

산업공급망와치(WATCH)

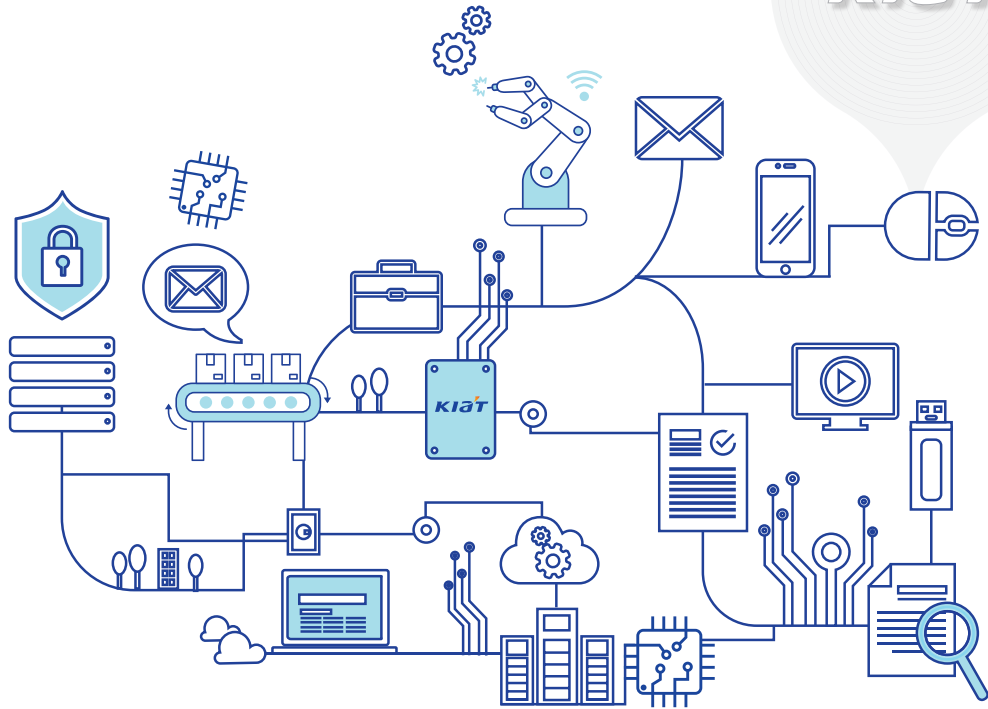
I S S U E P A P E R

2023

VOL. 1

Part 1

kiat



beyond leading technology **kiat**

한국산업기술진흥원

Contents

미국의 반도체 공급망 재편전략과 정책 시사

04

정형곤 선임연구위원, 대외경제정책연구원

반도체 산업 글로벌 공급망의 구조적 변화와 경쟁력 평가

18

박용정 연구위원(산업혁신팀장), 현대경제연구원

일본의 반도체 산업 잠재력

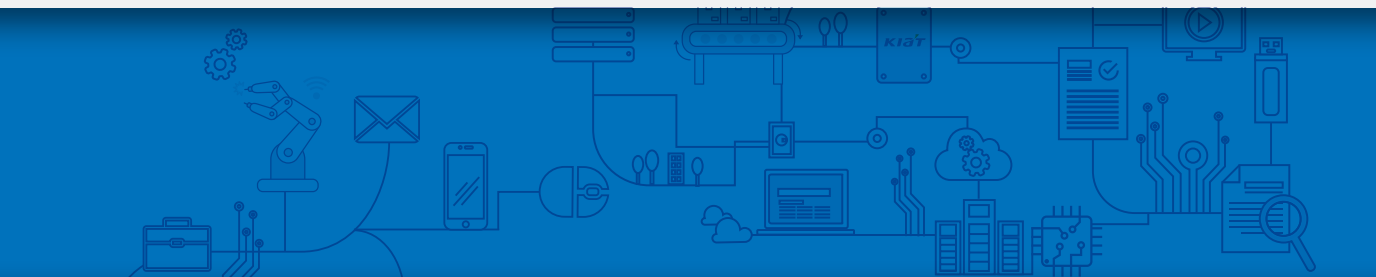
34

이지평 한국외국어대학교 특임강의교수

중국 반도체 산업 경쟁력과 정책 시사

46

이미혜 선임연구위원, 수출입은행 해외경제연구소



**반도체 원자재 공급망 동향 및
주요국 대응** _____ 62

김유정 책임연구원, 한국지질자원연구원

**디지털 바이오 혁신을 위한
바이오용 반도체 산업 경쟁력 제고** _____ 80

김형진 교수, 울산과학기술대학교

**첨단산업 경쟁력 확보를 위한
법률적 지원체계 현황 및 보완** _____ 94

홍지윤 파트너, 삼일회계법인

미국의 반도체 공급망 재편전략과 정책 시사

정 형 곤 | 선임연구원, 대외경제정책연구원

SUMMARY

- ▶ 2000년 미국은 세계 반도체 수출에서 20.7%, 수입 15.7%로 1위를 차지했으나, 2021년에는 5.4%의 점유율로 7위, 수입은 4.4%로 떨어져 세계 랭킹 6위로 하락, 비교우위를 상실한 반면, 중국(홍콩 제외)은 2000년 세계 반도체 수출의 1.6%에서 2021년 18.1%로 급성장함(수입은 35.8%로 1위).
- ▶ 미국은 중국 반도체 기술의 급속한 발전이 국가안보에 상당한 위협을 초래할 수 있다고 인식, 대중 반도체 수출, 투자, 금융 분야에 제재를 가하고 있음.
- ▶ 또한 미 행정부는 글로벌 반도체 공급망 재편을 통해 미국 중심의 반도체 공급망을 강화하고 이를 통해 반도체를 비롯한 미래 첨단산업을 적극적으로 육성하려는 산업정책을 추진 중임.
- ▶ 미국은 2022년 10월 중국 내 반도체 생산기업에 미국산 첨단 반도체 수출 및 반도체 장비의 대중 수출을 제한하는 수출 통제 조치를 발표함.
- ▶ 제재에는 미국의 기술이나 소프트웨어를 활용해 반도체를 생산하는 외국기업에 대한 통제도 포함되어 우리 기업들도 영향을 받고 있음.
- ▶ 현재 중국에 진출한 우리 기업들이 생산하고 있는 메모리 반도체의 기술 수준은 첨단과 범용기술 제품 사이로 미국의 제재 수준에 근접하고 있는 상황임.
- ▶ 미국에 투자 계획이 있는 우리 기업들은 미 반도체법에 따른 보조금 수령 시 중국에 이미 투자한 설비에 대한 업그레이드와 신규장비 도입이 불가능함.
- ▶ 결과적으로 중국에 진출한 삼성전자와 SK하이닉스는 현재의 생산설비를 유지할 수밖에 없는 상황이며 생산 용량과 질적 수준 향상은 어려울 것으로 판단됨.
- ▶ 이는 자연스럽게 우리 반도체 기업들의 중국시장에서의 영향력 약화를 의미하며, 중장기적으로 중국 시장에서의 매출 감소 문제에 직면할 가능성이 높음.
- ▶ 또한 미국 주도의 글로벌 반도체 공급망 재편과 자국 반도체 산업 육성은 미국 내 반도체 제조를 위한 새로운 생태계가 조성됨을 의미, 향후 반도체 제조 관련 경쟁이 보다 더 치열해질 것으로 전망됨.
- ▶ 우리 정부는 ① 반도체 R&D 인력 확충을 위한 시급한 대책 마련, ② 대학 반도체학과 신증설, ③ 반도체 전문대학원 설립, ④ 반도체 중합연구원 설립을 통한 기술력 확보, ⑤ 국제 공동 R&D 투자 촉진 및 외국 R&D 센터 유치, ⑥ 수도권에 반도체 공장입지 지원, ⑦ 중소벤처기업의 고급인력 채용을 위한 제도 개선을 적극적으로 추진해야 함.

KEY WORD

반도체 공급망, 미국의 반도체 공급망 재편, 미중 기술패권 경쟁, 한국의 반도체 산업 육성

1 배경

◆ 미국 행정부는 국가안보 및 경제에 직결되는 반도체 공급망에 대해 강인한(resilient) 기반을 구축하기 위한 전략을 적극적으로 추진 중임.

- 미국의 반도체 공급망 재편 전략은 아시아 지역이 세계 반도체 생산능력의 80%를 차지하고 있고, 심각한 양안 갈등과 북핵 위협 등을 비롯한 지정학적 리스크가 매우 크기 때문에 지나치게 동아시아에 반도체 제조를 의존해서는 안 된다는 인식에 기반을 둠.
 - 미국 바이든 행정부와 기업들은 지정학적 위험도가 높은 동아시아 기업에 더 이상 반도체 제조를 의존할 수 없다는 위기감을 크게 느낌.
- 특히 미국 내에서는 반도체와 같이 국방물자의 핵심기술을 지정학적으로 위험한 동아시아에 의존함으로써, 국가안보에 심각한 우려가 된다는 반도체 민족주의(Semiconductor Nationalism)도 부각되고 있음.
- 바이든 행정부는 최첨단 파운드리 시설이 미국 내에 입지해야 한다는 인식이 강해 이를 위해 반도체 산업 육성을 위한 법안 발의와 함께 삼성전자 및 TSMC와 같은 최첨단 기술 보유기업을 자국으로 유인함.
- 아울러 중국의 반도체 기술은 중국제조 2025를 통해 급속한 발전을 이루고 있으며, 이는 미국의 국가안보에 상당한 위협을 초래할 수 있다고 인식, 중국에 대한 적극적 제재에 나섬.
 - 바이든 행정부는 중국 반도체 산업을 겨냥해 각종 수출, 투자 그리고 금융 분야 등에 제재를 가하고 있음.
- 상기 언급한 인식에 기반, 현재 미 행정부는 글로벌 반도체 공급망 재편을 통해 미국 중심의 반도체 공급망을 강화하고 이를 통해 반도체를 비롯한 미래 첨단산업을 적극적으로 육성하려는 산업정책의 일대 전환을 추진 중임.

2 현황 및 주요 현안

◆ 지난 20년간 미국과 중국의 반도체 제조 및 생산에 있어 현격한 격차가 나타남.

- 중국 반도체 산업은 2000년 이후 수출이 연평균 26%라는 놀라운 성장률을 보이며 미국 반도체 산업의 평균 수출 증가율인 6%를 크게 웃돌고 있음.¹⁾
- 중국 반도체 산업의 연평균 수입 증가율도 23%로 높아졌음.
 - 이러한 성장은 AI, 5G, 자율주행차의 기술발전과 더불어 스마트폰 75%, 태블릿 80%, 노트북 90%, 디지털TV 50%, 디스플레이 패널 90%, 통신용 셋톱박스 60%를 중국이 생산함에 따른 반도체 수요에 의한 성장임.²⁾
- 2000년 미국은 세계 반도체 수출의 20.7%(607억 8천만 달러)를 차지하며 반도체 수출의 선두주자였으나 2021년에는 5.4%(619억 3천만 달러)의 점유율로 7위로 떨어짐.
- 반면, 2000년 홍콩의 반도체 수출은 전 세계 반도체 수출의 4.4%(1,305억 달러)로 6위를 차지했지만, 2021년에는 전 세계 수출의 19.9%(2,297억 5천만 달러)로 세계 1위를 차지함.
- 중국 역시 2000년에는 반도체 수출이 세계 전체의 1.6%(45억 8천만 달러)에 불과했으나 2021년 점유율이 18.1%(2,094억 2천만 달러)로 급성장해 홍콩 다음으로 세계에서 두 번째로 높은 수출국이 됨.
 - 주로 중국을 통해 제조·출하되는 홍콩 반도체의 수출을 감안하면 2021년 중국의 반도체 수출 총액은 38.0%에 달함.
 - 다만, 중국에서 수출되는 모든 반도체가 중국 기업에 의해 제조되는 것은 아니며, 중국에 진출한 다국적기업이 이들 수출의 상당 부분을 차지하고 있다는 점을 감안할 필요가 있음.

◆ 지난 20년간 반도체 수입에 있어서도 상당한 변화가 일어나 2000년 미국은 세계 반도체 수입의 15.7%(493억 7천만 달러)로 1위를 차지했으나 2021년에는 점유율이 4.4%(572억 1천만 달러)로 떨어져 세계 랭킹 6위에 머무름.

- 반면 중국은 2000년 177억 6천만 달러 규모로 세계 반도체 수입량에서 8위였으나 2021년에는 4,702억 2천만 달러 규모로 세계시장 점유율 35.8%를 기록해 1위를 차지함.

1) UN Comtrade 데이터를 이용해 저자 작성. 다음에서 언급되는 모든 통계의 출처는 동일함.

2) 정형근 (2022), p.93

- 홍콩은 2,414억 달러로 세계시장의 18.4%를 차지, 중국의 뒤를 바짝 따랐으며 수입품 대부분이 중국으로 유입되기 때문에 이들을 합친 수치로 따지면 중국이 세계 반도체 수입시장의 54.2%를 차지함.

◆◆ 반도체 제조장비(SME) 산업은 전통적으로 미국을 비롯한 선진국이 주도해왔는데, 2000년 세계 반도체 제조장비 수출에서 일본이 39.4%, 미국이 36.6%, 네덜란드가 13.6%, 독일이 3.6%, 영국이 2.6%를 차지했음.

- 이 산업 역시 지난 20여 년간 큰 변화를 보였으며 2021년의 수출비중은 일본(23.6%), 미국(21.3%), 네덜란드(15.1%) 순으로 1, 2, 3위를 차지함.
- 싱가포르, 한국, 대만은 2000년 이후 세계 반도체 제조장비 수출시장에서 차지하는 비중이 크게 증가했으며, 특히 싱가포르는 2021년 0.5%에서 15%로 성장함.

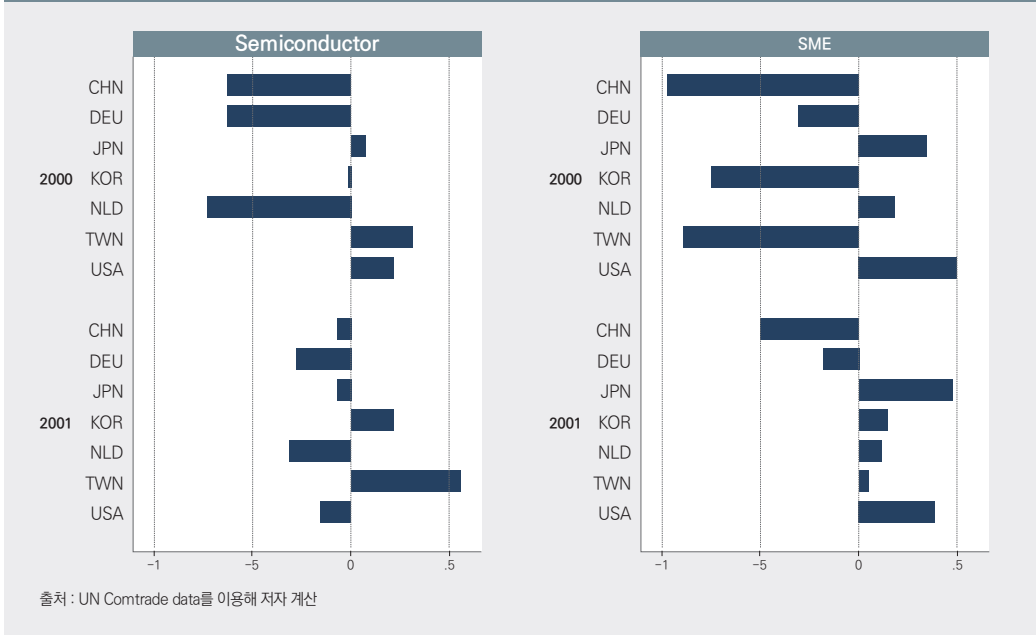
◆◆ 일반적으로 반도체 제조장비 산업은 반도체 생산국이 수입에서 차지하는 비중이 크며 2021년 기준, 중국이 반도체 제조장비 제1수입국임.

- 2000년에는 대만이 전 세계 수입의 26.9%를, 미국이 17.7%를 차지했고, 한국이 13.6%, 일본이 7.9%, 싱가포르가 7.4%로 그 뒤를 이었음.
- 반면 중국은 2000년 2.4%에 불과했던 수입비중이 2021년 28.5%로 크게 증가해 반도체 제조장비의 최대 수입국이 됨. 대만은 21.9%로 2위, 한국은 18.3%로 3위를 차지함.

◆◆ 다음 그림은 2000년부터 2021년까지 반도체 산업과 반도체 제조장비 산업에서의 국가별 비교우위를 비교한 것임.

- 2000년에 반도체 산업은 일본, 대만, 미국이 비교우위를 보인 반면 2021년에는 미국과 일본의 반도체 산업 비교우위가 급격히 낮아짐.
 - 반면, 대만과 한국은 2021년까지 경쟁력을 크게 높임.
- 반도체 제조장비 산업은 2000년 일본, 네덜란드, 미국이 높은 비교우위를 보였으며 2021년에도 절대적인 경쟁력은 높지만 상대적으로 경쟁력이 둔화되었음. 특히 한국과 대만의 비교우위도 상당히 개선된 것이 특징임.

〈그림〉 주요 국가의 반도체 및 반도체 제조장비 산업의 RSCA 변화 비교(2000년 vs. 2021년)



◆ 앞서 살펴본바와 같이 미국은 2000년대 초반의 반도체 제조의 지위를 잃고 세계시장에서의 비교우위도 상대적으로 낮아짐.

- 미국은 반도체는 미국의 국가안보, 경제력, 일상생활뿐 아니라 경제(에너지, IT, 바이오, 제조업, 국방, 물류 등) 모든 분야에 필수적인 제품으로, 반도체 생산능력 상실은 미국의 전체 산업경제 경쟁력을 위협할 것으로 인식됨.
- 미국 반도체 산업에 있어 대체로 팽리스 경쟁력은 월등하나, 첨단공정 기술의 제조기반이 한국 및 대만에 비해 총체적인 열세라고 평가됨.
- 웨이퍼가공의 제조기술 열세가 후공정(ATP) 및 소재 공급망의 전반적 약화를 초래했으므로, 반도체 주도권 회복을 위해서는 첨단기술 제조시설을 확보해야 한다고 봄.

◆ 미국은 반도체 산업 육성을 위해 적극적인 산업정책으로 전환

- 미국은 트럼프 및 바이든 정부에서는 이전 정부들과는 달리 산업정책을 중시하는 행정을 추진함.
 - 특히 바이든 정권은 더욱 적극적인 산업정책을 실시. 미중 패권경쟁 격화 이후 민주당 및 공화당 모두 산업정책 실행에 적극성을 보임.

- 바이든 정부는 R&D 투자, 교육투자, 기업 인센티브 제공 등을 통해 국내 산업의 경쟁력 강화를 꾀하는 공격적 산업정책을 추진함.
- 미국의 대통령제는 행정부와 입법부의 엄중한 권력 분립에 기초해 운영되므로, 반도체 산업 지원과 같은 공적 정책 수립에도 권력이 분산된 다원적 추진체계에 의해 견제와 균형을 도모하는 것이 특징임.
- 정책 수립을 위해 2020년부터 종합적이고 예산 규모가 큰 법안이 제출되어 정부는 범부처적 포괄적인 지원체계를 구축해 의회와 협력을 도모함.
- 미국 내의 반도체 제조를 부활시키기 위해 R&D에 자금을 제공하고 기술 공급망 확보를 목표, 상업적인 반도체 제조시설의 확대를 촉진하기 위한 보조금을 제공함.
- 이들 법안은 그동안 볼 수 없었던 연방정부와 주정부를 함께 포괄하는 대규모 지원 시스템으로 정책이 수립되어 있음.
- 법안에 의한 예산 구성은 크게 펀드 신설이며 각 부처, 지방정부에 대해서도 예산 배분을 실시해 범부처적이고 전국적인 지원제도의 프레임으로 구성됨.

◆ 미국의 반도체 공급망 취약점 보완을 위한 정책 방향

- 미국 내의 반도체 제조 및 연구개발 투자에 대해 연방정부가 법제도를 조성함.
- 공정한 글로벌 경쟁의 현장을 보장하고, 지적재산권(IP)을 강력히 보호함.
- 동맹국과의 연구개발 및 국제협력을 촉진함.
- 과학교육 및 공학교육에 더욱 투자하고, 주요 글로벌 반도체 클러스터에서 세계적으로 유능한 인재를 유치할 수 있도록 이민정책 개선을 통해 인력 부족을 해결함.
- 미국의 반도체 제조 및 연구개발을 강화하기 위해 미국반도체연합(SIAC, Semiconductors in America Coalition)을 2021년 5월 민간 조직으로 설립함.
 - SIAC의 임무는 미국의 반도체 제조 및 연구를 촉진하기 위한 정책을 추진해 미국의 경제, 국가안보 및 중요 인프라를 강화하는 것임.

◆ 반도체 공급망 강화를 위해서 바이든 행정부는 강력한 법제도를 통해 지원체제를 구축하고 장기적인 목표하에 자국 내에 반도체 생산기반을 늘리고 생태계 조성에 힘쓰고 있음.

- 미국 상원은 2021년 6월 외교·안보·기술·산업 등 종합적 경쟁력 강화를 위한 미국혁신경쟁법안 (USICA: United States Innovation And Competition Act of 2021)을 가결함.
 - 여기서 상원은 미국 내 반도체 제조 증진 및 R&D 지원에 5년 동안 520억 달러를 책정하바 있음.
 - 이에 2021년 국방수권법에 포함되어 통과된 「반도체지원법(CHIPS for America Act)」에 근거해 상무부 등에 예산을 편성했으며, 반도체 제조 인센티브 및 연구개발(R&D) 지원 프로그램도 포함되었음.
- 특히 국가반도체기술센터(NSTC, National Semiconductor Technology Center) 신설에 1차년 20억 달러를 배정해 첨단 반도체 제조기술의 확보 의지를 보여줌.
 - 더욱이 국가첨단 패키징 제조기술 프로그램 신설에 25억 달러, Manufacturing USA 프로그램 내 반도체 담당 신규법인 설립에 5억 달러를 예산으로 채택함.
 - 또한 국방부 전략 반도체 R&D 프로그램에 20억 달러를 책정했고, 국무부의 국제반도체기술안보혁신기금(America International Technology Security and Innovation Fund)에 예산 5억 달러를 배정함.

〈표〉 미국 반도체지원법의 긴급 예산 편성안 내역

(단위 : 억 달러)

	지원목적	2022	2023	2024	2025	2026	합계
인센티브	상무부 제조시설 인센티브 프로그램	190	50	50	50	50	390
R&D	국가반도체기술센터 설립(NSTC)	20	20	13	11	11	125
	국가 첨단 패키징 제조 기술 프로그램 신설	25					
	국가기술표준원 첨단 반도체 연구	5					
	Manufacturing USA 신규 반도체담당 법인 출범						
	국방부 전략반도체 R&D	4					
국제협력	반도체 국제협력기금	1	1	1	1	1	5
합 계		245	75	68	66	66	520

자료 : 117th Congress, USICA-Summary (2021.06.08), p3 요약정리

◆ 미국은 중국의 반도체 굴기를 막기 위해 2022년 10월 「반도체칩과 과학법(Chips and Science Act 2022)」을 발표

- 2022년 8월 9일에 제정된 이 법안은 미국의 경쟁력, 혁신 및 국가안보를 강화하기 위해 고안되었음.
 - 이 법은 미국 내 반도체 제조능력에 대한 투자를 촉진하는 것을 목표로 하며, 양자 컴퓨팅, AI, 청정에너지 및 나노 기술과 같은 첨단기술의 연구개발 및 상업화를 가속화하기 위한 법임.
 - 또한 첨단기술 허브와 더 크고 포괄적인 과학, 기술, 엔지니어링 및 수학(STEM) 인력을 창출하고자 함.
- Chips 법에 향후 10년간 2,800억 달러가 지원될 예정임.
 - 예산의 대부분인 2천억 달러는 과학 연구개발과 상업화를 위한 것이고, 약 527억 달러는 반도체 제조, R&D, 인력 개발을 위한 것임.
 - 240억 달러의 세금공제는 칩 생산을 위한 것이며, 최첨단 기술과 무선 공급망을 목표로 하는 프로그램에 30억 달러가 계획되어 있음.

◆ 아울러 미국은 2022년 10월 중국 내 반도체 생산기업에 미국산 첨단 반도체 수출 및 반도체 장비의 대중 수출을 제한하는 수출 통제 조치를 발표

- 제재에는 미국 기술이나 소프트웨어를 활용해 반도체를 생산하는 외국기업에 대한 통제도 포함되어 우리 기업들도 영향을 받고 있음.
 - 미국은 이 제재 이전에 일본·네덜란드·대만·한국 기업이 중국 화웨이·하이실리콘 등과 거래하는 것 실질적으로 금지하고, 고성능 AI 학습용칩, 슈퍼컴퓨터용 특정 반도체 등의 중국 판매도 금지함.
- 미국의 이 제재는 미국 기업이 특정 수준 이상 칩을 생산하는 중국 내 반도체 기업에 반도체 장비를 판매할 경우 별도의 허가를 받도록 하는 것임.
 - 이 제재는 첨단 팹 장비의 공급과 중국의 첨단 팹에 미국인들의 고용을 금지하기 때문에, 중국 기업들이 이전의 미국 공급자들(또는 미국과 동맹을 맺은 공급자들)로부터 어떠한 장비와 서비스도 얻을 수 없게 만들 수 있음.
 - 구체적인 제재 내용은 미국 기업이 ▲비평면 트랜지스터 구조(non-planar transistor architecture)를 가지거나 ▲선폭(half-pitch) 기준 18nm(나노미터·10억 분의 1m) 이하 D램 ▲128단 이상 낸드 플래시 ▲14nm 이하 로직칩을 중국 내에서 생산하는 경우 첨단기술 수출 시 허가를 받도록 하는 것임.
 - 특별히 반도체 생산 시설이 중국 기업이 소유자일 경우 ‘거부 추정 원칙(presumption of denial)’이 적용돼 수출이 전면 통제됨.

- 중국에 진출한 외국계 기업의 생산시설이나 수출기업의 경우 미 행정부의 개별 심사로 결정되며, 외국계 기업의 대중 반도체 수출 역시 미 상무부의 허가를 받아야 함.
 - 다만 한미 정부는 기존의 VEU(Validated End User) 예외 인정을 통해 삼성전자, SK하이닉스 등 우리 기업들의 중국내 반도체 생산에 큰 차질이 없도록 조치함.

◆ 미국의 대중 제재로 인해 향후 중국에 진출한 우리 기업들에 악영향이 우려됨.³⁾

- 중국에 진출한 삼성전자 시안 공장은 현재 128단 3D 나노 플래시 메모리를 생산 중이며, 미국 상무부가 제재 대상으로 하고 있는 낸드 플래시 메모리는 200단 이상임.
- 중국 우시에 공장을 두고 있는 하이닉스의 경우 15nm half-pitch D램을 생산하고 있으며, 미국 상무부가 정하고 있는 첨단 D램은 half-pitch 13nm 이하 급의 초미세 패터닝 기반 D램임.
- 또한 중국 다롄에 공장을 두고 있는 하이닉스는 현재 144단의 3D 낸드 플래시 메모리를 생산 중이며, 미국 상무부가 정한 첨단 낸드는 앞서 언급한 200단 이상을 의미함.
- 현재 중국에 진출한 우리 기업들이 생산하고 있는 메모리 반도체 기술 수준은 첨단과 범용기술 제품 사이로 미국의 제재 수준에 근접하고 있는 상황임.
- 따라서 미국에 투자 계획이 있는 우리 기업들은 미 반도체법에 따른 보조금 수령 시 중국에 이미 투자한 설비에 대해 다음과 같은 어려움에 봉착할 가능성이 높음.
 - 중국 내 한국 메모리칩의 업그레이드(D램은 DDR6, 낸드는 200단 이상)는 현재로서는 불가능하고, post-FINFET(GAAFET, MBCFET, CFET 등) 이용에도 제한이 있을 것으로 예상됨.
 - 중국 내 한국 메모리칩의 현재 수준 확장도 제한을 받게 되며, 대부분의 D램 및 낸드 신규 생산장비는 10만 달러 이상으로 5~10% 이상의 확장을 위한 신규장비 도입은 거의 불가한 상황임.
 - 또한 중국 내 한국 메모리칩과 중국 반도체 기업과의 공동 연구도 제한됨.
- 결과적으로 중국에 진출한 삼성전자와 SK하이닉스는 현재의 생산설비를 유지할 수밖에 없는 상황이며 현재의 생산 용량을 늘리고 질적 수준을 향상하는 것은 어려울 것으로 판단됨.
 - 이는 자연스럽게 우리 반도체 기업들의 중국시장에서의 영향력 약화를 의미하며, 중장기적으로 중국 반도체 기업들의 자급 능력 향상으로 우리 기업들이 중국시장에서의 심각한 매출 감소 문제에 직면할 가능성이 높아짐.

3) 권석준 (2023), 미국 반도체법에 따른 한국 반도체 산업 영향 및 대응 과제, 2023년 4월 6일 회의 자료에서 인용됨.

◆ 미국 주도의 글로벌 반도체 공급망 재편으로 인한 우리 기업에 대한 영향

- 공급망을 새롭게 구축하는 데는 많은 시간과 비용이 소요되는데, 단기적 글로벌 반도체 공급망이 급격히 변화하지는 않을 것으로 예상되나, 현재와 같은 미국의 대중 제재가 지속되는 한 중장기적으로 중국 경제로부터의 디커플링은 지속될 것으로 전망됨.
 - 우리 기업들의 경우 중국 공장 설비의 업그레이드 제한으로 중장기적으로 중국시장에서 요구되는 반도체 생산이 불가능하게 될 것이며 글로벌 반도체 공급망 재편 과정에서 큰 도전에 직면할 것임.
 - 특히 지난 20여 년간 급격한 경제성장을 보이며 제조업의 허브가 된 중국의 수요에 기반한 우리 반도체의 수출은 향후 중국의 반도체 자급 능력의 향상과 시장 축소로 인한 어려움에 직면할 가능성이 높음.
 - 중국에 이미 투자된 반도체 제조 설비를 한국이나 미국으로 이전하는 것도 쉽지 않은 상황에서 우리 기업들은 진퇴양난의 상황에 직면함.
- 우리 기업의 미국 반도체 설비투자 시 보조금을 받을 경우 중국에 투자한 반도체 생산설비에 대한 신규투자는 불가능하며, 이는 결과적으로 가격경쟁력을 갖출 수 있는 생산기지와 시장으로서의 중국을 잃게 되는 어려움을 초래할 것임.
 - 삼성전자와 SK하이닉스는 미국 상무부로부터 중국 내 장비 반입에 대해 1년의 유예기간을 확보한바, 이후 미국과의 협상 결과 우리 기업들에 불리하게 작용할 경우 현재 미국의 대중 제재에 해당되지 않는 범용 반도체 생산으로 전환할 수밖에 없는 상황에 직면함.

◆ 결과적으로 미국의 글로벌 반도체 공급망 재편 전략은 한국을 비롯한 글로벌 반도체 기업들에게 큰 도전이 될 것이며, 공급망 재편 과정에서 미국과 중국의 반도체 기업들의 생산 및 기술 향상은 우리 기업들도 새로운 도전적 요인이 될 것임.

- 미국 주도의 글로벌 반도체 공급망 재편과 자국 반도체 산업 육성은 미국 내 반도체 제조를 위한 새로운 생태계가 조성됨을 의미, 향후 반도체 제조 관련 경쟁이 보다 더 치열해질 전망이다.
 - ※ 삼성전자의 텍사스주 테일러시에 반도체 제조 공장 설립을 비롯해 TSMC, Intel 등의 투자는 미국의 장점인 패키징 소재, 장비 산업과 함께 새로운 반도체 제조 생태계를 구축하게 될 것임.

3 정책제언

◆ 반도체 R&D 인력 확충을 위한 시급한 대책 마련

- 반도체 전문인력 양성과 핵심인력 유출 방지를 위한 정부의 노력에도 반도체 관련 정부 R&D 과제를 수행할 전문 연구기관이 없고, 유능한 반도체 전문교수도 제한되어 있으며, 대학원 학생 부족 및 교수 고령화 등으로 R&D 인력 확보에 총체적 애로를 겪고 있음.
 - 이를 해소하기 위해 반도체 관련 인력양성을 위한 대학·대학원을 확충하고, 관련 R&D 사업을 획기적으로 확대해 우수인력의 유입·유인을 확대할 필요가 있음.
 - R&D 과제를 대학 중심으로 제공해 대기업과 중소기업이 함께 참여할 수 있는 프로그램을 확대 추진해야 함.
 - 반도체 관련 R&D 과제를 확충해 우수인력의 반도체 전공 수요를 확대하고, 반도체 관련 R&D 체계를 대학·연구소 중심으로 대폭 확충할 필요가 있음.
 - 정부의 투자·R&D 사업에 필요한 소부장에 대해 구매조건부 R&D 과제를 확대할 필요가 있음.
 - 새로운 경쟁 요소가 등장하고 있는바 우리의 강점인 메모리 반도체의 기술 선도와 함께 기술 표준화를 주도하고, 현재의 점유율을 최소한 유지할 수 있는 기술 개발에 집중해야 함.
 - 아울러 로직 반도체와 후공정, 소재, 부품, 장비 산업의 육성과 함께 여전히 취약한 칩설계 분야의 인재 양성에 적극 나서야 함.

◆ 대학 반도체학과 신증설

- 정부는 K-반도체 전략(2021.5)으로 향후 10년간 반도체 인력을 3만 6,300명 양성하겠다고 했으나 현실은 고3 학생 수가 줄고 있으며, 수도권 관련법과 고등교육법의 강력한 제한 규정으로 실행 가능성이 희박함.
- 정부가 발표한 반도체 학사인력 배출에는 수도권 대학의 반도체학과 신설·증원이 승인돼야 하나, 고등교육법 시행령에 따르면 정원 총량제로 타 학과의 정원을 줄이면 반도체학과 정원을 그만큼 늘려주는 형태이고, 학부학생을 줄이면 대학원생을 늘려주는 경직된 제도를 운영하고 있어 특별한 조치가 필요함.
 - 이를 해결하기 위해서는 정부가 「수도권정비계획법」을 유연하게 운영하고, 교육인력 총량 규제를 대폭 완화 수도권 대학의 반도체학과 신설 및 증원을 과감하게 허용해야 함.

◆ 반도체 전문대학원 설립 필요

- 시스템 반도체, AI 반도체 육성을 위한 정책이 강하게 추진되고 있는데, K-반도체 전략에 의한 인력양성만으로 충당하기 어려워 특별법 제정에 의한 반도체 전문대학원을 신설할 필요가 있음.
 - 반도체 전문대학원은 산업기술 융합화에 따라 다양한 학부 전공 학생을 모집해 반도체 인재로 양성하는 곳임.

◆ 반도체 종합연구원 설립을 통한 기술력 확보

- 미국은 반도체 관련법을 제정해 R&D를 독려하기 위해 반도체 연구센터를 설립하고, 다양한 방식으로 기업을 지원하기 위해 예산을 책정함.
 - 반면 한국은 반도체 매출 세계 2위, 메모리 1위 강국이나 이를 뒷받침하는 R&D나 고급인력은 민간에 맡겨져 있으며, 삼성전자는 유능한 R&D 인력 대부분을 해외에서 유치해 국내 연구소나 실리콘밸리 R&D 센터에서 연구를 하고 있음.
 - 정부가 반도체 관련 기초기반 연구에 대해 획기적인 지원체계를 갖출 필요가 있으며, 이를 위해 상시 R&D 체제를 유지할 수 있는 반도체 종합연구원을 반드시 설립해야 함.
 - 반도체 분야는 총수출의 20%를 차지하는 국가 핵심산업임에도 국책 반도체 전문연구소도 하나 없이 민간이 스스로 생존전략을 수행하고 있는 반면, 선박·기계·화학·통신 등의 분야에서는 다양한 업종의 국책연구원들이 국내 산업발전에 기여하고 있음.
 - 미중 반도체 패권 경쟁이 치열하게 벌어지고 있는 상황에서 우리도 강인한 기술 강국으로 무장해야 하며, 이를 위해서는 반도체 경쟁국들보다 높은 수준의 기술경쟁력을 확보해야 함.

◆ 국제 공동 R&D 투자 촉진 및 외국 R&D 센터 유치

- 미국, 일본, 유럽 등 반도체 특화 외국기업과 공동 R&D를 통해 세계시장에서 윈-윈하는 전략이 필요하며, 이를 위해 해외협력 R&D 프로젝트 규모를 대폭 확대할 필요가 있음.
- 차세대 반도체뿐 아니라 소부장 분야의 국제 공동 R&D를 촉진하기 위해 매칭 펀드를 구축하고, 이를 계기로 외국 반도체 관련기업 R&D 센터를 국내에 유치하도록 노력해야 함.
- 일본의 대한민국 반도체 소재 수출규제를 계기로 소부장 산업 육성정책이 강하게 추진되고 있는바, 국내에서의 연구개발과 함께 외국기업의 생산공장이나 R&D 센터 등도 획기적인 지원을 통해 유치하도록 노력해야 함.

- 반도체 분야 취약기술 및 소부장 분야를 중심으로 국책 R&D 과제에 외국기업을 참여시켜 국내 업계와 공동개발을 유도하고, 이를 조건으로 국내에 외국 R&D 센터 설립을 유도해야 함.
- 기술 표준화 및 기술 선도를 위한 반도체 R&D센터를 육성하고 반도체 소재, 부품, 장비 분야의 선진기업 유치를 통한 공동 연구를 적극 지원해야 함.

◆ 수도권에 반도체 공장입지 지원

- 수요 업체인 반도체 소자 공장 인근에 소부장 업계가 입지해야 하므로, 이들이 입지해 있는 수도권에 대단위 산업 클러스터 부지를 제공해 국내 투자를 유인할 필요가 있음.
- 반도체 산업은 제품 특성상 15nm → 10nm → 7nm → 5nm → 3nm 공정기술 노드로 고집적화 단계의 발전 속도에 따라 거대 규모 설비투자를 순차적으로 진행해야 하며, 이를 위해서는 대규모 공장 부지를 사전에 미리 확보해놓아야 기술발전 속도에 맞출 수 있음.
- 하지만 현재 입지해 있는 반도체 공장 인근에는 추가 공장부지 확보가 어려운 실정이며, 수도권 입지는 환경 및 수도권 규제, 높은 땅값 등으로 추가 부지 확보에 어려움이 있음.
- 반도체 기술은 고급인력이 대량 필요하며, 이들은 대부분 수도권 이외 지역 근무를 기피하고 있어 신규투자를 유도하기 위한 대규모 산업단지 조성을 적극 검토하고 수도권·환경 규제를 개선해야 함.

◆ 중소벤처기업의 고급인력 채용을 위한 제도 개선 필요

- 반도체 소부장 업계 및 팹리스 업계는 대부분 중소·중견 기업으로 구성되어 있고, 이들 기업은 대부분 우수한 기술인력을 채용하기가 매우 어려운 실정임.
- 근본적으로 반도체 관련 졸업생 배출이 제한되어 있으며, 그마저도 대기업에서 먼저 채용할 경우 중소기업들은 특별한 유인책이 없으면 채용하기 어려움.
- 따라서 중소·중견 기업들의 우수한 반도체 기술인력 확보 및 유치를 위해서는 이들 전문인력에 대한 주식매수선택권(스톡옵션) 제도를 완화해주고, 일정 기간 소득세 특별세액공제를 제공해주는 방안도 검토할 필요가 있음.

■ 참고 문헌 ■

- 정형곤, 한국 반도체 산업의 공급망 리스크와 대응방안, 대외경제정책연구원, 2021
- 정형곤외, 미중 반도체 패권 경쟁과 글로벌 공급망 재편, 대외경제정책연구원, 2022
- Jeong, Hyung-gon and Raymond Robertson, Beyond the Battle for Supremacy: Reshaping the global semiconductor supply chain, Texas A&M University, Mosbacher Institute for Trade, Economics and Public Policy, forthcoming, 2023
- 권석준 (2023), 미국 반도체법에 따른 한국 반도체 산업 영향 및 대응 과제, 2023년 4월 6일 회의 자료

반도체 산업 글로벌 공급망의 구조적 변화와 경쟁력 평가

박 용 정 | 연구위원(산업혁신팀장), 현대경제연구원

SUMMARY

- ▶ (배경) 최근 반도체 산업을 둘러싼 주요국의 경쟁이 치열한 상황에서 안정적이고 회복력 높은 자국 중심 공급망 구축을 위한 국가 간 전략 추진이 활발히 일어남.
 - 국내 반도체 산업은 국가 경제성장뿐 아니라 코로나19 이후 디지털 경제의 부상으로 산업적 측면의 중요성도 확대됨.
- ▶ (현황 및 주요 현안) 미국과 한국의 글로벌 반도체 산업 선도 속 중국, 대만과의 경쟁이 치열하게 전개되고 있으며, 일본은 소재 생산 등 특정 부분에서의 경쟁력을 보유한 것으로 평가됨.
 - 국내 반도체 산업은 메모리 반도체 분야에서 세계 최고 경쟁력을 유지하는 가운데 미국은 반도체 설계, 대만, 중국 등은 제조·후공정 단계, 일본은 소재 부문에서 높은 경쟁력을 지닌 것으로 분석됨.
 - 특히, G2의 기술패권 경쟁과 코로나19로 인한 국제 분업 체계의 취약성이 부각된 가운데 첨단산업의 발전으로 인한 반도체 수요 증가에 따른 국가별 공급망 내재화 움직임이 확대되고 있음.
 - 따라서 반도체 산업경쟁력을 국가 경제성장 및 기술 자국화 등 산업안보의 전략적 관점으로 접근해야 할 것이며, 반도체 강국으로의 입지를 다지기 위한 민·관·학의 노력이 절실한 상황임.
- ▶ (정책제언) 첫째, 자국 중심의 공급망 재편에 대응하고 국내 반도체 생태계 강화를 위해서는 선제적이고 적극적인 정부 정책의 뒷받침이 필요함. 둘째, 국내 반도체 산업경쟁력을 지속하기 위해서는 핵심 장비 및 소재에 대한 개발 등 기술력 제고가 시급함. 셋째, 반도체 연구개발(R&D) 인력양성과 핵심인력 유출을 방지하기 위한 정부의 노력이 필요함. 넷째, 기업은 선제적인 투자 확대뿐 아니라 시스템 반도체 등 고부가가치 창출을 위한 경쟁력 강화 전략을 마련해야 함.

KEY WORD

반도체 공급망 내재화, 반도체 산업 경쟁력, 기술패권 경쟁







1 배경

◆ 최근 반도체 산업을 둘러싼 주요국의 경쟁이 치열한 상황에서 안정적이고 회복력 높은 자국 중심 공급망 구축을 위한 국가 간 전략 추진이 활발

- 국내 반도체 산업은 국가 경제성장분 아니라 코로나19 이후 디지털 경제의 부상으로 산업적 측면의 중요성도 확대됨.
 - 국내 반도체 산업생산은 제조업 산업생산 증가율을 크게 상회하는 등 국가 주력 산업적 가치와 중요성이 지속 확대됨.
 - 특히 국가 총수출에서 반도체 산업이 차지하는 비중이 크게 증가하면서 반도체 산업이 포함된 정보통신 산업의 경제성장 기여도는 2020년 역성장에도 불구하고 0.6%p를 차지함.
- 세계 각 지역의 전문화, 분업화로 성장해온 반도체 산업은 최근 기술 산업 주도권 확보를 위한 경쟁이 치열함.
 - 미국은 아시아에 편중된 반도체 공급망 재편을 위해 설비투자 세액공제, 동맹국 공급망 협력 강화, 자금 등을 지원하는 법안을 추진 중임.
 - 일본은 외국기업의 생산공장 유치를 위한 법안 마련 등 제도적 뒷받침을 강화하고 있으며, 중국과 유럽은 자국 기업 육성과 반도체 산업 역내 생산 확대를 위한 내용을 골자로 전략을 수립함.

최근 반도체 산업 동향			
(단위 : 전년동기 대비 %)			
구분	20년	21년	22년
제조업 생산(%)	△0.2	8.4	1.4
반도체 생산(%)	22.7	26.8	7.6
총수출 중 반도체 비중(%)	19.4	19.9	18.9
정보통신 산업 GDP 기여도(%)	0.6 (△0.7%)	1.2 (4.1%)	0.0 (2.6%)

자료 : 통계청, 한국은행, KITA
 주 : 반도체 MTI 831 기준, 정보통신 산업 GDP 기여도의 괄호는 경제성장을 의미

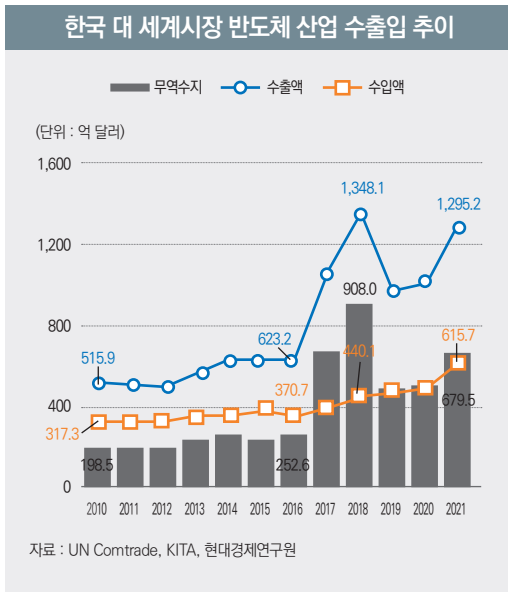
주요국 반도체 산업 육성 전략		
 한국 K반도체 전략(2021년) - R&D, 시설투자 세액공제 확대 - 인프라 지원 - 전주기 인력양성 - 기술개발, 특별법 지원 신정부 국정과제(2022년) - 설비투자 지원 확대, 인프라 구축 지원, 인허가 일원화 검토 - 인력양성 강화, 반도체 특성화 대학 지정	 미국 미국혁신경쟁법(USICA, U.S. Innovation and Competence Act, 2021년) - 향후 5년간 520억 달러 예산, 설비 투자 지원, 미세전자공학 산업 지원, 미세전자공학 산업지원, 동맹국 반도체 공급망 구축, 등 4개 지원 프로그램 제안 미국 반도체 촉진법(FABS, The Facilitating American-Built Semiconductors Act, 2021년) - 반도체 제조 설비, 장비투자 최대 25% 세액공제 예정	 중국 제 14차 5개년 계획 (2021~2025) - 반도체 중점 과학기술 분야 선정, 기업 세제지원 강화 - 글로벌 반도체 기업 전략적 M&A 추진, 생산공장 유치 노력
 대만 첨단산업 중심 리소어링 정책 추진 - 반도체 보조금, R&D 프로그램 인력양성, 과학단지 확장 지원 등	 일본 반도체 산업 기반 긴급 강화 패키지(2021년) - 첨단 파운드리 유치, 제조 기반 활성화 - TSMC 일본 내 유치를 위한 근거법 마련	 EU 유럽 반도체법(European Chips Act, 2022년) - 430억 유로 펀드 조성 - 세계 첨단 반도체 생산 EU 비중 최소 20% 이상 확대

자료 : 각국 정부 발표자료 종합

2 현황 및 주요 현안

◆ (현황) ① 중국과의 교역 증가

- 지난 10년간 국내 반도체 산업은 교역액 규모로 평가할 때 2배 이상 성장함.
 - 국내 반도체 산업 수출액은 2010년 515억 달러에서 2021년 1,295억 달러까지 약 2.5배 이상 증가함.
 - 수입액 역시 같은 기간 2배 이상 증가하면서 반도체 산업의 무역수지 규모는 198억 달러에서 679억 달러까지 3.4배 이상 증가함.
- 국내 반도체 산업에서 중국이 차지하는 교역비중은 수출입 모두 가장 크며, 최근 10년간 수출에서는 베트남, 수입에서는 대만과의 교역이 확대됨.
 - 반도체 산업에서 중국에 대한 수출 및 수입비중은 2010년 각각 34.7%, 24.5%에서 2021년 39.7%, 39.7%까지 큰 폭으로 증가함.
 - 국내 기업의 베트남 공장 준공의 영향으로 베트남과의 반도체 산업 교역비중이 증가했으며, 대만으로부터의 수입비중은 2010년 21.0%에서 2021년 25.5%로 증가함.



한국 대 세계시장 수출입 비중 상위 10대 국가

(단위: %)

국가	2010년		2021년		
	수출	수입	수출	수입	
중국	34.7	24.5	39.7	39.7	
홍콩	19.2	2.0	20.6	1.5	
싱가포르	9.5	12.4	베트남	10.8	1.8
대만	8.7	21.0	대만	8.2	25.5
미국	7.4	10.8	미국	7.3	5.7
일본	6.3	11.3	필리핀	2.9	1.4
필리핀	3.6	4.3	싱가포르	2.9	3.9
독일	2.7	2.1	말레이시아	1.3	3.6
말레이시아	1.3	5.6	일본	1.0	8.3
영국	1.0	0.2	인도	1.0	0.0

자료: UN Comtrade, KITA, 현대경제연구원
주: 각 연도 수출 상위 국가 기준

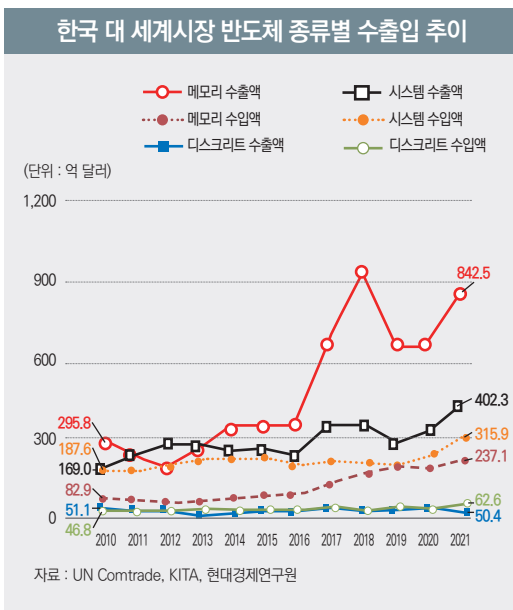
◆ ② 메모리 중심의 외연 확대

○ 국내 반도체 산업은 메모리 반도체를 중심으로 수출액이 확대됨.

- 2010년 메모리 반도체 수출액은 약 295억 달러에서 2021년 약 842억 달러까지 2.8배 이상 증가함.
- 시스템 반도체는 같은 기간 169억 달러에서 402억 달러로 2.4배 증가했으며, 2012년 스마트폰 및 테블릿 PC의 빠른 보급으로 메모리 반도체의 수출액을 상회하기도 함.
 - 2021년 총 반도체 수출입 대비 비중(%) : 수출 : 메모리(65.0), 시스템(31.1), 디스크리트(3.9) / 수입 : 메모리(38.5), 시스템(51.3), 디스크리트(10.2)

○ 시스템 반도체 수입을 제외하고 중국은 메모리 및 디스크리트 부문의 최대 수출입 국가임.

- 메모리 반도체는 2021년 중국으로의 수출입 비중이 각각 43.6%, 76.1%를 차지하면서 절대적인 비중을 차지함.
- 시스템 반도체 수출은 중국이 32.6%, 수입은 대만이 43.3%으로 그 비중이 가장 크며, 디스크리트는 수출입 모두 중국이 각각 30.5%, 32.9%의 비중으로 최대 교역국임.



2021년 반도체 종류 및 국가별 수출입 비중(상위 5개국)

(단위 : %)

메모리		시스템		디스크리트	
수출	수입	수출	수입	수출	수입
중국 (43.6)	중국 (76.1)	중국 (32.6)	대만 (43.3)	중국 (30.5)	중국 (32.9)
홍콩 (24.4)	대만 (4.6)	베트남 (16.4)	중국 (32.6)	베트남 (23.3)	일본 (28.0)
미국 (9.2)	베트남 (3.0)	홍콩 (14.5)	일본 (1.1)	미국 (17.2)	대만 (15.2)
베트남 (7.3)	홍콩 (2.1)	대만 (14.2)	미국 (1.9)	홍콩 (6.4)	말레이시아 (4.5)
대만 (5.6)	미국 (1.2)	싱가포르 (8.2)	싱가포르 (8.2)	일본 (3.8)	싱가포르 (3.6)
90.2	86.9	85.9	87.2	81.2	84.2

자료 : UN Comtrade, KITA, 현대경제연구원

◆ ③ 장비 수입의존도 지속

○ 지난 10년간 한국 반도체 장비의 무역수지는 적자가 지속된 것으로 평가됨.

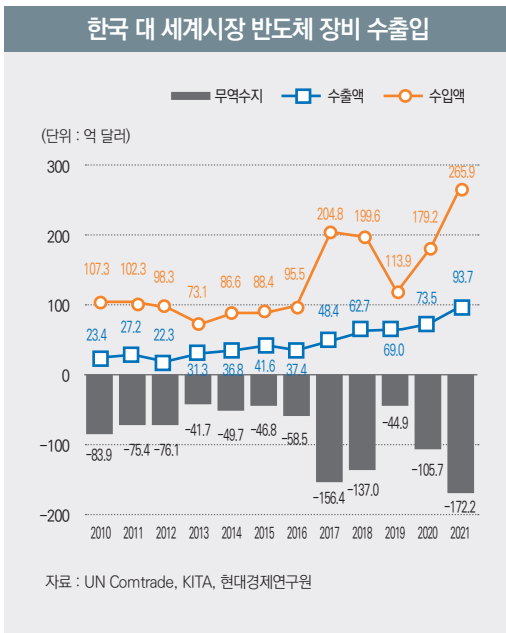
- 한국의 대 세계시장 반도체 장비 수입액은 2019년 113억 9천만 달러에서 2021년 265억 9천만 달러까

지 크게 증가했으며, 같은 기간 수출액은 각각 69억 달러, 93억 7천만 달러 수준을 기록함.

- 이에 따라 반도체 장비의 무역수지는 2019년 44억 9천만 달러 적자에서 2021년 172억 2천만 달러 규모 까지 확대되었는데, 고기술이 요구되는 전공정 장비의 수입이 증가한 것에 기인한 것으로 분석됨.

○ 반도체 장비는 미국, 일본, 네덜란드의 수입의존도가 높은 것으로 분석됨.

- 미국과 일본에 대한 장비 수입의존도는 각각 2010년 34.3%, 31.9%에서 2021년 25.7%, 25.0%로 비중이 축소됨.
- 한편, 네덜란드로부터의 장비 수입은 같은 기간 20.0%에서 25.0%로 5%p 증가했는데 이는 극자외선 (EUV) 노광장비를 독점 생산하는 ASML 성장에 따른 영향으로 분석됨.



한국의 국가별 반도체 장비 수입의존도(상위 10개국)

(단위 : %)

국가	2010년	국가	2021년
미국	34.3	미국	25.7
일본	31.9	일본	25.0
네덜란드	20.0	네덜란드	25.0
독일	3.8	싱가포르	11.1
싱가포르	2.9	중국	2.5
스위스	1.2	독일	2.5
중국	1.1	이스라엘	2.2
홍콩	0.9	말레이시아	2.1
영국	0.6	대만	1.5
대만	0.5	체코	0.6

자료 : UN Comtrade, KITA, 현대경제연구원
주 : 반도체 장비 총수입액 대비 국가별 수입액 비중

○ 장비의 국가별 수입의존도는 2010년 미국, 일본에서 2021년 미국, 일본, 네덜란드, 싱가포르, 중국 등으로 확대됨.

- 웨이퍼 제조공정에 활용되는 장비는 일본에 대한 수입의존도가 2021년 86.1%로 확대되었으나, 이는 수입액 감소에 기인한 영향으로 판단됨.
- 전공정, 조립장비는 각각 미국에서 네덜란드, 일본에서 싱가포르로 최대 수입국이 바뀌었으며, 측정·검사 장비의 수입의존도는 2010년 미국 40.1%에서 2021년 일본 30.8%로 변화됨.

반도체 장비별 최대 수입국

HS 코드명 (6단위 기준)		2010년		2021년		
		수입의존도 (%, 백만 달러)	최대 수입국	수입의존도 (%, 백만 달러)	최대 수입국	
웨이퍼 제조공정	HS 848610 보울(boule)이나 웨이퍼(wafer) 제조용 기계와 기기	39.1(108.5)	일본	86.1(41.1)	일본	
전공정 장비	HS 848620 반도체 디바이스나 전자집적회로 제조용 기계와 기기	38.1(2,555.8)	미국	36.4(5,954.1)	네덜란드	
후공정 장비	조립 장비	HS 848640 이류의주제9호다목에서 특정한기계와기기	51.8(469.7)	일본	45.2(616.1)	싱가포르
	측정/ 검사 장비	HS 903082 반도체 웨이퍼 또는 소자의 측정 또는 검사용의 것	43.2(286.4)	일본	47.6(481.6)	일본
		HS 903141 반도체 웨이퍼와 소자 검사용이나 반도체 소자 제조에 사용되는 포도마스크(photomask) 나레티클(reticle) 검사용	61.5(277.8)	미국	34.1(686.1)	미국
		HS 901210 광학현미경 외의 현미경과 회절기(diffraction apparatus)	54.8(118.4)	일본	49.2(375.1)	일본
		합계	40.1(534.5)	미국	30.8(1,165.9)	일본
	기타	HS 841410 진공펌프	35.6(76.3)	일본	49.6(154.2)	일본
HS 842139 기타		23.6(36.4)	미국	28.0(154.3)	중국	
HS 848690 부분품과 부속품		46.4 (518.4)	일본	37.5 (1,565.6)	미국	
합계		42.3 (628.6)	일본	33.1 (1,665.7)	미국	

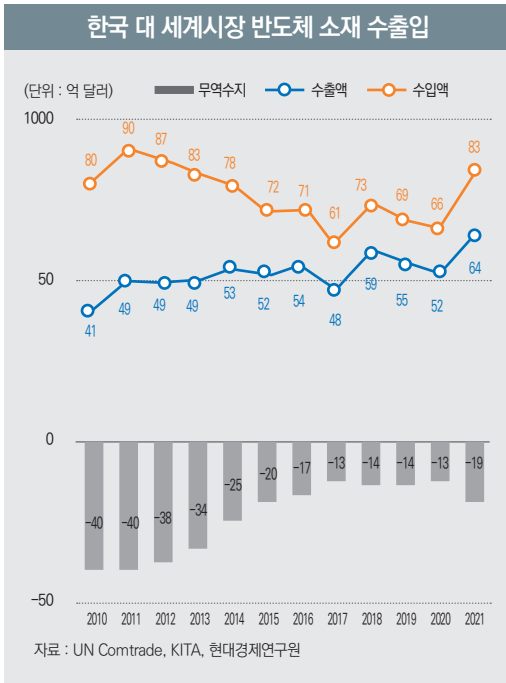
자료 : UN Comtrade, KITA, 현대경제연구원

주 : 1) 수입의존도는 반도체 장비 각 품목 총수입액 대비 해당 국가 수입액 비중

2) 괄호는 수입금액

◆ ④ 일본 중심 소재 수입에서의 다변화

- 국내 반도체 소재의 무역수지 적자 폭은 수출 증가로 인해 다소 축소됨.
 - 한국의 대 세계시장 반도체 소재 수입액은 2010년 이후 80억 달러 내외 수준을 기록하고 있으며, 수출액은 같은 기간 41억 달러에서 64억 달러로 소폭 확대됨.
 - 이에 따라 반도체 소재의 무역수지는 2010년 40억 달러 적자에서 2021년 19억 달러로 적자 규모가 축소됨.



한국 국가별 반도체 소재 수입의존도(상위 10개국)

(단위 : %)

국가	2010년	국가	2021년
일본	48.1	일본	35.2
중국	12.7	중국	24.2
미국	10.4	미국	9.5
독일	6.1	싱가포르	6.6
싱가포르	4.2	인도네시아	3.7
인도네시아	2.4	대만	3.3
노르웨이	2.3	독일	2.6
호주	1.5	사우디아라비아	1.8
프랑스	1.0	말레이시아	1.5
말레이시아	1.0	트리니다드 토바고	1.1

자료 : UN Comtrade, KITA, 현대경제연구원
주 : 반도체 소재 총수입액 대비 국가별 수입액 비중

- 과거 일본에서의 수입이 가장 큰 비중을 차지했지만, 최근 중국 등으로 소재 수입이 다변화한 것으로 평가됨.
 - 2010년, 2021년간 한국의 반도체 소재 총수입에서 차지하는 비중은 일본이 각각 48.1%, 35.2%로 가장 높으며 다음으로 중국이 12.7%, 24.2%로 높은 것으로 분석됨.
 - 다만, 2010년 대비 2021년 일본에 대한 수입의존도는 12.9%p 하락한 반면, 중국에 대한 의존도는 11.5%p 증가한 것으로 평가됨.
- 실리콘웨이퍼 등 핵심 반도체 소재에 대한 대 일본 수입의존도는 다소 축소되었지만, 일부 품목의 중국 의존도는 상승함.
 - 반도체 소재 수입에서 가장 큰 비중을 차지하는 브로큰웨이퍼·실리콘웨이퍼의 수입액은 단가 상승과 수요 확대로 증가했지만, 일본에 대한 의존도는 2010년 51%에서 2021년 41%로 감소함.
 - 모노블록인젝터의 수입 규모 확대에 따라 중국에 대한 의존도가 증가했으며, RO엠브레인과 알루미늄타깃의 최대 수입국은 2010년 미국에서 2021년 중국으로 전환됨.

반도체 소재 수입 상위 품목별 최대 수입국

HS 코드명 (6단위 기준)	2010년		HS 코드명 (6단위 기준)	2021년	
	한국 대 세계 수입액(백만 달러)	최대 수입국 및 수입의존도		한국 대 세계 수입액(백만 달러)	최대 수입국 및 수입의존도
HS 382490 도금액·연마제	2,367	일본(62.1%)	HS 381800 브로큰웨이퍼 · 실리콘웨이퍼	2,315	일본(41.0%)
HS 381800 브로큰웨이퍼 · 실리콘웨이퍼	1,893	일본(51.3%)	HS 732690 모노블록인젝터	2,096	중국(45.5%)
HS 732690 모노블록인젝터	1,328	중국(33.3%)	HS 281410 암모니아	746	인도네시아(40.6%)
HS 281410 암모니아	488	인도네시아(37.2%)	HS 370790 감광액	605	일본(79.4%)
HS 370790 감광액	467	일본(89.9%)	HS 761699 알루미늄타깃	523	중국(37.0%)
HS 700600 글라스웨이퍼	290	일본(53.2%)	HS 842199 RO멤브레인	476	중국(28.8%)
HS 320890 웨이퍼코팅제	280	일본(60.8%)	HS 700600 글라스웨이퍼	445	일본(42.1%)
HS 842199 RO멤브레인	273	미국(27.3%)	HS 320890 웨이퍼코팅제	416	일본(73.3%)
HS 761699 알루미늄타깃	174	미국(36.2%)	HS 340540 연마제	166	일본(88.9%)
HS 340540 연마제	156	일본(81.5%)	HS 741999 구리타깃	137	일본(38.8%)
기타	331	일본(53.8%)	기타	418	일본(36.9%)
합계	8,047	일본(48.1%)	합계	8,344	일본(35.2%)

자료 : UN Comtrade, KITA, 현대경제연구원

주 : 1) 수입의존도는 반도체 소재 품목별 총수입액 대비 해당 국가 수입액 비중

2) 기타는 상위 10개 품목 제외한 8개 품목의 합계

◆ (반도체 산업경쟁력 평가) ① 무역특화지수(TSI) 평가

- 세계시장에서 한국 반도체 산업의 수출입 경쟁력은 메모리 및 시스템 반도체 모두 개선되고 있는 것으로 평가됨.
 - 반도체 산업 전체에 대한 대 세계시장 무역특화지수는 2010~15년 대비 2016~20년 0.235p에서 0.377p로 상승한 것으로 분석됨.
 - 메모리 반도체는 수출특화 정도가 시스템 반도체 부문에 비해 큰 것으로 평가되며, 시스템 반도체도 동기 간 0.016p에서 0.119p로 개선세임.

- 미국과 중국의 무역특화지수는 악화되고 있으며, 일본은 메모리 반도체, 대만은 시스템 반도체를 중심으로 경쟁력이 상승함.
 - 미국과 중국은 반도체 부문 수입액이 수출액을 상회하면서 무역특화지수가 악화된 것으로 판단됨.
 - 한편, 일본의 메모리 반도체 경쟁력은 2010~15년 대비 2016~20년 0.228p에서 0.394p로 개선되었으며, 대만은 시스템 반도체 부문에서 같은 기간 0.329p에서 0.451p로 증가함.

주요국 반도체 산업 무역특화지수(TSI) 및 경쟁력 평가

(단위: p)

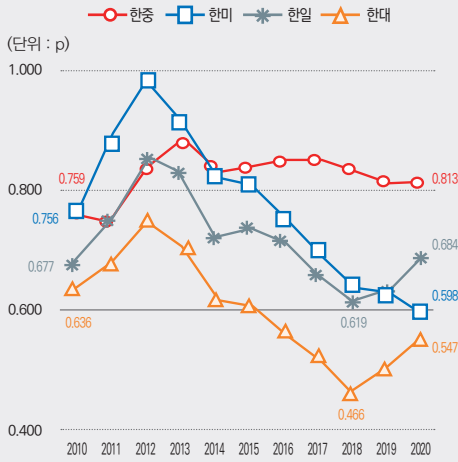
국가	반도체		메모리		시스템		경쟁력 평가
	2010~15년	2016~20년	2010~15년	2016~20년	2010~15년	2016~20년	
한국	0.235	0.377	0.544	0.586	0.016	0.119	개선
미국	0.027	△0.037	0.008	△0.066	0.096	0.045	악화
중국	△0.351	△0.367	△0.162	△0.198	△0.594	△0.596	유지
일본	0.277	0.225	0.228	0.394	0.620	0.318	악화
대만	0.342	0.342	0.277	0.004	0.329	0.451	유지

자료 : UN Comtrade, KITA, 현대경제연구원
 주 : 경쟁력 평가의 기준은 반도체 TSI의 평균이 2010-15년 대비 2016-20년 상승했을 경우 개선, 하락했을 경우 악화

◆ ② 수출경합도지수(ESI) 평가

- 세계시장에서 한국과 중국의 수출경합 정도가 가장 큰 것으로 분석되며, 최근 3년간 일본, 대만과의 경합도는 크게 상승한 것으로 평가됨.
 - 한국의 중국과의 수출경합도지수는 2010년 0.759p에서 2020년 0.813p까지 증가함.
 - 미국, 일본, 대만과의 수출경합도는 지난 10년간 추세적으로 하락하고 있지만, 2018~20년 일본, 대만과의 수출경합도는 각각 0.619p에서 0.684p, 0.466p에서 0.547p까지 증가하고 있는데 이는 시스템 반도체 분야에서 경쟁이 치열하게 전개되고 있는 것을 시사함.
- 기간별로도 한국과 중국은 세계시장에서 반도체 산업의 수출경합도가 가장 큰 국가로 분석됨.
 - 한국과 미국의 수출경합도는 2010~15년간 평균 0.861p로 분석대상국 중 가장 높은 수준이었지만, 2016~20년간 평균 0.665p로 하락함.
 - 이는 한국이 메모리 반도체 중심의 수출구조가 심화된 영향으로 평가되며, 일본, 대만과의 경쟁은 경합도가 0.5p를 상회하는 수준으로 높지만 기간별 평균 평가에서는 증감 폭이 감소한 것으로 평가됨.

반도체 부문 대 세계시장 한중, 한미, 한일, 한대 수출경합도 추이



자료 : UN Comtrade, 현대경제연구원

기간별 대 세계시장 수출경합도 평가

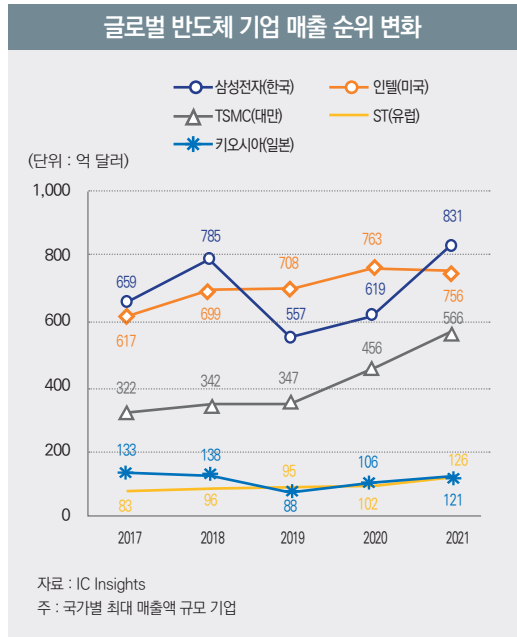
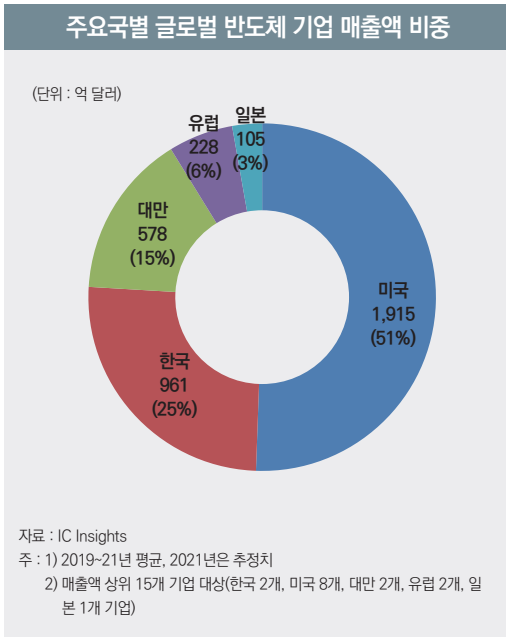
(단위: p)

국가	2010~15년 평균	2016~20년 평균	증감
한·중	0.819	0.833	0.014
한·미	0.861	0.665	△0.196
한·일	0.762	0.664	△0.098
한·대	0.663	0.521	△0.143

자료 : UN Comtrade, 현대경제연구원

③ 반도체 기업 매출액

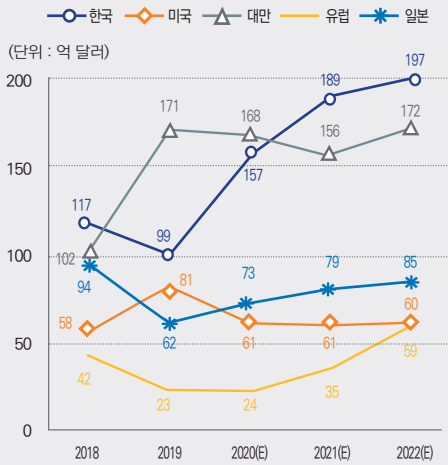
- 미국은 시스템 반도체 투자 확대를 기반으로 글로벌 반도체 시장의 50% 이상을 장악함.
 - 반도체 분야 매출액 상위 15개 기업으로 평가한 글로벌 반도체 시장은 미국(51%), 한국(25%), 대만(15%), 유럽(6%), 일본(3%) 순으로 분석됨.
 - 미국의 경우 로직 및 아날로그 등 시스템 반도체에서 시장을 주도하고 있으며, 한국은 메모리, 유럽·일본은 광개별소자, 대만은 파운드리(위탁생산)에 강점을 지니고 있음.
- 한국의 삼성전자는 2021년 전 세계 매출 1위 기업에 등극했으며, 반도체 위탁생산 기업인 대만 TSMC의 매출액은 빠르게 증가함.
 - 종합 반도체 회사인 삼성전자(한국), 2021년 831억 달러로 세계 1위 매출액을 달성했으며, 다음으로 인텔(미국)이 756억 달러로 2위를 차지함.
 - 상위 3개 기업의 매출액 증가율은 2010년 대비 2021년 삼성전자(한국) 26.1%, 인텔(미국) 22.5%, TSMC(대만) 75.8%로 파운드리 기업인 TSMC의 성장세가 눈에 띈.



◆ ④ 반도체 기업 투자

- 글로벌 반도체 설비투자는 지속적인 증가세이며, 최근 한국 및 대만의 반도체 설비투자 규모가 크게 확대됨.
 - 글로벌 반도체 분야 설비투자는 2019년 이후 증가세가 이어지고 있으며, 2022년 764억 달러를 기록할 것으로 전망됨.
 - 글로벌 반도체 설비투자 규모 전망(SEMI) : (2019) 595억 달러 → (2020) 690억 달러 → (2021) 718억 달러 → (2022) 764억 달러
 - 이 중 한국의 설비투자 규모가 2022년 197억 달러로 가장 큰 수준으로 전망되며 대만, 중국, 일본, 미국 순으로 설비투자 규모가 큼.
- 국내 반도체 기업들의 연구개발(R&D) 투자 규모는 큰 수준이나 투자의 효율성 및 혁신성이 글로벌 기업 대비 상대적으로 미흡한 것으로 평가됨.
 - 삼성전자의 연구개발(R&D) 투자액은 2021년 197억 달러 규모로, 주요 경쟁사인 인텔(151억 달러), 퀄컴(71억 달러)에 비해 높은 수준임.
 - 다만, 삼성전자의 연구개발(R&D) 집중도(R&D Intensity, 기업의 효율성, 혁신성을 평가하는 지표)는 8.1%로 인텔의 19.2%보다 낮은 수준임.

주요국 반도체 설비투자 현황 및 전망



자료 : SEMI(산업통상자원부 재인용)
 주 : 2020년 이후 전망치

2021년 주요 반도체 기업별 연구개발(R&D) 투자 규모

(단위 : 억 달러, %)

기업명	R&D 투자액	R&D 집중도	
한국	삼성전자	197.4	8.1
	SK하이닉스	35.3	9.4
미국	INTEL	151.9	19.2
	QUALCOMM	71.8	21.4
대만	TSMC	44.7	7.9
	MEDIATEK	34.4	19.5
중국	ZTE	29.2	16.4
	SMIC	17.2	13.5
일본	SONY	55.1	6.2
	RENESAS	14.2	15.7
유럽	ASML	30.1	13.7

자료 : Bloomberg, 현대경제연구원
 주 : 1) R&D 집중도(R&D Intensity)는 총매출액 대비 R&D 투자액의 비중
 2) 2021년 전 세계 상장기업 기술 하드웨어 및 반도체 산업 분류 기준

⑤ 반도체 연구개발(R&D) 인력

- 국내 반도체 산업 연구개발(R&D) 인력은 규모 및 인력 확보 정도가 경쟁국 대비 낮은 수준으로 평가됨.
 - 2019년 기준 반도체 제조 관련 연구개발(R&D) 인력은 중국 22만 명(5년간 CAGR 6%), 일본 14만 명(△1%), 한국 11만 명(1%), 대만 7만 명(3%)으로 분석됨.
 - 국내 반도체 산업은 매년 약 1,500명의 신규인력 확보가 필요한 것으로 분석되지만, 매년 배출 인원수는 650명으로 큰 격차가 존재함.¹⁾
- 각국은 반도체 기업들의 인력 부족 문제 해결을 위해 대응책을 집중 마련함.
 - 한국, 미국, 일본, 중국 등은 산학협력을 통해 전문인력을 육성하는 전략을 활용하고 있음.
 - 미국의 반도체 업체들은 해외의 우수인력 채용을 위한 법안을 마련 중이며, 대만은 첨단기술산업의 산학협력 관련 규제 완화를 통해 반도체 전문과정 개설을 준비 중임.

1) 관계부처합동(2019), "종합반도체 강국 실현을 위한 K-반도체 전략"

반도체 제조업 관련 R&D 인력 ²⁾				
(단위 : 명)				
연도	한국	대만	중국	일본
2014	102,788	64,151	167,984	148,853
2015	100,717	66,313	185,641	142,039
2016	96,118	67,924	189,190	136,248
2017	100,082	69,547	191,753	138,132
2018	102,988	70,953	233,192	142,879
2019	108,315	73,365	221,181	139,477
2014~19 CAGR	1%	3%	6%	-1%

자료 : OECD

주요국 반도체 개발 인력 육성 방안	
국가	추진 전략
한국	- 반도체학과 신설 협약 : 삼성전자-KAIST, 포스텍, 성균관대, 연세대 / SK하이닉스-고려대, 서강대 - 기업 퇴직 인력의 국내 재취업·창업 지원
미국	- 반도체 기업 해외 인력 채용 촉진 입법 설득 - 우수 연구인력양성을 위해 국가반도체기술센터(SRC)에 연 3억 달러 투자 - 인텔-오아이오주 공장의 인력양성 프로그램 운영에 1억 달러 투자
대만	- 첨단기술 분야 대학-기업 협력 관련 규제 완화 방안 처리
EU	- 정부, 산업, 대학 공동으로 반도체 AI 칩 개발 프로그램 추진 중 - GDP의 3% 이상을 반도체 R&D에 투입 계획
일본	- 규수 지역 8개 고등전문학교에 반도체 교육과정 신설 예정
중국	- 베이징대, 화중과학기술대, 칭화대, 선전기술대 등에 반도체 대학원 설립

자료 : 각국 보도자료

◆ ⑥ 반도체 산업 경쟁력 평가 종합

- 한국은 교역 부문에서 주요국 대비 경쟁력이 높은 것으로 평가되나, 반도체 부문의 전문인력 확보가 필요할 것으로 보임,
 - 대 세계시장에서의 교역경쟁력은 평가 대상국 중 개선세가 지속되며 가장 높은 경쟁력을 지닌 것으로 평가됨.
 - 반도체 기업투자 및 매출 수준은 상대국 대비 크게 앞서 있는 것으로 분석되나, 반도체 연구개발(R&D)의 인력 확보는 시급한 것으로 평가됨.
- 미국은 기업의 매출과 인력 부문에서 가장 앞서 있으며, 중국은 전문인력 및 교역경쟁력, 대만은 전문인력을 제외한 나머지 부문 모두 전반적으로 높은 수준인 것으로 평가됨.
 - 미국과 중국은 수입액이 수출액을 크게 상회하면서 교역경쟁력 수준은 상대국 대비 열위한 것으로 평가되지만, 중국의 경우 한국과 세계시장에서 수출경합도가 가장 높은 국가 중 하나임.
 - 중국의 경우 국가 중심의 반도체 산업 육성 지속과 인재육성 부문에서 높은 경쟁력을 보유한 것으로 평가됨.

2) 국제표준산업분류(ISIC Rev.4) C26 Manufacture of computer, electronic and optical products 기준, 미국은 ISIC 3.1의 32 Manufacture of radio, television and communication equipment and apparatus 기준(OECD) 146,900명(2007)의 연구개발 인력이 기업체에 종사함.

반도체 산업 경쟁력 평가 종합

구분	교역경쟁력		반도체 기업 매출	반도체 기업 투자	인력
	무역특화지수	수출경합도			
한국	▲	-	●	▲	▼
미국	▼	●	▲	●	▲
중국	▼	▲	▼	▼	●
일본	●	●	▼	▼	▼
대만	▲	▼	●	●	▼

자료 : 현대경제연구원

주 : 1) ▲는 절대우위, ▼는 절대우위 국가 대비 열위, ●는 절대우위 국가 대비 비슷한 수준을 의미

2) 수출경합도는 한국과 수출경합도가 가장 높은 국가는 ▲, 가장 낮은 국가는 ▼, 비슷한 국가는 ●로 평가

3 정책제언

◆ 자국 중심의 공급망 재편에 대응하고 국내 반도체 생태계 강화를 위해서는 선제적이고 적극적인 정부 정책의 뒷받침이 필요

- 한국의 반도체 산업 포트폴리오를 다양하게 구축해 경쟁력을 확보하고, 특히 국내 시스템 반도체의 설계 및 생산의 밸류체인 구축 노력이 필요함.
- 재정 및 조세 지원 등을 통해 기업의 연구개발, 시설투자 등에 대한 적극적이고 실효성이 높은 정책을 뒷받침해야 할 것임.

◆ 국내 반도체 산업의 경쟁력 지속을 위해서는 핵심장비 및 소재에 대한 개발 등 기술력 제고가 시급

- 반도체 소재·부품·장비 산업경쟁력의 원천인 기초 연구 활성화를 위해 적극적인 연구인력의 육성과 글로벌 선도기술 확보에 주력해야 할 것임.
- 또한 반도체 소재·부품·장비의 기술경쟁력 제고를 위한 R&D 투자, 실증센터 확대 등을 통해 생태계 구축을 위한 노력을 꺾어야 함.

◆ 반도체 연구개발(R&D) 인력양성과 핵심인력 유출을 방지하기 위한 정부의 노력이 필요

- 국내 반도체 산업의 세계적인 경쟁력 지속을 위해 정부는 기업의 R&D 투자 유도뿐 아니라 정부 및 산학연 협력 모델을 통한 고급인력 육성 정책을 확대해야 함.
- 연구개발(R&D) 핵심인력에 대한 정부 차원의 지원 및 관리 시스템 활성화를 검토하고 기술안보를 위한 법·제도적 체계를 강화해야 함.

◆ 기업은 선제적인 투자 확대뿐 아니라 시스템 반도체 등 고부가가치 창출을 위한 경쟁력 강화 전략 마련이 필요

- 경쟁력이 열위한 시스템 반도체를 중심으로 경제협력을 강화하는 전략을 수립하는 한편, 시장점유율 확대 및 기술력 확보를 위해 기업 간 전략적 인수합병(M&A) 등도 도모할 필요가 있음.
- 미국은 다수의 반도체 원천기술을 보유하고 있고 자국 기술 통제로 외국의 반도체 생산에도 영향을 미칠 수 있으므로 글로벌 공급망 재편에 유연하게 대응하는 체계를 강화해야 함.

■ 참고 문헌 ■

- 박용정, 민지원, 이진하, 반도체 산업 글로벌 공급망의 구조적 변화와 시사점, 현대경제연구원, 2022. 보고서 발췌 재가공
- 관계부처합동, 종합반도체 강국 실현을 위한 K-반도체 전략, 2019

일본의 반도체 산업 잠재력

이 지 평 | 한국외국어대학교 특임강의교수

SUMMARY

- ▶ 미중 패권 경쟁에 따른 세계적인 공급망 재편에 대응하면서 일본도 반도체 산업의 경쟁력 회복에 주력하고 있으며, 일본 반도체 산업의 잠재력과 일본의 반도체 전략을 검토하는 것이 우리나라 반도체 산업의 차세대 경쟁력 강화를 위해서도 유익한 시사점을 제공함.
- ▶ 일본 반도체 산업은 1988년에 세계 반도체 시장 점유율 50.3%를 기록했으나 메모리 반도체 분야의 추락으로 인해 2021년 10% 수준으로 하락함. 다만, 반도체 관련 산업 전체 차원에서 일본 기업은 장비, 소재, 전력 반도체, CMOS 등에서 세계적인 경쟁력을 유지함.
- ▶ 이러한 상황에서 일본 정부는 반도체 산업의 부활 및 강화를 위해 재정적인 지원을 확대하기 시작, 경제안보 차원에서 강점을 가진 기술을 Choke Point, 잠재적 경제 보복 역량으로서 강화하는 한편, 낙후된 미세 가공기술을 회복하기 위해 외국 반도체 기업을 유치해 반도체 생산 기반을 회복하는 데에 주력함. 또한 일본 기업 연합으로 첨단 반도체 생산 기업인 Rapidus를 설립하고 2nm급 반도체 생산체제 구축에 주력 중임.
- ▶ 일본 정부는 반도체 산업 전략을 디지털 산업 전략과 연계, 첨단 반도체 생산 능력의 회생과 함께 차세대 자동차, 통신, 로봇, 슈퍼컴퓨터 및 양자컴퓨터, AI, 데이터 센터 등의 첨단화에 주력, 광 신호 기반의 차세대 반도체로 통신, 디지털기기 전반에서 주도력 확보에 주력하고 있음.
- ▶ 일본의 반도체 관련 소부장 분야에서 한국은 일정한 국산화 효과를 거두었으나 아직도 일본에 의존하는 분야도 많으며, 일본이 세계 1위의 위치에 있는 분야에서는 일본 기업과 협력하는 것이 우리나라 반도체 산업 입장에서 중요함.
- ▶ 한국은 일본 소부장 기업과의 협력, 특히 후공정의 차세대 패키지, 3D 적층 등의 기술 분야에서의 협력을 통해 반도체 산업의 기술력 향상에 주력하는 한편, 일본의 반도체 디지털 전략의 추이를 지켜보면서 일본 기업의 첨단 반도체 수요를 겨냥한 시스템 반도체 파운드리 수요의 유치에 주력하고 대만이 주도하고 있는 파운드리 시장에서의 입지를 강화해야 함.

KEY WORD

일본 반도체 전략, 3D 패키지, Rapidus, IWON

1 배경

◆ **일본 반도체 산업은 그동안 위축되어 소재, 부품, 장비(소부장) 분야를 강화해 각국 반도체 산업과 협업해왔으나 최근 반도체 생산 자체도 강화하기 시작하면서 그 귀추가 주목되고 있음.**

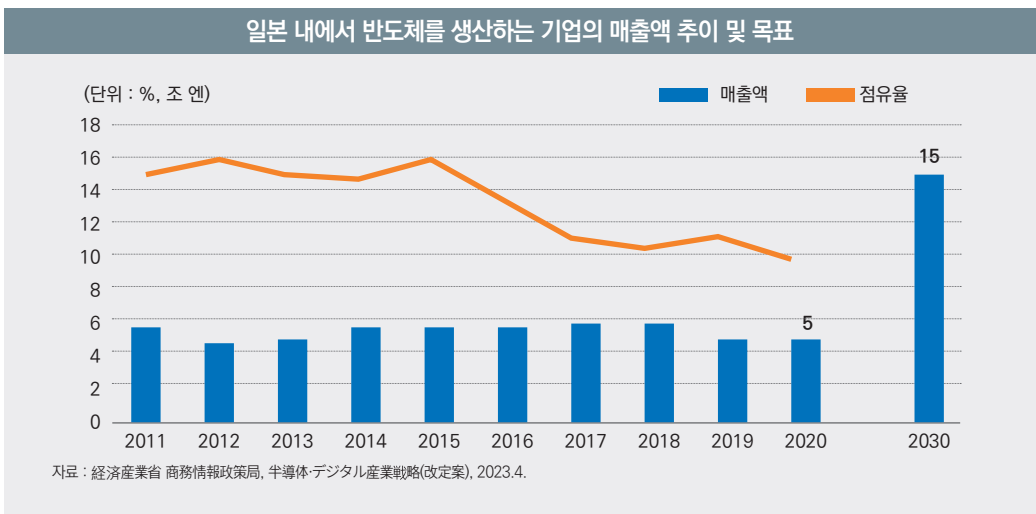
- 일본 정부는 대만의 TSMC사를 구마모토현에 유치하기 위해 4,760억 엔의 보조금을 준비, 2022년 4월부터 공장 건설을 개시했으며, 회로의 선폭 10~20nm의 반도체를 월간 5만 5천 장 생산할 계획임. 이는 신공장 예상 투자액 1조 1천억 엔 중 절반 가량을 일본 정부가 부담하게 되는 셈임.
 - 이와 함께 일본 정부는 일본의 각 소부장 기업과 TSMC의 공동연구개발도 지원, 이는 TSMC와 일본 대학 연구자 등도 폭넓게 참여한 형태로 일본 소부장 기업으로서 차세대 반도체 제조기술을 심화시킬 수 있는 이점을 확보함.
 - 한편, TSMC는 일본의 우수한 소부장 기업과 협력해 차세대 3D 패키지 기술 등을 선행적으로 개발하면서 더욱 경쟁력을 강화하는 데에 주력함.

◆ **또한 일본 정부는 2022년에 대만 기업 등 외국기업의 유치 외에도 일본 기업 연합으로 첨단 반도체를 제조하는 기업으로서 Rapidus의 설립을 지원**

- 토요타자동차, 소니, 덴소 등 일본의 우량 기업들이 출자한 이 Rapidus는 2020년대 후반에 회로 선폭 2nm의 차세대 반도체를 양산할 계획이며, 이와 관련한 기술을 미국의 IBM에서 도입하고 벨기에의 유력 연구개발기관인 imec와의 협력체제도 구축했음.
- 이를 위해 일본 정부는 700억 엔의 보조금을 지원한 데 이어 구체적인 공장 부지를 홋카이도로 결정하면서 2,600억 엔의 추가 지원도 결정함.
- 일본은 경제안보 차원에서 첨단 반도체의 자체적인 공급망을 확보해 각종 제품의 디지털화, AI화에서 경쟁력을 확보하기 위해서도 중요한 과제로 인식함.

◆ **그리고 일본 정부는 강점 분야인 반도체 관련 소부장 산업을 더욱 강화하는 한편, 전력 반도체, CMOS 등 상대적으로 강한 반도체 분야에 한층 주력하면서 이들 제품을 경제안보 전략 차원에서도 활용하겠다는 입장을 보이고 있음.**

- 미중 기술패권 전쟁이 심화되는 가운데, 일본 정부는 지난 3월 31일에 미국의 대중국 첨단 반도체 규제에 맞추어 첨단 반도체의 제조장치 등 23개 품목을 수출 관리 규제의 대상에 포함할 것이라고 발표, 무기 등 군사용 전용이 가능한 민생용품의 수출을 관리하고 있는 「외국환관리법」에 의거해 규제를 강화, 개정안은 7월부터 시행될 예정임.
- 省令(시행규칙) 개정에서는 중국 등 특정 국가 및 지역을 규제 대상으로 하고 있지 않으나 우호국 42개국(한국 포함) 및 지역을 제외하면 개별 허가가 필요해 실질적으로 對 중국 수출이 규제 대상이 됨.
- 이와 같이 일본 정부는 반도체 산업을 전략 분야로 지목해 지정학적 리스크에 대응하는 한편, 일본의 강점기술을 기반으로 상호의존성의 무기화에도 대응하겠다고며 정책 방향을 강화함.



◆ **일본 정부는 이와 같은 방향에서 반도체 전략을 지난 2021년도에 수립하고 계속 실행해 오다가 2023년 4월에는 이 반도체 전략의 개정안(반도체·디지털 산업 전략 개정안)을 발표, 정책 방향 수정의 의의를 다음과 같이 언급**

- 이 수정안에 따르면 2021년 6월의 반도체·디지털 산업 전략이 책정된 후 2년이 경과해 세계정세는 크게 변화, 경제안보 리스크에 대한 대응이나 일본 반도체 공급 체인의 강인화, 디지털화나 그 린화에 대한 대응은 보다 시급해졌다는 판단을 제시함.
- 디지털 기술은 비즈니스나 국민생활을 지지할 뿐 아니라 국가존망에 직결되는 상황이 되었으며, 특히 코로나19의 여파로 중국의 상하이 봉쇄 등 글로벌 공급망의 취약성에 대한 대응 필요성을 인식시켰음.

- 동맹국들이 연대해 글로벌 공급망을 강인화하고 필요한 물자를 조달할 수 있는 환경을 조성하는 것이 더욱 중요해졌다고 인식함.
- 또한 기후변화에 대한 대응은 세계적으로 경쟁이 되고 있으며, 디지털 기술의 활용이 에너지 소비의 증대로 이어질 수 있는 가운데, 반도체나 축전지를 비롯한 전략제품의 절전 기술의 향상 등이 디지털화와 그린화의 양립을 위한 열쇠가 되고 있음.
- 새로운 디지털 사회에서 새로운 부가가치가 싹트는 토양을 정비·확보하는 것이 필수적이라고 판단함.

◆ 이러한 인식을 기초로 일본 정부는 새로운 반도체·디지털 전략 방향을 다음과 같이 제시

- 반도체·디지털 산업에 의한 부가가치 창출의 에코시스템을 구축하고 이노베이션과 경제성장의 선순환을 형성해 DX, GX, 경제안보를 동시에 달성하고자 함.
- 디지털 기술의 활용으로 새로운 제품 및 서비스를 창조, 자율주행, 자율형 로봇, 다기능 Edge 단말기 등에 주력함.
- 이를 위해 첨단 반도체나 불가결성이 높은 반도체 및 관련 공급망을 강화하기 위해 관민 합계로 약 5조 엔 이상을 추가 투자하고, 차세대 반도체나 광전자 기술 융합 등의 연구개발이나 차세대 신기술의 보급을 위해 관민 추가 합계로 약 6조 엔 이상을 투자함.
- 로직 반도체에 대한 투자와 함께 증가하는 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서는 메모리 반도체의 고성능화, 대용량화, 저소비 전력화를 선도할 필요가 있으며, 메모리 반도체 제조 능력도 강화함.
- 이를 통해 일본에 소재한 반도체 기업(외자계 기업 포함)의 반도체 매출액을 2020년의 5조 엔(세계시장 10% 수준)에서 2030년 15조 엔, 즉 3배로 확대하겠다는 목표를 세움.

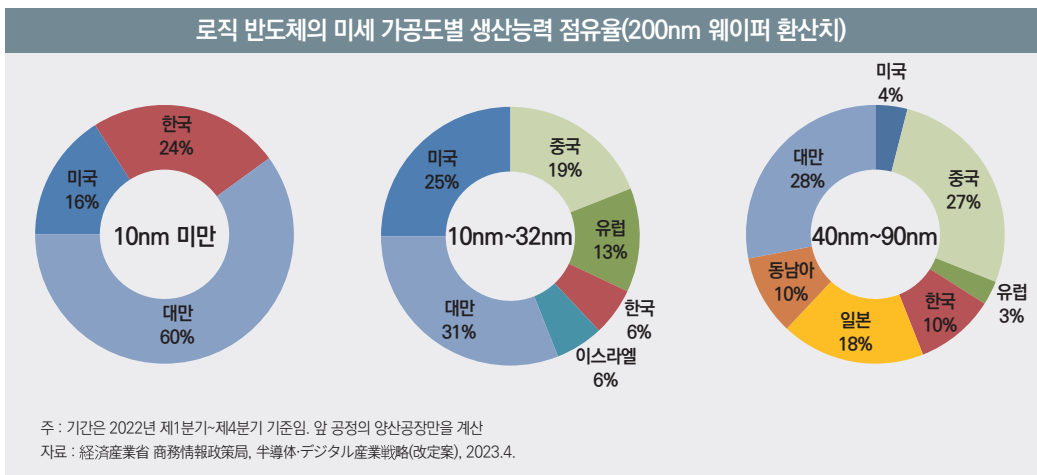
◆ 메모리 분야 등에서의 한일 기술격차 등을 고려하면 일본 정부의 반도체 전략이 목표대로 성공할 것인지 불확실한 측면이 있으나 일본의 전략적인 대응에서 시사점을 찾고 대비하는 자세가 중요할 것임.

- 전체적인 디지털 전략 차원에서 반도체 전략을 전개하면서 그린 이노베이션(GX)과의 연계적인 산업 생태계를 구상하고 새로운 광전자 기술도 조망하면서 경쟁의 판도를 혁신하려는 일본의 전략을 잘 파악하고 대응하는 자세가 중요함.

- 일본 정부는 경제안보라는 대의명분을 내세워 반도체 분야에 대한 대규모 투자를 당분간 지속할 것으로 보이며, 성과가 다소 부진하고 재정 낭비 문제가 심화되어도 막대한 투자가 당분간 이루어질 가능성이 큼.
- 일본의 차세대 반도체 전략과 함께 혁신력을 제고하려는 일본의 반도체 관련 소부장 산업의 동향을 예의주시하면서 한일 협력방안을 발전시킬 필요가 있음.

2 현황 및 주요 현안

- ◆ 일본 반도체 산업의 현황을 보면, 로직 반도체는 구세대 모델 중심이고 메모리 분야의 경우 D램은 미국 마이크론만이 생산하고 있는 상황임.



- 로직 반도체 기준으로 회로 선포이 40nm 이상의 구세대, Legacy 반도체만 생산, 10nm 미만은 10~32nm 제품도 생산하고 있지 못하는 상황임.
- D램 생산에서 일본 기업은 다 철수한 상태이지만 미국 Micron Technology의 히로시마 공장이 생산 중이며, 이 공장은 2022년 9월에 최첨단 1β노드의 D램 증강을 위해 일본 정부의 보조금을 최대 약 465억 엔 받기로 했다고 발표함. 그리고 마이크론은 최첨단 EUV(극자외선) 노광장치를 활용한 1γ 세대의 기술을 히로시마 공장에 적용하기 위해 향후 수년간에 5천억 엔을 투자하고 일본 정부가 2천억 엔을 지원할 것이라는 보도도 나왔음(望月崇, マイクロン広島工場に2000億円政府支援, 次世代D R A M - 関係者, Bloomberg, 2023年5月18日).

- 낸드 플래시 메모리 분야에서는 도시바 계열의 Kioxia가 지난 3월 31일에 218층 소자를 개발해 고객에 대한 샘플을 출하하는 등 한국 및 미국 기업의 수준을 유지하고 있으나 미국의 웨스턴디지털 혹은 대주주인 SK그룹으로의 매각 가능성도 존재, 일본 정부는 반도체 전략 강화로 Kioxia 지원에 적극적임.

◆◆ 한편 반도체 관련 소부장 분야에서는 일본 기업의 경쟁력이 우위를 점하는 분야에서의 경쟁력 강화가 모색되고 있음.

- 반도체 제조장치 분야에서는 과거의 강점 분야였던 노광장치는 네덜란드의 ASML에 밀려 EUV(극자외선) 장치를 제조할 수 있는 능력을 가진 일본 기업은 없으나 포토레지스트의 도포와 현상을 하는 Coater·Developer의 세계시장 점유율이 90% 정도이며 열처리장치(93%), Patch식 세정장치(86%), EUV용 포토마스크 검사장치(100%), 패키지 절단 Dicer(90%) 등 강한 제품을 보유함.
- 또한 반도체 관련 소재 분야의 세계시장 점유율은 EUV 포토레지스트(100%), 연마 액인 CMP slurry의 웨이퍼용(85%)·웨이퍼 래핑용(93%), 불화수소(83%), 패키지용 빌드업재(100%), 패키지용 solder resist(100%), Underfill 재료(92%)임.
- 이들 일본 기업은 하나의 재료 및 장치에 특화해 지적재산권을 축적하고 압도적인 점유율을 확보해 경쟁자가 없는 경우가 있으며, Dicer의 디스코사(점유율, 80%), 아지노모토 화인테크노의 패키지용 빌드업재(96%), 태양잉키의 패키지용 solder resist(85%) 등이 있음.
- 하이엔드 제품에 특화하거나 월드 클래스 기술로 경쟁사의 접근을 어렵게 하는 기업으로 패키지용 동박 적층판의 미쓰비시가스화학(30%) 및 Resonac(30%), 유기기판의 이비덴, 신코전기 등이 있음.

◆◆ 예를 들면 Resonac사의 경우 원료에서 재료까지의 강점을 활용하는 데에 주력, 특히 핵심 분야인 반도체 소재에서는 실리콘 웨이퍼용 연마제인 ‘CMP 슬러리(CheMical Mechanical Polishing Slurries)’ 등에 주력

- Resonac사의 패키징 솔루션 센터는 각 공정의 장치를 갖추어 처음부터 끝까지 공정을 일관되게 재현할 수 있어 다양한 기업과의 시제품 협력이 용이하며, 차세대 반도체 기술을 개발하는 컨소시엄 JOINT2도 제품 개발 효과가 추구되고 있음(이지평·이인숙, 월간 Japan Insight, 반도체 소재의 강자, Resonac의 차세대 전략, 한일산업·기술협력재단·한일기업연구소KJ, 2023.2.).

- 적층 기판이나 패키지 및 밀봉재 등을 취급해온 이 회사는 후공정용 재료로는 세계 톱의 위치에 있으며, 이 분야에서는 향후 이노베이션 효과도 기대됨.
- 반도체 산업은 지금까지 배선의 미세화 등 주로 앞공정의 기술진화에 의한 성능 향상이 주목받아 왔지만 이 분야의 진화가 물리적, 비용적으로 한계를 보이고 있기 때문에, 최근 몇 년은 후공정에서의 기술혁신에 초점이 맞추어지고 있음.
- 3차원 실장이나 Chiplet(첨단기술이 적용된 레고 블록과 같은 기판, 칩의 혼합 탑재 효과 가능)이 그 예이며, 후공정 분야에 강한 회사가 점점 더 유리해지고 있음.
- 이에 따라 Resonac사는 향후 5년간 2,500억 엔 이상을 투자할 계획이며, 최근의 설비투자에서는 2022년 9월에 반도체 패키지 기판용 동장적층판(銅張積層板)의 생산 능력 증강을 발표하고, 또한 한국에서 반도체 제조용 고순도 가스의 저장 능력을 2배로 증강한다고 발표했다.
- Resonac사가 반도체 재료, 장치 기업 12개사와 2021년 10월에 개설한 반도체 후공정의 기술개발 기업연합인 JOINT2는 현재 인공지능, 서버 등의 용도로 수요 확대가 기대되는 반도체의 3차원 실장이라는 최첨단 패키지의 평가 플랫폼의 구축을 추진 중임.
- JOINT2의 무대가 되는 것은 구 쇼와전공 머티리얼즈의 반도체 재료·프로세스의 오픈 이노베이션 랩인 '패키징 솔루션 센터(PSC)' (가와사키시)이며, 2022년 7월에 클린룸의 확장을 마치고 시제·평가에 사용하는 장치 등도 도입함.
- 한편, Resonac사는 '탄화규소(SiC)'라고 부르는 화합물을 사용해 반도체의 부자재를 제조하는 기술에 강점이 있으며, SiC 소재의 전력 반도체는 현재 주류인 실리콘제보다 전기의 손실을 억제하고 전력 반도체의 성능 향상에 결정적 영향을 미침. Resonac사는 SiC제의 전력 반도체의 부자재를, 2026년을 목표로 매달 5만 장 정도 생산할 계획이며, 현재의 약 5배로 늘릴 방침임.

◆◆ 일본 정부는 이러한 반도체 소부장 분야의 강점을 더욱 강화할 뿐 아니라 이를 앞서 말한 바와 같이 로직 반도체, 메모리 반도체, 전력 반도체 등 산업용 반도체의 경쟁력 강화에 활용하겠다는 전략을 세움.

- 제1단계로서 제조기반의 강화, 제2단계로서 차세대 기술의 확립, 제3단계로서 미래기술의 연구개발이라는 3단계 전략으로 추진하겠다는 방침임.

일본정부의 광-전 융합기술 개발 로드맵



자료 : 經濟産業省 商務情報政策局, 半導体-デジタル産業戦略(改定案), 2023.4.

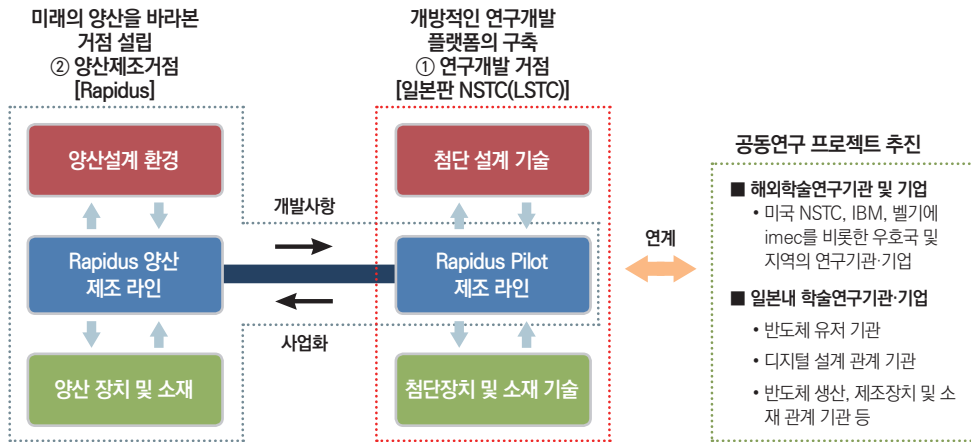
◆ 로직반도체의 경우 앞서 말한바와 같이 TSMC의 유치와 Rapidus의 육성이 핵심전략이 되고 있음.

- 제1단계로서 TSMC를 규슈의 구마모토에 유치해 일본 기업이 갖고 있지 못한 반도체 미세 가공 기술인 Fin-FET 기술을 도입할 방침이며, 첨단 반도체의 양산기술이 Fin-FET에서 Gate-All-Around(GAA)로 전환되는 상황을 감안하면 일본으로서는 지금이 반도체 미세 가공기술을 따라잡는 마지막 기회로 생각한 것으로 보임.
- 제2단계는 이러한 양산기술의 보안을 기반으로 2027년 2nm급의 반도체의 자체 생산을 위해 Rapidus의 설립을 결정, 투자 자금이 수 조 엔이 소요될 것으로 보이는 가운데, 지금까지 일본 정부가 총 3,300억 엔을 투자하고 있는 상황인데, 성공 여부에는 불확실성도 존재함.
 - 2022년 11월 11일에 토요타자동차, NTT 등 8개사가 출자해 설립된 Rapidus는 미국의 IBM의 기술을 기초로 할 예정이며, 이와 함께 경제산업성은 2022년 12월 19일에 반도체 연구거점으로서 '기술연구조합 최첨단 반도체 기술 센터(Leading-edge Semiconductor Technology Center : LSTC, 본부 도쿄)'를 설립함.
 - 이 LSTC는 Rapidus와 함께 일본의 반도체 부활전략을 주도할 것으로 기대되고 있으며, 해외 관계 연구기관과의 연계를 하는 개방적인 연구개발 플랫폼을 구축하고 차세대 반도체의 양산 실현을 위한 기술개발 프로젝트를 실시함.

- 이 LSTC에는 정부계 연구소인 물질·재료연구기구, 이화학연구소, 산업기술총합연구소, Rapidus, 도호쿠 대학, 츠크바대학, 도쿄대학, 도쿄공업대학, 오사카대학, 고에너지가속기 연구기구 등이 참여함.
- 제3단계는 첨단 반도체 기술의 양산 성공을 기반으로 2nm 기술 이후의 최첨단 기술을 주도하는 등 일본이 본격적으로 반도체 분야에서 선도할 것을 계획하는 것임.
 - 사실, Rapidus가 계획대로 2027년 정도에 2nm 양산기술에 성공하더라도 이미 첨단 미세가공기술에서 설계와 생산의 연계기술이 뛰어나고 양산기술을 주도하고 있는 한국 및 대만 기업만큼의 경쟁력을 확보하기는 어려울 것이며, Si칩 등의 첨단 분야의 경쟁력 있는 제품을 공급할 수 있는지도 불확실한 측면이 있음.
 - 다만, Rapidus에 참여한 일본 기업들이 어느 정도 칩의 매입을 통해 Rapidus의 양산을 뒷받침할 것으로 보이며 공정 기술의 개량에도 주별하면서 기술과 생산의 선순환을 통해 제3단계에서 첨단기술의 우위를 확보할 전략인 것으로 보임.
 - 그 기반으로서 일본 정부는 NTT 그룹이 개발한 IWON(모든 회로 신호를 광기술로 처리해 절전 성능이 탁월함) 등 광-전 융합기술이 게임 체인저 기술이 될 것을 기대, 특히 Si의 발전으로 더욱 중요해질 데이터 센터의 혁신적인 에너지 절약을 위해 일본의 자체 첨단 반도체를 기반으로 한 광전자 융합기술이 효과를 발휘할 것이라 예상함.
 - 광전자 융합기술은 전자 소자를 공-전 융합하고 전기배선을 광 배선으로 대체함으로써 에너지 절약, 대용량화, 저지연화 등을 실현하고 네트워크 시스템 전체로 소비전력을 100분의 1로 감축할 것으로 기대되고 있음(경제산업성 추정).
- 일본이 1990년대 말 이후 반도체와 함께 클라우드 컴퓨팅, 디지털 혁신 등에서 뒤쳐졌지만 일본의 반도체 전략은 이러한 디지털 혁신 전략 측면에서도 부활을 노리고 있다고 할 수 있으며, 첨단 반도체 기술력을 회복해 각종 전자기기 및 차세대 컴퓨터, 네트워크 자동차, 통신 및 단말기, 클라우드 컴퓨팅, 차세대 로봇, IoT화된 차세대 전력, IoT화된 배터리 등 차세대 유망 산업 전반에서의 경쟁력 회복 및 강화를 노리고 있다고 할 수 있음.

◆ **일본 정부가 추진하고 있는 LSTC의 경의를 보면 2022년 5월 4일에 있었던 일본 경산성장관이 미국 상무부 장관 회의에서 ‘반도체 협력 기본원칙’에 합의하고, 5월 23일에 개최된 미일 정상회담에서 ‘반도체 협력 기본원칙’에 의거해 Task Force의 설치 발표, 7월 29일 미일경제정책협의위원회(경제판 2+2회의)에서 미일공동연구개발에 합의함으로써 일본판 LSTC를 설립할 것을 발표**

- 즉, LSTC는 Rapidus의 프로젝트가 미국 정부와 협력한 IBM의 2nm 미세 가공기술을 활용하는 것과 유사하게 미일 반도체 연구협력체제의 일환으로서 설립, 미국의 국책 반도체 연구조직인 NSTC(National Semiconductor Technology Center)와 일본판 NSTC인 LSTC가 공동연구체제를 구축하도록 함.



자료 : 經濟産業省, 次世代半導体の設計製造基盤確立に向けて, 2022.11.

- 이 LSTC는 2nm의 차세대 반도체 양산체제의 구축을 위한 Rapidus와 긴밀하게 협력해 첨단설계, 첨단장치, 소재 등의 요소기술 분야에서 개방적인 연구거점으로서 설립됨.
- LSTC의 구로다(黒田 忠広) 설계기술개발 부문장은 최첨단 반도체 회로 설계 기술의 확립에 주력, 히라모토(平本 俊郎) 디바이스 기술개발 부문장은 GAA 이후의 최첨단 트랜지스터 기술의 개발에 주력, 수가와(須川 成利) 프로세스·장치기술개발 부문장은 短TAT(생산 개시에서 종료까지의 시간, Turn Around Time)의 실현을 향한 양산기술의 개발(Rapidus에 참여한 토요타식 제조비용 감축에도 주력), 치코(知京 豊裕) 소재개발 부문장은 GAA 구조 및 첨단 패키지 실현을 위한 소재 개발, 스가누마(菅沼 克昭) 3D 패키지 기술개발 부문장은 전공정의 개발과 연동된 3D 패키지 기술의 확립에 주력함.
- LSTC가 중시하고 있는 첨단 패키지 기술개발에서는 소재 및 장치 기업과 대학연구기관(도쿄공업대학 Chiplet 집적 플랫폼, YNU 3D 헤테로 집적 Alliance, 오사카대학 플렉시블 3D 실장 협동 연구소 등)을 포함한 연구 컨소시엄을 잘 연계해 일본 내에 존재하는 관련 연구기관들의 연구 역량을 집약하는 연구 플랫폼 역할을 지향, 첨단기술의 Pilot 라인의 구축을 통해 개발한 혁신 재료 및 장치 등은 IDM, 파운드리 기업 등에 제안, 3D 실장과 함께 실리콘 브리지, 재배선 미세화 기술 등에도 주력하고 미래 기술로서 광 Chiplet 기술의 개발에도 주력함.
- 이와 함께 최첨단 SoC 설계, 단주기 TAT 설계 및 검증 기술, Chiplet 실장을 위한 고밀도 I/F 설계, 첨단 GAA 구조 기술, 후면 배선의 고신뢰성화 기술, CFET 등의 beyond 2nm 기술, 그린 제조 기술(고수율, 고에너지 효율, 재활용 기술), 차세대 반도체를 위한 Materials Informatics 등의 기술개발과 이전에 주력함.

◆ 일본 정부는 증대하는 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서는 로직 반도체의 진화만으로는 한계가 있다고 판단해 메모리 반도체의 고성능화, 대용량화, 초절전화에도 주력

- 제1단계로서 미국 Micron사의 DRAM 공장 지원, Kioxia/Western Digital의 요카이치, 이와테현 공장에 대한 지원 통해 제조기반 강화, 미일 협력 통한 설계 기능이 강화된 제조 거점으로 육성함.
- 제2단계로서 미일 반도체 협력을 강화하면서 DRAM, NAND의 고성능화와 함께 AI의 이용 및 활용에 수반하는 CPU 처리 용량과 DRAM 용량의 괴리로 인해 CPU에 의존하지 않는 공유 메모리 풀이 요구되고 있으며, 그 실현으로 대용량, 고속, 초절전성을 가지면서 저비용의 혁신적 메모리를 개발함.
 - CPU 중심 회로 구조에서 Memory Centric 구조(메모리를 중심으로 CMOS, GPU, DSP, ASIC, Power chip 등이 연계)로 전환할 수 있는 기술 개발에 주력함.
- 제3단계로서 2nm 세대 이후의 로직 반도체에 요구되는 고속, 소형, 절전 등을 위해 새로운 혼합 메모리를 개발함.
 - 예를 들면 Memory Cell와 CMOS 로직의 적층화 기술 개발에 주력함.

3 정책제언

◆ 제언 : 일본이 우위를 점하고 있는 소부장 분야에서의 한일 협력을 통해 한국 반도체 산업의 경쟁력 강화에 주력

- 일본의 반도체 관련 소부장 분야에서 한국은 일정한 국산화 효과를 거두었으나 아직도 일본에 의존하는 분야가 많으며, 일본이 세계 1위의 위치에 있는 분야도 많은 실정임.
- 우리나라 반도체 산업이 세계적인 경쟁력을 유지하기 위해서는 세계 유수의 일본 기업과 협력하는 것이 중요함.
- 일본 소부장 기업과의 협력, 특히 후공정의 차세대 패키지, 3D 적층 등의 기술 분야에서의 협력을 통해 한국 반도체 산업의 기술력 향상에 주력하는 한편, 일본의 반도체 디지털 전략의 추이도 지켜 보면서 일본 기업의 첨단 반도체 수요를 겨냥한 시스템 반도체 파운드리 수요의 유치에 주력함.

◆ **글로벌한 차원에서 한일, 한미일 협력을 통해 반도체의 공급망을 안정시키는 노력이 중요하며, 대만 유사시에 대비한 한국 반도체 산업의 대체 공급 능력을 한일 협력으로 강화하는 데 주력**

- 세계 시스템 반도체 시장을 석권하고 있는 대만 반도체 생산의 불안정성에 대비해 일본의 차세대 반도체 수요 기업의 개발 거점 등을 한국의 반도체 클러스터에 유치하면서 한일 시스템 반도체 협력을 강화해 한국의 반도체 산업의 세계적 점유율을 확대하고 공급망 안정화에 협력함.
- 일본이 국책 반도체 기업인 Rapidus의 육성에 주력하고 있으나 미세가공도가 높아진 첨단 반도체를 양산할 수 있는 기업이 한정되는 상황에서 일본으로서는 Rapidus만 믿고 디지털 전략에 대응하기가 어려운 측면도 있을 것이며, 일본 기업이 첨단 AI, 차세대 통신 등 디지털 전략을 수행하는데 있어 한국의 반도체 파운드리 양산기술과의 협업도 과제가 될 것임.
- 한일 반도체 협력을 통해 차세대 AI, 자율주행, 통신 등 디지털 혁명에서도 협력을 확대하는 것이 유리할 것으로 보임.

◆ **또한 일본의 LSTC와 미국의 NSTC의 기술연구 및 개발협력 체제의 강화 추세에 대응해 한국의 참여 기회 확대에도 주력**

- 한미일 기술협력 체제를 강화하면서 기존 실리콘 반도체 기술의 고도화와 함께 차세대 재료를 활용한 반도체 기술, IWON 등의 광전자 관련 반도체 기술개발 체제를 강화함.
- CPU 중심 회로 구조에서 Memory Centric 구조로의 전환 등 새로운 기술혁신에도 공동 대응하는 이점을 추구함.

■ **참고 문헌** ■

- 經濟産業省, 半導体・デジタル産業戦略, 2021年6月.
- 經濟産業省, 次世代半導体の設計・製造基盤確立に向けて, 2022.11.
- 經濟産業省 商務情報政策局, 半導体・デジタル産業戦略(改定案), 2023.4.
- 望月崇, マイクロン広島工場に2000億円政府支援、次世代DRAM - 関係者, Bloomberg, 2023年5月18日
- 湯之上隆のナノフォーカス (45) 半導体製造装置と材料、日本のシェアはなぜ高い? ~「日本人特有の気質」が生み出す競争力, EETimes, 2021.12.14.
- 이지평·이인숙, 반도체 소재의 강자, Resonac의 차세대 전략, 월간 Japan Insight, 한일산업·기술협력재단·한일기업연구소KJ, 2023.2.

중국 반도체 산업 경쟁력과 정책 시사

이 미 혜 | 선임연구원, 수출입은행 해외경제연구소

SUMMARY

- ▶(배경) 중국은 세계 최대 반도체 시장으로 정책적 지원하에 성장을 지속하고 있으나 미국의 대중 제재가 강화되고 있어 중국의 반도체 산업 경쟁력과 발전 가능성, 한국에 미치는 영향을 분석해보고자 함.
- ▶(메모리 반도체) D램의 한중간 기술격차는 최소 5년 이상, 낸드 플래시는 중국이 선도국 수준의 기술력을 확보했으나 미국의 제재로 생산능력 확대, 해외 고객사 확보 등에 어려움을 겪고 있음.
- ▶(파운드리) 중국의 기술력은 약 3세대 뒤진 14나노 수준에서 정체되어 있으며, 미국의 제재 등으로 성숙공정 중심으로 사업을 영위함.
- ▶(팹리스) 중국이 미국, 대만에 이어 세계 3위이나 미국의 제재로 해외 파운드리의 첨단공정 이용이 어려워 중저가 반도체 중심의 사업을 영위할 것으로 전망됨.
- ▶(장비) 중국 기업은 반도체 장비 전부문에 참여하나 기술수준이 낮아 선도기업과 경쟁할 수 있는 수준으로 발전하려면 상당한 시간이 소요될 것으로 보임.
- ▶(중국의 정책 방향) 중국은 미국 제재 강화에 대응하기 위해 187조 원 이상의 대규모 추가 보조금 지원을 발표했으며 지원효과 극대화를 위해 소수 성공적인 기업에 한해 상한선 없는 보조금을 지원할 계획임.
- ▶(시사점) 한중 반도체 기술격차는 확대되나 대중 반도체 장비 수출이 영향을 받을 수 있음. 중국의 해외 기술탈취, 국내 인력 스카우트 등의 가능성이 높아져 지적재산권 보호와 인력관리 강화 등이 필요함.

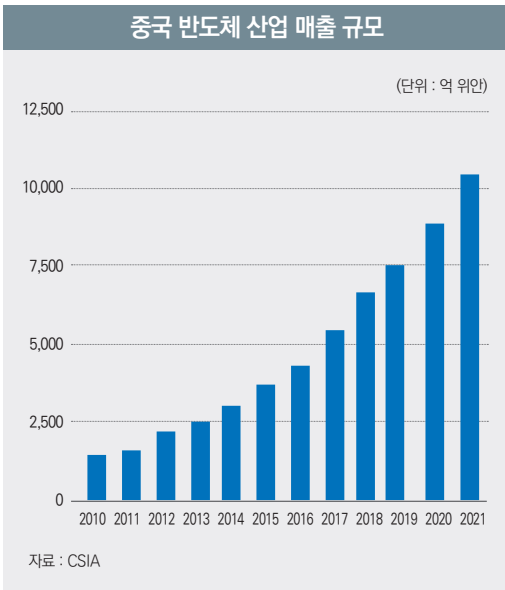
KEY WORD

중국 반도체, 미국의 대중 제재, 미중 패권 전쟁

1 중국 반도체 산업 현황

◆ 중국은 세계 최대 반도체 시장으로 반도체 자급률(2021)은 17%로 목표에 미치지 못했으나 정책적 지원하에 반도체 산업은 성장을 지속

- 중국은 첨단산업 육성전략인 ‘중국제조 2025’에서 2025년 반도체 자급률 목표를 70%로 수립했으나 목표 대비 반도체 자급률은 낮은 수준임.
 - 2020년 중국의 반도체 자급률은 15.9%로 추정되나¹⁾ 중국 기업에 의한 반도체 자급률(2021)은 약 7%임.
- 반도체 자급률은 낮지만 중국의 반도체 산업 규모는 2010년 1,424억 위안에서 2021년 1조 458억 위안으로 연평균 20% 성장함.²⁾
 - 분야별 비중은 2010년에는 패키징·테스트 44%, 제조 31%, 설계 25%였으나 2021년에는 설계 43%, 제조 30%, 패키징·테스트 26%로 고부가 부문 중심으로 사업구조가 변화함.



중국 반도체 기업(2021)

(단위: 백만 달러)

순위	기업	국가	매출	제품
1	SK하이닉스	한국	8,835	D램, 낸드
2	SMIC	중국	5,443	파운드리
3	삼성전자	한국	4,740	낸드
4	Huahong	중국	2,921	파운드리
5	인텔	미국	2,475	낸드
6	TSMC	대만	1,520	파운드리
7	UMC	대만	1,150	파운드리
8	YMTC	중국	960	낸드
9	CXMT	중국	850	D램
10	XMC	중국	505	파운드리

주 : 해외기업은 중국 내 생산만 포함
자료 : IC Insights, 반도체 산업협회

◆ 미국의 중국 반도체 산업 제재 방향은 무역제재에서 기술제재, 첨단산업 생태계 제재로 진화하면서 제재 수위가 높아지는 추세

1) IC Insights
2) 중국반도체 산업협회

- 미국은 안보를 위협하는 중국 기업에 한해 반도체 기술(장비, SW) 수출을 규제했으나 2022년 10월부터 중국으로의 반도체 장비 수출 등을 포괄적으로 규제
 - 2019년, 미국은 중국 통신장비 및 스마트폰 기업 화웨이를 거래제한 명단(Entity List)에 추가함.
 - 2020년부터 중국 최대 파운드리 SMIC, AI 반도체 기업 캄브리콘, 낸드 플래시 기업 YMTC 등을 거래제한 명단(Entity List)에 추가함.
 - 2022년 10월, 미국 상무부는 중국으로의 고성능 컴퓨팅 칩³⁾ 및 반도체 장비 수출, 미국인의 중국 반도체 산업 지원 등을 통제함.
 - D램 18나노 이하, 낸드 플래시 128단 이상, 로직칩 16/14나노 이하로 현재 중국의 기술수준을 기준으로 장비 수출을 제한하나 한국 기업의 중국 공장은 1년 유예를 받음.
 - 미국인의 특정 중국 소재 반도체 제조 시설에서 반도체 개발 또는 생산 지원을 금지함.

미국 Entity List에 추가된 중국 주요 반도체 기업

	기업	사업영역	사업내용
2019	하이실리콘(화웨이의 자회사)	팹리스	2019년 기준 중국 1위, 세계 5위 팹리스
2020	SMIC	파운드리	중국 1위 파운드리
2021	H3C	팹리스	칭화유니그룹의 자회사, 통신칩
2022	YMTC	메모리	중국 1위 낸드 플래시
	캄브리콘	팹리스	AI 반도체
	SMEE	장비	중국 노광장비 1위

자료 : 대신증권, 반도체 산업협회

- 2023년 3월, 네덜란드와 일본이 대중국 반도체 장비 수출통제에 동참
 - 네덜란드는 대중국 반도체 장비 수출규제를 여름 전에 시행할 계획이며 가장 진보된 DUV(Deep Ultraviolet, 심자외선) 노광장비 수출은 정부의 사전 승인이 필요함.
 - 노광기술은 현재 주로 활용되는 DUV에서 EUV(Extreme Ultra Violet, 극자외선)로 발전했으며, 가장 진보된 DUV 기술에 대한 정의는 발표하기 전임.
 - 네덜란드 정부는 미국의 중국 제재 강화 기조에 따라 2019년 6월부터 세계 유일의 EUV 노광기 공급사인 ASML의 중국 수출을 제한해왔음.
 - 일본은 군사용으로 전용될 수 있는 첨단장비 23개 품목의 대중 수출을 규제하며 관련 내용은 5월에 공포하고 7월부터 시행할 예정임.

◆ 이에 중국의 반도체 산업의 경쟁력과 발전 가능성, 한국에 미치는 영향을 분석해보고자 함.

3) 엔비디아의 고성능 GPU인 H100 등. 엔비디아는 칩 성능을 낮춘 중국 수출 전용 제품을 출시(2023.3)

2 주요 분야별 경쟁력

1. 메모리 반도체

◆ [D램] 중국의 D램 시장점유율은 미미하며 한중간의 기술격차는 최소 5년 이상이나 미국의 규제 등으로 기술격차는 확대될 전망

- D램은 삼성전자, SK하이닉스, 미국 마이크론의 과점시장이며 중국 CXMT의 시장점유율은 1% 미만임.
 - D램 시장점유율(2022) : 삼성전자 42.5%, SK하이닉스 28.0%, 마이크론 24.6% 순(움디아)
- 중국은 10나노 1세대 D램(19나노), 한국은 10나노 4세대(14나노) D램을 양산 중이며 5세대(12나노) 양산을 시작해⁴⁾ 한중간의 기술격차는 5년 이상임.
 - D램이 10나노대에 진입하면서 회로 선평의 미세화 수준을 세대 또는 알파벳으로 표기하며 세대당 기술격차는 약 2년임.
 - 10나노 1세대(1x, 18~19나노) → 2세대(1y, 16~17나노) → 3세대(1z, 15나노) → 4세대(1a, 14나노) → 5세대(1b, 12~13나노)
- 중국은 미국의 규제 등으로 투자가 제한 또는 지연되어 한중간의 기술격차는 확대될 전망이다.
 - CXMT는 2022년에 17나노 D램 샘플을 잠재 고객사에 전달했으나 미국의 제재로 18나노 이하의 장비 도입이 어려워 18.5나노 수준으로 설계 변경을 추진함.
 - CXMT는 Entity List에 등재되지 않아 미국 장비 구입을 타진 중임.
 - CXMT는 미국의 규제를 피하기 위해 2024년까지 16나노 D램 개발 후 2025년 중국 기업 장비를 통한 생산, 3D D램으로 전환 등을 검토함.
 - 삼성전자와 SK하이닉스는 D램에 EUV 노광장비를 적용 중, 마이크론은 6세대 D램부터 EUV를 적용할 계획이나 중국 기업은 EUV 노광장비 도입이 어려움.⁵⁾
 - D램은 미세공정 기술의 한계, 비용증가 등으로 3D D램으로 발전하며, 3D D램은 고가의 EUV 노광장비 없이 제조 가능하나 개발 초기 단계로 2030년 이후 양산될 것으로 보임.

4) 2023년 5월, 삼성전자는 5세대 D램을 양산

5) EUV는 빛의 파장이 13.5nm으로 기존 DUV Arf(불화아르곤, 193nm)보다 파장이 짧아 반도체 미세화에 유리

◆ [낸드 플래시] 중국이 선도국 수준의 기술력을 확보했으나 미국의 규제 등으로 생산능력 확대, 해외 고객사 확보에 어려움을 겪고 있음.

- 낸드 플래시는 과점구도가 형성된 D램과 달리 5~6개 기업이 경쟁 중이며 중국 YMTC의 세계시장 점유율(2022)은 3.2%로 세계 6위임.
 - 낸드 플래시 시장점유율(2022) : 삼성전자 33.7%, Kioxia(일) 18.6%, SK하이닉스 13.2%, 웨스턴디지털(미) 13.1%, 마이크론(미) 11.9%, YMTC(중) 3.2% (옵디아)
- YMTC는 2022년에 232단 낸드 플래시를 생산하며 선도기업 수준의 기술력을 선보였으나⁶⁾ 미국의 규제 등으로 생산능력 확대가 어려움.
 - 마이크론은 2022년 7월 232단 낸드 플래시, 삼성전자는 2022년 11월 236단 낸드 플래시의 양산을 시작했으며 SK하이닉스는 2023년 238단의 양산을 추진함.
 - YMTC는 128단 낸드 플래시를 한국기업 양산 시점 대비 약 2년 뒤인 2021년 8월에 생산을 시작했으나 2022년 5월 192단 낸드 플래시 샘플을 만든 후 양산을 건너뛰고 2022년에 200단 낸드 플래시를 양산함.
 - 2022년 12월, YMTC는 거래제한 명단(Entity List)에 추가되어 중국산 장비만 사용하는 '우당산(武當山)' 프로젝트를 추진 중이나 일부 장비와 기술은 확보하기 어려워 생산능력 확대가 지연되고 있음.
 - 미국 장비기업이 기술지원을 위해 YMTC에 파견했던 미국인 직원이 철수하면서 YMTC는 장비 유지보수 등에 어려움을 겪고 있음.
 - YMTC는 우한 2공장 완공 시점을 2023년 말에서 2024년 하반기로 연기함.
 - 2024년에는 200단 낸드 플래시가 주력이 될 전망이며 대만 시장조사기관 Trendforce는 미국 제재 장기화 시 YMTC가 경쟁력 약화로 2024년에 사업 철수 가능성을 제기함.
- 한중간 기술격차는 축소되고 있으나 생산능력, 고객사 등에서는 한국 기업의 우위가 유지될 전망이다.
 - 미국의 중국 반도체 제재 강화로 글로벌 IT기업들이 YMTC 제품의 구매를 꺼려 YMTC는 중국 내에서만 사업을 영위할 가능성이 높음.
 - 애플은 아이폰에 YMTC의 낸드 플래시를 사용하려던 계획을 보류함.

6) 시장조사기관 Tech Insight는 YMTC가 세계 최초로 232단 3D 낸드 플래시를 생산한 것으로 추정됨.

2. 파운드리(Foundry, 위탁생산)

◆ 중국은 미국의 제재로 성숙기술, 내수 중심으로 사업을 영위해 선도국과 기술격차는 확대될 전망

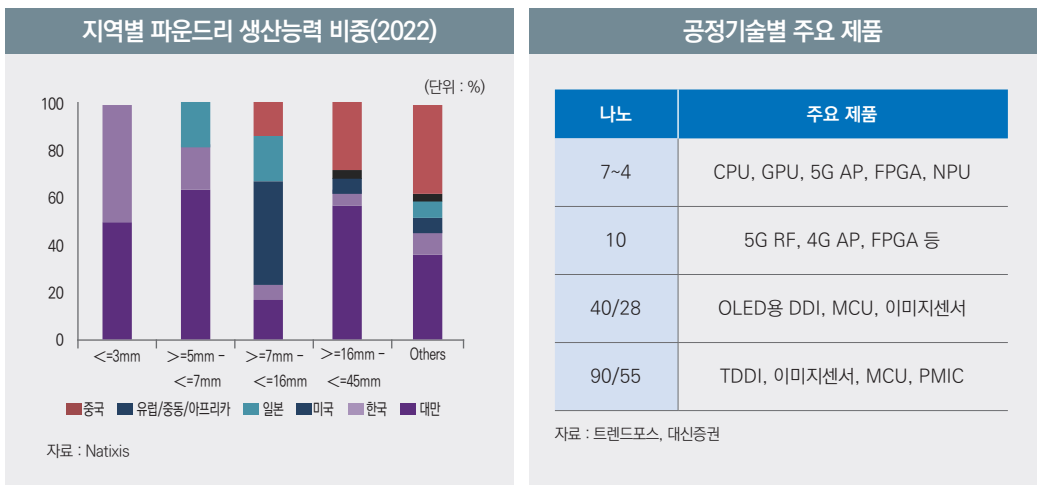
- 파운드리 국가별 시장점유율(2022)은 대만 66%, 한국 17%, 중국 8% 순임.
 - 사별 시장점유율(2022)은 TSMC 53.4%, 삼성전자 16.4%, UMC 6.6%, 글로벌 파운드리 5.7%, SMIC(중) 5.1% 순임.
- SMIC는 세계 5위 파운드리이나 기술력은 약 3세대 뒤진 14나노 수준이며 미국의 제재 등으로 성숙공정 중심으로 사업을 영위함.
 - TSMC와 삼성전자는 2022년부터 3나노를 양산 중이나 SMIC는 14나노가 최소 노드이며 거래제한 명단 (Entity List) 등재로 28나노 공정 중심으로 투자함.
 - SMIC는 EUV 노광장비 확보가 어려운 가운데 DUV 더블패터닝 기술을 통해 7나노 샘플을 생산했으나 낮은 수율, 긴 생산시간, 높은 가격 등으로 양산에 제약을 받음.
 - SMIC 매출 중 중국 내수 비중(2022)은 74%, SMIC(2021)의 28~14나노 매출 비중은 15%

	기업	국가	공정기술	시장점유율	비고
1	TSMC	대만	3나노	53.4%	HPC, 모바일
2	삼성전자	한국	3나노	16.4%	모바일
3	UMC	대만	22나노	6.6%	전력 반도체, MCU
4	글로벌 파운드리	미국	12나노	5.7%	
5	SMIC	중국	14나노	5.1%	모바일
6	Huahong	중국	55나노	2.8%	가전, 차량용 반도체
7	Powerchip(PSMC)	대만	25나노	1.8%	
8	빙가드	대만	110나노	1.2%	
8	Tower Semiconductor	이스라엘	45나노	1.2%	차량용 반도체 등
10	DB하이텍	한국	90나노	0.9%	아날로그 IC

주 : 1) 파워칩 세미컨덕터는 메모리 반도체 파운드리 서비스 등을 제공
 2) 인텔은 2022년에 Tower Semiconductor를 인수했으며 중국 정부의 심사를 받고 있음.
 자료 : IC Insights, 반도체 산업협회

◆ 파운드리 시장은 첨단공정이 성장을 견인해 중국의 시장점유율 확대는 쉽지 않을 전망

- 파운드리 7나노 이하 공정이 성장을 견인하나 중국은 미국의 제재로 성숙공정 중심으로 투자를 확대함.
 - 7나노 이하 공정의 파운드리 매출 비중 전망 : (2021) 29% → (2026) 50% (삼성전자)
 - SMIC의 2022년 CAPEX는 63억 5천만 달러, 2023년에도 전년 규모의 투자를 유지할 계획임.
- SMIC는 미국 장비가 배제된 Non-A 라인 구축을 추진하나 현재 Non-A 라인은 40나노 수준이며 2년 내에 28나노가 목표임.



3. 팹리스(Fabless, 반도체 설계)

◆ 팹리스는 중국이 미국, 대만에 이어 세계 3위이며 한국의 시장점유율은 1%

- 팹리스의 시장점유율(2022)은 미국 69%, 대만 19%, 중국 9.2%, 한국 1.3%, 일본 1.0% 순으로 미국이 주도함.
 - 중국의 점유율은 2019~20년에 15%를 기록했으나 중국 최대 팹리스인 하이실리콘이 미국의 제재로 몰락하면서 2021년에 9% 수준으로 하락함.
- 세계 15대 팹리스에 미국 기업 8개, 대만 기업 3개, 중국 기업 2개가 포함되나 한국과 일본 기업은 각각 1개에 불과함.

- 중국 기업은 정책적 지원하에 성장을 거듭해 옴니비전(9위, 이미지센서 세계 3위), Unisoc(14위, AP 세계 4위) 등 소수 기업이 선도기업 수준으로 성장함.
 - 미국의 하이실리콘 제재 후 세계 10대 팹리스에 중국 기업이 전무했으나 2년 만에 Will Semi(옴니비전)가 9위로 도약함.
- 한국 대표 기업인 LX세미콘(구 실리콘웍스)은 12위에 랭크되었으며 한국 기업 중 유일하게 매출(2022) 2조 1천억 원을 기록함.

○ 중국 팹리스 기업 수(2022) 3,243개로 한국 팹리스 기업 수 150개 대비 22배 많음.

세계 10대 팹리스(2022)				
(단위 : 억 달러)				
	기업	국가	매출	주요 제품
1	퀄컴	미국	367	AP, 통신칩
2	브로드컴	미국	270	통신칩
3	AMD	미국	238	CPU, GPU
4	엔비디아	미국	210	GPU(Graphics Processing Unit)
5	미디어텍	대만	185	AP, 통신칩
6	Marvell Technologies	미국	59	통신
7	Realtek	대만	39	유무선 네트워크칩
8	노바텍	대만	37	DDI(디스플레이구동칩)
9	옴니비전(Will Semi)주)	중국	26	이미지센서
10	Cirrus Logic	미국	20	아날로그 반도체

주 : 본사 기준으로 미국기업이나 중국 Will Semiconductor가 인수
자료 : 옴디아, 수출입 은행

◆ 중국 팹리스는 중저가 제품 중심이며 스마트폰 등과 관련된 팹리스가 많음.

- 중국 팹리스의 주요 사업 분야(2021)는 가전 32%, 통신 21%, 아날로그 반도체 15%, 전력 반도체 9% 순임.
 - 중국은 가전·IT기기의 글로벌 생산기지로 팹리스는 수요기업과 협력하면서 성장했으며 선도기업은 가격 경쟁력 등을 기반으로 세계시장 점유율을 확대함.
 - 다수 기업은 낮은 기술력, R&D 부족 등으로 중저가 반도체 중심으로 사업을 영위하나 중국은 미국의 제재로 반도체 자립 필요성이 높아져 중국 기업이 기존에 진입하기 어려웠던 시장에서 국산화 노력을 지속함.

◆ **중국 팹리스는 첨단공정은 해외 파운드리를 이용해야 하나 미국의 제재 강화로 해외 파운드리 이용이 어려워지고 있음.**

- 중국 팹리스의 성장에는 기술력을 갖춘 대만 파운드리가 큰 역할을 담당했으나 미국의 제재 강화로 고부가 반도체의 생산중단 가능성이 높아짐.
 - SMIC의 최소 노드는 14나노로 최신 공정은 대만, 한국 파운드리를 이용해야 함.
 - TSMC는 미국의 화웨이 제재가 강화되자 하이실리콘의 반도체 생산을 중단, 2022년 10월에는 AI 반도체 기업 Biren Technoogy가 위탁생산을 중단함.
 - Biren Technology의 BR 100은 TSMC의 7나노 공정으로 생산되며 2022년 10월에 중국으로 수출 금지된 엔비디아의 A100과 비슷한 성능을 보임. TSMC는 Biren 제품이 미국의 첨단 반도체 수출 제한 품목인지 결론 내지는 못했지만 선제적으로 생산을 중단함.

4. 반도체 패키징 및 테스트

◆ **반도체 후공정 시장점유율(2019)은 대만 29%, 미국 28%, 중국 14%, 한국 13% 순이며 반도체 산업에서 중국의 세계시장 점유율이 가장 높은 부분임.**

- 반도체 후공정은 종합 반도체 기업(Integrated Device Manufacturer, IDM)이 직접 담당하거나 외주(Outsourced Semiconductor Assembly & Test, OSAT)를 주는 구조임.
 - 메모리 반도체는 종합 반도체 기업이 설계부터 생산까지 담당하나 비메모리 반도체는 팹리스-파운드리로 이원화되면서 후공정의 외주 비중이 높음.
- 중국은 M&A, 가격경쟁력 등을 기반으로 세계 10대 기업에 3개가 랭크됨.
 - JCET는 세계 4위의 후공정 기업으로 2014년 세계 10위 OSAT 기업이었으나 당시 4위 OSAT 기업인 싱가포르 STAT ChipPAC을 인수(2015)하며 주요 사업자로 부상함.
 - 한국 기업으로는 삼성전자가 세계 6위이며, OSAT 전문기업 SFA반도체, 하나마이크론 등은 선도기업과 격차가 있음.
 - 국내 OSAT 기업의 매출(2022)은 하나마이크론 8,944억 원, SFA 6,994억 원으로 JCET 대비 각각 1/7, 약 1/10 규모임.

세계 10대 패키징 및 테스트 기업(2021)

(단위 : 억 달러)

	기업	국가	매출	비고
1	ASE	대만	116.4	OSAT
2	Amkor	미국	60.6	OSAT
3	인텔	미국	53.0	IDM
4	JCET	중국	48.4	OSAT
5	TSMC	대만	41.0	파운드리
6	삼성전자	한국	31.0	IDM
7	Powertech Technology	대만	30.3	OSAT
8	Tongfu Microelectronics	중국	23.9	OSAT
9	Tianshui Huatian Microelectronics	중국	19.0	OSAT
10	UTAC	싱가포르	14.7	OSAT
11	King Yuan Electronics(KYEC)	대만	12.0	OSAT
12	ChipMOS Technologies	대만	10.0	OSAT
13	Chipbond Technology	대만	9.9	OSAT
14	Greatek Elec	대만	7.0	OSAT
15	Sigurd Microelectronics	대만	6.1	OSAT

자료 : Yole

5. 반도체 장비

◆ 반도체 장비의 국가별 시장점유율(2022)은 미국 48%, 일본 23%, 유럽 20.5%, 한국 3.2%, 중국 3.0% 순

- 세계 10대 반도체 장비기업(2022)에는 일본 기업 4개, 미국 기업 3개, 네덜란드 기업 2개, 한국 기업 1개가 랭크되었으나 중국 기업은 전무함.
 - 주요 기업은 Applied Materials(미, 19.9%), ASML(네, 15.9%), 램리서치(미, 15.5%), Tokyo Electron(일, 13.1%)으로 4개사의 시장점유율은 64%임.

◆ 중국 기업은 반도체 장비 전부문에 참여하고 있으나 기술수준이 낮아 선도기업과 경쟁할 수 있는 수준으로 발전하려면 상당한 시간이 소요될 전망

- 2022년 중국 반도체 장비의 86%는 해외기업이 공급했으며 국가별 비중은 미국 52%, 일본 23%, 유럽 10% 순으로 미국 장비에 대한 의존도가 높음.

- 중국 장비는 대부분 공정에서 28나노 수준의 기술을 확보했으나 노광, 증착, 이온주입 부문은 선도국과 큰 격차를 보임.
 - 3대 공정 중 식각은 5나노, 노광과 증착장비는 각각 90나노, 14나노 수준임.

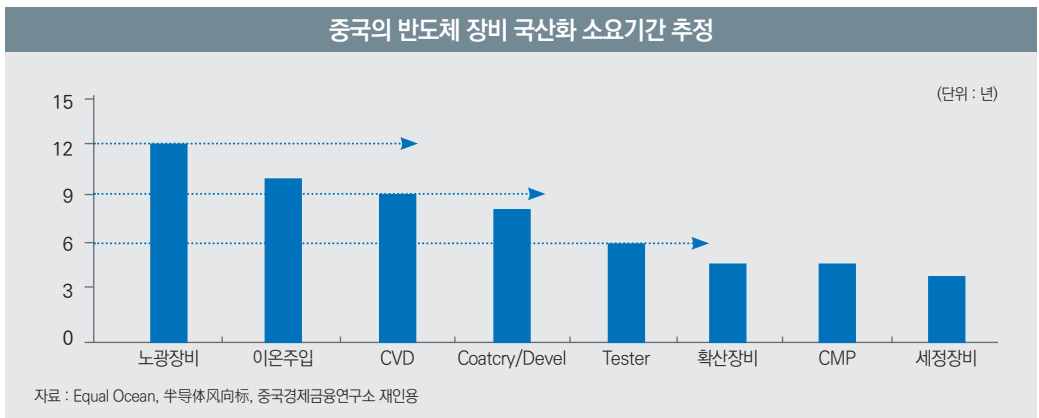
중국 반도체 장비기업 기술력

(단위 : 나노)

	기업	90	65/55	40	28	14	10	7	5	3
노광	SMEE	양산	개발							
식각	AMEC									
	Naura									
	E-Town									
증착	Naura									
	Piotech									
세정	Acm Research									
	Naura									
	Pnc Process Systems									
열처리	Naura									
CMP	Hwatsing Tech									
이온주입	Wanye									
테스트	Jingce Electronic									
	Skyverse									

자료 : KB증권

- 중국 장비기업은 성숙공정 중심의 외형성장이 예상되나 해외 부품 의존도가 높아 미국의 제재 강화는 중국의 고부가 장비의 개발 속도를 늦출 것으로 전망됨.
 - 중국 주요 장비기업의 매출 중 내수 비중은 90% 이상임.
 - 노광장비 기업 SMEE가 2022년 거래제한 명단(Entity List)에 추가되면서 부품조달 등이 어려워 장비 개발이 쉽지 않을 것으로 보임.



6. 소재

◆ 중국의 반도체 소재 국산화율은 약 10~15% 수준이며 저부가 소재 중심으로 사업을 영위

- 반도체 소재 중 시장규모가 가장 큰 웨이퍼는 해외기업 의존도가 높지만 중국 기업이 가격경쟁력을 기반으로 중저가 시장에서 성장 중임.
 - 실리콘 웨이퍼 시장점유율(2021)은 신에츠(일) 31.4%, 섬코(일) 24.4%, 글로벌웨이퍼스(대) 17.8%, SK실트론(한) 13.5%, 실트로닉(독) 9.5% 순임(SEMI)
 - 중국은 중저가 웨이퍼(6/8인치) 중심이었으나 NSIG는 2018년 12인치 웨이퍼 양산 단계에 진입하고 투자를 확대해 2022년 매출은 전년 대비 46% 증가한 3억 6천만 위안(6,900억 원)을 기록함.
 - NSIG의 매출(2022)은 SK실트론 매출(2022)의 30% 수준이며 12인치 웨이퍼 비중은 42%임.
- 전공정 소재보다는 진입장벽이 낮은 후공정 소재의 국산화율이 높으며, 전공정 소재중 포토레지스트, 포토마스크 등은 해외 의존도가 높음.
 - 포토레지스트는 국산화율이 5% 미만이나 Nata가 ArF 포토레지스트를 양산하고 Kempur는 EUV 포토레지스트를 개발 중임.

중국의 반도체 전공정 소재 국산화율

	국산화율	중국 기업	주요 기업
웨이퍼	20~30%	NSIG	신에츠(일), 섬코(일), 글로벌 웨이퍼스(대), SK실트론(한), 실트로닉(독)
전자가스	30~40%	Huate Gas, Nata	에어리퀴드(프), 린데(독), 프렉스에어(영)
포토레지스트	5% 미만	Kempur, Nata, B&C Chem	JSR(일), TOK(일), 듀퐁(미), 신에츠(일), 스미토모화학(일)
포토마스크	10% 미만	CR Micro, New Way, Upermask	Toppa(일), Photronic(미), DNP(일), Hoya(일), S&S Tech(한), 신에츠(일)
CMP ¹⁾ 패드	5%	Dingdong	Dow Electronic Materials(미)
연마액	30%		
Wet Chemical ²⁾	20~30%	정서화학	바스프(독), 머크(독), Air Products(미), 미쓰미시화학(일), JSR(일)
스퍼터링 타겟	30~40%	장평전자, 유연신소재	Tosoh(일)

주 : 1) Chemical Mechanical Polishing

2) Wet Chemical(습식 소재)는 세척, 노광, 예칭 등 습식공정에 사용되는 화학소재

자료 : 国泰君安证券(2022.11), 하니금융투자, 뉴스핌

3 중국 정부의 정책

◆ 중국은 자국의 반도체 산업을 육성하기 위해 2014년 '직접회로산업 발전 추진 요강', 2015년 첨단산업 육성전략인 '중국제조 2025'를 발표

- '직접회로산업 발전 추진 요강'의 2020년 목표는 반도체 생태계의 기본틀을 완성하는 것으로 수립함.
 - 16/14나노 공정을 양산, 패키징/테스트 기술을 세계적 수준으로 제고, 반도체 장비/소재산업을 글로벌 시장진입 가능한 수준으로 제고하고자 함.
 - 목표 달성을 위해 국가반도체 산업투자기금(Big Fund) 조성, 금융지원 강화 등을 제시함.
 - 2014년 9월, 중국은 국영자본(중국개발은행 등)을 중심으로 210억 달러 규모의 국가반도체 산업투자기금을 조성함.
- '중국제조 2025'는 2025년 중국의 반도체 자급률 목표를 70%로 수립하고 정책지원을 확대했으나 이는 미국 등의 견제를 유발함.
 - 중국은 해외기업 M&A 등을 통해 기술력 제고를 추진했으나 중국의 공격적 투자는 미국, 유럽 등의 견제를 유발해 M&A를 통한 성장이 어려워짐.
 - 미국은 국가안보 우려 등으로 중국의 JHICC(D램), 화웨이 등을 거래제한 명단(Entity List)에 추가하고 미국 기업과의 거래를 금지함.

◆ 중국은 미중 갈등이 심화되자 국가반도체 산업투자기금 2기 조성, 중국판 나스닥인 키탱반 출범 등을 통해 반도체 산업 생태계 조성 및 기술독립을 추진

- 2019년, 국가반도체 산업투자기금 2기를 350억 달러 규모로 조성, 투자 분야는 반도체 제조에서 장비, 설계, 소재 분야 등으로 다변화함.
 - 1기 펀드 투자 분야는 반도체 제조 67%, 설계 17%, 패키징 및 테스트 10%, 장비 및 소재 6% 순임.
 - 2019년 출범한 키탱반에는 SMIC 등 다수의 반도체 기업이 상장되어 투자에 필요한 자금을 조달함.
 - 2020년 7월, SMIC는 뉴욕증권거래소에서 자진 상장폐지 후 키탱반에 상장하면서 약 9조 5천억 원의 자금을 확보함.
- 13차 5개년 계획은 반도체의 국내 생산을 강조했으나 14차 5개년 계획(2021~25)은 미국 제재 회피 및 기술독립을 위한 반도체 생태계 조성을 강조함.

- 반도체를 중점 과학기술 분야로 선정하고 반도체 설계소프트웨어(EDA), 첨단 소재 및 장비, 차세대 전력 반도체 개발을 강조함.
- 보유 기술별 차등 지원 등 지원 대상 세분화 등을 통해 지원 효과의 극대화를 추진함.

◆ 2022년 10월, 미국의 제재 강화 발표 이후 중국은 과학기술 업무 컨트롤타워를 설치하고 187조 원 규모의 반도체 산업 지원 패키지를 마련

- 중국은 1조 위안(187조 원) 이상의 대규모 추가 보조금 지원을 발표했으며, 지원 방향도 포괄적 대규모 지원에서 선별 기업에 대한 지원 확대로 바꿈.
 - 중국 정부는 다수의 반도체 기업을 지원했으나 지원 효과 극대화를 위해 소수 성공적인 기업에 대해 상한선 없는 보조금 지원 정책으로 바꿈.
 - 과거에는 기술수준 등 특정 목표를 달성해야 보조금을 수령할 수 있었으나 특정 목표를 달성하지 않고도 추가 보조금 수령이 가능해짐.
 - 정부 지원의 연구개발 프로젝트에서 학계 등의 의견 반영이 약화되고 선택된 기업들의 영향력이 커짐.
- 미국의 기술 봉쇄에 대응하기 위해 ‘신형거국체제(新型舉國體制)’ 제시 및 공산당 산하에 과학기술 부문 정책을 주도할 ‘중앙과학기술위원회’를 신설함.
 - 신형거국체제는 핵심기술 분야에 정부의 자원을 총동원하되 혁신 주체로서 기업의 역할을 강조하는 국가 자원을 총동원하는 정책임.
 - 중앙과학기술위원회는 미국의 첨단기술 통제에 맞서 기술의 자립을 추진하는 기구로 과학기술 전략연구, 중요 연구 프로젝트 검토, 군민과학기술 융합발전 조정 등을 담당하며 시진핑 주석의 직접 관할 체제로 개편됨.
- 중앙정부와 별도로 지방정부에서도 반도체 산업 지원방안을 발표함.
 - 선전시는 반도체 산업 발전 계획안을 발표하고 선전시 소재 반도체 기업이 생산라인 개조 시 설비당 최대 15억 위안(약 3천억 원), 설계기업에 연간 1천만 위안(약 20억 원)을 지원함.⁷⁾
 - 선전 소재 반도체 기업이 생산한 반도체를 구매한 기업에는 구매금액의 20% 지원과 연간 500만 위안을 지원하며 반도체 기업에는 전기와 물 사용료를 각각 60%, 50% 지원함.

7) 한국무역협회

4 시사점

◆ 중국은 미국의 반도체 제재를 자국 반도체 공급망 구축을 통해 돌파할 계획이나 반도체 선도국과 기술격차 등으로 도전적인 상황

- 반도체는 지역간 글로벌 분업구조이나 중국은 미중 기술 분야 디커플링(탈동조화)으로 자국 내에 반도체 공급망 구축을 추진함.
 - 반도체는 미국이 설계/장비, 일본이 소재/장비를 담당하고 생산은 대만과 한국이 담당하는 분업구조이나 미중간 디커플링 발생함.
 - 중국은 동맹국에 반도체 강국이 없어 반도체 공급망을 독자적으로 구축해야 해 매우 도전적인 상황임.
- 반도체 산업은 기술주기가 짧아 지속적인 투자가 필요하나 중국은 핵심장비 확보가 어려워 선도국과 기술, 생산능력 등의 격차가 확대될 것으로 보임.
 - 중국은 성숙공정 중심으로 중국 장비를 통해 일부 수요는 충족할 수 있으나 첨단공정 반도체 생산은 최신 식각장비 개발에 성공하더라도 노광장비 등이 뒷받쳐주지 못하면 생산하기 어려움.
 - EUV 노광장비는 ASML만이 공급하며, 일본 기업도 기술난도가 높아 포기한 기술로 중국 장비기업이 독자 개발하기는 쉽지 않을 전망이다.
- 중국은 중저가 반도체를 중심으로 성장할 전망이며 정책적 지원하에 장기적으로는 혁신기술을 개발할 가능성도 있으나 실현 가능성은 높지 않음.
 - 미국의 중국 견제는 초당적으로 정권이 바뀌어도 상당 기간 지속될 것으로 보임.
 - 중국이 차세대 반도체 기술인 3D D램, 화합물 반도체⁸⁾ 등 Game changer 기술연구를 지속한다면 혁신기술을 개발할 가능성도 있음.

◆ 미국의 중국 제재 강화는 한중 반도체의 기술격차를 확대시키나 중국의 투자 지연 등으로 국내 장비기업 등이 영향을 받을 전망

- 중국은 한국 반도체 장비의 최대 수출 대상국이나 중국의 반도체 투자 지연 등으로 한국의 장비 수출도 감소할 전망이다.
 - 대중국 반도체 수출은 중국에 진출한 한국 반도체 기업의 투자, 중국 기업의 장비 공급처 다변화 등으로 영향을 받음.

8) 실리콘 웨이퍼 기반이 아닌 SiC, GaZ 등 화합물 소재로 만든 전력 반도체

- 대중국 반도체 장비 수출 비중(2022)은 54%, 대중국 장비 수출액은 2019년 28억 8천만 달러에서 2021년 38억 달러로 증가했으나 2022년 25억 달러로 감소함.
- 한국 장비기업은 선도기업 대비 기술력이 낮으며 반도체 업황 부진, 미국의 제재 강화 등으로 구체적 대응 방안을 수립하기 쉽지 않음.
- 반도체 장비 기업이 기술력을 제고하고 우리 반도체 기업과 미국에 동반 진출할 수 있도록 정책적 지원이 필요함.

◆ 중국의 해외기술 탈취, 국내 인력 스카우트 가능성 등이 높아져 지적재산권 보호, 인력관리 강화 등이 필요

- 한국의 반도체 기술은 세계적인 수준으로 중국 등에서 다수의 기술유출을 시도해 전 산업 중 반도체 기술유출이 24건으로 가장 많음.
 - 산업별 기술유출 적발 건수(2018~22)는 총 93건이며 이 중 반도체가 24건임.
 - 기술탈취 방지를 위해 처벌법규는 강화되었으나 구형 형량은 낮아 실효성이 부족하며 기술탈취 사전 방지를 위해 지적재산권(IP) 경영을 강화 필요가 있음.
 - 미국, 유럽 등의 반도체 기술탈취 시도가 증가하고 있으며⁹⁾, 미국은 기술유출을 방지를 위해 혁신기술 타격대(Disruptive Technology Strike Force)를 창설함.
 - 중국은 미국의 제재 강화 이후 기술적 진보 등을 발표하지 않으며 지적재산권을 침해하더라도 내수 중심으로 사업을 영위해 대응하기가 쉽지 않음¹⁰⁾
- 중국은 미국의 규제 강화로 미국인의 중국 반도체 산업 지원이 어려워져 미국 외 지역 반도체 인력 확보를 위해 노력을 강화할 것임.

■ 참고 문헌 ■

- 이미혜. 미중갈등하에서의 중국 반도체 산업경쟁력, 수출입은행, 2022
- 박초화. 중국 반도체 국산화, 대신증권, 2023
- 황민성. 중국 반도체: 토끼와 거북이 #2. 삼성증권, 2023
- 김혁중. 미국의 대중 반도체 제조시설 수출통제에 따른 중국의 장비 수입 변화 분석. 대외경제정책연구원, 2023
- 장영희. 중국의 기술 및 경제안보 전략과 한국 경제, 동아시아재단, 2023
- 윤정현. 기술지정학 시대의 반도체 공급망 재편과 대응전략, 국가안보전략연구원, 2022
- Alicia Garcia Herrero. US-led Chip ban heralds a turning point for China and Asia's semiconductor Industry, Natixis, 2023

9) ASML은 자사 중국 법인 전직 직원의 미승인된 기술유출 사건을 네덜란드와 미국 정부에 보고했다고 발표(2023.3)

10) YMTCS는 200년 낸드 플래시 생산을 공개하지 않았으며 SMIC는 홈페이지에서 14나노 관련 설명 페이지를 삭제함.

반도체 원자재 공급망 동향 및 주요국 대응

김 유 정 | 책임연구원, 한국지질자원연구원

SUMMARY

▶ 반도체 원자재 공급시장 환경 변화

- 반도체 원자재 독과점 구조가 심화, 특히 지정학적 리스크가 높은 중국, 일본, 러시아, 우크라이나 등에 생산 및 가공이 집중됨.

* 전략 공급난, 환경정책 강화 추세, 국가간 분쟁, 영토 갈등 등

- 제품 공급망 전반에 대한 사회적 책임 요구 및 원자재 규제가 본격화되고 그 대상이 점차 확대되고 있어 원자재 리스크가 다양화·관리 복잡화되고 있음.

- 원자재 가격 변동성이 확대되고 한국은 중국 등 특정국가에 원자재 의존이 심화됨.

▶ 주요국의 대응

- (일본) 소재산업의 지속 성장을 위해 반도체 원자재 자립화/첨단화 및 수송 체계를 확립 추진하고 자원외교 및 해외자원개발 확대로 해외자원 권익을 지속적으로 확보함.

- (유럽) 투자자 중심 자원 확보 전략을 추진해 공급망 전반 ESG 관리 제도화 및 기술표준화 등 비관세적 무역장벽으로 자국기업을 보호하고 자국 내 공급망을 구축함.

- (미국) 원자재 탈중국 주도 및 국제 가치주의 동맹으로 자국 중심 공급망 구축함.

- (중국) 자국 자원에 대한 생산 및 투자 관리를 강화하고 독점적 지위 유지를 추진함.

- (캐나다, 호주, 러시아 등 자원부국) 자국 자원개발 투자 유인책을 확대 시행함.

- (한국) 핵심 광물 자원개발-비축-재활용 전략을 수립하고 자원외교를 재개함. 생산기업-수요기업 연계 원자재 국산화를 시작함.

▶ 정책 방향 및 제언

- 원자재 적정 포트폴리오(장기공급계약, 자원개발 등) 구축은 반도체 소재산업 육성을 위한 필수 요건임.

- 반도체 원자재 ESG 관련 규제 모니터링 및 선제적 대응이 필요함.

- 반도체 원자재 국산화 및 고품질화를 위해서는 수요기업이 연구개발 - 성능검증 - 원자재 구매의 역할을 해주는 연구개발-사업화 모델이 필요함.

KEY WORD

원자재, 핵심광물, 공급망, 지정학적 리스크, ESG

1 배경 및 현안

◆ 반도체 원자재 독점적 생산 및 가공 구조 형성

- 다양한 광물자원을 원료로 반도체 원자재가 생산되며, 해당 광물자원은 부존 편재성은 높지 않으나 상당수가 중국에서 생산되어 지역 편재성이 높음.
 - 반도체 원재료인 웨이퍼는 규소(Si)를 고순도(11N급)으로 정제된 폴리실리콘으로 만들어지며, 반도체 가공 단계에서 배선, 불화수소, 고팅용제 및 연마제 등에 텅스텐, 형석, 갈륨, 희토류(세륨), 인광석 등이 사용됨.
 - 실리콘, 텅스텐, 갈륨, 형석의 생산 상위 3개국의 점유율은 80~99% 수준이며, 특히 중국의 점유율이 68~98%로 특정국가 독점적 생산 구조를 보임.
 - 실리콘은 규소로 생산되며, 규소는 전 세계에 널리 부존되어 있음.
 - 갈륨 및 비소는 동아연 등 비철금속 제련 부산물로 생산되어 제련소 생산력에 따라 공급력이 변동함. 제련소는 메인생산물 기준으로 생산확대 여부를 결정해 부산물인 갈륨 및 비소 등의 가격이 급등하더라도 즉각적으로 공급을 확대하기에는 한계가 있음.

반도체 원료광물 주요 부존 및 생산 국가(2022년 기준)

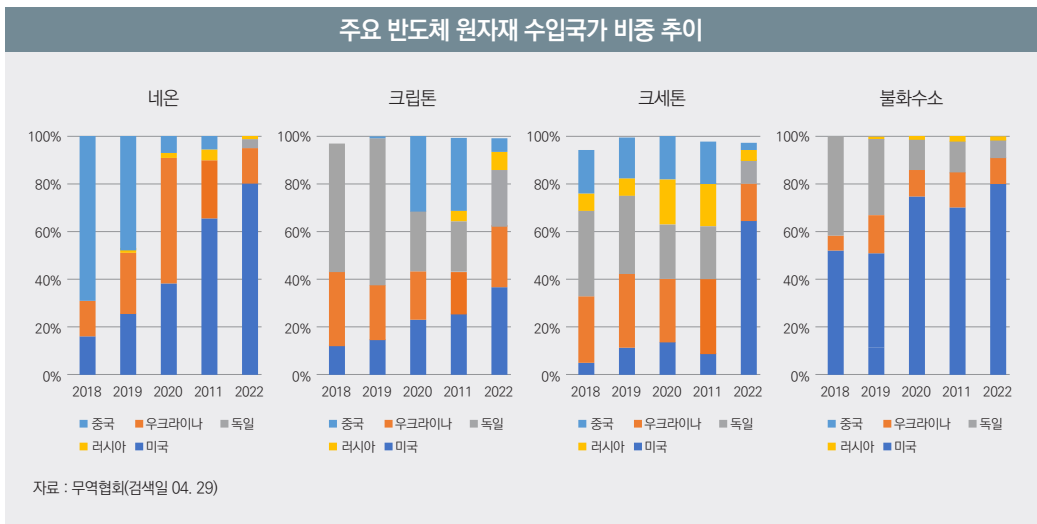
원재료 및 공정물질	원료 광물	주요 부존국	생산	
			주요 생산국	상위 3개국 점유율
폴리실리콘	실리콘	NA	중국 68%, 러시아 7%, 브라질 5%	80%
배선	텅스텐	중국 47%, 러시아 11%	중국 85%, 베트남 6%, 러시아 3%	93%
웨이퍼	갈륨	** (생산력)중국 86%, 일본 1%, 한국 2%, 러시아 1%	중국 98%, 일본 1%, 러시아 1%	99%
세정액 : 불화수소	형석	멕시코 26%, 중국 19%, 남아프리카 16%, 몽골 8%	중국 69%, 멕시코 12%, 남아프리카 5%, 몽골 4%	85%
에칭액 : 고순도인산	인광석	모로코 69%, 이집트 4%, 중국 3%	중국 39%, 모로코 18%, 미국 10%, 러시아 6%	66%
연마제	희토류	중국 34%, 브라질 16%, 러시아 16%	중국 70%, 미국 14%, 호주 6%, 미얀마 4%	90%
웨이퍼	비소	** 제련 부산물	페루 46%, 중국 39%, 모로코 11%	97%

자료 : USGS(2023), Mineral Commodity Information
 갈륨 및 비소는 동아연 등의 비철금속 제련부산물로 생산되어, 부존국가 대신 생산력으로 제시

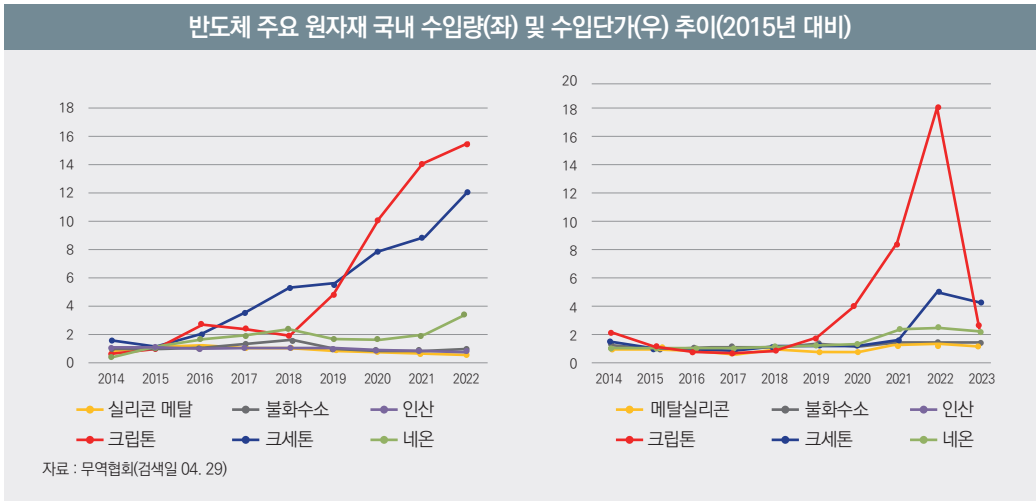
- 반도체 노광 및 식각 공정에 사용되는 희귀가스(네온, 크립톤, 크세톤)는 공기 중 극소량이고 양산하기 어려우며, 러시아 및 우크라이나 등에서 대부분 생산되어 지정학적 리스크에 노출됨.
 - 희귀가스(네온, 크립톤, 크세톤)는 철강 제조과정 부산물로 생산되며, 세계 네온가스의 70%를 우크라이나가 러시아 철강 공장장에서 원료를 공급받아 생산함.
 - 대기중 함유량 : 네온 0.00182%, 크립톤(kr) 0.00011%, 크세톤(xe)0.000009%
 - 전기로가 아닌 고로에서 집진되며, 해당 가스를 처리(분리)하기 위해 거대 공기분리 플랜트가 필요함. 이에 전통 철강산업이 발달했던 국가에서 생산됨.

◆ 한국, 반도체 원자재 특정국 의존도 심화

- 국가간 전쟁, 국제무역 갈등, 지진 등 자연재해, 전력 부족 등으로 공급 제약 발생 가능성이 높은 중국, 일본, 러시아, 우크라이나 등이 반도체 소재 및 원자재를 독점 공급함.
- 특정국가 독과점적 생산 구조에 러시아 사태가 더해져, 미국의 탈중국 주도 환경 속에서도 한국의 반도체 원재료 중국 의존도가 오히려 심화됨.
 - 2022년 러시아 사태 장기화로 인한 희귀가스 주요 수입국인 우크라이나의 생산 중단 및 러시아의 경제 제재로 중국으로 수입국을 이전함.
 - 2022년 중국 수입의존도(금액기준) : 네온 81%, 크립톤 37%, 크세톤 64%, 불화수소 80%



- 불화수소, 고선택비 인산, 폴리실리콘을 국내에서도 일부 생산하고 있으나, 원료가 되는 형석(플로오르화 수소), 인산 및 실리콘메탈을 대부분 중국에 의존함.
 - 원료광물인 형석, 인광석, 텅스텐광은 국내 생산이(22년 기준) 전무함.¹⁾
 - 2022년 중국 수입의존도(금액기준) : 형석 86.2%²⁾, 인산 97%, 실리콘메탈 95%
 - 국외에 과도하게 의존하는 다른 원료에서도 유사 사례가 발생할 가능성이 있음.
- 이러한 중국 의존도 심화로 중국의 전력난, 환경정책(저탄소 등) 및 수출정책 변화에 따라 국내 원자재 시장이 교란될 가능성이 확대됨.
 - 중국의 전력 공급 문제로 발생한 2021년 국내 요소수 대란과 2022년 러시아 사태로 인한 유럽 에너지난으로 아연 등 제련소의 운영이 정지됨.
 - 러시아 사태, 미중 갈등 등 지경학적 리스크에 원재료 가격 변동성이 확대됨.
 - 희귀가스의 경우 러시아 및 우크라이나의 생산 점유율이 높아 가격이 급등함.
 - 2015년 대비 2022년 수입가격 : 크립톤 18배, 크세톤 5배, 네온 2.5배 상승



◆ 독점적 지위를 이용해 정치외교문제에 자원(원자재) 무기화

- 국가간 정치·외교적 문제에 자원을 무기화하는 사건(센카쿠 분쟁, 미중 희토류 무역분쟁, 일본의 부품소재 수출규제(2019) 등이 실제로 발생함.

1) 한국지질자원연구원, 광업광산물 통계연보 2023

2) 반도체 및 이차전지의 원료용 acid-spar grade(불화칼슘 함량 97% 이상)에 해당, 무역협회 수출입통계

- 즉각적 대응에는 한계가 있었으나, 수입 다변화 및 국산화의 계기가 되어 중장기적 공급구조 개선의 기회로 작동됨.
 - 2018년 한일 반도체 부품 수출규제, 한국의 일본 기업 강제징용 피해자 배상 판결에 일본은 2019년 7월 불화수소·포도레지스트·불화폴리이미드 3개 품목의 한국 수출을 제한함. 한국은 수입선 다변화 및 국산화 추진으로 대응함.
 - 일본 수입의존도(18년 → 22년) : 불화수소 41.9% → 7.7%, 불화폴리이미드 44.7% → 33.3%³⁾
 - 솔브레인은 12N순도 불화수소 대량생산 능력 확보(2020), SK머티리얼즈는 초고순도 불화수소 가스 양산 시작(2020), 이엔에프테크놀로지 및 램테크놀로지는 불화수소 신규 생산
 - 2021년 동진씨미켄은 포도레지스트와 불화아르곤 국산화
 - 2010년 중·일 센카쿠열도 분쟁 및 일본 어선 중국 남포 사건으로 중국은 일본이 90% 이상 의존하던 희토류의 수출통관 절차를 의도적으로 지연함. 이를 계기로 일본은 희토류 수입선을 다변화(베트남 등)하고 재 활용 확대·희토류 저감기술 개발을 강화함.
 - 2019년 미중 갈등에 중국은 희토류 대미 수출을 중단함. 미국은 자국 내 희토류 생산 재개 및 중국 외 국가 희토류 자원개발 지원으로 적극 대응함.
 - (미국) 마운틴패스 희토류 광산 생산 재개 및 확대, (한국) 희토류 광산·제련소 설비자금 지원 및 세액공제, 희토류 친환경 정제련 기술개발 지원
 - 미국 희토류 생산량⁴⁾ : 0톤(2017) → 28천 톤(2019) → 38천 톤(2020) → 43천 톤(2022)

◆ ESG, 탄소중립 패러다임 확산에 원자재 생산·사용의 사회적 책임 요구와 대상 범위 확대

- 기술변화와 탈탄소화로 원자재 수요에 대한 불확실성이 확대되는 환경 속에서도 공급망 전반에 걸쳐 ESG 등 사회적 책임을 점차 의무화함.
 - 과거에는 사회적, 환경적 활동을 권고 형태로 해 자발적 참여를 유도함.
 - 최근에는 무역규제 또는 금융규제 등으로 규제화하고, 인증제 도입으로 제도권 안에서 산업계에 실질적인 이행을 요구함.
- 유럽, 미국, LME(런던금속거래소) 등의 분쟁광물 사용규제⁵⁾ 및 윤리적 원료 개발·사용 의무화로 원료 광물에 대한 사회적 책임 요구 및 대상이 확대됨.
 - 부패, 인권유린, 아동 노동착취, 노동자 안전 및 환경 등 사회적 문제를 근절하기 위해 생산자와 수요자를 모두 관리 대상화함.

3) 무역협회 수출입통계

4) USGS, Minerals Commodity Information(2018, 2020, 2023)

5) 중부 아프리카 분쟁지역(DRC공고, 잠비아 등 10개국)에서 자행되는 인권유린, 아동노동 착취, 성폭행 등 사회적 문제를 근절시키기 위한 경제적 제재의 일환으로, 해당 지역에서 채굴되는 4대 광물(3TG : 주석, 텅스텐, 탄탈륨, 금)을 분쟁광물로 지정하고 채굴자금이 반군의 군자금으로 유입되는 것을 방지하고자 기업들의 분쟁광물 사용을 제재시킴.

- 과거에는 특정광종(분쟁광물 등) 및 특정지역(DR공고 등 9개국)에 한정적이었으나, 광종과 지역 등의 범위가 점차 확대됨.

○ 이에 에너지자원 산업계에서도 공급망 관리를 위한 목표 수립과 더불어 기업의 ESG 활동을 점검하고 관리하기 위한 기준 및 표준을 제·개정함.

- 현장에서 이를 실행하는 측면에서는 아직은 초기단계로 그 성과가 높지는 않은 상태이나 조금씩 실적이 늘어가고 있는 추세임.
 - ‘Responsible Mining Index 2022’ 보고서, 40개사·250개 광산의 ESG에 관한 실행 내용 조사. 조사 광산 94% 15가지 기본 ESG 조항에 20 이하의 점수 수준, 2020년 대비 11% 개선

글로벌 원자재 관련 ESG 규정과 대상 광종

		Cu	Zn	Pb	Ni	Sn	Ta	W	Au	Co	Li	C
권고	OECD, Due Diligence Guideline					●	●	●	●			
국가규제	미국 Dodd-Frank법(2010~)					●	●	●	●			
	EU 분쟁 광물 규칙(2021~)					●	●	●	●			
	EU 신배터리 규제(2024~)				●					●	●	●
산업계규제	LME Responsible Sourcing (2021~) ⁶⁾	●	●	●	●	●				●		
산업계 자체 인증	Copper Mark 인증제도(2019~)	●										
	Cobalt Industry Responsible Assessment Framework(2019~) ⁷⁾									●		
	RMI,DD Standard(2021~)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

김유정, 글로벌 규제에 따른 핵심광물 수급 영향 및 자원개발 전략(2023)

6) 거래하는 광종(연, 아연, 주석, 니켈, 알루미늄, 코발트, 몰리브덴)을 OECD의 공급망 관리 지침에 따라 분류·관리
 7) 코발트 공급망의 생산 및 조달 리스크에 대해 4개 영역(환경, 산업안전보건, 인권, 지역사회) 평가/보고 기준 제시

2 국가별 원자재 확보 전략

◆ 일본, 반도체 원자재 단독 확보전략 추진과 해외/해양 자원 확보 지속

- 세계 반도체 소재 시장에서 높은 시장점유율을 차지하고 있으며, 일본의 중추산업이나 원료는 대부분 수입에 의존하고 있음.
- 자국의 부족한 자원을 보완하기 위해 중장기적 관점에서 민간기업의 해외자원개발 지원범위를 확대하고 자원외교를 지속적으로 적극 시행함.
 - 2015년 지속된 자원가격 하락시점을 투자적기로 판단해 JOGMEC⁸⁾ 기관법을 개정하고, 자원개발 직접 투자 외에 해외 자원개발 기업 M&A/주식 양도까지 융자 및 출자 지원을 확대함.
 - 2023년 '중요광물 안정적 확보를 위한 대처 방침'을 발표함.
 - 자원탐사, 해저열수광사 등 해양 광물자원 확보, 자국 내 자원 개발, 자원국과 자원외교 강화, 재활용·자원절약·대체재 기술개발 등을 전략으로 제시함.
 - 국내외 탐광/FS 지원, 광산개발/정제련 공정 설비투자·기술개발, JOGMEC 지원기금 확대
 - 미국의 인플레이션감축법 및 고용법 등에 대응하기 위해 일본 JOGMEC은 미국 자원개발 투자안건에 대한 출자 및 채무보증 지원을 강화할 방침임.⁹⁾
 - 2023년 '반도체 안정 공급 확보를 위한 대처 방침'을 공표함. 대규모 설비투자 지원, 재활용 촉진, 국내 생산 강화, 비축-수송 체계 강화, 정보안보 강화를 내용으로 함.
 - 수급 긴장 시 국내 생산력 증산, 비축 일부 또는 전부 방출 협력, 공급능력 유지 및 강화를 위한 지속적 투자와 연구개발을 추구함.
 - 반도체 원자재 지원 대상품목 4종 지정 : 황린, 헬륨, 희귀가스, 형석

8) JOGMEC(에너지금융기구), 석유/금속자원/수소 확보를 위한 경제산업성 에너지청 산하 종합지원 기구

9) JOGMEC(2022), バイデン政権の鉱物政策動向について

일본 '반도체 안정 공급 확보를 위한 대처 방침(2023)' 중 원자재 관련 주요 전략

반도체 및 원자재 공급망 조사 및 진단 실시	공공 통계 활용 및 협회 등 조사 실시, 기업 경쟁력과 연계되는 정보관리 조치 강구
무역 규제 실시	타국의 덤핑이나 불공정한 정부 시장 개입 등에 의해 일본 산업에 피해 가능성이 있는 경우, 반도체 및 그 원재료의 공급 시장 발생의 방지 위한 적절한 무역규제 조치
생산시설 및 설비 도입	반도체 원료에 대해서는 희귀가스에 한정 * 설비·장치는 첨단적/지속적 투자 전망/지역경제 공헌/고용창출 효과가 인정되는 것
재활용 시설/설비 지원 및 기술개발	원료 재활용 시설/설비/시스템(설비 운영 소프트웨어) 도입, 리사이클링 기술 개발
비축 및 수송 체계 강화	항린 및 헬름 : 비축 및 수송 강화 시설(설비 가동에 필요한 건물에 한정), 설비·시스템 도입 지원 * 항린 : 연간 수입량 1/10 이상, 헬름: 자사의 연간 수입량 1/12 이상의 재고 상시 보유
실시 체계	지원기관(NEDO)의 충분한 인력과 자금 규모 조달력 확보로 실시체계의 실효성 강화 생산 조달 및 보유 기술 등의 정보 관리(사이버 보안 확대) 체계 구축 국제 규정(WTO 협정, 비즈니스 인권 존중 지침, OECD 다국적기업 행동 지침) 준수

김유정(2023)

◆ 유럽, 투자자 중심 자원 확보 전략 시행, 공급망 전반 ESG 관리 제도화 및 기술 표준화 등 비관세적 무역장벽으로 자국기업 보호 및 자국 내 공급망 구축

- 유럽의 반도체법에는 원자재 확보에 대한 구체적 전략은 미제시되었으나, 2008년부터 이차전지 및 반도체 등 첨단기술에 사용되는 핵심 원자재(Critical Raw Materials, 이하 CRM) 확보를 위한 단독 전략을 마련하고 추진함.
 - EU 원자재 이니셔티브(2008), 유럽 원자재 혁신 파트너십(2012), 핵심원자재 복원계획(2020)
- EU 역내에서 안정적 원료 확보를 대규모 연구개발을 지원하고 투자자를 중심으로 하는 유럽 원자재 연맹(ERMA¹⁰⁾)을 2020년 발족해 직접 투자를 강화함.
 - 광물 생산에서 폐기물 회수까지 모든 단계에서 EU 역내 생산능력을 구축하기 위한 장벽, 기회, 투자를 협의하고 해결방안을 공동 모색하고 투자를 실시함.
- EU 역내 원자재 산업 생태계 육성을 위해 「원자재법 CRMA, European Critical Raw Materials Act」 마련 중(2023년 3월 초안 발표, 2024~25년 시행 예정)
 - 중소기업 지원, 인력부족에 대한 대응, 산업에 필요로 하는 CRM의 공급망 탄력성과 다양화 강화에 목적이 있음.
 - CRM/전략원자재 지정 및 목표 설정, 모니터링/리스크/관리/거버넌스 개선, 공급망 강화, EU 역내 시장에서 지속가능한 경쟁 환경 조성을 추진함.

10) EU가 편당하고 있는 위원회로 기업·협회 및 정부 등 300개 이상의 이해관계자가 참여함.

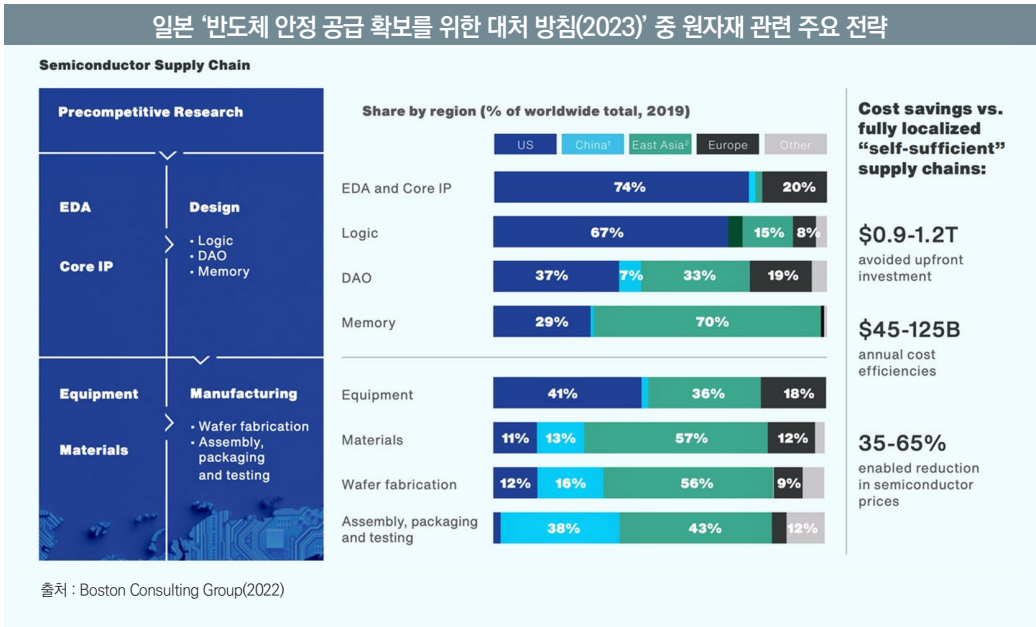
- CRM(30종) 중 전략원자재(16종) 지정, 전략원자재는 2030년까지 EU 역내 채굴 10%, 제련과 정제 40%, 재활용 15%까지 확대하며 특정 국가 수입의존도 65% 이하를 목표로 제시함.
- 전략원자재 공급 확보에 도움이 되는 사업을 전략 프로젝트로 지정하고, 신속허가 및 금융 지원, 전략원자재 사용 전략기술 대기업은 공급망감사를 실시함.
 - 전략원자재에 실리콘메탈, 갈륨, 텅스텐 등 반도체 원료광물을, 전략기술에 반도체를 포함함.
 - 전략원재료 채굴·가공·재활용 지역 분석, 공급망 중단 스트레스 테스트 및 취약성 평가
- 한편, EU 내 진출한 국내 반도체 기업의 부재로 국내 영향은 미미할 것으로 예상됨.
- 「공급망 실사법(Corporate Sustainability Due Diligence, CSDD)」을 2024년부터 시행할 예정이며 원재료에 대한 의무조항은 없으나 향후 원재료의 환경발자국 신설 가능성이 있어 모니터링이 필요함.
 - 기업의 공급망 전반의 환경, 노동·인권, 지배구조 등 ESG에 대해 실사를 벌임.
 - 유럽 지역 내 기업과 해당 기업의 자회사·공급업체·하청업체까지 실사 범위에 포함함.
 - 향후, 집행위가 위임입법을 통해 핵심원자재의 환경발자국 계산공식 마련 시 공급망 실사지침 보완의 가능성이 있음.¹¹⁾
 - 탄소배출/물사용/토지 사용/폐기물 발생 등 인간활동이 환경에 미치는 총체적 영향
- 2022년 2월, EU는 국제 경쟁력 강화를 목표로 '표준화 전략'을 발표, 기술표준에 ESG 및 보안성을 강화해 EU 역내 기업을 보호하고자 함.
 - "유럽 그린 거래 "+"유럽 디지털화"라는 EU의 정책에 따라 유럽 규격 책정
 - EU는 역내 시장에서 판매되는 제품에 대해 안전성과 호환성뿐 아니라 환경보호와 노동기준, 데이터 보호를 표준의 기준 원칙으로 제시함.
 - 기술표준화 7대 우선 분야를 제시했으며, 반도체 및 이차전지 등이 포함됨.
 - Critical raw materials for batteries and waste batteries / Standards for the certification of chips in terms of security, authenticity, reliability

◆ 미국, 원재료 탈중국 주도 및 국제 가치주의 동맹을 통한 원재료 확보 강화

- 『반도체 지원법』에서 소재산업 생태계 강화를 목표로 제시했으나 원자재 확보 전략을 구체화하지는 않음. 대신 미국은 반도체 등 자국 산업의 지속 성장을 위해 그 원료가 되는 핵심광물(Critical Minerals)을 확보하는 종합 전략을 제시함.

11) KOTRA(2023), EU핵심원자재법과 원자재 관리 정책

- 미국의 '공급망 분석보고서(2020)¹²⁾'에서 반도체 소재는 취약 분야로 평가됨.
 - 4대 핵심산업(반도체, 배터리, 의약품, 희토류) 공급망 분석과 경쟁력 확보 정책 제언



- 미국은 2017년부터 희토류로 중국과 무역마찰을 겪으면서 기존의 민간주도 자원공급망 확보에서 벗어나 대통령 행정명령(제13817호, 2018년), (제14017호, 2021년)으로 국가적 관리 선언함.
 - 국가 주도로 공급망의 '자급자족'을 위한 정책을 시행하고 자국 내 자원 생산을 확대함. 소재부품 및 완성 제품 제조 기업을 자국 내 유치, 국제자원협력을 추진함.
 - 미국 내 전략원자재(Strategy Materials, 국방) 및 핵심광물(Critical Minerals, 산업)에 대한 지속가능한 확보를 위해 자국 내 산업을 육성하고 공급망 강화를 추진함.
 - 7대 정책과제 : 핵심광물 산업의 지속가능성 표준 개발, 국내 생산 및 가공 능력 확대, 국방물자생산법 프로그램 추진, 산업계와 연계해 생산력 확대, 기간 간 연구개발 활성화, 비축 확대, 동맹국 및 파트너와 글로벌 공급망 투명성 제고
 - 보조금, 세액공제, 저리융자 등의 자국 생산 촉진을 위한 지원책을 시행함.
 - 바이든 정부는 친환경 에너지 정책과 원재료 불안정성 정도에 따라 배터리, 희토류 자석 등의 원자재 확보를 우선적으로 중점 지원함.

12) The White House(2021), "Building resilient supply chain, Revitalizing American manufacturing, and Fostering broad based Growth"

○ 동맹국 협력과 ESG 기준 마련·적용을 통해 원재료 탈중국을 주도함.

- 핵심광물안보파트너십(MSP)을 구축, 핵심광물의 생산·가공·재활용을 협력해 각국이 자원으로부터 얻을 수 있는 경제적 이익을 최대화함.
 - 미국, 호주, 캐나다, 핀란드, 프랑스, 독일, 일본, 한국, 스웨덴, 영국, EU, 이탈리아 참여
 - MSP 멤버는 ESG(환경/사회/거버넌스) 기준을 채용하고, 핵심광물의 투명하고 예측 가능하며 안전한 지속가능한 공급망을 구축해 기후변화 문제에 효과적인 속도와 규모로 대응함.
- 인도태평양경제프레임워크(IPEF) 구축, 정부간 공급망 정책 공조 및 민간협력 강화로 공급망 안정화를 추진함.
 - 위기대응 메커니즘 구축, 공급망 복원력 강화를 위한 투자 확대, IPEF 간 공급망 물류 원활화를 위한 공조, 인력 양성 및 인권 존중

◆ 중국, 자국 자원에 대한 생산 및 투자 관리 강화와 독점적 지위 유지 추진

- 지속적으로 국내외 자원개발을 적극 추진해 원료광물을 확보하고, 자국 내 정제련 생산력 확장으로 세계 최대 원료 공급국이 되어 세계시장에 강력한 영향력을 끼침.
- 자국 내 생산 광물자원 관리를 강화하고 독점화 지위 확보를 추진함. 특히 희토류 및 망간, 텅스텐 등 자국의 독점적 생산 지위를 가진 광물에 대한 생산량 할당제를 추진하고 외국인 투자 제한, 인력 및 유출 관리 등을 시행함.
 - 전국광산자원규획(2016~20년)으로 '전략성광산자원(战略性矿产资源)' 총 24종을 지정하고 개발 촉진 또는 개발 제한 광산으로 구분 및 지정을 함.
 - 국가규획광산 : 우라늄 등 에너지광물, 개발 확대, 267개
 - 중요경제가치광산 : 희토류/텅스텐/주석/안티모니, 채굴제한 또는 계획 개발, 28개
 - 2021년 희토류 관리 조례를 공포해 정부의 희토류 산업에 대한 관리 및 감독을 강화하고 법적 책임을 명시함.
 - 희토류 채굴·제련 투자 사업 승인 제도, 희토류 및 텅스텐 채굴·제련·회수 할당량 제도
 - 불법 채굴, 불법 제련으로 분리한 희토류 제품 인수/판매를 금지하고 희토류 제품 수출입 기업은 대외무역, 수출 관리 등 법률법규를 준수할 의무가 있음.
 - 희토류 생산기업의 공격적 구조조정으로 초대형¹³⁾의 국무원 산하 '중국희토류집단 유한공사' 설립(2021. 12). 상류-하류 산업을 연계하고 희토류 가격 관리체계를 강화해 이익 극대화를 실현하고자 함.
 - (중국) 알루미늄 집단, 오광 집단 유한회사, 남방 희토 집단을 통합함.

13) 중국희토류집단 유한공사의 21년 희토류 채굴 할당 합계는 중국 생산할당 총량의 43%를 차지하며, 특히 중희토류 채굴 할당량은 70%를 차지함.

- **공기관을 중심으로 전 세계 자원개발 적극 추진해 해외자원의 권익을 확보함.**
 - 해외 광물자원 개발사업 적극 추진(2005년 4억 달러 → 2019년 22억 달러)과 공격적인 M&A 진행 (2019년 17억 3천만 달러)
 - 구리/리튬-남미, 코발트와 철광석-아프리카, 니켈-인도네시아, 필리핀 등에 집중 투자함.
 - 2013~18년 해외 광산 투자 및 광물업체 인수합병 규모 864억 달러(약 113조 원)¹⁴⁾
 - 특히, 국영기업을 중심으로 인프라 개발과 자원개발을 연계해 투자 및 자원외교 프로그램을 운영함.
 - DR공고에 유무상으로 도로 2천 마일, 병원 30여 개, 대학 2개, 5천여 정부주택 건설과 더불어 자원 광업권을 확보함. DR공고 자원개발 70%를 점유함.¹⁵⁾

- **과거 희토류를 정치외교 문제의 해결 수단으로 사용했듯이, 향후 자국 내 반도체 원료광물 및 원자재 독점적 생산 지위를 경제적 또는 정치·외교적으로 활용할 잠재성이 있음.**

◆ 호주, 캐나다 등 자원부국, '탈중국'을 기회로 자국 핵심광물의 외국인투자 유인 위한 공격적 전략 추진

- **미중 무역마찰을 시작으로 미국이 중국 외 지역에서의 원자재 확보에 관심을 확대하자 호주와 캐나다 등 자원부국은 자국 내 광물개발 투자를 유치하기 위한 전략을 2019년부터 본격 시행함.**
 - 자국의 자원개발사업 투자의 장점과 투자 여건을 개선하기 위한 전략을 담은 가이드를 발표하거나 세액 감면 혜택, 공동 기술개발 협력 등을 제시함.

- **(캐나다) 자국의 자원개발 여건과 더불어 미국 시장과 접근성을 강조해 밸류체인 연계 자원개발을 유도하고 미국의 탈중국 정책(가치주의 연대)에 동참함.**
 - 2022년 자원개발 중심의 'The Canadian Critical Minerals Strategy'를 발표함.
 - 캐나다의 핵심광물 부존 현황 제시와 탐사부터 재활용까지 가치사슬을 연계하고 핵심광물 확보의 ESG 추진을 선도하기 위한 목표 및 전략을 제시함.
 - 6대 전략 : ① 연구혁신 탐사 추진 ② 책임 있는 자원개발 추진 ③ 지속가능한 인프라 건설 ④ 원주민과의 화해 발전 ⑤ 다양한 노동력과 지역사회 육성 ⑥ 국제 리더십과 안보 강화
 - 자원 탐사에 7,220만C\$, 연구개발 및 상류 및 중류 가치사슬 개발에 1억 9,210만C\$를 지원함, 니켈, 리튬, 코발트, 흑연, 구리, 희토류, 바나듐 및 우라늄 등의 탐사 비용 30%의 세금을 공제함.
 - Critical Minerals(31종, 2021)에 대한 외국기업 투자 심사 실시로 중국 등 비우호국에 대한 투자 제한을 실시함.

14) 아시아 경제(2023, 03.15), 5년간 전 세계 리튬-니켈 광산 매입에만 113조 원... '아직도 배고프다'

15) 김유정(2023), 한국과 중국의 이차전지 공급망 진단 및 정책 제언

- 국익에 도움이 되지 않은 외국기업에 투자를 규제하고, 국익 증진을 위해 국제적 협력/조정을 실시함.
- 2022년 11월, 중국 국영기업 3사¹⁶⁾에 캐나다 자원개발 회사의 주식 매각을 지시함.

- (호주) <2022 Critical Minerals Strategy>를 발표해 핵심광물 공급 강국 도약을 목표로, 안정적 공급 구축 및 지원/제조업 역량 강화와 고부가가치 제품 수출로 공급망 밸류체인 우위 선점/지역 일자리 창출 및 성장을 전략으로 제시함.
 - Critical Minerals Facilitation Office(CMFO)와 호주수출금융공사(Export Finance Australia; EFA)는 Critical Minerals Facility에 대한 용자를 지원함.
 - 국가핵심광물연구개발센터(National Critical Minerals Research and development center)¹⁷⁾를 설립해 핵심광물 연구 및 평가를 실시함.
 - 신규 핵심광물로 분류된 금속 실리콘에 대한 자국의 잠재성 평가/공급망을 분석하고, 수입의존도 등을 포함한 Criticality 조사를 실시함.

◆ 한국, 반도체/이차전지 등의 원자재 자원외교 재개

- 범부처 <K-반도체 발전전략(2021)>에는 원재료 확보에 대한 전략은 미제시되었으나, 산업부가 종합대책으로 <핵심광물 확보전략(2023)>을 공표함.
 - 자원개발 기본계획, 국내 광업 기본계획, 희소금속 발전대책 등으로 2001년부터 지속적으로 산업 원자재 확보 전략을 제시함.
 - ‘자원개발 기본계획(2020)’, 신산업 원료광물 개발, 핵심광물 지정 및 비축 확대 제시
 - ‘희소금속산업 발전대책 2.0(2021)’, 해외자원개발 및 비축 확대, 재활용 기반 조성 제시
 - 산업부는 2023년 <첨단산업 글로벌 강국 도약을 위한 핵심광물 확보전략>을 발표, 전기차/이차전지/반도체 분야의 안정화를 위해 목표 및 전략을 제시함.
 - 10대 핵심광물(리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연, 희토류(5종)) 목표 : 2030년까지 특정국 의존도를 50%대로 완화하고 재자원화를 20%대로 확대함.
 - 3대 주요 전략 : ① 수급지도 개발 및 조기경보 시스템 구축, ② 자원협력 강화 및 국내외 자원개발 활성화, 재자원화 기반조성, 비축 확대, ③ 법제도 정비 및 인력양성 및 기술개발
- 정상회담 및 에너지협력위원회 등을 통해 호주, 캐나다, 베트남 등에 정부간 반도체 및 이차전지 등 핵심광물의 국제협력 체계를 구축하기 시작함.

16) Sinomine Rare Metals Resources사, ChengzeLithium International사, ZanggeMining Investment사

17) 연방기관인 과학산업연구기구 CSIRO, 지질조사소 Geoscience Australia, 원자력과학기술기구 ANSTO 등 3개 기관으로 구성

- 2021년, 12월 '한국-호주 정상회담' 개최로 호주의 핵심광물 교역 및 투자 확대 등 공급망 협력 강화를 위한 MOU를 체결함. 2022년 8월 '한-호 에너지자원협력위원회'를 개최해 핵심광물 및 수소자원 협력 방안 논의함.
 - 한국-호주 정상회담을 계기로 2022년 2월 양국 대표 수출신용기관 간 협조 체계 강화 도모를 목적으로 한 '한국무역보험공사-호주수출금융원'의 업무협약을 체결함.
 - 2023년 1월, 한-서호주, 에너지 인프라 협력의향서(Lol) 체결, ▲핵심광물 ▲청정수소 및 암모니아 ▲그린철강 등 청정에너지 분야 협력 ▲한국 기업의 투자-수출 지원방안 논의
- 2022년 12월 한-베트남 정상회의와 동시에 산업통상자원부와 베트남 산업무역부는 「핵심광물 공급망 협력 양해각서」에 서명함.
 - 핵심광물의 탐사·개발 관련 기술, 투자 촉진, 안정적 수급, 공동 글로벌 핵심광물 공급망 확보 등을 위한 협력을 강화함.
- 산업부, 반도체·반도체·철강·바이오의 '4대 핵심원자재 협력 프레임워크'를 신설할 예정이며¹⁸⁾, 4대 핵심원자재의 품목별 대책 수립과 고위급 협의를 통해 자원부국과 공급망 확대를 추진함.
 - 반도체와 무수불산은 멕시코, 황린¹⁹⁾은 베트남과 공급 협력 강화를 추진함.
- 반도체 국내 생산능력 확장과 원자재 공급 불안에 불화수소, 희귀가스, 연마제 등의 국산화 추진으로 공급력과 공급 속도가 개선되기 시작함.
 - 불화수소 수출규제 및 희귀가스 가격 급등에 즉각적으로 대응해 연구개발을 거쳐 상용화에 성공함. 특히, SK하이닉스 및 삼성 등 수요자가 해당 원재료 생산기업의 연구성과물 성능검증에 참여하고 직접 구매해 국내 국산화를 이룸.
 - 불화수소 - 솔브레인, SK 머티리얼즈 등 2020년 국내 생산 시작
 - 희귀가스 - 포스코/TMC 네온 국내 생산 공정확립- 삼성 및 하이닉스 성능 검증 및 구매, 크립톤과 크세톤도 국산화 추진 예정
 - 반도체 연마제(CMP 슬러리)의 국내 생산력을 확대하고 기술특허를 강화함.
 - 한국머크 - 해외수입제 유통에서 국내 직접 생산(22년), 동진케미컬- 맞춤 제작
 - CMP 슬러리 특허출원 2009년 87건에서 2018년 131건으로 연평균 4.7% 증가. 국내기업 6.1% 증가(해외기업 3.6%), 케씨엠텍 특허 1위²⁰⁾

18) 매일경제(2022.05.16) 핵심원자재 부국과 '조달 통로' 뚫는다

19) 인산의 원료가 되는 황린의 글로벌 생산 중국점유율 80%(21년 기준, KIEP 동향세미나 2022)

20) 특허청 보도자료(2021.06.28) 반도체 정밀도 핵심 '연마제'. 우리 기업 추격 거세다

국내 반도체 원재료 생산 구조 및 생산기업

제품(국내 생산기업)		원료		원료광물
웨이퍼	실리콘웨이퍼(sk실트론)	폴리실리콘(OCI)	메탈실리콘	규소
세정액	불화수소(솔브레인, 이엔에프테크놀로지, sk머티리얼즈)	무수불산(후성)	플로루화수소	형석
에칭액	고선택비 인산(OCI, 솔브레인라사)	인산	황린	인광석
연마제 : CMP 슬러리	옥사이드슬러리(솔브레인, 동진세미켄, 케이씨텍)	세리아(CeO ₂) 실리카(SiO ₂)-(OCI)		희토류(세륨), 규소
	메탈슬러리(솔브레인, 케이씨텍, 한국머크, 유비머티리얼즈)	텅스텐, 구리, 알루미늄		텅스텐광, 동광, 보크사이트
희귀가스	네온(TMC-정제, 포스코-회수)	*철강(고로) 부산물		

* 김유정(2023), 각사 홈페이지 정보를 기반으로 작성

3 정책제언

◆ 반도체 소재산업의 지속적 성장에 맞춰, 원자재 확보 포토폴리오 구축 필요

- 다수의 공정을 거쳐 제조되는 반도체는 다양한 원자재를 사용하며, 반도체 제조원가에서 원자재가 차지하는 비중은 낮으나 하나라도 부족하면 제조가 중단됨. 또한 원자재 품질은 반도체 정밀도 및 불량률에 중대한 영향을 끼침.
- 원료와 부품소재의 국내 공급망이 연계되어 있지 않아, 원자재 공급계약과 시장가격 급등 등 외부 변화에 큰 영향을 받으며 위기대응에 취약함.
 - 2019년 한일 부품소재에 대한 무역마찰과 21년 요소수 대란, 2022년 러시아 사태를 겪으면서 자원의 안정적 공급망이 국가경제안보에 필수적인 요소임을 재확인함.
- 반도체용 연마제, 세정액(불화수소), 에칭액(고순도 인산), 희귀가스(네온, 크립톤, 크세톤) 등의 국산화를 추진함. 하지만 원자재가 국산화되더라도 원자재 생산을 위한 원료(광물) 미확보 시 공급망 불안은 여전함. 장기공급계약과 더불어 해외자원개발을 통해 직접적 자원 확보로 적정 원료 포토폴리오 를 구축해야 함.
 - 현재는 '현물계약'과 '장기공급계약'으로 원료 확보가 이루어지고 있어 대외환경변화에 큰 영향을 받음.
 - 해외자원개발 투자를 통해 수요자가 직접적으로 자원을 개발 도입하는 경우 가격변동과 물량확보 차원에서 위기대응이 가능해짐.

- 세계 각국은 자국 산업에 중요하며 공급망 위기로 국가적 확보가 필요한 광물(원자재의 원료)을 핵심광물* 등으로 지정하고, 이를 확보하기 위한 공격적 전략을 수립하고 시행함.
 - 형석, 인, 실리콘(메탈), 텅스텐, 희토류 등의 반도체 원료광물 포함

세계 각국의 국가 관리 지정 자원 중 반도체 원료광물					
	중국	유럽	미국	일본	한국
	전략성 광산자원 (2016) 24종	Critical Raw Materials(2020) 30종	Critical Minerals(2022) 50종	정부 지원 반도체 원자재 (2023)	핵심광물(2023) 35종
반도체 원재료 관련 핵심광물	형석, 희토류, 인, 텅스텐,	형석, 인, 갈륨, 실리콘메탈, 희토류	갈륨, 비스, 형석, 인, 희토류, 텅스텐	황린 헬륨, 희귀가스, 형석	실리콘, 갈륨, 비스, 텅스텐, 희토류

김유정(2023)

- 호주, 캐나다, 러시아 등이 자국의 자원개발에 적극적으로 투자 유치 전략을 시행하고 있는 현시점에 해외자원개발을 적극 추진, 원료 포트폴리오를 다각화해 가격변동 및 물량확보에 대한 위기 대응력을 시급히 제고해야 함.
 - 단 가격변동성과 세계경기 침체 가능성, 대체 기술개발 등을 고려해 성급한 투자 의사 결정은 자제해야 할 것임.
- 정부는 해외자원개발의 경제적/정책적 지원 확대로, 해외자원개발 기반을 마련해 민간기업의 해외자원개발 사업 투자를 장려하고 사업 성공률을 제고해야 함. 특히, 반도체 광물자원은 개발단계에서 ESG를 개선하기 위한 정책적 지원도 필요함.

◆ 반도체 원자재 ESG 관련 규제 모니터링 및 선제적 대응 필요

- 원자재에 대한 규제는 이차전지에 집중되어 있으나 점차 영역이 확대되고 있어 반도체도 직접적으로 원자재 사용에 대한 규제에 직면할 가능성이 있음.
 - 반도체는 원자재 사용에 대한 직접적 규제는 없으며, 미국과 유럽에 수출하는 제품 전반에 대한 원료 사용과 이산화탄소 배출 규제에 영향을 받고 있음.
 - 이차전지는 원료비가 차지하는 비중이 높으며, 중국 의존도가 심화된 가운데, 미국과 유럽은 탈중국과 자국 중심적 공급망 구축을 위해 원자재에 대한 규제를 강화하고 있음.
 - 유럽 신배터리 규제(2022) : 2024년부터 재활용, 이산화탄소 배출량, 윤리적 원료 사용, 배터리 여권 등 광범위한 사항을 단계적으로 의무화
 - 미국 인플레이션감축법(IRA, 2022) : 배터리 원료광물 원산지 규제, 재활용 원료사용 권장

- 유럽의 원재료법과 공급망 실사법에 따라 향후 원재료에 대한 환경발자국 공개 의무화 가능성이 있음.

- 반도체 원자재 확보 및 가공 단계의 이산화탄소 배출량, 재활용 원료 사용 확대, 윤리적 원료광물 확보 등에 대한 모니터링 및 관리체계를 준비해야 함.

◆ 국내 원자재 생산력이 지속 성장하기 위해서는 연구개발-실증을 위한 수요기업의 역할 중대

- 수요자가 원재료 생산자와 협력해 기술개발을 추진하고 해당 원료를 구매하는 구조는 국내 원재료 산업 육성의 바람직한 모델이 될 수 있음.
 - 안정적 판매처 확보는 원자재 생산기업의 지속적 영업 활동 위한 필수 요건임.
 - EU-US의 TTC 2차 성명서(2022.05), 희토류 자석의 안정적 공급망 확보를 위해 희토류 생산기업의 안정적 판매처 확보에 대한 지원을 전략으로 제시함.
 - 특히, 각각의 품질이 반도체 성능과 직결되어 12N급(99.999999999)의 불화수소 등 고순도·고품질의 원재료가 필요함. 비용에서 원자재가 차지하는 비중은 낮으나, 원자재의 품질 최종제품의 불량으로 이어질 수 있어서 수요기업 입장에서는 가격보다는 품질 요건이 더 중요함.
 - 정부는 반도체 부품소재 산업 육성을 위해 반도체 소재부품 특화단지 지정 및 대규모 연구개발 예산을 지원하고 있으며, 해당 연구성과가 사업화로 이어지기 위해서는 수요기업의 성능검증과 구매가 중요함.
- 한일 관계 개선으로 일본의 불화수소 등에 대한 수출규제가 해제되고, 급등했던 원자재 가격이 안정되더라도, 국산 원자재에 대한 구매와 더불어 연구개발 지원을 지속해 국내 원자재 기업이 안정적인 생산과 경쟁력을 강화하는 환경을 조성해야 함.

■ 참고 문헌 ■

- Building resilient supply chain, Revitalizing American manufacturing, and Fostering broad based Growth, U.S.A: The White House, 2021
- U.S.-EU Joint Statement of the Trade and Technology Council, U.S.-EU: 2022.05.16.
- バイデン政権の鉱物政策動向について. Japan: JOGMEC, 2022
- 半導体戦略 (概略) . Japan: 経済産業省, 2021
- 半導体に係る安定供給確保を図るための取組方針 Japan: 経済産業省, 2023
- 첨단산업 글로벌 강국 도약을 위한 핵심광물 확보전략, 한국: 산업통상자원부, 2023
- EU 핵심원자재법과 원자재 관리정책, 한국: KOTRA 브뤼셀 무역관, 2023
- 김유정, 한국과 중국의 이차전지 공급망 진단 및 정책 제언, 서울: 전경련, 2022
- 박혜지, 최대 황린 생산지 원난성, 황린 감산 돌입. 세종: 대외정책연구원, 2021
- 김유정, 글로벌 규제에 따른 핵심광물 수급 영향 및 자원개발 전략, 서울: 산업교육연구소, 2023
- 안재용, 권지연, 심은정, 최동규. 유럽반도체법 주요 내용 및 영향. 서울: KOTRA, 2022
- 이준, 경희권, 이성경, 이고은. 미국의 반도체·배터리 공급망 조사 보고서의 주요 내용과 시사점. 세종: 산업연구원, 2021
- 5년간 전 세계 리튬·니켈 광산 매입에만 113조 원…“아직도 배고프다”, 아시아경제, 2023.03.15.
- 핵심원자재 부국과 '조달 통로' 뚫는다, 매일경제, 2022년 5월 16일
- 반도체 정밀도 핵심 '연마제'. 우리 기업 추격 거세다, 특허청 보도자료, 2021.06.28.
- “MINERAL COMMODITY SUMMARIES”. USGS ,2018/2020/2023
- “광산·광산물 통계연보 2023”. 한국지질자원연구원, 2023
- “수출입 통계”. 한국무역협회. <https://stat.kita.net/>
- EC. https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-critical-raw-materials-act_en

디지털 바이오 혁신을 위한 바이오용 반도체 산업 경쟁력 제고

김 형 진 | 교수, 울산과학기술대학교

SUMMARY

- ▶ (이슈제기의 필요성)
 - 바이오용 반도체(Bio-MEMS)는 생명공학(Bio Technology)과 초소형전자기계시스템(MEMS)의 합성어로 고성능화, 지능화, 저전력화, 소형화를 통한 생체상태 식별, 선제적 예방 맞춤 관리 및 질병의 진단, 치료에 활용하는 차세대 디지털 바이오 기술임.
 - Bio-MEMS 시장은 매년 24%(CAGR) 성장해 2024년 USD 119억 2천만 달러의 시장을 형성할 것으로 예측되며, 시장 선점이 필수인 산업 분야임.
- ▶ (주요 이슈 및 문제점, 애로사항 등)
 - (디지털 바이오) 바이오가 반도체와 융합되어 기존의 한계를 벗어나 바이오 자체의 발전뿐 아니라 전 산업 분야에 전방위적으로 파급되어 혁신을 촉진함.
 - (편리한 삶) 반도체 기술의 발전으로 스마트폰, 스마트카, 스마트홈 등 다양한 산업이 발전하면서 우리의 삶에 편리함을 제공함.
 - (건강한 삶) 100세 시대를 위해 기존 의료 서비스와의 융합을 통해 우리의 건강한 삶을 위한 Bio-MEMS 기술이 끊임없이 발전 및 진화하고 있음.
 - (영원한 삶) '영원한 삶'은 종교를 넘어 고대부터 내려온 인류의 오랜 꿈이며, 꿈을 실현시키기 위한 디지털 바이오 연구들이 추진 중에 있음.
- ▶ (정책 방향 및 제언 내용 등)
 - 글로벌 기업이 시장을 장악하고 있는 분야로서 차별화(틈새시장 및 미래지향 시장)를 통한 글로벌 시장 선점 전략이 필요함.
 - * (틈새시장) 코로나19로 SD바이오센서를 비롯한 국내 진단기기 기업의 글로벌 시장 선점
 - * (미래지향 시장) 국가적 차원의 Bio-MEMS 산업 육성 및 글로벌 미래지향 시장 선점 필요
 - * 수도권외 의료기기 완제품 기업과 지역 제조기업 협력을 통한 공동성장 모델 발굴(SD바이오센서 & 인탑스)
 - 정부 차원의 R&D 지원 및 사업화 지원 센터 구축으로 산업 활성화 및 고용을 확대할 수 있는 기회를 제공해야 함.

KEY WORD

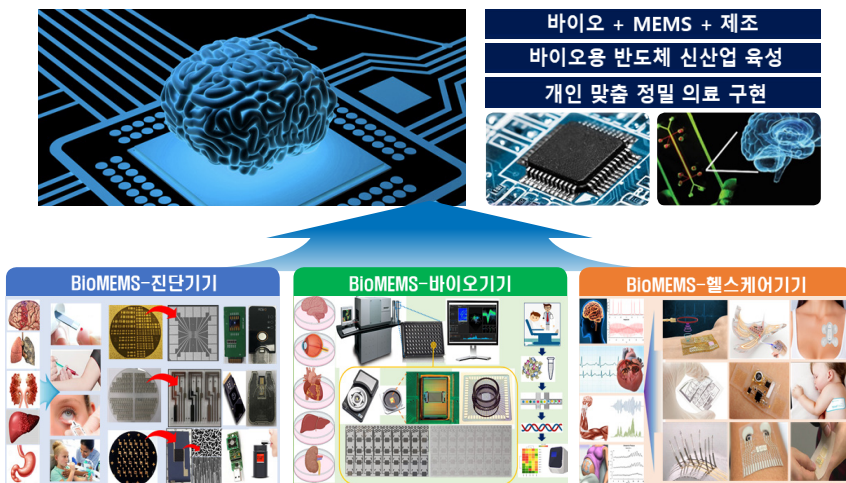
편안한 삶, 건강한 삶, 영원한 삶, 바이오용 반도체, Bio-MEMS

1 배경

◆ Bio-MEMS(Biological Micro Electro Mechanical Systems)

- Bio-MEMS는 생명공학(Bio Technology)과 초소형전자기계시스템(MEMS)의 합성어로 체내 혹은 체외에서 일어나는 생체물질 내의 생리화학적 현상에 수반되는 미세한 생체신호를 매우 정밀하게 분석 및 대량 고속 진단이 가능한 바이오용 반도체임.
- 바이오용 반도체는 환자 맞춤형 진단 및 치료뿐 아니라 제약, 의료, 의료장비, 보험, 의료 서비스의 광범위한 영역에서 개인의 생활습관, 질병의 진단과 치료, 예후 등에 대한 신호 획득, 처리, 분석 및 서비스를 제공하는 반도체를 의미함.
- 특히, 코로나19 이후 이슈가 되고 있는 디지털 바이오 산업으로의 대전환을 가속화하는 핵심기술로서 고성능화, 지능화, 저전력화, 소형화를 통한 생체상태 식별, 선제적 예방 맞춤 관리 및 질병의 진단, 치료에 활용하는 차세대 디지털 바이오 기술임.

〈그림 1〉 Bio-MEMS 기술 기반 바이오용 반도체 개념도

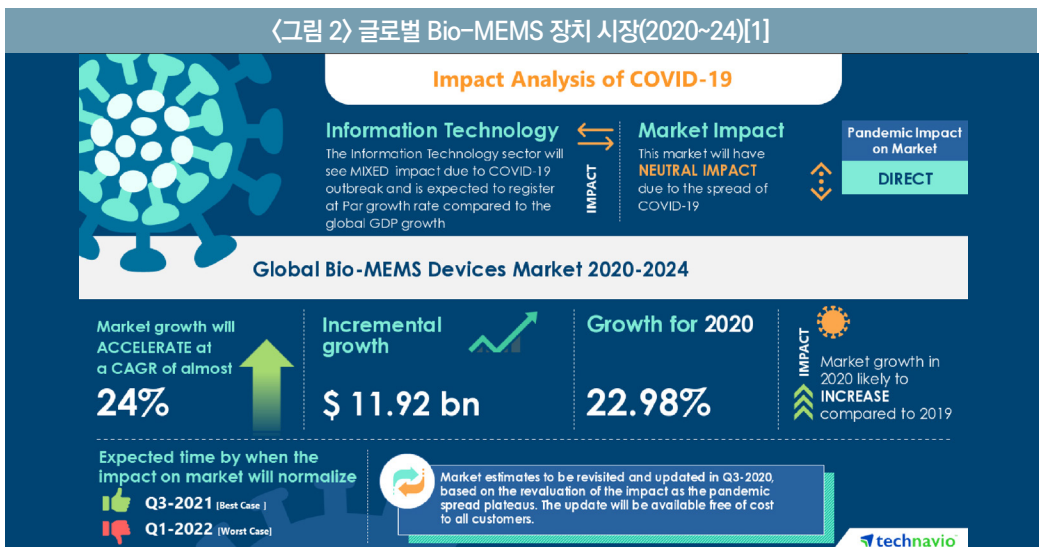


- (Bio-MEMS 기반 진단기기) 생물이 지닌 기능을 이용해 물질의 상태를 측정하기 위한 것으로, 생물학적 반응을 감지하고 이를 전기신호로 바꾸기 위해 반도체 칩을 사용해 질병 유무를 판단하는 기기임.
 - 바이오용 반도체로 구성된 진단기기는 고성능화, 지능화, 저전력화, 소형화를 통해 분석대상 물질을 보다 간편하고 신속 정밀한 측정이 가능해 의료, 환경, 국방, 식품, 우주항공, 조선 등 다양한 분야에서 크게 주목받고 있음.

- (Bio-MEMS 기반 바이오기기) 반도체 칩을 이용해 신약후보군에 대한 세포(2D 및 3D) 및 오가노이드의 생리적/형태적인 변화와 세포독성 및 유전독성 등을 실시간 비파괴적으로 모니터링 및 정량화함으로써 신약 후보군 선별을 넘어 동물 임상의 대체가 가능한 기기임.
 - 신약개발 초기단계인 기초탐색 연구단계에서 대규모 저분자 화합물의 타겟 검증 과정에 소모되는 시간과 비용을 약 100분의 1 수준 이상으로 줄일 수 있는 플랫폼임.
- (Bio-MEMS 기반 헬스케어기기) 제약, 의료, 의료장비, 보험, 의료 서비스의 광범위한 영역에서 생명 시스템의 다양한 생체상태에 관해 생체정보, 의료기기, ICT 융합 기반으로 동작원리를 이해하고 이를 제어해 생체상태 식별, 선제적 예방 맞춤 관리 및 질병의 진단, 치료에 활용하는 차세대 스마트 의료기술임.
 - 사람의 혈당, 혈압, 심장박동률, 혈액 함량, 체온, 호흡 빈도수 등 건강지표를 수시로 체크할 수 있는 진단용 웨어러블 의료기기와 각종 질병 진료에 도움을 주는 치료용 웨어러블 의료기기로 구분할 수 있음.

◆ Bio-MEMS 산업/시장 현황

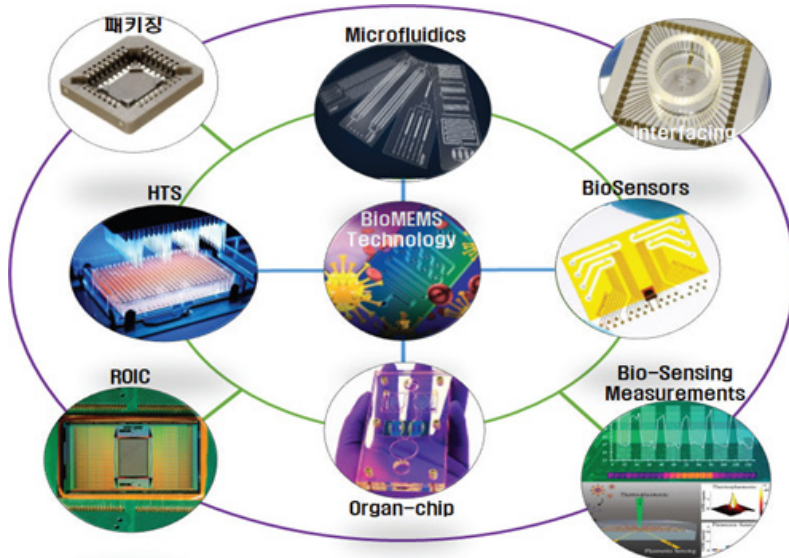
- Bio-MEMS 기술이 필수적이라고 할 수 있는 진단/바이오/헬스케어기기 시장은 코로나19로 인한 새로운 검사법과 치료 모니터링 및 스크리닝 방법이 개발됨에 따라 안전성 및 신뢰성을 갖춘 Bio-MEMS의 시장이 고성장하고 있음.
- 세부적으로는 2020년 09월 Technavio에서 출간한 Global Bio-MEMS Devices Market (2020~24)에 따르면 Bio-MEMS 시장은 매년 24%(CAGR) 성장해 2024년 USD 119억 2천만 달러의 시장을 형성할 것으로 예측함.[1]



◆ Bio-MEMS 표준화 로드맵 추진 현황

- 2019년 4월 정부에서 발표한 ‘시스템반도체 비전과 전략’ 중 팹리스 업계의 글로벌 경쟁력 확보를 위해 5대 핵심 분야 중 바이오 분야를 포함, 집중지원을 추진함.
 - 자동차, 바이오, 에너지, IoT가전, 기계·로봇 등으로 시스템 반도체 수요가 많거나 우리 기업이 빠른 시간 내 경쟁력 확보가 가능한 분야임.
- 산업통상자원부 국가기술표준원은 ‘시스템반도체의 표준기술연구회’를 통해 BioMEMS 표준화를 위한 1차 로드맵을 수립했음(2022.11).[2]
 - Micro Fluidics, MEMS 바이오센서, Patch Device, Tele-healthcare device, Organoid 분야를 중점 후보 분야로 선정함.
 - 이와 병행해 기존 IEC 국제표준화 추진을 위해 SC47F 표준전문가위원회가 확대됨.
- 현재 BioMEMS 표준화 2차 로드맵을 수립 중에 있으며, 도출되어 있는 중점 분야(micro fluidics device, MEMS 바이오센서, Patch device, Organoid device) 중심의 표준기술을 도출함.

〈그림 3〉 바이오 MEMS 산업 정의 개념도[2, 3]



2 현황 및 주요 현안

◆ 현황(이슈 및 현황, 통계 및 조사자료, 국내외 동향 및 사례 등)

- 글로벌 기술력을 보유한 반도체 기술과 기간산업 및 신성장동력 산업과 융합을 통한 시너지 효과가 발생함.
 - 국내 반도체 산업은 메모리 반도체를 중심으로 성장해 반도체 수출이 우리 전체 수출의 약 20%를 차지하고 있으며 세계 메모리 반도체 시장 점유율이 60%에 육박하고, 전체 반도체 시장에서도 2위를 유지하고 있음.[4]
 - 의료산업과 반도체 산업의 융합은 2030년 기준 USD 5천억 달러의 시장을 형성할 것으로 예측함.



- (디지털 바이오) 바이오가 디지털과 융합되면서 기존의 한계를 벗어나 바이오 자체의 발전뿐 아니라 전 산업 분야에 전방위적으로 파급되어 혁신을 촉진함.
 - (유럽) EMBL*은 디지털 바이오 사업 추진(2017~21), 영국 맨체스터대, 독일 뮌헨공과대는 디지털 바이오 대학원 과정 및 연구 클러스터를 구축함.
 - * (Europe Molecular Biology Laboratory, 유럽 분자생물학연구소) 유럽 27개국이 공동설립한 바이오 분야 대표 연구소, 유럽 6개소에서 110개 연구팀을 운영 중임.
 - (일본) 데이터 중심의 바이오-디지털 융합을 강조한 '바이오전략2020'을 발표하고 바이오 데이터 기반 기술개발 지원 (2020.06~)[5]
 - 연구데이터 수집-공유 및 연구시설장비-스마트화를 위한 '연구디지털전환 전략'도 추진(2021~)

- (EU) 바이오 혁신을 위한 'Lifetime Initiative'를 수립, AI, DNA 시퀀싱, 단일세포 분석, 오믹스 등에 대해 R&D 및 장비·서비스·제품을 개발함(2020~).
 - (독일) '산업 바이오기술혁신' 이니셔티브를 통해 바이오 기술을 활용해 기후·에너지·건강 문제 해결 및 미래성장 비전을 제시함.
 - (중국) 바이오 분야 첫 계획인 '14차 5개년 바이오경제계획'을 발표, 2035년까지 바이오경제 총합역량을 선진국 수준으로 제고하겠다는 의지를 천명함.
 - (미국) '생명공학·바이오제조 이니셔티브' 행정명령(2022.09)을 통해 바이오 분야를 반도체·배터리 수준 글로벌 기술패권 경쟁 분야로 본격 관리함.
- (국내) 바이오 대전환에 대응해 기존 바이오 R&D 한계(고비용·고위험·장기간)를 극복하고 선택과 집중으로 바이오 선도국 진입을 촉진할 혁신전략을 추진함.
 - (중기부) 중소기업 전략기술로드맵 2021~23을 통해 헬스케어기기, 바이오기기 및 의료기기 분야별로 반도체 기반의 전략제품 기술로드맵을 수립함.
 - (과기부) 바이오 대전환 시대 맞춤형 디지털 바이오 혁신전략 발표를 통한 위기와 기회가 병존하는 바이오 대전환기에 민첩하게 대응함으로써 미래 국가 바이오 기술·산업경쟁력의 도약 계기 마련을 추진함.
 - (한계) 그동안 적극적인 정부 R&D투자로 국내 기술수준은 지속 향상되었으나, 여전히 미국 등 바이오 선도국을 추격하는 입장임.

◆ 주요 현안(관련 주요 문제점, 정책적/산업적 이슈, 산업계 애로사항 등)

- (편리한 삶) 반도체 기술의 발전으로 스마트폰, 스마트카, 스마트홈 등 다양한 산업이 발전하면서 우리의 삶에 편리함을 제공함.
 - (스마트폰) 단순한 통화를 위한 전화기 영역을 넘어 카메라, 음악 플레이어, 메신저, 수첩, 전등, 라디오, TV, 게임 콘솔, 차량 및 홈 제어, 개인 건강관리 등 마술 같은 디지털 도구로서 편리한 삶을 제공함.
 - (스마트카) 단순한 이동을 위한 자동차 영역을 넘어 자율주행과 운전자 생체신호 모니터링, 졸음·음주 등 사고유발 요소 차단, 센서 탑재한 운전대·시트 눈길, 노파 감지한 주의력 알람 기능, 스마트홈 연계한 통합 서비스 '휴식공간'의 역할을 함.
 - 현대모비스가 공개한 자율주행 통합 각핏 시스템인 엠빅스(M.Vics)에는 심전도 센서, 운전자 모니터링 카메라, 멀미 저감 신기술, 공기정화 시스템 등 다양한 헬스케어 기술이 탑재됨.
 - 또한 탑승객의 자세를 입체적으로 촬영할 수 있는 3D 카메라, 운전대에 장착한 심전도 센서, 귀 주변에 흐르는 뇌파를 측정하는 이어셋 센서, 그리고 차량 내부의 온습도와 이산화탄소를 측정하는 공조 센서로 구성된 스마트 캐빈 제어를 통해 실시간으로 수집한 다양한 생체신호를 분석해 안전운전을 지원함.
 - (스마트홈) 인간이 거주하고 생활하는 공간 및 기기에 ICT를 접목해 편리, 안전, 경제, 즐거움 등의 가치를 제공해주는 기술 및 서비스 환경을 제공함.

- LH는 인공지능과 IoT 등 4차산업혁명 기술을 융합해 가족의 건강관리·예방진단을 위한 LH 스마트홈 플랫폼 기반의 헬스케어 서비스를 제공할 예정이다.

〈그림 5〉 반도체 기술발전이 편리한 삶 제공



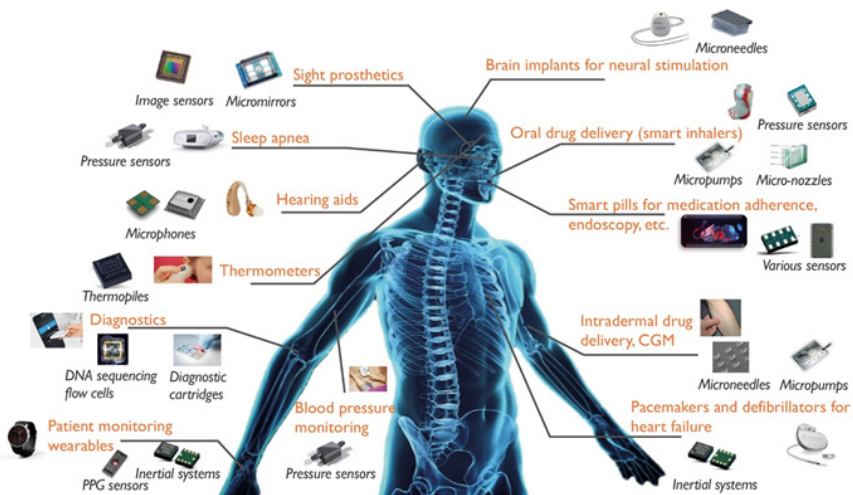
〈신뢰성의 한계〉 병원 외에서 일반인 또는 만성질환자의 건강을 모니터링 함에 있어 정확도 및 신뢰도는 넘어야 할 큰 장벽임. 연속 혈당센서 및 심전도, 뇌파 등 생체신호를 모니터링하고 분석하기 위한 반도체 기반의 정밀 바이오센서 개발이 필요함.

- (건강한 삶) 100세 시대를 맞아 기존 의료 서비스와의 융합을 통해 우리의 건강한 삶을 위한 Bio-MEMS 기술이 끊임없이 발전 및 진화하고 있음.

〈그림 6〉 반도체 기술발전이 편리한 삶 제공[6]

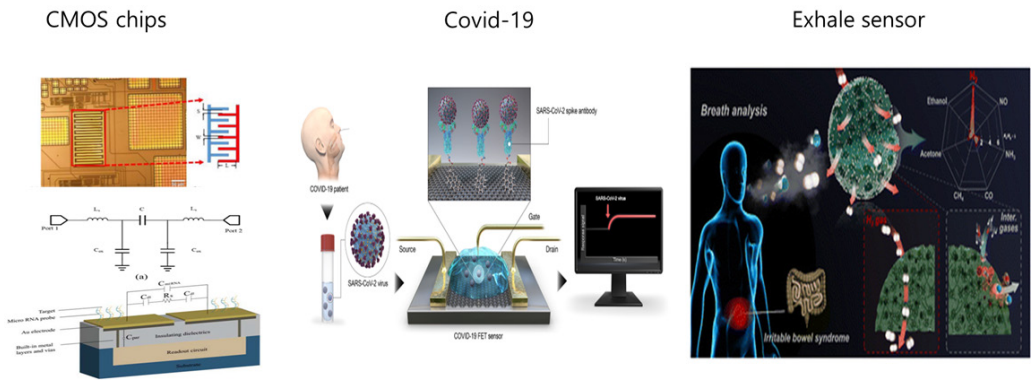
Examples of bioMEMS-enabled systems

(Source: BioMEMS Market and Technology report, Yole Développement, 2020)



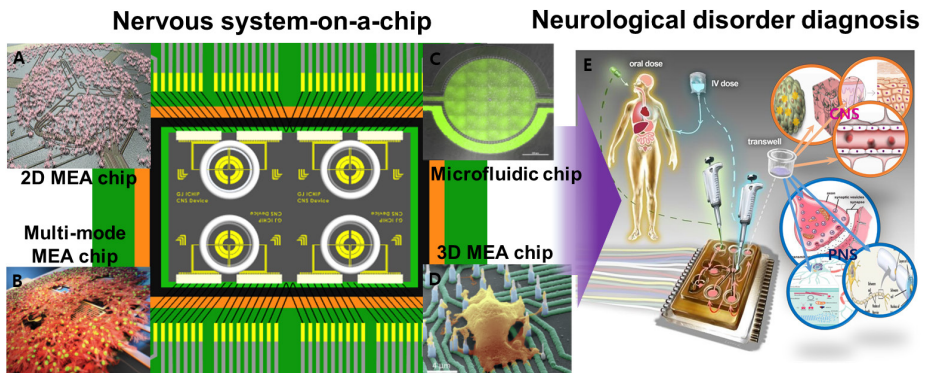
- (Bio-MEMS 기반 디지털 진단기기) 체외진단은 질병이나 기타 몸속 상태를 진단하고, 전반적인 건강상태를 모니터링해 질병의 치료와 예방을 목적으로 조직, 혈액, 침, 소변, 세포세척액 등 인체에서 유해한 물질을 이용해 몸 밖에서 신속하게 질병을 진단, 예측, 모니터링하는 기술임.
- <그림 7>은 Bio-MEMS 기반 디지털 진단기기 기술동향에 관한 것으로, 왼쪽은 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconducor) chips 구조를 기반으로 위암의 microRNA biomarker를 검출 가능한 Capacitive biosensor, 중앙은 실시간으로 코로나19를 진단할 수 있는 FET 구조의 Graphene biosensor, 오른쪽은 다공성 구조를 갖는 팔라듐 촉매 기반의 산화주석 구조체를 이용한 생체지표 가스 Exhale sensor 기술의 개발을 보여줌.

<그림 7> Bio-MEMS 기반 디지털 진단기기 기술동향[7-9]



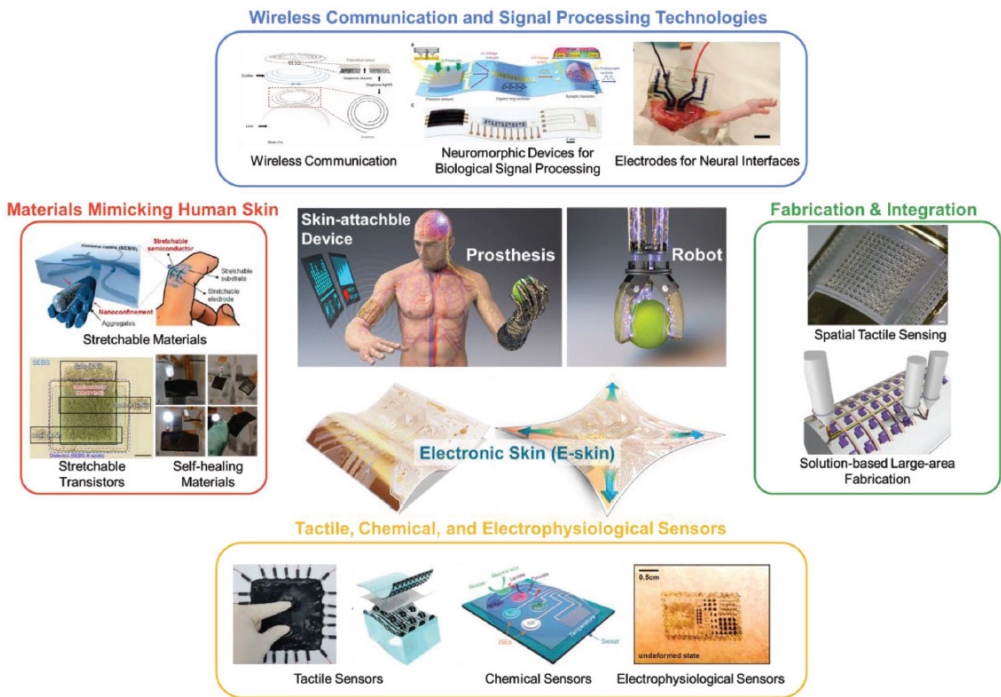
- (Bio-MEMS 기반 디지털 바이오기기) 바이오용 반도체 기술을 적용해 신경계 세포 배양-정보 확보-분석-신약 개발 서비스가 가능한 생체 미세환경 모사 및 실시간 모니터링용 신경계 온칩 통합 플랫폼임.
- <그림 8>과 같이 바이오용 반도체 기술을 적용한 CNS(Central Nervous System; CNS) 바이오칩은 미국 및 유럽의 일부 연구소에서 개발 중이지만 아직 제품화된 사례가 없으며, PNS(Peripheral Nervous System, 말초신경계) 바이오칩은 일부 대학 및 연구소에서 일부 연구개발 단계임.
- 미국, 유럽과 일본 등 여러 회사에서 신약 개발 및 세포 독성 평가를 위해 세포칩을 판매 중이며 또한 측정 및 분석을 자동화할 수 있는 HTS(High-Throughput Screening, 고속대량 스크리닝)를 구축 중임.

<그림 8> Bio-MEMS 기반 디지털 바이오기기 기술동향[10-13]



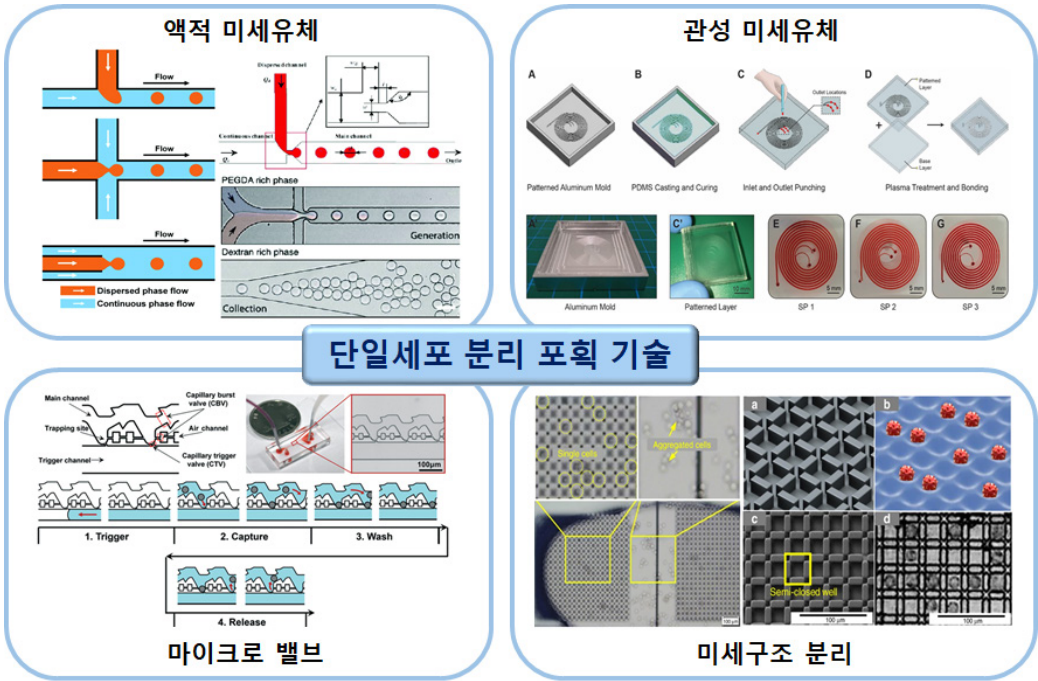
- (Bio-MEMS 기반 전자피부) 사람의 피부를 모방해 수직 압력, 인장력, 진동, 유체의 흐름 등 다양한 감각을 인식하고 상처를 자연적으로 치유할 수 있는 능력을 가진 전자피부 개발에 대한 연구가 관심 받고 있음.
- <그림 9>는 Bio-MEMS 기반의 E-Skin센서 제작 및 생체신호 획득을 위한 기술을 정리한 것으로, (좌) 사람의 피부를 모사(자가 치유, 신축성)한 재료, (우) 3D MEMS 기술을 활용한 E-Skin의 제작(3D 프린팅 기술 기반, 반도체공정 기반 촉각 센서), (상) 3D MEMS 기술을 활용한 무선통신 기능 및 생체신호 분석 기술, (하) 기능에 따른 E-Skin센서의 분류(촉각 센서, 화학 센서, 전기생리학 센서)를 도식화했음.

〈그림 9〉 Bio-MEMS 기반 전자피부 기술동향[14]



- (Bio-MEMS 기반 단일세포 분리/포획 기술) 각각의 세포로 분리하여 분석함으로써 세포의 이질적인 특성을 이해하고 개별 세포 수준에서의 유전자 발현 변동을 파악해 보다 정밀한 분석이 가능함.
- (액적 미세유체) 미세유체를 이용해 단일세포를 조작하는 방법으로 유체의 압력, 흐름 및 방향 등을 조절해 세포를 분리할 수 있으며 캡슐화해 세포가 미세 채널 내에서 고립되도록 함.
- (관성 미세유체) 관성력을 이용해 특정 높은 유속에서 분리할 수 있는 방법으로 세포 손상이 적다는 장점이 있지만 주로 혈액세포 등 특정 세포 농도에 적용 가능함.
- (마이크로 밸브) 온-오프 밸브와 스위칭 밸브를 이용해 단일세포를 분리하는 방법으로 외부 제어 장치가 복잡하고 번거롭지만 실제 분리하는 디바이스는 크기가 작고 빠르게 작동할 수 있음.
- (미세구조 분리) 미세 트랩과 미세 웰과 같은 미세구조를 기반으로 해 단일세포의 크기와 유사한 크기의 미세구조를 설계해 층류의 유선을 따라 흐르며 미세구조에 의해 발생하는 전단력에 의해 포획하는 방법임.

〈그림 10〉 Bio-MEMS 기반 전자피부 기술동향[14]



〈조기진단 한계〉 질병의 유무를 판별하는 극소량의 생체 및 디지털 바이오마커 검출 한계를 극복해야 함. 2차원 반도체 기술을 적용한 2차원 구조체의 한계를 극복할 수 있는 3차원 구조체 기반의 3차원 BioMEMS 기술 개발이 필요함.

〈제조 공정의 복잡성 및 높은 가격〉 반도체 기술을 적용함으로써 고가의 반도체 공정 장비의 사용과 복잡한 제조 공정으로 제조단가가 높아지므로, 단순제조 공정 및 대량생산이 가능한 인쇄전자 공정 연구개발이 필요함.

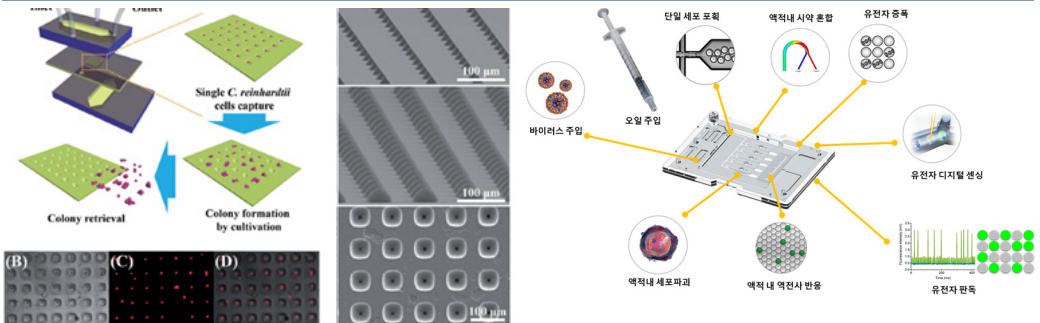
- (영원한 삶) '영원한 삶'은 종교를 넘어 고대부터 내려온 인류의 오랜 꿈이며, 꿈을 실현시키기 위한 연구들이 추진 중에 있음.
 - '메디컬 머신'은 2013년에 개봉한 영화 '엘리시움'에 등장하는 홈 케어 의료기기로 유전자 분석을 통한 질병을 자동 진단/치료 캡슐임.
 - '원격의료 캐빈'은 프랑스 원격의료 업계의 선두기업인 H4D사의 원격의료 시스템으로 왼쪽에 혈압계, 체온계, 심전도 검사기, 혈당 측정기, 청진기, 안저(眼底) 측정기, 오토스코프(귀 내부 검사기), 더마토스코프(피부 검사기) 등 14가지 의료기구가 집적화된 원격 진료실임.

〈그림 11〉 영화 엘리시움의 메디컬 머신(왼쪽)[소니픽처스] 및 원격의료 캐빈(오른쪽)[H4D사]



- (단일세포 통합 분석 시스템) 단일세포 맞춤형 정밀 진단과 고품질, 저비용, 안정적인 방식의 멀티오믹스 정밀 구현과 개인 맞춤 치료법을 제시하고 유전자 치료제를 제공함.
 - 〈그림 12〉와 같이 특정된 단일세포 분석의 효율적인 포획, 유전자 정제, 증폭, 라이브러리화 등 각 단위 공정의 연계·통합화를 위한 워크플로우 필수요소 기술을 개발하고, 인공지능 딥 러닝 기술을 탑재한 연속 공정이 가능한 단일세포 통합 분석 시스템

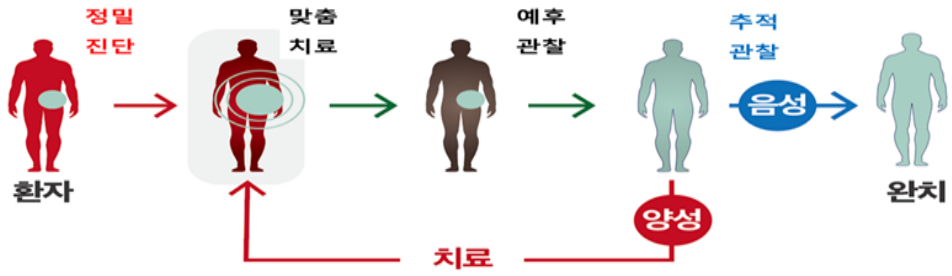
〈그림 12〉 Bio-MEMS 기반 단일세포 포획 어레이



(왼쪽) [20] 및 단일세포 포획/분석 통합칩 (오른쪽)[아이진사]

- (디지털 3D 생체시스템) 디지털 진단-바이오-헬스케어 통합 시스템을 통한 개인 맞춤형 정밀의료를 구현함.
 - 디지털 진단기기를 통한 질병의 정밀진단-디지털 바이오기기를 통한 개인 맞춤 치료제 제작-디지털 헬스케어 기기를 통한 치료제 주입 후 예후 모니터링을 통한 진단-치료-예후를 지원할 수 있는 통합 시스템

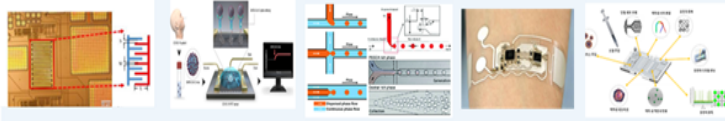
〈그림 13〉 개인 맞춤형 디지털 진단-바이오-헬스케어 통합 시스템



개인 맞춤형 디지털 진단-바이오-헬스케어 통합 시스템

핵심기술

진단기기, 바이오기기, 전자피부, 단일세포 분석



〈단일세포 통합 분석 시스템〉 단일세포의 분리-포획 및 유전자 분석이 가능한 통합 시스템 개발을 통한 개인 맞춤 치료법 제시를 위한 플랫폼 개발이 필요함.

〈디지털 3D 생체시스템〉 3D 반도체 기술 기반 미세전자생체시스템(Micro Electro Physiological System; MEPS)을 활용한 개인 맞춤 정밀진단-정밀분석-단일세포 유전자 분석 통합 시스템 개발이 필요함.

3 정책제언

◆ 제언(기존 정책의 개선방향 또는 새롭게 추진할 필요가 있는 정책 아이디어 등)

- Bio-MEMS 기반 바이오용 반도체 시장은 더 작은 저렴한 의료기기에 대한 수요와 여러 의료 기능의 통합 추이에 따라 디지털 진단/바이오/단일세포-유전자 분석/전자피부 등 각 부문별 반도체 의 의료용 시장의 성장세가 가파르게 올라갈 것으로 예측됨.
- 하지만 글로벌 기업이 시장을 장악하고 있는 분야로서 차별화(틈새시장 및 미래지향 시장)를 통한 글로벌 시장 선점 전략이 필요함.
 - (틈새시장) 코로나19로 SD바이오센서를 비롯한 국내 진단기기 기업의 글로벌 시장 선점 및 브랜드 가치가 상승함.
 - (미래지향 시장) 국가적 차원에서 Bio-MEMS 기반의 바이오용 반도체 산업 육성을 위한 적극적 지원을 통해 K-브랜드 기반의 글로벌 미래지향 시장을 선점해야 함.
 - 수도권외 의료기기 완제품 기업과 지역 제조 산업이 협력해 단시간 제품화 및 대량생산화를 통한 공동성장 모델을 발굴함(SD바이오센서 & 인탑스).
- 바이오용 반도체는 반도체 기술을 토대로 사업화가 유망한 분야이나 타 산업과 달리 기술적 요구 조건이 높고 복잡하며, 개발 이후 제품화, 임상, 인허가 등 시장 진입까지 장애요소가 많은 분야로 규제완화 지원이 필요함.
- 정부 차원의 R&D 지원 및 사업화 지원 센터 구축으로 기술개발과 시장진출을 지원함으로써 민간이 부담해야 할 리스크 감소 및 산업을 활성화하고, 고용을 확대할 수 있는 기회를 제공해야함.
 - 존스홉킨스대학교 의과대학 MPS(Microphysiological system) 센터는 Bio-MEMS 기반의 3D 생체조직 칩에 대한 선도적 연구를 수행함.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Bio-MEMS Devices Market (2020-2024) , Technavio, 2020.09.
- [2] 진공 이야기, 제 8권 제3호, 2021.12.
- [4] 반도체 산업의 가치 사슬별 경쟁력 진단과 정책방향, 산업연구원, 2022.11.
- [5] 일본, 바이오전략2020. 통합혁신전략추진회의, 2021.01.
- [6] BioMEMS market and technology report, Yole Development, 2020
- [12] Tori B. Terrell-Hall, Permeability across a novel microfluidic blood-tumor barrier model, *Fluids and Barriers of the CNS* 217
- [13] Collin D. Edington, Interconnected Microphysiological Systems for Quantitative Biology and Pharmacology Studies, *Scientific Reports* volume 8, Article number: 4530 (2018)
- [7] YU-HUSAN. "A CMOS-Based Capacitive Biosensor for Detection of a Breast Cancer MicroRNA Biomarker". *IEEE Nano* vol.1 (2020). doi:10.1109/OJNANO.2020.3035349
- [8] Giwan Seo. "Rapid Detection of COVID-19 Causative Virus (SARS-CoV-2) in Human Nasopharyngeal Swab Specimens Using Field-Effect Transistor-Based Biosensor". *ACS Nano* 14(2020): 5135-5142. doi:10.1021/acsnano.0c02823
- [9] Sang Hun Kim. "Hierarchically porous PdO-functionalized SnO₂ nano-architectures for exclusively selective, sensitive, and fast detection of exhaled hydrogen". *J. Mater. Chem. A*, 11(2023): 5135-5142. doi:10.1039/D2TA07130D
- [10] Fang Qian, Simultaneous electrical recording of cardiac electrophysiology and contraction on chip, *Lab Chip*, 2017, 17, 1732-1739
- [11] Ren Liu, High Density Individually Addressable Nanowire Arrays Record Intracellular Activity from Primary Rodent and Human Stem Cell Derived Neurons , *Nano Lett.* 2017, 17, 2757-2764
- [14] Jun Chang Yang, Electronic Skin: Recent Progress and Future Prospects for Skin-Attachable Devices for Health Monitoring, Robotics, and Prosthetics , *Adv. Mater.* 2019, 1904765
- [15] Dan Liu. "Single-cell droplet microfluidics for biomedical applications" *Analyst* 147 11 (2022) 2283-2584 DOI:10.1039/d1an02321g
- [16] Zhaomiao Liu. "Generation of droplets in the T-junction with a constriction microchannel" *Microfluidics and Nanofluidics* 22 124 (2018) DOI : 10.1007/s10404-018-2144-3
- [17] Hossein Tavassoli. "Label-free Isolation and Single Cell Biophysical Phenotyping Analysis of Primary Cardiomyocytes Using Inertial Microfluidics" *small* 17 8(2021) 2006176 doi: 10.1002/smll.202006176
- [18] Huichao Chai. "A microfluidic device enabling deterministic single cell trapping and release" *Lab Chip* 21 2021, 2486-2494, DOI: 10.1039/d1lc00302j
- [19] Jiao Zhai. "A digital microfluidic system with 3D microstructures for single-cell culture" *Microsystems & Nanoengineering* 6 6 (2020), DOI: 10.1038/s41378-019-0109-7
- [20] Jong Seob Choi, Capture and culturing of single microalgae cells, and retrieval of colonies using a perforated hemispherical microwell structure, *RSC Advances*. Volume, 4. Issue number, 106. DOIs. <https://doi.org/10.1039/c4ra09730k>.

첨단산업 경쟁력 확보를 위한 법률적 지원체계 현황 및 보완

홍지윤 | 파트너, 삼일회계법인

SUMMARY

- ▶(배경) 글로벌 기술패권 경쟁 및 첨단산업 육성경쟁에 대응해 제정, 시행 중인 「국가첨단전략산업법」의 운영과 관련, 법률적 지원체계 현황을 살펴보고 소기의 목적을 달성하기 위해 필요한 사항들을 몇 가지 살펴보기로 함.
- ▶(주요 이슈 및 문제점, 애로사항 등) 첨단산업기술의 육성 지원, 전략기술의 유출 및 침해방지를 위해 기존 유사 법률에 비해 상대적으로 강화된 규정들을 두고 있으나, 「조세특례제한법」을 통한 세액공제 이외에 지원 혜택이 불확실하고 처벌규정 또한 실제적인 운용면에 있어 보완되어야 할 사항이 존재하는 것으로 보임.
- ▶(정책 방향 및 제언 내용 등) 「국가첨단전략산업법」의 적용 여부가 불분명한 사항들은 개정 또는 시행령에서의 구체화를 통해 보완하고, 사법부와의 협력을 통해 기술유출 등의 행위에 대한 실제적인 처벌 수위를 강화함과 동시에 E-discovery 제도 도입 등 보완적 수단에 대해 관심을 기울일 필요가 있음. 특히, 해외에서의 기술유출 방지를 위한 움직임을 연구해 우리나라의 반도체 등 첨단전략기술 보호를 위한 추가 도입을 고려할 필요가 있음.

KEY WORD

- 국가첨단전략산업경쟁력 강화 및 보호에 관한 특별조치법
- 국가전략기술 세액공제 한시 특례
- 국가첨단전략산업 특화단지 추진
- e-Discovery 도입
- 해외 주요국(미국, 중국, 일본, 영국)의 기술유출방지 제도

1 배경

◆ 첨단산업(尖端産業)의 사전적 정의는 다음과 같음.

- 반도체, 생명공학, 우주항공, 신소재, 원자력, 컴퓨터, 정보통신 등 첨단기술을 핵심으로 하는 고도의 지식 및 기술 집약적 산업으로, 관련 산업에 미치는 파급효과가 크고 에너지 절약형 산업으로서 산업구조의 고도화에 기여할 수 있는 산업

○ 왜 첨단산업을 육성해야 하는가?

- 생존의 문제와 직결되어 세계경제는 첨단산업을 지향하고 있고, 첨단기술을 가진 국가나 기업만이 세계경제의 주도권을 잡을 수 있음.
- 첨단산업을 둘러싼 치열한 글로벌 각축전 속에서 첨단기술은 국가경제의 버팀목이자 강력한 안보자산일 뿐 아니라 선도국가로의 도약의 발판이 되는 핵심 중추임.
- 산업부는 첨단산업 초강대국 도약을 위한 6대 핵심과제와 반도체, 디스플레이, 이차전지, 바이오, 미래차, 로봇 등 첨단산업별 육성 전략을 발표했고, 이를 지원하기 위한 법적 지원체계를 정비함.

2 첨단전략산업 법적 지원체계 현황 및 정부 추진정책

◆ 국가첨단전략산업경쟁력 강화 및 보호에 관한 특별조치법[2022. 8. 4. 시행]

○ 제정 취지

- 국가첨단전략산업의 혁신 생태계 조성 및 기술역량 강화를 통해 산업의 지속가능한 성장기반을 구축함으로써 국가·경제안보와 국민경제 발전에 이바지함을 목적으로 함.
- 산업기술이나 국가핵심기술, 전략기술 등에 관한 타 법률과 달리 전략기술 즉, 공급망 안정화 등 국가경제 안보에 미치는 영향 및 수출·고용 등 국민경제적 효과가 크고 연관산업에 미치는 파급효과가 현저한 기술을 대상으로 하고 있어 적용대상 기술 범위나 지정 목적 및 효과에 차이가 있음.

○ 적용대상 및 범위

구분	내용
전략기술 및 전략산업의 정의 (제2조)	<ul style="list-style-type: none"> 국가첨단전략기술(전략기술) : 공급망 안정화 등 국가 경제안보에 미치는 영향 및 수출 고용 등 국민경제적 효과가 크고 연관산업에 미치는 파급효과가 현저한 기술 국가첨단전략산업(전략산업) : 전략기술을 연구개발 사업화하거나 전략기술을 기반으로 제품 및 서비스를 생산해 사업화하는 산업
다른 법률과의 관계 (제4조)	<ul style="list-style-type: none"> 전략산업 등의 육성에 관해 다른 법률에 우선해 적용. 다만, 다른 법률을 적용하는 것이 전략산업 등을 영위하는 사업자에게 유리한 경우에는 그 법률을 적용함.
전략기술의 지정 변경 및 해제 (제11조)	<ul style="list-style-type: none"> 산업통상자원부장관은 기술조정위원회의 심의 및 위원회의 심의 의결을 거쳐 전략기술을 지정할 수 있음. 보유하고 있는 기술이 전략기술에 해당하지에 대한 판정을 받고자 하는 자는 산업통상자원부장관에게 신청할 수 있음.

○ 주요 내용

- 국가첨단전략기술의 수출 및 해외인수합병 규제(법 제12조 제4항, 제13조 제7항, 제15조 제5호 및 제6호, 제50조)
 - 국가첨단전략기술 보유자가 ① 해당 기술을 외국기업 등에 매각 또는 이전 등의 방법으로 수출하고자 하는 경우, ② 해외 인수합병, 합작투자 등을 진행하려는 경우에 산업통상자원관의 승인이 필요함. 만일, 승인받지 않은 수출이나 외국인투자에 대해서는 중지, 금지, 원상회복 등의 조치 및 형사처벌이 가능함.
- 국가첨단전략기술에 대한 보호조치(법 제14조 제1항, 시행령 제23조)
 - 국가첨단전략기술 보유자에 대해 ① 보호구역의 설정·출입허가와 출입 시 휴대품 검사, ② 국가첨단전략기술을 취급하는 인력의 이직관리 및 비밀유지 등에 관한 계약 체결 등의 보호조치가 필요함.
- 국가첨단전략산업 관련 기업 지원(법 제29조 제1항, 제31조, 제34조)
 - 전략산업 등과 관련된 연구개발, 시험·평가, 검증 및 생산 활동과 관련해 산업통상자원부장관에게 해당 활동에 필요한 규제개선 신청할 수 있고, 국가나 지방자치단체로부터 전문인력의 국제교류, 국제공동연구 수행 등 사업에 관한 지원을 받을 수 있으며, 전략산업 등의 혁신발전과 투자촉진 지원에 관련한 조세 감면 등의 세제 혜택을 받을 수 있는 등 다양한 지원이 가능함.
- 국가첨단전략기술유출 및 침해 금지(법 제15조, 제50조)
 - 법에 따라 금지되는 전략기술유출 및 침해행위의 유형에는 ① 절취·기망·협박 그 밖의 부정한 방법으로 전략기술을 취득, 사용, 공개하는 행위, ② 계약 등에 따라 비밀유지의무가 있는 자가 부정한 이익을 얻거나 그 대상기관에게 손해를 가할 목적으로 유출, 사용, 공개하거나 제3자가 사용하게 하는 행위, ③ 위반행위가 개입된 사실을 알고 그 전략기술을 사용, 공개하는 행위 등이 있고, 유사 법률인 산업기술보호법보다 강력한 처벌 규정을 두고 있음.

– 전략기술 취급 직원의 이직 관리 및 비밀유지 등에 관한 계약(법 제14조)

- 전략기술을 취급하는 직원의 이직 관리 및 비밀유지 등에 관한 계약 체결을 강제하고, 해당 계약에 “해외 동종 업종으로의 이직 제한 및 그 기간”의 사항이 포함될 수 있도록 함. 종전 근로자의 국외 경쟁업체 전직 시 해당 근로자의 출입국 사실을 확인하는 것이 어려웠지만, ‘해외 동종 업종으로의 이직 제한과 비밀유출 방지 내용을 위반한 것으로 의심할 상당한 이유가 있는 경우’ 등 일정한 경우에는 전략기술 보유자가 산업통상자원부 장관에게 해당 전문인력의 출입국 정보 제공을 신청할 수 있도록 규정하고 있음.

○ 타 법률과의 비교

구분	국가전략기술 육성에 관한 특별법 (약칭 : 국가전략기술육성법)	산업기술의 유출방지 및 보호에 관한 법률 (약칭 : 산업기술보호법)
목적	국가적으로 중요성이 큰 국가전략기술을 육성해 미래 신산업의 발전을 촉진하고 과학기술주권을 확립함으로써 국민경제 발전과 국가안전보장에 이바지함(제1조).	산업기술의 부정한 유출을 방지하고 산업기술을 보호함으로써 국내산업의 경쟁력을 강화하고 국가의 안전보장과 국민경제의 발전에 이바지함(제1조).
적용대상	국가전략기술(제2조)	국가핵심기술 등 산업기술(제2조)
지정 및 관리	과기부장관은 과학기술자문회의 심의를 거쳐 국가전략기술 선정(제8조 제1항)	산업부장관은 산업기술보호위원회 심의를 거쳐 국가핵심기술 지정·변경 및 해제(제9조 제1항, 제3항)
사전판정등	기술육성주체는 국가전략기술 해당 여부 확인 신청 가능(제9조)	대상기관이 국가핵심기술 해당 여부 사전 판정 신청(제9조 제6항)
위원회	해당사항 없음	산업부 산하 산업기술보호위원회가 국가핵심기술 지정 및 수출승인(제7조)
수출승인 등	해당사항 없음	정부지원을 받아 개발한 국가핵심기술 수출 시 산업부장관 승인 필요(단, 이 외의 국가핵심기술의 수출은 신고)(제11조 제1항, 제4항)
해외인수 등 합병절차	해당사항 없음	산업부장관의 사전승인(제11조의2)
보호조치	국가, 지자체 및 기술육성주체는 정보보호 및 보안 등에 필요한 보호조치의무(제27조)	국가핵심기술 보유·관리하는 대상기관의 장은 특정한 보호조치의무(제10조 제1항)
유출 및 침해행위 금지	해당사항 없음	외국에서 사용하거나 사용되게 할 목적으로 절취·기망·협박 그 밖의 부정한 방법으로 유출 및 침해하는 경우 3년 이상의 징역 및 15억 원 이하의 벌금 병과(제36조 제1항)

- 국가전략기술육성법은 국가전략기술의 효율적인 육성과 지원을 위해 5년 단위의 국가전략기술 육성 기본 계획을 수립하고 그 추진을 위한 근거 법률로서의 역할을 하는 것으로, 국가첨단산업기술 등 전략기술에 대한 구체적인 지원이나 보호조치 등을 규정하고 있지 않음.
- 산업기술보호법은 전략기술 중심이 아닌 산업기술 전반을 보호하기 위한 법률로서 국가첨단전략산업법에 비해 적용범위가 보다 포괄적이므로 국가핵심기술에 비해 조금 더 좁은 범위의 중요 기술 분야를 전략기술로 포섭, 전략기술의 지정 및 관리 등에 관해서는 국가첨단전략산업법이 우선 적용될 것으로 보임.
- 국가첨단전략산업법은 국가전략기술육성법, 산업기술보호법에 대해 특별법의 지위에 있으므로 전략산업 등의 육성에 관해 원칙적으로 다른 법률에 우선해 적용됨.
- 국가첨단전략산업법은 산업기술보호법에 비해 보다 강화된 보호조치 및 벌칙규정을 두고 있음.

◆ 조세특례제한법 개정안[2023.04.11 시행]

○ 개정 취지

- 반도체, 이차전지, 전기차 등 국가전략산업 분야 설비투자에 세제지원(임시투자세액공제 재도입, 신성장·원천기술, 국가전략기술에 대한 세액공제율 상향 등)을 확대해 반도체 등 국가전략기술 관련 투자 세제지원을 강화, 국가첨단전략산업의 경쟁력 강화 및 보호를 도모하기 위함.

○ 개정 주요 내용

구분	내용
국가전략기술 범위 (제10조 제1항 제2호)	<ul style="list-style-type: none"> 범위 확대 및 법률로 상향 규정 반도체, 이차전지, 백신, 디스플레이(종전) 이외 수소, 미래형 이동수단 및 그 밖에 시행령으로 정하는 분야와 관련된 기술로서 국가안보 차원의 전략적 중요성이 인정되고 국민경제 전반에 중대한 영향을 미치는 시행령으로 정하는 기술
통합투자세액공제 (제24조)	<ul style="list-style-type: none"> 공제율 상향 조정(아래 표 참조) 국가전략기술 통합투자세액공제율 상향 및 임시투자세액공제 2023년 발생분에 한시 적용함.
국가전략기술 범위 확대에 따른 연구·인력개발비 세액공제 등에 관한 적용례 (부칙 제2조)	<ul style="list-style-type: none"> 제10조 제1항 제2호의 개정규정 중 국가전략기술연구개발비에 관한 부분은 2023년 1월 1일 이후 발생한 연구개발비부터 적용함. 제10조 제1항 제2호의 개정규정과 관련된 사업화시설투자에 대해 제24조의 통합투자세액공제를 적용할 때에는 2023년 1월 1일 이후 국가전략기술사업화시설에 투자하는 경우부터 적용함.
통합투자세액공제의 공제율 상향 등에 관한 적용례 (부칙 제3조)	<ul style="list-style-type: none"> 제24조 제1항 제2호 가목 2)의 개정규정은 2023년 1월 1일 이후 국가전략기술사업화시설에 투자하는 경우부터 적용함. 2023년 1월 1일 전에 국가전략기술사업화시설에 투자한 경우의 세액공제율에 관해서는 제24조 제1항 제2호 가목 2)의 개정규정에도 불구하고 종전의 규정에 따름. 제24조 제1항 제3호의 개정규정은 2023년 12월 31일이 속하는 과세연도에 투자한 금액에 대해 적용함.

투자세액공제율(%)

1. 국가전략기술 세액공제율 상향

2. 임시투자세액공제 도입

구분	당기분			증가분
	대기업	중견기업	중소기업	
일반	1 → 3	5 → 7	10 → 12	+
신성장·원천기술	3 → 6	6 → 10	12 → 18	
국가전략기술	8 → 15	8 → 15	16 → 25	
				3 → 10
				4 → 10

출처 : 2023.03.22 기획재정부 보도참고자료 조세특례제한법 개정안 중 반도체 등 투자활성화를 위한 세제지원 내용

- 반도체 등 국가전략기술 시설투자에 대해 기본 세액공제율 대기업(8%), 중견기업(8%), 중소기업(16%)을 각 15%, 15%, 25%로 상향함.
- 1년간 한시적으로 임시 투자세액공제를 도입해 일반시설투자에 대해서는 대기업(3%), 중견기업(7%), 중소기업(12%)으로, 신성장·원천기술 사업화시설투자에 대해서는 대기업(6%), 중견기업(10%), 중소기업(18%)으로 세액공제율을 각 상향하고, 2023년도 투자증가분에 대해서는 기본 세액공제율 일반(3%), 신성장·원천기술(3%), 국가전략기술(4%)을 각 10%로 한시적으로 추가 상향함.

◆ 국가첨단전략기술 신규 지정 및 국가첨단전략산업특화단지 조성

○ 국가첨단전략기술 신규지정

- 2022년 11월 4일 제1차 국가첨단전략산업위원회 개최를 통해 세계 최고 수준의 기술을 보유했음에도 치열한 글로벌 경쟁 속에서 초격차 확보 및 기술·인력의 보호가 필수적인 반도체·이차전지·디스플레이 3대 산업, 15개 첨단전략기술 분야를 전략기술로 우선 선정함.

구분		15개 국가첨단전략기술 분야
반도체(8)	메모리	D램에 해당되는 설계·공정·소자기술 및 적층형성기술
		D램에 해당되는 적중조립기술 및 검사기술
		낸드 플래시에 해당되는 설계·공정·소자 기술
		낸드 플래시에 해당되는 저중조립기술 및 검사기술
	비메모리	이미지센서 설계·공정·소자 기술
		디스플레이 패널 구동을 위한 칩설계기술
		파운드리에 해당되는 공정소자기술 및 적층형성기술
패키징	시스템반도체용 패키지에 해당하는 공정조립검사기술	
디스플레이(4)	OLED	AMOLED패널 설계·제조·공정·구동 기술
	차세대 DP	친환경 QD소재 적용 패널 설계·제조·공정·구동 기술
		마이크로 LED 디스플레이 패널 설계·제조·공정·구동 기술
		Nano LED 디스플레이 패널 설계·제조·공정·구동 기술
이차전지(3)	고에너지밀도 리튬이차전지 설계·공정·제조·평가 기술	
	리튬이차전지용 고용량 양극소재 설계·제조·공정 기술	
	차세대 리튬 이차전지 설계·공정·제조·평가 기술	

출처 : 2022.11.04 제1차 국가첨단전략산업위원회 개최 보도자료

○ 국가첨단전략산업 특화단지 추진계획

- 전략산업 및 전략기술과 관련된 교육시설·연구시설 및 산업시설이 혁신 생태계를 이루어 투자 및 기술개발이 촉진되도록 하기 위해 지정된 지역으로 산업통상자원부는 2022년 12월 26일부터 국가첨단전략산업 특화단지 지정을 위한 공모 절차를 개시해 2023년 2월 27일까지 지정 수요 접수를 실시함.
- 지원내용은, ① 특화단지를 조성하는 사업시행자에 대한 인·허가 신속 처리, ② 특화단지 운영을 위한 부지, 산업기반시설, 공동연구개발 인프라, ③ 의료시설·교육시설·주택 등 각종 편의시설 설치 등, ④ 특화단지 입주기업의 기술개발, 생산성 향상 및 수출 촉진 등, ⑤ 특화단지 내 인력양성, 산업재해 예방 및 환경오염 방지에 관한 사항 등, 특화단지 입주기관(중소·중견기업 및 연구기관 한정)에 대한 국·공유 재산 사용료 및 대부료 감면 등, ⑥ 특화단지 입주기관(중소·중견기업 한정) 및 사업시행자에 대한 부담금 감면 특례, ⑦ 특화단지 입주기관의 민원 신속처리 특례, 특화단지 운영 지원을 위한 사업에 대한 예비타당성 조사 특례, ⑧ 기타 법에서 정하는 전략산업 등 육성을 위해 필요한 사항 등으로 구체적인 사항은 국가첨단전략법, 국가첨단전략산업 특화단지 지정 등에 관한 운영지침 및 관계부처 협의 결과 등에 따라 변동될 수 있음.

3 법 제도적 이슈 및 제언

◆ 국가첨단전략산업법 관련 이슈 및 해결방안

○ 지원 혜택의 불확실성

- 이 법에서 규정하고 있는 대부분의 혜택들이 국가의 재량에 따라 변동될 여지가 많아 기술보유자는 지원 받을 수 있는 혜택을 가능하기 어려움.
- 특히 산업기술보호법과 같은 유사 법률에 비해 조치 수준이 강력해 기술보유자가 혜택의 불확실성과 강화된 규제를 감수하면서 국가첨단전략기술 지정 신청을 할 이유가 없다는 지적도 있음.
- 관련 부처에서 지원 혜택에 대한 가이드라인을 보다 적극적이고 구체적으로 제시할 필요성이 있음.

○ 유사 법률과의 개념적 혼동 및 처벌규정으로서의 미비성

- 이 법에서 사용되는 국가첨단전략기술과 유사 법률에서 사용하는 용어의 차이를 이해하고 혼동하지 않도록 주의를 기울여야 함. 특히 대상기관 등 일부 용어에 대한 정의규정이 없거나 혼용하고 있음.
- 전략기술유출 및 침해행위(제15조)에서는 비밀유지의무가 없는 자의 유출·침해행위에 대해 처벌이 가능 한지에 대한 의구심이 들고, 누구든지 전략기술유출 및 침해행위를 할 수 없다고 선언했으나 각 호 중 행위주체가 제한된 것으로 해석될 여지가 있으며, 벌칙규정(제50조)에서는 몰수·추징, 징역과 벌금에 대한 병과, 미수범 처벌, 예비·음모, 양벌규정이 별도로 규정되어 있지 아니함.

- 유사 법률에서 사용하는 용어와의 혼동이 없도록 용어에 대한 정의 규정 등 관련 규정에서의 용어를 정비하고, 이 법이 국가첨단전략기술을 적극적으로 보호·육성하기 위한 특별조치법으로서의 실효성이 확보되도록 유출 및 침해행위에 대한 구성요건 해당성을 명확히 하며, 벌칙규정을 보완할 필요가 있음.

○ 행위자의 목적성

- 전략기술 침해행위에 해당하는 요건에서 목적성을 요구하고 있으나 특정한 목적을 전제로 하지 않더라도 전략기술을 유출하는 행위 등으로 요건을 완화해 국내 전략기술을 두텁게 보호할 필요성이 있음.

○ 처벌규정의 실효성

- 이 법에서 기술유출에 대한 처벌규정이 산업기술보호법보다 강화되었으나 영업비밀침해행위에 대한 양형위원회의 통계자료(2016~20)에 의하면, 매해 감경된 비율이 가중된 비율보다 높았고 강화되는 처벌 기준에 비해 양형은 제자리걸음이었던 것에 비추어볼 때 실제 사건에서 낮은 형량을 선고받는다면 무의미하다는 의견이 있으므로 기술유출 양형 기준을 높여 기술유출 범죄에 대한 실질적인 처벌과 함께 그 심각성 및 경각심을 일깨우는 것이 효과적으로 기술유출을 방지할 수 있는 방안일 수 있음.
- 해외의 경우 우리나라와 달리 기술유출 범죄에 대해 높은 수준의 형량을 선고하고 있음.
 - (사례) 미국에서 피고인 Dongfan Greg Chung은 기업의 영업비밀을 부정 취득해 15년 8개월의 징역형과 3년의 보호관찰을 선고받았는데, 피고인은 자신이 근무했던 기업의 영업비밀을 중국에 유출하려 한 혐의를 받았으며, 집에 영업비밀 자료를 보관하고 있었다는 사실 외에 실제 중국으로 유출했다는 사실을 밝히지 못했음에도 약 15년의 형을 선고받았음. 또한, 중국의 한 반도체 업체 및 대만인 3명이 마이크론의 메모리 스토리지 관련 연구개발 내용의 유출을 시도했다며 15년형 및 500만 달러의 벌금을 부과했으며 도난당한 것으로 추정된 제품들은 모두 미국 시장에서 판매를 금지함.

◆ 기타 제도적 보완

○ e-Discovery 도입

- 국내 형사소송법상 제도화된 증거개시제도(형사소송법 제266조)와 다른 차원으로, 미국 민사소송에서 실시되고 있는 e-Discovery 제도를 도입할 필요성이 있음.

* 정식 재판 전 양 당사자 간 상호 요청을 통해 유형물, 전자정보와 같은 사건 관련 정보를 공개하도록 하는 제도이며, 당사자들은 정보가 훼손·변조되지 않도록 보존하고 이를 공개해야 할 의무가 있으며, 만일 삭제나 파괴 등을 이유로 정보를 공개하지 못할 경우 소송에 매우 불리하게 작용할 수 있음. 실제 국내 기업인 하이닉스와 미국 반도체 기업 램버스 간의 특허 분쟁에서 램버스가 공개 의무를 다하지 못해 패소한 사건이 있었는데, 하이닉스는 램버스가 제출한 자료 중 누락된 정보를 발견해 램버스가 불리한 정보를 고의로 누락했다는 취지의 주장을 펼쳤고, 이 주장이 인용되면서 램버스는 분쟁에서 패소했음.

- 국내 형사사건에서는 범죄에 대한 입증책임이 검사에게 있지만, 기술유출 사건은 대부분의 증거가 유출 당사자에게 있기 때문에 범죄를 입증하는 것이 현실적으로 상당히 어려운 부분이 있음. 만일 전략기술유

출 사건에 한해 이 제도를 도입한다면, 소송당사자인 검사와 피고인 모두에게 전자증거를 포함한 사건 관련 자료를 보존 및 공개해야 할 의무가 부과되며, 이 경우 피고인도 입증책임과 유사한 의무를 부담하게 되기 때문에 범죄 입증의 어려움을 한층 완화할 수 있으며, 사건 관련 정보를 보존 및 공개함으로써 실제 적 진실 발견에도 기여할 수 있을 것임.

○ 해외 주요국의 기술유출방지 제도 참고

- (미국) 트럼프 대통령의 서명으로 2018년 8월 13일 확정된 국방수권법 2019에서 중국이 인도-태평양 지역에서 미국의 핵심적 동맹국들을 위협하는 등 미국의 전략적 경쟁자임을 규정하고 안보뿐 아니라 경제적 측면까지 고려해 구체적 대응책으로 「수출통제개혁법(ECRA : Export Control Reform Act)」* 및 2019 국방수권법 889조** 「특정 통신 및 영상감시 서비스 또는 장비 금지 및 외국인투자 위험심사 현대화법(FIRRMA : Foreign Investment Risk Review Modernization Act)」***을 포함하고 있음.

* 미국의 기술 분야 대중 수출규제로서 수출통제 제도를 크게 변화시키고 외국인에 대해 기술이전과 관련해 추가적인 제약을 부과하는 법으로서, ECRA의 수출규제는 ① 산업안보국(BIS : Bureau of Industry and Security) 이 다른 기관들과 함께 상거래 통제 목록(CCL : Commerce Control List)에 추가해야 할 '중국제조 2025'와 관련된 첨단기술 또는 '14개 분야의 신흥기술과 기초기반 기술(emerging and foundational technologies)'을 지속적으로 검토하는 정기적인 프로세스를 만드는 것과 ② 이들 기술과 관련된 수출관리를 철저하게 하는 것으로 이루어짐. 위반 시에는 민사상 벌금으로 30만 달러(약 3억 5천만 원)나 거래액의 2배 중 더 큰 금액을 납부하거나 형사상 최대 100만 달러(약 11억 7천만 원)의 벌금과 20년의 징역형에 처할 수 있음.

** 국가안보를 이유로 미국 정부기관과 중국의 특정 통신 및 영상감시 서비스 또는 장비 관련 기업들과의 거래 금지를 다루고 있음. 5G 네트워크 장비기업인 Huawei와 ZTE, AI 및 영상감시 관련 기업인 Hikvision과 Dahua Technology, 그리고 경찰이 사용하는 전문가용 모바일 라디오의 세계 최대 공급기업인 Hytera, 이상 5개 사를 법에 명시하고, 두 단계에 걸쳐 수입을 제한함. 국방수권법 2021은 2019년에 이어 국방부에 연구보안을 강화할 다양한 정책 수행(학술 연구 보안, 지원 대상 조사, 지원 내역 공개, 차관보 신설, 기술 보호, 고용 제한, 기술 표준, 자원 확보, 정책 권고, 국제 파트너십, 중국 기술 기반, 인재 유치 전략 연구)을 지시했음.

*** 중국의 대미 투자에 대한 국가안보 위협을 근거로 첨단기술 분야에 대한 중국의 대미 M&A를 보다 강력하게 규제하기 위해 외국인투자위원회(CFIUS : Committee on Foreign Investment in the United States)의 권한을 강화해 CFIUS는 심의를 통해 국가안보에 영향을 미치지 않는 외국인투자에 한해 승인하고, 국가안보에 영향을 미치는 경우에는 외국인투자(거래)의 당사자가 이를 스스로 포기하도록 하거나 대통령에게 특정 조치를 권고했음. 이에 따라 대통령은 CFIUS의 권고를 근거로 해당 투자 거래를 금지할 수 있으며, 이미 완료된 투자에 대해서는 투자 철회(자산매각) 명령을 내릴 수 있음. 이전에는 '미국 기업(영업)에 대한 외국인의 통제권 획득으로 귀결되는 M&A'를 의미하는 지배적인 투자만 심의 대상이었으나, FIRRMA 시행으로 핵심 기술·핵심 인프라·민감한 개인정보(TID)와 관련된 사업에 대한 외국인의 비지배적 투자(non-controlling investments)로까지 심의 대상이 확대되었고, 미국의 국방시설, 또는 민감한 정부시설에 인접한 부동산 투자거래도 심의 대상에 포함되며 FIRRMA는 CFIUS 심의의 핵심인 국가안보의 범위와 대상을 보다 포괄적으로 적용하기 위한 제도적 장치로, 첨단기술의 직접적인 유출이나 기술이전은 물론, 첨단기술을 활용한 서비스를 이용하는 소비자의 개인정보에 대한 접근(유출)도 규제대상이 됨.

- (중국) 미국처럼 국가이익을 수출통제 정책의 목적으로 명시하며 중국 수출통제법의 역외적용 및 타국의 수출통제조치에 대한 보복조치를 실시할 수 있는 수출통제법을 2020년 12월부터 시행 중에 있음. 수출과 관련해 통제대상 및 범위*, 통제품목에 대한 수출허가**, 위반시 제재***를 중심으로 하고 있음.

* 이중용도물품(dual-use), 군수품, 핵, 기타 국제의무 이행과 국가안전 유지와 관련된 물품, 기술, 서비스 등의 제품이며, 물품 관련 기술자료 등 데이터를 포함해 통제대상 품목으로 규정하고, 중국 국경 내에서 외부로 전이되는 물품을 통제하고 있음. 중국을 거쳐 외국에 수출되는 통제물품에도 이 법을 적용하며, 수출자는 통제대상

이외의 물품에 대해서도 국가안전과 이익에 위해가 되는 사항이 있음을 인지(knowledge)할 의무가 있고, 수출 통제부서의 통지(inform)로 이를 알게 될 경우 수출통제부서에 허가를 신청해야 함.

** 정책의 비준주체인 국무원(정부), 중앙군사위원회(당)와 정책의 집행주체인 국가수출통제관리부서(상무부 등)로 나뉘며, 관련 모든 실무를 국가수출통제관리부서(주로 상무부)가 담당함. 수출통제부서는 국무원(및 군사위)의 비준을 받아 수출통제 리스트를 작성해 특정 물품에 대한 수출통제를 시행할 수 있으며, 이 리스트 이외의 물품에 대해서도 임시통제 형태의 수출통제 실시 가능수출통제부서에 물품의 최종사용자나 최종용도를 증명하는 문서를 제출해야 하며, 해당 문서는 최종사용자 또는 최종용도의 소재국이나 지방 정부기관에서 발급해야 함. 수출통제부서는 국가안전/이익의 위협 가능성, 테러위험, 최종용도 관리 요구 위반에 해당하는 수입상이나 최종 사용자에게 대한 명단을 작성하고, 수출자는 명단에 기재된 수입상/최종사용자와 허가 없이 거래할 수 없음. 통제대상 물품의 수출허가 신청에 대한 심사 및 허가여부 결정의 고려 조건은 ① 국가의 안전과 이익, ② 국제의무와 대외약속, ③ 수출유형, ④ 물품의 민감성, ⑤ 수출목적국 혹은 지역 등임.

*** 수출통제부서는 수출자의 위법행위를 신용기록으로 남기며, 이 법에 따른 처벌 이외에 관련법률이나 행정법규에 따른 가중처벌이 가능함. 수출통제부서는 국가안전/이익의 위협 가능성, 테러위험, 최종용도 관리 요구 위반에 해당하는 수입상이나 최종 사용자에게 대한 명단을 작성하고, 수출자는 명단에 기재된 수입상/최종사용자와 허가 없이 거래할 수 없음. 중국 국경 외의 조직과 개인이 본 법의 관련규정을 위반해 중국의 국가안전과 이익에 해를 끼칠 경우, 법에 따라 처벌하고 법률책임을 추궁할 수 있음.

- (일본) 통합 혁신 전략* 추진회의(2021.04), 경제산업성 산업구조심의회 통상·무역분과회 안전보장무역관리소 위원회(2021.06) 등을 통해 최신 기술의 해외 유출을 막기 위한 논의와 대응 방침을 정리했고, 2022년에는 외환 및 외국 무역법의 경제산업성 장관지침을 개정해 기술 제공 시 경제산업성의 허가를 받을 것을 의무화하는 등 수출관리제도를 재검토했으며, 경제안전보장이라는 명분하에 2023년부터 단계적으로 경제안전보장추진법**을 시행하고 있음.

* 연구 활동의 국제화, 오픈화에 따라 이해상충, 과학기술 정보 등 유출 등의 우려가 표면화되고 있는 상황에 따라 기초연구와 응용개발의 차이 및 국제 공동연구의 중요성도 고려하면서 정부 차원의 대응방침을 검토해 2021년 경쟁적 연구비의 공모나 외국기업과의 제휴 관련 지침 등 필요한 가이드라인을 마련했고, 통합혁신전략추진회의에서 채택된 연구 건전성·공정성 확보 관련 대응방침을 바탕으로 각 부처에서 착실히 대응 추진함과 동시에 연구자·각 대학·연구기관 등에 주지·통보함. 특히 일본의 기술적 우월성을 확보·유지하기 위해 중요 기술의 명확화, 중요한 기술 분야에 대한 중점적 자원배분, 적절한 기술유출 대책 등 실시하고, 국제적 기술유출 문제의 표면화와 같은 상황을 바탕으로 글로벌 지식의 교류촉진을 도모하며, 연구력, 혁신력 강화추진과 종합적 안보 확보를 동시에 실현하면서 다양한 기술유출 실태에 따라 단계적이고 적절한 기술유출 대책을 강구할 수 있도록

** 이 법은 4대 시책을 담고 있으며 일괄적 시행이 아닌 단계적 시행이 예정되어 있으며, 구체적으로는 ① 특정 중요물자의 안정적 공급 확보(2023년 시행, 공포 후 9개월 내), ② 특정사회기반서비스(전기사업, 가스사업, 석유정제업 및 석유가스수입업, 수도사업 및 수도용수공급사업, 철도사업, 일반화물자동차운송사업, 화물정기항로사업, 국내정기항공운송사업, 공항시설 운영사업, 전기통신사업, 방송사업, 우편사업, 일부 금융업, 신용카드업)의 안정적 제공 확보(2024년 시행, 공포 후 1년 6~9개월 내), ③ 특정중요기술(2020년 10월 미국 트럼프 행정부가 공표하고 바이든 행정부가 2022년 2월 갱신한 중요·신흥기술을 바탕으로 함)의 개발지원(2023년 시행, 공포 후 9개월 내), ④ 특허출원비공개 기본지침(2024년 시행, 공포 후 2년이내)에 의거해 특허출원의 비공개에 관한 기본지침을 책정함.

- (영국) 주요 기술 산업이나 핵심 인프라 등의 분야에서 외국인투자가 증가하면서 국가의 안보를 위협한다는 우려가 고조됨에 따라 국가안보에 중요한 산업에 대한 외국인투자자와 해외기업의 인수합병을 제한하기 위해 「국가 보안 및 투자법(National Security and Investment Act, NSIA)」*을 제정해 2022년 1월 4일부터 시행하고 있으며, 관리주체로 투자안보기관(ISU)**을 신설했음.

* 투자자로 하여금 대상 기업이 특정 산업에 속하고 일정한 요건을 충족하는 경우 정부에 의무적으로 신고해야 하고, 의무 요건에 해당하지 않는 경우라도 정부에 자발적으로 신고할 수 있으며, 상황에 따라 정부가 이미 이루어진 거래를 추후 소환해 조사 가능하도록 함. 정부는 일정한 요건에 적용되는 인수합병이나 투자 거래를 면밀하게 조사한 후 이를 승인하거나, 소유 지분 비중이나 접근 통제권을 제한하는 등 특정한 승인 조건을 제시하거나, 완료된 거래를 처분하거나, 영국의 국가안보에 수용할 수 없는 리스크가 있으면 최후의 수단으로 거래를 막을 수 있는 권한을 보유함. 이 법을 위반 시 심각한 형사적, 민사적 제재로 이어질 수 있으며, 의무 신고 위반 시 최대 기업 매출액의 5%나 1,000만 파운드(약 160억 원) 중 높은 액수를 벌금으로 내는 것과 함께 거래가 취소될 수 있음.

** 투자나 인수의 대상이 영국 정부가 설정한 기준(17개 의무 신고 대상 산업에 속하고 기업이나 자산의 통제권을 상당한 수준으로 취득하는 경우)에 해당하는 경우 투자자로 하여금 거래를 완료하기 위해선 투자 안보 기관(ISU)에 거래 내용을 의무적으로 신고하고 승인을 받도록 하고 있음. 해당 조항은 기업의 매출 규모와 시장점유율 등과는 관계없이 적용되며, 새로운 투자자는 물론 기존의 투자자가 거래를 통해 새롭게 기업의 통제권을 얻을 경우도 신고 대상이 됨(17개 산업 내에서 투자자의 기업에 대한 투표권의 비중이 25% 이하에서 25% 이상으로 올라가는 경우, 50% 이하에서 50% 이상으로 올라가는 경우, 75% 이하에서 75% 이상으로 올라가는 경우, 혹은 거래의 결과 투자자가 주주 결의안을 통과하거나 막을 수 있는 정도의 역량을 제공할 경우 의무 신고 대상). 의무 신고 대상인 17개 산업에 속하지 않거나 사전 신고 요건을 충족하지는 않지만, 거래 주체가 인수나 투자 거래가 영국의 국가안보에 영향을 미치는 것으로 판단되는 경우에는 이를 자발적으로 투자안보기관(ISU)에 신고할 수 있음. 만약 거래 주체가 자발적 신고를 하지 않고 거래를 진행한 경우, 추후 투자안보기관(ISU)이 국가안보에 영향을 줄 수 있는 사안으로 판단해 소환할 수 있으며 검토 결과에 따라 거래가 취소될 수도 있음.

■ 참고 문헌 ■

- 국가첨단전략산업 특화단지 공모 개시, KDI 경제정보센터, 2022.12.25.
- 국가첨단전략산업 특화단지 공모, 산업통상자원부, 2022.12.26.
- 조세특례제한법 일부개정법률안(대안), 기획재정부위원장, 2023.03.
- [이슈분석 198호] 해외 기술유출방지 정책동향 및 시사점, 한국과학기술기획평가원, 2021.09.09.
- 산업·안보기술 관련 해외 입법 동향과 시사점, 국회입법조사처, 2020.10.14
- 첨단기술을 둘러싼 미·중 간 패권 경쟁 분석, 대외경제정책연구원, 2020.06.24.
- 중국 수출통제법의 주요내용과 시사점, 한국무역협회 통상지원센터, 2020.11.05.
- 2023년, 일본 내 어떤 규제변화가 있을까, Kotra 해외시장뉴스, 2023.02.20.
- [이슈분석 228호]일본의 경제안전보장추진법 및 시사점, 대외경제정책연구원, 2022.12.09.
- 「국가첨단전략산업법」 개정안 임시국무회의 의결, 산업통상자원부 보도자료, 2022.12.30.
- 국가첨단전략산업법의 실효성에 관한 고찰 (논문), 김소희 등, 2022.12.
- 국가첨단전략산업경쟁력 강화 및 보호에 관한 특별조치법 일부개정법률안,김정호의원 대표발의, 2023.02.28.
- [오정근 칼럼] 미국의 1988년 슈퍼 301조와 2023년 반도체과학법, 펜앤드마이크, 2023.03.06.
- 일본, 2022년 제조백서 발간, 경제산업성(METI)문부과학성(MEXT)후생노동성(MHLW), 2022.05.31.

산업공급망와치 (WATCH)
I S S U E P A P E R  **2023**
Vol. 1 **Part 1**

발행일 2023년 10월

발행처 한국산업기술진흥원 산업공급망지원단 산업공급망진흥실

발행인 민병주 한국산업기술진흥원 원장

기획·편집 이희석 실장, 이요한 수석연구원

주소 06152 서울시 강남구 테헤란로 305(www.kiat.or.kr)

전화 02-6009-3000

문의처 krecom@kiat.or.kr

이 책의 저작권은 한국산업기술진흥원에 있습니다. 사전 동의 없이 내용의 일부 또는 전부를 무단 전재하거나 복제하는 것을 금합니다.