철도의 저탄소 정책동향



홍 용 기 (사)한국철도차량기술사회 회장
철도연구협동조합 이사장
hongssy52@naver.com

국제대중교통협회(UITP)와 국제철도연맹(UIC)은 영국 글래스고에서 열린 기후변화협약당사국총회(COP26)에서 '수송의 날'을 맞아 공동성명을 발표했다. 성명서는 '철도와 대중교통은 탈탄소화에 도달하는 가장 빠른 방법임을 명확히 할 때이다.'라는 제목을 붙였다. 두 기구는 '전기자동차로의 전환 가속화'를 최우선 주제로 선정했으며, 전기자동차 중심 무대를 파리협정과 육상교통 부문의 미래를 일치시키는 방안으로 삼았다.

기후변화는 운송분야 탈탄소 없이는 멈출 수 없다. 운송산업은 지구 온난화를 유발하는 에너지 관련 CO_2의 약 23%를 배출한다. 즉각적인 조치가 없으면 운송에서 배출되는 배출량이 2030년까지 40%에 도달할 수 있다. 교통에서 배출하는 배출량은 다른 어떤 부문보다 빠르게 증가했다. 도로운송 배출량이 그 어느 것보다도 지속 불가능한 증가율을 보이고 있다. 우리는 2050년까지 기다릴 수 없다. 이 10년 동안 모빌리티에 필요한 변화가 이루어지도록 하려면 지금 조치를 취해야 한다.

특히 도시에서 모빌리티 솔루션에 대한 논쟁의 균형을 재조정해야 한다. 전기자동차로의 전환에만 초점을 맞춘다면, 지속적인 미립자 대기 오염 문제로 인해 우리의 도로가 안전하지 않고 정체될 위험이 있다. 도시는 운전대 뒤에 갇힌 사람이 아니라 사람들이 주변을 움직일 수 있을 때 더 좋다. 우리는 또한 모두에게 안전하고 포괄적인 이동성에 대한 액세스를 제공하는 수송 솔루션에 초점을 맞출 필요가 있다. 전기자동차는 분명히 기후 위기에 대한 해결책의 중요한 부분이지만, 특히 남반구를 위한 유일한 해결책은 아니다.

최저 방출 모드로 전환하는 방법을 찾는 것을 포함하여 증가하는 운송 배출량을 멈추고 되돌리기 위해서는 긴급한 해결책이 필요하다. 운송기후 정책에 전체 솔루션을 포함해야만 현재의 탄소배출량을 크게 줄이고 모두의 이익을 위해 모든 곳에서 솔루션을 신속하게 처리할 수 있다. 자전거 및 보행자 모드에 대한 탁월한 연결성을 통해 철도 및 대중교통은 이 접근 방식의 핵심이 되어야 한다. 그것들은 저렴하고, 효율적이며, 안전하고, 환경적으로 지속 가능한 교통수단을 제공

한다. 그것은 대기 오염과 기후변화에 대한 투쟁을 강화하면서 녹색 성장을 촉진하고, 접근을 가능하게 하고, 불평등을 감소시킨다.

수송의 날은 세계 지도자들이 야망에서 즉각적인 행동으로의 분명한 전환을 약속한 것을 배경으로 한다. 이것이 UIC와 UITP가 COP26에 분명한 메시지를 보내는 이유이다. 사람과 지구를 위해 자동차가 아닌 사람들을 이동시키자. 만약 우리가 진정으로 모든 사람들에게 더 빠르고, 더 저렴하고, 더 편리한 교통을 만들고 싶다면, 우선 사람들에게 더 많은 그리고 더 나은 철도와 대중교통을 제공해야 한다.

1 지속 가능한 도시교통

(1) 운송 부문의 지속 가능성

ECMT(유럽교통장관회의) 및 기타 여러 관련 국제기구에서 채택한 토론토의 지속 가능한 교통센터에서 개발한 개념을 기반으로 지속 가능한 교통을 다음과 같이 정의할 수 있다.

사회적 차원 사람들의 기본적인 접근 및 개발 요구 사항이 안전하게 충족되도록 하고 다음 세대 내 및 세대 간의 형평성을 증진한다.

경제적 차원 외부 비용의 내부화에 의해 부과된 한도 내에서 감당할 수 있고, 공정하고 효율적으로 운영되며, 균형 잡힌 지역 개발을 촉진한다.

환경적 차원 대기 오염 및 온실가스(GHG) 및 폐기물의 배출을 제한하고 토지 사용 및 소음 발생에 대한 영향을 최소화한다.

결론적으로, 저탄소의 지속 가능한 운송은 지역 및 지구 환경에 대해 장단기적으로 부정적인 영향을 줄이고, 경제적으로 실행 가능한 기반시설과 운영을 갖추고 있으며, 사람과 물류 모두에 안전한 운송을 제공한다.

(2) 자동차의 무제한 사용의 결과

자동차 기반 운송의 지속 불가능한 특성은 사회가 부유해짐에 따라 문제가 악화된다는 사실에 의해 설명된다. 싱가포르나 도쿄, 홍콩과 같이 중심 업무 지구 주차 공간이 매우 부족한 도시에서 자동차가 엄격하게 제한되지 않는 한 다음과 같은 이유로 사회는 경제발전으로 나아지기는커녕 더 나빠질 것이다.

> 더 많은 교통 체증, 더 많은 소음, 더 많은 대기 오염, 더 많은 건강 문제, 저밀도 도시 확장 및 교외 개발, 주로 자동차를 소유한 중산층에게 혜택을 주는 도로 건설 및 유지 관리에 대한 보다 퇴행적인 공공 지출 등

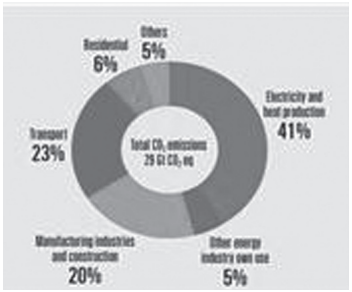
개발 도상국의 자동차 사용은 매우 퇴행적이다. 도로 기반시설 건설 및 유지 관리에 대한 막대한 공공 투자를 흡수하여 가난한 사람들로부터 더 긴급하고 중요한 필요자원을 빼앗아간다. 국제 경험을 통해 더 많은 도로를 건설하여 교통 문제를 해결하려고 하면 더 많은 교통량이 발생한다는 것이 분명해졌다. 미국에서는 엄청난 고속도로에도 불구하고 교통량 손실 시간이 매년 증가한다. 새로운 고속도로는 주변, 특히 그 극단에서 새로운 개발을 촉진하고 따라서 자체 교통을 생성한다. 이러한 현상을 '유도교통'이라고 한다.

예를 들어 도로 확장을 통해 교통 공급을 늘리면 차량 이동이 증가하거나 '유도교통'이 발생한다. 이러한 유인효과는 여행의 장기화, 자동차로의 모드전환, 여행경로의 변화 등이 단기적으로 느껴진다. 활동이 더 광범위해짐에 따라 더 많은 자동차의 소유와 같은 장기적인 영향은 더욱 심해진다. 그러나 도로 건설 접근 방식이 퇴행적이고, 부적절하며, 밀집된 개발 도시에 대해 지속가능하지 않다는 증거에도 불구하고 전 세계적으로 계속해서 이러한 접근 방식을 따르고 있다.

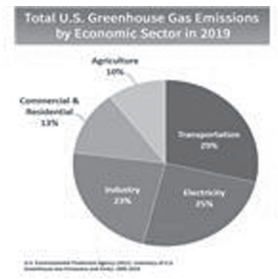
한국의 2022년도 철도분야 예산(8조5천억원)이 도로 예산(8조3천억원)보다 많은 것은 그나마 다행이라고 볼 수 있다.

2 저탄소 운송 및 녹색성장

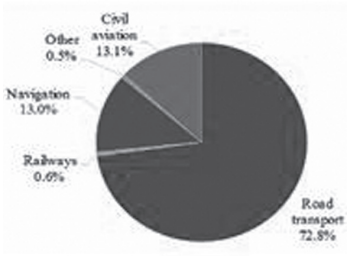
운송은 경제와 개인에게 중요하지만 한 부문으로서 온실가스(GHG) 배출의 중요한 원천이기도 하며 인간 복지에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 운송은 현재 전 세계적으로 온실가스 배출량



(a) 2005년 탄소배출 비율



(b) 2019년 탄소배출비율



(c) 교통수단별 탄소배출율

[그림 1] 탄소배출비율

저탄소 운송은 전략적 조치에 의해 다음과 같은 많은 장벽에 직면해 있다.
결정과 효과 사이의 시차: 일부 조치는 정치적 의사결정의 연속성이 있을 때만 효과가 있다. 장기적인 접근이 필요하다.
운송의 교차 성격: 다른 부문의 많은 결정이 운송 수요에 영향을 미친다. 통합적인 의사결정이 필요하다.
분열된 대상 그룹: 모든 사람과 모든 사회 집단은 이동성을 요구한다. 배출원이 다소 적지만, 여러 가지 대책을 마련해야 한다.

의 13%를 차지하고 연료 연소로 인한 전 세계 이산화탄소 배출량(CO_2)의 23%(2005년)가 운송과 관련되어 있다. 운송 관련 CO_2 배출량은 2005년에서 2030년 사이에 전 세계적으로 57% 증가할 것으로 예상되며, 이는 다른 부문의 배출량보다 훨씬 많다. 그러나 치명적인 지구 온난화를 피하기 위해서는 2050년까지 지구 온실가스 배출량을 1990년 수준에서 80% 이상 줄여야 한다는 과학과 정책의 합의가 있다. 교통 관련 배출량의 현재 성장률을 목표로 하는 감축 목표와 비교할 때 교통 부문이 지금 완화 노력에 기여해야 한다는 것은 분명하다.

현재 개발 모델은 자동차를 웰빙과 사회 발전의 상징으로 홍보한다. 불행히도, 이러한 생활 방식은 자원이 증가하고 석유가 부족한 시대에 실패할 운명에 처해 있다. 현재 많은 산업화된 국가는 자동차 의존도를 극복하기 위해 고군분투하고 있으며 되돌리는 데 큰 어려움을 겪고, 점점 더 많은 산업화된 도시가 이러한 추세를 깨는 과정에 있다. 이러한 경험에 비추어 볼 때 개발도상국이 같은 덫에 빠지지 않고 보다 지속가능한 경로를 선택하는 것이 더욱 중요해지고 있다.

환경친화적인 모드를 홍보하면 도시의 매력을 상당히 높일 수 있으며, 회사와 자격을 갖춘 직원 모두를 유치할 수 있다. 철도 모드는 빠르고 편안하지만 덜 유연하다. 버스와 미니버스는 전체 시스템에 로컬 유연성을 추가하고 더 빠른 속도와 편안함의 이점을 가지고 있어 자동차에 더 경쟁력이 있다. 마닐라에서 우루무치에 이르는 많은 아시아 도시가 고속도로와 자동차 운송에 막대한 투자를 하고 있지만, 이러한 도시는 밀도가 높기 때문에 환경과 사회가 이익을 얻을 수 있는 효율적이고 경제적으로 유리한 대중교통 시스템을 구축하기에 이상적인 후보 도시이다. 대부분의 경우 도로 공간은 그렇지 않다. 도시에서 확장되고 트래픽을 유도하면 추가 공간이 빠르게 채워지기 때문에 의미가 없다. 따라서 기존 도로 공간을 가장 잘 활용하는 방법에 대한 결정이 중요하다.

3 미국의 수소경제시대와 고속철도 준비

(1) 미국의 수소경제시대 준비

미국은 에너지 강국이자 기술투자에 선도적이며, 향후 수소경제의 발판을 마련할 수 있는 기술기반을 보유하고 있다. 세계 수소 시장이 빠르게 성장하고 있는 만큼 미국도 수소 혁신과 생산을 촉진하기 위한 움직임이 계속되고 있다. 수소 생산, 수송, 인프라 등에 대한 연구, 개발이 활발하며 기업 간 협력에도 적극적이다. 또한, 미 정부는 수소경제를 위한 프로그램과 이니셔티브를

[표 1] 국가별 녹색 수소 생산비용 전망(단위: US$/Kg)

구분	2020년		2030년		2050년	
	최소비용	최대비용	최소비용	최대비용	최소비용	최대비용
독일	5.6	5.9	3.5	3.8	2.4	2.7
미국	**5.0**	**5.3**	**3.0**	**3.2**	**1.2**	**1.5**
영국	4.4	4.7	3.0	3.2	2.1	2.4
일본	7.4	7.7	4.4	4.7	3.0	3.2
중국	4.7	5.0	2.4	2.7	1.2	1.5
캐나다	4.4	4.7	3.0	3.2	1.5	1.8
프랑스	5.0	5.3	3.5	3.8	2.1	2.4
한국	7.4	7.7	4.4	4.7	3.0	3.2
호주	5.3	5.6	3.0	3.2	1.2	1.5

진행해 수소경제로의 전환을 지원하고 있다. 셰브론, 캐터필러, 필립스 66 등 미국 기업들이 수소 관련 투자 및 협력을 확대하고 연구개발을 통해 2050년 수소 생산비용 kg당 1.2~1.5달러 수준, 가격 경쟁력을 확보할 전망이다.

1) 기후위기 해결의 솔루션 중 하나로 수소 활용 확대 예상

바이든 정부는 2030년까지 미국 온실가스 오염을 2005년 수준에서 50~52% 감소라는 새로운 탄소배출 목표를 수립하였다.

2) 수소경제 활성화를 위한 바이든 정부의 프로그램 및 이니셔티브

2020년 11월, 미국 DOE는 미국의 수소 기술 부흥을 위한 수소 프로그램 계획을 발표한 바 있다. 이 계획은 수소 관련 연구, 개발 결과를 통합해 경제 각 분야에 걸쳐 수소의 생산, 운송, 저장 및 사용을 촉진하는 전략적인 틀을 제공한다.

2021년 7월, DOE는 보다 풍부하고 저렴하며 신뢰할 수 있는 청정에너지 솔루션 개발 가속을 위해 에너지 어스샷(Energy Earthshots) 이니셔티브를 시작했다. 10년 내 청정 수소 비용을 kg당 1달러로 절감하는 것을 목표로 하고 있다.

3) 전망 및 시사점

글로벌 컨설팅 기업 PwC의 보고서에 따르면 2030년까지 수소 생산비용은 약 50% 감소할 것이고 이후에도 2050년까지 지속적으로 하락할 것으로 예상했다. 미국의 경우 2020년 1Kg 당 5.0~5.3달러였던 녹색 수소 생산비용이 2050년에는 1.2~1.5달러 수준이 될 것으로 전망하고 있다.

(2) 미국의 고속철도 준비

미국고속철도협회(USHSR)는 미국 고속철도를 현실로 만들기 위한 수십억 달러의 투자를 포함하는 더 나은 건설법(Build Back Better Act)에 포함되어 있다고 밝혔다.

USHSR의 CEO인 Andy Kunz는 다음과 같이 말했다. Build Back Better Act에는 처음으로 미국에 고속철도를 도입하기 위한 자금을 포함하여 기후위기와 싸우기 위한 전투에 대한 주요 계약금이 포함되어 있다.

운송 부문은 미국 경제에서 가장 큰 기후 오염원으로 매년 미국 배출량의 29%를 차지한다. 더



[그림 2] 미국의 고속철도 도입계획

나은 건설법(Build Back Better Act)에는 운송 부문의 변화를 시작하는 고속철도에 대한 조항이 포함되어 있다.

USHSR은 세계 최고 수준의 고속철도보다 운송 부문을 탈탄소화하는 더 강력한 도구는 없다고 밝히고 다음과 같이 설명한다.

- 고속철도는 순수 전기이며 깨끗하고 재생 가능한 에너지로 전력을 공급받을 수 있다.
- 새로운 전용 트랙에서 실행되어 시속 186마일(300km/h) 이상의 속도로 운행할 수 있다.
- 고속철도는 매우 빠르고 편리하기 때문에 운전 및 단거리 비행에 비해 시간을 절약할 수 있는 대안이 된다.

고속철도는 1964년부터 존재해 온 검증된 기술이다. 전 세계 32개국에서 운행되고 있으며 매일 수백만 명의 사람들을 빠르고 안전하게 이동시키고 있다. Andy는 계속해서 다음과 같이 말했다. "미국에서 진정한 고속철도를 건설하면 철도 부문만이 아니라 전체 운송 시스템에 걸쳐 기후 친화적인 변화가 시작될 것이다. 하늘에서는 수천 대의 비행기가, 도로에서는 수백만 대의 자동차가 날아갈 것이다. 그것은 새롭고 확장된 고속도로의 필요성을 줄이고 최전선 지역 사회의 공기 질을 개선할 것이다."

인프라 투자 및 고용법은 기존의 디젤 동력 철도 서비스에 대한 주요 투자를 제공하지만, 전기 고속철도에 대한 전용 자금은 제공하지 않는다. 다행스럽게도 Build Back Better Act에는 세계적 수준의 고속철도 전용 자금으로 100억 달러가 포함되어 있다. USHSR에 따르면 이 적당한 투자는 마침내 미국에서 고속철도를 현실로 만들어 수백만 명의 미국인에게 이 놀라운 기술의 이점을 보여줄 것이다. USHSR은 고속철도가 기후변화에 대한 투자라고 밝혔다.

4 탄소 저감을 위한 기술개발

(1) 히타치 배터리 전차 5년에 270만kg의 CO_2 배출량 저감

히타치는 세계 최초의 배터리 구동 열차인 듀얼 에너지 충전 전차가 지난 5년 동안 이산화탄소 배출량을 2,700톤 줄였다고 밝혔다. 규슈 여객철도(JR규슈)의 와카마쓰~오리오선 11km 구간에서 2016년 10월부터 운행하기 시작했으며, 이후 500만km 구간에서 운행이 완료되었다. 주행거리의 약 80%가 비전철화 구간이다.



[그림 3] 비 전철화구간 배터리전차(히다치)

이 열차는 20kv AC 60Hz 전기통신시스템으로부터 전력을 공급받아 열차에 최대 90km의 무선거리를 제공하는 온보드 배터리 뱅크에 전력을 공급한다. 이 시스템은 역에 정차하는 동안 제동 및 급속 충전으로부터 재생 에너지를 재사용한다. 배터리 전차는 노후화된 디젤 열차를 대체했다. 전기화는 교통량이 적은 노선에 대해서는 가능하지 않다고 여겨졌으며, 대신 배터리 기술은 연료비를 절감시켰다.

배터리 전차가 도입된 이래, 히타치는 이탈리아에 마사치오 지역 배터리 열차, 피렌체의 배터리 트램을 건설했으며 영국에서 도시 간 배터리 하이브리드 열차를 테스트할 계획이다. 히타치는 JR 이스트, 도요타와 파트너십을 맺고 내년에 일본에서 운행을 시작할 하이바리(Hybari)로 알려진 하이브리드(연료전지) 테스트 차량을 개발하고 있다.

(2) 자율 및 수소 열차 테스트를 지원하는 Velim 테스트 센터

체코에 본부를 둔 철도 연구소(VýzkumnýúUstav železnichni – VUZ)는 벨림 테스트 센터에 자체 청정에너지 및 친환경적인 녹색 수소 생산기지를 설치할 계획이다. 마틴 뷸치크 VUZ CEO는 "향



[그림 4] Velim Test Center

후 5년간 우리는 총 2,400만 유로에 달하는 근본적인 투자를 준비하고 있다"고 말했다. 가장 중요한 투자에는 더 짧은 테스트 트랙에 ETCS를 장착하는 것이 포함된다. ETCS는 이미 더 큰 13.276km/h 테스트 트랙에 설치되어 있다. VUZ는 특히 도시와 교외 시스템을 위한 자율 철도차량의 테스트를 위한 연구도 준비하고 있다. 현재 자체 소비뿐만 아니라 녹색 수소의 생산량도 늘리기 위해 자체 비화석 연료 에너지원에 대한 프로젝트를 준비하고 있다.

(3) 알스톰과 Eversholt 철도, 수소 열차 계약 체결

철도차량 제조업체인 Alstom과 철도차량 운영회사인 Eversholt Rail이 수소 열차를 여객 서비스에 도입하는 것을 목표로 하는 양해 각서에 서명했다. 이것은 처음 수소로 구동되는 영국 최초의 수소 차량이 될 것이다.



[그림 5] 알스톰 |고급 및 창의적인 디자인

3차 수소 다중 장치에 대한 계획을 간략하게 설명한다. 영국에서 제작될 이 HMU는 Alstom의 Aventra 플랫폼을 기반으로 한다. Alstom은 또한 여객 서비스에 진입한 최초의 수소 열차인 Coradia iLint의 제조업체이기도 하며, 독일에서 운영되고 있다.

COP26(기후변화협약 당사국총회)은 세계의 탈탄소화의 필요성이 얼마나 시급한지를 일깨워준다. 철도는 이미 탄소 배출량이 가장 적은 운송수단이지만 우리는 더 많은 일을 할 수 있다. Alstom과 Eversholt Rail은 이전에도 영국에 수소 열차를 도입하기 위해 협력했다. 'Breeze'프로젝트는 기존 전기 다중 장치를 수소 동력 열차로 전환하는 것을 목표로 한다. Breeze 프로젝트에서 얻은 경험은 이 새로운 제조에 반영될 것이다.

(4) 철도역 공기질 모니터링 프로그램 출시

영국: RSSB는 철도 산업이 대기질 개선 계획이 필요한 곳에서 효과적인 결정을 내릴 수 있도록 스테이션 대기질 모니터링 네트워크를 시작했다. 프로젝트는 영국교통부에서 자금을 지원하고 있다. 확대 역은 잉글랜드와 웨일스의 100개 이상의 역에 배치되고 있으며 기준 모니터와 저가 센서를 포함한 기타 장비는 향후 2년 동안 단계적으로 배치될 예정이다.

이들은 질소산화물 및 미립자를 포함하여 디젤 열차의 오염물질을 모니터링한다. RSSB 대기 질 전문가인 Philbert Chan은 '최첨단 장비를 사용하여 획득한 데이터가 가능한 한 강력하고 신뢰할 수 있도록 철도 네트워크에서 대규모로 조직된 대기질 모니터링 캠페인'이라고 말했다. 수집된 데이터에 대한 RSSB의 분석은 전국 관측소의 대기오염에 대한 귀중한 정보를 제공하여 필요한 경우 대기질을 개선하기 위한 조치를 취할 수 있도록 한다.

지하역사 미세먼지는 터널, 승강장, 대합실 순으로 오염도가 높고, 특히 터널은 일반 대기의 4~6배, 승강장의 3~4배 높다. 터널의 오염도가 높은 원인은 외부 오염공기 유입, 레일마모, 터널 바닥의 자갈 · 흙 등의 분쇄로 인한 미세먼지가 발생하고, 지하철 터널에서는 열차 바퀴와 선로의 마찰로 짙은 농도의 미세먼지가 발생한다.

[표 2] 2021년 5월 서울지하철 미세먼지 측정농도

서울	부산	대구	대전	광주	인천	평균
42	19	22	20	22	26	25

국내에서는 IoT 공기질 측정기를 지하역사 특성(지하철 운행, 공기흐름)을 고려하여 승강장, 대합실, 공조실에 6대 설치해 실시간으로 측정하고 있다. 일반 공기청정기 2배 성능의 공기청정기를 개발해 미세먼지 집중 유입 구간 20곳에 설치해 저감 노력을 하고 있다.

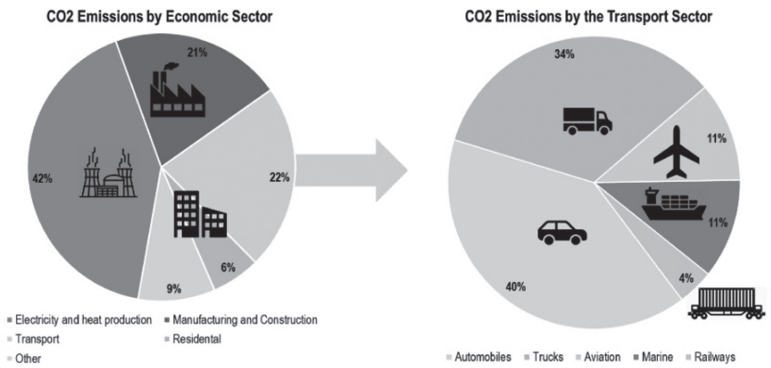
보건환경연구원에서 2021년 5월에 측정한 미세먼지 농도는 위 표에 나타난 바와 같이 서울지하철이 가장 높다.

5 철도의 탈탄소 정책

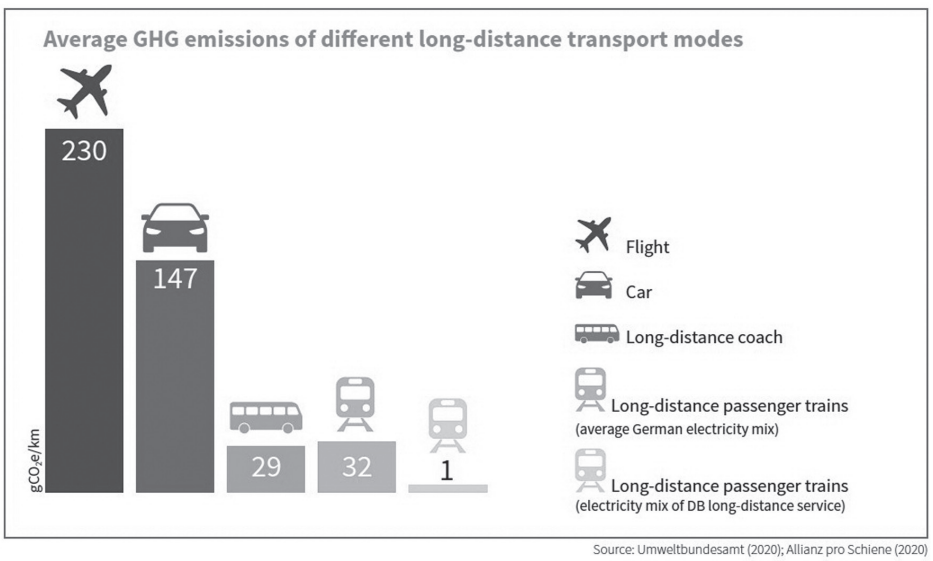
(1) 독일철도의 탈탄소 정책

수송부문은 전체 온실가스 배출량의 약 20%를 차지하며 도로 운송은 3/4인 74%이다. 항공과 해상 운송이 각각 11%, 철도가 4%를 차지한다. 각 주요 운송 모드별로 자체 완화 전략이 필요하다.

독일은 2050년 이전에 탄소중립 국가가 되기 위해 배출이 증가하는 유일한 부문인 운송 부문의 온실가스 배출을 시급히 해결해야 한다고 인



[그림 6] 운송 부문의 온실 가스 배출



[그림 7] 다양한 장거리 운송 모드의 평균 GHG 배출량

식하고 있다. 여객 운송을 철도로 전환하는 것은 독일 운송 시스템의 탄소 제거를 위한 핵심 퍼즐 조각 중 하나이다. 철도는 이미 가장 기후 친화적인 운송수단 중 하나로 항공보다 최소 7배, 자동차보다 거의 5배 적은 CO_2를 배출한다.

지금까지 독일 정부는 도로나 항공 운송의 양을 줄이거나 청정 모드로 전환하려는 주요 시도를 하지 않았다. 반대로 지난 수십 년 동안 자동차 및 항공 승객 수의 급속한 성장은 대규모 공공 기반시설 투자, 세금 면제, 연구개발 지원 및 기타 보조금 없이는 불가능했을 것이다. 이 지원이 대신 철도운송으로 간다면 열차는 자동차와 항공 여행의 진정한 대안이 될 수 있다.

(2) 캐나다 철도 탈탄소 정책

CN(Canadian National Railway)은 Business Ambition for 1.5℃와 UN의 Race To Zero 캠페인에 참여하여 탄소 배출량에 대한 2050년 순 제로 목표를 공식적으로 약속했다.

과학 기반 목표 이니셔티브(SBTi)의 1.5℃에 대한 비즈니스 야망 캠페인은 "과학 기반 순 제로 배출량 감축 목표를 설정하기 위한 유엔 기구 및 기업 및 업계 리더들의 글로벌 연합"으로 설명된다. 지금까지 1,045개의 회사들이 이 약속을 했다.

캠페인에 따르면 기후 붕괴의 가장 심각한 영향을 피하기 위해 우리는 2030년 이전에 온실가스(GHG) 배출량을 절반으로 줄이고 2050년 이전에 순 제로 배출량을 달성하고 지구 온도 상승을 1.5℃로 멈추어야 한다.

CN의 기후 행동 계획과 순 제로 약속은 모두 파리협정을 지지한다. 2021년 4월, CDP, UN 글로벌 콤팩트, 세계자원연구소 및 세계자연보호기금의 공동 이니셔티브인 SBTi는 범위 1과 2 GHG 배출량을 2019년 기준 연도에서 2030년까지 100만 톤 마일당 43% 줄이고 연료 및 에너지 관련 활동에서 발생하는 범위 3 GHG 배출량을 줄이겠다는 CN의 약속을 승인했다. 2019 기준 연도에서 2030년까지 백만톤 마일당 40%까지 줄이기 위한 것이다.

CN 사장은 "세계 최고 수준의 운송 리더이자 무역 활성화 기업으로서 CN은 2,500억 캐나다 달러(C$) 이상의 상품을 처리하고 연간 3억 톤 이상의 화물을 운송하며 이러한 모든 제품을 지속 가능한 방식으로 운송하게 된 것을 자랑스럽게 생각한다."라고 말했다. 2050년까지 탄소 배출량을 제로로 하겠다는 CN의 약속은 단기, 중기 및 장기 목표, 강력하고 투명한 기후변화 발표, 그리고 저탄소 경제로의 전환에서 철도 부문을 계속 이끌겠다는 CN의 목표에 기초하고 있다. CN은 연료와 탄소 효율에 대한 강력한 기록을 가지고 있으며, 약 275,000톤의 배출을 감축했던 2019년에 세운 이전 기록보다 2020년에는 4% 이상 향상된 사상 최고의 기관차 연료 효율을 달성했다. 지속적인 운영으로 탄소를 제거해 나갈 것이며, 우리의 고객들이 그들의 운송 공급망 배출을 줄이고 지속 가능한 제품과 시장에서 성장을 지원할 수 있게 할 것이다.

이와 관련하여 CN과 Progress Rail은 "회사의 지속가능성 목표를 지원하기 위해 바이오디젤과 재생 디젤을 포함한 높은 수준의 재생가능 연료 혼합을 시험하기 위해"재생에너지 그룹과 협력하고 있다고 발표했다. 또한, CN은 펜실베니아에 있는 네트워크의 베세머 & 레이크 에리 지역에 사용하기 위해 Wabtec FLX드라이브 배터리 전기기관차를 구입하고 있다.

6 새로운 디지털기술로 도시 및 지구환경문제 해결

(1) 트랜드

IoT(사물인터넷), 빅데이터, AI(인공지능), 디지털 트윈 등 디지털 기술을 활용한 스마트 시티 프로젝트가 세계 각 도시에서 활발해지고 있다. 이 배경에는 심각해져 온 도시 문제와 지구 온난화 문제가 있다. 세계의 공통 과제는 교통 혼잡 · 교통 사고 등의 교통 문제, 대기 오염, 홍수와 산림화재 등의 재해, 신형 코로나바이러스 감염증 등이며, 이들을 디지털기술의 활용으로 해결하는 것이 목적이다.

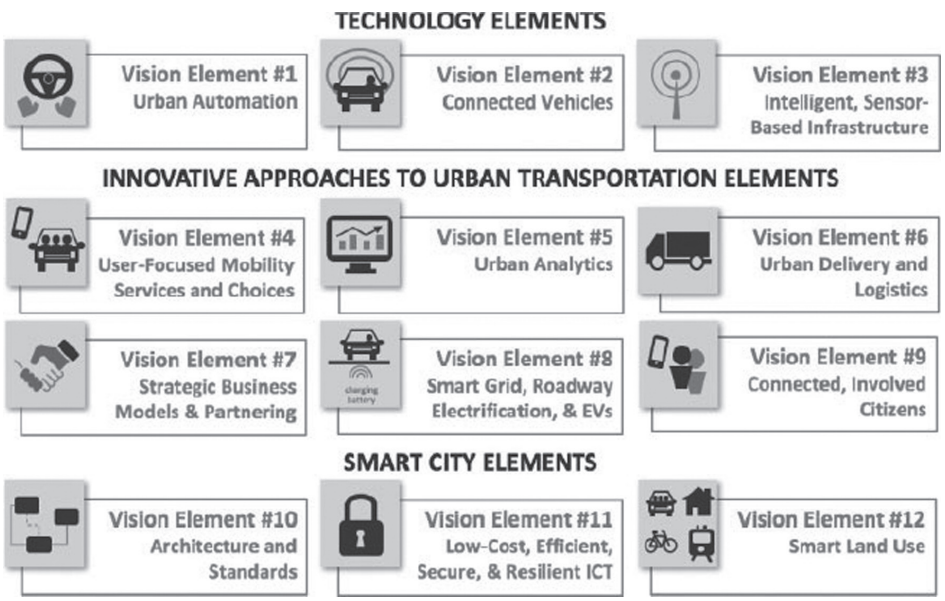
세계의 트랜드는 도시 문제 해결, 탄소 뉴트럴 달성을 위해 새로운 디지털기술 채용 프로젝트가

활발하게 진행되고 있다. 유럽, 미국, 아시아, 아프리카 등에서 공통된 과제는 교통정체 · 교통사고 등의 교통문제, 대기오염, 홍수나 산림화재 등의 재해, 신형 코로나 바이러스 감염증 등이다. 디지털기술을 사용하여 이러한 과제를 해결해야 한다. 디지털 기반의 스마트 시티는 우선 가로등과 주차 공간을 네트워크로 연결하여 스마트화하는 개별적인 과제를 해결하는 애플리케이션 개발로 시작되었다. 게다가 구축한 센서 네트워크를 활용하여 수집한 데이터를 전반적으로 활용하고 다양한 애플리케이션을 관리하는 플랫폼을 구축하는 방향으로 진행되었다. 대기업 ICT 기업과 통신 기업이 스마트 시티 플랫폼을 클라우드 서비스로 지자체에 제공하기 시작한 것도 플랫폼화를 뒷받침했다. 이러한 서비스는 교통 · 환경 · 재해 · 신형 코로나 등의 대책에 도움이 되는 동시에 시민의 QOL(생활의 질) 향상을 목표로 하고 있다.

세계 각 지역 · 국가의 대표적인 스마트 시티 프로젝트는 한국을 비롯한 선진국 중에서도 유럽에서 지구 온난화 대책에 대한 대처를 강화하고 있으며, 그 대책의 일환으로 스마트 시티를 추진하고 있다. 이를 위해서는 IoT 솔루션을 활용하여 에너지 관리를 최적화하는 동시에 교통이나 주택 · 빌딩의 스마트화에 의한 에너지 절약이 필수적이다. 선진국에서는 또, 지자체 정부가 가지는 다양한 행정 데이터를 오픈화하는 움직임이 활발해지고 있다. 아시아, 아프리카 등의 신흥국에서는 인구증대와 함께 대도시로의 인구 유입이 급속히 진행되고 있어 에너지나 상하수도, 도로, 대중교통기관 등의 인프라 부족, 주택 부족에 의한 슬램화, 교통 혼잡, 범죄 다발 등 도시 문제가 심각해지고 있다. 그래서 기본적인 인프라 건설과 함께 디지털기술을 탑재해 스마트시티화 하자는 구상을 가지고 있다. 선진국의 스마트 시티 솔루션 벤더가 프로젝트에 참가를 원하기 때문에 비즈니스 기회라고 파악하고 있다.

(2) 미국

미국 정부는 2009년에 경기부양책인 ARRA (American Recovery and Reinvestment Act of 2009:2009년 미국 부흥 · 재투자법)를 수립하여, 약 1,300억 달러에 달하는 예산을 전력 등의 인프라 분야에 할당하기로 결정하였다. 이때 각 지자체는 스마트 미터 등의 전력 인프라나 스마



[그림 8] 「Smart City Challenge」에 응모하기 위한 제안에 포함시켜야 할 요소

트 그리드의 도입을 진행시켜 전력이나 에너지를 중심으로 한 스마트 시티를 목표로 하는 움직임이 번성하게 되었다. 2015년 9월에는 2년간 총액 2억 4000만 달러 규모의 예산을 책정한 'Smart City Initiative'를 설치하고 도시가 안고 있는 교통 정체나 방범대책, 경제성장, 기후변화대책, 시민 서비스 향상 등의 문제를 해결하고자 하는 25개 이상의 스마트시티 사업에 재정지원을 했다. 같은 해 12월에는 「SmartCityInitiative」의 관련 사업으로서 DOT(Department of Transportation:미국 운수성)가, 모빌리티를 중심으로 한 스마트 시티 관련의 신기술이나 아이디어를 겨루는 공모 「SmartCityChallenge」를 실시하였다. 전미 78개 도시에서 응모해 왔으며 2016년 3월에 7개 도시를 파이널리스트로 발표, 같은 해 6월에는 오하이오주 콜럼버스시가 우승 도시로 선정되었다.

'신기술'에서는 자동화, 커넥티드 카, 센서활용 인텔리전트 인프라 등 3개, '도시교통에 대한 혁신적 접근'에서는 이용자 친화적 모빌리티 서비스, 도시교통 데이터 분석, 물류 · 배송, 비즈니스 모델 · 파트너 전략, 스마트 그리드 · EV · 충전 인프라, 커넥티드 환경의 시민서비스 6가지, '스마트 시티'에서는 아키텍처, 표준화, 저비용으로 효율적 · 레질리언스가 높은 ICT 등 3가지를 포함하고 있다.

연방정부, 주정부, 시정부가 보유한 다양한 행정 데이터를 공개함으로써 시민에게 열린 투명성 높은 정부의 실현을 목표로 하는 동시에 행정 서비스 관리 · 운영의 효율화나 개선, 오픈 데이터를 민간 기업이 활용함으로써 이노베이션 및 경제성장 · 고용 창출을 촉진하는 것을 목적으로 하고 있다.

(3) 유럽

2021년 7월 14일, 유럽 집행위원회(EC)는 유럽 연합의 기후, 에너지, 토지 사용, 운송 및 세금 정책을 1990년 대비 2030년까지 최소 55% 감축하는 방안을 채택했다. 향후 10년 안에 이러한 배출량 감소를 달성하는 것은 유럽이 2050년까지 세계 최초의 기후 중립 대륙이 되고 유럽 그린딜을 실현하는데 매우 중요하다. 이러한 제안으로 EC는 유럽 기후법에서 합의한 목표를 이행하고, 공정하고 녹색이며 번영하는 미래를 위해 경제와 사회를 근본적으로 변화시키기 위한 입법화를 제시하고 있다.

이 제안들은 향후 10년 동안에 온실가스 배출량 감소를 가속화하는데 필요하다. 또한, 새로운 부문에 대한 배출권 거래의 적용과 기존 EU 배출권 거래 시스템의 강화, 재생 에너지 사용증가, 에너지 효율 증대, 저배출권 운송 모드와 이를 지원하기 위한 인프라 및 연료의 빠른 출시, 유럽 그린딜과의 조세 정책 조정, 탄소 누출 방지 대책 및 천연 탄소 흡수원을 보존하고 성장시키기 위한 도구이다.

철도교통은 2030년 관점에서 이미 그린딜을 준수하고 있다. 유럽 전역에서 여객 운송의 8%와 화물 운송의 19%를 차지하고 있음에도 불구하고, 운송으로 인한 CO_2 배출량의 0.4%만을 책임지고 있다. 이러한 이유로, 탄소 집약적 모드에서 철도로의 모달 전환은 2021년 6월 EU 교통장관들이 채택한 최근 이사회 결론에서 강조했듯이, EU 지역 운송 부분에서 탄소를 제거하는 가장 효과적인 방법이다.

이 제안들은 운송을 위한 EU 전체의 탄소 가격을 이행하기 위한 기초를 제공한다. 단기적으로, 특히 차량 효율 개선과 저탄소 연료로의 전환에 대한 다른 정책과 함께, 'Fit for 55' 패키지는 탄소 가격의 주요 효과를 지원하고 온실가스 배출 격차를 줄일 수 있는 실질적인 기회를 제공할 것이다. 이는 COVID-19 대유행 이후 녹색 회복을 위해 현재의 맥락에서 더욱 필요하다.

유럽철도는 2050년까지 유럽대륙을 배출제로(0) 국가로 만들겠다는 목표를 전적으로 지지한다. 철도는 이미 2030년까지 배출량을 55% 줄이고 2050년 이전에 배출가스 제로(0)가 되는 길을 걷고 있다. 모달 시프트는 유럽 배기가스 감소를 더욱 가속화할 것이다. 오염자 부담 원칙은 모든 운송 모드에 적용되는 강력한 탄소 가격에서만 작동한다. 탄소 가격 책정 수익은 저탄소 운송 시스템을 더욱 개발하고 EU 시민을 에너지 빈곤으로부터 보호하기 위해 할당되어야 한다.

우리 모두는 기후변화가 진행 중이라는 것을 알고 있다. 우리의 조치는 그 영향을 완화시키겠지만, 우리가 알고 있는 운송 인프라와 생명에 결과를 초래할 비선형 현상에 직면하여 불확실성을 안고 살아가야 할 것이다. 이 어려운 시기에 우리는 저배출 운송 모드로 전환해야 한다. 철도는 해결책의 일부이다. 운송시장의 약 10%를 차지하고 있지만, 전 세계 배출량의 3% 미만으로 탈탄소 정책에 기여하고 있다. 게다가, 사회는 도로 사망, 부상, 지역 대기 오염을 줄이고 철도가 제공하는 향상된 효율성과 포괄성으로부터 이익을 얻고 있다.

우선 과제는 지역적, 세계적 차원에서 철도를 위한 혁신적 프로젝트에 자금을 지원하는 것이다. 혁신 프로젝트는 디지털화, 다른 모드와의 원활한 상호연결 및 기존 인프라의 용량 증가와 같이 단기간에 효율성에 큰 영향을 미칠 프로젝트이다. 이 프로젝트들은 유엔 지속가능개발 목표와 유럽 그린딜의 목적을 달성하기 위해 철도 및 대중교통으로의 모달 시프트의 견인차 역할을 할 것이다.

(4) 아시아

아시아에서는 싱가포르, 한국, 인도, 중국에서 디지털기술을 활용한 스마트 시티 프로젝트가 활발해지고 있다. 이 중 싱가포르는 자국의 도시과제를 해결하기보다는 전국을 리빙랩으로 하여 솔루션을 개발하고 해외로 수출하는 전략이다. 인도는 인구증대나 도시 유입에 의한 도시 문제, 인프라 부족을 해결하는 수단으로서 스마트시티화를 진행시키고 있는 솔루션의 수요국이다. 중국은 두 가지 요소를 모두 가지고 있으며 ICT 기업이 중심이 되어 디지털 기술을 활용해 자국의 도시 문제를 해결하고 해외 수출을 활발히 하고 있다.

싱가포르 총리인 Lee Hsien Loong이 2014년 8월, 국가 전체를 스마트화하자는 구상 'Smart Nation Singapore'를 발표하고 나서 스마트 시티의 대처가 본격화되었다. IoT(사물인터넷), AI(인공지능) 등의 새로운 디지털기술을 활용하여 모빌리티, 주거환경, 헬스케어 서비스, 스마트하우스, 에너지, 환경보호, 공적서비스 등 시민생활에 관련된 모든 서비스를 스마트화하고 효율화하는 광범위한 국가 전략이다. 주목할 수 있는 디지털기술을 탑재한 프로젝트가 2020년 1월 건설이 시작된 싱가포르 북동부에 위치한 Punggol 디지털지구「PDD(Punggol Digital District)」이다.

인도는 약 13억 명의 인구를 갖고, 산업화와 근대화가 진행되고, 이에 따라 농촌과 지방에서 도시로의 인구 유입이 가속화되어 도시화가 급속히 진행되고 있다. 이에 따라 전기나 수도, 교통 등의 인프라 부족, 교통 혼잡, 대기 오염 등의 도시 문제가 심각해져 왔다. 지속 가능한 도시 기반의 정비가 요구되는 가운데, 제1차 모디 정권이 발족한 직후인 2014년 6월, 나렌드라 모디 총리는 스마트 시티를 국내 100개소에 마련하는 것을 목표로 한 'Smart Cities Mission' 계획을 발표했다.「Smart Cities Mission」에 선정된 프로젝트 중에는 그 이전부터 진행되고 있는 대규모 도시 개발 프로젝트도 많이 포함되어 있다. 인도의 도시 개발이나 스마트 시티 프로젝트는 예산이나 도시 수용 문제로 지연이나 중단하는 경우가 많아, 이 Mission에 선정하는 것으로, 다시 정부로서 진척을 뒷받침하는 의미가 있다고 보여지고 있다.

일본에서는 첨단기술의 활용으로 행정의 효율화와 주민용 신서비스의 창출을 목표로 하는 '수퍼시티' 구상이 움직이고 있다. 내각부에 따르면 수퍼시티 구상의 개요는 "주민이 참여하고 주민 시선으로 2030년경에 실현되는 미래사회를 선행 실현하는 것을 목표로 한다"며, (1) 생활 전반에 걸친 여러 분야의 첨단 서비스 제공, (2) 여러 분야 간의 데이터 연계, (3) 대담한 규제 개혁의 3가지를 포인트로 꼽았다.

구체적인 대처로서 (1) AI(인공지능)나 빅데이터 등의 첨단기술을 활용해, 행정 수속, 이동, 의료, 교육 등 폭넓은 분야에서 편리성을 향상 (2) 복수 분야의 첨단 서비스 실현을 위해 '데이터 연계 기반'을 통해 다양한 데이터를 연계 · 공유 (3) 첨단 서비스를 실현하기 위한 규제 개혁을 동시에 일체적 · 포괄적으로 추진하고 있다.

(5) 중동 · 아프리카

화석연료에 의존한 경제로부터 탈피해 재생에너지의 연구 · 개발 허브를 목표로 새로운 모빌리티 도입을 추진하고 있다. 중동지역에서는 석유나 천연가스 등 화석연료에 의존한 나라가 많아 그 고갈을 예측하여 새로운 산업으로 흥미롭고 심각한 실업 문제를 해결하는 것이 과제가 되고 있다. 에너지면에서는 재생가능에너지로 경제활동 투자를 활발하게 하고 있다. 연구 · 개발측면에서도 허브가 되는 것을 목표로 하고 있다. 또한, 디지털기술을 적극적으로 채용하여 행정 서비스를 효율화하고 모빌리티 측면에서는 CO_2를 발생시키지 않는 EV(전기 자동차)나 전동 버스를 중심으로 한 시스템으로 하여 드라이버리스의 자율주행차를 이동 수단으로 구상하는 프로젝트가 많다.

중동 프로젝트에서는 최신 디지털 기술 도입 계획도 눈에 띈다. 전형적인 것은 UAE 두바이에서 진행되는 'Smart Dubai'이다. AI(인공지능)와 블록체인과 같은 새로운 기술을 적극적으로 도입해 디지털화를 추진해 왔다. 그중에서도 2021년까지 모든 정부 업무를 디지털화해 100%의 페이퍼리스화를 목표로 정부 업무의 효율화에 임하고 있다. 2017년에는 'Smart Dubai 2021'을 발표, '스마트 피플', '스마트 리빙', '스마트 경제', '스마트 환경', '스마트 정부', '스마트 모빌리티'의 6개 주제에 대한 디지털기술 활용으로 실현을 도모하였다.

7 시사점

IEA는 보고서에서 철도는 전 세계 자동차 여객 이동의 8%, 화물 운송의 7%를 차지하지만 전 세계 운송 에너지 수요의 2%만 사용한다. 보고서에 따르면 전 세계 철도 에너지 수요는 최근 몇 년 동안 비교적 일정하게 유지되었다. 2000년 이후 EU와 일본에서는 하락했고 러시아, 중국, 인도에서는 증가했으며 북미에서는 비교적 일정하게 유지됐다. 디젤 화물 열차는 철도 에너지 사용량의 약 절반을 차지하고 나머지는 전기가 차지한다.

철도수송을 대신하여 비행기, 자동차 및 트럭으로 운송된다면 운송 관련 온실가스(GHG) 배출량은 연간 12억 톤의 CO_2 환산($GtCO_{2e}$)이 될 것이라고 보고서는 말한다. 화석연료에서 배출되는 CO_2 배출량의 약 0.3%가 철도에서 발생한다(전 세계 항공의 경우 약 2%). 한국, 일본, 유럽, 중국, 러시아는 모두 철도망이 60% 이상 전철화되어 있으며, 한국이 약 85%로 가장 높은 철도 전철화 비율을 가지고 있다. 반면에 북미와 남미는 모두 5% 미만이다. IEA에 따르면 고속철도 노선은 동일한 노선의 항공 운송을 80%까지 줄일 수 있다고 한다.

IEA는 보고서에서 2050년까지 철도 확장에 대한 두 가지 시나리오를 제시한다. 정책 결정에서 철도를 새롭게 강조하지 않은 '기본 시나리오'에 따르면 철도 인프라에 대한 연간 투자는 2050년에 3,300억 달러로 증가한다. 지하철과 고속철도의 전 세계 트랙 길이는 모두 2.5배 확장된다. 이 경우 전 세계 운송 배출량은 2050년 이후까지 계속 증가할 것이다.

한편, '하이레일 시나리오(철도장려정책)'에서는 2050년까지 연간 평균 투자가 7,700억 달러에 이른다. 고속철도의 선로 길이는 약 3.5배 증가하는 반면 지하철 선로는 4배 증가한다. 전 세계 철도 승객 활동은 기본 시나리오보다 60% 더 높다.

하이레일 시나리오에서 철도 네트워크를 최대한 활용하고 기술 장벽을 제거하여 철도 여행 비용을 최소화하는 정책이 구현된다면, 전 세계 운송에서 발생하는 온실가스가 기본 시나리오보다 연간 $0.6GtCO_{2e}$ 낮아져 대략 한국의 연간 배출량이 된다. IEA는 철도의 이러한 공격적이고 전략적인 전개는 2030년대 후반에 전 세계 운송으로 인한 CO_2 배출량이 정점에 이를 것이라고 말한다. 철도 부문이 에너지 효율적인 상태를 계속 유지하고 철도가 미래의 이동성에 완전히 기여할 수 있도록 하는 전략을 개발하기 위해 국제철도산업이 함께 해야 할 때이다.