

한·중·일 탄소중립 정책 현황 비교 분석: 온실가스 감시 체계와 감축 전략

엄효진* · 김은정** · 강소현** · 채혁기*** · 문광주****† · 이대균***** · 이종천*****

*국립환경과학원 기후탄소연구부 기후변화연구과 환경연구사, **국립환경과학원 기후탄소연구부 기후변화연구과 전문연구원,
국립환경과학원 대기환경연구부 대기환경연구과 전문연구원, *국립환경과학원 기후탄소연구부 기후변화연구과 환경연구관,
*****국립환경과학원 기후탄소연구부 기후변화연구과 과장, *****국립환경과학원 기후탄소연구부 부장

Comparative analysis of carbon neutrality policies in Korea, China and Japan: Greenhouse gas monitoring network and mitigation strategies

Eom, Hyo-Jin* · Kim, Eunjung** · Kang, Sohyeon** · Chae, Hyeogki*** · Moon, Kwang-Joo****† ·
Lee, Daegyun***** and Lee, Jongchun*****

*Researcher, Climate Change Research Division, Climate Change and Carbon Research Department,
National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

**Research fellow, Climate Change Research Division, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

***Research fellow, Air Quality Research Division, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

****Senior Researcher, Climate Change Research Division, Climate Change and Carbon Research Department,
National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

*****Director, Climate Change Research Division, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

*****Director-General, Climate Change and Carbon Research Department, National Institute of Environmental Research,
Incheon, Korea

ABSTRACT

Achieving carbon neutrality in response to climate change necessitates the establishment of a comprehensive system for integrated greenhouse gas (GHG) observation and verification capable of ensuring precise emission assessments and credible evaluation of policy effectiveness. Although South Korea, China, and Japan are geographically proximate, their climate governance trajectories have diverged due to differences in available energy resources, industrial structures, and political-economic systems. Nevertheless, all three countries share a common trend in advancing science-based GHG management using multi-platform atmospheric observation networks relying on satellite, airborne, and ground-based measurements. South Korea has been a relative latecomer to implementing empirically grounded GHG monitoring compared to China and Japan. However, South Korea's proactive engagement in shaping international standards for urban GHG monitoring presents a timely opportunity to establish a robust and scalable national framework. This system will be extended to subnational and municipal levels, enhancing the scientific credibility and objectivity of local climate policy assessments and facilitating compliance with international reporting obligations. The Korean Greenhouse Gas Watch is envisioned as a core national infrastructure supporting mitigation, adaptation, and ex-post policy evaluation. Korea aims to simultaneously strengthen its observational capacity and foster sustained cooperation across East Asia through knowledge exchange and collaborative GHG governance.

Key words : Carbon Neutrality, Greenhouse Gas Monitoring, Emission Reduction Policy, National Climate Governance

†Corresponding author : iamiyan@korea.kr (22689, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea. Tel. +82-32-560-7327) **ORCID** 엄효진 0009-0008-3797-7460 문광주 0000-0002-9873-3223
김은정 0009-0007-8725-2487 이대균 0000-0001-6012-7757
강소현 0009-0008-7379-2754 이종천 0000-0002-6222-9543
채혁기 0009-0000-9931-0858

Received: April 21, 2025 / Revised: May 13, 2025 / Accepted: June 2, 2025

1. 서론

기후변화 대응을 위해 탄소중립(Net Zero)은 전 세계적인 핵심 과제가 되고 있다. 2015년 파리기후협정에서 각 국가는 지구 평균기온 상승을 산업화 이전 대비 2℃ 이하로 제한하고 가능하면 1.5℃ 이하로 억제하기로 합의하였다(Jayaraman, 2015). 이를 달성하기 위해 2050년까지 순 배출량을 “0”으로 만드는 탄소중립 목표가 주요 선진국을 중심으로 제시되었고, 한국, 일본, 중국 모두 2020년을 전후해 탄소중립 목표를 선언하였다(Lee, 2020; UNFCCC, 2021; Yoon, 2022). 탄소중립을 실현하기 위해서는 온실가스 감축을 위한 에너지 전환, 산업구조 변화, 기술혁신 뿐 아니라 온실가스 감시 및 데이터 관리 체계 구축이 필수적이다. 각 국가는 자국의 배출량을 정확히 측정·검증하고 감축 이행 상황을 추적하기 위해 위성, 지상 측정망 등의 첨단 온실가스 감시 체계를 강화하고 있다. 또한 배출권 거래제 등 시장 메커니즘과 법·제도적 수단을 도입하여 효과적인 감축 전략을 추진 중이다(MEOJ, 2022; MOE, 2023; NIER, 2022a). 본 글에서는 한국, 중국, 일본의 탄소중립 정책을 온실가스 감시 기술과 감축 정책 측면에서 비교 분석하고, 각국 정책의 실효성 및 최신 동향을 살펴보고자 한다. 아울러 3국의 탄소중립 이행을 위한 향후 개선 방향과 상호 협력 방안을 제언한다.

2. 연구방법

본 연구에서는 한국, 중국, 일본의 각 정부의 공식 발표 자료를 기반으로 국가별 탄소중립 정책 방향과 온실가스 감축을 위한 배출 정보 접근 방식, 온실가스 감시 및 관리 체계를 비교하고자 한다. 한국의 「탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획(2023)」, 중국의 「2022 중국 기후변화대응 정책·행동 연차보고서(2022) 및 2021 중국 탄소중립·청정대기 동시관리 노선(2021)」, 일본의 「6차 에너지 기본계획 및 지구온난화대책계획(2021)」을 중점적으로 참고하였다.

3. 연구결과

3.1. 한·중·일 탄소중립 목표 및 거버넌스

한국은 2020년 10월에 2050 탄소중립을 선언한 이후 2021년 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본

법」과 2022년 동법 시행령을 제정함으로써 2050년 순배출 제로를 법제화하였다. 또한 중기목표로 2030년까지 2018년 배출량 7억 2760만 톤 CO₂eq의 40%에 해당하는 약 4억 3600만 톤까지 감축하는 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution)를 제출하였다(UNFCCC, 2021). 이는 이전 대비 감축 목표가 대폭 상향된 것으로, 2050 탄소중립 달성을 위해 도전적 최대 목표 수준으로 설정되었다. 이러한 목표 달성을 위해 한국 정부는 2021년 국무총리 산하 탄소중립녹색성장위원회를 구성하여 부처별 이행 현황에 대한 점검 및 정책 조정을 총괄하고, 5년간(2023~2027) 부문별 중장기 감축 대책 마련, 기후변화 적응 대책 수립, 녹색산업 성장, 저탄소 사회로의 전환, 지역 주도의 탄소중립·녹색성장 지원, 관련 인력양성 및 국민 인식제고, 국제협력 활성화를 위해 총 90조원 이상의 예산을 투자하고 있다. 또한, 2023년에는 국가 차원의 실질적인 탄소중립 이행 방법과 비전을 제시한 ‘제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’을 수립하였다. 국가 기본계획은 20년을 계획기간으로 설정하여 5년마다 세부계획을 수립하여 시행하고 있다.

중국은 세계 최대 온실가스 배출국으로서, 2030년 이전 탄소배출 정점에 도달 후 2060년까지 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 공식화하였다. 시진핑 주석은 2020년 유엔총회에서 이러한 목표를 발표하였고, 이후 중국 정부는 이를 위한 “탄소 최고치 및 탄소중립 1+N” 정책 체계를 수립해 부문별 세부 이행 계획을 추진하고 있다. 2021년에 중국은 파리협정 하에서의 NDC를 강화하여 2030년 이산화탄소 배출정점 이후, 국내총생산량(GDP, Gross Domestic Product) 당 탄소배출량을 2005년 대비 65% 이상 감소, 비화석에너지 소비 비중 25% 이상 확대를 약속하였다. 또한 2030년까지 풍력·태양광 발전설비를 총 1,200 GW 이상 증량하고, 산림 조성 면적을 60억 m³ 확대하는 등의 구체적인 목표도 제시하였다. 이러한 목표 달성을 위해 탄소중립 지도그룹을 중심으로 중앙정부와 지방정부가 연동되는 거버넌스 체계를 구축하고 있으며, 국가 5개년 경제계획 등에 탄소감축 지표를 연계하고 있다(NIER, 2022a).

일본도 2020년 10월 2050 탄소중립을 선언한 이후 2021년 「기후변동대책추진법」을 개정하여 “2050년까지의 탈탄소 사회 실현”을 명문화하였다. 또한 국제적으로 2030년까지 2013년 대비 온실가스 배출량 46% 감축을 공식 NDC 목표로 제출하였다(MEOJ, 2022). 또한 2013년 이후 다양한 감축 노력을 통해 2021년에 약 18% 감축을

달성한 상태이고, 최근에는 2035년까지 온실가스 배출량을 2013년 대비 60% 감축하는 새로운 NDC를 유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)에 공식 제출했다. 이는 2030년 감축 목표를 14% 상향한 것으로, 2050년 탄소중립 목표 달성에 박차를 가하고 있다(Greenium News, 2025). 일본 정부는 경제산업성(METI, Ministry of Economy, Trade and Industry)과 환경성(MOE, Ministry of the Environment)이 공동으로 종합적인 기후 대책과 계획을 수립하여 시행하며, 「지구온난화대책계획」을 통해 부문별 감축 목표를 설정하고 이와 관련된 정책 패키지를 수립하여 이행하고 있다. 또한 2023년에는 그린 트랜스포메이션(GX, Green Transformation) 실현을 위한 기본법 제정과 20년간 150조 엔 규모의 기후투자 계획을 발표하는 등 정책 추진력을 강화하고 있다.

3.2. 한·중·일 온실가스 감시 및 관리 체계

한국은 환경부 국립환경과학원을 중심으로 탄소중립 정책 지원을 위한 배출원 중심 지상 측정망 구축과 함께 위성, 항공, 이동 관측 등을 활용한 다각적인 온실가스 감시 체계(Fig. 1) 구축에 힘쓰고 있다. 현재 국가 대기오염 집중측정망과 전국 도시대기측정망과 연계하여 이산화탄소, 메탄 등 온실가스 농도를 상시 측정하는 도시지역 온실가스 측정망을 구축 중에 있다. 환경부 국립환경과학원은 「제1차 탄소중립·녹색성장 기본계획(2023~2028)」에 따라 2022년 수도권 2개소를 시작으로 2024년까지 Fig. 2와 같이 권역별 대기환경연구소 10개소에 실시간 이산화탄소, 메탄 측정장비를 설치하였고, 2026년까지 권역별 대기환경연구소 11개소와 고고도측정망 1개소, 강원도

고성의 지구대기측정망 1개소를 편입한 국가망 13개소의 구축을 완료할 계획이다(NIER, 2024). 또한 2025년 지역별 온실가스 측정망 상세 설계를 통해 지자체와 협력하여 기존 대기오염측정 인프라를 활용한 전국 온실가스 다량 배출 지점 45개소를 우선 선별하여 지역망 확충을 추진할 계획이다. 또한, 측정망 확대에 맞춰 도시지역 온실가스 측정망 설치·운영 지침을 마련하여 표준화된 방식으로 데이터를 생산·관리하기 위한 기반을 마련하고, 국가망과 지역망 총 60개소의 실시간 측정자료를 수집하여 통합 관리하기 위한 데이터베이스를 구축할 계획이다. 그 외에도 미항공우주국(NASA, National Aeronautics and Space Administration)의 OCO-2 (Orbiting Carbon Observatory 2) 등 국제 위성자료를 활용하기 위한 국제협력사업과 2027년 발사를 목표로 공간해상도 100 m 이내, 7.3 시간 주기의 온실가스 관측 초소형 위성 개발도 함께 추진하고 있어 일본의 GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite) 위성이나 중국의 TanSat (Tan은 중국어로 탄소를 의미) 위성과 더불어 동아시아 지역의 온실가스 위성 감시 역량을 갖추게 될 것으로 기대된다. 한국은 기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) 가이드라인에 따른 국가 온실가스 인벤토리 작성 체계를 갖추고 환경부 산하 온실가스

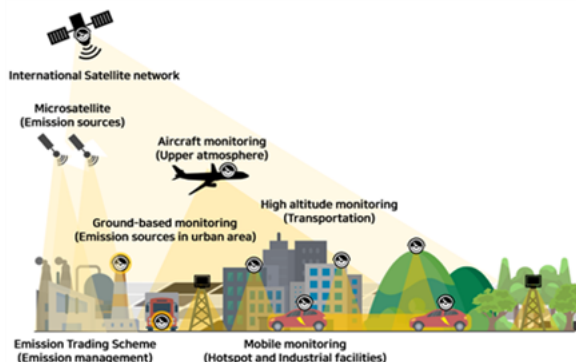


Fig. 1. GHG monitoring network in Korea

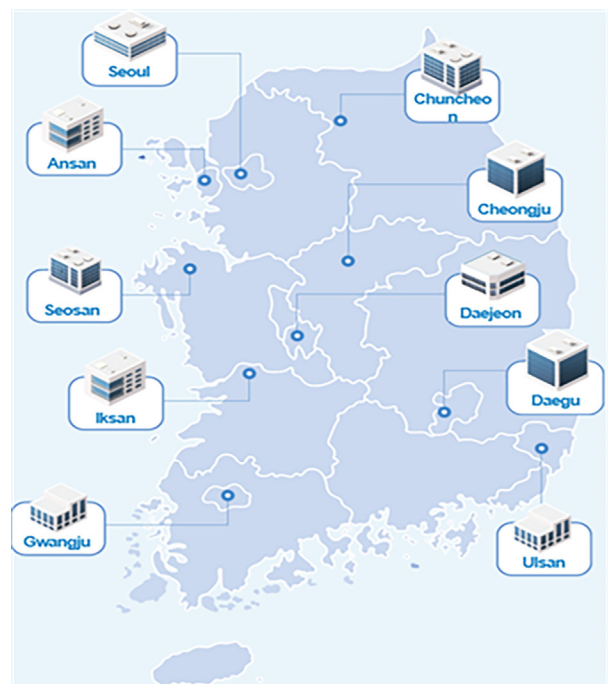


Fig. 2. Current status of ground-based GHG monitoring network in urban area of Korea

종합정보센터(GIR, Greenhouse gas Inventory and Research center)에서 매년 국가 온실가스 배출량을 산정·보고하고 있다. 환경부가 총괄하고, 기획재정부, 산업통상자원부 등이 협력하여 에너지, 산업, 농축산, 폐기물 등 부문별 배출량을 관리하며, 아시아 지역 최초로 국가 차원의 온실가스 배출권 거래제를 시행하고 있다. 한국의 배출권거래제(K-ETS, Emission Trading System)는 세계에서 유럽연합(EU, European Union)에 이어 두 번째로 큰 규모의 전국 단위 탄소시장으로, 2015년 시행 이후 3차 계획기간(2021~2025)에 발전·산업 등 69개 업종, 700여 개 업체가 참여하고 있으며, 국가 온실가스 배출량의 73.5%를 관리범위에 포함시키고 있다(CAT, 2023; UNFCCC, 2021).

중국 또한 광대한 국토와 방대한 배출원을 감시하기 위해 위성, 항공, 지상을 아우르는 온실가스 입체 관측망을 구축 중에 있다. 2016년 12월에 중국 최초의 이산화탄소 관측 전용위성인 공간해상도 $2\text{ km} \times 2\text{ km}$, 16일 주기의 탄샷(TanSat)을 발사하였으며, 이에 따라 일본, 미국에 이어 자체적인 위성 관측으로 자국 및 전 지구의 CO_2 농도를 정밀 측정할 수 있는 세계 세 번째 국가가 되었다. 또한, 2025년까지 온실가스 감시위성을 추가적으로 발사하여 관측 빈도와 공간해상도를 높일 계획이다(Greenium News, 2021). 한편, 항공기와 무인기(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)를 활용한 모니터링도 수행하고 있으며, 성층권에서의 상층 대기 관측 등 다층적인 데이터 수집 체계를 마련 중이다(CMA, 2022). 도시 및 산업지역 온실가스 배출 감시를 위한 지상 측정망은 산업과 인구가 밀집된 중국 징진지 지역을 포함한 중동부 지역에 집중되어, 중국 전체 배출량의 60% 이상을 차지하는 지역의 대기 중 CO_2 농도를 매시간 자동측정하고 있다(Jung and Kim, 2024). 특히, 중국생태환경부(MEE, Ministry of Ecology and Environment) 산하 전국환경모니터링센터(CNEMC, China National Environmental Monitoring Center)에서는 기존 대기오염 측정망 1,500여 개소 중 약 16개소에서 CO_2 등 온실가스를 추가 측정하고 있어 도시지역 대기오염물질과 온실가스 농도를 함께 모니터링하고 있다. 중국생태환경부는 2004년 UNFCCC에 국가 온실가스 인벤토리를 최초로 보고하였고, 2023년에 2020년 기준 인벤토리가 포함된 4차 보고서를 제출하였다(ICAP, 2021). 또한 2021년부터 전국 탄소배출 데이터 보고 플랫폼을 구축하고, 발전 부문을 시작으로 온실가스 배출 측정·보고·검증(MRV, Measurement Reporting Verification) 체제를 법규

화했다. 전국 배출권 거래제 출범에 맞추어 2,000여 개 발전기업을 대상으로 온라인 배출량 보고 의무가 부과되었고, 이에 대한 제3자 검증 및 정부 검토를 거치는 체계가 마련되었다. 2023년에는 ‘2023~2025 전력기업 온실가스 배출보고·검증 관리 업무계획’에 이어 산업체 대상 업무계획을 공포하여, 앞으로 발전산업 외 철강, 시멘트, 화학 등 주요 산업 부문의 배출량도 매년 체계적으로 보고·검증하도록 로드맵을 마련하였다.

일본은 동북아시아 3국 중 가장 먼저 위성, 항공기, 선박, 지상 측정망을 모두 활용한 온실가스 측정체계를 구축하여 중장기적인 모니터링을 수행하고 있다(Jung and Kim, 2024). 특히, 2009년 공간해상도 $10.5\text{ km} \times 10.5\text{ km}$ 인 세계 최초의 온실가스 관측위성 GOSAT을 성공적으로 발사하여, 약 3일 주기로 전 지구의 CO_2 와 CH_4 분포를 정밀 관측해왔다. 2018년에는 성능을 향상시킨 GOSAT-2 위성을 추가 발사하여, 공간해상도를 $7\text{ km} \times 7\text{ km}$ 로 높이고 일산화탄소(CO) 등 관련 대기오염물질도 함께 관측하고 있다. 일본은 GOSAT-3 계획과 더불어, 온실가스 관측과 수자원 감시를 동시에 수행할 차세대 위성인 GOSAT-GW를 2024년 이후 발사할 예정이며(Tanimoto et al., 2025), 이를 통해 위성 감시 체계를 한층 고도화할 계획이다. 온실가스 지상 관측의 경우, 일본기상청(JMA, Japan Meteorological Agency)에서 처음 시작했으나 현재는 국립환경연구소(NIES, National Institute for Environmental Studies)를 중심으로 온실가스 배출량 검증을 위한 본격적인 지상 측정망의 구축 및 운영이 이루어지고 있다. 또한 자국 내 및 서태평양, 동남아 항로에 대한 선박 관측과 민간 항공기를 활용한 CONTRAIL (Comprehensive Observation Network for TRace gases by AirLiner) 프로젝트도 함께 수행하고 있다. 일본은 교토의정서 1차 공약기간부터 선진국으로서 신뢰성 높은 국가 온실가스 인벤토리를 구축해왔다. 환경성이 주관하는 종합환경강화대책추진본부가 부처 간 감측 이행을 점검하며, 매년 온실가스 배출량과 흡수량을 종합적으로 산정하여 국가 온실가스 인벤토리 보고서(NIR, National Inventory Report)를 작성하고 있다. 또한 배출량 자료의 정확도를 높이기 위해 2006년 IPCC 지침에 따라 부문별 상세한 통계와 최신 배출계수를 적용하고, 전력 부문의 실측 연료소비량, 산업 공정 생산실적 등을 고려해 배출량을 산정하고 있다. 또한 일본은 이미 대규모 배출사업장 온실가스 배출량 보고 제도를 도입하여, 에너지 사용량이 많은 사업자에 대해 매년 온실가스 배출량을 보고하

도록 의무화하고 있다.

3.3. 한·중·일 온실가스 감축 전략 및 정책 수단

한국의 탄소중립 전략은 에너지 전환, 산업 혁신, 수송 부문 대책, 흡수원 확충 등 여러 분야에서 종합적으로 추진된다(MOE, 2023). 우선 전력 부문에서는 석탄발전을 단계적으로 감축하고 재생에너지 비중을 2030년 20~30% 이상 확대할 계획이다. 대규모 해상풍력단지 조성, 건물옥상 태양광 보급, 분산형 전원 확충 등으로 태양광·풍력 설비를 크게 늘리고 있다. 동시에 탈석탄을 위해 노후 석탄발전소 폐지, 석탄발전 상한제 등의 조치를 시행하고 있으며, 액화천연가스(LNG, Liquefied Natural Gas) 등 화석연료 의존도를 점진적으로 낮추고 있다. 산업 부문에서는 에너지 다소비형 산업공정의 효율화를 위해 최적가용기술(BAT, Best Available Techniques) 기준을 강화하고, 철강·시멘트 등 탄소다배출 업종에 저탄소 공정 도입을 유도하고 있다. 수소환원 제철, 전기로 전환 등 기술을 지원하고, 탄소포집·활용·저장(CCUS, Carbon Capture Utilization Storage) 실증사업도 추진 중이다. 수송 부문은 전기차·수소차 보급 목표를 높여 2030년 신차 판매의 30% 이상을 무공해차로 채우고, 충전 인프라 구축에 대규모 투자를 하고 있다(MOE, 2023). 아울러 대중교통 활성화와 철도물류 확대, 내연기관 차량 연비기준 강화 등을 통해 교통 분야 배출 감축을 적극적으로 추진하고 있다. 건물 부문은 그린 리모델링, 고효율 기기 보급으로 에너지 절약을 촉진하고, 농축산 부문에서도 메탄 저감 사료 개발, 가축 분뇨 에너지화 등의 노력을 기울이고 있다. 탄소 흡수원으로서 산림의 역할을 증진하기 위해 대규모 나무심기와 산림경영으로 탄소흡수량을 늘리고 도시 숲을 확충하는 계획도 진행 중이다.

중국은 경제성장과 배출감축을 균형 있게 추구하기 위해 시장경제기반 관리 메커니즘을 도입하였다. 중국의 탄소배출권 거래시장은 2021년 정식 운영을 시작하였고, 전력부문 2,162개 기업만을 대상으로 중국 전체 CO₂ 배출량의 약 40%에 해당하는 연간 50억 톤 가량의 CO₂를 포함하고 있다(ICAP, 2021). 이는 현재 세계 최대 규모의 탄소 시장으로 자리매김하고 있다. 배출권 거래시장에서의 온실가스 감축 외에도 중국 정부는 명령 규제식 정책과 재정 투자를 병행하고 있다. 에너지 전환 측면에서, 석탄소비 감축을 위한 강력한 조치를 시행 중으로, 세계 최대 규모의 재생에너지 설비를 구축하여 2022년 말 기준 풍력

365 GW, 태양광 392 GW를 달성하였고 매년 기록적인 용량 증설을 이어가고 있다. 그 결과, 중국의 비화석 전력생산 비중은 2021년 약 34%에서 2030년 50%에 육박할 것으로 전망된다(CMA, 2022). 산업 부문에서는 에너지 다소비 업종별로 탄소피크 행동계획을 수립하여 기술 혁신을 독려하고 있으며, 석유화학 공정개선, CCUS 시범사업 등을 진행 중에 있다. 교통 부문에서는 신에너지 차량 보급률이 2022년 판매량 기준 26%에 도달할 만큼 급성장하여, 전세계 전기차의 59%가 중국에서 판매되고 있다(WEF, 2023). 건물·도시 분야에서는 그린빌딩 표준을 강화하고 스마트시티, 전력수요관리 등을 통해 에너지 절약을 추진하고 있다. 탄소 흡수원 확대도 중요한 전략으로, 대규모 국토녹화 사업을 지속하여 지난 10년간 세계에서 산림면적을 가장 많이 확장한 국가로, 이는 연간 10억 톤 이상의 CO₂를 흡수하는 효과로 이어지고 있다.

일본의 감축 정책은 에너지 기본계획과 온난화대책계획에 따라 부문별로 추진된다. 에너지전환 측면에서 가장 큰 변화는 원자력 발전의 재정비이다. 2030년까지 전력생산량 중 원전 비중을 20~22% 확보하고, 나머지 전력은 재생에너지 36~38%, LNG 화력 20%, 석탄 화력 19% 등으로 목표를 설정하였다. 재생에너지시설의 경우 지형적 한계로 대규모 설치가 어렵지만, 해상풍력 발전을 신성장분야로 지정하여 2040년까지 30~45 GW를 설치하고 “세계 3대 해상풍력 대국”으로 도약하겠다는 비전을 제시했다. 또한 태양광 발전을 확대하기 위해 주택 및 건물 지붕 의무설치 정책을 일부 지자체에서 시행하며, 지역 분산형 에너지 시스템 보급도 지원하고 있다. 수소 에너지는 일본 감축 전략의 핵심 중 하나로, “수소사회” 구현을 목표로 대규모 투자를 진행 중이다. 세계 최초로 수소연료전지차를 상용화하고 연료전지 발전을 가정용으로 보급하는 등 선도적인 행보를 보였으며, 2030년까지 연간 수소 300만 톤 도입, 2050년 2,000만 톤 도입 목표를 세우고 호주 등의 그린·블루수소 생산 프로젝트에 투자하고 있다. 철강 등 공정 개선을 위해 수소환원제철 기술을 도입하는 ‘사철 프로젝트’를 지원하고, 탄소를 포집하여 재 활용하는 CCU 기술 연구, 메탄올 합성 등을 추진하고 있다. 수송 부문에서는 하이브리드차량 개발을 오랜 기간 선도해왔으나, 전기차 보급률이 상대적으로 낮아 2035년까지 신차 판매를 전기차 및 연료전지차 100%로 전환하는 목표를 세우고 정책의 전환을 가속화하고 있다. 건물 부문에서는 엄격한 건물 단열 기준과 에너지 효율 기준을 적용하고, 제로에너지빌딩(ZEB, Zero Energy Building),

Table 1. Comparative overview of carbon neutrality policies and GHG monitoring systems in Korea, China, and Japan

Category	Korea	China	Japan
Target Year	2050 (Legislated)	2060 (Declared by the Communist Party)	2050 (Legislated)
2030 NDC	40% reduction compared to 2018 levels	Emissions peak by 2030, 65% reduction compared to 2005 levels	60% reduction compared to 2013 levels
Main mitigation strategies	- National Emission Trading System (2015 ~) - Expansion of renewable energy, hydrogen economy, enhanced energy efficiency, and CCUS	- National Carbon Market (power sector, 2021 ~) - Rapid expansion of renewable energy, peak-out of coal consumption, deployment of electric vehicles	- Carbon Tax (2012 ~), GX Carbon Market (2023 ~), Carbon Levy (2028 ~) - Reactivation of nuclear power plants, utilization of hydrogen and ammonia, high-efficiency technologies
GHG Monitoring Systems	- 60 ground-based monitoring sites - Microsatellite (launch in 2027) - Transparent GIR	- 59 ground-based monitoring sites, TanSat (launched in 2016), with additional satellites under development - Establishing MRV system	- 4 background sites with aircraft and marine-based monitoring networks - GOSAT (launched in 2009) - Transparent reporting/inventory system
Strengths	- Solid legal and institutional frameworks - Extensive experience in market mechanisms - Advanced ICT* capabilities	- Strong government-led initiatives - Rapid infrastructure expansion - Technological capabilities on manufacturing	- World-leading energy efficiency - Advanced technologies and satellites - Reduction efforts in private sector
Weaknesses	- High mitigation costs - Limited renewable energy potential - Heavy reliance on imported energy	- Continued dependence on coal - Regional disparities in implementation - Insufficient data transparency	- Limited portion of renewable energy - Lack incentive caused by low carbon price - Policy fluctuations due to nuclear risk concerns

* Information and Communication Technology (정보통신기술)

제로에너지주택(ZEH, Zero Energy House) 보급을 위해 보조금과 금융지원을 제공하고 있다.

3.4. 한·중·일 탄소중립 이행 방향

3.4.1. 정책 목표와 제도적 기반

동북아시아의 한국, 중국, 일본은 지리적으로 가깝지만 에너지 자원 부존량, 산업구조, 정치·경제 체제가 달라 탄소중립 정책에서 공통점과 함께 차이점이 관찰된다. Table 1에서 각국의 온실가스 감축을 위한 제도적 기반, 기술 및 감시 체계, 감축 정책 수단을 비교하였다. 그 결과, 3국은 모두 탄소중립 목표를 공식적으로 선언하고 국가전략으로 삼고 있다는 공통점이 있다. 한국과 일본은 법률 제정으로 탄소중립 목표를 내재화하였고, 중국은 최고 지도부 결정과 국가 5개년 계획에 반영하는 방식으로 추진하고 있다. 다만, 한국과 일본이 절대적 배출량 감축 목표를 설정한 반면, 중국은 배출정점 도달과 배출강도

감축 목표를 제시하고 있다는 면에서 차이가 있다. 거버넌스 면에서 한국은 범국민적 위원회와 다부처가 참여하는 법정계획을 통해 비교적 투명하고 통합적인 정책 결정을 하고 있으며, 온실가스 배출권 거래제 등 실질적인 온실가스 배출 관리 정책을 가장 먼저 시작하여 민·관의 협력 하에 안정화 단계에 접어들고 있다(NABO, 2024). 반면, 일본은 산업계와 정부 간 조율을 중심으로 자발적 온실가스 감축 확대에 힘쓰고 있으며, 이와 관련한 정부 부처 간 역할 분담이 명확한 특징이 있다(NIER, 2023). 중국은 공산당 중심의 강한 중앙 통제력을 기반으로 정책을 신속하고 일관성 있게 추진할 수 있지만, 하위 행정단위의 재량에 따라 이행 편차가 발생하기도 한다(NIER, 2022b).

3.4.2. 온실가스 감시 체계 및 데이터 관리

Table 1에서 비교된 3국의 온실가스 감시 체계를 살펴보면, 현재 온실가스 감시의 기술적 측면에서 일본과

중국이 선도적인 위치에 있고, 한국은 후발주자로서 그 격차를 좁혀가고 있다. 위성 감시 분야에서 일본은 세계 최초의 GOSAT 위성을 비롯해 15년 이상의 운영 경험과 데이터를 축적하고 있고, 중국도 2016년 TanSat 발사 후 2세대 온실가스 위성을 준비하고 있다(Greenium News, 2021). 한국은 온실가스 감시를 위한 초소형위성을 2027년 발사하여 이 격차를 메울 계획이다. 지상 측정의 경우, 중국이 50개가 넘는 측정소를 신규 설치하여 단기간에 가장 촘촘한 측정망을 구축하였고, 일본은 수도인 도쿄를 중심으로 한 소수의 지상 및 고고도 측정소와 함께 선박, 항공 등 다양한 관측 플랫폼을 활용하여 공간정보를 보완하고 있다(Jung and Kim, 2024). 한국은 2022년부터 도시지역 온실가스 측정망 구축을 본격적으로 추진하고 있으며, 2024년 기준 10개소에서 향후 60개소 이상으로 국가망과 지역망을 체계적으로 확충해 나갈 계획이다.

3국 모두 UNFCCC에 국가 인벤토리를 제출하고 있으나 데이터의 투명성 측면에서 신뢰도 수준에는 차이가 있다. 일본과 한국은 선진국 의무에 따라 매년 상세 인벤토리를 제출하며 국제검증(ICA, International Consultation and Analysis/TER, Technical Expert Review)을 받고 배출량의 공공성을 확보하고 있다. 중국도 2016년부터 기후변화 격년 갱신보고서를 제출하기 시작하였고, 2024년에 기후변화 격년 투명성 보고서를 제출하면서 배출 통계의 투명성이나 시의성 면에서 개선의 여지를 보이고 있다. 한국과 일본은 상세 배출량 통계와 기업별 배출데이터를 공개하여 민간의 감시와 활용을 장려하는 반면, 중국은 거시적인 수치 위주로 관리하여 세부 정보공개는 제한적이다. 반면 실시간 온실가스 농도 공개와 연구를 목적으로 한 위성자료 공유에는 중국도 적극적으로 참여하고 있다. 결과적으로 온실가스 감시·측정 분야는 일본이 가장 먼저 시작하였으나 후발주자인 중국과 한국이 그 격차를 줄여가고 있으며, 이를 통한 국가 통계의 투명성 확보를 위해 3국 모두 국제적 요구에 맞춰 빠르게 대응하고 있는 것으로 판단된다.

3.4.3. 감축 정책 수단

각 국가별 탄소시장 메커니즘의 도입 범위와 성숙도에 는 차이가 있다. 한국은 2015년 온실가스 배출권 거래제를 아시아 최초로 도입하여 현재 높은 성숙도를 확보하여 경제 전반에 걸쳐 포괄적으로 운영하고 있다(UNFCCC, 2021). 반면 일본은 그동안 탄소세로 낮은 가격부담만 주

고, 배출권 거래는 지방정부나 업계 자율에 맡겼다가 뒤늦게 국가 정책으로 전환하였다. 그 결과, 2023년에서야 전국 단위 배출권 거래제 시범사업을 시작하였고, 2028년부터 탄소부과금을 도입하는 등 아직 초기단계에 머물러 있다(Reuters, 2023). 중국의 경우, 세계 최대 탄소시장을 출범시켰지만 전력부문 CO₂만 포함하고 가격 수준이 낮아 탄소세의 효과가 제한적이다(ICAP, 2021). 부문별 규제정책을 보면, 3국 모두 차량 연비 규제, 건물 효율 기준, 제품 효율 등급제 등을 시행하고 있으나 강도와 범위에서 일부 차이가 있다. 일본과 한국은 비교적 엄격한 기준을 적용하는 한편, 중국은 산업화 진행 단계로 아직까지 평균 효율은 낮지만 빠르게 상향 표준을 도입하고 있다. 결과적으로 정책 수단 면에서 한국은 탄소가격제를 선도하고, 일본은 기술투자 중심, 중국은 행정적 규제와 기술 투자를 총력 지원하는 형태로 서로 다르게 접근하고 있다고 볼 수 있다.

3.4.4. 이행 성과와 실행력

실제 온실가스 배출 추이를 보면, 일본은 2013년 이후 완만한 감소세로 2021년 배출량이 2013년 대비 -18%인 약 11억 톤 CO₂eq까지 줄었고, 한국은 2018년 7.27억 톤으로 정점을 찍은 후 -6.6% 정도 감소하여 2021년 6.79억 톤 수준이다(UNFCCC, 2021). 중국은 여전히 증가 추세이나 2013년~2021년 GDP가 2배 성장하는 동안 배출량은 약 20% 증가하여 경제성장 대비 증가율은 둔화되고 있다. 정책 이행력 측면에서, 중국은 국가 주도의 태양광 단지, 고속철 등 대규모 사업을 단시간에 해내는 뛰어난 이행력을 보여 2020년 이후 매년 전 세계 재생에너지의 절반 이상을 차지하는 등 괄목할 만한 성과를 내고 있다. 반면 지역별 석탄발전 제한 조치 미이행이나 데이터 보고 오류 등 지방 정부의 일탈 행위로 인해 중앙 정책이 현장에서 온전히 실행되기 어려운 문제점도 함께 드러나고 있다. 일본은 산업계와 긴밀히 협조하는 자율적 실행 전통이 있어 대형 기업들은 자체 중장기 감축 목표와 행동 계획을 가지고 자발적으로 에너지 효율을 개선해왔다. 그러나 이러한 민관 협력 모델은 에너지 효율 향상에는 효과적이거나, 근본적인 연료 전환에 의한 탈탄소는 느린 한계가 있다. 한국은 비교적 짧은 기간에 배출권거래제 정착, 에너지전환 정책의 변화를 견인하였나, 2010년대 후반까지 배출 증가세를 막지 못해 감축 시작 시점은 다소 늦어졌다. 그러나 2020년 탄소중립 선언 전후로 정책 이행이 가속화 되면서 석탄발전 투자 전면 중단, 재생에너지·수소

차 확대 등에서 유의미한 진전을 보이고 있다.

3.5. 한·중·일 향후 개선 방향 및 협력 방안

3.5.1. 기술 협력 강화

한·중·일 3국은 공통적으로 저탄소 기술개발에 높은 관심을 보이고 있어 첨단 기술의 개발과 공유를 위해 상호 협력할 필요가 있다. 예를 들어, 수소운반 및 저장기술, 차세대 배터리, CCUS 등에 대한 공동 연구개발 프로그램을 추진하여 각국의 비용 부담을 줄이고 성과물을 공유할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 GOSAT, TanSat 등 위성자료의 공동 활용과 위성 상호 검증을 통해 동북아시아 지역 온실가스 배출 감시의 정확도를 높이고, 이를 통해 각국의 온실가스 감축을 과학적 데이터를 기반으로 지원할 수 있을 것이다.

3.5.2. 정책 및 제도 개선

3국의 정책 현황을 비교했을 때 한국은 앞으로 재생에너지 투자 환경을 개선하고 전력시장 구조를 개혁하기 위한 노력을 강화할 필요가 있다. 동시에 2030 목표 달성을 위해 부문별 세부 로드맵을 지속적으로 점검하고, 필요한 경우 탄소세를 보완하는 등 정책적인 개선 노력도 함께 필요하다. 반면, 일본은 탄소가격을 실효성 있는 수준으로 끌어올리고, 재생에너지의 입지 규제 완화와 전력망 투자로 더 과감한 에너지 전환을 이루는 것이 중요하다. 중국의 경우, 신규 석탄발전의 규제와 기존 석탄발전 인프라의 조기 감축 로드맵을 명확히 하고, 지방정부의 이행 격차를 줄이기 위한 정책적 보완이 필요하다. 또한 3국 모두 산업구조 전환에 필요한 인력 양성, 지역경제 영향 완화 등을 고려한 발전적인 전환 방식을 함께 모색해야 한다. 이를 위해 한국의 배출권거래제 운영과 일본의 기업 자발적 협정, 중국의 산업정책 노하우와 같이 각국의 정책적 경험을 공유하여 상호 발전적인 협력이 가능할 것으로 기대된다.

3.5.3. 정보 공유와 투명성 제고

온실가스 감시와 감축 정책 및 그 효과에 대한 정보 공유는 향후 3국 협력의 주제가 될 수 있다. 각국의 온실가스 감축 성과와 배출량 통계 검증 방법론, 효과적인 감축 사례 등을 상호 공유하고, 각국의 온실가스 감시자료 공유를 통해 국제적으로 동북아시아 탄소중립 이행 노력의 투명성과 신뢰도를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

3.5.4. 국제적 연대와 공동 대응

기후변화는 국경을 초월한 범지구적 과제로, 한·중·일 3국의 협력을 통해 국제사회에서 기후 리더십 확보에 기여할 수 있다. 특히 동북아시아 지역은 전 세계 온실가스 배출량의 30% 이상을 차지하는 고배출 지역으로, 이 지역의 감축 노력 없이는 전 지구적 탄소중립 목표의 실현이 사실상 불가능하다. 이러한 맥락에서 3국 간 온실가스 감축을 위한 협력 강화와 공동 이니셔티브 선언은 글로벌 탄소중립 목표 달성을 견인할 수 있다. 또한 세 나라는 모두 메탄을 포함한 온실가스 다배출국으로 탄소중립과 글로벌 메탄 서약 이행을 위해 상호간 정책 교류와 기술 협력을 강화해 나갈 필요가 있다. 이러한 협력은 향후 국제협상에서의 과학 기반 정책 결정 및 기후 거버넌스 강화에도 긍정적으로 기여할 수 있고, 이를 통해 UNFCCC, IPCC 등 다자간 기후 협력체제 내에서 정책적 우위와 협상력을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

지금까지 한·중·일 3국의 탄소중립을 위한 거버넌스와 감시 체계, 감축 전략 및 이행 방안에 대해 살펴보았다. 그 결과, 3국이 공통으로 추진 중인 배출원 중심의 위성·지상·항공·선박 등 입체 관측에 기반한 통합 감시 체계 마련의 필요성을 재확인하였다. 특히 도시지역 배출원 중심 온실가스 상시 측정 체계는 기후위기 대응 및 관리를 위한 국가 핵심 인프라로써 향후 과학적이고 객관적인 정책 이행 평가 체계를 마련하고, 감축 정책의 실효성을 검증하고 개선하는데 중요한 역할을 수행할 것으로 기대된다.

전세계 탄소중립 달성을 위해 동북아시아는 전략적으로 중요한 지역으로, 향후 10년은 한·중·일 3국 모두에게 NDC 목표 달성의 향방을 결정짓는 결정적 시기가 될 것이다. 따라서 3국간 성공적인 정책 노하우와 측정자료의 공유, 공동 기술 개발 등 상호 협력을 통해 기후변화의 가속화와 변화하는 정책 환경에 능동적으로 대응하고, 탄소중립 정책 추진력을 극대화할 필요가 있다. 탄소중립으로 가는 여정은 많은 도전과제를 안고 있지만, 세 나라의 공동 노력과 협력을 통해 동북아 지역의 탄소중립 실현과 지속가능 발전의 새로운 시대를 열 수 있을 것이다.

사사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2025-01-11-001).

Reference

- China Meteorological Administration (CMA). 2022. China greenhouse gas bulletin 2020; [accessed 2025 Apr 22]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-09/30/content_5713998.htm
- Climate Action Tracker (CAT). 2023. South Korea policies & action; [accessed 2025 Apr 22]. <https://climateactiontracker.org/countries/south-korea/policies-action/>
- Greenium News. 2021. Accurate satellite observation of greenhouse gases for effective climate response; [accessed 2025 Apr 22]. <https://greenium.kr/news/17245/>
- Greenium News. 2025. Japan submits 2035 NDC, “Declares 60% greenhouse gas reduction by 2035... accelerating carbon neutrality by 2050”; [accessed 2025 Apr 22]. <https://greenium.kr/news/61079/>
- International Carbon Action Partnership (ICAP). 2021. China national ETS; [accessed 2025 Apr 22]. <https://icapcarbonaction.com/en/ets/china-national-ets>
- Jayaraman, T. 2015. The Paris Agreement on climate change: Background, analysis, and implications. *Rev Agrar Stud* 5(2): 42-59. doi: 10.25003/RAS.05.02.0003
- Jung CH, Kim YP. 2024. Current status of air quality and greenhouse gas monitoring networks: Case studies from various countries and implications for South Korea. *J Korean Soc Atmos Environ* 40(6): 704-732. doi: 10.5572/KOSAE.2024.40.6.704
- Lee HN. 2021. Contents and prospects of China’s 2060 carbon neutrality declaration. KIEP Beijing Office Briefing 23(1). https://www.kiep.go.kr/gallery.es?mid=a10102050000&bid=0006&act=view&list_no=9890
- Ministry of Environment (MOE). 2023. National strategy for carbon neutrality and green growth and the first national basic plan; [accessed 2025 Apr 22]. https://me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10259&seq=8084
- Ministry of the Environment of Japan (MEOJ). 2022. The 6th strategic energy plan of Japan and the plan for global warming countermeasures.
- National Assembly Budget Office (NABO). 2024. Overview and future challenges of the greenhouse gas emission trading system (ETS).
- National Institute of Environmental Research (NIER). 2022a. Annual report on climate change policy actions and roadmap for the integrated management of carbon neutrality and air quality of China.
- National Institute of Environmental Research (NIER). 2022b. Status and measures of air pollution (PM_{2.5}) and climate change in China, 2022.
- National Institute of Environmental Research (NIER). 2023. Japan’s carbon neutrality policy resources.
- National Institute of Environmental Research (NIER). 2024. A study on the source appointment of PM_{2.5} and greenhouse gases in urban area of Northeast Asia(Ⅱ).
- Reuters. 2023. Explainer: Japan's carbon pricing scheme being launched in April; [accessed 2025 Apr 22]. <https://www.reuters.com/markets/carbon/japans-carbon-pricing-scheme-being-launched-april-2023-03-30/>
- Tanimoto H, Matsunaga T, Someya Y, Fujinawa T, Ohyama H, Morino I, Yashiro H, Sugita T, Inomata S, Müller A, Saeki T, Yoshida Y, Niwa Y, Saito M, Noda H, Yamashita Y, Ikeda K, Saigusa N, Machida T, Frey MM, Lim H, Srivastava P, Jin Y, Shimizu A, Nishizawa T, Kanaya Y, Sekiya T, Patra P, Takigawa M, Bisht J, Kasai Y, Sato TO. 2025. The greenhouse gas observation mission with global observing satellite for greenhouse gases and water cycle (GOSAT-GW): objectives, conceptual framework and scientific contributions. *Prog Earth Planet Sci* 12(8). doi: <https://doi.org/10.1186/s40645-025-00684-9>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2021. Republic of Korea’s enhanced update of its first nationally determined contribution.
- World Economic Forum (WEF). 2023. Electric vehicle

sales leapt 55% in 2022 - Here's where that growth was strongest; [accessed 2025 Apr 22]. <https://www.weforum.org/stories/2023/05/electric-vehicles-ev-sales-growth-2022/>

Yoon SJ. 2022. Korea's 2050 carbon neutrality scenario: Content and challenges. Energy Focus (Korea Energy Economics Institute) 18(4): 18-27. https://www.keei.re.kr/keei/download/focus/ef2112/ef2112_30.pdf