

# 철도 궤도시스템의 LCCO<sub>2</sub>에 관한 소고

## Some Thoughts on LCCO<sub>2</sub> of the Railway Track System

전민녀\*  
Minnu, Tian

이우철\*\*  
Lee, Woo chul

최상현\*\*\*  
Choi, Sang Hyun

임남형\*\*\*\*  
Lim, Nam Hyoung

---

### ABSTRACT

The report of the intergovernment panel on climate change(IPCC) concluded that the global warming due to Green-house Gas(GHGs) will be accelerated in the 21th century. The railroad construction sector consumes a great deal of natural resources and energy in construction, maintenance, and demolition stage. In order to establish and perform reducing plan of GHGs of railway track system for effective corresponding the Climate Change Agreement, the evaluation method of the lifecycle CO<sub>2</sub> emission if needed. In this research, it was investigates that the research trend for the LCCO<sub>2</sub> and the method to estimate the lifecycle carbon dioxide emission amount of the railway track system as quantitative.

---

### 1. 서 론

최근 지구환경 문제가 전 세계적으로 중요한 이슈가 되면서 선진국을 중심으로 이 문제에 공동대처하려는 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 기후변화 정부간협약체[IPCC]는 1991년 1차 보고서를 통하여 CO<sub>2</sub>등의 온실가스를 지구온난화의 주요원인으로 지적하고, CO<sub>2</sub>배출량의 즉각적인 감축을 주장하면서 기후변화협약 교섭의 실시를 권고하였다. 2005년 2월 교토의정서가 발효됨에 따라 환경부하의 저감 및 친환경적 산업 육성을 위한 국가차원의 친환경생산 체계 구축이 시급한 실정이다. 2008년 11월 정부간 패널 중 3대 전략(신성장동력 확보를 위한 상용화 기술, 혁신적 온실가스 감축 기술의 조기 확보, 기후변화 과학연구 추진)을 통하여 2050년 까지 신기술에 의한 온실가스 저감 잠재량을 2.5억 CO<sub>2</sub>톤 확보한다는 계획이다<sup>1)</sup>.

환경 친화적 건설의 육성을 위한 정부, 업계, 민간의 관심이 증대되고 있으며 이를 위한 조치 및 활동들이 활발히 진행되고 있으나, 온실가스 저감량 예측 및 평가를 위한 정량적인 접근 방식에 대한 연구 및 자료가 부족한 상태이다. 따라서 국제사회의 흐름 속에서 기존의 공급위주의 산업·국가조직, 기타 환경관련 각종 제도에 있어 선진국과의 경쟁력을 확보하기 위해서 환경정책측면에서 많은 변화가 있어야 한다. 국가적 차원에서 기후변화협약의 효율적 대응의 일환으로 건설부문의 온실가스 감축계획 수립 및 이행을 하기 위해서는 건설 분야의 온실 가스 발생량에 대한 실질적인 자료 확보가 반드시 필요한 실정이다.

건설 산업이 지구환경에 미치는 영향을 살펴보면, 건설 산업은 총에너지 사용량의 45%와 CO<sub>2</sub>배출량의 36%를 차지할 만큼 지구환경에 지대한 영향을 미치고 있다. 철도는 수송수단으로서 단위 수송량에

---

\* 충남대학교 토목공학과 석사과정

\*\* 충남대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\* 한국철도대학 철도시설공학과 교수, 공학박사

\*\*\*\* 책임저자: 충남대학교 토목·환경공학부 교수, 공학박사

(Tel. 042-821-7005. Fax : 042-821-8867. E-mail : [nhrim@cnu.ac.kr](mailto:nhrim@cnu.ac.kr))

대한 에너지 소비가 적고 환경에 대한 부하가 적기 때문에 다른 수송수단 보다 환경오염 측면에서 경시되는 경향이 있다. 따라서 본 연구에서는 국외의 LCCO2 연구동향을 분석하고 철도의 전생애에 걸친 이산화탄소 배출량을 정량적으로 평가하는 방안을 고찰하고자 한다.

## 2. 연구동향

유럽의 경우에는 2005년 1월 ETS의 발효로 European Union의 온실가스 다배출 사업자에게 배출에 대한 책임이 주어졌으며, 보다 덜 배출하기 위한 노력들이 이어졌다. European Railways는 기후보호를 위한 교통산업의 필요기여도를 강화하기 위해 EST Review를 이용해 불 것을 제안한다. European Parliament은 ETS로 비롯된 부적절한 부담을 인지하고 2006년 6월 4일“ETS는 철도산업에 부담으로 작용하고 있다. 세금 및 EU ETS가 친환경적인 교통시스템에 상당량의 비용 증가를 초래하기 때문 이다.”라고 언급하였다. 철도 부문이 이와 같이 ETS 체제하에서 역효과를 보고 있기 때문에 CER은 배출권 거래를 온실가스 배출량 통제를 위한 선택옵션으로 간주하지만 모든 교통수단이 기후변화에 대한 각자의 책임을 지는 것은 매우 중요한 일이다. 독일 DB(DieBahn), 독일 철도는 수송수단의 CO2 배출량 중 약 5% 정도를 차지하고 있으며, 이에 먼저 2005년까지 1990년 대비 CO2 배출량의 25%를 감축하기 위해‘Energy Saving Program 2005’를 실행하였다. 그 결과, 계획보다 앞선 2002년에 감축목표를 초과 달성하였으며, 현재는 2020년까지 2002년 대비 CO2배출원단위의 20% 감축을 목표로 신규 프로그램 ‘Climate Protection Program 2020’을 운영하고 있다. 국내의 경우에는 온실가스 배출량은 정부의‘기후변화대응 종합기본계획’에 따라 수송분담율을 증가시킴에 총량적인 측면에서는 지속적인 증가가 예상되며, 배출원단위 측면에서는 상당 수준의 저감효과를 기대할 수 있다. 따라서 수송분담율의 증가를 통해 배출원단위 저감도 중요하지만 온실가스 총배출량을 줄이기 위한 전략수립이 요구된다. 철도의 환경성을 파악하기 위한 다양한 도구를 개발하고 활용하고 있다.

## 3. LCCO2 전과정평가 방법론

전과정평가 (LCA): 제품 시스템의 전과정에서 관련 투입물과 산출물에 대한 목록으로 작성하고 이들과 연관된 잠재적인 환경영향을 평가하며, 연구목적과 관련해서 목록분석 결과와 영향평가 결과를 분석함으로써 제품과 연관된 환경 측면과 잠재적인 환경영향을 평가하기 위하기 위한 기법. LCA 연구의 전체적인 골격은 목적 및 범위정의 단계에서 이루어지며, 각 단계별 수행 내용을 아래에 요약하였다.

- 1) 목적 및 범위정의 단계에서는 우선 연구수행 목적을 명확히 정의하고 목적에 맞추어 대상제품이나 공정의 범위를 설정해야한다. 또한 필요한 데이터와 그 출처, 연구수행 기간, 연구수행 지역 등도 목적에 맞게 설정되어야 한다.
- 2) 전과정 목록분석 단계에서는 원료의 추출에서부터 제조 및 가공, 수송 및 유통, 사용, 최종 폐기에 이르는 한 제품이나 공정의 전과정 동안의 에너지 및 원료 소요량과 환경 배출물을 정량화하여 목록을 작성하는 과정이다.
- 3) 전과정 영향평가 단계에서는 목록분석에서 규명된 자원소요량과 이산화탄소배출에 대한 정보를 토대로 하여 환경적 영향을 파악하고 평가한다.
- 4) 결과해석은 제품이나 공정에 대한 전과정 목록분석 또는 전과정 영향평가의 결과들을 연구에서 정의된 목적 및 범위에 맞게 해석하고 환경 관련 배출물 또는 환경영향을 감소시킬 수 있는 방안을 체계적으로 규명하고 평가하는 과정이다.

본 연구에서 사례분석을 통해서 궤도의 LCCO2 전과정 환경영향평가는 궤도건설-유지관리-해체 3단계에 걸쳐서 연구하였다.

$$LCCO_2(E_i) = LCCO_2(E_c) + LCCO_2(E_m) + LCCO_2(E_r) + LCCO_2(\sum P_d E_d)$$

여기서,  $LCCO_2(E_i)$ : 궤도 라이프사이클 이산화탄소 배출량

$LCCO_2(E_c)$ : 궤도 건설단계 라이프사이클 이산화탄소 배출량

$LCCO_2(E_m)$ : 궤도 유지관리단계 라이프사이클 이산화탄소 배출량

$LCCO_2(E_r)$ : 궤도 해체단계 라이프사이클 이산화탄소 배출량

$LCCO_2(\sum P_d E_d)$ : 궤도 지진이나 교통사고 등 이벤트에 의한 라이프사이클 이산화탄소 배출량

$P_d$ : 이벤트 발생 확률

### 3.1 궤도 도상 부분2)

지금까지 적용되어 오던 자갈도상 궤도는 선로의 품질을 유지하기 위해서 지속적인 보수를 필요로 하며, 매년 막대한 보수비용과 많은인원이 소요된다. 그러나, 콘크리트도상 궤도구조(cast-in sleeper 와 embedded track)는 응력분포가 분산되어 궤도의 파괴가 잘 일어나지 않지만 자갈도상 궤도구조는 응력 분포가 침목 밑에 집중하여 궤도의 파괴가 일어나기 쉬우므로 자갈도상 궤도를 슬래브 궤도로 대체하면 이러한 보수비용을 대폭 절감할 수 있다. 콘크리트도상 궤도구조는 초기 건설비용이 다소 높으나 도상의 손상 및 마모가 적으며 자갈도상 궤도구조에 비해 유지관리비용이 거의 들지 않는다. 콘크리트도상이 자갈도상의 라이프 사이클에 비해 적은 에너지가 소비되고 CO2도 적게 방출한다.

### 3.2 침목부분3)

$$a_{total, k} = (a_k/t_k) \times n_k$$

여기서,  $a_{total, k}$ : k형 침목의 총 이산화탄소 배출량

$a_k$ : 한개 침목의 이산화탄소 배출량

$t_k$ : 침목 전생애 기간

$n_k$ : 침목 개수

침목은 사용 중에 에너지나 자원을 소비하는 것이 거의 없기 때문에 LCA 방면에서는 제조단계까지와 사용 후의 처리가 큰 비중을 차지한다고 할 수 있다. 침목의 원료인 원목은 재료로서 성장하기까지 100년 정도가 걸리지만 상품으로서의 가치는 20~30년 정도이기 때문에 앞으로 자원의 고갈이 예상된다. PC콘크리트 침목은 현재 가장 많이 사용되고 있는 침목으로서 현재까지 완전한 처리방법은 확립되어 있지 않으며, 침목의 수명은 60년 정도로 추정되어 수명에서는 목재침목보다 유리하지만 폐기나 재활용은 추후의 과제이다. 철재침목의 수명은 50년 정도로 기대할 수 있고 재활용이 용이하여 LCA 측면에서도 유리하다고 생각된다.

### 3.3 재활용부분4)

철도의 궤도패드에는 진동을 방지하기 위하여 레일과 침목사이에 설치된다. 대부분의 궤도 패드는 SBR(Styrene-Butadiene Rubber)로 만들어지는데, 자동차 타이어용으로 널리 사용되는 재료이다. 즉, 자동차 타이어는 궤도패드와 유사한 재료이므로 재활용으로 사용하기에 매우 적합하다. 또한, 궤도패드는 자동차 타이어와는 달리 내부에 철선 및 fiber 등이 함유되어있지 않으므로 제작이 용이하고 재활용에 적합한 항목이다. 한편, 폐기되는 궤도패드를 재활용하여 철도용 소재로 사용하기도 한다.

## 4. 결 론

국내의 운영기관에서 전문 인력의 부족으로 환경성 평가에 대한 자발적인 참여가 어려운 현실이다. 과

정에서 이산화탄소를 저감시키는 유효한 방법은 장수명 제품을 사용하거나 재활용 할 수 있는 제품을 사용하는 것이다. 본 연구는 국외 궤도 LCCO2 연구동향을 분석하여 궤도 시스템에 대한 환경부하량의 산정방법인 LCCO2를 제시하였다. 추후 LCCO2 적용을 위한 목록분석 및 DB 구축을 추진할 계획이다.

#### <참고문헌>

- [1] 기후변화 대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜(안)
- [2] M. Kiani Msc, T. Parry PhD and H. Ceney BEng,(2007), " Environmental life-cycle assessment of railway track beds", Engineering Sustainability. Volume.161&issue.2, pp.135-142
- [3] Hiroshi UEDA, Taro TSUJIMURA, Hideyuki TAKAI, Manabu EMOTO,(1999)  
,"Fundamental Investigation of LCA of cross Tie", QR of RTRI, VOL.40, No.4, pp.210-213
- [4] 장세기, (2003), "철도 재활용을 통한 환경의 보호" .