



4 WEF, AI와 물리적 자원의 연관성을 고려한 인프라 전략 보고서 발표

⇒ 세계경제포럼(WEF)은 AI 인프라 개발 붐이 에너지·수자원·광물·토지에 미치는 압력을 분석하고, 지속가능한 인프라 설계 전략을 권고하는 보고서*를 발표(26.5)

* Building Resilient and Scalable AI Value Chains: A Nexus Strategy

- (배경) AI 인프라 투자가 전례 없는 속도와 규모로 가속화되면서 에너지(전력), 수자원, 광물, 토지 시스템에 압력이 가중
 - '22년 말 ChatGPT 이후 등장한 고성능 AI는 단순 기술을 넘어 향후 수십 년의 경쟁력·생산성·사회 발전을 규정할 '기반 역량'으로 변모했고, 기업들은 첨단 AI 시스템을 위한 컴퓨팅 용량 구축 경쟁에 박차를 가하는 상황
 - ※ 주요 기술기업들의 AI 인프라 투자액은 '25년 4,100억 달러에서 '26년 7,000억 달러로 급증
 - AI 인프라는 19세기의 철도나 현대 인터넷 시대의 광케이블 구축 속도에 비견될 정도로 매우 빠르게 확산하며 'AI 인프라 붐'을 조성
 - 그러나 이러한 변화는 본래 AI 수요를 전제로 설계된 것이 아닌 기존의 자원 시스템 위에서 벌어지고 있으며, 그 결과 전력망, 수자원, 광물 공급망, 토지·지역 인프라는 전례 없는 압력에 직면
- (개요) AI와 에너지·수자원·광물·토지 간 관계를 분석하고(AI 가치사슬과 자원별 스트레스), 모든 요소를 통합적으로 고려한 인프라 설계를 강조(권고사항)
 - 한 요소의 제약(물 부족)은 즉시 다른 영역의 리스크(냉각·AI 운영 제약 등)로 전이되며, 적절한 조정이 부재할 경우 시스템적 리스크를 초래
 - 이러한 요소 간 상호의존성을 강조하고 통합적인 관리 필요성을 나타내는 전략적 개념으로 'AI-에너지-물-광물-토지 넥서스(nexus)*'를 제시
 - * AI를 하나의 독립된 기술이 아닌 여러 자원과 연계된 시스템의 한 요소로 보는 관점
 - 'AI-에너지-물-광물-토지 넥서스'가 AI 발전 향방을 좌우하는 핵심 변수가 될 것이라고 설명하면서, 정부·기업·투자자 등 주요 이해관계자들에게 바로 지금이 그 경로를 설계할 수 있는 '결정적 시기'라는 메시지를 전달
- (AI 가치사슬) AI 가치사슬은 ▲AI 인프라 ▲AI 팩토리* 및 데이터센터 운영 ▲AI 애플리케이션의 세 층위로 구성
 - * AI 모델 학습과 추론에 필요한 그래픽처리장치(GPU), 데이터센터, 네트워크, 전력을 하나의 거대한 생산 설비처럼 통합한 차세대 인프라
 - 각 층위와 관련된 물리적 자원과 병목을 유발하는 요소들은 상이

〈 AI 가치사슬 총위 분석 〉

구분	주요 내용
AI 인프라	<ul style="list-style-type: none"> • (범위) 반도체 제조, 컴퓨팅 하드웨어 및 이를 생산하는 데 사용되는 핵심 광물(에너지 저장 장치용 리튬, 니켈 등)을 포함해 AI를 가능하게 하는 업스트림 공급망·시스템으로, 칩·집적회로 설계, 반도체 장비·제조, 고급 패키징, 서버 조립·통합, 데이터센터 건설·시운전, 전력 생산·송배전, 냉각 기술, 수자원 시스템, 광물·토지 등을 포괄 • (진화 양상) 능력(capability)·용량(capacity)·효율성(efficiency) 측면에서 발전하고 있으며 기존 클라우드 환경에서 AI 팩토리 구조로 이동 • (병목·제약) AI 가치사슬에서 AI 인프라가 차지하는 범위가 넓은 만큼 AI 인프라 수요가 증가함에 따라 전력·수자원·반도체·광물·토지·자본 부족, 지역사회 반발, 안보 규제 등 다양한 병목이 발생 가능
AI 팩토리 및 데이터센터 운영	<ul style="list-style-type: none"> • (범위) AI 모델이 학습 및 배포되는 대규모 컴퓨팅 캠퍼스로, 컴퓨팅을 위한 전력, 냉각을 위한 용수, 캠퍼스 부지 등이 필요 • (진화 양상) 전통적인 하드웨어 중심 수작업 환경에서 가상화·클라우드·컨테이너화를 거쳐, 고도로 자동화된 소프트웨어 정의 시스템으로 변모 • (병목·제약) 제한적인 전력·냉각 시스템, 칩·옵틱·전력 부품 등 공급망 제약, AI 워크로드의 복잡성, 증가하는 보안·규제 대응 부담, 에너지·물·토지·비용 간 상충관계 등
AI 애플리케이션	<ul style="list-style-type: none"> • (범위) 디지털 비서, 예측 분석 및 자동화 플랫폼 등 AI 시스템을 기반으로 구축된 다운스트림 도구·서비스로, 컴퓨팅 용량에 대한 수요를 견인 • (진화 양상) 단순 생성에서부터 자율 행동 및 물리적 구현에 이르기 까지(예측 AI → 생성형 AI → 에이전틱 AI → 피지컬 AI) 점점 더 다양한 작업을 수행하고 현실 세계에서 물리적 작용을 확대 • (전망) AI를 조직의 전략에 통합하는 조직의 이점이 빠르게 증가하고, 선두 기업과 후발 기업 간 격차 확대가 예상

- **(스트레스 요소)** AI는 에너지, 수자원, 광물, 토지 수요를 급격히 확대하며 자원에 대한 압력을 높이고 농업, 생태계, 지역사회와 경쟁 관계를 형성
 - 각 자원은 고유의 물리적 한계, 환경적 영향, 지정학적 위험을 내포하고 있으며, 서로 긴밀하게 연결돼 한 영역의 스트레스가 다른 영역으로 빠르게 전파
 - ‘AI-에너지-물-광물-토지 넥서스’ 하에서 어느 하나의 요소는 독립적으로 작동하지 않고 서로 영향을 주면서 AI 배포의 속도, 비용 및 지속 가능성에 영향을 초래
 - 이러한 상호의존성은 전체 시스템에 걸쳐 누적된 여러 영향을 고려하는 통합적인 관리 계획이 필요함을 시사

〈 ‘AI-에너지-물-광물-토지 넥서스’의 핵심 위험 요소 〉

자원	스트레스 요소
에너지(전력)	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터센터 전력 소비는 '30년 945TWh('24년 415TWh)로 증가 전망 • 상당한 수요-공급 격차 존재 • 온실가스 배출과 친환경 에너지 사이에서 균형을 맞춰야 하는 과제 존재



자원	스트레스 요소
수자원	<ul style="list-style-type: none"> • '30년 전 세계 데이터센터에서의 물 소비량은 하루 4억 5,000만 갤런('22년 2억 9,200만 갤런)으로 증가 전망 • 미국 데이터센터의 3분의 2는 물 부족 지역에 위치 • 1MW 데이터센터는 연간 최대 2,550만 리터의 물이 필요 • GPT-3는 20~100회 응답 당 1리터의 물을 사용
광물	<ul style="list-style-type: none"> • AI 인프라는 철, 알루미늄, 실리콘 및 기타 핵심 광물에 의존 • 광물은 희박하거나 지정학적으로 민감한 지역에서 집중적으로 생산(예로, 코발트의 70%는 콩고민주공화국에서 생산되고, 희토류의 90%는 중국이 통제)
토지	<ul style="list-style-type: none"> • AI 캠퍼스는 컴퓨팅, 전력, 냉각, 보안을 위해 넓은 부지를 필요로 하는데 이는 지역사회와 생태계에 영향을 초래 • 기업의 허가 획득 어려움 • 다른 자원 수요와 상호연결됨

- **(권고사항)** AI가 시스템적 스트레스를 유발하는 요인이 아니라 복원력을 강화하는 증폭제가 되기 위해서는 정부와 산업계에 다음과 같은 조치가 필요
 - AI 인프라가 장기적인 물, 에너지, 토지 및 기후 제약을 고려해 생태적·사회적 한계 내에서 배치 및 설계되도록 보장
 - 측정 가능한 사회적·환경적 이점을 제공하고 영향력이 큰 AI 애플리케이션에 투자와 인센티브를 우선적으로 제공
 - 냉각수, 에너지, 광물 조달 시스템은 순환 경제와 윤리적 조달을 통합해 복원력을 갖도록 구축
 - 국제적으로 인정되는 AI 거버넌스 프레임워크를 구축해 안전하고 포용적인 AI 발전을 유도
 - 기업은 효율성 지표들을 중시하는 좁은 관점에서 벗어나 시스템 전반의 위험 관리를 위한 넥서스 기반 전략과 지표를 채택

출처 : 세계경제포럼(WEF) (2026.5.12.)

https://reports.weforum.org/docs/WEF_Building_Resilient_and_Scalable_AI_Value_Chains_2026.pdf