

철도 분야 온실가스 저감방안 사례 분석 연구

A Case Study on Greenhouse Gas Reduction in Railroad

정우성*, 이재영**, 조영민***, 강성해****

Woo-Sung Jung, Jae-Young Lee, Young-Min Cho, Sung-Hae Kang

ABSTRACT

Transportations are representative sources of greenhouse gas (GHG) emission. Advanced countries (especially, EU and Japan etc.) have performed several efforts to decrease GHG released from railroad. In this study, we investigated the reduction methods of GHG in railroad industry. The GHG emissions in railroad are mainly caused by the energy consumption during operation. Therefore, it is necessary to develop technologies for the increase of energy efficiency and the application of clean energy such as solar and wind energy instead of diesel. From these studies, we can establish various strategies to reduce GHG efficiently in Korean railroad.

1. 서론

1992년 온실가스 배출 억제를 위한 기후변화협약이 채택된 이후 온실가스 감축의무를 규정하는 교토 의정서가 2005년 2월에 발효됨에 따라 특히 유럽을 중심으로 온실가스 관련 규제들이 강화되는 등 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 수송 분야의 연료 소비 증가에 따른 온실가스 배출량을 효율적으로 감축하기 위해서는 저탄소 소비 운송수단인 철도의 물류시장에서 역할을 적극적으로 확대할 필요가 있다. 이에 철도의 역할은 향후 대중교통 수단으로써 뿐만 아니라 국가 차원에서 수송 분야의 온실가스 배출량 감축을 위한 전략 수립 시 매우 중요하다.

본 연구에서는 최근 지구온난화 문제와 관련하여 철도분야에서의 온실가스 저감을 위한 철도 선진국의 온실가스 배출 실태를 조사하였으며 또한, 이를 저감하기 위한 철도시설 및 철도운행에 소요되는 에너지를 줄이기 위한 방안, 온실가스(CO₂) 및 NO_x, SO_x, CO와 같은 유해가스의 발생량을 감소시키는 방안, 철도차량의 엔진 개량, 대체연료 개발, 윤활오일의 개선 기술, 후처리기술개발 및 차량경량화 기술 개발의 진행방안을 조사 분석하였다. 또한, 철도분야에 사용되는 에너지 효율을 증가시키기 위한 복합에너지 발생시스템(co-energy generation system)의 개발, 태양, 풍력 등의 이용방안을 조사 분석 하여 국내 철도의 온실가스저감을 위한 적용방안을 검토하였다.

2. 철도 온실가스 배출 실태 및 저감 전략

2.1 UIC(The International of Union Railways)

유럽의 UIC는 UNIFE(The European Rail Supply Industry) 및 UITP(The International Association of Public Transport)와 공동으로 20-30 % 수준의 수송 분야 CO₂ 배출량 저감을 범국가적으로 대응하기 위한 전략을 수립하고 있다. 최근 UIC에서는 철도 분야에서 사용하는 연료에 따라 다음과 같이 효율적인 CO₂ 배출량 저감 정책을 제시하였다. 먼저, 전기를 이용하는 노선에서는 에너지 효율성을 극대화하기 위하여 에너지 미터기 설치, 에코드라이빙 개념 도입, 전지와 디젤을 사용하는 하이브리드 기관차 개발, 신규 철도차량의 에코디자인 적용 등을 제안하고 있다.

* 한국철도기술연구원, 궤도토목연구본부 환경화재연구팀, 정희원

E-mail : wsjung@krri.re.kr

TEL : (31)460-5388 FAX : (031)460-5319

** 한국철도기술연구원, 궤도토목연구본부 환경화재연구팀

*** 한국철도기술연구원, 궤도토목연구본부 환경화재연구팀

**** 한국철도공사, 환경팀

반면에 디젤을 이용하는 노선에서는 직접적인 배출을 저감하기 위해 바이오디젤 사용, 촉매전환기 설치, 견인시스템의 전기화 등을 적용할 수 있다. 또한 이러한 정책을 세부적으로 도입하여 중국, 인도, 아프리카 등의 철도분야와 CDM 사업 추진을 모색하고 있다.

2.2 독일 DB(DieBahn)

독일 철도는 수송수단의 CO₂ 배출량 중 약 5 % 정도를 차지하고 있으며, 이를 저감하기 위해 2003년부터 'Climate Protection Programme 2020'을 통해 2002년부터 2020년 사이에 독일철도에서 단위 CO₂ 배출량을 최소 15 %까지 절감하는 계획을 추진하고 있다. 역사에 태양력 발전을 도입할 뿐만 아니라 최근에는 기관차 내에 에너지 미터기 및 IT 시스템을 설치하고, 친환경 운전(Eco-driving) 개념을 도입하여 운전자의 습관에 따른 에너지 낭비를 줄임으로써 CO₂ 배출량을 저감하는 효과를 거두고 있다.

2.3 스위스 SBB

스위스의 SBB는 실제로 적은 양의 온실가스를 배출하고 있으며, 완전 전동화된 연결망으로 인해 저탄소 소비 교통서비스를 제공하고 있다. 기후변화협약에 효과적으로 대응할 수 있는 발전시스템을 구축하고 있으며, 높은 에너지 효율 설비를 보유하고 있다. 소음, 에너지 소비, 온실가스 배출 등 핵심 분야에서 개선해 나가고 있으며, 선로의 환경적인 장점을 강화하려는 노력도 진행 중이다. SBB가 배출하는 대부분의 온실 가스는 건물의 난방장치에서 발생한다. 2006년에 54,100 톤의 CO₂를 배출하였으며, 이는 천연가스와 난방연료의 연소 과정에서 배출되는 것들이다. 추가적으로 화물운반 과정이라든지 선로의 유지보수과정에서 매년 32,360 톤의 CO₂가 발생하고 있다. 수력발전을 통해서 70 %의 전기에너지를 생산하고 있으며, 추가적으로 요구되는 양은 프랑스의 핵발전소나 기타 시장에서 충당하고 있다.

2.4 일본 JR East

일본 JR East에서 지구 온난화를 막기 위한 가장 큰 관심은 전체 JR East에서 사용하는 에너지의 70 %를 차지하는 열차 에너지 소모량을 줄이는 데 있다. 이를 위해 기존 열차에 비하여 약 절반의 에너지만 사용하는 새로운 에너지-효율 열차를 도입하고 있는데, 2006년 3월 현재, 81 % 이상이 에너지-효율 열차이며, 이를 통해 수송량이 증가하였음에도 불구하고 에너지 소비량은 줄일 수 있었다. JR East는 보유하고 있는 수력 및 열 발전소를 더욱 효율적으로 운영하고자 하고 있다. 이러한 노력의 결과로 2006년 3월 현재, 열 발전소에서 생산되는 에너지의 단위 CO₂ 배출량은 1990년 대비 약 26 % 감소하였다.

JR East에서는 에너지 효율적인 기술로 알려진 하이브리드 연료전지 철도차량(NE train)을 개발하고 있다. 아직 연료전지의 성능과 수소 공급방법 등에 있어서 해결해야할 문제가 있으나, 시작품 철도차량을 개발할 수 있게 되었으며, 이로 인해 CO₂ 배출량을 더욱 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 또한 철도의 이용률 증대뿐만 아니라 일본 내 수송 수단의 의한 CO₂ 배출량을 저감하기 위해 차에 의한 이동 구간을 철도로 대체하는 intermodal transportation 시스템을 제안하여 운영하고 있다. 이와 같은 시스템의 활성화를 위해 주차 및 시승의 편의를 도모할 수 있는 park and ride 체제를 갖추고 있다.

2.5 호주 QR

호주의 QR은 Queensland를 지나는 약 10,000 km의 노선을 운행하고 있는 철도회사이다. QR은 주로 전기 소비와 기관차의 디젤 연소, 차량의 연료 소비, 건물의 전기 소비 등에 의해서 온실가스를 생성하고 있다. QR은 온실가스 배출과 관련한 인벤토리를 구축하여 1990년부터 견인 디젤 및 전기 소비량, 모터 차량의 연료 소비량, 비견인 전기 소비량, 비견인 디젤 소비량으로 나누어 에너지 사용량을 기록하고 있다. 이를 기반으로 1998/1999년부터 2003/2004년까지 5년간 약 477,000 톤_CO₂e을 감축하는 계획을 수립하였다. 또한, QR은 지속적으로 5년마다 온실가스 저감 목표를 수립하여 다양한 방안을 적용하고 있다. 또한 이와 같은 정책을 기반으로 호주 정부의 수송 분야에서 온실가스에 대한 친환경 정책 개발에 기여하고 있다.

3. 온실가스 저감방안

3.1 태양열 발전

태양전지를 이용해 태양에너지를 전기로 전환하는 태양광 발전을 도입하여 CO₂ 배출량을 저감할 수 있다. 태양광 발전은 기존 에너지원과 달리 온실가스 배출, 환경파괴 등을 초래하지 않는 무공해 에너지원이다. 상당량의 전력을 소비하는 철도산업에서 태양광 발전의 도입은 온실가스 저감뿐만 아니라 운영기관의 전력비용 절약에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.



<그림 3.1> Uelzen역 상부의 태양전지판



<그림 3.2> 뉴욕지하철 Coney Island역 전경

3.2 청정 및 대체 에너지 사용

CO₂ 배출량 저감을 위해서 태양광 발전 외에도 기존 연료인 디젤(Diesel, 경유)보다 탄소배출계수가 작은 LNG, CNG, 바이오 연료 등의 청정에너지로의 연료전환 사업을 고려할 수 있다. IPCC 가이드라인에 따르면, 디젤의 경우 탄소배출계수가 20.20 kgC/GJ로써, LNG의 15.3 kgC/GJ 보다 훨씬 높은 수치를 보이고 있다. 한국철도공사에서 보유하고 있는 철도차량의 디젤 사용으로 인한 연간 평균 에너지 사용량이 약 9백만 GJ 정도이므로, 기존 디젤연료를 LNG로 대체하였다 가정할 경우, 두 연료의 발열량 차이를 감안하더라도 연간 15만 톤 이상의 이산화탄소를 절감할 수 있을 것으로 예상된다. 바이오매스에 의한 바이오디젤 사용 시에는 탄소배출계수가 존재하지는 않지만, 연료자체가 자연에서 순환하는 탄소로써 간주하므로, 전환되는 양만큼 전부 온실가스가 감축되는 것으로 인정한다.



<그림 3.3> LNG 철도차량(BN 7890)



<그림 3.4> 바이오디젤 철도차량(인도)

3.3 차량 경량화

차량을 경량화함으로써 에너지 사용을 저감하고 이를 통해 CO₂ 배출량 감축 효과를 얻을 수 있다. 현재 우리나라의 전동차는 구체(열차의 외부)의 재료로 스테인리스 스틸을 사용하고 있다. 최근 구체의 재질을 알루미늄, 그리고 복합소재 등으로 대체하는 연구가 활발하게 진행 중이다. 구체 재질을 알루미늄으로 전환 시 전동차의 무게가 감소(최대 약 30 %)하게 되어 에너지 사용량이 절감된다는 연구 결과가 있다

3.4 철도 선로 주변 녹지화

일반적으로 조림은 CO₂ 흡수를 통해 지구온난화 예방에 중요한 역할을 수행한다. 국립산림과학원의 보고에 따르면, 국내 산림 1 ha는 약 7.3 톤의 CO₂를 흡수하며, 이는 일반주택 4가구 및 일반 승용차 1대의 연간 CO₂ 배출량에 해당되는 양이다. 소나무, 낙엽송, 잣나무, 백합나무 등 국내 주요 조림나무의 CO₂ 흡수 능력을 비교하면, 30년생 백합나무 1 ha(100m×100m)가 연간 흡수하는 탄소량이 6.8 톤, 소나무 4.2 톤, 낙엽송 및 상수리나무 각 4.1 톤, 잣나무 3.1 톤이다. 최근 독일에서는 Stadtbahn 노선 선로 중 32 km를 잔디로 녹지화 하여 소음저감 효과뿐만 아니라 CO₂ 흡수 효과를 기대하고 있다.

4. 결론

4.1 선진국 철도 온실가스 배출관련 환경실태 조사

유럽의 UIC에서는 철도의 배출권 거래제 시스템에 참여를 모색하기 위하여 중국, 인도, 아프리카 등의 철도 차량에 디젤연료를 사용하는 CDM 사업을 추진하고 있다. 또한 유럽의 주요 철도 운영기관은 2000년 초부터 CO₂ 배출량 저감을 위해 매년 목표 수치를 세우고, 다양한 전략을 수립하고 있다. 주로 디젤 철도차량의 대체를 주요 정책안으로 추진하고 있으며, 이로 인한 상당한 CO₂ 배출 저감 효과를 얻고 있다. 일본의 JR East에서는 전력소비에 따른 CO₂ 배출량을 줄이기 위해 에너지 효율 개선 방안을 마련하고, 연료전지 철도차량(NE train)을 개발하여 최근에 시운전을 하고 있다. 그리고 인터모달 교통체계를 통해 물류시장에서 철도 이용 확대를 추진함으로써 일본 내 수송수단에 의한 CO₂ 배출 저감 방안도 동시에 모색하고 있다.

4.2 CO₂ 배출 감축 방안 제시

국의 철도분야에서 CO₂ 배출량을 저감하기 위한 주요 정책들을 분석하여 국내 철도에 적용할 수 있는 방안들을 도출하였다. 첫째, 자체 태양광 발전을 도입함으로써 한국철도공사의 연간 전력구매에 따른 비용 및 CO₂ 배출량의 저감 효과를 기대할 수 있다. 둘째, 대체에너지를 이용한 철도차량의 도입을 통해 디젤로부터 발생하는 CO₂ 뿐만 아니라 다른 대기오염물질의 배출 저감도 예상된다. 셋째, 전력 사용에 따른 CO₂ 배출량을 감축하기 위해서는 에너지 효율 개선이 요구되는데, 그 일환으로 철도차량의 경량화를 추진할 수 있다. 넷째, 철도 선로 주변에 조림 작업을 통해 그린 철도로써의 이미지 홍보뿐만 아니라 조림에 의한 CO₂ 흡수를 통해 전체 CO₂ 배출량 저감에 기여할 수 있다.

5. 감사의 글

본 연구는 한국철도공사의 연구비 지원에 따라 수행되었음에 이에 감사드립니다.

6. 참고문헌

- (1) 철도환경 발전방안에 관한 연구, final report, 한국철도기술연구원, 2005.
- (2) 친환경 철도시스템 구축기반 기술 개발(철도분야 온실가스 감축기반 구축), final report, 한국철도기술연구원, 2007.
- (3) 정우성, 이재영, 철도분야의 기후변화협약 관련 동향, 한국철도기술지, p16-20, 2006.
- (4) Uelzen Train Station 2000