

# AI 시대, 우리의 전력산업과 시장은?

우리가 주목해야할 이슈와 시급하게 해야 할 일

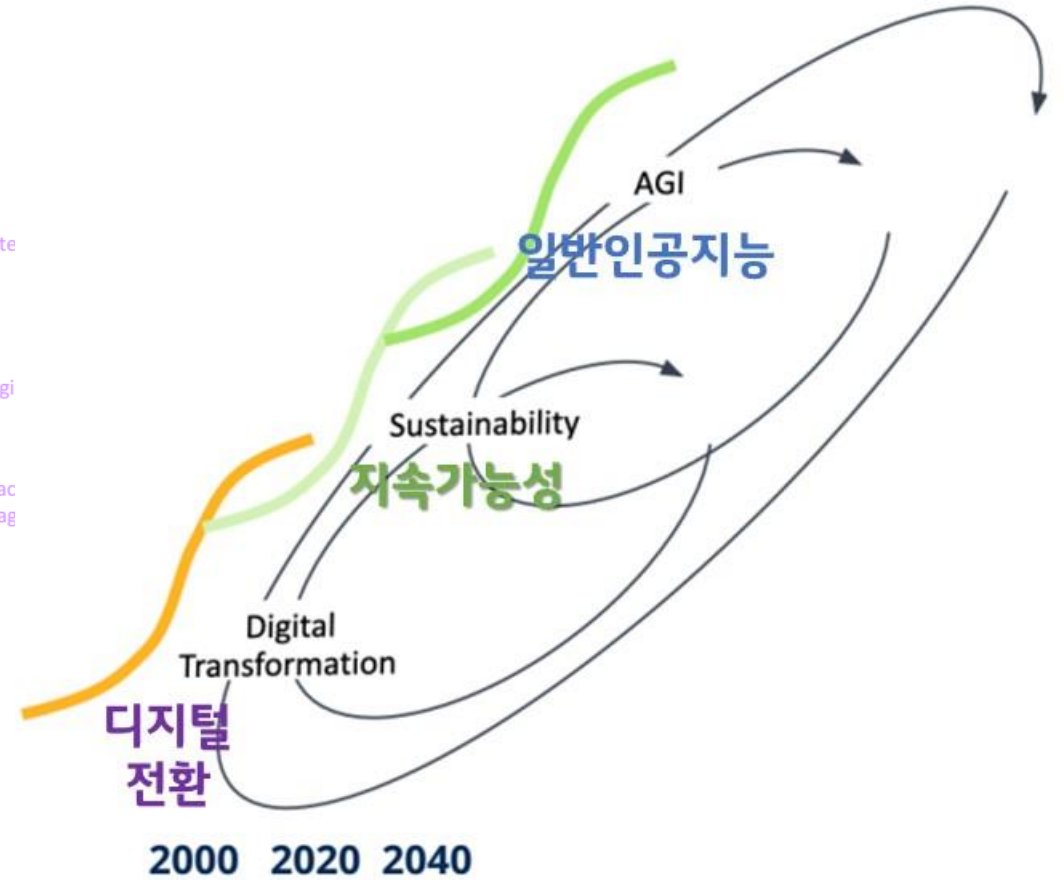
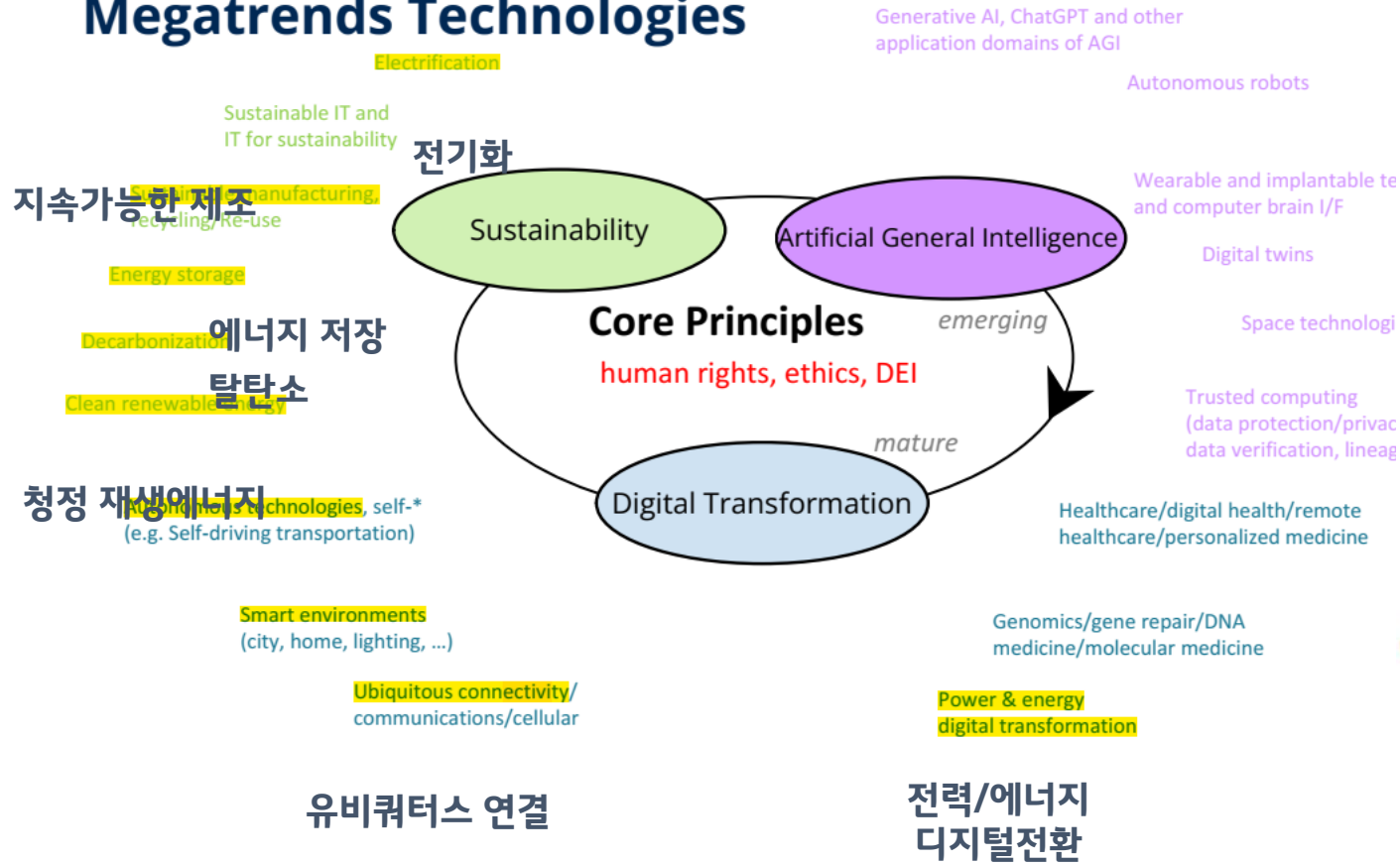
2024.11.29(금)  
한국과학기술기획평가원(KISTEP)  
김선교 연구위원

# AI의 시대 , 이제 디지털전환에서 AI 전환으로 이름을 바꿔야할 때



## SECTION 04

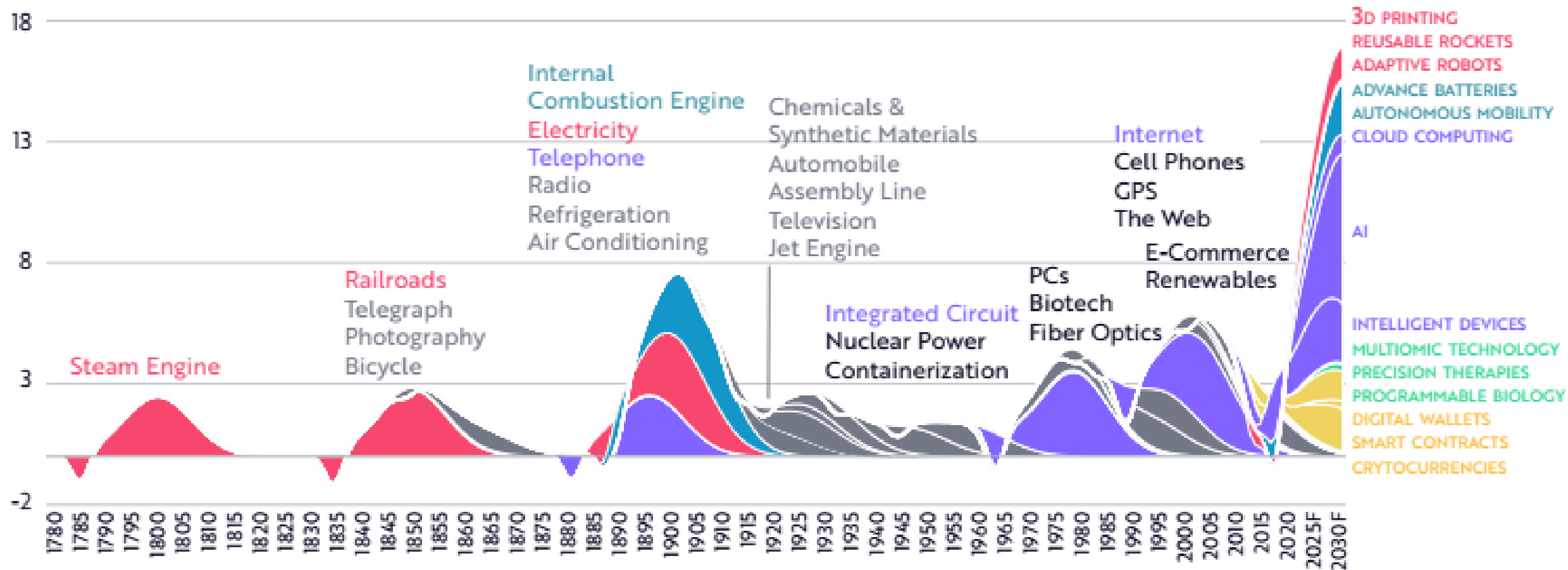
### Megatrends Technologies



# AI, 범용기술(GPT)로 혁신을 가속화

## Estimated Economic Impact Of General Purpose Technologies

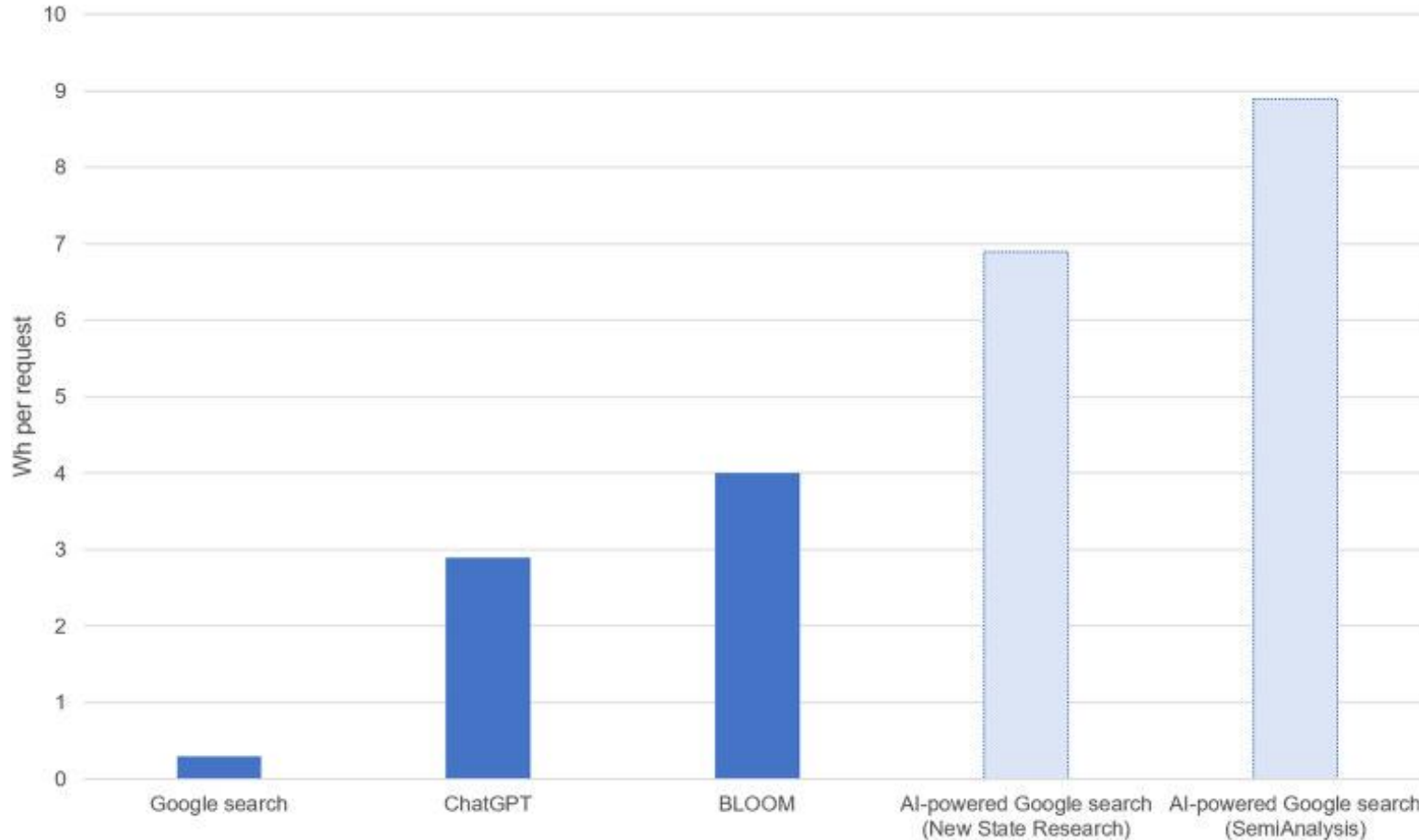
(Rough Annual Percentage Point Additions to the Economy, inclusive of consumer surplus)



# AI는 전기로 가동된다.

**“2022년, 전 세계 전기의 2%(460TWh)가 데이터센터, 인공지능, 암호화폐를 위해 사용된다(IEA)”**

모든 구글 검색이 LLM 검색으로 바뀌면, 구글의 연간 전력 소비가 18에서 29TWh로 증가할 것이라고 추정



Source: Alex de Vries (2024). [The growing energy footprint of artificial intelligence.](#)

# AI는 전기로 가동된다.

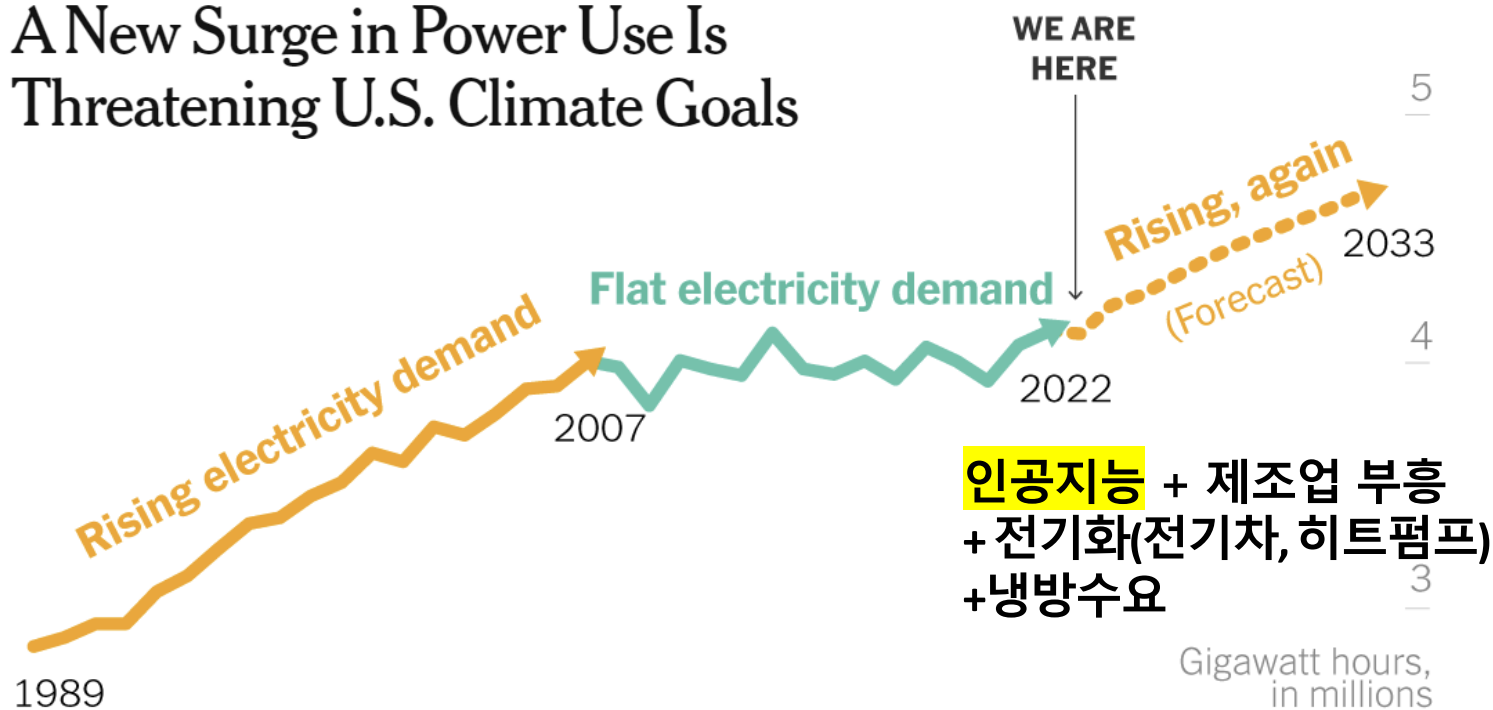
## “컴퓨팅이 아닌 에너지가 AI 발전의 가장 큰 걸림돌이 될 것입니다.” - M. 주커버그

❖ 이제, 모든 것에 AI가 적용되며 전기를 흡입할 것이다. (구글 대비 5~6배의 전력 소모)

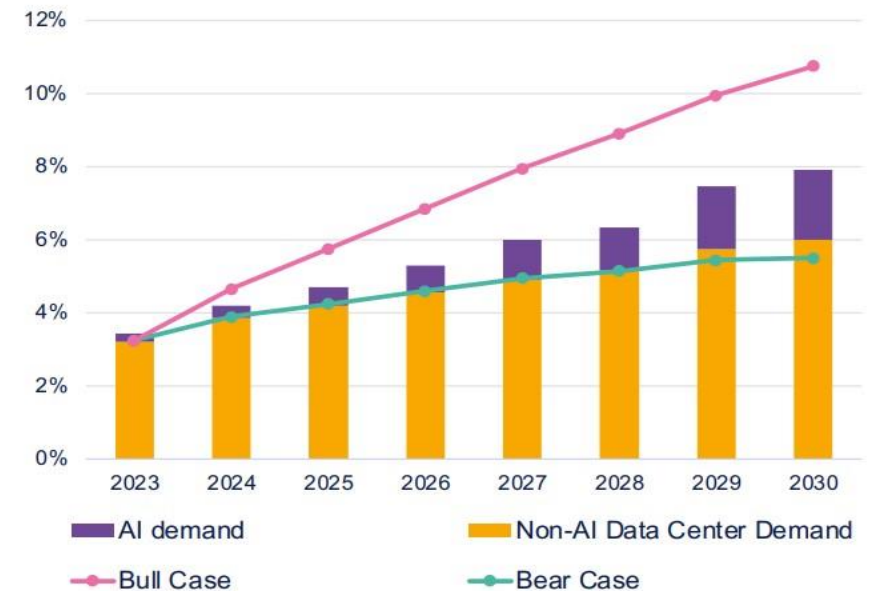
- 전 세계적으로 데이터 센터의 전력 소비량은 2022년 460TWh에서 2026년 650TWh ~ 1,000TWh로 증가 전망(IEA, 2024)  
데이터 센터의 전력수요가 2030년까지 160% 증가할 것으로 예상(Goldman Sachs)
- AI 데이터 센터의 에너지 소비는 연평균 44.7% 성장률로 증가하여 2027년에는 146.2TWh에 도달

The New York Times

### A New Surge in Power Use Is Threatening U.S. Climate Goals

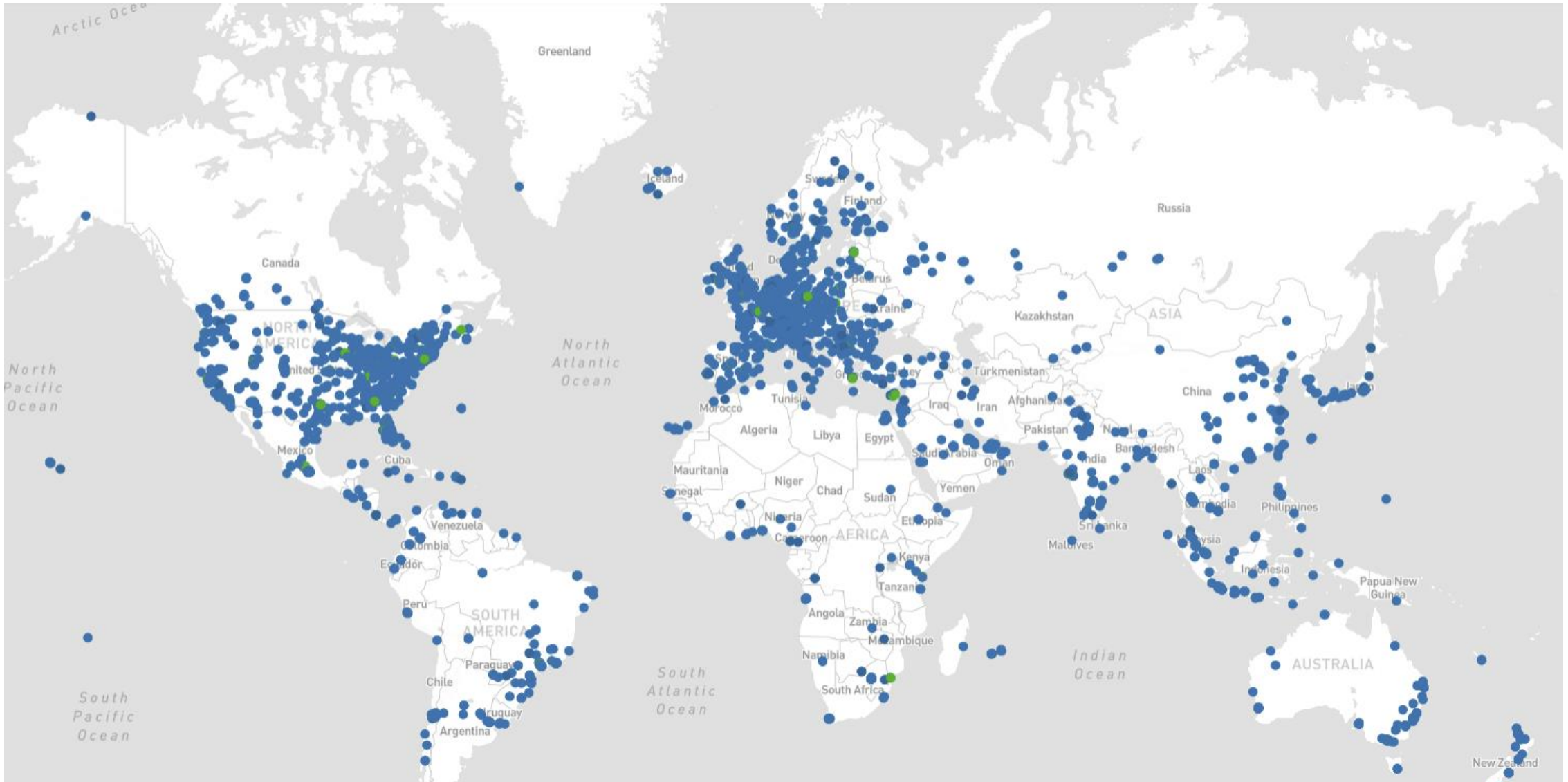


### US focus: data centers will represent 8% of US power demand by 2030



Sources: CPRAM, IEA, Goldman Sachs Global Investment Research

AI 서비스, 인프라는 특정 지역에 편중 → AI 에너지 수요는 매우 지역화되어 있다.



# AI 데이터센터, 정도의 차이는 존재하나 2030년까지 2배 가량 추가 필요

## ❖ 미국, 전세계 데이터 센터의 약 33~43%가 미국에 위치

- 미국의 데이터 센터 관련 전력 수요 이슈는 **빠르게 대처해야하는 단기 이슈**에 가까움  
가스발전, 전력망이 가장 높은 우선순위이며, 노후원전 연장 등도 일부 제한적으로 활용
- 2030년까지 미국 전체 **전력 수요의 8 ~ 9%를 데이터 센터가 차지**할 것으로 전망되며, **투자 관점에서 신호/소음이 증폭**

## ❖ 유럽, 전세계 데이터 센터의 약 20~22%가 유럽에 위치

- 2030년까지 유럽 데이터 센터의 전력 수요는 포르투갈, 그리스, 네덜란드의 현재 총 소비량과 맞먹을 것으로 예상  
아일랜드, 2026년까지 데이터 센터가 전체 전력 소비의 32%를 차지할 것으로 전망되며 도덕적 사용 이슈 부상
- **정의로운 전환, 지속가능성과 혁신생태계** 기반 인프라 관점에서 **'추가적인 전력수요'** 증가에 대한 전폭적인 대응 요구

## ❖ 중국, 전세계 데이터 센터의 약 20~25%가 중국에 위치

- 2020년 **2,000억 kWh를 초과하여 국가 전체 전력 소비의 2.7%**를 차지하고 있으며, **2030년까지 2배인 4,000억kWh**를 초과하여 **중국 전력 수요의 3.7%**를 차지할 전망
- 바이두 등 중국 테크기업은 컴퓨팅효율과 소프트웨어-하드웨어 통합, 통합 AI 응용으로 에너지 효율 기술 개발에 주력

## ❖ 한국, 전체 전력 수요의 약 1%(2023, 4956GWh)가 데이터센터 전력소비량

- 2024년 IT 부하 용량은 1.11GW로 예상되며 2029년까지 2.02GW(CAGR:12.73%) 성장 예상
- 수도권 등 전력 공급 부족 지역 건설 규제(전기사업법 시행령 개정,23.3.), 계통영향 평가(분산에너지 활성화 특별법, 24.6.)



# 그러나, AI 전력 수요 증가는 전체 전력 수요의 일부일 뿐이다.

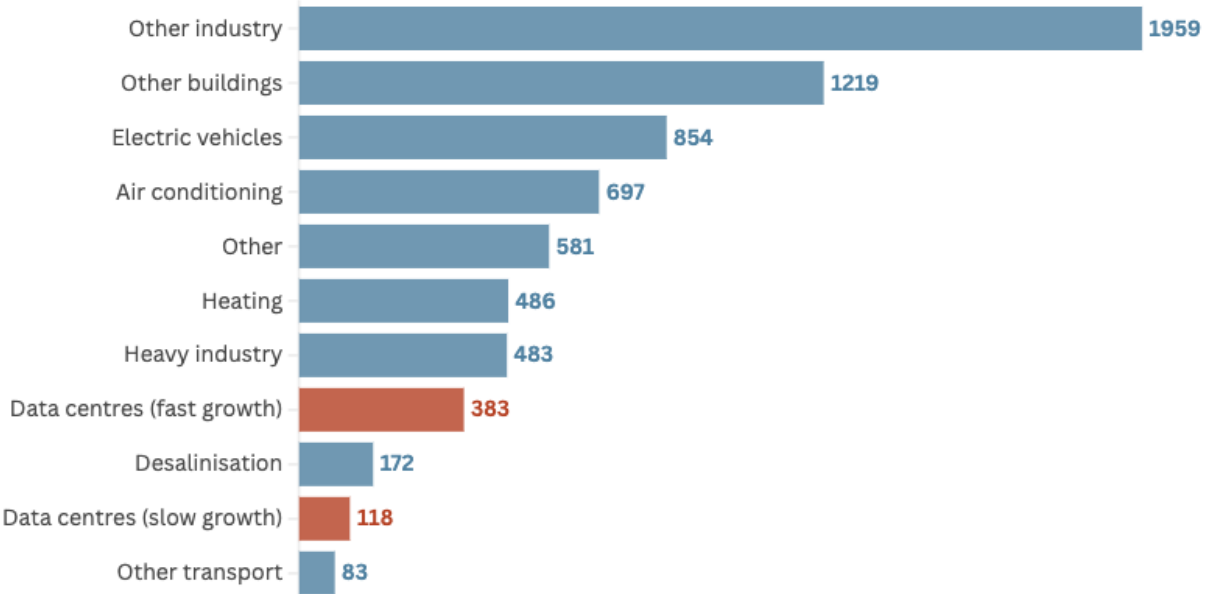
<미국 전력수요 증가 요소(Brattle, 2024)>

구분	현재 용량 (GW)	연평균 성장률	2030년까지 추가 용량(GW)
A1. 데이터 센터	19	~30년, 9%	16
A2. 온쇼어링 및 산업 전력화	산업 116 수소 0.07 실내 농업 6	~25년, 재산업화 1% ~30년, 수소 132% ~35년, 실내 농업 10%	재산업화 4.9 수소 25 실내 농업 5.8
A3. 암호화폐 채굴	10 ~ 17	불확실하며 변동성이 큼	8 ~ 15
B1. 교통 전력화	6.8(전기차)	~40년, 15%	8.4
B2. 빌딩 전력화	50	~50년, 0~4%	7.4

<글로벌 전력 수요 증가 요소(IEA, 2024)>

Projected growth in global electricity demand from 2023 to 2030, with fast and slow growth scenarios for data centres

Projections from the International Energy Agency (IEA) based on stated policies. Measured in terawatt-hours (TWh).



Source: International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2024.

- 유형A. 크기가 크고 불연속적이며 불확실성이 높은 부하 > 발전 및 송전 용량 확대, 투명한 대규모 부하 연결 프로세스
- 유형B. 상대적으로 크기가 작고 증가 패턴이 더 완만한 부하 > 체계적이고 안정적인 시스템 구축, 분산에너지원 활용



# AI, 진짜이지만 '신호'가 아닌 '소음'일 수 있는 가능성도 크다

Forbes

## Dig more coal -- the PCs are coming

석탄을 더 파라! - PC가 오고 있다(포브스, 1999)

May 31, 1999, 12:00am EDT

"전 세계에 미치는 영향은 엄청납니다. 인텔은 전 세계 온라인 인구가 10억 명에 이를 것으로 예상합니다. [...] 웹상의 10억 대의 PC는 오늘날 미국의 총 전력 용량과 맞먹는 전력 수요를 나타냅니다."

Forbes

AI에 의한 전력 수요 과장, 효율성 향상은 무시한 전력 수요

## Electricity Demand By AI Overhyped, Ignores Efficiency Gains

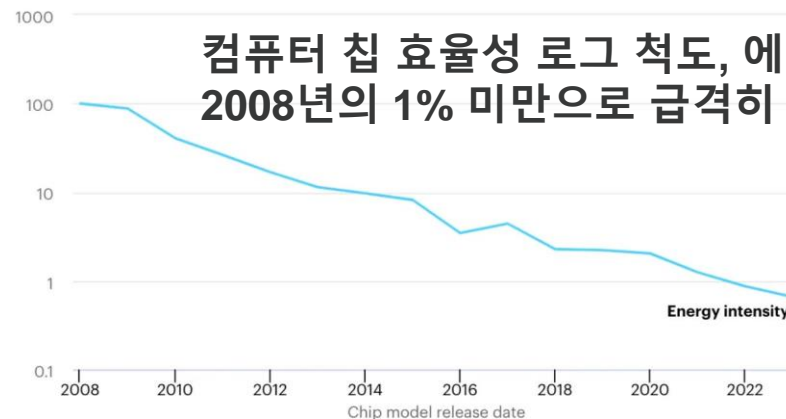
May 21, 2024, 07:30am EDT

2010년~2018년 기간 동안, 컴퓨팅 550%, 스토리지 2,400%, 전력사용량 6%(science, 2020)

Efficiency improvement of AI related computer chips, 2008-2023

Open

Index of energy intensity of AI computer chips (2008=100, log scale)



IEA. Licence: CC BY 4.0

<https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aba3758>

트럼프, 에너지 전환의 판을 흔들지만 뒤집지는 못한다.

“기후 변화는 사기이며, 바이든 행정부의 정책은 '그린 뉴딜 사기(green new scam)'에 불과하다.”

“드릴, 베이비, 드릴(Drill, baby, drill)”은 에너지 독립을 위한 내 정책의 핵심이다.”

도널드 트럼프(Donald Trump) 대통령 당선인

“석유와 가스는 사람들을 빈곤에서 구해주는 에너지 자원이다. 화석연료는 현대 문명의 기초이며, 이를 포기하는 것은 경제적 자살과 다름없다.”

크리스 라이트(Chris Wright), 트럼프 2기 에너지부 장관 예정자

“우리는 트럼프가 미국을 파리협약에서 다시 탈퇴시킬 것을 알고 있다. 이는 그의 행정부에서 '기후'라는 단어를 마지막으로 사용하는 순간이 될 것이다. 글로벌 리더십 상실은 트럼프 재임 기간 중 가장 큰 손실 중 하나가 될 것이다.”

캐서린 울프람(Catherine Wolfram), MIT 슬론 경영대학원(MIT Sloan School of Management)

“전 세계적으로 약 400만~600만 배럴의 잉여 용량이 존재하는 상황에서 우리가 효과적으로 성장할 수 있다고 생각하기 어렵다. 우리는 보수적으로 유지하고, 현금 흐름 창출이 최우선이다. 생산량은 그 결과물로 따라오는 것이다.”

트래비스 스티스(Travis Stice), 다이아몬드백 에너지(Diamondback Energy) CEO

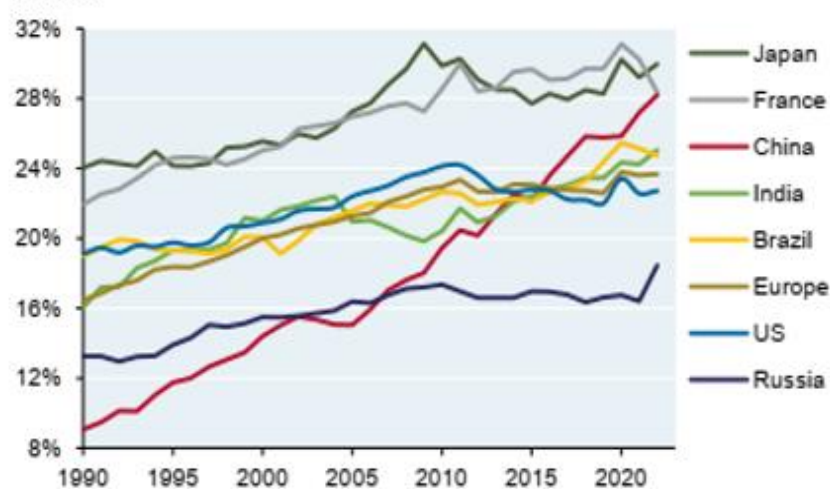
“에너지 세금 혜택을 성급히 철회하는 것은 이미 착공된 민간 투자 프로젝트를 방해하고 진행 중인 개발을 중단시킬 것이다. 완전한 철회는 최악의 시나리오를 초래할 것이다. 이는 수십억 달러의 세금을 낭비하고, 대가로 얻는 것은 거의 없게 될 것이다”

앤드류 가르바리노(Andrew Garbarino) 주도 18명의 공화당 하원의원

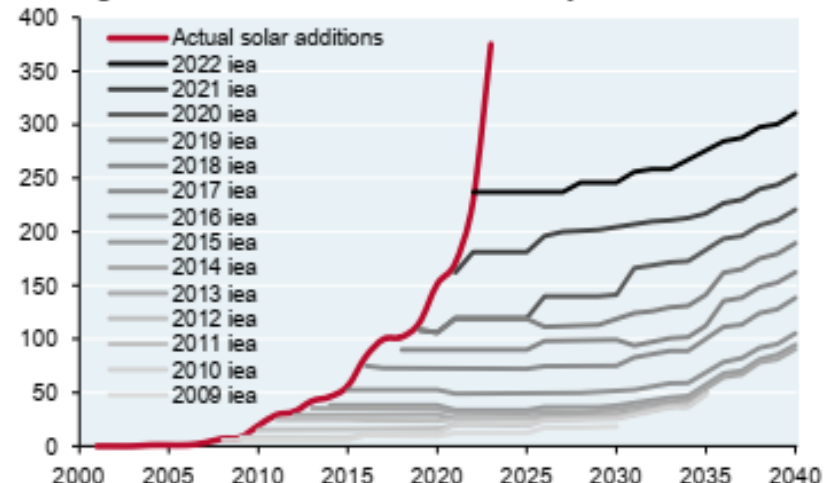
# 세계는 지금? 전기화(Electrification) + 전력부분 탈탄소화(Decarbonization)

1. 재생에너지 전환으로 **화석연료 비중은 매년 0.4%씩 감소**하며 전력부분 탈탄소화가 진행 중
2. **2025년, 전 세계 1/3 이상을 재생에너지가 생산하여 석탄을 추월**할 전망(**화석연료 비중 23년 61%→ 26년 54%**)
3. **2026년, 청정에너지(재생에너지 + 원자력) 46% 달성**으로 수요증가 충족(**에너지 부분 탈탄소화 전환점 도달**)
4. 글로벌 탈탄소화 이니셔티브로 재생에너지와 화석연료의 격차가 빠르게 좁혀지고 있으며, 전환 지출은 화석 연료 지출을 지속적으로 초과(**미국은 30년까지 9천억 달러, 2035년까지 1조 1천억 달러 지출 예정**)
5. 미래의 방향은 **모든 것을 전기화**하는 것이며 탈탄소화를 위해 시간이 필요하지만 **궁극적으로 풍력, 태양광, 에너지 저장 및 다양한 분산자원**(수요, 난방(Heat Pump), 전기차 충전) **중심으로 전환** 중
6. **전력 부분(그리드)는 점점 탈탄소화**되고 있으나 전기화 속도는 개도국의 느린 변화로 가속화가 필요
7. 그러나 현재 에너지 활용 환경에서는 **'천연가스'가 필수적**이며, 아직은 **천연가스 수요 감소 유인이 미미**

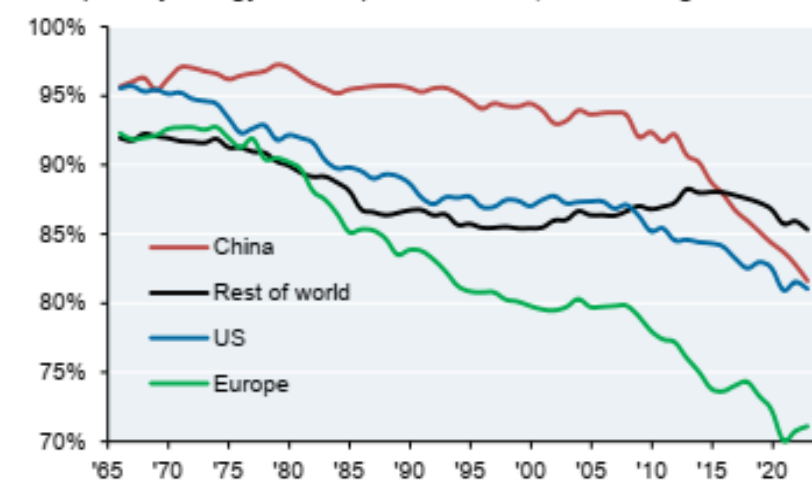
Major countries: electricity share of final energy consumption  
Percent



IEA consistently underestimated solar capacity growth  
GW of global annual solar additions vs IEA 10-year forecasts



Fossil fuel share of primary energy since 1965  
% of primary energy consumption from coal, oil and nat gas



# 영국정부: 전환은 기회가 되고, 전력산업은 혁신산업으로 바뀌고 있다.



## ❖ 영국, 탄소중립을 전 세계 최초로 법제화하고, 2020년 '10대 중점계획'을 시작으로 매년 넷제로 에너지 전략을 발표

- 영국의 카본테크 시장 규모는 2023년 기준 19억8000만 달러로, 연평균 3.3% 성장해 2024년 약 24억8000만 달러 규모
- 2024년 7월 총선을 통해 14년 만에 정권을 잡은 노동당도 '청정에너지 초강대국으로 전환'이라는 목표를 공언
- 청정에너지 프로젝트 및 핵심 기술에 투자하는 국가 기관인 '영국 에너지(GBE, Great Britain Energy)' 및 수소 에너지 등에 주로 투자하는 '국부펀드(National Wealth Fund)' 신설 계획을 밝히며, 공공투자 확대를 예고

## ❖ 전력시장 혁신을 위한 정부의 전략적 우선순위

### □ 2050년까지 탄소중립 및 전력 시스템 탈탄소화 달성

2035년까지 전력 시스템 완전 탈탄소화 목표로 50년까지 전력 수요의 70%를 재생에너지 생산

2030년까지 약 1,000억 파운드 투자 유치 목표

### □ 전력망 확장 및 디지털화를 통한 유연하고 효율적인 에너지 시스템 구축

2023년 발표된 Transmission Acceleration Action Plan에 따라 송전망 확충 기간을 기존의 절반 수준(7년)으로 단축

영국 정부와 에너지 기업들은 향후 10년간 약 540억 파운드를 송전망 인프라에 투자할 계획

디지털화 전략: 에너지 데이터를 활용해 최적화된 전력 운영 및 효율 증대를 목표로 스마트 시스템과 유연성 계획(Smart Systems and Flexibility Plan) 추진

### □ 혁신 촉진 및 시장 경쟁 강화로 비용 효율적이고 투명한 에너지 시장 구현

전력시장 배치 개혁(REMA)를 통해 도매 시장 및 네트워크 요금 체계 최적화 지속 추진

### □ 저탄소 기술 투자 촉진과 이를 뒷받침할 인프라 구축 선제 시행

# 영국, 디지털 기반의 에너지 산업 혁신을 위한 끊임없는 제도적 발전과 혁신



## ❖ 에너지 데이터 및 디지털화 전략 (2021년 발표)

- 데이터 공유 인프라(DSI) 구축: 에너지 부문 내 안전하고 효율적인 데이터 교환을 촉진하기 위한 인프라 개발
- 'Modernizing Energy Data' 그룹 구성: BEIS와 Ofgem이 협력하여 데이터 접근성 향상을 위한 핵심 과제 도출 및 대응
- 넷 제로 목표 달성 지원: 데이터 공유와 디지털 인프라를 통해 저렴하고 탄력적인 넷 제로 에너지 시스템으로의 전환 촉진
- 혁신 및 경쟁 촉진: 대규모 및 소규모 에너지 기업들의 협력을 통해 혁신, 경쟁, 참여 가속화

## ❖ 에너지 시스템 디지털화 전략 (2022년 발표)

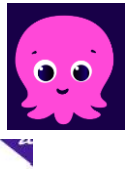
- 에너지 디지털화 태스크포스(Energy Digitalisation Taskforce) 권고 사항 이행: 2022년 에너지 데이터의 안전한 공유를 위한 기술적 프로세스와 거버넌스 구축 권고
- 시장 통합 및 혁신 촉진: 데이터 공유 인프라(DSI) 개발을 통해 시장 통합을 가능하게 하고, 기후 및 넷 제로 의제의 일환으로 혁신 동원

## ❖ 디지털 스파인(Digital Spine) 이니셔티브 (2023년 발표)

- 디지털 스파인 타당성 조사: Energy Systems Catapult, Arup, Bath 대학이 6개월간 수행한 연구로, 에너지 시스템 데이터 공유 인프라(DSI) 개발의 타당성 평가, 100개 이상의 개인 및 단체가 DSI 개념 공동 창출에 참여
- 최소 실행 가능 제품(MVP) 개발: 2025년까지 MVP 개발을 목표로 하며, 2024년에는 전력 시스템 운영자(ESO)가 정전 계획을 중심으로 한 데이터 공유 파일럿 프로젝트 시작 예정
- 지역 에너지 계획(Local Area Energy Planning), 전력 유연성(Flexibility), 전력 시장 개혁, 다중 에너지 섹터 커플링(Sector Coupling) 활성화를 위한 정책 기반으로 활용



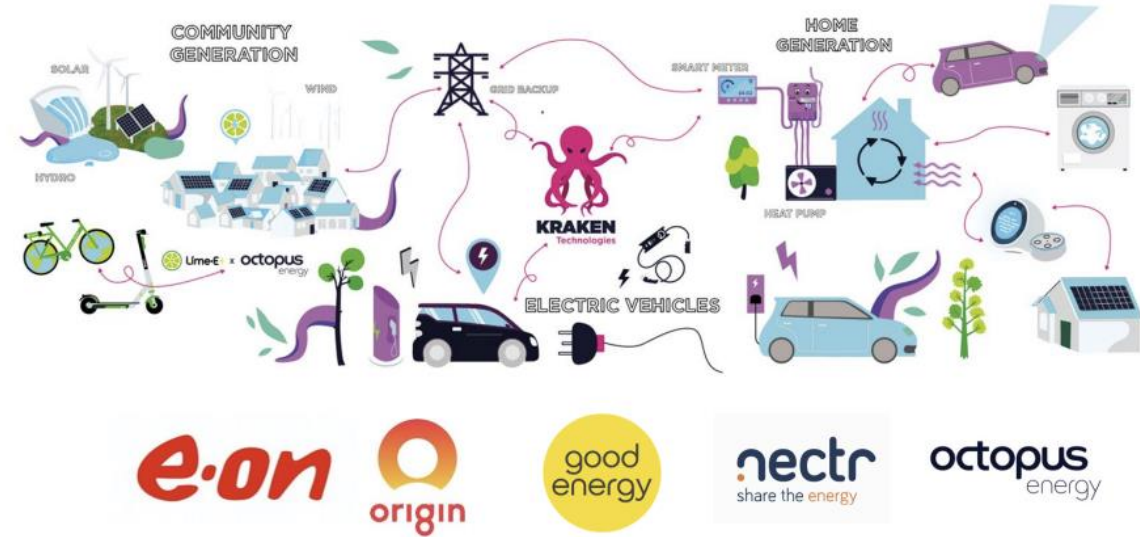
# 전환은 기회가 되고, 전력산업은 혁신산업으로 바뀌고 있다. (Octopus Energy)



## 01 기업 개요

- 본사: 영국 런던
- 직원수: 4,700명
- 전력시장 점유율: 22%(1위)
- 2023년 매출: 172억 달러(23조 원)
- 기업가치 : 90억 달러(12조 원)
- 주요주주 : 오리진 에너지(22.7%), 제너레이션 인베스트먼트 매니지먼트(13%), 캐나다 연금 투자 위원회 (CPP Investments, 12%), 도쿄가스(9.7%)

Enabled through our technology platform Kraken



## 02 주요 성과

- 영국 최대 에너지 공급업체: 전세계 고객 770만 명(최근 5년 간 3배 성장)
- 글로벌 확장:스페인, 독일, 호주, 일본을 포함한 18개국에서 운영
- 해외시장 진출 전략: 각 국가의 에너지 시장 특성에 맞춘 현지화 전략과 혁신적인 기술 플랫폼 '크라켄(Kraken)'을 통해 글로벌 시장에서의 입지를 강화
- 재생에너지 리더십: 영국 내에서 약 60억 파운드(약 10조 원) 규모의 재생에너지 자산을 보유하고 있으며, 이를 통해 약 400만 가구에 전력을 공급
  - 태양광: 영국 전역에 걸쳐 다수의 태양광 발전소를 운영하며, 연간 약 12억 kWh의 전력을 생산하여 약 50만 가구에 전력을 공급
  - 해상풍력: 부유식 해상 풍력 터빈 개발업체인 오써지(Ocergy)에 투자하여 해상 풍력 분야에서도 적극적인 참여



# 우리는 전환에서 크게 뒤쳐져 있으며, 정책 - 시장 - 제도 모두 뒤쳐져 있다.



## “전환에 뒤쳐진 정책, 전력산업이 대한민국의 성장의 발목을 잡을 것이다.”

1. 한국은 2030년까지 온실가스 배출량을 40% 감축하고 메탄가스 배출량을 절반으로 줄이는 것을 목표
2. COP28에서 한국은 2030년까지 재생에너지 용량을 3배로 늘리고 에너지 효율을 2배로 높이겠다고 약속
3. 한국의 재생에너지 보급은 2023년 전체 발전량에서 9.64%로 세계 평균과 아시아 평균에 크게 미치지 못함
4. 풍력과 태양광 발전의 비중은 2023년에 5.3%에 불과해 한국의 재생에너지 보급이 상대적으로 낮음
5. 원자력 발전을 포함하더라도 한국의 청정 전력 비중은 40.32%로, OECD 평균인 49.96%에 미치지 못함
6. 한국은 인도네시아와 함께 초기 보급 단계인 1단계에 속해 있으며, 대부분의 OECD 국가보다 뒤쳐져 있음

Figure 4: South Korea's Clean Electricity in Power Mix, 2023 (%)

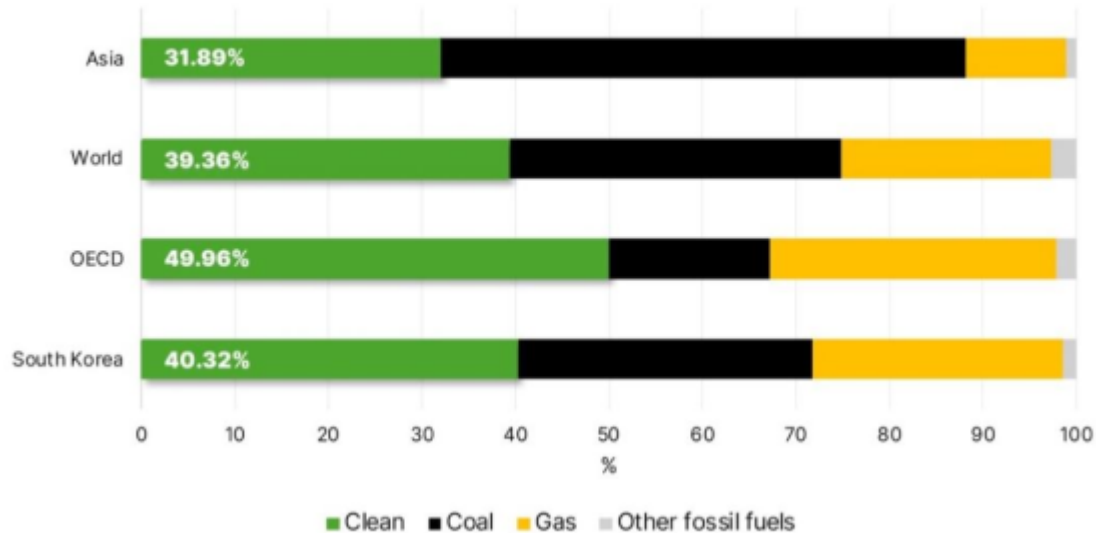
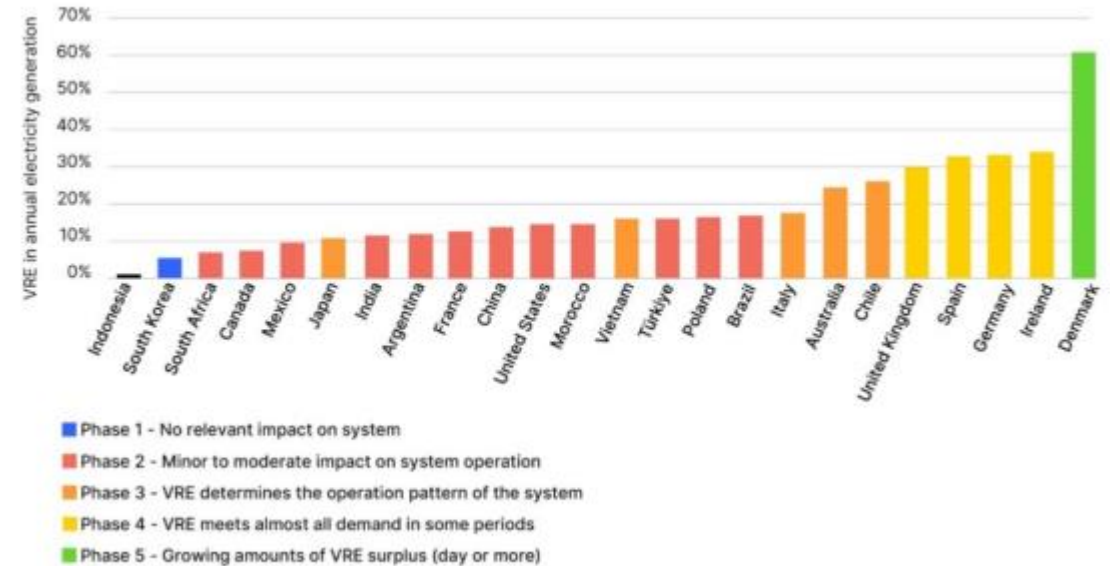


Figure 5: IEA VRE Phase Comparison by Country



Source: IEA. Renewables 2023 – Analysis and forecast to 2028. January 2024. Page 77.



# RE100, TSMC는 달려가는 데...우리는?



## TSMC RE100 추진: 선명하고, 대담하고, 빨라진다.

- 2020년, 반도체 업계 최초로 RE100에 가입, 2050년 달성 추진
- 2023년, RE100 목표 달성 시점을 기존 2050년에서 2040년으로 10년 앞당기고 2030년 목표를 40%에서 60%로 상향 조정
  - 2023년 지구의 날을 앞두고 20년 동안 20,000 GWh의 재생에너지를 공동 구매하는 장기 계약을 체결, 30년까지 30억 달러 투자
  - 재생에너지의 공동 구매를 위한 플랫폼을 구축하여 공급업체와 자회사들이 안정적인 가격으로 재생에너지를 조달할 수 있도록 지원
- 2020년 TSMC는 Orsted와 대규모 해상 풍력 발전 전력구매계약(PPA)을 체결, 재생에너지 확대를 위한 중요한 이정표 수립

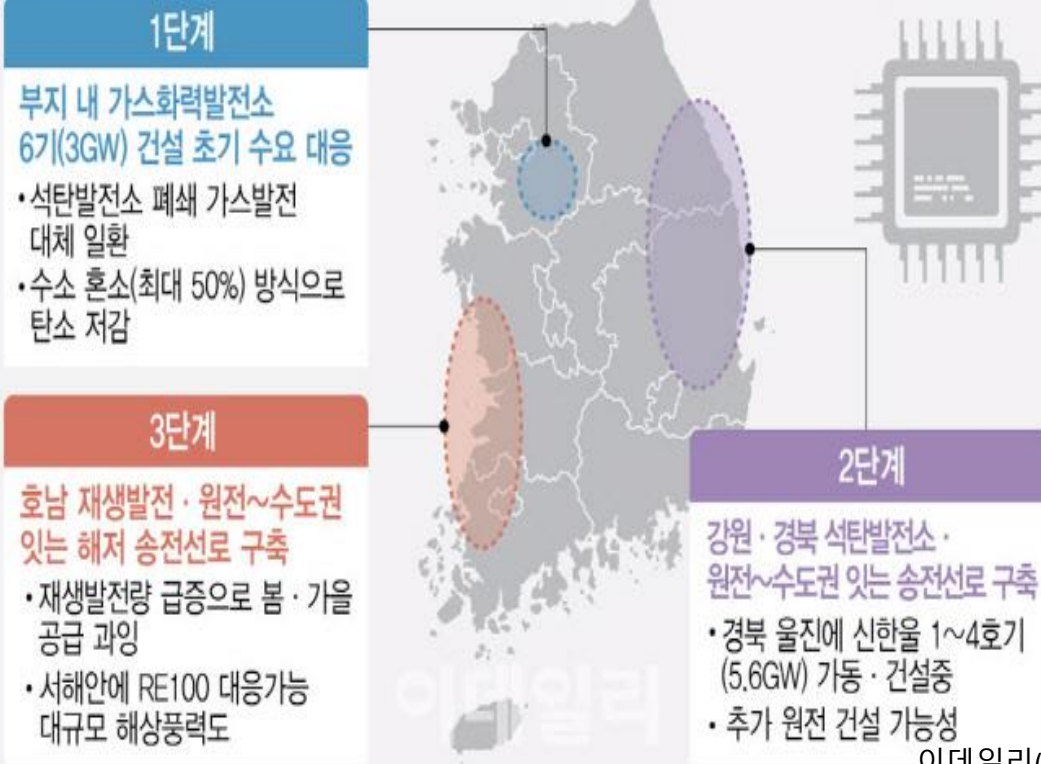


## 대만정부, RE100을 산업정책으로 전폭적으로 지원

- 송전망 이용료 90% 부담
  - TSMC가 덴마크 풍력발전기업 오스테드와 920MW 규모의 해상풍력 계약을 체결할 때, 대만 정부는 송전망 이용료의 90%를 부담
- 세제 혜택, 인센티브
  - 대만 정부는 반도체 산업에 대해 다양한 세제 혜택을 제공하고 있으며, 이는 RE100 달성을 위한 투자에도 적용
  - RE100을 선언하고 달성하는 기업에 100MW의 용량을 보너스로 제공하는 인센티브 제도를 실행

## 용인 반도체 클러스터 10GW 전력공급 3단계 방안 개요

※정부, 연내 기업 수요조사 거쳐  
구체적 로드맵 확정



이데일리(2024)

## “삼성·SK, 녹색 반도체 경쟁서 대만·일에 뒤쳐져”

2024-05-14 (화)

나주에이윤주 기자

(경제)

▶ 존스홉킨스대 연구소 보고서

- ▶ 반도체 공정때 전기 많이 써
- ▶ 전력량 'RE100' 기업 중 1, 2위
- ▶ 재생에너지 TSMC 등과 대조
- ▶ 국내 재생에너지 발전량 8%뿐
- ▶ 반도체 시설투자 유치에 걸림돌

한국일보  
KOREATIMES.COM

한국일보(2024)

# AI를 기회로, 에너지 전환을 가속화하고 전력산업을 혁신산업으로 도약 필요

**“제대로 된 에너지 혁신 유니콘이 만들어진다면 대한민국의 에너지 전환은 성공할 것이다.”**

## ❖ 전력시장 혁신 생태계 조성 필요성을 위한 디지털화(데이터 체계 확립, 개방, 업데이트, 확장) 가속화 필요

- “제대로 된 데이터도 없고, 공개된 데이터도 없다. 큰 사고가 없다고 운영을 잘하는 것은 옛 이야기가 될 것이다.”
- “국가 데이터 목표 아래 에너지, 전력 데이터의 전체부터 세부 요소까지 흐름이 보일 수 있는 체계가 확립되어야 한다.”
- “데이터를 총괄적으로 관리하고, 데이터에 기반에 계획 수립을 하고 시범사업, 대규모사업, 시장 주도로 나아가야 한다.”


## ❖ 정책수립부터 실제적인 실행을 총괄적으로 운영, 관리하는 추진체계 확립 필요

- “해외 주요국에서 시행되는 정책들은 비슷하게 발표되었거나 수립예정이다. 다만, 제대로 실행되고 있지 않을 뿐이다.”
- “전기요금에 대한 공개된 연구가 없다. 다양한 요금제가 형성되고, 가격이 변동되면 산업에 어떤 +/- 효과가 있고 이에 따른 추가적/보완적 정책이 어떻게 진행되어야 하는지 아무도 모른다. 그냥, 부채는 200조가 눈치를 보면서 올릴 뿐이다”
- “이제 전력수급계획을 포함한 정부계획을 신뢰하지 않는다. 전력인프라 전반이 NIMBY 시설이고 추가적인 사회적 비용이 든다 하더라고 이제는 공개적이고, 명확한 기준의 보상비용과 법령에 따르는 실행이 확립되어야 한다.”

## ❖ AI와 에너지 전환을 성장의 기회로 인식하고 저출산, 고령화, 연금개혁 수준의 정책 과제로 격상하여 국가성장과 생존의 필수적인 과제로 인식 전환 필요

- “여전히, 에너지 전환을 비용으로 생각하고 규제적으로 접근하는데...계속 쌓이고 있는 기후부채는 에너지, 전력 부문을 넘어 모든 산업부분의 성장을 가로막는 장벽이 될 것이다.”
- “기후문제, 에너지 전환을 AI를 활용한 혁신산업으로 체질 개선할 기회로 인식해야 한다. 저출산, 고령화, 연금 혹은 그 이상으로 중요한 문제일 수 있다.”

# QnA



A DREAM WRITTEN  
DOWN WITH A DATE  
BECOMES A **GOAL**.

A GOAL BROKEN  
DOWN INTO STEPS  
BECOMES A **PLAN**.

A PLAN BACKED BY  
**ACTION** MAKES YOUR  
DREAMS COME TRUE.