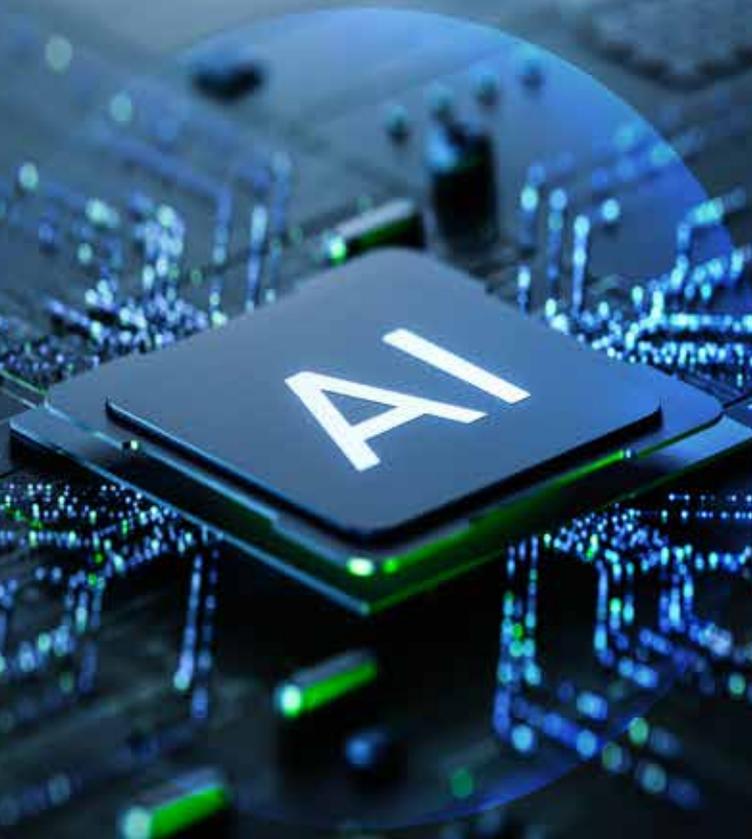


Deloitte Insights

March 2026



AI 성패를 결정짓는 컴퓨팅 인프라와 글로벌 반도체 공급망 재편

Deloitte Insights

Download on the
App Store

GET IT ON
Google Play



Deloitte.

'딜로이트 인사이트' 앱에서
경영·산업 트렌드를 만나보세요!

목차

Executive Summary	03
서론: AI 산업의 본질과 패권 경쟁	06
AI 경쟁의 핵심은 알고리즘에서 연산력으로 이동	08
(1) 학습에서 추론으로: 연산의 무게중심 이동	
(2) 사후학습과 장시간 추론 기법의 등장 : 연산 수요의 폭증 동인	
(3) 추론 경제(Inference Economics)의 역설: 단가는 하락하지만 총비용은 증가	
HBM·데이터센터·전력: AI 인프라 경쟁의 세 축	11
(1) HBM 공급이 AI 인프라 속도를 결정한다.	
(2) 연산의 진짜 병목은 GPU가 아니라 메모리 대역폭이다	
(3) GPU와 ASIC의 이중 구조: 대체가 아니라 공존	
(4) 옛지 시가 확산되는데, 왜 데이터센터는 오히려 커지는가	
(5) 전력과 데이터 센터의 입지	
AI 인프라의 무기화, 전방위적 반도체 공급망 통제	14
(1) 반도체는 어떻게 전략 자산이 되었는가?	
(2) 글로벌 공급망의 블록화	
(3) 패키징: 보이지 않던 병목이 새로운 전장이 되다.	
(4) 규제 기반 설계(Compliance-by-design): 규제는 사후 대응이 아닌 '설계의 출발점'이다	
(5) 빅테크의 전례 없는 투자: AI 인프라 자산화가 만드는 새로운 진입장벽	
국내 반도체 산업의 전략적 포지셔닝: 병목 통제자에서 시스템 설계자로	17
(1) 국내 반도체 산업의 구조적 강점	
(2) SK하이닉스: 병목 통제자에서 AI 공동 설계자로	
(3) 삼성전자: 수직적 통합 구조	
(4) 한국 반도체 산업의 전략적 위치: 양사의 역할 분담	
한국 반도체 산업의 과제: 현재의 강점을 지속 가능한 우위로 전환 하려면	20
(1) 첨단 패키징 역량 강화	
(2) 반도체 장비·소재 공급망의 다변화	
(3) 전력 인프라와 데이터 센터 정책 연계	
(4) 국제 협력 및 공급망 대응 체제 구축	
(5) 전략적 로드맵: 병목 통제력의 단계적 확장	
결론: AI 시대의 승리 조건: 모델이 아닌 구조적 통제력	22

Executive Summary

AI는 더 이상 소프트웨어 산업의 한 갈래로 설명될 수 없다. 불과 1~2년 전까지만 해도 AI는 IT 산업의 하위 기술로 인식되었지만, 현재의 AI는 전용 반도체, 초대형 데이터센터, 전력망, 냉각 설비, 첨단 패키징, 네트워크, 그리고 이를 둘러싼 공급망과 규제 체계까지 포괄하는 독자적 산업이자 범용 인프라로 진화하고 있다.

이 변화는 AI 경쟁의 기준 자체를 바꾸고 있다. 과거에는 더 정교한 알고리즘, 더 많은 파라미터, 더 높은 벤치마크 점수가 경쟁력을 의미했다면, 이제는 얼마나 많은 연산을 얼마나 오랫동안, 얼마나 안정적으로 감당할 수 있는가가 승부를 좌우한다. AI 경쟁의 본질이 알고리즘 중심 경쟁에서 연산 인프라와 공급망을 둘러싼 구조적 경쟁으로 이동하고 있는 것이다. 이러한 전환은 세 가지 구조적 변화를 통해 구체화되고 있다.

첫째, 생성형 AI 서비스가 일상적 인프라로 확산되면서 연산 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. AI 산업 초기에는 사전 학습(Pre-training)이 핵심 경쟁력이었지만, 현재 연산의 무게중심은 명확히 추론(Inference)으로 이동했다. 모델은 한 번 학습되지만 추론은 매일, 매시간, 수십억 번 호출된다. 여기에 사후 학습(Post-training), 장시간 사고(Long Thinking), 테스트 단계 스케일링(Test-time scaling) 등 추론 중심의 고도화 기법이 표준으로 자리 잡으면서 연산 수요는 단기적으로 안정화되기 어려운 구조가 되었다. 토큰당 추론 비용은 하락하고 있지만 전체 사용량이 기하급수적으로 늘어나면서 기업의 총 AI 비용은 오히려 증가하고 있다. 이는 AI를 일시적 기술 유행이 아니라 지속적 투자와 운영이 필요한 장기 인프라 산업으로 바꾸고 있다.

둘째, 반도체가 AI 산업 전체의 핵심 병목이자 전략 자산으로 재정의되고 있다. AI 가속기의 성능은 단순한 GPU 처리 속도만으로 결정되지 않는다. 실제 시스템의 상한선을 좌우하는 것은 GPU와 HBM(High Bandwidth Memory)이 결합된 연산 구조이며, 특히 대규모 AI 워크로드에서는 메모리 대역폭이 핵심 병목으로 작용한다. 즉, AI 인프라의 경쟁력은 더 빠른 프로세서를 만드는 문제를 넘어, 고대역폭 메모리를 얼마나 안정적으로 확보하고 이를 데이터센터와 전력 인프라 위에서 운영할 수 있는가의 문제로 바뀌고 있다. 이 때문에 HBM은 단순한 메모리 부품이 아니라 AI 인프라 전체의 속도와 성능을 결정하는 핵심 전략 자산으로 부상하고 있다. 동시에 AI 데이터센터는 기존 데이터센터와 성격이 전혀 다른 인프라로 진화하고 있다. GPU 중심 아키텍처, 고밀도 전력 공급, 액체 냉각, 초고속 네트워크를 필요로 하는 AI 데이터센터는 사실상 산업형 슈퍼 컴퓨터에 가깝다.

결국 AI 경쟁은 반도체 칩 확보 경쟁을 넘어 HBM-데이터센터-전력이라는 세 축을 동시에 얼마나 안정적으로 확보하느냐의 경쟁이 되고 있다.





셋째, AI 칩 공급망 자체가 지정학적 무기로 전환되고 있다. 미국을 중심으로 한 주요 국가들은 첨단 반도체 칩, 제조 장비, 설계 소프트웨어(EDA), 첨단 패키징 기술 등에 대한 수출 통제를 강화하며 기술과 공급망을 전략적으로 통제하기 시작했다. 규제의 범위는 완성된 제품에 그치지 않고 반도체 가치사슬 전반으로 확대되고 있으며, 기술 통제의 대상도 물리적 상품에서 디지털 서비스 영역으로까지 확장되고 있다.

그 결과 글로벌 반도체 공급망은 과거의 효율 중심 단일 구조에서 안보와 통제를 중심으로 한 블록화된 다국 구조로 재편되고 있다. 이러한 환경에서 컴플라이언스는 더 이상 사후 법무 검토의 문제가 아니라, 설계 단계부터 규제를 내재화해야 하는 거래의 전제 조건이 되었다. 공급망 추적성, 물류 경로 관리, 성능 임계치 관리 등 이른바 ‘Compliance-by-design’ 역량이 확보되지 않으면 기술력이 뛰어나더라도 글로벌 공급망에서 배제될 가능성이 높아지고 있다.

이와 동시에 글로벌 빅테크 기업들은 AI 인프라에 대한 전례 없는 대규모 투자를 단행하고 있다. Microsoft, Alphabet, Amazon, Meta 등은 2025~2026년 동안 데이터센터, GPU 클러스터, AI 칩, 전력 및 냉각 인프라에 수십억~수백억 달러 규모의 투자를 확대할 계획이다. 이들의 투자는 단순한 규모 경쟁이 아니라, 지금 충분한 연산 인프라를 확보하지 못할 경우 미래 AI 서비스 시장에서 구조적으로 뒤처질 수 있다는 판단을 반영한다. 이는 AI 수요가 일시적 유행이 아니라 장기적인 산업 구조 변화라는 사실을 보여주는 가장 강한 신호다. AI 인프라는 더 이상 일반적인 IT 설비가 아니라, 향후 수십 년간 디지털 산업 전반의 경쟁력을 좌우할 핵심 기반 시설로 인식되고 있다.

이러한 구조 변화 속에서 한국 반도체 산업은 독특하고 중요한 전략적 위치를 점하고 있다. 글로벌 AI 인프라 공급망은 설계-제조-메모리-패키징-인프라로 이어지는 구조로 형성되고 있으며, 이 구조에서 각 병목의 통제 주체는 비교적 분명하다. GPU 설계는 NVIDIA가 사실상 주도하고, 첨단 칩 제조는 TSMC가 담당하며, AI 인프라 구축과 운영은 Google, Amazon, Microsoft 등 빅테크가 주도한다. 이 가운데 한국은 메모리, 특히 HBM이라는 핵심 병목을 통제하는 위치에 있다. AI 가속기의 성능은 GPU만으로 결정되지 않으며, HBM이 데이터를 얼마나 빠르고 안정적으로 공급하느냐가 전체 시스템 성능의 상한선을 좌우한다.

현재 HBM 시장에는 SK하이닉스, 삼성전자, Micron이 참여하고 있으나, 대규모 양산 능력과 수율 측면에서 한국 기업들이 가장 경쟁력 있는 위치를 유지하고 있다. 생성형 AI와 데이터센터 확산으로 AI 가속기 수요가 증가할수록 HBM의 중요성은 더욱 커질 수밖에 없다. SK하이닉스는 HBM 시장의 선도 기업을 넘어, 글로벌 AI 가속기 로드맵의 공동 설계자 역할을 수행하고 있다. NVIDIA와의 긴밀한 협력을 통해 HBM3e 양산을 주도하고 HBM4 개발에서도 선도적 위치를 확보하면서, 차세대 AI 가속기 출시 일정과 시스템 아키텍처에 직접적인 영향을 미치는 위치에 올라섰다. 이는 단순한 부품 공급을 넘어, AI 인프라 전체의 속도와 방향에 영향을 미치는 전략적 파트너라는 의미다.

삼성전자 역시 메모리, 파운드리, 패키징을 모두 보유한 수직 통합 구조를 바탕으로, 공급망 불확실성이 높은 환경에서 고객에게 통합적이고 안정적인 조달 구조를 제공할 수 있는 독보적 입지를 가지고 있다. SK하이닉스가 핵심 병목 기술을 통해 영향력을 확보하고, 삼성전자가 수직 통합 구조를 통해 공급망 안정성을 제공하는 이 두 축은 한국 반도체 산업의 전략적 포지셔닝을 형성하는 핵심 기반이다. 그러나 현재의 강점이 미래의 우위를 자동으로 보장하는 것은 아니다.

AI 인프라 경쟁의 병목은 계속 이동하고 있으며, HBM 다음의 병목은 첨단 패키징, 시스템 통합, 전력 인프라, 그리고 규제 대응 역량으로 빠르게 확장되고 있다. 실제로 CoWoS를 중심으로 한 첨단 패키징 분야에서는 TSMC가 강한 지위를 확보하고 있으며, 한국의 OSAT 역량은 여전히 메모리 중심에 머물러 있다. 반도체 장비와 소재 분야의 해외 의존도 역시 여전히 높고, 국내 전력 인프라와 데이터센터 입지 정책도 AI 산업의 성장 속도를 충분히 뒷받침하지 못하고 있다. 또한 동맹 기반 공급망이 강화되는 환경에서 국제 협력 채널, 공급망 스트레스 테스트, 글로벌 규제 변화 모니터링 체계도 보다 정교하게 갖춰질 필요가 있다.

따라서 한국 반도체 산업이 글로벌 AI 인프라 경쟁에서 지속적인 우위를 확보하기 위해서는 현재의 강점을 지키는 것에 그치지 않고, 다음 병목을 선제적으로 확보하는 단계적 확장 전략이 필요하다. 단기적으로는 HBM4 초기 양산과 수율 최적화를 통해 메모리 주도권을 더욱 공고히 해야 한다. 중기적으로는 CoWoS급 첨단 패키징 역량을 확보하고 2nm 공정 안정화와 고객 다변화를 통해 파운드리 경쟁력을 강화해야 한다. 장기적으로는 메모리-로직-패키징을 아우르는 AI 전용 시스템 반도체와 AI SoC 역량을 확보해, 단순한 부품 공급자를 넘어 AI 인프라 아키텍처의 핵심 설계자로 진화해야 한다.

동시에 전력 인프라, 데이터센터 정책, 공급망 거버넌스, 국제 협력 체계를 연계한 국가 차원의 일관된 산업 전략이 필요하다. 결국 새로운 시대의 승자는 가장 뛰어난 모델을 가진 주체가 아니다. 폭발적으로 증가하는 연산 수요를 장기적으로 소화할 수 있는 인프라와, 그 인프라를 구성하는 공급망 전반에 대한 통제력을 동시에 확보한 국가와 기업이 패권을 쥐게 된다. 결과적으로 AI 경쟁의 본질은 특정 기술의 우열이 아니라, 데이터센터, HBM, 전력망, 패키징, 공급망, 컴플라이언 등이 결합된 복합 구조를 얼마나 완결성 있게 구축했는가의 경쟁이다.

한국은 이 구조 경쟁에서 이미 핵심 거점을 선점한 몇 안 되는 국가 가운데 하나다. 그러나 유리한 출발선이 곧 승리를 의미하지는 않는다. 병목은 이동하고, 지정학은 변한다. 지금 필요한 것은 현재의 기술적 우위에 안주하는 것이 아니라, 그것을 발판 삼아 다음 병목을 선점하고 변화하는 환경에 능동적으로 대응하는 장기적이고 일관된 국가 산업 전략이다. AI 시대에 반도체는 더 이상 산업의 한 분야가 아니라, 국가 경쟁력의 기반이자 미래 산업 질서를 좌우하는 핵심 자산이다. 그리고 지금, 그 변화의 중심에 한국이 서 있다.

서론: AI 산업의 본질과 패권 경쟁

AI를 시스템 도구나 소프트웨어로 규정하는 시각은 이미 그 유효성을 잃었다. 불과 1~2년전까지만 해도 AI는 IT 산업의 하위 기술 분류되었지만, 현재 AI는 전용 반도체, 초대형 데이터센터, 그리고 이를 뒷받침하는 전력망과 유관 설비·장비·부품 등 하드웨어 산업까지 포괄하고 연결하는 독자적인 산업으로 진화하고 있다. AI 경쟁의 핵심이 정교한 알고리즘 중심에서 연산력·전력·인프라를 통제하는 역량으로 이동하고 있는 이유가 바로 여기에 있다.

이제 AI는 제조, 금융, 의료, 국방 등 전 산업 영역에서 본원적 경쟁우위를 지키기 위한 필수 역량이 되었고, AI 기술을 보유한 기업과 해당 국가는 그들만의 독자적인 AI 산업 생태계를 조성·주도하고 있다. 동시에 AI는 범용적 인프라 기술이 되고 있다. 전력망·도로망·통신망 등과 같이 한 국가의 기간 산업을 지탱하고, 현장을 실질적으로 작동시키는 핵심 기술로 자리 잡고 있는 것이다. 결국 AI 기술이 지닌 독자적 산업 생태계와 범용적 인프라라는 이중적 성격은, AI 경쟁을 기업 간 기술 대결을 넘어 국가 간의 패권 경쟁으로까지 확장시키고 있다. 특정 국가나 기업이 확보한 AI 인프라에 대한 통제권이 곧 해당 국가 산업 전반의 주도권을 장악하는 것과 다름없기 때문이다.



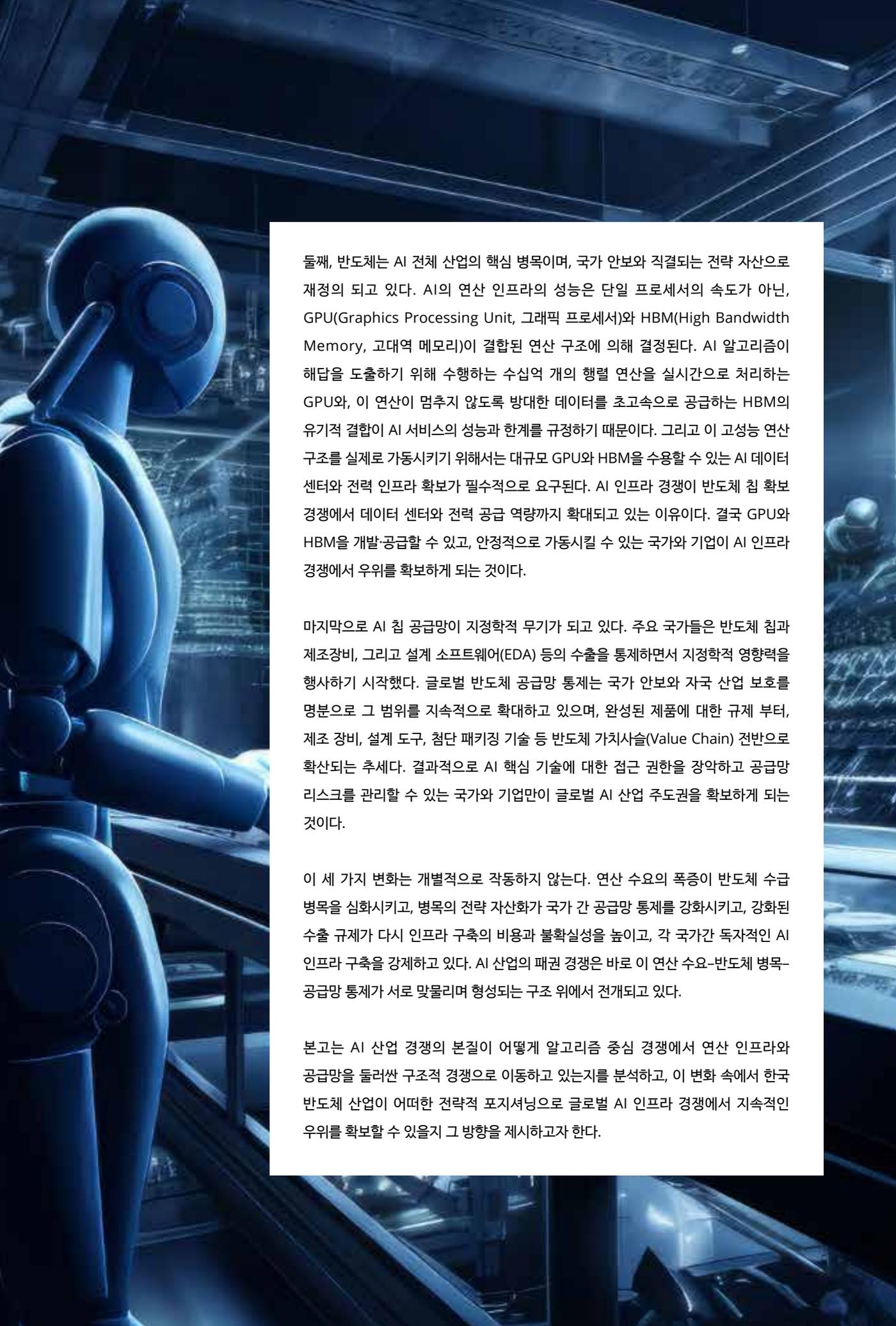
AI 기술이 한 국가의 산업 지배력을 좌우하는 인프라가 되면서, 전 세계 산업 전반에는 AI 패권 경쟁을 둘러싼 전례 없는 변화가 일어나고 있다.

먼저, 가장 주목해야 할 변화는 연산 수요의 폭발적인 증가이다. 생성형 AI가 일상적 서비스로 안착되면서, 컴퓨팅의 중심이 모델 학습에서 추론 연산으로 이동했다. 여기에 장시간 사고(Long thinking)¹, 사후학습(Post-training)² 및 테스트 단계 스케일링(Test-time scaling)³ 등 모델 성능을 개선하는 추론 기법들이 표준으로 자리 잡으면서 연산 수요가 급증한 것이다. 그리고 이 연산 수요는 단기간에 안정화될 기미를 보이지 않고 있으며, AI 인프라의 연산 부하를 가중시키는 동시에 새로운 인프라 경쟁 구도를 만들어 내고 있다.

1 장시간 사고 추론(Long thinking): 답변 생성 이전에 더 많은 추론 연산을 투입해 정확도와 일관성을 높이는 방식

2 사후학습(Post-training): 모델을 실제 서비스에 맞게 정교하게 조정

3 테스트 단계 스케일링(Test-time scaling): 모델을 더 크게 만드는 대신, 추론 과정에서 연산을 더 많이 사용해 성능을 높이는 방법



둘째, 반도체는 AI 전체 산업의 핵심 병목이며, 국가 안보와 직결되는 전략 자산으로 재정의 되고 있다. AI의 연산 인프라의 성능은 단일 프로세서의 속도가 아닌, GPU(Graphics Processing Unit, 그래픽 프로세서)와 HBM(High Bandwidth Memory, 고대역 메모리)이 결합된 연산 구조에 의해 결정된다. AI 알고리즘이 해답을 도출하기 위해 수행하는 수십억 개의 행렬 연산을 실시간으로 처리하는 GPU와, 이 연산이 멈추지 않도록 방대한 데이터를 초고속으로 공급하는 HBM의 유기적 결합이 AI 서비스의 성능과 한계를 규정하기 때문이다. 그리고 이 고성능 연산 구조를 실제로 가동시키기 위해서는 대규모 GPU와 HBM을 수용할 수 있는 AI 데이터 센터와 전력 인프라 확보가 필수적으로 요구된다. AI 인프라 경쟁이 반도체 칩 확보 경쟁에서 데이터 센터와 전력 공급 역량까지 확대되고 있는 이유이다. 결국 GPU와 HBM을 개발-공급할 수 있고, 안정적으로 가동시킬 수 있는 국가와 기업이 AI 인프라 경쟁에서 우위를 확보하게 되는 것이다.

마지막으로 AI 칩 공급망이 지정학적 무기가 되고 있다. 주요 국가들은 반도체 칩과 제조장비, 그리고 설계 소프트웨어(EDA) 등의 수출을 통제하면서 지정학적 영향력을 행사하기 시작했다. 글로벌 반도체 공급망 통제는 국가 안보와 자국 산업 보호를 명분으로 그 범위를 지속적으로 확대하고 있으며, 완성된 제품에 대한 규제 부터, 제조 장비, 설계 도구, 첨단 패키징 기술 등 반도체 가치사슬(Value Chain) 전반으로 확산되는 추세다. 결과적으로 AI 핵심 기술에 대한 접근 권한을 장악하고 공급망 리스크를 관리할 수 있는 국가와 기업만이 글로벌 AI 산업 주도권을 확보하게 되는 것이다.

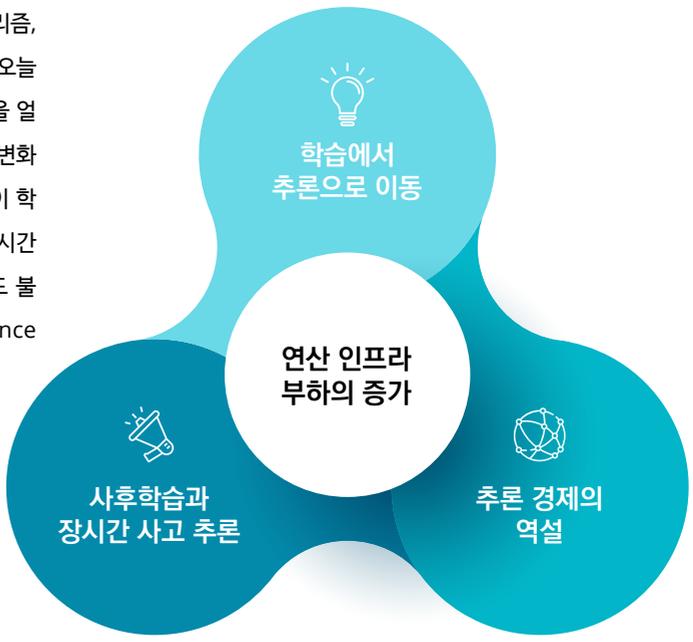
이 세 가지 변화는 개별적으로 작동하지 않는다. 연산 수요의 폭증이 반도체 수급 병목을 심화시키고, 병목의 전략 자산화가 국가 간 공급망 통제를 강화시키고, 강화된 수출 규제가 다시 인프라 구축의 비용과 불확실성을 높이고, 각 국가간 독자적인 AI 인프라 구축을 강제하고 있다. AI 산업의 패권 경쟁은 바로 이 연산 수요-반도체 병목-공급망 통제가 서로 맞물리며 형성되는 구조 위에서 전개되고 있다.

본고는 AI 산업 경쟁의 본질이 어떻게 알고리즘 중심 경쟁에서 연산 인프라와 공급망을 둘러싼 구조적 경쟁으로 이동하고 있는지를 분석하고, 이 변화 속에서 한국 반도체 산업이 어떠한 전략적 포지셔닝으로 글로벌 AI 인프라 경쟁에서 지속적인 우위를 확보할 수 있을지 그 방향을 제시하고자 한다.



AI 경쟁의 핵심은 알고리즘에서 연산력으로 이동

AI 경쟁의 본질이 바뀌고 있다. 과거에는 더 정교한 알고리즘, 더 많은 파라미터, 더 큰 모델이 곧 경쟁력이었다. 그러나 오늘날의 승부는 알고리즘의 우열이 아니라, 얼마나 많은 연산을 얼마나 안정적으로 감당할 수 있는가에서 갈린다. 그리고 이 변화를 이끈 동인은 다음 세 가지다. (1) 먼저 연산의 무게중심이 학습에서 추론으로 이동한 것이고, (2) 둘째 사후 학습과 장시간 추론 기법의 등장이며, (3) 마지막으로 추론 단가 하락에도 불구하고 전체 비용은 오히려 증가하는 '추론 경제'(Inference Economics)의 역설이 나타났기 때문이다



(1) 학습에서 추론으로: 연산의 무게중심 이동

AI 산업 초기의 핵심 경쟁력은 사전 학습(Pre-training)에 있었다. 더 많은 데이터와 더 큰 모델이 더 나은 성능을 낳는다는 스케일링 법칙(Scaling Law)⁴이 산업을 지배하던 시기였다. OpenAI의 GPT-4, 구글의 Gemini, Anthropic의 Claude 등 주요 모델들이 경쟁적으로 모델 규모를 확대하며 성능을 높여가던 2022~2023년이 그 정점이었다. 그러나 현재, 연산의 무게중심은 확실히 추론으로 이동하고 있다. 모델은 한 번 학습되지만, 추론은 매일, 매시간, 수십억 번 호출된다. 이 변화는 AI가 업무 자동화, 고객 서비스, 코드 생성, 문서 분석, 산업 로봇틱스, 자율 시스템에 이르기까지 각 산업 영역에서 상시 운영되는 산업 인프라로 자리 잡게 되는 결정적인 계기가 되었다. 결과적으로 AI 경쟁의 기준은 '모델의 크기'에서 '연산의 지속 가능성'으로 옮겨가고 있다.

구분	과거(2022~2023)	현재(2025~2026)
중심 활동	모델 사전 학습	대규모 추론 서비스
비용 구조	단발성 고비용 학습	지속적 트래픽 기반 비용
경쟁 기준	모델 크기·파라미터	연산 처리 능력·안정성
인프라 유형	연구 클러스터	AI 팩토리·운영 데이터센터
주요 병목	학습 데이터·알고리즘	GPU·HBM·전력·대역폭
투자 성격	R&D 투자	산업 인프라 투자

(2) 사후학습과 장시간 추론 기법의 등장: 연산 수요의 폭증 동인

연산 수요의 폭증은 단순히 추론 호출이 늘었기 때문만은 아니다. AI 모델의 작동방식이 근본적으로 바뀌면서 대규모 연산이 요구되기 때문이다. 기초 학습 이후에도 사후 학습(Post-training)이 필수 단계가 되었고, 답변 하나를 생성하는데 수백, 수천 단계의 추론을 거치는 장시간 사고 추론(Long Thinking) 기법이 표준으로 자리 잡았다. 대표적인 이 두 기법은 기존의 학습과 추론이라는 단순한 구분을 넘어, 전체 AI 연산 수요를 증폭시키고 있다.

먼저 사후 학습(Post-training)은 기초 모델이 완성된 이후에도 실제 서비스에 적용하기 위해서는 실행되는 대규모 추가 학습을 의미한다. 파인튜닝(Fine-tuning), 지식 증류(Knowledge Distillation), 양자화(Quantization), 합성 데이터 증강, RLHF(인간 피드백 기반 강화학습) 등이 이 단계에 포함된다. 이 과정에 투입되는 연산 자원은 기초 모델 학습에 버금가거나 경우에 따라 그 이상에 달하기도 한다. 무엇보다 RLHF는 모델 출력을 인간의 선호와 의도에 맞게 정렬하기 위해 학습-평가-개선의 반복 과정을 필요로 한다. 산업별·용도별 특화 모델 개발이 빠르게 늘어나면서, 사후 학습이 전체 AI 연산 수요에서 차지하는 비중도 점점 커지고 있다.

둘째는 장시간 사고 추론(Long Thinking) 기법은 모델의 정확도와 추론 깊이를 높이기 위해 답변을 생성하기 전에 더 많은 연산을 수행하는 방식이다. 연쇄 사고(Chain-of-Thought), 다수결 샘플링(Self-consistency), 검색 결합 추론(RAG), 반복 추론 등이 대표적인 방법이다. 이러한 기법들은 모델이 즉각적인 단일 계산 대신 여러 단계의 중간 추론을 거쳐 보다 정교한 결론에 도달하도록 만든다. 그 결과 추론 정확도는 크게 향상되지만, 동시에 하나의 응답을 생성하는 데 필요한 연산량은 기하급수적으로 증가한다.

⁴Jared Kaplan, et al. (2020), "Scaling Laws for Neural Language Models", arXiv preprint arXiv

(3) 추론 경제(Inference Economics)의 역설: 단가는 하락하지만 총비용은 증가

사후학습과 장시간 추론 기법이 AI 작동의 근간으로 자리 잡으면서, 하나의 역설이 나타났다. AI는 점점 더 효율적이 되어가지만 동시에 더 무거워지고 있다. 개별 연산의 단가는 낮아지고 있지만, 하나의 서비스 응답을 만들기 위해 수행해야 하는 연산 단계는 오히려 늘어나고 있기 때문이다. AI의 성능이 높아질수록 활용 범위 확대되고, 다시 사용량이 증가하게 되고, 사용량 증가는 다시 연산 부담을 키우는 구조가 형성되고 있다.

구분	변화방향	AI 활용 기업의 영향
토큰 단가	지속하락	단기 비용 절감 효과
사용량	기하급수적으로 증가	총 AI 비용 증가
서비스 복잡도	고도화	연산의 집약도 상승 (멀티모달, 연쇄추론 등)
투자성격	운영 비용 증가	장기 인프라 투자(자본 투자)
경쟁의 참여 요건 (진입장벽)	연구자 + 알고리즘 = 경쟁 가능 ➔ 연산 인프라의 중요성 증가	인프라 규모의 경제: 경쟁 참여의 최소 요건은 '알고리즘 역량'에서 '연산 인프라 보유' 이동

실제로 GPT-4 출시 초기와 비교하면 현재의 토큰당 추론 단가는 수십 분의 일 수준으로 줄어들었다. 그러나 기업 전체의 AI 비용은 줄지 않고 오히려 증가하고 있다. 단가 하락이 사용량의 폭발적 증가로 완전히 상쇄되기 때문이다.

이 역설은 AI 산업의 성격을 근본적으로 다시 규정하게 한다. AI는 일시적 기술 유행이 아니라, 전력망이나 통신망처럼 지속적인 투자와 유지가 요구되는 장기 인프라 산업으로 전환되고 있다. 연산 인프라를 충분히 확보하지 못한 기업은 서비스 품질과 비용 경쟁력 모두에서 구조적 열위에 처하게 된다.

지금까지 논의된 학습에서 추론으로의 무게중심 이동, 사후 학습(Post-training)과 장시간 사고(Long Thinking)가 촉발한 연산 수요의 확대, 그리고 추론 경제의 역설. 이 세 가지 흐름이 결합되면서 AI 경쟁의 기준이 달라지고 있다. 과거의 경쟁 방식은 비교적 단순했다. 더 높은 벤치마크 점수를 가진 모델을 더 빠르게 출시하는 것이 곧 경쟁력이었다. 그러나 오늘날의 승부처는 다르다. 수십억 건의 일상적 요청을 안정적이고 경제적으로 처리할 수 있는 인프라를 누가 구축했는가 진정한 경쟁력이 되었다. 이제 경쟁의 기준은 모델 성능이 아니라 연산을 얼마나 안정적으로 지속할 수 있는가에 있다. 이 변화는 AI 산업의 진입 장벽도 크게 높이고 있다. 우수한 알고리즘은 수천만 달러 규모의 투자로 개발할 수 있다. 그러나 수백만 명의 동시 사용자를 지원하는 추론 인프라는 수십억 달러의 투자와 수년에 걸친 공급망 구축을 필요로 한다. 이 격차는 단순한 규모의 차이가 아니라 AI 경쟁의 중심이 알고리즘에서 인프라로 이동했음을 보여준다. 결국 AI 시대의 패권은 더 뛰어난 모델을 만드는 기업이 아니라, 대규모 연산을 장기간 안정적으로 감당할 수 있는 구조를 확보한 기업과 국가에게 돌아 갈 것이다.

HBM·데이터센터·전력: AI 인프라 경쟁의 세 축

AI 경쟁이 알고리즘에서 연산력으로 이동했다면, 그 연산력을 실제로 뒷받침하는 세 가지 핵심 축이 있다. HBM, 데이터센터, 그리고 전력이다. 이 세 가지는 각각 독립된 요소가 아니다. HBM 없이는 GPU가 제 성능을 낼 수 없고, 데이터센터 없이는 HBM과 GPU를 운용할 수 없으며, 전력 없이는 데이터센터 자체가 작동하지 않는다.

결국 AI 인프라 경쟁의 본질은 기술의 우열이 아니라, 이 세 축을 동시에 얼마나 안정적으로 확보하고 유지할 수 있는가에 달려 있다.



(1) HBM 공급이 AI 인프라 속도를 결정한다.

현재 HBM 시장은 SK하이닉스, 삼성전자, Micron 세 기업이 주도하는 과점 구조를 형성하고 있다. 이 가운데 SK하이닉스는 HBM3e(5세대 HBM) 부문에서 선도적인 위치를 확보하며 NVIDIA의 주요 공급사로 자리 잡았다. HBM 수요는 AI 가속기 출하량과 직접적으로 연결된다. 예를 들어 NVIDIA H100 GPU 한 개에는 약 80GB의 HBM3가 탑재된다. 대형 데이터센터 구축에는 수천에서 수만 개의 GPU가 필요하기 때문에, HBM 수요 역시 급격히 증가한다. 생성형 AI 서비스가 계속 확대되는 상황에서 HBM 공급 부족은 향후 수년간 지속될 가능성이 높다. HBM을 확보하지 못하면 AI 인프라 구축 자체가 지연될 수 있다. 이 때문에 HBM은 단순한 메모리 부품이 아니라 AI 인프라 구축 속도를 결정하는 핵심 병목 요소로 인식되고 있다.

세대	출시시기	대역폭	주요 탑재 GPU
HBM2	2016년	256 GB/s	NVIDIA V100
HBM2e	2020년	460 GB/s	NVIDIA A100
HBM3	2022년	819 GB/s	NVIDIA H100
HBM3e	2024년	1,200 GB/s	NVIDIA H200, B100
HBM4	2025~2026년	2,000+ GB/s	차세대 Blackwell

(2) 연산의 진짜 병목은 GPU가 아니라 메모리 대역폭이다.

AI 연산 성능을 GPU의 처리 속도(FLOPS)로 평가하는 시각이 일반적이다. 그러나 실제 AI 시스템의 성능을 결정하는 것은 메모리 대역폭(Memory Bandwidth)이다. 아무리 빠른 프로세서라도 필요한 데이터를 충분히 그리고 빠르게 공급받지 못하면 연산 성능은 곧바로 제한된다. AI 연산에서 GPU만큼 메모리 구조가 중요해지고, HBM이 AI 인프라의 핵심 자산으로 부상한 이유이다. NVIDIA의 H100·H200과 같은 최신 AI 가속기는 최대 80GB의 HBM을 탑재하며, 초당 약 3.35TB 수준의 메모리 대역폭을 제공한다. 이는 기존 GDDR 메모리 대비 수배에서 수십 배 높은 수준으로, 대규모 AI 모델의 행렬 연산을 실시간으로 처리하기 위해 필수적인 기술이다.

구성요소	변화방향	핵심기업
GPU	AI 연산 처리	NVIDIA, AMD, Intel
HBM	초고속 메모리 대역폭	SK하이닉스, 삼성, Micron
전력 공급	시스템 안정성	전력 유틸리티·UPS 업체
냉각 시스템	열 관리	액체 냉각 전문 기업
네트워킹	GPU 간 통신	InfiniBand, Ethernet
패키징	시스템 통합	TSMC, 삼성, OSAT

결국 AI 가속기의 성능 경쟁은 GPU 설계만의 문제가 아니다. HBM을 누가 더 빠르게, 더 안정적으로 공급할 수 있는가가 AI 인프라 전체의 성능 상한선을 결정한다.

(3) GPU와 ASIC의 이중 구조: 대체가 아니라 공존

최근 AI 연산 시장에서는 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit, 특수목적용 집적회로)의 성장이 두드러진다. 구글의 TPU, Amazon의 Trainium·Inferentia, Meta의 MTIA 등이 대표적인 사례다. 이러한 칩들은 특정 AI 작업에 최적화되어 GPU보다 높은 에너지 효율과 비용 효율을 제공할 수 있다. 그러나 ASIC이 GPU를 완전히 대체할 것이라는 전망은 현실화되지 않고 있다. AI 모델 구조가 빠르게 변화하는 환경에서는 특정 구조에 최적화된 ASIC이 유연성 측면에서 한계를 가질 수 있기 때문이다. 결과적으로 AI 칩 시장은 범용 연산에 강점을 가진 GPU와 특정 작업에 최적화된 ASIC이 역할을 분담하는 구조로 발전하고 있다. 따라서 AI 인프라 전략은 GPU와 ASIC 중 하나를 선택하는 문제가 아니라, 워크로드의 특성에 따라 두 가지를 어떻게 최적으로 조합할 것인가의 문제로 접근해야 한다.

(4) 엣지 AI가 확산되는데, 왜 데이터센터는 오히려 커지는가

온디바이스 AI와 엣지 컴퓨팅의 확산으로 데이터센터의 역할이 줄어들 것이라는 전망이 한때 제기되었다. 그러나 현실은 정반대다. 대형 AI 데이터센터는 오히려 빠르게 확대되고 있다. 그 이유는 다음 세 가지와 같다.

첫째, 기업의 보안·감사·컴플라이언스 요구다. 민감한 데이터를 처리하는 기업일수록 온프레미스 환경이나 전용 클라우드를 선호한다. 그리고 이 환경을 안정적으로 운영하기 위해서는 중앙화된 고성능 연산 인프라가 필요하다.

둘째, 고도화된 추론 기법이 요구하는 막대한 연산량이다. 장시간 사고(Long Thinking)와 같은 기법은 수백 GB 규모의 모델 가중치를 실시간으로 처리해야 한다. 스마트폰이나 개인용 PC 수준의 디바이스로는 사실상 구현이 불가능한 영역이다. 셋째, 멀티모달 AI의 확산이다. 텍스트·이미지·음성·비디오를 동시에 처리하는 멀티모달 모델은 단일 디바이스가 감당하기 어려운 수준의 연산 집약도를 요구한다.

결과적으로 AI 데이터센터는 기존의 데이터센터와는 본질적으로 다른 인프라이다. GPU 중심 아키텍처, HBM 밀착 통합, 고밀도 전력 공급, 액체 냉각 시스템을 갖춘 전용 시설로, 기존 데이터 센터에 장비를 추가하는 수준이 아니라 처음부터 AI 연산만을 위해 새롭게 설계된 공간이다.

(5) 전력과 데이터 센터의 입지

대규모 AI 데이터센터는 수백 메가와트(MW)에 달하는 전력을 소비한다. 이는 중소 도시 하나의 전력 소비량에 맞먹는 규모다. 전력망은 이제 AI 서비스 경쟁력의 핵심 조건이 되고 있다. 이 때문에 데이터센터 입지 선정은 단순한 부동산 문제가 아니라 에너지·규제·지정학이 결합된 전략적 의사결정이 되었다. 전력 공급 용량과 가격, 재생에너지 비율, 냉각용수 접근성, 탄소 규제, 인허가 속도 등이 모두 중요한 변수로 작용한다.

요소	중요도	주요 고려사항
전력 용량	최고	MW급 안정 공급, 전력 예비율
전력 가격	매우 높음	장기 계약 단가, 재생에너지 비율
냉각 인프라	높음	용수 접근성, 외기 냉각 가능성
부지 확장성	높음	향후 증설 가능 면적
네트워크 연결	높음	초저지연 백본 접근성
규제 환경	중간	데이터 주권법, 환경 규제
인력 접근성	중간	엔지니어링 인재 풀

아이슬란드와 노르웨이 같은 재생에너지 풍부 지역, 그리고 미국의 텍사스·버지니아·애리조나가 AI 데이터센터 허브로 부상하는 것도 이러한 조건과 밀접한 관련이 있다. 결국 전력 인프라를 선제적으로 확보한 국가와 기업이 AI 데이터 경쟁에서 우위를 점하게 된다.

AI 인프라의 무기화, 전방위적 반도체 공급망 통제

AI 경쟁이 알고리즘 중심에서 인프라 중심으로 이동하면서, 그 인프라를 구성하는 반도체 공급망 자체가 새로운 지정학적 전장이 되고 있다. 이제 기술의 우위를 확보하는 것만으로는 충분하지 않다. 그 기술을 생산하고 공급하는 체계를 누가 통제하는가가 AI 산업 패권의 핵심 변수로 떠올랐다.

(1) 반도체는 어떻게 전략 자산이 되었는가?

AI 칩 시장이 수천억 달러 규모로 확대되면서 반도체는 더 이상 단순한 전자 부품이 아니다. 앞에서 언급한 바 국가 안보와 산업 경쟁력을 좌우하는 전략 자산으로 재정의되고 있다. 이 변화의 상징적인 사건이 2022년 미국의 대중국 반도체 수출 규제였다. 이후 반도체 규제는 특정 국가를 겨냥한 조치에서 출발해, 전 세계 반도체 생태계의 구조를 바꾸는 흐름으로 확산되고 있다. 무엇보다 주목할 점은 규제 범위의 확대다. 통제 대상은 완성된 칩에만 국한되지 않는다. EUV 노광 장비, 식각·증착 장비, EDA 설계 소프트웨어, PDK, 파운드리 IP, 첨단 패키징 기술 등 반도체 가치사슬의 거의 모든 요소가 규제 대상에 포함되고 있다. 반도체 완성품 뿐 아니라 반도체를 만드는 도구와 기술 자체가 통제 대상이 된 것이다. 이 같은 규제는 계속 진화하고 있다. 2023년 말부터 미국은 AI 칩의 성능 한계를 기준으로 수출 허가를 관리하기 시작했다. NVIDIA는 중국 수출용으로 성능을 제한한 A800·H800을 출시했지만, 이마저도 추가 규제 대상이 되었다. 2024년에는 규제 범위가 클라우드를 통한 원격 AI 연산 접근까지 확대되었다. 기술 통제가 물리적 제품을 넘어 디지털 서비스 영역까지 확장된 것이다.

(2) 글로벌 공급망의 블록화

지정학적 긴장이 높아지면서 글로벌 반도체 공급망의 구조도 빠르게 바뀌고 있다. 과거 공급망의 원칙은 효율 극대화였다. 가장 잘 만드는 국가에서 생산하고, 가장 저렴한 곳에서 조달하는 구조였다. 그러나 현재는 통제와 안보가 더 중요한 기준이 되고 있다. 글로벌 반도체 공급망은 점차 블록화된 다극 구조로 재편되고 있다.

미국과 서방 동맹은 첨단 제조 역량을 자국 내로 재구축하는 데 집중하고 있다. CHIPS and Science Act를 통해 TSMC·삼성·Intel의 미국 내 파운드리 투자를 지원하고 있으며, 동맹국 중심 공급망 구축 전략인 프렌드쇼어링(friend-shoring)*을 확대하고 있다. 또한 AUKUS와 쿼드 등 안보 협력 체계를 통해 수출 통제 공조도 강화하고 있다. 중국은 기술 자립 전략으로 대응하고 있다. EUV 장비 접근이 차단된 상황에서 DUV 기반 멀티 패터닝을 활용해 첨단 공정 추격을 시도하고 있다. 동시에 화웨이와 SMIC를 중심으로 장비·소재·설계 도구의 국산화를 추진하며 자국 AI 반도체 생태계를 구축하고 있다. 한편 인도·동남아는 반사 이익을 취하고 있다. 말레이시아·베트남·인도 등이 패키징·테스트 분야의 대안 거점으로 빠르게 부상하고 있으며, 인도의 풍부한 반도체 설계 엔지니어링 인력은 글로벌 기업들의 R&D 거점으로 적극 활용되고 있다.

*프렌드쇼어링(friend-shoring): 정치·경제적으로 우호적인 국가들과 공급망을 재편·이전하는 전략

(3) 패키징: 보이지 않던 병목이 새로운 전장이 되다.

과거 반도체 경쟁의 중심은 칩 설계와 웨이퍼 공정 기술이었다. 더 미세한 공정을 통해 더 많은 트랜지스터를 집적하는 것이 성능 향상의 핵심 수단이었기 때문이다. 그러나 AI 시대에는 상황이 달라지고 있다. 트랜지스터 미세화가 물리적 한계에 점차 가까워지면서 성능 향상의 중심이 공정 미세화에서 패키징 기술로 이동하고 있다. 이러한 변화 속에서 칩렛 아키텍처와 이종 집적 기술이 빠르게 확산되고 있다. 서로 다른 기능을 가진 칩을 하나의 패키지에 얼마나 효율적으로 통합할 수 있는지가 AI 시스템 성능을 좌우하는 중요한 요소로 부상한 것이다. 이 때문에 CoWoS, 2.5D·3D 패키징, 포토닉 인터커넥트와 같은 첨단 패키징 기술이 AI 가속기 성능을 결정하는 핵심 변수로 자리 잡고 있다. 실제로 NVIDIA H100의 경우 GPU와 HBM을 연결하는 패키징 구조가 전체 시스템 성능의 상당 부분을 좌우한다. 그 결과 첨단 패키징 역량을 보유한 기업과 지역은 새로운 공급망 병목으로 부상하고 있다. 이는 패키징이 더 이상 단순한 후공정이 아니라, AI 인프라 경쟁의 핵심 전략 거점이 되었음을 의미한다.

패키징 기술	특징	주요 사용처
CoWoS	2.5D 인터포저 기반 고밀도 통합	NVIDIA GPU + HBM
HBM 스택킹	수직 적층 고대역폭 메모리	AI 가속기
3D IC	다이 간 직접 연결, 초저지연	고성능 컴퓨팅
Fan-out WLP	소형화·고집적 패키징	모바일·엣지 AI
SiP	이종 소자 통합 패키지	IoT·웨어러블

(4) 규제 기반 설계(Compliance-by-design): 규제는 사후 대응이 아닌 '설계의 출발점'이다

수출 통제와 공급망 재편이 가속화되면서 규제 준수(Compliance)의 방식 자체가 근본적으로 달라지고 있다. 과거에는 제품 개발이 완료된 이후 법무팀이 검토하는 사후 절차에 가까웠다. 그러나 이제는 설계 단계부터 규제를 고려하지 않으면 글로벌 공급망에 참여하기 어려운 환경이 되었다. 이는 기업이 제품과 공급망을 설계하는 초기 단계부터 규제 요건을 구조적으로 반영하는 규제기반 설계(Compliance-by-design)를 의미하며, 다음 세 가지 핵심 역량을 요구한다.

첫째, 공급망 추적성(Traceability)이다. 원자재, 장비, 설계 도구의 출처와 사용 국가를 기록하고 이를 규제 당국에 명확하게 증명할 수 있는 체계가 필요하다. 둘째, 물류 경로 관리(Routing Log)이다. 제품이 규제 당국이 허용한 국가와 경로를 통해 이동했음을 지속적으로 기록하고 입증할 수 있어야 한다. 셋째, 성능 임계치 관리(Performance Guardrails)이다. 수출 통제의 기준이 되는 연산 성능 파라미터를 제품 기획 단계부터 모니터링하고, 규제 기준을 초과하지 않도록 관리하는 기술적 체계가 요구된다.

결론은 분명하다. 이제 컴플라이언스는 단순한 법적 비용이 아니라 글로벌 시장에 참여하기 위한 '거래의 전제 조건'이다. 이러한 역량을 갖추지 못한 기업은 기술력이 뛰어나더라도 글로벌 공급망에서 자연스럽게 배제될 가능성이 높다.

(5) 빅테크의 전례 없는 투자: AI 인프라 자산화가 만드는 새로운 진입장벽

지정학적 긴장과 공급망 재편이 심화되고 있음에도 불구하고, 글로벌 빅테크 기업들의 AI 인프라 투자는 오히려 더욱 빠르게 확대되고 있다. Microsoft, Alphabet, Amazon, Meta Platforms 등 주요 기술 기업들은 2025~2026년 기간 동안 데이터센터와 AI 인프라 구축에 연간 수십억~수백억 달러 규모의 투자를 지속적으로 확대할 계획을 공개했다.

최근 발표된 투자 계획을 종합하면, 주요 빅테크 기업들의 연간 AI 인프라 투자 규모는 대략 다음과 같은 수준으로 추정된다.

기업	연간 투자 규모(추정)	주요 투자 영역
Microsoft	약 \$70B-\$90B	Azure AI 데이터센터, GPU 클러스터, OpenAI 협력
Alphabet	약 \$50B-\$65B	Google Cloud 인프라, TPU 개발, AI 연구
Amazon	약 \$70B+	AWS 데이터센터, AI 칩(Trainium-Inferentia)
Meta Platforms	약 \$35B-\$60B	AI 연구 인프라, LLaMA 모델 생태계

이들의 투자는 단순한 규모 경쟁을 의미하지 않는다. 빅테크 기업들은 AI 인프라 확보가 향후 AI 서비스 시장의 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소라고 판단하고 있다. 지금 충분한 연산 인프라를 확보하지 못할 경우, 향후 AI 서비스 경쟁에서 구조적으로 뒤처질 수 있다는 인식이 반영된 것이다.

생성형 AI 서비스는 대규모 추론 연산을 지속적으로 요구한다. 이 때문에 AI 데이터센터는 기존의 일반적인 클라우드 인프라와 성격이 다르다. GPU 클러스터, 초고속 네트워크, 대규모 전력 공급, 액체 냉각 시스템 등을 갖춘 고밀도 연산 인프라가 필요하다. 이 같은 환경에서 빅테크 기업들은 단기적인 수익성보다 장기적인 연산 인프라 확보에 더 큰 비중을 두고 투자를 확대하고 있다. AI 인프라는 단순한 IT 설비가 아니라, 향후 디지털 산업 전반의 경쟁력을 좌우할 핵심 기반 시설로 인식되고 있기 때문이다.

결과적으로 현재 진행되고 있는 대규모 투자 경쟁은 AI 수요가 일시적인 기술 유행이 아니라 장기적인 산업 구조 변화임을 보여준다. 동시에 이는 미래 AI 서비스 시장의 주도권을 확보하기 위한 전략적 인프라 구축 경쟁이라고 볼 수 있다.

국내 반도체 산업의 전략적 포지셔닝: 병목 통제자에서 시스템 설계자로

AI 산업이 연산 인프라 중심으로 재편되면서 글로벌 반도체 공급망은 설계-제조-메모리-패키징-인프라로 이어지는 구조로 형성되고 있다. 이 구조에서 경쟁의 핵심 질문은 하나다. 누가 어느 병목 기술을 통제하고 있는가이다.

현재 이 구조에서 각 병목 기술의 통제 주체는 비교적 분명하다. GPU 설계는 NVIDIA가 사실상 주도하고, 첨단 칩 제조는 TSMC가 담당하며, 메모리(HBM)는 한국 기업들이 핵심 공급을 맡고 있다. 한편 AI 인프라 구축과 운영은 Google, Amazon, Microsoft 등 빅테크 기업들이 주도하고 있다.

한국은 이 구조에서 메모리, HBM이라는 핵심 병목을 담당하고 있다. GPU 설계는 NVIDIA가, 칩 제조는 TSMC가 주도하지만, 그 GPU가 실제 성능을 발휘하려면 초고속 메모리 공급이 필수적이며 그 핵심 공급을 SK하이닉스, 삼성전자가 담당하고 있는 것이다. 대규모 양산 능력과 수율 측면에서 한국 기업들이 가장 경쟁력 있는 위치를 유지하고 있다. 생성형 AI와 데이터센터 확산으로 AI 가속기 수요가 증가할수록 HBM 수요도 함께 증가하는 구조이기 때문에, 한국 반도체 산업의 전략적 가치는 AI 산업의 성장과 함께 더욱 높아질 가능성이 크다.

영역	핵심 역할	대표 기업
AI 칩 설계	AI 가속기 아키텍처 설계	NVIDIA, AMD
파운드리	첨단 로직 칩 제조 (GPU 등)	TSMC
메모리	초고속 메모리 공급 (HBM 등)	SK하이닉스, 삼성전자
패키징	칩 통합·시스템 조립	TSMC, OSAT
AI 인프라(데이터 센터)	데이터 센터·클라우드 운영	Google, Amazon, Microsoft

(1) 국내 반도체 산업의 구조적 강점

국내 반도체 산업은 AI 연산 인프라의 핵심 병목인 HBM 분야에서 세계 최고 수준의 경쟁력을 보유하고 있다. 여기 D램, 낸드 플래시, 빠르게 성장하는 패키징 역량까지 더해지면서 한국은 글로벌 AI 인프라 공급망에서 쉽게 대체될 수 없는 위치를 점하고 있다. 이 같은 한국의 위상은 우수한 부품을 만드는 제조 역량 그 이상을 의미한다. 현재 AI 가속기는 GPU가 연산을 처리하고 HBM이 데이터를 초고속으로 공급하는 한 쌍으로 설계된다. GPU가 아무리 뛰어나도 HBM의 뒷받침 없이는 제 성능을 낼 수 없다. 따라서 한국이 공급하는 메모리 반도체는 AI 연산 시스템을 실질적으로 가동하는 필수 인프라 그 자체이다. 한국이 글로벌 AI 연산 구조를 가능케 하는 핵심 인프라의 공급자 역할을 하고 있는 것이다.

특히 주목해야 할 점은 이 강점이 AI 확산과 함께 더욱 강화되는 구조라는 사실이다. AI 모델의 규모가 커지고 데이터센터 인프라가 확대될수록 HBM의 중요성은 함께 높아진다. 경쟁이 심화될수록 한국에 유리해지는 구조적 포지션이다.

한국의 강점 영역	주요 역량	글로벌 위상
HBM 제조	HBM3e 선도, 최고 수율·품질	사실상 이원 공급 구조 지배
D 램 메모리	EUV 기반 최신 노드	글로벌 1·2위 (점유율 40%)
낸드 플래시	V-NAND 기술	글로벌 1·2위 (점유율 30%)
첨단 패키징	2.5D/3D 패키징 역량	빠르게 성장 중
파운드리	GAA 3nm 공정	TSMC 대비 추격 중
제조 생태계	소재·장비 국내 생태계	지속 역량 강화 중

(2) SK하이닉스: 병목 통제자에서 AI 공동 설계자로

SK하이닉스는 HBM 시장의 선도 기업을 넘어, 글로벌 AI 가속기 개발 방향을 함께 결정하는 전략적 파트너로 자리 잡고 있다. 대표적인 사례가 NVIDIA와의 협력 구조다. 차세대 GPU를 설계할 때 NVIDIA는 SK하이닉스의 HBM 기술 로드맵과 공급 일정을 전제로 시스템 아키텍처를 설계한다. 이는 SK하이닉스가 단순한 부품 공급자가 아니라 AI 시스템 설계 과정에 직접 영향을 미치는 핵심 파트너임을 보여준다. HBM3e의 업계 최초 양산과 HBM4 개발에서의 선도적 입지는 단순한 기술 성과 이상의 의미를 갖는다. 글로벌 팹리스 기업들이 차세대 AI 가속기를 개발할 때 메모리 공급 일정과 성능 특성을 고려할 수밖에 없기 때문에, SK하이닉스의 기술 로드맵은 사실상 AI 인프라 확장의 속도와 방향에 영향을 미치는 변수로 작용한다. 이러한 위치는 세 가지 전략적 의미를 가진다. 첫째는 협상력이다. HBM은 공급 기업이 제한된 구조이기 때문에 주요 고객사와의 가격 및 공급 조건 협상에서 상대적으로 높은 영향력을 확보할 수 있다. 둘째는 수익성이다. 산업 구조에서 병목 기술을 확보한 기업은 일반적으로 높은 마진 구조를 유지할 수 있다. HBM은 AI 가속기의 핵심 구성 요소이기 때문에 수요 증가가 지속될수록 수익성이 강화될 가능성이 높다. 셋째는 기술 방향성에 대한 영향력이다. SK하이닉스는 단순히 고객사의 요구에 대응하는 공급자가 아니라, 차세대 메모리 기술과 시스템 아키텍처 발전 방향을 함께 논의하고 결정하는 역할을 수행하고 있다. 이는 SK하이닉스가 글로벌 AI 인프라 생태계에서 핵심 기술 파트너로 자리 잡고 있음을 의미한다.

(3) 삼성전자: 수직적 통합 구조

삼성전자의 가장 큰 특징은 메모리, 파운드리, 패키징 역량을 동시에 보유한 종합 반도체 기업이라는 점이다. 현재 글로벌 반도체 산업에서 이 세 가지 영역을 모두 대규모로 수행할 수 있는 기업은 사실상 삼성전자가 유일하다. 이러한 수직 통합 구조의 가치는 공급망이 안정적인 환경보다 지정학적 리스크와 규제 불확실성이 높은 환경에서 더욱 크게 나타난다. 최근 반도체 공급망이 정치·안보 이슈와 결합하면서 기업들은 단순한 가격 경쟁력보다 공급 안정성과 규제 대응 능력을 중요한 요소로 고려하고 있다. 이러한 상황에서 삼성전자는 메모리, 로직 반도체, 패키징을 하나의 공급망 안에서 제공할 수 있는 구조를 갖추고 있다. 고객 입장에서는 여러 기업에 분산되어 있는 공급망을 단일 파트너를 통해 관리할 수 있기 때문에 공급망 복잡성과 운영 리스크를 동시에 줄일 수 있다. 특히 수출 규제와 공급망 관리 요구가 강화되는 환경에서는 이러한 통합 구조의 전략적 가치가 더욱 커질 가능성이 높다. 현재 삼성전자의 핵심 과제는 파운드리와 HBM 경쟁력을 동시에 강화하는 것이다. 파운드리 사업에서는 GAA(Gate-All-Around) 기반 3nm 공정의 수율 안정화와 차세대 2nm 공정 확보가 중요한 과제로 꼽힌다. 동시에 HBM4 등 차세대 고대역폭 메모리 경쟁력 확보 역시 필수적인 요소다. 이 두 영역이 안정적으로 자리 잡을 경우, 삼성전자가 보유한 수직 통합 구조는 단순한 사업 포트폴리오를 넘어 AI 반도체 시스템을 통합적으로 제공할 수 있는 플랫폼 경쟁력으로 발전할 수 있다. 이는 향후 글로벌 AI 인프라 경쟁에서 삼성전자가 차별화된 위치를 확보할 수 있는 중요한 기반이 될 것이다.

(4) 한국 반도체 산업의 전략적 위치: 양사의 역할 분담

결국 한국 반도체 산업의 전략적 위치는 양사의 상호 보완적인 축 위에서 형성된다. SK하이닉스는 HBM이라는 핵심 병목 기술을 통해 글로벌 AI 가속기 성능의 상한선을 결정하는 위치에 올라섰다. 이는 단순한 메모리 공급을 넘어, 차세대 AI 시스템 아키텍처와 제품 출시 일정에 영향을 미치는 AI 로드맵의 공동 설계자로서의 역할을 의미한다. 반면 삼성전자는 메모리, 파운드리, 패키징을 모두 보유한 수직 통합 구조를 바탕으로 AI 반도체 공급망의 안정성을 제공하는 통합 플랫폼 기업으로 자리하고 있다. 공급망 불확실성이 높아지는 환경에서 이러한 통합 역량은 고객의 리스크를 낮추는 중요한 경쟁력으로 작용한다. 결과적으로 SK하이닉스는 핵심 병목 기술을 통해 영향력을 확보하고, 삼성전자는 수직 통합 구조를 통해 공급망 안정성을 제공한다. 이 두 축이 결합될 때 한국 반도체 산업은 글로벌 AI 인프라 경쟁에서 단순한 부품 공급자를 넘어, AI 연산 구조의 핵심을 구성하는 전략적 파트너로 자리 잡게 된다.

한국 반도체 산업의 과제: 현재의 강점을 지속 가능한 우위로 전환하려면

한국 반도체 산업은 HBM과 메모리 기술을 중심으로 AI 인프라 공급망에서 중요한 위치를 확보하고 있다. 그러나 이러한 강점에도 불구하고, 장기적인 경쟁력을 유지하기 위해 해결해야 할 구조적 과제도 분명히 존재한다. AI 반도체 경쟁이 공급망, 패키징, 인프라까지 확장되고 있는 만큼, 한국 역시 기술 경쟁력뿐 아니라 생태계 전반의 균형 있는 발전이 필요하다.

(1) 첨단 패키징 역량 강화

AI 가속기의 성능은 단순히 칩 설계나 제조 공정만으로 결정되지 않는다. GPU와 HBM을 하나의 시스템으로 통합하는 첨단 패키징 기술이 전체 성능과 생산 속도를 좌우하는 핵심 요소로 부상하고 있다. 현재 NVIDIA GPU에 사용되는 CoWoS 패키징은 대부분 TSMC가 담당하고 있으며, 이 분야에서 사실상 독점적 지위를 확보하고 있다. 이러한 구조는 글로벌 AI 반도체 공급망에서 새로운 병목 요인으로 작용하고 있다. 한국의 OSAT(후공정 외주) 산업은 메모리 패키징 중심으로 성장해 왔기 때문에, 로직-메모리 통합 패키징 분야에서는 아직 확장 가능성이 큰 상황이다. 향후 AI 반도체 경쟁력을 유지하기 위해서는 삼성전자의 패키징 기술 고도화와 함께 전문 OSAT 기업의 성장과 생태계 확장이 필요하다.

(2) 반도체 장비·소재 공급망의 다변화

한국 반도체 산업은 글로벌 경쟁력을 갖추고 있지만, 핵심 장비와 소재 측면에서는 여전히 해외 의존도가 높다. 특히 EUV 노광 장비는 ASML에 거의 전적으로 의존하고 있으며, 주요 화학 소재와 부품 역시 일본 기업에 대한 의존도가 높다. 2019년 일본의 수출 규제 조치는 이러한 구조적 취약성을 드러낸 대표적인 사례였다. 이후 일부 소재의 국산화가 진행되었지만, 장비와 소재 전반에서 공급망 리스크를 완전히 해소했다고 보기는 어렵다. 따라서 장비 국산화 투자와 더불어 공급선 다변화와 글로벌 협력 네트워크 확대가 지속적으로 추진될 필요가 있다.

(3) 전력 인프라와 데이터 센터 정책 연계

AI 산업의 성장과 함께 데이터센터 수요도 빠르게 증가하고 있다. 대형 AI 데이터센터는 수백 메가와트(MW)의 전력을 소비하기 때문에, 전력 공급 안정성 자체가 산업 경쟁력의 핵심 요소로 부상하고 있다. 한국 역시 AI 데이터센터 수요가 확대되고 있지만, 수도권 중심의 전력 수요 집중과 지역 전력망의 한계, 그리고 복잡한 인허가 절차가 산업 확장의 제약 요인으로 지적되고 있다. 향후 AI 산업 경쟁력을 확보하기 위해서는 전력 인프라 정책과 데이터센터 정책을 연계한 장기 전략이 필요하다.

(4) 국제 협력 및 공급망 대응 체제 구축

반도체 공급망은 점점 더 동맹 기반 구조로 재편되고 있다. 미국, 일본, 유럽을 중심으로 수출 통제와 기술 협력이 동시에 강화되고 있으며, 반도체 산업은 점차 경제와 안보가 결합된 전략 산업으로 인식되고 있다. 이러한 환경에서 한국은 주요 기술 동맹국들과의 협력을 강화하는 동시에, 공급망 리스크에 대응할 수 있는 스트레스 테스트와 시뮬레이션 체계를 구축할 필요가 있다. 또한 규제 변화에 대한 조기 대응을 위해 글로벌 정책 변화에 대한 모니터링 체계도 강화되어야 한다.

(5) 전략적 로드맵: 병목 통제력의 단계적 확장

앞서 제시한 과제를 바탕으로 한국 반도체 산업은 단기·중기·장기 전략을 단계적으로 추진할 필요가 있다. 핵심은 특정 기술에서의 경쟁력을 넘어 AI 인프라 공급망 전반에서 영향력을 확대하는 것이다.

이 전략 로드맵의 핵심은 병목 기술을 지속적으로 확보하면서 공급망 영향력을 확장하는 것이다. HBM과 메모리 기술에서 확보한 현재의 강점을 기반으로 패키징, 시스템 반도체, 인프라까지 경쟁력을 확장할 경우 한국 반도체 산업은 글로벌 AI 인프라 경쟁에서 장기적인 전략적 위치를 유지할 수 있을 것이다.

시기	전략 목표	핵심 과제
단기 (2026)	HBM 선도 지위 유지·확장	HBM4 조기 양산, 수율 최적화
중기 (2027~2028)	패키징 병목 통제력 확보	CoWoS 수준의 첨단 패키징 역량 확보
중기 (2027~2028)	파운드리 경쟁력 강화	2nm 공정 안정화, 고객 기반 확대
장기 (2029~)	AI 시스템 반도체 역량 확보	AI SoC 설계·제조 통합
장기 (2029~)	공급망 거버넌스 구축	국제 협력 체계 및 규제 대응 역량 강화



결론: AI 시대의 승리 조건은 모델이 아닌 구조적 통제력

다가오는 AI 시대의 승자는 단순히 가장 뛰어난 모델을 보유한 주체가 아니다. 진정한 경쟁력은 폭발적으로 증가하는 연산 수요를 장기적으로 감당할 수 있는 인프라와, 그 인프라를 구성하는 공급망 전반에 대한 통제력을 동시에 확보하는 데서 결정된다. AI 산업의 경쟁은 더 이상 알고리즘이나 모델 성능만으로 설명되지 않는다. 데이터센터, 반도체, 전력, 네트워크, 공급망, 그리고 규제 대응 능력까지 포함된 복합적인 인프라 구조가 승부의 기준이 되고 있다. 이러한 구조는 단일 기술이나 특정 기업의 역량만으로 완성될 수 없다. 여러 요소가 유기적으로 결합된 복합 시스템이 필요하다.

우선 수십만 개의 연산 가속기를 수용할 수 있는 대규모 데이터센터 인프라가 요구된다. 동시에 AI 연산의 핵심 자원인 GPU와 고대역폭 메모리(HBM)에 대한 안정적인 접근권이 확보되어야 한다. 여기에 수백 메가와트 규모의 전력 수요를 장기간 안정적으로 공급할 수 있는 에너지 인프라가 반드시 뒷받침되어야 한다.

또한 지정학적 갈등과 수출 규제의 변화에도 흔들리지 않는 탄력적인 공급망 구조가 필요하다. 단순한 생산 능력만으로는 충분하지 않다. 원자재와 장비, 설계 기술, 제조 공정, 패키징 기술까지 포함한 공급망 전반에서 리스크를 관리할 수 있는 체계가 구축되어야 한다. 동시에 제품 기획 단계에서부터 국제 규제를 고려하는 컴플라이언스 역량이 요구되며, 글로벌 기술 동맹과 협력 네트워크를 통해 공급망을 안정적으로 유지할 수 있는 다자간 협력 체계 역시 필수적인 요소다.

이 가운데 어느 하나라도 취약해질 경우 전체 구조는 쉽게 균열을 일으킨다. 결국 AI 인프라 경쟁의 본질은 특정 기술의 우열이 아니라, 이 복합적인 시스템을 얼마나 완결성 있게 구축했는가의 경쟁이라고 할 수 있다. 이러한 구조적 경쟁 속에서 한국은 비교적 유리한 출발 조건을 갖추고 있다. SK하이닉스는 AI 가속기의 성능을 좌우하는 핵심 자원인 HBM 분야에서 세계적인 경쟁력을 확보하며 글로벌 AI 반도체 생태계에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 실제로 고대역폭 메모리는 AI 가속기 설계의 핵심 요소이며, 메모리 기술의 발전 속도는 차세대 AI 시스템의 성능과 출시 일정에 직접적인 영향을 미친다. 이러한 점에서 SK하이닉스는 단순한 부품 공급자를 넘어 AI 인프라 발전 속도에 영향을 미치는 전략적 파트너로 자리하고 있다.

삼성전자 역시 중요한 역할을 수행하고 있다. 삼성은 메모리, 파운드리, 패키징 역량을 모두 보유한 세계적인 종합 반도체 기업으로, 공급망 확실성이 커지는 환경에서 통합적인 반도체 공급 체계를 제공할 수 있는 기업이다. 고객 입장에서는 단일 공급자를 통해 메모리와 로직, 패키징을 동시에 확보할 수 있기 때문에 조달 리스크를 줄일 수 있다. 이러한 수직 통합 구조는 공급망 안정성이 중요한 AI 인프라 시대에 더욱 큰 가치를 갖는다. 또한 한국은 세계 최고 수준의 반도체 제조 역량과 장비·소재 산업, 숙련된 기술 인력, 그리고 글로벌 생산 네트워크를 갖춘 탄탄한 산업 생태계를 보유하고 있다. 이 생태계는 SK하이닉스와 삼성전자를 중심으로 형성된 경쟁력을 아래에서 떠받치는 중요한 기반이다.

여기서 주목할 점은 이러한 강점이 AI 산업의 구조적 변화와 맞물려 강화되고 있다는 사실이다. AI 모델이 점점 더 거대해지고 연산 인프라 수요가 확대될수록 고대역폭 메모리의 중요성은 더욱 커지고 있다. 동시에 지정학적 리스크가 커질수록 공급망 안정성과 수직 통합 구조의 가치 역시 높아지고 있다. 결과적으로 글로벌 환경의 변화는 한국 반도체 산업의 전략적 중요성을 약화시키기보다는 오히려 강화하는 방향으로 작용하고 있다. 그러나 현재의 경쟁력이 미래의 우위를 자동으로 보장하는 것은 아니다. 기술 발전과 산업 구조 변화에 따라 병목의 위치는 계속 이동하기 때문이다. 현재 AI 반도체 공급망에서는 첨단 패키징 분야에서 TSMC가 강력한 지위를 확보하고 있으며, 반도체 장비와 소재 분야에서도 해외 의존도가 여전히 높은 상황이다. 또한 국내 전력 인프라와 데이터센터 정책의 불확실성, 동맹 기반 공급망 재편 과정에서의 전략적 협력 체계 부족 등은 한국이 직시해야 할 구조적 과제다.

만약 이러한 문제를 해결하지 못한다면 AI 인프라 경쟁의 병목이 메모리에서 패키징과 시스템 통합 영역으로 이동하는 순간, 한국의 전략적 위치는 점차 약화될 가능성이 있다. 결국 중요한 것은 현재 확보한 거점을 유지하는 동시에 다음 병목을 선제적으로 확보하는 전략적 확장이다.

단기적으로는 HBM4 양산과 생산 수율 고도화를 통해 메모리 분야의 기술 우위를 더욱 공고히 해야 한다. 중기적으로는 첨단 패키징 기술과 시스템 통합 역량을 강화해 새로운 공급망 병목을 장악할 필요가 있다. 장기적으로는 메모리와 로직, 패키징을 결합한 AI 전용 시스템 반도체 생태계를 구축함으로써 단순한 부품 공급자를 넘어 AI 인프라 구조를 설계하는 주체로 발전해야 한다.

AI 인프라 경쟁은 이미 시작되었다. 이 경쟁에서 결정적인 자원은 알고리즘이 아니라 데이터센터 용량, 소프트웨어 코드가 아니라 고대역폭 메모리, 모델 정확도가 아니라 전력 인프라의 안정성이다. 결국 최종 승부는 기술의 세부적인 우열이 아니라 연산 인프라 구조의 완성도에서 결정된다.

한국은 이러한 경쟁에서 핵심 거점을 확보한 몇 안 되는 국가 가운데 하나다. 그러나 유리한 위치에 서 있다는 사실만으로 승리가 보장되는 것은 아니다. 지금 필요한 것은 현재의 기술적 강점을 발판으로 삼아 공급망 전반에서의 영향력을 확대하고, 변화하는 지정학적 환경 속에서 능동적으로 전략을 설계하는 장기적이고 일관된 국가 산업 전략이다.

반도체는 더 이상 하나의 산업 분야가 아니다. AI 시대에 반도체는 국가 경쟁력의 기반이며, 미래 산업 질서를 좌우하는 핵심 자산이다. 그리고 지금, 그 변화의 중심에 한국이 서 있다.

참고문헌

Deloitte Insights(2026), 딜로이트 첨단 기술·미디어·통신 산업 전망 - AI 인프라 시대의 도래와 산업 질서의 재편 (5장-생성형 AI 다음 단계 성패는 연산력이 좌우, 6장-AI 칩을 둘러싼 무역 통제와 글로벌 반도체 공급망 재편)

한국 딜로이트 그룹 산업 전문가

첨단기술, 미디어 및 통신 산업 전문팀

딜로이트 첨단기술, 미디어 및 통신 산업 전문팀은 국내의 기업의 전략수립, 회계감사, 재무자문, AI, 사이버 보안, IT 시스템 구축, ESG 등 다양한 서비스 경험을 보유한 우수 전문인력으로 구성되어 있습니다. 오랜 기간 동안 축적된 글로벌 네트워크와 산업 경험을 바탕으로 고객사의 성장을 지원하며, 최상의 서비스 경험을 제공하고 있습니다.

최호계 파트너

첨단기술, 미디어, 통신산업 리더 | 회계감사 부문

☎ 02 6676 3227

@ hogchoi@deloitte.com

박형곤 파트너

통신, 미디어 및 엔터테인먼트 리더 | 경영자문부문 모니터딜로이트

☎ 02 6676 3684

@ hypark@deloitte.com

이대의 파트너

Customer 본부장, Deloitte Digital 리더 | 컨설팅 부문

☎ 02 6138 5507

@ charliedlee@deloitte.com

정창모 파트너

AI 서비스 | 컨설팅 부문

☎ 02 6676 3288

@ changjung@deloitte.com

유선희 파트너

One Cyber & Resilience 파트너 | 컨설팅 부문

☎ 02 6676 2956

@ sunhyou@deloitte.com

이중희 파트너

Physical AI 리더 | 컨설팅 부문

☎ 02 6676 3175

@ joonghlee@deloitte.com

에너지, 자원 및 산업재 부문

한국 딜로이트 그룹의 에너지, 자원 및 산업재 부문의 전문가들은 에너지 및 화학 산업재, 방위 및 건설 산업에 속해 있는 기업을 지원하기 위해 혁신적이고 실용적인 지식과 경험을 전달하고 있으며, 이를 통해 관련 기업들의 전반적인 비즈니스 성과가 향상되고 있습니다.

한동현 파트너

에너지, 자원 및 산업재 부문 리더 |
경영자문 부문

☎ 02 6676 3015

✉ donghyunhan@deloitte.com

이록영 파트너

에너지 및 화학산업 |
회계감사 부문

☎ 02 6676 1372

✉ rocleee@deloitte.com

최용호 파트너

에너지 및 화학산업 |
경영자문 부문

☎ 02 6676 3776

✉ yonghchoi@deloitte.com

서석배 파트너

에너지 및 화학산업 리더 |
경영자문 부문

☎ 02 6676 3763

✉ baseo@deloitte.com



앱



카카오톡 채널



'딜로이트 인사이트' 앱과 카카오톡 채널에서
경영·산업 트렌드를 만나보세요!



Download on the
App Store



GET IT ON
Google Play

Deloitte. Insights

성장전략부문 대표

손재호 Partner
jaehoson@deloitte.com

딜로이트 인사이트 편집장

박경은 Director
kyungepark@deloitte.com

Contact us

krinsightsend@deloitte.com

연구원

배순한 Director
soobae@deloitte.com

디자이너

박근령 Senior Consultant
keunrpark@deloitte.com

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), its global network of member firms, and their related entities (collectively, the “Deloitte organization”). DTTL (also referred to as “Deloitte Global”) and each of its member firms and related entities are legally separate and independent entities, which cannot obligate or bind each other in respect of third parties. DTTL and each DTTL member firm and related entity is liable only for its own acts and omissions, and not those of each other. DTTL does not provide services to clients. Please see www.deloitte.com/about to learn more.

Deloitte Asia Pacific Limited is a company limited by guarantee and a member firm of DTTL. Members of Deloitte Asia Pacific Limited and their related entities, each of which are separate and independent legal entities, provide services from more than 100 cities across the region, including Auckland, Bangkok, Beijing, Hanoi, Hong Kong, Jakarta, Kuala Lumpur, Manila, Melbourne, Osaka, Seoul, Shanghai, Singapore, Sydney, Taipei and Tokyo.

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), its global network of member firms or their related entities (collectively, the “Deloitte organization”) is, by means of this communication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser.

No representations, warranties or undertakings (express or implied) are given as to the accuracy or completeness of the information in this communication, and none of DTTL, its member firms, related entities, employees or agents shall be liable or responsible for any loss or damage whatsoever arising directly or indirectly in connection with any person relying on this communication. DTTL and each of its member firms, and their related entities, are legally separate and independent entities.

본 보고서는 저작권법에 따라 보호받는 저작물로서 저작권은 딜로이트 안진회계법인(“저작권자”)에 있습니다. 본 보고서의 내용은 비영리 목적으로만 이용이 가능하고, 내용의 전부 또는 일부에 대한 상업적 활용 기타 영리목적 이용시 저작권자의 사전 허락이 필요합니다. 또한 본 보고서의 이용시, 출처를 저작권자로 명시해야 하고 저작권자의 사전 허락없이 그 내용을 변경할 수 없습니다.