

OA2) **철도의 환경 친화성 분석에 대한 연구**
(대기오염물질 배출량 및 에너지 소비율
중심으로)

김희만
 한국철도공사 환경팀

1. 서 론

최근 교통수단이 유발하는 환경문제에 대한 관심이 급격히 고조됨에 따라 각 교통수단의 환경 친화성 및 경제성이 그 교통수단의 이용도 및 평가에 있어서 매우 중요한 척도가 되고 있으며, 이에 따라 각 교통수단의 친환경 정도에 대한 비교 및 평가에 대한 연구가 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있다. 이러한 연구결과들을 보면 철도가 다른 교통수단에 비하여 더 친환경적인 교통수단이라는 데에는 별다른 이견이 없다. 그러나, 철도가 얼마나 더 친환경적인가에 대하여 정량적으로 비교해 놓은 경우는 드물다. 따라서 본 연구에서는 철도와 타 교통수단의 환경성 비교분석을 위하여 오염물질별(CO, SO₂, NO_x, 미세먼지 등) 배출량 및 에너지 소비율 등을 정량화하여 교통수단별 환경성을 비교분석하여 철도의 친환경성을 조사하였다.

2. 교통수단별 여객 및 화물 수송량 비교

<표 1>에 나타난 바와 같이 철도의 수송량은 지속적으로 증가하고 있으며, 2004년 KTX의 개통으로 이러한 추세는 앞으로도 계속 될 것으로 보인다. 1997년에는 철도와 지하철의 수송량 (27억인)이 영업용 도로수송량 (109억명)의 약 25%에 불과하였으나, 2003년에는 약 30억명을 수송하여 영업용 도로수송량 (94억명)의 약 32% 수준까지 상승하여 철도의 이용량이 점차 증가함을 보여준다.

<표 1> 국내여객수송량 총괄 비교 (단위 : 백만인)

연도	철도	지하철	도로		해운	항공	합계	합계 (비영업용 제외)
			영업용	비영업용				
1997	833	1,855	10,887	16,927	9.9	25.6	30,538	13,611
1998	829	1,839	10,784	16,766	8.3	19.5	30,246	13,480
2000	814	2,235	10,411	-	9.7	22.5	-	13,492
2002	983	2,012	9,784	-	9.5	21.2	-	12,810
2003	1,021	1,982	9,405	-	10.3	21.4	-	12,440

<표 2>는 교통수단별 국내여객수송량으로 철도의 인-km 수송량이 다소 감소하였는데, <표 1>에서 철도승객의 수가 증가한 것을 고려해보면 단거리 이용승객의 수가 증가하고, 장거리 이용승객의 수는 오히려 감소하였다. 항공의 경우에도 1998년 이후 거의 정체되어 있는 것에 반하여, 철도를 이용하는 승객의 수가 급증하는 것을 볼 수 있었는데, 이는 승객들이 항공보다는 요금이 더 저렴한 철도를 이용하는 비율이 높아지기 때문인 것으로 보인다.

<표 2> 국내여객수송 총괄 비교 (단위 : 백만인-km)

연도	철도	지하철	도로		해운	항공	합계	합계 (비영업용제외)
			영업용	비영업용				
1997	30,073	13,737	68,737	79,511	571	9,052	201,681	122,170
1998	32,977	13,442	66,853	77,331	434	6,877	197,914	120,583
2000	27,787	21,030	74,572	-	672	8,039	-	132,100
2002	28,743	24,240	77,925	-	565	7,809	-	139,282
2003	28,379	16,686	77,349	-	620	7,938	-	130,972

연도별 화물수송량은(<표 3>) 총 화물수송량이 지속적으로 증가하는 것에 비하여 철도에 의한 화물수송량은 1999년까지는 지속적으로 감소하다가 최근에는 다소 증가하는 추세이다.

<표 3> 연도별 화물수송량 추이 (단위 : ton)

구분 연도별	철도	공로	해운	항공	합계
1992	58,768,446	266,008,666	85,868,850	241,601	410,887,563
1995	57,469,339	408,368,372	127,558,112	322,720	595,272,320
2000	45,239,839	496,174,000	131,989,895	434,228	673,837,962
2003	47,109,970	565,456,252	145,326,809	422,565	758,315,596

지금까지 알아본 바와 같이 여객의 경우에는 도로교통 수단, 특히 버스의 수송량이 감소하고, 철도의 이용률이 점차 증가하고 있음을 알 수 있었다. 반면에 화물의 경우에는 도로의 화물수송량이 지속적으로 증가하고, 철도의 분담률은 점차 감소하였다.

3. 교통수단의 환경친화성 비교분석

3.1. 에너지 소비율

교통수단의 환경경제성에 있어서 가장 중요한 지표 중의 하나가 에너지 소비율이다. 본

절에서는 교통수단별 에너지 소비율을 산출하기 위하여 에너지 사용량 등을 조사하여 단위 수송량 당 에너지 소비율을 비교 하였다.

연도별 에너지 소비 추이를 보면(<표 4>), 1990년부터 2002년까지 수송부문의 에너지 소비량이 2.5배 증가하는 동안, 철도의 에너지 소비량은 약 1.4배 증가하는데 그쳤으며, 전체 에너지 소비량 중의 비율도 2.8%에서 1.6%로 감소하여 수송 부문 중 철도부문의 에너지 소비량 비율이 크게 감소한 것으로 나타났다. 도로의 경우도 79.1%에서 78.4%로 다소 감소하여 육상교통의 에너지 소비량 비율이 약간 낮아지는 것으로 나타났다. 반면에 해운과 항공의 에너지 소비량 비율이 증가하였고, 특히 해운의 증가율이 컸는데, 이는 선박의 대형화 및 국제간 화물수송량의 급격한 증가에 기인한 것으로 보인다.

<표 4> 수송 부문에서의 에너지 소비량 (단위 : 천TOE)

연도	합계	철도		도로		해운		항공	
		에너지	비율	에너지	비율	에너지	비율	에너지	비율
1990	14,173	391	2.8	11,205	79.1	1,669	11.8	908	6.4
1995	27,148	463	1.7	21,218	78.2	3,618	13.3	1,849	6.8
2000	30,945	512	1.7	23,554	76.1	4,705	15.2	2,174	7.0
2001	31,909	535	1.7	24,841	77.8	4,317	13.5	2,216	6.9
2002	33,763	536	1.6	26,484	78.4	4,434	13.1	2,309	6.8

<표 5>는 수송수단별 에너지 효율성을 비교한 것이다. 여객의 경우 철도의 단위수송량 당 에너지 소모량에 비하여 버스는 5.5배, 택시는 15.7배나 많은 에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 화물의 경우에도 철도에 비하여 도로는 무려 15.8배의 에너지를 사용하는 것으로 나타나, 철도가 에너지 효율성 면에서 도로 교통수단보다 월등히 앞서는 친환경적이면서 경제적인 교통수단임을 알 수 있다.

<표 5> 수송수단별 에너지 효율성 비교 (1999년 기준)

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

3.2. 대기오염물질 배출량

철도는 다른 교통수단에 비하여 단위 수송량 당 에너지 소비량이 적기 때문에 대기오염 물질도 적게 배출하는 것으로 알려져 있다. 본 절에서는 철도 및 교통수단별 단위수송량 당 대기오염물질 배출량을 알아보고, 이를 통하여 철도의 타 교통수단대비 친환경성을 비교해 보고자 한다.

철도와 도로의 대기오염물질 총배출량을 보면(<표 6>), 승용차에서 발생하는 CO가 전체 도로교통 수단에서 발생하는 CO의 2/3을 차지하고, 철도에서 배출되는 CO의 양은 도로에서 배출되는 CO의 1/10 에도 못 미친다. 탄화수소의 경우에도 승용차에서 배출되는 양이 도로교통 발생량의 2/3를 차지하지만, 철도에서 발생하는 탄화수소의 양은 도로에서 발생하는 양의 1/4에 불과하다. NOx의 경우는 대형버스와 대형트럭에서 발생하는 NOx의 양은 전체 도로교통수단에서 배출되는 양의 50%를 차지한다. 미세먼지의 경우, 철도에서 발생하는 미세먼지는 도로에서 발생하는 미세먼지의 1/40 수준에 불과하다. SO₂의 경우, 철도에서 배출된 양은 도로에서 배출된 양의 1/14에 불과하다. 전체적으로 보면 도로 교통수단에서 배출된 오염물질의 총 합은 철도에서 발생된 양의 5배에 달한다. 단위수송량 당 CO와 탄화수소의 배출량은 도로가 철도의 9배와 3배 정도 많았다. 미세먼지도 도로가 철도보다 약간 더 많았으나, NOx와 SO₂는 오히려 철도가 오히려 약간 더 높게 나타났다. 그러나, 화물의 단위 수송량 당 대기오염물질 배출량은 모두 도로가 철도보다 2.5배에서 9배까지 컸는데, 이는 화물수송에 있어서 철도가 도로보다 환경친화적임을 나타낸다.

<표 6> 수송수단별 여객 및 화물의 대기오염물질 배출량 (단위:kg/백만인(톤)·km)

구분		CO	HC	NOx	PM	SO ₂
여객	철도	167.4	68.0	411.1	27.1	10.8
	도로	1,531.2	216.5	388.1	32.9	6.6
화물	철도	397.4	124.3	750.5	48.5	19.1
	도로	2,461.7	295.7	2,215.7	431.5	45.6

<표 7>은 2003년의 교통수단별 대기오염물질 발생량을 나타낸 표이다. SOx를 제외한 모든 오염물질의 주배출원은 공로로서 전체 교통수단에서 배출된 오염물질 중 CO는 97.7%, NOx는 88.9%, VOC는 96%, PM은 36.2%를 차지하는 것으로 나타났다. 해운의 경우는 SOx 배출량이 전체 SOx 배출량의 82.9%를 차지할 정도로 많아 공로보다도 5배 이상 배출량이 컸다. 반면에 철도는 PM의 경우에만 3.2% 정도로 비교적 높았을 뿐, CO, NOx, VOC, SOx 모두 3% 미만으로 나타나 오염물질 배출량이 적은 것으로 나타났다.

<표 7> 교통수단별 대기오염물질 배출량 (단위 : 백만톤/년)

오염물질	철도	공로	해운	항공	합계
CO	7.87 (1.1%)	717.52 (97.7%)	5.67 (0.8%)	3.42 (0.5%)	734.5 (100%)
NOx	19.27 (2.8%)	605.22 (88.9%)	51.06 (7.5%)	5.08 (0.7%)	680.6 (100%)
VOC	3.17 (2.2%)	136.09 (96.0%)	2.23 (1.6%)	0.28 (0.2%)	141.8 (100%)
SOx	0.5 (0.9%)	8.31 (15.8%)	43.67 (82.9%)	0.19 (0.4%)	52.7 (100%)
PM	1.26 (3.2%)	36.24 (92.0%)	1.9 (4.8%)	0 (0%)	39.4 (100%)

4. 요약

1. 철도, 도로, 항공, 해운 등 교통수단별 현황을 조사한 결과, 현재까지의 교통정책이 도로교통 우선 위주였기 때문에 철도는 뛰어난 환경성 및 경제성을 가지고 있음에도 불구하고 수송분담율이 비교적 저조한 편이었다. 그러나, 향후 정부의 사회기반시설 구축에 있어서 국가 기간 철도망 확대와 대도시 지하철 및 경량전철 건설을 통한 도심철도망과 간선철도망의 연결 등을 통하여 철도의 이용이 훨씬 용이해질 것으로 보이며 이에 따라 철도의 이용률도 크게 상승할 것으로 예상된다.

2. 교통수단별 일반현황은 다음과 같다.

- 1) 철도교통은 여객수송량이 다소 증가하고 있는 추세였는데, 2004년 KTX의 개통으로 인하여 여객수송량이 급증하였으나, 화물수송은 약간 감소하는 추세이다.
- 2) 도로교통은 공로의 경우 이용량이 크게 감소하고 있으나, 자가용의 경우에는 승용차의 급증에 의하여 도로의 분담률이 증가하고 있다. 그러나, 도로망의 확충이 자동차의 증가량을 따르지 못하는 것과 자동차가 도시에 밀집됨에 따른 교통체증에 따라 자가용 차량의 1일 평균 주행거리가 짧아지는 등 수송량이 크게 증가하지는 않고 있다.

3. 각 교통수단별 환경경제성을 조사한 결과는 다음과 같았다.

- 1) 단위수송량당 에너지 소비율은 여객의 경우 철도가 75.97kcal/인·km에 불과한 반면에 버스는 415.43, 택시는 1,192.24kcal/인·km에 달하여 각각 철도의 5.5배 및 15.7배나 많은 에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 화물의 경우에도 철도는 105.98kcal/톤·km에 불과한 반면에 도로는 1,674.21kcal/톤·km에 달하여 철도의 무려 15.8배의 에너지를 사용하는 것으로 나타나, 철도가 에너지 효율성 면에서 도로 교통수단보다 월등히 앞서는 친환경적이면서 경제적인 교통수단임을 알 수 있다.

- 2) 도로와 철도의 단위수송량 당 CO의 배출량은 도로가 1,531.2kg/백만인·km로 철도의 167.4kg/백만인·km에 비하여 9배나 되었다. 그러나, 탄화수소의 경우는 도로가 216.5kg/백만인·km으로 철도의 68.0kg/백만인·km의 3배를 넘는다. 미세먼지의 경우는 도로가 철도보다 약간 더 많은 수준이었으나, NO_x와 SO₂는 오히려 철도가 오히려 약간 더 높게 나타났다.

참 고 문 헌

- 건설교통부, 2004-2005. 건설교통통계연보.
한국철도공사, 한국철도시설공단. 2005. 철도통계연보.
산업자원부, 2001-2004. 에너지통계연보.
한국환경정책·평가연구원. 2002. 육상교통수단의 환경성 비교분석.
환경부, 환경백서 2004.
정우성외, 2000. 디젤기관차 배출가스 대기오염 현황 및 저감방안에 대한 연구.
김희만, 2001.8. 부산대학교 대학원 박사학위 논문, 부산광역시의 철도배출원에 의한 대기 및 소음의 환경적 영향과 예측.