



인공지능 반도체 개발의 현재와 미래

김태균 연구원
한국과학기술원(KAIST) 혁신전략정책연구소
taekyun.kim@kaist.ac.kr

성큼 다가온 인공지능

이세돌 9단과 알파고의 바둑 대결부터 대화형 인공지능 챗GPT의 등장까지 인공지능(AI) 기술이 우리 일상에 성큼 다가왔다. 뿐만 아니라 자율주행, 스마트팩토리 등 사회와 산업 전반에 걸쳐 인공지능 기술이 널리 활용됨에 따라 인공지능의 연산을 수행하는 AI 반도체가 AI 기술의 확대에 중추적인 역할을 수행할 것으로 기대받으면서 무엇보다 중요한 핵심 기술로 주목받고 있다. 특히, AI 반도체는 기존의 CPU 구조를 변경해 대용량 데이터를 고속으로 처리하고 전력 소모를 획기적으로 낮출 수 있게 설계되면서 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 이에 AI 반도체 개발을 통해 미래 중추 산업을 선점하고자 하는 각 국가와 기업 간의 경쟁이 매우 치열해지고 있다.

본 이슈에서는 먼저 AI 반도체가 무엇인지 간략하게 파악해보고자 한다. 그 이후 특허와 학술 논문을 바탕으로 AI 반도체 기술 혁신 추이를 분석하고 국가 간 기술 경쟁을 분석해 한국의 AI 반도체 내 위상을 파악하고자 한다. 나아가 현재 정부가 추진 중인 AI 반도체 육성 관련 정책을 분석하고, 분석을 바탕으로 미래 산업의 주도권을 확보하기 위해 AI 반도체 산업에 필요한 제언을 하고자 한다.



AI 반도체란 무엇인가?

AI 반도체는 효율적으로 데이터를 처리할 수 있도록 특수 설계된 반도체이다. 자율주행, 스마트팩토리 등 인공지능 기반 기술이 실제 산업이나 사회에 활용될 수 있게 할 목적으로 나타난 반도체 중 하나로, 적은 전력으로 대용량의 데이터를 신속하게 처리하는 역할을 수행할 수 있다. 현재 AI 반도체는 기존의 프로세서 반도체 기술을 최적화하는 수준에서 새로운 패러다임의 설계 구조까지 다양한 형태로 개발되고 있다. [표 1]은 대표적인 AI 반도체 기술과 그 특징을 간략하게 정리한 것이다.

특허와 논문으로 바라본 한국의 인공지능 반도체 산업 위상

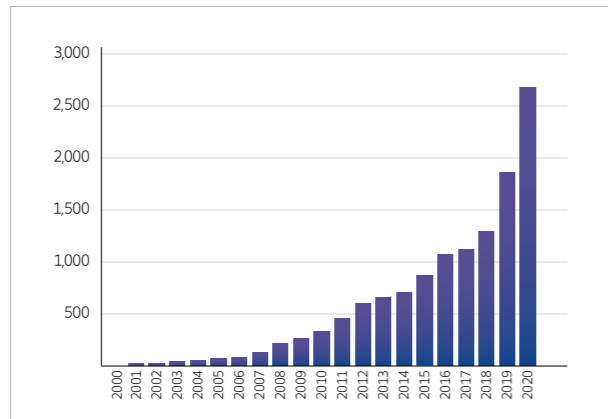
본 섹션에서는 AI 반도체 기술 개발의 동향을 파악하기 위해 클래리베이트(Clarivate)와 카이스트 혁신전략정책연구소(ISPI)가 공동 분석한 인공지능 반도체 기술 혁신 보고서를 참조했다. 먼저 전 세계 AI 반도체 기술 혁신 동향을 특허의 관점에서 살펴보면, 2000년대에는 AI 반도체에 대한 기술 개발이 활발하게 이뤄지지 않았지만, 2018년부터 큰 폭으로 관련 기술 개발이 증가한 것을 확인할 수 있다[그림 1]. 2016년에 '4차 산업혁명'이 다보스 세계경제포럼의 공식 의제로 선정된 것을 고려해볼 때, 그때부터 인공지능 기반의 자동화와 연결성 강화가 산업에서의 중요 화두로 부각됐으며, 이를 실현시킬 핵심 기술로 AI 반도체에 대한 관심이 증가했으며 관련 연구가 활발해졌음을

[표 1] AI 반도체 기술의 종류

반도체 종류	특징
Conventional 프로세서	ASIC(Application Specific Integrated Circuit), FPGA(Field-Programmable Gate Array), GPU(Graphics Processing Unit)와 같이 응용의 특성에 따라 연산을 최적할 수 있게 제작된 반도체 프로세서로 인공지능 알고리즘을 처리하는 데 활용되고 있음
CPU + AI 가속기	기존의 CPU에 신속한 데이터 처리를 담당하는 AP(Application Processor)나 NPU(Neural Processing Unit) 등의 프로세서를 추가해 만든 반도체 프로세서임
NPU(Neural Processing Unit)	인간의 뇌 구조를 모방해 데이터 처리의 효율성을 높이는 반도체로 2010년 중후반부터 기술혁신이 진행되고 있음. 기존의 메모리 반도체 기술이 인공지능 기술에 적용될 수 있게 돕는 TPU(Tensor Processing Unit) 등을 중심으로 기술혁신이 이뤄지고 있음
PIM(Processing-In-Memory)	대용량 데이터를 신속하게 처리하되 전력 소모를 최소화하기 위해 메모리 반도체 내부에 연산 기능을 추가하는 방식으로 구현된 반도체 프로세서로, 메모리 반도체 기업들이 특히 기술혁신에 박차를 가하고 있는 분야임
뉴로모픽(Neuromorphic)	새로운 패러다임의 반도체 프로세서로, 인간의 뇌의 정보처리 방식을 응용해 데이터 연산을 가능하게 함. 인간의 뇌가 뉴런과 시냅스를 바탕으로 정보 처리를 효율적으로 처리하는 점에 착안해 개발 중인 AI 반도체임

출처 : 2023 글로벌 AI반도체 혁신경쟁: 현재와 미래 (클래리베이트 & 카이스트, 2023)

[그림 1] 전 세계 AI 반도체 특허 동향



출처 : 2023 글로벌 AI반도체 혁신경쟁: 현재와 미래 (클래리베이트 & 카이스트, 2023)

추측할 수 있다. 이를 좀 더 세분화해 국가별 AI 반도체 관련 특허 동향을 살펴보면 [그림 2]와 같다. 먼저 양적인 측면의 경우,

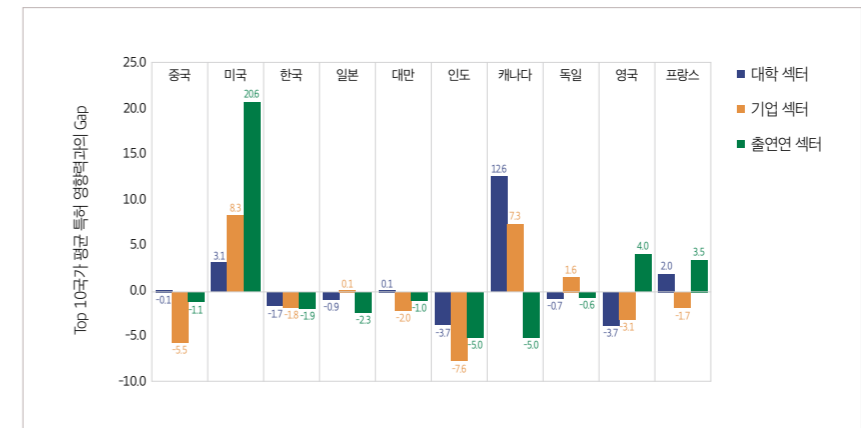
전체 AI 반도체 특허 중 중국이 약 60%, 미국이 약 30%, 한국이 약 5%를 출원한 것으로 분석됐다. 전체 출원 수는 전 세계 3위에 위치하지만, 1위 중국과 2위

[그림 2] 국가별 AI 반도체 특허 성과 동향



출처 : 2023 글로벌 AI반도체 혁신경쟁: 현재와 미래 (클래리베이트 & 카이스트, 2023)

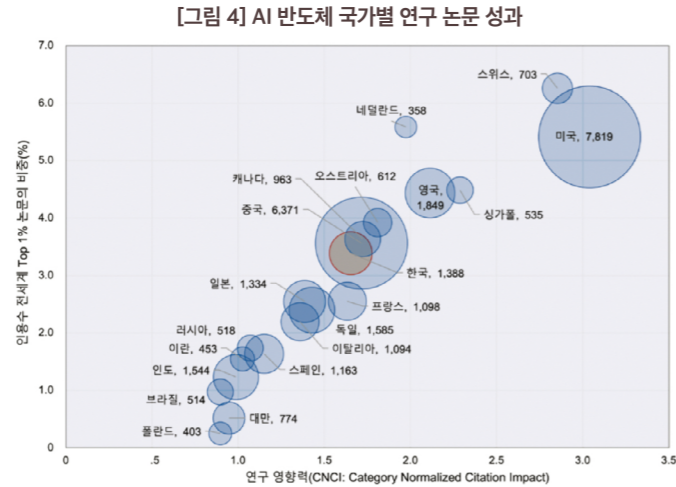
[그림 3] 상위 10개 국가의 특허 평균 영향력



출처 : 2023 글로벌 AI반도체 혁신경쟁: 현재와 미래 (클래리베이트 & 카이스트, 2023)

미국과의 격차는 매우 큰 것으로 나타났다. 나아가 전방 인용(Forward Citation) 수를 활용한 지표를 통해, 각 국가에서 출원한 특허의 질적 수준을 파악해보았다. 결과를 살펴보면 한국은 상위 20개 국가가 출원한 특허의 평균보다 낮은 질적 수준의 특허를 출원한 것으로 나타났다. 이러한 질적 수준은

전 세계 1위 AI 반도체 출원 국가인 중국과 유사한 것으로 두 국가는 양적인 특허 출원 대비 질적 수준이 낮은 것으로 드러났다. 이와 대조적으로 미국의 경우, 질적으로도 매우 경쟁력 있는 특허를 출원하고 있는 것으로 분석됐다. 싱가포르, 캐나다, 이스라엘 등의 국가는 AI 반도체 관련 특허의 출원은 적었지만, 질적인



출처 : 2023 글로벌 AI반도체 혁신경쟁: 현재와 미래 (클래리베이트 & 카이스트, 2023)

영향력은 매우 높은 것으로 나타났다. 즉 분석 결과를 요약해보면, 한국은 AI 반도체 기술 개발의 질적인 측면에서 글로벌 경쟁력이 부족한 것을 확인할 수 있다. 특히 질적인 부분에서 반도체 산업이 주력이 아닌 캐나다, 싱가포르, 이스라엘 등과 같은 국가와 비교해서도 낮은 것으로 나타난 것은 글로벌 반도체 기업을 보유하고 있고 관련 산업 가치사슬을 확보하고 있는 한국의 입장에서는 아쉬울 수밖에 없는 성과이다. 이러한 저조한 경쟁력은 메모리 반도체 중심의 반도체 산업에서 AI 반도체와 같은 시스템 반도체로의 전환을 위해서 좀 더 체계적인 전략적 방안이 필요함을 시사한다.

AI 반도체 관련 특허의 질적 영향력을 구체적으로 살펴보기 위해, 특허 출원인을 세분화해 분석했다[그림 3]. 그 결과 한국의 경우 대학, 기업, 출연연 전 분야에 걸쳐서 상위 10개 국가의 평균 특허 영향력보다 낮은

질적 경쟁력을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 위치는 중국, 인도와 유사해 AI 반도체 기술 경쟁력에 있어 한계점을 보여준다. 이와 대조적으로 미국의 경우는 AI 반도체 특허의 평균 영향력이 대학, 기업, 출연연 전 분야에 걸쳐 상위 10개 국가의 평균 특허 영향력보다 높은 질적 경쟁력을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 살펴보면 한국은 산학연 전 생태계에 걸쳐서 상대적으로 뒤처지는 AI 반도체 기술 경쟁력을 가지고 있는 것으로 나타나 생태계 전반에 걸친 AI 반도체 산업 구축이 필요함을 여실히 보여주고 있다.

AI 반도체의 기술 혁신의 경쟁력을 위해서는 기초 연구의 토대가 매우 중요하다. 관련해 AI 반도체 연구 성과를 파악하기 위해 연구 논문의 양과 질적 성과를 바탕으로 기초 연구에서의 경쟁력을 분석해봤다[그림 4]. 분석 결과를 살펴보면 한국의 경우, 특허 성과와 유사한 패턴을 보이는 것으로 나타났다. 구체적으로

한국의 경우 논문의 양적 측면에서는 상위권(6위)에 속했으나, 질적인 측면에서는 9위로 경쟁력이 낮은 것으로 분석됐다. 이는 양적인 면과 질적인 면 모두에서 경쟁력 있는 위치를 차지하고 있는 미국과 크게 대조되며, 스위스, 싱가포르, 네덜란드, 영국과 같은 반도체 강소국가와 비교해서도 질적인 면에서 낮은 경쟁력을 보여주고 있다. 다시 말해 AI 반도체 기술을 개발하는데 토대가 되는 기초 연구가 매우 중요하지만, 기초 연구의 성과로 대표되는 논문 성과에서도 한국은 상대적으로 뒤처지는 모습을 보이고 있는 셈이다. AI 반도체 산업 육성을 위한 기초 연구에서의 혁신 노력도 수반돼야 함을 시사하는 바이다.

정리해보면 한국은 인공지능 반도체 기술 혁신 글로벌 경쟁에서 양적으로는 대등하나, 질적인 성과에서는 부족한 부분이 많음을 알 수 있으며, 이를 극복하기 위해서는 생태계 전반에 걸쳐 혁신적인 개선이 있어야 함을 알 수 있다.

한국의 AI 반도체 산업 육성을 위한 노력

특허와 논문 분석에서 드러난 생태계의 부재와 경쟁력 약화를 보완하기 위해 정부에서도 AI 반도체 산업의 육성을 위해 정책적으로 다양한 시도를 하고 있다. 주요 골자는 세계 최고 수준의 경쟁력을 가지고 있는 메모리 반도체 중심의 반도체 산업에서 AI 반도체 산업으로의 전환이었다.

먼저 2022년 12월에 발표된 '국산 인공지능 반도체를 활용한 K-클라우드 추진방안'을 구체적으로 살펴보면,

초고속 및 저전력 AI 개발 전략으로 ① AI 반도체의 고도화, ② AI 반도체의 응용에 필요한 소프트웨어 개발, ③ AI 반도체 기반 서비스 실증, ④ 이를 위한 산학연 협력 강화를 담고 있다. 뒤이어 2023년 3월 14일에 발표된 '첨단산업 생태계 구축을 위한 15개 국가첨단산업단지 조성'에서 반도체 클러스터 구축과 관련된 정책 추진을 살펴보면, 반도체 산업 전 분야의 가치사슬과 혁신 인재 전략을 '메가 반도체 클러스터'를 정책적으로 추진하고 있다. 그 중 특히 AI 반도체와 관련해서는 유망 반도체 핵심 기술로 분류하고 대규모 기술 개발 사업을 추진하는 것으로 발표됐다.

최근의 AI 반도체 관련 정부 정책을 요약해보면 정부는 혁신 생태계를 구축해 AI 반도체 그 자체에 대한 원천적 기술에 대한 투자뿐만 아니라 실증적 응용 분야까지 고려한 기술 개발을 계획하고 진행 중이다. 이러한 정부 차원의 강력한 AI 반도체 육성 의지와 방향은 기술 혁신을 둘러싼 환경 등을 고려했을 때 매우 유의미한 시작이다. 이러한 시작을 발판으로, 혁신 생태계 구축을 통한 AI 반도체 육성이 성공적으로 이루어지기 위해 고려하면 좋을 몇 가지 세부적인 사항에 대해 좀 더 심도 있게 얘기해보고자 한다.



더 나은 AI 반도체 산업 혁신 생태계 구축을 위한 제언

인공지능 반도체 인재 육성 및 확보에서 나아가 '유지'가 필요하다

앞서 분석된 바와 같이 AI 반도체는 미래 산업에서 중추적 역할을 수행하기 때문에 각 국가들이 사활을 걸고 기술 혁신에 참여하고 있다. 이에 글로벌 AI 반도체 인력 확보 경쟁은 더욱 심화되고 있다. 물론 기업과 정부에서도 이러한 문제점을 인식하고 AI 반도체 계약학과 및 대학원 설립을 통한 AI 반도체 관련 혁신 인력을 교육하고 채용 연계까지 이어지는 양성 과정을 만들어왔지만, 원하는 만큼 우수한 인력을 확보 못하고 있는 것으로 나타났다.

예를 들어 최근 삼성전자와 채용이 연계된 연세대학교 시스템반도체공학과와 1차 합격자 전원이 등록 포기를 한 사실이 알려지면서 반도체 산업 내에서 혁신 인재 확보에의 걱정은 더욱 심화되고 있다. 우수한 인재를 계속해서 의대로 이탈하고 있으며, 그나마 육성해놓은 인재를 경력을 쌓은 후 미국의 빅테크 기업으로 이직하는 등 인재 확보에의 비상은 현재진행형이다. 설상가상으로 국내 반도체 기업들은 우수 인재 수급을 위해 국내뿐만 아니라 캠퍼스 리쿠르팅 등을 통해 해외 대학에 진학 중인 한국인 연구원들을 적극 채용하려고 하지만, 이 또한 십만 달러 이상의 연봉을 의미하는 식스

디짓(Six Digit)으로 대표되는 미국 빅테크 기업과의 인재 확보를 위한 경쟁에 직면하면서 쉽지 않은 것이 현실이다. 보스턴 내에서 캠퍼스 리쿠르팅에 참여한 적 있는 박사급 연구원들과 관련해 얘기해본 적이 있는데 “5년만 지나도 연봉이 50만 달러까지 인상될 수 있는데 누가 한국에 들어가겠냐?”고 오히려 반문했다. 최근 국내 기업이 실적 악화에도 성과급을 지급하고 연봉을 인상하는 것 또한 결국 인재 확보를 위한 하나의 자구책인 셈이었던 만큼 인재 확보가 쉽지 않은 것이 국내 반도체 산업의 실정인 셈이다.

이에 정부와 기업 차원에서 채용 연계, 계약 과정 등을 통해 반도체 관련 인재 양성에 공을 들이고 있지만 현실은 그 인재를 계속해서 타기업, 타국에 넘길 수밖에 없는 것이다. 따라서 AI 반도체 산업 육성을 위해 지금까지의 정책이 혁신 인재 육성과 확보에 초점이 맞춰져 있다면 그 시선을 확대해 그 너머 '유지'로 확장시킬 필요가 있다. 연봉이나 성과급 등 금전적 인센티브를 빅테크 수준으로 제공할 수 없다면 금전적 측면 이상에서의 인센티브를 통해 확보한 인재를 유지할 수 있도록 내부적 제도를 마련할 필요가 있다. 예를 들어 진행 중인 R&D 연구에 대해 중장기적이면서도 자율성을 보장해 개인의 연구에 대한 주체성을 보장할 수 있는 내부 R&D 문화가 갖출 수 있어야 한다.

나아가 인력 개개인의 경력 개발 기회를 보장해 업무에 집중하고 역량을 확대할 기회를 제공하는 것이 필요하다. 그러한 형태로 안식년 확대, 해외 파견 및 연수 기회 제공 등의 동기를 끌어올릴 수 있는 다양한 혜택을 제공하는 것도 하나의 방법일 수

있다. 즉 조직 내부의 시스템적 변화가 필요한 것이다. 이러한 시스템의 변화를 위해서는 결국 금전적 투자가 필요하며, 이 부분에서 정부의 역할이 중요할 수 있다. 예를 들어 반도체 R&D에 대한 세액 공제 등은 인재를 확보 및 유지하는 데 도움을 줄 수 있고 기업은 이를 바탕으로 R&D로의 재투자, 인력으로의 재투자로 선순환하는 구조를 만들어낼 수 있다. 다시 말해 AI 반도체 산업 육성을 위해서는 결국 정부와 기업이 협력하는 구조가 그 무엇보다 중요한 셈이다.

더 포괄적인 관점에서의 인프라 구축이 필요

혁신적 AI 반도체 산업을 육성하기 위해서는 인력 확보 및 유지에서 나아가 AI 반도체를 위한 인프라 구축에 집중할 필요가 있다. 정부가 발표한 AI 반도체 기술 육성을 위한 로드맵은 AI 반도체 기술 고도화, AI 반도체용 SW 개발, AI 반도체 기반의 실증 적용, 그리고 이를 위한 산학연 협력을 골자로 하고 있다. AI 반도체 기술 혁신을 선도하기 위한 혁신 생태계를 구축하기 위해서는 AI 반도체를 더 포괄적인 관점에서 정의하고 바라볼 필요가 있다.

예를 들어, 국내 중소기업의 AI 기술의 사용과 매출액 증대와의 관련성을 연구한 Lee et al.(2022)의 논문에 따르면 기업의 AI 활용에 AI 기술뿐만 아니라 다른 보안 기술의 중요성을 강조하고 있다. AI 반도체의 경우도 마찬가지다. AI 반도체를 위한 특수한 위치의 산업 가치 사슬도 중요하지만, AI 반도체의 실증 적용 등을 위해서는 결국 다른 일반적인 AI 기술과 연계된 보안 기술도 필수적이다. 예를 들어 실증 적용 중 연산에 필요한 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing), 데이터를

저장하는 데이터센터, 보안을 담당하는 사이버 시큐리티(Cyber Security), 더 기본적으로 내려가면 고속도의 안정된 인터넷 등이 모두 AI 반도체를 위한 인프라가 될 수 있다. 숲을 조성하는데 흙이나 물이 없이 나무만 짓는다면 숲은 당장은 관촬할 수 있으나 중장기적으로는 황폐해질 수밖에 없다. AI 반도체를 하나의 산업으로 한정 짓지 말고, 유관 산업과 함께 바라보고 균형 있는 생태계 구성을 위한 노력이 필요할 것이다.

AI 반도체는 미래 산업의 중추를 담당할 핵심 기술이다. 한국은 반도체 강국이라는 이름에 걸맞지 않게 AI 반도체 산업에서 좋은 성과를 거두지 못하고 있지만, 정부 차원의 강력한 육성 의지를 바탕으로 새로운 도약을 준비하고 있다. 우수 인재를 확보 및 유지하고 나아가 더 AI 반도체에 필요한 혁신 생태계를 적극적으로 구성해 기술 경쟁력을 더 강화할 수 있으며, 이를 바탕으로 더 높은 사회경제적 가치를 창출하는 선순환의 구조를 만들어낼 수 있을 것으로 기대된다.

■ 참고문헌

대한민국 정책브리핑 (2022). 국산 AI반도체 기술 2030년까지 세계 최고 수준으로.
대한민국 정책브리핑 (2023). 윤 대통령 “수도권에 세계 최대 규모의 신규 ‘첨단 시스템반도체 클러스터’ 구축”.
한경산업 (2023). 인재 키워놓으면 마이크로,인텔로.. 반도체 인력 확보 비상.
클래리베이트(Clarivate) & 카이스트 혁신전략정책연구소 (2023). 2023 글로벌 AI반도체 혁신경쟁: 현재와 미래.
SK텔레콤 (2022). [테크스토리] 왜 'AI 반도체'가 반도체의 미래라고 불릴까?
Lee, Y. S., Kim, T., Choi, S., & Kim, W. (2022). When does AI pay off? AI-adoption intensity, complementary investments, and R&D strategy. Technovation, 118, 102590.

