

Data Brief

한국 AI 생태계 분석

Authors

Cole McFaul

Husanjot Chahal

Rebecca Gelles

Magarita Konaev

개요

한국은 여러 핵심 신흥 기술 개발에 중요한 역할을 하고 있으며 인공지능(AI) 분야에서도 빠르게 주요 국가로 부상하고 있다. 한국의 정책 입안자들은 국가적 우선 목표를 달성하고 가장 최근에는 AI를 비롯한 여러 기술 개발을 촉진하기 위해 국가의 자원을 투입하고 정부, 학계, 산업계가 협력할 수 있는 환경을 조성하고 있다. 하지만 동시에 지역의 긴장 고조와 인구 구조의 변화는 한국이 AI 분야에서 경쟁 우위를 유지하고 경쟁력을 키우는 데 있어 저해가 될 가능성이 있다. 이 보고서는 하드웨어, 특허, 기업 및 투자, 연구, 인재 양성의 다섯 가지 주요 AI 개발 지표를 통해 한국의 AI 기술 수준을 평가한다. 한국 AI 생태계에 대한 우리의 분석 결과는 다음과 같다.

하드웨어:

- 한국은 AI 개발에 필요한 첨단 반도체 장비를 생산하는 전 세계에서 몇 안 되는 국가 중 하나이다. 수요가 많은 몇몇 종류의 반도체, 특히 로직 반도체 경우, 높은 시장 점유율을 차지하고 있다.
- 반도체는 한국 경제에 가장 중요한 수출 품목이다. 2021년에는 총수출 중 거의 18%를 차지할 정도였으며 이는 그 어떤 산업보다도 높은 비중이다. 한국이 수출하는 전체 반도체의 거의 2/3, 약 540억 달러어치가 중국으로 수출된다.

AI 특허:

- 한국은 2010년과 2021년 사이 전 세계에서 AI 특허(출원 및 등록)를 세 번째로 많이 낸 나라다. 같은 기간 허가된 한국의 모든 AI 특허 중 9%를 삼성과 LG가 소유하고 있다.
- 세계적인 흐름과 비슷하게 한국에서도 기계 학습이 AI 관련 기술로는 가장 많이 특허를 받았으며, 지난 10년간 제출된 한국 내 모든 AI 특허 중 77%가 기계 학습 관련 특허였다. 또한 에너지 관리, 교육, 국방 등 세부 분야에서 세계에서 두 번째로 많이 AI 특허를 냈다.

AI 기업 및 투자:

- 한국의 AI 시장은 아직 초기 단계이지만 빠르게 성장하고 있다. 한국 AI 기업에 대한 투자는 2014년 이후 거의 매년 꾸준히 증가했다. 2021년에는 한국의 비상장 AI 기업들에 27억 6천만 달러가 투자되었다.
- 한국 AI 시장의 주요 투자자는 한국인들이다. 2010년과 2021년 사이 한국 AI 기업에 대한 투자 중 거의 84%가 한국인 투자자들에 의해 이루어졌다. 그러나

특히 미국을 포함한 외국인 투자자들도 지난 10년간 한국 AI 스타트업과 기업 투자 중 가장 큰 몇몇 투자 건에 참여한 바 있다.

AI 연구:

- 2010 년과 2021 년 사이, 한국인들은 68,404 건의 AI 관련 연구 논문을 발표해 세계 11 위를 차지했는데, 이는 비슷한 기술 수준을 보유한 일본과 이탈리아에는 뒤처졌지만, 네덜란드를 비롯한 높은 기술 수준을 갖춘 여러 국가를 뛰어넘는 성과였다.
- 미국은 한국의 가장 중요한 AI 연구 파트너이며 두 번째는 중국이다. 지난 10년간 한국인 연구자가 쓴 AI 논문의 31%가 타국의 연구자와 공동으로 작성되었다.

인재:

- 한국은 미국, 중국, 인도에 비해 인구수 대비 공학자를 더 많이 배출하는 나라이다. 비록 지난 10년간 AI 분야 졸업자 수는 늘었지만, 수요가 공급을 곧 앞지를 수 있다.
- AI 교육의 심각한 성비 불균형은 한국이 미래 AI 인력을 양성하는 데 걸림돌이 될 수 있다. 한 예로, 2021년 AI 분야 박사 학위 취득자 중 여성은 단 12%에 불과했다.

목차

개요.....	1
서문.....	4
하드웨어.....	5
AI 특허.....	11
AI 기업 및 투자.....	14
AI 연구.....	19
인재.....	23
부록: 추가 표 및 그림.....	29
저자.....	36
감사의 글.....	36

서문

2016년 이세돌 9단이 알파고에 패배한 것은 전 세계 인공지능(AI) 개발 분야에서 대단히 기념비적인 사건이었다.¹ 당시 박근혜 대통령은 이 “알파고 쇼크” 덕분에 “너무 늦기 전에 AI의 중요성”에 대해 국민을 설득할 수 있었다고 말했다.² 이 역사적 대국 이틀 후 한국 정부는 2020년까지 1조 원(8억 6300만 달러)을 인공지능에 투자하겠다는 계획을 발표했다.³ 발표 내용에는 삼성, LG 전자, 네이버, 현대자동차를 포함하는 업계 주요 기업들이 참여하는 공공/민간 연구소에 대한 투자가 포함되어 있었다.⁴ 이어서 발표된 경제 및 기술 개발 계획에는 AI 개발이 핵심 우선순위로 포함됐는데, 이는 한국을 AI 업계 중요 국가로 만들겠다는 정부의 변함없는 의지가 반영된 것이었다.⁵

한국 정부의 AI 정책 기조는 전부터 유지해온 정부 주도의 기술 도입 방식과 맞닿아 있다. 1962년의 경제 개발 5개년 계획 이후, 한국의 경제 성장 전략은 정부가 자원을 산업, 기술, 인적 자원 개발에 집중하여 경제 성장을 이끄는 정부 주도의 개발 모델 중심이었다.⁶ 한국이 기초 제조업에 노동력이 집중된 1960년대에서 고도로 발달된 산업 허브로 성장하면서, 정부 주도의 기술 과학 교육과 연구 개발(R&D) 투자는 디지털 생활 방식에 익숙하면서 서로 잘 연결된 고속권 인력을 배출해 냈다.⁷ 그 과정에서 정부는 재벌(삼성과 SK 그룹같이 가족이 소유하고 이끄는 기업 집단)에 대한 지원을 강화해 경쟁에서 보호했으며 R&D에 집중적 투자를 하도록 유도했다.⁸

오늘날, 한국은 GDP의 거의 5%를 R&D에 쓴다. 이는 이스라엘에 이어 세계 2위에 해당하며 3.5%를 쓰는 미국보다 높은 것이다.⁹ 단점이 없지는 않지만, 한국은 이러한 정부, 산업, 학계의 긴밀한 협력과 합동 덕분에 더 크고, 더 기술적으로 진보된 여러 국가를 뛰어넘어 정보통신기술(ICT), 산업 로봇, 반도체 반도체 제조를 포함하는 여러 기술의 글로벌 리더가 될 수 있었다.¹⁰

한국의 정책 입안자들은 AI를 한국 경제와 사회를 혁신할 수 있는 4차 산업혁명의 중심으로 보고 있다.¹¹ 2019년 문재인 대통령은 한국이 “제조업과 반도체 등 경쟁력 가진 곳에 AI를 결합하면 가장 똑똑하면서도 인간적인 AI가 탄생할 수 있다”고 역설했다.¹² 2019년 발표된 AI 국가전략의 목표는 2030까지 한국을 IMD(International Institute for Management Development)의 세계 디지털 경쟁력 순위상 3위 국가로 만드는 것이다.¹³ 윤석열 대통령은 한국의 장기적 경제 및 전략 목표에 AI 개발이 필수적이라는 것을 재확인시켰으며 한국의 AI 경쟁력을 세계 3위로 올리겠다는 것을 다시 약속했다.¹⁴

이러한 목표 달성을 위해 한국 정부는 주요 신기술 부문에서 연구와 산업 양쪽을 모두 지원하는 중요한 역할을 맡았다. 정책 입안자들은 기업 친화적인 규제 환경을 구축했고 몇몇 첨단 기술 산업계에 “선승인 후규제”를 골자로 하는 규제 샌드박스를 도입했다.¹⁵ 예를 들어, 2020년에는 정부가 AI 연구 개발에 국가 자원을 투입하는 ‘디지털 뉴딜’을

발표했다.¹⁶ 가장 최근에는 한국 R&D 예산 중 2 조 4000 억 원(18 억 달러)이 AI, 생물 제약, 우주항공, 로봇, 사이버 보안 분야와 같은 전략 기술 분야의 개발에 배정되었다. 삼성과 LG 같은 대기업도 AI R&D 에 한국 내외에서 크게 투자하고 있다.¹⁷ 정부 지원에 힘입어 10 개의 명문 대학교가 AI 석박사 학위 프로그램을 시작했으며, 정부는 AI 관련 학부와 대학원 모두에 지원을 강화할 계획이다.¹⁸

한국 정부는 또한 AI 인프라, 특히 데이터를 개발하겠다는 약속을 실천으로 증명했다. 예를 들어, 앞서 언급한 ‘디지털 뉴딜’ 계획에서 정부는 정부가 수집하고 보관 중인 데이터를 가공해 고품질 데이터가 저장된 ‘데이터 댐’을 만든 뒤 기업들이 그 데이터로 AI 시스템을 학습시킬 수 있게 돕겠다고 약속했다.¹⁹ 이에 여러 정부 기관이 공공의 이익과 민간 산업 부문의 요구사항을 동시에 충족할 수 있는 데이터를 수집하고 제공하는 일을 맡게 되었다.²⁰ 기업과 연구 기관이 데이터를 쉽게 얻을 수 있도록 도와 AI 개발이 촉진되는 혁신 환경이 구축되기를 바라는 것이다. 서울은 한국 클라우드 컴퓨팅 업계의 지원에 힘쓰겠다고 최근 밝히기도 했다.²¹ 이러한 초기 계획은 가능성을 보여주기는 하지만 한국의 AI 개발에 얼마나 큰 역할을 할 것인지는 아직 미지수이다.

한국이 AI 기술 목표를 달성하려면 몇 가지 장애물을 극복해야 한다. 미국과 중국의 심화하는 전략적 경쟁이 한국의 경제적 이익에 방해가 될 수 있다. 무역과 기술을 긴밀히 연결하고 소수의 중요 무역 파트너에 집중하는 전략은 빠른 경제 성장을 가져왔지만, 지정학적 변동과 경제보복에 취약하다. 그리고 고령화가 심해지고 출산율이 떨어지면서 노동 인구가 줄어들고 노인 인구에 대한 사회 복지 부담은 더 커질 것이다.²²

이러한 상황을 배경으로 이 보고서는 하드웨어, 특히, 기업과 투자, 연구, 인재라는 AI 개발 분야에 맞춘 다섯 가지 지표를 통해 한국의 AI 생태계를 평가한다. 앞으로 자세히 설명하겠지만, 한국은 반도체 제조와 AI 특히 생산에 뛰어난 강점을 보인다. AI 투자 시장은 성장하고 있지만 아직 초기 단계이다. 한국의 AI 연구 성과는 동급 국가와 대체로 유사한 정도이며 미국은 한국의 최대 AI 연구 파트너이다. 지난 10 년간 AI 분야 졸업자 수는 늘었지만, 기술 산업 부문에서 커지고 있는 수요가 곧 공급을 앞지를 수 있다. 게다가 한국은 해외의 기술 인재를 유치하고 AI 교육과 인력의 성비 불균형을 해결하는 데 어려움을 겪고 있다. 이 보고서의 마지막 섹션에서 우리는 한국 AI 생태계의 미래에 존재하는 과제와 기회를 돌아보고 한미 협력 기회를 강조할 것이다.

하드웨어

오늘날 AI 의 발전은 대부분 막대한 계산 성능 덕분에 가능한 것이다. 이 계산 성능은 컴퓨터 반도체의 성능 덕분이며, 반도체 성능은 결국 첨단 반도체 성능에 의존한다.²³ 요컨대 반도체는 AI 혁신을 촉진하고 어느 나라에서나 AI 분야에서의 핵심적 강점을

상징한다. 반도체 생산은 전 세계가 복잡하게 얽힌 반도체 공급망에 의존하며 여기에는 개략적으로 설계, 제조, 조립, 시험과 포장이 포함된다.²⁴

한국은 반도체 공급망에서 핵심 국가이다. 2021 년에 한국 기업들은 세계 반도체 공급망 내 부가가치 비중의 16%를 차지했으며, 이는 미국에 이어 두 번째이다.²⁵ 이에 더해, 한국은 첨단 논리 및 메모리 반도체 생산 같은 몇몇 필수 분야에서 뛰어난 강점을 보인다. 한편, 반도체 수출은 한국 경제 성장에 결정적인 요소이다. 한국이 반도체를 가장 많이 수출하는 나라는 중국이며 그 비중은 다른 국가를 훨씬 능가하는데 이는 한국 제조사들이 중국 내 생산 시설 건설에 막대한 투자를 했다는 점에서도 엿볼 수 있다.

생산

한국 기업은 반도체 공급망 생산 부분의 핵심 요소이다. 전 세계 반도체 설계, 생산, 조립, 시험, 포장의 대부분은 미국, 독일, 영국, 네덜란드, 일본, 대만, 중국에 거의 모두가 위치한 몇몇 소수의 기업에 의해 이루어지는데 한국 기업도 여기에 속한다. 한국 기업은 AI 개발과 배치에 필요한 반도체 유형인 첨단 논리 및 메모리 반도체를 생산하는 제조업체 중 선두에 있는 기업이다. 2019 년에 논리 및 메모리 반도체는 전 세계적으로 반도체 장비 총수익의 57%를 차지했다.²⁶ SIA(Semiconductor Industry Association)는 향후 10 년간 반도체 업계 성장의 90%가 이 두 반도체에서 오리라 전망하고 있다.²⁷

로직 반도체

로직 반도체에는 중앙처리장치(CPU)와 기타 마이크로프로세서, 마이크로컨트롤러, 디지털 신호 처리기, 그래픽처리장치(GPU), 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA)와 기타 반도체가 포함되며 디지털 데이터로 연산을 수행하는 데 사용된다.²⁸ 로직 반도체의 기능은 트랜지스터의 설계와 크기, 연산을 수행하는 컴퓨터 회로 요소에 좌우된다. 비용 효율적이고 빠른 연산이 필요한 컴퓨터 시스템에 필수적인 작고 밀도가 높은 트랜지스터는 최첨단 AI 알고리즘 구현에 가장 중요한 부품이다.²⁹ 오늘날, 최첨단 로직 반도체에는 3 나노미터(nm)에 불과한 트랜지스터가 탑재되는데, 이 정도 반도체를 대량 생산할 수 있는 기업은 TSMC 와 삼성이 유일하다.³⁰

그림 1. 국가/지역별 최첨단(4~5nm) 로직 반도체 생산량, 2021.

반도체로직 반도체



출처: World Fab Forecast.³¹

현재 전 세계에서 시장성이 있는 최첨단(5nm 이하) 로직 반도체 을 생산할 수 있는 업체는 단 두 곳밖에 없다. 대만의 TSMC 가 전 세계 로직 반도체 생산량의 67%를 차지하며 한국의 삼성이 31%를 차지한다(그림 1).³² 인텔은 이들 외 향후 몇 년 내로 5nm 반도체을 생산하고 판매할 계획을 갖고 있는 유일한 기업이다.³³

메모리 반도체

메모리 반도체은 논리 장치가 계산을 수행할 디지털 데이터가 저장되는 곳이다. 메모리 반도체은 크게 두 가지가 있다. 컴퓨터가 동작하는 동안 임시로 데이터를 저장하는 DRAM(임의접근기억장치)과 영구적으로 데이터를 저장하는 낸드 플래시 메모리가 바로 그것이며, 이들이 메모리 반도체 시장의 98%를 차지한다.³⁴ 표 1 에서 볼 수 있는 것처럼 세계 메모리 반도체 생산량은 북동 아시아에 매우 집중되어 있다.

표 1. 국가/지역별 총 DRAM 및 낸드 플래시 생산량, 2021.

월별 200nm 급 웨이퍼 생산량

국가/지역	DRAM 생산량	세계 DRAM 생산량 비중	낸드 플래시 생산량	세계 낸드 플래시 생산량 비중
한국	1,984,500	50.3%	1,469,250	27.1%
대만	951,750	24.1%	205,500	3.8%
중국	708,750	18.0%	1,044,000	19.3%
일본	243,000	6.2%	1,884,375	34.8%
미국	58,500	1.5%	231,750	4.3%

출처: World Fab Forecast.³⁵

한국은 세계 최대 메모리 반도체 생산 국가이다. 표 1 에서 볼 수 있듯이, 전 세계 DRAM 생산량의 절반을 한국에서 삼성과 SK 하이닉스가 주도하여 생산하고 있다. 이 외 주요 업체 중 유일한 미국의 Micron 은 고성능 DRAM 의 대부분을 일본과 대만에서 생산한다.³⁶ 2022 년 9 월 총 DRAM 수익의 거의 96%를 삼성, SK 하이닉스와 Micron 이 벌어들였다. 각 기업의 2014 년부터 2022 년까지의 연도별 DRAM 수익 비율은 부록의 표 1A 에서 확인할 수 있다.

표 1 을 보면, 낸드 플래시 메모리의 경우 일본에 있는 생산 시설이 전 세계 생산량의 35%를 생산한다. 그리고, 그 뒤를 한국이 27%로 바짝 뒤쫓고 있다. 전체를 보면, 삼성, SK 하이닉스, Western Digital, Kioxia, Micron 다섯 개 기업이 전 세계 낸드 플래시 수익의 90%를 차지한다. 각 기업의 연도별 낸드 플래시 수익 비율은 부록의 표 2A 에서 확인할 수 있다.

전 세계의 DRAM 과 낸드 플래시 제조 용량 중 거의 20%가 중국에 있다. SK 하이닉스와 삼성 같은 한국 기업이 중국의 메모리 반도체 생산 시설에 투자한 수십억 달러가 여기에 일조했다.³⁷ 예를 들어, SK 하이닉스 반도체 생산량 중 48%가 SK 하이닉스 우시 공장에서 나온다고 한다.³⁸ 삼성 시안 공장에서는 삼성 낸드 반도체의 40%가 생산되고 있다.³⁹

한국이 현재는 메모리 반도체 생산 분야 선두를 유지하고 있지만, 한국의 시장 지배적 위치에 도전하는 경쟁자가 나올 수도 있다. 메모리 반도체는 로직 반도체 에 비해 생산하기 수월하고, 상품화되어 있어 제조사들은 가격을 위주로 경쟁하고 있다.⁴⁰ 그 일례로, 삼성의 시장 점유율은 2016 년에 전 세계 DRAM 의 절반을 판매하는 정점을 찍고 감소했으며 Micron 은 그동안 2011 년의 11%에서 2022 년에는 1/4 을 차지할 정도로 성장했다.⁴¹ 중국도 막대한 국가 자원을 투입하여 자국 내 반도체 제조 산업

부문을 지원하고 있다.⁴² 중국의 메모리 반도체 산업도 제조사들이 자국 내 성숙 노드 메모리 반도체 생산량을 늘리면서 앞으로 십 년 동안 가파르게 성장할 것으로 보인다.⁴³ 그러나, 중국이 최첨단 반도체 기술을 얻는 것을 미국이 제한하면서, 중국 제조사들이 업계 선두 주자인 한국 기업을 성숙 노드 반도체 경쟁에서 이기는 것은 적어도 가까운 미래에는 어려울 수 있다.⁴⁴

수출

반도체는 한국에는 필수적인 수출 품목으로, 한국 경제를 지탱하는 동시에 세계 반도체 시장에는 중요한 공급원이다.⁴⁵ 2022년에는 반도체가 한국 수출의 19%를 담당했는데, 이는 그 어떤 산업보다도 높은 비중이다.⁴⁶ 반도체는 또한 한국에서 가장 빠르게 성장하는 수출 산업이다.⁴⁷

표 2 를 보면, 2022년에는 한국에서 수출되는 반도체 중 거의 59%(650억 달러)가 중국으로 갔다. 2003년과 2010년 사이 중국이 가져가는 한국 반도체는 22%에서 55%까지 늘었다(부록의 표 3A 참조). 그러나 이 수출량 중 상당한 부분은 최종 조립, 시험, 포장 공정을 위해 수출되는 반도체이라는 점에 유의해야 한다.⁴⁸ 여기에 표시된 수출 데이터는 반도체 공급망이 어떻게 연결되어 있는지를 보여줄 수는 있지만, 공급망 내 의존성이나 시장 종속성의 척도로 해석되어서는 안 된다.

표 2. 주요 수출 대상국/지역별 한국의 전체 반도체 수출 비율, 2022.

수출 대상국	무역액(백만 달러)	총수출액 비중
중국	65,982	58.5%
베트남	15,471	13.7%
대만	11,793	10.5%
싱가포르	5,541	4.9%
필리핀	3,611	3.2%
인도	2,223	2.0%
미국	1,286	1.1%
브라질	982	0.9%
일본	948	0.8%

출처: 한국관세무역개발원(국제 무역 센터 제공).

아래 표 3 은 총 반도체 수출액을 유형별(로직 반도체 과 메모리 반도체)로 나눈 것이다. 2022 년 중국은 한국이 수출한 380 억 달러의 로직 반도체 중 거의 46%를 가지고 갔고, 620 억 달러의 메모리 반도체 중 72%를 사들였다. 그러나 중국은 한국의 가장 큰 무역 상대국이고 세계에서 가장 큰 반도체 소비국이라는 점에서 한국 반도체 수출의 큰 비중을 차지한다는 것이 놀라운 일은 아니다.

표 3. 주요 수출 대상국/지역별 한국의 논리 및 메모리 반도체 수출 비율, 2022.

수출 대상국	논리		수출 대상국	메모리	
	무역액(백만 달러)	총수출액 비중		무역액(백만 달러)	총수출액 비중
중국	17,550	45.7%	중국	44,180	71.5%
베트남	5,973	15.6%	베트남	6,952	11.3%
싱가포르	5,216	13.6%	대만	4,053	6.6%
대만	3,911	10.2%	필리핀	2,676	4.3%
말레이시아	1,174	3.1%	인도	1,059	1.7%
인도	954	2.5%	미국	569	0.9%
필리핀	822	2.1%	브라질	504	0.8%
미국	631	1.6%	일본	인도	0.6%
일본	457	1.2%	인도네시아	261	0.4%
브라질	390	1.0%	태국	211	0.3%

출처: 한국관세무역개발원(국제 무역 센터 제공).

최근 몇 년 동안 한국무역협회와 대한상공회의소와 같은 한국 최대의 경제 산업 단체들은 한국 반도체 제조사들이 공급망을 중국과 결합한 것이 지정학적 긴장이 커지면서 국가의 약점으로 돌아올 수 있다고 경고했다.⁴⁹ 분명 중국의 경제보복 한국에서 처음이 아니다.⁵⁰ 2016 년과 2017 년, 서울에 미국산 대미사일 방어 체계인 사드 배치가 결정되고 중국은 몇몇 중요 산업 부문에서 한국 상품의 보이콧을 결정했다.⁵¹

하지만 동시에, 반도체를 경제 제재 대상에 포함시키면 중국도 큰 대가를 지불해야 한다. 자국 내 반도체 산업을 키우려고 노력했지만, 중국은 아직 해외에서 생산된 반도체에 의존하고 있고, 이는 고사양 반도체의 경우 더 심하다.⁵² 중국 사이버공간관리국(CAC) 은 지난 3 월 Micron 의 보안성 검토를 시작했다. 이는 미국이 발표한 수출 통제의 보복 조치로 보인다.⁵³ 중국이 Micron 과 한국 제조사들을 통제한다고 발표하면 적어도 단기적으로는 중국의 메모리 장치 수급에 문제가 생길 것이 자명하다.⁵⁴

게다가 한국 제조사들은 반도체 공급망에 문제가 생겨도 충분히 버틸 수 있음을 이미 보여준 바 있다. 예를 들어, 2019년에 한국이 반도체 생산 공정에 필수적인 세 가지 화학 물질을 수입하는 것을 일본이 제한했을 때, 한국 제조사들은 수입 제한된 화학 물질의 수급처를 늘려 세계 시장 경쟁력을 유지했다.⁵⁵ 우크라이나와 러시아는 네온, 크립톤, 제논과 같이 반도체 제조에 필수적인 비활성 기체를 많이 생산하는 국가이다. 러시아가 우크라이나를 침공하고 나선 이후로 반도체 공급망에 “심대한 영향”이 있을 것이라는 우려가 컸지만, 한국 제조사들은 자국 내에서 비활성 기체를 수급하는 데 성공했다.⁵⁶ 최근 몇 년에 한국 정부는 공급망의 위험을 미리 파악하는 데 공을 들이고 있으며 핵심 재료/부품을 자국 내에서 생산할 수 있도록 여러 조치를 하고 있다.⁵⁷ 전반적으로, 한국의 반도체 산업은 글로벌 리더 역할을 유지하고 있고, AI 분야에서 경쟁력을 확보하려면 반도체 산업의 지속적인 성장과 혁신이 반드시 있어야 할 것이다.

AI 특허

특허는 발명과 지식 재산권을 보호하기 위한 것으로 어떤 학문적 분야나 산업 부문의 혁신과 기술적 진보를 가늠할 수 있는 유용한 척도이다. 특허는 과학, 기술, 상업을 연결하며, 여러 국가의 특허 활동을 비교하면 기술 혁신과 리더십을 향한 경쟁에서 누가 어떤 분야에 우위를 가졌는지 파악할 수 있다. 이 섹션은 CSET(Center for Security and Emerging Technology)와 1790 Analytics가 개발한 AI 특허 데이터 세트를 통해 2010년과 2021년 사이 한국에서 제출된 AI 특허 데이터의 분석 결과를 서술한다. 분석에 사용된 기법에 대한 추가 정보는 이전 CSET 간행물에서 확인할 수 있다.⁵⁸

한국은 지난 10년간 출원 및 등록된 특허 수로 세계 3위이며 삼성과 LG 같은 재벌 그룹이 그중 가장 많은 특허권을 보유하고 있다. 세계적인 흐름과 비슷하게 한국에서도 AI 관련 기술로는 기계 학습에서 가장 많은 특허가 등록되었으며, 응급 상황 관리, 교육, 국방 분야에서 AI 특허 활동이 두드러지고 있다.

AI 특허 개수

여러 국가의 특허 개수를 비교할 때는 국가마다 특허법과 특허청의 업무 속도, 전반적인 특허 문화가 크게 다르다는 점을 인식하는 것이 중요하다. 이러한 차이점은 매년 몇 개의 특허가 출원되는지, 출원 특허가 등록되는 데 얼마나 걸리는지, 등록되는 비율은 얼마인지에 영향을 준다. 한국은 오랫동안 특허 시스템을 기술 개발과 경제 성장을 촉진하는 필수적인 도구로 여겨왔다.⁵⁹ 가장 최근에는 특허청이 특정 부문의 혁신 속도를 따라갈 수 있도록 제도가 개선되어 인공지능과 생명 공학 기술과 같은 핵심 신기술의 특허를 별도의 조건으로 심사한다.⁶⁰

표 4를 보면, 한국은 2010년과 2021년 사이 출원 및 등록된 특허 수로 세계 3위인 것을 볼 수 있다. 이 기간에 한국은 24,178개의 AI 특허를 출원했고 특허청이 그중

13,720 개를 통과시켰다. 한국의 AI 특허 개수는 중국과 미국에는 못 미치지만 일본, 독일, 영국같이 연구 개발에 투자를 많이 하는 같거나 비슷한 수준의 국가보다는 많은 양이다.

표 4. 주요 10 개 국가/지역의 AI 특허 출원 및 등록, 2010~2021.

출원 특허		등록 특허	
국가/지역	특허 수	국가/지역	특허 수
중국	242,449	중국	63,755
미국	71,841	미국	35,804
한국	24,178	한국	13,720
일본	15,136	일본	7,122
독일	3,673	호주	2,152
호주	3,114	캐나다	1,245
캐나다	2,835	독일	1,100
영국	1,966	영국	664
프랑스	1,024	프랑스	562
대만	1,000	인도	561

출처: CSET AI 특허 데이터 세트(CSET 및 1790 Analytics 개발).

한국의 주요 특허권자를 자세히 살펴보면 AI 관련 특허 출원자와 특허권자 유형에서 흥미로운 점을 발견할 수 있다(자세한 내용은 부록의 표 4A 와 5A 참조). 삼성은 한국 최대의 AI 특허권자로 700 개의 AI 특허를 갖고 있고 2010 년에서 2021 년 사이 한국에서 등록된 AI 특허의 5%가 삼성의 특허이다. 2 위인 LG 는 같은 기간 등록된 AI 특허의 4%를 갖고 있다. 삼성과 LG 를 제외한 주요 AI 특허권자는 현대, SK, 포스코, KT, 두산 같은 재벌 기업이며 모두 한국 AI 혁신 생태계에서 중요한 역할을 한다.

물론 거대한 재벌 기술 기업 외 다른 기관과 단체도 AI 특허를 등록했다. 2010 년과 2021 년 사이 AI 특허를 가장 많이 등록한 100 곳 중, 43 곳은 카이스트와 연세대학교 같은 교육 기관이었고, 38 곳은 기업(재벌뿐만 아니라 더 작은 기업도 포함), 나머지는 한국전자통신연구원(ETRI) 같은 연구 기관, 비영리 단체나 정부 기관이었다.

AI 특허 핵심 범주

우리는 총특허 개수 외에도 출원 및 등록된 AI 특허 주제의 분포를 다양한 AI 기술, 기능, 적용 분야를 포괄하는 36 개 범주로 나누어 분석했다.⁶¹ 이렇게 범주별로 나뉜 특허의 분포를 보면 R&D 우선순위와 AI 응용 분야 시장 동향을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 한국이 다른 국가에 비해 강점을 보이는 AI 분야를 찾을 수 있다. 한 특허는 여러 범주에 속할 수 있다. 예를 들어, 기계 학습과 교육 범주에 동시에 포함되는 특허가 있을 수 있다.

표 5. 선택된 범주별 한국의 AI 특허 등록 건수, 2010~2021.

범주	AI 특허 등록 건수	총 AI 특허 등록 건 중 한국 비중	세계 특허 등록 건 비중	세계 순위
기계 학습	10,564	77.0%	10.6%	3
컴퓨터 시각	3,974	29.0%	9.8%	3
개인 장치 및 컴퓨팅	3,682	26.8%	9.5%	3
통신	2,704	19.7%	12.7%	3
사업	2,294	16.7%	17.4%	3
에너지 관리	889	6.5%	16.7%	2
산업 및 제조	889	6.5%	16.6%	3
교육	366	2.7%	25.5%	2
반도체	192	1.4%	17.1%	3
방위	31	0.2%	29.0%	2

참고: 이 표는 출원 수로 정렬한 상위 다섯 가지 AI 특허 분야를 보여준다. 마지막 다섯 행에서 한국 특허가 세계에서 큰 비중을 차지하는 분야를 확인할 수 있다. 출처: CSET AI 특허 데이터 세트.

표 5 에서 볼 수 있듯이, 세계적 흐름을 반영하는 듯, 기계 학습은 한국에서 가장 일반적인 AI 특허이며 2010 년에서 2021 년 사이 등록된 AI 특허 중 77%를 차지한다. 컴퓨터 시각 또한 세계적 흐름에 따라 한국에서도 두 번째로 많이 등록되는 AI 특허이다. 그 뒤를 바짝 뒤쫓는 것은 개인 장치 및 컴퓨팅 분야이다. 주목할 만한 점은, 지난 10 년간의 세계 총 AI 특허 등록 건수로는 한국이 세 번째지만, 한국 내 반도체 산업과 밀접한 연관이 있는 에너지 관리와 교육으로 국한하면 두 번째라는 점이다. 한국 내 AI 특허 등록 비중으로는 작은 수준임에도 불구하고 그러하다. 방위 산업 분야 AI 특허 등록 수도 한국이 세계 2 위이다. 방위 산업 분야 AI 특허 등록 수는 총 AI 특허 수에 비하면 미미하지만, 이는 이전 CSET 연구에서 발표된 것처럼 한국이 2005 에서 2019 년 사이에 세계에서 네

번째로 많은 방위 로봇 분야 특허를 등록했다는 사실과 일맥상통한다.⁶² 선택된 분야에서 한국의 AI 특허 출원 건수는 부록의 표 6A 에서 살펴볼 수 있다.

요약하면, 한국은 많은 AI 특허를 출원하고 등록시키는 활기찬 AI 혁신 생태계를 갖추고 있다. 지난 몇 년간 한국의 규제 기관들은 특허료를 내리고 해외 특허 분쟁에서 소기업을 지원하는 등 특허 체계를 현대화하는 데 집중했다고 알려졌다.⁶³ AI 특허의 주요 공급원은 대기업이지만 국가 AI 혁신 생태계에 필수적인 교육 및 연구 기관에서도 꽤 많은 AI 특허가 등록되었다.

AI 기업 및 투자

한국에는 활발한 상업 시장이 존재하며 재벌을 비롯한 큰 사업체들이 전통적으로 이 시장에서 지배적인 위치를 누리고 있다. 그러나 2013 년 이후 정부는, 일자리를 창출하고 재벌 기업의 혁신도 계속 지원하면서 중소기업의 혁신을 촉진하기 위해 스타트업 생태계에 재정 지원을 늘리고 있다.⁶⁴

Crunchbase 데이터 분석 결과, 주식 시장에 공개되지 않은 한국 내 AI 기업은 최근 몇 년간, 특히 2018 년에 성장한 것으로 보인다. 자국 내 투자자들이 한국 AI 시장의 확장을 주도했지만, 외국인 투자자, 특히 미국의 투자자들도 한국 AI 기업에 크게 투자했다.

한국 AI 기업 및 투자 생태계 개요

2022 년 8 월부로 Crunchbase 가 파악한 한국 내 비상장 AI 기업 수는 564 곳이었다. 이에 비해 같은 시점에 미국에는 15,410 곳의 AI 기업(세계 최다)이 있고, 영국에는 2,824 곳, 인도에는 2,440, 중국에는 2,026, 일본에는 852, 호주에는 610 곳의 AI 기업이 있었다.⁶⁵

2010 년과 2021 년 사이 한국 AI 기업들은 약 30 억 달러를 215 번의 투자 건에 걸쳐 유치했다. Crunchbase 가 추적한 많은 거래 건은 투자액을 공개하고 있지 않다. 비상장 거래의 귀속 가치를 포함하면 같은 기간 동안 한국 AI 기업이 유치한 투자금은 70 억 달러에 달하는 것으로 추정된다. 우리 데이터 세트의 최대 투자 건은 2021 년 미국 기업인 Match Group 이 17 억 2,500 만 달러를 투입해 선도적 소셜 디스커버리 및 영상 기술 기업인 Hyperconnect 를 인수한 것이다.⁶⁶

한국 AI 기업 대상의 투자 거래 215 건 중 거의 75%가 프리시드, 시드, 앤젤, 시리즈 A 투자 같이 추후 투자 단계에 비해 투자금이 적은 초기 단계 투자였다. 한국의 AI 스타트업과 기업에 대한 투자 거래 건수와 투자의 총투자액 측면에서 주목할 만한 성장이 있었지만, 아직 한국 AI 생태계에서 이 부문은 미성숙한 단계에 있다.

AI 투자 활동 평가

한국 AI 기업에 대한 투자는 2010년대 중반 이후 AI 관련 솔루션, 서비스, 기술을 개발하는 스타트업과 기업에 대한 투자가 상당히 증가한 세계적 흐름을 따라 2014년 이후 극적으로 늘었다. 아래 표 6은 한국 AI 기업을 대상으로 하는 연도별 투자 건과 해당 투자 건들의 공개 및 추정 투자액을 Crunchbase 데이터를 통해 집계해 표시한 것이다. 투자자들은 투자 거래에서 지불한 금액을 공개할 의무가 없다. 따라서 Crunchbase의 공개된 투자 금액 데이터는 불완전할 수 있으며 해당 국가 AI 기업에 들어간 투자금을 과소평가할 가능성이 높다. 그러므로, 우리는 동일한 투자 단계, 대상 국가, 연도의 투자액 중간값을 활용해 여러 단계의 추정 절차를 거쳐, 계산된 추정 가치를 귀속시키는 방법으로 누락된 투자금을 채워 넣었다.⁶⁷

아래 표 6을 보면 AI 관련 투자 동향을 설명하기 전 추가 설명이 필요한 부분이 두 가지 있다. 첫째, 2015년과 2019년에는 공개 가치와 추정 가치의 차이가 크다. 이 차이는 해당 연도에 이뤄진 투자 중 많은 부분을 큰 인수 건이 차지하며 이들 거래에서 인수 계약 내용에 따라 투자 금액을 공개하지 않았기 때문이다. 구체적으로는, 2015년 음성 인식 기술 스타트업인 호두잉글리시의 인수 건과 2019년 위치 추적 스타트업인 폴라리언트, 기계 시각 소프트웨어 개발사인 수아랩 인수 건의 투자금 데이터가 누락되었기 때문이다. 따라서 보통 인수 건에서는 높은 금액이 오간다는 점이 표 6의 추정 가치에 반영되었다.

둘째, 2021년에는 공개 가치와 추정 가치가 이전 연도의 그 어떤 금액보다 훨씬 크다. 이 급성장은 앞서 언급한 Match Group사의 Hyperconnect 인수 건(17억 2,500만 달러)의 영향이 크다. 그리고 몇몇 다른 투자 건도 1억 달러를 넘겨 2021년은 작지만 성장하고 있는 한국의 민간 AI 시장에 굉장히 성공적인 연도가 되었다.

표 6. 한국 AI 기업에 대한 투자, 2010~2021.

연도	투자 건수	공개 투자액(백만 달러)	추정 투자액(백만 달러)
2010	0	\$0	\$0
2011	1	\$40*	\$40*
2012	4	\$32	\$32
2013	1	\$1	\$1
2014	8	\$10	\$10
2015	10	\$13	\$892
2016	19	\$62	\$66
2017	25	\$27	\$49
2018	35	\$137	\$146
2019	38	\$155	\$1,964
2020	37	\$176	\$207
2021	41	\$2,762	\$2,787











참고: 2011 년의 경우 공개 투자 금액이 Crunchbase 데이터에는 포함되어 있지 않아 공개된 자료를 통해 직접 집계되었다.⁶⁸ 출처: Crunchbase(CSET 분석).

표 6 에서 시간에 따른 경향을 살펴보면, 2017 년에는 투자 건수가 계속 증가하는 중에도 이전 연도에 비해 투자액(공개 및 추정)이 약간 감소했다. 2018 년에는 이전 연도에 비해 공개 투자액이 5 배 증가했고 한국 AI 기업이 유치하는 총투자 금액은 그 이후로 꾸준히 늘어났다. 2020 년에 한국 AI 기업들은 1 억 7,500 만 달러를 유치했는데 이 중에는 국책은행인 KDB 산업은행을 비롯한 투자자들이 학생들을 위한 AI 기반 개인화 학습 소프트웨어를 개발하는 스타트업인 Riid 에 프리시리즈 D 단계에서 4,180 만 달러를 투자한 건이 있었다.⁶⁹ 또 2020 년에는 시리즈 C 단계에서 선두 의료 AI 기업인 Lunit 에 한국에서는 신한은행을 포함하는 여러 투자자가, 중국에서는 Lenovo Group 의 Legend Capital 이 총 2,600 만 달러를 투자한 건도 있었다.⁷⁰

한국 AI 시장에서 활동 중인 다른 유형의 투자자들을 가까이서 살펴보면 자국 내 투자자는 한국 AI 기업 투자 건의 거의 84%에 참여한 것을 알 수 있다. 투자자는 보통 사업 비용, 익숙한 규제 환경, 정보와 투자 건 발굴이 용이한 지역 네트워크 등의 이유로 자국 내 시장을 외국 투자 기회보다 선호한다.⁷¹ 투자자가 자국의 AI 시장에서 가장 중요한 역할을 하는 경향은 미국, 중국, 일본 등 다른 많은 국가에서도 똑같이 찾아볼 수

있다.⁷² 표 7 은 지난 10 년간 미국, 한국, 일본, 중국, 영국에서 한국의 AI 기업에 한 투자 건수와 공개 및 추정 투자액을 보여준다.

표 7. 투자자 국가별 한국 AI 기업 대상 투자, 2010~21.









투자자 국가 → 피투자자 국가	투자 건수	공개 투자액(백만 달러)	추정 투자액 (백만 달러)
 → 	48	\$2,089	\$3,862
 → 	180	\$1,287	\$3,147
 → 	10	\$323	\$340
 → 	12	\$294	\$295
 → 	4	\$231	\$232

출처: Crunchbase(CSET 분석)

2010 년 이후 대부분의 한국 AI 기업 투자 유치 건에 한국 투자자들이 참여했지만, 한국 AI 시장에 가장 많은 자금이 들어온 것은 미국 투자자가 참여한 건이다. 미국 투자자가 참여한 건 중 가장 투자액이 큰 건은 앞서 언급한 Match Group 이 2021 년에 17 억 2,500 만 달러로 Hyperconnect 를 인수한 것이다. 중국, 일본, 영국도 한국의 신흥 AI 스타트업과 기업에 투자하는 투자자의 국가 중 상위권에 속한다.

한국 투자자는 지난 10 년간 자국 내 투자 외의 기회를 찾아 다른 국가의 AI 시장으로도 눈을 돌렸다. 표 8 의 Crunchbase 데이터에 따르면 2010 년에서 2021 년 사이 한국 투자자가 가장 많이 찾은 해외 국가는 미국이며 122 건의 투자에서 30 억 달러를 미국 AI 기업에 투자했다.

표 8. 한국 투자자의 세계 AI 기업 투자, 2010~2021.

투자자 국가 → 피투자자 국가	투자 건수	공개 투자액(백만 달러)	추정 투자액 (백만 달러)
 → 	122	\$3,457	\$3,920
 → 	18	\$2,202	\$2,202
 → 	21	\$342	\$358
 → 	4	\$262	\$262

출처: Crunchbase(CSET 분석)

한국 투자자는 중국에서도 큰 금액이 오가는 투자 기회를 찾아 단 18 건의 투자에서 20 억 달러를 중국 AI 기업들에 건넸다. 이중 주목할 만한 투자는 SK 하이닉스가 2019 년 6 억 달러를 자율 주행 소프트웨어 회사인 Horizon Robotics 에 투자한 것과, 한국에서 두 번째로 큰 재벌 그룹인 SK 그룹이 참여하여 이미지 인식 및 딥러닝 소프트웨어 기업인 Megvil 에 4 억 달러가 투자된 것이다.

지난 10 년간 한국 투자자들은 자국 내 AI 기업에 투자된 금액보다 큰 자금이 미국과 중국의 AI 기업으로 조달된 투자 건들에 참여한 것으로 보인다. 미국과 중국 AI 생태계의 크기와 활력을 생각하면 놀라운 일이 아니다. 게다가 앞서 언급된 것처럼 한국 AI 기업에 대한 대부분의 투자는 액수가 적은 프리시드, 시드, 앤젤, 시리즈 A 같은 초기 단계 투자에 집중되어 있다. Crunchbase 데이터는 또한 한국 투자자들이 미국 투자자와 함께, 혹은 그보다는 덜하지만, 중국 투자자와 함께 투자한다는 것을 보여준다(자세한 내용은 부록의 표 7A 참조). 이런 거래를 통해 한국 투자자는 미국 및 중국 투자 파트너의 지역적 전문성과 네트워크를 활용해 해당 국가에서 기회를 더 잘 포착할 수 있는 것이다.⁷³

전반적으로, 한국의 사모펀드 및 벤처캐피탈 AI 투자 생태계는 아직 초기 단계이지만 급격히 성장하고 있으며, 2021 년은 특히 성공적인 해였다. 한국 정부는 기술 산업 부문에서 중소기업 지원을 늘리겠다는 계획을 발표했으며, 한국 투자자들은 자국 내 유망 AI 기업에 투자하고 있고, 해외 투자자, 특히 미국 투자자들도 적극 참여하고 있다. 그와 동시에, 한국 투자자는 탄탄한 미국 AI 시장을 우선 투자 지역으로 본다. 앞으로 한국과 미국이 기술 협력을 강화하고 AI 투자 연결을 늘리면 서로 얻을 이점이 많아 보이며, 이는 이 보고서의 결론 부분에서 자세히 설명될 것이다.

AI 연구

학술 연구는 AI 혁신을 이끌고 생명공학, 제조업, ICT 와 국가 보안 같은 여러 산업 분야의 발전에 이바지한다.⁷⁴ 이 섹션에서 우리는 2010 년에서 2021 년 사이 한국의 AI 연구 성과를 분석하고, 피인용 수와 최상위 AI 학회 참여도를 통해 한국 AI 논문의 영향력을 조사하며, 한국 연구자들이 집중하는 AI 분야를 검토하고, 국제 연구 협력 패턴을 분석한다.⁷⁵ 종합적으로 보면 지난 10 년간 한국의 AI 연구 성과는 AI 논문 수로 세계 10 위 바로 밖이며, 비슷한 수준의 개발 정도를 가진 일본과 이탈리아 같은 국가에 뒤지지만 대만과 네덜란드같이 다른 기술적으로 뛰어난 국가는 앞서는 정도이다.

AI 연구 성과

한국 AI 연구 성과 분석에는 Digital Science Dimensions, Clarivate's Web of Science, Microsoft Academic Graph, China National Knowledge Infrastructure, arXiv, Papers With Code 를 포함하는 CSET 의 학술 문서 대상 통합 말뚝치가 사용되었다. 2010 년과 2021 년 사이, 우리는 한국 저자가 포함된 AI 논문 68,404 개를 찾을 수 있었다. 표 9 는 지난 10 년간 AI 논문 제출량으로 상위 15 개 국가/지역을 표시한 것이며, 여기에서 한국은 11 위로 스페인, 대만, 네덜란드는 앞섰지만, 이탈리아, 캐나다, 호주보다는 뒤처졌다.

표 9. AI 논문 수 상위 15 개국, 2010~2021.

국가/지역	AI 논문 수
중국	745,604
미국	466,758
인도	159,357
영국	131,823
독일	120,544
일본	116,714
프랑스	87,743
호주	77,108
캐나다	75,736
이탈리아	74,442
한국	68,404
스페인	64,388
대만	39,680
네덜란드	38,776
브라질	37,926

출처: CSET 통합 말뭉치

종합적 연구 성과만으로는 영향력 있는 연구를 했는지, 또는 AI 연구 진전에 의미 있는 기여를 했는지를 제대로 파악할 수 없으므로, 피인용 수와 최상위 컴퓨터 과학 학회 심사를 통과한 논문 수도 고려되었다. 추가 정보는 부록의 표 8A 와 표 9A 에서 살펴볼 수 있다. 2010 년에서 2021 년 사이 한국 학자와 연구자가 쓴 AI 논문은 771,947 번 인용되었다. 한국은 AI 논문 피인용 수로 스페인, 네덜란드, 스위스 뒤로 14 에 올랐다. 이는 논문 수로는 한국 뒤에 있던 나라가 한국을 앞지른 것이다.

2016 년과 2021 년 사이 최상위 컴퓨터 과학 학회에 합격한 AI 논문 수로 한국은 12 위이며 이는 AI 논문 최다 생산국인 인도를 비롯하여 이탈리아와 네덜란드를 앞서는 것이지만 이스라엘, 싱가포르와 스위스에는 뒤처지는 것이다. 주목할 만한 점은, 작년에 한국이 Google Scholar 에서 1 위 공학 및 컴퓨터 과학 학회로 꼽은 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 에서 세 번째로 영향력 있는 국가로 인정받은 것이다.⁷⁶ 한국은 마찬가지로 명망 있는 학회인 IEEE/CVF International

Conference on Computer Vision 과 European Conference on Computer Vision 에서도 각각 3 위와 4 위로 선정되었다.⁷⁷

AI 연구 협력

국제 AI 연구 협력은 학술 연구의 질과 영향도를 높여, 여러 연구자들이 자원을 모으고, 관련 기술과 지식을 공유하고, 여러 국가가 공유하는 과제의 해결을 위해 협력할 수 있게 한다.⁷⁸

2010 년에서 2021 년 사이 한국 연구자가 쓴 AI 논문의 31%는 다른 국가의 저자와 공동으로 집필된 것이다. 미국을 예로 들면, 해당 기간 발표된 논문의 45%가 국제적으로 공동 집필된 것이었고, 영국의 경우 거의 65%가 공동으로 쓰인 것이었다. 지난 10 년간 한국의 AI 연구 협력 빈도는 협력 연구가 각각 35%와 27%를 차지하는 대만이나 일본을 연상시키는 수준이다. 표 10 은 한국 AI 연구 협력 상위 10 개국을 보여준다.

표 10. 한국 AI 연구 협력 상위 국가, 2010~2021.

해외 연구자와 공동으로 집필된 한국 AI 논문

협력 국가	공동 집필 AI 논문 수	한국 전체 AI 논문 중 비중
미국	8,558	12.5%
중국	5,166	7.6%
인도	1,564	2.3%
영국	1,434	2.1%
파키스탄	1,250	1.8%
호주	1,138	1.7%
캐나다	1,077	1.6%
독일	1,045	1.5%
일본	947	1.4%
베트남	707	1.0%

출처: CSET 통합 말뚝치

지난 10 년간 미국은 AI 연구에서 한국과 가장 많이 협력한 국가였다. 한국에서 발표한 국제 협력 AI 논문 중 40%가 미국과의 합작이었고 이는 모든 AI 논문 중 12%가 넘는 양을 차지했다. 이 결과는 이전 CSET 연구에서 쿼드에 속하는 호주, 인도, 일본의 AI 연구자가 미국과 가장 자주 협력하는 것을 확인한 것과 비슷하다.⁷⁹

중국도 한국의 중요한 연구 파트너이다. 한국의 국제 협력 AI 논문 중에는 거의 25%, 모든 AI 논문 중에는 8%가 중국의 연구자와 합동으로 집필된 것이다. 중국은 특히 쿼드 국가와도 중요한 AI 연구 파트너이다. 2010 년과 2020 년 사이 미국의 국제 협력 AI 논문 중 거의 17%가 중국과 함께 쓰였고, 일본에서는 16%, 호주에서 12%, 인도에서 5%를 차지했다.⁸⁰

AI 연구 분야

종합 연구 성과, 연구 품질 지표, 국제 협력 패턴과 더불어 한국 연구자들이 AI 연구 중 어떤 분야에 집중하는지도 중요하게 다루어 볼 만하다. 표 11 에서 보면 기계 학습, 컴퓨터 시각, 데이터 과학이 한국에서 주로 발표하는 AI 논문 주제이며, 이는 국제 연구 경향과도 일치하는 것이다. 한국은 2010 년과 2021 년 사이 AI 연구 성과로 11 위이지만 AI 관련 컴퓨터 네트워크 분야에서는 5 위, 자동차 공학에서는 6 위이다.

표 11. 한국의 AI 연구 논문: 핵심 연구 분야, 2010~2021.

분야	논문 수	세계 순위
기계 학습	7,419	10
광학	3,762	8
컴퓨터 시각	3,621	7
데이터 과학	2,748	9
자동차 공학	2,254	6
음성 인식	2,184	8
알고리즘	1,671	7
패턴 인식	1,640	8
영상의학	1,560	9
미시경제학	1,509	9
데이터 마이닝	1,341	11
인공 지능	1,245	10
컴퓨터 네트워크	1,235	5
이론적 컴퓨터 과학	1,196	12
데이터베이스	1,183	12

출처: CSET 통합 말뚝치

정부 정책과 연구 성과를 직접적으로 연결하기는 꺼려지지만, 한국의 몇몇 AI 연구 성과 분야는 한국 정부가 정한 우선 연구 개발 분야와 일치한다는 점에 주목할 필요가 있다.

“디지털 뉴딜” 과 같은 산업 정책 프로그램은 예를 들어, 자율 주행 기술과 생명 공학을 중요하게 다루는 데, 이는 각각 자동차 공학과 영상의학 분야의 AI 연구 성과와 연관이 있다.⁸¹

종합적으로, 한국은 AI 논문을 많이 발표하는 나라로, 지난 10 년간 AI 논문 수, 피인용 수, 상위 컴퓨터 과학 학회 참여도로 세계 15 위권에 드는 성과를 올렸다. 한국의 AI 연구 성과는 비슷한 경제력을 갖고 있는 스페인, 이탈리아, 대만과 유사한 수준이며 지역의 강국인 일본과 국제 AI 연구 리더인 미국, 중국에는 뒤처진다. 국제 협력 빈도는 일본, 대만과 같은 이웃 국가와 비슷한 수준이며 미국, 영국, 캐나다, 호주보다는 현저히 낮다. 한국은 AI 연구에서 미국과 가장 많이 협력하지만, 중국과도 자주 협력한다.

인재

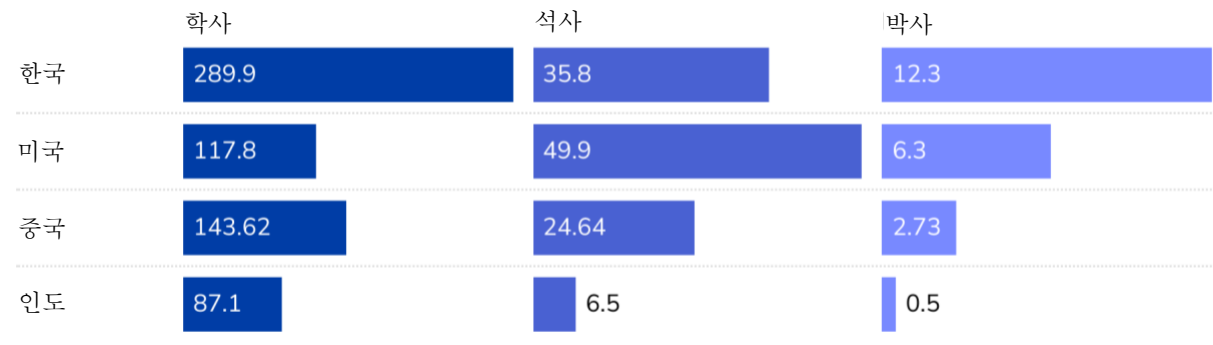
한국은 인적 자원과 디지털 활용 능력에 투자해 숙련된 노동 인구의 육성을 도왔다.⁸² 2010 년부터는 AI 관련 분야의 학사 및 박사 학위가 꽤 늘었다. 더욱이 인구수 대비로 따지면 미국과 중국, 인도에 비해 더 많은 학생이 AI 학위를 받는다. 그러나 고속된 기술 인재 수요가 곧 공급을 넘어설 수 있으며, 업계 선두 주자들은 능력 있는 인재로 기존의 자리는 물론 향후 생길 자리까지 채우기 위해 서로 점점 더 심하게 경쟁하고 있다.⁸³ 몇몇 정책을 변경했음에도 한국은 해외 인재를 들여오는 데 어려움을 겪고 있으며 AI 분야에서 성비 불균형이 계속 유지되고 있어 미래의 AI 전문 인력을 양성하려는 노력에 빛이 바래고 있다. 향후 10 년 동안 이러한 인력 수급 문제를 어떻게 극복하는지가 한국이 국제 무대에서 신기술 경쟁력을 얼마나 유지할지를 결정할 것으로 보인다.

고급 AI 인재 공급원

한국 정부는 꾸준히 STEM 교육에 투자하여 관련 분야 졸업자를 많이 배출했고 고속된 기술 인력을 육성할 수 있었다.⁸⁴ 예를 들어 공학 분야에서는 그림 2 에서 볼 수 있듯이 경제활동 가능 나이(15~64 세)의 인구수 비율로 했을 때, 2021 년에 미국, 중국, 인도보다 많은 공학 학사와 박사를 배출했고, 중국, 인도보다 많은 석사를 배출했다. 부록의 표 10A 는 2021 년 이 4 개 국가에서 졸업한 공학자 수를 보여준다.

그림 2. 경제활동 가능 나이 인구 대비 공학 대학 졸업생, 2021.

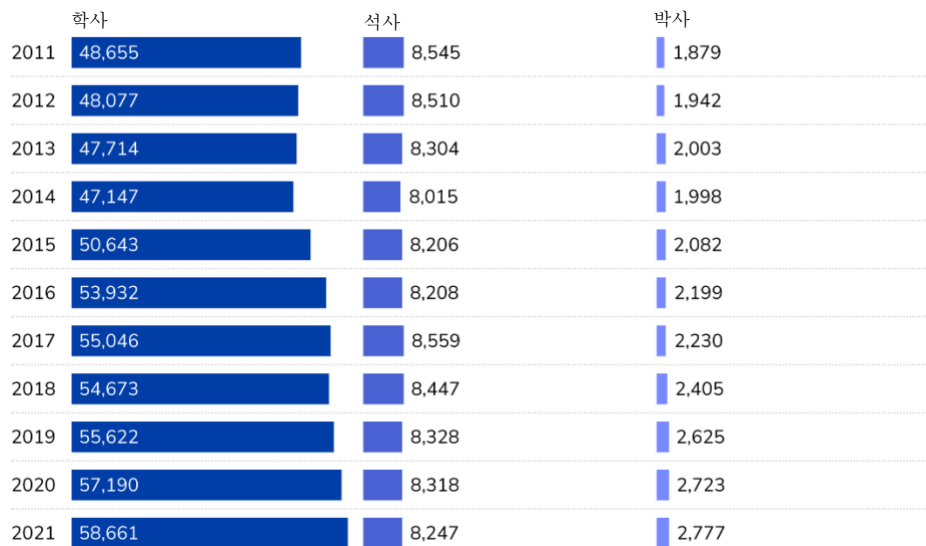
100,000 명당 학위 수.



출처: Statistical Yearbook of Education (South Korea), All India Survey of Higher Education, Ministry of Education (China), National Center for Education Statistics (United States)⁸⁵

과학 기술 및 직업 교육에 대한 정부 투자의 성공적 모델을 토대로 한국 정부는 AI 인재 육성을 위한 추가 지원을 포함하는 여러 계획을 발표했다.⁸⁶ AI 교육 품질 향상을 위한 정부의 이러한 노력을 지금 평가하기는 너무 이르지만, 지난 10 년 동안 컴퓨터 공학, 정보 통신 공학과 같은 AI 관련 학과 졸업생 수 변화를 파악해 볼 수는 있다.⁸⁷

그림 3: 한국의 AI 관련 학위별 졸업생 수, 2011~2021.



출처: 교육통계연보, 2011~2021.

그림 3 에서 볼 수 있듯이, 2011 년과 2021 년 사이 AI 관련 학사 졸업생 수는 20% 증가했으며 박사 졸업생 수는 47% 증가했다. 그러나 AI 관련 석사 졸업생 수는 감소했다.

그에 비해 미국에서는 2011 년과 2020 년 사이 STEM 분야의 학사, 석사, 박사가 각각 61%, 66%, 20% 증가했다.⁸⁸ AI 관련 분야 학사와 박사 수가 눈에 띄게 증가하기는 했지만 계속해서 증가할 것이라고 보기는 어렵다. 과학기술정책연구원은 인구수 감소 때문에 과학 및 공학 학과 졸업생 수가 2025 년부터 줄어들 것이라고 예상한다.⁸⁹

AI 인재 유치와 개발 과제

서울은 인구수 문제가 있는 상황에서 기존 인력 개발 전략을 그대로 사용하기는 어렵다는 점을 인식하기 시작했다. 한 공무원은 “경력직, 여성, 외국인 인력” 을 유치해 장기적 노동력 감소 문제를 해결할 수 있을 것이라고 전했다.⁹⁰ 우리는 AI 관련 분야 내 여성 인력을 살펴보기 전에 먼저 해외의 기술 인재를 끌어올 수 있는 능력에 대해 살펴보고자 한다.

고속런 노동력 수요가 공급을 앞지르면서, 인재 공급원을 키우는 방법의 하나로 학습 또는 직업 기회를 찾아 외국으로 떠났던 학생과 노동자가 고국으로 돌아오도록 장려하는 방법이 제시된다. 예를 들어 매년 한국 학생 약 50,000 명이 중국에서 공부하고 있다.⁹¹ 학사 연도 2021 년에서 2022 년 사이 가장 최신 데이터를 보면 40,755 명의 한국 학생이 미국 전역의 대학에서 공부했고, 그중 거의 30%가 공학, 수학, 또는 컴퓨터 과학 학부와 프로그램에 등록한 학생이었다.⁹² 그러나 외국에서 공부한 학생 중 많은 사람이 한국으로 다시 돌아온다고 볼 근거는 희박하다. 예를 들어, 2012 년과 2017 년 사이 미국에서 학위를 취득한 한국인 박사과정 학생 중 75%가 졸업 후 미국에 머무를 계획이라고 했다.⁹³

한국은 외국인 인재 유치에도 어려움을 겪고 있다. 예를 들어 정부는 2015 년에 E-7 고속런 취업 비자를 단 20,000 개만 발급했다. 게다가 해외에서 고속런 인재를 더 많이 끌어오겠다고 공개적으로 천명한 이후에도 E-7 비자 수는 21,400 개를 넘어본 적이 없다.⁹⁴ OECD 세계경쟁력연감에 따르면 한국은 OECD 국가 중 숙련 인력이 이주할 만한 매력이 적은 나라로 꼽힌다.⁹⁵ 외국 전문 인력들은 한국 직장 환경에 적응하는 것을 어려워하며 한국의 직장 문화와 매우 경쟁이 심한 인력 시장에도 쉽게 적응하지 못한다고 알려져 있다. 이런 요인과 다른 이유로 해외 기술 인력이 한국에서 취업하기를 꺼릴 수 있으며 한국 기업의 외국인 인력 고용 유지율도 떨어질 수 있다.⁹⁶

한국 AI 인력 격차: AI 분야 내 여성

지난 10 년간 AI 분야의 졸업자 수는 증가했지만, 첨단 산업 부문에서의 기술 인력 수요는 금방 공급을 뛰어넘을 수 있다. 해외 인력을 유치하는 데 겪는 어려움도 있지만, 한국은 자국 내 미래 AI 인력 육성에도 AI 분야의 심한 성비 차이로 인해 애를 먹고 있다. 예를 들어, 2015 년 OECD 데이터를 보면, 한국보다 과학, 수학, 컴퓨터 분야 박사의 성비 차가

많이 나는 곳은 일본이 유일했다.⁹⁷ 이와 유사하게, UNESCO 의 보고서에 의하면 선진국 중 한국보다 STEM 연구 분야에 여성이 적은 국가는 거의 없었다.⁹⁸

한국 교육부 데이터를 집계한 그림 4 를 보면 AI 관련 분야 여성 졸업자 수와 다른 분야 여성 졸업자 수의 비를 볼 수 있다. 2007 과 2021 년 사이 여성 학사 및 석사 졸업자 수는 남성 수와 거의 똑같았지만, AI 관련 졸업자는 여성보다 남성이 네 배 많았다. 이 기간에, AI 분야 박사과정 졸업자는 90%가 남성이었다.

그림 4: 학위별 한국의 여성 졸업자 비율: 모든 분야와 AI 관련 분야, 2007~2021.

졸업자(2007~2021)

모든 분야



AI 관련 분야

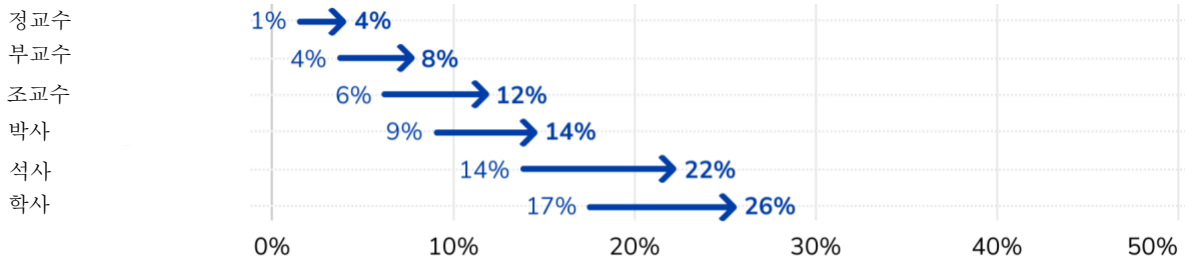


출처: 교육통계연보(2007~2021)

시간의 흐름에 따른 경향을 분석해 보면 AI 졸업생 여성 비율이 많지는 않지만, 어느 정도 증가했다. 2007 년과 2021 년 사이 AI 분야 여성 학사 비율은 20 에서 25%로 증가했고, 석사는 13 에서 19%로, 박사는 10 에서 12%로 증가했다(2007~2021 연도별 데이터는 부록의 표 11A 를 참조). 정확한 비교는 아니지만 이 경향은 미국에서 STEM 분야 내 여성 비율이 증가한 것과 다르지 않다. 비슷한 기간 미국에서는 STEM 여성 학사 비율이 30 에서 37%, 석사가 31 에서 36% 증가했고 박사는 같은 비율을 유지했다.⁹⁹

해결되지 않는 성비 불균형과 교육 시스템 내의 각 단계마다 STEM 분야 여성 인재가 점점 줄어드는 ‘새는 파이프라인’ 현상이 그림 5 에 분명히 나타나 있으며, 14 년 동안 공학 학생과 연구자 중 여성 비율이 어떻게 변했는지도 보인다.

그림 5: 2007 년과 2021 년 사이 대학 학위와 직위별 한국 공학 분야 여성 비율 변화.¹⁰⁰



출처: 교육통계연보(2007 년 판과 2021 년 판)

2007 년 이후 공학 분야 여성 비율이 계속 증가했지만, 대학 내에서 더 높은 직위로 갈수록 성비 불균형은 여전히 극심하다. 위 그림 5 에서 볼 수 있는 것처럼 2021 년에 한국 공학 정교수직 중 여성은 단 4%에 불과했으며, 조교수와 부교수 직 중에는 12% 미만에만 진출해 있었다. 이 보고서에서는 업계의 성비 불균형을 다루지는 않지만, 다른 연구에 의하면 다른 OECD 국가에 비해 한국 여성은 출산 후 직장을 떠나는 비율이 높는데 이는 공학과 AI 관련 분야의 성비 불균형이 학계에만 국한되는 것이 아니라 업계에도 만연한 현상이라는 방증이다.¹⁰¹

요약하면, 한국은 고도로 숙련된 AI 인재 공급원을 갖고 있고 지난 10 년간 한국의 AI 학위 소지자 수는 증가했다. 그러나 앞으로는 수요가 공급을 앞지를 가능성이 높다. 특히나 한국은 해외의 인재를 끌어오는 데 어려움을 겪고 있고, 학계와 업계 양쪽에서 성비 불균형을 해결하지 못하고 있으므로 더욱 그러하다. 기술 산업 혁신 인력을 다양화하려고 노력하고 있지만 중소기업이 재벌과 인력 시장에서 경쟁하기는 어렵기 때문에, 빈자리를 채울만한 능력 있는 인재를 쉽게 찾지 못할 가능성이 높다.¹⁰² 동시에, 한국 최대의 기업들은 구글, 알리바바, TSMC 와 같은 거대 기업과 격렬한 경쟁 중이기 때문에 국제 기술 시장에서 자신들의 지위를 유지하고 미래 혁신을 촉진하려면 인재를 유치하고 육성해야 한다. 한국이 새로운 AI 인재 공급원을 개발하지 못하면 인구수 감소와 외국에서의 더 격화된 경쟁 때문에 신기술 분야에서 경쟁력이 약화될 수 있다.

결론

한국은 AI 반도체의 국제 가치 사슬에서 핵심 역할을 맡고 있고 AI 특허를 활발히 생산한다. 성장하는 AI 투자 시장을 갖고 있으며, 국제 AI 연구 성과에 중요한 기여를 하고, 고숙련 AI 인력을 육성 및 보유하고 있다. 동시에 한국은 여러 문제에 직면해 있다. 중국과 연결된 공급망은 외부의 지정학적 변동에 민감하다. AI 논문 수와 피인용 수는 비슷한 수준의 국가에 비해 떨어진다. 대기업은 여전히 AI 특허의 대부분을 소유하며 AI 스타트업 생태계는 아직 미숙한 수준이다. 마지막으로, 지난 10 년 간 AI 분야의 학사와 박사과정 졸업생 수가 어느 정도 늘기는 했지만, AI 인재 수요가 늘면서 자격 있는 전문가를 늘어난 기술 인력 자리를 채울 만큼 공급하기는 어려울 수 있다.

지역의 긴장 국면이 고조되면서 한국이 경제 및 기술 개발 목표를 달성하는 데 오랫동안 필수적이었던 수출 주도의 모델에 더 많은 압력이 가해지고 있다.¹⁰³ 이미 한국은 주변국과의 갈등으로 인한 결과를 체감하고 있다. 한국의 2016 년 사드 배치 결정에 반발한 중국의 경제 제재 때문에 한국은 몇몇 핵심 산업에서 수십억 달러어치의 손실을 보았다.¹⁰⁴ 2019 년에는 일본이 반도체 산업에서 핵심 재료로 쓰이는 세 가지 화학 물질의 수출을 제한하여 한국의 반도체 생산을 방해하려고 했다.¹⁰⁵ 미국이 중국의 신기술 발전을 막고자 내놓은 Chip 4 Alliance 와 같은 활동 때문에 중국이 보복 조치를 하면 한국은 다시 한번 경제적 손실을 겪게 될 수 있다.¹⁰⁶

자국 내 문제를 보면, 인구 문제는 한국이 AI 개발 목표를 달성하고 신기술 산업의 선도적 지위를 유지하는 데 또 다른 과제를 제시한다. 사회가 고령화되면서, 한국이 선도적 신기술 혁신 국가의 지위를 유지하려면 노동 생산성 향상과 R&D 투자 수준을 꾸준히 높게 유지하면서 줄어드는 노동 인구 문제를 해결해야 한다.¹⁰⁷ 한국 AI 산업이 계속 혁신하려면 AI 인재 공급원을 새로 개발하고 기존 공급원을 더 심화 개발하는 것이 필수적이다.

미·중 양쪽과 모두 경제적으로 긴밀하게 교류하는 중요한 ‘중간국가’로서 한국은 아태 지역의 기술, 무역, 안보 문제에서 계속 핵심 역할을 맡게 될 것이다.¹⁰⁸ 미국의 입장에서는 Indo-Pacific Economic Partnership, Summit for Democracy, Chip 4 Alliance 와 같은 바이든 행정부 핵심 지역 목표를 이루려면 서울과의 협력이 필수적이다.¹⁰⁹ 하지만 두 국가가 긴밀한 협력을 하려면 미·중의 심화되는 경쟁 속에 한국 산업, 경제, 안보에 어떤 영향이 갈 것인지를 미국 정부가 점점 더 세심하게 살펴야 할 것이다.

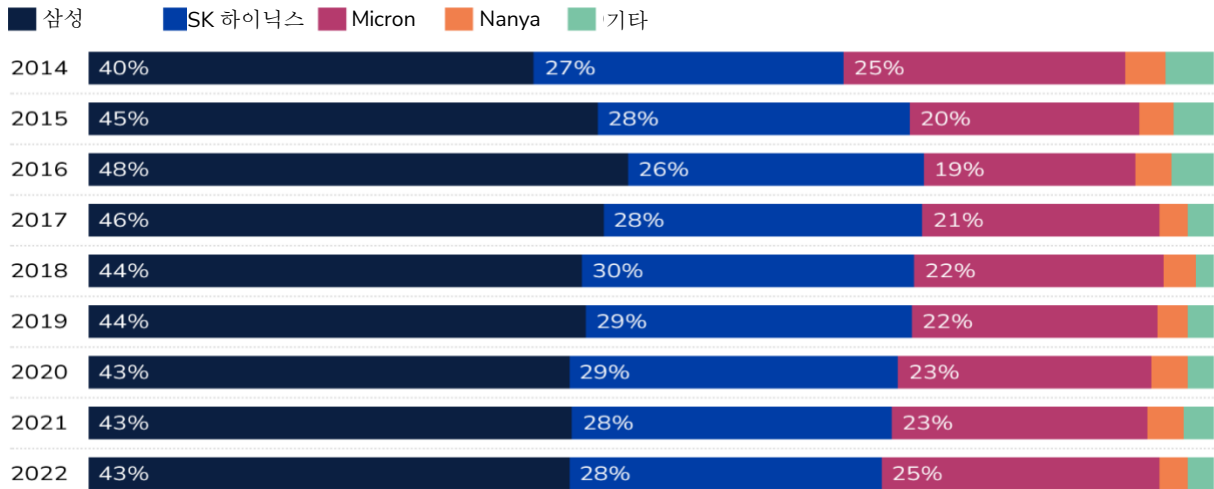
반도체 산업에서 미국 정부는 한국의 정부 및 업계 선도 기업과 가깝게 협력하여 미국, 네덜란드, 일본의 수출 규제가 반도체 공급망 내 한국 기업에 미치는 부정적인 영향을 최소화해야 한다. 한 가지 방법은 주 정부와 연방 정부에서 거의 10 억 달러를 지원받아 텍사스에 공장을 짓는 삼성의 예에서 볼 수 있듯이 ‘프렌드쇼어링’ 을 정책적, 금전적으로 계속 지원하는 것이다.¹¹⁰ 한국 반도체 산업이 정책 변화에 적응할 시간을 주는 것도 마찰을 줄이는 중요한 방법이다. 예를 들어, 중국에 있는 여러 한국 반도체 기업이 수출 규제가 발표된 후에 얻은 1 년 규제 면제권을 더 연장해 주는 것이다.

미국과 한국은 활발하게 다면적으로 기술 협력을 해왔고 인공지능 같은 핵심적인 신기술에서의 협력을 늘리고 심화하는 것을 강하게 원하고 있다.¹¹¹ 분석 결과 한국 AI 연구자들이 이미 다른 국가 연구자보다 미국 연구자와 더 많은 협력 연구를 하고 있지만, 연구 개발 협력을 촉진하고 확대하려면 아직 할 일이 많이 있다. 여기에는 핵심 신기술 분야의 고수준 전문가를 계속 육성하는 것, STEM 분야 여성 참여도를 높이는 것, 한국과 미국 학생, 과학자, 공학자와 기업가들의 협력을 늘리기 위한 프로그램을 만드는 것 등이

포함될 수 있다.¹¹² 한국과 미국에서 AI 혁신의 중심이 되는 곳을 서로 연결하면 양국은 기술, 보안, 경제적 이익을 얻을 수 있을 것이다.

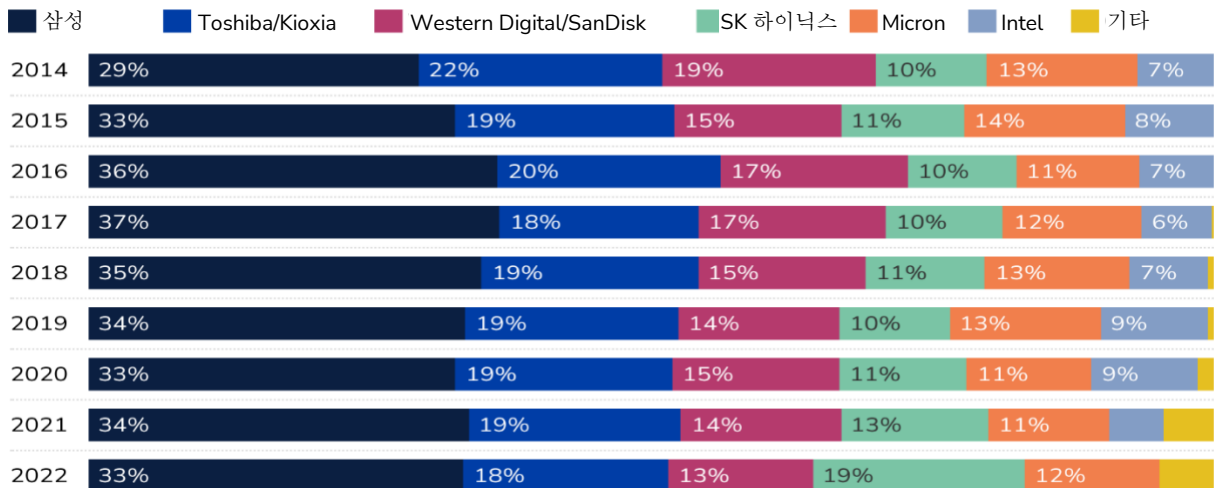
부록: 추가 표 및 그림

표 1A. 기업별 DRAM 수익 비율, 2014~2021.



참고: 2014 년 이전 데이터는 DRAMeXchange 와 TrendForce 에서 얻은 것이 아니며, 따라서 2011~2013 년 사이 데이터는 생략했다. 2022 년 4 분기 수익은 이 데이터에 포함되어 있지 않다. 출처: DRAMeXchange 및 TrendForce(Statista 제공)

표 2A. 기업별 NAND 수익 비율, 2014~2021.



참고: Toshiba Memory 는 2019 년 10 월 Kioxia 로 브랜드명을 바꿨다. Western Digital 은 2016 년 5 월 SanDisk 를 인수했다. 2014 년 이전 SanDisk 수익을 찾을 수 없었다. 그래서 2014~2022 년까지의 수치만 포함되어 있다. 2015 년 1 분기와 2022 년 4 분기 수익은 이 데이터에 포함되어 있지 않다. 출처: DRAMeXchange 및 TrendForce(Statista 제공)

표 3A. 대상국별 선별된 국가/지역에 대한 한국 반도체 수출 비중, 2003~2022.

연도	총수출(백만 달러)	중국	베트남	대만	싱가포르	미국	일본
2003	\$15,469.05	22.4%	0.0%	13.4%	10.5%	15.0%	17.5%
2010	\$37,904.49	55.8%	0.2%	11.0%	11.8%	3.4%	7.2%
2011	\$39,664.76	54.8%	1.7%	12.4%	11.9%	2.7%	6.4%
2012	\$41,346.58	57.9%	5.0%	7.7%	11.7%	2.7%	5.0%
2013	\$47,118.83	60.2%	5.4%	7.1%	11.4%	2.5%	2.7%
2014	\$51,543.87	64.3%	5.1%	7.2%	8.3%	1.2%	2.1%
2015	\$52,174.93	68.9%	5.0%	5.7%	7.2%	0.9%	2.1%
2016	\$52,282.68	67.9%	7.8%	5.8%	6.2%	0.9%	1.8%
2017	\$86,106.17	70.3%	10.0%	4.7%	3.4%	0.7%	1.0%
2018	\$109,782.25	70.9%	9.2%	5.6%	2.3%	1.3%	0.8%
2019	\$79,082.28	67.3%	12.4%	5.1%	2.6%	1.6%	0.9%
2020	\$82,885.12	66.1%	12.5%	7.1%	2.7%	1.5%	0.8%
2021	\$109,297.61	64.6%	11.7%	9.2%	3.1%	1.3%	0.9%
2022	\$112,847.16	58.5%	13.7%	10.5%	4.9%	1.1%	0.8%

출처: 한국관세무역개발원 및 UN COMTRADE(국제 무역 센터 제공)

표 4A. 등록 AI 특허별 한국 상위 특허권자, 2010~2021

특허권자	AI 특허 등록 건수	특허권자 유형
삼성	700	기업
LG	593	기업
KAIST	447	교육
연세대학교	299	교육
현대자동차	263	기업
서울대학교	262	교육
고려대학교	224	교육
한국전자통신연구원	191	기관
한양대학교	170	교육
기아자동차	167	기업
국방과학연구소	147	정부
SK 그룹	120	기업
네이버	119	기업
인하대학교	119	교육
성균관대학교	118	교육

출처: CSET AI 특허 데이터 세트

표 5A. 유형별 상위 100 AI 특허권자, 2010~2021.

특허권자 유형	특허권자 수	AI 특허 등록 건수
교육	43	3,548
기업	38	3,236
기관	8	600
산학 협력	5	192
정부	2	188
비영리	3	149
의료	1	30

출처: CSET AI 특허 데이터 세트

표 6A. 선별된 범주에서의 한국 AI 특허 출원, 2010~2021.

범주	AI 특허 출원 건수	총 AI 특허 출원 한국 비중	세계 AI 특허 출원 비중	세계 순위
기계 학습	18,295	75.7%	6.0%	3
컴퓨터 시각	6,659	27.5%	4.9%	3
개인 장치 및 컴퓨팅	6,617	27.4%	6.0%	3
통신	4,860	20.1%	10.4%	3
사업	4,087	16.9%	9.1%	3
산업 및 제조	1,599	6.6%	11.5%	3
에너지 관리	1,419	5.9%	8.8%	2
교육	647	2.7%	15.6%	3
반도체	375	1.6%	16.0%	3
국방	37	0.2%	18.6%	3

출처: CSET AI 특허 데이터

표 7A. 한국 투자자와 가장 많이 합동 투자한 상위 10 개국(백만 달러), 2010~21.

국가/지역	수	공개(백만 달러)	추정(백만 달러)
미국	147	\$5,182	\$5,209
중국	44	\$3,329	\$3,332
영국	19	\$2,232	\$2,232
캐나다	9	\$1,168	\$1,168
대만	9	\$1,166	\$1,166
일본	36	\$1,034	\$1,045
네덜란드	3	\$656	\$656
싱가포르	18	\$649	\$649
케이먼 제도	5	\$477	\$477
러시아	1	\$460	\$460

출처: Crunchbase(CSET 분석)

표 8A. AI 논문 인용 수 상위 국가, 2010~2021

국가	인용 수
미국	10,945,034
중국	7,757,180
영국	2,868,630
독일	2,092,698
캐나다	1,939,450
호주	1,715,509
프랑스	1,528,947
이탈리아	1,279,723
인도	1,063,419
스페인	951,486
일본	905,095
네덜란드	836,258
스위스	832,960
한국	771,947
이스라엘	711,213

출처: CSET 통합 말뚝치

표 9A. 최고 컴퓨터 과학 학회 AI 논문 발표 상위 15 개국, 2016~2021.

국가	AI 논문 수
미국	31,137
중국	19,283
영국	6,717
호주	4,759
독일	4,350
캐나다	3,430
이스라엘	2,816
프랑스	2,798
일본	2,229
싱가포르	2,223
스위스	2,181
한국	2,077
인도	2,069
이탈리아	1,774
네덜란드	1,134

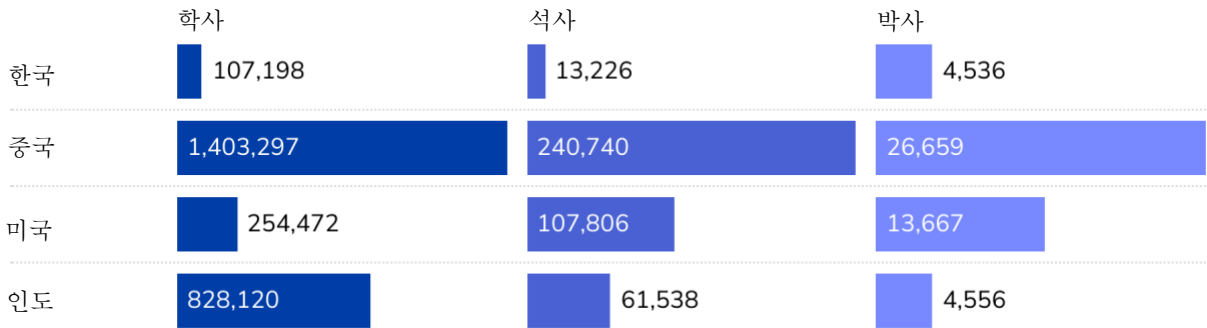
출처: CSET 통합 말뭉치

참고: 이 표는 최고 컴퓨터 과학 학회 AI 논문 데이터를 보여준다. 최고 컴퓨터 과학 학회 목록은 CSRankings 의 목록이 사용되었다.¹¹³ 아래는 그 목록이다.

- AAAI Conference on Artificial Intelligence
- International Joint Conference on Artificial Intelligence
- IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition
- European Conference on Computer Vision
- International Conference on Machine Learning
- International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining
- Conference on Neural Information Processing Systems
- Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics
- Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics
- Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing
- International Conference on Research and Development in Information Retrieval
- International World Wide Web Conference

미국

표 10A. 학위별 공학대학교 졸업자, 2021.



출처: 교육통계연보(2021 년 판)

표 11A. AI 관련 학과 학위별 여성 졸업생 비중, 2007~2021.

연도	학사	석사	박사
2007	10.5%	13.0%	20.2%
2008	10.4%	12.7%	18.8%
2009	11.0%	12.9%	18.7%
2010	10.4%	13.1%	18.7%
2011	10.4%	14.0%	19.6%
2012	9.6%	14.1%	19.9%
2013	11.4%	16.3%	19.5%
2014	10.8%	14.9%	19.5%
2015	11.3%	14.8%	20.7%
2016	10.7%	16.4%	21.8%
2017	11.0%	17.0%	21.9%
2018	12.1%	16.9%	21.9%
2019	10.6%	18.1%	22.2%
2020	10.8%	18.3%	23.2%
2021	11.7%	19.4%	24.6%

출처: 교육통계연보(2007~2021)

저자

Cole McFaul 은 CSET(Center for Security and Emerging Technology)의 연구 분석가이고 Rebecca Gelles 는 데이터 과학자, Margarita Konaev 는 분석 부부장이다. Husanjot Chahal 은 2022 년 2 월까지 CSET 에서 연구 분석가로 있었다.

감사의 글

저자들은 많은 의견과 도움을 준 Catherine Aiken, Igor Mikolic-Torreira, Sara Abdulla, Ngor Luong, Owen Daniels, Luke Koslosky, Jacob Feldgoise, Hanna Dohmen, Tessa Baker 와 사실 확인 작업을 담당한 Dale Brauner 에게 감사 인사를 전합니다. 또한 문서 검토와 여러 제안을 해주신 University of Notre Dame 의 이용석 교수님과 Center for Strategic and International Studies 의 Matthew Reynolds 님에게도 감사를 전합니다.



© 2023 by the Center for Security and Emerging Technology. 이 문서는 크리에이티브 커먼즈 저작자표시-비영리 4.0 국제 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.

이 라이선스는 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>에서 살펴보실 수 있습니다.

Document Identifier: doi: 10.51593/###

미주

¹ Fei-Yue Wang, Jun Jason Zhang, Xihu Zheng, Xiao Wang, Yong Yuan, Xiaoxiao Dai, Jie Zhang, and Liuqing Yang. "Where Does AlphaGo Go: From Church-Turing Thesis to AlphaGo Thesis and Beyond." *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica* 3, no. 2 (April 2016): 113 – 20. <https://doi.org/10.1109/JAS.2016.7471613>.

² Mark Zastrow. "South Korea Trumpets \$860-Million AI Fund after AlphaGo 'Shock.'" *Nature*, March 18, 2016. <https://www.nature.com/articles/nature.2016.19595>.

³ Zastrow, "South Korea Trumpets \$860-Million AI Fund after AlphaGo 'Shock.'"

⁴ Zastrow, "South Korea Trumpets \$860-Million AI Fund after AlphaGo 'Shock.'"

⁵ *Yonhap News Agency*. "S. Korea to Spend Nearly 13 Tln Won on Digital New Deal in 2021." January 6, 2021. <https://en.yna.co.kr/view/AEN20210106006100320>.

Troy Stangarone. "COVID-19 Underscores the Benefits of South Korea's Artificial Intelligence Push." *The Diplomat*, December 7, 2020. <https://thediplomat.com/2020/12/covid-19-underscores-the-benefits-of-south-koreas-artificial-intelligence-push/>.

Ministry for Science and ICT. "Government R&D Investment Direction and Standard for 2021 (Proposal) (Mar. 12)," March 12, 2020. <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&pageIndex=&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=418&searchOpt=&searchTxt=>.

⁶ Michael J. Seth. "South Korea's Economic Development, 1948 – 1996." *Asian History*, December 19, 2017. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190277727.013.271>.

⁷ Cheng-fen Chen and Graham Sewell. "Strategies for Technological Development in South Korea and Taiwan: The Case of Semiconductors." *Research Policy* 25, no. 5 (August 1996): 759 – 83.

Marianna Makri, Michael A. Hitt, and Peter J. Lane. "Complementary Technologies, Knowledge Relatedness, and Invention Outcomes in High Technology Mergers and Acquisitions." *Strategic Management Journal* 31, no. 6 (June 2010): 602 – 28. <https://doi.org/10.1002/smj.829>.

⁸ 2019 년에 민간 R&D 투자 금액은 한국 총 R&D 투자 금액의 거의 80%에 육박했으며, 이는 스위스, 독일, 스웨덴보다 많은 것이다.

Dayton, Leigh. "How South Korea Made Itself a Global Innovation Leader." *Nature*, May 28, 2020. <https://www.nature.com/nature-index/news-blog/how-south-korea-made-itself-a-global-innovation-leader-research-science>.

⁹ World Bank, UNESCO Institute for Statistics, "Research and Development Expenditure (% of GDP)," <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.

¹⁰ Leigh Dayton. “How South Korea Made Itself a Global Innovation Leader.” *Nature*, May 28, 2020. <https://www.nature.com/nature-index/news-blog/how-south-korea-made-itself-a-global-innovation-leader-research-science>.

¹¹ Ministry of Science and ICT, Artificial Intelligence Policy Division, *National Strategy for Artificial Intelligence* (Sejong: The Government of the Republic of Korea, December 2019). https://wp.oecd.ai/app/uploads/2021/12/Korea_National_Strategy_for_Artificial_Intelligence_2019.pdf.

¹² Ministry of Science and ICT, Artificial Intelligence Policy Division, *National Strategy for Artificial Intelligence*

¹³ Kyle Ferrier. “Can Emerging Technologies Cushion South Korea’s Demographic Downturn?” *Demographics and the Future of South Korea*. Carnegie Endowment for International Peace, June 29, 2021. <https://carnegieendowment.org/2021/06/29/can-emerging-technologies-cushion-south-korea-s-demographic-downturn-pub-84823>.

¹⁴ *Yonhap News Agency*. “Yoon Vows to Raise S. Korea’s AI Competitiveness to 3rd in World.” September 28, 2022. <https://en.yna.co.kr/view/AEN20220928005200315>.

Sea Young Kim. “Yoon Suk-Yeol and South Korea’s Digital Platform: A ‘Smarter’ Future?” *Korea Economic Institute of America*, April 26, 2022. <https://keia.org/the-peninsula/yon-suk-yeol-and-south-koreas-digital-platform-a-smarter-future/>.

¹⁵ Jae-in Moon, “Opening Remarks by President Moon Jae-in at 6th Cabinet Meeting” (6th Cabinet Meeting, Seoul, February 12, 2019), <https://www.korea.net/Government/Briefing-Room/Presidential-Speeches/view?articleId=168015>.

¹⁶ Andrew Salmon, “Korea aims for the sky in masterplan for big data,” *Asia Times*, March 11, 2021, <https://asiatimes.com/2021/03/korea-aims-for-the-sky-in-masterplan-for-big-data/>

¹⁷ Kan Hyeong-woo, “Korea to Invest W24.7tr in Science R&D next Year,” *The Korea Herald*, June 28, 2022, <https://www.koreaherald.com/view.php?ud=20220628000638>.

¹⁸ Dongwoo Kim, “South Korea as a Fourth Industrial Revolution Middle Power?,” Special Report (Washington, D.C.: Korea Economic Institute of America, October 20, 2021), https://keia.org/wp-content/uploads/2021/10/KEI_SMA_Dongwoo-Kim_FINAL.pdf.

Kyunghee Song, “Korea Is Leading an Exemplary AI Transition. Here’s How.,” *OECD AI Policy Observatory*, March 10, 2022, <https://oecd.ai/en/wonk/korea-ai-transition>.

¹⁹ “Korea Kicks Off ‘Data Dam,’” *PR Newswire*, July 6, 2021, <https://www.prnewswire.com/news-releases/korea-kicks-off-data-dam-301325717.html>

²⁰ Andrew Salmon, “Korea Aims for the Sky in Masterplan for Big Data,” *Asia Times*, March 11, 2021, <https://asiatimes.com/2021/03/korea-aims-for-the-sky-in-masterplan-for-big-data/>.

²¹ Joo-Wan Kim, “KFTC Acts on Amazon’s Large Share of S.Korea’s Cloud Market,” The Korea Economic Daily, December 29, 2022, <https://www.kedglobal.com/cloud-computing/newsView/ked202212290009>.

²² Kyle Ferrier. “Can Emerging Technologies Cushion South Korea’s Demographic Downturn?” Demographics and the Future of South Korea. Carnegie Endowment for International Peace, June 29, 2021. <https://carnegieendowment.org/2021/06/29/can-emerging-technologies-cushion-south-korea-s-demographic-downturn-pub-84823>.

²³ Tim Hwang, “Computational Power and the Social Impact of Artificial Intelligence,” Arxiv, March 23, 2018, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1803.08971>.

Saif M. Khan and Alexander Mann, “AI Chips: What They Are and Why They Matter” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, April 2020), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/AI-Chips%E2%80%94What-They-Are-and-Why-They-Matter.pdf>.

²⁴ Semiconductor production requires several inputs: materials, semiconductor manufacturing equipment (SME), electronic design automation (EDA), and core intellectual property (IP). Khan et al. “The Semiconductor Supply Chain.”

Saif M. Khan, Alexander Mann, and Dahlia Peterson, “The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, January 2021). <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/Securing-Semiconductor-Supply-Chains-Policy-Brief.pdf>.

²⁵ 미국의 반도체 산업은 글로벌 반도체 공급망 총 가치의 35%를 차지한다. 그리고 일본은 13%, 대만은 10%, 유럽은 10%, 중국은 11%, 기타 국가는 5%를 차지한다. “State of the U.S. Semiconductor Industry, 2022” (Semiconductor Industry Association, November 2022). [SIA_State-of-Industry-Report_Nov-2022.pdf](https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/SIA_State-of-Industry-Report_Nov-2022.pdf)

²⁶ Will Hunt, “Sustaining U.S. Competitiveness in Semiconductor Manufacturing” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, January 2022). <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Sustaining-U.S.-Competitiveness-in-Semiconductor-Manufacturing-1.pdf>.

²⁷ Antonio Varas, Raj Varadarajan, Jimmy Goodrich, and Falan Yinug, “Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing” (Boston Consulting Group and Semiconductor Industry Association, 2020). <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/09/Government-Incentives-and-US-Competitiveness-in-Semiconductor-Manufacturing-Sep-2020.pdf>

²⁸ Saif M. Khan and Alexander Mann, “AI Chips: What They Are and Why They Matter” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, April 2020) <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/AI-Chips%E2%80%94What-They-Are-and-Why-They-Matter.pdf>. Saif M. Khan, Alexander Mann, and Dahlia Peterson, “The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, April 2020), <https://cset.georgetown.edu/publication/the-semiconductor-supply-chain/>

²⁹ Saif M. Khan and Alexander Mann, "AI Chips: What They Are and Why They Matter" (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, April 2020), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/AI-Chips%E2%80%94What-They-Are-and-Why-They-Matter.pdf>.

³⁰ Saif M. Khan and Carrick Flynn, "Maintaining China's Dependence on Democracies for Advanced Computer Chips," *Global China: Assessing China's Growing Role in the World* (Washington, D.C.: Brookings Institution, April 2020), https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2020/04/FP_20200427_computer_chips_khan_flynn.pdf;

"Samsung Begins Chip Production Using 3nm Process Technology With GAA Architecture," *Samsung Newsroom*, June 30, 2022, <https://news.samsung.com/global/samsung-begins-chip-production-using-3nm-process-technology-with-gaa-architecture>; "TSMC Holds 3nm Volume Production and Capacity Expansion Ceremony, Marking a Key Milestone for Advanced Manufacturing," *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company*, December 29, 2022, <https://pr.tsmc.com/english/news/2986>.

³¹ Will Hunt, "Sustaining U.S. Competitiveness in Semiconductor Manufacturing" (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, January 2022). <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Sustaining-U.S.-Competitiveness-in-Semiconductor-Manufacturing-1.pdf>.

³² 유럽과 중동의 생산량은 벨기에의 IMEC 사가 R&D 용으로 생산하는 반도체이다.

³³ 인텔은 6~7nm 반도체를 생산할 수 있지만 아직 판매하고 있지 않다. 인텔이 생산 중인 10nm 반도체는, TSMC 와 Samsung 의 7nm 반도체와 경쟁할 수 있는 수준이다.

³⁴ 다른 메모리 반도체 종류로는 SRAM, EPROM, MASK ROM 과 NOR 플래시 등이 있다.

Dylan Patel, "The History And Timeline Of Flash Memory," *SemiAnalysis*, August 5, 2022, <https://www.semianalysis.com/p/the-history-and-timeline-of-flash>.

³⁵ Will Hunt, "Sustaining U.S. Competitiveness in Semiconductor Manufacturing" (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, January 2022). <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Sustaining-U.S.-Competitiveness-in-Semiconductor-Manufacturing-1.pdf>.

³⁶ "Micron Technology Expanding Investment and Building up Its Major DRAM Site in Taiwan," InvestTaiwan, n.d., <https://investtaiwan.nat.gov.tw/showSuccess104eng?lang=eng&search=2&key=104>.

³⁷ In-Seol Jeong, Ji-Eun Jeong, and Jeong-Soo Hwang, "Samsung, SK Hynix Face Cap on Tech Level of Chips Made in China," *The Korea Economic Daily*, February 24, 2023, <https://www.kedglobal.com/korean-chipmakers/newsView/ked202302240027#:~:text=Samsung%20has%20invested%20%2425.8%20billion,billion>.

³⁸ In-Seol Jeong, Ji-Eun Jeong, and Jeong-Soo Hwang, "Samsung, SK Hynix Face Cap on Tech Level of Chips Made in China," *The Korea Economic Daily*, February 24, 2023, <https://www.kedglobal.com/korean-chipmakers/newsView/ked202302240027#:~:text=Samsung%20has%20invested%20%2425.8%20billion,billion>.

[chipmakers/newsView/ked202302240027#:~:text=Samsung%20has%20invested%20%2425.8%20billion,billion.](https://www.kedglobal.com/newsView/ked202302240027#:~:text=Samsung%20has%20invested%20%2425.8%20billion,billion.)

³⁹ In-Seol Jeong, Ji-Eun Jeong, and Jeong-Soo Hwang, “Samsung, SK Hynix Face Cap on Tech Level of Chips Made in China,” *The Korea Economic Daily*, February 24, 2023, <https://www.kedglobal.com/korean-chipmakers/newsView/ked202302240027#:~:text=Samsung%20has%20invested%20%2425.8%20billion,billion.>

⁴⁰ Saif M. Khan, Alexander Mann, and Dahlia Peterson, “The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, January 2021). <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/Securing-Semiconductor-Supply-Chains-Policy-Brief.pdf>.

⁴¹ Statista, “DRAM Manufacturers Revenue Share Worldwide from 2011 to 2022, by Quarter,” <https://www.statista.com/statistics/271726/global-market-share-held-by-dram-chip-vendors-since-2010/>.

Kotaro Hosokawa, “Micron Challenges Samsung’s Dominance in Memory Market,” *Nikkei Asia*, May 23, 2021, <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/Micron-challenges-Samsung-s-dominance-in-memory-market>.

⁴² Karen M. Sutter, “China’s New Semiconductor Policies: Issues for Congress” (Washington, D.C.: Congressional Research Service, April 20, 2021), <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46767>.

Julie Zhu, “Exclusive: China Readying \$143 Billion Package for Its Chip Firms in Face of U.S. Curbs,” Reuters, December 13, 2022, <https://www.reuters.com/technology/china-plans-over-143-bln-push-boost-domestic-chips-compete-with-us-sources-2022-12-13/>.

⁴³ “China’s Share of Global Chip Sales Now Surpasses Taiwan’s, Closing in on Europe’s and Japan’s,” *Semiconductor Industry Association* (blog), January 10, 2022, <https://www.semiconductors.org/chinas-share-of-global-chip-sales-now-surpasses-taiwan-closing-in-on-europe-and-japan/>

⁴⁴ Chris Miller, “China Can Sway Chip Markets without Overtaking U.S.: Chris Miller,” *Nikkei Asia*, March 23, 2023, <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/China-can-sway-chip-markets-without-overtaking-U.S.-Chris-Miller>.

⁴⁵ 2004 년 이후 한국 GDP 의 35% 이상을 수출이 차지했다.

World Bank, “Exports of goods and services (% of GDP) - Korea, Rep.,” <https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.ZS?locations=KR>.

⁴⁶ Troy Stangarone, “The Role of South Korea in the U.S. Semiconductor Supply Chain Strategy,” *The National Bureau of Asian Research*, April 13, 2023, <https://www.nbr.org/publication/the-role-of-south-korea-in-the-u-s-semiconductor-supply-chain-strategy/>.

⁴⁷ Jun Seul-gi, “Overreliance on Semiconductors Drives S. Korea’s Economic Recovery,” Hankyoreh, April 23, 2021, https://english.hani.co.kr/arti/english_edition/e_business/992372.html.

⁴⁸ Jeremy Mark and Dexter Tiff Roberts, “United States – China Semiconductor Standoff: A Supply Chain under Stress” (Atlantic Council, February 23, 2023), <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/united-states-china-semiconductor-standoff-a-supply-chain-under-stress/>.

⁴⁹ Hyun-bin Kim, “Korean Chipmakers Need to Reduce Dependence on China, Expand Presence in U.S.,” *The Korea Times*, December 28, 2022, https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2022/12/419_342556.html.

Kim Hye-na, “[Planning] China-Dependent Firms ‘Difficult in Korea’ ([기획]중국 의존도 높은 中企 ‘국내에선 어렵다’),” *Maeil Daily*, February 9, 2023, <https://www.m-i.kr/news/articleView.html?idxno=986394>.

Lee Ho-gil, “Semiconductor Raw Material Imports, Reduce Dependence on China to Lower Risk (‘반도체 원료수입, 중국 의존도 줄여 리스크 낮춰야’),” *Sisa Journal of Economics*, January 11, 2022, <http://www.sisajournal-e.com/news/articleView.html?idxno=249723>.

Lee Eun-young, “Share of Semiconductor Exports to China Has Increased 13 Times in 20 Years... ‘We Need to Widen the Technology Gap’ (반도체 중국 수출 비중, 20 년새 13 배↑... ‘기술격차 벌려야’),” *Chosun Biz*, August 21, 2022, <https://biz.chosun.com/industry/company/2022/08/21/4YWD22HBCRHDFGV2QKEBUKP3RE/>.

⁵⁰ 중국의 경제적 강압책에 대한 분석으로 다음을 참조:

Matthew Reynolds and Matthew P. Goodman, “Deny, Deflect, Deter: Countering China’s Economic Coercion” (Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies, March 21, 2023), <https://www.csis.org/analysis/deny-deflect-deter-countering-chinas-economic-coercion>.

⁵¹ Matthew Reynolds and Matthew P. Goodman, “Deny, Deflect, Deter: Countering China’s Economic Coercion” (Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies, March 21, 2023), <https://www.csis.org/analysis/deny-deflect-deter-countering-chinas-economic-coercion>.

⁵² Agathe Demarais, “How the U.S.-Chinese Technology War Is Changing the World,” *Foreign Policy*, November 19, 2022, <https://foreignpolicy.com/2022/11/19/demarais-backfire-sanctions-us-china-technology-war-semiconductors-export-controls-biden/>.

⁵³ Demetri Sevastopulo, “US Urges South Korea Not to Fill China Shortfalls If Beijing Bans Micron Chips,” *Financial Times*, April 23, 2023, <https://www.ft.com/content/64c58ee2-a604-4d31-84f4-bc0aa6d8343a>.

⁵⁴ Jeremy Mark and Dexter Tiff Roberts, “United States – China Semiconductor Standoff: A Supply Chain under Stress” (Atlantic Council, February 23, 2023), <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/united-states-china-semiconductor-standoff-a-supply-chain-under-stress/>.

Sam Kim, "South Korea's Dominance in Memory Chips Poised to Increase as US Squeezes China," *Bloomberg*, April 20, 2023, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-04-21/south-korea-s-dominance-in-memory-chips-poised-to-increase-as-us-squeezes-china#xj4y7vzkg>.

⁵⁵ Ryo Makioka and Hongyong Zhang, "The Impact of Export Controls on International Trade: Evidence from the Japan-Korea Trade Dispute in Semiconductor Industry," RIETI Discussion Paper Series 23-E-017 (Research Institute of Economy, Trade and Industry, February 23, 2023), <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/3e5537ac17a795823a3e3c46b12c0351-0050022023/related/25-The-Impact-of-Export-Controls-on-International-Trade-Evidence-from-the-Japan-Korea-Trade-Dispute-in-Semiconductor-Industry.pdf>.

⁵⁶ "How Rare-Gas Supply Adapted to Russia's War," *The Economist*, March 30, 2023, <https://www.economist.com/finance-and-economics/2023/03/30/how-rare-gas-supply-adapted-to-russias-war>.

Ji-Eun Jeong, "Samsung to Use Rare Gas Produced by POSCO for Chip Manufacturing," *The Korea Economic Daily*, October 28, 2023, <https://www.kedglobal.com/korean-chipmakers/newsView/ked202210280010>.

"An Industry First: SK Hynix Sources Neon Gas Locally, Increases Its Use in Chip Production to 40%," *SK Hynix Newsroom*, October 7, 2022, <https://news.skhynix.com/sk-hynix-sources-neon-gas-locally/>.

⁵⁷ Kotaro Hosokawa, "South Korea Fights Supply-Chain Risks with Economic Security Team," *Nikkei Asia*, December 15, 2021, <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Supply-Chain/South-Korea-fights-supply-chain-risks-with-economic-security-team>.

"South Korea," *Supply Chains: A Shifting Indo-Pacific* (Asia Society Policy Institute, n.d.), <https://asiasociety.org/policy-institute/supply-chains-shifting-indo-pacific/south-korea>.

⁵⁸ Dewey Murdick, "Patents and Artificial Intelligence: A Primer" (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, September 2020) <https://cset.georgetown.edu/publication/patents-and-artificial-intelligence/>

⁵⁹ Jay A. Erstling and Ryan E. Strom, "Korea's Patent Policy and Its Impact on Economic Development: A Model for Emerging Countries?," *San Diego International Law Journal*, no. 11 (2010): 441 - 80.

⁶⁰ "Annual Report 2020" (Korean Intellectual Patent Office, June 2021), https://www.kipo.go.kr/upload/en/download/Annual_Report_2020.pdf.

⁶¹ Patrick Thomas and Dewey Murdick, "Patents and Artificial Intelligence: A Primer" (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, September 2020), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Patents-and-Artificial-Intelligence.pdf>.

⁶² Margarita Konaev and Sara Abdulla, "Trends in Robotics Patents: A Global Overview and an Assessment of Russia" (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, October 2021), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Trends-in-Robotics-Patents.pdf>.

⁶³ Kelly Kasulis, “South Korea to Lower Patent Fees for Startups, IP Finance Banks,” *Bloomberg Law*, September 8, 2019, <https://news.bloomberglaw.com/ip-law/south-korea-to-lower-patent-fees-for-startups-ip-finance-banks>.

⁶⁴ Robyn Klingler-Vidra and Ramon Pacheco Pardo, “Beyond the Chaebol? The Social Purpose of Entrepreneurship Promotion in South Korea,” *Asian Studies Review* 43, no. 4 (September 2019): 637 – 56. <https://doi.org/10.1080/10357823.2019.1663576>.

⁶⁵ 전체 투자 시장을 완벽하게 파악하는 금융 데이터 세트는 없다. Crunchbase 의 단점은 중국에서 활동하는 AI 기업 수를 과소평가할 가능성이 높다는 것이다.

⁶⁶ “Match Group Closes Acquisition of Hyperconnect,” *PR Newswire*, June 17, 2021, <https://www.prnewswire.com/news-releases/match-group-closes-acquisition-of-hyperconnect-301314582.html>.

⁶⁷ 이 방법에 대한 자세한 정보는 다음을 참조: Zachary Arnold, Ilya Rahkovsky, and Tina Huang, “Tracking AI Investment: Initial Findings from the Private Markets” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, September 2020), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Tracking-AI-Investment.pdf>.

⁶⁸ “KT Acquires Video Search Firm Enswers for W45b,” *The Korea Herald*, December 5, 2011, <https://www.koreaherald.com/view.php?ud=20111205000555>.

⁶⁹ “Riiid Raises \$41.8 Million to Expand Its AI Test Prep Apps,” *VentureBeat*, July 23, 2020, <https://venturebeat.com/ai/riiid-raises-41-8-million-to-expand-its-ai-test-prep-apps/>

⁷⁰ “Lunit Secures \$26M in Series C Funding Round, Led by Asian Investors,” *Lunit Media*, January 7, 2020, <https://www.lunit.io/en/company/news/lunit-secures-26m-in-series-c-funding-round-led-by-asian-investors>.

⁷¹ Wendy A. Bradley, Gilles Duruflé, Thomas F. Hellmann, and Karen E. Wilson, “Cross-Border Venture Capital Investments: What Is the Role of Public Policy?” *Journal of Risk and Financial Management* 12, no. 3 (2019): 112, <https://www.mdpi.com/1911-8074/12/3/112/htm>.

⁷² Husanjot Chahal et al., “Quad AI: Assessing AI-Related Collaboration between the United States, Australia, India and Japan” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, May 2022), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/Quad-AI.pdf>.

⁷³ Emily S. Weinstein and Ngor Luong, “U.S. Outbound Investment into Chinese AI Companies” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, February 2023), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-U.S.-Outbound-Investment-into-Chinese-AI-Companies.pdf>.

⁷⁴ “Artificial Intelligence Index Report 2022” (Stanford University: AI Index Steering Committee, Stanford Institute for Human-Centered AI, March 2022), 15, https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report_Master.pdf.

⁷⁵ 사용된 AI 연구 논문 분류 방법에 대한 자세한 정보는 다음을 참조: “Identifying the Development and Application of Artificial Intelligence in Scientific Text” and “AI Definitions Affect Policymaking.”

James Dunham, Jennifer Melot, and Dewey Murdick, “Identifying the Development and Application of Artificial Intelligence in Scientific Text,” arXiv preprint arXiv:2002.07143 (2020), <https://arxiv.org/abs/2002.07143>.

Dewey Murdick, James Dunham, and Jennifer Melot, “AI Definitions Affect Policymaking” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, June 2020), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-AI-Definitions-Affect-Policymaking.pdf>.

⁷⁶ “Top Publications: Engineering & Computer Science,” *Google Scholar*, n.d., https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues&hl=en&vq=eng.

Jin-hyung Park, “Korea ranked 3rd in the world for computer vision AI research, needs to speed up the training of AI talents (韓 컴퓨터 비전 AI 연구 세계 3 위, 실무 인재 양성도 속도내야),” *ETNews*, July 28, 2021, <https://www.etnews.com/20210728000170>.

⁷⁷ Jin-hyung Park, “Korea ranked 3rd in the world for computer vision AI research, needs to speed up the training of AI talents (韓 컴퓨터 비전 AI 연구 세계 3 위, 실무 인재 양성도 속도내야),” *ETNews*, July 28, 2021, <https://www.etnews.com/20210728000170>.

⁷⁸ Karen White, *Publications Output: U.S. Trends and International Comparisons* (Alexandria, VA: National Science Foundation | National Science Board, October 28, 2021), <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20214/international-collaboration-and-citations>

⁷⁹ Husanjot Chahal et al., “Quad AI: Assessing AI-Related Collaboration between the United States, Australia, India and Japan” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, May 2022), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/Quad-AI.pdf>.

⁸⁰ Husanjot Chahal et al., “Quad AI: Assessing AI-Related Collaboration between the United States, Australia, India and Japan” (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, May 2022), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/Quad-AI.pdf>.

⁸¹ 예를 들어, 한국의 디지털 뉴딜 정책은 자율 주행 기술과 생명 공학 기술 개발에 예산을 배정하고 있다.

“2022 Digital New Deal Action Plan (‘22 년 디지털 뉴딜 실행계획 ’)” (Ministry of Science and ICT, January 26, 2022), https://doc.msit.go.kr/SynapDocViewServer/viewer/doc.html?key=bc780190a77f4b1faf690c19ed6f44f6&convType=html&convLocale=ko_KR&contextPath=/SynapDocViewServer/.

⁸² Euiryeong Jeong, “Education Reform for the Future: A Case Study of Korea,” *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology* 16, no. 3 (2020): 66 – 81.

⁸³ 다음의 예 참조:

Seong-O Bae and John Lie, "The Coming Crisis of Scientific and Technological Expertise in South Korea," *Asian Survey* 56, no. 4 (August 2016): 676 – 706.

Man-Su Choe et al., "South Korea to Cut Red Tape, Raise Student Quota to Grow Chip Talent," *The Korea Economic Daily*, July 19, 2022, <https://www.kedglobal.com/korean-chipmakers/newsView/ked202207190018>.

Man-Su Choe, Ji-Eun Jeong, and Ye-Rin Choi, "Why Korean Chipmakers Struggle with Talent Shortages," *The Korea Economic Daily*, June 10, 2022, <https://www.kedglobal.com/the-deep-dive/newsView/ked202206100004>.

Jin-hyung Park, "Korea ranked 3rd in the world for computer vision AI research, needs to speed up the training of AI talents (韓 컴퓨터 비전 AI 연구 세계 3 위, 실무 인재 양성도 속도내야)," *ETNews*, July 28, 2021, <https://www.etnews.com/20210728000170>.

Steven Borowiec, "South Korea Pledges Help for Small Firms as Population Slide Looms," *Nikkei Asia*, September 21, 2019, <https://asia.nikkei.com/Economy/South-Korea-pledges-help-for-small-firms-as-population-slide-looms>.

⁸⁴ Euiryeong Jeong, "Education Reform for the Future: A Case Study of Korea," *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology* 16, no. 3 (2020): 66 – 81.

Benson Neethipudi et al., "How South Korea Implemented Its Computer Science Education Program" (Center for Universal Education at the Brookings Institution, October 2021), https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2021/10/How-S-Korea-implemented-its-CS-program_FINAL.pdf.

⁸⁵ "Doctor's Degrees Conferred by Postsecondary Institutions, by Field of Study: Selected Academic Years, 1970-71 through 2020-21" (National Center for Education Statistics: Digest of Education Statistics 2021), https://nces.ed.gov/programs/digest/d22/tables/dt22_324.10.asp.

"All India Survey on Higher Education 2020-2021" (New Delhi: Department of Higher Education, Ministry of Education, Government of India, 2022).

"Statistical Yearbook of Education 2021" (Department of Education, Korean Educational Development Institute, 2021), <https://kess.kedi.re.kr/eng/publ/view?survSeq=2021&publSeq=2&menuSeq=0&itemCode=02&language=en>.

"China Statistical Yearbook 2021" (China Statistics Press, 2021), <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2021/indexeh.htm>.

⁸⁶ Seong-O Bae and John Lie, "The Coming Crisis of Scientific and Technological Expertise in South Korea," *Asian Survey* 56, no. 4 (August 2016): 676 – 706.

Kyunghee Song, "Korea Is Leading an Exemplary AI Transition. Here's How," *OECD.AI* (blog), March 10, 2022, <https://oecd.ai/en/work/korea-ai-transition>.

"MOTIE Presents Work Report under New Regime" (Ministry of Trade, Industry and Energy, July 12, 2022), https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_cd_n=2&bbs_seq_n=1017.

⁸⁷ "Training Tomorrow's AI Workforce"에 사용된 AI 관련 CIPS 코드를 통해 AI 관련 한국의 학문 분야를 분류했다. 그 결과 한국의 학문 분야는 항공 공학, 컴퓨터 과학 및 공학, 전기 공학, 전자 공학, 일반 공학, 산업 공학, 정보통신 공학, 수학, 기계 공학, 메카트로닉스 공학, 통계학으로 나뉘었다.

Diana Gehlhaus and Luke Koslosky, "Training Tomorrow's AI Workforce: The Latent Potential of Community and Technical Colleges" (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, April 2022), <https://cset.georgetown.edu/publication/training-tomorrows-ai-workforce/>

⁸⁸ "Number and percentage distribution of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) degrees/certificates conferred by postsecondary institutions, by race/ethnicity, level of degree/certificate, and sex of student: 2010-11 through 2019-20" (National Center for Education Statistics: Digest of Education Statistics 2021), https://nces.ed.gov/programs/digest/d21/tables/dt21_318.45.asp.

⁸⁹ Lee Hye-sun et al., "The State of Science and Engineering Graduate Students in the Age of the Demographic Cliff and How to Support Them ('인구절벽시대, 이공계 대학원생 현황과 지원방향')" (Science and Technology Policy Institute, October 19, 2022), <https://www.stepi.re.kr/site/stepiko/report/View.do?jsessionId=E984E4DF18FDDBA28C20DB035DFF9AB59?pageIndex=1&cateTypeCd=&tgtTypeCd=&searchType=&reIdx=315&cateCont=A0501&cbIdx=1292&searchKey=>.

⁹⁰ Anna J. Park, "Korea to Overhaul Visa System to Attract More Highly-Skilled Foreigners," *The Korea Times*, June 16, 2022, https://www.koreatimes.co.kr/www/biz/2022/06/488_331160.html.

⁹¹ "Statistical Report on International Students in China for 2018" (Ministry of Education, People's Republic of China, April 17, 2019), http://en.moe.gov.cn/documents/reports/201904/t20190418_378692.html.

⁹² "Fields of Study by Place of Origin" (Open Doors Data), <https://opendoorsdata.org/data/international-students/fields-of-study-by-place-of-origin/>.

⁹³ Remco Zwetsloot, Jacob Feldgoise, and James Dunham, "Stay Rates of International Ph.D. Graduates Across Nationality and STEM Fields" (Washington, D.C.: Center for Security and Emerging Technology, April 2020), <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Trends-in-U.S.-Intention-to-Stay-Rates.pdf>.

⁹⁴ "Registered Foreigners by Municipality and Immigration Status ('시군구별 및 체류자격별 등록외국인 현황')" (Ministry of Justice, Republic of Korea: Korean Statistical Information Service), https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=111&tblId=DT_1B040A11&conn_path=i2.

OECD, "Recruiting Immigrant Workers: Korea 2019," Recruiting Immigrant Workers (Paris: OECD Publishing, 2019), <https://doi.org/10.1787/9789264307872-en>.

⁹⁵ OECD, "Recruiting Immigrant Workers: Korea 2019," Recruiting Immigrant Workers (Paris: OECD Publishing, 2019), <https://doi.org/10.1787/9789264307872-en>

⁹⁶ Albert Kraeh, Fabian Jintae Froese, and Hyunmi Park, "Foreign Professionals in South Korea: Integration or Alienation?," in *After-Development Dynamics: South Korea's Contemporary Engagement with Asia*, by Anthony P. D. Costa (Oxford University Press, 2015), 185 - 200, <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198729433.003.0010>.

OECD, "Recruiting Immigrant Workers: Korea 2019," Recruiting Immigrant Workers (Paris: OECD Publishing, 2019), <https://doi.org/10.1787/9789264307872-en>.

⁹⁷ "Share of Women Graduates by Field of Education" (OECD: OECD Education at a Glance, 2015, 2015), <https://www.oecd.org/gender/data/shareofwomengraduatesbyfieldofeducation.htm>.

⁹⁸ Sophia Huyer, "Is the Gender Gap Narrowing in Science and Engineering?," in *UNESCO Science Report: Towards 2030* (UNESCO Publishing, 2015), 85 - 103, https://en.unesco.org/sites/default/files/usr15_is_the_gender_gap_narrowing_in_science_and_engineering.pdf.

⁹⁹ "Number and percentage distribution of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) degrees/certificates conferred by postsecondary institutions, by race/ethnicity, level of degree/certificate, and sex of student: 2010-11 through 2019-20" (National Center for Education Statistics: Digest of Education Statistics 2021), https://nces.ed.gov/programs/digest/d21/tables/dt21_318.45.asp.

¹⁰⁰ 한국 교육통계연보에는 AI 관련 분야 교수 데이터는 없고 공학 교수 데이터만 있다.

¹⁰¹ Karen Dynan, Jacob Funk Kirkegaard, and Anna Stansbury, "Why Gender Disparities Persist in South Korea's Labor Market" (Peterson Institute for International Economics, July 2022), <https://www.piie.com/sites/default/files/documents/wp22-11.pdf>.

¹⁰² Steven Borowiec, "South Korea Pledges Help for Small Firms as Population Slide Looms," *Nikkei Asia*, September 21, 2019, <https://asia.nikkei.com/Economy/South-Korea-pledges-help-for-small-firms-as-population-slide-looms>.

¹⁰³ Joel R. Campbell, "Building an IT Economy: South Korean Science and Technology Policy," *Issues in Technology Innovation* (Center for Technology Innovation at Brookings, September 2012), https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/CTI_19- Korea_Tech_Paper_Formatted.pdf.

¹⁰⁴ Tae Young Kwon, Woosuk Kim, and Ha Young Kang, "The Effect of THAAD on Korean Consumers and Distributors," *Journal of Marketing Thought* 4, no. 3 (2017): 50 - 65.

Victoria Kim, "When China and U.S. Spar, It's South Korea That Gets Punched," *Los Angeles Times*, November 19, 2020, <https://www.latimes.com/world-nation/story/2020-11-19/south-korea-china-beijing-economy-thaad-missile-interceptor>.

¹⁰⁵ Yen Nee Lee, "The Japan-South Korea Dispute Could Push up the Price of Your next Smartphone," *CNBC*, July 22, 2019, <https://www.cnbc.com/2019/07/23/japan-south-korea-dispute-impact-on-semiconductor-supply-chain-prices.html>.

Robin Harding and Edward White, "Japan Hits South Korea with Semiconductor Sanctions," *Financial Times*, July 1, 2019, <https://www.ft.com/content/1480fc96-9bab-11e9-9c06-a4640c9feebb>.

¹⁰⁶ Christian Davies et al., "US Struggles to Mobilise Its East Asian 'Chip 4' Alliance," *Financial Times*, September 12, 2022, <https://www.ft.com/content/98f22615-ee7e-4431-ab98-fb6e3f9de032>.

¹⁰⁷ Kyle Ferrier, "Can Emerging Technologies Cushion South Korea's Demographic Downturn?," *Demographics and the Future of South Korea* (Carnegie Endowment for International Peace, June 29, 2021), <https://carnegieendowment.org/2021/06/29/can-emerging-technologies-cushion-south-korea-s-demographic-downturn-pub-84823>.

¹⁰⁸ Colin I. Bradford et al., *Middle-Power Korea: Contributions to the Global Agenda* (Council on Foreign Relations Press, 2015), <https://www.cfr.org/report/middle-power-korea>.

¹⁰⁹ "U.S.-ROK Leaders' Joint Statement" (The White House, May 21, 2021), <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/05/21/u-s-rok-leaders-joint-statement/>.

¹¹⁰ Aaron Gregg, "Samsung Plans to Announce \$17 Billion Chip Factory in Texas: Report," *The Washington Post*, November 23, 2021, <https://www.washingtonpost.com/business/2021/11/23/samsung-chip-factory-taylor-texas/>.

TRD Staff, "Samsung's \$17B Deal Came with Texas-Sized Incentives," *The Real Deal*, December 29, 2021, <https://therealdeal.com/new-york/2021/12/29/samsungs-17-billion-deal-came-with-texas-sized-incentives/>.

¹¹¹ "FACT SHEET: United States - Republic of Korea Partnership" (The White House, May 21, 2021), <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/05/21/fact-sheet-united-states-republic-of-korea-partnership/>.

¹¹² "The United States and the Republic of Korea Reaffirm Commitment to Deepen Economic Partnership at the 7th Senior Economic Dialogue" (U.S. Department of State, December 13, 2022), <https://www.state.gov/the-united-states-and-the-republic-of-korea-reaffirm-commitment-to-deepen-economic-partnership-at-the-7th-senior-economic-dialogue/>.

¹¹³ 목록 결정에 사용된 방법에 대한 자세한 정보는 <http://csrankings.org/>에서 찾아볼 수 있다.