https://doi.org/10.14190/MRCR.2023.18.3.014

# 철도의 탄소중립 추진전략 국외 사례

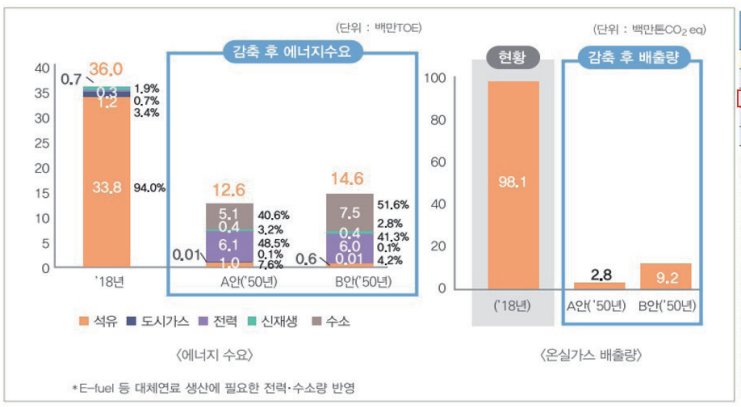
## International case of railway carbon neutral strategy

**이재영 Jae-Young Lee**
한국철도기술연구원 교통환경연구실
책임연구원
**E-mail :** iyoung@krri.re.kr

**김경훈 Kyung-Hoon Kim**
한국철도기술연구원 교통환경연구실
선임연구원
**E-mail :** khkim20@krri.re.kr

### 1. 서론

2019년 유엔 기후정상회의를 시작으로 전 세계적으로 탄소중립 논의가 활발하다. 특히, 전 세계적 팬데믹(코로나19) 발생 이후 기후 위기의 심각성 인식이 증대되면서 주요국에서는 탄소중립을 공식적으로 선언하고 탄소중립을 달성하기 위한 구체적인 로드맵을 단계적으로 발표하면서 빠른 속도로 기후 위기 대응 체제에 돌입하였다. 국내에서는 정부의 2050 탄소중립 선언 및 2030 국가 온실가스 감축목표 상향으로 탄소중립기본법을 제정(세계 14번째 탄소중립 법제화국)하여 제도적 이행 기반을 마련하고 실천력을 강화하고 있다. 올해 4월 발표된 '탄소중립 · 녹색성장 국가전략 및 제1차 기본계획'에 따르면, 수송부문 2030 감축목표는 2018년 대비 37.8 % 감축(61백만 톤)으로 내연기관차의 전기화 등 이동 수단의 저탄소화 및 대중교통 활성화를 주요 감축 수단으로 한다(<그림 1>). 일반적으로 철도는 저탄소 교통수단으로 알려져 있으며, 수송부문의 탄소중립에 있어 중요한 역할을 한다. 이에 철도의 중장기 추진 방향은 내연차 자가용 수요를 대체하는 전력 기반의 철도망 확대, 디젤 열차를 전기 열차로 교체, 수소 전기 기관차 등 핵심기술 확보, 철도 운영시설·유휴부지 활용 태양광 발전, 장대화물열차 도입 및 전




(단위 : 톤CO2eq)

| 구분 | 2018년 | 2050년 | |
|---|---|---|---|
| | | A안 | B안 |
| 합계 | 98.1백만 | 2.8백만 | 9.2백만 |
| 도로 | 95.2백만 | 1.0백만 | 7.4백만 |
| 철도 | 0.3백만 | 0 | |
| 해운 | 1.0백만 | 0.3백만 | |
| 항공 | 1.6백만 | 1.5백만 | |

**주요 수요관리 수단**

- **고속 · 대용량 대중교통체계 구축** : 대도시권 광역급행철도(GTX-A), S-BRT, BTX 등 친환경 대중교통 수단 체계 완료
- **대중 · 공공교통 이용 활성화** : 대중교통 수단 간 연계교통 강화, BIS 확대를 통한 버스 이용 활성화, 수요응답형(DRT) · 공유교통(카셰어링) 활성화, 알뜰교통카드 이용 활성화 등
- **비동력 무탄소 교통 강화** : 단거리(10km 이내) 승용차 통행을 비동력 무탄소 교통수단인 보행 및 자전거, 퍼스널모빌리티로 적극적 전환
- **내연기관차 이용 억제** : 부제 시행, 주차요금 인상, 통행료 인상 등을 도입하여 내연차 운행에 부담 가중하여 무공해차로 전환 촉진
- **비대면사회 재택근무 확대 및 첨단교통체계를 통한 에너지 효율성 강화** : 월 1회 이상 재택근무 확대, ITS 구축 및 자율주행차 등으로 차량 이용 및 에너지 효율성 향상
- **화물운송 수요 전환** : 도로화물의 철도 및 연안해운으로 수단 전환 확대
- **화물배송 시스템 효율화** : 권역별 화물 허브, 도시 내 생활배송 시스템 연계 등

그림 1. 2050 탄소중립 시나리오: 수송부문

환교통(육상→철도 물류) 지원사업 확대 등을 포함하고 있다. 철도로의 수송수요 전환은 철도 산업의 기회이자 위기이다. 철도의 이용 확대는 전력을 대부분 사용하고 있는 철도의 탄소 배출 부담을 가중하는 요소로 결국 2050년까지 철도의 탄소중립 달성을 추구하면서 수송부문의 탄소 배출 감축하기 위한 철도로의 수송 분담률 증대를 병행할 수밖에 없다. 이에 유럽 등 철도 선진국은 수송부문에서 철도의 경쟁력을 보다 강화하기 위해 탄소중립 달성에 필요한 다양한 전략을 선도적으로 추진하고 있다.

## 2. 국외 철도기관의 탄소중립 전략 사례

### 2.1 Network Rail(영국, 이하 NR)

NR은 영국의 철도기관으로 2050년까지 탄소중립 달성을 목표로 설정하였다(그림 2). 구체적으로 철도차량의 구동 에너지를 전환하기 위해 기존 비전철화 구간을 전철화하고, 수소-배터리 바이모달 기차를 도입하는 계획을 수립하였다. NR은 2020년 기준 전철화율이 국내와 비교하여 42 %로 낮은 편이며, 이를 향상하기 위해 대규모 투자를 계획 중으로 투자 규모를 2029년까지 최종적으로 확정한 후 비전철화 구간의 전철화 사업을 진행할 예정이다. 장기적인 전철화 사업을 통해 NR은 궁극적으로 2050년까지 디젤 차량의 운행 중단을 목표로 한다. 또한, NR은 2024년부터 수소-배터리 바이모달 기차 운행을 시작할 계획이다. 현재 알스톰사에서 수소 기차를 설계 및 제작 중으로, 수소연료전지와 리튬이온 배터리를 이용한 방식을 사용하여 최대 시속 140 km을 목표로 한다. NR은 2030년까지 역사 등 비 구동에너지의 재생에너지 사용 비율을 100 %로 전환할 계획이다. 이를 위해 2029년까지 NR 소유 모든 시설 내에 천연가스 사용을 영구 중단할 계획이다. 2029년까지 NR 모든 역사에 전기차 충전 설비를 갖추고 2035년까지 모든 소유 차량을 저배출 차량으로 교체할 예정이다. NR은 쓰레기 배출과 자원 소비를 최소화하기 위한 노력으로 2022년부터 자원 소비와 쓰레기를 줄이기 위한 순환 경제 정책을 회사 내 제도화하였다.

### 2.2 Deutsche Bahn(독일, 이하 DB)

DB는 독일과 유럽의 여러 국가에서 철도 및 관련 사업을 하는 대표적인 독일 철도회사로 2040년까지 탄소중립을 선언하였으며, 구체적인 실행 방안으로 먼저 모든 전력을 2038년까지 재생에너지로 100 % 전환하는 것을 목표로 한다. 현재 독일 내 장거리 운행 열차는 모든 동력 에너지원이 재생에너지이며, 비동력 에너지 분야에서는 예를 들어, 2025년까지 DB 소유의 모든 창고, 업무용 빌딩, 역사 등에서 소요되는 에

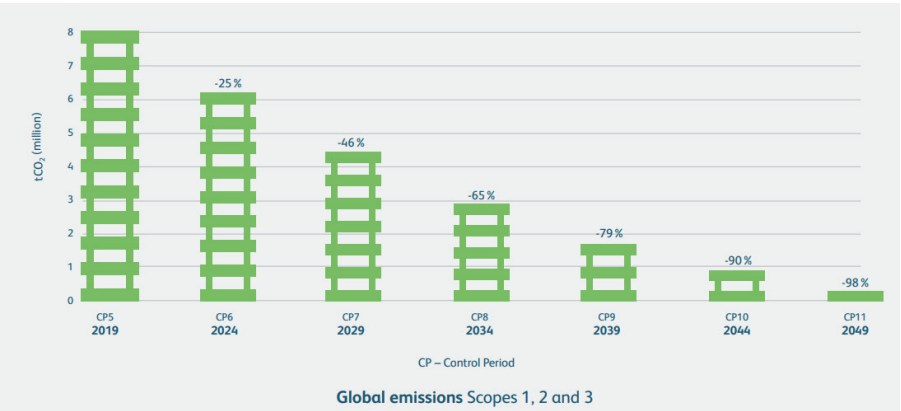



그림 2. 영국 NR의 단계별 탄소 감축목표

그림 3. 독일 DB의 탄소중립 전략 및 역사 예

너지 중 재생에너지 사용 비율을 100%로 전환할 계획이다. 또한, DB는 탄소중립 목표 달성을 위해 모든 화석연료의 사용을 중단할 예정으로 현재 승객과 화물 운송에 있어서 90 % 이상이 전기 구동 방식이며, 기존 디젤 열차는 디젤 대신에 탄소 배출량이 낮은 대체 연료를 주입하여 사용한다. DB는 수소 기차(Mireo Plus H fuel train) 도입을 위해 적극적으로 노력하고 있다. 지멘스 모빌리티 사에서 제작 중인 수소 기차는 2024년부터 상업 운행 예정이며, 주로 승객 운송용으로 사용할 계획이다. DB는 자원순환을 위해 콘크리트 침목, 플랫폼 바닥(paving), 선로 자갈(ballast) 등 철도 인프라 폐기물을 재사용하기 위한 노력을 진행 중이다. 또한, 노후화된 철도를 개량하여 철도의 수명을 연장하고, DB 사무실 내 종이 사용을 줄이는 캠페인을 통하여 자원 절감 및 순환을 시도하고 있다.

### 2.3 Société Nationale des Chemins de Fer Français (프랑스, SNCF)

SNCF는 프랑스의 철도기관으로 2035년까지 탄소중립을 달성한다는 목표를 갖고 있으며, 이를 달성하기 위한 실행 사항으로 철도의 구동 에너지원으로 전기와 바이오연료 사용, 하이브리드(디젤-배터리) 기차 운영, 수소 기차 운영, 디젤 기차 운영 중단 등의 4가지의 중점분야를 설정하였다. SNCF는 에너지 전환의 실행을 위해서 알스톰사와 파트너쉽을 구축하여 디젤 구동 기차를 수소 기차로 교체하는 계획을 세우고 있다. 수소 기차는 2023년에 시험 운행을 시작으로 2025년부터 상업 운행을 목표로 한다. 또한, 2020년부터 비전철화 구간에서 디젤-배터리 하이브리드 기차(Regiolis)의 상업적 운행을 시작했다. 2024년부터 운행 예정인 차세대 하이브리드 기차(next-generation hybrid train)는 전철화 및 비전철화 구간 모두에서 운행할 수 있으며, 전력선에서 공급되는 전기, 엔진에서 회수되는 열에너지, 배터리에 저장된 전기 등 총 3가지 에너지원으로부터 에너지를 공급받는 방식이다. 이를 통하여 SNCF는 2035년까지 모든 디젤 기차의 운행을 영구적으로 중단하고자 한다. SNCF는 건설 예정인 신규 역사에 대해 HEQ(High Environmental Quality) 인증을 받도록 건물 설계를 하고 있다. HEQ 건물은 기존 건물 대비하여 단열효과가 뛰어난 자재를 사용하고, 건물 자체에서 태양광에 의해 에너지를 생산함으로써 에너지 절감이 가능하다. SNCF는 2030년까지 1000헥타르 토지 보호 구역에 1000MWp(메가와트 피크)의

그림 4. 프랑스 SNCF의 철도부지 내 태양광 발전 설치 모습

태양광 발전 용량을 설치하는 것을 목표로 한다(<그림 4>). 출력은 현재 전기 요구량의 15~20 %로 재생 가능 에너지 생산 측면에서 프랑스 국가 목표에 기여하고 있다. SNCF는 노후화된 철로, 도상자갈(ballast), 침목(sleeper) 등의 철도 인프라 폐기물을 적극적으로 재활용하여 자원순환을 촉진하는 데 기여하고 있다. 실제로 이러한 SNCF의 적극적인 노력으로 2017년 대비 2018년 철도 인프라 폐기물의 재활용에 의한 부가적인 수익이 20 % 상승하였다.

## 3. 맺음말

세계 각국의 탄소중립 목표 달성을 위한 정책 강화에 따라 국외 철도기관들은 다양한 탄소중립 전략을 추진하고 있다. 또한, 탄소중립 달성을 위해 구동 에너지, 비구동 에너지, 자원순환 등 다양한 부문에서 새로운 정책과 운영 방안들이 제시된다. 2018년 구동 에너지 중 재생에너지 사용 비율 100 %를 이미 달성한 네덜란드의 NS가 있는 반면에, 현재 대부분의 해외 철도기관은 탄소중립이라는 목표를 달성하기 위해 힘쓰고 있다. 탄소중립 목표 시기는 기관마다 서로 상이한데, 목표 시기가 가장 빠른 철도기관은 스위스의 SBB로 2030년이고 가장 늦은 기관은 일본의 JR로 2050년이다. 그 외 대부분의 철도기관 탄소중립 달성 목표 시기는 2035~2040년에 걸쳐 있다. 해외 철도기관이 탄소중립 달성을 위해서 가장 노력을 기울이는 분야는 구동 에너지의 전환이다. 해외 각 철도기관은 구동 에너지를 재생에너지로부터 얻기 위해 다방면으로 노력하고 있고, 특히 비전철화 구간에서 운행이 되고 온실가스 배출량이 높은 디젤 차량의 운행 빈도를 줄이기 위해 수소 기차를 도입하는 노력을 하고 있다. 이미 구동 분야에서 재생에너지 사용 비율 100 %를 달성한 네덜란드 NS와 지형적인 영향으로 수력 발전량이 풍부한 스위스의 SBB를 제외한 모든 철도기관이 2025~2030년 사이에 수소 기차 도입 계획을 수립하였다. 결과적으로 철도의 탄소중립 전략의 핵심은 크게 (1) 디젤의 에너지원 전환(전력 또는 수소), (2) 전력 에너지원의 100% 신재생에너지 전환, (3) 재활용 등을 통한 자원순환 체계 구축으로 분류할 수 있다. 향후 국내 철도 부문에서도 이를 벤치마킹하여 저탄소 교통수단으로서 철도의 탄소중립을 달성하는 전략을 추진해 나갈 수 있다.

**참고문헌**

1. 2050 탄소중립위원회, 2050 탄소중립 시나리오, 2021
2. Network Rail, Environmental Sustainability Strategy, 2020
3. DB, 2022 Integrated Report, 2022
4. SNCF, Green Bonds Report, 2022

담당 편집위원 : 권성우(한경국립대학교)