

## PB2) 천연가스 철도차량 개발을 위한 타당성 연구

### A Feasibility Study on the Development of Natural Gas Powered Railroad Vehicle

박덕신 · 이재영 · 이준석 · 김기동<sup>1)</sup>

한국철도기술연구원 궤도·토목연구본부, <sup>1)</sup>한국가스공사 연구개발원

#### 1. 서 론

최근 선진국에서는 배출가스 규제대상을 기존의 도로용 차량에서 비도로용 차량까지 확대 적용하고 있으며, 최근 환경부에서는 철도, 선박, 농기계 등 비도로용 차량을 대상으로 규제를 검토하고 있다(환경부, 2006). 철도는 도로교통에 비해 수송분담율이 상대적으로 낮지만 우리나라 전체 여객 수송량의 약 6.2%를 차지하고 있다. 국내에서 운행되고 있는 철도 디젤차량의 대부분은 디젤기관차(diesel locomotive)와 디젤동차(diesel rail car) 등으로 연간 약 2.5~3억 리터의 경유를 소모하는 것으로 조사되었다(박덕신 등, 2004). 본 연구에서는 청정에너지 철도차량 도입을 위한 타당성 연구의 일환으로 현재 국내에서 운행되고 있는 철도차량의 일반현황을 분석하고, 디젤철도차량에 의한 대기오염물질 배출현황을 연료사용량에 근거하여 제시하였다. 또한, 디젤철도차량에 의해 배출되는 온실가스의 배출량을 산정하고, 연료를 디젤에서 청정에너지로 교체할 경우 감축이 예상되는 온실가스의 량을 산정하였다.

#### 2. 연구 방법

디젤 철도차량에서 배출량을 산출하는 방법은 연료사용량을 근거로 미국 환경청(US EPA)에서 개발하여 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 US EPA 모드에 의한 방법과 한국 지형과 경부선에서의 철도차량 운행선도에 근거하여 박덕신 등(2003)이 개발한 Korail 모드에 의한 방법이 있다. 본 연구에서는 편의상 계산이 단순한 US EPA 모드에 의한 방법으로 디젤 철도차량에서의 배출량을 산출하였으며, 산출방법은 표 1과 같다.

$$ER=FC \times EF \text{ ----- (식 1)}$$

여기서,  $ER$ 는 연간 총 오염물질 배출량(emission rates, metric-ton/year),  $FC$ 는 연간 총 연료사용량(kℓ),  $EF$ 는 배출계수(g/ℓ)로서 연간 총 오염물질 배출량은 배출계수(g/ℓ)와 연료사용량(kℓ/year)을 곱한 값을  $10^6$ 으로 나누어 준 후 metric-ton을 short-ton으로 변환하기 위한 변환계수 1.1을 곱해서 구한다.

철도의 디젤연료 소비에 따른 이산화탄소( $CO_2$ ) 배출은 이동 연소(mobile combustion)에 의한 온실가스 배출에 해당된다. 일반적으로 이동연소에 의한 온실가스 배출량을 산정하는 방법은 연료 종류별 사용량을 기준으로 계산하는 방법(Simple Method)과 수송수단 별 연료사용량을 기준으로 계산하는 방법(Advanced Method)로 구분된다. 하지만 현재 국제적으로 공인된 수송수단별 배출계수가 존재하지 않고, 국내에서도 적용가능한 배출계수가 없기 때문에 식 2에서와 같이 Simple Method를 이용하여 이동 연소에 대한 온실가스 배출량을 산정하였다.

$$CO_2 \text{ 배출량} = \sum (\text{연료별 소비량} \times CO_2 \text{ 배출계수}) \text{ ----- (식 2)}$$

#### 3. 결과 및 고찰

US EPA의 배출량 산출방법을 적용하여 2006년 한 해 동안 한국철도공사에서 보유하고 있는 디젤 철도차량에서 배출되는 대기오염물질의 총량을 추정한 결과, 입자상물질(PM)의 경우 510.4톤, 질소산화물표 1에 운전형태별 디젤 철도차량의 대기오염물질 배출비율을 나타내었다. 표에서 PM의 경우 새마을로, 무궁화호, 통근형 등 여객용 철도차량에 의한 배출량이 전체 PM 배출량의 38.5%인 199.6톤이었고,

일반화물, 건설화물, 공사 등 화물용 철도차량에 의한 배출량이 전체 PM 배출량의 29.8%인 152.1톤으로 나타났다. 그리고 US EPA의 철도차량 모드 분류에서 단거리 모드에 해당되는 단행, 입환, 시운전, 보기, 피제어 등에 의한 배출량이 전체 PM 배출량의 31.7%에 해당되는 161.7톤으로 조사되었다.

NOx의 경우 전체 배출량 중 여객용에 의한 배출량이 38.8%, 화물용에 의한 배출량이 30.1%, 그리고 기타 철도차량에 의해서 31.1%가 배출되어졌다. CO는 여객용 철도차량에 의해서 전체 배출량의 38.1%, 화물용 차량에 의해서 29.4%, 그리고 기타에 의해서 32.5%가 배출된 것으로 조사되었다. HC의 경우 여객용 철도차량에 의해서 33.0%, 화물용 철도차량에 의해서 25.5%, 나머지 철도차량에 의해서 41.5%가 배출된 것으로 나타났다.

디젤 철도차량에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량은 200년부터 지속적으로 감소하여 2006년 약 62만 톤이었다. 이는 1990년 대비 약 15% 이상 감소한 것으로 이러한 추세는 계속 유지될 것으로 판단된다. 노선별 비교에서는 수송량이 높은 경부선에서 CO<sub>2</sub> 배출량이 가장 높았으며, KTX가 도입된 경부선과 호남선에서 CO<sub>2</sub>의 배출량이 두드러지게 감소하였다.

Table 1. Estimated emission rates of pollutants on the basis of train operation condition.

Classification	Fuel consumption(ℓ)	Emission rates(short ton/year)			
		PM	NOx	CO	HC
Passenger(%)	101,554,703 (42.2)	199.6 (38.5)	7,987.3 (38.8)	786.4 (38.1)	294.9 (33.0)
Freight(%)	78,545,465 (32.6)	152.1 (29.8)	6,177.6 (30.1)	608.3 (29.4)	228.1 (25.5)
Others(%)	60,753,890 (25.2)	161.7 (31.7)	6,395.6 (31.1)	673.0 (32.5)	371.6 (41.5)
Total(%)	240,854,058 (100)	510.4 (100)	20560.4 (100)	2067.7 (100)	894.6 (100)

#### 4. 결 론

디젤 철도차량을 기존의 연료인 디젤에서 LNG, CNG, 바이오 연료(biogas) 등의 청정에너지로 전환할 경우 CO<sub>2</sub> 배출측면에서의 감축효과가 기대된다. 한국철도공사에서 보유하고 있는 철도차량의 디젤 사용으로 인한 연간 평균 에너지 사용량이 9백만 GJ 정도이므로, 디젤 연료를 LNG로 대체하였다고 가정할 경우, 두 연료의 발열량 차이를 감안하더라도 연간 약 15만 톤 이상의 CO<sub>2</sub>를 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

#### 참 고 문 헌

- 박덕신, 김동술 (2004) 철도디젤철도차량에서 배출되는 오염물질의 배출량 산정방법 개발, 한국대기환경학회지, 20(4), 539-553.  
 환경부 (2006) 차차기 제작자동차 배출허용기준 설정 및 인증제도 개선방안 연구, 최종보고서.