

# Greenovation

ISSUES&amp;INSIGHTS

I&amp;I

## 트럼프 2.0 시대의 인공지능, 기후변화 대응과 상생하기 위한 정부-산업계 협력 방안

임종서 손범석 안세진 문태현 이선주  
이진욱 송영석





# 트럼프 2.0 시대의 인공지능, 기후변화 대응과 상생하기 위한 정부-산업계 협력 방안

임종서 | 데이터정보센터  
안세진 | 데이터정보센터  
이선주 | 데이터정보센터  
손범석 | 데이터정보센터

문태현 | 데이터정보센터  
이진욱 | 데이터정보센터  
송영석 | 데이터정보센터

## I

## 요약

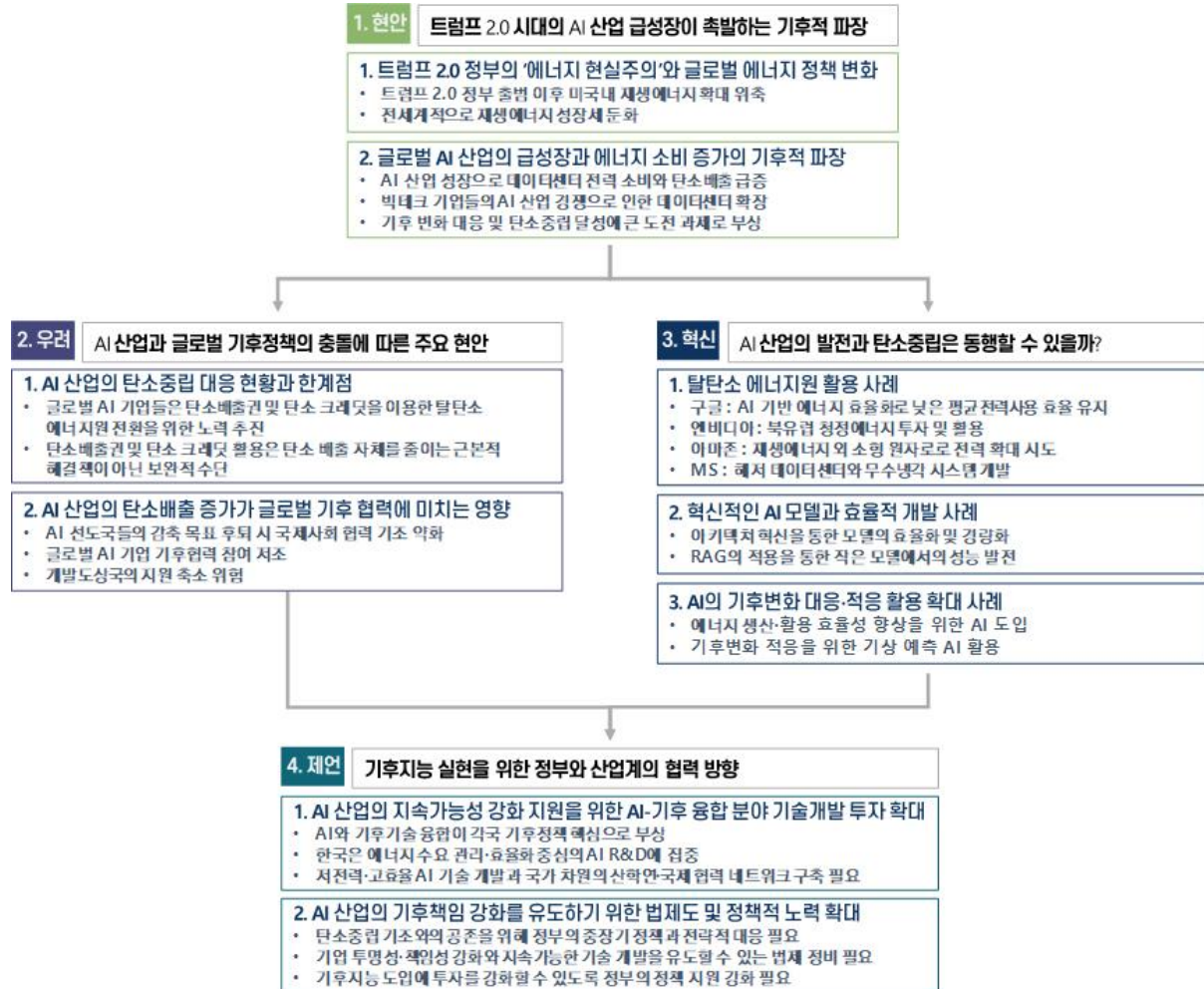
### AI 산업의 지속가능발전, 기후지능의 실현에 집중 필요

2025년 트럼프 정부의 재집권 이후, 미국은 '에너지 현실주의'라는 기조 아래 화석연료 중심의 정책으로 급격히 전환되었고, 이는 국제적인 재생에너지 확산 흐름에 제동을 걸었다. 이러한 정책 변화는 AI 산업의 급속한 성장과 맞물리며, 글로벌 전력 수요와 온실가스 배출 증가를 야기하고 있다. 특히 초거대 언어모델(LLM) 개발과 데이터센터 확산은 기존 대비 수 배에 달하는 에너지를 소비하고 있으며, 최근 미국을 포함한 주요국의 기후정책 이행 속도를 둔화시키는 요인으로 지목되고 있다. AI 산업계는 탄소중립을 위한 대응책으로 재생에너지 사용 확대, 탄소 크레딧 구매, 고효율 기술 도입 등을 추진하고 있지만, 여전히 전력 수요 증가 속도를 따라잡기에는 역부족이다. 특히 탄소 크레딧에 의존한 감축 방식은 실질적인 배출 저감보다는 상쇄 위주에 그쳐 '그린워싱' 논란을 야기하고 있다. 최근 유럽연합 AI 법안에서도 AI 산업의 탄소 배출 책임은 충분히 반영되지 않아, 향후 국제 기후협력 체제의 형평성과 실효성에도 악영향을 줄 수 있다는 우려가 제기된다.

AI 산업계는 지속가능성 확보를 위해 에너지원의 탈탄소화, 고효율(고성능·저전력) 모델 개발 등을 통한 에너지·자원 소비량 절감, 기후변화 대응·적응 분야에의 AI 활용 확대 등 주목할만한 혁신을 추진하고 있다. 그러나 데이터센터 전력 수요 증가 속도가 이를 상회하고 있는 상황에서 AI 산업의 기후책임을 강화하고 이른바 기후지능(AI for climate)의 실현을 위한 역량 집중을 유도하기 위해, 개별 기업의 대응을 넘어 정부와 산업계의 전향적인 협력을 통한 기술적 혁신과 함께 제도적 기반 마련이 필요하다. 특히 정부는 기후친화형 기술개발 분야의

전략적 투자 확대와 함께, 탄소배출 모니터링과 정보 공개를 포함한 투명한 보고체계 마련, AI 산업의 배출 책임을 명확히 하는 법제도 정비, 공공조달과 금융지원 연계를 통한 유인책 마련 등을 추진해야 한다. 기술 개발과 제도 개선이 유기적으로 결합될 때, AI 산업의 지속가능성과 기후정책 목표의 동시 달성이 가능해질 것이다.

## 〈내용 요약〉



## 트럼프 2.0 시대의 AI 산업 급성장이 촉발하는 기후적 파장

### 1. 트럼프 2.0 정부의 '에너지 현실주의'와 글로벌 에너지 정책 변화

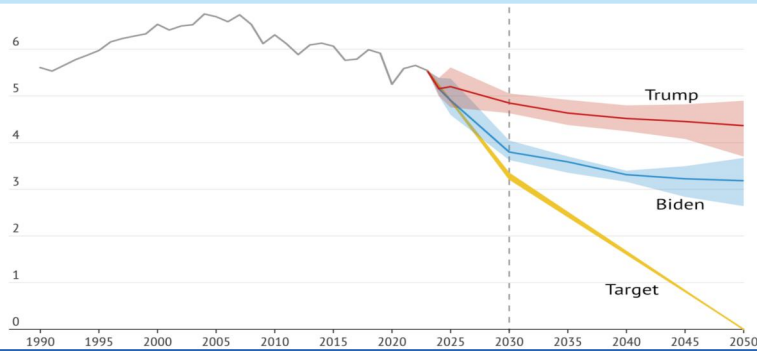
트럼프 2.0 정부가 들어서면서 미국의 에너지 정책은 화석연료 기반의 '에너지 현실주의(Energy Realism)'로 명확하게 전환되고 있다. 트럼프 정부는 재생에너지의 간헐성과 높은 비용을 문제 삼으며, 화석연료가 가장 신뢰할 수 있고 경제적이며 전략적으로 유리한 에너지원이라고 강조한다. 이는 바이든 정부가 추진했던 재생에너지 중심의 탈탄소 정책과 극명하게 대비된다. 앞서 바이든 정부는 '인플레이션 감축법(IRA)' 시행을 통해 재생에너지 투자를 확대했고, 2024년 3분기에는 전체 민간 투자에서 사상 최대치인 5%를 기록했다.<sup>1)</sup> 미 에너지관리청(EIA)은 2025년 신규 전력 발전량 중 태양광과 배터리 전력저장 시스템(BESS), 풍력이 93%를 차지할 것으로 전망했다.<sup>2)</sup> 또한, 바이든 정부는 행정명령 14008호 '국내외 기후위기 대응(Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad)'을 통해 연방 토지 및 해양에서의 신규 원유·천연가스 임대를 일시 중단하는 등 화석연료 개발을 제한하는 정책을 펼쳤다. 이처럼 환경보호청(EPA)의 온실가스 배출 규제와 인프라 투자 및 일자리법(IJJA)의 시행이 맞물려 미국의 온실가스 감축 속도가 가속화할 것으로 전망되었다.

그러나 2025년 트럼프 정부 출범 이후 석유·천연가스 생산 확대 및 관련 규제 완화가 신속히 추진되고 있으며, 재생에너지 지원은 대폭 축소되고 있다. 특히 재생에너지 신규 사업의 심사 기준 강화, 연방 토지 임대 허가 중단 등의 조치로 미국 내 재생에너지 개발이 지연되고 있다. Carbon Brief는 트럼프 정부가 IRA 및 주요 기후 정책을 철회할 경우, 2030년 미국의 온실가스 배출량이 2005년 대비 28% 감소하는 데 그칠 것으로 전망했으며, 이는 미국이 설정한 국가 온실가스 감축 목표(NDC)에 크게 미달하는 수준이다.<sup>3)</sup>

이러한 변화는 국제적인 기후·에너지 정책에도 중요한 영향을 미치고 있다. 세계 최대 석유·천연가스 생산국인 미국의 에너지 현실주의 정책은 글로벌 에너지 전환의 핵심이던 재생에너지 성장세를 둔화시키는 반면, 전통적인 화석연료 생산국들의 입지를 강화하는 결과를 초래했다. 러시아, 사우디아라비아, 호주 등 주요 자원 보유국들은 미국의 정책 변화에 편승해 화석연료 개발과 수출 전략을 확대하고 있으며, 인도는 미국산 화석연료 수입을 늘리기로 합의했다.<sup>4)</sup> 글로벌 에너지 대기업 중 하나인 Equinor는 향후 2년간 재생에너지 투자를 절반으로 줄이는 대신 석유·가스 생산을 확대할 계획이며, Shell과 BP 역시 유사한 정책을 발표했다.<sup>5)</sup>

최근 트럼프 정부를 위시한 글로벌 에너지 정책 변화의 원인으로 정치적 이념과 경제 논리를 넘어서 AI 산업을 중심으로 한 글로벌 기술패권 경쟁을 지목하는 관점이 주목받고 있다.<sup>6)</sup> 이는 승자독식의 전형적인 특성을 보이는 AI 산업의 특성상 미국을 비롯한 주요 국가들이 AI 기술 주도권 확보를 위해 막대한 투자를 단행하고, 급증하는 에너지 수요를 감당하기 위해 에너지 현실주의라는 정책기조를 합리화하고 있다는 해석이다. 구체적으로 AI 산업이 기후변화 및 글로벌 기후협력에 미치는 영향에 대해서는 후면에서 구체적으로 살펴보겠다.

〈그림 1〉 트럼프 2.0 행정부 출범에 따른 온실가스 배출량 변화 예측



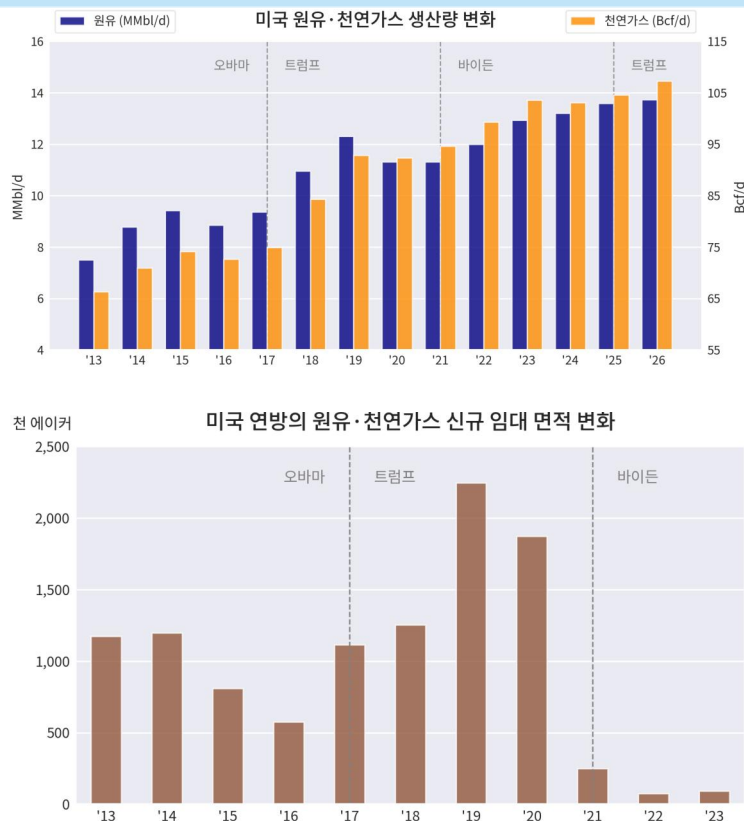
출처: Carbon Brief(2024)

〈표 1〉 트럼프 2기 행정부의 에너지 관련 정책 비교

분야	바이든 행정부	트럼프 2기 행정부
화석연료	<ul style="list-style-type: none"> <li>화석연료 채굴 제한</li> <li>러-우 전쟁에 대한 대응으로 인해 전략비축유가 고갈 되었다가 회복되는 추세</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>화석연료 채굴 확대</li> <li>전략비축유 재축적 공약</li> </ul>
내연기관차	<ul style="list-style-type: none"> <li>역대 정부 중 가장 엄격한 배출 기준 부과</li> <li>내연기관차 단계적 퇴출 유도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>내연기관차에 대한 규제 폐지</li> </ul>
전기차, 배터리, 재생에너지	<ul style="list-style-type: none"> <li>「인플레이션감축법」을 통한 보조금 및 세제 혜택 부여</li> <li>인프라 투자 및 일자리법을 통한 공공 투자 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「인플레이션감축법」 폐기 공약</li> <li>전기차 보조금 축소 및 내연기관차 중심 산업 정책 지향</li> </ul>

강구상 외, 2024 기반 저자 재구성

〈그림 2〉 미국 행정부별 원유·천연가스 생산량(상) 및 신규 임대 면적(하) 변화



출처: (상)EIA(2024) 기반 저자 작성  
(하)BLM(2024) 기반 저자 작성



## 2. 글로벌 AI 산업의 급성장과 에너지 소비 증가의 기후적 파장

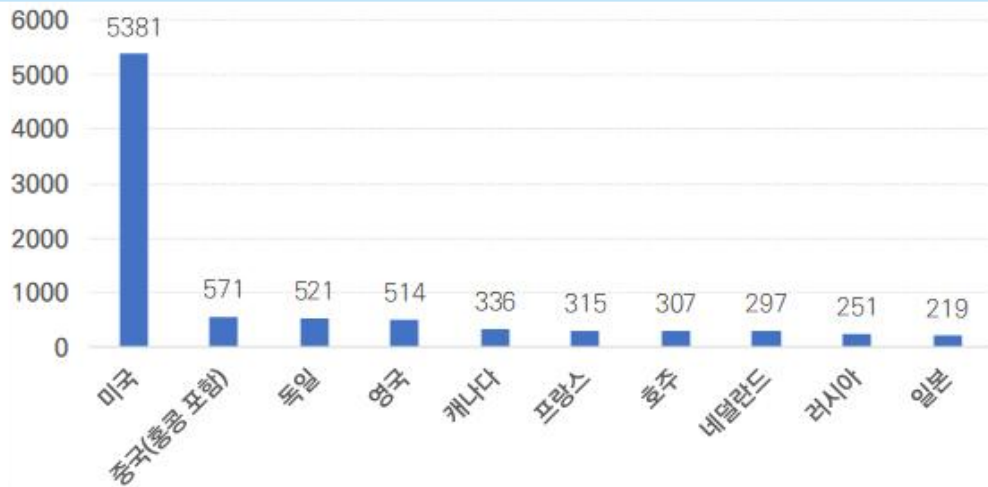
최근 글로벌 AI 산업은 초대형 언어 모델을 중심으로 급속히 성장하고 있다. OpenAI의 GPT 시리즈, 구글의 Gemini, 메타의 LLaMA 등 초대형 모델들이 연이어 등장하면서 AI 기술은 다양한 산업과 서비스 분야에서 필수적인 요소로 자리 잡았다. 이에 따라 데이터 처리량이 폭발적으로 증가하며 AI 서비스 운영을 위한 데이터센터의 수와 규모 또한 빠르게 확대되고 있다. 2024년 3월 기준, 전 세계 데이터센터는 1만 개 이상 분포하며, 이 중 절반 이상이 미국(5,381개소)에, 나머지의 2/3에 해당하는 3,331개소가 차상위 9개 국가에 분포한다.<sup>7)</sup>

데이터센터는 AI 산업의 확장과 직접적으로 연결된 핵심 인프라로서 막대한 전력을 소모하는 시설이다. 특히 AI를 활용한 데이터센터는 GPU(그래픽 처리 장치)를 대규모로 사용하며, 이는 일반 CPU 기반 데이터센터 대비 약 6배 이상의 전력을 필요로 한다. AI 모델 학습은 수백에서 수천 대의 GPU를 장기간 구동해야 하므로 전력 소비가 매우 크다. 예를 들어, AI 기업 허깅페이스(Hugging Face)는 대규모 언어 모델 BLOOM을 학습하는 과정에서 약 50톤의 탄소를 배출한 것으로 나타났다.<sup>8)</sup> 또한, OpenAI의 챗GPT는 1회 검색당 평균 2.9Wh의 전력을 소비하며, 이는 일반 검색 서비스(0.3Wh) 대비 10배 이상 높은 수준이다.<sup>9)</sup> 또한, 구글의 일반 검색 서비스에 Gemini AI 검색 서비스가 결합할 경우 평균 전력 소비량이 최대 25배(7.5Wh) 수준으로 증가할 것으로 예상된다. AI 데이터센터의 확대에 따라, 마이크로소프트는 2020년도 baseline 탄소 배출량과 비교하여 FY23의 배출량이 29.1%증가했다.<sup>10)</sup> 구글 역시 데이터 센터의 전력 사용량이 17% 증가했으며, 전체 탄소 배출량은 13%증가했다.<sup>11)</sup>

국제에너지기구(IEA)는 데이터센터의 전력 소비량이 2022년 460TWh에서 2026년 최대 1,050TWh까지 증가할 것으로 전망했으며, 이는 독일(490TWh)과 한국(568TWh)을 넘어 일본(940TWh)의 연간 전기 소비량과 맞먹는 규모이다.<sup>12)</sup> 특히, 2026년 전 세계 전력소비 증가분(3,449TWh) 가운데 AI와 데이터센터의 전력소비 증가분이 전체의 약 15.4%(530TWh)를 차지할 것으로 전망된다. S&P Global Commodity Insights에 따르면, AI 산업과 데이터센터의 확장은 2030년까지 글로벌 전력 수요 증가율을 연간 10~15% 수준으로 끌어올릴 것이며, 이는 전체 글로벌 전력 소비량의 최대 5%를 차지할 가능성이 있다.<sup>13)</sup>

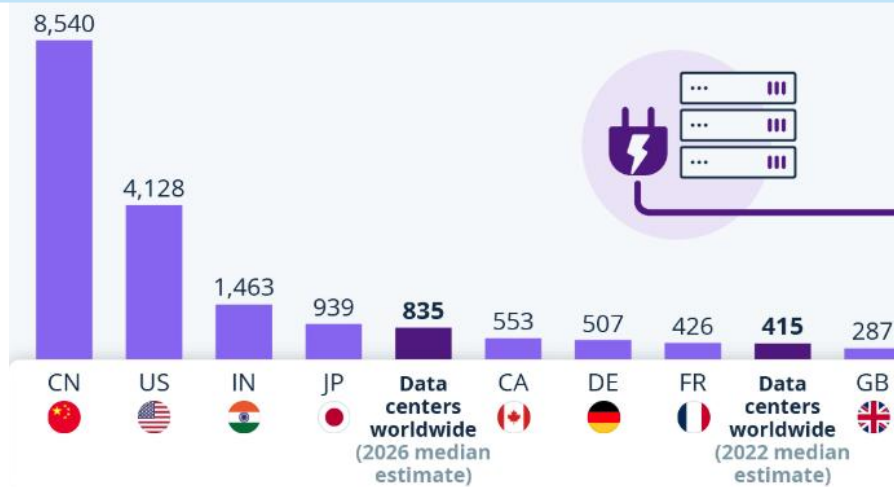
글로벌 AI 빅테크 기업들은 기술경쟁에서 우위를 점하기 위해 데이터센터 확장에 막대한 투자를 이어가고 있다. 아마존, 구글, 마이크로소프트(MS), 메타 등 주요 4대 빅테크 기업의 2024년 투자 규모는 최대 3,200억 달러(약 466조 원)에 이르며, 이 중 상당 부분이 클라우드 컴퓨팅과 데이터센터 구축 등 인프라 투자에 활용되고 있다. 이에 따라 해당 기업들의 탄소배출량은 최근 몇 년 동안 급격히 증가했다. 실제로 마이크로소프트의 온실가스 배출량은 2020년 대비 2023년에 29.1% 증가했고, 구글 역시 같은 기간 66.3%의 증가율을 보였다. 급격한 에너지 수요 증가에 대응하기 위해 글로벌 AI 빅테크 기업들은 재생에너지 활용 확대를 적극 추진하고 있으나, 이는 전력 수요 증가를 따라가지 못하고 있다. 구글은 데이터센터 운영을 위해 미국 네바다에 690MW 규모의 태양광과 380MW 배터리를 결합한 발전소를 구축했고, 대만에서는 1GW 규모의 신규 태양광 프로젝트에 투자하는 등 노력을 이어가고 있지만 여전히 탄소중립 목표 달성에는 한계가 있다. 마이크로소프트와 아마존은 보다 안정적인 전력 공급을 위해 기존 원자력 발전소의 재가동을 추진하거나 소형모듈원전(SMR) 개발을 위한 투자에도 적극 나서고 있는 상황이다. 중국의 경우 2025년까지 재생에너지 설비 확장을 지속적으로 추진하고 있지만, 데이터센터와 전기차 충전 등 신규 전력 수요의 급증으로 인해 석탄 발전의 비중이 오히려 늘어나고 있는 상황이다. 전세계적인 에너지 정책의 변화와 AI 데이터센터의 에너지 소비량을 종합해보면, 글로벌 AI 산업의 급성장은 기후변화 대응 및 탄소중립 목표 달성에 심각한 도전 요인으로 작용할 가능성이 매우 높아지고 있다. 이는 AI 산업의 기술선도국을 포함하여 전 세계 각국으로 하여금, 가까운 미래에 AI 산업이 제공할 장밋빛 미래뿐만 아니라 탄소중립 정책 추진에 미치게될 잠재적 파급효과 등 양면성에 대해서도 비판적으로 검토할 필요성이 급격히 높아지고 있음을 의미한다.

〈그림 3〉 2024년 3월 기준 국가별 데이터센터 분포



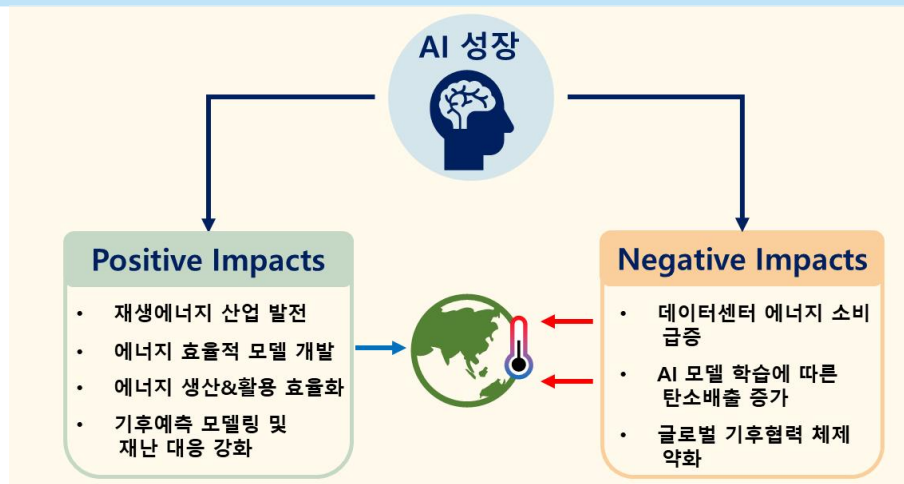
출처: Statista(2024b)

〈그림 4〉 주요국 및 전세계 데이터센터 전력사용량



출처: Statista(2024a)<sup>14)</sup>

〈그림 5〉 AI기술과 기후변화 관계 모식도



출처: 저자 작성



## AI 산업과 글로벌 기후정책의 충돌에 따른 주요 현안

## 1. AI 산업의 탄소중립 대응 현황과 한계점

데이터센터 및 AI 모델 운영으로 인한 탄소 배출 증가와, AI 산업의 활성화를 위한 기업 및 국가들의 소극적 대응이 우려스러운 면도 있지만, 글로벌 AI 기업들이 탄소 중립에 대해 마냥 손을 놓고 있는 것은 아니다. 데이터센터가 AI 산업의 지속가능성 확보에 있어 중요한 도전 과제인 만큼 재생에너지와 같은 탈탄소 에너지원으로 전환하기 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 구글은 2030년까지 데이터센터를 100% 무탄소 에너지로 운영하겠다는 목표를 세우고 있으며, 이미 2007년부터 탄소배출권 및 재생에너지를 구매하여 '상쇄(Offset)' 방식으로 탄소중립을 유지해 오고 있다고 주장한다. 또한, 데이터센터가 위치한 지역의 전력망에서 저탄소 전력을 직접 구매하여 운영하는 전략을 표방하고 있다.<sup>15)</sup> 마이크로소프트, 아마존, 메타 또한 각각 2030~2040년까지 모든 데이터센터의 재생에너지 기반 운영 목표를 설정하고 있으며, 재생에너지 도입, 탄소 제거 기술 활용 등 다양한 방법을 통해 탄소중립 목표를 실현하려는 노력을 지속하고 있다.<sup>12)</sup>

〈표 2〉 주요 기업의 데이터센터 에너지전환 전략 및 실행 사례

기업	목표
아마존(Amazon)	• 2040년까지 탄소배출 넷제로(Net-zero) 달성(탄소상쇄 포함)
구글(Google)	• 2030년까지 운영 및 Value-chain 전반에서 넷제로 배출 달성(탄소 제거 포함)
메타(Meta)	• 2030년까지 Scope3 배출량 넷제로(탄소 제거 포함)
마이크로소프트(Microsoft)	• 2030년까지 탄소 네거티브(Carbon Negative)목표 • 2050년까지 Scope 1 및 Scope 2 배출량의 완전한 제거 목표
엔비디아(NVIDIA)	• 2025년 말까지 100% 자사 사무실 및 데이터센터에서 재생에너지 100% 활용(2023년 76%) • Scope 1 및 Scope 2에서 탄소중립 달성
Equinix	• 2030년까지 Scope 1, 2 및 전체 온실가스 배출량 50% 감축(2019년 기준) • 2030년까지 Scope 1, 2에서 기후중립(탄소 상쇄/제거 포함) 달성 목표
Digital Realty	• 2030년까지 Scope 1, 2 배출량을 2018년 대비 평방피트당 68% 감축 목표
CyrusOne	• 2030년까지 탄소중립 달성(재생에너지 인증서(RECs)의 구입 및 탄소 상쇄 옵션 포함)

출처: S&amp;P Global(2024), Greenium(2024) 및 NVIDIA(2024) 기반 저자 재구성

**Scope 1~3** | 온실가스 배출량을 구분하는 국제 표준 개념으로, 기업의 배출원을 범위(Scope)별로 정의한다. Scope 1은 기업이 직접 배출하는 온실가스로, 예를 들어 공장에서 연료를 태우거나 차량을 운행할 때 발생하는 배출이 포함된다. Scope 2는 기업이 외부에서 조달한 전기, 열, 증기 등의 사용으로 인해 간접적으로 발생하는 배출량을 의미한다. Scope 3는 기업의 가치 사슬 전반에서 발생하는 배출로, 원자재 생산, 물류, 제품 사용 및 폐기 등과 관련된 간접 배출을 포함한다. Scope 3는 기업의 배출 중 가장 큰 비중을 차지하는 경우가 많으며, 관리와 측정이 가장 어려운 영역이다.

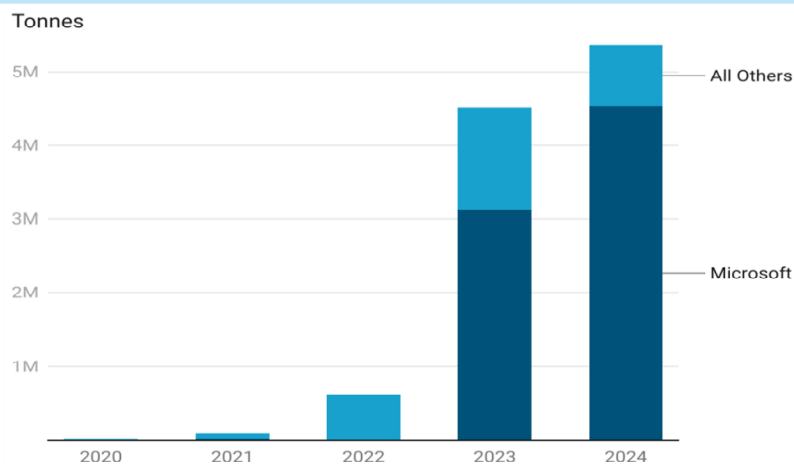
이러한 노력에도 제거하거나 저감할 수 없는 탄소 배출량에 대한 해법으로 글로벌 AI 빅테크 기업들은 탄소 크레딧을 활용하고 있다. 탄소 크레딧은 탄소를 제거한 경우 발행되는 인증서로, 자발적 탄소 시장에서 거래되며 기업들이 배출한 탄소를 상쇄하는 수단으로 활용된다. 마이크로소프트는 2024년 3분기까지 모든 탄소 크레딧 계약량의 약 70%를 차지할 정도로 적극적으로 크레딧을 구매해 왔다.<sup>16)</sup> 마이크로소프트는 회계연도 2023년을 기준으로 Scope 1에서는 144,960톤의 탄소를 Scope 2에서는 393,143톤, Scope 3에서는 16,624,000톤을 배출했다.<sup>17)</sup> 마이크로소프트 2024 환경 보고서에 명시된 바로는 2023년에 앞으로 15년 동안 제거될 5,015,019톤의 탄소 크레딧을 체결한 것으로 확인된다. 이를 단순히 연간 제거량으로 계산하면 약 33만 톤으로 마이크로소프트의 전체 배출량(FY23기준)의 2% 정도이다. 대표적으로 스웨덴의 Stockholm Exergi가 추진하는 바이오에너지 탄소 포집 및 저장(BECCS) 프로젝트에서 10년간 330만 톤의 탄소를 제거하는 크레딧을 구매했으며,<sup>18)</sup> CCUS(탄소 포집·활용·저장) 기업 1PointFive와의 계약을 통해 6년간 50만 톤의 탄소 제거 크레딧을 확보했다.<sup>19)</sup> 마이크로소프트는 2021년부터 2000만 톤 이상의 탄소 제거 크레딧을 구매하며 자사의 탄소 중립, 더 나아가 탄소 negative 목표를 달성하려고 노력하고 있다. 구글은 2023년도부터 탄소 크레딧을 구매하는 계획을 실행하고 있었으며, 대표적으로 Frontier를 통해 2030년까지 62,500톤의 탄소를 제거하는 크레딧을 구매하는 계약을 체결했다. 최근에는 폐농산물을 바이오차(Biochar)로 전환하는 기업으로부터 2030년까지 10만 톤의 탄소 크레딧을 구매했다<sup>20)</sup>. 앞으로 2030년까지의 기간동안 생성될 크레딧을 미리 계약한 것으로 정확히 총 배출량 대비 몇 %인지 알 수 없다. 다만 구글의 2023년 총 배출량이 14백만 톤인 것에 비하면 미미한 것을 알 수 있다.

**탄소 배출권과 탄소 크레딧<sup>21)22)23)</sup>** | 탄소 배출권은 기업이 배출할 수 있도록 할당받은 총량을 의미한다. 즉, 온실가스를 배출할 수 있는 권리라는 의미다. 할당량의 경우 정부가 매년 무상 지급 혹은 경매를 통해 지정한다. 배출량이 할당량을 초과하면 벌금이 부과되기 때문에 기업은 할당량보다 적게 배출한 타 기업으로부터 이를 구매해야 한다. 이 과정에서 배출권 거래시장이 형성되며, 정부 규제에 따라 운영되기 때문에 규제 시장으로 불리기도 한다.

반면 탄소 크레딧은 기업이 기준 배출 시나리오(Baseline, 감축활동을 하지 않았을 경우의 예상 배출량) 대비 온실가스를 감축하거나 제거한 결과를 인증받아 발급된 증명서이다. 쉽게 말해 “추가적 탄소 저감량”으로 이해할 수도 있다. 이는 규제에 의해 할당된 것이 아니기 때문에, 자발적으로 거래되며 자발적 탄소 시장으로 불린다. 이렇게 발급된 탄소 크레딧을 다른 기업이 구매하면, 해당 감축 또는 제거 활동의 효과를 구매 기업이 상쇄한 것으로 간주할 수 있다.

탄소 크레딧과 탄소 배출권 용어는 상황에 따라 다르게 정의되는 경우가 있어 혼란을 줄 수 있다. 앞서 설명된 탄소 크레딧과 탄소 배출권을 모두 포괄하여 탄소 배출권으로 정의하고 탄소 배출권은 할당량(allowance), 탄소 크레딧은 상쇄(offset)로 표시하기도 한다. 하지만 본 고에서는 앞서 설명된 정의에 따른다.

〈그림 6〉 CDR(Carbon Dioxide Removal) 마켓의 구매 비중



출처: CDR.fyi (2024)

그러나 탄소 배출권 또는 탄소 크레딧을 구매하는 방식은 본질적으로 기업 스스로 탄소 배출을 직접 감축하지 않고, 타 기업의 '감축하는 탄소량을 상쇄'한다는 점에서 논란이 제기되고 있다. 실제로 글로벌 AI 빅테크 기업이 구매한 탄소 크레딧의 상당수는 이미 감축된 탄소가 아니라 '미래에 감축할 예정'인 탄소에 해당하며, 이는 탄소중립 목표 달성에 대한 불확실성을 높이는 요인으로 작용한다. 또한 탄소 크레딧을 활용한 탄소중립 전략은 기업들이 탄소 감축 책임을 외부에 전가하는 '그린워싱(Greenwashing)' 논란을 야기한다. 탄소 크레딧을 구매하는 것이 실제 배출 감축 노력 없이도 탄소중립을 선언하는 수단으로 활용될 경우, AI 산업의 온실가스 배출 문제는 더욱 악화될 가능성이 크다. 또한, AI의 확산 속도가 예측 불가능할 정도로 빠르게 진행되고 있다는 점도 문제로 지적된다. 만약 AI가 확산되는 속도가 재생에너지 전환 속도를 초과할 경우, 탄소 크레딧 구매를 통한 상쇄만으로는 배출량 증가를 감당할 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 탄소 크레딧은 근본적인 해결책이 아닌 사후 보완적 대응 수단에 불과하다는 점에서, AI 산업이 지속 가능한 방향으로 성장하기 위해서는 보다 신속한 에너지 전환과, 에너지 및 자원 효율화, 그리고 저탄소 기술 혁신이 필수적이다.

## 2. AI 산업의 탄소배출 증가가 글로벌 기후 협력에 미칠 영향

AI 산업의 성장과 이에 따른 탄소 배출 증가는 글로벌 기후 협력 체제에도 새로운 도전 과제를 제시하고 있다. AI 산업이 성장할수록 데이터센터 및 AI 모델의 운영에 필요한 전력 소비가 급격히 증가하는데, 최근 미국과 같은 주요 AI 산업 국가는 경제 성장과 산업 보호를 이유로 기존의 탄소 감축 정책을 완화하려는 경향을 보이고 있다. 이러한 변화는 단순히 AI 산업 자체의 탄소 배출 증가를 넘어, 국제 기후 협력 체제 전반의 구조적 변화를 야기할 가능성이 크다. 주요 국가들이 앞다퉀 AI 산업과 데이터센터에 대한 투자를 강화하면서 온실가스 배출량이 예상치를 웃돌게 되는 것은 필연적인 결과이며, 이는 파리협약에 따라 각국이 설정한 자발적 감축 목표(NDC) 달성에 악영향을 미치고 있다.

AI 기술을 주도하는 선진국들이 자국의 AI 산업 보호를 이유로 탄소 감축 목표 달성을 미루거나, 기후 협력 과정에서 소극적인 태도를 취할 경우, 국제사회의 협력 기조는 급격히 악화될 수 있다. 이러한 조짐은 이미 나타나고 있는데, 대표적으로 최근 유럽연합(EU)에서 통과된 AI 법안은 AI 산업의 환경적 영향을 충분히 반영하지 못했다는 비판을 받고 있다. EU가 최근 발효한 AI 법안의 초기 초안에서는 AI 모델의 에너지 소비와 탄소 배출을 추적하고 보고하는 조항이 포함되었지만, 최종 법안에서는 대부분 삭제되었으며 AI 산업계가 탄소 배출 감축을 위해 실질적인 조치를 취하도록 강제되지 않았다.<sup>24)</sup> 이는 결국 AI 산업계를 탄소 배출 감축 의무에서 상대적으로 자유롭게 만들 가능성을 제공하며, 국제사회가 추진하는 탄소중립 목표와의 괴리를 더욱 심화시키고, 장기적으로 기후 협상의 형평성과 실효성을 약화시킬 수 있다.

기후변화 대응 선도국이 AI 산업 보호에 힘을 실을 경우 글로벌 AI 빅테크 기업들 또한 기후변화 대응의 우선순위를 재조정할 우려가 있다. 일례로 지난해 열린 제29차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP29)에서는 테크 업계의 참석률이 저조했다.<sup>25)</sup> 평소 기후 친화적 이미지를 자랑하던 글로벌 AI 빅테크 CEO들은 최초로 디지털화의 날 행사가 열린 이번 COP29 총회에 참석하지 않았고, 구글·MS·아마존·메타 등은 일반인도 출입 가능한 '그린존'에 전시 부스를 운영하지 않았다. AI 산업이 빠르게 발달하는 가운데 기후변화 대응에 대한 글로벌 AI 빅테크 기업의 참여율이 낮아질 경우, AI 산업 강국들이 탄소 감축 목표에서 이탈하는 명분으로 작용할 수 있어 AI 산업의 온실가스 배출량 증대가 더욱 심해지는 악순환을 초래할 가능성도 높다. 이는 결국 국제사회의 자발적인 협력체계를 약화시키고, 국가 간 책임 분담을 둘러싼 갈등을 더욱 심각하게 만들 수 있다.

AI 산업의 급성장은 단순히 주요 선진국들의 온실가스 배출 증가 문제를 넘어, 개발도상국에게도 큰 악영향을 끼칠 수 있다. 국제사회는 개발도상국들이 기후변화에 적절히 대응할 수 있도록 재정적 지원을 제공해 왔지만, AI 산업이 새롭게 배출하는 자국 내 온실가스를 통제하는 데 투자를 집중하는 과정에서 개발도상국을 위한 자원 확대에 제약이 발생할 수 있다. 예를 들어, 선진국들은 2009년 코펜하겐 기후 회의에서 개발도상국을 위한 2020년까지 연간 1,000억 달러의 기후 금융 지원을 약속했으나, 이행되지 못했고 목표연도를 2025년까지로 연장했다. 올해 이루어진 COP29 총회에서도 신규 기후재원 목표(NCQG)를 두고 선진국과 개발도상국 간의 갈등이 발생했다. 이에 따라 개발도상국을 위한 기후 금융 지원이 더욱 축소될 가능성이 높다. 이는 결국 개발도상국들의 필수적인 기술 이전과 재정 지원 약화로 이어져 자체적인 기후 대응 능력을 상실할 수 있다.

결과적으로, AI 산업의 지속적인 성장이 국제적인 기후 협력을 저해하는 요인으로 작용할 가능성이 높으며, 이를 해결하기 위한 국제적 조율과 협력이 절대적으로 필요하다. AI 산업이 기후 목표 달성에 미치는 부정적 영향을 최소화하려면, 각국 정부와 기업들은 보다 적극적인 탄소 감축 전략을 도입해야 하며, AI 산업이 지속적으로 성장하면서도 글로벌 기후 협력 체제의 균형을 유지할 수 있도록 정부, 기업, 국제기구 간의 다각적인 협력과 조율이 요구된다.

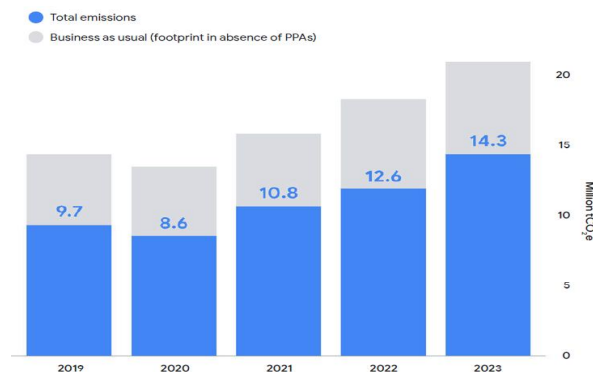
## AI 산업의 발전과 탄소중립은 동행할 수 있을까?

### 1. 탈탄소 에너지원 활용 및 에너지 소비 저감 사례

앞서 주요 현안으로 짚은 바와 같이 AI 산업이 탄소중립을 달성하기 위해서는 탄소 크레딧과 같은 일시적 해법 보다는, 근본적인 에너지 전환, 에너지 및 자원 효율화 등을 실현해야 한다. 그렇다면, 현재의 글로벌 AI 빅테크 기업들은 구체적으로 어떤 방식으로 에너지 전환과 에너지 및 자원 효율화를 진행하고 있을까?

구글의 연간 전력 사용량은 2020년 기준으로 약 15.5TWh였으며, AI 기술 도입이 가속화됨에 따라 2023년에는 24TWh로 증가했다. 이에 따라 2023년 구글의 온실가스 배출량은 1,430만 톤으로, 2022년(1,260만 톤) 대비 13% 증가했다. 이러한 증가의 주요 원인은 AI 모델 학습과 운영 과정에서 발생하는 높은 전력 소비에 기인한 것으로 분석된다. 이를 해결하기 위해 구글은 재생에너지 활용을 확대하고 있으며, 2017년 이후 전력 사용량과 재생에너지 구매량을 일치시켜 탄소중립을 유지하는 전략을 지속적으로 추진하고 있다. 특히 2030년까지 모든 데이터센터에서 24시간 무탄소 전력을 사용하는 목표를 설정하고, 데이터센터와 가까운 지역 전력망에서 청정 에너지를 구매하는 계약을 체결하는 등 지속 가능한 전력 공급망을 구축하기 위해 노력하고 있다. 따라서 매년 재생에너지 구매량을 늘리는 한편,<sup>26)</sup> 2024년에 약 4GW의 청정 에너지 생산 용량을 구매하는 계약을 체결하는 등 재생에너지를 통한 전력 공급량 확대를 위해 노력하고 있다.<sup>27)</sup> 그 외에도 데이터센터의 에너지 효율성을 극대화하기 위한 신기술 도입을 통해 일반적인 IT 장비에 비해 약 5.8배 낮은 오버헤드 에너지를 사용하도록 운영하고 있다. 구체적으로 구글은 인공지능(AI) 기술을 활용하여 데이터센터의 온도와 조명을 스마트하게 조절하고, 전력 분배 방식을 재설계하여 에너지 손실을 줄이고 있다. 또한 자사의 인공지능 시스템인 딥마인드를 통해 머신러닝 프로그램을 개발, 열 펌프를 가동하는 최적 시간을 예측하여 데이터센터를 냉각시키는 시도를 하고 있다.<sup>22)</sup> 이를 통해 구글 데이터센터의 평균전력사용효율(PUE; Power Usage Effectiveness)은 업계 평균인 1.58보다 훨씬 낮은 1.10으로 유지함으로써 AI 산업의 지속가능성 확보에 앞장서고 있다.

〈그림 7〉 구글의 온실가스 배출량 변화 추이



출처: Google(2024)

엔비디아는 유럽의 데이터센터 파트너들과 협력하여 북유럽 지역의 풍부한 청정에너지를 활용함으로써 탄소중립 달성을 추진하고 있다. 예를 들어 아이슬란드의 경우 국가 전력망이 수력 및 지열 100% 재생에너지로 구성되어 있어 데이터센터 운영에 유리한데, 엔비디아는 이러한 지역적 이점을 가진 시설에 자사의 고성능 컴퓨팅 장비를 배치함으로써 탄소 배출을 최소화하고 있다.<sup>28)</sup> 더불어 핀란드에 위치한 엔비디아의 데이터센터에도 2023년에 새로운 재생에너지 전력 공급 계약이 적용되어, 유럽 내 엔비디아 데이터센터의 재생에너지 사용 비중을 한층 확대하였다.<sup>29)</sup> 또한 엔비디아는 본사뿐만 아니라 아시아 등 세계 각국에 위치한 데이터센터 전력도 재생에너지로 전환함으로써 탄소 배출 감축 노력을 가속화하고 있다. 그 결과 2021년 25%였던 엔비디아의 전력사용량 중 재생에너지의 비율은 점차 증가하여, 2023년에는 44%에 달하였다.<sup>25)</sup>

(단위: MWh)

〈표 3〉 주요 기업의 데이터센터 에너지전환 전략 및 실행 사례			
구분	2021	2022	2023
총 전력사용량	325,899	424,997	496,901
비(非)재생에너지 전력 구매량	232,512	251,760	249,429
재생에너지 전력 구매량	78,405	154,160	193,465
재생에너지 전력 생산량	660	762	1,079
연료 구매량	12,643	18,315	52,927
재생에너지 비율	25%	38%	44%

출처: NVIDIA(2023)

아마존의 경우 재생에너지 외에도 소형 모듈 원자로(SMR) 도입을 통한 데이터센터 전력 공급을 추진하고 있다. 아마존 웹 서비스(AWS)는 현재 400개 이상의 데이터센터를 운영하며, 이들 데이터센터는 총 3,500메가와트(MW)의 전력을 소비하고 있다. 나아가 향후 10년간 추가로 600MW 이상의 전력이 필요할 것으로 예상되며, 특히, AI 기술의 발전으로 인해 데이터센터의 전력 소비량은 2030년까지 두 배 이상 증가할 것으로 전망된다.<sup>30)</sup> 이를 해결하기 위해 아마존은 2024년에 버지니아주 도미니언 에너지와 협력하여 SMR 개발을 위한 계약을 체결하였으며, 향후 300MW 이상의 전력을 공급받을 계획이다. 또한 아마존은 워싱턴주 에너지 노스웨스트와도 협력하여 헨포드 부지에 SMR을 건설할 예정이다. 이 프로젝트는 320MW 규모의 SMR로 시작하여 최대 960MW까지 확장할 수 있는 가능성을 가지고 있다.<sup>31)</sup> 그러나 아마존의 SMR 도입 계획은 지역 사회와의 갈등을 초래하고 있다. 버지니아주 주민들은 SMR이 안전성에 대한 우려가 크고, 검증되지 않은 기술이 자신들의 지역에 도입되는 것에 대해 반발하고 있으며, 환경단체들은 SMR이 주민들의 안전을 위협할 수 있다고 주장하면서 정부에 대한 압박을 강화하고 있다. 이러한 갈등은 아마존이 SMR을 도입하는 데 있어 중요한 도전 과제가 될 것으로 예상된다.<sup>24)</sup>

**SMR** | 일반적인 대형원전은 설비용량 1GW 이상이고 모든 건설 과정이 부지에서 진행되어야 하나, 소형원전은 설비용량이 300MW 이하인 모듈형으로 공장에서 생산 후 현장에서 조립 가능하며 기존 대형 원전 대비 사고 발생위험이 낮은 점, 유연한 부하추종 운전이 가능하여 분산전원 및 재생에너지의 백업 전원으로서의 기능을 수행할 수 있다는 점, 대형원전 대비 출력 당 필요한 부지 면적이 절반 정도라는 점을 들 수 있다.



마이크로소프트는 신재생 에너지원으로 전력을 공급받는 것 외에도 기술개발에 주력하고 있다. 주목할만한 사례로, 마이크로소프트는 영국 스코틀랜드 앞바다에 해저 데이터센터를 설치하는 프로젝트인 '프로젝트 나틱'을 통해 수중 냉각 기술을 활용하고, 필요한 전력을 신재생 에너지로 조달하는 방안을 모색하고 있다.<sup>32)</sup> 프로젝트 나틱의 해저 데이터센터는 자연 냉각을 활용하여 에너지 효율성을 높이고, 운영 비용을 절감하는 데 기여한다. 해저 환경은 서버의 고장률을 육상의 8분의 1 수준으로 낮추는 것으로 나타났으며, 이는 해저 데이터센터가 더 안전하고 안정적인 운영을 가능하게 한다. 마이크로소프트는 이 데이터센터가 5년의 수명을 가지고 있으며, 초기 실험에서 서버의 고장률이 매우 낮았음을 확인하였다.<sup>33)</sup> 또한, 프로젝트 나틱은 데이터센터의 지속 가능성을 높이기 위한 다양한 기술을 도입하고 있다. 해저 데이터센터는 담수 자원을 사용하지 않고도 운영될 수 있으며, 이는 환경에 미치는 부정적인 영향을 줄이는 데 기여한다. 마이크로소프트는 이 프로젝트를 통해 데이터센터의 에너지 소비를 줄이고, 탄소 배출을 최소화하는 방법을 모색하고 있다.<sup>34)</sup> 프로젝트 나틱은 해양 재생 가능 에너지를 활용하여 데이터센터를 운영하는 새로운 모델을 제시한 것으로 평가되며, 향후 데이터센터 설계 및 운영에 중대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.<sup>35)</sup> 최근에는 물 소비를 최소화하는 새로운 냉각 시스템을 도입하여 물을 전혀 사용하지 않고도 서버를 효과적으로 냉각할 수 있는 기술을 개발하고 있다. 특히 2024년 8월부터 새로운 데이터센터 설계를 진행하면서 인공지능 작업의 최적화 및 냉각을 위해 물을 전혀 사용하지 않는 시스템의 구현을 추진 중이다. 동 시스템은 물의 증발 없이 정밀한 온도조절을 가능하게 한다는 특징을 갖고 있는데, 해당 기술이 보급되면 데이터센터는 연간 평균 1억 2,500만 리터의 물을 절약할 수 있다.<sup>36)</sup> 실제로 기술 도입 단계인 2023년에 마이크로소프트 데이터센터의 평균 물 사용 효율성(WUE; Water Usage effectiveness)은 0.30L/kWh로, 2021년(0.49L/kWh) 대비 39% 개선되었다.<sup>31)</sup>

## 2. 혁신적인 AI 모델과 효율적 개발 사례

### 아키텍처의 혁신을 통한 모델의 효율화 및 경량화 달성

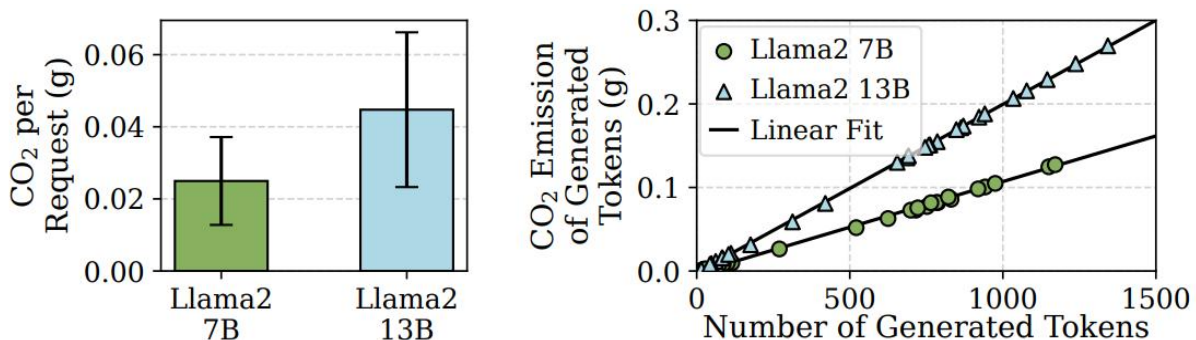
최근 AI 산업에서는 모델의 효율성과 에너지 소비를 최적화하기 위한 다양한 혁신적 접근 방식이 등장하고 있다. 특히 초거대 언어 모델(LLM)의 학습과 추론 과정에서 발생하는 높은 전력 소모와 탄소 배출을 줄이기 위해, AI 연구자들은 보다 효율적인 모델 아키텍처를 개발하고 있다. 대표적인 방법으로는 Mixture-of-Experts(MoE) 아키텍처, 강화학습을 활용한 모델 경량화, Chain-of-Thought(CoT) 방식의 최적화, 하드웨어에 최적화된 모델 구조 설계 등이 있다.

MoE 아키텍처는 여러 개의 전문가 모델(Experts) 중에서 가장 적절한 모델을 선택적으로 활성화하는 방식으로, 계산량을 줄이면서도 높은 성능을 유지할 수 있도록 한다. 예를 들어, DeepSeek-V3 모델은 MoE를 채택하여 약 6,710억 개의 파라미터를 가진 모델을 비교적 적은 비용으로 훈련하는 데 성공했다. 기존 LLM 대비 훈련 비용을 1/50 수준으로 줄이면서도 동등한 수준의 성능을 달성한 것이 특징이다.<sup>37)</sup> 강화학습 기술을 활용하여 AI 모델의 추론 능력을 효율적으로 개선하는 방식도 주목받고 있다. DeepSeek-R1 모델은 지도 미세튜닝 없이 순수 강화학습을 통해 추론 성능을 극대화하였으며, OpenAI의 기존 대형 모델(o1)과 유사한 수준의 수학 및 논리 추론 능력을 달성하였다.<sup>38)</sup> 이는 기존 방식보다 에너지 소비를 줄이면서도 높은 추론 성능을 유지할 수 있는 방법으로 평가된다. CoT 방식을 활용한 최적화도 모델 효율성을 높이는 중요한 기법 중 하나다. OpenAI의 o3-mini 모델은 작은 규모의 모델에서도 고난도 문제 해결이 가능하도록 CoT 출력을 포함하는 방식을 채택했다. 사용자 입력에 대해 단계적 분석과 자체 검토 과정을 거친 후 답변을 생성하도록 설계됨으로써, 대형 모델 수준의 정확도를 작은 모델에서도 구현할 수 있도록 했다.<sup>39)</sup> 또한, 추론 노력 수준(reasoning effort)을 낮음/중간/높음의 3단계로 조절하여, 복잡한 문제일수록 더 많은 토큰을 사용해 깊이 있는 추론을 수행하도록 설계되었다.

하드웨어에 최적화된 모델 구조 설계 역시 AI 모델 경량화 및 에너지 효율성을 높이는 데 기여하고 있다. 소형 언어 모델(SLM)은 대형 모델과 비교하여 경량화된 구조를 유지하면서도 특정 하드웨어 환경에 최적화되도록 설계된다. 예를 들어, 베이징 우정대 연구진이 개발한 PhoneLM은 스마트폰에서 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 설계된 SLM으로, 모델 구조 자체를 런타임 효율 기준으로 탐색하여 높은 성능을 유지하면서도 전력 소모를 최소화하는 데 성공했다.<sup>40)</sup> 또한, 2024년에 발표된 Llama-2(메타), Mistral-7B(Mistral AI), Qwen(Alibaba) 등 다양한 SLM들이 각각 독자적인 최적화 방식을 통해 저사양 환경에서도 고성능을 발휘하도록 개발되고 있다. 추가적으로 멀티모달 기능과 다양한 확장 기능을 통합함으로써 모델의 크기를 줄이면서도 범용성과 활용도를 높이는 방법도 여러 모델에 적용되고 있다. 최근 개발되고 있는 최신 모델들은 크기와 무관하게 확장 기능을 탑재하여 다양한 환경에서 활용될 수 있도록 설계되고 있다. 예를 들어, OpenAI의 o3-mini는 작은 모델임에도 함수 호출, 구조화 출력, 시스템 메시지 계층 등을 지원하여 기존 대형 모델과 유사한 수준의 기능을 제공한다. 또한, 구글이 2024년 말 발표한 Gemini 모델은 텍스트뿐만 아니라 영상과 음성을 함께 이해하고 생성할 수 있는 멀티모달 아키텍처를 적용하여, AI 모델의 유연성과 범용성을 크게 향상시켰다.<sup>41)</sup>

효율화 및 경량화된 모델들은 단순히 성능뿐만 아니라 전력 소비 및 탄소 배출량 측면에서도 긍정적인 효과를 가져오고 있다. 실제로, 초거대 모델을 훈련하는 데 소요되는 에너지는 상당한 수준이며, 예를 들어 GPT-3(약 175B 파라미터)를 학습하는 과정에서 약 1.287MWh의 전력이 소모되었고, 이로 인해 약 500톤의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 배출된 것으로 추산된다. 이는 석탄 화력발전소를 약 10시간 동안 가동하는 것과 맞먹는 탄소 배출량이다. 이보다 더 큰 모델들의 경우 기업들이 정확한 수치를 공개하지 않기 때문에 추정만 이루어지고 있지만, 전력 소비량이 더욱 증가할 것으로 예상된다.<sup>42)</sup> 이러한 문제를 해결하기 위해, LLM을 사용할 때 모델 크기와 작업 유형에 따라 에너지 소모를 최적화하는 연구가 진행되고 있다. 예를 들어, Llama-2의 경우 7B 파라미터급 모델과 13B 파라미터급 모델을 비교했을 때, 동일한 입력을 처리하는 데 있어 13B 모델이 더 많은 전력을 소비하고 탄소 배출량도 증가하는 경향을 보였다. 또한, 토큰 출력 길이 역시 탄소 배출량과 밀접한 연관이 있어, 응답 길이가 길어질수록 모든 모델에서 에너지 소비가 증가하는 것으로 나타났다.<sup>43)</sup> 이러한 문제를 극복하기 위한 연구 중 하나로, 생성 지시어(Generation Directive)를 활용한 모델 최적화가 주목받고 있다. 특정 작업에 대한 최적화된 지시어를 적용하여 동일한 결과를 더 적은 연산량으로 도출할 수 있도록 하며, 이를 통해 탄소 배출량을 기존 대비 40% 이상 감소시킨 사례가 보고되었다.<sup>44)</sup> 또한, AI 시스템이 요청된 작업을 자동으로 분류하여 가장 에너지 효율적인 모델로 라우팅하는 방식도 도입되고 있다. 이를 통해 복잡도가 낮은 작업은 경량화된 모델에서 처리하고, 고난도 작업만 대형 모델에서 수행하도록 하여 전체적인 전력 소비를 최적화할 수 있다.<sup>45)</sup>

〈그림 8〉 모델의 파라미터 규모, 토큰 사용량과 탄소 배출량



출처 : Li et al., 2024

앞서 언급한 기술 발전은 소형 모델의 성능을 크게 향상시키면서도 경량 하드웨어에서의 구동을 가능하게 만들었다. 이는 AI 모델의 추론 과정에서 필요한 전력과 탄소 배출을 절감할 뿐만 아니라, 연산을 분산 에지 디바이스에서 직접 수행함으로써 데이터센터의 부하를 줄이는 효과를 기대할 수 있다. 대형 LLM은 수십 개의 GPU 서버를 동시에 필요로 하지만, 7B 내외의 소형 모델(SLM)은 고성능 PC나 스마트폰에서도 동작 가능하므로, 중앙 서버에 의존하지 않고 사용자 단말에서 직접 연산을 수행할 수 있다. 이를 통해 네트워크 통신에 필요한 에너지를 절약할 뿐만 아니라, 클라우드 데이터센터의 에너지 소비와 냉각 수요를 줄이는 데 기여할 수 있다.<sup>46)</sup> 그러나 대형 모델을 완전히 대체하기에는 여전히 기술적 한계가 존재한다. 초거대 모델은 방대한 지식 커버리지와 복잡한 추론 연쇄 능력을 제공하는 데 강점을 가지므로, 고도의 분석이나 심층적인 사고 과정이 필요한 작업에서는 대형 모델이 필수적이다. 따라서 AI 기술의 향후 발전 방향은 대형 모델의 필요성을 인정하면서도, 이를 보다 효율적으로 활용하는 방법을 모색하는 데 초점이 맞춰지고 있다. 이와 관련하여 가장 주목받는 연구 사례 중 하나는 대형 모델의 지능을 경량 모델로 전수하는 방식이다. DeepSeek 팀이 R1 모델을 통해 시도한 방식이 대표적이며, 학습 단계에서는 초거대 모델을 훈련한 후, 실서비스에서는 경량화된 모델을 활용하여 에너지 소비를 줄이는 구조를 적용했다. 실제로 DeepSeek는 대형 MoE 모델을 훈련한 후, 70B, 32B 등의 경량 모델로 분할하여 공개했으며, 이 모델들은 OpenAI의 소형 모델들과 비교해도 성능 면에서 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 효율성과 성능을 동시에 확보한 사례로 평가되며, 향후 AI 모델 개발에서 중요한 방향성을 제시하고 있다.<sup>47)</sup>

**분산 에지 디바이스** | 데이터 생성 지점인 네트워크의 에지(edge)에서 데이터를 수집하고 처리하는 장치들을 의미한다. 이러한 디바이스는 사물 인터넷(IoT) 센서, 비디오 감시 카메라, 스마트폰, 인터넷에 연결된 가전제품 등 다양한 형태로 존재하며, 중앙 데이터 센터나 클라우드로 데이터를 전송하기 전에 로컬에서 실시간 분석과 처리를 수행한다.<sup>48)49)</sup>

## RAG의 적용을 통한 작은 모델에서의 성능 발전

LLM 모델의 성능 향상을 위한 또 다른 중요한 접근법으로 RAG(Retrieval-Augmented Generation) 기술이 주목받고 있다. RAG는 외부 데이터베이스와 연계하여 AI 모델이 최신 정보에 접근하고 보다 정확한 답변을 생성할 수 있도록 지원하는 방식으로, 모델 크기를 키우지 않고도 정보 검색과 추론 성능을 개선할 수 있는 방법이다. 특히, 소형 모델의 한계를 보완하고 모델의 효율성을 극대화하는 데 효과적인 기술로 평가된다.

RAG의 가장 큰 장점은 LLM의 환각(Hallucination) 문제와 지식 한계 문제를 보완할 수 있다는 점이다. 기존 LLM은 훈련 데이터에 의존하여 지식을 생성하는 방식이므로, 새로운 정보를 포함하지 못하거나 사실과 다른 내용을 생성하는 문제가 발생할 수 있다. 이에 따라 최신 정보를 반영할 수 있는 RAG 기술이 도입되면서, AI 모델이 질문에 답하기 전 관련 문서를 검색하고 해당 내용을 참조한 후 응답을 생성하는 방식이 표준화되고 있다.<sup>50)</sup> 대표적으로, OpenAI의 o3-mini 모델은 실시간 웹 검색 기능을 활용하여 최신 정보를 반영하는 구조를 갖추고 있다. 이를 통해 자체 파라미터 지식만으로 대응하기 어려운 최신 트렌드나 시시각각 변하는 정보에도 대응할 수 있는 능력을 확보했다. 또한, RAG의 효율성을 극대화하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 예를 들어, 문맥 선택 알고리즘과 압축 기법의 발달을 통해 검색된 정보의 품질을 높이는 기술이 주목받고 있다. 최근 NeurIPS 2024에서는 RankRAG라는 새로운 방식이 소개되었는데, 이는 AI 모델이 검색된 문맥을 랭킹화하여 최적의 정보를 선별하도록 설계된 접근 방식이다.<sup>51)</sup> 기존에는 검색된 모든 문서를 동일한 가중치로 활용했지만, RankRAG는 모델이 보다 정확한 정보를 우선적으로 활용할 수 있도록 하여 응답의 신뢰도를 높인다.

또한, RAG의 처리 효율을 극대화하기 위해 벡터 임베딩을 활용한 극한 압축 기술(xRAG)도 도입되고 있다. xRAG는 검색된 문서의 핵심 내용을 한 토큰 단위로 요약하여 AI 모델이 보다 적은 연산량으로 동일한 정보를 활용할 수 있도록 한다.<sup>52)</sup> 이를 통해 기존 RAG 대비 검색된 문서의 활용도를 증가시키면서도, 연산량을 3.5배 절감하는 효과를 거두었다. 이러한 기술들은 모델의 성능을 유지하면서도 전력 소비를 줄이고 AI 모델의 지속 가능성을 확보하는 데 기여하고 있다.

〈표 4〉 전세계 주요 LLM 모델명과 아키텍처 및 특징

모델명	파라미터수	아키텍처 및 분류	주요특징	성능 및 활용분야
GPT-3.5	175B	Transformer 기반 LLM	텍스트 기반 언어 모델	다양한 자연어 처리 작업에 활용되며, GPT-4에 비해 컨텍스트 창 크기가 작고(2048 토큰) 다중 모달 입력을 지원하지 않음.
GPT-4	비공개	Transformer 기반 초거대 LLM	텍스트 및 이미지 입력을 처리하는 멀티모달 모델, 최대 32,768 토큰의 컨텍스트 창 지원	이전 버전보다 향상된 언어 이해 및 생성 능력을 보이며, 더 긴 문서 처리와 이미지 기반 입력에 대한 우수한 성능을 제공함.
GPT-4 Turbo	비공개	Transformer 기반 초거대 LLM	GPT-4의 경량화 버전으로, 비용 효율성과 응답 속도를 향상시킴	GPT-4 대비 비용 효율성과 응답 속도가 향상되어 실시간 애플리케이션에 적합함.
DeepSeek-V3	비공개	MoE 기반 초거대 LLM	MoE 아키텍처를 활용하여 효율적인 자원 사용과 성능 향상을 달성	기술적 추론 및 프로그래밍 작업에서 우수한 성능을 보이며, 비용 효율성이 높음.
DeepSeek-R3	비공개	밀집(dense) 모델 기반 LLM	밀집 모델로서, 다양한 자연어 처리 작업에서 안정적인 성능을 제공	다양한 자연어 처리 작업에서 우수한 성능을 발휘함.
Gemini 2 27B	27B	Transformer 기반 sLLM	구글의 경량화된 오픈 모델로, 다양한 배포 옵션 지원	동일한 크기의 다른 오픈 모델보다 우수한 성능을 보이며, 모바일, 웹, 클라우드 등 다양한 플랫폼에 쉽게 배포 가능함.
Gemini 2 9B	9B	Transformer 기반 sLLM	구글의 경량화된 오픈 모델로, 다양한 배포 옵션 지원	성능과 효율성의 균형을 이루며, 다양한 자연어 처리 작업에 활용 가능함.
o3-mini	8-13B	Transformer 기반 sLLM	OpenAI의 경량화된 모델로, 최적화 및 특화 설계를 통해 효율성 향상	경량화된 모델로서, 전력 소비와 탄소 배출을 줄이면서도 다양한 자연어 처리 작업에서 경쟁력 있는 성능을 제공함.

출처 : 각 운영 홈페이지를 토대로 저자 작성

### 3. AI의 기후변화 대응 활용 확대 사례

#### 에너지 생산·활용 효율성 향상을 위한 AI 도입

AI 기술은 기후변화 대응을 위한 핵심 도구로 자리 잡으며, 특히 에너지 생산과 활용의 효율성을 극대화하는 데 중요한 역할을 하고 있다. AI는 방대한 데이터를 실시간으로 분석하고 최적의 의사결정을 지원함으로써, 재생에너지 발전의 간헐성을 보완하고 에너지 시스템 운영을 최적화하는 데 기여한다.

대표적인 사례로 태양광 발전소의 운영 최적화를 들 수 있다. 태양광 발전은 기상 조건에 따라 발전량이 급격히 변동하는 특성이 있는데, AI 기반 예측 모델은 과거 기상 데이터와 실시간 관측 정보를 결합하여 발전량을 보다 정밀하게 예측할 수 있도록 한다. 이를 통해 전력망의 안정성을 높이고, 불필요한 발전 용량 확보를 최소화하여 효율성을 극대화할 수 있다. 예를 들어, IBM이 개발한 태양광 패널 이상 탐지 AI 시스템은 95% 이상의 정확도로 결함 패널을 식별하여 유지보수 작업을 최적화하고, 발전소 가동 중단을 최소화하는 성과를 거두었다.<sup>53)</sup> AI는 태양광 발전의 효율성을 높이는 데 그치지 않고, 고온 태양열 발전 기술에도 적용되고 있다. 예를 들어, Heliogen는

AI 기반 컴퓨터 비전 기술을 활용하여 수천 개의 거울 배열(헬리오스탯)을 정밀하게 제어함으로써 태양광을 한 점에 집중시키고, 섭씨 1,000도 이상의 초고온 태양열 발전을 구현하는 데 성공했다.<sup>54)</sup> 이는 기존 상용화된 태양열 발전 최대 온도(섭씨 약 565도)를 뛰어넘는 성과로, 시멘트·철강 등 산업 공정에서 화석연료를 대체할 수 있는 가능성을 제시했다. 미국 에너지부 또한 2024년 ArgoPV 프로젝트에 AI 기반 태양광 패널 운영 최적화 기술을 도입하여, 패널 제작·운영·노후화 데이터를 학습하고 발전량을 극대화하는 연구를 진행 중이다.<sup>55)</sup>

발전량 예측과 스마트 그리드 분야는 재생에너지의 간헐성 문제를 극복함에 있어서 AI의 활용성에 주목하고 있다. AI는 방대한 기상 데이터와 실시간 운영 정보를 학습하여 태양광·풍력 발전량을 정교하게 예측하고, 전력 수요 패턴까지 고려한 그리드 최적 운영을 가능하게 한다. 유럽연합(EU)의 Smart4RES 프로젝트는 차세대 AI 예측모델을 개발하여 재생에너지 발전 예측 정확도를 30% 향상시켰으며, 이를 통해 전력망 운영의 효율을 높이고 화석연료 예비력 의존도를 줄일 것으로 기대되고 있다. 호주의 국책기관 ARENA가 지원하는 한 지역 스마트 마이크로그리드 실증사업에서도 태양광 및 배터리로 구성된 지역 전력망에 AI를 도입해 수요와 공급을 실시간 매칭한 결과, 에너지 낭비를 15% 감소시키고 전력 공급 신뢰도를 향상시켰다.<sup>50)</sup> 영국과 미국 등의 송전 운영기관 또한 전력망의 안정도를 높이기 위해 AI를 활용한 수요 예측 및 부하 조정 기술을 시험 중이다. AI는 과거 전력 수요·공급 데이터를 바탕으로 수분 단위까지 세분화된 예측을 제공하고,<sup>56)</sup> 예측된 재생에너지의 잉여 혹은 부족분에 맞춰 수요반응(Demand Response)이나 저장장치 제어를 수행한다. 이를 통해 잉여 전력은 저장하거나 추가 부하에 공급하고, 부족 시에는 사전 대비하여 그리드 안정화 비용을 절감할 수 있다. AI가 가져온 높은 정확도의 발전량 예측과 자동화된 그리드 제어 덕분에, 일부 지역에서는 재생에너지 수용 가능 비율이 크게 확대되고 있다.<sup>57)</sup>

한편, AI는 에너지 저장 시스템(ESS, Energy Storage System) 운영을 최적화하는 데에도 중요한 역할을 하고 있다. 태양광 및 풍력 발전의 출력 변동성을 완충하는 배터리 시스템에서 AI는 충방전 스케줄을 최적화하여 에너지 활용도를 극대화하고, 필요할 때 신속하게 방전하여 전력 품질을 유지하는 기능을 수행한다. 스탠퍼드 대학 연구에 따르면, AI 기반 충방전 최적화 시스템을 적용한 ESS는 에너지 낭비를 15% 줄이고, 전력망 신뢰도를 20% 이상 향상시킬 수 있는 것으로 분석되었다. 테슬라는 자사의 ESS 제품인 Powerwall 및 Powerpack에 머신러닝 제어 소프트웨어를 도입하여 배터리 수명을 연장하고 에너지 효율을 극대화하는 방안을 구현하고 있다. 이러한 AI 기반 저장시스템은 아프리카 등지의 오프그리드(Off-Grid) 지역 전력망에 도입되어 24시간 전력 공급을 지원하고 있으며 케냐의 한 마을에서는 태양광-배터리 하이브리드 시스템에 AI 제어를 적용한 후 정전 발생이 30% 감소하여 지역 생활 수준이 크게 향상되기도 하였다.<sup>50)</sup>

〈표 5〉 주요 기업의 데이터센터 에너지전환 전략 및 실행 사례

국가/기업 및 프로젝트	내용
구글 딥마인드 (Google Deepmind)	• 미국 내 풍력 발전설비를 대상으로 AI 예측 시스템을 적용, 36시간 선행 <b>발전량 예측</b> 을 통해 풍력 전력의 시장 가치를 약 20% 제고
테슬라 (TESLA)	• 호주, 미국, 유럽 등지에서 대규모 배터리 저장소를 구축하고 AI(Autobidder)를 통해 실시간 <b>전력 거래 및 그리드 주파수 제어</b> 를 수행. 이를 통해 재생에너지의 효과적인 <b>활용과 전력망 안정화</b> 에 기여
헬리오젠 (Heliogen)	• 태양광 집열 발전(CSP: Concentrated Solar Power)의 스타트업으로, <b>AI로 거울 패널을 정밀 제어</b> 하여 1,000℃ 이상의 <b>고온 달성</b> 기술 상용화 • <b>시멘트, 공장, 광산 등 산업현장에 도입</b> 을 추진하고 있으며, 화석연료 대체 및 그린 수소 생산에도 응용
파키스탄 농촌 태양광 프로젝트	• 아시아개발은행(ADB)의 지원 하에 저소득 농촌 지역에 AI최적화된 <b>태양광-배터리 시스템</b> 을 도입한 사례로, 가구당 <b>에너지 비용을 40% 절감</b> 하여 에너지 접근성을 높이고 지역 주민의 생활여건 개선

출처: IEA(2023), Ira Rahul Sapre(2024), SolarPACES(2021) 기반 저자 재구성



## 기후변화 적응을 위한 AI 활용

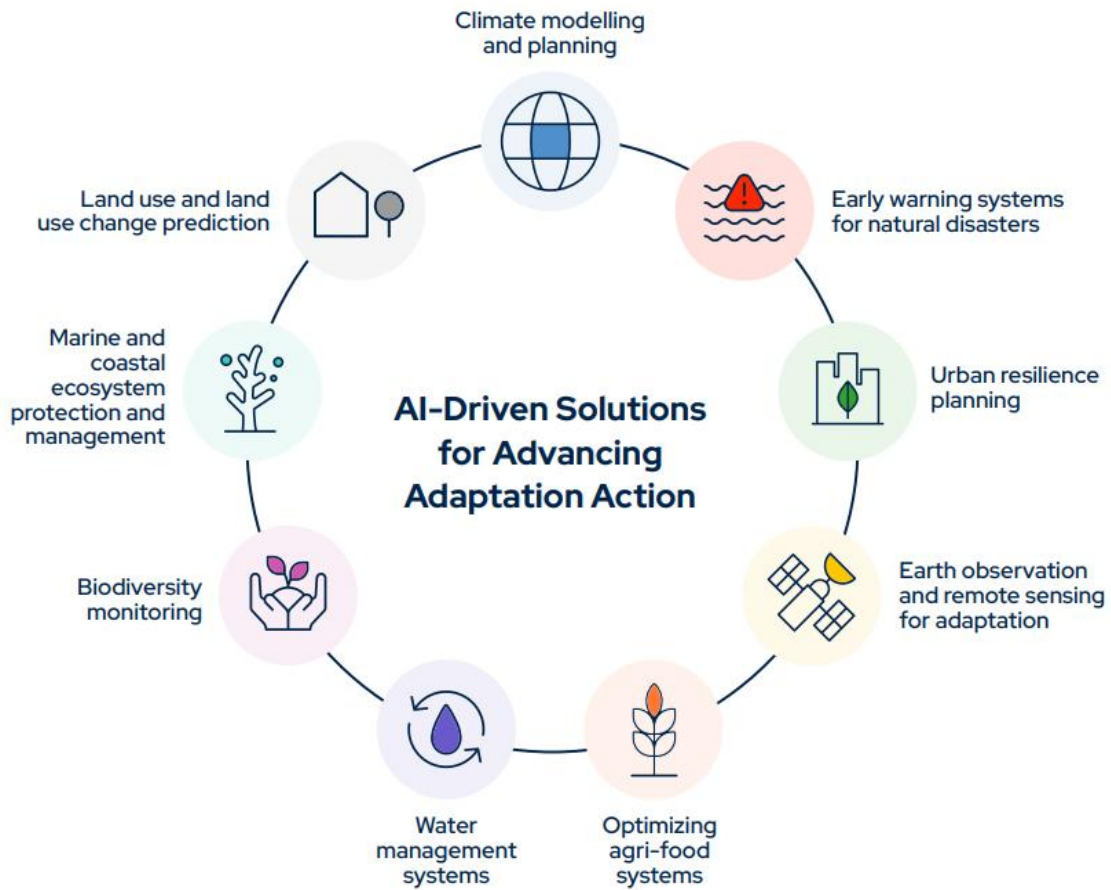
AI는 온실가스 배출 저감뿐만 아니라 기후변화 적응을 위한 필수적인 기술로서 역할을 확대하고 있다. 기후변화로 인해 극단적인 기상이변이 빈번해지면서, AI는 기후 리스크를 사전에 예측하고, 재난 대응 체계를 강화하는 데 활용되고 있다. AI는 대규모 기후 데이터를 분석하여 위험 요소를 식별하고, 실시간 기상 정보를 활용해 기후 재난의 피해를 최소화하는 데 기여하고 있다.

대표적으로 AI 기반 기상 예측 기술이 급격히 발전하고 있다. 기상 예측 모델은 대량의 위성 데이터, 대기 및 해양 관측 데이터를 AI 알고리즘에 학습시켜 예측 정확도를 개선하는 방식으로 운영된다. 예를 들어, 유럽연합(EU)은 AI 기반 지구 디지털 트윈 프로젝트인 Destination Earth(DestinE)를 개발하여 기후변화에 따른 극단적 기상 현상을 시뮬레이션하고 미래 기후 리스크를 분석하는 데 활용하고 있다.<sup>58)</sup> 해당 프로젝트는 AI와 고성능 컴퓨팅(HPC)을 결합하여 태풍, 홍수, 가뭄 등 자연재해의 발생 가능성을 예측하는 것이 목표이다. 2024년 6월 핀란드 LUMI 슈퍼컴퓨터 센터에서 첫 단계가 공개되었으며, 2030년까지 완전한 지구 디지털 복제본 구축을 목표로 연구가 진행 중이다. 기상 예측 분야에서 AI의 성과는 실질적인 재난 대응 효과로 이어지고 있다. 유럽 중기 기상예보 센터(ECMWF)는 AI 기반 기상 예측 모델인 Artificial Intelligence/Integrated Forecasting System(AIFS)을 개발하여 기존 물리 기반 기상 모델보다 예측 정확도를 20% 이상 향상시켰다.<sup>59)</sup> 특히, AIFS는 열대저기압의 경로를 12시간 앞서 정확하게 예측할 수 있는 것으로 나타났다. 기존 기상 예측 모델 대비 약 1,000배 적은 에너지를 소비하면서도 동등한 성능을 발휘하는 것이 특징이다. 2024년 9월 유럽에서 발생한 기록적인 폭우와 홍수를 AIFS 모델이 사전에 예측하여, 신속한 대응을 가능하게 한 사례도 보고되었다.

AI는 태풍 경로 예측 및 피해 최소화에도 활용되고 있다.<sup>60)</sup> 2024년 7월 대만을 강타한 태풍 개미(Gaemi)는 8년 만에 가장 강력한 폭풍으로 기록적인 폭우를 동반했다. 당시, AI 모델이 태풍 상륙 8일 전 1.8m 이상의 폭우 가능성을 예측하여 대만 정부가 조기 경보를 발령한 바 있다. AI는 ECMWF의 딥러닝 모델, Nvidia의 FourCastNet, Google의 GraphCast, 화웨이의 Pangu-Weather 등 다양한 기상 AI 모델을 활용하여 태풍의 이동 경로와 강도를 예측했으며, 이후 태풍 Bebinca의 경로 예측에도 동일한 AI 모델이 활용되었다. 현재 대만 정부는 Nvidia와 협력하여 AI 기반 태풍 이미지 예측 모델인 CorrDiff를 개발 중이며, 태풍 예측 정확도를 추가적으로 향상시키는 연구를 진행하고 있다. AI 기반 기후 예측 기술은 실제 방재 시스템과 연계하여 재난 피해를 예방하는 역할을 하고 있다. 예를 들어, AI는 강우량과 수위 데이터를 분석하여 홍수 위험 지역을 조기에 탐지하고, 위험도를 예측하여 해당 지역 주민들에게 사전 경보를 발송하는 시스템을 운영할 수 있다. AI를 활용한 스마트 방재 시스템이 도입된 일본과 미국 일부 지역에서는 홍수 피해 발생률이 30% 이상 감소한 것으로 보고되었다. 또한, AI는 가뭄과 산불 예측에도 적극 활용되고 있다. NASA와 구글은 위성 데이터를 AI에 적용하여 산불 발생 가능성이 높은 지역을 예측하는 연구를 진행하고 있으며, 이를 통해 산불 감시 및 예방 조치를 신속하게 시행하는 방안을 마련하고 있다.



〈그림 9〉 AI를 활용한 기후변화 적응 해법



출처:United Nations Industrial Development Organization (2024)

## 기후지능(AI for Climate) 실현을 위한 정부와 산업계의 협력

지금까지 살펴본 바와 같이 AI 산업의 폭발적 성장은 트럼프 2.0 정부의 '에너지 현실주의'를 위시한 글로벌 에너지 정책의 변화와 기후변화 대응에 상충하는 주요 현안으로 대두되고 있다. 지금까지 데이터센터 확산에 따른 전력 소비 급증과 탄소 배출 문제, 그리고 이를 해결하기 위한 다양한 기술적 혁신 사례들을 통해 AI와 탄소중립이 공존할 수 있는 방안들을 살펴보았다. 이러한 맥락 속에서 우리나라 정부와 산업계가 AI 산업의 지속가능성을 확보하기 위해 추진 가능한 전략적 방안을 제안하고자 한다.

### 1. AI 산업의 지속가능성 강화를 지원하기 위한 AI-기후 융합 분야 기술개발 투자 확대

AI 산업과 기후정책의 충돌에 따른 현재와 미래의 문제를 비용효율적으로 해결하기 위해, 각국의 기후 정책과 산업 전략에서 AI와 기후기술의 융합이 점차 중요한 요소로 자리잡고 있다. 이에 따라 기술선도국들은 AI를 활용한 기후변화 대응 기술 개발을 국가 전략의 핵심 과제로 선정하고 연구개발(R&D) 투자를 확대하고 있다. 한편, 구체적인 현황을 살펴보면, 국가별 AI-기후기술 융합 R&D 투자 패턴은 각국의 정책적 우선순위와 산업 구조에 따라 상이하게 나타난다. 전체 AI R&D 중 기후변화 대응에 투자하는 비율은 유럽(9.5%), 한국(6.6%), 미국(6.1%), 일본(3.9%) 순으로, 연구 비중에서는 유럽이 선도적인 위치를 차지하고 있다. 일본의 경우 AI R&D 투자 규모는 가장 크지만 그 중 대부분을 타 산업 분야에 할당하고 있다. 한국은 적응 부문(2.0%)에서 상대적 우위를 보이며, 감축 부문(4.6%)에서도 미국과 유사한 수준의 투자를 유지하고 있다. 좀 더 자세히 들여다보면, 한국의 AI-기후기술 연구개발은 에너지 생산보다는 에너지 수요 관리와 효율성 향상에 집중하는 경향이 뚜렷하다. 에너지 생산(10.4%) 관련 연구 비중은 글로벌 평균(약 50%)보다 현저히 낮은 반면, 수요 관리(44.9%)와 효율성 향상(11.2%)에 대한 관심은 매우 높다. 이는 높은 에너지 수입 의존도를 고려한 국가적 연구 방향성을 반영한다. 특히 기후변화 모니터링(9.0%) 관련 연구 비중이 타국 대비 4배 이상으로, 실시간 기후 데이터 분석과 리스크 대응 기술 개발에 상당한 투자가 이루어지고 있다. 최근에는 탄소중립 목표 달성을 위한 AI 기술 적용이 활발히 진행 중이며, 2024년도 국가 R&D 과제 분석에 따르면 '설명가능한 인공지능(eXplainable AI, XAI)' 기반 에너지 진단 프레임워크 연구가 주목받고 있다. 이는 AI 의사결정의 투명성을 확보하며 에너지 시스템을 최적화하는 접근법이다. 또한, 물리 기반 AI 모델을 활용한 전력망 최적화로 실시간 전력 수급 및 재생에너지 계통 연계 기술이 발전하고 있다.

이처럼 에너지 수요 관리와 효율성 향상이 한국 AI-기후기술의 핵심 축으로 자리 잡은 가운데, 이제는 AI를 활용한 기후 대응을 넘어 AI 산업 자체의 지속가능성을 확보하는 방향으로 기술 투자의 무게중심을 옮길 필요가 있다. 구체적으로, 정부와 산업계는 고효율 AI 기술 개발과 활용 확대를 위한 투자 전략을 수립해야 한다. AI 산업의 전력 소비 증가를 완화하는 가장 효과적인 방법 중 하나는 애초부터 에너지 효율성이 높은 AI 기술을 개발하는 것이다. 예를 들어, 신경모방칩(Neuromorphic Chip), 엣지 컴퓨팅(Edge Computing), 저전력 AI 프로세서 등 고효율 AI 기술에 대한 연구 투자 확대는 AI 산업의 에너지 집약도를 줄이고 지속가능한 기술 기반을 구축하는 데 기여할 수 있다. 글로벌 기업들은 이미 기존 데이터센터를 고효율 AI 하드웨어로 전환하여 모델 성능과 에너지 효율성을 동시에 개선하고 있으며, 이러한 방향의 R&D 투자는 앞으로 더욱 확대될 전망이다. 한편, 고효율 AI 관련

투자 확대의 실효성을 높이기 위해 산학연 협력 및 국제 협력 네트워크 구축이 병행될 필요도 있다. 국가 차원에서 대학, 연구기관, 기업 간 긴밀한 협력 모델을 구축하여 친환경 AI 기술 및 데이터센터 연구개발을 활성화해야 한다. 예를 들어, 미국의 원자력 컴퓨테이션 허브(Nuclear Computation Hubs) 모델과 같은 정부-기업-연구기관 간 협력 모델을 국내에도 적용함으로써 AI 기술과 탄소중립 기술의 시너지를 극대화할 필요가 있다. 또한, 주요 AI 선도국과 친환경 AI 및 데이터센터 관련 공동 연구를 추진하여 글로벌 기술 표준을 선도하고, 국제적인 협력을 강화하는 것이 전략적으로 중요한 과제가 될 것이다.

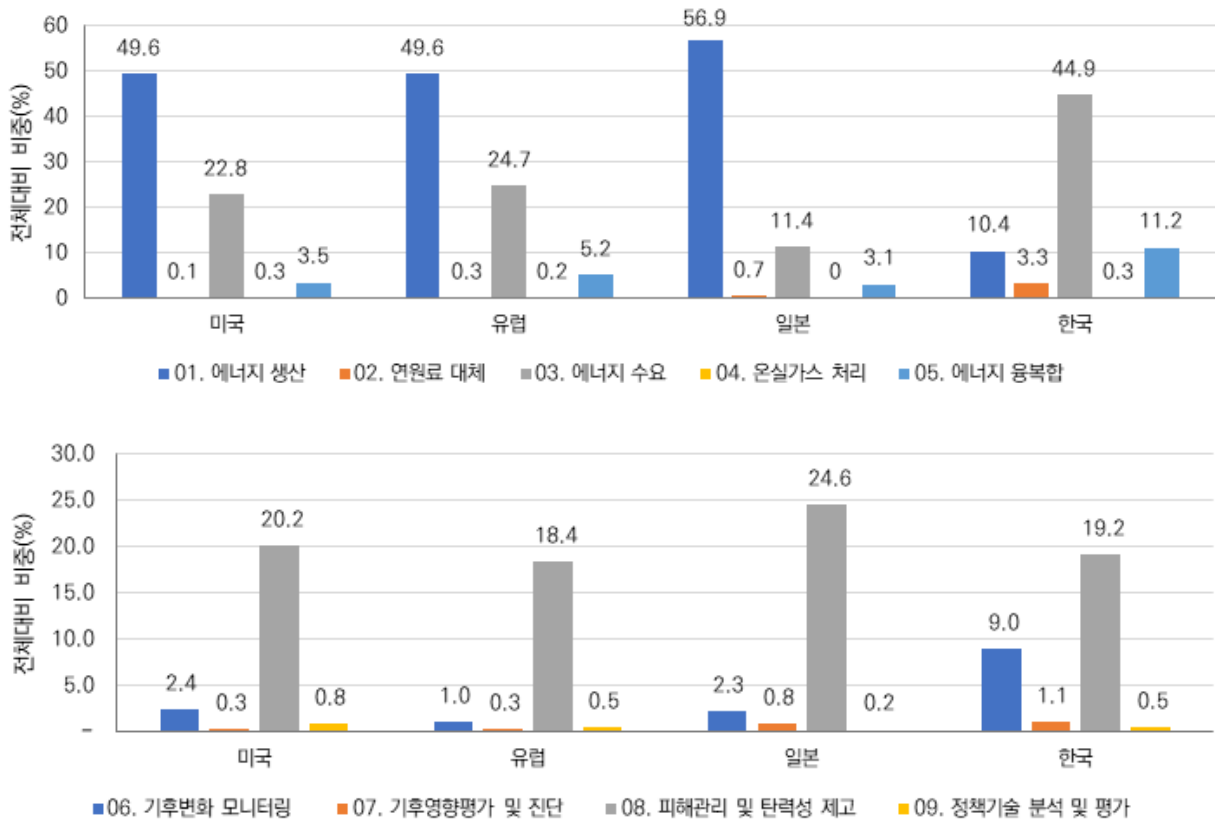
## 글로벌 AI-기후기술 융합 연구개발(R&D) 현황

〈표 6〉 글로벌 AI-기후기술 융합 R&D 현황(규모:건수, 국가별 DB 기준)

구분	타분야		감축		적응		합계	
	건수	%	건수	%	건수	%	건수	기후%
미국(NSF, '20-24)	37,160	93.9	1,833	4.6	570	1.4	39,563	6.1
유럽(CORDIS, '20-24)	10,986	90.4	926	7.6	234	1.9	12,146	9.5
일본(KAKEN, '20-24)	41,328	96.1	1,209	2.8	469	1.1	43,006	3.9
한국(NTIS, '20-23)	5,193	93.4	256	4.6	109	2.0	5,558	6.6
합계	89,474	94.5	3,968	4.2	1,273	1.3	94,715	5.5

출처: 국가별 웹페이지 제공 자료를 토대로 인공지능 전략로드맵 기술분류 및 정의, 기후기술 AI 분류모델을 과제정보에 적용하여 산출

〈그림 10〉 글로벌 AI-기후기술 융합 R&D 세부분야별 비중: 감축분야(상) 적응분야(하)



출처: 상동

〈표 7〉 글로벌 AI-기후기술 융합 R&D 현황(규모:건수, 국가별 DB 기준)

분야	사업명	과제명
에너지 생산	중소기업기술혁신	K-원전 수출을 위한 초거대 언어 모델 기반의 지능형 예측진단 시스템 개발
	연구산업육성	전산시뮬레이션 기반의 AI 알고리즘을 융합한 지능형 수차설계 SW 개발
에너지 효율	에너지수요관리 핵심기술	AI기반 공간 에너지 예측 및 자율 제어를 통한 건물에너지 효율 향상 기술 개발 및 실증
	자율주행기술개발 혁신사업	혼잡도로 주행 위험상황에 최적 주행행동 결정을 위한 강화학습형 자율주행 AI SW 기술 개발
		클라우드 기반 자율주행 AI 학습 SW 개발
		자율주행 AI 서비스 통합 프레임워크 개발
	기계장비산업기술	이차전지 양극재 소재 품질 연계 자율제어 시스템 및 공정 분석 장비 개발
	DNA활용탄소중립 에너지효율화핵심	복합 도메인의 에너지 수요 빅데이터를 활용한 설명 가능한 인공지능 기반 진단 및 분석 프레임워크 개발
	개인기초연구	자율주행을 위한 비전중심의 인지/예측 시스템 개발
	SW컴퓨팅산 업원천기술	엣지 디바이스에서의 상시 실시간 지능형 교통 감시 시스템
	창업성장기술	교통 혼잡문제를 해결하기 위한 실시간 신호제어 시스템 개발
		다중 이미지 입력 2D HPE 기술과 삼각정합을 융합한 3D HPE 기술 개발
		소셜 AGI 매칭 서비스 고도화 프로젝트
	스마트제조혁신기술	강마루 품질검사를 위한 지능형 비전 검사 시스템 개발
	이공학학술연구 기반구축	확률 분포 운송 문제의 확장성, 효율성, 안정성 향상을 위한 인공지능 연구 관측 노이즈에 강건한 심층 강화학습 기반 안전한 자율주행 판단에 관한 연구
온실가스 처리	디지털분야 글로벌인재양성	인공지능과 디지털 트윈 융합을 통한 스마트 이산화탄소 저장소 운영 혁신 글로벌 인력양성사업
에너지 융복합	이공학학술연구 기반구축	딥러닝 기반 사이버 위협 인텔리전스를 통한 스마트그리드 보안 위협 예측 및 대응 기술 불확실성을 내포한 전력시스템의 실시간 AC 최적 조류 계산을 위한 물리 법칙 인지 인공지능에 관한 연구
	개인기초연구	환경 친화적 캠퍼스빌딩 관리를 위한 AI 기반 에너지 관리 통합 솔루션

참고 : 본 고는 탈탄소 및 에너지 현실화 관련 감축기술만 다루었으나, 적응분야에서도 다양한 연구가 활발히 진행 중임

## 2. AI 산업의 기후책임 강화를 유도하기 위한 법제도 및 정책적 노력 확대

앞서 EU의 AI법 제정 과정을 조명한 바와 같이, AI 산업에서 글로벌 패권 경쟁이 심화하는 현 시점에 규제 성격의 법제 정비 및 정책 수립은 시기상조라는 우려의 목소리가 크다. 그러나 전세계적으로 AI 데이터센터 건설이 급격히 확산하고 있으며, 그 결과로 화석연료에 기반한 발전량 및 이에 따른 온실가스 배출량 증가에 경종을 울리는 목소리 또한 높아지고 있다. 이에 AI 산업이 탄소중립으로 대표되는 글로벌 기후정책과 공존할 수 있도록 뚜렷한 방향성을 제시하기 위해서는 국가 R&D 투자 확대와 같은 지원 수단뿐만 아니라 정부의 중장기적 목표와 이정표를 담은 정책 의사결정 또한 필수적이라 할 수 있다. 특히 전 세계적으로 확대 일변도인 AI 산업의 에너지 소비와 탄소 배출을 현행 AI 법제도 체계가 충분히 제어하지 못하는 현실을 감안할 때, AI 산업의 기후책임 강화를 요구하는 선제적이고 전략적인 대응의 마련은 국내 AI 산업계가 기후지능 분야를 선도하도록 유도할 수 있는 강력한 유인동기가 될 수도 있다.

AI 산업의 기후책임 강화를 유도하는 법제 정비는 산업계의 투명성과 책임성을 강화하는 방향에 초점을 맞출 필요가 있다. 구체적으로 EU의 AI법 제정 과정에 제기된 바와 같이, AI 시스템 운영 과정에서 발생하는 간접적인 탄소 배출 및 물 소비량과 같은 환경 요소까지 포함한 보고 의무를 강화하는 방안을 검토할 수 있다. 더 나아가 AI 모델 추론 단계에서 발생하는 실제 에너지 소비량을 투명하게 공개하도록 의무화하는 방안도 고려할 수 있다. 이와 같은 조치는 AI 산업의 환경적 책임성을 높여 지속가능한 기술 개발과 기업 행동을 유도하는 제도적 기반을 구축하고, 기업의 책임성 강화를 통해 실질적인 자원 관리 및 온실가스 배출 감축을 달성하는데 기여한다.

AI 산업계가 기후지능 도입에 투자를 강화할 수 있도록 정부의 정책 지원 또한 강화할 필요가 있다. 대표적으로 보조금 성격의 정부 투자 강화와 간접적인 정책 지원 사업의 이행을 검토할 수 있다. 예를 들어 정부 지원을 통해 AI 하드웨어와 칩의 재활용·재사용을 촉진하는 순환경제 모델을 도입함으로써 AI 산업의 자원 소비 구조를 지속가능한 방식으로 전환하도록 유도할 수 있다. 보다 거시적으로는 AI 데이터센터 운영의 지속가능성을 높이기 위해 데이터센터의 규모 및 입지 선정에 적극적으로 개입하는 방안을 고려할 수 있다. 이는 초대형 데이터센터(Hyperscale Data Centers) 및 재생에너지-ESS 기반 데이터센터의 장점에 기인한다. 구체적으로 초대형 데이터센터는 기존 소규모 데이터센터보다 에너지 효율성이 뛰어나며, 고밀도 서버랙을 활용해 동일한 공간에서 더 많은 연산을 수행할 수 있다. 초대형 데이터센터는 대규모 설비를 통해 전력 수급의 안정성을 확보하는 데 유리하며, 특히 재생에너지 생산지역 인근에 입지할 경우에는 효율성이 더욱 높아질 수 있다. 전국적으로 전력망 부족에 따른 출력제한(연평균 63억원<sup>61)</sup>) 및 송배전 과정에 발생하는 손실비용(2023년 기준 약 2.87조 원<sup>62)</sup>)이 연간 2.9조 원에 달하는 점과 전력망 확충을 위한 수용성 확보에 막대한 비용과 기간이 소요되는 점 등을 감안할 때, 정부가 초대형 AI 데이터센터의 입지 선정 및 에너지 공급 과정에 적극적으로 개입하는 등의 신규 정책 도입을 검토해볼 수 있다.

결론적으로, 규제적 접근과 기술적 접근을 병행하는 것이 AI 산업의 지속 가능한 성장과 탄소중립 목표 달성을 동시에 이루기 위한 현실적이고 효과적인 전략이다. 정부는 국제적인 AI 법제도 환경 변화에 선제적으로 대응하면서도, 산업계와 연구기관이 적극적으로 친환경 AI 기술과 인프라에 투자할 수 있도록 실효성 있는 지원 정책을 마련해야 한다. 이를 통해 AI 산업과 기후변화 대응과 상충하지 않고, 지속가능한 방향으로 발전할 수 있도록 유도해야 할 것이다.

〈표 8〉 글로벌 AI-기후기술 융합 R&D 현황(규모:건수, 국가별 DB 기준)

기후책임 강화 유도·지원 정책	법조항
AI-기후 융합기술 연구 발굴 및 지원	• 제19조(인공지능 융합 촉진)
AI 하드웨어 재활용·재사용, 초대형 데이터센터 구축 및 전력망 등 연계 입지 지원	• 제25조(데이터센터 관련 시책 추진)
탄소배출 및 물 소비량 보고 의무 강화 등 국제협약 대응·선도	• 제20조(제도개선 등) • 제22조(국제협력 및 해외시장 진출 지원)

출처: 저자 작성

## 참고문헌

- 1) Rhodium Group(2025), "Preliminary US Greenhouse Gas Emissions Estimates for 2024", 2025.03.14. 접속,  
<https://rhg.com/research/preliminary-us-greenhouse-gas-estimates-for-2024/>
- 2) EIA(2025), "Solar, battery storage to lead new U.S. generating capacity additions in 2025", 2025.03.14. 접속,  
<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=64586>
- 3) Carbon Brief(2024), "Analysis: Trump election win could add 4bn tonnes to US emissions by 2030", 2025.03.14. 접속,  
<https://www.carbonbrief.org/analysis-trump-election-win-could-add-4bn-tonnes-to-us-emissions-by-2030/>
- 4) BBC(2025.02.14.), "Modi hails US-India 'mega partnership' in Trump meeting", 2025.03.17. 접속,  
<https://www.bbc.com/news/articles/ckgylj77xz9o>
- 5) The Guardian(2025.02.05.), "Norwegian firm lobbying to open Rosebank oilfield halves green investments", 2025.03.17. 접속,  
<https://www.theguardian.com/world/2025/feb/05/norways-state-oil-firm-lobbying-to-open-rosebank-oilfield-halves-green-investments>
- 6) NBC(2025.04.09.), "Trump signs executive order to boost U.S. coal industry, in part to fuel artificial intelligence", 2025.04.14. 접속,  
<https://www.nbcnews.com/science/climate-change/trump-signs-executive-order-boost-us-coal-industry-part-fuel-artificial-intelligence-rcna200269>
- 7) Statista (2024b), "Leading countries by number of data centers as of March 2024". 2025.03.17. 접속,  
<https://www.statista.com/statistics/1228433/data-centers-worldwide-by-country/>
- 8) Luccioni, A. S. et al.(2023), "Estimating the carbon footprint of bloom, a 176b parameter language model," Journal of Machine Learning Research, 24(253), 1-15.
- 9) IEA (2024), 「Electricity 2024」
- 10) Microsoft (2024), 「Microsoft 2024 Environmental Sustainability Report」
- 11) Google (2024), 「Google environmental report 2024」
- 12) IEA (2024), 「World Energy Outlook 2024」
- 13) S&P Global (2024), "S&P Global Commodity Insights Releases its 2025 Energy Outlook"
- 14) Statista (2024a), "How Energy Intensive Are Data Centers?". 2025.03.17. 접속,  
<https://www.statista.com/chart/32689/estimated-electricity-consumption-of-data-centers-compared-to-selected-countries/>
- 15) 임팩트온(2022.04.14.), "구글은 어떻게 데이터센터를 100% 무탄소화 시키는가?", 2025.03.18. 접속,  
<https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=3839>
- 16) World Economic Forum (2025) "AI's energy problem: Why carbon removal can't wait". 2025.03.14. 접속,  
<https://www.weforum.org/stories/2025/02/ai-s-energy-problem-why-carbon-removal-can-t-wait/>
- 17) Microsoft, (2024) 「2024 Environmental Sustainability Report Data Fact Sheet」
- 18) Carbon Credit (2025), "Shell and Microsoft Are The Biggest Carbon Credit Buyers in 2024: What Projects Do They Support?". 2025.03.14. 접속,  
<https://carboncredits.com/shell-and-microsoft-are-the-biggest-carbon-credit-buyers-in-2024-what-projects-do-they-support/>
- 19) Reuters(2024), "Occidental's 1PointFive to sell carbon credits to Microsoft". 2025.03.14. 접속,  
<https://www.reuters.com/sustainability/occidentals-1pointfive-sell-carbon-credits-microsoft-2024-07-09/>
- 20) Reuters(2025), "Google signs deal to buy carbon removal credits from Indian farms". 2025. 03. 17. 접속,  
<https://www.reuters.com/technology/google-signs-deal-buy-carbon-removal-credits-indian-farms-2025-01-16/>
- 21) Investopedia. (n.d.). Carbon Credit, Investopedia News, 2025.04.09. 접속,  
[https://www.investopedia.com/terms/c/carbon\\_credit.asp](https://www.investopedia.com/terms/c/carbon_credit.asp)



- 22) CarbonCredits.com. (n.d.). The Ultimate Guide to Understanding Carbon Credits, CarbonCredits Home 2025.04.09. 접속  
<https://carboncredits.com/the-ultimate-guide-to-understanding-carbon-credits/>
- 23) 안승광. (2010). “탄소배출권과 탄소시장”, ESG 리뷰, vol.52, 26-35
- 24) Heinrich Böll Foundation(2024), “The EU AI Act and environmental protection: the case for a missed opportunity,” 2025.03.14. 접속,  
<https://eu.boell.org/en/2024/04/08/eu-ai-act-missed-opportunity>
- 25) 매일노동뉴스(2024), “COP29와 빅테크, 그리고 AI”, 2025.03.14. 접속,  
<https://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=224911>
- 26) IT Daily(2022.04.14.), “구글, 2030년까지 데이터센터 100% 탄소제로 에너지 사용”, 2025.03.18. 접속,  
<http://www.itdaily.kr/news/articleView.html?idxno=207544>
- 27) Greenium(2024.07.10.), “2024 환경보고서 공개, AI 탄소배출 증가에 대처하는 구글의 자세는?”, 2025.03.18. 접속,  
<https://greenium.kr/news/52937/>
- 28) DataCentre MAGAZINE(2023.06.12.), “atNorth continues Nordics expansion with sixth data centre”, 2025.03.18. 접속,  
<https://datacentremagazine.com/articles/atnorth-continues-nordics-expansion-with-sixth-data-centre>
- 29) NVIDIA(2023), “NVIDIA Corporate Responsibility Report Fiscal Year 2023”.  
<https://images.nvidia.com/aem-dam/Solutions/documents/FY2023-NVIDIA-Corporate-Responsibility-Report-1.pdf#:~:text=Data%20Center%20Sustainability%20In%20FY23%2C,centers%20in%20Finland%20and%20Taiwan>
- 30) 중앙일보(2024.10.24.), “아마존 위해 VA에 원자로 추가? 워싱턴 지역 핵발전소 반발 거세”, 2025.03.18. 접속,  
<https://news.koreadaily.com/2024/10/23/society/community/20241023145421709.html>
- 31) 기후에너지데이터뱅크(2024.12.02.), “아마존 등 북 빅테크, 무탄소에너지 공급 위해 SMR 투자 확대”, 2025.03.18. 접속,  
<https://edata.ekn.kr/article/view/ekn202412030001>
- 32) 머니투데이(2025.03.06.), “전력량 어마어마...고열 내뿜는 데이터센터, 바닷속에 짓는 이유”, 2025.03.18. 접속,  
<https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2025030415222873740>
- 33) John Roach(2020). “Microsoft finds undetwater datacenters are reliable, practical and use energy sustainability”, 2025.03.18. 접속,  
<https://news.microsoft.com/source/features/sustainability/project-natick-underwater-datacenter/>
- 34) Datacenterdynamics(2021.01.05.), “Project Natick: Microsoft’s underwater voyage of discovery”. 2025.03.18. 접속,  
<https://www.datacenterdynamics.com/en/analysis/project-natick-microsofts-underwater-voyage-discovery/>
- 35) Businesstoday(2024.06.25.), “Microsoft ends Project Natick, the experiment of placing big metal tubes under the sea”. 2025.03.18. 접속,  
<https://www.businesstoday.in/technology/news/story/microsoft-ends-project-natick-the-experiment-of-placing-big-metal-tubes-under-the-sea-434623-2024-06-25>
- 36) Steve solomon(2024.12.09.), “Sustainable by design: Next-generation datacenters consume zero water for cooling”. 2025.03.18. 접속,  
<https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-cloud/blog/2024/12/09/sustainable-by-design-next-generation-datacenters-consume-zero-water-for-cooling/?mscm=1>
- 37) Mercer, S., Spillard, S., & Martin, D. P.(2025), “Brief analysis of DeepSeek R1 and it’s implications for Generative AI”, arXiv preprint arXiv:2502.02523.
- 38) Guo, D., Yang, D., Zhang, H., Song, J., Zhang, R., Xu, R., ... & He, Y. (2025), “Deepseek-r1: Incentivizing reasoning capability in llms via reinforcement learning”. arXiv preprint arXiv:2501.12948.
- 39) OpenAI(2025), OpenAI o3-mini 설명글, 2025.03.12. 접속,  
<https://openai.com/index/openai-o3-mini/>
- 40) TechXplore(2024), “Shrinking AI for personal devices: An efficient small language model that could perform better on smartphones”, 2025.03.12. 접속,  
<https://techxplore.com/news/2024-11-ai-personal-devices-efficient-small.html#:~:text=,efficiency%20rather%20than%20the%20capability>

- 41) Aoki, G. (2024). "Large Language Models in Politics and Democracy: A Comprehensive Survey". arXiv preprint arXiv:2412.04498.
- 42) PIIE(2024). "AI's carbon footprint appears likely to be alarming", 2025.03.13. 접속,  
<https://www.piie.com/blogs/realtime-economics/2024/ais-carbon-footprint-appears-likely-be-alarming#:~:text=A%20recent%20study%20conducted%20by,exaggeration%20to%20say%20that%20many>
- 43) Li, B., Jiang, Y., Gadepally, V., & Tiwari, D. (2024). "Sprout: Green generative AI with carbon-efficient LLM inference". In Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, pp. 21799–21813.
- 44) Li, B., Jiang, Y., Gadepally, V., & Tiwari, D. (2024). 이하 동일
- 45) Hoffmann, G. D., & Majuntke, V. (2024). "Improving Carbon Emissions of Federated Large Language Model Inference through Classification of Task-Specificity". Hotcarbon'24, Santa Cruz, CA.  
<https://hotcarbon.org/assets/2024/pdf/hotcarbon24-final109.pdf>
- 46) PIIE(2024). 이하 동일
- 47) Mercer, S., Spillard, S., & Martin, D. P.(2025), "Brief analysis of DeepSeek R1 and it's implications for Generative AI", arXiv preprint arXiv:2502.02523.
- 48) Intel 홈페이지(n.d.) 엣지 컴퓨팅이란?, Intel, 2025.03.13. 접속,  
<https://www.intel.co.kr/content/www/kr/ko/edge-computing/what-is-edge-computing.html>
- 49) 한국정보통신기술협회 정보통신용어사전 (Telecommunications Technology Association (TTA)) (n.d.). 엣지 컴퓨팅 (Edge Computing). TTA 용어사전. 2025.03.14. 접속  
[https://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word\\_seq=180916-1](https://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=180916-1)
- 50) Medium(2025). "Building an Advanced Multilingual RAG System with DeepSeek LLM: A Complete Guide", 2025.03.13. 접속,  
<https://blog.gopenai.com/building-an-advanced-multilingual-rag-system-with-deepseek-llm-a-complete-guide-b29ccb0c3eaf>
- 51) Yu, Y., Ping, W., Liu, Z., Wang, B., You, J., Zhang, C., ... & Catanzaro, B. (2024). "Rankrag: Unifying context ranking with retrieval-augmented generation in llms." Advances in Neural Information Processing Systems, 37, 121156–121184.
- 52) Cheng, X., Wang, X., Zhang, X., Ge, T., Chen, S. Q., Wei, F., ... & Zhao, D. (2024). "xrag: Extreme context compression for retrieval-augmented generation with one token". arXiv preprint arXiv:2405.13792.
- 53) Ira Rahul Sapre(2024), 'The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Renewable Energy Efficiency: A case Study on Solar and Wind Energy Optimization'  
<https://chatgpt.com/c/67d7d44a-5648-8012-b15c-b42ef9e346c2>
- 54) SolarPACES(2021.06.15.), "Bill Gates-backed CSP "Sunlight Refinery" Heliogen Raises \$108 Million",  
<https://www.solarpaces.org/bill-gates-backed-csp-sunlight-refinery-heliogen-raises-108-million/#:~:text=In%20November%202019%2C%20Heliogen%20announced,of%20cement%2C%20steel%2C%20and%20petrochemicals>
- 55) The daily(2024.10.04.), "Case Western Reserve University-led research team awarded \$4M federal grant to develop ArgoPV&#8212;a generative AI to improve lifecycle of solar energy systems", 2025.03.12. 접속,  
<https://thedaily.case.edu/case-western-reserve-university-led-research-team-awarded-4m-federal-grant-to-develop-argopv-a-generative-ai-to-improve-lifecycle-of-solar-energy-systems/#:~:text=%E2%80%9CTaking%20advantage%20of%20our%20large,or%20how%20to%20increase%20lifetime>
- 56) IEA(2023.11.02.), "Why AI and energy are the new power couple", 2025.03.12. 접속,  
<https://www.iea.org/commentaries/why-ai-and-energy-are-the-new-power-couple>
- 57) IRENA(2019), "Artificial Intelligence and Big data", 2025.03.12. 접속,  
[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA\\_AI\\_Big\\_Data\\_2019.pdf#:~:text=,MIT%2C%202014](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf#:~:text=,MIT%2C%202014)

- 58) European Commission. (n.d.), Destination Earth (DestinE). European Commission. 2025.03.14접속  
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>
- 59) European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). (2025). "ECMWF's AI forecasts become operational" 2025.03.13. 접속  
<https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2025/ecmwfs-ai-forecasts-become-operational>
- 60) Tasnim News Agency(2024), "Taiwan Leverages AI to Predict Typhoon Paths with Growing Accuracy", 2025.03.18. 접속,  
<https://www.tasnimnews.com/en/news/2024/09/13/3157634/taiwan-leverages-ai-to-predict-typhoon-paths-with-growing-accuracy>
- 61) 투데이에너지(2024.10.14.), "전력망 부족, '출력제한' 손실 비용 500억원 넘어", 2025.04.15. 접속.  
<https://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=275446>
- 62) 한국전력, 제93호 2023년 한국전력통계.





# 트럼프 2.0 시대의 인공지능, 기후변화 대응과 상생하기 위한 정부-산업계 협력 방안

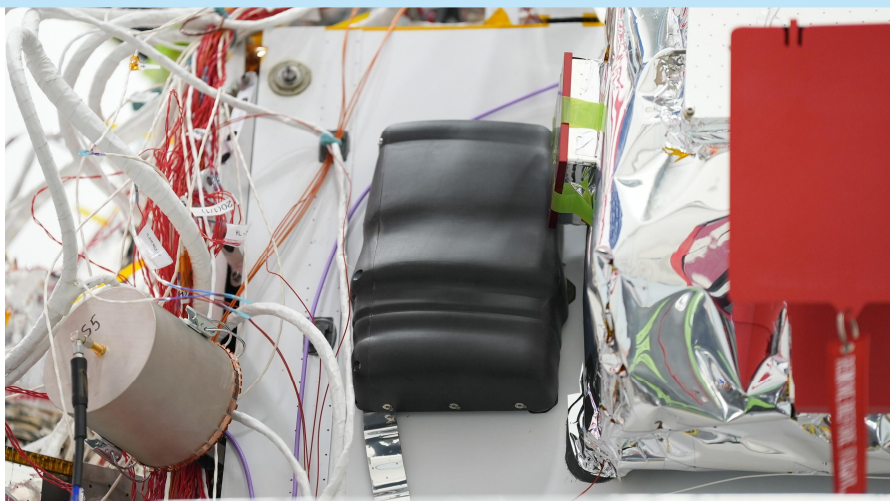
한세희 기자

## 천재지변 걱정 마요, 달에 데이터센터 짓는다

데이터센터는 넓은 부지를 필요로 하고, 전기와 물 역시 많이 소모한다. 그에 비해 고용 규모는 그다지 크지 않아 지역에서 환영받는 시설은 아니다. 그렇다면 데이터센터를 아예 달에 지으면 어떨까?

론스타데이터홀딩스라는 미국 스타트업이 달에 데이터센터를 만든다는 목표에 도전하고 있다. 달에 데이터센터를 짓는 가장 큰 이유는 데이터 백업과 보안이다. 지구에 있는 데이터센터가 손상을 입어도 달에 백업되어 있는 자료까지 망가질 확률은 낮다. 지상 네트워크를 거칠 필요 없이 우주에서 전용 지상국으로 바로 정보를 전송할 수도 있다. 우주 기반 데이터 스토리지와 통신 네트워크를 구축, 지상 데이터센터의 자료를 백업하고 복구하는 ‘서비스로서의 회복력’(RaaS, Resiliency as a Service)를 제공한다는 계획이다.

〈그림 1〉 달 데이터센터 장치 프리덤 출처 론스타데이터홀딩스



데이터 손실의 위험을 극적으로 낮춰준다는 점 외에도, 태양 에너지를 이용해 비용 걱정 없이 전력을 생산해 공급할 수 있다는 장점이 있다. 인류가 우주 개발에 본격적으로 나서면 현장에서 데이터를 더처리하기 위한 데이터센터 수요가 커질 수도 있다.

론스타데이터홀딩스는 지난 2월 미국의 민간 우주 스타트업 인튜이티브머신의 달 착륙선 아테나에 작은 책 크기의 데이터센터 장치 ‘프리덤’을 실어보냈다. 아테나는 3월 6일(현지시간) 달 남극에 착륙했으나, 독바로 내려앉지 못해 과학 임무 수행은 불가능한 상태로 판단된다.

하지만 달로 운행하는 도중 프리덤은 파일 업로드와 다운로드, 데이터 암호화와 해독, 인증 등 데이터 스토리지 및 재해 복구 테스트를 성공적으로 진행했다. 열악한 우주 환경에서도 안정적으로 작동하며 내구성을 입증했다.

또다른 미국 스타트업 스타클라우드스는 위성 기반 데이터센터를 만들고 있다. 필요에 따라 확장할 수 있는 모듈형 위성 디자인을 채택했다. 유럽연합은 지구 궤도에 데이터센터를 띄우는 기술에 대한 타당성 조사 결과를 지난해 발표했다.

지구와는 다른 우주 환경에 맞춰 장비의 내구성을 높이고 새로운 냉각 기술을 개발하는 것은 과제다. 지구의 데이터센터와 같은 탄소 배출 문제를 일으키진 않겠지만, 로켓 발사로 인한 탄소 배출을 충분한 수준으로 줄여야 환경 측면에서도 의미 있는 기술이 될 것이다.



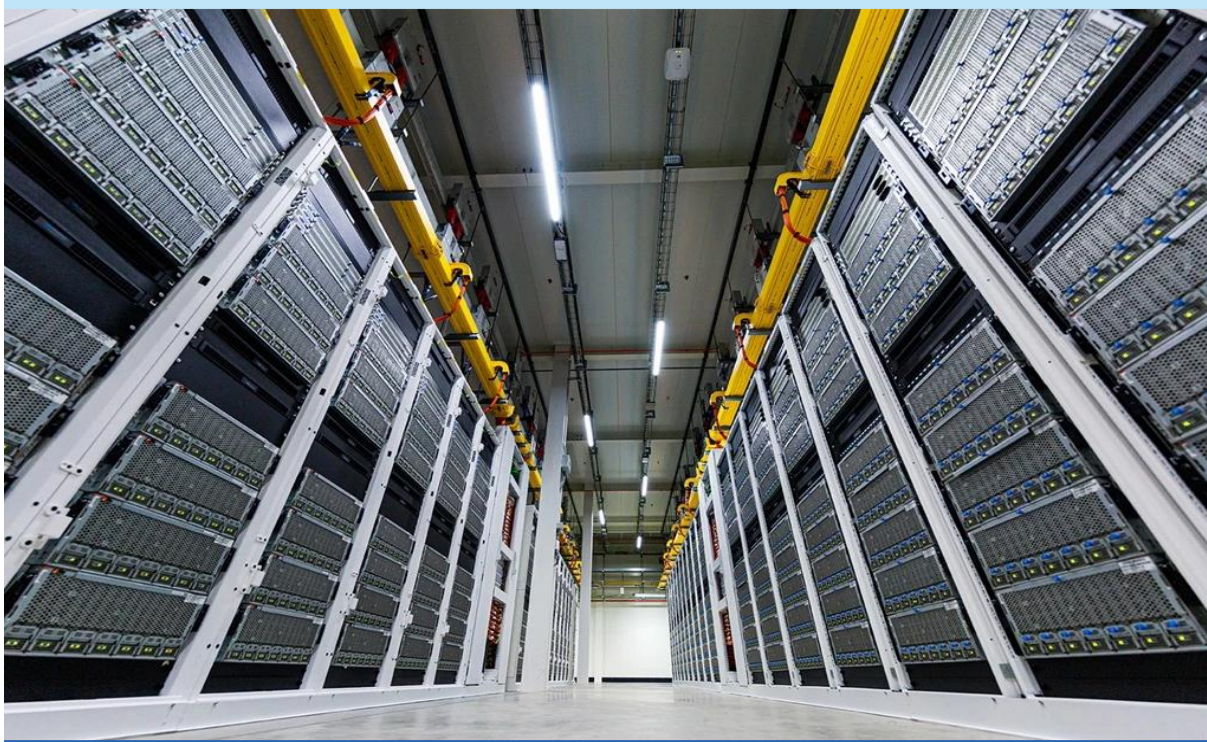
## 데이터센터 투자 발 빠는 마이크로소프트... AI 거품 꺼졌나?

마이크로소프트가 최근 데이터센터 투자 속도를 늦추는 모습을 보이고 있다. 데이터센터는 인공지능(AI) 모델 학습과 추론, 서비스를 위한 필수 인프라이다.

이 회사는 작년만 해도 160억달러를 투자, 미국과 유럽, 일본, 인도네시아 등 세계 곳곳에 데이터센터를 짓는다는 공격적 계획을 갖고 있었다. 챗GPT로 세계에 AI 열풍을 일으킨 오픈AI의 핵심 파트너로, 오픈AI 생성형 모델을 자사 클라우드에서 제공하는 마이크로소프트는 AI 수요의 실제 증감을 가장 정확하게 판단할 데이터를 가진 곳으로 여겨진다. AI의 거품이 빠지는 신호일까?

최근 외신 보도에 따르면, 마이크로소프트는 데이터센터 신규 건설 프로젝트를 중단하거나 진행을 늦추고 있다. 영국 런던과 캠브리지 지역 일대에 최신 엔비디아 칩을 써 데이터센터를 지을 계획이었으나, 부지 임대를 위한 협상을 얼마 전 중단했다. 미국 시카고 근처에 데이터센터를 짓기 위한 부지 공간 임대 논의도 중단됐다. GPU를 대량 구매해 클라우드 방식으로 임대하는 사업을 하는 코어위버는 마이크로소프트와 추가 물량 확보를 논의했으나, 이 역시 없던 일이 되었다.

〈그림 2〉 마이크로소프트 데이터센터 이미지 출처 마이크로소프트



또 마이크로소프트는 인도네시아 자카르타 외곽에 진행 중이던 데이터센터 캠퍼스 중 일부에 대한 건설을 보류했다. 미국 위스컨신주 마운트플레전트 데이터센터 확장 공사도 지연되고 있다. 위스컨신주 데이터센터는 투자 계획 발표 때 조 바이든 당시 대통령이 참석했으며, 이미 2억 6200만달러가 집행된 상태다. 데이터센터 사업자 어플라이드디지털은 마이크로소프트가 협상에 너무 많은 시간을 끌어 결국 거래를 포기하고 다른 기업과 데이터센터 사용 계약을 맺었다.

금융사 TD코웬은 “마이크로소프트가 미국과 유럽에서 철수한 데이터센터 프로젝트 규모가 2기가와트의 전력 용량에 해당한다”는 분석 보고서를 내기도 했다.

중국에서도 데이터센터 건설 붐이 일었다 빠르게 식고 있다. 챗GPT 열풍에 올라타 지역 정부마다 앞다퉀 데이터센터 건설에 나섰으나, 실적에 급급한 공무원들과 거품을 이용해 한몫 잡으려는 IT 기업인들의 만남은 과잉 투자와 부실한 결과로 이어졌다. 신규 데이터센터의 컴퓨팅 자원 중 80%는 사용되지 않고 있다는 말까지 나온다. 차이츄신 알리바바그룹홀딩스 회장도 최근 “데이터센터 건설에 거품이 끼었다”라며 “데이터센터 건설 속도가 AI 서비스 수요 증가보다 빠르다”고 경고했다.

〈그림 3〉 바이든 위스콘신 방문



이러한 움직임은 AI 수요가 기대만큼 높지 않고, 데이터센터 투자가 충분한 수익을 돌려주지 못한다는 뜻으로 풀이될 수 있다. 시장이 AI에 열광하는 동안에도 한편으로 갖고 있던 AI 거품에 대한 두려움을 촉발할 수 있는 소재다. 여기에 중국 덩시크가 적은 GPU 자원을 갖고 좋은 성능을 내도록 AI 모델을 훈련시킬 수 있음을 보여주었고, 도널드 트럼프 미국 대통령이 벌인 관세 전쟁이 세계 경제의 불확실성을 더하면서 투자 심리를 더욱 위축시키고 있다.

하지만 산업 전체로 보면 여전히 AI를 위한 데이터센터 투자는 활발하다고 볼 수 있다. 오픈AI는 소프트뱅크와 오라클 같은 기업들과 손잡고 앞으로 4년 간 5000억달러를 투자해 미국 내 AI 인프라를 확충하는 ‘스타게이트’ 프로젝트를 시작했다. 16개 주에 데이터센터를 건설할 예정이고, 이미 텍사스주에선 첫 데이터센터 건설을 위해 삽을 떴다. 메타가 올해 데이터센터 구축에 650억달러를 투자해 130만개의 GPU를 투입한다는 계획을 밝혔고, 프랑스 역시 AI 데이터센터 신규 구축을 위해 1090억유로를 투자한다.

세계에너지기구(IEA)는 2030년 데이터센터 전력 수요가 지금의 2배인 시간당 945테라와트로 증가할 것이라는 예측을 최근 내놓았다. 이는 일본 전체 전력 수요의 2배에 해당한다.

마이크로소프트나 중국의 행보는 이들이 처한 상황 때문으로 볼 수도 있다. 마이크로소프트와 오픈AI의 관계가 예전 같지 않다는 점도 한 이유다. 두 회사는 여전히 서로 협력하면서도 각자 AI 연구개발과 비즈니스를 추진하고 있다. 그간 오픈AI는 마이크로소프트 클라우드만 사용했으나, 앞으로 새 파트너인 오라클로 일부 전환할 가능성이 점쳐진다.

