

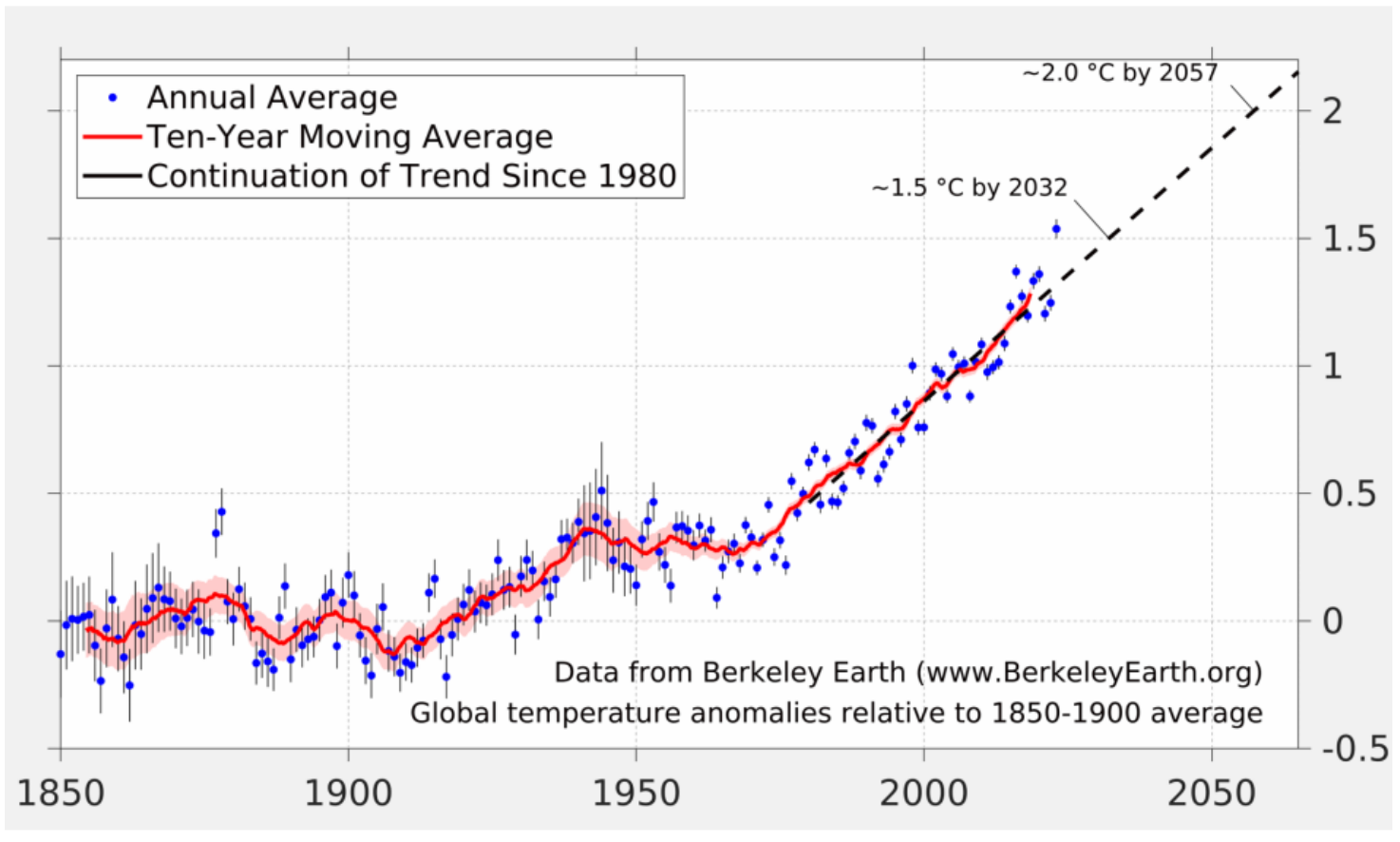
SW로 그리는 탄소중립의 미래

이은경 2024.07.19.



지구 평균기온의 상승으로 인한 생태계 붕괴 현상을 막기 위해서 2050년까지 순 탄소배출량을 0로 만드는 '탄소중립'을 반드시 달성할 필요

<1850년 이후 지구 평균기온 추이> * 산업화 이전(1850~1900년) 기온의 평균을 0로 설정



<1.5°C 및 2°C 상승에 따른 주요 영향>

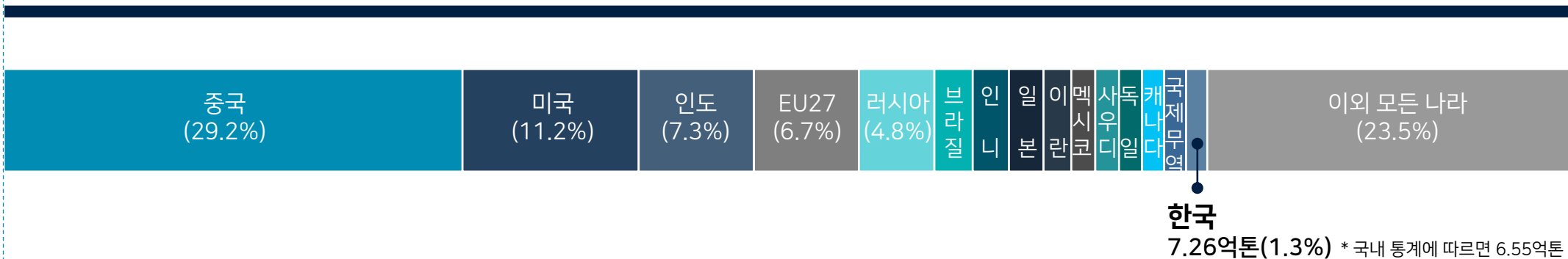
	1.5°C	2°C
고유 생태계 및 인간계	높은 위험	매우 높은 위험
중위도 폭염일 온도	3°C 상승	4°C 상승
고위도 극한일 온도	4.5°C 상승	6°C 상승
산호 소멸	70~90%	99% 이상
육상 생태계	중간 위험	높은 위험
서식지 절반 이상이 감소될 비율	곤충 6%, 식물 8%, 척추동물 4%	곤충 18%, 식물 16%, 척추동물 8%
다른 유형의 생태계로 전환되는 면적	6.5%	13.0%
대규모 특이 현상	중간 위험	중간-높은 위험
해수면 상승	0.26~0.77mm	0.30~0.93mm
북극 해빙 완전 소멸 빈도	100년에 한 번 (복원 가능)	10년에 한 번 (복원 어려움)

* 출처: 버클리어스 홈페이지(<https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/>); 기상청 기후정책과(2018), '지구온난화 1.5°C'

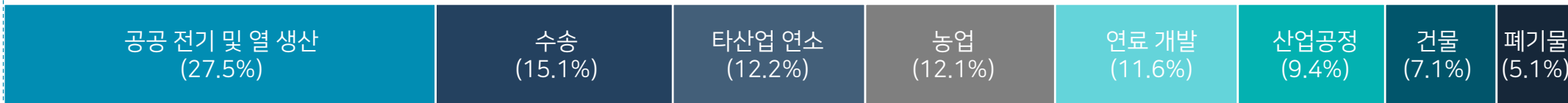
매년 배출되는 약 500억 톤의 탄소배출량을 0로 만들기 위해서는 모든 나라와 모든 산업이 적극적으로 탄소중립 정책과 기술을 수용하고 이행할 필요

2022년 글로벌 온실가스 배출 총량: 538억톤 CO₂eq/yr

국가별 배출 비중



분야별 배출 비중



직간접 배출량 합산 분야별 배출 비중



* 출처: JRC/IEA 2023 Report 'GHG emissions of all world countries'; 윤순진, '한국의 2050 탄소중립 시나리오: 내용과 과제'; World Bank Group, 'Measuring the Emissions and Energy Footprint of the ICT Sector'

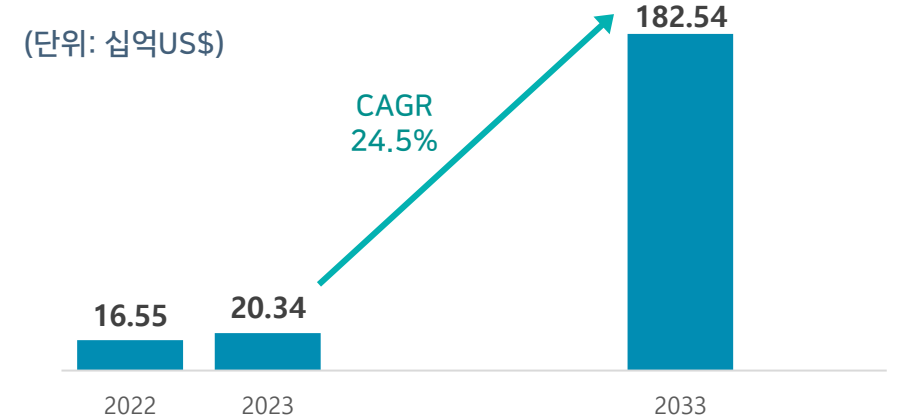


탄소배출 감축과 기후위기 대응을 위한 '기후기술'이 국가 신성장동력으로 주목받으며 향후 10년 간 높은 성장세가 예상

<기후기술 분류체계>

대분류	중분류	소분류
감축	1. 재생에너지	수력, 태양광, 태양열, 지열, 풍력, 해양에너지, 바이오에너지, 폐기물
	2. 신에너지	수소 제조, 연료전지
	3. 비재생에너지	청정 화력발전·효율화, 핵융합발전, 원자력발전
	4. 에너지저장	전력저장, 수소저장
	5. 송배전·전력IT	송배전 시스템, 전기지능화기기
	6. 에너지 수요(사용)	수송 효율화, 산업 효율화, 건축 효율화
	7. 온실가스 고정	CCUS(탄소포집·활용·저장), Non-CO ₂ 저감
적응	8. 농업·축산	유전자원·유전개량, 작물재배·생산, 가축 질병관리, 가공·저장·유통
	9. 물	수계·수생태계 관리, 수자원 확보 및 공급, 수처리, 수재해관리
	10. 기후변화예측 및 모니터링	기후예측 및 모델링, 기후정보 경보 시스템
	11. 해양·수산·연안	해양생태계, 수산자원, 연안재해관리
	12. 건강	감염질병관리, 식품안전예방
	13. 산림·육상	산림생산 증진, 산림피해저감, 생태·모니터링·복원
감축/적응 융합	14. 다분야중첩	신재생에너지하이브리드, 저전력소모장비, 에너지하베스팅, 인공광합성

<기후기술 시장규모 현황 및 전망>



※ 맥킨지는 2030년 기후기술 시장을 9조달러로 전망하고, BCG는 2050년 기후기술 시장을 최대 60조달러까지 전망하는 등 기관마다 전망치의 차이가 존재

※ [참고] 기후기술, AR, VR/AR, 반도체의 시장규모 비교

	2023	2033	CAGR
기후기술	20.34	182.54	24.5%
AI	37.01	369.34	25.9%
VR/AR	23.18	233.79	26.0%
반도체	544.78	1137.57	7.6%

* 출처: 국가녹색기술연구소(2019), 녹색기후기술백서; FutureMarketInsight(2022), Climate Tech Market Outlook

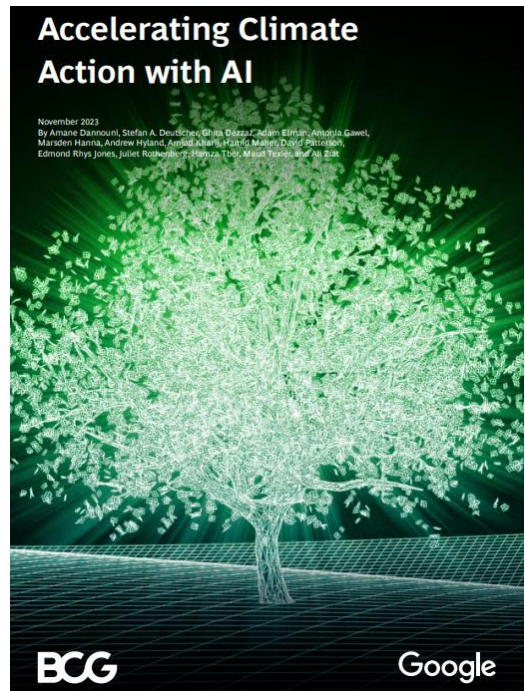


AI, 디지털 트윈 등을 비롯한 SW가 기후기술의 요소기술로서 탄소배출량 감축 및 측정, 위험 예측, 취약점 관리 등의 측면에서 중요한 역할을 담당할 것으로 기대

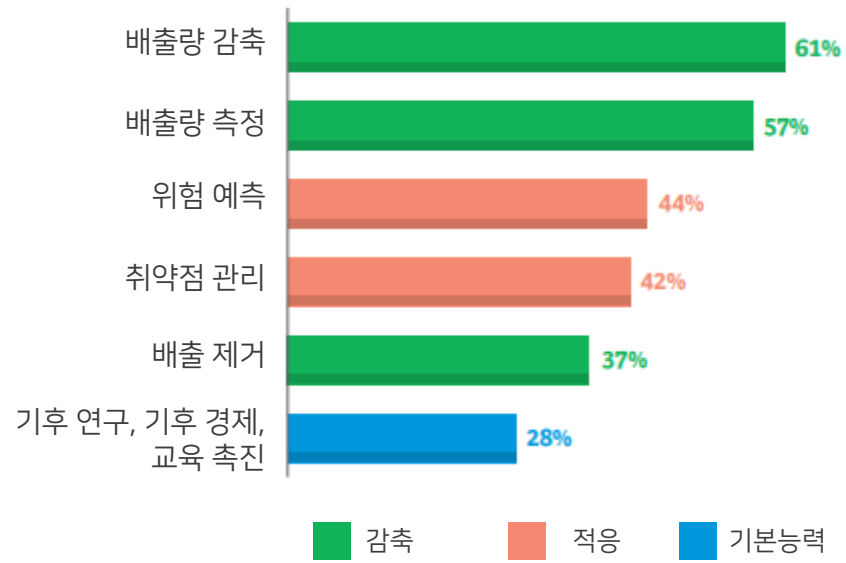
<SW 기반 기술로 인한 탄소배출 감축 기대치>

- AI는 2030년까지 온실가스 배출의 5~10%를 줄일 잠재력 보유
- Google and BCG(2023.11), Accelerating Climate Action with AI
- 5G·AI·IoT·디지털 트윈 등의 디지털 기술은 2030년까지 글로벌 탄소 배출량을 15% 감축시키는 데 기여 가능
- Thierry Breton(EU 집행위원), COP26 기조연설 중(2021.10)
- 향후 3~5년 안에 AI가 탄소배출량을 16% 줄이고, 전력 효율을 15% 개선할 것으로 기대
- Capgemini(2021), AI to Power Climate Action Strategy
- 디지털 전환 가속화로 2030년까지 독일 탄소배출 감축 목표의 최대 50% 달성 가능
- Bitkom(2021), Klimaeffekte der Digitalisierung

<Google과 BCG의 'Accelerating Climate Action with AI'>



Q. 기후 관련 고급 분석과 AI가 귀하의 조직에 가장 큰 사업적 가치를 가진 분야는 어디라고 보십니까?



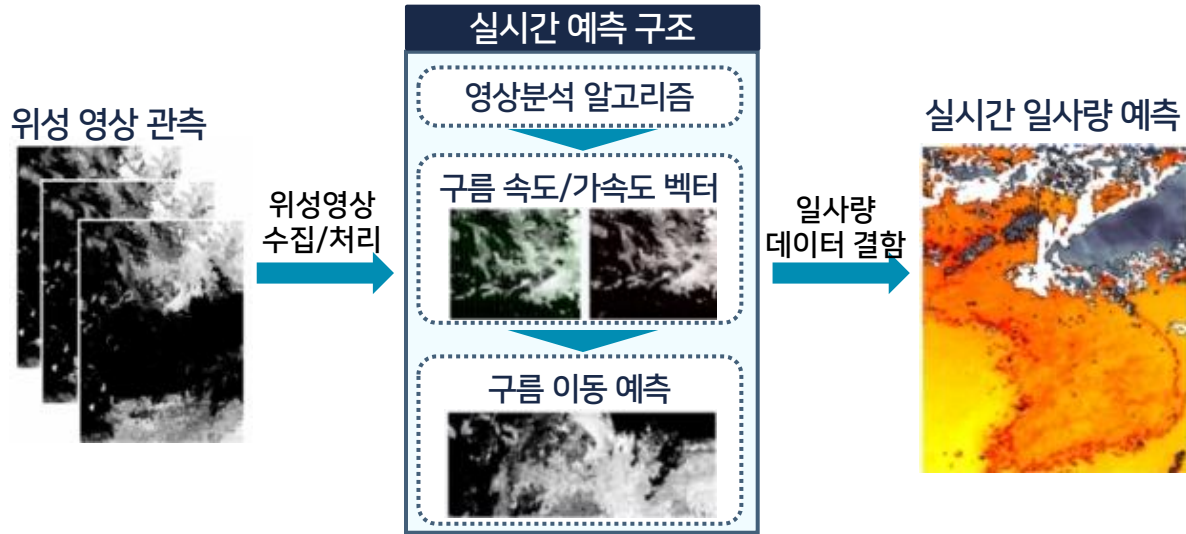
[SW 활용 사례 1: 발전 분야]

재생에너지 발전량 예측 정확도를 높이고, 분산전원을 통합 관리하는 가상발전소(VPP)를 지원

<태양광 발전량 예측 오차를 획기적으로 개선>

- ▶ 재생에너지 발전량을 정확하게 예측하는 것은 청정 에너지 공급, 안정적인 전력계통 구축, 발전사업 수익과 연결되므로 탄소중립을 위해 반드시 필요
- ▶ 기후테크 스타트업 '식스티헤르츠'는 기상관측위성 천리안 2호 영상데이터, 자체 개발한 구름 이동 예측 알고리즘으로 예측 오차 2.6% 수준 달성

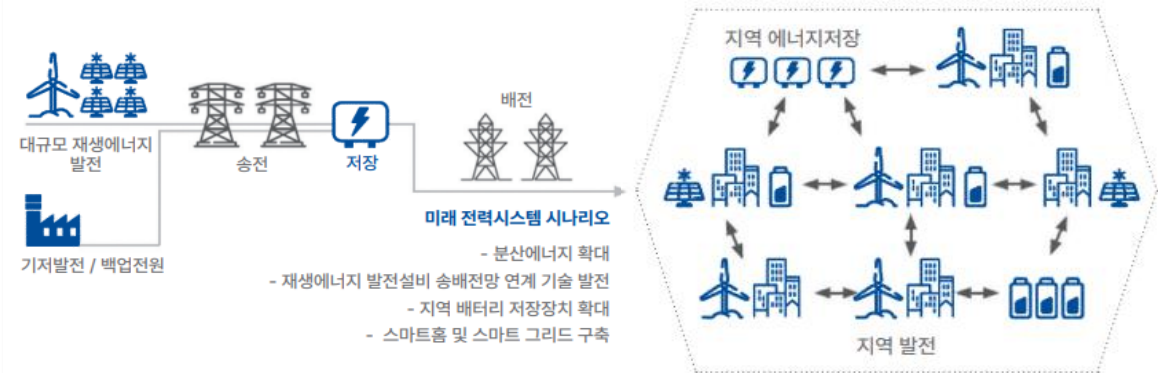
식스티헤르츠의 빅데이터 처리 시스템 구조



<VPP로 소규모 분산전원 관리를 최적화>

- ▶ VPP란 소규모 분산전원을 클라우드 기반 SW로 통합해 하나의 발전소처럼 관리하며 운영을 최적화하는 시스템
 - VPP 시장규모는 2020년 5.6억달러에서 2027년 25.9억달러로 연평균 약 25.7% 성장 예상(Global Information)
- ▶ 테슬라는 자사 배터리와 SW 기술을 기반으로 캘리포니아 및 일본, 호주 등에서 VPP 사업을 운영
 - 머신러닝을 활용한 실시간 거래·제어 플랫폼 '오토비더'가 테슬라 VPP의 핵심 기술

탄소중립을 위한 미래의 전력시스템



* 출처: 식스티헤르츠 홈페이지 및 관련 언론; 김자현(2023.11), 에너지 전환의 열쇠, 한국의 재생에너지 확대를 위한 유연성 자원 활성화 정책 제언, Solutions for our Climate Report

[SW 활용 사례 2: ICT 산업 분야]

초저전력 AI 반도체 개발과 데이터센터 운영 최적화로 전력 소모를 최소화

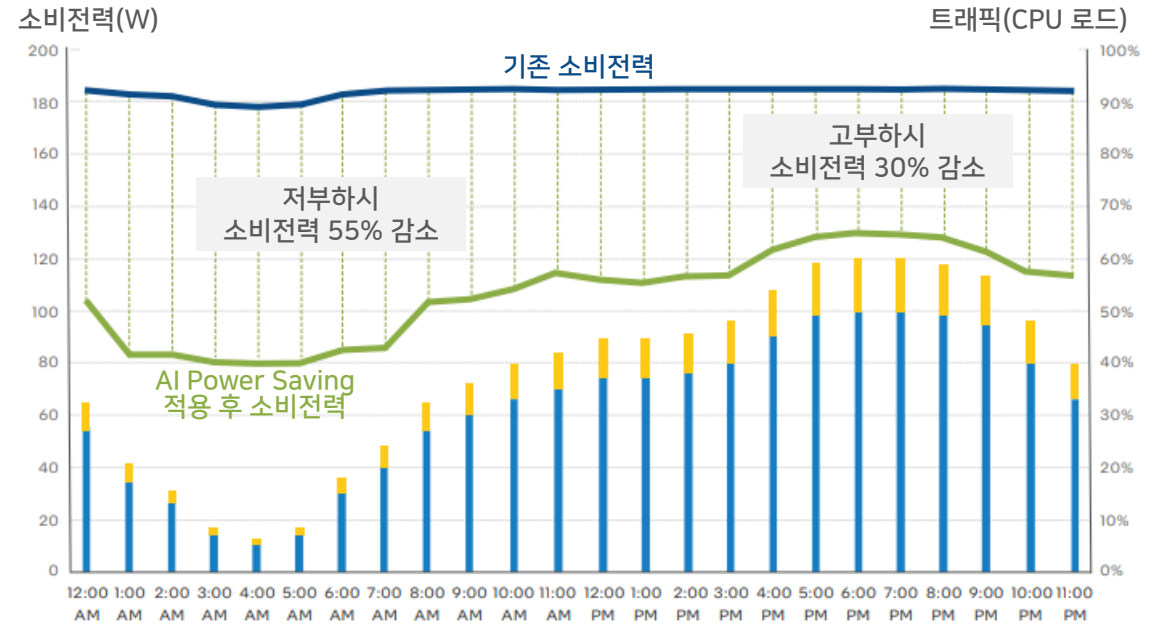
<SW 최적화 기반의 전성비 높은 AI 반도체>

- ▷ KAIST 연구진이 400밀리와트 전력소모로 거대언어모델을 처리할 수 있는 초저전력 '상보형-트랜스포머' AI 반도체 개발
 - 입력 데이터의 크기에 따라 데이터 처리 신경망을 다르게 할당하여 전력 소모를 최소화
- ▷ 기후테크 스타트업 '리벨리온'은 자체 개발한 컴파일러, 펌웨어, 드라이버, 런타임을 통해 SW 최적화를 이뤄 성능과 에너지효율을 높인 NPU '아톰' 개발
 - KT 클라우드는 2023년 5월, 서버에 아톰을 적용하여 GPU 활용대비 전력소모량을 5분의 1 수준으로 감축



<AI 활용한 최적화로 전력소모 낮춘 데이터센터>

- ▷ SKT는 트래픽에 따라 데이터센터 서버의 소비전력을 효율적으로 관리 및 제어하는 AI Power Saving 기술로 평균 42% 전력 절감 효과 확인
 - 통신 데이터센터 내 다수 서버군을 통합관리하면서 개별 서버 기능을 제어하여 소비전력을 감소



* 출처: Intel & SK telecom(2023), 'Dynamic Power Savings in Cloud-Native 5G Wireless Infrastructure network Functions'

[SW 활용 사례 3: 건물 분야]

설계와 시공부터 에너지 효율 최대화를 추진하고, 운영시에는 에너지를 실시간 분석해 에너지자립률 증진

<시뮬레이션 분석을 활용한 설계와 AI 기반 BEMS를 통해 달성하는 제로에너지 빌딩>

- ▷ 건물 생애주기별 성능정보를 기반으로 에너지 최적화를 추구하고, 신축건물은 제로에너지화, 기존 건물은 그린리모델링을 통해 건물 부문 탄소배출 감축 - 건물 부문 최대 탄소배출량을 기록한 2018년 대비(52.1백만톤) 2030년까지 32.8% 감축을 목표
- ▷ 기후테크 스타트업 '에너지엑스'는 설계단계에서 기후/환경 및 환경성능 개선 시뮬레이션을 적용하고, 건물 운영에는 AI 기반 에너지 관리 시스템을 활용해 국내 최초로 에너지자립률 121.7%를 인증 받은 플러스 에너지 빌딩 준공

계획설계 단계의 기후/환경 시뮬레이션 및 기본설계 단계의 환경성능 개선 시뮬레이션

	기후변화 분석	소음영향 분석	일조침해 고려	지형 순응형 배치
계획 설계 단계				
기본 설계 단계				

국내 최초 에너지자립률 100%를 넘긴 플러스 에너지 빌딩(에너지엑스)



단위면적당
1차 에너지 생산량
191.2kWh/m²·y

단위면적당
1차 에너지 소비량
157.1kWh/m²·y

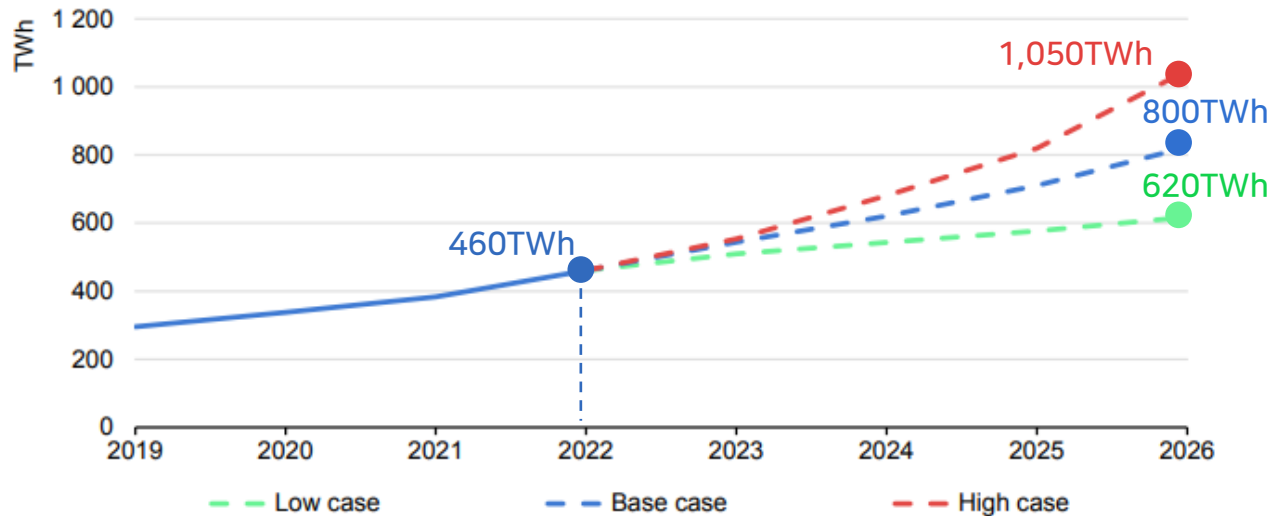
* 출처: 에너지엑스 자료 및 관련 언론

반면, AI를 비롯한 디지털 기술은 데이터센터 전력 소모를 증가시켜 탄소배출이 늘어나는 원인으로도 작용

<‘전기 먹는 하마’ 데이터센터의 전력 수요 현황 및 전망>

- ▷ 데이터센터의 연간 전력소모량은 2022년 기준 460TWh로 프랑스의 연간 전력소모량(420TWh)보다 크며, 2026년에는 최대 1,050TWh까지 증가 전망
- 구글은 AI에 집중적으로 투자하면서 탄소배출량이 최근 5년간 48% 증가했고, MS도 2024년 5월 데이터센터 건설로 2020년 대비 탄소배출량이 33% 증가
- 2030년까지 탄소중립을 목표하던 빅테크 기업들의 목표 달성에 차질 발생

데이터센터의 글로벌 전력소모량



* 출처: IEA(2024), Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026

<AI 및 데이터센터의 탄소배출을 우려하는 시각들>

AI가 기후위기 해결에 도움이 된다는 주장은 잘못된 것, 에너지 사용 증가와 허위정보 확산으로 오히려 기후위기 가속화할 위험

- 글로벌 환경단체 연합(2024.3.7), AI Threats to Climate Change

2025년까지 AI가 환경에 미치는 영향을 더 잘 고려할 수 있도록 개발 방식을 재고하지 않으면 AI 에너지 소비량이 전 인류의 에너지 소비량보다 더 많아질 것

- Gartner

GPT-3 훈련과정에서의 탄소배출량은 502톤(뉴욕-런던 600회 비행시 배출되는 양)이며, GPT-4는 6,912톤 수준으로 추정

- Columbia Climate School(2023.6.9), ScaleDown(2023.12.10)

Arm CEO warns AI's power appetite could devour 25% of US electricity by 2030

- The Register Forums(2024.4.9)

AI Is Pushing The World Toward An Energy Crisis

- Forbes(2024.5.24)

SW의 개발·배포·사용 과정에서 배출되는 탄소의 양을 측정하고 탄소배출이 적은 친환경 SW 생태계를 구축할 필요

<SW로 인한 탄소배출의 객관적 지표 'SCI(SW Carbon Intensity)'>

- ▷ 각종 소프트웨어의 탄소발자국을 객관적으로 평가하기 위해 GSF(Green Software Foundation)가 개발한 SCI를 활용하면 대규모 분산 클라우드 시스템부터 스마트폰 애플리케이션까지 SW의 탄소배출 지표 계산 가능
- SCI는 2024년 3월 22일 ISO 국제 표준으로 채택

SCI 계산식

$$SCI = (O + M) \text{ per } R$$

Functional Unit
(per user, API call etc.)

Operation Emission

$$O = E \times I \times RS \times OT$$

Energy Consumption Location-based marginal carbon intensity Resource Share Operating Time

Embodied Emission

$$M = TE \times TS \times RS$$

Total Embodied Emission Time Share Resource Share

<SCI 계산 사례: UBS 은행의 투자은행 앱과 자산관리 앱>

1a) 시간당 운영배출			
Data source	Central Application Database	National Grid Database	Central Application Database
시간당 운영배출	= 에너지(E)	x 한계탄소강도(I)	x 자원 사용 비율(RS)
투자은행 앱 (2.67kg)	= 13.6kWh	x 0.5kg/kWh	x 0.39
자산관리 앱 (24.80kg)	= 49.6kWh	x 0.5kg/kWh	x 1
1b) 연간 운영배출			
연간 운영배출	= 시간당 운영배출	x 연간사용시간	
투자은행 앱 (23,389.2kg)	= 2.67kg	x 8760 hours	
자산관리 앱 (217,248kg)	= 24.8kg	x 8760 hours	
2a) 서버당 임베디드 배출			
Data source	Product Website	Product Website	Central Application Database
서버당 임베디드 배출	= 평균 HW 임베디드 배출	x 시간 사용 비율	자원 사용 비율(RS)
투자은행 앱 (113.52kg)	= 1158g	x 0.25	x 0.39
자산관리 앱 (303.5kg)	= 1214kg	x 0.25	x 1
2b) 애플리케이션당 임베디드 배출			
애플리케이션당 임베디드 배출	= 서버당 임베디드 배출	x 사용 서버 수	
투자은행 앱 (1248.73kg)	= 113.53kg	x 11	
자산관리 앱 (10015.5kg)	= 303.5kg	x 33	
3) SCI Rate 계산 (SCI = (O + M) per R)			
SCI	= (운영 배출	+ 임베디드 배출)	/ 기능
투자은행 앱 (16.88kg)	= (23,389.2kg	+ 1248.73kg)	/ 1459 (users)
자산관리 앱 (631.29kg)	= (217,248kg	+ 10015.5kg)	/ 360 (users)

* 출처: Green Software Foundation 홈페이지

친환경 SW 생태계 구축으로 ICT 산업 분야 탄소배출을 줄이는 동시에, SW 기반의 기후기술에 대한 투자·개발·확산을 통해 2050 탄소중립을 달성할 필요



<국내외 디지털 탄소중립 추진 정책>

	산업 전반의 디지털 전환	ICT 산업의 저전력화·고성능화
	<ul style="list-style-type: none"> 스마트·디지털 에너지 인프라 구축 및 전력망의 디지털화 제고를 위한 투자 촉진(5,840억유로) 에너지 절약 애플리케이션을 위한 유럽 공통 참고 프레임워크 발표('23.5) 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터센터의 폐열 재사용, 환경 라벨링 제도 도입, 네트워크의 지속 가능한 행동강령 등 수립
	<ul style="list-style-type: none"> IoT 기반 에너지 인프라 통합 거래망 구축을 목표로 'IoT 통합 연구' 프로그램 추진(670만달러) 미국 국립연구소의 고성능 컴퓨팅을 활용해 제조 부문 탄소발자국 감축에 도움이 되는 연구를 진행하는 팀에게 180만 달러 지원 발표('23.1) 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터센터의 에너지효율 제고를 위한 연구개발, 제도개선 및 인력양성 등 추진
	<ul style="list-style-type: none"> 석탄, 철강, 시멘트 등 전통산업의 디지털 전환 촉진을 통해 저탄소 녹색성장 지향('22.8) 정부, 산업, 기업 차원의 디지털 탄소관리시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 에너지관리시스템을 통한 데이터센터 및 네트워크의 전력 소모 최적화 추진
	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 실증단지를 모사한 디지털 트윈 시스템 개발 및 시뮬레이션 통한 재생에너지 잠재량 분석 산재되어 있는 건물에너지 데이터를 연계·분석·평가할 수 있는 '국가 건물에너지 통합관리 시스템' 고도화 	<ul style="list-style-type: none"> 고성능 국산 AI 반도체 기술 확보해 초저전력·고성능 연산이 가능한 데이터센터 구축 (K-클라우드 프로젝트 1단계 사업(375.9 억원, '23년) 통해 민간·공공 부문에 적용)

* 출처: 관계부처 합동(2023.11.23), 디지털 전환을 통한 탄소중립 추진방안; nipa 글로벌 ICT 월간동향리포트(2023.6월); 산업통상자원부&KIAT(2023.2), 중국 산업 디지털화·친환경화 통합 발전 제언; 각종 관련 언론



감사합니다



본 저작물은 "공공누리" 제4유형:출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용 할 수 있습니다.