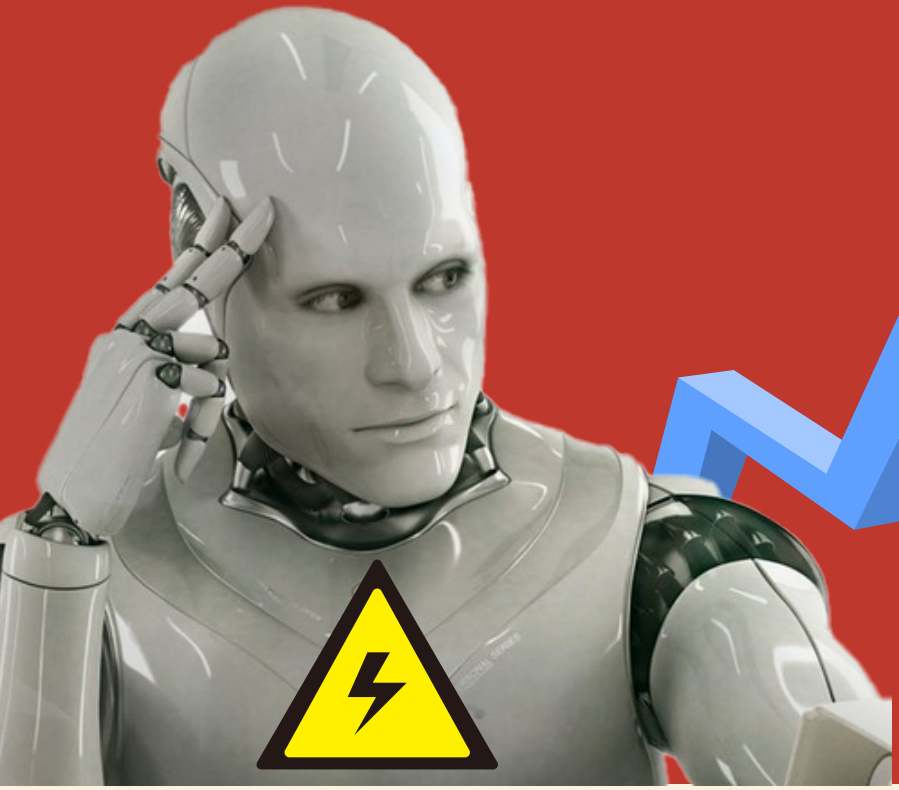
KISTEP ISSUE BRIEF 181

AI로 인한 전력 수요의 폭발적 증가와 대응방안



#준비하고 있습니까, 휴먼?
#전력공급 확대+에너지효율 혁신
#무탄소 전력기반 확보
#고효율 AI 반도체 개발

KISTEP 예비타당성조사1센터 김선교

KISTEP

KISTEP 브리프

AI로 인한 전력 수요의 폭발적 증가와 대응방안

2025.4.30. KISTEP 김선교 연구위원

요 약 문

□ 주요 내용

❍ AI 확산으로 인해 글로벌 데이터센터의 전력 수요가 향후 5~10년 내 두 배 이상 증가 전망

❍ AI 시대 전력 인프라는 단순한 에너지 공급 수단을 넘어 전략적 자산으로 부상

❍ 주요국은 전력공급 확대 + 에너지효율 혁신으로 국가 차원의 AI 인프라 대응 전략 추진

❍ 글로벌 기업들은 에너지원 다각화, AI 기반 전력 수요 예측 등으로 에너지 자립 추진

□ 결론 및 시사점

❍ AI 전력 문제는 기술 혁신, 전력 인프라 확충, 정책 유연성 등을 종합적으로 고려하여 대응

❍ 고밀도 전력 수요 증가에 대응하여 에너지-디지털 융합 정책을 체계적으로 추진

❍ 차세대 고효율 반도체 및 저전력 기술 혁신을 통해 지속가능한 디지털 인프라 구축

1 개 요

□ 인공지능(AI) 기술의 비약적 발전 및 확산은 전 세계적으로 전력 수요의 폭발적 증가를 초래하고 있으며, 전력공급 능력이 AI 혁신의 속도와 성패를 가늠하는 핵심 요소로 부상

❍ 글로벌 데이터센터 전력 수요가 향후 5~10년 내 두 배 이상 증가할 것으로 전망하며, 이로 인해 전체 전력 공급 중 AI 관련 인프라가 차지하는 비중이 급상승*

* 국제에너지기구(IEA)에 따르면, 전 세계 데이터센터의 전력소비량은 '22년 1% (460TWh) → '30년 2~3%로 급증 전망

❍ AI 모델의 에너지 효율, 재생에너지·원자력 활용, 전력망 업그레이드 등이 필수 해결 과제

□ 주요국은 AI 산업의 전력 수요 문제를 해결하기 위한 정책과 투자를 확대하고 있으며, 글로벌 ICT 업계는 지속가능한 AI 성장을 위한 에너지 자립과 효율화 전략을 다각도로 전개

□ 본 브리프에서는 AI·데이터센터 전력수요 증폭에 따른 미국, 중국, 유럽 등 주요국 정부의 정책·대응 전략과 함께 기술·산업·정책 동향을 살펴보고 정책적 시사점을 도출하고자 함

2 AI 모델의 진화·확장과 전력 소비 급증

□ AI 관련 컴퓨팅은 초대형 딥러닝 모델의 매개변수 폭증과 연산 집약적 학습 과정으로 인해, 기존 IT 워크로드 대비 훨씬 높은 연산 밀도와 전력 소모를 근본적으로 수반

○ △초대형 딥러닝 모델의 학습의 기하급수적 연산·전력 증가, △수억 명 대상 실시간 추론 확산, △고성능 AI 가속기의 높은 전력 특성, △효율 개선에도 총소비가 늘어나는 제본스 역설(Jevons Paradox), △ 24시간 가동·낮은 유휴율·낮은 지연시간 요구도 등은 AI 데이터센터의 전력 수요를 기존 대비 현저히 증폭

〈표 1〉 AI 데이터 센터의 높은 전력수요 유발 원인

구분	주요 내용
학습	- 딥러닝 모델의 규모가 폭발적으로 커지면서, 학습과정에서 요구되는 연산량과 전력량이 기하급수적으로 증가 ※ (사례) GPT-3(1,750억 매개변수) 한 번 학습에 약 1,287MWh가 소모되어 미국 가정 120가구 연간 전력량에 해당하며, GPT-4·5 등 후속 초거대 모델들은 이보다 더 큰 연산과 긴 학습과정을 요구
추론	- 과거에는 학습단계가 전력 소모의 '주된 부분'을 차지했으나, 최근 ChatGPT 등 초대형 모델 기반 서비스가 수억 명의 사용자를 대상으로 실시간 추론을 제공함에 따라 상시 전력 부하가 크게 증가 ※ (사례) ChatGPT의 연간 전력량은 226.8Gwh로 핀란드나 벨기에 같은 국가의 하루 전체 전력에 맞먹는 규모
전력밀도	- AI 연산을 담당하는 GPU/AI 가속기는 고성능·고전력 특성이 강해, 단일 칩당 소모 전력이 급증 ※ (사례) 수천 개 AI 칩이 탑재된 하나의 AI 서버랙은 50~100kW까지도 전력을 요구하며 기존 대비 수십 배 높은 수준
효율향상의 역설	- AI 전용 칩 등으로 연산효율이 향상되면 더 복잡한 모델을 훈련·추론하게 되면서 총 전력 소비가 증가 ※ (사례) 딥시크(DeepSeek) R1모델의 경우, 기존 대비 40% 높은 연산 효율 달성했으나, 의료/금융/제조 분야 적용 확대로 인해 데이터센터 전력 수요가 2025년 초 기준 70% 증가
기타요인	- 24시간 가동, 낮은 유휴율, 지연시간(Latency) 요구도가 낮아 '전력-성능 트레이드오프'가 어려운 점 등이 AI 데이터센터 전력 소모를 기존 대비 현저히 증가

□ 세계 주요 기관들은 공통적으로 AI 성장으로 데이터센터 전력 수요가 이미 기존 IT 영역 대비 훨씬 빠른 속도로 증가하고 있으며, 향후 5~10년 내에 정점이 올 것으로 예측

○ 국제에너지기구(IEA), 투자은행(골드만삭스, 모건스탠리 등), 컨설팅기업(맥킨지, BCG), 전문 리서치기관(SemiAnalysis), 정책기관(CSIS, RAND 등) 등은 공통적으로 AI 기술 도입이 본격화됨에 따라 데이터센터와 AI 인프라의 전력 소비가 향후 10년 내 2~3배 이상 폭증할 수 있다고 전망

〈표 2〉 인공지능 관련 글로벌 전력 수요 전망

구분	기준	현재 수요	예상 수요	성장률
국제에너지기구(IEA)	글로벌 데이터센터	460TWh(2022)	1,000 ~ 2,000TWh(2030)	117 ~ 335%
세미애널리시스(SemiAnalysis)	글로벌 AI 데이터센터	49GW(2023)	74 ~ 132GW(2028)	196%
보스턴컨설팅그룹(BCG)	글로벌 AI 데이터센터	60GW(2023)	127GW(2028)	212%
맥킨지(McKinsey)	글로벌 AI 데이터센터	55GW(2023)	171 ~ 219GW(2030)	311 ~ 398%
골드만삭스(Goldman Sachs)	글로벌 AI 데이터센터 (암호화폐 제외)	400TWh(2023)	1,040TWh(2030)	260%
전략국제문제연구소(CSIS)	미국 AI 데이터센터	4GW(2024)	84GW(2030)	2,100%

□ AI 서비스 및 인프라의 전력 수요 급증은 기술패권 경쟁의 필연적 귀결로 인식되나, 효율 혁신 속도·정책 유연성·자원 접근성 등 변수에 따라 실제 소비 추이는 ±30% 편차 가능성이 상존

❍ AI 전력 소비 문제는 기술 발전(하드웨어·소프트웨어 효율)부터 자원 공급(전력 인프라·반도체 제조), 제도적 요인(규제·투자), 사회적 수용성까지 여러 변수를 고려한 종합적 접근이 필요

❍ 슈나이더 일렉트릭의 AI-전력소비 4대 시나리오는 기술-사회 복합적 관계를 계량화한 접근법 제시

- '지속가능한 AI'는 친환경적·효율적 접근을 통해 탄소를 감축하면서도 발전을 지속하는 시나리오이며, '무제한 성장'은 빅테크 경쟁 속에서 규제 없이 전력 소비가 기하급수적으로 늘어나는 상황을 의미
- '성장 한계'는 각종 경제사회적 제약으로 AI 성장이 정체되는 상황이며, '에너지 위기'는 전력 공급의 한계로 인해 AI 인프라 전반이 심각한 위축을 겪는 시나리오를 의미

〈표 3〉 AI 전력 소비 시나리오별 개요 및 예측 지표(슈나이더 일렉트릭, 2024)

시나리오	주요 전제·가정	'30년 전력 소비 (TWh)	'35년 전력 소비 (TWh)	주요특징
지속가능한 AI	• 재생에너지·에너지효율 기술 우선 • AI와 전력망 상호보완 • 정부·기업의 녹색 투자 및 규제	620	785	• 재생에너지 및 에너지 효율 극대화 • AI와 전력망이 협력적·상호 보완적 구조 • 적절한 정책·투자로 혁신과 기후대응 조화
성장 한계	• 전력·반도체·데이터 부족 • 투자수익률(ROI) 불확실성, 규제 강화 • AI 확산 속도 제약	510	570	• 자원·제도적 병목으로 성장 둔화 • 대형 모델 투자 주저, 시장 확장 제한 • 서서히 정체되는 AI 전력 수요
무제한 성장	• 규제 대폭 완화, 시장 주도 • 대규모 인프라·하드웨어 투자 • AI 서비스 수요 폭발적 증가	880	1,370	• 규제 최소화로 폭발적 데이터센터 증가 • AI 서비스·모델 규모 기하급수적 확대 • 환경·사회적 격차 심화 가능성
에너지 위기	• 전력 수요가 과도하게 급등 • 전력망·공급망 대응 실패 • 전력가격 상승, 공급 불균형	670	190	• 초반 급증 후 전력 공급 부족으로 위기 • 전력 가격 급등 및 지역 간 불균형 심화 • AI 확장 자체가 급격히 축소·정체

□ 글로벌 전력 수요 증가가 일부 국가(미국, 중국)에 집중되며 데이터센터 규모가 빠르게 확장되고 있으며, 이에 따른 정책·규제와 시장 경쟁이 복합적으로 작용하면서 글로벌 이슈로 급부상

❍ 미국이 하이퍼스케일급 기준으로 전체 용량의 54%를 차지하고 있으며, 나머지 46% 중 상당 부분을 중국과 유럽(각각 16%, 15%)이 차지

- 미국의 아마존, MS, 구글 등 3대 클라우드 기업이 전 세계 하이퍼스케일 용량의 60%를 차지하고 있으며 본사가 위치한 미국 본토에 거대한 데이터센터 단지 조성
- 중국도 알리바바, 텐센트, 바이두 등 자국 빅테크가 AI 발전을 주도하면서 대규모 데이터센터를 중국 내에 건설하고 있으며, 미국의 재제 강화 이후 기술 자립을 위한 공격적 확장이 이어지는 추세

❍ 결과적으로 전 세계 데이터센터 에너지 수요 증가는 미국과 중국에 상당 부분 집중되고 있으며, 이는 두 국가가 기술적 우위와 거대 시장을 지녔으며 정책적으로도 대규모 데이터센터 구축을 추진하거나 용이하게 허용하고 있기 때문

3 산업·기업 동향

□ 인공지능(AI)의 폭발적인 확산으로 데이터센터 전력 수요가 급증하면서 관련 기업들은 전력 확보와 효율 개선을 위한 다층적 전략을 가속화

❍ 글로벌 IT 기업들은 AI 연산 수요 급증에 대응해 데이터센터 인프라 확장과 재생에너지·원자력 기반 전원 다각화를 추진하며, 권역(Region) 확대에 연간 수십억 달러를 투자

❍ 동시에 고효율 냉각기술(R&D), AI 기반 전력 수요예측, 스마트그리드 연계 운영, 고성능 저전력 반도체 개발 등을 통해 전력 효율과 연산 성능을 극대화하는 전략을 병행

□ (전력확보) 빅테크들은 데이터센터 입지를 전력망 우선 원칙으로 최적화하고, 재생에너지와 원자력을 결합한 장기 전력계약을 확대하며 안정적인 전력공급 기반 강화에 주력

❍ (미국) MS·아마존·구글 등 빅테크는 핀란드·펜실베이니아·워싱턴 등지에서 데이터센터 폐열 활용, 원전 PPA 체결, SMR 투자 등을 통해 AI 전력 수요에 대응하는 청정에너지 인프라를 선제적으로 구축 중

- MS는 무탄소 전력이 풍부하고 냉각에 유리한 항냉기후를 갖춘 북유럽에 12개 신규 데이터센터를 건설
- MS는 기존 펜실베이니아 원전과 837MW 규모의 20년 PPA 체결, 구글은 2030년까지 SMR 도입 계획, 아마존은 원전 기반 960MW 데이터센터 운영과 SMR 5GW 확보 추진

❍ (중국) 알리바바, 텐센트 등 중국 빅테크는 정부 정책 방향에 맞춰 서부 내륙에 풍력·태양광 기반의 친환경 데이터센터를 구축하고, 자가발전 및 마이크로그리드를 통해 재생에너지 비중을 빠르게 확대

- 알리바바는 내몽고, 귀주 등의 지역에 대규모 데이터센터를 운영하면서 자체적으로 풍력·태양광 발전을 연계하고 있으며 허베이·장베이에서는 지역 풍력으로 구동되는 중국 최초의 탄소제로 데이터센터 구축
- 텐센트 역시 산시(山西) 화이라이 지역에 66MW 규모의 풍력·태양광·배터리 결합 마이크로그리드를 구축해 인근 클라우드 데이터센터에 연간 7천만 kWh의 녹색전력을 공급

□ (에너지효율) 빅테크들은 급증하는 연산 부하에 대응해 데이터센터의 에너지 효율 극대화를 핵심 과제로 설정하고, AI 기반 냉각 제어, 침지식 액체냉각, 물 절약형 설계 등 고효율 기술을 적극 도입

❍ (미국) 구글, MS 등은 AI 기반 실시간 냉각 제어 및 무수(無水) 액체냉각을 통해 데이터센터의 에너지 및 물효율(WUE)을 개선하고, 고밀도 AI 연산 환경에서도 탄소발자국 최소화를 달성

- 구글은 AI를 활용해 냉각 전력소비를 평균 30% 감축했고, MS는 무수(Waterless) 침지냉각을 도입해 WUE를 0.49→0.30L/kWh로 39% 개선하며 해저센터 실험으로 서버 신뢰도를 8배 향상

❍ (중국) 알리바바, 텐센트 등 관련 기업들은 정부의 전력효율 규제 기준에 부응해 단일상 침지냉각, 지능형 에너지관리시스템, 모듈식 전력공급 등 최첨단 효율기술을 도입하며 운영효율을 향상

- 중국 정부는 외기냉방, 프리쿨링, 고전압직류(HVDC) 등 고효율 기술 도입을 의무화하고 있으며, 열에너지 저장, 야간냉수 시스템 등 부하 분산형 기술도 적극 도입 중

□ (AI활용) 재생에너지 간헐성, AI 연산 부하 증가 등으로 전력 수요 예측이 불확실해지는 가운데, 주요 기업은 AI 기반 기후인지형 예측 기술과 스마트그리드를 통해 전력망의 안정성과 유연성을 확보하는 데 주력

❍ AI 전력수요 증대로 인한 전력망 부담과 탄소 배출 증가를 완화시키는 탄소 인지 스케줄링*은 구글, MS, 아마존 등 미국 빅테크에서는 보편적으로 활용하는 방식으로 자리매김

* 컴퓨팅 작업을 전력 그리드의 탄소 배출 강도(carbon intensity)가 낮은 시간과 장소로 탄력적으로 이동하는 방식

❍ 중국은 국유 전력망 기업을 중심으로 AI 기반 실시간 부하예측 및 재생에너지 출력 조정 시스템을 구축하고 강화학습 기반 보조결정 시스템과 AI 조류(power flow) 계산, 무인 변전소 점검 등으로 스마트그리드 전환을 본격화

□ (반도체) AI 시대 전력 수요 관리의 한 축은 연산당 에너지 효율을 높이는 반도체 기술에 있으며, 주요 기업은 고성능·고효율 AI 칩 개발을 통해 전력 소비 최소화와 기술주권 확보에 동시에 대응 중

❍ (미국) 엔비디아, 인텔, 구글, 아마존 등 빅테크와 반도체 기업 중심으로 GPU, TPU, ASIC 기반의 고효율 AI 프로세서를 개발 중이며, 연산, HBM, 신경모방·광학칩 등 신소자 기술도 병행하여 AI 확산의 전력 수요 억제

- 또한, 스타트업 중심으로 Cerebras의 웨이퍼스케일 칩, Graphcore IPU 등 새로운 구조 기반의 AI 가속기를 통해 하드웨어 설계단계부터 전력 소모를 줄이는 방향으로 진화
- IBM은 데이터 이동 비용을 최소화하는 메모리 내 연산 기반 칩을 발표했고, 엔비디아·AMD 등은 고대역폭 메모리(HBM) 기술로 메모리 접근당 에너지 낭비를 절감하는 등 시스템 차원의 최적화도 병행

❍ (중국) 美 수출 규제를 계기로 자체 AI 칩 개발에 집중하여 Ascend, Cambricon 등 고효율 NPU 칩을 출시하고 있으며, 성능은 낮지만 PUE*이 높은 추론 중심 시장을 적극 공략

* PUE(전력 사용 효율성, Power Usage Effectiveness)는 데이터센터의 에너지 효율성을 측정하는 지표로 데이터센터에서 사용되는 총 전력량을 IT 장비가 실제로 사용하는 전력량으로 나눈 비율로 계산, 1에 가까울수록 효율적

- 알리바바 한광 800은 GPU 10개를 대체할 수준의 효율을 보였으며, 중국 정부는 효율 칩을 우선 과제로 지정하고 AI 칩 펀드를 조성, 서부 전력 여유지역에 AI 학습을 분산하는 전략도 병행

〈표 4〉 미·중 빅테크들의 인공지능 전력수요 폭증 대응 사례

구분	미국 사례	중국 사례
전력 확보	• (원전·SMR 기반 장기 전력계약) MS·AWS가 펜실베이니아 원전과 20년 PPA(수백 MW 규모) 체결, 구글은 SMR 도입 추진 • (입지 최적화) 전력망 접근성과 냉각에 유리한 기후(북유럽·워싱턴 등) 고려, 폐열 활용으로 에너지효율 강화	• (서부 내륙 재생에너지 활용) 풍력·태양광 발전이 풍부한 지역(내몽고·귀주 등)에 대규모 데이터센터 설립 • (자가발전·마이크로그리드) 알리바바·텐센트가 자체 풍력·태양광 발전 연계, 66MW급 풍력·태양광·배터리 결합으로 녹색전력 공급
에너지 효율 강화	• (AI 냉각 제어·무수 액체냉각) 구글은 AI로 냉각 전력소비 30%↓, MS는 침지냉각 도입해 물 효율(WUE) 39% 개선 • (해저센터 실험) MS가 해저 센터로 냉각 효율과 서버 신뢰도(8배↑)를 동시에 달성	• (침지냉각·외기냉방 의무화) 정부가 고전압직류(HVDC) 등 고효율 기술 도입을 권장 및 일부는 의무화 • (지능형 에너지관리·부하 분산) 야간냉수·열에너지 저장 시스템을 활용하고, 실시간 제어로 전력소모 최소화
AI 활용	• (탄소 인지 스케줄링) 컴퓨팅 작업을 탄소집약도 낮은 시간대·지역으로 분산, 전력망 주파수 안정화와 탄소 배출 감소에 기여	• (실시간 부하 예측·AI 보조결정) 재생에너지 간헐성을 고려한 전력 수급 관리 시스템 구축 • (스마트그리드 전환) 무인 변전소·AI 조류 계산 등 자동화 기술로 운영 효율 향상, 재생에너지 활용률 증대
반도체	• (고효율 AI 칩 개발) 엔비디아·인텔·구글·아마존이 GPU·TPU·ASIC 등을 개발해 연산당 전력소모↓	• (자체 칩으로 수출규제 대응) Ascend·Cambricon 등 NPU 계열 AI 칩으로 추론 시 높은 전력 효율 확보

4 정책 동향

1) 미국 : AI·기후의 균형적 접근(바이든)에서 성장·안보 우선의 확장적 접근(트럼프 2기)으로 전환

□ 바이든 행정부는 AI 시대 전력수요 증가에 선제 대응하기 위해 청정에너지 기반 확대, 송전망 확충, 데이터센터 효율 기준 마련 등 전방위 정책을 추진하며 에너지 안보와 기술 패권을 동시에 추구

❍ 「AI 인프라 리더십 행정명령」('25.1.14.)을 통해 연방 부지에 AI 전용 부지 6곳을 지정하고, SMR·지열·에너지저장 등과 연계한 발전소 구축 및 '27년까지 다중-GW급 송전회랑(transmission corridors) 개발 계획을 수립하여 AI 클러스터에 안정적 전력공급 기반 마련

- 동시에 청정발전 입지의 신속 지정, 탄소집약도 낮은 발전원 중심의 부하 연계, 초고성능 도체 기반 전력망 고도화 등을 병행하며, AI 전력 수요 증가를 탄소중립 목표와 조화시키는 방향으로 추진

❍ AI 데이터센터의 에너지 집약도 문제에 대응하여, 연방 부지 내 데이터센터에 에너지 소비 최적화(목표 : PUE 1.1 이하)를 지시하고 폐열 활용 및 지역 전기요금 안정화 대책도 포함

- 에너지부(DOE)·환경보호청(EPA)·예산관리국(OMB)이 연방·주 정부, 민간기업과 함께 데이터센터용 효율규제 체계화 및 공공참여형 인허가 기준 수립

❍ 고밀도 AI 인프라에 대응한 기술혁신 전략으로는 ARPA-E 냉각혁신, 고효율 반도체 구매 의무화, 장주기 저장장치·SMR 실증 투자 등이 포함되며, AI 활용 전력망 운영 및 사이버보안 강화까지 고려하는 융합형 R&D 정책 지향

- 특히 NuScale 등 차세대 원자로 실증사업을 지원('35년 전력공급 목표)하고, 스마트그리드와 차세대 인프라 실증을 통해 AI 전력수요 증가를 에너지 효율 혁신으로 상쇄하려는 전략을 구체화

□ 트럼프 2기 행정부는 에너지 지배(Energy Dominance) 기조 아래 AI 전력수요 급증을 국가 비상사태로 규정하고, 공급 확대와 규제 철폐를 중심으로 민간 중심의 에너지 인프라 확충을 추진

❍ 「국가 에너지 비상사태」('25.1.20.)를 선포하고, 데이터센터 인근 발전소 건설 규제 면제, 연방 토지 내 AI 전용 콤플렉스 조성, 석탄·가스 기반 발전 확대 등을 통해 단기간 내 전력공급 확충 추진

- 연방차원에서 송전 인프라 승인을 가속하고, 복합심선 등 기술도입으로 기존 송전망 용량을 확대하는 동시에, SMR 조기 상용화를 위한 실증투자 및 폐원전 재가동 정책도 함께 추진

- 속도 우선 원칙 아래 EPA의 전력부문 탄소규제 재검토 및 완화를 병행하고 있으며, 석탄발전 조기 폐쇄 방지와 전력망 안정성 확보를 통해 전력공급 병목 해소를 중점 추진

❍ 일부 주(캘리포니아, 뉴욕 등)는 환경규제와 인허가 지연으로 데이터센터 유치가 저조한 반면, 버지니아주는 세계 최대 데이터센터 집적지로서 전력공급 병목 해소를 위해 송전 인허가 간소화와 신규 전원 입지 검토에 착수, 연방정부와의 협력 모델을 확대

- 연방정부는 주정부 역할 강화를 위해 재정지원 및 제도 옵션 제공을 약속하고 있으며, 향후에는 연방-주 간 AI 인프라 전력계획의 통합·분업적 협력체계가 본격 가동될 것으로 예상

❍ 수요관리는 최소화하고 효율 규제는 철폐하는 접근을 취하며, 데이터센터 PUE 기준, 물 사용 제한, 연방조달 효율 기준 등을 폐지하고 산업계의 자율적 설비 확대를 보장

- 일부 주정부의 환경규제를 연방 차원에서 무력화하고, 효율적 데이터센터 설계보다는 신속한 설비 구축과 전력소비 확대를 용인하는 입장을 고수, 수요 절감 유도책은 사실상 배제

❍ 기술혁신보다는 실행 중심 전략을 택해, 민간 중심 5천억 달러 규모 AI 인프라 공동투자 프로젝트를 유치하고, 오픈AI·소프트뱅크 등과 연계한 「스타게이트 프로젝트」 등 대형 투자사업을 촉진

- 스타게이트 프로젝트는 텍사스에 5GW급 데이터센터 캠퍼스를 건설하면서 태양광·배터리·가스발전의 하이브리드 전원체계를 구축하고, 향후 SMR도 고려하는 민간주도 인프라 개발 사례로 주목
- 백악관도 본 프로젝트를 전략사업으로 간주하며 협조 의사를 밝혔고, SB에너지가 에너지 설비를 담당하는 등 민간주도의 신재생에너지 투자 확대에 긍정적 선례로 인지

❍ 정부의 R&D투자는 축소하고, 기존 석유·가스 기업이 AI 데이터센터 전력시장에 진입할 수 있도록 규제를 완화하며, 차세대 냉각기술 등 에너지 효율 기술혁신 과제는 정책 우선순위에서 하향조정될 전망

2) 중국 : 대규모 인프라 투자와 효율 규제를 병행하여 AI 전력수요를 선제적으로 통제·확대

□ AI 전력수요 급증 대응을 위해, 전력공급 확대, 수요관리 강화, 기술혁신 촉진을 3대 축으로 설정하고, 국가 차원의 집중투자와 규제정비를 통해 에너지 안보와 디지털 산업 발전을 병행

❍ '35년까지 데이터센터 전력수요가 3배 증가(4,000억 kWh)한다는 전망하에, 태양광·풍력 1,200GW 이상 확충, 신규 원전 가동 및 SMR 시범 도입, 초고압(UHV) 송전망 구축, 석탄발전 안정망 병행 등 전력생산 전방위 확대 정책 추진

- '22년부터 추진된 동수서산(東數西算) 국가 전략에 따라, 서부 내륙의 수력·석탄 자원이 풍부한 8개 지역에 초대형 데이터센터 허브를 구축하고, 동부 지역의 AI 연산 수요를 서부에서 처리함으로써 지역 간 전력·컴퓨팅 자원의 균형을 도모
- 현재까지 435억 위안(약 6.1억 달러) 이상이 투입되어 195만 대 이상의 서버랙이 설치되었으며, 그 중 63%가 가동 중인 것으로 집계('24년 6월 기준)

❍ 수요측면에서는 「데이터센터 녹색발전 행동계획」을 통해 전국 평균 PUE 1.5 이하, 재생에너지 이용률 매년 +10%p 목표 설정, 물효율 강화, AI 칩 전력당 성능 기준 의무화 등 규제 강화

- 선도 기업에는 녹색전력 인증과 탄소중립 가이드라인을 적용하고, 동부 대도시 신규 인허가는 제한하는 대신 서부 지역으로 입지를 유도하여 수요의 지리적 분산과 지역 간 에너지 균형을 추구
- 다만, 중국 데이터센터의 60% 이상이 화석에너지에 기반하며, 단기적으로는 탄소배출 증가 가능성이 크므로, 향후 AI 인프라의 탈탄소화를 위한 전원 전환 및 그리드 녹색화 과제 병행 필요

❍ 기술 분야에서는 고효율 AI 반도체 국산화, 침지냉각·폐열 회수·AI 수요반응제어 등 혁신기술 R&D, 스마트그리드 및 에너지저장 실증을 확대하고 있으며, 대형 배터리 실증 및 국가 녹색데이터센터 인증제 도입을 통해 민간의 지속적 기술 도입을 유도

- 국유 전력망 기업(State Grid)은 AI 데이터센터 인근에 100MW급 ESS 설치를 통해 전력망 부하를 완화하고, 알리바바, 바이두, 텐센트 등 주요 기업들은 AI 기반 냉방 최적화 알고리즘, 난방 폐열 활용 등을 통해 에너지 절감 솔루션을 선도적으로 적용 중

〈표 5〉 미국(바이든, 트럼프 2기) 및 중국의 관련 정책 비교 (2025.04. 기준)

구분	바이든(2021~2025.1.)	트럼프 2기(2025.2.~)	중국
AI 인프라	청정 에너지 기반 데이터센터 개발, 연방 부지 활용	규제 완화 및 데이터센터 신속 건설, 스타게이트 프로젝트	데이터센터 에너지효율 향상, AI컴퓨팅센터 투자, 지역분산
에너지 정책	청정 에너지 확대, 전력망 연계 강화, 에너지 효율 고도화	화석연료 활용 활성화·확대, 에너지 독립·안보 강조	재생에너지 확대·통합, 에너지효율 표준 강화, 그린 데이터센터 구축 장려
규제 및 지침	AI 인프라 요구사항 및 기한 설정, 데이터센터 전력 소비 모니터링 및 최적화 지침 강화	규제 완화 및 최소화, 신속한 인허가 지원	데이터센터 PUE 제한, 재생에너지 활용 목표 설정, 탄소 감축 정책 시행
R&D	책임감 있는 AI R&D 투자 확대, 국가 AI R&D 전략 계획 수립	신흥 기술(AI, 양자 컴퓨팅 등) 중심 R&D 투자, 관료적 장벽 제거	AI 기술 자체의 에너지 효율 혁신(칩 개발 등), 에너지 관리 및 냉각기술 혁신 지원

3) EU : '디지털 녹색전환'을 통한 AI 전력수요의 지속가능 관리와 공동 규범화

□ 유럽연합은 '디지털 부문의 녹색전환'을 정책 기조로 설정하고, 재생에너지 확대, 에너지효율 의무화, 전력망 연계 강화, 폐열 활용 등 환경 지속가능성을 중심으로 공동 대응체계를 구축

○ 개정 에너지효율지침(EED)을 통해 대형 데이터센터의 에너지·물 소비량 보고를 의무화('24~)하고, EU 차원의 최소 효율 기준 검토 착수('25~)하며, 폐열 회수 의무, 공공조달(GPP) 기준 등 수요측 규제도 병행

- 주요 기업들은 '기후중립 데이터센터 협약'을 통해 2030년까지 100% 재생에너지 전환과 고효율화 자율목표를 설정했고, 마이크로소프트·구글은 PPA 기반 풍력 전력 조달을 유럽 각국에서 병행 추진 중

○ EU 공동정책은 회원국 간 정책 차이에도 불구하고 에너지효율·투명성·재생전력 확대라는 방향성에서 일관성을 유지하며, 향후 디지털 전환의 탄소중립 표준을 주도할 기반을 형성

- (독일) 에너지효율법(EnEfG)을 통해 신규 데이터센터에 PUE 1.3 기준, 폐열 회수 30% 이상 의무화를 도입하고, 재생에너지 전력조달 조건을 충족하면 전기세 감면 등 인센티브 제공, 북-남 간 송전고속도로 건설로 풍력 중심 전력 재배치 추진
- (프랑스) REEN법에 따라 폐열 재사용 의무화, 에너지소비 공개, 전력세 감면 조건을 적용하며, 원자력 기반 탄소저감 전력을 활용한 AI 인프라 대응과 14기 신형 원자로(EPR2) 건설계획을 병행 추진
- (북유럽) 풍부한 수력·풍력 자원과 차가운 기후를 바탕으로 글로벌 데이터센터 유치에 유리하며, 코펜하겐·스톡홀름 등은 폐열을 지역난방에 적극 활용하고 있으며, 네덜란드·아일랜드는 전력난 대응으로 데이터센터 증설 제한 후 조건부 규제 완화 중

5 결론 및 시사점

□ AI의 급속한 확산에 따라 전 세계 전력 수요가 구조적으로 변화하고 있으며, 이에 따라 각국은 '전력공급 확대'와 '에너지효율 혁신'을 중심으로 AI 인프라 대응전략을 국가 차원에서 전개

○ 미국·중국·EU 모두 AI 인프라가 에너지 체계 전반을 구조적으로 재편하는 요소로 인식하고 있으며, 각국은 자국 여건에 맞는 전략적 조합으로 공급 능력 확대와 에너지 효율화를 동시 추구

- 미국은 '속도'를 전략 가치로 삼아 병목을 신속히 해소하고 중국은 대규모 투자로 AI 인프라 통제 기반을 확장하며, 유럽은 녹색전환을 우선시해 효율·투명성 중심의 공동 규범화를 추진

□ 글로벌 빅테크는 AI 연산 전력 수요를 대응하기 위해 초대형 데이터센터를 확대하면서, 무탄소 전력 기반 확보, 고효율 냉각기술 도입, 탄소인지 스케줄링, 고효율 반도체 개발 등 다층 전략을 추진

○ (전력 확보) 미국은 재생에너지 및 원전 중심의 장기계약, 중국은 자가발전(self generation)·마이크로그리드 확산, 유럽은 재생에너지 의무 사용 확대와 광역·지역 전력망 연계 강화

○ (에너지 효율) AI 기반 냉각 최적화, 액체침지냉각, 폐열 재활용, AI·에너지관리 시스템이 주요 기술로 부상하며, 각국 정부는 효율 기준·설계 가이드라인·실증보조금 등을 통해 민간 도입을 유도

○ (반도체) 미국은 GPU·TPU·ASIC 기반 고효율 칩과 웨이퍼스케일·HBM 기술 확산, 중국은 Ascend·Cambricon 등 NPU로 추론 시장 공략, 유럽은 고효율 서버·친환경 설계 기준으로 반도체 수요 간접 규제

□ AI 기술패권 시대, 전력 인프라는 단순한 에너지 문제가 아닌 산업경쟁력과 국가안보를 좌우할 전략 자산으로 부상했으며, 한국은 전력 확보와 탈탄소화 및 고효율 AI 반도체 개발 등 다중과제를 전략적으로 해결 필요

○ AI·반도체 중심의 산업 구조 변화로 향후 10년간 고밀도 전력 수요 지속 증가가 예상되며, 특히 수도권 중심의 수요 집중과 재생에너지 입지 제약, 송전망 병목 등으로 전력공급 구조의 근본적 전환이 요구

- 정부는 반도체 클러스터·AI 연산 인프라 유치를 위해 안정적 전원 기반과 재생에너지 PPA 제도, 전력망 보강 방안을 병행 검토해야 하며, 온실가스 감축을 위한 전폭적 노력 필요

○ 전력 공급 측면에서는 고정밀 산업 수요에 적합한 안정적 전원(가스→수소, 원자력/SMR) 확대와 함께, 스마트그리드 기반의 지역 분산형 '재생에너지+ESS' 체계 확산이 필요

- AI 수요 예측, 전력·IT 인프라 공동입지 기준 정비, AI 냉각 실증, 데이터센터·반도체 RE100 지원 로드맵 등 민간 참여를 유도할 에너지-디지털 융합 정책 체계화 필요

- 민간 주도 AI 전력 수요 관리 모델 개발, 데이터센터 저전력 설계 R&D, 재생에너지 연계 신기술 실증 등 협력 플랫폼을 구축하여 '산업성장과 에너지전환의 공존'을 도모

○ NPU 등 차세대 반도체와 저전력 반도체 기술 혁신을 통해 고밀도 전력 수요에도 대응 가능한 지속가능한 디지털 인프라를 구축함으로써, 궁극적으로 첨단산업 경쟁력 확보 필요

참고문헌

- International Energy Agency (IEA), Energy and AI, IEA, Paris, 2025.04.13.
- Schneider Electric, Schneider Electric's new research forecasts AI's impact on energy consumption, 2024.12.05.
- Cy McGeady, Joseph Majkut, Barath Harithas, and Karl Smith, The Electricity Supply Bottleneck on U.S. AI Dominance, Center for Strategic and International Studies (CSIS), 2025.03.03.
- RAND Corporation, AI's Power Requirements Under Exponential Growth: Extrapolating AI Data Center Power Demand and Assessing Its Potential Impact on U.S. Competitiveness, 2025.01.28.
- Junghyun Yoon, Trump's Second-Term National AI Strategy: Insights from the 'Stargate Project', INSS Issue Brief Vol.128, No.3, 2025.02.
- U.S. Department of Energy, Biden Issues Executive Order to Bolster AI Infrastructure in the U.S., 2025.01.14.
- The White House, Executive Order on Advancing United States Leadership in Artificial Intelligence Infrastructure, 2025.01.14.
- MIT Technology Review, China built hundreds of AI data centers to catch the AI boom. Now many stand unused, 2025.03.26.
- U.S. Department of Energy, Unleashing American Energy: Executive Order Implementation Report, 2025.01.20.
- Caixin Global, AI Boom Puts Pressure on China's Power Grid as Data Centers Eat Up Electricity, 2025.03.22.
- Schneider Electric, How will the Energy Efficiency Directive affect data centers?, 2024.08.08.
- European Central Bank Blog.. AI versus green: clash of the transitions, 2025.03.25.
- Center on Global Energy Policy, Projecting the Electricity Demand Growth of Generative AI Large Language Models in the US, Columbia University SIPA, 2025.04.07.
- China Energy Transformation Programme, China Energy Policy Newsletter, 2025.01.
- 산업통상자원부, 제11차 전력수급기본계획(2024~2038), 2025.03.13.

저자

KISTEP 예비타당성조사1센터 김선교 연구위원 (sunkyo@kistep.re.kr, 043-750-2491)