 7.2%로써 전체 소비의 50%를 넘고 있으나 점유율은 점차 감소하고 있는 추세이다(<표 2-17>).

이에 반해, 기후변화협약에 따른 지구온난화 문제에 대한 대체연료로 각광을 받고 있는 LNG는 청정에너지 사용을 확대하는 정책추진으로 인해 20.1%라는 매우 높은 연평균 증가율을 보이고 있으며 점유율은 2000년 기준으로 9.8%로 1990년 점유율에 비해 약 3배 정도 증가하였다. 1인당 에너지 소비는 1998년에 경제위기로 인해 일시적으로 감소한 것을 제외하고는 꾸준히 증가하고 있다.

<표 2-17> 1차 에너지원별 에너지소비 추이(석유환산)

(단위: 천TOE, TOE/인, %)

구분	1990	1995	1997	1998	1999	2000	연평균 증가율
석탄	24,385 (26.2)	28,091 (18.7)	34,799 (19.3)	36,039 (21.7)	38,155 (21.0)	42,911 (22.3)	5.8
석유	50,175 (53.8)	93,955 (62.5)	109,080 (60.4)	90,582 (54.6)	97,270 (53.6)	100,279 (52.0)	7.2
LNG	3,023 (3.2)	9,213 (6.1)	14,792 (8.2)	13,838 (8.3)	16,849 (9.3)	18,924 (9.8)	20.1
수력	1,590 (1.7)	1,369 (0.9)	1,351 (0.7)	1,525 (0.9)	1,517 (0.8)	1,402 (0.7)	-1.3
원자력	13,222 (14.2)	16,757 (11.1)	19,272 (10.7)	22,422 (13.5)	25,766 (14.2)	27,241 (14.1)	7.5
신탄 및 기타	797 (0.9)	1,051 (0.7)	1,344 (0.7)	1,526 (0.9)	1,806 (1.0)	2,130 (1.1)	10.3
합계	93,192 (100.0)	150,437 (100.0)	180,638 (100.0)	165,932 (100.0)	181,363 (100.0)	192,887 (100.0)	7.5
인당 에너지	2.17	3.34	3.93	3.57	3.87	4.08	6.5

자료 : 산업자원부 · 에너지경제연구원, 2001. 『에너지통계연보』.

수송부문의 에너지소비는 산업부문과 함께 연평균 8.1%의 높은 증가율을 보이고 있으며, 전체 에너지소비의 약 21%를 점유하고 있다(<표 2-18>).

<표 2-18> 부문별 에너지 소비추이

(단위: 천TOE, %)

구 분	1990	1995	1997	1998	1999	2000	연평균 증가율
산 업	36,150 (48.1)	62,946 (51.6)	77,908 (53.9)	76,039 (57.5)	79,858 (55.8)	84,120 (56.0)	8.8
수 송	14,173 (18.9)	27,148 (22.3)	32,079 (21.3)	26,184 (19.8)	28,625 (20.0)	30,945 (20.6)	8.1
가정상업	21,971 (29.3)	29,451 (24.1)	33,071 (22.9)	27,418 (20.8)	31,929 (22.3)	32,419 (21.3)	4.0
공공기타	2,812 (3.7)	2,416 (2.0)	2,715 (1.9)	2,487 (1.9)	2,648 (1.9)	2,625 (1.7)	-0.7
합 계	75,107 (100.0)	121,962 (100.0)	144,432 (100.0)	132,128 (100.0)	143,060 (100.0)	150,108 (100.0)	7.5

자료 : 산업자원부 · 에너지경제연구원. 2001. 『에너지통계연보』.

수송부문에서 차지하는 에너지 소비량은 1990년대 중반까지 급속하게 증가하다가 현재는 완만한 증가추세를 보이고 있다. 이미 1990년대의 에너지 소비에서 수송부문이 차지하는 비율은 안정세에 진입한 상태로 보이나 독일과 비교하면 우리나라 역시 수송부문에서의 에너지 소비량은 전체 에너지 소비량의 약 30%까지 증가될 가능성이 있다.⁶⁾

<표 2-19>를 보면 도로부문에서의 1990년대 에너지 소비량은 수송부문 전체 소비의 약 4분의 3 정도를 차지하는 반면에, 철도에서의 에너지 소비량은 2-3% 정도로 매우 미미하다. 한편, 해운과 항공에서의 에너지 소비량은 전체 소비량의 약 4분의 1 정도를 차지하고 있으며 점차 증가하는 추세를 보이고 있다.

6) 독일은 총에너지 소비에서 수송부문이 차지하는 비율은 현재 약 30% 정도이며 장기예측에서의 비율 역시 거의 일정하다.

<표 2-19> 수송 부문에서의 에너지 소비량

(단위: 천TOE, %)

구 분	'90년	'91년	'92년	'93년	'94년	'95년	'96년	'97년	'98년	'99년	'00년
총에너지 소비량	75,107	83,803	94,623	104,048	112,206	121,962	132,033	144,432	132,128	143,060	150,108
수송부문	14,173 (18.9)	16,156 (19.3)	18,531 (19.6)	21,119 (20.3)	23,860 (21.3)	27,148 (22.3)	29,792 (22.6)	30,738 (21.3)	26,184 (19.8)	28,625 (20.0)	30,945 (20.6)
철도	391.8 (2.8)	403.9 (2.5)	416.6 (2.2)	441.5 (2.1)	447.2 (1.9)	464.4 (1.7)	467.2 (1.6)	472.7 (1.5)	452.3 (1.7)	478.2 (1.7)	-
도로	11,205.3 (79.1)	12,855.2 (79.6)	14,644.0 (79.0)	16,528.6 (78.3)	18,669.1 (78.2)	21,217.7 (78.2)	23,288.1 (78.2)	23,508.9 (76.5)	19,269.6 (73.6)	21,175.3 (74.0)	-
기타 (해운+항공)	2,575.9 (18.2)	2,896.9 (17.9)	3,470.2 (18.7)	4,149.0 (19.6)	4,744.0 (19.9)	5,466.0 (20.1)	6,036.8 (20.3)	6,756.8 (22.0)	6,462.1 (24.7)	6,971.2 (24.4)	-

자료: 산업자원부. 2001. 『에너지통계연보』.

우리나라는 수송 부문에서 석유제품이 차지하는 비중이 99% 이상이며 나머지는 전력에 의존하고 있다(<표 2-20>).

<표 2-20> 수송 부문의 에너지원별 소비추이

(단위: 천TOE, %)

연 도	석 유					전 력	합 계
	휘발유	경 유	B-C	기타	소계		
1990	2,936	7,748	1,199	2,203	14,086	87	14,173
1992	4,410	9,462	1,748	2,811	18,431	101	18,532
1994	6,450	11,225	2,611	3,450	23,736	123	23,859
1996	8,665	13,574	3,271	4,141	29,651	142	29,793
1998	7,617	10,470	3,663	4,301	26,051	136	26,187
2000	7,884	13,284	3,768	5,833	30,769	175	30,944
연평균 증가율	10.38	5.54	12.13	10.23	8.13	7.24	8.12

주: 1997년 이후 자료는 석유류의 신분류체계에 의거 작성된 자료임.

자료: 에너지경제연구원 [Online]. Available: www.keei.re.kr

2000년 수송 부문의 에너지원별 소비 분담률을 보면 경유가 43%이고 휘발유

가 25%를 차지하고 있다. 90년대의 교통부문에서의 에너지원별 소비추이는 연평균 8%의 증가율을 나타내고 있으며 이 중 해운운송의 주연료인 B-C의 연평균 증가율은 12%로 가장 높으며, 휘발유가 그 다음으로 연평균 10%의 증가율을 보이고 있다.

우리나라 육상교통부문에서 제일 많이 소비되는 연료는 경유로써 전체 소비의 약 절반 정도를 차지하고 있다. 휘발유는 전체 육상수송연료의 3분의 1정도를 소비하며, 택시 운행에 주로 사용되는 LPG 연료는 전체 수송연료의 5분의 1정도를 소비하는 것으로 나타났다.

<표 2-21> 육상교통수단별 연료소비량(2000년)

(단위: kl/년)

	휘발유	경유	LPG	계
도 로	9,498,579	13,269,456	5,061,383	27,829,419
철 도	-	365,036	159	365,195
계	9,498,579 (33.7%)	13,634,493 (48.4%)	5,061,542 (18.0%)	28,194,614 (100.0%)

자료: 석유공사 [Online]. Available: www.petronet.org

산업자원부(2001) 자료에 의하면 단위수송량에 근거하여 여객수송에서 택시의 에너지 소비는 철도의 약 16배, 버스의 약 3배에 이르며, 화물수송에서 도로의 에너지 소비량은 철도의 약 16배 정도 이르는 것으로 산출된다. 버스의 단위수송량당 에너지소모량은 철도보다 약 6배에 높게 나타난다(<표 2-22>). 따라서 다른 교통 수단에 비해 철도의 에너지 효율성이 높음을 알 수 있다.

<표 2-22> 수단별 에너지 효율성

구분	수단	단위수송량당 에너지소모 (kcal/인(톤) · km)	철도대비(배율)
여객	택시	1,192.24	15.7
	버스	415.43	5.5
	철도	75.97	1.0
화물	도로	1,674.21	15.8
	철도	105.98	1.0

자료: 산업자원부. 2001. 『에너지통계연보』. 1999년 기준 자료

2) 주요국의 에너지 소비 비교

<표 2-23>에 근거하여 교통부문에서의 에너지 소비량을 경제수준 정도인 GDP로 나누면, 우리나라는 미국보다는 낮으나 유럽보다는 약간 높게 나타나며, 도로에서 차지하는 에너지 소비 비율이 전체 수송에너지 소비의 76%로 다른 선진국에 비해 낮은 편이다. 그러므로 지금과 같이 선진국의 교통발전 체계를 우리나라 역시 답습한다면 도로에서 차지하는 에너지 소비 비율은 선진국 수준으로 높아질 수 있음을 전망할 수 있다.

<표 2-23> 교통부문의 에너지소비(1996년)

구 분	최종에너지소비량			에너지소비 비율(%)		
	총량 (백만TOE)	GDP당 (TOE/백만\$)	인구당 (TOE/인)	철도	도로	항공
한 국	29	54	0.6	2	76	9
일 본	90	35	0.7	3	82	11
프랑스	47	42	0.8	2	85	11
영 국	50	48	0.8	2	78	17
독 일	64	44	0.8	3	86	10
미 국	599	82	2.1	2	80	14
이탈리아	40	39	0.7	2	89	8

자료: OECD. 1999. *Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies*.

우리나라와 선진 외국과의 교통 부문에서의 에너지 소비량을 비교하기 위하여 <표 2-24>에 나타난 결과, 단위 교통량(대·km)에 근거한 우리나라의 에너지 소비량은 선진 외국보다 약 4배 정도 높게 나타났다. 이는 우리나라의 교통부문에서의 연료소비 효율이 선진 외국에 비해 아직도 상당히 낮은 수준임을 짐작할 수 있다.⁷⁾ 또한 자동차 대수에 따른 에너지 소비량 역시 선진 외국에 비해 높은 것으로 나타났다.

<표 2-24> 도로의 연료별 에너지소비(1996년)

	교통량당 에너지소비 (TOE/천대·km)	자동차 대수당 에너지소비 (TOE/대)
한 국	0.39	2.33
일 본	0.11	1.09
프 랑 스	0.08	1.29
영 국	0.09	1.36
독 일	0.10	1.27
미 국	0.12	2.16
이탈리아	0.08	1.06

자료: OECD, 1999. *Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies*.

차량의 엔진 기술에 의해서도 대기오염물질 배출량이 차이가 나지만 연료 자체만을 비교하더라도 경유는 휘발유보다 대기오염물질을 많이 배출하고 있다. 그럼에도 불구하고 휘발유 가격과 비교할 때 우리나라의 경유 가격은 선진 외국에 비해 매우 저렴한 상태이다. 2002년 7월부터는 에너지세제개편과 관련하여 경유와 LPG 가격이 예전보다 인상되었고 앞으로도 점차 인상될 계획이다. 2002년 12월 소비자가격 기준으로 휘발유는 약 1,300원, 경유는 약 800원, LPG는 약 550원 수준이다.

7) 또 다른 이유로는 제3장에 언급하였듯이 공식적인 교통량이 실제 교통량보다 약 2배 가량 적기 때문일 수도 있다.

<표 2-25> 주요국의 휘발유 가격대비 경유가격(2001.12)

(단위: 원/ℓ)

	휘발유	경유	휘발유/경유
한 국	1,247.9	598.1	2.09
미 국	380.1	409.3	0.93
프 랑 스	1,125.7	738.9	1.52
독 일	1,131.0	808.0	1.40
영 국	1,327.7	1,218.7	1.09
이탈리아	1,177.5	829.3	1.42
일 본	1,099.1	890.4	1.23

주: 1) 프랑스, 영국, 이탈리아는 고급유인, 기타는 보통 무연휘발유임.

2) 미국은 전월가격, 환율은 2002.4.10 기준임.

자료: IEA. Oil Market Report; 한국석유공사. 2002.4.5. 주간석유뉴스에서 재인용.

라. 자동차 주행거리

1) 차종별 1일 평균 주행거리 추이

국내 자동차의 1일 평균 주행거리는 꾸준히 감소하는 추세이다(<표 2-26>). 이는 자동차 보유대수는 급격히 증가하는 반면, 기반시설인 도로건설이 제대로 이루어지지 못함으로 인해 도시 내에서의 교통혼잡이 한계 수준에 도달하였고 그에 따라 자가용 승용차 이용객의 일부가 대중교통수단으로 전환함으로 인해 자동차의 평균 주행거리가 감소되었기 때문이다. 또한 유가인상, 버스전용차로제, 지하철망의 확충 등으로 인하여 과거보다는 대중교통을 이용하는 이용자가 증가하였기 때문에 평균주행거리가 감소하는 것이다.

<표 2-26> 차종별 용도별 1일 평균주행거리 변화추이

(단위: km/대·일, %)

구 분		1985	1987	1993	1997	1999	2001	연평균 증가율
승용차	영업용	309.0	330.5	267.4	238.0	179.4	203.4	-2.6
	자가용	68.1	62.4	60.2	53.3	45.3	44.2	-2.7
	관 용	60.1	60.6	62.6	57.6	44.4	56.2	-0.4
	소 계	110.8	99.8	70.4	64.2	57.3	55.1	-4.3
승합차	영업용	315.3	316.1	293.2	200.2	139.2	150.2	-4.5
	자가용	95.9	90.1	73.1	71.2	59.4	65.1	-2.4
	관 용	73.8	65.9	58.9	45.4	39.8	42.7	-3.4
	소 계	158.9	134.4	92.9	74.7	105.3	71.1	-4.9
화물차	영업용	217.4	212.7	186.7	160.1	120.7	117.1	-3.8
	자가용	97.3	94.7	75.2	74.6	60.3	59.7	-3.0
	관 용	67.2	60.6	53.9	47	36.6	34.8	-4.0
	소 계	115.1	110.3	84.1	75.9	65.3	66.2	-3.4
특수차		206.1	248.2	158.4	118.4	119.3	126.1	-3.0
평 균		119.3	109.5	76.2	70.1	63.9	63.6	-3.9

자료: 교통안전공단. 2001. 『2000 자동차 주행거리 실태조사 연구』.

특히, 영업용 승용차인 택시의 평균 주행거리는 자가용의 약 5배 정도로 나타났으며, 다른 차종의 영업용 차량 역시 동종의 자가용 차량의 주행거리보다 높게 나타났다.

2) 용도별 차종별 총 주행거리 현황

차종별 주행거리를 살펴보면 전체 자동차 등록대수의 약 62%를 차지하고 있는 자가용 승용차의 연간 주행거리는 126백만 km로 모든 차종을 합한 총 주행거리의 약 48%로 가장 높다.

<표 2-27> 용도별·차종별 주행거리 현황(2000년)

(단위: 대, km)

구 분		자가용			영업용			관 용		
		등록대수	대당1 일평균	연간주행 거리 (천km)	등록대수	대당1 일평균	연간주행 거리 (천km)	등록대수	대당1 일평균	연간주행 거리 (천km)
승용	소 계	7,798,452	44.2	125,840,890	270,090	203.4	20,049,780	15,384	56.2	315,572
	일반형	7,382,144	44.2	119,123,074	-	-	-	13,330	56.2	273,438
	기타형	416,308	48.9	7,430,473	-	-	-	2,054	-	-
승합	소 계	1,338,327	65.1	31,776,233	77,669	150.2	4,257,764	11,225	42.7	175,070
화물	소 계	2,245,679	59.7	48,959,058	243,697	117.1	10,412,417	21,616	34.8	274,488
	일반형	1,574,085	59.1	33,938,138	186,130	118.2	8,030,886	8,677	35.8	113,608
	덤프형	32,219	38.4	451,463	3,289	52.3	178,701	967	33.1	11,693
	벤 형	531,660	63.6	12,343,896	5,959	82.2	34,637	3,464	44.1	55,758
	특수형	107,715	59.5	2,337,728	48,319	130.6	2,303,495	8,481	32.0	99,058
특 수		6,503	51.9	123,261	28,450	148.7	1,543,930	2,184	33.0	26,274
전 체		11,388,961	54.9	228,092,986	619,906	148.6	33,614,031	50,409	38.9	715,916

자료: 교통안전공단. 2001. 『2000 자동차 주행거리 실태조사 연구』.

3) 주요국 주행거리 비교

우리나라 자동차 한 대당 1일 평균 주행거리를 주요 선진국들과 비교하면, 우리나라가 제일 높은 63.6km이고 일본은 29.8km로 가장 낮은 것으로 나타났다(<표 2-28>).

<표 2-28> 주요국의 주행거리 비교

구 분	한국	일본	영국	독일	미국
자동차보유대수	12,059,276	68,634,000	28,898,000	44,958,000	203,710,000
연간 총주행거리(억km)	2,624	7,461	4,677	6,012	42,086
1대당1일평균주행거리(km)	63.6	29.8	44.3	36.6	60.6

주: 1) 자동차등록대수는 이륜차 제외함.

2) 한국과 영국은 2000년, 그 외 1998년 자료임.

자료: 교통안전공단. 2001. 『2000 자동차 주행거리 실태조사 연구』.

이러한 원인 중에 하나는 다른 나라에 비해 영업용 차량인 택시의 평균운행거리가 길기 때문이다. 차량 한 대당 주행거리는 에너지소비, 대기오염, 소음, 혼잡 등의 사회적 비용과 밀접한 관련이 있다.

마. 교통부문의 투자

정부의 교통부문 투자규모는 1999년 기준으로 전체 재정 규모의 13.3%였으며, 1995년~1999년 경상가격 기준으로 교통시설투자의 연평균 증가율은 21.6% 이다. 1990년대(1991년~2000년) 도로와 철도의 투자율은 도로가 연평균 20%, 철도가 연평균 34% 증가하였다. 일반철도에 대한 투자는 IMF 직후인 1998년에 투자의 비중을 높였고 그 이후에도 매년 8천억원 내외의 투자가 이루어지고 있다. 하지만 아직도 도로에 대한 투자액이 철도 투자액보다 약 3배 정도 높은 실정이다.

<표 2-29> 도로와 철도의 투자 규모 추이

(단위: 억원)

구 분		'91년	'92년	'93년	'94년	'95년	'96년	'97년	'98년	'99년	'00년	연평균 증가율 (%)
도 로		14,659	17,055	21,049	28,397	33,486	41,670	51,626	58,939	71,468	74,787	19.8
철 도	도시철도	2,100	2,500	3,810	6,500	8,533	9,160	8,277	9,581	10,474	11,966	21.3
	일반철도	-	-	-	-	-	-	1,489	8,481	7,457	8,306	77.4
	고속철도	-	-	2,499	3,243	3,276	3,748	5,396	5,237	5,620	8,319	18.7
	계	2,100	2,500	6,309	9,743	11,809	12,908	15,162	23,299	23,551	28,591	33.7

자료: 건설교통부. 각년도. 『건설교통통계연보』.

건설교통부. 2001. 『도로업무편람』.

도로와 철도의 투자액(투자비율)은 국토면적과 인구수 그리고 교통정책에 따라 나라마다 차이가 있는 것으로 나타났다. 도로와 철도의 투자비율을 비교하면 <표 2-30>와 같이 미국, 일본, 프랑스의 철도에 대한 도로 투자 비율이 우리나라

보다 높은 반면, 독일, 영국은 우리나라보다 다소 낮은 편이다. 최근에는 독일과 같은 선진국을 중심으로 EST 개념에 부응하여 철도의 투자를 확대하여 거의 동등한 액수의 투자가 이루어지고 있다.

향후 우리나라의 도로와 철도부문 건설이 지속적으로 진행된다고 가정해 보면, 기존 선진국보다 친환경적인 교통기반시설의 잠재력을 보유하고 있다고 할 수 있다.

<표 2-30> 주요국의 도로 및 철도 투자액 비교

(단위: 백만 U.S. \$)

국 가	도로	철도	도로/철도	비 고
한 국	4,384	1,380	3.18(1.00)	한국자료는 '92년에서 '96년까지의 총투자비를 4년으로 나눈 후 800원/\$으로 재산정한 액수이고, 국외자료는 '92년에서 '93년 자료를 이용하였다.
일 본	101,826	13,711	7.43(2.34)	
프랑스	12,177	3,504	3.48(1.09)	
영 국	9,418	3,514	2.68(0.84)	
독 일	21,491	7,997	2.69(0.85)	
미 국	75,338	9,651	7.81(2.46)	

자료: Funding Transport Systems(1997). 철도청(1999).

바. 교통환경 정책

1988년 올림픽을 계기로 삼원촉매장치의 부착 의무화와 연료의 무연화가 실시되었고 제작차 배출기준과 연료기준의 선진화를 추구하는 규제위주의 정책이 추진되었고, 운행차량 관리를 위한 제도들이 도입되었다. 1990년 후반에 이르러서는 제작차 기술의 한계를 극복하기 위해 운행차 관리가 강화되고 교통수요관리의 중요성이 대두되고 있다.

우리나라는 1999년 12월 12일 OECD에 가입하여 OECD 환경규정의 거의 대부분을 이행한 것으로 환경부의 「OECD 환경규제 및 이행현황(2000. 8)」에서

나타났다. 그동안 국내의 환경친화적 정책들은 어떤 기준이나 정량화된 목표로 중·장기적 계획 하에 이루어진 것이 아니라 ‘환경친화적 교통정책’이라는 명목 하에 각 정부부처에서 개별적으로 추진되었다.

우리나라 환경친화적 교통정책은 에너지효율적인 교통시스템 구축(대중교통 시스템 구축 등), 자동차이용수요억제(교통수요관리), 연료효율 제고 및 배출가스저감을 위한 기술개발, 배출가스 및 연료에 주어지는 직·간접적 규제수단 등으로 나누어진다.

교통제한과 도시의 교통환경을 개선하기 위한 다양한 정책이 도입되었는데 이 중 대표적인 몇 가지 방법을 소개하면, 대중교통수단의 사용을 늘리기 위해 현재 국내 「도로교통법」에 근거하여 고속도로와 시내구간에 버스전용차선제를 실시하고 있으며, 1998년 7월부터 자율적으로 자동차 10부제를 시행하고 있다. 또한 「도시교통정비촉진법」에 근거하여 도심혼잡통행료와 교통유발부담금을 징수하며, 「유료도로법」에 따라 고속도로통행료를 징수하고 있다.

이와 함께 녹색교통수단인 자전거 이용 활성화를 위해서 「자전거이용활성화에 관한법」에 따라 자전거전용도로의 확보를 각 지자체마다 실시하고 있으며, 카풀제를 실시하여 지자체별로 카풀제 시행자들에 대해 교통유발부담금을 감면해 주고 있다. 카풀제는 현재 민간부문에서도 자체적으로 실시하고 있는 상황이다.

정부에서는 21세기를 대비하여 목표기간이 2010년인 대기환경보전 중·장기종합계획을 수립하였다. 대기환경 개선방안으로는 제작 자동차의 저공해화, 자동차 운행시 오염물질 배출량 감소와 연료품질 개선 등이 있다. 최근 환경부에서는 「수도권 대기질 개선 특별대책」을 수립하여 대기환경과 관련하여 장래현황을 전망하고 이에 따른 정부의 정책 및 세부적인 시행방안을 발표하였다.

우선 제작차 배출허용 기준을 단계적으로 강화시키고, 전기 하이브리드차, 전기 자동차, 연료전지 자동차, 천연가스 시내버스 등의 저공해 자동차의 보급확대를 강화할 계획이다. 이와 함께 저공해 자동차의 원활한 사용과 보급확대를 위해

서는 보급기반을 꾸준히 구축하며, 제작차 사후관리 프로그램을 강화할 방침이다. 이와 관련하여 정부는 2002년 안에 천연가스 시내버스를 3,000대로 늘릴 것을 목표로 하고 있으며, 2012년까지는 1만 2천대까지 보급시키려는 계획을 갖고 있다. 그리고 버스뿐만이 아니라 2012년까지 8톤 이상 청소차 2천 6백대까지 천연가스 자동차로 전환하려는 계획을 갖고 있다.

최근 환경부는 경유승용차에 대해서는 배출가스 허용기준을 2~3년 내에 대폭 완화하겠다고 발표하였다. 이는 현재 우리나라의 경유 승용차 배출기준이 선진국보다 높으므로 인해 외국과의 통상마찰의 소지를 없애고 자동차 산업의 경쟁력을 높이기 위해 향후 2005년쯤 경유승용차 시판을 허용하려는 의도로 해석할 수 있다.

운행차의 경우에는 정기검사를 강화하여 불합격한 차량은 정비를 받게 하고, 정비를 받더라도 배출가스 허용기준 유지가 어렵거나 정비비용이 과다한 차량에 대해서는 조기 폐차를 유도한다. 노후 차량의 조기 폐차 프로그램 운영으로 신차 구입시 가격할인 등 혜택을 부여하도록 자동차 업계와 협약을 체결하여 유도할 것이다. 또한 운행중인 경유차의 저공해화를 위해 천연가스차로 대체하거나 곤란할 경우 매연여과장치를 부착할 수 있도록 한다.

자동차 연료인 휘발유와 경유의 품질기준 강화를 위해 황함유 기준과 경유의 밀도기준을 강화하고, 현재 3개 항목에 대해 실시하고 있는 연료품질 공개 대상 항목을 확대하기로 하였다. 2002년 현재 우리나라의 휘발유와 경유의 황함량 제조기준은 각각 130ppm과 430ppm이하이며, 자동차 배출허용기준의 강화 기간과 맞추어 황함량 제조기준을 단계적으로 강화할 계획이다.⁸⁾

대기환경보전법(제36조의2)에 따라 도시지역의 대기질을 개선하기 위해 시·도지사가 경유 차량을 무공해·저공해 자동차로 전환하거나 배출가스저감장치를 부착하도록 권고할 수 있으며, 그 외 노후차량의 배출가스를 줄이기 위해 자

8) EU는 현재 휘발유와 경유의 황함량을 150ppm, 350ppm에서 2005년 각각 50ppm으로 강화하기로 하였다.

동차 배출가스 정밀검사제도를 도입하고, 자동차 연료 및 첨가제의 불법 제조·공급·판매·사용을 금지하도록 되어있다.

2. 국외 교통환경 정책

가. OECD

1) 일반현황 및 전망

「OECD Environment Outlook」에 따르면, 2020년 OECD 회원국가의 교통 부문 총 이동거리는 약 40% 증가하고, 전세계적으로 항공 이동거리는 약 3배 정도 증가할 것으로 전망하고 있다. 현재와 같은 에너지 소비 패턴과 기존에 시행되고 있는 정책이 지속된다면 총 CO₂ 배출량이 약 23% 증가할 것으로 전망하고 있다. 이렇듯 지속적으로 심화되고 있는 대기오염과 지구온난화는 인간과 생태계를 위협하는 한편, 교통 인프라 구축에 의한 토지사용은 교통활동의 증대와 함께 수질오염, 주거환경 악화, 생물다양성 손실 등을 더욱 심화시킬 것이다. 교통활동으로 인한 사회적 비용의 증가로 인해 사회에 경제적·사회적으로 큰 부담이 될 것으로 전망된다.

OECD 회원국들의 경우, 자동차 등록대수와 교통량이 증가하더라도 교통에 의한 대기오염물질의 배출량은 기술의 발전으로 인하여 현재보다 감소할 것으로 전망하고 있다. 하지만 전세계적으로는 교통활동에 의한 오염물질의 배출량은 증가하고, 특히 항공으로 인한 대기오염 정도가 다른 교통에 비해 상대적으로 심화될 것이다. 전세계적으로 교통분야에 있어 2030년에는 CO₂ 배출량이 2배로 증가할 것이며, 육상교통에 의한 소음피해는 전반적으로 조금씩 감소하나 항공기에 의한 소음 정도는 잦은 운항과 비행장의 증설로 인하여 현재보다 높아질 것으로 전망하고 있다.

2) 정책방안

OECD는 시장경제 체제를 바탕으로 지속가능한 교통정책을 추진하고자 활발한 활동을 펼치고 있다. 교통부문의 환경오염문제 해결을 위해서는 주로 교통수단별 배출가스 규제와 에너지소비량의 저감 측면에서 종합적인 대책을 강구하고 있다. 특히 도로교통 체계개선, 교통수요감소, 대체연료사용, 화물수송 효율화 등에 중점을 두고 추진하고 있다. 교통과 환경의 통합을 위해서는 환경적으로 지속가능한 교통전략 및 지침을 개발하고, OECD 회원국이 아니라 할지라도 교통분야의 환경기준과 절차를 권고하며, 환경 및 사회경제적 영향에 대한 자료를 수집하고 평가하고 있다.

OECD 추진정책은 크게 4가지로 구분할 수 있는데 첫째, 도로교통개선에는 차량의 검사 및 유지관리 강화, 자가진단장치 장착 차량개발, 운전자 교육 강화, 속도제한 규제 강화, 신호체계 및 사고관리 개선, 노후차량 폐기 등이 있다. 둘째, 교통수요감소를 위한 정책으로 대중교통이용 촉진, 도로 통행료 부과 및 혼잡통행료 징수, 도심주차억제, 다인승 차로 확대, 자전거 등 녹색교통 활성화, 토지이용 계획 등이 포함된다. 셋째, 대체연료에는 오염물질 배출량이 적은 연료 개발, 대체연료차량을 활성화하기 위한 기술개발 등이 있으며, 넷째, 화물수송의 효율화를 위한 정책으로는 연비가 개선된 화물차량 개발, 철도 및 해운수송 장려, 정보화를 통한 물류체계 개선 등을 들 수 있다.

특히 OECD에서 추진중인 프로젝트 중 교통과 환경의 통합적 접근을 가장 잘 나타내 주는 것은 ‘환경적으로 지속가능한 교통(Environmentally Sustainable Transport : EST)’으로 이는 지속가능발전을 위해 정책을 발굴하고 실현시키기 위한 미래의 친환경적인 교통개념이다.

나. EU

1) 일반현황 및 전망

유럽의 대부분 산업에서는 지난 수십년 동안 이산화탄소 배출이 크게 감축되었으나 운송수단에서의 이산화탄소 배출은 1990년보다 약 20% 증가하였는데 이는 EU의 총 이산화탄소 배출량의 1/3을 차지한다. 이것은 자동차 운행대수가 크게 증가한 것이 주요 원인이라 할 수 있다. 따라서 교통부문의 이산화탄소 배출량은 지속적으로 증가하여 2010년에는 1998년 수준보다 약 50% 증가한 1,113십 억톤이 배출될 것으로 전망하고 있다. 또한 도로교통에서 온실가스의 주요 인자인 CO₂의 배출량은 총 교통부문 CO₂배출량의 84%를 차지한다(EC, 2001b).

유럽에서는 일본이나 미국보다 먼저 교통혼잡비용의 감소를 위해 지능형교통시스템을 도입하였으며, 1985년 기술경쟁력 확보와 교통효율성 향상을 목표로 유럽국가간의 기술협력을 위한 유럽연구협력국(European Research Coordination Agency, EUREKA)을 구축하면서부터 체계화되기 시작하였다.

2) 정책방안

EU의 환경보호 관련 규제의 특징은 자동차·공장 등 각종 대기오염물질 배출원에 대한 배기가스 배출기준을 지속적으로 강화하는 한편, 폐차·폐전자제품 회수·재활용 확대와 에너지 효율 기준 강화 등에 주력하고 있다는 점이다.

EU 집행위는 2004년까지 대기오염에 효과적으로 대처할 종합전략을 수립하였으며, 특히 환경질환을 줄이기 위한 “유럽대기정화(Clean Air For Europe, CAFE)” 계획을 채택하여 시행하고 있다(환경부, 2001, 국제환경동향 제32호). 이 CAFE 계획에서는 대기오염으로 인한 보건 문제와 폐렴 또는 심할 경우 폐암을 유발하는 대기의 입자성 물질 등 잘 알려지지 않은 문제들에 관심을 집중하고 있다. 이 밖의 중점분야에는 오존, 산성화, 부영양화 문제 등이 포함된다.

현재 총 교통수단의 2~3%인 오토바이가 2010년에는 14%로 증가될 것으로 예

상하여 오토바이의 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx) 및 일산화탄소(CO) 배출량 규제치를 자동차 수준으로 강화하려 하고 있다(환경부, 2002, 국제환경동향 제34호). 또한 총 대기오염물질 배출량을 향후 4년내 현행 수준의 65~70%까지 감소하고, 질소산화물(NOx)은 현행 수준을 그대로 유지하는 것을 목표로 하고 있는데, 이와 관련된 배출량 규제는 오는 2003년 4월부터 적용되며, 2006년 1월부터는 EU 집행위의 새로운 제안에 따라 다른 기준을 적용할 것이다.

EU 집행위는 자동차 배기가스와 관련해서 유럽자동차제조업자협회(ASEA)와 지난 1998년 자율협정을 체결하고, 향후 10년 동안 신차의 경우 이산화탄소 배출량을 1995년 186g/km에서 2001년 165g/km, 2008년 140g/km로 제한, 2012년에는 120g/km으로 추가 감소하는 것이 목표이다. 즉, 2008년까지 자동차 CO₂배출량을 1995년도 대비 25% 감축을 계획하고 있다(환경부, 2002, 국제환경동향 제34호).

이산화탄소 배출을 줄이기 위한 또 다른 전략 중 하나는 회원국들이 농작물로 부터 만들어진 에탄올과 같은 바이오연료의 비율이 2010년까지 판매되는 모든 연료에서 5.75%가 되도록 강요하는 지침 초안을 2001년에 집행위가 제안하였다. 동시에 마련한 세제안에서도 회원국들의 신연료의 사용도를 높이기 위해 신연료에 대한 물품세를 50% 감축하도록 제안하였다.

EU 집행위는 2005년까지 모든 회원국의 무연연료 도입을 의무화하고, 2011년 이후 유연휘발유의 사용을 전면 금지시키기로 결정하였다. 이는 생산공정과 연소과정에서 이산화탄소 배출량은 유연휘발유보다 무연휘발유에서 적게 배출되기 때문이다.

또한 폐기물 회수와 재활용을 위해 자동차 생산·수입업자에게 폐차 회수·재활용을 의무화하고, 납·카드뮴·수은 등의 중금속 사용을 엄격히 제한하는 지침을 시행할 예정이며, 전기자동차의 카드뮴 배터리도 2005년 말부터는 사용을 금지하기로 결정하였다.

또한 개인 승용차가 증가함에 따라 초래되는 대기오염과 소음, 교통체증 등의

도시교통문제를 완화하기 위해 '사이버카(CyberCar)'라는 개념을 도입하여 구체적인 개발작업에 착수하였다(환경부, 2001, 국제환경동향 제32호). '사이버카'는 개인 승용차에 대한 대안적 교통수단, 그리고 대중교통에 대한 보완수단으로 '개인 자동차량(individual automated vehicle)'을 개발해 시범 운영하는 것이다. 버스전용차선과 같은 도로여건이 허용하는 곳이면 무인조종으로 정해진 단거리 노선을 자동운행하는 소형차량으로서, 승객이 이용한 뒤 도로에 두면 자동으로 집합소로 돌아오게 하거나 다른 승객이 요청한 곳으로 이동 가능하고, 자동조종과 함께 수동조종도 가능한 '이중모드(dual mode)'차량도 개발되어 보통차량처럼 일반도로에서 운행할 수 있으면서 이용 후 자동으로 집합소에 돌아올 수 있도록 제작될 계획이다. 운행에 제한이 없다는 점에서 일반 차량과 같지만 일반 차량에 비해 전기 등 청정에너지를 사용하고 속도와 주차 등을 조절할 수 있으며 사용하지 않을 때는 지하 주차장이나 떨어져 있는 집합소까지 자동으로 이동시킬 수 있다는 장점이 있다. '사이버카'로 불리고 있는 이 이중모드 차량은 지난 1997년 네덜란드에서 처음 시도된 이래 현재 유럽 각국에서 지속적인 개량작업이 진행되고 있으며, 이와 유사한 개념의 교통수단이 미국과 일본에서도 시도되고 있는 상황이다.

다. 북미(미국, 캐나다)

1) 미국

가) 일반현황

미국환경청인 EPA(US Environmental Protection Agency)에 따르면 2000년도의 급속한 경제 성장으로 인한 전기 및 수송연료 등의 수요는 전년보다 평균 2.5% 증가하였다(환경부, 2002, 국제환경동향 제35호). 1995~1996년 사이 3.6% 증가된 온실가스를 배출한 이래 2000년도 화석 연료로부터 배출되는 이산화탄소량은 연중 최대치인 3.2% 증가되었고, 이는 전년의 증가량보다 두 배 증가한 세

계 최고의 온실가스 배출량이다. 온실가스 배출 요인으로는 전력 생산이 34%, 이동차량이 27%, 산업부문배출은 19%를 차지한다. 이중 산업부문에서의 온실가스 배출은 지난 10년간 계속 감소추세에 있다.

미국의 교통정책은 유럽의 대중교통 육성정책과는 달리 카풀을 비롯한 자동차의 효율적 사용이 중점이고, EPA가 제시하고 있는 16가지 교통대책의 대부분이 교통수요관리(TDM) 및 이와 관련한 시책이다. 1998년 6월 이후, [21세기를 위한 교통평등법]에 의해서 향후 6년간 대중교통의 지원을 강화하는 교통정책을 펴고 있으며, 이 법에서는 교통혼잡완화 및 대기오염 저감을 지속적으로 추진하면서 보행자 및 자전거 시설을 확충하는 내용도 포함되어 있다.

나) 정책방안

환경보호와 경제성장이라는 공통의 목표를 가지고 있는 가운데 환경문제에 대한 미국의 새로운 접근방식은 경제성장을 통해서만 지속가능발전이 가능하다는 기본전제에서 출발하고 있다. 기술개발 및 교통수요관리를 통한 환경오염억제 정책에 중점을 두고 있는 바, 이러한 목표 달성을 위해서 미국내 대기정화와 세계 기후변화 문제 대처에 우선 순위를 부여하고 있다. 또한 시장 기능과 기업가의 창의적이고 과학적인 연구 결과에 기초하여 정책을 추진하며, 환경보호와 경제발전이라는 공통의 목표 달성을 위해 개도국들과의 협력관계를 구축하려 한다.

우선 대기정화를 위해 미국내 발전소들이 배출하고 있는 3대 오염물질(이산화황·질소산화물·수은)의 배출량을 감축하기 위해 엄격한 기준이 적용되는 신대기정화법(Clean Skies Legislation)을 제정하려 하고 있다. 2004~2007년 기간중 자동차의 질소산화물(NOx) 배출량을 현행 대비 75~95% 감축하고, 2010년과 2018년까지 2단계에 걸쳐 현재 배출량 수준 대비 아황산가스 73%, 질소산화물 67%, 수은 69%의 배출량을 각각 감축할 계획이다. 경제 규모를 감안하여 온실가스 배출량을 감축하는 것이 목표이므로, 2012년까지 GDP 대비 온실가스 배출량을

18%로 감축할 계획이다.

EPA에서는 디젤 연료의 황함량 기준을 대폭 하향 조정하고 디젤엔진 자동차 배기가스 중의 황함량을 제한하였다. 대형 디젤엔진 자동차에서 배출되는 특수 유해 물질 및 산화질소를 2007년 시범년도까지 각각 90%와 95%까지 감소시킬 것을 요구하고 있으며, EPA는 정유업계에 디젤연료의 황함량을 현재 500ppm 수준에서 15ppm으로 낮출 것을 요구하고 있다.

또한 여러 청정연료 개발을 추진하고 있는데 그 중에 한가지 방법으로 휘발유의존도의 감축을 위해 연료전지를 개발하는 것이다. 8년간 15억달러의 보조금이 지불되는 기존의 고연비 휘발유 엔진의 개발 계획에서는 갤런당 80마일을 달릴 수 있는 자동차 생산을 목표로 지난 1993년 제기하여 제너럴 모터스(GM), 포드, 다일러 크라이슬러 등 3대 메이커가 국가보조금 가운데 약 10억달러를 사용하면 서 갤런당 최소 70마일을 달릴 수 있는 엔진 모델을 개발하였다. 그러나 이제 미국 정부는 연비가 높은 휘발유 승용차 개발 계획을 미루고, '자유차(Freedom Car)'라고 칭하는 수소에 기초한 연료전지 승용차 개발을 지원하려 하고 있다. 이 연구의 궁극적인 목표는 자동차 및 트럭 연료와 관련된 수많은 문제들을 해결하기 위한 기술 개발이다.

연료전지 개발과 함께 연료전지 차량 등 저공해 자동차 보급을 촉진하기 위해 저공해 차량을 대상으로 향후 11년간 30억 달러가 넘는 세제 우대 정책을 고려중이다. 세제 우대는 연료전지차량 외에 가솔린과 전기모터를 병용한 하이브리드 차량 구입자에게도 적용된다.

EPA는 온실가스 방출을 줄일 수 있는 새롭고 자발적인 협력조약인 '기업의 자발적 온실가스 감축 프로그램(Climate Leaders Program)'을 도입하였다. 이 프로그램에는 다양한 회사들이 참여하고 있으며, 이들 회원사들은 EPA에서 마련한 프로그램에 참여하면서 필수적인 온실가스 방출 설비들을 완공한 후, 장기간 온실가스 방출 감소목표를 개발하기 위해 공동연구를 수행하는 한편, 점차 참여하지 않은 다른 기업들에게까지 이 사업의 확대를 추진할 계획이다.

EPA의 혼잡완화 및 대기질 개선 프로그램(CMAQ: Congestion Mitigation and Air Quality Improvement Program)은 1991년 대기질에 문제를 갖고 있는 지역의 오염물질 배출량 저감을 위한 교통 프로젝트에 연방자금을 공급하기 위해서 ISTEA(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991) 산하에 만들어졌다. ISTEA는 6년 동안 CMAQ를 위해 총 60억 달러를 투자하였으며, 21세기를 위한 교통의 효율성에 대한 법령인 TEA-21(Transportation Efficiency Act for 21st Century)를 위해서 81억 달러를 추가 지원할 것이라고 한다.

CMAQ의 일환으로 각주에서 시행하고 있는 정책은 다음과 같다(EPA, 1999).

뉴욕: ‘Cutting Employers’ Payroll Costs and Expanding Commuter Choices’
 와 ‘A Public-Private Partnership for Clean Vehicle Technologies’와
 ‘Building a Comprehensive Approach to Bicycle Transportation’
 위싱턴: ‘Helping Businesses Connect Commuters to Transportation
 Alternatives’
 위스콘신: ‘The Catalyst for Innovative Suburban Transit Solutions’
 일리노이: ‘Connecting Commuter Rail to Suburban Employers’
 조지아: ‘Support for Carpooling Saves Transportation Infrastructure Costs
 and Improves Air Quality’
 캘리포니아: ‘Giving a Boost to Ridesharing with Financial Incentive’와
 ‘Bridging the Gap between Daycare and Transit’
 텍사스: ‘Encouraging Transit Use on High Ozone Days’

2) 캐나다

가) 일반현황

캐나다의 수송부문은 전체 배출량의 약 25%를 차지하는 온실가스 최대 배출원으로 추가적인 감축대책을 마련하지 않을 경우 2010년에는 1990년 대비 약

32%까지 온실가스 배출량이 증가할 것으로 전망하고 있다.

캐나다의 교통환경 정책은 자가용 승용차의 운전자에게 비용부담을 증가시켜 자동차 교통활동을 감소시키는데 주력하고 국민들에게 환경이슈와 지구온난화에 관련한 중요한 원인에 대한 인식의 필요성을 강조하고 있다. 자동차 부문에서 온실가스의 배출을 줄이기 위해 LPG 자동차에 대해 연방정부는 1980년부터 판매된 LPG 자동차를 대상으로 일부 주에 보조금을 지급하였으나 1985년에는 지원을 중단하였다. 그럼에도 불구하고 1994년까지 꾸준히 성장하다가 점점 시장이 줄어들고 있는 상황이다(세계LPG협회, 2000~2001; 환경부, 2002b).

나) 정책방안

2010년까지 온실가스 배출량 감축을 위해 수송·에너지·산업·건축분야 및 제3국과의 공동이행사업 추진 등을 위해 총 2억 7,000만 US달러를 투자한다는 내용의 온실가스 감축대책을 발표하였다. 이는 2000년 10월 발표한 「기후변화방지 행동계획 2000」의 연장선상에서 추진하는 것으로 교토의정서상의 온실가스 감축목표(2008~2012년간 1990년 대비 -6%)를 효율적으로 달성하기 위한 것이다(환경부, 2002, 국제환경동향 33호).

현재 6%에 머물고 있는 에탄올 함유 가솔린 공급량을 2010년까지 25%까지 확대하고 화물 수송업체와 온실가스 배출량 감축협정을 체결, 교육훈련 프로그램 및 시범사업 지원 등을 통해 업계의 자발적인 온실가스 감축을 유도하려 하고 있다. 이러한 여러 대책의 원활한 이행을 위해 관련 부처간 협력을 강화하고 온실가스 감축을 위한 제3국과의 협력사업을 적극 모색하고 있다. 정부는 산림 및 농지의 합리적 관리를 통하여 온실가스 저감목표를 달성할 수 있을 것으로 전망하고 향후 3년간 6백만 캐나다달러를 기후변화대비 산림 및 농업분야 연구사업에 지원할 계획이다(환경부, 2002, 지구환경동향보고 제6호).

또한 디젤엔진에서 배출되는 유해배출가스 감축 노력에 따라 자동차, 엔진, 연료에서 발생하는 유해배출가스를 줄이고, 디젤 연료의 황 허용치를 500ppm에서

15ppm으로 무려 95% 낮추는 새로운 법안을 상정했다. 규정에 따라 대기오염의 주범인 버스와 트럭, 그 밖의 자동차용 디젤엔진에 있어 황배출을 저감할 수 있는 제어시스템의 개발을 가속화하고, 새로운 15ppm 제한규정은 생산자들과 수입업자들에게는 2006년 6월 1일부터, 공급업자들에게는 준비기간을 두어 2006년 9월 1일부터 발효된다. 극지방의 경우는 이러한 새로운 규정의 발효가 1년 늦게 적용될 방침이다(환경부, 2002, 국제환경동향 33호).

라. 유럽 3개국(독일, 영국, 프랑스)

1) 독일

가) 일반현황

2015년 독일의 인구는 현재 8,000만에서 8,300만 이상으로 증가하고, 연평균 2%의 경제성장률을 유지할 것으로 「교통보고서 2000」(Verkehrsbericht 2000)에서 전망하고 있다. 인구의 증가는 교통수요의 증가도 함께 발생시키며, 향후 유럽연합의 확대 및 유럽시장의 개방과 세계화 추세로 인해 교통량은 계속적인 증가를 보일 것이다. 따라서 2015년에는 1997년 대비하여 여객은 20%, 화물은 64% 증가가 예측되고 있다.

현재 교통정책을 2015년까지 그대로 방치한다면 공로 화물수송량은 2,360억 톤/km에서 4,220억 톤/km로 증가하는 반면에 철도 화물수송량은 730억 톤/km에서 990억 톤/km로 적은 증가에 머무를 것이다. 이럴 경우 도로화물의 장거리 수송분담률은 64%에서 70%로 증가하고, 철도는 20%에서 16%로 감소할 것이다.

1999년 이래 철도와 도로에 대한 투자를 50:50 수준으로 동일하게 배분한다는 방침을 세워 실천하고 있다.

교통부문은 대기오염의 주범으로 지목받고 있는데 CO, NO_x, HC 및 미세먼지 등 기타 오염물질 배출량은 최근 부분적으로 감소되었고, 향후 지속적으로 감소될 것으로 전망된다. 그러나 CO₂ 배출량은 예외로, 독일 전체 CO₂ 배출의 20%

정도가 교통분야에서 발생되며, 교통량의 증가와 더불어 계속 증가될 것이다. 그러므로 독일의 교통환경정책은 CO₂ 억제에 큰 비중을 두고 있다.

나) 정책방안

모든 운송수단에 대한 기준설정과 인간의 이동에 따른 연료세 및 화물이동에 대한 도로가격의 형태로 도로차량에 대해 부과금을 부여하며, 대중교통과 화물 철도로의 교통수단 전환, 토지이용에 있어 지역간 경제협력 등을 강조하고 있다.

독일 연방정부의 새로운 교통정책은 각각의 개별적인 교통수단을 이용하기보다는 전체적인 교통시스템의 최적화를 목표로 하고 있다. 도로와 자동차 중심에서 벗어나 환경친화적인 교통수단인 철도나 해운에 중점적인 투자로 이 부분의 역할을 강화하면서, 복합운송시스템을 구축하여 교통시스템의 효율성을 높이려 하고 있다.

독일은 '환경의제21'의 내용중에서 미래 독일의 교통환경을 몇 가지 시나리오로 설정하고 그에 따른 실천전략을 제시하고 있다.⁹⁾ 또한 독일은 연방교통시설 계획(BVWP)을 10년 단위로 수립하고 있는데, 이 계획안에서 연방정부 및 지방정부에서 작성하는 모든 교통계획사업의 환경, 지역개발, 도시구조에 미치는 영향 등을 동일한 평가지침에 따라 평가하여 투자 우선 순위를 정하도록 하고 있다. 전반적으로 철도와 대중교통의 투자를 늘리는 방향으로 연방정부 교통투자의 20% 정도를 철도와 대중교통에 각각 투자하며, 특히 도로건설을 위한 투자의 약 80%를 지역내 교통혼잡완화를 위한 우회도로 건설에 투자하고 있다.

CO₂ 배출감축에 중점을 두고 CO₂ 배출기준을 2030년까지 1990년 수준의 70% 이하로 저감시킬 것을 고려하고 있으며, 세부적으로는 1990년 대비 2005년 CO₂ 배출량을 25%, NO_x와 VOCs 배출량은 80%로 감축하고, 2010년에는 CO₂ 배출량을 50% 감축하려는 목표를 설정하였다. 기술적인 수단과 비기술적인 수단 중에서 비기술적인 수단인 유류세 인상으로 비도로 및 대중교통수단으로 교통수요를

9) 자세한 정보는 <부록 2>에 소개하였다.

유도하고, 그 외 배출기준에 따른 차량세 부과, 혼잡통행료 부과, 항공기 유류세 부과 등을 이용한다.

독일 정부는 이미 무연 또는 황함유량이 낮은 연료에 대한 감세 정책을 내놓았다. 2001년 11월부터 황함유량이 50ppm 이하의 휘발유 및 디젤유에 대해 리터당 3페니히(약 18원)의 세금을 감면해주고 있으며, 2단계로 2003년부터는 황함유량 10ppm 이하의 연료에 대해 동일한 금액의 세금이 감면될 예정이다(대한석유회, 2002).

독일의 전력회사·자동차사 등은 산·학·관 협력체제 하에 향후 5~6년후 상업용 모델 개발을 목표로 각종 연료전지 연구·개발사업을 활발히 추진하는 중이다. 연료전지는 전력효율이 높고 CO₂ 배출량을 감축할 수 있어 장기적으로 연료전지차가 휘발유·경유차를 대체하는 수송수단으로 기대하고 있다. 따라서 연료전지차가 2010년에는 공공수송부문의 5%를 점유하게 될 것으로 예상된다(환경부, 2001, 국제환경동향 제32호).

또한 1,000대의 천연가스 택시를 베를린에 도입하려는 계획에 8백만 마르크 이상의 자금을 투자하였으며, 광물성 오일에 대한 75%의 세금감면을 2009년까지 연장함으로써 천연가스 자동차에 대한 지원조치를 취하였다. 천연가스 자동차를 사용할 경우 이산화탄소가 25% 절감되고, 일산화탄소 및 산화질소는 석유나 디젤에 비해서 80% 감축될 것으로 예측하고 있다.

2) 영국

가) 일반현황

영국의 도로부문 온실가스 배출량은 전체 교통부문의 온실가스 총배출량의 약 50%를 차지하고 있으며, 총량면에서도 높은 속도로 증가하는 부문이기도 하다. 따라서 정부는 이러한 증가율을 감소시키는데 초점을 맞추어 온실가스 대책을 계획하고 있으나, 소득증가에 따른 도로와 항공부문의 교통수요의 증가 추세는 계속될 것으로 전망하고 있다. 교통량은 10년 후 20% 이상 증가할 것으로 전망되

지만 정부의 목표는 이 기간동안 교통혼잡을 2000년보다 5% 정도 줄일 계획이다. 게다가 도로청에서는 2010년에는 사망자수 혹은 중상자수를 2000년 수준의 3분의 1로 줄이고자 하는 안전목표를 설정하고 있다.

영국은 1970년대 말에 LPG 자동차를 활성화 하기 위한 예산분배에 실패하여 일시적으로 침체되었으나, 1990년대 이후 다양한 정책들이 추진되면서 2000년 말에는 560개소의 충전시설이 설치되고, LPG 자동차수는 24,000대, 자동차용 LPG 판매량은 1,700톤이 되었다. CNG 차량은 지방자치 도시들에서 꾸준히 보급이 증가하여 2000년 8월 현재 835대의 천연가스가 보급되었으며, 18개의 가스충전소를 보유하고 있다.

나) 정책방안

정부는 증가하는 교통수요에 대비하여 무엇보다도 연비향상과 자동차에 대한 의존도 감소 및 교통수요 감축 정책을 추진하고 있다. 이를 위해 연료가격 인상, 관련 기술 개발, 토지이용 계획, 대중교통시설 개선, CO₂의 배출량에 따른 자동차 등록세 차등 부과로 저연비 자동차 구입 시 혜택을 부여하는 등 다양한 정책을 추진하고 있다.

유기적인 연계체제를 지닌 대중교통과 환경을 고려한 차량으로의 변화를 유도하고, 환경 보전적인 화물교통의 향상에 중점을 둔다. 향후 지속가능한 교통 창출을 위해 2012년까지 저탄소배출 자동차 판매량을 8~12%로 향상시킨다는 전략안을 발표하였다.

승용차 보유를 억제하고 대중교통이용을 장려하기 위해 버스의 정시성 및 쾌적성과 편리한 환승시설, 요금구조의 단순화, 연계성 향상, 이용자의 안전성을 향상시키는데 주력하고 있다. 시스템적으로는 버스전용차로, 버스우선신호 및 버스우선헌계망을 지속적으로 확충하고 위반차량의 단속 등 버스우선 정책을 함께 실행하여 효과를 상승시키려 한다.

1997년 도입된 교통량 감축법(Road Traffic Reduction Act)은 차량의 통행발생

을 줄이기 위해 제정되었고, 승용차 중심의 교통량을 감축하기 위해 소요되는 예산을 정부에서 지원하도록 하였다. 정부에서는 교통량을 약 5% 정도로 감축하려 했으나 이 법을 발의한 [지구의 친구] 등 환경단체에서는 최소한 10%의 교통량 감축을 주장하고 있다. 또한 차량의 배출가스는 냉각상태의 엔진에서 더 높게 나타나므로 교통량 감축의 일차 목표로서 냉각상태로 운행이 되는 단거리 통행을 억제하는데 주력하고 있다.

최근에는 대기오염과 관련하여 Swansea, Westminster 등 6개 지역에서 시범 실시되던 「도로상 배출가스점검제도」가 좋은 성과를 거둠에 따라 전국적으로 확대 시행하고 있다. 이는 지방정부 책임하에 운영되며 경찰과 배기가스 점검반에 의해 단속이 실시된다. 배출가스 기준 위반 차량에 대해서는 30~60 파운드의 과태료를 부과한다(환경부, 2002, 국제환경동향 제35호).

3) 프랑스

가) 일반현황

프랑스 환경연구소(IFEN)의 2002년 보고서에 따르면, 프랑스는 1990년대 중반에 2% 이하였던 경제성장률이 1998년과 2001년 사이에 3~4%로 상승되었으며 자연 환경은 악화되었다고 한다. 1997년 2% 이하였던 상품의 도로수송 증가율이 1998년에 3.5%가 됐고 1999년에는 6%를 기록하였고, 항공수송의 경우 2001년 9월 테러로 급감소로 치닫기 전까지는 연간 7~8%씩 증가하였다.

이러한 차량의 증가에도 불구하고 호흡할 만한 대기를 유지할 수 있는 것은 축매와 무연 휘발유 그리고 차량에 대한 배출규제의 강화 덕분이다. 그 결과 일산화탄소의 방출이 5년 사이에 30% 감소했고 질소산화물은 10% 감소했으며 납의 배출은 거의 사라진 상황이다.

나) 정책방안

기후변화와 관련된 국가계획에 나타난 프랑스의 장기교통정책의 목표는 대중

교통 이용이고, 차량의 이용억제를 위해 유류세 부과 강화와 혼잡통행료 부과, 주차료 부과 등을 실시하고 있다. 그 외 대부분의 정책수단들은 다른 국가들과 유사하나 그 중에서 특히 비모터 대안을 선호한다. 또한 정부·지자체·연구기관이 함께 참여하여 도시교통체계 개선을 위해 교통계획 분야를 나누어 접근하고 있다.

현재 프랑스 내에는 몇 백대의 LNG 버스가 운행 중에 있으며 4,000대의 경량 화물차를 제작하였다. 천연가스로 운행되는 1,400대의 버스가 주문되었고 이 중 절반은 이미 운행중이다. 그리고 100대의 쓰레기차가 주문되어 그 중 60대는 운행중이다(환경부, 2001, 국제환경동향 제32호). 이미 유럽 여러 나라에서는 40만대의 천연가스 자동차가 운행 중이나 프랑스는 천연가스 자동차에 대한 보급이 다른 국가에 비해 미흡한 상태이다. 향후 프랑스에서 천연가스를 이용한 자동차의 일반화가 이루어지려면 최소 3년 정도의 시간이 소요될 것으로 예상되고 있다.

2002년도 예산 편성에서 정부는 LPG용 자동차를 사는 경우 10,000프랑(한화로 200만원 정도)을 지원해 주기로 했고, 1992년 1월 1일 이전에 구입한 차를 폐기 처분하고 LPG 자동차를 사는 경우는 15,000 프랑(약 300만원)을 지원하기로 하였다(환경부, 2001, 국제환경동향 제32호).

마. 일본

1) 일반현황

일본의 온실가스는 1999년에 1990년 대비 약 7% 증가해서 향후 약 13%의 삭감이 필요함에 따라 정부에서는 산업(공장이나 발전소), 난방(가정이나 사무소), 운수(자동차 등)의 부문별 삭감목표와 대책을 제시하게 되었다(환경부, 2002, 국제환경동향 제35호).

그러나 세대수와 자동차 보유대수의 증가로 난방, 운수부문을 중심으로 CO₂

증가가 계속되어 목표달성이 어려워져 정부는 탄소세 도입과 기업에 삭감계획을 의무화하는 규제 조치에 대한 논의를 활발하게 진행중이다. 그뿐만 아니라 에너지 절약, 대체연료, 저연비 차량기술개발 등 에너지 수요관리 및 기술개발 정책과 대중교통 이용촉진, 물류 효율화 정책 등을 추진하고 있다.

2) 정책방안

일본의 환경정책은 크게 대기오염 저감, 관련법 및 세제, 시스템과 관련한 교통부문의 정책 세 가지로 구분할 수 있다.

우선 대기오염 저감방안의 내용을 살펴보면, 저공해차 보급을 추진하고, 자동차의 배기가스 규제를 강화하였으며, 차세대 연료의 개발과 함께 연료전지차와 차량정보서비스를 개발하고 있다. 일본내 천연가스·전기·하이브리드·메탄올 자동차 등 저공해 자동차의 보급대수 추이는 <표 2-31>과 같다.

<표 2-31> 일본의 저공해 자동차 추세

종 류	1997년	1998년	1999년	2000년
하이브리드 자동차	3,428	2,503	37,168	50,566
CNG 자동차	2,093	3,640	5,252	7,811
전기 자동차	2,500	2,400	2,600	3,830
메탄올 자동차	328	297	234	176
합 계	8,349	28,840	45,254	62,383

자료: 환경부, 2002.. 국제환경동향 제34호.

저공해 차량의 보급대수는 2000년 12월 기준으로 1997년의 8천여대에 비해 약 7배가 증가한 6만 3,000대 정도이며, 저공해 가솔린 차량 약 57만대를 포함할 경우에는 63만대로서 전체의 약 1%를 점유한다. 세제·재정 지원 확대를 통해 연료전지·전기자동차 등 국제환경기준에 부합하는 새로운 자동차 개발을 가속화하고 있으며, 모든 각료들에게 공용차를 저공해차로 교체하는 등 저공해 자동차의 보급 확대에 주력하고 있다.

일본 정부는 연료전지·천연가스 엔진 등 저공해 자동차 개발추진과 함께 관련 법 개정을 통해 매연감축을 의무화하는 등 자동차 배기가스의 배출기준을 대폭 강화하는 한편, 디젤차량의 배출가스 규제를 위해 1973년부터 질소산화물(NOx), 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC) 등에 대한 규제를 단계적으로 강화하고, 1994년부터는 미세먼지(PM)를 규제대상에 포함시켰다(환경부, 2002, 국제환경동향 제 34호). 최근에는 규제기준을 더욱 강화한 신단기규제(2002~2004년)안을 마련, 배기가스 삭감 목표를 2년 조기 달성하고 경유의 황성분 함유량을 현재 500ppm 이하에서 2004년말까지 50ppm 이하로 강화할 계획이다. 한편 2002년 10월부터 도쿄, 나고야, 오사카 등 3개권역에서 디젤승용차·트럭의 질소산화물·미세먼지 배출기준을 가솔린 차량과 동일한 수준으로 강화하려하고 있다.

특히 2005년 이후 판매되는 신차에 적용하는 배기가스 기준인 신단기규제안에서는 2002년 10월부터 시행하는 신단기규제안 기준에 비해 NOx는 50%, 분진은 75%를 감축하고, 차체중량 3.5톤 초과 버스·트럭에 대해 미세먼지 배출허용량을 85%, NOx는 41%씩 각각 삭감한다는 방침이다(<표 2-32>).

<표 2-32> 차종별 배기가스 변경 기준

(단위: g/km)

구 분	차종 및 연료대책	현행	신규
NOx	디젤승용차(1.5톤이상)	0.3	0.15
	휘발유승용차	0.08	0.05
	디젤트럭·버스(1.7톤이상-3.5톤 이하)	0.49	0.25
PM	디젤승용차(1.25톤 이상)	0.056	0.014
	디젤트럭·버스(1.7톤이상-3.5톤이하)	0.06	0.015
연 료	2004년까지 연료중 황성분 감축	100ppm	50ppm

자료: 환경부, 2002. 국제환경동향 제35호.

동경도는 1997년 이전에 제작된 디젤차량은 2003년 10월부터 매연 여과장치를 의무적으로 부착토록 하는 조례를 제정함으로써 1992년에 생산된 차량은 매연을 60% 이상, 1992~1996년에 생산된 차량은 30% 이상을 감축하는 제거장치를 부

착해야 하며, 2005년 4월부터는 차량의 등록 기간에 따라 40~70%까지 매연을 줄이는 감축장치의 부착을 의무화할 계획이다(환경부, 2002, 국제환경동향 제34호).

일본 경제산업성은 자동차 배기가스에 따른 대기오염의 근본적인 대책으로서, 차세대 저공해 자동차연료 기술개발을 축으로 하는 'Japan Clean Air Program(JCAP)'사업을 2002년부터 2006년까지 5개년 계획으로 추진 중이다. 또한 일본의 연료전지 개발정책 추진은 정부 주도 하에 자동차·전지업체·대학 등 산·학·관간 협력체제를 구축하여 150만불에 달하는 대규모 자금을 투입하여 수소·바이오연료에 관한 기초연구는 물론 자동차용이나 산업·가정용 연료전지 등 응용연구까지 수행하고 있다. 2005년 이후 대기오염물질 규제가 대폭 강화됨에 따라, 일본자동차업계는 환경친화적 저공해 엔진과 교통정보화 기술개발을 적극 추진하고 있다. 연료전지차 개발은 도요타와 혼다가 2003년 실용화를 목표로 추진 중이며, 차량정보 서비스는 도요타와 GM이 추진하기로 합의되었다.

일본 정부는 관련법 및 세제를 이용하여 친환경적인 교통정책을 펴나가고 있다. 우선 지구온난화 방지를 위한 환경세의 도입을 검토하고 있는데, 이는 휘발유세 등 도로에 대한 특정 재원을 환경세화하는 것이다. 또한 2005년 이후에 화석연료와 이산화탄소 배출량에 과세하는 신세제의 도입은 화석연료의 탄소 함유량에 맞추어 과세한다는 방안과 CO₂ 배출량에 맞추어 배출자에게 과세하는 방안이 제기되고 있다.

또한 배출가스의 배출수준에 따라 등급 표시제도를 실시하고 있는데, 예를 들어 2000년도에 배출가스 기준에 비해 배출가스를 75%이상 감축한 경우 ★★★, 50%이상 감축한 경우 ★★, 25%이상 감축한 경우 ★를 부여하고 있으며, 2001년부터 차량이 배출하는 이산화탄소(CO₂)량에 따라 자동차세를 차등 부과하는 「그린세제」 제도를 실시하고 있다.

정부는 2004년 시행을 목표로 자동차 생산·수입업자에 폐차회수·재활용 의무를 부과하는 「폐차 재활용법」의 제정을 추진 중에 있다. 이 법안은 자동차 제조

업자·소유자·거래업자 등에게 재활용 역할을 분담시키고, 신차구입시 재활용 비용을 부과하며, 자동차 제조·수입업자에게 염화불화탄소(CFC)·에어백·파쇄물을 재활용토록 의무화하고, 폐차 자동차 인도·거래 등을 확인할 수 있는 정보관리시스템 구축 등을 내용으로 한다. 따라서 75% 수준인 폐차 재활용률을 2015년까지 95%로 상향조정하기로 하였다(환경부, 2002, 국제환경동향 제35호).

일본자동차공업회와 석유연맹은 2003년부터 PM배출량이 신장기규제안에 부합하는 자동차를 판매하고 저황경유를 공급할 계획이다. 또한 자동차 제조차인 닛산은 2003년 3월까지, 도요타와 혼다는 2005년까지 판매차량의 80%이상에 대해 초저배기가스(U-LEV)인증(★★★)을 취득한다는 목표를 갖고 있다.

교통부문의 친환경적인 정책방안은 대기오염 억제를 위한 교통통제 시스템을 들 수 있는데, 교통흐름의 원활화와 교통체증으로 인한 대기오염 감소를 위해 일본 국립경찰청(NPA)은 2002년에 교통통제 시스템을 위한 도로교통 센서 및 기타 장비 설치를 마치고, 2002년 말쯤에 시스템을 작동시킬 계획이다. 이 시스템은 수집된 교통자료를 기초로 교통신호등을 조절함으로써 배기가스 배출을 최소화할 수 있도록 설계되었다.

그리고 도시계획 및 노동·산업정책 등과 연계한 자동차 이용억제방안으로는 보행·자전거·공공교통에 대한 접근성을 높이도록 도시계획 수립 시에 철도 위주의 교통체계로 개편할 방침이다. 또한 개인 승용차에 대한 의존을 억제할 수 있도록 승용차 통근자에 대한 낮은 보조율과, 종업원용 주차시설의 감소와 비교적 높은 정기권 할인을 등의 방안을 적용할 계획이다.

그밖에도 교통시설 공급보다는 교통수요관리를 통한 자동차의 수요를 조정하고, 물류의 효율화를 도모하며, 서비스 향상으로 대중교통의 이용을 촉진시키며 전철 및 신교통시스템을 적극적으로 도입하고 철도 및 해운수송의 분담을 높여 에너지효율을 향상시킬 계획이다.

제3장 육상교통환경의 영향 및 사회적 비용 추정

1. 육상교통환경의 영향

가. 대기오염

1) 대기오염물질의 영향

아황산가스, 질소산화물, 일산화탄소, 오존, 먼지(입자상물질) 등 자동차에서 배출되는 오염물질은 주로 인간에게 호흡기 계통의 질환과 폐기능에 장애를 주며 식물에게는 주로 잎의 고사, 이상낙엽, 개화장애 등의 피해를 입힌다. 이외에도 인체에 독성, 발암잠재성 및 생체축적 등을 일으켜 낮은 농도에서도 건강에 악영향을 초래할 뿐만 아니라 오존층 파괴와 광화학적 스모그현상 등을 일으킨다.

<표 3-1> 대기오염물질이 인체에 미치는 영향

항 목	피 해
아황산가스	인체 호흡기 질환, 식물의 성장피해
미세먼지	아황산가스와 결합하여 호흡기질환 유발
일산화탄소	혈중의 헤모글로빈과 결합하여 산소공급 저해, 두통, 현기증 유발
질소산화물	코와 인후 자극, 호흡기 장애, HC와 함께 광학적 스모그 생성
탄화수소	NO ₂ 와 혼합될 경우 강렬한 햇빛에 의하여 광화학 스모그 생성
오존	눈자극, 농작물 피해

자료 : 환경부, 2001. 『환경통계연감』.

이들 대기오염 물질은 연료 자체의 특성으로 인해 발생하기도 하지만 불완전 연소로 인해 생성되기도 한다. 대기오염에 의한 재산상의 피해로는 농작물의 생산량 감소로 인한 수익의 감소, 인체의 호흡기 및 폐기능 장애로 인한 의료비의 추가 비용, 대기오염 피해를 줄이기 위한 방어비용의 지출 등을 들 수 있다.

2) 대기오염 현황

1999년 수송부문에서의 대기오염물질(SO_2 , NO_x , TSP, CO, HC) 배출량은 전체 배출량의 56%를 차지한다(<표 3-2>).¹⁰⁾

<표 3-2> 발생원별 대기오염물질 배출량(1999년)

(단위: 천톤/년)

구 분	계	SO_2	NO_x	TSP	CO	HC
계	3,709	951	1,136	440	1,036	147
난방부문	229	53	115	6	52	3
산업부문	971	447	355	149	17	3
수송부문	2,071	336	557	87	952	139
발전부문	438	115	109	198	15	2

자료: 환경부, 2001. 『환경백서』.

우리나라 대기오염물질 총배출량은 <표 3-3>에서 보듯이 꾸준히 감소하고 있는 가운데 <표 3-4>에서의 육상수송중 도로에서의 배출량은 1,567천톤으로 전체의 75.7%에 달하며, 이는 전체 대기오염물질 배출량의 42.2%에 해당한다.

자동차 등록대수가 과거 10년 사이에 2배 이상 증가한 것에 비해 수송부문의 배출량은 약 8.6% 정도 밖에 증가하지 않았다. 이는 에너지 효율을 높이는 자동차 기술의 발달과 연료기준의 강화가 주요 원인으로 작용했기 때문이다. 향후 EST 도입이 본격화 될 경우에는 현재 수준보다 배출량이 크게 감소될 것이다.

10) 에너지 소비에서 수송부문이 차지하는 에너지 소비량은 II장에서 언급한 바와 같이 20.6%인데 반해, 대기오염물질 배출량이 56%를 차지하는 이유는 수송수단의 거의 모든 에너지원이 화석 연료인 석유제품이기 때문이다.

<표 3-3> 수송부문 대기오염물질 배출량

(단위: 톤/년)

구분	대기오염물질 총 배출량	수송부문 대기오염물질 배출량					
		계 (%)	SO ₂	NO _x	TSP	CO	HC
'91년	4,866,959	1,907,253 (39.2)	200,452	446,121	79,263	1,047,887	133,530
'92년	4,867,637	2,132,449 (43.8)	233,200	566,201	10,0685	1,087,595	144,768
'93년	4,583,839	2,113,917 (46.1)	234,318	644,813	93,941	1,000,440	140,405
'94년	4,526,248	2,151,682 (47.5)	275,390	673,718	100,206	961,016	141,353
'95년	4,349,606	2,122,272 (48.8)	314,542	606,499	98,000	958,871	144,360
'96년	4,424,546	2,154,874 (48.7)	323,018	616,152	95,294	974,672	145,738
'97년	4,364,723	2,194,318 (50.3)	283,595	622,712	101,980	1,032,003	154,028
'98년	3,768,473	1,915,590 (50.8)	296,803	510,927	81,704	895,680	130,476
'99년	3,709,190	2,070,746 (55.8)	336,159	557,220	86,644	951,846	138,877
*	-23.8	8.6	67.7	24.9	9.3	-9.2	4.0

주: *) (양(1999년) - 양(1991년))/양(1991년) × 100

자료: 환경부. 2001. 『환경백서』.

육상교통수단에서 배출되는 SO₂의 양은 수송부문 전체의 약 3% 정도로써 매우 낮은 수준이다.¹¹⁾

11) SO₂ 배출량 정보는 환경연구원 내부자료를 활용하였다.

<표 3-4> 도로 및 철도의 대기오염물질 배출량 비교

(단위: 톤/년)

구 분	CO	HC	NOx	PM	SO ₂	합계
도로	920,968	124,242	445,353	67,757	8,807	1,567,126
철도	7,478	3,011	18,329	1,199	474	30,491
합계	928,446	127,253	463,682	68,956	9,283	1,597,617

주: 도로와 철도의 각 배출량은 국립환경연구원 내부자료임.

자료: 환경부·국립환경연구원, 2000. 『대기오염물질 배출량('99)』.

자동차 연료의 약 40%를 차지하는 휘발유의 오염물질 배출량은 4분의 1 수준인 반면, LPG와 경유의 오염물질 배출량이 차지하는 비율은 연료소비 비율보다 높게 나타나고 있다(<표 3-5>).¹²⁾ 이와 같이 경유와 LPG의 대기오염물질 배출량이 많은 이유는 휘발유 차량에 비해 청정기술의 개발 및 보급이 아직 미진하기 때문이다.

<표 3-5> 자동차 연료별 오염물질 배출량(1999년)

(단위: 천톤/년)

구 분	계	휘발유	LPG	경유
배출량	1,567 (100%)	409 (26.1%)	346 (22.1%)	812 (51.8%)
연료소비 비율	100.0%	39.0%	15.2%	45.7%

자료: 환경부, 2001. 『환경백서』.

3) 주요국의 대기오염물질

인구, 소득, 운행거리를 기준으로 우리나라의 대기오염물질 배출량을 다른 나라와 비교하였을 때의 특징은 PM과 SO₂가 다른 나라에 비해 높게 나타난다. <표

12) 도로에서 경유의 소비 비율은 1999년 기준으로 약 46%에 이른다.

3-6>을 보면 ‘백만대 · km’ 단위로 우리나라 오염물질 배출량은 물질별로 차이는 있지만 선진국에 비해 3~10배 정도 오염물질을 더 많이 배출한다.

<표 3-6> 주요국의 대기오염물질 단위배출량

(단위: 톤/백만대 · km)

배기물질	미국	한국	독일	영국
CO ₂	363.00	1,159.00	290.00	262.00
NO _x	1.90	9.90	1.60	2.20
VOC	1.60	-	0.90	1.50
PM	0.08	1.58	0.07	0.12
CO	14.90	17.80	6.20	7.60
SO _x	0.08	0.74	0.05	0.09

자료: OECD, 1999. *Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies*.

유럽연합을 대상으로 교통부문에서 차지하는 오염물질 배출량의 변화를 1996년과 1990년을 비교한 결과, 적게는 10%에서 20% 이상 감소된 것으로 나타났다(<표 3-7>). 이들 자료와 우리나라의 수송부문에서 발생하는 대기오염물질인 <표 3-2>의 CO를 기준으로 다른 물질과 비교하면, 우리나라는 유럽연합에 비해 NO_x와 SO₂의 배출이 매우 높게 나타난다. 유럽연합의 경우 교통부문에서의 NO_x의 배출량은 전체 산업의 약 50% 정도로 우리나라 자료인 <표 3-2>와 유사하게 나타난다. 만약 NO_x를 기준으로 유럽연합과 비교하면 우리나라는 수송부문에서 CO와 SO₂의 배출량이 매우 높음을 알 수 있다. CO의 과다한 배출은 운행 과정에서 불완전연소가 주원인이라 할 수 있다. 우리나라 교통의 SO₂ 배출량이 차지하는 비중이 높은 이유는 육상교통보다는 다른 수송수단에 의한 영향 때문이다.

<표 3-7> 유럽연합의 대기오염물질 배출량

(단위: 천톤)

		총배출량	교통부문	도로부문
NO _x	1990	13,257	7,080(53%)	5,549(42%)
	1996	11,932	6,255(52%)	4,791(40%)
	변동률(%)	-10	-12	-14
CO	1990	51,218	33,265(65%)	31,394(61%)
	1996	40,964	25,449(62%)	23,124(56%)
	변동률(%)	-20	-23	-26
VOC	1990	15,950	6,287(39%)	5,726(36%)
	1996	13,807	4,785(35%)	4,267(31%)
	변동률(%)	-13	-24	-25
SO ₂	1990	16,459	693(4%)	467(3%)
	1996	9,386	557(6%)	371(4%)
	변동률(%)	-43	-20	-21

자료: EC. 2001. *EU Energy and Transport in Figures*.

이렇게 교통부문에서의 오염물질 배출량의 감소는 선진국을 중심으로 ‘환경친화적인 지속가능한 교통’이라는 EST개념이 도입되면서 더욱 가속화되고 있다.

국토연구원(2000)에서는 도로와 철도로 구분하여 여객과 화물 단위 수송량에 대한 배출량을 발표한 바 있다(<표 3-8>).¹³⁾

<표 3-8> 수송수단별 외부비용

구분	여객			화물		
	배기가스 배출량 (g/인·km)	환경오염물질 처리비용 (원/톤)	외부비용 원단위 (원/인·km)	배기가스 배출량 (g/톤·km)	환경오염물질 처리비용 (원/톤)	외부비용 원단위 (원/톤·km)
도로	195	64,605	12.58	214	64,405	13.79
철도	79		5.08	41		2.66

13) 도로와 철도에 의한 대기오염의 정도를 비교한 연구는 철도청(1998)에 의해 수행되었으나 일부 지역 내에서의 수송량 정보가 누락됨으로 인하여 도로에서의 발생하는 도로의 단위비용이 과도하게 산출되었다.

나. 온실가스

1) 온실가스의 영향

대기중의 기체가 태양복사를 통과시키고 방출되는 적외선 복사를 흡수하여 열을 빠져나가지 못하게 함으로써 온도가 상승하는 현상인 「온실효과」를 발생시키는 물질을 온실가스라 한다.

온실가스에는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6) 등이 포함되며, 이중 CO_2 가 전체 온실가스 중 80% 이상을 차지한다. CO_2 는 주로 에너지 사용 및 산업공정에서, CH_4 는 주로 폐기물, 농업 및 축산에서, N_2O 는 주로 비료 사용에 의해 발생하고, HFCs, PFCs, SF_6 등은 냉매 및 세척용 물질에서 발생한다.

2) 온실가스 현황

온실가스 전체 배출량에서 수송부문이 차지하는 비중은 1995년 이래 약 20% 정도로 유지하고 있으며 수송부문에서 온실가스의 배출은 대부분이 도로에서 발생하는 것을 <표 3-9>에서 알 수 있다.

<표 3-9> 전체 CO_2 배출량중 수송부문의 배출량

(단위: 천TC, %)

		'90년	'95년	'97년	'98년	'99년	연평균 증가율
배출총계		65,171	101,188	118,325	102,077	111,313	6.1
육상 수송	계	9,328	17,415	19,218	15,729	17,248	7.1
	철도	255	273	269	265	276	0.9
	도로	9,072	17,142	18,949	15,464	16,972	7.2

자료: 건설교통부. 2001. 『교통분야 온실가스 감축관련: 온실가스 감축대책 등
교통환경관련규제의 거시경제효과 분석』.

배기량과 연비가 동일한 차량조건 하에서는 다른 수송연료보다 휘발유에서 CO₂가 더 많이 배출된다(<표 3-10>).

<표 3-10> 연료별 CO₂ 배출량의 상대적 비교(휘발유 기준 수치)

연료	휘발유	경유	CNG	LPG	알콜
최적엔진조건	100	88	66	80	82

자료: 한국기계연구원 내부자료; 한화진 외. 1999. 『지구온난화가스 저감대책 동향분석 및 국내 대응방안 연구 - (수송부문 중심으로)』에서 재인용.

건설교통부(2001)에서는 육상교통수단인 도로와 철도에 대해 단위 수송량에 따른 CO₂ 배출량을 발표하였다. 여객량(인·km)을 기준으로 버스에서의 CO₂ 배출량은 철도에서의 배출량보다 5배, 승용차에서의 배출량은 철도의 배출량보다 33배까지 많이 배출하는 것으로 <표 3-11>에 나타났다. 도로 화물운송의 대부분을 차지하는 트럭은 CO₂ 배출량이 150.7g-C/톤·km로 철도의 배출량 7.1g-C/톤·km보다 20배 이상 높게 나타났다.

<표 3-11> CO₂ 배출원단위

여객 (g-C/인 · km)	도로		철도
	승용차	버스	3
	40.8	15.1	
화물 (g-C/톤 · km)	트럭		7.1
	150.7		

자료: 건설교통부. 2001. 『교통분야 온실가스 감축관련: 온실가스 감축대책 등 교통환경관련규제의 거시경제효과 분석』.

여객과 화물 모두 단위 수송량에 따른 도로에서의 CO₂ 배출량은 철도에서보다 많이 배출한다.

3) 유럽의 온실가스 배출량

유럽연합의 교통부문에서 발생하는 온실가스 배출량은 전체 온실가스 배출량의 약 4분의 1을 점유하며 이중 CO₂가 대부분을 차지한다(<표 3-12>).

<표 3-12> 유럽연합의 온실가스 배출량(1995년)

(단위: 백만톤)

	총 배출량	CO ₂ 환산값	
		배출량	교통부문
CO ₂	3,037	3,037	804
CH ₄	4.46	93.7	4
N ₂ O	0.17	52.7	15.5

주: 기타 온실가스에는 HFC, PFCs, SF₆가 있으며 66백만톤이 배출되나 교통부문에서는 무시할 수 있음.

자료: EC, 2001. *EU Energy and Transport in Figures*.

다. 소음

1) 교통소음의 영향

일반적으로 환경소음이 인체에 미치는 영향을 구분하면 크게 생리적, 심리적 영향 등으로 나눌 수 있다. 소음의 생리적 영향은 신체적 기능장애와 연관되어 있으며, 심리적 영향은 주로 회화장애와 수면장애 및 단순한 짜증과 불쾌감 등 정신적 측면에서 고려된다. 이로 인한 정서불안과 스트레스 증가 등은 궁극적으로 생리적 장애로 발전될 수 있기 때문에 소음의 심리적 영향과 생리적 영향은 밀접한 관계를 갖는다. 소음에서 음압도의 크기가 심리적 영향에 일차적인 역할을 미치며, 지속시간은 소음에 대한 심리적 부담감을 결정하는 또 하나의 중요한 요소이다.

소음으로 인한 피해기준은 보통 60dBA 이하이며, 소음이 60dBA 이상일 때는 생리적 변화로 인한 피로감의 가중, 심장 박동수의 변화, 혈압의 증가, 호르몬 분

비의 변화와 같은 신경계통과 관련된 스트레스를 받으며 순환기계통의 질병을 유발할 수 있고, 85dBA 이상일 경우에는 청각장애를 일으킬 수 있다 (INFRAS/IWW, 2000). 이런 지속적인 소음은 산업체, 공사현장, 교통 등에 의해 발생되며, 경제발전과 함께 교통량의 증가와 교통시설의 확충으로 교통소음은 날이 갈수록 심해지고 있는 상황이다.

<표 3-13> 소음 수준과 인체 영향

(소음 단위: dBA)

소음 수준	소음원 예시	인체에 미치는 영향	대화에 미치는 영향
110 100	비행기 이착륙시	단시간 노출시 일시적 난청	귀에 대고 외쳐야 함
90	열차 통과시	장시간 노출시 영구적 난청 소변량 증가 및 무력감	60cm 거리에서 외쳐야 함
80	대형버스 통과시	혈관 수축반응 수면량 증가	
70	변화가 교통소음	청력손실 초기증상 시작 정신집중력 저하	60cm 거리에서 큰소리로 말함
60	주거지 주간 기준	수면장애 시작	120cm 거리에서 큰소리로 말함
50	전화벨 소리	맥박 증가	4m 거리에서 정상대화 가능
40 30	심야 주택가	뇌파의 수면심도 낮아짐	

자료: 녹색교통. 2000. 『서울시 대중교통 서비스 모니터링 활동 백서』.

2) 교통소음의 현황

교통소음의 배출원은 자동차, 기차, 항공기 등이며 이들의 발생소음도는 매우 클 뿐만 아니라 피해지역도 광범위하다. 그 중에서도 자동차는 도로망의 확장과 더불어 차량대수의 급격한 증가로 인해 대도시의 주요 소음원으로 작용한다. 우리나라의 경우 도시의 상·공업지역과 주거지역까지 교통소음의 영향권에 있으며, 이제는 고속도로 등 여러 종류의 도로망 확장으로 인해 농촌에까지 교통소음

의 영향권이 확대되고 있다.

도로교통소음은 주행자동차의 엔진음, 타이어 마찰음 및 배기음에 의하여 발생되며, 주행차량의 속도와 엔진회전수, 도로의 포장상태와 군배 및 운행차량의 하중 등에 따라 변하게 된다. 대형 트럭이나 버스 등 중량차에서 발생하는 소음은 승용차와 같은 경량차에 비해 크며, 동일 차량의 경우 발진시 또는 가속시 더 큰 소음을 발생한다. 또한 자동차 자체에 관계되는 요인인 중량, 속도 등과 주행면에 관계되는 요인인 포장구조, 평탄성, 교통류에 관계되는 요인인 자동차구조, 주행분포 및 지반특성에 의해 소음의 크기가 결정된다(환경부, 2001).

철도에서의 주요 소음원에는 차륜과 레일사이에서 발생하는 전동소음(rolling noise)과 차체에서 발생하는 구동장치소음, 높은 운행속도로 인한 차체와 집전장치의 공력소음(aerodynamic noise) 및 구조물과 지반을 통하여 전달되는 저주파 소음 등이 있다(환경부, 2001).

우리나라에서는 일반 국민을 대상으로 환경의식에 대한 설문조사 결과(환경부, 2000b)에 따르면 소음·진동에 대한 심각 정도가 1995년에는 63.4%였으나 2000년에는 83.4%로 증가한 것으로 나타났다(<표 3-14>).

<표 3-14> 소음에 대한 심각성 평가

정도	매우 심각	대체로 심각	대체로 심각안함	전혀 심각안함
비율(%)	31.5	51.9	16.5	0.1

자료: 환경부, 2000. 『21세기 국민 환경의식 조사』.

3) 주요국의 교통소음 현황

국외에서는 교통소음과 인체 발병간의 관계에 대해 1990년대에 접어들면서부터 연구(Babisch et al. 1993, 1994; Maschke et al. 1997, Ising et al. 1998)가 활발히 진행 중에 있다.

1992년 독일의 Fraunhofer Institute는 교통소음중 도로에 의한 소음이 전체

교통소음의 64%, 항공이 26%, 철도가 10% 차지하는 것으로 발표하였으며(ECMT, 1998), Umweltbundesamt(2001)에 따르면 독일 국민의 16%가 65dB 이상인 소음에 노출되어 있는 것으로 나타났다.

우리나라의 교통소음의 규제치는 선진 외국에 비해 높은 것을 알 수 있다(<표 3-15>). 향후 우리나라의 소음 규제치를 선진 외국의 소음 규제수준으로 강화하려면 현재의 규제치에서 약 10dB 정도 낮추어야 할 것이다.

<표 3-15> 주요국의 소음기준 현황

국가명	대상 및 규제치		단위
미 국	도로	55-56	L_{dn}
	철도	45-50(주간), 55-60(야간)	L_{50}
일 본	도로	60-70(주간), 50-65(야간)	L_{eq}
	철도	70(신칸센)	L_{max}
독 일	도로	50-70(주간), 40-60(야간)	L_r
	철도	50-59(주간), 40-49(야간)	L_r
프랑스	도로	60	L_{Aeq}
	철도	60-75	L_{Aeq}
영 국	도로	45-50(주간), 30-35(야간)	L_{10}
	철도	55-68(주간), 42-63(야간)	L_{eq}
스위스	도로	55-70(주간), 45-65(야간)	L_r
	철도	55-70(주간), 45-65(야간)	L_r
한 국	도로	60(주간), 50(야간)	L_{eq}
	철도	65-70(주간), 60-65(야간)	L_{eq}

자료 : 환경부. 2001. 『21세기 소음·진동 환경정책방향 연구』.

<표 3-16>의 ECMT(1996)의 자료에 의하면 도로에 의한 교통소음은 철도의 교통소음보다 비울면에서 6.4배 많게 나타났다. 항공 소음은 철도 소음보다 심각함을 알 수 있다.

<표 3-16> 교통수단별 소음의 심각성 비교

구분	공해	심각한 공해	평균
도로	65%	25%	64%
철도	19%	4%	10%
항공	47%	17%	26%

자료: ECMT, 1996. Towards Fair and Efficient Pricing in Transport. p.187; 홍갑선, 1999.

『교통 관련 사회환경비용의 내재화방안』. 교통개발연구원 p.62에서 재인용.

4) 교통소음비용

우리나라의 교통소음에 대한 연구는 홍갑선(1999)에 의한 연구가 처음이었으며, 이 연구에서는 유럽의 연구결과를 이용하여 소음비용을 산출하였다. 그 결과 1997년 기준으로 도로부문의 지역간 국내여객·화물 수송실적에 유럽의 소음 사회적 비용 평균치¹⁴⁾를 적용한 소음의 사회적 비용은 여객수송에서 7,286억원, 화물수송에서 8,341억원으로 소음의 총 사회적 비용은 1조 5,627억원으로 추정되었다.

임영태(2000)는 잠재가격기법에 의해 추정한 결과, 소음 1dB(A)의 변화가 주택 가격에 평균적으로 약 0.3% 영향을 미친다는 분석 결과를 얻었다.¹⁵⁾ 김강수(2001)의 연구에서는 서울 시민 응답자의 75.4%가 소음의 정도가 보통 이상으로 심각한 것으로 나타났다. 김강수(2001)는 교통부문중 도로교통에 의해 발생하는 서울시 소음에 대한 환경피해의 화폐가치를 SP(Stated Preference) 기법을 통해 지불의사를 추정한 결과 소음 1dB 개선시 가구당 연평균 6.74만원(최하 5.74만원, 최고 7.41만원)으로 산출되었다.¹⁶⁾ 건설교통부(2001g)는 도로와 철도 차량의 소

14) 1991년 유럽의 도로교통으로 인한 소음의 사회적 비용은 17개국을 가중평균하여 여객수송량(ECU/천인·km)은 2.95, 화물수송량(ECU/천톤·km)은 9.12이다.

15) 분석 대상 지역은 '서울 강남'과 '부천 중동' 두 지역을 대상으로 하였다.

16) 2002년 중앙환경분쟁조정위원회는 울산광역시 남구 무거동 주공아파트 주민 2,187명(609세대)이 8차선 도로에서 발생하는 소음, 진동, 먼지로 인해 수면방해 등의 정신적 피해를 입었다며 109억 8,400만원의 배상과 방음대책을 신청한 사건에 대해, 대한주택공사와 울산광역시는 연대하여 1,496명에게 7억 2,050만원을 배상하고 방음터널 설치 등의 방음대책을 이행하도록 결정한바 있다.

음비용을 1년에 소음 1dB 증가당 사업지 구간 1km을 기준으로 도시지역 도심부 2억4천만원, 그 외 도시지역 4천7백만원, 지방지역 평지 1천6백만원, 지방지역 산지 72만원씩으로 산정하였다. 마지막으로 김상겸(2002)은 도시와 지방을 구분하여 도로와 철도의 방음벽 높이(2m~5m)에 따른 설치비에 기초한 연간균등화비용을 적용하여 소음비용을 산출하였다. 방음벽의 높이에 따라 수음점에서의 소음의 크기는 상이하며 방음벽의 높이가 3m일 때 수음점에서 소음은 평균 10dB이 감소하는 것으로 나타났다.

<표 3-17> 국내 소음비용 산출 사례

연구(연도)	방법	대상지		평균비용	단위
임영태(2000)	잠재가격법	서울 강남, 부천, 중동		0.3%	주택 가치/dB
김강수 (2001)	명시선호법	서울시		67,400원	dB · 가구 · 년
건설교통부 (2001g)	-	도시	도심부	240,000원	dB · m · 년
			그 외	47,000원	
		지방	평지	16,000원	
			산지	720원	
건설교통부 (2002a)	-	도로 인접 지역	도시지역	4,752원	dB · m · 년
			지방지역	1,656원	
김상겸 (2002)	방지비용법	도시	도로	8,402원	dB · m · 년
			철도	8,407원	
		지방	도로	8,576원	
			철도	8,843원	

선진국에서는 우리나라보다 오래 전인 1980년대부터 교통소음비용에 대한 평가가 이루어졌다. 국가마다의 특성에 따라 또는 동일한 국가라도 시기에 따라서 평가액이 국민소득에서 차지하는 비중이 상이하게 산출되고 있다(<표 3-18>).

선진국 몇 개국에서 평가한 소음비용은 GNP의 0.1%에서 1.4% 정도를 차지한다. Greene 외(1997)에 의하면 소음비용은 GNP의 0.1~2.0%에 이른다고 하였다.

<표 3-18> 주요국의 소음비용 및 분석방법

국가	기준연도	% of GNP	분석방법
노르웨이	1983	0.06	재산가치의 저하
	1987	0.3	-
스웨덴	1992	0.4	재산가치의 하락
프랑스	1986	0.08	재산가치의 저하
	-	0.24	
	1990	0.2-0.6	
영국	1991	0.5	
독일	1985	0.15	55dbA 수준을 위한 방어비용
		0.9	45dbA 수준을 위한 방어비용
	1987	2.0	재산가치 및 생산성 저하(서독)
		0.2	방어비용
	1992	1.4	지불의사액 및 건강위해
오스트리아	-	0.1	-
미국	1990	0.10	
	1992	0.20	
스위스	1988	0.3 (도로: 0.26, 철도: 0.04)	재산가치의 저하

자료: ECMT, 1994. *Internalizing the Social Costs of Transport*. 재구성

소음비용을 도로와 철도로 나누어 살펴보면, <표 3-18>의 스위스 자료에서는 도로의 소음은 철도의 6.5배에 이르는 것으로 평가되었다.¹⁷⁾ 그리고 개인의 잠재 가격에 대해 유럽 국가를 대상으로 조사한 결과 <표 3-19>에 나타난 바와 같이 월 1.43~1.88 ECU로 큰 차이를 보이지 않았다(ECMT, 1998).

<표 3-19> 소음의 잠재가격

(단위: ECU/dB · 월 · 인)

국가	오스트리아	프랑스	독일	그리스	이탈리아	스위스	영국
잠재가격	1.77	1.79	1.84	1.43	1.76	1.88	1.72

17) 이 결과는 <표 3-16>과 유사하게 나타났음을 알 수 있다.

또한 도로에서는 화물수송에서의 단위(톤·km) 소음비용이 여객수송에서의 단위(인·km) 소음비용보다 2~5배 높게 나타났다(<표 3-20>).

<표 3-20> 유럽의 도로교통으로 인한 소음의 외부비용(1991년)

	오스트리아	프랑스	독일	이탈리아	네덜란드	영국
여객수송량 (ECU/천인·km)	3.55	1.98	3.67	2.95	2.66	2.37
화물수송량 (ECU/천톤·km)	10.84	11.62	6.21	7.35	12.95	8.81

자료: ECMT, 1998. *Efficient Transport for Europe*. 194p; 홍갑선, 1999. 『교통 관련 사회환경비용의 내재화 방안』. 교통개발연구원 에서 재인용.

유럽 국가들을 대상으로 산출한 소음비용은 국가경제 수준, 평가대상, 평가방법, 목표소음 수준이 상이하지만 적게는 GDP의 0.02%부터에서 많게는 GDP의 2% 수준까지 소음비용이 산출되었다(ECMT, 1994). 이들 결과 중 과소치와 과대치를 제외한 소음비용의 범위는 GDP의 0.06-0.75%로 나타났으며 이때 평균 및 중앙값은 0.3% 정도로 산출되었다.¹⁸⁾ 그밖에도 Haling and Cohen(1996)은 소음 한 단위(dB) 변화에 대해 주택가격이 0.2~0.6% 차이가 있음을 많은 연구에서 제시하였다.¹⁹⁾ Sælensminde and Hammer(1994)는 1dB 저감에 대한 지불의사액이 ECU 25-56/년·인으로 산출되었음을 발표하였다.

INFRAS/IWW(2000)에서는 소음(dB)과 WTP를 선형으로 가정했을 때, 한 단위 dB의 변화에 대한 지불의사액의 크기는 개인 소득의 0.11%로 나타났다. 유럽에서 분석한 소음비용의 원단위 결과를 우리나라에 적용한다면, <표 3-21>과 같이 단위 소음인 1dB에 대한 연간 비용이 적게는 5천억원에서 많게는 2조 5천억원까지 산출된다.

18) 2000년 기준으로 우리나라의 GDP(실질소득 기준)는 약 476조원이므로 이에 대한 0.3%를 소음비용으로 가정한다면, 우리나라의 전체 소음비용은 약 1조 4,288억원으로 산출된다.

19) 1997년 우리나라의 주택 자산의 가치는 274조원(통계청, 1999)이며 이를 기준으로 소음 한 단위 변화에 따른 주택가격은 5,480억원에서 1조 6,440억원에 해당된다.

<표 3-21> 국외 소음 원단위를 적용한 우리나라 소음비용

(단위: ECU/dB · 월 · 인)

출처	내용	원단위 비용	전제	총 소음비용 단위(연 · dB)
ECMT, 1994	잠재가격 기법	주택가치의 0.4%	주택 순자산:274조	1조 950억원
ECMT, 1998		ECU 1.72/dB · 년 · 인	ECU 1 = 1,000원 2000년 국내 인구 = 46,136,101인	9,522억원
Sælensminde and Hammer (1994)	명시 선호법	ECU 25~56 (단위:dB · 년 · 인)		1조 1,534억원 ~ 2조 5,846억원
INFRAS/ IWW (2000)		개인소득의 0.11%	일인당 국민소득 (2000년 기준): 1,089만원/연	5,527억원

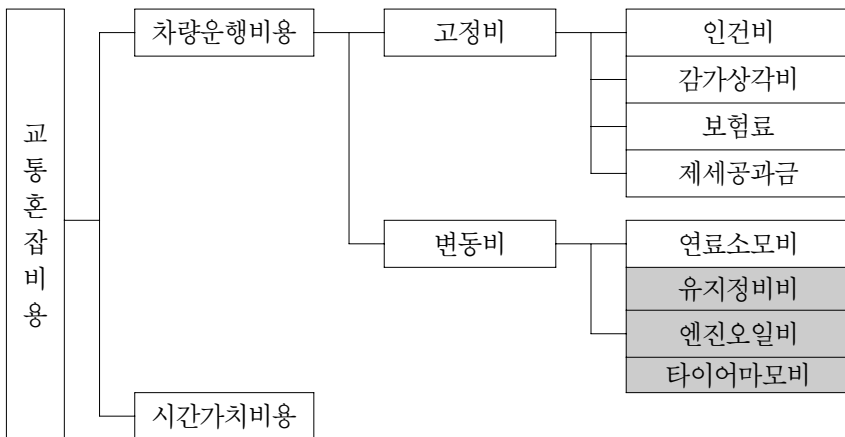
INFRAS/IWW(2000)에서 평가한 수단별 평균 소음비용(Euro/천인(톤) · km)은 여객의 경우 도로에서 5.4, 철도에서 3.9이며, 화물의 경우 도로에서 6.7, 철도에서 3.5로 여객과 화물 모두 철도에서보다 도로에서 높게 나타났다. 또한 같은 소음의 크기라 할지라도 ‘인 · km’ 또는 ‘톤 · km’를 기준으로 낮보다는 밤의 소음 한계비용이 평균 약 2배 이상 높게 산출되었고, 교통량과 총 소음비용은 한계비용이 체감하는 형태로 증가한다고 하였다.

라. 교통혼잡

1) 개념

혼잡이란 국어사전 상에서는 ‘거리나 장소 등에서 많은 사람이나 차나 물건 등이 질서 없이 뒤섞여 다니기에 불편한 상태에 있는 것’이라고 정의되고 있다. 교통부문에서의 혼잡은 차량 내에서의 혼잡과 차량간의 혼잡으로 구분할 수 있으나 일반적으로 차량간의 혼잡을 교통혼잡이라 간주한다. 본 연구에서도 교통혼잡은 차량간의 혼잡만을 다루기로 한다.

교통혼잡비용은 도로에서 발생하는 교통혼잡의 사회적 비용이다. 도로의 혼잡 비용은 교통량이 일정 한도를 넘는 도로에서 추가적으로 발생하는 차량운행비용과 시간비용으로 구분된다. 차량운행비용은 다시 고정비와 변동비로 구분되는데, 고정비에는 운전자의 인건비, 차량의 감가상각비, 보험료, 각종 제세공과금 등이 있다. 변동비에는 연료소모비와 차량의 유지정비비, 엔진오일비, 타이어마모비 등이 있으나 실제로 연료소모비를 제외한 나머지 항목들은 계산하기가 곤란하므로 연료소모비만을 변동비로 고려한다(<그림 3-1>).



주 : ■ 는 실제 교통혼잡비용의 계산에서 제외되는 부분임.

<그림 3-1> 교통혼잡비용의 구성 요소

차량운행비용은 개인이 교통혼잡으로 인해 실제로 지불하는 비용인 반면, 시간가치비용은 시간의 기회비용적인 개념이다.

급속한 차량의 증가에 비해 상대적으로 부족한 도로시설로 인하여 우리나라 대부분의 대도시는 심각한 교통혼잡문제를 안고 있다. 특히, 출퇴근 첨두시의 교통혼잡은 매우 심각한 상황이다.

이미 교통혼잡은 차량 이동속도의 저하, 교통사고의 증가, 에너지 사용의 증가로 인한 매연가스의 배출량 증가 등 여러 가지 부작용을 일으키고 있다.

2) 교통혼잡비용

교통혼잡비용 분석시 크게 지역간 도로와 일반 도시내 도로를 나누어 산출할 수 있다. 지역간 도로는 고속도로, 국도, 지방도로 구분되며, 매년 건설교통부에서 발간하고 있는 교통통계연보의 조사지점을 대상으로 교통혼잡비용을 산출한다. 우선 산출방법은 도로등급별 혼잡기준속도를 설정하고, 조사지점별 도로용량 분석과 차종별 교통량을 이용해 차량운행속도를 구하여 혼잡시 발생하는 교통혼잡비용을 산출하게 된다.

도시부 도로는 서울특별시를 비롯한 6개 광역시를 대상을 하며, 도시별 차종별 차량대수와 교통안전공단에서 2년마다 발표하고 있는 차종별 1일 운행거리 자료를 이용한다. 이 자료를 가지고 교통혼잡으로 인해 추가적으로 발생하는 연료소비와 운행시간 등을 산출하여 교통혼잡비용을 산출하게 된다.

2000년도 지역간 도로의 교통혼잡비용은 <표 3-22>에서 보듯이 고정비를 포함하여 총 8조 2,991억원으로 산출되었다. 전체 혼잡비용의 약 40%를 차지하는 고정비는 혼잡에 의한 간접적인 영향이라 할 수 있는 반면에, 고정비를 제외한 혼잡비용은 연료소모비와 시간가치비용을 적용하였다. 도로별 혼잡비용은 국도가 전체 혼잡비용의 약 60%, 고속도로가 25%, 지방도가 약 15%를 나타내었다. 차종별 혼잡비용은 승용차가 가장 높고 버스와 트럭 순으로 나타났다. <표 2-6>의 차종별 등록대수에 대한 연간 혼잡비용은 버스가 1,742천원/대, 트럭은 899천원/대, 승용차는 440천원/대 임을 알 수 있다.

<표 3-22> 지역간 도로의 교통혼잡비용 산출결과

(단위: 백만원/년)

도로	승용차	버스	트럭	계
고속도로	583,184	1,041,880	525,810	2,150,874
	(485,974)	(788,490)	(13,777)	(1,288,241)
국도	2,641,811	1,014,760	1,481,543	5,138,114
	(2,201,917)	(703,774)	(208,006)	(3,113,697)
지방도	329,725	429,297	251,041	1,010,063
	(275,129)	(296,867)	(37,850)	(609,846)
계	3,554,720	2,485,937	2,258,394	8,299,051
	(2,963,020)	(1,789,131)	(259,633)	(5,011,784)

주: ()의 수치는 고정비를 제외한 금액임.

자료: 김정진. 2001. 『2000 전국 교통혼잡비용 산출과 추이분석』. 교통개발연구원.

2000년까지 연평균 19.6%의 지속적인 증가 추세에 있던 교통혼잡비용은 1998년 IMF의 경제위기 상황으로 인하여 처음으로 감소하였으나, 이후 다시 증가하였다. 여객, 즉 승용차와 버스의 혼잡비용은 전체 혼잡비용의 약 70% 정도를 차지한다(<표 3-23>).

<표 3-23> 지역간 도로의 교통혼잡비용 추이

(단위: 억원/년, %)

구 분		'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000	연평균 증가율
도로 별	고속도로	2,603	3,854	8,211	11,251	18,282	32,590	30,087	19,087	26,928	21,509	26.4
	국도	12,305	18,973	23,562	26,822	27,732	31,419	41,296	23,468	38,567	51,381	17.2
	지방도	1,674	1,972	3,866	4,665	5,632	7,733	8,893	8,466	10,857	10,101	22.1
	계	16,582	24,799	35,639	42,738	51,646	71,743	80,277	51,021	76,353	82,991	19.6
차종 별	승용차	3,535	5,893	10,707	15,381	21,422	25,746	32,593	21,539	29,889	35,547	29.2
	버스	8,159	12,092	12,464	15,201	16,203	25,979	27,082	15,822	24,414	24,860	13.2
	화물차	4,888	6,814	9,668	12,156	14,021	20,017	20,602	13,660	22,049	22,584	18.5
	계	16,582	24,799	35,639	42,738	51,646	71,743	80,277	51,021	76,353	82,991	19.6

주: 고정비 포함 금액.

자료: 김정진. 2001. 『2000 전국 교통혼잡비용 산출과 추이분석』. 교통개발연구원.

정체와 혼잡으로 인한 시간지체비용과 연료비 그리고 고정비로 구성된 2000년 교통혼잡비용은 고속도로를 포함한 지역간 도로와 7대 도시에서만 19조 4천 4백 81억원으로 산출되었다.

교통혼잡비용의 증가 요인을 분석해 보면, 전체 비용중 시간비용이 차지하는 비율이 54.2%로 가장 많고, 유류비용은 3.7%로 가장 낮게 나타났다. 또한 고정비용은 42.1%로 전체 교통혼잡비용의 3분의 2를 차지하고 있다(<표 3-24>). 도로의 혼잡비용은 지역간 도로보다는 도시부 도로에서 더 높게 나타났다.

<표 3-24> 구성요소별 2000년 혼잡비용

(단위: 백만원/년)

구 분		유류비용	시간비용	고정비용	계
지역간 도로	고속도로	51,682	1,236,559	862,633	2,150,874
	국도	363,323	2,750,374	2,024,417	5,138,114
	지방도	69,889	539,957	400,217	1,010,063
	소계	484,894	4,526,890	3,287,267	8,299,051
도시부 도로	서울	92,583	2,771,553	1,849,958	4,714,094
	부산	55,110	1,401,807	1,204,047	2,660,964
	대구	16,261	377,386	385,449	779,096
	인천	29,317	636,129	639,716	1,305,162
	광주	15,759	328,685	366,657	711,101
	대전	15,957	330,705	352,550	699,212
	울산	3,304	166,313	109,837	279,454
	소계	228,291	6,012,578	4,908,214	11,149,083
총계		713,185	10,539,468	8,195,481	19,448,134

자료: 김경진. 2001. 『2000 전국 교통혼잡비용 산출과 추이분석』. 교통개발연구원.

90년대의 혼잡비용은 1997년 말 경제위기로 인한 영향으로 감소한 것을 제외 하고는 매년 약 25% 이상의 증가율을 보이고 있다. 총액 기준으로는 도시부의 혼잡비용이 높으나 상승률은 지역간 도로가 도시부 도로보다 약 4% 정도 높다.

<표 3-25> 교통혼잡비용 추이

(단위: 천억원)

	'91년	'92년	'93년	'94년	'95년	'96년	'97년	'98년	'99년	'00년
지역간	16.6	24.8	35.6	42.7	51.7	71.7	80.3	51.0	76.4	83.0
도시부	29.1	37.6	50.2	57.5	64.0	87.5	105.1	70.9	94.8	111.5
계	45.6	62.4	85.8	100.3	115.7	159.2	185.4	121.9	171.1	194.5

자료: 김정진. 2001. 『2000 전국 교통혼잡비용 산출과 추이분석』. 교통개발연구원.

마. 교통사고

1) 교통사고 현황

지난 10년간 자동차 교통사고 발생건수는 다음 <표 3-26>와 같이 연평균 1.3%, 부상자는 연평균 2.8%로 같은 기간 동안 자동차 등록대수가 약 4배 가까이 증가한 것에 비하면 매우 낮은 수준이다.

<표 3-26> 교통사고 추이

(단위: 대, 명, %)

구분	자동차 등록대수	자동차 교통사고			철도 교통사고		
		발생건수	사망자수	부상자수	발생건수	사망자수	부상자수
1990	3,394,803	255,303	12,325	324,229	1,707	604	1,593
1992	5,230,894	257,194	11,640	325,943	1,694	523	1,239
1994	7,404,347	266,107	10,087	350,892	1,541	478	1,384
1996	9,553,092	265,052	12,653	355,962	1,051	352	766
1998	10,469,599	239,721	9,057	340,564	909	326	609
2000	12,059,276	290,481	10,236	426,984	549	225	347
연평균 증가율	13.51	1.3	-1.84	2.79	-10.72	-9.40	-14.14

자료: 경찰청. 2001. 『도로교통안전백서』. ; 철도청. 2001. 『2000철도통계연보』.

사망자수는 2000년에 10,236명으로 연평균 -1.84% 오히려 감소하였다. 철도 교통사고의 발생건수 역시 연평균 10.7% 정도로 감소하였고 사망자수와 부상자수 역시 지속적으로 감소하고 있다. 자동차 등록대수에 대한 교통사고 발생건수 역시 감소하고 있는 추세이다. 자동차 교통사고 발생건수당 사망자수는 감소하였으나 부상자수는 증가하였다. 반면 철도 교통사고에서는 발생건수당 사망자수는 증가하고 부상자수는 감소하였다. <표 3-26>과 같이 철도의 사상자수가 크게 감소한 것은 철도의 발생건수가 크게 감소하였기 때문이다. 철도 사고의 유형은 철도여객과 철도여객이 아닌 사람으로 구분되는데 여객보다는 보행자나 다른 차량을 이용하는 사람이 부상을 입는 경우가 더 많이 발생한다(<표 3-27>).

<표 3-27> 철도 사고유형별 사상자수

(단위: 명)

년도	사상구분	사망	부상
1999	여객사상(수송인원백만명당)	0.04	0.36
	공중사상(주행백만킬로당)	2.33	1.22

자료: 철도용량 편람. 1999. 철도청 내부자료(여객·공중사상사고 발생현황); 철도청.

2001. 『철도투자분석 및 평가편람 개발』. p.191에서 재인용.

<표 3-28>에서 보면, 1990년도를 기준으로 1998년도까지 선진 외국의 교통사고 사망자는 연평균 네덜란드 3.14%, 일본 2.77%, 프랑스 2.4%, 미국 1.37%, 이탈리아 0.57%, 독일 0.18%씩 감소하였고, 우리나라는 3.37%로 가장 높은 감소율을 나타내었다. 최근의 교통사고 사망자수는 교통선진국인 일본, 독일, 프랑스와 유사한 수준으로 나타나지만 이들 나라들은 우리나라의 자동차 등록대수보다 약 3-6배 가량 많다.

<표 3-28> 주요국의 교통사고 사망자 변화

(단위: 명, %)

구분	한국	일본	독일	프랑스	이탈리아	네덜란드	미국
1990	12,303	11,277	7,906	10,829	6,621	1,376	46,300
1991	13,429	11,105	11,248	9,617	6,500	1,281	43,500
1992	11,640	11,451	10,631	9,900	7,434	1,285	39,235
1993	10,402	10,942	9,949	9,052	6,654	1,252	40,115
1994	10,087	10,649	9,814	8,533	6,600	1,298	40,400
1995	10,323	9,942	9,814	8,412	6,512	1,334	40,676
1996	12,653	9,942	9,454	8,080	6,600	1,180	41,798
1997	11,603	9,640	8,549	7,989	5,829	1,163	41,967
1998	9,353	9,006	7,792	8,918	6,326	1,066	41,471
연평균 증가율	-3.37	-2.77	-0.18	-2.40	-0.57	-3.14	-1.37

자료: 경찰청. 2001. 『도로교통안전백서』.

<표 3-29>에 의하면 우리나라의 교통사고 건수는 선진 외국과 비교할 때 아직도 매우 높은 수준임을 알 수 있다. 선진 외국보다 교통사고의 비율이 높은 이유는 도로연장에 비해 자동차수가 많은 것도 원인이겠지만(<표 2-7>), 운전자와 보행자들의 교통의식 또한 중요한 원인으로 작용한다.

<표 3-29> 주요국의 교통사고 비교

		한국	미국	일본	영국	독일
사망자수(명)		10,236	41,471	10,805	3,409	7,792
부상자수(명)		426,984	3,192,000	989,081	316,874	497,319
1억 주행거리당	사고건수(건)	110.7	48.2	107.7	50.0	62.8
	사망자(명)	3.9	1.0	1.4	0.7	1.3
	부상자(명)	162.7	75.8	132.6	67.8	82.7
자동차 1만대당	사고건수(건)	240.9	99.6	117.1	80.9	83.9
	사망자(명)	8.4	2.0	1.6	1.2	1.7
	부상자(명)	354.0	156.7	144.1	109.7	110.6

주: 한국과 영국은 2000년, 그 외 '98년 자료임.

자료: 교통안전공단. 2001. 『2000 자동차 주행거리 실태조사 연구』.

유럽에서 조사한 교통수단별 '인·km'를 기준으로 한 사망자수는 이륜차가 제일 높고 그 다음으로는 보행자, 자전거 순으로 세 종류 모두 비슷한 수준이다(<표 3-30>). 승용차의 사망확률은 이륜차의 약 7분의 1 수준이고, 승용차의 사망자는 철도 사망자의 약 10배 수준이다. 그러나 버스에서 발생하는 사망자수는 철도에 탑승한 사망자수보다 적다. 보행자를 포함한 도로에서 발생하는 사망자수는 철도 사망자수의 약 200배 정도로 나타났다.

<표 3-30> 유럽연합의 교통수단별 사망자수(1998년)

		사망자수	10억인km	10억인km당 사망자수
도 로	보행자	6,483	142	46.0
	자전거	2,386	71	34.0
	이륜차	6,713	137	49.0
	승용차	24,599	3,676	6.7
	버 스	136	402	0.3
	화물차	1,925	479	4.0
	기 타	445	-	-
계		42,687	4,907	140.0
철도 승객		186	281	0.7
항공 승객		25	241	0.1

주: 도로사망자는 운전자와 승객을 포함. 화물차는 1.1인/대·km 탑승적용.

자료: EC, 2001. *EU Energy And Transport In Figures*.

일본의 교통사고건수는 여객에서는 철도(인·km)보다 영업용 자동차는 75배, 자가용 자동차는 157.5배, 화물에서는 철도(톤·km)보다 영업용 자동차는 30배, 자가용 자동차는 512.9배 높게 나타났다(철도청, 1998).

2) 교통사고비용

현재 교통개발연구원에서는 매년 교통사고비용을 산출하고 있다. 유정복(2001)에서 사용한 교통사고비용 산출 방법은 총생산손실법과 지불의사액에 의한 두 가지 방법이다. 총생산손실법은 우리나라의 국민소득과 제반 여건 등을 감

안한 방법으로 판단되며, 지불의사액 방법은 총생산손실법에서는 도출하기 어려운 개개인의 심리적 비용을 고려하기 위함이다. 그 중에서 총생산손실법을 이용한 교통사고비용은 다음 <표 3-31>과 같이 산출된다.

<표 3-31> 교통사고비용 산정방법

구 분	교통사고비용 산정방법
교통사고비용	손실생산비용 + 차량손실비용 + 의료비용 + 행정비용 + 교통(PGS)비용

자료: 유정복. 2001. 『2000 전국 교통사고비용 산출 및 추이분석』. 교통개발연구원.

교통사고비용에서 손실생산비용, 차량손실비용, 의료비용, 행정비용은 실제로 쓰이는 내적비용인 반면, 교통비용은 정신적인 충격으로 인해 발생하는 외적비용으로 구분할 수 있다. 사망사고에서는 손실비용이 제일 크고 그 다음 교통비용으로 전체 비용의 약 90% 정도를 차지한다. 중상사고에서는 교통비용이 제일 높은 반면, 경상사고에서는 제일 낮다. 단순물피사고에서는 대부분이 차량손실비용으로 지출이 발생한다(<표 3-32>).

<표 3-32> 사상사고 1건당 교통사고비용

(단위: 만원, %)

구 분	사망사고	중상사고	경상사고	부상신고사고	단순물피사고
손실생산	24,612.1(66.4)	507.0(8.6)	98.6(9.7)	24.0(4.3)	-
의료비용	1,368.6(3.7)	1,876.0(31.8)	475.0(46.8)	266.0(47.2)	-
차량손실비용	352.1(0.9)	452.7(7.7)	251.5(24.8)	176.1(31.3)	135.8(90.9)
행정비용	526.7(1.4)	113.4(1.9)	115.5(11.4)	65.3(11.6)	13.6(9.1)
교통(PGS)비용	10,206.4(27.5)	2,949.1(50.0)	75.3(7.4)	31.9(5.7)	-
총계	37,065.9(100.0)	5,898.2(100.0)	1,015.9(100.0)	563.2(100.0)	149.4(100.0)

자료: 유정복. 2001. 『2000 전국 교통사고비용 산출 및 추이분석』. 교통개발연구원.

도로에서의 사고는 정신적인 피해까지 고려하여 비용을 산출하고 있으나 철도

여객사고에 따른 교통사고비용은 <표 3-33>과 같이 실질적인 배상액 정보 밖에 없는 실정이다.

<표 3-33> 철도 여객사고 배상현황 추이

(단위: 천원, %)

구 분	지급액					
	배상금	위문금	조위금	치료비	기타	계
1990	2,172,782 (80.8)	13,360 (0.5)	8,800 (0.3)	457,679 (17.0)	36,218 (1.3)	2,688,839 (100.0)
1991	1,796,773 (81.8)	9,900 (0.5)	9,850 (0.4)	372,662 (17.0)	6,849 (0.3)	2,196,034 (100.0)
1992	3,221,876 (91.1)	3,710 (0.1)	6,900 (0.2)	303,187 (8.6)	1,351 (0.0)	3,537,024 (100.0)
1993	3,255,496 (85.4)	312,246 (8.2)	21,800 (0.6)	218,506 (5.7)	2,172 (0.1)	3,810,220 (100.0)
1994	2,399,608 (84.0)	28,230 (1.0)	6,850 (0.2)	337,292 (11.8)	85,366 (3.0)	2,857,346 (100.0)
1995	2,198,397 (73.0)	16,268 (0.5)	8,200 (0.3)	738,745 (24.5)	48,891 (1.6)	3,010,501 (100.0)
1996	3,323,475 (85.6)	4,850 (0.1)	4,200 (0.1)	521,765 (13.4)	29,326 (0.8)	3,883,616 (100.0)
1997	3,069,426 (93.8)	4,070 (0.1)	7,000 (0.2)	173,182 (5.3)	18,849 (0.6)	3,272,527 (100.0)
1998	1,530,940 (89.3)	3,720 (0.2)	3,160 (0.2)	160,999 (9.4)	14,761 (0.9)	1,713,580 (100.0)
1999	1,576,752 (86.3)	2,215 (0.1)	3,190 (0.2)	242,368 (13.3)	3,235 (0.2)	1,827,760 (100.0)
2000	903,092 (83.7)	810 (0.1)	2,120 (0.2)	167,324 (15.5)	5,068 (0.5)	1,078,414 (100.0)
연평균 증가율	-8.41	-24.44	-13.27	-9.57	-17.85	-8.73

자료: 철도청. 2001. 『2000 철도통계연보』.

우리나라에서 매년 집계되는 교통사고 발생건수는 불규칙하게 나타나고 있는

반면, 총사고비용은 매년 증가하는 것으로 나타났다(<표 3-34>). 이는 사고건수 보다는 원단위에 대한 비용 상승이 주원인이라 할 수 있다. 교통비용까지 포함한 교통사고비용은 2000년 기준으로 약 15조원으로 GDP의 약 3% 정도에 이른다.

<표 3-34> 우리나라 교통사고비용의 변화

(단위: 천억원)

구 분	'91년	'92년	'93년	'94년	'95년	'96년	'97년	'98년	'99년	'00년
교통사고비용	-	-	97.6	100.7	95.5	109.9	111.1	108.2	131.0	149.8

자료: 유정복, 2001. 『2000 전국 교통사고비용 산출 및 추이분석』, 교통개발연구원.

2. 육상교통의 사회적 비용 추정(2000년 기준)

가. 개요

1) 교통의 사회적 비용

비용편익 분석에서의 비용과 편익은 사적인 측면과 사회적인 측면으로 구분할 수 있다. 사적인 비용편익분석은 사업수행자 개인의 후생 차원에서 주로 재무적인 타당성을 평가하기 위하여 실제 수익과 투입 비용을 산출하는 방법인 반면, 사회적 비용편익분석은 재무상의 관점에서 벗어나 외부효과를 일으키는 항목을 추가하여 실제 시장가격보다는 암묵가격에 기초하여 편익과 비용으로 비교하는 방법을 의미한다.

교통 부문에서 의미하는 사회적 비용은 설비 투자에서부터 운행 및 폐차의 처리비용까지 고려해야 총체적인 사회적 비용을 산정하였다고 할 수 있다. 이러한 사회적 비용은 내부비용(internal cost)과 외부비용(external cost)으로 구분할 수 있다(ECMT, 1996). 내부비용은 시장가격에 반영되어 당사자 개인이 직접 지출하는 비용이고, 외부비용은 제3자의 경제활동이나 생활에 영향을 미치지만 생산자

나 소비자의 경제활동에 의해 시장가격에 반영되지 못한 비용을 의미한다.

본 연구에서는 사회적 비용의 범위를 여객 또는 화물의 운행 과정에서 발생하는 비용으로 한정하여 분석 대상에 따라 시장에서 거래되는 내부비용 또는 실제로 거래되지 않은 외부비용을 평가하였다. 내부비용은 교통사고로 인해 발생하는 개인의 치료비, 혼잡으로 인해 추가적인 연료의 소비액 등을 의미하며, 외부비용은 대기오염으로 인해 발생하는 질병, 생태계 훼손, 교통혼잡으로 인한 시간 비용 및 소음에 의한 피해비용 등을 들 수 있다. 하지만 INFRAS/IWW(2000) 등에서는 내부비용이 포함되어 있음에도 불구하고 모두 외부비용으로 평가하였는데 그 이유는 실제로 지출하는 비용이라 할지라도 그 비용이 외부비용을 평가하기 위한 대리적인 의미로 간주되었기 때문이다.

외부비용을 평가하는 방법은 일반적으로 실제 이용가치, 선택가치, 존재가치로 구분된다.

$$\text{경제적 총가치} = \text{이용가치} + \text{선택가치} + \text{존재가치}$$

이용가치란 당사자인 경제 주체가 이용함으로써 얻는 현재의 효용가치를 의미하며 이는 교통사고 및 혼잡 등으로 나타나는 직접적인 이용가치와 소음으로 인한 작업 효율성의 저하 및 불안, 교통정체로 인한 스트레스 등으로 나타나는 간접적인 이용가치로 구분 가능하다.

선택가치(option value)는 경제 주체가 누구인지에 따라 자신, 타인, 미래세대의 이용가치로 구분할 수 있다. 그 대상에 따라 선택가치를 개인의 선택가치, 이타가치, 유산가치로 구분하기도 한다. 개인의 선택가치는 미래에 당사자인 자신에게 유용하게 쓰일 수 있는 가능성을 확보하기 위해 부여하려는 가치로써 불확실성으로 인해 부여되는 가치이다. 이타가치(vicarious value)는 자기가 아닌 다른 사람이 사용함으로써 얻는 일종의 대리만족에 의한 가치이며, 유산가치(bequest value)는 미래 세대에게 유용하게 쓰이도록 보존하고자 하는 자신의 가

치이다. 존재가치(existence value)는 도덕적이거나 철학적인 관점 또는 현재로써는 이용가치가 없고 미래 세대에게도 유용하게 쓰이게 될지 현재로써는 알 수 없으나 존재하는 그 자체만의 가치를 의미한다.

<표 3-35> 교통환경에 의한 외부불경제 유형에 따른 평가방법

원인	대상	영향	평가비용 및 방법	가치의 종류		
				이용	선택	존재
대기오염, 온실가스	인간	질병	치료비용	○		
	가축동물	성장장애	손실비용	○		
	경작식물					
	야생동식물	종다양성	지불의사비용	○	○	○
	건물	부식	수리, 대체, 유지비용	○		
소음·진동	인간	청각장애, 스트레스	만족가격비용(치료, 수리·대체비용 포함)	○	○	
	건물	균열	방지비용법	○		
에너지	인간	소비량	구입비용	○		
혼잡	인간	교통정체	정체로 인한 차량운행비용(실제비용), 시간가치비용(기회비용)	○		
		대중교통의 혼잡	지불의사비용	○	○	
	물류	교통정체	물류비용	○		
사고	인간	사망, 부상	사고처리비용(의료비+보험비 +보상비)	○		
	건물·물류	파손				
토지이용	인간	경관	지불의사비용	○	○	○
		토지이용제한	토지가치비용	○	○	
	생태계	단절	지불의사비용	○	○	○
		토양오염	사전방지비용, 사후복구비용	○	○	

교통의 사회적 비용을 유발하는 원인은 대기오염, 온실가스, 소음·진동, 혼잡, 사고, 토지이용에 따른 생태계 및 경관 질의 변화 등이 있으며 이들 인자들에 의해 영향받는 대상과 피해종류 역시 매우 다양하게 나타난다. 따라서 <표 3-35>와 같이 피해 종류에 따라 평가 가능한 가치와 적절한 평가방법이 결정되어야 한다.

2) 국내외 평가사례

우리나라 도로에서 발생하는 피해를 교통사고, 대기오염, 소음피해, 교통혼잡, 총 4가지로 구분하여 산출된 사회적 비용은 약 34조원으로 GDP의 약 7%이다(홍갑선, 1999). 독일환경부(UBA, 2001)는 교통에서 발생하는 사회적 비용을 사고비용, 소음, 대기오염, 온실가스, 자연과 경관, 혼잡비용 등 총 8가지로 구분하여 산출하였는데 총비용은 1,312억ECU(1995년 기준)이며 이는 독일 GDP의 약 7.4%를 차지한다. 우리나라 교통의 사회적 비용으로 산정한 네 가지 항목에 대한 독일의 사회적 비용은 GDP의 5.3% 정도이나, 항목별로 전체 비용에서 차지하는 비율은 서로 큰 차이를 보이고 있다(<표 3-36>).

<표 3-36> 한국과 독일의 교통으로 인한 사회적 비용

(단위: 조(한국), 억ECU(독일), %)

	계	교통사고	대기오염	소음피해	교통혼잡
한국	33.8(100.0)	11.1(32.8)	2.6(7.7)	1.6(4.7)	18.5(54.7)
독일	924.6(100.0)	432.2(46.7)	309.0(33.4)	86.8(9.4)	96.6(10.4)

우리나라는 교통혼잡 비용이 전체 외부비용의 50% 이상을 차지하나 독일은 10% 정도로 나타났다. 또한 독일에서는 대기오염으로 인해 느끼는 심각성에 대한 국민인식이 높음에 따라 피해비용 역시 상당히 높게 나타났다. 사회적 비용은 나라마다의 상이한 상황과 평가방법에 따라 차이가 날 수 있다.

<표 3-37>에 나타난 여객(인·km)에 대한 독일의 사회적 비용은 교통사고가 전체 비용의 5분의 2를 차지하고, 그 다음으로는 대기오염이 18%, 온실가스가

16% 정도를 차지한다. 독일의 혼잡비용은 교통으로 인해 발생하는 사회적 비용의 약 6% 정도로 우리나라 교통혼잡비용 비율인 약 50%에 비해 매우 낮은 수치이다. 화물(톤·km)에서 제일 높은 비용항목은 대기오염이 약 5분의 2정도를 차지하고 그 다음으로는 온실가스, 교통사고, 생산·운행, 혼잡 순으로 나타났다.

<표 3-37> 독일의 부문별 단위 사회적 비용

(단위: ECU/천인(톤)·km, %)

	사고	소음	대기 오염	온실 가스	자연· 경관	단절	생산· 운행	혼잡	계
여객	47.7 (41.0)	7.3 (6.3)	20.9 (18.0)	18.8 (16.2)	2.6 (2.2)	1.9 (1.6)	10.3 (8.8)	6.9 (5.9)	116.4 (100.0)
화물	11.9 (11.1)	8.4 (7.8)	43.3 (40.3)	16.6 (15.4)	3.1 (2.9)	2.2 (2.0)	11.4 (10.6)	10.6 (9.9)	107.5 (100.0)

자료: Umweltbundesamt. 2001. *Auto und/oder Umwelt?*.

유럽연합의 교통의 사회적 비용이 GDP에서 차지하는 비율은 <표 3-38>과 같다.

<표 3-38> 유럽연합의 교통부문 사회적 비용

항 목	GDP 대비 사회적 비용('96년) ¹⁾	GDP 대비 사회적 비용('98년) ²⁾
기반시설	-	0.2%
기후변화	-	0.5%
대기오염	0.4%	0.6%
소 음	0.2%	0.4%
교통사고	1.5%	2.5%
교통혼잡	2.0%	-

자료: 1) ECMT. 1996. *Towards Fair and Efficient Pricing in Transport*, p14; 홍갑선.

1999. 『교통 관련 사회환경비용의 내재화방안』. 교통개발연구원 에서 재인용.

2) ECMT. 1998; OECD. 2000. *The Road from Kyoto* 에서 재인용.

ECMT에서는 1996년 유럽연합을 대상으로 교통으로 인한 사회적 비용을 네 가지 항목으로 구분하여 산출한 결과, 총 사회적 비용은 GDP의 약 4%정도로 산출되었으며, 그 중에서 교통혼잡이 제일 높게 나타났다. 2년 후인 1998년에는 교통혼잡을 제외하고 기반시설과 기후변화를 추가하여 교통의 사회적 비용을 산출한 결과, GDP의 4.2%로 나타났다. 만약 1996년 GDP에서 차지하는 혼잡비용의 비율만큼을 추가한다면 교통의 사회적 비용은 약 7%에 이를 것이다.

도로에서 동일한 수송량을 가정할 때 사회적 비용은 <표 3-39>와 같이 여객의 경우에는 철도보다 약 3배에서 9배, 화물은 약 2배에서 4배 정도로 높게 산출되었다(Greene 외, 1997).

<표 3-39> 유럽의 도로·철도의 단위당 사회적 비용

(단위: ECU/백인(톤)·km)

구 분		수단	사고	소음	대기오염	온실가스	총계
여객	독일	도로	4.55	0.63	0.66	0.76	6.61
		철도	0.21	0.44	0.24	0.45	1.35
	이탈리아	도로	2.33	0.30	0.55	0.55	3.74
		철도	0.11	0.56	0.11	0.26	1.04
	네덜란드	도로	1.82	0.27	0.75	0.62	3.46
		철도	0.18	0.22	0.16	0.35	0.91
	스웨덴	도로	2.08	0.19	0.92	0.94	4.14
		철도	0.17	0.14	0.09	0.11	0.51
	스위스	도로	2.55	0.42	0.52	0.79	4.29
		철도	0.25	0.70	0.00	0.01	0.96
	프랑스	도로	2.33	0.40	0.50	0.59	3.81
		철도	0.17	0.05	0.10	0.11	0.42
	영국	도로	2.63	0.40	1.00	0.66	4.68
		철도	0.12	0.15	0.55	0.54	1.36

<표 계속>

화물	독일	도로	1.78	0.11	1.02	0.75	4.63
		철도	1.08	0.51	0.46	0.27	2.33
	이탈리아	도로	1.43	0.77	0.98	0.80	3.99
		철도	0.42	0.19	0.23	0.15	0.98
	네덜란드	도로	2.12	1.36	2.77	1.77	8.02
		철도	0.47	0.24	0.47	0.24	1.41
	스웨덴	도로	0.72	0.27	1.50	1.30	3.79
		철도	0.60	0.19	0.76	0.54	2.09
	스위스	도로	2.03	1.38	1.54	1.46	6.41
		철도	0.97	0.55	0.59	0.45	2.56
	프랑스	도로	3.65	2.39	2.10	2.04	10.17
		철도	1.16	0.68	0.57	0.45	2.86
	영국	도로	2.07	1.51	2.18	1.44	7.20
		철도	1.39	0.72	0.99	0.53	3.62

자료: Greene et al. 1997. *The Full Costs and Benefits of Transportation : Contributions to Theory, Method and Management.*

<표 3-40>에 나타나듯이 INFRAS/IWW 방식에 의한 교통의 총 사회적 비용은 5,630억 Euro로 GDP의 약 8.3% 수준이다. 교통의 총 사회적 비용 중에서 도로가 약 92.0%로 가장 높게 나타났으며 항공(5.7%), 철도(1.8%) 순으로 나타났다. 도로에서의 사회적 비용은 철도로 인해 발생하는 사회적 비용의 약 50배 정도에 이른다.

<표 3-40> 유럽연합의 교통의 사회적 비용

(단위: 억 Euro/년)

구분	사고	소음	대기 오염	기후 변화	자연/ 경관	도시지역		혼잡	기타	계
						분리	공간 부족			
비용 (%)	155,600 (27.6)	36,500 (6.5)	134,300 (23.9)	121,800 (21.6)	16,000 (2.8)	4,450 (0.8)	4,450 (0.8)	33,300 (5.9)	56,500 (10.0)	562,900 (100.0)

<표 3-41>을 보면, 육상교통에서 여객운송에 의해 발생하는 사회적 비용은 전체의 3분의 2이고, 화물에서는 3분의 1 정도를 차지한다. 여객의 경우 도로에서는 87 Euro/천인·km, 철도에서는 20 Euro/천인·km로 도로가 철도보다 약 4.4배, 화물의 경우 도로에서는 88 Euro/천톤·km, 철도에서는 19 Euro/천톤·km로 도로가 철도보다 약 4.5배 높게 산출되었다(INFRAS/IWW, 2000).

<표 3-41> 유럽 17개국 교통관련 평균 사회적 비용²⁰⁾

(단위: 백만Euro/년, Euro/천인(톤)·km)

수단	총비용	구분	비용	백만인(톤)·km	사고	소음	대기오염	기후변화	자연 및 경관	도시영향	혼잡	기타	계
도로	30,474	여객	20,614	226,585	33.1	4.5	17.2	14.8	2.8	1.4	4.8	8.3	86.9
		화물	9,860	104,041	10.5	5.5	38.7	15.8	3.6	1.7	5.6	11.2	92.6
철도	604	여객	349	17,257	1.6	3.5	6.5	5.7	0.6	0.9	-	4.0	22.8
		화물	254	13,845	0.0	4.0	5.3	4.9	0.5	0.9	-	3.7	19.2

자료: Silvia Banfi et al. 2000. "Accident, Environment and Congestion Costs in Western Europe". *External Costs of Transport*. INFRAS/IWW 재구성.

여객과 화물 모두 단위 수송량에 따른 사회적 비용을 살펴보면, 교통사고 비용은 약 20배, 자연 및 경관 비용은 약 7배, 기후변화 비용은 약 3배, 소음은 약 1.4배로 모든 항목에서 도로는 철도보다 높게 산출되었다.

3) 평가범위 및 전제

본 연구에서는 도로와 철도의 환경성을 파악하기 위하여 방음벽 설치 비용에 바탕을 둔 소음비용과 공시지가에 바탕을 둔 토지이용비용에 바탕을 두었고, 지불의사액에 바탕을 둔 대기오염비용과 온실가스비용에 근거하였으며, 교통개발 연구원에서 산출하고 있는 교통혼잡비용과 사고비용을 활용하였다.

20) 각국에 대한 보다 자세한 정보는 <부록 3>에 수록하였다.

현재 교통의 사회적 비용은 2000년을 기준으로 산출하였다.²¹⁾ 미래의 교통부문의 사회적 비용을 산출하기 위해 설정한 기준년도는 2010년으로 하며, 추진하고자 하는 정책이 반영되었을 때의 교통부문의 사회적 비용을 도로와 철도로 구분하여 비교·평가하였다.

나. 대기오염

도로의 대기오염물질 배출계수는 매년 환경부에 의해 차종별·연료별로 구분하여 g/km 단위로 발표되고 있으므로, 자동차 등록대수와 연평균 주행거리에 이 배출계수를 곱하면 차종별·연료별로 구분된 배출량을 산출할 수 있다.

<표 3-42> 도로의 대기오염물질 배출계수

구 분			등록대수 (대)	주행거리 (km/대·년)	도로 배출계수(g/km)				
					CO	HC	NOx	PM	SO ₂
승용차	자가용	휘발유	7,554,191	16,145.3	2.56	0.43	0.45	0	0.01
	택시	LPG	529,735	74,233.7	6.36	0.77	0.84	0	0.00
버스	소형	휘발유	22,808	23,831.6	6.21	0.5	1.43	0	0.01
		LPG	548,071	23,831.6	6.17	0.75	0.82	0	0.00
		경유	729,464	23,831.6	1.16	0.09	1.42	0.34	0.08
	중형	경유	25,411	19,344.8	1.66	0.63	1.48	0.62	0.09
	대형	경유	101,466	46,615.4	9.97	1.34	11.9	1.93	0.09
트럭	소형	휘발유	36,573	22,309.0	6.21	0.5	1.43	0	0.01
		LPG	136,278	22,309.0	6.17	0.75	0.82	0	0.00
		경유	1,795,750	22,309.0	1.57	0.13	1.48	0.36	0.07
	중형	경유	267,440	23,863.1	1.66	0.63	1.48	0.62	0.08
	대형	경유	312,088	34,306.9	12	1.42	12.22	1.98	0.08

주: SO₂의 배출계수는 김상겸(2002) 자료에서 재인용 함.

자료: 환경부·국립환경연구원, 2000, 『대기오염물질배출량('99)』.

21) 실물 경제에 대한 분석을 위해서는 시설투자 부문과 서비스투자 부문으로 구분하여 살펴 볼 수 있다. 그러나 본 분석에서는 도로와 철도의 운행으로 인해 발생하는 외부비용적인 관점에 초점을 두었으므로 본문에서는 실물 경제적인 부문은 다루지 않았다. 서비스투자 부문에서 도로와 철도의 투자유발효과와 산출액에 대한 비교는 <부록 4>에 언급하였다.

자가용 등록대수는 전체 등록대수의 약 60%로 다른 차종에 비해 많으며, 그 다음으로 경유를 연료로 사용하는 소형트럭이 약 180만대로 전체 등록대수의 약 15%를 차지하고 있다. 우리나라는 선진 외국과는 달리 경유의 배출물질에 대한 낮은 규제기준과 LPG 차량의 기술 부족으로 인하여 단위 주행거리에 대한 경유와 LPG 차량으로부터의 대기오염물질의 배출은 휘발유 차량에 비해 많이 배출되며 이로 인해 대기의 질을 악화시키는 주요 요인으로 작용하고 있다.

국내 철도의 대기오염물질의 배출계수는 아직 공식적으로 발표되고 있지는 않으나 철도청(1997)에서의 발표 자료에 따르면 디젤기관차와 디젤동차를 구분하여 발표한 배출계수는 <표 3-43>과 같다.

<표 3-43> 디젤기관차 및 디젤동차의 배출계수

(단위:kg/kℓ)

구 분	CO	HC	NOx	PM	SO ₂
디젤기관차	26.36	10.66	64.36	4.16	1.64
디젤동차*	15.07	6.2	37.75	2.68	1.08

*: 디젤동차는 NDC(new diesel car), CDC(city diesel car), 새마을형으로 구분되며 이중 NDC와 CDC는 소수이므로 새마을형에 근거하여 배출계수를 나타내었음.

자료: 철도청. 1997. 『디젤기관의 배출가스 대기오염 현황 및 저감방안에 관한 연구』.

철도에서의 대기오염물질 배출량은 차종에 따른 배출계수와 연간 연료소비량의 곱으로 산정할 수 있다. 이들 자료를 이용하여 도로와 철도에서의 대기오염물질 배출량은 <표 3-44>와 같다.

<표 3-44> 대기오염물질 배출량 산정방법

수송수단	배출량 산정 방법
도 로	배출량(톤/년) = 자동차 등록대수(대/년) × 차종별 연평균 주행거리(km/대 · 년) × 배출계수(g/km) × 10 ^{^(-6)} (톤/g)
철 도	배출량(톤/년) = 배출계수(kg/kl) × 연간 연료소비량(kl/년) × 10 ^{^(-3)} (톤/kg)

자료: 건설교통부. 2001. 『교통분야 온실가스 감축관련: 온실가스 감축대책 등
교통환경관련규제의 거시경제효과 분석』 (도로 부문).

철도청. 1997. 『디젤기관차의 배출가스 대기오염 현황 및 저감방안에 관한
연구』 (철도 부문).

철도에서 대기오염물질 배출량 산정을 위해 필요한 정보는 철도의 연료소비량
정보이다. 철도에서 소비하는 대표적인 화석연료인 경유 소비량은 에너지총조사
보고서(2000)에서 1999년 기준으로 발표한 디젤기관차(247천 kl/년), 디젤동차
(66천 kl/년)의 연료소비량의 비율을 2000년 철도에서의 경유소비량(365천 kl/
년)에 근거하여 재산정한 결과, 디젤기관차는 288천 kl/년, 디젤동차는 77천 kl/
년을 소비하는 것으로 산출되었다. 현재 디젤동차는 무궁화열차와 새마을열차로
여객운송에만 활용되며, 디젤기관차는 여객과 화물 용도로 혼용되고 있다. 디젤
기관차에서 여객수송을 위한 연료소비는 56%이고, 나머지 44%는 화물수송을 위
해 사용되었다(산업자원부, 2000a).²²⁾ 여객수송에 사용된 디젤의 양은 238 kl/년
이고 화물수송에 사용된 디젤의 양은 127 kl/년으로 산출되었다.

이들 자료와 산정방법을 이용하여 연간 대기오염물질 배출량은 <표 3-45>에
나타난 바와 같이 도로에서는 1,515천 톤, 철도에서는 36천 톤으로 산출되었고,
따라서 도로에서 발생하는 대기오염물질의 양은 철도의 약 40배에 이른다.²³⁾

22) 철도의 전기차량에서 역시 대기오염을 유발하는 물질이 발생한다. 하지만 그 양이 미미하므로
본 분석에서는 무시하였다.

23) <표 3-4>와는 약간의 차이를 보이고 있다.

<표 3-45> 대기오염물질 총배출량

(단위: 톤/년)

구 분				CO	HC	NOx	PM	SO ₂	합계
도로	승용차	자가용	휘발유	312,228.9	52,444.7	54,884.0	0.0	1,219.6	420,777.3
		택시	LPG	250,101.8	30,279.6	33,032.3	0.0	0.0	313,413.8
	버스	소형	휘발유	3,375.5	271.8	777.3	0.0	5.4	4,430
			LPG	80,588.8	9,796.0	10,710.3	0.0	0.0	101,095.2
			경유	20,165.8	1,564.6	24,685.7	5,910.7	1,390.7	53,717.4
		중형	경유	816.0	309.7	727.5	304.8	44.2	2,202.2
			경유	47,156.8	6,338.0	56,285.5	9,128.7	425.7	119,334.7
		대형	경유						
	트럭	소형	휘발유	5,066.8	408.0	1,166.7	0.0	8.2	6,649.6
			LPG	18,758.2	2,280.2	2,493.0	0.0	0.0	23,531.3
			경유	62,896.5	5,208.0	59,290.9	14,422.1	2,804.3	144,621.8
		중형	경유	10,594.0	4,020.6	9,445.3	3,956.8	510.6	28,527.2
			경유	128,481.3	15,203.6	130,836.8	21,199.4	856.5	296,577.7
		대형	경유						
	계			940,230.4	128,124.8	384,335.3	54,922.4	7,265.3	1,514,878.2
철도	여객			5,430.0	2,204.1	13,331.5	880.2	348.8	22,194.6
	화물			3,320.5	1,342.8	8,107.3	524.0	206.6	13,501.2
	계			8,750.5	3,546.9	21,438.8	1,404.3	555.4	35,695.9

도로에서는 휘발유와 LPG 차량의 수적 우위로 인하여 CO가 가장 많이 발생하고, 그 다음으로 NOx, HC 순으로 나타난 반면, 철도에서는 화석연료 중에서 대기오염물질을 유발하는 경유가 대부분을 차지하였고, NOx의 배출량이 가장 높게 나타났으며 그 다음으로 CO와 HC가 많이 발생하는 것으로 나타났다.

도로에서는 CO 배출량의 약 60%, HC의 경우는 65% 정도가 휘발유를 연료로 사용하는 승용차에서 배출되었고, NOx, PM, SO₂는 경유를 사용하는 차량에서 많이 배출되었다.

여객과 화물을 구분하여 분석하기 위해 도로에서 ‘승용차’와 ‘버스’는 여객으로, ‘트럭’은 화물로 간주하였다. 여객운송을 위해 사용하는 대부분의 연료는 휘발유이거나 LPG이므로 여객운송에서 배출되는 CO와 HC의 양은 화물에서 배출되는 양보다 많은 반면, 경유를 주연료로 사용하는 화물에서는 NOx, PM, SO₂가

여객에서보다 많이 배출되는 것으로 나타났다.

일반적으로 도로와 철도의 효율성을 비교하기 위한 기준으로 많이 이용하는 단위는 ‘인(톤)·km’이다. 현재 철도에 대한 수송량 정보는 철도청에서 매년 발표하고 있으나 도로에서의 비영업용 여객과 화물에 대한 수송량 정보는 신뢰성 문제로 인해 1997년부터 공식 통계자료로 발표되지 않고 있다. 하지만 도로에서 운행되는 대부분이 비영업용 차량이며 이들에 대한 수송량 정보는 분석을 위해서는 필수적이다. 건설교통부(2001h)자료와 최근에 발표된 건설교통부(2002b)자료에 의하면 수도권에 대한 수송량 및 전국 단위에서의 지역간과 5개 광역시(부산, 대구, 광주, 대전, 울산)에 대한 수송량은 조사하였지만, 기타 시·군 내의 수송량 정보는 포함되어있지 않았다.

따라서 도로에서의 여객수송량은 자동차 등록대수, 평균 주행거리라는 공식 집계 자료에 건설교통부(2002b)에서 조사한 평균 승차인원을 곱한 값을 이용하고자 한다. 이러한 방법에 의하여 4,665억 인·km로 산출되었다. 화물은 3년마다 발간되는 에너지경제연구원(2000)에서 조사한 평균 적재량 정보에 근거하여 917억 톤·km로 산출되었다(<표 3-46>).²⁴⁾

<표 3-46> 차종별 평균 재차인원 및 적재톤수

여객(인/대)					화물(톤/대)		
승용차	택시	봉고	25인 이하버스	대형버스	소형	중형	대형
1.78	2.15	2.27	11.36	18.82	0.65	1.53	4.99

철도에서는 비영업용 운행이 없으므로 철도통계연보에 기재된 여객수송량 32,431백만 인·km와 화물수송량 10,803백만 톤·km를 그대로 적용하였다.²⁵⁾

24) 환경부에서는 화물을 소형(1.5톤 이하), 중형(1.5~3.5톤), 대형(3.5톤 이상)으로 구분하고 있으나 에너지경제연구원(2000)에서는 6종류로 구분한 차종별 평균 적재량을 사용하므로 자동차 등록대수와 가중평균한 값을 이용하여 환경부에서 사용하고 있는 기준인 3종류로 구분하여 사용하였다.

따라서 <표 3-47>과 같이 도로와 철도의 여객 및 화물수송량 자료가 산출되었다.

<표 3-47> 2000년 수송수단별 여객 및 화물수송량²⁵⁾

구 분	도 로	철 도	계
여객(백만인·km)	466,589.7(93.5%)	32,431.3(6.5%)	499,021.0(100%)
화물(백만톤·km)	91,723.0(89.5%)	10,803.0(10.5%)	102,526.0(100%)

<표 3-48>에서와 같이 동일한 수송량을 가정한 상태에서 여객부문의 CO 배출량은 도로가 철도보다 약 9배, HC의 배출량은 약 3배인 반면, NO_x, PM, SO₂의 배출량은 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 도로 여객수송의 대부분이 휘발유를 사용함으로 인해 NO_x, PM, SO₂의 배출량이 상대적으로 적게 배출되기 때문이다. 한편, 화물에서의 대기오염물질은 약 2배에서 8배까지 도로가 철도보다 많이 배출하고 있다.

<표 3-48> 수송수단별 여객 및 화물의 대기오염물질 배출량

(단위: kg/백만인(톤)·km)

구 분		CO	HC	NO _x	PM	SO ₂
여객	도 로	1,531.2	216.5	388.1	32.9	6.6
	철 도	167.4	68.0	411.1	27.1	10.8
화물	도 로	2,461.7	295.7	2,215.7	431.5	45.6
	철 도	307.4	124.3	750.5	48.5	19.1

육상교통에서 발생하는 대기오염물질의 배출량을 사용연료에 근거하여 살펴보면, CO와 HC의 70% 이상이 휘발유와 LPG에서 배출된다(<표 3-49>). NO_x, SO₂, PM은 대부분 경유로부터 발생되며, 이들 물질들은 특히 호흡기 질환 등 인체에 위대한 영향을 주는 주요 인자들이다.

25) 철도 여객수송량에서 수도권 전철이 차지하는 비중은 41.4%이다.

26) 김강수(2001)에서 2000년 여객은 통행기준, 화물은 무게기준으로 예측한 차종별 철도수송량의 비율은 여객은 4.8%, 화물은 10.6%이다.

<표 3-49> 연료별 대기오염물질의 배출량

(단위: 톤/년)

	CO	HC	NO _x	PM	SO ₂
휘발유	320,671.2 (34.1)	53,124.4 (41.5)	56,828.0 (14.8)	0.0 (0.0)	1,233.2 (17.0)
경유	270,110.4 (28.7)	32,644.5 (25.5)	281,271.7 (73.2)	54,922.4 (100.0)	6,032.1 (83.0)
LPG	349,448.8 (37.2)	42,355.8 (33.1)	46,235.6 (12.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
계	940,230.4 (100.0)	128,124.8 (100.0)	384,335.3 (100.0)	54,922.4 (100.0)	7,265.3 (100.0)

육상교통에 의한 대기오염 정도를 비용으로 산출하기 위해서는 오염물질별로 단위 사회적 비용을 산정해야 한다. 지금까지 국내에서는 대기오염물질에 대한 단위 비용을 산출하기 위한 몇 가지 연구(대한석유회, 2000; 김강수, 2001; 김상겸, 2002)들이 수행되었다. 최근에는 NO_x, PM, SO₂에 대해서 인간의 건강뿐 아니라 노동 생산성 감소, 농어업 생산성 감소, 구조물 부식 등을 고려하여 산정한 사회적 비용(Markandya, 1998)과 함께 CO와 HC에 대해서는 SO₂를 기준으로 산정한 대기위해도 지수에 근거하여 산출한 사회적 비용(한국과학기술원, 1998)이 연구되었으며, 그 자료를 적용하여 산출된 결과는 <표 3-50>에 나타내었다.

<표 3-50> 대기오염물질의 단위 사회적 비용

(단위: 천원/톤)

구분	CO	HC	NO _x	PM	SO ₂
단위 외부비용	6,376	7,410	7,671	25,045	8,616
보정위해도	0.74	0.86	0.89	2.91	1.00

주: 적용된 대미달러 평균환율은 2000년 기준으로 1,131.03원/\$이다.

<표 3-49>와 <표 3-50>을 이용하여 대기오염물질의 총비용을 2000년 기준으

로 산출한 결과, 육상교통수단에 의한 대기오염 비용은 도로에서 11조 3,310억원(여객: 71,040억원, 화물: 42,270억원) 철도에서 2,865억원(여객: 1,783억원, 화물: 1,082억원) 총 11조 6,175억원이며, 전체 대기오염 비용에서 철도로 인한 비용은 약 2.5%이다. 도로와 철도 모두 여객운송에 의한 대기오염 비용이 화물운송으로 인한 대기오염 비용의 약 1.7배에 이른다(<표 3-51>).

<표 3-51> 차종별 대기오염 비용

(단위: 억원/년)

구 분			CO	HC	NOx	PM	SO ₂	합계	만원/대	
도 로	승 용 차	자가용	휘발유	19,909	3,886	4,210	0	105	28.110	37.2
		택시	LPG	15,947	2,244	2,534	0	0	20,725	391.2
	버 스	소형	휘발유	215	20	60	0	0	295	129.5
			LPG	5,139	726	822	0	0	6,686	122.0
		중형	경유	1,286	116	1,894	1,480	120	4,896	67.1
			경유	52	23	56	76	4	211	83.0
		대형	경유	3,007	470	4,318	2,286	37	10,117	997.1
	트 럭	소형	휘발유	323	30	90	0	1	444	121.3
			LPG	1,196	169	191	0	0	1,556	114.2
		중형	경유	4,010	386	4,548	3,612	242	12,798	71.3
			경유	676	298	725	991	44	2,733	102.2
		대형	경유	8,192	1,127	10,037	5,309	74	24,739	792.7
	계			59,952	9,494	29,483	13,755	626	113,310	-
철 도	여 객		346	163	1,023	220	30	1,783	-	
	화 물		212	100	622	131	18	1,082	-	
	계		558	263	1,645	352	48	2,865	-	

도로에서 발생하는 대기오염 비용을 차종별로 살펴보면, 육상교통수단 중에서 자가용이 제일 높으며 대형트럭, 택시 순으로 나타났고, 이들 세 종류의 차량이 도로 전체 대기오염 비중의 약 65% 정도를 차지하고 있다(<표 3-51>). 도로의 차량 한 대별 대기오염 비용은 대형버스가 가장 높고, 그 다음으로 대형트럭, 택시 순으로 나타났다. 이들의 대당 단위비용이 높은 이유는 다른 차종에 비해 긴 주

행거리와 높은 배출계수가 주요 원인이라고 해석할 수 있다.

여객의 단위수송량(인·km)에 대한 대기오염 비용은 택시가 제일 높은 24.5원으로 산출되었고 그 다음은 자가용(12.9원)과 대형버스(11.4원)이며 기차가 제일 낮은 5.5원으로 산출되었다. 대중교통의 중요한 역할을 수행하는 대형버스의 대기오염 비용은 자가용 승용차와 별 다른 차이가 없는 것으로 나타났다.

다. 온실가스

교통으로 인해 발생하는 온실가스의 대표적인 물질은 CO₂, CH₄, N₂O를 들 수 있으며 이 중 CO₂가 대부분을 차지한다. 2000년 IPCC에서 발표한 차종별 온실가스의 배출계수는 <표 3-52>와 같다(건설교통부, 2001a). 특히, CO₂ 배출계수는 경유를 사용하는 대형버스와 대형트럭에서 다른 차종에 비해 매우 높게 나타났다.

<표 3-52> 온실가스의 차종별 배출계수

(단위: g/km)

구 분			CO ₂	CH ₄	N ₂ O
승용차	자가용	휘발유	205	0.02	0.05
	택시	LPG	180	0.06	0.00
버스	소형	휘발유	205	0.02	0.05
		LPG	180	0.06	0.00
		경유	190	0.005	0.01
	중형	경유	280	0.005	0.02
	대형	경유	1,011	0.05	0.025
트럭	소형	휘발유	396	0.03	0.236
		LPG	180	0.06	0.00
		경유	235	0.05	0.02
	중형	경유	403	0.07	0.02
	대형	경유	1,011	0.05	0.025

차량에 의한 온실가스의 배출량 산정방법은 대기오염물질의 배출량 산정방법

과 동일한 방법으로 배출계수, 자동차 등록대수 그리고 주행거리의 곱으로 산출된다.

<표 3-53> 온실가스의 차종별 배출량

(단위: TC/년)

구 분			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	계	TC/대
승용차	자가용	휘발유	6,818,920	13,970	515,577	7,348,467	0.97
	택시	LPG	1,930,460	13,513	0	1,943,973	3.67
버스	소형	휘발유	30,390	62	2,298	32,750	1.44
		LPG	641,196	4,488	0	645,684	1.18
		경유	900,821	498	14,698	916,017	1.26
	중형	경유	37,538	14	831	38,383	1.51
	대형	경유	1,304,155	1,354	9,997	1,315,507	12.97
트럭	소형	휘발유	88,118	140	16,280	104,538	2.86
		LPG	149,247	1,045	0	150,292	1.10
		경유	2,567,574	11,472	67,740	2,646,786	1.47
	중형	경유	701,433	2,559	10,791	714,783	2.67
	대형	경유	2,952,150	3,066	22,630	2,977,846	9.54
계			18,122,011	52,182	660,842	18,835,026	

주: TC=12/44 · t CO₂이며 CH₄와 N₂O의 배출량은 지구온난화지수로 전환한 수치임(CH₄ 21, N₂O 310).

따라서 도로에 의한 연간 온실가스 배출량은 약 19만 톤에 이른다.²⁷⁾ 차종별로는 자가용 승용차가 도로 전체의 배출량 중 약 40%의 온실가스를 배출하며, 경유를 연료로 사용하는 대형트럭과 소형트럭이 그 다음을 차지한다. 자가용 승용차와 소형 경유트럭에서 온실가스의 배출량이 많은 이유는 기본적으로 자동차 등록대수가 많기 때문이며, 경유를 연료로 하는 대형버스와 대형트럭에서 배출량이 높은 이유는 다른 차종에 비해 높은 배출계수와 함께 주행거리가 길기 때문이다. 차량 한 대당 온실가스 배출량은 대기오염에서와 같이 대형버스에서 가장 높

27) 수송부문에서 온실가스 총 배출량은 2000년에 27.1백만TC 이라고 발표한 바 있다.(건설교통부, 2001a)

고, 그 다음으로 대형트럭이 높게 나타났다(<표 3-53>). 철도에 의한 온실가스의 배출 정보는 아직 공식적인 자료가 발표되지는 않고 있으나 건설교통부(2001a)에서 발표한 자료인 여객에서는 345천 TC, 화물은 64천 TC 자료에 근거하여 분석하였다.

수송량이 동일하다는 가정 하에 도로와 철도를 비교하면, 여객에서는 도로가 철도의 약 2.5배, 화물에서는 도로가 철도의 약 10배 이상 온실가스를 더 많이 배출하는 것으로 나타났다(<표 3-54>).

<표 3-54> 교통수단별 온실가스 배출원단위

(단위: TC/백만인(톤) · km)

여객		화물	
도로	철도	도로	철도
26.2	10.6	71.9	5.9

온실가스의 단위당 비용은 피해비용 또는 저감비용 등 적용하는 방법에 따라 적게는 몇 배에서 몇 십배의 차이를 나타낸다. 1998년 OECD(환경부, 2001f)에 따르면 배출권 거래가 전세계에서 행해질 때의 균형가격은 \$ 13-80/TC의 범위에 있을 것으로 평가되었다. IPCC는 온실가스의 탄소 톤당 비용을 \$ 5-125/TC로 사용하고 있다(EC, 1999). 유럽연합은 1990년 수준으로 배출을 감축하기 위한 온실가스의 한계비용을 ECU 50/T-CO₂(≈ ECU 184/TC 정도)로 산출하였으며(ECMT, 1998), 독일에서는 잠재가격을 약 ECU 200/T-CO₂로 제안하고 있다(INFRAS/IWW, 2000). 이와 같이 온실가스 비용은 피해 범위, 평가방법, 각국의 경제 사정에 따라 큰 차이를 보인다. 또한 환경부(2001d)는 BAU 대비 10%의 온실가스의 배출을 감소하는데 탄소 1톤당 \$ 270 수준의 환경편익이 발생한다고 하였다.²⁸⁾ 본 분석에서는 저감비용에 근거하여 \$ 270/TC를 적용하였다.

28) 환경부(2001d)에서는 “탄소 1톤당 부수적 편익이 유럽은 300달러에서 500~600달러까지, 미국은 3달러에서 최고 88달러(평균 24달러)까지 추정하고 있다. … 한편, 개도국에서는 탄소 1톤당 부수적 편익이 유럽보다는 다소 낮고 미국보다는 크게 추정되고 있는데, 6달러에서 300달러의

온실가스 배출비용은 도로여객에서는 3조 7천억원, 도로화물에서는 2조원 정도로 나타났고, 철도여객은 1천억원, 철도화물은 200억원 정도 산출되는 것으로 나타났다(<표 3-55>). 따라서 2000년 육상교통수단에 의해 발생한 온실가스의 총 비용은 5조 8,767억원이다.

<표 3-55> 수송수단별 온실가스 비용

(단위: 억원/년)

구 분	여객		화물	
	도로	철도	도로	철도
온실가스 비용	37,380.7	1,053.6	20,137.4	195.4

대기오염과 온실가스에 대해 종합해 보면, <표 3-56>과 같이 육상교통에서는 대기오염 비용이 온실가스 비용보다 약 2배 정도 높게 나타났으며 도로에 의한 비용이 98%를 차지한다.

<표 3-56> 수송수단별 대기오염 및 온실가스 비용

(단위: 억원/년)

구분	대기오염	온실가스	계
도로	113,310(97.5%)	57,518(97.9%)	170,828(97.6%)
철도	2,865(2.5%)	1,249(2.1%)	4,114(2.4%)
계	116,175(100.0%)	58,767(100.0%)	174,942(100.0%)

단위 수송량을 기준으로 외부비용의 차이를 도로와 철도로 구분하여 살펴보면, 여객의 경우 대기오염 비용은 도로에서 15.2원/인·km, 철도는 5.5원/인·km로 같은 양의 여객을 수송하더라도 철도보다 도로에서 대기오염으로 인한 비용이 약 2.8배 더 많이 발생하며, 온실가스 비용 역시 도로에서 철도보다 약 2.5배

범위에 이른다"고 서술하고 있다.

더 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 화물의 경우에는 단위(톤·km) 대기오염 비용은 도로에서 46.1원, 철도에서 10.0원으로 도로에서 4.6배 더 많이 발생하며, 온실가스 비용은 도로에서 22.0원, 철도에서 1.8원으로 도로에서 약 12배 높게 산출되었다(<표 3-57>).

<표 3-57> 수송수단별 대기오염 및 온실가스의 단위비용

구 분		대기오염	온실가스
여객 (단위: 원/인·km)	도로	15.2	8.0
	철도	5.5	3.2
화물 (단위: 원/톤·km)	도로	46.1	22.0
	철도	10.0	1.8

연료소비에 의해 발생하는 대기오염과 온실가스로 인한 단위 외부비용은 여객과 화물 모두 철도에서보다 도로에서 더 높게 나타났다. 특히, 여객보다는 화물에서 연료 사용에 의한 두 수단의 외부비용 차이가 크게 나타나고 있다.

라. 소음

소음비용을 평가하는 방법은 연구 목적과 필요에 따라 다르겠지만 일반적으로 방지비용법, 회피비용법, 재산손실법, 가상가치평가법, 명시선호법 등이 있다.

방지비용법은 새로운 사업이나 개발로 인해 추가적으로 발생하는 소음을 일정한 수준으로 줄이기 위해 투입해야 하는 비용을 산출하는 방법으로 사전적이며 적극적인 수단으로 해석할 수 있다. 이에 반해 회피비용법은 발생하는 소음 자체를 줄이기보다는 소음의 크기를 감소시키려는 방법으로 사후적이고 소극적인 수단으로 건물에 이중창을 설치하는 비용을 예로 들 수 있다. 하지만 소음 감소를 위한 조치에 대해 해석하는 방법에 따라 방지비용법과 회피비용법의 구분이 모호한 경우도 있다. 재산손실법은 잠재가격법의 한 방법으로 소음의 정도에 따라 실제 시장에서의 거래가격에 얼마나 영향을 미치는가를 주택의 거래시장가격과

소음을 포함한 다른 변수와의 회귀모형을 통해 분석하는 방법이다. 가상가치평가법은 응답자에게 직접적인 피해 또는 편익의 정도를 화폐가치로 질문하는 방법으로 설문설계의 설계에 따라 다양한 편익(bias)이 발생할 수 있는 문제점이 있다. 이런 가상가치평가법에 의한 평가액은 다른 방법에 비해 일반적으로 높게 평가된다. 명시선호법은 가상가치평가법의 단점을 줄이기 위해 개발된 방법으로 응답자에게 지불의사액을 묻는 대신에 두 개 이상의 상황을 제시하면 이 중에서 응답자가 하나의 상황을 선택한 결과를 이용하여 지불의사액을 유추하는 방법이다. 하지만 이 방법 역시 가상가치평가법과 같이 직접 질문함으로 인해 발생할 수 있는 편익 문제에서 자유롭지 못한 한계를 안고 있다.

본 분석에서는 소음비용은 도로 및 철도의 연장과 단위 방음벽 설치비를 내구연한으로 균등화 한 연 평균비용의 곱으로 산출하였다. 유효소음피해율은 2000년 12월 기준 지적통계 24개 항목 중에서 대지, 학교용지, 공원, 유원지, 종교용지, 사적지 총 6개 지역을 소음피해가능지역으로 선별한 결과, 전체 국토면적의 2.7%인 2,703km²를 차지하였다. 소음피해가능지역의 면적비율을 선적인 정보로 전환한 유효소음피해율은 16.5%로 산출되었다. 우리나라 9개 지역의 도로변에서 낮 시간대를 기준으로 측정한 소음은 평균 70dB(A)이다(환경부, 2001b). 기차 소음은 자동차의 소음보다는 크지만 수음하는 위치는 자동차보다 더 멀리 떨어져 있는 것이 일반적이므로 본 분석에서는 철도에 의한 소음 수준을 도로와 동일하게 가정하였다.

육상교통으로 인해 발생하는 총 소음비용을 산출하기 위한 식은 다음과 같다.

$$TC = \sum_i C_i \cdot R_i \cdot L_i \cdot (N_0 - N_*)$$

TC : 육상교통수단에서의 소음의 연간 총비용

i : 교통수단

C_i : 연간균등화비용(도로: 8,554원, 철도: 8,767원)

R_i : 유효소음피해율(16.5%)

L : 연장(m)

N_0 : 현재 소음수준

N_* : 기준 소음수준

dB·년·m에 대한 연간균등화비용은 김상겸(2002)의 수단별로 도시부와 지방부로 구분하여 나타낸 비용에 2000년 기준 지적정보를 이용하여 나타낸 결과, 도로는 8,554원, 철도는 8,767원으로 산정되었다.²⁹⁾ 기준 소음수준은 Haling and Cohen(1996), Delucchi(2000), INFRAS/IWW(2000) 등의 선행 연구에서의 기준 소음수준인 55dB(A)를 적용하였다.³⁰⁾ 전국을 대상으로 dB·년·m에 대한 소음 비용은 연간균등화비용에다 유효소음피해율의 곱인 $C_i \cdot R_i$ 로써 도로에서는 1,410원, 철도에서는 1,445원으로 산출되었다.

2000년 도로 및 철도의 총연장을 기준으로 15dB 만큼의 소음을 감소시킨다는 전제 하에서 <표 3-58>과 같이 총 소음비용은 도로에서 1조 8,776억원, 철도가 677억원으로, 도로에 의한 소음은 전체 육상교통수단의 97.5%를 차지한다.

<표 3-58> 교통수단별 소음 가치

구 분	도로	철도	계
dB·년·m	1,410원	1,445원	-
연 장(km)	88,775km	3,123km	91,898km
dB·년	1,251.8억원	45.1억원	1296.9억원
소음의 총 가치	1조 8,776억원	677억원	1조 9,453억원

2000년 통행량 기준으로 여객과 화물을 구분하지 않고 가산하여 산정하면 철도에서 발생하는 연간 소음비용은 1,489원/천인(톤)·km인 반면, 도로에서는 철

29) 2000년 지적통계 자료(<http://www.lic.mogaha.go.kr>)에 따르면, 도로의 총면적(2,278.1 km²) 중 에서 도심부는 287.2 km², 지방부는 1,990.9 km²를 차지하며, 철도의 총면적(118.5 km²)에서 도심부 는 20.6 km², 지방부는 97.9 km²를 차지한다.

30) OECD(1980)에서는 소음 50dB(A)이하에서는 주민의 소음 피해가 없는 것으로 인정하고 있다.

도보다 약 4배 정도 높은 6,329원/천인(톤)·km로 산출되었다.

마. 토지이용

지적통계(2002년 3월 기준)에 따르면 전국에 분포하고 있는 철도의 면적은 119 km²로 전 국토면적의 0.1%를 차지하고 있으며, 도로의 면적은 철도 면적의 약 20배 수준에 달하는 2,353km²로 국토 면적의 2.3%를 차지한다(<표 3-59>). 이런 도로의 면적규모는 국토 전체에서 차지하는 대지 면적과 거의 비슷한 수준이다.

<표 3-59> 전국 육상교통 기반시설의 면적

구 분	면적 (km ²)		
	전 체	도 로	철 도
7대 광역시	5,331	297	21
기 타	94,214	2,056	98
계	99,545	2,353	119

자료: 지적정보센터, 2000[Online]

Available: <http://www.lic.mogaha.go.kr>

지적통계정보에 나타난 전, 답, 임야, 대지 등은 면의 형태로 분포되어 있는 반면, 도로와 철도는 선의 형태로 전국에 걸쳐 뻗어 있는 것이 특징이다. 선의 특성을 갖는 교통로는 인간의 이동을 위해 없어서는 안되는 기간시설임은 분명하지만 인간의 생활공간과 인접해 있음으로 인해 교통사고, 소음 등의 환경피해와 함께 동물의 이동통로 단절 및 서식지 축소 등의 문제를 일으킬 수 있다. 이는 장기적으로 자연생태계 건강성을 위협하는 인자로 작용하고 있다. 도로나 철도의 건설은 동식물 서식공간이 단절로 인한 파편화 문제를 발생시키며 이는 동식물 서식공간을 위협하는 주요 원인이다. 우리나라는 전국에 걸쳐 산악형 산지가 곳곳에 분포해 있기 때문에 철도보다는 도로의 건설이 용이하지만 도로 위주의 건설이 국토의 파편화를 심화시키고 있는 것 또한 부정할 수 없는 사실이다. 다행히

몇 년 전부터는 동물의 이동이 필요하다고 판단되는 곳에는 동물의 이동통로를 설치하고 있다.

<표 3-60>의 육상교통의 기반시설 면적추이를 살펴보면, 1995년부터 2001년까지 철도 면적은 연평균 0.4%의 증가를 나타낸 반면, 도로 면적의 증가율은 연평균 2.7% 정도로 철도 면적의 증가율보다 도로 면적의 증가율이 높게 나타나고 있다.

<표 3-60> 육상교통 기반시설의 면적추이

구 분		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	연평균 증가율
도 로	면적 (km ²)	2,011	2,063	2,116	2,179	2,227	2,278	2,337	2.7%
	연장 (km)	74,237	82,342	84,968	86,990	87,534	88,775	91,396	3.9%
철 도	면적 (km ²)	115	116	116	117	117	119	118	0.4%
	연장 (km)	3,101	3,120	3,118	3,125	3,119	3,123	3,125	0.1%

지금까지의 추세처럼 철도면적 증가율보다 높은 도로면적의 증가율이 지속된다면 국토에서 차지하는 도로와 철도 면적의 비율 차이는 심화될 것이다.

이들 면적을 연장으로 나누어 산출한 평균 폭은 도로의 경우에는 25.5m, 철도는 37.5m 정도를 차지한다. 동일한 연장을 가정할 때 필요한 부지 면적은 도로보다는 철도가 약 1.5배 정도 더 필요함을 알 수 있다.

동일한 토지면적에 근거한 철도여객 수송량(2000년 기준)은 도로의 1.4배, 철도화물에서는 도로의 2.6배 정도를 차지하고, 동일한 연장을 가정하였을 때 철도는 여객의 경우 도로의 2.0배, 화물의 경우 도로의 3.4배 정도를 더 많이 수송하고 있다(<표 3-61>).

<표 3-61> 토지면적대비 수송량 비교

기준	구분	단위	도로	철도	철도/도로(배율)
면적	여객	인 · km/m ²	204.8	273.7	1.34
	화물	톤 · km/m ²	40.3	91.2	2.26
연장	여객	천인 · km/km	5,255.9	10,384.7	1.98
	화물	천톤 · km/km	1,033.2	3,459.2	3.35

10년 단위로 출간하는 국부통계조사보고서(1999)에 따르면, 1997년 기준으로 도로의 토지자산은 124.8조원, 철도의 토지자산은 9.7조원으로 산출되었다. 이를 2000년 기준으로 토지자산의 가치를 재산정하기 위하여 1998년에서 2000년까지의 공시지가 변동률을 시도로 구분하여 반영한 결과, <표 3-62>와 같이 2000년 도로의 토지자산은 119.9조원, 철도의 토지자산은 9.3조원으로 산출되었다.

<표 3-62> 2000년말 자산가치

구 분	7개 광역시	기타	계
도로	75조 6,128억원 (63.1%)	44조 3,060억원 (36.9%)	119조 9,188억원 (100%)
철도	7조 4,871억원 (80.8%)	1조 7,755억원 (19.2%)	9조 2,626억원 (100%)

1m²당 평균 토지가격은 도로의 경우에는 52.6천원, 철도의 경우는 78.2천원으로 철도가 높게 산출되었는데, 이는 도로건설은 평지와 경사지 모두 가능하나 철로는 경사지에 건설하기가 현실적으로 어렵기 때문에 철도의 단위 면적의 토지가격이 더 비싸기 때문이다.

자산의 가치를 연 가치로 환산하기 위하여 KDI에서의 표준 할인율 7.5%를 적용한 바, 도로는 8조 9,939억원, 철도는 6,947억원으로 나타났다.

3. 미래 교통환경의 변화 전망 및 사회적 비용 추정(2010년 기준)

가. 교통환경의 변화 전망

1) 자동차 대수 및 주행거리

건설교통부(2001a)에 따르면, 2010년 자동차 등록대수는 2000년에 비해 1.6배 증가할 것으로 전망되었다. <표 3-63>을 보면, 차종별로는 2000년 대비 2010년까지의 휘발유를 연료로 사용하는 소형버스와 트럭의 증가율이 두 배 이상 증가하고 그 다음으로는 중형버스의 증가율이 높을 것으로 전망되었다.

<표 3-63> 자동차 대수 및 주행거리 예측

구 분			등록대수 (대)		주행거리 (km/대·년)	
			2005년	2010년	2005년	2010년
승용차	자가용	휘발유	10,319,880	13,470,977	16,354	16,354
	택시	LPG	622,540	812,627	51,915	44,281
버스	소형	휘발유	52,837	58,379	19,663	19,663
		LPG	338,776	374,309	19,663	19,663
		경유	1,237,666	1,367,481	19,663	19,663
	중형	경유	49,514	54,707	19,097	19,097
	대형	경유	89,983	99,421	40,152	40,152
트럭	소형	휘발유	73,364	81,059	21,798	21,798
		LPG	65,300	72,149	18,060	18,060
		경유	2,133,874	2,357,691	19,530	19,530
	중형	경유	262,232	289,736	20,710	20,710
	대형	경유	364,814	403,079	36,296	36,296

자료 : 건설교통부, 2001. 『교통분야 온실가스 감축관련: 온실가스 감축대책 등
교통환경관련규제의 거시경제효과 분석』.

또한 전체 차종에서 차지하는 비율이 제일 높은 자가용 승용차는 약 0.8배 더 증가하는 것으로 나타났으며 그밖에도 대기오염물질을 다른 차종에 비해 많이 발생하는 LPG 택시와 대형 경유 트럭 역시 증가하는 것으로 전망되었다. 그러나 시내·외 버스의 주종을 이루는 대형 경유버스와 택시를 제외한 기타 LPG 차량은 감소하는 것으로 나타났다(건설교통부, 2001a).

향후 자동차 주행거리는 대형 트럭을 제외하고는 모든 차종에서 감소할 것으로 전망되었다.

2) 배출계수

2002년 7월에는 우리나라 제작차의 배출허용기준은 2000년보다 강화되었다(<표 3-64>).

<표 3-64> 시기별 제작차 배출허용기준

구 분			2000년 (단위: g/km)					2002년 7월 (단위: g/km)				
			CO	HC	NOx	PM	SO ₂	CO	HC	NOx	PM	SO ₂
승용차	자가용	휘발유	2.11	0.16	0.25	0	휘발유 : 200 경유 : 500	2.11	0.08	0.25	0	휘발유 : 130 경유 : 430
	택시	LPG	2.11	0.16	0.25	0		2.11	0.08	0.25	0	
버스	소형	휘발유	2.11	0.16	0.25	0		2.11	0.08	0.25	0	
		LPG	2.11	0.16	0.25	0		2.11	0.08	0.25	0	
		경유	2.11	0.25	1.02	0.11		0.95	0.08	0.65	0.07	
	중형	경유	2.11	0.50	1.06	0.14		0.95	0.08	0.78	0.10	
	대형	경유	3.00	1.00	6.00	0.2		0.95	0.08	0.78	0.10	
		경유	3.00	1.00	6.00	0.2		0.95	0.08	0.78	0.1	
트럭	소형	휘발유	2.75	0.24	0.25	0		2.11	0.05	0.12	0	
		LPG	2.75	0.24	0.25	0		2.11	0.05	0.12	0	
		경유	2.11	0.25	1.02	0.11		0.95	0.08	0.65	0.07	
	중형	경유	2.11	0.50	1.06	0.14		0.95	0.08	0.78	0.1	
	대형	경유	3.00	1.00	6.00	0.20		0.95	0.08	0.78	0.1	
		경유	3.00	1.00	6.00	0.20		0.95	0.08	0.78	0.1	

주: SO₂의 단위는 ppm.

자동차 생산기술과 수송연료 질의 향상으로 자동차와 기차에서 배출되는 단위 오염물질의 양은 배출허용기준의 강화와 함께 점차 감소할 것이다. <표 3-64>에 제시된 제작차의 배출허용기준을 2000년의 실질 배출계수인 <표 3-42>와 비교하면, 오염물질별로 정도의 차이는 있지만 대부분이 배출허용기준보다 많이 배출하는 것으로 나타났다.

2002년 7월부터 제작차에 적용한 배출허용 기준을 2000년과 물질별로 평균값을 비교하면 <표 3-65>에서 알 수 있듯이 감소율이 제일 낮은 물질은 SO₂이며, 감소율이 제일 높은 물질은 HC로 나타났다.

<표 3-65> 제작차 배출계수의 비율(2002년 배출계수/2000년 배출계수)

연료	CO	HC	NOx	PM	SO ₂
도로	0.66	0.29	0.66	0.81	0.76
철도*	0.41	0.19	0.50	0.62	0.86

주: *) 철도에서는 경유 연료만 적용.

3) 국토종합계획

제4차 국토종합계획에 따르면 2020년까지 우리나라의 도로는 20만 km, 철도는 4,200km가 될 것으로 계획하고 있다. 2000년을 기준으로 매년 동일한 연장으로 건설된다고 가정하면 2010년에는 도로 144,387km, 철도 3,662 km를 건설하게 되는 것이다. 또한 1997년 우리나라 도시용지의 면적이 5,117km² 상태에서 목표연도 2020년까지 추가로 필요한 도시용지 면적은 3,848km² 으로 전망되고 있다.

4) 천연가스버스 도입

현재 활발히 추진되고 있는 정책 중 하나로 주연료가 경유인 시내버스 차량을 천연가스 차량으로 대체하고자 월드컵 개최도시와 수도권을 중심으로 2002년까지 3천 대를 보급할 계획이며, 2007년까지 전국을 대상으로 대형 경유버스 2만 대를 천연가스 버스로 대체할 계획이다. 경유버스와 천연가스버스의 대기오염물

질 배출량은 <표 3-66>에 나타내었다.

<표 3-66> 경유버스와 천연가스버스의 대기오염물질 배출량 비교

(단위: %)

구 분	CO	HC	NO _x	PM
경유버스	100	100	100	100
천연가스버스	41	16	37	0

자료: 환경부. 2002b. 『저공해 차량의 균형보급 방안 연구 - LPG/CNG 차량을 중심으로』.

천연가스 차량의 연비(km/ℓ 기준)는 같은 차종의 경유 버스와 트럭의 연비보다 낮은 편이나 발생하는 오염물질의 양이 경유에 비해 현저히 낮기 때문에 대기 오염을 줄이기 위한 청정연료로 인정받고 있다.

5) CO₂

1998년 룩셈부르크에서 개최된 EU 환경이사회에서는 '신차에서의 이산화탄소(CO₂) 배출감축을 위한 협약'이 체결되었는데 주요 내용은 2008년까지 신규자동차의 평균 CO₂ 배출량을 140g/km(평균연비 5.7 km/ℓ)로, 2012년까지는 120g/km로 낮추는 것이다. EU는 2005년 늦어도 2010년까지는 120g/km까지 낮출 계획이다. 우리나라 자동차업체는 목표 달성연도를 1년 연기하는(예: 2009년까지 140g/km) 것으로 본 협약에 합의하였다(대한석유협회, 2002).

6) 고속철도 도입

철도청(1998)은 고속철도 건설 유무에 따라 수송수단별로 통행량을 <표 3-67>과 같이 전망하였다. 고속전철이 건설되면 2007년에는 철도의 통행량만이 미건설 되었을 때보다 감소하고, 오히려 다른 수송수단의 통행량이 증가되는 것으로 나타났다. 하지만 2012년 이후에는 다른 수송수단의 통행량 역시 고속전철 건설

로 인해 미건설되었을 때보다 감소할 것으로 예측하고 있다.

<표 3-67> 경부고속전철 건설 유무에 따른 통행량 전망

(단위: 천통행/일)

구 분		2002년		2007년		2012년		2020년	
		미건설	건설	미건설	건설	미건설	건설	미건설	건설
철 도		369(4.6)	369(4.6)	398(4.6)	376(3.9)	458(4.0)	419(3.6)	514(3.9)	470(3.6)
승용차		4,250(52.9)	4,250(52.9)	4,250(52.9)	5,161(53.3)	6,186(53.8)	6,148(53.5)	7,189(54.7)	7,121(54.2)
버 스		3,355(41.8)	3,355(41.8)	3,355(41.8)	3,941(40.7)	4,755(41.4)	4,595(40.0)	5,330(40.6)	5,157(39.2)
항 공		59(0.7)	59(0.7)	59(0.7)	67(0.7)	90(0.8)	78(0.7)	109(0.8)	95(0.7)
고속철도		-	-	-	142(1.5)	-	249(2.2)	-	299(2.3)
철 도	일반	133(7.6)	133(7.6)	157(7.5)	176(8.5)	178(7.4)	212(8.8)	191(7.0)	228(8.4)
	컨테이너	17(1.0)	17(1.0)	21(1.0)	23(1.1)	23(1.0)	27(1.1)	26(1.0)	31(1.1)
	계	150(8.6)	150(8.6)	178(8.5)	199(9.6)	201(8.3)	239(9.9)	217(8.0)	259(9.6)
도 로	일반	1,416(81.1)	1,416(81.1)	1,681(80.8)	1,662(79.9)	1,959(81.2)	1,925(79.8)	2,195(81.1)	2,158(79.7)
	컨테이너	181(10.4)	181(10.4)	222(10.7)	220(10.6)	254(10.5)	250(10.3)	294(10.9)	290(10.7)
	계	1,597(91.4)	1,597(91.4)	1,903(91.5)	1,882(90.4)	2,213(91.7)	2,175(90.1)	2,489(92.0)	2,447(90.4)

나. 2010년 교통의 사회적 비용 추정

1) 수송량

건설교통부(2001a)에서 전망한 자동차 등록대수와 주행거리의 정보를 이용하여 여객과 화물수송량을 예측하였다. 이 때, 자동차 한 대당 평균 수송량은 2000년과 동일하다고 가정하였다. 이와 함께 철도수송량은 도로와의 수송분담률이 2000년과 동일하다는 가정 하에 산출하였다.³¹⁾

2010년 여객수송량은 681,110백만 인·km/년, 화물수송량은 127,527백만 톤·km/년으로 2000년 수송량보다 여객에서는 182,089백만 인·km/년(36.5%),

31) 건설교통부(1999)는 정부가 계획하는 정책수단을 시행한다는 전제에서 2010년의 철도의 장래 수송교통량을 여객의 경우 49,049백만 인·km/년, 화물의 경우 19,601백만 톤·km/년으로 예측한 바 있다.

화물에서는 25,000백만 톤·km/년(24.4%)이 더 많아질 것으로 예측되었다(<표 3-68>).

<표 3-68> 2010년 수송수단별 여객 및 화물 수송량

구 분	도로	철도	계
여객(백만인·km)	636,844.7(93.5%)	44,265.2(6.5%)	681,110.0(100%)
화물(백만톤·km)	114,090.0(89.5%)	13,437.3(10.5%)	127,526.9(100%)

2) 배출계수

실제로 2010년까지 제작차의 배출허용기준이 지금(2002년 7월 기준)보다 더 강화될 수 있다. 하지만 본 분석의 간편함을 위해 2002년 7월 기준에 의해 제작된 자동차가 대부분일 것으로 가정하여 2002년 도로의 배출계수를 2000년 배출계수에 2000년 제작차 배출허용기준에 대한 2002년 제작차 배출허용기준의 곱으로 계산하였다.

$$2010\text{년배출계수} = 2000\text{년배출계수} \times \frac{2002\text{년제작차배출허용기준}}{2000\text{년제작차배출허용기준}}$$

그 결과, 2010년 차종별 배출계수는 <표 3-69>와 같이 산출되었다.

<표 3-69> 2010년 차종별 배출계수 전망

구 분			도로 배출계수(g/km)				
			CO	HC	NOx	PM	SO ₂
승용차	자가용	휘발유	2.56	0.21	0.45	0	0.01
	택시	LPG	6.36	0.38	0.84	0	0.00
버스	소형	휘발유	6.21	0.24	1.43	0	0.01
		LPG	6.17	0.37	0.82	0	0.00
	중형	경유	0.52	0.03	0.90	0.22	0.07
		경유	0.75	0.10	1.09	0.44	0.08
	대형	경유	3.16	0.11	1.55	0.97	0.08
		경유	3.16	0.11	1.55	0.97	0.08

<표 계속>

트럭	소형	휘발유	4.76	0.10	0.69	0	0.01
		LPG	4.73	0.15	0.39	0	0.00
		경유	0.71	0.04	0.94	0.23	0.06
	중형	경유	0.75	0.10	1.09	0.44	0.07
	대형	경유	3.80	0.11	1.59	0.99	0.07

2000년 철도 배출계수는 자료에 의해 디젤기관차와 디젤동차로 구분하여 산출하였으나, 본 분석에서는 2000년 기준 단위수송량에 대한 배출물질 양의 정보에 경유 차량만을 대상으로 2000년과 2002년 제작차 배출계수의 물질별 평균값의 비율을 적용하였다(<표 3-70>).

<표 3-70> 철도의 대기오염물질 단위배출량

(단위: kg/백만인(톤) · km)

구 분		CO	HC	NOx	PM	SO ₂
철도	여객	67.9	12.7	206.0	16.7	9.3
	화물	124.7	23.2	376.0	29.9	16.4

철도에서 디젤기관차의 여객과 화물의 구성비(여객 56%, 화물 44%)와 2000년 디젤차와 전기차의 비율이 변하지 않는다는 가정 하에, 디젤 연료 소비량은 487천 kl/년(여객 325천 kl, 화물 162천 kl)으로 2000년 소비량보다 약 33.5%가 증가할 것으로 전망되었다.

2010년 전망한 자동차 등록대수와 주행거리를 이용하여 산출한 휘발유 소비량은 2000년에 비해 약 2.0배 증가하며, 경유 소비는 2000년에 비해 도로에서 약 47%, 철도에서는 약 34% 증가하는 것으로 산출되었다(<표 3-71>). 2010년에는 택시의 주행거리는 감소되나 LPG 차량대수의 증가로 인하여 LPG 소비량은 약 16% 증가하는 것으로 전망되었다.³²⁾

<표 3-71> 2010년 육상교통에서의 연료소비량

(단위: kl/년)

	도로	철도	계
휘발유	18,660,191	0	18,660,191
경유	19,493,856	488,888	19,982,745
LPG	5,830,727	159	4,867,992
계	43,984,775	489,047	44,473,822
비율(%)	98.9	1.1	100

3) 배출량 및 배출비용

2010년 예측된 배출계수와 수송량 정보를 이용하여 산출한 육상교통에서의 대기오염물질 배출량은 <표 3-72>에 나타내었다.

<표 3-72> 2010년 육상교통에 의한 대기오염물질 배출량

(단위: 톤/년)

구 분		CO	HC	NOx	PM	SO ₂	합계
도로	여객	872,788.6	63,966.0	168,682.6	10,132.7	3,679.2	1,119,249.1
	화물	107,214.4	4,546.7	74,928.4	27,689.6	4,202.8	218,581.8
	계	980,003.0	68,512.7	243,611.0	37,822.3	7,882.0	1,337,830.9
철도	여객	3,006.9	561.5	9,116.9	741.1	409.5	13,835.9
	화물	1,675.7	311.8	5,052.6	402.1	221.0	7,663.1
	계	4,682.6	873.3	14,169.4	1,143.2	630.4	21,499.0

산출된 배출량 정보를 이용하여 오염물질별 단위 외부비용이 2000년과 동일하다는 가정 하에 적용하면, 오염물질 총비용은 약 9조 8천억원에 이른다.³³⁾ 이 비

32) 도로에서 버스와 트럭의 연비 책정에서는 환경부(2002b) 자료를 사용하였고 휘발유 승용차의 경우에는 12km/ℓ, 택시는 8km/ℓ 적용하였다.

33) 2000년 배출계수를 적용하면 14조 5천억원 정도가 육상교통에 의한 대기오염 총비용으로 산정된다.

용은 2000년 대기오염물질 비용인 11조 6천억원보다 1조 8천억원이 감소되었는데 주요 원인은 경유 차량에 대한 배출계수가 향상되었기 때문이다.

<표 3-73> 2010년 대기오염물질의 사회적 비용

(단위: 억원/년)

구 분		CO	HC	NO _x	PM	SO ₂	합계
도 로	여객	55,651	4,740	12,940	2,538	317	76,186
	화물	6,836	337	5,748	6,935	362	20,218
	계	124,975	5,077	18,688	9,472	679	96,404
철 도	여객	192	42	699	186	35	1,154
	화물	107	23	388	101	19	637
	계	299	65	1,087	286	54	1,791

<표 3-73>에 의하면 도로에서 발생하는 대기오염비용은 육상교통에서 발생하는 대기오염비용의 대부분을 차지함을 알 수 있다. 도로여객에 의한 대기오염물질의 배출계수는 약간 향상된 반면, 승용차 위주의 자동차대수의 증가로 인하여 대기오염으로 인한 사회적 비용은 2000년보다 약간 증가하였다. 경유를 주연료로 사용하는 도로화물에서는 외부비용이 절반 이상 감소되었음을 알 수 있다.

4) 온실가스

우리나라는 2009년에 EU 환경이사회의 ‘신차에서의 이산화탄소(CO₂) 배출감축을 위한 협약’을 이행한다는 것을 고려하여 2000년 자가용 휘발유의 배출계수 205g/km를 140g/km로 적게 배출한다고 가정하였다. 그 밖의 차량에 대해서는 자가용 휘발유와 동일한 비율로 배출계수가 감소한다는 가정 하에 온실가스 배출량을 산정하여 <표 3-74>에 나타내었다.

<표 3-74> 온실가스의 차종별 배출량

(단위: TC/년)

구분			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	계	TC/대
승용차	자가용	휘발유	8,411,415	17,233	635,985	9,064,633	0.67
	택시	LPG	1,206,369	8,445	0	1,214,813	1.49
버스	소형	휘발유	43,829	90	3,314	47,233	0.81
		LPG	246,749	1,727	0	248,476	0.66
		경유	951,541	526	15,525	967,592	0.71
	중형	경유	54,483	20	1,206	55,710	1.02
	대형	경유	751,696	781	5,762	758,239	7.63
트럭	소형	휘발유	130,323	207	24,077	154,607	1.91
		LPG	43,684	306	0	43,990	0.61
		경유	2,015,352	9,005	53,171	2,077,527	0.88
	중형	경유	450,389	1,643	6,929	458,961	1.58
	대형	경유	2,754,873	2,861	21,118	2,778,852	6.89
계			17,060,703	42,844	767,088	17,870,635	

2010년 도로에서 발생하는 온실가스는 여객수송 과정에서 12,357천 TC/년, 화물운송 과정에서 5,514천 TC/년으로 총 17,871천 TC/년이 배출된다. 이는 2000년 도로에서 발생하는 온실가스 배출량인 18,835천 TC/년보다 약간 낮은 수준이다.

철도에서의 온실가스 배출량을 산정하기 위해 2000년 여객과 화물 단위배출량(여객 10.6 TC/백만인·km, 화물 5.9 TC/백만톤·km)에 배출감축비율(140/205)과 2010년 철도의 여객과 화물수송량을 곱한 결과, 2010년 온실가스 배출량은 여객에서 322천 TC/년, 화물에서 54천 TC/년 배출된다. 따라서 철도에서의 온실가스 배출량 역시 2000년 수준보다 약간 낮게 나타났다.

단위수송량에 따른 도로에서의 온실가스의 발생량은 <표 3-75>에 나타난 바와 같이 여객에서는 철도의 약 3배, 화물에서는 철도의 약 12배 더 많이 발생함을 알 수 있다.

<표 3-75> 교통수단별 온실가스 배출원단위

(단위: TC/백만인(톤)·km)

여객		화물	
도로	철도	도로	철도
19.4	7.3	48.3	4.0

온실가스의 단위 비용은 2000년과 동일한 \$270/TC로 적용하였다. 2010년 육상교통에 의한 온실가스 총비용은 약 5조 6천억원에 이르며 도로에서 발생하는 온실가스 비용이 철도에서 발생하는 온실가스 비용보다 약 48배 많이 발생한다(<표 3-76>).³⁴⁾

<표 3-76> 교통수단별 온실가스 비용

(단위: 억원/년)

구 분	여객		화물	
	도로	철도	도로	철도
온실가스 비용	37,734.6	982.0	16,838.4	166.0

2010년 육상교통수단에 의해 발생하는 대기오염과 온실가스의 총비용은 약 15조원에 이르며 이는 2000년보다 약 2조원 정도 낮은 수준이다.

<표 3-77> 수송수단별 대기오염 및 온실가스 비용(2010년)

(단위: 억원/년)

	대기오염	온실가스	계
도로	96,404(98.8%)	54,573(97.9%)	150,977(98.5%)
철도	1,154(1.2%)	1,148(2.1%)	2,301(1.5%)
계	97,558(100.0%)	55,721(100.0%)	153,279(100.0%)

34) 2010년이 되더라도 2000년 수준으로 온실가스의 배출계수가 유지된다면 육상교통에서의 온실가스 총비용은 8조 2천억원으로 산정된다.

이 결과는 OECD에서 전망한 바와 같이, 앞으로 기술의 발전으로 인하여 대기 오염 피해가 지속적으로 감소할 것이라는 내용과 일치된다. 단위수송량 기준으로 살펴보면, 대기오염 비용과 온실가스 비용이 여객부문에서는 철도보다 도로가 각각 약 4.6배, 2.7배 높게 나타났으며, 화물부문에서는 도로가 철도보다 각각 약 3.7배, 12.4배 더 높게 산출되었다(<표 3-78>).

<표 3-78> 수송수단별 대기오염 및 온실가스 단위비용(2010년)

구 분		대기오염	온실가스
여객 (단위: 원/인·km)	도로	12.0	5.9
	철도	2.6	2.2
화물 (단위: 원/톤·km)	도로	17.7	14.8
	철도	4.7	1.2

5) 소음

제4차 국토종합계획에서 계획한 2020년까지의 도시용지 면적을 조성하기 위해 매년 동일하게 증가한다고 가정하면 연 167.3km²가 증가하는 것으로 나타난다. 이는 2000년을 기준으로 매년 약 2.5%씩 도시용지가 증가됨을 알 수 있다. 소음피해가능지역 역시 도시용지의 증가율과 동일하게 증가한다고 가정할 경우, 2010년에 소음피해가능지역의 면적은 3,449km²으로 전체 국토 면적의 약 3.5%를 차지하며 이때 유효소음피해율은 18.6%로 산출되었다. 이는 2000년 소음피해가능지역의 면적(2,703km²)보다 약 746km²가 증가한 면적이다. 따라서 2000년과 동일한 연간균등화비용에 유효소음피해율을 곱하면 dB·년·m 기준으로 소음의 피해비용은 도로에서 1,593원, 철도에서 1,633원으로 산출되었으며 이에 기초하여 2010년 도로와 철도의 연장과 현 수준에서 15dB를 감소한다는 전제 하에 총 소음비용은 도로에서는 약 3조 4,500억원, 철도에서는 약 900억원으로 추정되었다(<표 3-79>).

<표 3-79> 2010년 교통수단별 소음 가치 전망

구 분	도로	철도	계
dB · 년 · m	1,593원	1,633원	-
연장(km)	144,387km	3,662km	148,049km
dB · 년	2,299.9억원	59.8억원	2,359.7억원
소음의 총 가치	3조 4,499억원	897억원	3조 5,396억원

2010년도 소음으로 인한 피해비용은 2000년에 비해 도로에서는 약 1.8배, 철도는 약 1.3배로 정도 증가할 것으로 전망되었다.

6) 토지이용

도로와 철도의 연장 정보를 이용하여 도로와 철도의 평균 폭(도로: 25.5m, 철로: 37.5m)을 적용한 결과, 2010년 도로면적은 3,688km², 철로면적 137km²로 전망되었다. 이 면적은 2000년 면적보다 도로는 61.9%, 철도는 15.8%를 10년 동안 추가로 건설할 계획임을 알 수 있다. 이는 지금까지의 개발면적의 증가율보다 매우 높은 수준이다.

2010년 단위 도로면적과 연장에서의 수송량을 2000년 정보와 비교하면 모두 2000년에 비해 낮게 산출된 반면, 철도에서는 면적과 연장 모두에서 높게 나왔다(<표 3-80>). 이러한 결과를 긍정적으로 해석하자면 도로에서는 혼잡이 줄고, 철도에서는 보다 효율적으로 운행될 것이라고 기대할 수 있다.

<표 3-80> 토지이용에 따른 수송량

기준	구분	단위	도로	철도	철도/도로(배율)
면적	여객	인 · km/m ²	172.7	322.6	1.87
	화물	톤 · km/m ²	30.9	97.9	3.16
연장	여객	천인 · km/km	4,410.7	12,087.7	2.74
	화물	천톤 · km/km	790.2	3,669.4	4.64

실질 지가상승이 없다는 가정 하에서 2000년 토지의 단위 비용(도로: 52.6천원, 철도: 78.2천)을 동일하게 적용한 결과, 2010년의 토지자산은 도로는 194조원, 철도는 11조원으로 전망되었다. 여기에 교통부문사업 할인율 7.5%를 적용하면 도로는 연 145,584억원, 철도는 연 8,044억원 수준이다.

7) 사고비용

미래 교통사고 비용은 자동차 등록대수, 도로연장 자료 등을 이용하여 과거로부터의 추세에 근거하여 산출할 수 있다. 하지만 교통사고의 발생은 국민들의 교통의식의 정도가 절대적인 영향을 미칠 것이다. 교통의식의 향상은 <표 3-81>의 자동차 등록대수에 대한 사고발생건수인 교통사고율을 보더라도 알 수 있다.

<표 3-81> 우리나라 교통사고율

(단위: 건/천대)

연 도	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
사고율 (건/천대)	62.6	49.2	41.6	35.9	29.4	27.7	23.1	22.9	24.7	24.1

회귀분석에서는 1991년에서 2000년까지의 교통사고 정보를 이용하여, 도로연장을 설명변수로 하고, 자동차 등록대수에 대한 사고건수인 교통사고율을 피설명변수로 하여 더블로그 함수로 추정한 결과, 도로연장에 대한 교통사고율 탄력성은 -1.96으로 산출되었다.

$$LOG\left(\frac{\text{사고건수}}{\text{등록대수}} \cdot 1,000\right) = 25.5062 - 1.9635 \cdot LOG(\text{도로의연장})$$

$$t \text{ 값 : } \quad 11.8 \quad -10.2 \quad R^2: 0.93$$

본 분석결과를 이용하여 2010년 도로의 사고건수는 171,968건, 사고율은 8.8건

/천대 정도로 예측되었다. 이는 현재 주요 교통선진국들의 사고율과 유사한 수준임을 알 수 있다.

<표 3-82> 교통선진국의 교통사고율

(단위: 건/천대)

구 분	일본	프랑스	영국	독일	미국
사고율 (건/천대)	12.1	4.4	9.5	7.6	9.8

자료: 경찰청, 2001. 『2001 도로교통안전백서』.

2000년의 교통사고 건당 평균 비용을 적용하여 산출한 2010년 교통사고 비용은 교통비용(PGS)을 포함할 경우 8조 8,704억원, 교통비용을 미포함하면 5조 4,340억원 정도 산출되었다(<표 3-83>). 이는 2000년의 교통사고 비용보다 약 41% 정도 낮게 산출되었으며, PGS 비용은 전체 교통사고 비용의 약 39% 정도를 차지한다.³⁵⁾

<표 3-83> 2010년 교통사고 비용 전망

구 분		건당 사고비용(원)	총비용(백만원)
PGS	포함	5,158,181	8,870,432
	미포함	3,159,875	5,433,982

철도 교통사고는 운전자와 보행자간의 교통의식이 제고되더라도 한 순간에 많은 사상자를 발생시킬 수 있을 뿐만 아니라 사고 정도에 따라서도 비용에 큰 차이가 날 수 있으므로 철도의 사고비용을 추정하는 것은 무리가 있다. 하지만 도로의 사고비용을 추정하듯이 철도의 사고비용 역시 연도에 따른 사고 발생건수

35) 사고율이 선진국 수준으로 감소하지 못하고 현재 수준을 유지한다면 2010년 교통사고 총비용(PGS 포함)은 20조원을 넘을 것이다.

와의 관계를 세미로그 함수형에 의해 예측을 시도하였다.³⁶⁾

$$LOG(\text{사고건수}) = 266.67 - 0.1301 \cdot (\text{연도})$$

t 값 : 12.9 -12.5 R²: 0.95

본 결과를 이용하여 2010년의 철도에서의 교통사고 발생건수는 172건이며 2000년 기준으로 사고건수당 사고비용인 1,964천원을 곱하면 총 3억 38백만원으로 추정되었다. 이 비용은 지급비용만을 산정한 금액이다.

PGS 비용을 제외한 도로비용과 철도비용을 여객과 화물의 수송량을 단순 가산한 값을 이용하여 수송량을 동일한 기준으로 가정하여 교통사고 비용을 산출하면 철도는 5,859원/백만인(톤)·km이고, 도로는 7,236,296원/백만인(톤)·km로 도로의 교통사고 비용이 철도보다 약 1,200배 높은 것으로 나타났다.

8) 혼잡비용

미래 혼잡비용의 산출을 위해 1991년에서 2000년까지의 자료를 대상으로 회귀분석을 적용하였다. 이때 설명변수로 자동차 등록대수와 도로연장을 사용하였으며 피설명변수로 교통개발연구원에서 매년 산출하고 있는 혼잡비용(고정비용 포함)을 사용하여 더블로그 함수형을 사용하였다.

교통개발연구원에서는 차종별로 구분하여 혼잡비용을 산출하고 있으므로 도로에서는 자동차와 버스의 혼잡비용을 여객으로, 화물차는 화물로 구분하여 분석한 결과, 등록대수에 대한 혼잡비용의 탄력성은 약 1.7 정도로 나타났다.

<표 3-84>과 같은 회귀분석 결과에 의하면 도로연장보다는 등록대수가 혼잡비용에 보다 유의미한 관계가 있으며, 등록대수가 많을수록 혼잡비용이 높아지고 도로가 건설될수록 혼잡비용이 감소함을 알 수 있다.

36) 철도의 사고비용은 PGS를 고려하지 않은 지급액에 근거하였다.

<표 3-84> 도로의 혼잡비용에 대한 회귀분석 결과

구 분		계수	t 통계량	결정계수
여객	상 수	-7.5522	-1.6950	0.9483
	등록대수	1.7495	3.2329	
	도로연장	-0.7995	-0.7230	
화물	상 수	-6.7859	-1.4681	0.9365
	등록대수	1.6797	2.9919	
	도로연장	-0.8536	-0.7441	

2010년 예측된 혼잡비용은 여객의 경우 약 22조원, 화물의 경우 약 8조원 정도이며, 이중 약 60%가 고정비용을 제외한 혼잡비용이다(<표 3-85>). 고정비용을 제외한 혼잡비용을 협의의 혼잡비용이라 할 수 있다.

<표 3-85> 2010년 예측된 혼잡비용

구 분	혼잡비용(억원)	
	고정비용 포함	고정비용 미포함
여 객	222,487	128,731
화 물	77,866	45,053

도로수송량에 대한 고정비용을 포함한 혼잡비용은 여객에서는 34.9원/인·km, 화물에서는 68.2원/톤·km로 산출되었으며, 고정비용을 포함하지 않으면 여객에서는 20.2원/인·km, 화물에서는 39.5원/톤·km로 산출되었다.

9) 종합

2010년 육상교통으로 발생하는 6개 부문에 대한 사회적 비용을 도로와 철도(가능하면 여객과 화물까지)로 구분하여 2000년 교통의 사회적 비용과 함께 <표 3-86>에 나타내었다.

<표 3-86> 교통의 부문별 사회적 비용(종합)

구 분			외부비용(단위: 억원)		순편익	비고
			2000년	2010년		
대기오염	소계		116,175 (23.4%)	98,195 (17.2%)	17,980	2000년 GDP 대비 2.44%
	여객	도로	71,040	76,186	-5,146	
		철도	1,783	1,154	629	
	화물	도로	42,270	20,218	22,052	
		철도	1,082	637	445	
온실가스	소계		58,767 (11.9%)	55,717 (9.8%)	3,050	2000년 GDP 대비 1.23%
	여객	도로	37,381	37,735	-354	
		철도	1,054	982	72	
	화물	도로	20,137	16,834	3,303	
		철도	195	166	29	
소음	소계		19,453 (3.9%)	35,396 (6.2%)	-15,943	2000년 GDP 대비 0.41%
	도로		18,776	34,499	-15,723	
	철도		677	897	-220	
토지이용	소계		96,884 (19.5%)	153,628 (26.9%)	-56,742	2000년 GDP 대비 2.04%
	도로		89,939	145,584	-55,645	
	철도		6,947	8,044	-1,097	
교통사고	소계		91,799 (18.5%)	54,343 (9.5%)	37,456	2000년 GDP 대비 1.93%
	도로		91,788	54,340	37,448	PGS 비용 제외
	철도		11	3	8	
혼잡비용	소계		112,525 (22.7%)	173,784 (30.4%)	-61,259	2000년 GDP 대비 2.36%
	도로	여객	81,904	128,731	-46,827	고정비용 제외
		화물	30,621	45,053	-14,432	
	철도		-	-	-	
종합	총계		495,605	571,063	-75,458	2000년 GDP 대비 10.41%
	도로		483,856 (97.6%)	559,180 (98.0%)	-75,324	
	철도		11,749 (2.4%)	11,883 (2.0%)	-134	

2000년 49조원이었던 교통의 사회적 비용이 2010년에는 57조원으로 증가될 것으로 전망되었다. 이는 교통으로 인한 사회적 비용이 평균적으로 매년 7,000억원이 추가 발생할 것임을 짐작할 수 있다.

2000년에는 대기오염으로 인한 비용이 육상교통 전체 사회적 비용의 약 23%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 혼잡(23%), 토지이용(20%), 교통사고(19%), 온실가스(12%), 소음(4%) 순으로 나타났다.³⁷⁾ 하지만 2010년에는 항목에 따른 교통의 사회적 비용은 2000년과는 달리 혼잡이 31%로 가장 높고 그 다음으로 토지이용(27%) 대기오염(18%), 온실가스(10%), 교통사고(10%) 순으로 나타났다.

2010년에 예측된 사회적 비용중 교통사고, 대기오염, 온실가스 비용은 각각 약 3조 7천억원, 1조 8천억원, 3천억원이 2000년에 비해 낮게 산출되었고, 나머지 혼잡, 토지이용, 소음 비용은 약 6조 1천억원, 5조 7천억원, 1조 6천억원 정도가 2000년 보다 증가하였다.

동일한 수송량을 가정하여 도로와 철도의 환경비용의 차이를 비교하면, 혼잡 비용은 도로에서만 발생하며 교통사고율은 철도에 비해 도로에서 1,000배 이상 높게 예측되었다. 여객과 화물의 단위를 무시하고 단순 가산한 수송량을 기준으로 토지이용에 대한 사회적 비용은 도로와 철도 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 소음비용은 2000년에는 도로에서 철도보다 약 2배였으나 2010년에는 약 3배 가량으로 증가할 것으로 나타났다. 일정한 수송량에 대한 도로에서의 소음이 철도보다 더 증가할 것으로 예측되었다. 단위 수송량에 따른 사회적 비용은 도로가 철도보다 3~4배 정도 높게 산출되었다.

미래의 교통환경을 예측한 결과, 교통혼잡은 날이 갈수록 가중될 것이고, 그로 인해 도로에서 차지하는 교통의 사회적 비용은 가중될 것이다. 따라서 단위 수송량에 따른 도로와 철도의 비용의 차이도 심화될 것으로 전망된다.

37) 교통비용까지 포함하면 교통사고 비용은 혼잡비용보다 높은 약 15조원으로 GDP의 약 2.9%에 해당되는 가장 높은 사회적 비용을 유발한다.

10) 그 밖의 영향 인자³⁸⁾

가) 주5일 근무제

사회통계조사(통계청, 2000)에 따르면 주5일 근무제가 실시되지 않은 상태에서 주말(휴일 포함) 여가활용 방법으로 15.1%가 여행을 선택하였다. 또한 삼성경제연구소(2001)에서 주5일 근무제가 도입되면 휴일 여가활용 방법을 설문조사를 실시한 결과, 22.2%가 여행을 한다고 응답하였다. 설문 결과에 의하면, 주5일 근무제 도입으로 인하여 지역간의 이동 교통량은 증가할 것으로 기대되지만 토요일 휴무로 인한 직장근로자들의 지역내 이동은 감소할 것이다.

예를 들어, 토요일에 자가용으로 출퇴근하는 직장인을 대상으로 직장까지의 평균 왕복거리를 20km로 가정할 때, 주5일 근무제 도입으로 인해 이들 중 10%가 왕복 200km의 여행을 다녀온다고 가정하면 주5일 근무제로 인한 대기오염의 변화는 전혀 없다고 할 수 있다. 혼잡과 관련해서는 좁은 지역내의 이동에서 넓은 지역간의 이동으로 인해 혼잡비용이 오히려 완화될 수 있다. 또한 이들간의 휴일이 여행 출발과 도착 시간의 분산 요인으로 작용한다면 현재(주5일 근무제가 도입되지 않은 상태) 고속도로와 국도에서 발생하는 주말의 교통혼잡을 줄일 수도 있을 것이다. 이와 같이 주5일 근무제에 따른 교통환경은 상황에 따라 복잡하므로 예측하기 곤란하다.

나) 전국 10부제 실시

자동차 이용객을 대중교통으로 전환시키기 위하여 전국에 10부제가 실시되어 모든 국민들이 동참한다고 가정하면 주행거리의 10분의 1을 줄일 수 있다. 자가용 운전을 포기한 운전자는 현 교통체계에 영향을 주지 않는다는 가정 하에서는 대기오염 비용을 4,711억원, 온실가스 비용은 2,768억원으로 추가적인 감소를 가져올 뿐 아니라 혼잡비용 역시 어느 정도 감소할 수 있을 것이다.

38) 2010년 예측된 여객과 화물의 총 수송량은 변하지 않는다고 가정한다.

다) 고속철도 도입

고속철도의 건설로 인한 2010년의 수단분담률은 <표 3-67>의 2012년에서 건설과 미건설간의 변동률을 적용하여 <표 3-87>과 같이 산출되었다.³⁹⁾

<표 3-87> 고속철도 건설로 인한 수단별 수송량의 변화

(단위: 백만인 · km)

구 분	승용차	버스	철도
미건설	392,132	167,348	44,265
건 설	389,723	161,717	40,496
유출량	2,409	5,631	3,769

자료: 철도청. 1998. 『21세기 국가철도망 구축 기본계획 수립 - 최종보고서(제3차)』.

고속철도의 건설이 새로운 여객을 창출할 수 없다는 전제에서 분석하였으므로 미건설 시의 수송량은 건설시의 수송량과 유출 수송량의 합과 일치해야 한다. 고속철도 건설로 인해 버스 여객의 유출이 제일 많으며 그 다음으로는 철도, 승용차 순으로 나타났다. 기존 철도 여객의 8.5%, 버스 여객 3.4%, 승용차 여객의 0.6%가 고속전철로 전환할 것으로 나타남에 따라 대중교통을 이용하는 여객들의 수송수단의 전환율이 개인 승용차를 이용하는 여객보다 높음을 알 수 있다.

고속철도의 도입으로 인한 2010년 고속철도의 여객수송량은 11,809백만인 · km로 전망되며 이는 전체 여객수송량의 1.7% 정도에 불과하다.

39) 2007년과 2012년의 자료를 내삽법에 의해 추정 가능하다. 하지만 2007년의 승용차와 버스의 통행량이 고속전철이 미건설되었을 경우가 건설되었을 때보다 높게 나타났다. 만약 내삽법을 사용할 경우에는 2010년 승용차 및 버스의 통행량은 고속전철이 미건설 되었을 경우가 더 높게 산출되는 문제점으로 인해 2012년의 변화율만 적용하였다.

<표 3-88> 고속철도 도입에 따른 수송량의 변화(2010년)

구 분	도로	철도	계
여객(백만인 · km)	628,808(92.3%)	52,302(7.6%)	681,110(100%)
화물(백만톤 · km)	114,090(89.5%)	13,437(10.5%)	127,527(100%)

라) CNG 버스 도입

2007년도의 목표인 2만대 도입이 달성되었다고 가정하면, CNG 버스의 도입은 CNG 소비량이 431,745천m³으로 추가되는 반면, 경유의 소비량은 연 382,403kℓ를 절약할 수 있다. CNG (대형)버스의 연비와 배출계수의 산출을 위해 1.86km/m³로 가정하였다(환경부, 2002b). <표 3-89>에 나타난 CNG 버스의 CO, HC, NO_x의 배출계수는 2010년 대형 경유버스보다 많이 배출되는 반면, PM과 SO₂는 전혀 배출되지 않는다.

<표 3-89> CNG 버스의 배출계수 및 배출량

(단위: g/km)

구 분	CO	HC	NO _x	PM	SO ₂
배출계수	4.09	0.21	4.40	0.00	0.00
총배출량	3,282.6	172.2	3,535.8	0.0	0.0

2010년까지 대형 경유차량이 계획대로 <표 3-69>와 같이 배출계수를 현격하게 줄일 수 있다면 CNG 버스의 추가적인 도입은 대형버스로 인한 대기오염비용을 오히려 가중시키는 것으로 추정되었다(<표 3-90>).

<표 3-90> CNG 버스 도입에 따른 대기오염비용

(단위: 억원/년)

구 분	배출계수 기준년도	CO	HC	NO _x	PM	SO ₂	계
미도입	경유	804	32	474	965	27	2,302
도 입	CNG	209	13	271	0	0	493
	경유	642	25	378	771	21	1,837
	계	851	38	649	771	21	2,330

2000년 기준 자가용 휘발유의 배출계수 205g/km를 140g/km로 적게 배출한다는 것은 단위당(g/km) 온실가스가 현 수준보다 약 30% 정도 적게 배출되는 것이다. CNG 차량은 기존 경유차량보다 CO₂ 발생량이 20~30% 적게 배출되므로 CNG 차량의 도입이나 기존 경유 차량의 개선이나 온실가스의 저감효과는 비슷하다.⁴⁰⁾

마) 철도의 수송분담률 제고

제4차 국토종합계획에 의한 철도여객 56,592백만 인·km, 철도화물 29,249백만 톤·km를 전제하였다. 제4차 국토종합계획에서 계획하고 있는 철도여객 수송량은 2000년의 수송분담률에 근거하여 산출된 철도여객 수송량(인·km)의 약 1.28배이고, 화물수송량에서는 2.18배로 산출되었다. 이 때, 여객과 화물로 구분하여 산출된 총수송량은 2010년 예상 수송량과 동일하다. 이러한 가정 하에 도로의 수송량은 여객에서는 624,578백만 인·km, 화물에서는 98,278백만 톤·km이다. 이 때 여객의 경우 수송분담률은 도로 92%, 철도 8%이고 화물의 경우에는 도로 77%, 철도 23%로 산출되었다.

여객수송량의 변화를 가져오는 변수로 여객에서는 자가용 승용차의 주행거리, 화물수송량에는 중형과 대형 화물트럭의 주행거리가 영향을 미친다고 가정한다.

40) 일본 환경청에 의하면 CNG 차량은 경유차량보다 CO₂ 발생량이 20~30% 적게 배출된다.(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kensetsusekou/cng/cngtop.html>)

계획된 수송량을 달성하기 위해 자가용 승용차의 주행거리는 2010년 예상 주행거리의 약 3%, 중형과 대형 화물트럭의 경우는 약 20% 가량 덜 주행하는 것으로 가정하여 산출되었다.

본 가정에 의한 수송분담률을 적용할 경우에는 오염물질 배출량의 변화로 인해 도로에서는 약 6,230억원의 편익이 발생하고, 철도에서는 약 1,540억원의 비용이 발생한다. 육상교통의 수송분담률이 계획대로 추진된다면 대기오염과 온실가스 부문에서 현재의 수송분담률 체제보다 약 4,690억원의 편익이 발생할 것이다(<표 3-91>).⁴¹⁾

<표 3-91> 수송분담률 변화에 따른 비용 추정

(단위: 억원/년)

구분	철도 분담률	수송 수단	대기오염	온실가스	계
여객	6.5 % → 8.3 %	도로	1,460	858	2,319
		철도	-321	-273	-595
화물	10.5 % → 22.9 %	도로	2,033	1,879	3,911
		철도	-750	-195	-945
계			2,422	2,268	4,690

도로에서 철도로 수송수단이 전환될 때의 순편익은 여객의 경우 4.0원/인 · km, 화물의 경우 10.1원/톤 · km 으로 산출되었다.

제4차 국토종합계획의 분담률이 실현된다면 도로에서의 휘발유와 경유의 소비량은 2000년의 분담률을 유지하였을 때의 연료소비량(<표 3-71>)보다 휘발유와 경유의 소비량이 줄어들며 전체적으로는 약 200만kl/년 절약하는 셈이다(<표 3-92>).

41) 본 분석에서는 디젤차량의 비율이 2000년과 동일하다는 전제에서 분석하였다. 만약 추가 교통량이 모두 전기차량으로 흡수된다면 철도에서의 추가적인 오염물질의 배출은 없다고 가정할 수 있다.

<표 3-92> 2010년 육상교통 연료소비량(제4차 국토종합계획 기준)

(단위: kl/년)

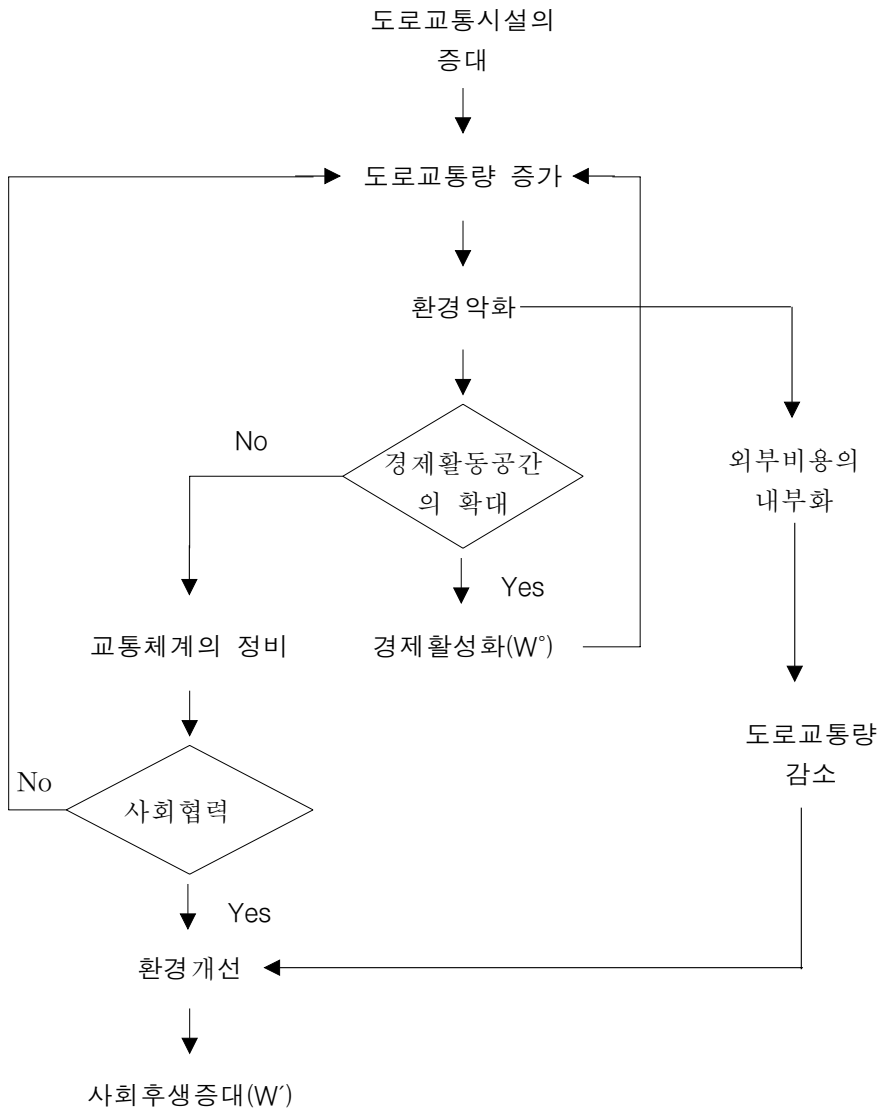
구 분	도로	철도	계
휘발유	18,091,086	0	18,660,191
경유	17,714,149	711,307	18,425,456
LPG	5,830,727	159	5,830,886
계	41,635,961	711,466	42,347,428
비율(%)	98.3	1.7	100

제4장 우리나라 육상교통의 개선방안

그 동안 도로 교통시설은 국가 경제발전의 중요한 사회간접자본으로서의 역할을 해 온 것이 사실이고 그로 인해 국가의 후생수준 역시 향상되었다. 하지만 도로 교통량의 증가에 따른 경제활동 공간의 확대가 이루어지지 못하여 서울을 중심으로 한 수도권에서 교통환경의 악화가 심화되고 있는 실정이다. 이렇듯 국토 공간은 제한되어 있고 늘어나는 교통량만을 고려하여 경제활동 공간을 확대할 수 없는 상황이 현재 우리나라의 교통 현실이다.

<그림 4-1>에서와 같이 현재 우리나라의 교통 현실은 경제활동 공간의 확대로 인해 얻을 수 있는 후생수준(W^0)보다 교통환경을 개선함으로써 얻을 수 있는 후생수준(W^1)이 보다 높을 것이라는 것에 공감대를 형성하고 있다. 이러한 현실 상황 하에 교통환경의 개선을 위해 취할 수 있는 개선 방안은 외부비용을 내부화하는 방법과 교통체계를 정비하는 방법으로 구분할 수 있다. 외부비용을 내부비용화 시키는 방법으로는 수송연료 가격에 환경세 또는 주행세 도입을 상정할 수 있으며, 교통체계를 정비하는 방법으로는 10부제 운행, 대중교통 수단으로의 유도, 지능형 교통시스템 도입 등을 들 수 있다. 하지만 이러한 교통체계의 개선은 사회 구성원들의 협력이 수반되어야 효과를 거둘 수 있다.

본 장에서는 교통환경을 개선하기 위한 다양한 방안을 검토하였다. 하지만 본 연구의 주요 내용이 국토 전체에 대한 교통환경을 분석하고 평가하는데 초점을 두므로써 구체적인 도입방안 전략을 세우는 데는 한계가 있다.



<그림 4-1> 교통발달의 과정

1. 자동차 오염물질 배출량 저감

가. 제작차 기술개발 및 검사기준의 강화

1) 제작차 관련 기술개발

에너지 절약 및 이용효율의 향상을 위해서는 자동차 기술분야의 개발이 필수적이라고 하겠다. 기수립된 에너지 기술 개발 10개년 계획 등을 지속적으로 추진하고, 부처별로 산재되어 있는 기술개발 사업을 서로 연계하여 효율성을 강화시키고 중복투자를 피해야 한다. 여기에 개발된 기술과 그 실증시험 및 실용화와 보급까지 단계별로 체계적인 지원을 통해 효과적인 투자를 이끌어내도록 해야 할 것이다.

일반적인 정부의 기준제시와 차량 제작사에만 의존하는 기술개발에서 벗어나 산·학·연의 합동 연구개발사업을 통해 기술정보의 확산과 인력교류의 활성화를 꾀해야 할 것이다. 한 예로 LPG나 CNG는 엔진기술에 따라 대기오염 배출가스의 양이 크게 달라지므로 이에 따른 기술개발이 지속적으로 필요하다.

또한 오염물질저감 촉매장치와 부착효과 및 국내 적용 가능성 등을 종합적으로 검토하여 가능하다면 제작 단계에서부터 부착을 의무화하도록 한다.

2) 검사기준의 강화

대기환경보전법의 휘발유 및 가스자동차 등의 제작차 배출허용 기준은 장기적으로 미국과 유럽 등의 기준을 받아들여 단계적인 강화를 도모하여야 한다. 또한 분석에서는 고려하지 못하였으나 현재 배출허용기준이 설정되어 있지 않은 불도저, 지게차, 굴삭기 등의 특수 건설기계 차량들에 대해서도 배출허용기준을 설정해야 하며, 운행중인 건설기계에 대해서는 배출가스 정기검사 및 수시검사 제도를 도입하여 대기오염물질에 대한 규제를 강화하여야 한다.⁴²⁾

42) 우리나라의 운행차에 대한 검사제도는 자동차관리법에 의한 운행차 정기검사와 대기환경보전

현재 도심에서 택배의 주요 운송수단인 이륜차는 물류의 수요가 증가하고 있는데 이들 차량에 대한 배출량이 적지 않은 수준이다. 이륜차는 승용차에 비해 상대적으로 높은 HC를 배출하므로 이륜차의 보급이 더 확산되기 전에 50cc 미만의 이륜차를 포함하여 제작차와 운행차 모두 저공해화 대책을 수립해야 할 것이다.

운행차의 정기검사는 검사대상을 현재보다 크게 확대하고 검사방법을 개선해야 하는 것은 물론, 노후차량에 대한 사후관리까지도 강화시켜야 한다.

특히 운행중인 경유차의 저공해화를 위해서는 천연가스 등 저공해차로 대체해야 하며, 대체 곤란한 화물차는 매연여과장치를 부착하도록 하여야 한다. 현재 도로교통에서 발생하는 대기오염물질의 많은 양을 차지하고 있는 경유차의 감소를 위해서는 경유의 질을 향상시키는 한편, 휘발유 대비 경유가격을 선진국 수준으로 올리는 방법도 추진하여야 할 때이다.

운행차 정기검사에 불합격한 차량을 대상으로 일정 요건을 만족하는 차량에 대해서는 국가에서 폐차보조금을 지급하여 조기 폐차를 유도해야 한다. 또한 노후차 소유자가 신차 구입시에 자동차업계에서는 가격할인 등의 혜택을 부여하도록 유도해야 할 것이다.

나. 청정연료의 확대

1) 청정연료 차량의 보급확대

수송분야에서 석유의존도를 낮추기 위해서는 천연가스, 연료전지, 에탄올, 메탄올, 바이오디젤 등과 같은 대체연료(청정연료)의 사용을 더욱 확대하여야 한다.

법에 의한 운행차 수시검사로 나누어 관리하고 있다. 또한 안전검사주기가 완화됨에 따라 안전검사주기 사이에 시·도지사가 조례로 배출가스 검사만을 실시할 수 있도록 중간검사제도를 도입하여 대기환경보전법을 개정하였다. 또한 비도로용 이동오염원인 건설기계, 농기계 및 철도에 대한 사실적인 배출가스 규제가 이루어지지 않고 있으며, 다만 건설기계 일부(덤프트럭 등)만이 배출허용 기준으로 규제되고 있다.

우리나라의 2000년 교통부문의 에너지원별 소비분담률을 살펴보면 경유가 43%이고 휘발유가 25%를 차지한다. 특히 육상교통부문에서는 약 49%가 경유를 소비하고 있는 상황이며, 현 가격체제 하에서 앞으로 경유승용차가 보급될 것을 가정한다면 향후 육상교통부문에서의 경유의 사용을 더욱 증가시킬 것이다. 또한 경유소비량의 증가로 인해 배출되는 배기가스는 대기오염을 더욱 악화될 염려가 있다.

천연가스, 전기 하이브리드차, 전기 자동차, 연료전지 자동차 등 정부에서 지정한 저공해 자동차의 보급 확대를 위해서는 제작사에게 판매하는 자동차의 일정 비율에 대해 보급을 의무화하여야 한다. 한편, 일반인에게는 구입보조 혜택을 부여해야 할 것이다.

실효를 거두기 위해서는 우선 정부가 보유하고 있는 자동차를 우선적으로 전환하는 계획을 추진해야 할 것이다.⁴³⁾ 이에 따라 저공해 자동차의 세부적인 보급 방법과 보급률 등은 정부와 자동차 제작사간의 긴밀한 협약이 우선적으로 필요하다.

이렇듯 저공해차 개발 및 보급은 가장 근본적이고 핵심적인 자동차 배출가스 저감대책이라 할 수 있다.

2) 환경 등급 및 세제 혜택

청정한 교통환경을 위해서 이미 선진국에서 시행하고 있는 환경등급을 이용한 여러 정책을 도입해야 할 것이다. 미국의 EPA에서 시행하는 ‘Green vehicle class rating system’은 동급차종에서 배출가스와 연비의 두 인자 중 보다 낮은 값을 반영하여 등급을 부여하며, EU의 환경-라벨링이나 일본의 저공해차 지정제도 또한 환경등급을 이용한 제도이다.

43) 현재 정부에서 추진하고 있는 천연가스 시내버스 보급 정책외에 청소차량의 저공해를 위해 청정연료를 사용하기 위한 「청소차량의 저공해화 방안연구」 등을 하였다.

환경-라벨링은 차량의 배출량을 기반으로 하는 자동차 특성을 나타내는 등급표, 즉 환경적 기준으로 자동차 환경-라벨링의 주요 목적은 환경친화적 소비자를 유인하는데 있다. 또 다른 목적은 저공해차량에 대한 통행료, 주차요금 할인 등의 재정적 수단과 행정기관에 대한 일정비율의 저공해차량 구매, 저배출구역, 우선주차, 주차제한 등의 출입제한 기준으로 사용 가능하다. 이는 또한 제작사로 하여금 저공해 차량의 시장성에 대해 인식할 수 있는 계기를 마련해 줄 수 있다.

이렇듯 정부는 청정연료에 대한 세금 감면이나 청정연료를 이용하는 자동차의 구입비용을 낮추거나, 자동차 세금을 감면하는 등의 세제 혜택을 줄 수 있으며 환경등급에 따라 여러 정책을 추진해야 할 것이다.

다. 자동차 연료 품질기준 강화

선진국의 향후 자동차 배출허용기준 강화추세와 국내 대도시 대기오염의 문제의 심각성으로 인한 우리나라 자동차 배출허용기준을 고려해 볼 때 앞으로 황함량 등 전체적인 항목 기준이 강화될 것으로 보인다. 그러나 강화된 기준에 따르기 위해서는 여러 가지 대책이 필요하다.

현재 우리나라 기술 수준에 의하면 50ppm의 저황연료의 생산과 공급에는 기술적으로 문제가 없을 듯하나 황함량이 15ppm 이하의 연료는 정제횟수의 증가로 인하여 생산량이 줄어들어 단기간에 전국적으로 보급하는데는 어려움이 있다(대한석유회社, 2002). 따라서 지금과 같은 생산량을 유지하기 위해서는 시설투자, 비용, 기간이 수반되어야 할 것이다.

그 외 가스연료의 품질개선은 LPG의 경우 프로판 비율을 상향조정하고 황함량을 강화하며, 천연가스는 품질기준을 설정하여야 한다.

연료품질기준의 강화 정도는 향후 우리나라의 대기오염물질의 배출량과 선진국 추세에 대한 분석이 함께 이루어져야 한다. 석유가 나지 않는 우리나라의 현실과 국내 대기오염 실태를 고려하여 연료품질기준 강화의 기본방향을 마련하고

이와 연관되는 민·관·연의 원활한 협조가 필요하다.

자동차의 대기오염물질 배출허용기준이 전세계적으로 강화됨에 따라 배출저감을 위한 자동차의 신기술 도입이 당연히 예상되며, 이에 따라 자동차 연료품질 기준의 강화도 요구되는 시점이다. 이는 자동차 엔진과 배출저감 장치의 기술적 발전에 부합되는 연료의 질 향상을 통해 대기질 개선에 기여할 수 있기 때문이다.

라. 자동차 세제의 구조 변경

현재의 자동차 세제 구조를 운행중심인 주행세로 전환하면 운행거리 저감 등으로 에너지 소비 절감, 배출가스 저감, 원활한 교통소통 등 여러 가지 효과를 얻을 수 있다. 이렇게 모아진 주행세에 내재된 사회적 비용 중 일부를 대기오염 저감을 위한 투자비로 활용할 수 있다. 또한 수송 연료에 부여하는 세제의 일부를 교통환경 개선을 위해 활용토록 해야 할 것이다.

2. 대중교통수단의 이용 증진

가. 대중교통의 서비스 증진 및 정시성 확보

1) 직행 고급서비스의 도입

대중교통수단의 서비스를 현재보다 향상시켜 기존의 자가용을 이용했던 교통을 흡수하여 도로의 혼잡을 완화시켜 혼잡비용을 감소시켜야 할 것이다. 버스나 지하철 등 공통적으로 배차간격의 축소와 냉·난방의 완비, 혼잡도 완화, 안락도 향상, 시설개선, 환승 및 동선의 축소 등이 이루어져야 한다. 특히, 수도권에서는 지하철은 주교통수단으로, 버스는 보조교통수단으로의 전환을 모색해야 할 것이다.⁴⁴⁾

특히, 도심과 도시외곽에 생성된 주거지역과의 원활한 소통을 위해서는 이를 연결하는 장거리 교통수단으로서 직행고속 버스의 도입이 필요하다. 현재 많은 직행버스들이 운행을 하고 있으나 직행이라는 의미를 부여하기에는 아직 미흡한 점이 있다. 따라서 노선의 직선화와 중간 정류장의 최소화로 운행시간을 단축시키고, 기존 노선버스의 고급화와 배차간격을 단축시켜 다른 교통수단 이용객의 전환율을 높여야 한다. 이와 함께 대형 경유버스에서 천연가스 버스로의 전환이 계획대로 이루어져야 할 것이다.

지하철의 경우에는 기존 노선에 대한 급행서비스의 도입이나 또는 주요 역만을 연결하는 새로운 급행전철망의 확보가 필요하다.⁴⁵⁾

2) 버스 정시성 확보

버스 이용시 가장 불편한 사항은 정확한 시간에 도착하지 않고 출발하지 않는다는 것이다. 버스를 이용할 때 도로혼잡으로 인해 정류장에 불규칙하게 도착함으로써 인해 버스를 기다리는데 시간을 허비해야 하는 불편이 발생한다. 이는 버스 이용을 기피하는 주요 이유중 하나이다. 따라서 버스의 정시화를 위한 노선의 합리화 및 버스 도착안내시스템(과천시에서 일부 적용)을 도입하여야 한다.

버스안내시스템은 정류장에 도착할 버스의 노선번호와 도착할 시간뿐만 아니라 막차유무까지도 안내가 가능하며, 이용 중에 목적지까지 도달할 수 있는 대중교통 연결 정보 및 소요될 시간까지도 이용객이 알 수 있도록 다양한 정보를 제공하는 시스템이다.

44) 최근 서울시에서 발표한 '비전 서울 2006'의 시정 4개년 계획에 따르면 앞으로 시내버스는 간선과 지선 시스템으로 운행하게 된다. 도심과 외곽을 급행 운행하는 간선버스와 교통권 역내를 연계·순환운행하는 지선버스 등으로 개편된다.

45) '비전 서울 2006'에서는 야간 통행이 급격히 증가하여 시민들에게 편의를 제공하기 위해 지하철의 운행시간을 기존보다 1시간 연장 운행하고, 역 한 곳을 건너 뛰어 정차해 운행시간을 단축하는 격역정차제도가 서울지하철 일부 구간에 시범실시할 계획이다. 기존 노선은 격역정차식으로 운영하되 3호선에서 시범 시행한 뒤 확대할 계획이며, 9호선은 대피선을 설치해 격역정차제를 시행할 방침이다.

나. 요금체계 정비 및 다인승 차량 우대

1) 대중교통수단간 환승요금체계 정비

대중교통수단간의 환승요금체계는 대중교통수단의 운영주체가 상이할 뿐만 아니라 버스간에도 노선별로 운영주체가 상이하여 쉽게 도입하기가 어렵다. 환승요금체계가 제대로 도입되지 못함으로 인해 이용자의 부담을 가중시키고 이용자간의 형평성을 저해할 소지도 있다.

현재 우리나라에서 사용하고 있는 시스템은 마을버스와 버스, 지하철과 버스 사이에 이용자의 환승시에 일정액을 요금에서 감면하며, 이때 할인된 요금은 지자체에서 보조하는 체계이다. 장기적으로는 환승시 두번째에 이용한 교통요금은 부과하지 않는 시스템으로도 발전 가능하며 이런 방안들은 이용자의 편의 증진과 대중교통의 경쟁력 향상을 위해 도입이 매우 필요하다.⁴⁶⁾

2) 지하철 및 버스의 다양한 할인 요금제도

지하철과 버스의 정기권에 대한 대폭 할인은 고정이용고객 우대에 따른 가격 차별화와 대중교통 이용률을 높이기 위해서는 필요한 인센티브제도이다. 그러나 현재 버스에 대한 정기권은 사용되고 있지 않으며, 대부분의 이용객들이 교통카드를 이용하고 있어서 정기권에 대한 이용률이 낮아졌다는 것을 알 수 있다. 철도의 경우에는 직장인과 학생을 대상으로 정기권이 이용되고 있으나 요금의 합리화 및 전반적인 요금체계 개편이 필요하다.⁴⁷⁾ 또한 침두시 수요가 없는 고속도로 구간에서의 이용료는 외국과 같이 할인을 매우 높은 정기권을 발행하여 고속도로 이용료가 비싸서 혼잡한 국도를 이용하는 사람들에게 노선의 변경을 유

46) 2002년 10월 1일부로 안양시에서 운행되고 있는 보영운수와 삼영운수 일부 버스의 경우 승객의 환승시 두번째 이용한 차량의 교통요금은 부과하지 않고 있다. 이때 할인된 요금은 안양시에서 보조하고 있으며 시행기간은 정해져 있지 않은 상태이다.

47) 지하철의 경우 침두시에는 기본요금을 적용하고 야간에는 요금을 할증하며, 주간에는 할인해주는 차등요금제를 도입한다. 또한 승차거리에 따라 요금을 다르게 받는 방안도 '비전 서울 2006'에 포함되어 있다.

도함으로써 기존의 혼잡한 도로의 혼잡완화와 고속도로의 재원확보도 함께 이루어질 수 있다.

이렇듯 택시, 버스, 지하철 등 전체 대중교통수단 대상으로 요금 합리화를 비롯한 다양한 방법을 적용하는 동시에 외국보다 운행거리가 높은 시내버스와 택시의 운행거리를 감소시켜 대기오염의 저감을 모색해야 할 것이다.

3) 다인승 차량 우대

그 외에 버스로의 수단전환율을 높이기 위한 정책을 보면 버스전용차선제나 버스우선신호제 등의 제도적인 인센티브로 운행시간의 단축을 가능하게 할 수 있다. 그러나 지금과 같은 경우 대형차량은 자가용 승용차보다 대기오염 측면에서 결코 우위에 있지 않으므로 천연가스 버스로의 전환이 시급하다. 고속도로에서의 다인승차량 전용차선제나 통행료 할인 등 나홀로 차량의 수를 줄이기 위한 방안을 다각도에서 검토해야 할 것이다.

3. 혼잡완화를 위한 교통수요 관리

가. 도심내의 교통수요관리(TDM)

1) 도심통행료 징수

수요관리방법 중 도심내의 교통혼잡을 완화하기 위해 혼잡통행료를 징수하여 도심내를 운행하려는 차량의 수를 감소시킨다. 최근에는 전자장치에 의한 통행료 자동징수기법 등을 도입하여 확대 운영하려 하며, 통행료 징수가 혼잡 완화의 목적뿐만 아니라 재원조달의 목적으로도 사용되고 있다.

2) 주차수요 관리

대도시에서는 주차요금을 이용하여 승용차의 도심 진입 및 운행을 억제할 수

있다. 대부분의 국가에서는 혼잡완화를 위해 주차요금을 크게 인상하고 있으며, 주차구역의 유료화와 침두시 주차요금의 차등부과, 기업의 무료주차장 유료화 등의 다양한 방법을 추진하고 있다.

또한 처음부터 도심주차장의 설치규제(주차장 상한제)를 강화하여 주차장의 수를 줄임으로써 도심에서의 주차를 어렵게 하여 차량운행을 감소시킨다.

거주자의 주차를 위해 거주차우선주차제를 더욱 확대 실시하며, 불법주차를 철저히 단속하고 다인승 차량 및 카풀차량에게 주차혜택을 주어야 한다.

일본의 경우 주차수요관리정책 중 대표적 사례로 주차장 안내시스템이 있다. 이 시스템에서는 도심으로 진입하는 차량에 주차장의 위치와 여러 주차정보를 제공함으로써 주차장을 찾기 위한 불필요한 운행 및 교통혼잡을 감소시켜 대기 오염물질 발생을 저감시킨다.

3) 자동차 통행제한 지구제

이 제도는 도심의 교통혼잡 완화를 위한 강력한 규제방안으로 상업 및 업무지구가 밀집된 도심지 교통의 거점지역을 특별히 대중교통 전용지구로 지정하여 개인용 차량의 통행을 제한시킨다. 대신 대중교통수단을 이용하여 통행이 가능토록 해야 한다.

4) 기업체 등에 대한 교통량 감축 프로그램 확대

일정규모 이상의 사업장에 대해 주차장을 유료화하고 카풀제 및 통근버스 운행 등 교통량 감축 프로그램의 이행을 확대한다. 이 프로그램에 참여업체 등에 대해서는 교통유발부담금 경감 등의 혜택을 부여하여 참여율을 더욱 증가시킨다. 또한 기업체에서는 재택근무를 확대하거나 출근시차제를 실시하여 교통수요의 감축이나 분산을 유도할 수 있다.

5) 녹색교통(자전거) 이용시설 확대

환경친화적 교통수단인 자전거의 수송분담률을 높이기 위해 이용편의시설을 확충한다. 우선 자전거 전용 도로를 건설하고 서로 연계시키거나 또는 기존 도로에 전용차선을 추가할 수 있다. 세부적으로는 자전거 통행에 불편을 주는 도로 시설물을 개선하고, 신도시 및 신시가지에서는 계획에서부터 반영시킨다. 또한 자전거 보관대, 샤워 및 탈의시설과 같은 자전거 이용자의 주차편의 등을 위한 시설과 보조편의시설들을 확충하여 이용의 활성화를 도모한다. 주로 근거리 통행수단인 자전거는 지하철역과 버스정류장 등 다른 대중교통수단으로의 연계가 가능하도록 하는데 중점을 두어야한다.

나. 지능형 교통시스템(ITS) 추진

지능형 교통시스템이란 차량 및 교통시설에 새로운 기술을 도입하여 여러 구성요소들이 유기적으로 작동할 수 있게 하는 체계로써 대규모 투자 없이도 주행조건의 최적화로 교통혼잡의 감소 등의 편익이 발생한다.

기존 도로시설의 효율적인 운영을 통해 혼잡을 감소시켜 이용의 안전성과 나아가서 에너지 절감과 환경오염 저감까지 가능하다. 실시간 신호제어로 원활한 차량의 소통을 유도하고, 주행속도를 개선하며, 혼잡지역을 우회할 수 있는 노선의 정보제공 등의 체계를 구축한다. 교통혼잡으로 인해 통행시간이 늘어나고 그 결과 대기오염의 증가가 심각하게 발생하는 도시내 및 지역간에 이 시스템을 구축하여 혼잡을 감소시키고 통행시간을 단축함으로써 배기가스의 배출량이 감소되어 환경오염의 저감과 에너지 사용의 효율성을 극대화시킨다.

특히 대중교통에 적용하여 서비스 질을 향상시켜 자동차 이용수요를 대중교통으로 전환하여 환경오염의 저감을 꾀할 수 있는데, ITS의 한 분야인 첨단대중교통분야(APTS: Advanced Public Transportation System)는 대중교통의 운행일정, 차량의 위치정보 등을 이용자와 관리자 양측에 제공하여 대중교통수단인 버스와 지하철의 효율적인 이용과 운영이 가능하게 하는 것이다.

여기서 이용객들에게 알려줄 수 있는 정보에는 노선 및 구간별 주요 소요시간과 환승안내 및 실시간 운영현황 등이 있으며 정류장 도착예정시간까지 포함된다.

다. 교통사고의 감소 노력

교통사고의 발생은 그 나라의 국민들의 교통의식 수준이 절대적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 선진국들의 경우 교통사고 발생건수 및 사망자수가 감소추세에 있으며, 교통사고 사망자수는 우리나라가 선진국보다 높은 감소율을 나타내었다. 이미 자동차 등록대수당 교통사고 발생건수 역시 감소하고 있는 추세이고, 철도 교통사고도 같은 상황이므로 향후 지속적으로 감소될 것으로 예측되었다. 하지만 아직 우리나라의 교통사고 건수는 선진 외국과 비교할 때 매우 높은 편인데 이는 도로연장당 자동차수가 많은 것도 한 요인이겠지만 운전자와 보행자들의 교통의식도 중요한 요인이라 하겠다.

따라서 장래 사고비용분석에서 도출된 선진국과 같은 수준의 사고율이 되기 위해서는 사고예방에 대한 각종 교육과 안전벨트매기 등의 안전수칙에 대한 주기적이고 지속적인 홍보를 실시하여야 한다. 또한 교통사고시 인명피해를 줄이기 위해 차량에 대한 안전장치 및 교통시설에 대한 안전시설에도 관심을 가져야 할 것이다.

라. 화물차량의 효율적 운행

우리나라의 물류는 효율적인 화물수송체계와 위험물차량의 특별관리체계가 미비한 실정이다. 우선적으로 화물자동차 운송사업의 체계를 개선하여야 한다. 그러기 위해서는 우선적으로 분산되어 운영되고 있는 운송사업이 구조조정에 들어가야 되며, 화물자동차의 안전한 운행과 운행의 효율성을 높이도록 하여야 한

다.

여기에서 도입되어야 하는 것이 종합물류 정보망이다. 종합물류 정보망을 구축하고 물류를 공동화 한다면 수송의 효율성을 높일 수 있을 것이다.

우선 복합물류터미널에서 실행 가능한 것은 화물정보시스템을 구축하는 것이다. 배송센터 운영시스템, 차량위치 추적시스템, 알선 매칭 시스템 등으로 나눌 수 있다. 배송센터 운영시스템(DOS)이란 입출고, 로케이션 및 수배송관리까지를 말하며, 차량위치 추적시스템(TOS)이란 위치정보, 화물 및 차량정보관리를 하고, 알선 매칭 시스템(MOS)은 화물운송의뢰 및 차량수배송관리이며 이러한 시스템으로 구축하여 물류터미널을 운영할 수 있다.

이렇듯 공동 수송체계를 구축하여 적재효율 및 운행효율을 개선하고 화물과 화물차량에 대한 위치를 계속적으로 추적하여 관리하고, 각종 정보를 제공함으로써 공차율을 최소화하고 효율적인 배차관리를 할 수 있다. 이렇게 효율적인 화물차량과 배차관리를 통해 운영의 효율성을 높이고, 더 나아가서는 에너지 소비의 절감과 환경오염 저감까지 가능하다.

4. 철도운송의 활성화

가. 철도운송의 경쟁력 강화

수송부문의 온실가스 배출은 매년 증가하였으며 석유에너지 소비의 증가로 인해 더욱 악화되었다. 이러한 상황에서 지구환경 문제를 해결할 수 있는 수송수단은 철도이며, 선진국들은 이미 철도운송의 경쟁력 강화에 관심을 갖고 있다. 우리나라의 경우에는 국가간선철도망 구축의 기본목표인 효율적 교통체계 구축과 국토의 균형발전 및 환경보존 그리고 남북통일과 국제수송 대비 등에 중점을 두고 있다.

철도는 신설되는 철도망과 연계하여 선로개량 및 전철화, 복선화가 되어야만

체계적이고 효율적인 운송이 가능하고 철도의 경쟁력이 회복될 수 있다. 장기적으로 주요 축은 모두 고속철도로 구축하고, 기존 간선철도는 고속철도 신선과 연계하여 고속철도 차량이 운행될 수 있도록 선로개량 및 전철화와 복선화를 추진해야 한다. 또한 주요 도시간 미연결구간의 간선철도는 새롭게 신설되어야 한다. 여기에 철도시설 이용자의 이용성을 높이기 위해서 접근교통시설의 정비도 중요하다. 철도역의 접근성을 높이기 위해 타교통수단과의 연계성을 고려하여 철도노선을 확충해야 할 것이며 이용객이 철도역에서의 다른 지역 및 도시내 이동이 편리하도록 교통체계가 이루어져야 한다.

철도망 체계는 도로와는 경쟁관계이나 효율성 부분에서는 서로 연계성이 높아질 수 있게 단절구간의 연결과 연계체계가 강화되도록 구축되어야 하며, 수송수요에 대한 지역별 선로용량의 균형화까지 고려하여야만 여객 및 화물의 철도이용이 균형적으로 이루어질 것이다. 특히 산업철도망은 산업단지의 배후 철도노선이 확충될 수 있도록 구축하여야 한다.

나. 철도의 서비스 개선

철도의 물류수송을 위해서는 무엇보다도 철도역과 배후지역을 물류거점시설로 개발하는 것이 중요하다. 앞에서 말한 복합운송망의 확충과 철도화물의 수송률을 높이기 위해서는 단순한 철도시설의 개량이나 확충뿐만 아니라 수송열차의 배차증대, 고속화, 선적 및 하역작업의 첨단화 등이 필요하다. 여기에 내륙컨테이너기지화 복합화물터미널 등의 활성화를 유도하고 운임이나 지방세 등 철도운송과 관련한 제도적인 개선까지도 고려할 수 있다.

철도망의 구축뿐만 아니라 철도의 시설과 운영의 분리를 통하여 시설투자의 증대와 적자의 해소로 경쟁력을 강화시킨다. 철도선진국들의 경우와 같이 운영을 포함한 역할을 명확히 하는 것이 운영의 선진화이다. 철도시설과 운영을 분리하는 측면에서 공사화나 민영화는 불가피한 것으로, 철도의 특성을 살리고 운영

면에서 경쟁력을 확보할 수 있는 방안이라 하겠다.

또한 수송시장에서 요금체계나 운임 및 소요시간 등 철도의 경쟁력을 강화시킬 수 있는 운영체제로 경쟁력을 확보해야 한다. 이것은 철도시설만을 확충해서 이루어지는 것이 아니라 이용자를 위한 편의시설, 서비스, 시설수준 등이 갖추어져야만 한다.

5. 토지이용의 효율화 및 소음저감

가. 토지이용의 효율화 방안

제4차 국토종합계획에서 계획하고 있는 향후 우리나라의 도로와 철도의 연장은 도로의 경우 2020년에 20만km, 철도는 4,200km 이다. 현재 도로와 철도가 각각 88,775km, 3,123km인 것을 고려할 때 매우 높은 수치이며, 앞부분에서 분석한 데로 면적으로 환산했을 경우에도 2000년 면적보다 도로는 61.9%, 철도는 15.8%를 10년 안에 추가로 건설하여야 한다.

이렇듯 향후 계획에 따라 도로와 철도가 새롭게 건설되기 위해서는 많은 토지가 필요하다. 따라서 좀더 효율적인 토지이용을 위해서는 도로와 철도의 중복구간을 최대한 줄이면서 여객과 화물 수송량을 철도로 전환하도록 하는 노력이 필요하다. 신설되는 계획구간에 대해서는 여러 가지 요소를 신중하게 고려할 필요가 있다.

나. 주거지역 소음대책

이제는 고속도로와 고속철도와 같은 고속 이동에 필요한 많은 시설과 여러 종류의 도로와 철도의 많은 건설로 인해 농촌까지 교통소음으로 인한 피해가 발생하고 있다.

도시 사람들이 가장 크게 느끼는 교통소음의 배출원인 자동차는 도로망의 확장과 차량대수의 급격한 증가로 인해 대도시의 경우 주요 소음원이 되었다. 현재 자동차 소음은 대부분의 주거지역까지 그 피해가 발생하고 있으며, 이들 차량의 엔진음과 타이어 마찰음, 배기음 등은 주행속도와 엔진회전수, 도로의 포장상태 등에 의해 변하게 된다.

분석결과 2000년에 비해 2010년도 소음으로 인한 피해비용은 도로는 약 1.8배, 철도는 약 1.3배로 나타났다. 이렇듯 소음으로 인한 피해비용은 계속적으로 증가하게 될 것이다.

따라서 주거지역 대상으로 이동소음규제지역을 확대하며, 교통소음규제지역에서의 통행속도제한, 경음기 사용금지 등의 소음저감 대책을 추진하도록 한다. 또한 도로의 포장상태에 대한 적절한 유지보수에 힘쓰며, 차량의 급출발·급제동을 막기 위한 운전자 교육과 홍보를 추진한다. 여기에 혼잡완화와 교통흐름이 원활하도록 신호체계개선과 교통수요관리, 그 외 과적차량의 단속 등을 함께 시행하여 효과를 상승시킬 수 있다.

철도의 경우는 전동소음, 구동장치소음, 공력소음 및 저주파 소음 등이 있는데, 이들은 대부분이 차량자체와 레일에 의해 발생하는 소음이다. 그러므로 철도소음 피해비용을 줄이기 위해서는 기술적인 부분의 개선이 이루어져야 할 것이다.

앞으로 선진국과 같이 지하철, 도시철도 및 지역간 철도 등 보다 친환경적인 교통인프라에 투자를 확대하여야한다. 이렇게 시스템을 바꾸고 투자함으로써 기본적인 도시의 교통체계를 친환경적으로 구축할 수 있다. 여기에 기업체 등에 대한 교통량 감축 프로그램의 확대나 경차 보급확대 등의 시책이 강화되어야 하며, 나아가서 환경보전형 교통정책 및 국토·도시계획의 수립을 추진하도록 해야 할 것이다.

제5장 결론 및 제언

교통의 사회적 비용 측면에서는 철도가 도로보다 약 3~4배 우수한 것으로 나타났다. 향후 혼잡비용의 급격한 상승으로 인해 그 차이는 더욱 심화될 것이다. 현재 우리나라의 지속가능한 교통을 저해하는 요인은 첫째 대중교통의 대명사라 할 수 있는 경유 대형버스의 대기오염 수준이 단위 수송량 기준에서 자가용 승용차와 별 다른 차이가 없으며, 둘째 LPG 택시 차량의 대기오염물질 배출량이 저조한 기술 개발로 인하여 휘발유 차량보다 많이 배출되고 있는 것이다. 셋째 대기오염물질에 많은 비중을 차지하는 경유의 배출계수가 아직 다른 선진국에 비해 높은 것이다. 그밖에도 교통체계적인 문제점을 들 수 있다.

2000년 육상교통부문의 총 사회적 비용은 49조원 정도로 산출되었으며 이는 GDP 대비 약 10% 정도로 다른 교통 선진국과 비교할 때 육상교통의 사회적 비용이 국민소득에서 차지하는 비중이 결코 적지 않음을 알 수 있다. 이러한 사회적 비용은 평가범위와 방법에 따라 액수의 차이가 나타나지만 우리나라는 좁은 국토에 높은 인구밀도, 수도권에 집중된 인구, 경제의 급속한 발전 등의 요인으로 교통으로 인한 사회적 비용이 선진국에 비해 높은 것이 어찌면 당연할지도 모른다. 하지만 도로와 철도의 진정한 우위성을 평가하기 위해서는 환경적인 측면에서의 편익뿐 아니라 사회·경제적 편익까지 포괄하여 사업의 타당성을 평가해야 할 것이다. 총비용의 산출에 있어 절대적으로 중요한 것이 단위비용이다. 이들 비용에 대한 체계적인 연구를 통해 단위 사회적 비용에 대한 공감대가 형성될 수 있도록 해야 할 것이다.

본 분석에서는 노선 설치비용이나 운행으로 인해 얻는 운전자들의 편익을 고려하지 못하였고 또한 전철의 경우에는 대기오염이 없는 것으로 가정하였으나 이 또한 하나의 전제였음을 밝힌다. 또한 철도 여객의 약 40%를 차지하는 지하철 내의 미세먼지로 인한 호흡기 불편으로 인한 사례가 지적되고 있으므로 이에 대

한 사회적 비용을 평가해야 할 것이다. 교통의 사회적 비용은 본 연구에서 평가한 항목 이외에도 노후차량의 문제, 수질오염, 생태계로의 파급효과, 자연·경관의 피해, 지역의 분리로 인한 불편함 등이 있으며, 향후 이에 대한 연구 역시 추진할 필요가 있다. 또한 전국을 일괄하여 분석하였으나 지역에 따라 특성이 상이하므로 수도권, 광역시, 지역간으로 구분하여 지역 특성에 부합한 분석을 해야 할 필요가 있다. 그래야만 지역별 교통대책이 보다 구체적으로 도출될 수 있을 것이다. 특히, 서울특별시는 다른 도시에 비해 교통문제가 심각할 뿐 아니라 주변 여건 역시 매우 다르므로 이에 대한 교통정책은 다른 도시와 구분하여 수립해야 할 것이다.

미래 교통환경의 개선을 위해서는 배출규제를 계획대로 강화하는 동시에 교통혼잡을 줄이기 위한 강력한 정책들이 요구된다. 이를 위해서는 노선 건설로 인한 자연생태계의 훼손을 최소화시키기 위해서는 국토계획 단계에서부터 생태계의 영향까지 고려해야 할 것이며 또한 소음 발생을 줄이기 위해서는 사업계획 때부터 완공 후에 발생할 수 있는 교통량에 따른 소음의 정도를 철저히 분석하여 그에 상응한 소음시설을 설치하여야 할 것이다. 최근 들어 서울시와 정부는 교통환경을 개선하기 위한 다양한 정책들을 추진하고 있다. 여기에 장기적으로는 우리나라의 전체적인 환경개선을 위해서라도 EST 달성을 위한 준비체제를 조속히 추진해야 할 것이다.

본 연구를 수행하면서 어려웠던 점은 제시하는 통계자료들간의 수집 대상이나 기준이 다름에 따라 수치의 차이가 나타나는 것이었다. 예를 들어, 국가의 공식적인 도로의 수송량 정보는 전국을 대상으로 하지 않음으로 인해 국가 전체의 수송량 정보를 얻을 수 없다는 것이다. 이미 OECD 회원국인 우리나라는 향후 교통통계 자료를 작성할 때에는 먼저 회원국들이 마련해야 할 자료에 대한 철저한 파악을 통해 부족한 자료를 보충하도록 해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 건설교통부. 1999. 「국가기간교통망계획(2000~2019)」.
- _____. 각년도. 「건설교통통계연보」.
- _____. 2001a. 「교통분야 온실가스 감축관련: 온실가스 감축대책 등 교통 환경관련규제의 거시경제효과 분석」.
- _____. 2001b. 「국가물류기본계획(2001~2020)」.
- _____. 2001c. 「7대도시 교통현황」.
- _____. 2001d. 「도로업무편람」.
- _____. 2001e. 「제1차 중기교통시설투자계획(2000~2004)」.
- _____. 2001f. 「2001년도 교통안전연차보고서」.
- _____. 2001g. 「교통시설 투자평가지침 연구」.
- _____. 2001h. 「수도권 광역교통망계획」.
- _____. 2002a. 「공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침」.
- _____. 2002b. 「전국 및 5개 광역시 여객·화물통행특성분석」.
- 경찰청. 2001. 「2001 도로교통안전백서」.
- 교통개발연구원. 1997. 「경부고속철도 기본계획보완-최종보고서」.

김강수 . 2001. 「교통환경 관련 사회적 비용의 계량화(2단계)」 . 교통개발연구원.

김경진 외 . 2001. 「2000 전국교통혼잡비용 산출과 추이 분석」 . 교통개발연구원.

김경철 외. 2000. 「철도사업의 비용효과분석 - 매뉴얼99」 . 서울시정연구원.

김상겸 외. 2002. 「교통부문사업 예비타당성조사의 환경비용추정 연구」 . 한국개발연구원.

김용건 외. 1997. 「자동차 공해저감대책의 비용효과분석 및 경제적 유인제도 적용방안」 . 한국환경정책·평가연구원.

김재형. 2000. 「철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(개정판)」 . 한국개발연구원.

대한민국정부. 2000. 「제4차 국토종합계획 2000~2020」 .

대한석유협회. 2002. 「2002년 이후 차기 자동차연료 품질기준(안) 설정연구」 .

산업자원부. 2000a. 「1999 에너지총조사보고서」 .

_____ . 2000b. 「기후변화협약 및 교토의정서 대응전략 연구(제1차 연도)」 .

_____ . 2001. 「에너지통계연보」 .

삼성경제연구소. 2001a. 「주5일 근무와 소득과 여가에 대한 인식」 .

_____ . 2001b. 「한국철도의 르네상스를 꿈꾸며」 .

서울특별시. 1991. 「서울시정」 .

_____ . 1999. 「서울교통 미래21」 .

_____. 2000a. 「새서울 시정백서」.

_____. 2000b. 「도시비교통계」.

석유공사 [Online] Available : www.petronet.org

에너지경제연구원 [Online] Available : www.keei.re.kr

유정복 . 2001. 「2000 전국 교통사고비용 산출 및 추이분석」. 교통개발연구원.

이규방 외. 1998. 「교통정책의 변화와 과제」. 국토개발연구원 .

이상진. 2000. 「국가수송분담구조의 적정성 평가모형에 관한 연구」. 국토연구원.

이용우 외. 2001. 「환경친화적 국토발전을 위한 전략연구」. 국토연구원.

이성원 외. 1998. 「교통부문의 환경문제와 대응방안」. 교통개발연구원.

_____. 1999. 「환경보전형 교통정책 추진을 위한 종합대책」. 교통개발연구원.

_____. 2000. 「교통환경 관련 사회적 비용의 계량화(1단계)」. 교통개발연구원.

이용재 . 2002. “21세기 도로교통정책의 방향 ”. 「월간 교통」 48: 6-12.

일본전국LPG가스스탠드협회. 2001. “LPG車 핸드북”.

임영태. 2000. 「대도시 도로주변 아파트가격에 내재된 자동차 소음가치 추정에 관한 연구」. 서울시립대학교 대학원 박사학위 논문.

재정경제원. 1999. 「한국의 재정」. 기획예산위원회 및 예산청, p.173.

철도청. 1997. 「디젤기관을 배출가스 대기오염 현황 및 저감방안에 관한 연구」.

_____. 1998. 「21세기 국가철도망 구축 기본계획 수립-최종보고서(제3차)」.

_____. 2001a. 「2000 철도통계연보」.

_____. 2001b. 「철도 소음·진동 총람」.

_____. 2001c. 「철도투자분석 및 평가편람 개발」.

통계청. 1999. 「1997 국부통계조사보고서」.

_____. 2000a. 「한국통계연감」.

_____. 2000b. 「ASEM 국가의 주요통계지표」.

_____. 2001a. 「한국의 사회지표」.

_____. 2001b. 「국제통계연감」.

_____. 2001c. 「OECD 주요통계지표」.

통계청 [Online]

Available : www.nso.go.kr

한국가스공사. 2000. 「환경문제를 고려한 천연가스의 경제성 평가 및 보급 활성화 방안 연구」.

한국가스공사 연구개발원. 2001. 「천연가스 자동차 보급 및 운영에 대한 경제성 평가」.

한국과학기술원. 1998. 「청정연료 사용지역 내에서 지역난방 사용연료의 합목적 선정에 관한 연구」.

한국에너지기술연구소. 2000. 「자동차 오염물질 배출량 산정연구」.

- 한화진 외. 1998. 「21세기 대기보전정책 전략수립에 관한 연구」. 한국환경정책·평가연구원.
- 한화진 외. 1999. 「지구온난화가스 저감대책 동향분석 및 국내 대응방안 연구 - 수송부문 중심으로」. 한국환경정책·평가연구원.
- 홍갑선. 1999. 「교통 관련 사회환경비용의 내재화방안」. 교통개발연구원.
- 환경관리연구소. 2001. 「2001환경산업총람」.
- 환경부. 2000a. 「대기오염물질배출량('99)」.
- _____. 2000b. 「21세기 국민 환경의식 조사」.
- _____. 2000c. 「사용단계 자동차의 배출가스 관리제도의 합리적 개선방안에 관한 연구」.
- _____. 2001a. 「환경백서」.
- _____. 2001b. 「환경통계연감」.
- _____. 2001c. 「환경적으로 건전한 교통(EST)공해 저감방안에 관한 연구」.
- _____. 2001d. 「온실가스 저감조치의 환경적 편익분석사업 - 부수적 환경편익」.
- _____. 2001e. 「21세기 소음·진동 환경정책방향 연구」.
- _____. 2001f. 「온실가스 배출저감 목표설정 및 배출권 거래제도 활용방안」.
- _____. 2001~2002. 「국제환경동향」. 각호.
- _____. 2001~2002. 「지구환경동향」. 각호.

- _____. 2002a. 「청소차량의 저공해화 방안연구」.
- _____. 2002b. 「저공해 차량의 균형보급 방안 연구 - LPG/CNG 차량을 중심으로」.
- _____. 2002.7.25. “수도권 대기질 개선 특별대책(시안)”. 「수도권 대기질 개선에 관한 공개토론회」.
- 환경부, 한국가스공사. 2002. 「천연가스버스 보급 촉진을 위한 연찬회」.
- 運輸政策研究機構. 2001. 「鐵道 2001」.
- A.Markandya. 1998. *The indirect costs and benefits of greenhouse gas limitations*.
- Babisch W., P.C. Ellwood and H. Ising. 1993. "Road Traffic Noise and Heart Disease Risk: Result of the Epidemic Study in Caerphilly, Speedwell and Berlin, 6th International Congress: Noise as a public health problem, Noise&Man '93 ", Actes INRETS No. 34(3), pp. 260-267.
- Babisch W., H. Ising, B. Kruppa and D. Wiens. 1994. "The Incidence of Myocardial Infarction and Its Relation to Road Traffic Noise - the Berlin Case Control Studies". *Environmental International* 20(4), pp. 469-474.
- Delucchi, M.A. and S.-L. Hsu. 1998. "The External Damage Cost of Noise from Motor Vehicle", *Journal of Transportation and Statistics*, 1, pp. 1-24.
- EC. 1999. *Externalities of energy* (vol. 9).
- EC. 1999. *Extern E*.
- EC. 2001a. *EU energy and transport in figures - statistical pocketbook 2001*.

- EC. 2001b. *White paper - european transport policy for 2010: time to decide.*
- ECMT. 1994. *Internalising the social costs of transport.*
- ECMT. 1996. *Towards Fair and Efficient Pricing in Transport.*
- ECMT. 1998. *Efficient Transport for Europe.*
- EPA. 1999. *Congestion Mitigation and Air Quality Improvement Program.*
- Greene. and David Lloyd. 1997. *The full costs and benefits of transportation : contributions to theory, method, and management.*
- IEA. 2000. *The road from kyoto.*
- Ising, H. et al. 1998. "Ergebnisse Epidemiologischer Forschung im Bereich Lärm", in Bundesumweltministerium: Gesundheitsrisiken durch Lärm, Tagung im Wissenschaftszentrum Bonn, 10.
- Ken Harris. 1999-2000. *Jane's world railways.*
- Markandya, A. 1998. *Economics of Greenhouse Gas Limitations: The Indirect Costs and Benefits of Greenhouse Gas Limitations.* UNEP.
- Maschke, C., H. Ising and K. Hecht. 1997. "Schlaf - nächtlicher Verkehrslärm - Streß - Gesundheit: Grundlagen und aktuelle Forschungsergebnisse", in: Bundesgesundheitsblatt 1/97 pp. 3-10 and 3/97 pp.86-95.
- Nakagawa. D. and R. Matsunaka. 1997. *Funding transport systems.*
- OECD. ENV/EPOC/SE(98)1/FINAL. *Indicators the integration of environmental concerns into policies.*

OECD. 1980. *pollution Charges in Practice*.

OECD. 1998. *Economic Modelling of Climate Change*. Workshop Report.

OECD. 2000. *est! environmentally sustainable transport - futures, strategies and best practices*. SYNTHESIS REPORT.

OECD. 2000. *Greenhouse Abatement Policies in the Transport Sector: An Overview*.

Sælensminde, K. and F. Hammer. 1994. Assessing Environmental Benefits by Means of Conjoint Analysis. Institute of Transport Economics, Oslo.

Umweltbundesamt(UBA). 1997. *Sustainable germany*.

Umweltbundesamt(UBA). 2000. *Auto und/oder umwelt?*

<부록 1> EST를 위한 10가지 권고안(EST Guidelines)

1. 교통부문의 바람직한 장기비전을 개발. 비전 개발시 환경과 건강에 지속 가능하고 이동과 접근에 도움이 되도록 함.
2. 교통관련 상황을 고려한 장기 교통활동을 평가. 건강과 환경영향, 그리고 BAU로 계속되는 경제적, 사회적 함축성 평가.
3. 건강과 환경질 목표를 설정. 이러한 목표는 건강과 환경 criteria, standards, 그리고 지속가능한 요구에 근거함.
4. 정량적인 분야별 목표를 설정. 환경과 건강질의 목표설정, 목표 달성기간 및 일정표를 작성.
5. EST 목표를 성취할 수 있는 전략을 명시화. 이러한 전략들은 기술 향상과 교통활동을 변화시킬 수 있는 대책들로 결합됨.
6. EST 비전에 대한 사회·경제적 함축성 평가. 사회·경제적 지속가능성과 일치되도록 함.
7. EST 달성을 위한 대책들과 정책수단 구축. 기술정책, 인프라 투자, 가격, 교통수요 관리, 대중교통 향상, 그리고 도보와 자전거 타기를 권장할 수 있는 win-win 전략 강조; 시너지 효과(예: 도로안전의 향상에 기여)를 장려하고 정책수단들간의 상충 효과를 회피
8. 이행계획의 개발. 지방(local), 지역(regional), 국가(national) 상황을 고려한 EST를 성취할 수 있는 통합정책수단(instrument package)의 단계별 개발. 명확한 일정을 수립하고 이행책임 소재를 분명히 함. 제안된 정책, 계획, 프로그램이 교통 및 전략적 환경평가와 같은 방법을 사용한 부문에서 EST 달성에 기여하는지 또는 반대효과가 있는지를 평가
9. EST 전략에 대한 이행 모니터링 및 보고를 위한 대비책 마련; 이행 결과를 전달할 수 있도록 일관되고 명확한 지속가능한 교통지표를 사용; 받은 정보와 과학적 근거에 따라 전략에 적응(adaptation)하기 위한 후속조치를 확인

10. EST 이행을 위한 폭넓은 지지와 협력을 구축; 관련된 부처를 포함하여 그들의 지지와 commitment를 확보함. 그리고 폭넓게 대중을 참여시킴. 대중의 인식을 증대시키고 교육프로그램을 보급함. 모든 행동계획들이 지속가능발전을 위한 전지구적 차원의 책임과 일치될 수 있도록 함.

(자료: 환경부, 2001. 환경적으로 건전한 교통(EST)공해저감방안에 관한 연구)

<부록 2> 독일의 교통환경 변화 예측

■ 교통의 환경 피해 및 외부비용

□ 교통부문 환경피해

환경파괴는 기하급수적인 인구증가와 생활수준을 높이려는 인간의 끊임없는 욕구와 맞물려 빚어낸 결과로 그 동안 지속적이며, 광범위하게 확산되었다. 이 중 교통에 의한 범 지구적 차원의 피해는 기후 변화, 온실효과, 자연경관의 파괴, 해수면 상승, 대기오염, 생태파괴, 산림파괴, 소생활권들의 파괴, 자연보존 구역, 도시민의 건강 및 삶의 질 하락 등을 포함한다. 이외에도 교통은 수많은 원자재와 에너지를 소모하며 에너지 고갈 및 소비로 인한 막대한 양의 폐기물과 환경피해의 악순환을 되풀이하고 있다. 교통분야에서 발생하는 환경피해는 기후변화, CO₂ 발생, 오존생성, 대기오염물질 발생, 소음, 폐기물, 삼림/경관파괴, 주거/ 도시환경 악화 등을 들 수 있다.

가시적 예로써 유엔 환경계획(UNEP)의 '지구환경전망 2000'보고서에 의하면 지구촌의 환경파괴 실상이 '총체적 위험상황'에 이르렀다고 경고하고 있다. 환경오염에 의해 해마다 4억 ton 가량의 독성폐기물이 발생하고 있다. 또한 잠정적 피해로 연간 전세계에서 1억 2천 여만명이 피해를 보았고 6만 여명이 숨졌다. 또 CO₂ 등의 배출로 인한 지구 온난화가 빠르게 진행되고 있어 21세기는 빙하기 이후 최대의 환경변화를 겪게 될 것이다'라고 지적하고 있다.

□ 교통 외부비용

도시집중화 현상이 급증하면서 쇼핑설비집중, 문화주택, 자가운전자의 증가에 따른 위성도시의 성장으로 인해 행정 권역은 더 이상 생활단위의 기초로써 제구실을 해내지 못하게 되었다. 자동차가 점차적으로 통행의 기초수단으로서 자리를 잡으면서 보도통행에서 자동차 통행으로 이전되었다. 그러나 지금까지 전

면적인 변화 없이 성장한 풍부함과 자동차화 된 이동성과의 밀접한 연관성이 무의미 할 정도로 교통에 의한 환경 스트레스는 너무 높은 실정이다.

따라서 교통분야 역시 "지속가능발전"이라는 전제 하에서 다시금 재평가되어야 한다. 사회적으로 허용이 어려운 수준의 환경 비용을 발생시키는 교통체계는 환경피해를 발생시키는 부분에 대한 최소한의 비용부담 없이는 앞으로 지속될 수가 없다.

즉 지금의 교통관련 세금(통행세, 자동차세, 부과료 등)이 교통을 위한 설비자금용도(도로건설, 표지판 제작, 신호시스템의 제작, 도로보수 등)로 이용되었을 뿐 교통설비 건설로 인한 파괴되는 자연환경(배기가스로 인한 대기오염, 도로건설을 위한 산악지대 및 지면(地面)의 개발 등)을 복원하거나 교통이용자의 불편(교통체증, 오염으로 인한 각종 질환 및 스트레스 등)을 저감하기 위한 투자는 극히 일부분이거나 혹은 전무했던 것이 사실이다.

이러한 측면에서 교통으로 인한 외부비용의 존재 및 그 규모는 지금 우리가 갖고 있는 교통체계의 비지속성을 나타내는 지표로 간주되어야 한다. 따라서 "지속가능발전"을 위한 교통시스템 구축에는 반드시 외부비용이 포함되어야 한다. 예를 들어, 교통의 외부비용은 대기오염이나 다른 형태의 환경피해, 자동차보험에 의하여 보상되지 않는 교통사고비용, 국고지원에 의지하는 교통시설의 유지비용 등이 포함된다. 외부비용의 효율적 관리를 위해서는 이를 감소시킬 수 있는 적절한 방법뿐 아니라, 외부비용을 발생시키는 원인에 대하여는 그 비용이 내재적으로 청구되도록 법적, 제도적 장치를 마련해야 할 것이다. 교통 부분에 있어서도 적절한 피드백이 이루어진다면 "지속가능발전"의 최대치 목표를 달성하는데 훨씬 유리해 질 것이다.

유럽위원회(EU Commission)의 전망에 따르면 교통이용자에 의하여 지불되는 가격과 이들로부터 발생하는 외부비용 간에 아주 큰 불균형이 발생하며 이에 대하여는 사실상 - 자동차 업계의 로비스트들로부터도 - 논란의 여지가 없으나 그 규모에 대해서는 많은 편차를 보이고 있다. 여객수송 1km당 0.05-0.71ECU, 화물

수송의 경우 0.06-0.57ECU로 그 추정범위가 매우 모호하다. 이는 고려하는 외부 비용의 분류가 매우 다양하고 기준이 되는 자료와 가정 및 화폐화 방법에 많은 차이가 있기 때문이다.

■ 시나리오 설정과 평가

향후 "지속가능발전"이 가능한 환경 친화적 교통시스템의 구축을 위하여 교통 부문에 대한 환경 목표가 설정되어야 한다. 환경은 미래의 경제적 발전, 사회적 인식, 기술 발전 추세 등 예측이 불가능한 다양한 요소들의 영향을 받게 된다.

이와 같이 많은 가변적인 요인에 의한 거시적 상황에 대한 예측 기법으로 "if-then"의 "시나리오"를 활용한 방안을 고려할 수 있다. 이러한 시나리오 기법은 단순히 미래에 대한 예측치만을 제시하는 것이 아니라 주어진 조건과 이를 변화시켰을 경우의 정책대안에 따른 비교평가가 가능하다. 독일의 환경의제 21에서는 "현 상황 유지", "기술 적용" 그리고 "구조조정과 인식전환" 시나리오를 설정하였다.

"현 상황 유지" 시나리오는 현재의 교통추세와 경제적, 제도적, 정책적 틀이 앞으로도 지속된다는 것을 가정한 것이다. "기술적용" 시나리오는 환경피해를 줄이기 위한 가능한 기술력을 적용한 것을 가정한 것이다. 그러나 이 시나리오에서도 경제적, 제도적, 정책적 틀은 변화하지 않음을 가정한 시나리오이다. "구조조정과 인식전환" 시나리오는 앞의 두개의 시나리오와는 달리 사회의 모든 측면에서 "지속가능발전"을 위한 모든 경제적, 제도적, 정책적 틀이 변화한다는 것을 가정한 것이다.

☐ "현 상황 유지" 시나리오

☐ 교통 전망

이 시나리오는 제한적 표준을 감안한 수치이다. 일정한 지역에 거주하는 인구의 비율과 그 지역내 차량 증가율을 예측한 수치로서 이는 인구증가율의 변동과 특정지역 발전의 변수작용을 제외한 값이다. 즉 이러한 예상치 들은 항상 낮게 추정되었으며, 따라서 이 추정치도 최소 값으로 보여질 필요가 있다. 이런 차량 증가는 승용차가 차지하는 비율의 성장을 의미하며 승용차 이동의 편리성으로 인해 동시에 승용차의 운행거리 상승에도 영향을 미치게 된다.

1990-2005년 기간 중 승용차의 평균운행거리는 25% 증가하였으며, 2010년도에는 32% 정도로 증가하게 될 것이다. 승용차에 의한 통행연장증가율 중 여가 목적통행이 45%로 가장 높은 비율을 차지한다. 화물차량과 버스의 성장률은 1990 - 2005년 기간 중 44%로서 더욱 높다.

1990년도에 독일내 모든 차량에 대한 연료소비 평균값은 100km 운행 시 9.4리터이다. "현 상황 유지" 시나리오의 경우 신규 생산차량의 에너지소비는 휘발유 차량의 경우 15%, 경유 차량의 경우 20%가 감소할 것으로 예측되었다. 화물차량과 버스의 연료절약은 2%에 이를 것이다. 항공교통도 그 중요성이 꾸준히 증가하고 있다. 2005년도에 항공교통의 승객수송 거리는 1988년도에 비하여 175%가 증가할 것으로 예측되는데 여기에는 관광여행이 중요한 역할을 한다.

○ 환경 전망

앞에서 언급된 바와 같이 교통부문 CO₂는 2005년까지 1990년 수준보다 10%에서 20%가 낮아져야 한다. 그러나 모든 예측들은 배출 수준이 증가할 것으로 나타나고 있다. 오히려 1990년도에 비교하여 교통부문 CO₂ 배출량은 24%가 증가할 것이라는 게 전문가들의 일반적 견해이다.

"현 상황 유지 시나리오" 조건에서 NO_x의 입자가 교통부문에 의하여 발생하는 것이 2005년도에 기준연도 (1987과 1998)에 비하여 31% 또는 26%만이 감소할 것으로 나타났으며 이는 목표에 많이 미달하는 것이다. 디젤-엔진으로부터 배출되는 미립자 발생량은 운행거리가 늘어남에 따라 오히려 2005년도에는 5배나 증

가할 것으로 예측되었다.

이와 대조적으로 휘발성유기화합물(VOC)은 구체화된 방안들이 (특히 차량의 피드백 기구에서 자동 조정된 촉매 컨버터와 숏필터) 2005년도의 목표 수치에 근접하게 도달하였다는 명확한 증거를 나타내고 있다. 이는 승용차로부터 발생하는 배기물의 실질적인 감소에 따른 것이다. 실제로 가솔린에 벤졸의 농축액이, 어떤 다른 변수에 대한 방해가 없다면 벤졸 배기량의 목표는 거의 2005년에는 도달할 수 있을 것으로 보인다.

소음수준이 65dB를 초과할 경우 심장혈관 질환에 대한 위험이 상승되므로 이 보다 초과되는 소음환경은 제한되어야 한다. 그러나 소음 공해 모델을 활용한 예측치들은 1990년에 인구의 15.8%가 65dB 이상의 도로교통소음에 노출되었으며 2005년도에도 12.5%의 인구가 이 수치에 노출될 것으로 추산하고 있어 약간의 효과만이 있을 것으로 추정하였다.

□ "기술기술 적용" 시나리오

"기술 적용" 시나리오는 우리가 갖고 있는 모든 기술적인 수단들을 최대한 활용하는 것을 가정한다. 즉 기술적으로 타당성이 있는 대체 에너지, CO₂ 배기, 대기오염 및 소음을 감소시키는 방안들이 가정된다. 따라서 교통분야에서의 획기적인 정책변화나 인식전환을 배제하였을 경우 실현 가능한 가장 최선의 시나리오로 볼 수 있다. 이 시나리오가 제시하는 결론은 개선된 기술 자체만으로는 "지속가능발전"을 구현하는 데는 불충분하여 기술의 적용이 최대한으로 이루어져야 한다는 것이다. 즉 이런 기술 적용이 된다면 이 시나리오들이 제시하는 "지속가능발전"은 극대의 효율을 얻게 될 것이다.

○ 대체에너지

현재까지 대체에너지원에는 전기, 수소, 천연가스(CNG/LNG), 프로판(LPG), 태양에너지, 에탄올, 메탄올, 알콜과 바이오메스를 들 수 있다. 또한 바이오 디젤

(식물성 기름이나 동물의 지방), P-Series (쓰레기에서 추출된 에탄올이나 MTHF 계통) 연료전지, 폐기물 에너지 등이 논의되고 있다. 이 가운데 가장 뜨거운 개발 경쟁이 일고 있는 분야는 전기자동차(EV)와 연료전지 전기자동차(FCEV), 수소 자동차 등이 있으며, 전기자동차의 실용화가 늦어지면서 기존의 형식을 혼합하여 등장한 것이 하이브리드 전기자동차(HEV)이다. 이는 기존의 엔진과 전기모터를 조합해 휘발유 또는 경유와 전기를 동력원으로 병용하는 기술이다.

최근 환경문제가 전 세계적인 문제로 부상하면서 대체에너지의 비중은 점차로 확산되고 있는 실정이다. 이미 오래 전부터 학계의 반향을 불러일으킨 100년 기름 파동설뿐 아니라 국제기후변화협약에서 제시한 이산화탄소 배출량의 대폭 감축 추진 등 이제 21세기 자동차에 있어서 환경 친화적 대체에너지는 선택사항이 아니라 생존을 위한 필수조건이 되고 있는 것이다.

○ CO₂ 감소 기술

CO₂ 배기가스와 연료소비를 감소시키기 위해 주어진 기술적 가능성 하에서 기술린 엔진은 분명한 선택일 것이다. 진보된 엔진 기술과 배기가스의 재활용, turbo-charging, 원통cut-off, 압력-파도 super-charging 및 직접분사 기법은 CO₂ 배출의 36%를 감소시킬 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 만약 2000년 이후에 등록된 신규 자동차를 대상으로 배기가스 감소를 위한 다양한 기술을 적용할 경우, 1990년 대비 평균 30%의 연료 감소를 성취할 수 있으며 2010년까지 꾸준히 진행될 것이다.

○ 대기오염물질 감소 기술

휘발유를 사용하는 차량의 촉매 컨버터(catalytic converters), 미립자 필터, 디젤차량 SCR 촉매 컨버터와 공기엔진의 향상으로 대기오염은 획기적으로 감소된다. 대중교통수단의 천연가스 사용, three-way 촉매 컨버터를 사용하지 않는 차량의 단계적 퇴출도 대기오염 감소에 기여하게 된다. 이러한 신기술이 종합적으

로 적용될 경우 70 - 80%이상 배기가스를 감소시킬 수 있는 잠재력이 확보된다. 촉매 컨버터 기술은 대기 오염물 감소를 위한 적절한 도구로서 평가되어지는데 실질적으로 촉매 컨버터가 없는 차와 비교했을 경우 약 99% 감소되는 것으로 나타났다.

○ 소음피해 감소 기술

차량에 대한 소음 규제는 지난 20년간 엔진 소음에 실제적인 감소를 유도하였다. 그러나 교통량의 양적 증가로 인하여 도로소음은 더욱 악화되었다. 여기에는 저소음 도로 표면과 저소음 프로필을 갖는 바퀴를 활용하여 소음을 감소시킬 수 있는 기술잠재력이 있다. 도로의 소음을 감소시키는 방안으로는 작은 구멍이 많은 아스팔트 포장면을 활용하는 것이다. 이때의 포장재질의 선택은 벽돌 크기, 블록사이의 간격을 통하여 청각적으로 적정화 될 수 있다. 6dB(A)에서 4dB(A)의 소음 감소는 거주지역의 밖에서 이루어질 수 있다. 하지만 도시지역에서는 만족할 만한 해결책을 가지고 있지 않다.

□ "구조조정과 인식전환" 시나리오

교통분야의 "지속가능발전"을 이룩하기 위해서는 제도적, 경제적, 지역계획과 행태 변화 등을 유도할 수 있는 종합적인 전략과 방안들이 요구된다. 구조조정과 인식전환에 대한 노력은 만일 그 결과가 개인의 행태까지 영향을 미칠 수 있다면 "지속가능발전"을 성취하는데 가장 효과적인 방안이다. "구조조정과 인식전환" 시나리오는 이전에 제시된 "현 상황 유지" 와 "기술적용" 시나리오와는 좋은 대조를 이룬다.

○ 시나리오 예측

"구조조정과 인식전환" 시나리오는 여기에서 단지 CO₂에 대해서만 산출이 된다. 이는 실질적인 상황과 궁극적인 목표간의 불균형이 매우 크다는 사실로부

터 정당화될 수 있다. "구조조정과 인식전환" 시나리오는 교통부문에서의 CO₂ 발생이 1990년을 기준연도로 할 때 2005년에 10%, 2010년에 20%가 오히려 감소될 것이다.

상황에 따른 차량운행거리

(단위: 조 km)

구 분	승용차	화물차
1990년	519.9	72.3
1995년	549.1	92.1
"현상황 유지 시나리오"시 2005년	649.4	104.2
"현상황 유지 시나리오"시 2010년	686.9	107.1
"구조조정과 인식전환 시나리오"시 2005년	573.0	93.0
"구조조정과 인식전환 시나리오"시 2010년	573.0	93.0

상황별 교통부문 CO₂ 배출량

(단위: 백만 톤)

구 분	승용차	화물차	철도	항공	기타	합계
1990년	107.3	44.3	10.1	13.0	13.6	188.3
1995년	110.7	53.9	10.1	16.0	13.6	204.3
"현상황유지"(2005년)	123.9	57.9	8.9	28.6	13.8	233.1
"기술적용"(2005년)	112.6	51.1	8.9	22.0	13.8	208.4
"구조조정과 인식전환"(2005년)	82.6	45.6	12.3	16.2	14.4	171.1
"현상황유지"(2010년)	124.7	58.7	8.9	35.8	13.8	241.9
"기술적용"(2010년)	105.7	52.5	8.9	26.9	13.8	207.8
"구조조정과 인식전환"(2010년)	59.0	45.6	12.3	16.2	14.4	147.5

시나리오 상에서 사회의 아기에서 노인들까지의 모든 구성원은 개별적으로 1년에 100km에 5 리터를 소모하는 자동차를 타고 6,222km를 운행할 수 있다. 이 전망이 디젤-엔진 차에 적용될 경우는 5,527km를 운행 할 수 있다. 만일 두 사람

이 현대의 차량으로 운행한다면 이들은 두 배 거리를 운행할 수 있다. 차량의 연료소비가 100km에 3 리터를 소모할 경우 사람들은 1년에 10,370km를 운행할 수 있다. 만일 차량이 100km에 10 리터를 소모한다면 사람들은 3,111km만을 운행할 수 있다. 이러한 단순계산은 오늘날의 통행수준을 관련 기술이 충분히 적용될 경우 유지될 수 있음을 보여주고 있다. 그러나 이는 오늘날의 차량증가율로서는 가능하지 못하다.

○ 추진 전략

감소목표를 성취하기 위한 필요한 방안들은 교통량 감소, 수단전환과 환경 친화적인 교통관리로 분류될 수 있다. 교통량을 감소시키는 주요 방안은 통행거리를 줄이는 것이다. 교통량 감소는 공간적, 경제적, 행태적 변화를 가장 근본적으로 바꾸는 것이나 장기적으로는 교통문제를 근원적으로 해결하는 가장 중요한 요소이다.

교통수단전환은 자전거나 도보 등의 환경 친화적인 교통수단 또는 환경에 미치는 효과가 적은 버스나 철도를 활용하는 것이다. 이를 위해서는 자가용 중심의 문화에서 벗어나 대중교통에 대한 적극적 활용을 위한 교통체계의 전면적 개편, 대중교통 서비스의 향상, 주행세 등 다양한 시책을 통해 도시교통 문제에 대한 절개 작업을 단행해야 할 것이다. 필수적인 교통은 모든 기술적인 가능성을 적용하고 행태의 급진적인 변화와 병행하여 가장 효율적인 환경 친화적인 방법으로 이루어져야 한다.

가격정책은 기존의 도구(연료세, 배기가스 기준 도로이용세, 주차관리 등)들과 연계되거나 새로운 방향으로 진행될 수 있다. 이미 운행거리에 기초한 도로이용료, 고비용의 주차요금과 같은 가격정책이 유효함을 증명하였다. 이는 철도시스템, 연계교통수단, 지역 대중교통서비스, 보행/ 자전거 전용도로 등을 확충하고 강화하기 위한 시설과 조직 및 충분한 예산지원을 포함한다.

대중교통을 확충하는 것은 일차적으로 시간손실을 줄임으로서 승용차 이용객

을 전환시키는 방향으로 나가야 한다. 이는 도로시설이 동시에 확충될 경우 성취될 수 없다. 수단전환에서 중요한 것은 신규 도로나 확충된 도로로 인하여 추가적인 교통량이 발생하는 것을 방지하는 방향으로 진행되어야 하며 이를 통해서만이 이산화탄소의 발생량도 줄이게 된다. 대중교통의 운행속도를 상승시키기 위한 버스전용차선제, 도로와 주차장의 보행 친화적 조성, 모든 교통수단의 동시적 확충보다는 대중교통위주로 확충하는 긍정적인 효과를 갖는 "low-traffic" 지역을 개발하는 것이다.

주거환경과 지속적 도시생활을 보장하는 교통과의 호환성을 확보하기 위한 유일한 방법은 교통관리 정책을 통하여 교통 약자들을 보호하고 매력적인 도시계획의 해법을 제공하는 것이다. 교통시설과 교통으로부터의 배기물은 자연과景觀에 심각한 피해를 입히므로 새로운 시설로 인한 추가적인 피해는 지속가능발전과 병행할 수 없다. "구조조정과 인식전환" 시나리오에서 도달 가능한 목표에 관한 한 대중교통과 보행/자전거 관련 시설만이 확충이 가능하다.

<부록 3> 유럽 17개국 교통관련 사회적 비용 비교

(단위: 백만Euro/년, Euro/천인(톤) · km)

국가	수단	총비용	구분	비용	백만인(톤) · km	사고	소음	대기 오염	기후 변화	자연 및 경관	도시 영향	혼잡	기타	계
오스트리아	도로	13,040	여객	8,920	89,526	46	5	14	16	3	1	4.6	8	97.6
			화물	4,120	88,091	6	3	18	9	2	1	2.9	5	46.9
	철도	252	여객	101	10,100	1.4	1	1.9	3.1	0.4	0.9	-	1.7	10.4
			화물	151	13,727	0	0.7	2	3.1	0.4	0.9	-	3.8	10.9
벨기에	도로	18,759	여객	12,245	106,991	46	6	24	17	3	1	6.5	10	113.5
			화물	6,514	61,717	12	7	48	15	3	2	6.9	12	105.9
	철도	345	여객	185	6,852	0.8	5.2	6.8	5.7	0.5	1	-	7.4	27.4
			화물	160	7,273	0	3	5.6	4.7	0.4	0.9	-	7.2	21.8
덴마크	도로	8,121	여객	5,015	71,529	22	3	19	12	2	2	2.1	8	70.1
			화물	3,106	50,083	5	3	29	12	2	1	2.1	8	62.1
	철도	279	여객	242	4,745	1.6	1.7	22.2	14.1	0.8	1	-	9.1	50.5
			화물	37	1,850	0	1.7	8.1	5.1	0.3	1	-	3.4	19.6
핀란드	도로	4,951	여객	3,121	38,392	24	3	19	17	5	2	2.3	10	82.3
			화물	1,830	24,470	6	3	28	13	5	2	9.7	9	75.7
	철도	211	여객	63	3,150	1.3	4.5	3.6	6.4	0.7	0.8	-	2.5	19.8
			화물	148	9,867	0	1.9	3.1	5.5	0.6	0.8	-	3.5	15.4
프랑스	도로	79,483	여객	50,277	606,571	32	7	15	13	4	1	5.9	7	84.9
			화물	29,206	215,602	19	13	47	23	8	2	7.8	16	135.8
	철도	1,013	여객	501	62,625	0.9	0.7	2.2	1.1	0.4	0.9	-	2.3	8.5
			화물	512	51,200	0	0.9	2.8	1.5	0.6	0.9	-	3.8	10.5
독일	도로	131,231	여객	96,280	823,036	48	7	21	19	3	2	6.9	10	116.9
			화물	34,951	323,292	12	8	43	16	3	2	12.6	11	107.6
	철도	3,698	여객	1,735	69,400	0.8	5.9	5.7	7	0.5	1	-	4.4	25.3
			화물	1,963	70,107	0	4.7	6.3	7.8	0.6	0.9	-	8	28.3
그리스	도로	9,012	여객	5,149	69,871	35	2	9	14	2	1	3.7	7	73.7
			화물	3,863	59,609	12	3	20	16	2	1	0.9	9	63.9
	철도	48	여객	41	1,577	2.1	2.9	9.5	7.5	0.8	0.6	-	3.1	26.5
			화물	7	304	0	4.6	8.7	6.8	0.8	0.6	-	1.7	23.2
아일랜드	도로	3,818	여객	2,672	33,481	30	5	15	15	4	2	0.8	8	79.8
			화물	1,146	21,453	6	4	22	10	4	1	0.5	6	53.5
	철도	63	여객	40	1,290	0.7	7	11.1	7.2	1.1	0.8	-	3.2	31.1
			화물	23	605	0	15.9	11.8	7.6	1.2	0.8	-	0.8	38.1
이탈리아	도로	78,309	여객	53,980	666,312	31	5	17	14	1	1	4	8	81
			화물	24,329	271,786	11	6	38	15	2	2	5.9	11	90.9
	철도	1,559	여객	972	48,600	0.4	6.2	2.4	5.2	0.2	0.9	-	4.2	19.5
			화물	587	22,577	0	9.4	3.3	7.2	0.3	0.9	-	5.4	26.5

국가	수단	총비용	구분	비용	백만인(톤)·km	사고	소음	대기오염	기후변화	자연 및 경관	도시영향	혼잡	기타	계
룩셈부르크	도로	1,059	여객	645	6,082	44	4	23	14	2	1	7.9	9	104.9
			화물	414	4,810	9	3	46	13	2	1	2.2	11	87.2
	철도	22	여객	9	273	7.1	1.6	12.8	5.5	0.6	1.5	-	3.6	32.7
			화물	13	481	0	0.5	13.2	5.6	0.6	1.4	-	5.3	26.6
네덜란드	도로	21,414	여객	12,482	123,067	34	4	22	16	2	2	12.4	10	102.4
			화물	8,932	124,016	5	3	36	10	1	2	8.5	8	73.5
	철도	352	여객	321	13,957	0.2	2.5	3.2	7.2	0.2	0.9	-	8.8	23
			화물	31	3,100	0	2.9	1.3	2.9	0.1	0.9	-	1.9	10
노르웨이	도로	5,088	여객	3,616	47,959	20	5	18	14	5	2	2.4	8	74.4
			화물	1,472	10,449	8	7	67	24	8	3	5.1	19	141.1
	철도	78	여객	38	2,375	1.9	0.1	6.4	3.8	1.1	1.1	-	1.5	15.9
			화물	40	2,667	0	0.1	6.1	3.6	1.1	1	-	2.8	14.7
포르투갈	도로	9,404	여객	6,463	105,683	35	2	8	9	1	0	1.2	4	60.2
			화물	2,941	36,747	21	5	28	14	2	1	1.2	9	81.2
	철도	156	여객	102	4,857	4.3	3.7	4.2	5.3	0.3	0.6	-	2.9	21.3
			화물	54	2,000	0	6	7.1	8.8	0.5	0.6	-	4	27
스페인	도로	40,680	여객	21,897	339,885	26	3	10	13	2	1	3.4	6	64.4
			화물	18,783	194,204	16	6	32	20	4	3	4.1	12	97.1
	철도	489	여객	253	14,882	0.3	4.9	2.4	5.3	0.4	0.7	-	2.6	16.6
			화물	236	9,833	0	6	3.6	8	0.6	0.6	-	4.7	23.5
스웨덴	도로	9,898	여객	6,486	91,971	18	2	18	17	3	1	1.5	9	69.5
			화물	3,412	37,124	8	3	37	19	6	2	3.2	12	90.2
	철도	160	여객	48	6,000	0.3	1.2	1.3	1.6	0.8	0.9	-	1.7	7.8
			화물	112	18,667	0	0.5	0.9	1.1	0.5	0.8	-	2.1	5.9
스위스	도로	10,981	여객	8,615	82,323	39	8	21	15	4	1	8.7	9	105.7
			화물	2,366	13,594	13	10	84	24	6	1	14.6	22	174.6
	철도	307	여객	198	13,200	1.4	7.9	1.7	0.5	0.4	0.9	-	1.9	14.7
			화물	109	8,385	0	7.7	1.7	0.5	0.4	0.9	-	1.4	12.6
영국	도로	72,810	여객	52,572	549,261	33	6	20	17	1	2	7.7	10	96.7
			화물	20,238	231,654	9	6	35	16	1	2	6.6	11	86.6
	철도	1231	여객	1,091	29,486	0.9	1.7	13.9	11.2	0.7	0.8	-	7.5	36.7
			화물	140	12,727	0	1.3	3.7	2.9	0.2	0.8	-	2.3	11.2

자료: Silvia Banfi et al. 2000. "Accident, Environment and Congestion Costs in Western Europe". *External Costs of Transport*. INFRAS/IWW 재구성.

INFRAS/IWW(2000)에서 유럽연합과 스위스와 노르웨이를 포함한 총 17개국에서 교통으로 인해 비용의 구성 그리고 평가를 위한 주요 가설은 다음 표와 같다.

INFRAS/IWW 교통의 외적비용 산출을 위한 주요 가설

(단위: 백만Euro/년)

구분	비용 구성	주요 가설
혼잡	외적 부가시간과 운영비용	- 한계비용과 평균비용의 계산을 위해 교통모델을 사용함 - 시간가치는 EU 연구과제(PETS)로부터 산출 세가지 접근방법: - 최적혼잡세 측면에서의 도로교통에 의한 사회후생의 순손실 - 최적세금의 수입 - 서비스의 개선과 관련된 시간 손실
사고	부가비용 - 의료비 - 사회의 기회비용 - 심리적 고통	- 인간생명의 가치를 150만 EURO로 고려 - 평균비용은 한계비용과 같음. vkm와 사고비용 사이에 명확한 관계는 없다고 가정되어짐 - 보험금 지불은 사회적 비용 구성요소를 평가하기 위하여 고려
소음	피해(토지가치의 기회비용)와 인간건강	- 평가접근은 55dB(A)을 기준으로 지불의사에 근거한 가치 - 평균비용은 ECMT 자료를 기반으로 하향식 방법에 의해 평가- 한계비용은 modelling접근으로 평가함
대기오염	피해(기회비용) - 인간건강 - 물질적 - 생태계	- 이 결과는 각 국가 배출정보에 대한 자료에 근거(TRENDS/Eurostat) - 건강비용은 프랑스, 오스트리아, 스위스의 건강비용을 산출한 WHO의 연구를 기반으로 함 - 건물피해, 농작물 손실, 산림피해는 스위스 전문연구의 결과에 기반함 - 한계비용은 ExternE 모델에 의해 계산되어짐. 총비용 및 평균비용에 대한 포괄적 접근방법이 서로 모순이 없도록 하기 위해서, 건물피해들을 조절함
기후변화	피해 (지구온난화의 기회비용)	- TRENDS를 기본자료로 함 - CO2의 단위비용가치는 135Euro/tonne 임 - 한계비용은 평균가변비용과 동일하다고 가정함 - 항공교통의 단위비용은 높은 고도에서의 배출의 특성적 위험을 고려하기 위해서 두배로 산정함
자연과 경관	피해복구를 위한 부가비용, 보상비용	- 복원비용은 기반시설의 서로 다른 형태에 대한 desealing 비용을 평가하는데 사용되어짐 - 1950년의 수준(손상되지 않은 자연)을 기준으로 가정 - 본 비용이 사회간접자본과 관련된다면 사회적 한계비용과는 별 관련이 없음
도시지역의 분리	보행자의 시간손실	- 독일(EWS)에서 사용된 방법론에 따라서, 시간손실은 서로 다른 도시형에서 무작위 추출한 표본에서 산정
도시지역의 공간부족	자전거를 위한 공간확보	- 독일(EWS)에서 사용된 방법론에 따라서, 시간손실은 서로 다른 도시형에서 무작위 추출한 표본에서 산정 - 본 비용이 사회간접자본과 관련된다면 사회적 한계비용과는 별 관련이 없음
기타 부가비용	환경적 부가비용(대기오염, 기후변화와 위험)	- 철도차량과 기반시설의 에너지소비와 예열, 생산과 유지보수의 부가적 비용을 기반으로 평가됨 - 0.035Euro/kWh의 잠재가격으로 가정한 핵위험은 위험회피에 대한 지불의 사액 연구를 기반으로 함

<부록 4> 서비스부문 투자에서의 도로와 철도의 비교

산업연관표의 기본(산업)부문은 1995년 현재 402개 부문으로 구성된다. 이 중 운송산업분류는 168개 소부문에다 나타나지만 운송대상별(화물, 여객)로 구분하기 위해서는 기본부문의 분류를 이용하여야 한다. 산업연관분석모형을 이용하여 현재의 철도와 도로부문에 대한 투자유발효과를 분석해 볼 수 있다. 산업연관분석모형은 최종수요부문의 유발효과를 투입계수에 기초하여 구할 수 있다. 일반적으로 도로시설 또는 철도시설의 신규건설, 확장건설 등은 건설산업부문에 포함되고 철도운송과 도로운송서비스는 서비스부문 산업분류로 나뉘어 진다. 시설부문과 서비스부문의 투자수요는 운송서비스 자체의 수송능력을 창출하고 각 산업으로 파급효과를 일으키게 될 것이다.

본 연구에서는 철도운송과 도로운송의 투자수요가 증가하였을 경우 산업의 생산유발액은 어느 정도이고 수입효과와 부가가치는 얼마나 창출될 수 있는가를 산업연관분석모형을 이용하여 계산하였다. 또한 도로와 철도의 운송대상별(여객, 화물) 투자액과 단위산출액을 구하였다. 이로부터 각 운송서비스산업의 투자유발효과를 살펴보고 운송대상별로 효율성에 차이가 있음을 확인하였다.

우선, 1995년과 1998년 산업연관표에서 철도운송 및 도로운송서비스의 투자수요를 관찰하였다. 실제로 도로운송서비스의 경우 1998년의 투자증가액이 기준년(1995) 대비 18.8% 증가하였으나 1998년 철도운송서비스에서는 투자가 이루어지지 않는 않았다. 투자에 대한 파급효과를 생산유발액, 부가가치유발액과 수입유발액으로 구분하고 운송서비스산업별로 비교하기 위하여 도로와 철도의 투자액 증가분이 동일하다고 가정하였다. 즉, 기준년 대비 도로와 같이 동일한 비율만큼의 투자가 이루어졌다는 가정(18.8% 증액) 하에 1995년의 산업연관분석모형을 이용하여 투자유발효과를 계산하였다. 다음 <부표 1>은 그 결과를 나타낸 것이다.

<부표 1> 서비스부문 투자유발효과

구분	투자증가액	산업연관분석모형(1995년) 결과 단위: 백만원			
		생산유발액	부가가치유발액	수입유발액	계
철도	1,876	731(39.0%)	1,623(86.5%)	238(12.7%)	2,592(138%)
도로	54,385	31,091(57.2%)	46,724(85.9%)	7,017(12.9%)	84,832(156%)

주: ()의 값은 투자증가액 대비 유발액의 비중을 나타낸다.

각 운송서비스산업별 투자증가액 대비 유발액 비중은 생산유발액을 제외하고 비슷한 수준임을 알 수 있다. 도로운송이 철도운송보다 여타 산업으로의 생산유발효과가 높은 것으로 나타나고 있다. 투자액 대비 총유발액의 비율은 철도보다 도로에서 높게 나타났다. 하지만 1995년 산업연관표를 운송대상별로 살펴본 결과, 도로운송과 철도운송의 투자액에는 화물운송부문의 투자액만이 존재하며, 여객운송의 서비스 투자는 0으로 되어있다. 그러므로 도로가 철도보다 더 효율적인 것은 화물운송에 한정된 의미로 받아들여야 한다.

산업연관표에서는 운송서비스산업을 여객과 화물로 구분하여 도로와 철도의 총산출액 정보를 얻을 수 있다. 이들 산출액을 수송량으로 나눈 단위산출액을 <부표 2>와 같이 얻을 수 있다.

<부표 2> 철도와 도로의 운송대상별 산출액

구분		총산출액(단위:백만원)		변화율 (1995년 기준)	2000년 수송량	단위산출액: 원/인(톤)·km	
운송대상	수송량단위	1998년	1995년			1998년	1995년
철도여객	백만인·km	1,561,734	1,322,600	18.08%	32,431.3	48.2	40.8
도로여객		10,929,442	9,611,298	13.71%	466,589.7	23.4	20.6
철도화물	백만톤·km	270,606	421,063	-35.73%	10,803.0	25.0	39.0
도로화물		7,014,866	6,191,605	13.30%	91,723.0	76.5	67.5

총산출액은 도로가 철도보다 훨씬 크다. 1995년과 1998년을 비교하면, 도로는

그 운송대상에 상관없이 증가하는 추세인 반면 철도는 화물수송에 있어서 급격히 감소하였다. 그것은 철도가 화물수송보다는 더 효율적인 여객수송부문에 치중하기 때문이다. 도로의 경우 고속도로의 발달로 인해 인천 등의 항구지역 또는 공항지역에서 시내로의 진입이 용이하여 철도보다는 화물운송에 더 활발해지고 있다고 할 수 있다. 이것은 2000년도의 수송량을 기준으로 한 수송량 대비 단위 산출액 계산에서도 잘 나타나고 있다. 물론 각 연도의 수송량을 반영하지 않아 정확한 계산이 이루어지지 않은 점을 고려하더라도 수송량 추세가 비슷하다는 가정에서는 유사한 결과를 얻게 될 것이다. 여객수송에 있어서 도로와 철도 모두 총산출액은 증가하고 있으나 단위 산출액을 비교하면 철도는 여객수송에, 도로는 화물수송에 더 효율적으로 이용되고 있음을 알 수 있다. 도로와 철도의 총산출액을 여객 수송량(인·km)과 화물의 수송량(톤·km)을 단순 가산한 수송량으로 나누면, 철도는 42원, 도로는 32원으로 산출되었다.

Abstract

A Comparative Study on the Environmental Aspects of the Surface Transportation

In pursuit of active economic development, the Korean government has continuously insisted on implementing measures to support and invest on the road and automobile-based transportation system. If this system continues, the environmental damage is expected to become much more serious in the near future. However, despite these apprehensions, a systematic approach has not been introduced in Korea for comparing the environmental nature of the railways and road transport, to be reflected in transportation policy initiatives. Therefore, systematic analysis and evaluation of the social cost for different means of transportation became necessary for effective and environmentally friendly implementation of the measures and policies.

This study analyzed 6 categories of the transportation external effects, which include air pollution, greenhouse gas, noise pollution, land use, traffic accidents, and congestion. Then the economic, social and environmental impacts on these categories were evaluated. The point of assessment was based on the years 2000 and 2010, under the assumption that the current transportation policies will be maintained without any significant changes. The cost for traffic accidents and congestion in the year 2000 was based on the data from the Korea Transport Institute(KOTI).

According to the study, the social cost from the surface transportation sector in the year 2000 was estimated around 49 trillion won; out of this amount, the estimated cost for air pollution was 11.6 trillion(23%), congestion 11.3 trillion(23%), land use 9.7 trillion (20%), traffic accidents 9.2 trillion (19%), greenhouse gas 5.9 trillion (12%), and, noise was 1.9 trillion won (4%).

When social cost for railways and road transports were compared from the aspects of the passenger traffic volume(person/km) and the freight traffic volume(ton/km), the social cost for the road transport was generally higher than the railroad transport. The air pollution cost for road transport was 3.1 times higher than that of railroads, greenhouse gas 3.6 times, noise pollution 2.1 times, land use 1.0 times, and most surprising of all, the cost arising from road traffic accidents was 646 times higher than the railroads. This is under the assumption that there is no cost for congestion in the railroad transportation. On the road, full-sized buses emit the most volume of air pollutants per vehicle, with large trucks and taxis producing a little less.

Especially, for the air pollution cost based on the passenger volume (person/km), the cost for taxi is the highest with 24.5 won, automobiles 12.9 won, large buses 11.4 won, and trains 5.5 won. Based on the freight volume(ton/km), the cost is estimated to be 46 won on the roads and 10 won on the railroads. Assuming the same volume of traffic, in the passenger transport, roads emit twice as much greenhouse gas as the railways, and ten times as much in the freight transport.

For the year 2010, the expected environmental cost from the surface transportation sector was raised to 57 trillion won, a significant increase compared to the year 2000. The cost for traffic accidents, air pollution and greenhouse gas were all decreased to 3.7 trillion won, 1.8 trillion and 0.3 trillion won, respectively. But, the cost for congestion increased

to 6.1 trillion won, and the cost for land use and noise pollution also increased, to 5.7 trillion and 1.6 trillion, respectively. The social cost for the surface transportation sector according to the traffic volume proved that the railways are gradually prevailing over the roads in many aspects of the environment.

In conclusion, in light of the social cost for the transportation sector, railways are proven to be 3~4 times more superior than the roads. Also, due to the dramatic increase in the cost of road congestion in the near future, even more wider gap is expected.

Based on these results, some of the measures to improve the current transportation policies should be established. First of all, we should emerge from the road-based transportation policy, and enforce more legislative efforts for expansion of environmentally friendly means of transportation, such as railways. Secondly, in line with strengthening the air quality management standards, public transportation service should be expanded and popularized for less congested roads. Thirdly, efforts should be made to reduce pollutant emissions by increasing the number of advanced-engine LPG taxis, and the use of clean fuel and low-emission vehicles and supply of the Compressed Natural Gas(CNG) buses should also be increased.

Measures for improving the current transportation system in Korea can largely be divided into 5 areas. First of all, strengthen emission and fuel quality standards for the operating vehicles as well as make technological development for newly manufactured vehicles, and reduce pollutants by promoting wider use of cleaner fuels. Also, some measures are implemented to reduce the traffic amount by managing various traffic demands. Also, efforts are needed for effective operation of the freight traffic, and reduction of congestion and air pollution by lesser traffic

accidents. Also, railway freight systems should be improved in order to facilitate transport of cargo by railways, instead of the roads. Last but not least, the noise reduction and efficient use of the land also should be considered.

Besides the areas evaluated in this study, the social cost for transportation should be expanded to include the impacts on the ecosystem and landscape. Also, in order to determine the real superiority between the roads and railways, not only the environmental benefit, but also social and economic benefits should be considered. Also, more extensive and systematic research is needed for the unit cost. And, since the nature of traffic tends to vary in different localities, an appropriate regional research plan should be formulated to obtain more accurate and reliable results.

집필자 약력

金 俊 淳

고려대학교 농학 학사, 석사(1990)
독일 괴팅겐대학교 경제학 박사(1997)
한국환경정책·평가연구원 책임연구원
(현, E-mail: jskim@kei.re.kr)

韓 和 眞

고려대학교 이학 학사, 석사(1983)
미국 UCLA 이학 박사(1988)
한국환경정책·평가연구원 선임연구위원
(현, E-mail: wjhan@kei.re.kr)

著書 및 論文

「2000년대 대기보전시책 수립에 관한 연구」 (2000)
「온실가스 저감조치의 환경적 편익분석 사업」 (2001)
「2002년 이후 차기 자동차연료 품질기준 설정연구」 (2002)

李 璿 河

고려대학교 공학 학사(1982)
독일 칼스루헤대학 공학 박사(1988)
공주대학교 건설환경공학부 교수
(현, E-mail: seonha@kongju.ac.kr)

연구진

연구책임자 김준순

참여연구원 한화진, 박현숙, 이선하

산·학·연·정 연구자문위원

김연구 (교통개발연구원 연구위원)

조남건 (국토연구원 연구위원)

이성원 (교통개발연구원 연구위원)

박천규 (환경부 교통공해과장)

© 2002 한국환경정책·평가연구원

발행인 윤서성

발행처 한국환경정책·평가연구원
서울시 은평구 불광동 613-2
우편번호 122-706
전화 380-7777 팩스 380-7722

<http://www.kei.re.kr>

인쇄 2002년 12월

발행 2002년 12월

출판등록 제17-254호

ISBN 89-8464-053-0

값 6,000원