

디지털 탄소중립 플랫폼 기술 동향 분석

Technology Trends in Digital Carbon Neutrality Platforms

김영화 (Y.H. Kim, yhwkim@etri.re.kr)

이형욱 (H.O. Lee, oklee@etri.re.kr)

강현서 (H.S. Kang, hskang87@etri.re.kr)

이병탁 (B.T. Lee, bytelee.kr@gmail.com)

이기봉 (G.B. Lee, gblee@alian.co.kr)

고석갑 (S.K. Ko, softgear@etri.re.kr)

에너지지능화연구실 연구전문위원

에너지지능화연구실 선임연구원

호남권연구본부 책임연구원/본부장

(주)와이매티кс 연구소장

(주)아리안 사업기획팀 이사

에너지지능화연구실 책임연구원/실장

ABSTRACT

Carbon neutrality strategies are accelerating in response to climate change. Digital technologies, such as data analytics, artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), and digital twins, are increasingly used to track, manage, and reduce emissions. International bodies such as the Intergovernmental Panel on Climate Change and the International Energy Agency, along with global and national institutions, are exploring diverse digital approaches to carbon reduction. Regions such as Europe, the United States, Japan and Korea are developing tailored digital strategies. Europe aligns carbon neutrality with legislative digital policies, the United States emphasizes AI and cloud-based systems. Japan promotes platforms through its Green Transformation policy and public-private cooperation. Korea advances carbon neutrality through coordinated digital government initiatives led by key ministries. These efforts center on data-driven management, integration of environmental, social, and governance information, and smart infrastructure. This study reviews global and domestic trends and highlights implementation cases using AI, IoT, and digital twins. These platforms underpin digital carbon neutrality infrastructure. The study also examines standardization, certification, and patents, offering recommendations for future domestic development.

KEYWORDS AI·IoT, DX/GX, 데이터, 디지털 탄소중립, 디지털트윈, 플랫폼

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2025.J.400409>

* This work was supported by Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI) grant funded by the Korean government[25ZK1100, Honam region regional industry-based ICT convergence technology advancement support project].

I. 서론

전 세계적으로 폭염, 산불, 호우 등 이상기후로 인한 피해 사례는 최근에 이르러 더욱 빈번하게 발생하고 있다. 올해 미국, 일본, 한국 등에서 발생한 대형 산불의 근본 원인 역시 기후변화와 관련이 있다고 분석하고 있다[1]. 이러한 기후변화에 적극적으로 대응하고자 탄소중립 활동이 다양하게 펼쳐지고 있다. 이를 위한 구체적 실천방안 중 하나인 디지털 탄소중립(Digital Carbon Neutrality)은 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅, 디지털트윈 등과 같은 디지털 기술을 활용하여 탄소배출을 관리, 최적화 및 최소화하는 전략적 접근방법을 의미한다. 이는 다양한 디지털 기술을 사용하여 탄소배출을 추적하고 실시간으로 모니터링하며, 효율적으로 줄여나가는 과정을 포함하며, 단순히 디지털 기술을 사용하는 것에 그치지 않고, 디지털 기술이 에너지 소비의 효율화, 탄소배출량의 실시간 측정 및 관리, 그리고 생산과 소비 전반의 지속가능성 제고에 이바지하는 것을 포함한다.

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)는 탄소중립을 위해 디지털 기술을 온실가스 배출을 추적하고 감소시키는 도구로 사용한다고 정의하고, 스마트그리드, 빅데이터 분석, 인공지능 및 블록체인 같은 디지털 기술들은 기후변화 대응에 중요한 역할을 하며, 이를 통해 에너지 소비를 최적화하고, 효율성을 높이며, 탄소배출을 줄일 기회를 제공한다고 보고 있다[2]. IEA는 디지털 기술이 에너지 시스템과 인프라의 효율성을 크게 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 탄소중립 목표 달성을 이바지할 수 있다고 강조하고, 그 디지털 기술이 에너지 생산, 소비, 저장 및 배분 등 모든 단계에서 탄소 배출 감소와 에너지 효율 향상을 지원한다고 보고 있다[3]. 그리고 한국의 탄소중립녹색성장위원회

는 디지털전환(DX)을 통해 탄소배출량을 감축하고, 탄소중립 이행 기반(탄소배출량 MRV-Measurement, Reporting, and Verification 등)을 조성하여 탄소중립을 촉진하는 활동으로 정의하고 있다[4].

결국, IT 관점에서 재해석하면 디지털 탄소중립은 기후변화에 적극적으로 대응하기 위해 IoT, AI, 빅데이터, 그리고 디지털트윈 등 주요 IT 기술을 기반으로 탄소배출량을 측정하고 관리하는 등 탄소중립 지원 인프라를 통해 지속적인 탈탄소화 활동을 촉진하고자 하는 과정이라고 말할 수 있다.

본고에서는 이러한 디지털 탄소중립에 대해 국내외 추진 동향을 살펴본 후, 디지털 탄소중립 플랫폼에 적용하는 중심 디지털 기술을 기준으로 플랫폼의 개념 및 사례 등을 분석한다. 그리고 디지털 탄소중립 플랫폼 관련 표준화, 인증 및 특허 활동을 들여다보고, 한국이 당면한 현재 상황과 고려사항 등에 대한 언급으로 결론을 맺고자 한다.

II. 추진 동향

1. 해외 추진 동향

기후위기 대응을 위한 탄소중립 전략이 전 세계적으로 강화됨에 따라 주요 선진국들은 디지털 기술을 탄소저감 수단으로 적극 활용하고 있다. 특히 인공지능, 사물인터넷, 디지털트윈, 클라우드 등의 기술을 기반으로 한 ‘디지털 탄소중립’은 에너지 효율 제고와 온실가스 배출 감축을 동시에 실현할 수 있는 전략으로 주목받고 있다.

이를 위해, 해외 주요 국가들은 디지털전환과 탄소중립을 별개의 정책이 아닌 통합 전략으로 접근하고 있으며, 주로 디지털트윈, 스마트그리드, AI, IoT와 같은 혁신적인 디지털 기술을 활용하여 탄소배출을 실시간으로 추적하고 최적화하는 방식으로 전개되고 있다. 각국은 디지털 기술을 활용하여

에너지 효율성을 높이고, 탄소배출 저감을 실현하며, 스마트시티 및 스마트 제조 등 다양한 분야에서 디지털전환을 촉진하고 있으며, 이를 통해 각국은 탄소중립 목표를 달성하는 데 중요한 디지털 기술을 적극적으로 채택하고 있다. 특히 데이터 기반의 ESG 경영, 실시간 탄소배출 모니터링, 인공지능 기반 최적화 시스템의 도입은 글로벌 공통의 핵심 전략으로 확인되고 있다.

전체적으로 보면, 유럽은 가장 정교한 탄소중립-디지털 통합 정책 구조를 갖추고 있으며 법제화 수준이 높다. 미국은 AI 기반 감축 기술 R&D와 공공 디지털 인프라의 탄소중립화에 초점을 맞추고 있으며, 일본은 녹색전환(GX)을 통해 데이터 기반 감축 플랫폼의 통합 및 민관 협력 모델을 강화하고 있다.

1.1 유럽

유럽연합은 2019년 발표한 「European Green Deal」을 통해 2050년까지 탄소중립을 달성하겠다는 계획을 발표하고, 이를 디지털전환 정책인 「Digital Decade 2030」과 연계하여 추진하고 있다. 디지털 기술은 에너지 수요 예측, 스마트그리드 운영, ESG 데이터의 표준화 등에 핵심적으로 활용된다. 대표적 사례로는 유럽 전체를 디지털 지구본 형태로 재현하는 ‘Destination Earth’ 프로젝트가 있으며, 이는 다양한 기후 시나리오를 시뮬레이션하여 정책 결정을 지원하는 역할을 한다.

특히, 독일은 「Energiewende(에너지 전환)」 정책과 「Industrie 4.0」 전략을 연계하여 제조업 기반의 디지털 탄소중립을 추진 중이다. 디지털트윈 및 AI 기반의 공정 최적화 기술을 통해 생산 과정의 에너지 소비를 저감하고 있으며, 중소기업을 대상으로 한 ‘스마트 제조+탄소 저감 통합 지원 프로그램’을 운영하고 있다. 독일 정부는 또한 ICT 기술을 활용한 건물 에너지관리시스템(BEMS)과 탄소배출 모니터

링 기술 보급을 장려하고 있다.

1.2 미국

미국은 2022년 「Inflation Reduction Act」를 통해 디지털 기반의 에너지 인프라에 대규모 투자를 단행하였으며, 에너지부(Department of Energy)를 중심으로 디지털 기술을 접목한 탄소중립 정책을 다각도로 전개하고 있다. Google은 AI를 활용해 데이터 센터의 냉각 효율을 개선함으로써 에너지 사용량을 약 40% 절감하였으며, Microsoft는 ‘Cloud for Sustainability’ 플랫폼을 통해 기업의 ESG 및 탄소 데이터를 통합 관리하는 시스템을 제공하고 있다. 이외에도 스마트그리드와 탄소 추적 시스템에 클라우드 및 빅데이터 기술이 폭넓게 활용되고 있다[5,6].

1.3 일본

일본 정부는 2022년 「GX 로드맵」을 발표하며 디지털 기술을 통한 에너지 효율화를 국가전략으로 설정하였다. Hitachi의 인공지능(AI) 기반의 ‘탈탄소화 시나리오 시뮬레이터’를 활용, 일본 내 주요 지방 자치단체를 대상으로 2050년 탄소중립 목표 달성을 위한 장기 로드맵을 수립·검토하는 시범 운영을 진행하고 있으며, 스마트시티형 에너지관리시스템(EMS)과 IoT 기반 실시간 탄소배출 모니터링 등 다양한 기술의 도입이 활발히 이루어지고 있다[7,8].

1.4 국제기구

국제기구 또한 디지털 탄소중립의 확산을 적극 지원하고 있다. 국제전기통신연합(ITU)은 ICT 산업을 위한 탄소중립 가이드라인인 「ITU-T L.1470」 시리즈를 제정하였으며, 국제에너지기구(IEA)는 디지털 기술이 에너지 효율성에 미치는 영향에 대해 다수의 분석 보고서를 발간하고 있다. 또한, 유엔 아시아태평양경제사회위원회(UN ESCAP)는 아시아·태

평양 지역 국가들을 대상으로 디지털 기반 지속 가능 도시 구축을 지원하고 있다[9].

2. 국내 추진 동향

한국은 2050 탄소중립 및 2030 국가온실가스 감축목표(NDC) 달성을 위해 디지털 기술을 활용한 감축 수단의 제도화 및 확산을 추진하고 있다. 특히, 데이터 기반 탄소정보 관리, 스마트 인프라 도입, 산업별 디지털 감축기술 실증 등을 포함한 정책이 다수 시행 중이다. 예를 들면, 표 1과 같이 국가 차원의 다양한 정책을 설정하고, 부처별로 디지털 탄소중립 사업을 진행하고 있다. 또한, 지방자치단체별 특화사업을 수행하고 있다.

표 1 국내 디지털 탄소중립 추진사례

국가 차원 전략	
대통령직속 탄소중립 위원회	2050 탄소중립·녹색성장 전략
행안부	디지털 플랫폼 정부 전략
산업부	탄소중립 산업대전환 추진 전략
과기부	탄소중립 R&D 전략 로드맵
부처별 수행 사업	
산업부	스마트산단 기반 탄소배출 모니터링 플랫폼 실증, 디지털전환(DX) 바우처
환경부	온실가스 통합관리시스템(NGMS) 고도화, 탄소중립 인증제도 디지털화
과기부	그린디지털 전략, 디지털트윈 기반 스마트제조 실증
행안부	공공데이터 기반 탄소중립 정책지원 시스템 구축
지방자치단체 특화사업	
서울시	기후동행카드 및 IoT 연계 에너지 모니터링 시범사업
경기도	디지털 기반 ESG 경영 플랫폼 구축 지원 사업
울산시	스마트그린산단 및 디지털 탄소정보 표준화 사업
부산시	AI 기반 온실가스 배출 예측 시스템 개발 시범 운영

III. 플랫폼 개발 동향

1. 데이터 기반 탄소중립 플랫폼

데이터 기반 탄소중립 플랫폼은 온실가스 배출량과 감축 실적을 실시간으로 수집·분석·관리하고, ESG 및 탄소중립 보고 요구에 대응할 수 있도록 설계된 통합 시스템이다. 디지털 기술, 특히 IoT, 클라우드, 인공지능, API 연계 기술의 발전으로 인해, 이를 플랫폼은 기업·정부·기관이 탄소경영의 자동화, 투명화, 인증 연계를 수행하는 핵심 수단으로 자리 잡고 있다.

이 데이터 기반 탄소중립 플랫폼은 데이터 수집

표 2 데이터 기반 탄소중립 플랫폼 사례

플랫폼	특징
MS Cloud for Sustainability	Scope 1~3 자동 계량, 감축 이행 추적, ESG 보고 자동화, SBTi/CDP 보고서 연계
Salesforce Net Zero Cloud	ESG 데이터 시각화 및 KPI 관리, 감축시뮬레이션, SBTi/CDP 대응 기능
AWS Customer Carbon Footprint Tool	클라우드 사용자의 탄소계량 및 모니터링
Siemens SINEC / Navigator	산업설비 IoT 데이터 기반 실시간 탄소감축 추적
EcoAct Carbon Strategy Suite	PAS 2060 기준 탄소중립 전략 및 인증 지원
Deloitte ESG Platform Deloitte	회계기반 탄소추적 + EU 보고지침(CSRD) 대응
SAP Sustainability Control Tower	ERP 기반 기업 탄소정보 통합 관리
한국형 탄소배출 데이터 허브	K-ETS 연계형으로 국가 온실가스 인벤토리 통합, 민간 API 연동 예정

및 통합, 배출량 자동 산정, 감축 시뮬레이션 및 분석, 보고서 자동 생성, 인증 연계 및 관리, 시각화 및 경고 등과 같은 기능들로 구성되어 있다. 대표적인 데이터 기반 탄소중립 플랫폼 사례는 표 2와 같다.

이 플랫폼은 탄소정보의 자동 수집에서 감축 산정, 인증 제출까지의 종단간(End-to-End) 구조가 플랫폼화되어 있어 기업의 정량적 기후 리스크에 대한 대응력 강화 수단이자, 국가·글로벌 인증 및 보고 체계와의 연계 허브로 부상하고 있다. 이 과정에서 플랫폼 간 API 표준화, 데이터 상호운용성 확보, 국제 표준 연계성 확보가 과제로 대두되고 있다. 향후, 국가 탄소계정 시스템, 디지털 제품 패스포트(DPP), 블록체인 기반 검증 체계와 통합 등의 후속 작업이 진행될 것으로 보인다.

2. AI·IoT 기반 탄소관리 플랫폼

AI·IoT 기반 탄소관리 플랫폼은 탄소중립 목표 달성을 위해 인공지능(AI)과 사물인터넷(IoT) 기술이 핵심적인 역할을 수행하는 시스템이다. IoT는 배출 데이터를 실시간 자동 수집하고, AI는 이를 기반으로 탄소배출량을 예측·분석·최적화하는 데

기여한다. 특히 스마트팩토리, 스마트빌딩, 스마트시티 영역에서 탄소관리 자동화를 가능하게 하며, 감축 시뮬레이션 및 정책결정 지원에도 활용된다. IoT 기반 탄소 데이터 수집 기술로 스마트 센서, 에너지관리시스템(EMS), LoRa/NB-IoT 통신 등이 있으며, AI 기반 탄소 분석·예측 기술로 탄소배출 예측 모델링, 에너지 효율 최적화, 이상징후 탐지 및 경고, 감축 시뮬레이션 등이 있다. 표 3은 대표적인 AI·IoT 기반 탄소중립 플랫폼 사례를 나타낸다.

AI 및 IoT 기술은 탄소배출 감축의 자동화·지능화·예측화를 실현하는 수단으로 향후에는 엣지 AI 디바이스, 연합학습 기반 데이터 보호, AI 및 디지털 트윈 기반 시뮬레이션 등으로 확산될 것으로 보인다. 이러한 기술 전개 과정에서 해외에서는 탄소관리 기술이 통합 운영 플랫폼으로 자리 잡고 있으며, ESG 공시 및 세제 연계 등 정책-기술의 융합 흐름으로 진행하고 있다.

3. 디지털트윈 기반 탄소중립 플랫폼

디지털트윈은 물리적 시스템의 실시간 데이터를 바탕으로 디지털 공간에 동기화된 가상 공간을 구

표 3 AI·IoT 기반 탄소관리 플랫폼 사례

기술	특징
스마트팩토리 탄소관리시스템	공정별 배출량 추적 및 공정 최적화
스마트빌딩 탄소관리 플랫폼	에너지 절감 + 탄소 KPI 실시간 표시
스마트시티 탄소정보 플랫폼	도시 단위 탄소예측, 정책 시뮬레이션
종합탄소관리 플랫폼	(주)하이지노, 종합탄소 DX 플랫폼 (주)한화시스템, 맹그로브 (주)아리안, Smart AIOS 스마트 ESG (주)띵스파이어, 통합탄소관리플랫폼 이노디지털(주), 탄소중립서비스 등

표 4 디지털트윈 기반 탄소관리 플랫폼 사례

플랫폼	목적 및 성과·효과
Siemens “Green City Digital Twin”	에너지 최적화 및 탄소배출 감소, 건물 에너지 소비 최대 30% 절감 효과 기대[10]
Virtual Singapore	탄소중립 도시계획 수립 지원, 정책 시뮬레이션 가능, 탄소 저감 시나리오 평가 도입
Helsinki Energy Challenge	탄소중립 난방 솔루션 설계, 2050년까지 탄소 중립 달성을 가능한 모델 도출
Oak Ridge National Lab “Urban Twin”	탄소배출 모니터링 및 관리, 실시간 에너지 흐름 분석으로 정책 대응 시간 단축
Kashiwa-no-ha 스마트시티	에너지 자립 및 탄소배출 절감, 태양광·배터리 연계로 탄소배출량 연간 50% 감축

축하고, 이를 통해 시뮬레이션·예측·제어를 수행하는 기술이다. 탄소중립 관점에서 디지털트윈은 탄소배출 시나리오 분석, 설비 운용 최적화, 감축 효과 시뮬레이션 등 다양한 용도로 활용되고 있다. 디지털트윈 기반 탄소중립 기술은 IoT 센서, SCADA, EMS 등으로부터 실시간 데이터 연동, 3D/4D 시뮬레이션 모델, AI 기반 의사결정, 현실공간-가상공간 연계 제어 등을 포함한다. 표 4는 이러한 디지털트윈 기반 탄소중립 플랫폼 사례를 보여준다.

IV. 표준화, 인증 및 특허 동향

1. 해외 표준화 및 인증 동향

1.1 표준화 동향

디지털 탄소중립은 단순한 온실가스 감축을 넘어 디지털 기술의 에너지 효율성, 지속가능성, 책임성을 포괄적으로 관리하기 위한 국제표준의 정립이 필요하다. 이에 따라 ISO, ITU, IEC, IEEE 등 주요 국제 표준화 기구는 ICT 기반의 탄소정보 측정, 디지털 인프라의 환경영향, AI의 지속 가능한 활용 등

표 5 디지털 탄소중립 국제표준

표준번호	주요 내용
ISO 14064-1~3	온실가스 산정, 보고 및 검증에 관한 일반 지침
ISO 14067	제품의 탄소발자국 산정 기준
ISO/IEC 30134	데이터센터의 에너지 효율 지표(PUE, WUE, REF 등)
ISO/IEC 42001	인공지능 경영시스템 표준(AI의 윤리, 리스크, 지속가능성 포함)
ITU-T L.1470	ICT 분야 온실가스 감축 경로 및 배출계수 가이드라인
ITU-T L.1480	데이터센터의 지속가능성 지표(에너지·폐기물 관리 등)
IEC 62756	스마트시티 에너지·탄소 정보 인터페이스 표준
IEEE 1680.1	친환경 전자제품 평가 지침, 탄소·에너지 기준 포함

을 다루는 다양한 표준을 마련하고 있다. 표 5는 이러한 디지털 탄소중립 관련 국제표준들이다.

이들 표준은 AI, 클라우드, IoT, 디지털트윈 등 다양한 기술 영역 간 연계 가능성을 고려한 기술 융합형 표준들로써 탄소배출 및 에너지 사용을 수치화하여 상호 비교 및 검증이 가능하도록 제시하고 있으며, 제품, 서비스, 플랫폼 등 디지털 시스템의 생애주기 전반을 다루고 있다. 또한, 지속가능성 보고, ESG 공시, 책임경영 등 ESG 연계 강화를 염두에 두고 작업을 진행하고 있다.

1.2 인증 동향

글로벌 수준에서 디지털 기술 기반의 탄소감축 효과를 공식적으로 인증하기 위한 다양한 제도와

표 6 디지털 탄소중립 인증표준

인증표준	주요 내용
ISO 14064-1/2/3	조직/사업 단위 온실가스 산정·감축·검증
ISO 14067	제품 탄소발자국 산정 기준
PAS 2060	조직·제품의 탄소중립 달성을 조건 명시
GHG Protocol ICT Sector Guidance	ICT 부문 전용 배출량 산정 가이드

표 7 민간 플랫폼 인증 활동

플랫폼/기관	주요 내용
MS Cloud for Sustainability	ESG 데이터 수집 및 탄소계량 자동화
Salesforce Net Zero Cloud	Scope 1~3 자동 수집, 감축 실적 추적
AWS Customer Carbon Footprint Tool	클라우드 사용자의 탄소배출 자동 산출
EcoAct (Atos 계열)	디지털 인증 컨설팅 + 검증

표준이 정립되고 있다. ISO 시리즈, GHG 프로토콜, PAS 2060 등 기존 국제 기준을 중심으로, 디지털 제품의 감축 기여도를 정량화하고 제3자 검증기관을 통해 인증하는 방식이 일반적이다. 또한, 민간 플랫폼의 탄소계량 결과를 공식적으로 인정하는 사례도 증가하고 있다. 표 6과 7은 이러한 인증 관련 국제 표준들과 민간 플랫폼 인증 활동을 보여주고 있다.

2. 국내 표준화 및 인증 동향

2.1 표준화 동향

한국은 2050 탄소중립 달성을 위한 국가전략의 일환으로 디지털 기술을 활용한 감축 수단을 제도적으로 뒷받침하고 있으며, 이를 위해 표준화 체계를 설정하고 인증제도 도입을 점차 확대하고 있다. 특히, 산업 디지털전환, 스마트팩토리, 클라우드 기반 ESG 플랫폼 등에서 발생하는 탄소정보의 신뢰성 확보와 상호운용성을 위해 국내 표준 및 인증 프레임워크가 정비되고 있는 추세이다.

산업통상자원부 산하 국가기술표준원은 디지털 탄소중립과 관련된 국가표준(KS) 제정을 추진하고 있으며, 특히 스마트그린산단, 스마트팩토리, 지능형 에너지 관리 시스템 등에서 활용 가능한 탄소배출량 측정 및 데이터 연계 기술에 대해 표준화 연구를 진행 중이다. 또한, 디지털 기반의 에너지 효율 측정 지표와 온실가스 산정 알고리즘을 국내 실정에 맞게 보완한 KS 표준이 일부 제정되었거나 제정 중이다.

과학기술정보통신부와 환경부는 협업을 통해 ICT 기반의 탄소 데이터 표준화, 클라우드 기반 탄소정보 수집·분석 플랫폼에 대한 기술 기준 마련을 시도하고 있으며, 민간의 자율규제와 결합한 형태의 ESG 정보 표준화 로드맵을 발표한 바 있다.

또한, 「2050 탄소중립 표준화 전략」 수립을 통해

표 8 디지털 탄소중립 국가표준

표준번호	주요 내용
KS I ISO 14064-1~3	온실가스 배출량 산정 및 검증 기준(ISO와 동일)
KS X 3260	스마트공장의 에너지데이터 수집 및 분석 지침
KS C IEC 62933-2-1	ESS 시스템 수준 환경성 평가
KS C ISO 50001	에너지경영시스템(EnMS) 표준

탄소중립 정책 실현을 위한 기술적 기반 마련하고 국내 저탄소 기술의 국제 표준 선점 추진을 위해 탄소중립 기술에 대한 국가표준 100종 개발, 국제표준 400종 도입 및 대응 등 국내 기술의 국제 표준 선점에 적극적으로 나서고 있다[11]. 표 8은 탄소중립 관련 국가표준들로써, 일부 표준은 ISO 기반 국제표준을 KS 형태로 수용하거나 보완하여 적용하고 있다.

2.2 인증 동향

디지털 탄소중립 인증체계는 IoT, 인공지능, 디지털트윈, 빅데이터 등의 기술을 활용하여 온실가스 배출의 실시간 모니터링, 정량적 감축 산정, 제3자 검증 및 인증 발급을 통합적으로 수행하는 구조를 통해 기존 수작업 기반 감축 인증의 한계를 극복하고, 투명성과 신뢰성, 국제 연계 가능성을 강화하는 방향으로 발전하고 있다.

또한, 내부적으로는 디지털 기술 기반의 탄소감축 수단을 제도적으로 인정하기 위해 온실가스 배출 감축 인증제도 및 탄소중립 인증 체계 고도화를 추진하고 있다. 스마트공장, 디지털 플랫폼, IoT 기반의 데이터 수집·분석 결과를 감축성과로 인정하기 위한 기술적 기준과 인증체계를 단계적으로 마련하고 있는 중이다. 예를 들면, 환경부의 온실가스 감축 인증제도와 탄소중립 인증제도, 산업통상자원부의 녹색기술인증, 그리고 한국에너지공단의 스마

트공장 에너지효율 인증 등이 있다. 하지만, 기술 기반 감축성과의 객관적 검증 수단이 부족하여 정량 성 입증을 위한 실증데이터가 필요하고, 산업별 디지털 기술 다양성에 따른 맞춤형 인증 프레임워크를 구성해야 한다. 또한, 국제인증(예: ISO 14064-3, PAS 2060)과의 연계 미흡으로 해외 인증과 호환성 확보가 요구된다.

3. 특히 동향

디지털 탄소중립 플랫폼 기술의 확산과 함께 플랫폼 관련 지식재산권 보호가 가속화되고 있으며, 주요 특허는 데이터 수집-처리-시각화-인증까지 전주기를 아우르고 있다. 디지털 탄소중립 관련 국제 특허분류 기준에 따르면, 탄소데이터 수집, 탄소분석 알고리즘, 플랫폼 구조, 디지털트윈, 탄소 인증 및 검증으로 분류하고 있다[12]. 기술 발전 트렌드를 초기('20~'22년), 중기('23년~) 향후로 분류하고 그 흐름을 살펴보면, 초기에는 데이터 수집 및 시각화 중심의 플랫폼 특허 중심이었고, 중기에는 AI 분석, 디지털트윈 기반 시뮬레이션, 블록체인 기반 인증 특허가 등장하였고, 향후에는 Scope 3(기타 간접 배출)까지 확장된 공급망 탄소관리 플랫폼 관련 특

표 9 주요 출원자별 특허 특징

기술	특징
Microsoft, IBM, GE	ESG 플랫폼, AI 기반 탄소 리포팅 자동화 특허 다수
Huawei, State Grid	산업 공정 배출 모니터링 플랫폼 관련 출원 급증
Siemens, Schneider Electric	디지털트윈, 에너지 최적화 솔루션 중심
LG CNS, KT, 한국전력	스마트공장, 도시 탄소관리 플랫폼 중심의 출원 확대
Mitsubishi, Hitachi	에너지 효율 알고리즘 및 ESG 평가 기술 특허 주도

허의 증가가 예상된다. 2020년부터 2024년까지 디지털 탄소중립 관련 주요 출원자별 특허 출원은 표 9와 같다.

디지털 탄소중립 플랫폼 기술의 특허 출원 흐름을 좀 더 세부적으로 살펴보면, IoT 기반 탄소 데이터 수집 분야는 산업 현장·도시 단위의 실시간 탄소배출 모니터링에 대한 수요 증가로 2019년 이후 급증하였고, AI 기반 탄소 분석 및 예측 분야는 2020년 이후 디지털트윈 기술과 융합하여 증가세를 보이고 있다. 에너지 관리 및 최적화 시스템 분야는 2018년 이후 꾸준히 증가하고 있으며, 산업단지 및 대형 건물에 적용하는 것이 다수를 이루고 있다. 블록체인 기반 탄소배출권 거래 및 인증 분야는 2021년부터 본격적인 출원이 시작되었고, 국가 정책 연계형 기술 출원이 증가하고 있는 상황이다. CCUS 연계 디지털 플랫폼 분야는 2022년 이후 급격히 증가하고 있으며, 정유·화학 산업 연계 특허 출원이 많은 점이 특이사항이라고 볼 수 있다[13-15].

V. 결론

지금까지 탈탄소화를 위한 하나의 방법론인 디지털 탄소중립에 대해 국내외 추진 동향, 디지털 탄소중립 플랫폼 기술 그리고 표준화, 인증 및 특허 활동에 대해 언급하였다. 본고에서 다룬 디지털 탄소중립 플랫폼 기술은 IT 관점에서 적용하는 중심적인 세부 디지털 기술이 무엇인가를 기준으로 플랫폼을 분류하였다. 하지만, 디지털 탄소중립 플랫폼의 사용 목적에 따라 에너지관리 기반 탄소중립 플랫폼, 탄소배출 추적 기반 탄소중립 플랫폼, 전주기 탄소관리 플랫폼으로도 분류할 수 있는 것처럼 분류 관점에 따라 다르게 분석할 수도 있다.

전 세계적으로 고조되는 기후위기와 탄소감축이라는 새로운 국제질서에 참여하고, 국내 경제 구조

와 정책적 한계에서 벗어나기 위해 2023년 11월에 관계부처 합동으로 “디지털전환(DX)을 통한 탄소 중립 촉진방안”에서 전산업 부문의 탄소감축 촉진, 디지털 부문 고효율화·저전력화, 그런 디지털 생태계 구축과 같은 추진계획을 제시하고 있다. 이 계획에 따르면, 한국은 제조업 비중이 27.5%로 미국(10.9%), 독일(19.1%), 일본(20.7%) 등에 비해 탄소 다 배출 산업과 수출 중심 경제구조로 탄소중립이 국가 경쟁력에 직결되고 있다고 강조하고 있다. 또한, 디지털 부문 자체에서 데이터 수집량 및 트래픽 폭증, 생성형 AI로 탄소배출량이 지속적으로 증가할 가능성이 높기 때문에 데이터센터, 통신망 등 디지털 부문의 에너지 감축을 위한 디지털 자체의 탄소 중립 기술개발 역시 필요하다고 언급하고 있다[16].

2023년 5월 EU는 탄소국경조정제도(CBAM)라는 무역조치 법안을 최종 승인하였다. 이는 EU의 탄소중립 목표 달성을 전 세계 온실가스 감축에 기여하고자 하는 목적뿐만 아니라 역내 산업의 국제 경쟁력 상실을 방지하고자 하는 이유도 있다고 한다. EU가 2030년에 산업 전 분야를 대상으로 Scope 3까지 전면 도입할 경우 한국의 추가 부담 금액이 8조 원까지 증가할 수 있으며 이는 수출 예상액의 11.3%에 해당한다고 한다[17].

또한, 2024년 하반기에 “Climate Action 100+”에서 글로벌 탄소배출량의 80%를 차지하는 168개 기업의 넷제로(Net-Zero) 목표와 이행 전략 등에 대한 벤치마크 평가 결과를 공개하였다. 국내에서는 4개의 대기업이 평가를 받았는데, 전체 11개 지표에서 충족보다는 미흡 또는 부적합이 많았다는 점에서 디지털 탄소중립의 국제적 위상에 대해 시사하는 바가 크다고 할 수 있다[18].

전체적으로 보면, 한국은 디지털 탄소중립의 여정에 이제 막 들어서고 있는 실정이다. 디지털 기술을 탄소감축 수단으로 인식하고 탄소정보의 디지털화·표준화를 위한 정책·사업을 제시하고 있지만, 공공 중심의 시범사업과 산업·건물 분야의 부분적 적용 위주로 진행하고 있는 상황이다. 따라서, 저탄소 경제로의 전환 노력과는 별개로 디지털 탄소중립의 전주기 실행 수단의 일환으로 플랫폼 기반 인증 연계, 스마트시티 단위 확산, AI 디지털트윈 기반 탄소감축 시뮬레이션 등으로 발전 필요할 필요가 있다. 그리고 통합적 거버넌스를 구축하고, 공공-민간 간 연계 표준을 수립하고, 산업 간 데이터 호환성 문제 등을 해결해야 한다. 또한, 국제 표준과의 연계성을 확보하면서 국가 간 데이터 교류 체계를 구축하고, 이를 뒷받침하기 위한 디지털 기반 법·제도의 개선 역시 요구된다.

용어해설

Carbon Neutral 인간 활동으로 인해 배출되는 온실가스 양을 최대한 줄이고, 남은 온실가스는 흡수하거나 제거하여 순 배출량이 0이 되는 것을 말하며, 넷제로(Net-Zero)라고도 함

Climate Action 100+ 블랙록, 캘리포니아 공무원연금, 네덜란드 APG 등 국제적으로 영향력 있는 600여 개 기관투자가가 참여하는 기후행동협의체

GHG Protocol 온실가스 배출량 측정, 보고, 검증을 위한 국제적으로 인정된 기준

디지털 제품 패스포트(DPP) 제품의 생애주기 전반에 걸친 주요 데이터를 디지털 형태로 저장하고 공유하는 제도로 EU는 2027년부터 모든 제품에 의무화할 예정

탄소국경조정제도(CBAM) 탄소배출이 많은 국가에서 생산 및 수입되는 제품에 대해 탄소 비용을 부과해 탄소누출(CarbonLeakage)을 방지하고 국가 간 감축 노력 차이를 보정하기 위한 무역조치

탄소배출량 MRV 온실가스 배출량을 측정하고 보고하며, 제3자의 검증을 통해 신뢰성을 확보하는 과정

참고문헌

- [1] 산림청, “일본 대형산불, 기후변화와 밀접한 것으로 분석,” 2025. 3. 7. <https://ctis.re.kr/ko/selectBbsNttView.do?key=1692&bbsNo=312&nttNo=1137487>
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change, “Climate change 2022: Mitigation of climate change,” 2022.
- [3] International Energy Agency, “Digitalization and Energy,” 2017.
- [4] Presidential Committee on Carbon Neutrality and Green Growth, “Digital transformation strategy for carbon neutrality,” 2023.
- [5] R. Evans and J. Gao, “DeepMind AI reduces Google data centre cooling bill by 40%,” Google DeepMind, 2016. 7. 20. <https://deepmind.google/discover/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40/>
- [6] Microsoft, “Cloud for Sustainability - Microsoft Sustainability,” 2022.
- [7] GR Japan, “Japan’s Green Transformation (GX) Plans,” 2024. 1.
- [8] Y. Yamagishi, “AI Presenting Decarbonized Future Scenarios: For Use in Policymaking,” 2024. 2. 8. https://social-innovation.hitachi/en/article/decarbonization-scenario-simulator/?utm_source=chatgpt.com
- [9] ITU-T, “Greenhouse gas emissions trajectories for the ICT sector compatible with the UNFCCC Paris Agreement,” Recommendation ITU-T L.1470, 2021.
- [10] Siemens AG, “Siemens technology drives transformation of sustainable city of the future in Berlin,” 2024. 6. 25. <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-technology-drives-transformation-sustainable-city-future-berlin>
- [11] 산업통상자원부, “탄소중립 정책 뒷받침할 「2050 탄소중립 표준화 전략」 수립,” 2021. 11. 30. <https://www.motie.go.kr/kor/article/ATCL3f49a5a8c/164928/view?mno=&pageIndex=1&rowPageC=0&displayAuthor=&searchCategory=0&schClear=on&startDtD=&endDtD=&searchCondition=1&searchKeyword=%ED%83%84%EC%86%8C%EC%A4%91%EB%A6%BD+%ED%91%9C%EC%A4%80%ED%99%94+%EC%A0%84%EB%9E%B5>
- [12] World Intellectual Property Organization(WIPO), <https://www.wipo.int/portal>
- [13] 과학기술정보통신부, “탄소중립 핵심기술 확보를 위한 범부처 기술혁신 전략 이행안(로드맵) 체계 완성,” 2024. 12. 12. <https://www.mstic.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mld=307&mPid=208&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3185248>
- [14] 특허청, “탄소중립과 국가별 특허환경 변화 연구,” 2022. 12.
- [15] 김아린, “주요국의 탄소중립 기술 정책과 지식재산,” 한국지식재산연구원 IP Focus, 2022.
- [16] 관계부처 합동, “디지털전환을 통한 탄소중립 촉진방안,” 2023. 11. 23.
- [17] 정훈, “EU 탄소구경조정제도 도입, 국내 영향과 대응 방안,” 전기저널, 2024. 6. 14. <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=5516>
- [18] 송준호, “클라이밋액션 100+, 국내 4개 기업 넷제로 평가…ESG위원회 점검해야,” 2024. 10. 25. <https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=12904&endDtD=&searchCondition=1&searchKeyword=%ED%83%84%EC%86%8C%EC%A4%91%EB%A6%BD+%ED%91%9C%EC%A4%80%ED%99%94+%EC%A0%84%EB%9E%B5>