

인공지능(AI) 시대의 그림자 :

반도체 제조산업의 전력 소비량과 온실가스 배출량 분석

저자

카트린 우 Katrin W.

섬머 지아 Summer J.

레이첼 유 Rachel Y.

알렉스 드 브리스 Alex de Vries

다음 분들께 특별히 감사드립니다:

에린 뉴포트 Erin Newport, 양연호 Yeonho Yang, 레나 창

Lena Chang, 이인성 Insung Lee, 강다연 Dayon Kang,

코코 우 Coco Wu, 샤오레이 렌 Shaolei Ren, 차이치 쿠오

Tsai-Chi Kuo

편집

캐스린 밀러 Kathryn Miller

면책조항

이 보고서는 본래 영어로 작성됐으며 중국어와 한국어로 번역됐다.
각 언어 버전 간 불일치하는 부분이 있는 경우, 영어 버전을 기준으로 삼는다.
이 보고서는 정보 공유와 환경 보호를 비롯한 공익적 목적을 위한 것이다.
투자 결정 등 다른 목적으로 이 보고서를 사용해서는 안 된다.
만약 다른 목적으로 사용할 경우, 그린피스 동아시아(GPEA)는 그 결과로 발생하는 일에 대해 어떠한 책임도 지지 않는다.

이 보고서의 내용은 각 기업이 누구나 접근할 수 있도록 공개한 정보를 바탕으로 하며 해당 정보를 독립적으로 입수했다. 그린피스 동아시아는 이 보고서에 포함된 정보의 즉각성, 정확성 및 진실성을 보장하지 않는다.

목차

04	핵심 요약
06	주요 결과
08	소개
12	AI의 에너지 수요
13	데이터센터의 에너지 수요
15	AI 칩 제조 과정의 에너지 수요
24	제언

AI 칩 제조에 소요되는 에너지 조사에 이용된 연구 방법론은 부록에 자세히 설명돼 있다 : 부록 A. 방법론 : AI 칩 생산 과정의 에너지 소비 및 탄소발자국에 관한 상향식 분석



The background is a deep blue gradient with various geometric patterns. In the top right, there are several concentric, slightly curved lines that resemble a circuit board or a stylized 'G' shape. In the bottom right, there are several concentric octagons, with the innermost one being a solid, light blue color. On the left side, there are several horizontal bars of varying lengths and shades of blue, some overlapping each other. The overall aesthetic is clean, modern, and tech-oriented.

핵심 요약

Executive Summary

핵심 요약

엔비디아, 마이크로소프트, 메타, 구글 등의 기업이 주도하는 인공지능 (AI) 경쟁은 AI 인프라에 대한 수십억 달러의 투자로 이어지고 있다. 이러한 투자금의 상당 부분은 고성능 AI 모델을 훈련하고 이용하는 데 필수적인 하드웨어인 AI 칩을 제조하는 데 사용된다.

AI 이용이 늘어남에 따라 화석 연료 발전의 증가를 포함하여 AI 데이터 센터의 전력 소비와 기후 영향에 대한 관심이 높아졌다. 그러나 AI 칩 제조 공정에 따른 기후 영향은 그다지 관심을 받지 못하고 있다. 이러한 공정은 동아시아, 특히 한국과 대만에 집중돼 있다.

동아시아 지역의 기업들은 AI 모델 운용에 필수적인 고성능 그래픽 처리 장치(GPU) 제조 분야를 장악 중이다. 대만의 TSMC가 AI 전용 GPU의 시스템(로직) 반도체 제조를 주도하고, SK하이닉스, 삼성, 마이크론은 AI 하드웨어에 사용되는 메모리칩을 주로 한국과 일본에서 생산한다.

동아시아의 전력망은 석탄, 천연가스 등 화석 연료에 크게 의존하고 있다. 이는 AI 칩 제조사들에게 극복해야 할 과제이자, 재생에너지 개발을 위한 기회로 작용한다. 2023년 기준 한국 전력 공급량의 58.5%가 화석 연료로 생산됐다. 일본과 대만에서 그 비율은 각각 68.6%, 83.1%에 달했다.^{1,2,3}

전자제품 제조업체의 새로운 수요를 충족하기 위해 화석 연료 발전에 대한 의존도가 심화되고 있다. 2024년 한국 정부는 1GW 규모의 액화천연가스 (LNG) 열병합발전소 건설을 승인했다. 이 발전소는 용인 일반산업단지에 위치한 SK하이닉스 반도체 생산시설을 위한 것이다. 또 한국 정부는 용인의 첨단시스템반도체 클러스터 국가산업단지에 들어설 삼성전자의 반도체 생산시설을 위해 3GW 규모의 LNG 발전소 건설을 계획하고 있다. 이 발전소들이 가동되면 온실가스 배출량과 대기오염이 증가하게 되는데, 이는 재생에너지로 전력 수요를 충족하면 피할 수 있는 환경적 영향이다.

AI 칩 제조 공정의 전 지구적 기후 영향을 측정하기 위해, 이번 연구에서는 주요 AI 칩 모델(엔비디아 A100, H100, H200, B100/200, AMD MI300X)의 2023년 및 2024년의 전력 소비량과 전력 소비에 따른 배출량을 상향식 접근법으로 추정했다.

분석 작업은 공개적으로 얻을 수 있는 데이터, AI 모델의 생산 및 웨이퍼 수요에 대한 시장 분석 자료, 공개된 생산 공정의 전력 수요를 바탕으로 진행됐다. 공급 업체와 제조시설의 위치를 파악함으로써 생산 과정에서 소요된 전력 공급원의 구성 비율, 그리고 관련 탄소 배출량을 계산했다. 그리고 AI 로직 및 메모리 반도체 웨이퍼의 수요 및 공급 예측을 바탕으로, 2030년까지의 추정치를 산출했다.

AI의 성장세와 칩 제조의 중요한 역할을 고려할 때, 이 부문의 탄소발자국을 면밀히 조사하는 것이 시급히 필요하다. 최근 몇 년간, 몇몇 주요 AI 빅테크 기업이 재생에너지에 대한 진전된 약속을 내놓았지만, 전반적으로 AI 칩 분야는 지속가능성 측면에서 가야 할 길이 멀다.

이 보고서는 전자 제조사가 AI 칩 생산 과정에서 온실가스 배출량을 줄일 수 있는 방안도 포함하고 있다. 동아시아에 본사를 둔 칩 제조사들은 재생에너지 발전 시설 건설 및 투자, 장기간의 전력구매계약(PPA) 체결 등 영향력 있는 전력 수급 방식을 통해 현지에서 재생에너지를 조달할 수 있다. 엔비디아, 마이크로소프트, 메타, 구글 같은 AI 빅테크 기업 또한 공급업체가 재생에너지 조달을 늘리도록, 2030년까지 공급망 전반에 걸친 100% 재생에너지 목표를 세워야 한다.

1. 한국 전력통계정보시스템, "에너지원별 전력 생산량"(2024), 2025년 2월 10일 참조. <https://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkgeGepGesGrid.do>.

2. 대만 경제부, "전력 통계"(2024), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.esist.org.tw/database/search/electric-generation>.

3. 일본 경제산업성, "일반 에너지 통계"(2024), 2025년 2월 10일 참조. https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html.



주요 결과 Key findings



주요 결과

2030년이 되면, 전 세계 AI 칩 제조를 위한 전력 수요는 3만 7,238GWh에 달할 것으로 추정된다. 이는 2023년 대비 약 170배 증가한 수치이며, 현재 아일랜드의 총 전력 소비량보다 많은 양이다.⁴

- 동아시아는 상업용 AI 모델의 핵심 하드웨어 제품을 주도적으로 생산해 왔다. 이에 따른 전력 수요 증가는 동아시아, 특히 한국과 대만의 전력망에 막대한 부담을 주고 있다.

AI 칩 제조로 인한 전 세계 전력 소비량은 2023년 218GWh에서 2024년 984GWh로 늘어났다. 증가율로 따지면 350%가 넘는다.

- 2024년 대만의 AI칩 제조에 사용된 전력량은 375.8GWh에 달했다. 이는 전년 대비 350.6% 증가한 양으로, 대만에서 약 9만 3,000가구가 소비하는 전력량과 맞먹는다. 대만 정부는 반도체 산업의 전력 수요 급증으로 인해 2030년까지 전력 사용량이 매년 12~13% 늘어날 것으로 예측하고 있다.⁵
- 한국에서는 AI 칩 제조로 인한 전력 소비량이 2023년 134.6GWh에서 2024년 315.2GWh로 두 배 이상 증가했다. 2050년이 되면, 반도체 생산 시설이 밀집한 용인이 수도권 전체 전력 수요의 25%인 10GWh 이상의 전력을 소비할 것으로 예상된다. 이는 국가 전력망에 커다란 부담으로 작용할 것이다.⁶

AI 칩 제조와 관련된 전력 소비로 인한 전 세계 배출량은 이산화탄소 환산량(CO₂e)으로 2023년 9만 9,200톤에서 2024년 45만 3,600톤으로 4배 이상 증가했다. 이러한 배출량은 대부분 동아시아 전력망의 화석 연료에 대한 의존도가 높았기 때문이다.

- 대만의 AI칩 제조 관련 배출량은 2023년 4만 1,200톤에서 2024년 18만 5,700톤으로 4배 이상 증가했다.
- 한국에서 AI칩 제조 관련 배출량은 2023년 5만 8,000톤에서 2024년 13만 5,900톤으로 2배 이상 증가했다.
- 2024년 일본의 AI 칩 제조 관련 배출량은 13만 2,100톤에 달했다.

동아시아 전역에서 칩 제조로 인한 전력 소비 증가가 가스나 원자력 같은 잘못된 기후위기 해결책을 정당화하는 데 이용되고 있다.

- 한국 정부는 SK하이닉스를 위해 용인 일반산업단지에서 1.05GW 규모의 액화천연가스(LNG) 열병합발전소 건설을 승인했다. 또한 삼성전자를 위해 용인 국가 반도체클러스터에 3GW 규모의 LNG 발전소를 건설할 계획이다.^{7,8}
- 대만에서는 급성장하는 AI 산업이 화석 연료 발전 용량 확대의 명분으로 활용되고 있다. 기룽항에 새로운 LNG 터미널을 건설하는 계획에는 500MW 규모의 석유화학발전소 4기를 2.6GW 규모의 가스터빈 발전소 2기로 전환하는 것을 포함한다.⁹ 업계 관계자들은 엔비디아가 북부 지역에 대만 본부를 설립할 계획이라며, AI 산업 진흥을 위해서는 안정적인 전력 공급이 필수적이라고 주장했다.¹⁰ 주요 AI 제조기업인 페가트론의 회장 또한 대만의 원자력 발전 용량을 늘려야 한다고 공개적으로 주장했다.¹¹

동아시아의 배출량 증가를 막으려면, AI 칩 제조를 위한 새로운 전력 수요를 재생가능에너지로 충당해야 한다.

- 엔비디아, 마이크로소프트, 메타, 구글 등의 AI 빅테크 기업들은 2030년까지 공급망 전반에 걸쳐 100% 재생에너지 사용을 달성함으로써, 공급망의 배출량 감축 노력을 강화해야 한다.
- 칩 제조사들은 고객의 요구에 대응해 2030년 재생에너지 100% 사용 목표를 설정해야 한다. 또 재생에너지 발전 시설에 투자하고, 장기 전력구매계약(PPA)을 체결하는 등의 영향력이 큰 조달 방법을 통해 현지에서 재생에너지 전력을 확보하는 노력을 기울여야 한다.

4. 아일랜드 중앙통계국, "2023년 계량 전력 소비의 30%를 차지한 대량 에너지 소비자"(2024년 7월 23일), 2025년 2월 28일 참조. <https://www.cso.ie/en/releasesandpublications/ep/p-mec/meteredelectricityconsumption2023/keyfindings/>.

5. 대만 경제부 에너지청, "2023년 전력 자원 및 수요 보고서"(2024년 7월 15일), 2025년 3월 5일 참조. https://www.moeaea.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=41&news_id=33815.

6. KBS, "'수도권 전기 4분의 1 쓸' 반도체클러스터...정부 '초기 발전력 확보'(2023년 7월 7일), 2025년 3월 19일 참조, <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7718342>

7. 비즈니스코리아, "용인 반도체 단지 1.05GW LNG 열병합발전소 계획 순항"(2024년 8월 9일), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=222719>.

8. 뉴스트리, "용인반도체 입주하는 삼성과 하이닉스...재생에너지 '어쩌나'"(2024년 8월 5일), 2025년 3월 31일 참조. <https://www.newstree.kr/newsView/ntr202408020010>.

9. 환경정보센터, "4건 접수, 2건 환경영향평가 회의 제출"(2025년 1월 20일), 2025년 2월 28일 참조. <https://e-info.org.tw/node/240623>.

10. 리세서리, "눈앞에 다가온 기룽의 네 번째 환경영향평가, 재건과 엔비디아 본부 유치 위해 '전력이 필요하다'고 외치는 재계"(2025년 1월 25일), 2025년 2월 19일 참조. https://www.recessary.com/zh-tw/news/world-market/ing-receiving-terminal-dispute?fbclid=IwY2xjawb96FieHRuA2FlbQlxMAABHb6WnrLqQqYcqbR7QCq1oD0ljAkPH0TjOe91lbM0uGfb46i06Z6RODKFQ_aem_cMgNGJeQjAN7ydAo1_QWKg.

11. TVBS, "탄소 감축 위해 원자력 에너지 지지하는 페가트론 의장"(2024년 11월 12일), 2025년 2월 19일 참조. <https://news.tvbs.com.tw/english/2683129>.

소개 Introduction



소개

성장하는 AI 산업

인공지능(AI) 분야는 최근 몇 년 간 빠르게 발전해 왔다. AI의 고성능 학습 및 추론 능력은 산업을 변화시키고 혁신을 추동할 뿐만 아니라, 효율성 제고 및 비용 절감 효과를 낳고 있다. AI는 앞으로도 중요한 역할을 할 것이다. 전 세계 AI 시장은 2023년부터 2027년까지 40~55%의 연평균 성장률(CAGR)을 기록할 것으로 예상된다.¹² 금액으로 환산하면 2027년에는 최대 9,900억 달러에 이르는 규모다.¹³

AI는 기회뿐 아니라 중대한 환경, 사회, 윤리적 영향 또한 내포하고 있다. 특히 대규모 AI 이용에 따른 막대한 에너지 소비와 환경발자국이 주요 관심사로 떠올랐다.

현재의 논의는 주로 데이터 센터의 전력 수요에 집중돼 있다. AI의 훈련과 추론 프로세스를 지원하는 이러한 시설은 급증하는 전력 수요로 인해 전력망에 부담을 주고, 지속가능성에 의문을 갖게 만든다. 국제에너지기구(IEA)에 따르면, 오늘날 데이터센터는 전 세계 전력 소비의 약 1%를 차지한다.¹⁴

그러나 AI의 에너지 소비 문제를 제대로 평가하기 위해서는, 데이터센터뿐 아니라 AI 산업을 둘러싼 광범위한 측면, 특히 에너지 집약적인 위 단계(상류) 칩 제조 과정을 면밀히 살펴볼 필요가 있다.

그림 1.1 AI의 에너지 발자국 : 칩부터 실행까지



12. 연평균 복합성장률(CAGR)은 주어진 기간 동안의 연평균 성장률을 복리로 계산해 측정한다.
 13. 베인앤컴퍼니, "AI의 수조 달러짜리 기회"(기술 보고서, 2024), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.bain.com/insights/ais-trillion-dollar-opportunity-tech-report-2024/>.
 14. 국제에너지기구(IEA), "에너지 부문에서 데이터센터와 AI 붐이 의미하는 것"(IEA 논평, 2024년 9월 18일), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.iea.org/commentaries/what-the-data-centre-and-ai-boom-could-mean-for-the-energy-sector>.

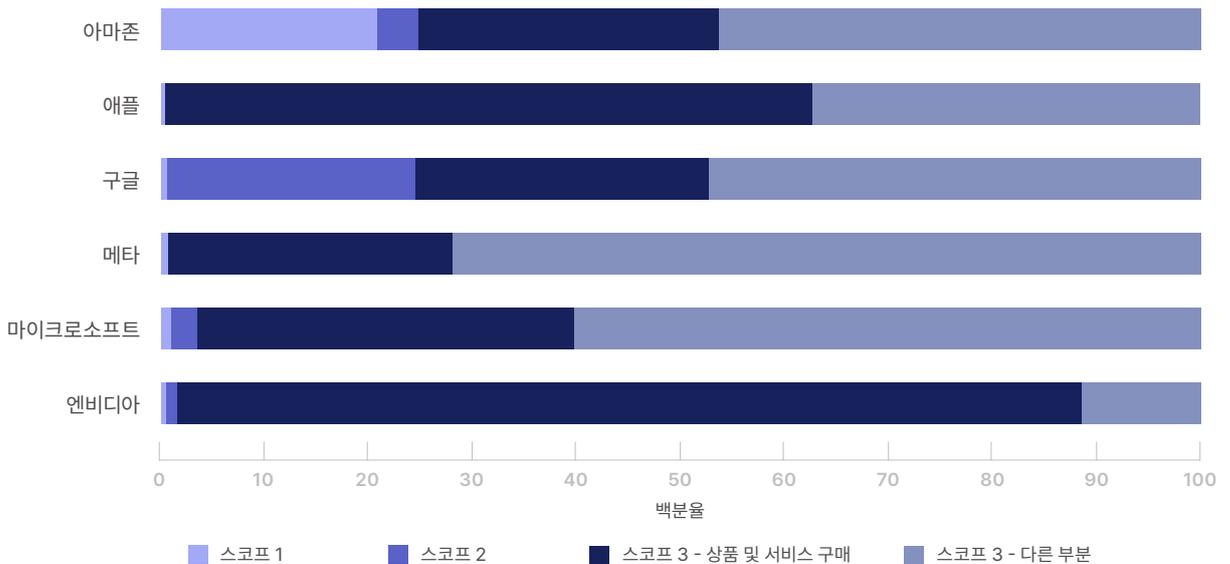
AI 개발에는 칩 제조가 필수적이다. AI는 그래픽처리장치(GPU)와 고대역폭 메모리(HBM)와 같은 특화된 고성능 칩에 크게 의존한다. 최신 AI 모델의 강화된 요구 사항을 충족하기 위해서는 GPU와 HBM이 결합한 성능이 필요하다. GPU는 병렬 처리를 가능케 하고, 기존 CPU 대비 훨씬 강력한 연산 능력을 제공한다. HBM은 대규모 모델에 내재된 메모리 대역폭의 한계를 극복하고 보다 복잡한 AI 시스템을 구현할 수 있게 해 준다.

일부 AI 빅테크 기업이 자체적으로 AI 칩을 개발하는 노력을 기울이고 있지만, 업계의 대체적인 관행은 칩 제조업체(파운드리)에 자신들의 제품 생산을 위탁하는 것이다. 엔비디아 같은 팹리스 기업이 표준형, 또는 맞춤형 AI 칩을 설계한 후 파운드리를 통해 제품을 조달하는 것이 대표적 사례다. 칩 제조는 극도로 에너지 집약적인 산업이다. 대규모 파운드리는 시간당 최대 100MWh의 전력을 소비하는 경우도 있다.¹⁵

급속히 성장 중인 AI 산업의 최전선에 선 AI 빅테크 기업들은 AI 연구 및 인프라에 막대한 투자를 하고 있다. 2024년 한 해 동안, 구글, 마이크로소프트, 아마존, 메타가 지출한 금액이 총 2,460억 달러에 이른다. 이는 에너지 집약적인 AI 칩에 대한 수요로 이어졌다.¹⁶ 이에 따른 대규모 에너지 소비는 테크 기업들의 스코프 3 배출량(특히 '상품 및 서비스 구매' 부문)에 기여하며, 이는 이들 기업의 전체 온실가스 발자국(그림 1.2)의 상당한 부분을 차지한다.^{17,18}

AI 빅테크 기업들의 스코프 3 배출량은 일반적으로 운영상의 배출량보다 많으며, 이는 공급망의 탈탄소화가 긴급히 필요한 이유이기도 하다. 하지만 공급망 전반에 걸쳐 재생에너지 100% 사용을 달성하려는 전략은 업계에서 아직 찾아보기가 힘들다. 공급망에 대한 관리 부족은 AI 산업 전반의 배출량을 확대시켜, 업계가 다른 부문에서 기울이고 있는 지속가능성 제고 노력을 저해할 가능성이 크다.

그림 1.2 2023 회계연도 기준 주요 AI 빅테크 기업들의 배출량 구성



출처 : 기업 공시자료

15. 산체스 J. 등, "IDSEM, 스페인 전력 시장의 인보이스 데이터베이스", 사이언티픽데이터 9, 786(2022년 12월 26일). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01885-3>.

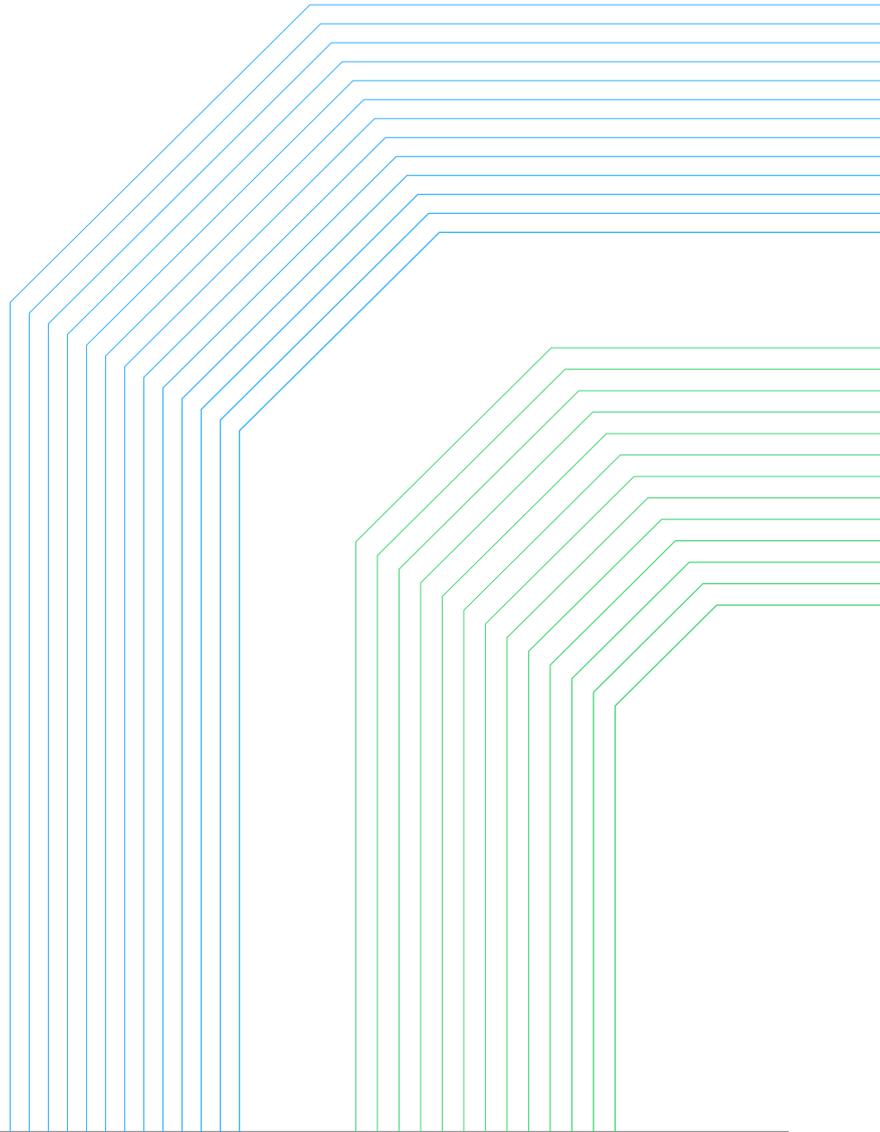
16. 파이낸셜타임스, "빅테크, 2025년까지 3,000억 달러 AI 지출 계획"(2025년 2월 7일), 2025년 2월 20일 참조. <https://www.ft.com/content/634b7ec5-10c3-44d3-ae49-2a5b9ad566fa>.

17. 맥킨지컴퍼니, "팹 에너지 효율 향상"(백서), 2025년2월10일 참조. https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/operations/pdfs/bringing_fabenergyefficiency.ashx

18. AI 빅테크 기업의 온실가스 배출 : 스코프 1 배출은 회사 차량이나 사무실과 데이터센터의 발전기처럼 회사가 소유하거나 통제하는 것으로부터 직접 나오는 배출을 의미한다. 스코프 2 배출은 자체 소비 목적으로 구매하는 전기, 냉난방, 급수, 증기의 구매로부터 비롯되는 배출을 의미한다. 스코프 3 배출은 공급업체, 소비자의 제품 사용, 출장 등 회사의 운영과 관련한 밸류체인의 다른 부분에서 발생하는 간접 배출을 의미한다.

TSMC, SK하이닉스, 삼성전자, 마이크론 등 AI 관련 칩 메이저 공급업체의 주요 생산 시설은 동아시아에 위치하고 있다. 그러나 이 지역의 전력망은 화석 연료(석탄, 석유, 천연가스)에 크게 의존하고 있으며, 2023년 기준 각국의 화석 연료 의존도는 대만 83.1%, 일본 68.6%, 한국 58.5%에 이른다.^{19,20,21} 칩 제조사들은 재생에너지를 조달하는 방식으로 변화를 시도 중이지만, 그 속도는 매우 느리다.

그린피스 동아시아는 알렉스 드 브리스²²와 협업해 간과되고 있는 인공지능 관련 칩 제조 공정의 전력 소비와 그것이 동아시아 지역에 미치는 환경 영향을 조사했다. 연구 결과, 공급망 전반에서 2030년까지 100% 재생에너지 전환을 이루기 위해서는 AI 하드웨어 공급업체와 협력이 절실한 것으로 나타났다.



19. 한국 전력통계정보시스템, “에너지원별 전력 생산량”(2024), 2025년 2월 10일 참조. <https://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkgeGepGesGrid.do>.

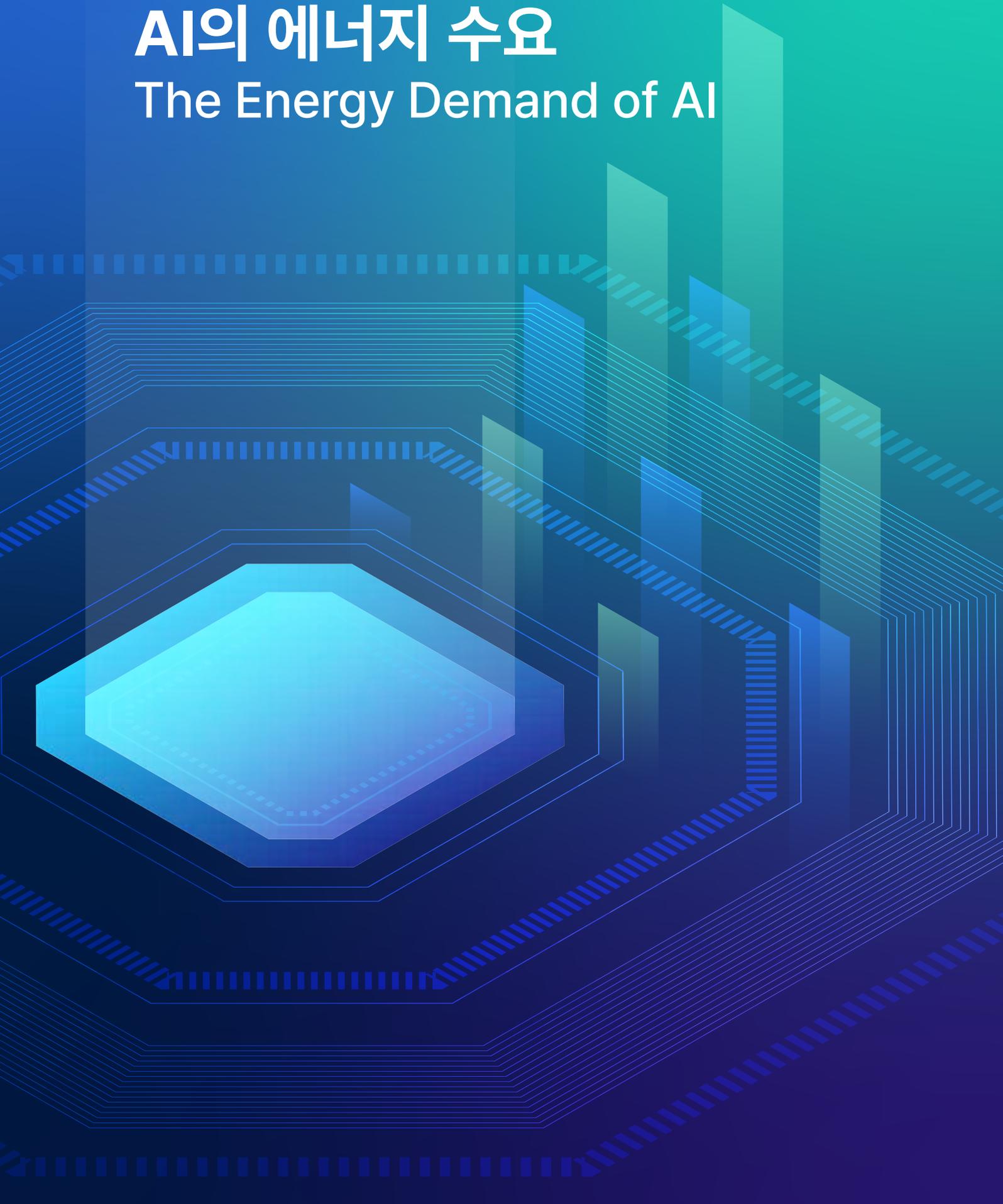
20. 대만 경제부, “전력 통계”(2024), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.esist.org.tw/database/search/electric-generation>.

21. 일본 경제산업성, “일반 에너지 통계”(2024), 2025년 2월 10일 참조. https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html.

22. 디지코노미스트의 창립자. 암스테르담 자유대 박사과정에서 있으며 환경적 측면에서 신기술 시장의 지속가능성을 연구한다.

AI의 에너지 수요

The Energy Demand of AI



AI의 에너지 수요

데이터센터의 에너지 수요

2022년 전 세계 데이터센터의 전력 소비량은 240~340TWh로 추정된다. 이는 전 세계 전력 수요의 약 1~1.3%를 차지한다.²³

데이터센터 트렌드

- 용량 증대**
 AI 붐으로 인해 데이터센터의 평균 용량이 5~10MW에서 30MW로 커졌고, 최근에는 100MW를 초과하는 거대한 에너지 용량의 프로젝트도 생겨났다.²⁴
- 수직 증가**
 기업들은 AI 용량 수요를 충족하기 위해 점점 더 많은 데이터센터를 건설하고 있다. 미국을 예로 들면, 2021년 약 2,600개였던 데이터센터가 2024년에는 5,300여 개로 늘어났다.^{25,26} 글로벌 초거대 스케일 데이터센터의 용량도 4년 만에 두 배로 증가했다.²⁷

효율성 개선에도 불구하고, 에너지 집약적 작업량의 급속한 증가로 인해 향후 몇 년 간 전력 수요가 크게 증대될 것으로 보인다. 다국적 투자은행인 골드만삭스는 2023년부터 2030년까지 AI로 인한 데이터센터의 전력 소비가 연간 200TWh씩 늘어날 것으로 전망했다. 그 결과, 2030년 데이터센터의 CO₂ 배출량은 2022년에 비해 두 배 이상 증가할 것으로 예상된다.^{29,30}

하드웨어 및 장비의 관점에서, 데이터센터의 전력 수요는 세 가지 주요 범주로 나뉠 수 있다. 컴퓨팅 장비, 냉각 시스템, 기타 요소 등이 그것이다. 전력 소비가 가장 큰 부분은 컴퓨팅 하드웨어(서버, 저장 시스템, 네트워크 인프라)로 전체 전력 소비의 최대 절반을 차지한다. 수랭식, 또는 공랭식과 같은 냉각 시스템은 일반적으로 데이터센터 에너지 소비의 약 40%를 차지한다. 이는 최적의 작동 온도를 유지하고 하드웨어 장애를 예방하기 위해 필수적인 요소다. 나머지 전력 소비는 배전, 조명, 모니터링 같은 운영 및 유지보수 활동에서 일어난다.^{30,31}

작업량의 관점에서 보자면, AI 데이터센터의 에너지 소비는 모델 개발, 훈련, 추론으로 분류할 수 있다. 모델 개발이 전체 에너지 사용량에서 차지하는 비중은 최대 10%이다. 나머지 90%의 에너지는 전력 집약적 작업인 훈련 및 추론 단계에서 소비된다.³² 데이터센터의 에너지 수요가 급격히 증가한 배경에는 방대한 양의 데이터를 알고리즘에 따라 처리해 패턴과 관계를 학습하는 AI 모델의 훈련 방식이 있다. 추론은 AI 열풍이 불기 전부터 구글의 AI 관련 에너지 소비에서 절대적 비중을 차지했다.³³ 장기적으로 보자면, AI 추론의 작업량은 훈련의 작업량을 능가할 것으로 예상되며, 에너지 소비에서 차지하는 비중도 훈련을 넘어설 것으로 전망된다.³⁴

23. 국제에너지기구(IEA), "데이터센터와 데이터 전송 네트워크"(IEA 에너지 시스템), 2025년 2월 10일 참조.

<https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>.

24. IBM, "초거대 데이터센터"(IBM 싱크 토크), 2025년 2월 10일. <https://www.ibm.com/think/topics/hyperscale-data-center>.

25. 미국 국제무역위원회, "전 세계 데이터센터"(경영 브리핑, 2021년 3월), 2025년 2월 10일 참조.

https://www.usitc.gov/publications/332/executive_briefings/ebot_data_centers_around_the_world.pdf.

26. 클라우드스킨, "미국/데이터센터 시장 개관/ 클라우드스킨", 2025년 2월 10일 참조. <https://cloudscene.com/market/data-centers-in-united-states/all>.

27. "초거대 데이터센터, 4년마다 용량 2배로 증가", SRG리서치(2024년 4월 17일), 2025년 2월 10일 참조.

<https://www.srgresearch.com/articles/hyperscale-data-centers-hit-the-thousand-mark-total-capacity-is-doubling-every-four-years>.

28. 골드만삭스, "AI, 데이터센터, 그리고 미국의 전력수요 급증"(에퀴티리서치, 2024년 4월 28일), 2025년 2월 20일 참조.

<https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/generational-growth-ai-data-centers-and-the-coming-us-power-surge/report.pdf>.

29. 골드만삭스, "AI/데이터센터의 글로벌 전력 수요 급증과 지속가능성 영향"(2024년 4월 28일), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.goldmansachs.com/images/migrated/insights/pages/gs-research/gs-sustain-generational-growth-ai-data-centers-global-power-surge-and-the-sustainability-impact/sustain-data-center-redaction.pdf>.

30. 카이 S, 구 Z, "에너지 효율적 데이터센터를 향하여: 패시브 및 액티브 냉각 전략에 대한 종합적 검토"(에너지 및 구축 환경/ 2024년 9월 1일) <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2024.08.009>.

31. 데이터스팬, "데이터센터 냉각 비용"(2022년 8월 23일), 2025년 2월 10일 참조. <https://dataspan.com/blog/data-center-cooling-costs/>.

32. 국제에너지기구, "데이터센터와 데이터 전송 네트워크", 2025년 2월 10일 참조. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>.

33. 구글 리서치, "머신러닝 훈련의 탄소발자국에 관한 좋은 소식"(2022년 2월 15일), 2025년 2월 17일 참조.

<https://research.google/blog/good-news-about-the-carbon-footprint-of-machine-learning-training/>.

34. 데시라보프 R. 등, "AI 추론의 에너지 소비 트렌드: 딥러닝의 성능 대 매개변수 법칙을 넘어서"(지속가능 컴퓨팅: 정보학 및 시스템 38 2023년 2월 26일). <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2023.100857>.

이용 가능한 최신 자료에 따르면, 북아메리카 지역은 전 세계 데이터센터 시장에서 지배적인 위치를 점하고 있다. 이 지역은 매출과 시설 측면에서 각각 39%(858억 4,000만 달러), 54%(5,700여 개)를 차지한다.^{35, 36, 37} 미국만 놓고 보더라도 5,300여 개가 넘는 데이터센터가 있다. 반면 유럽과 동아시아에는 각각 3,300개, 855개의 데이터센터가 위치하고 있다.^{38,39}

주요 AI 빅테크 기업의 전력 소비

여러 AI 빅테크 기업들이 과감한 기후 목표를 설정하고, 운영 과정의 에너지 공급원을 재생에너지로 전환하기 위한 적극적인 노력을 기울이고 있다. 일반적으로 이 노력에는 재생 에너지 크레딧(REC) 구매, 전력 구매 계약(PPA) 체결, 재생에너지 자가 발전 투자 등이 있다. 몇몇 기업들은 일반적인 “넷제로” 전략을 넘어서, 각 지역에서 연중무휴로 24시간 에너지 생산과 소비를 일치시키는 것을 목표로 삼았다.⁴⁰

2023 회계연도 기준으로, 애플, 메타, 구글, 마이크로소프트는 전력 사용량의 100%를 재생에너지로 충당했다(그림 2.1). 이에 따라 전력 소비로 인한 시장 기반 스코프 2 배출량을 제로(0)로 만들었다.⁴¹ 일부 기업의 경우, 이는 ‘언번들 REC’(Unbundled Renewable Energy Certificate)를 구매함으로써 달성되었다. ‘언번들 REC’는 생산된 친환경 전기와 별도로 판매되기 때문에 구매자는 친환경 전기를 실제로 사용하지 않고도 그에 따른 이익을 요구할 수 있어 실제 배출량 감축 기여도에 대한 우려가 제기된다.

그림 2.1 구글, 마이크로소프트, 메타, 애플의 전력 소비량과 2023 회계연도 기준 전력 믹스 (단위 : MWh)



출처 : 기업 공시자료

35. 포춘 비즈니스인사이드, “데이터센터 시장 규모 및 비중 & 산업 분석”(2025년 1월 20일), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.fortunebusinessinsights.com/data-center-market-109851>.

36. 미국 전력연구소, “지능 강화: AI 및 데이터센터 에너지 소비 분석”(2024), 2025년 2월 10일 참조. https://www.wpr.org/wp-content/uploads/2024/06/3002028905_Powering-Intelligence_-Analyzing-Artificial-Intelligence-and-Data-Center-Energy-Consumption.pdf.

37. 클라우드신, “북아메리카”, 2024년 12월 20일 참조. <https://cloudscene.com/region/datacenters-in-north-america>.

38. 클라우드신, “유럽”, 2024년 12월 20일 참조. <https://cloudscene.com/region/datacenters-in-europe>.

39. 클라우드신, “아시아태평양”, 2024년 12월 20일 참조. <https://cloudscene.com/region/datacenters-in-asia-pacific>.

40. 연중무휴 24시간 현지에서 무탄소 전력 조달 : 전력을 소비하는 지역과 동일한 지역의 전력망에서 필요한 모든 전력을 제로 탄소의 전력으로 공급받는다.

41. 위치 기반 보고 방법은 에너지 소비가 발생하는 전력망의 평균 탄소 집약도를 반영한다. 시장 기반 방법은 재생에너지 인증서(REC)와 같은 기업의 조달 방식 선택이 포함된 전력 배출량을 반영한다.

AI 빅테크 기업들이 자체적으로 운영하는 데이터센터에서 소비되는 상당한 양의 전력은 이들 기업의 스킵 2 배출량(에너지 구매에 따른 간접 배출량)의 큰 부분을 차지한다(그림 2.2). 그러나, AI 빅테크 기업들은 자사의 자체적 전력 소비량 또는 지역별 전력 소비량만 보고하는 경우가 많다. 데이터센터의 전력 소비량 공개는 여전히 미흡한 수준이다.

그림 2.2 2023 회계연도 기준 애플과 메타의 전력 소비량 중 데이터센터가 차지하는 비중 (단위 : MWh)



출처 : 기업 공시자료

선도적인 AI 빅 테크 기업들은 자체 데이터센터의 전력 소비량을 충당하기 위해 4만5,000MW 이상의 재생 에너지를 구매했다.⁴²

한편, 데이터센터의 에너지 사용과 관련한 환경 규제도 등장하고 있다. 일례로 독일에서는 2024년 1월 1일부터 데이터센터 운영자가 사용 전력의 50%를 재생에너지로 충당하도록 의무화했다. 2027년 1월 1일부터는 그 비중은 100%로 확대해야 한다.⁴³

AI 칩 제조의 에너지 수요

AI의 에너지 수요에 대한 관심이 커지고 있다. 이는 주로 AI 하드웨어의 전체 수명주기의 모델 훈련 및 추론 단계에 집중되어 있다.

AI칩은 AI 디지털 인프라의 기초를 이루며, AI 개발을 주도하는 요소다("AI 칩"은 AI 가속기와 고대역폭 메모리(HBM)를 비롯한 특수한 컴퓨터 부품, 즉 생성형 AI 애플리케이션의 작업을 효율적으로 처리할 수 있도록 해 주는 AI 하드웨어를 포괄하는 개념이다).⁴⁴ AI 하드웨어는 최종 고객에게 인도되기 전 디자인과 제조 과정을 거친다. 원자재 추출, 웨이퍼 제작, 조립, 테스트를 포함한 칩 제조 공정은 에너지 집약적인 과정이다. 특히 웨이퍼 제작 단계가 가장 많은 전력을 소모하는 탄소 배출의 주 요인이다.⁴⁵ 수요 급증과 광범위한 노력에도 불구하고, 칩 제조 공정에 대한 관심은 놀랍도록 부족하다. 그리고 이 분야에 대한 포괄적인 정보 공개의 부족은 AI 칩 제조가 환경에 미치는 영향을 정확하게 계량하고 평가하는 것을 어렵게 만든다.

제조 과정에서 온실가스(GHG)가 나오는 주된 배출원은 칩 생산에 쓰이는 화학물질과 에너지 사용이다. 이러한 에너지 사용량 가운데 가장 큰 비중을 차지하는 것은 전기다. 따라서 전기 사용은 반도체 제조 과정의 가장 큰 단일 온실가스 배출원이다. 제조 공정 중 현장에서 직접적으로 배출되는 지구 온난화 지수(GWP)가 높은 가스들이 주요 원인이지만, 이러한 배출은 생산 수요에서 기인한 것이다. 제조 업체들은 재생에너지 조달, 에너지 효율 개선, 친환경 에너지 전력망 옹호와 같은 전략을 통해 사용하는 전기의 탈탄소화를 직접 추진할 수 있다.⁴⁶

42. S&P 글로벌, "40GW 돌파: 미국에서 재생에너지 구매 행진 이어가는 데이터센터 기업들", S&P글로벌 마켓 인텔리전스(2023년 3월 28일), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.spglobal.com/market-intelligence/en/news-insights/research/datacenter-companies-continue-renewable-buying-spree-surpassing-40-gw-in-us>.

43. 분데스리퍼블릭데이치센터, "에너지 전환의 디지털화에 관한 법률(에너지 전환법)", 2025년 2월 11일 참조. <https://www.gesetze-im-internet.de/enefg/BJNR1350B0023.html>.

44. 일반적으로 서버 시스템에서 AI 가속기와 함께 사용되는 CPU, DRAM, NAND 저장장치와 같은 범용 부속은 AI 칩의 범주에 포함되지 않는다.

45. 마르셀로 R., "칩 제조 산업: 환경 영향 및 생태 효율성 분석"<Science of The Total Environment> 858쪽(2023년 11월 2일). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159873>.

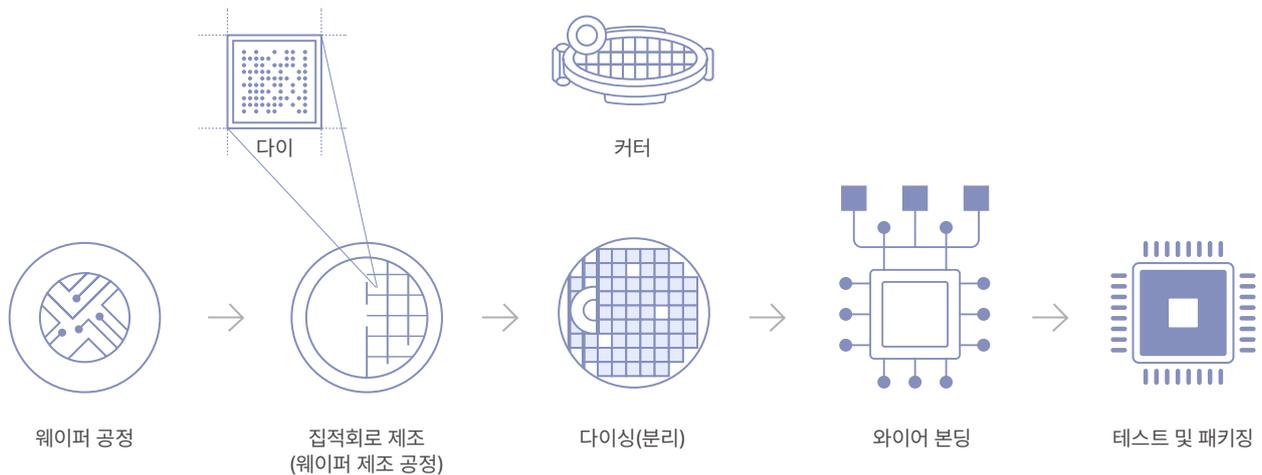
46. 추론, "칩 생산의 생태 발자국: 기후 및 환경 영향 매핑"(2024년 6월 20일), 2025년 3월 5일 참조. <https://www.interface-eu.org/publications/chip-productions-ecological-footprint>.

반도체 기술이 발전함에 따라 제조 공정이 점점 복잡해지고 반복 작업이 늘어나 전력 소비도 증가했다.⁴⁷ 칩 생산 과정에서 상당한 양의 온실가스 배출이 발생한다는 점을 고려하면, 예상되는 반도체 수요 증가와 생산 시설의 전세계로의 확장은 필연적으로 탄소발자국 증가로 이어질 수 밖에 없다.

칩 제조의 주요 에너지 소비 공정

칩 제조는 실리콘 웨이퍼에서부터 시작된다. 실리콘 막대를 얇게 잘라 웨이퍼를 만든 다음, 세척 및 연마 단계를 거쳐 전자 부품이 될 기판으로 준비한다. 그리고 패턴링, 도핑, 증착 및 리소그래피 공정을 통해 매우 복잡한 회로를 웨이퍼 위에 인쇄한다. 이후 다이아몬드 톱으로 웨이퍼를 개별 칩으로 절단하는데, 이를 "다이"라고 부른다. 다이의 크기는 칩의 용도에 따라 다양하다. 마지막 단계는 패키징으로, 칩 다이를 '기판'에 올려놓고 전자 장치에 사용되는 최종 제품으로 패키징한다(그림 2.3).

그림 2.3 웨이퍼 제작 과정 일러스트레이션.⁴⁸



47. 대학 연합 마이크로전자공학센터, "지속가능한 반도체 기술과 시스템: IC 산업의 친환경 전환", 2025년3월 5일 참조. <https://www.imec-int.com/en/expertise/cmos-advanced/sustainable-semiconductor-technologies-and-systems-ssts/stss-white-paper>.

48. 나지르 H. Z. 등, "제조 공정 적용을 통한 강력한 적응형 지수 가중 이동평균 제어 차트"<Int. J. Adv. Manufact. Technol> 105쪽(2019년 8월 14일). <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04206-y>.

이 보고서에서는 2023~2024년 AI 관련 칩 제조에 따른 전력 소비량, 그리고 이에 따른 탄소 배출량을 추정하기 위해 상향식 접근법을 이용했다. 그리고 맥킨지의 AI 기반 웨이퍼 공급 및 수요 예측을 기반으로 이러한 추정치를 2030년까지 확장했다. 분석 작업은 주력 AI 모델의 생산 및 웨이퍼 수요, 생산 공정의 전력 소요량, 제조 시설이 위치한 지역 전력망의 전력 공급원 구성에 대한 공개적으로 이용 가능한 데이터와 시장 분석자료를 바탕으로 진행했다.

이 분석의 방법론에 대한 상세한 설명은 첨부된 방법론 문서(부록A)에서 확인할 수 있다.

연구 접근 방식 요약

1. AI 하드웨어 생산량 추정 :

애널리스트의 분석과 공급망의 제약 조건을 바탕으로 AI 하드웨어 생산량 추정치의 전체적인 분포를 만들었다.

2. 제품 사양 :

분석 대상 각 장치의 유형에 대해 칩 크기, 제조 업체의 세부 정보, 기술 공정에 대한 정보를 수집했다.

3. 웨이퍼 수요 추정 :

AI 하드웨어 생산에 필요한 칩 수를 추정하여 전체 AI 기반 웨이퍼 수요를 산출했다.

4. 전력 소비량 추정 :

웨이퍼 생산의 전력 집약도에 대한 학술적 관점 및 수요 추정치를 바탕으로 웨이퍼 생산에 필요한 전체 전력 수요를 결정했다.

5. 환경 영향 평가 :

제조 시설에 에너지를 공급하는 전력망을 분석해 AI 수요에 따른 웨이퍼 생산 과정에서 전력 소비로 발생하는 탄소 배출량을 추정했다.

2023~2024년 동안 AI 하드웨어 공급망의 주요 병목 현상 가운데 하나는 HBM과 프로세서를 동일한 패키지로 통합하는 패키징 기술에서 일어났다 (부록A, 섹션1 참조).^{49,50} 연구에 따르면, 이 기간 제한된 가용 패키징 시설은 주로 엔비디아와 AMD의 AI 모델에 사용됐다. 우리의 분석은 엔비디아의 A100, H100/200, B100/200, 그리고 AMD의 MI300X(그림 2.4) AI 모델과 주요 부품 공급업체에 초점을 맞추고 있다.

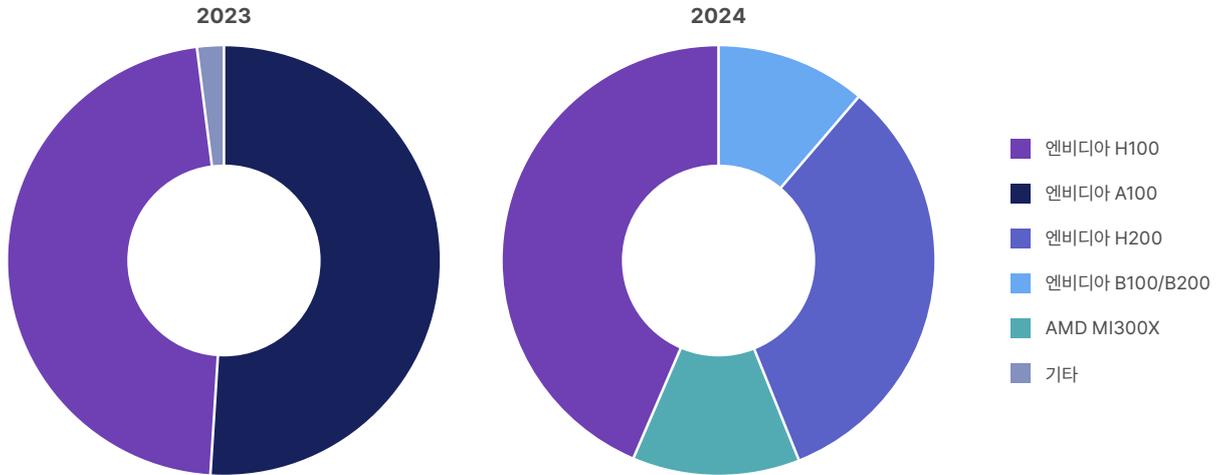
생산된 AI 모델 유닛의 숫자는 시장 점유율과 패키징 용량 데이터를 바탕으로 추정했다. 지난 2년 간 엔비디아는 데이터센터 GPU 분야를 장악했고, 2023년과 2024년 모두 H100 단일 모델의 시장 점유율이 대단히 높았다.

구글과 같은 여러 AI 빅테크 기업들이 자체 AI 칩을 개발 중이지만, 이러한 칩이 상용화까지 이어지는 경우는 드물다. 따라서 이러한 가속기에 대한 제품 사양 및 생산 데이터를 얻는 것은 이 분석의 범위 내에서 불가능하다.

49. 엔비디아, "투자자 프리젠테이션"(2023), 2025년 2월 10일 참조. https://s201.q4cdn.com/141608511/files/doc_presentations/2023/Oct/01/ndr_presentation_oct_2023_final.pdf.

50. WCCFTech, "AMD 인스팅트 AI 가속기 라인업 : 4분기에 MI325X 리프레시, 2025년 3나노 MI350 'CDNA4', 2026년 CDNA MI400 'CDNA 넥스트' 출시"(2024년 6월 2일), 2025년 2월 10일 참조. <https://wccfttech.com/amd-instinct-ai-accelerator-lineup-mi325x-refresh-q4-3nm-mi350-cdna-4-2025-cdna-mi400-cdna-next-2026/>.

그림 2.4 2023~2024년 각 AI 모델의 시장 점유율 추정치



주요 AI 모델의 2023년과 2024년 판매량 및 판매 예상치를 분석해 보면, 패키징 공정에 사용된 다양한 부품에 대한 공급망의 영향을 알 수 있다. 엔비디아와 AMD는 모두 TSMC에 GPU, 가속기 칩셋(XCDs), IO 다이스(IOD) 생산을 의존한다. 하지만 HBM 조달에는 차이가 있다. 엔비디아는 SK하이닉스로부터 HBM을 공급받고 있지만, AMD는 삼성에서 HBM을 조달하는 것으로 알려졌다(그림 2.5).

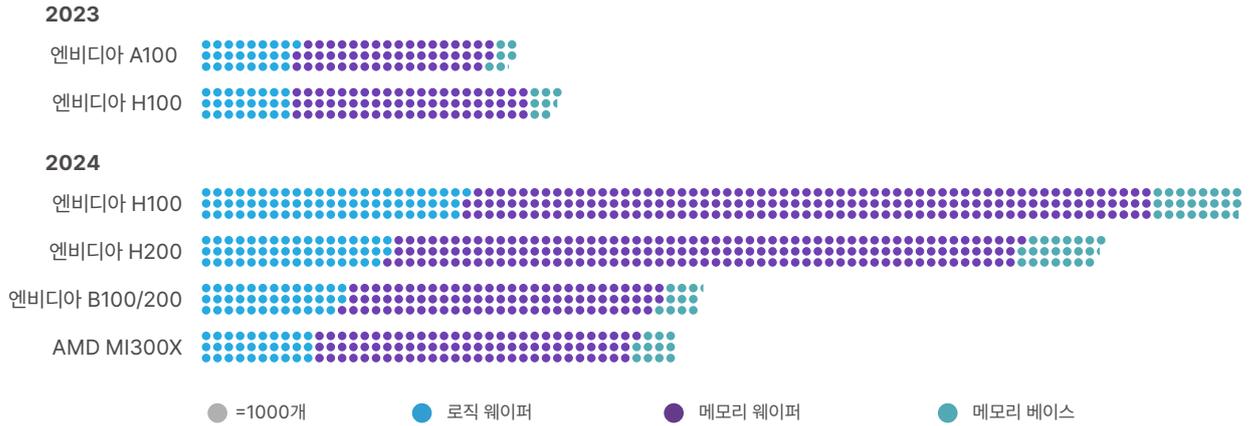
그림 2.5 분석 대상 AI 모델의 제조사 및 제조 시설 소재지.⁵¹

모델	엔비디아 A100	엔비디아 H100	엔비디아 H200	엔비디아 B100/B200	AMD MI300X
GPU/XCD/IOD 제조사	TSMC	TSMC	TSMC	TSMC	TSMC
GPU/XCD/IOD 제조 시설 소재지	대만	대만	대만	대만	대만
메모리 제조사	SK 하이닉스	SK 하이닉스	마이크론	마이크론	삼성
메모리 제조 시설 소재지	한국	한국	일본	일본	한국

51. 특정 칩에는 여러 가지 변형 모델이 있다(예 : 엔비디아의 H800, H200은 H100과 유사). 이 분석에서는 이러한 변형을 구분하지 않는다. 이러한 칩은 생산 요구 사항이 비슷하므로 2023년 및 2024년과 관련된 계산의 목적에 따라 효과적으로 상호 교환할 수 있다.

우리는 이들 AI 모델의 사양 및 생산 수율을 고려해 각 장치의 생산과 관련한 웨이퍼의 수요를 추정했다(<그림 2.6> 추정 방법론의 상세한 내용은 부록 A. 참조). 2023년 엔비디아 A100과 H100 AI 모델 제조에는 4만 7,000개 이상의 로직 웨이퍼, 11만 5,000여 개의 메모리 웨이퍼, 그리고 1만 4,000여 개의 메모리 베이스가 소비된 것으로 나타났다. 2024년에는 AI 모델들에 대한 웨이퍼 수요가 3배 이상 증가해 18만 5,000여 개의 로직 웨이퍼, 52만 1,000여 개의 메모리 웨이퍼, 6만 5,000여 개의 메모리 베이스가 사용된 것으로 추정된다.

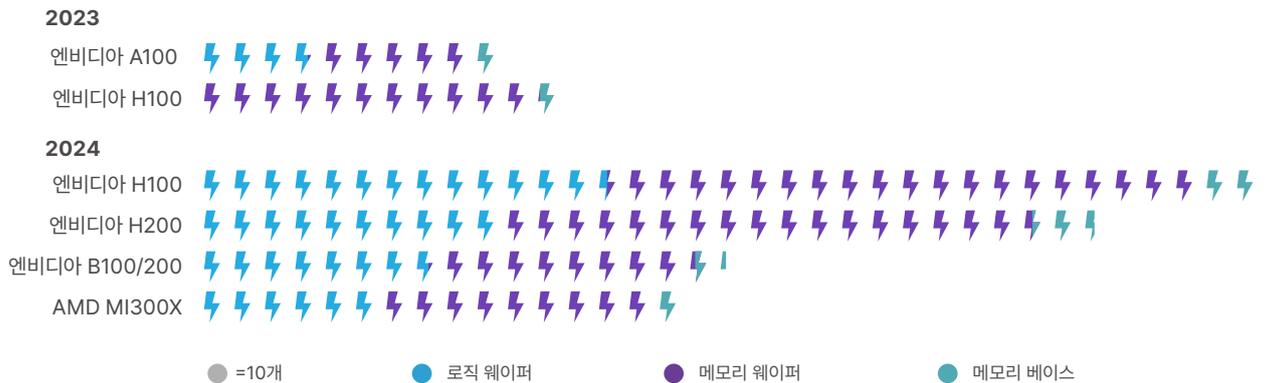
그림 2.6 2023년과 2024년 분석 대상 AI 모델의 웨이퍼 수요 추정치



에너지 수요

이들 모델의 웨이퍼 수요를 바탕으로 웨이퍼 생산에 필요한 전력량을 계산해 본 결과, 에너지 수요는 2023년 218GWh에서 2024년 989.9GWh로 폭증한 것으로 나타났다. 증가율로 따지면 351%에 이른다 (그림 2.7).

그림 2.7 2023년과 2024년 AI 관련 웨이퍼 제조에 소비된 전력 추정치(단위: GWh)

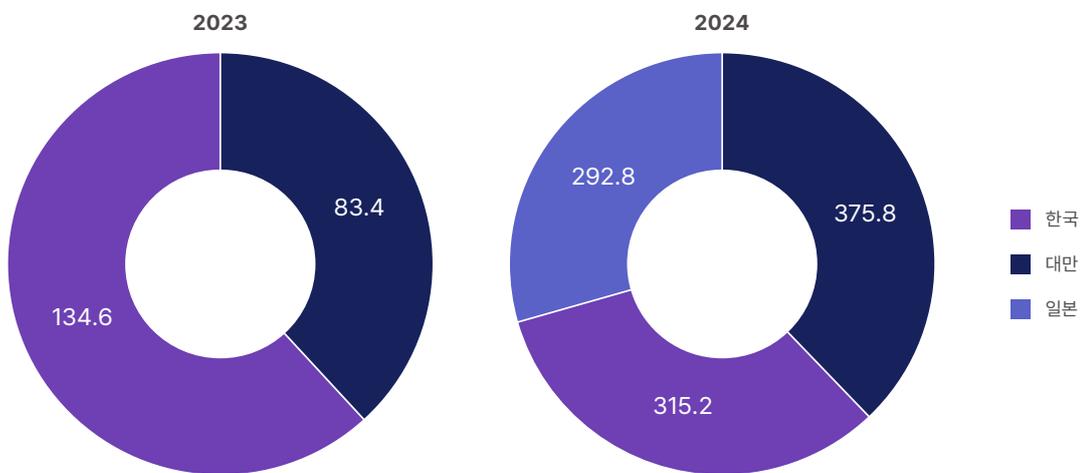


생산 능력이 지속적으로 확장됨에 따라, AI와 관련 제조가 곧 칩 시장의 상당한 부문을 차지하게 될 수 있다.

예상 전력 소비량은 제조 시설이 어디에 위치하고 있느냐에 따라 달라진다 (그림2.8). AI 관련 하드웨어의 전용 생산 비중에 대한 자세한 정보는 아직 공개되지 않았지만, GPU 및 메모리 칩 공급업체 분석에 따르면 해당 제조 시설은 동아시아에 집중돼 있는 것으로 나타났다 (그림2.5).

- 앞서 언급한 엔비디아와 AMD의 GPU는 대만 TSMC에서 제조된다.
- 엔비디아 A100과 H100에 들어가는 메모리칩은 한국의 SK하이닉스가 제조한다. 엔비디아의 H200 및 B100/200 메모리칩은 일본의 마이크론에서 만들며, AMD의 MI300X 메모리칩은 한국의 삼성전자가 생산한다.

그림 2.8 2023년과 2024년 지역별 AI 관련 칩 제조에 소요된 전력 소비량 추정치 (단위: GWh)



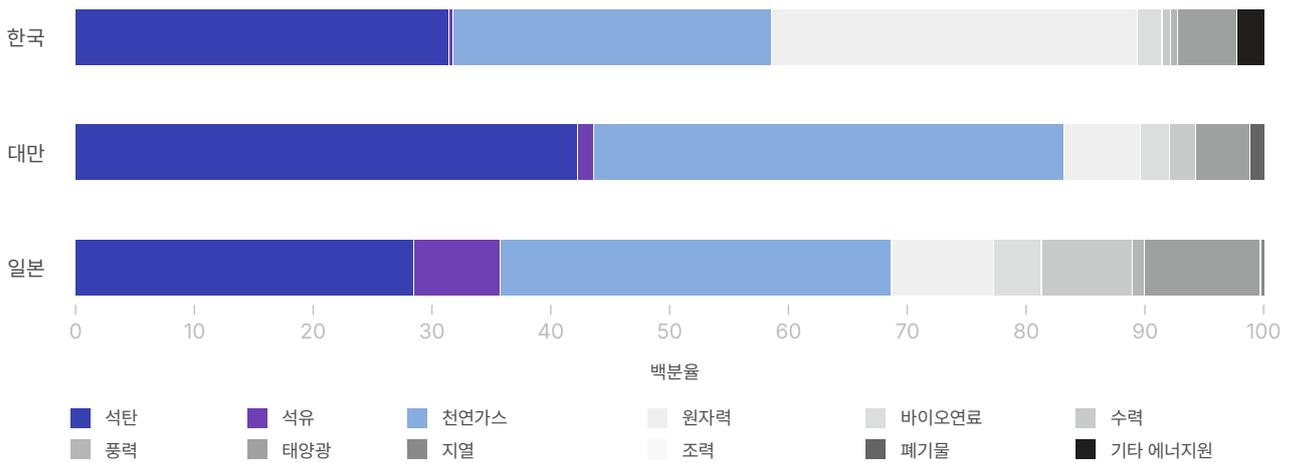
대만에서 AI 칩 제조에 사용된 전력량은 375.8GWh로 전년의 83.4GWh에 비해 350.6% 증가해, 동아시아 지역에서 가장 가파른 상승세를 보였다.⁵² 이는 2023년 기준으로 대만에서 9만 2,650가구가 소비하는 전력량과 맞먹는다. 한국의 경우도 AI 칩 제조에 사용된 전력량이 2023년의 134.6GWh에서 2024년 315.2GWh로 두 배 이상 증가했다.

52. 대만 산업기술연구원, “2023년 주거 부문 에너지 통계”(2024년 7월), 2025년 2월 17일 참조. <https://energypark.org.tw/upload/propaganda/202408131715095.pdf>.

탄소 배출

현재 동아시아의 전력망은 주로 화석 연료에 의해 구동된다. 따라서 AI 칩은 주로 석탄, 석유, 가스 에너지로 제조되며, 2023년 화석 연료에 대한 의존도는 대만 83.1%, 일본 68.6%, 한국 58.5%에 이른다(그림 2.9). 2023년 AI 칩 제조에 소비된 전력 생산으로 인해 9만 9,200톤의 CO₂가 배출됐으며, 2024년에는 그 수치가 4.5배 이상 폭증해 45만 3,600톤에 이를 것으로 추정된다.

그림 2.9 2023년 기준 대만, 한국, 일본의 전력망의 전력 공급원 구성



출처 : 한국 전력통계정보시스템⁵³, 대만 경제부⁵⁴, 일본 경제산업성⁵⁵

주요 AI 칩 제조 거점 가운데 대만에서 AI 칩 제조와 관련한 배출량이 가장 크게 증가했다. 이산화탄소 환산량으로 2023년 4만 1,200톤에서 2024년 18만 5,700톤으로 4배 이상으로 늘어났다. 한국의 경우에도 AI 칩 제조 관련 배출량이 두 배 넘게 증가했다. 2023년 5만 8,000톤이던 배출량이 2024년 13만 5,900톤으로 늘었다(그림 2.10).

그림 2.10 2023년과 2024년 AI 칩 제조 관련 탄소 배출량 추정치



53. 한국 전력통계정보시스템, “에너지원별 전력 생산량”(2024), 2025년 2월 10일 참조. <https://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkgeGepGesGrid.do>.

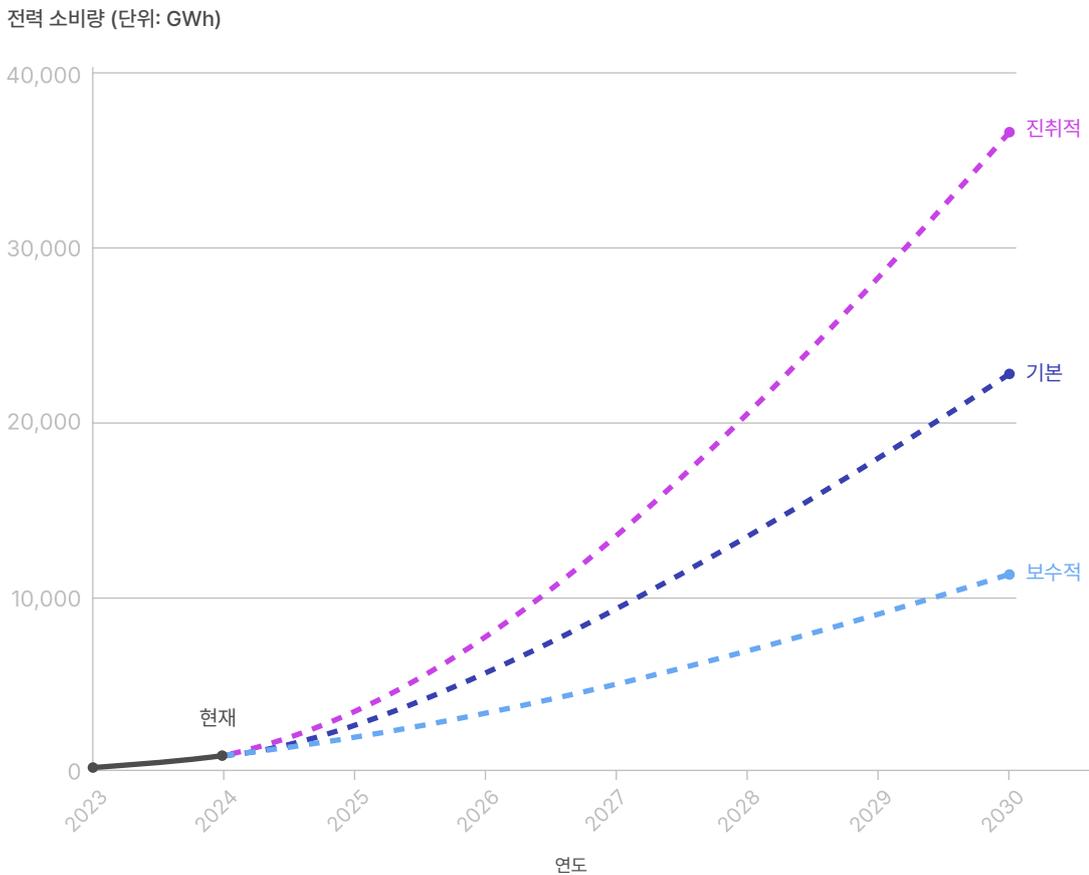
54. 대만 경제부, “전력 통계”(2024), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.esist.org.tw/database/search/electric-generation>.

55. 일본 경제산업성, “일반 에너지 통계”(2024), 2025년 2월 10일 참조. https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html.

2030년 AI 하드웨어의 잠재적 영향

AI 하드웨어 수요는 2030년까지 지속적으로 확대될 것으로 예상된다. 맥킨지의 추정에 따르면, AI 관련 칩의 수요 증가로 인해 120만~360만 개의 로직 웨이퍼, 450만~2,100만 개의 동적 랜덤 액세스 메모리(DRAM) 웨이퍼, 170만~790만 개의 낸드플래시 메모리 웨이퍼가 추가로 생산돼야 한다(상세한 내용은 **부록의 <표 15>** 참조).^{56,57} 이러한 예측치를 현재의 전력 수요치와 결합해 계산하면, 이들 웨어퍼에 대한 수요를 충족하기 위해서는 전력 소비량이 2030년까지 1만 1,550GWh 내지 3만 7,238GWh 증가할 것으로 예상된다(**그림 2.11**). 이는 2023년 수요의 최대 170배에 해당하는 양이며, 현재 아일랜드의 전체 전력 소비량을 넘어서는 양이다.⁵⁸

그림 2.11 2030년까지 AI 관련 칩 제조에 소비되는 전력량 예측치⁵⁹



56. 맥킨지, “생성형 AI: 반도체 산업의 다음 S커브는?”(2024년 3월 29일), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/generative-ai-the-next-s-curve-for-the-semiconductor-industry>.

57. 맥킨지의 예측은 세 가지 유형 웨이퍼의 수요에 초점을 맞춘 것으로, 각 AI 모델을 구분하지 않는다.

58. 아일랜드 중앙통계청, “최근 업데이트 표”, 2025년 2월 10일 참조. <https://data.cso.ie/>.

59. 세 가지 시나리오: ‘보수적’, ‘기본’, ‘과감한’ 등 세 시나리오는 맥킨지의 “2030년 글로벌 로직 및 메모리 웨이퍼 수요와 공급”에 따른 것이다. <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/generative-ai-the-next-s-curve-for-the-semiconductor-industry>.

그러나, AI 칩 생산이 증가하면 탄소 배출량도 늘어난다. 전력망의 탄소 집약도와 화석 연료에 대한 의존도가 현재 수준을 유지한다고 가정할 경우(자세한 내용은 <부록 A> 참조), 예상되는 에너지 소비로 인해 이산화탄소 환산 최대 1,600만 톤의 온실가스가 배출될 수 있다(세 가지 시나리오(보수적, 기본, 진취적)에 따라 예상 배출량은 520만~1,680만톤으로 편차를 나타냄).

AI 강화와 관련한 잘못된 해결책

AI 물결에 편승한 칩 제조사 및 기타 AI 공급업체들은 에너지 수요 충족을 위해 고품질 재생에너지원을 통해 에너지를 조달하는 대신, 잘못된 해결책에 기대고 있다. 원자력과 액화천연가스(LNG)를 찾거나, 재생에너지 구매인증서(REC)를 대량 구매하는 형태 등이 그것이다. 칩 제조로 인한 전력 수요 증가는 동아시아의 화석 연료 및 원자력 인프라 확대를 정당화하는 근거로 쓰여져, 재생에너지로의 전환을 저해하는 요소로 작용하고 있다.

- 2024년 여름, 한국 정부는 SK하이닉스를 위해 용인 일반산업단지에 1.05GW 규모의 LNG 열병합발전소 건설을 승인했다. 또한 삼성전자를 위해 용인에 있는 국가반도체 클러스터에 3GW 규모의 LNG 발전소를 계획 중이다.^{60,61}
- 대만에서는 AI의 부상이 화석 연료 발전소의 용량 확대 명분으로 이용되고 있다. 기륭항에 신규 LNG 터미널을 건설하는 계획에는 500MW급 석유 발전소 4기를 2.6GW급 가스터빈 발전소로 전환하는 것이 포함됐다. 업계 관계자들은 엔비디아가 대만 북부 지역에 본부를 설립할 계획이라며, AI 산업 진흥을 위해서는 안정적인 전력 공급이 필수적이라고 주장한다.⁶² 주요 AI 제조기업인 페가트론의 회장 또한 대만의 원자력 발전 용량을 늘려야 한다고 공개적으로 밝히고 있다.⁶³

테크 및 반도체 분야 기업들은 화석 연료 기반 전력 소비를 상쇄하고 시장 기반의 배출량을 감축하기 위해 REC를 구매해 왔다. 그러나 이러한 관행은 본질적으로 기업의 배출량을 줄이거나 제거하는 것과 거리가 멀다.⁶⁴ 또한 재생에너지의 추가적인 생산에도 도움이 되지 않는다. 오히려, 위치 기반 접근법에 따르면, 전력 수요의 증가는 기업의 전체 탄소발자국을 줄이지 못하고 배출량을 계속 늘리는 결과를 낳을 수 있다.

60. 비즈니스코리아, "용인 반도체 단지 1.05GW LNG 열병합발전소 계획 순항"(2024년 8월 9일), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=222719>.

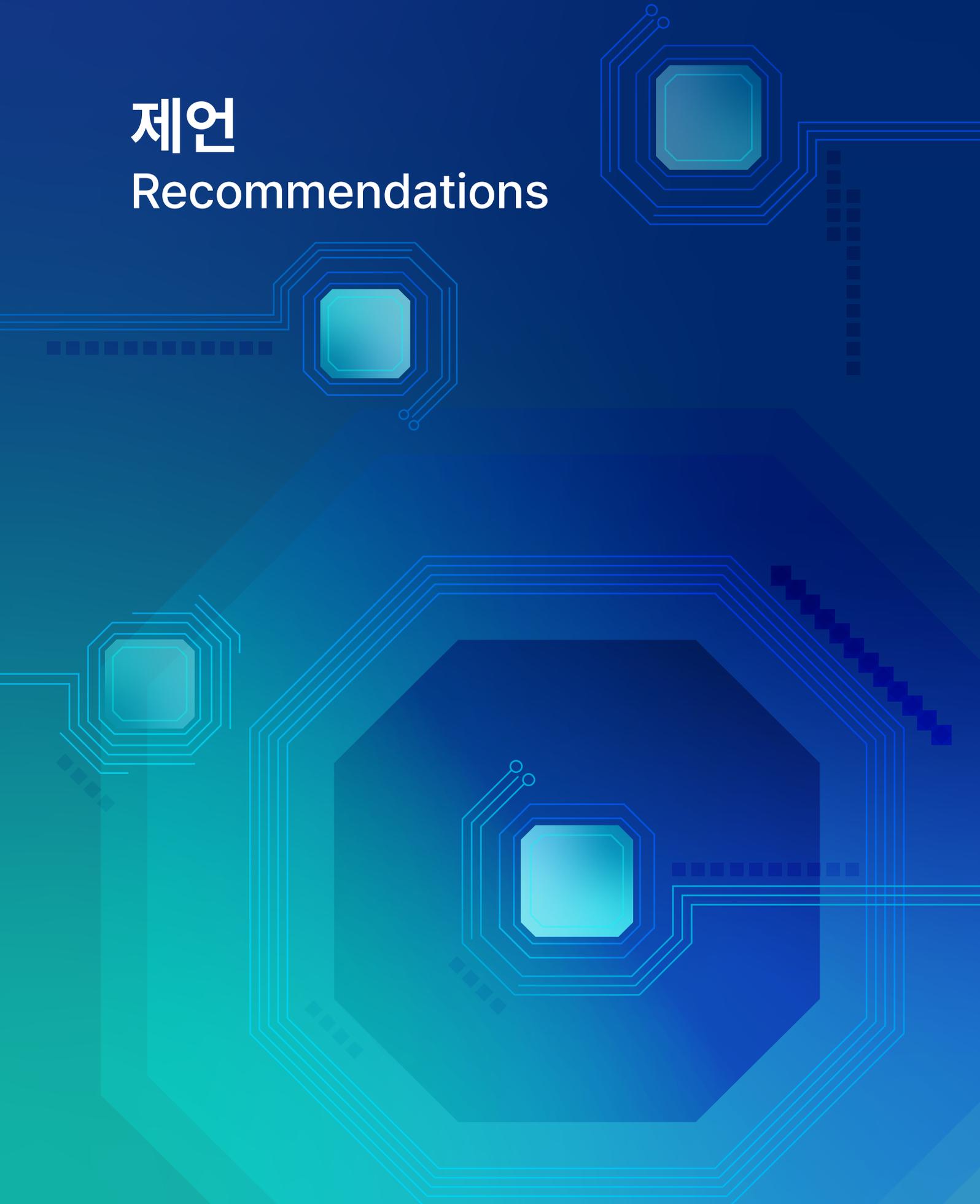
61. 뉴스트리, "용인반도체 입주하는 삼성과 하이닉스...재생에너지 '어쩌나'"(2024년 8월 5일), 2025년 3월 31일 참조. <https://www.newstree.kr/newsView/ntr202408020010>.

62. 리세서리, "눈앞에 다가온 기륭의 네 번째 환경영향평가, 재건과 엔비디아 본부 유치 위해 '산업은 전력이 필요하다'고 외치는 재계"(2025년 1월 13일), 2월 19일 참조. https://www.recessary.com/zh-tw/news/world-market/lng-receiving-terminal-dispute?fbclid=IwY2xjawlb96FleHRuA2FbQlxMAABHb6WnrLQqQyCqbR7QCq1oD0ljAkPH0TjOe91lbM0uGfb46i06Z6RODKFQ_aem_cMgNGJeQjAN7ydAo1Q_WKg.

63. TVBS, "탄소 감축 위해 원자력 에너지 지지하는 페가트론 의장"(2024년 11월 12일), 2025년 2월 19일 참조. <https://news.tvbs.com.tw/english/2683129>.

64. 추론, "칩 생산의 생태 발자국: 기후 및 환경 영향 매핑"(2024년 6월 20일), 2025년 2월 10일 참조. <https://www.interface-eu.org/publications/chip-productions-ecological-footprint>.

제언 Recommendations



제언

선도적인 AI 빅테크 기업들과 엔비디아, AMD와 같은 칩 설계 기업들은 2030년까지 공급망 전반에 걸친 100% 재생에너지 목표를 세워야 한다.
AI 기업들 또한 공급망의 배출량을 감축하기 위한 명확한 경로를 설정해야 한다. 배출량의 대부분은 전력 소비에서 발생하므로, 칩 제조업체를 비롯한 AI 공급 업체들이 재생에너지를 채택하는 것이 필수적이다. 각 기업은 2030년까지 공급망 전반에 걸친 100% 재생에너지 전환을 목표로 삼아야 한다.

AI 칩 제조사와 기타 AI 공급업체는 2030년까지 자체적인 100% 재생에너지 목표를 세우는 데 적극적으로 나서야 한다.
AI 붐에 대응해 반도체 공장을 증설하거나 새로운 클러스터를 조성할 때에는, 화석 연료 또는 원자력 에너지 대신 재생에너지를 우선시해야 한다. 각 기업은 고객, 지방 정부, 전력회사들과 협력해 재생에너지 기반의 전력 공급 로드맵을 수립하고 신속히 실행해야 한다.

선도적인 AI 빅테크 기업들과 AI 칩 설계 회사들은 재생에너지 조달 및 배출량 감축을 위해 공급업체들과 적극적으로 협력해야 한다.
재생에너지 전환을 촉진하고 스코프 3 배출량 감축 목표를 달성하기 위해서는 공급업체와의 적극적인 협업이 필수적이다. 기업들은 공급업체에 재정적 지원과 인센티브를 제공하고, 교육 및 보고를 통해 의미 있는 참여를 유도하며, 주요 공급업체에 자체적으로 재생에너지 및 배출량 감축 목표를 설정할 것을 적극적으로 요구해야 한다.

기업은 영향력이 큰 재생에너지 조달 방식을 선택해야 한다.
전력구매계약(PPA), 재생에너지 투자, 사업장 내 발전처럼 영향력이 큰 재생에너지 조달 방식은 부가성과 추적성이 명확하다. 따라서 이와 같은 전략을 기업의 재생에너지 목표 달성을 위한 기본 옵션으로 채택해야 한다. 기업이 공급망에 대한 재생에너지 목표를 수립할 때에는, 영향력이 큰 구매 방식을 명확하게 명시할 필요가 있다.

AI 빅테크 기업, 칩 설계 회사, AI 칩 제조업체를 포함한 AI 시장의 참가자들은 자사의 지위를 활용해 정책 입안자 및 정부 기관과 적극적으로 협력, 재생에너지 친화적인 정책 개발에 도움이 돼야 한다.
대기업이 요구 사항을 제시하면 정책 입안자들은 귀를 기울인다. AI 시장 참가자들은 재생에너지 조달과 관련한 장벽을 제거하고 순조로운 해결책을 마련하기 위해, 정책 입안자들을 자극하고 그들과 협력해야 한다.

정부 기관 또한 반도체 제조업체에 재생에너지를 공급하는 데 정책의 우선 순위를 뒤야 한다.
동아시아에서 반도체 제조업이 확대함에 따라, 관계된 정부 기관은 반도체 제조 시설에 재생에너지를 공급하는 방안을 우선적으로 마련할 필요가 있다. 또한 특정 지역에 전력 과부하가 걸리는 것을 방지하기 위해 반도체 시설을 분산할 필요가 있다.

제한 사항

AI 칩 제조와 관련한 본 보고서의 에너지 소비량 분석은 그 범주와 관련해 일정한 제한이 있다.

- “AI칩”의 의미를 의도적으로 좁게 정의했다. 생성형 AI 애플리케이션의 성능을 직접적으로 향상시키는 AI 가속기 및 고대역폭 메모리(HBM) 등이 여기 포함된다. 전체 서버 시스템에서 일반적으로 AI 가속기와 통합되는 범용 부품들은 AI칩의 범주에서 제외된다.
- 구글의 텐서 프로세싱 유닛(TPU)과 같은 자체적인 AI 솔루션은 이 연구의 범주에서 제외된다. 앞서 언급한 특화된 장치와 함께 사용되는 일반 부품에 대한 광범위한 수요도 연구 범위에 포함되지 않는다.
- 배출량을 보고하는 방식은 아직 표준화가 미진하고, 각 제조업체별로 보고 방법론에 큰 차이를 나타낸다. 따라서 시장 기반 배출량 분석을 안정적으로 수행할 수 없었고, 이번 연구의 범주에서 제외했다.

GREENPEACE

그린피스 동아시아 2025년 4월 발간.

그린피스는 평화로운 시위와 창의적인 커뮤니케이션을 통해 글로벌 환경 문제를 폭로하고, 친환경적이고 평화로운 미래를 위한 필수적인 해결책을 모색하는 독립적 캠페인 단체다.