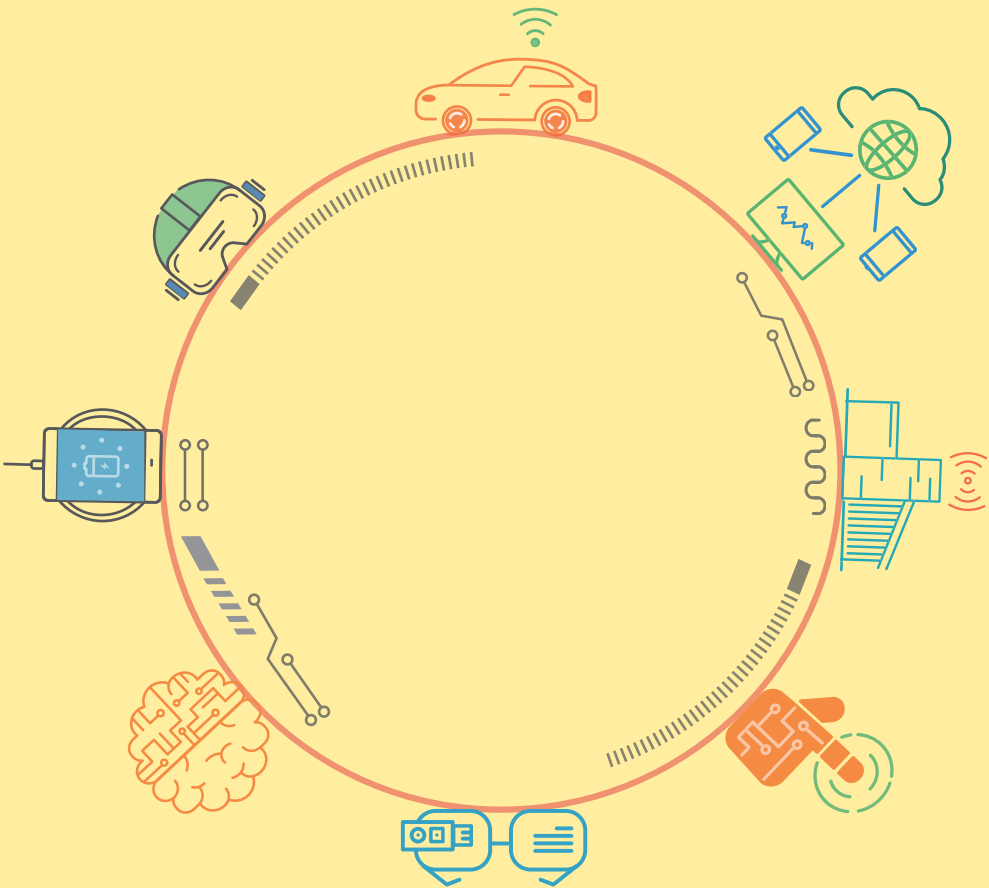


# 미국의 대중 반도체 수출통제에 따른 중국의 공급망 영향과 시사점

조은교 · 최정환





ISSUE PAPER 2024-04

# 미국의 대중 반도체 수출통제에 따른 중국의 공급망 영향과 시사점

조은교 · 최정환



## 차례

요약 .....	9
<b>제1장 서론 .....</b>	<b>13</b>
1. 연구의 배경 및 필요성 .....	13
(1) 연구의 배경 및 필요성 .....	13
2. 연구의 목적 .....	14
3. 선행연구 및 본 연구의 차별성 .....	15
(1) 선행연구 분석 .....	15
(2) 본 연구의 차별성 .....	17
<b>제2장 미국의 대중 반도체 수출통제와 중국의 대응 .....</b>	<b>19</b>
1. 미국의 대중국 반도체 수출통제와 특징 .....	19
(1) 미국의 대중국 반도체 수출통제 동향 .....	19
(2) 미국의 중국 반도체 수출통제 변화와 특징 .....	22
2. 중국 반도체산업의 육성정책 변화 .....	23
(1) 중국 반도체산업 육성 정책 변화 .....	23
(2) 반도체 빅펀드 투자 변화 .....	26
<b>제3장 미국의 대중국 수출통제 이후 중국 반도체산업의 공급망 구조     변화 .....</b>	<b>28</b>
1. 중국 반도체산업의 수요·공급 구조 변화 .....	28
(1) 중국 반도체산업의 수요시장 변화 .....	28
(2) 중국 반도체산업의 공급시장 변화 .....	32

2. 중국 반도체 국산화 동향 분석 .....	37
(1) 중국 반도체 장비 분야 국산화 동향 .....	37
(2) 중국 반도체 설계 분야 국산화 동향 .....	40
(3) 중국의 반도체 신기술 육성 전략 .....	43
<b>제4장 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제 실증분석 .....</b>	<b>48</b>
1. 분석 데이터 .....	48
2. 분석 방법론 .....	56
3. 분석 결과 .....	61
<b>제5장 정책적 시사점 .....</b>	<b>68</b>
1. 미국의 대중 반도체 수출통제와 중국의 대응 전망 .....	68
(1) 미국의 대중 반도체 수출통제의 영향 .....	68
(2) 중국의 레거시 반도체 생태계 구축과 기술 굴기의 향방 .....	70
2. 시사점 .....	73
(1) 중국의 반도체 기술자립에 따른 대응 전략 .....	73
(2) 미·중 반도체 공급망 블록화에 따른 활용 전략 .....	74
(3) 차세대 전력 반도체 생태계 구축 전략 .....	75
<b>참고문헌 .....</b>	<b>77</b>
<b>부록 .....</b>	<b>83</b>

## 표 차례

〈표 1-1〉 주요 선행연구와 본 연구의 차별성 .....	16
〈표 2-1〉 미국의 대중국 수출통제 강화 주요조치 .....	20
〈표 3-1〉 중국의 주요 차량용 반도체 기업 현황 .....	32
〈표 3-2〉 중국 반도체 기업(파운드리 포함) 톱 10위 기업(2020년) .....	34
〈표 3-3〉 중국 반도체 장비기업의 반도체 국산화율 현황 .....	38
〈표 3-4〉 중국 반도체 장비의 기술경쟁력 현황 .....	39
〈표 3-5〉 중국 RISC-V 주요 성과 .....	42
〈표 4-1〉 반도체 장비 HS 코드 .....	49
〈표 4-2〉 중국 주요 성/도시별 반도체 장비 수입액 .....	50
〈표 4-3〉 지역별 중국의 대미국 반도체 장비 수입액 .....	54
〈표 4-4〉 반도체 제조공정별 분기별 평균 중국의 대미국 반도체 장비 수입액 ...	56
〈표 4-5〉 SCM 분석 결과: 분기별 정책 효과 .....	63
〈표 4-6〉 SCM 분석 결과: 분기별 정책 효과(공정별, 중국계 제조설비 소재 지역) ...	65
〈표 4-7〉 반도체 장비 수입액 변동의 분해 .....	67
〈표 5-1〉 중국 반도체 장비 국산화율 및 양산 현황 .....	69

## 그림 차례

〈그림 2-1〉 2023년 10월 이전 미국의 대중국 수출통제 영역 .....	21
〈그림 2-2〉 2023년 10월 이후 미국의 대중국 수출통제 영역 .....	22
〈그림 2-3〉 중국 반도체 정책의 변화(2000~2020) .....	24
〈그림 2-4〉 중국 반도체 펀드의 투자 변화 .....	27
〈그림 3-1〉 분야별 중국 반도체 수요 전망 .....	29
〈그림 3-2〉 중국 스마트폰 시장 점유율 변화(2022.2분기~2023.2분기) .....	30
〈그림 3-3〉 2018~2023년 중국 차량용반도체 시장규모 및 전망치 .....	31
〈그림 3-4〉 2022년도 반도체산업 분야별 시장점유율 .....	33
〈그림 3-5〉 중국 반도체 설계기업 수 변화 .....	33
〈그림 3-6〉 중국 파운드리 기업의 판매율 동향 .....	36
〈그림 3-7〉 중국 후공정 기업의 매출액 규모 변화 .....	36
〈그림 3-8〉 SMIC의 국가별 장비 채택 비중 .....	39
〈그림 3-9〉 EDA 시장 점유율 .....	41
〈그림 3-10〉 RISC-V 인터내셔널 국가별 프리미엄 회원 .....	43
〈그림 3-11〉 중국의 반도체 기술 밸류체인 현황 .....	44
〈그림 3-12〉 중국 내 주요 차세대 전력 반도체 생산시설 건설 현황 .....	46
〈그림 3-13〉 국가별 차세대 반도체 기술 특허 출원량 비중(2021년 12월) .....	47
〈그림 3-14〉 중국 내 GaN, SiC 반도체 관련 특허 출원기관 톱 10 .....	47
〈그림 4-1〉 중국의 주요 반도체 제조 시설 분포 .....	51
〈그림 4-2〉 주요 수입국별 중국의 반도체 장비 수입 .....	52
〈그림 4-3〉 주요 수입국별 반도체 장비 수입(중국계 반도체 제조설비 지역) .....	52
〈그림 4-4〉 주요 수입국별 반도체 장비 수입(외국계 반도체 제조설비 지역) .....	53
〈그림 4-5〉 반도체 제조공정별 대미국 반도체 장비 수입(중국계 반도체 제조설비 지역) .....	54
〈그림 4-6〉 반도체 제조공정별 대미국 반도체 장비 수입(외국계 반도체 제조설비 지역) .....	55



〈그림 4-7〉 SCM 분석 결과: 중국의 대미국 반도체 장비 수입 .....	62
〈그림 4-8〉 SCM 분석 결과: 중국의 대미국 반도체 장비 수입(지역별) .....	63
〈그림 4-9〉 SCM 분석 결과: 중국의 대미국 반도체 장비 수입 (공정별, 중국계 제조설비 소재 지역) .....	64
〈그림 5-1〉 중국 파운드리/IDM 증설 계획 .....	70



## 요약



### □ 연구목적

- 본 연구는 미국의 대중국 수출통제에 따른 중국 반도체산업의 공급망 변화를 분석하고 향후 우리 반도체산업에 대한 대응전략을 제시하고자 함.

### □ 미국의 대중국 반도체 수출통제와 중국의 대응

- 미국 상무부는 2022년 10월 반도체 및 반도체 생산장비에 대한 대(對) 중국 수출통제 강화조치를 발표
  - 로직칩(FinFET 구조 또는 16/14nm 이하), D램(18nm 이하), 낸드(128단 이상) 반도체 생산을 위한 장비를 포함하여 관련 품목의 수출을 금지
  - 또한, 특정사양(연산능력 300TFLOPS, 데이터 입출력속도 600GB/S 이상)의 첨단 컴퓨팅 칩의 수출도 불허
- 2023년 10월 미국 정부는 지난해 발표한 수출통제 조치를 개정하여

### 가이드라인을 발표

- 지난해 발표된 초안 대비 통제기준을 확대하고, 적용대상을 중국 및 우려했던 내 본사를 둔 기업까지 포함하면서 범위를 확대
- 중국 정부는 미국의 대중국 수출통제 이후 국산화율 제고를 위해 반도체 빅펀드의 투자 규모를 확대하고 관련 생태계를 육성
  - 반도체빅펀트의 1기(2014년)와 2기(2019년)의 모집 규모는 각각 1,387억 위안, 2,000억 위안이었으며, 3기(2024년 예상)의 규모는 1기와 2기의 합계인 3,000억 위안 예상

### □ 미·중 갈등 이후 중국 반도체산업의 공급망 구조 변화

- 반도체를 둘러싼 미·중 갈등이 심화된 2020년 이후부터 중국 정부는 반도체산업의 수요시장 확대 통해 자체적인 생태계 구축을 확대하기 위한 전략을 추진
  - 2020년부터 신형인프라 투자를 통해 5G, 데이터센터, 스마트폰 및 가전 등 디지털 분야의 투자를 확대하며 수요시장 규모가 확대
- 미·중 갈등 이후 중국 반도체 설계·파운드리·후공정 등 주요 분야에서 생산 및 시장규모가 증가
- 미국의 대중국 반도체 수출통제 조치가 오히려 중국 반도체산업의 기술자립 의지와 국산화율 제고를 촉진한 측면이 있음.
  - 미국의 수출통제 조치로 반도체 장비의 국산화가 불가피해진 중국은 반도체 제조장비 및 팹리스(Fabless), 후공정에 이르기까지 가치사슬 전반에 대한 국산화 노력을 가속화

- 중국은 파운드리/IDM을 증설하면서 장비 수요를 촉진하고, 반도체 장비를 국산으로 대체하는 정책을 추진하면서 국산화율을 제고하고 있음.
    - 식각, PR스트립, 세정, CMP 장비 등은 이미 30~85%까지 국산화를 실현
  - 중국은 미국의 수출통제에 대응하여 28nm 이상과 같은 레거시 공정 기술에 공격적으로 투자를 집중하면서 생태계가 확대
    - TrendForce(2023)에 따르면, 중국은 현재 44개의 반도체 웨이퍼 파운드리를 운영 중이고 추가로 22개를 건설 중이며, 2024년 말까지 중국은 32개 파운드리에서 레거시 반도체 생산을 확대할 것이라고 전망<sup>1)</sup>
    - 중국의 전 세계 레거시 공정 반도체의 점유율은 2023년 31%에서 2027년 39%에 이를 것으로 예상되며, 장비 조달이 원활하게 진행된다면 추가 성장 전망
  - 또한, 중국은 RISC-V, GaN, SiC 기반 차세대 전력 반도체 등 새로운 반도체 기술 분야에 투자를 확대하며 기술굴기를 강화
- 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제 실증분석
- 4장 SCM 분석 결과에 따르면 미국의 대중국 수출통제는 중국의 대세계 반도체 수입을 감소시킴.

---

1) The Korea Times(2023. 12. 24), "Beijing hits back at US plan to scrutinize China's role in legacy chip supply chain", [https://www.koreatimes.co.kr/www/world/2023/12/501\\_365673.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/world/2023/12/501_365673.html)(검색일: 2023. 12. 26).

- 미국의 반도체 장비 수출통제 정책으로 2022년 4분기부터 2023년 2분기까지 3분기 동안 추정된 정책효과는 34.8% 수준
- 지역별 분포에 따라 분석을 수행할 경우 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제의 효과가 더욱 뚜렷
- 특히, 반도체 장비는 부품(HS 848690)은 미국의 반도체 장비 수출통제 이후 80.9%의 수입 감소가 추정됨.

#### □ 정책적 시사점

- 미국의 제재로 선단 공정기술 도입이 어려워지면서 중국은 레거시 반도체를 중심으로 집중적인 투자와 생태계 육성이 이뤄질 전망
- 미국이 향후 중국 레거시 반도체 조달에 대한 제재를 개시하더라도 중국 레거시 반도체산업의 성장을 좌절시키기에는 한계가 존재
- 따라서, 우리는 레거시 공정에서의 중국의 기술자립과 메모리 등 우리와 경합하는 분야에서의 중국의 기술추격에 대응할 필요
- 우리도 중국과 같이 반도체산업 전반에 대한 생태계 확장 전략을 추진할 필요
- 따라서, 미국의 대중국 수출통제 및 기술제재를 면밀히 모니터링하고, 공급망 리스크 등의 대응전략뿐만 아니라, 공급망 재편을 활용하여 우리기업의 이익과 국익을 극대화하기 위한 전략 필요
- 중국의 SiC, GaN 기반의 차세대 전력 반도체에 대한 육성 전략을 차용하여 우리도 차세대 전력 반도체 분야에 대한 투자를 확대하고, 관련 생태계를 구축할 필요

# 제1장 서론



## 1. 연구의 배경 및 필요성

### (1) 연구의 배경 및 필요성

- 최근 미국은 대중국 반도체 수출통제 기술의 범위를 확대하면서 대중 기술제재를 가속화
  - 2022년 10월 미국은 중국 내 특정 반도체 제조시설(로직반도체 16/14 nm 이하, NAND 128단 이상, DRAM 18nm 이하)에 대한 수출통제 조치를 시행
  - 중국에 대한 자국 첨단 반도체와 장비 수출통제 규제를 시작한 데 이어 범용 반도체 장비로 규제 확대를 검토
  - 해당 조치를 통해 중국 내 특정 반도체 제조시설에서 미국산 장비를 활용하기 어려워졌으며, 미국은 중국 내 다국적 기업(삼성전자, SK하이닉스, TSMC 등)에 대해서는 수출통제를 1년간 유예

- 미국의 대중 기술제재 확대에 따라 중국은 반도체 기술 대외의존도를 낮추고 자체적인 공급망 구축을 위해 기술자립을 강조
  - 경쟁열위에 있는 설계SW, 고순도 소재, 장비 등에 기술개발이 확대되면서 향후 중국 반도체산업의 공급망 변화가 예상
  - 중국은 기존에 추진하던 반도체 육성정책을 더욱더 강화하고 있으며 무엇보다 자국 내 반도체 국산화율 제고를 위해 공급망 전공정에서 기술 및 생산역량 제고 전략을 추진 중
- 중국은 우리나라의 제1위 반도체 수출국이자, 주요 메모리 기업의 생산기지로 미국의 대중국 반도체 수출통제는 우리 산업에도 영향을 미침.
  - 범용반도체 장비까지 확대되는 미국의 대중국 수출통제는 지속될 것으로 전망되며, 중국 내 현지법인을 보유한 우리 기업에 큰 부담으로 작용
  - 또한, 중국 반도체 장비 산업의 국산화율 제고와 기술경쟁력 향상은 향후 우리 기업에도 도전이 될 가능성이 높음.
- 따라서, 미국의 대중국 수출통제로 인한 중국 반도체산업의 공급망 구조의 변화를 살펴보고, 우리 산업에 대한 대응방안 마련이 긴급

## 2. 연구의 목적

- 본 연구는 미국의 대중국 수출통제에 따른 중국 반도체산업의 공급망 변화를 분석하고 향후 우리 반도체산업에 대한 대응전략을 제시하고자 함.



○ 본 연구는 아래 세 가지 주제에 대한 연구를 목적으로 함.

- ① 미국의 대중국 수출통제 이후 중국 반도체산업의 수요·공급 및 교육구조 변화와 반도체 장비의 국산화 동향 등을 분석하여 시사점을 제시
- ② 미국의 반도체 수출통제가 중국의 반도체 공정별장비 수입에 미친 영향을 미시계량경제학 방법론을 적용해 실증적으로 분석
- ③ 향후 중국 반도체산업의 공급망 변화 및 발전 방향을 전망하고 우리 반도체산업의 대응방안 발굴

### 3. 선행연구 및 본 연구의 차별성

#### (1) 선행연구 분석

- 기존의 연구들은 미국의 대중국 제재로 인한 중국의 전략과 우리 산업에 대한 영향을 설문조사, 시나리오 분석 등을 통해 정성적으로 분석한 연구가 대부분
- 조은교 외(2021a)에서는 미·중 간 반도체 갈등으로 인한 수출입 변화를 네트워크 분석을 통해 살펴보았으나, 중국 반도체산업의 공급망 분석은 부재
- 조은교(2023)에서는 중국 반도체산업의 가치사슬별 국산화 현황을 살펴보았으나, 미국의 대중 제재 이후의 변화를 정성적으로 분석함에 그침.

- 김혁중 외(2023)에서는 미국의 반도체 수출통제로 반도체 제조시설이 위치한 지역을 중심으로 점유율과 수입액 감소가 얼마만큼 이뤄졌는지 분석함.
- 김혁중 · 연원호(2023)에서는 미국 산업안보국(BIS)의 반도체 수출통제의 확대가 중국 AI 반도체 분야에 미치는 영향을 정성적으로 분석함.

〈표 1-1〉 주요 선행연구와 본 연구의 차별성

연구목적	연구방법	주요 연구내용
미·중 기술패권 경쟁과 우리의 대응전략: 반도체·인공지능을 중심으로(조은교 외, 2021, 산업연구원)		
- 반도체와 인공지능을 중심으로 미중 갈등 이후 블록화 전개양상을 분석하고, 우리 산업의 대응 방안을 제시	문헌 조사 통계 분석 설문조사	- 첨단기술을 둘러싼 미중 기술패권 경쟁 전개양상 - 첨단기술의 상호의존성과 블록화 분석(네트워크 분석) - 우리 산업에 미치는 영향과 대응전략
중국 반도체 산업의 공급망 변화와 우리의 대응(조은교 외, 2021, 산업통상자원부 연구용역)		
- 중국의 반도체 공급망 내재화 전략 및 향후 전망을 분석하고 우리 반도체산업의 대응전략과 중국시장 활용방안 등을 제시	문헌조사 통계분석	- 중국 반도체산업의 발전 생태계 및 기술경쟁력 분석 - 미국의 대중 제재에 따른 중국 산업의 대응 전략
미국 반도체 수출통제 확대조치의 영향과 시사점(김혁중 · 연원호, 2023, KIEP)		
- 미국의 산업안보국의 대중국 반도체 수출통제 조치를 분석하고 중국 반도체산업 자립에 미치는 영향을 분석	문헌조사 설문조사	- 미국 반도체 수출확대조치 주요 내용 - 통제 확대에 인한 중국 반도체산업 영향
중국 반도체산업의 가치사슬별 국산화 현황과 시사점(조은교, 2023, 중국전문가포럼)		
- 설계(팹리스), 제조(파운드리), 장비, 소재 등 가치사슬별 기술경쟁력과 중국의 국산화 수준을 분석하고, 중국 반도체산업의 국산화 전략의 함의와 향후 추진 방향을 전망	문헌 조사 통계 분석	- 중국의 반도체 기술자립 전략 - 설계(팹리스), 파운드리, 장비, 소재 분야의 국산화를 현황 분석
미국의 대중 반도체 제조시설 수출통제에 따른 중국의 장비수입 변화 분석(김혁중 외, 2023, KIEP)		
- 미국의 대중 반도체 제조시설 통제에 대한 분석과 수입구조 변화 분석을 통해 우리 반도체산업에 대한 시사점을 제시	문헌조사 통계분석	- 대중국 반도체 수출통제의 주요 내용과 의미 - 중국의 주요 지역별 반도체 장비수입 동향

## (2) 본 연구의 차별성

- 최근 미국의 대중국 반도체 수출통제가 심화되면서 이에 따른 중국 내 반도체산업의 수요·공급 시장, 대세계 교역구조 등이 변화되고 있으나 미국의 제재로 인한 영향을 정량적으로 연구한 보고서는 부재
  - 특히, 미국의 대중 수출통제에 따른 중국 반도체산업의 영향에 대한 보고서는 대부분 기초통계를 활용하거나 정책문헌 분석 등 정성적 연구에 그침.
- 이에 따라, 본 연구는 아래와 같은 차별성을 지님.
  - [중국의 대세계 반도체 교역] 2019년 이후 중국의 대세계 반도체 장비 수출입구조를 살펴보고, 국가별 변화와 전공정·후공정별 장비 수입구조 변화를 분석
  - [중국 반도체 장비 국산화율 변화] 중국 내 반도체 팹(Fab)의 생산능력(capacity)과 성(省)정부 보조금, 반도체 장비기업의 재무제표, 국산장비 채택률 등을 통해 중국의 반도체 장비의 국산화율을 종합적으로 분석하고 향후 전망을 제시
  - [실증 계량 분석] 최근 미시계량경제학에서 많이 사용되는 방법론인 통제집단합성법(Synthetic Control Methods)을 적용, 미국의 2022년 10월 대중국 반도체 장비 수출통제 조치가 없는 경우에 대한 반사실적(Counterfactual) 추세를 예측하고, 이를 통해 반도체 장비 수출통제 조치의 정책효과(Treatment Effects)를 추정
  - 또한, 한국의 반도체 현지법인이 위치한 지역과 중국계 반도체 기업이 위치한 지역, 외국계 반도체 기업이 위치한 지역\*들로 구분하여

반도체 장비 수입 추세를 살펴보면서 우리 반도체산업에 대한 영향과 시사점을 제시

\* 삼성전자는 중국 시안에서 128단 낸드플래시를, SK하이닉스는 중국 우시와 다롄에서 각각 10나노 중후반대 D램과 96·144단 낸드플래시를 생산

- 본 연구는 미국의 대중국 수출통제가 중국 반도체 시장과 국산화율에 어떠한 영향을 미쳤는지 살펴보고, 수출통제 정책효과를 정량적으로 분석 예정
- 미·중 분쟁 이후 중국 반도체산업의 공급망 구조변화와 미국의 수출통제에 대한 정책효과를 정량적으로 검증하고 향후 전망과 시사점을 제시
- 정량적 분석에 기반한 중국 반도체산업의 영향을 분석하고, 우리 산업에 대한 시사점을 제시한다는 점에서 차별성과 정책적 의미가 있음.

## 제2장

# 미국의 대중 반도체 수출통제와 중국의 대응



### 1. 미국의 대중국 반도체 수출통제와 특징

#### (1) 미국의 대중국 반도체 수출통제 동향

- 미국 상무부 산하 산업안보국(BIS)은 2022년 10월 7일에 첨단 컴퓨팅 과 반도체 제조 품목에 대한 대중 수출통제 강화 조치를 발표
  - 중국의 첨단반도체를 군사 현대화 촉진 목적으로 사용하고 있어, 국가 안보 및 외교적 정책 이익 보호를 위해 수출통제 강화 조치를 실시한다고 발표
  - ‘거래 제한 목록(Entity List)’에 등재된 특정 기업 관련 거래를 대상으로 제한적인 수출통제를 부과
  - 2022년 12월에는 YMTC 등을 수출통제 대상에 추가 지정
  - 특정 반도체 제조 장비 및 관련 제품을 수출통제목록(CCL)에 추가하였으며, 특정 집적회로가 중국 반도체 제조시설로 공급되는 제품에 대해 새로운 라이선스 요건 추가 신설

〈표 2-1〉 미국의 대중국 수출통제 강화 주요조치

	주요 내용
1	특정 첨단·고성능 컴퓨팅 칩과 해당 칩이 포함된 컴퓨터 제품을 수출통제목록(CCL)에 추가
2	중국 내 슈퍼컴퓨터 또는 반도체 개발·생산을 목적으로 설계된 제품에 대해 새로운 라이선스 요건을 추가
3	특정 외국산 첨단 컴퓨팅 제품, 슈퍼컴퓨터 최종 사용 목적의 외국산 제품을 대상으로 하는 수출관 리규정(EAR) 적용 범위를 확장 특정사양(연산능력 300TFLOPS, 데이터 입출력속도 600GB/S 이상)의 첨단 컴퓨팅 칩 - 제3국에서 생산된 고사양 GPU 등도 허가 없이 중국 수출 불가 - 특정사양(연산능력 100PFLOPS 이상)의 슈퍼컴퓨터에 최종 사용되는 모든 제품 - 제3국에서 생산된 제품도 슈퍼컴퓨터 개발생산 목적이면 허가 필요
4	라이선스 요건이 적용되는 외국산 제품의 범위를 '거래 제한 목록'에 등재된 기존 28개 중국 기업으로 확대
5	특정 반도체 제조 장비 및 관련 제품을 수출통제목록(CCL)에 추가 로직칩: FinFET 구조 또는 16/14nm 이하, D램: 18nm 이하, 낸드: 128nm 이상
6	특정 IC 생산용 중국 반도체 제조시설로 공급되는 제품에 새로운 라이선스 요건 추가 중국 법인 보유 시설에 대한 라이선스는 '거부 추정(기본적으로 거부 입장을 유지)' 기준을 적용하게 되며, 다국적 기업 시설에 대한 라이선스는 사례별로 적용 여부를 결정
7	미국인이 라이선스 없이 중국 내 특정 반도체 제조시설에서 IC 개발·생산을 지원하는 행위를 제한
8	반도체 제조 장비 및 관련 제품이 개발·생산을 목적으로 하는 수출 품목에 새로운 라이선스 요건을 추가
9	중국 외부에서 사용될 목적으로 설계된 제품의 특정적·제한적 제조 활동을 허용함으로써 반도체 공급망에 대한 단기적 영향을 최소화하기 위해 임시일반면허(TGL)를 발부

자료: BIS(2022)<sup>2)</sup>, KIAT(2022), p. 1<sup>3)</sup> 내용 활용하여 저자 정리.

○ 2023년 10월 17일 미국 정부는 지난해 발표한 수출통제 조치를 개정하여 가이드라인을 발표

- 지난해 발표된 초안 대비 통제기준을 확대하고, 적용대상을 중국 및

2) U.S. Department of Commerce, Commerce Implements New Export Controls on Advanced Computing and Semiconductor Manufacturing Items to the People's Republic of China(PRC)(2022. 10. 7), <https://www.bis.doc.gov/index.php/documents/about-bis/new-room/press-releases/3158-2022-10-07-bis-press-release-advanced-computing-and-semiconductor-manufacturing-controls-final/file> (검색일: 2023. 12. 2).

3) KIAT(2022), 「미국의 대중 반도체 칩 수출 중단 조치(美 DoC, 10. 7)」, 정책동향, 산업기술 동향위치.

우려국 내 본사를 둔 기업까지 포함하면서 범위를 확대

- 또한, 우회 수출 방지를 위해 중국 외 40여 개 지역을 안보 우려국 대상으로 허가제를 확대

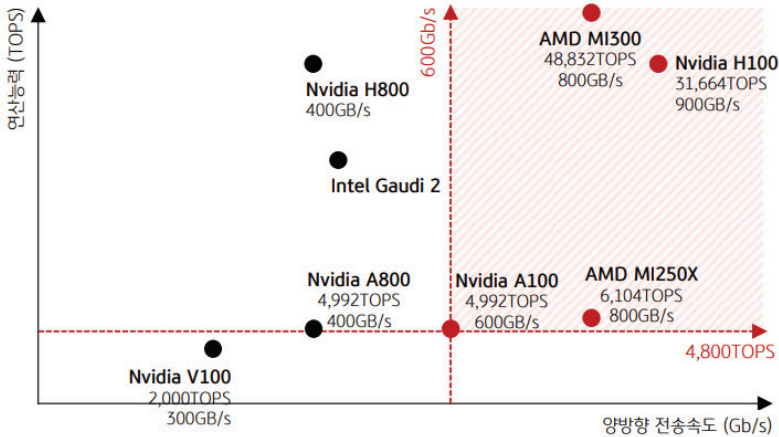
- 반도체 장비는 식각장비, 노광장비, 증착장비, 세정장비 등을 추가

○ 2023년 10월 17일 미국 정부는 AI 반도체에 대한 추가 제재를 발표

- 동 제재는 AI 반도체 수출통제 대상 확대, 중국의 수출통제 우회로 차단, 중국 AI 반도체 기업의 블랙리스트 추가 등으로 구성

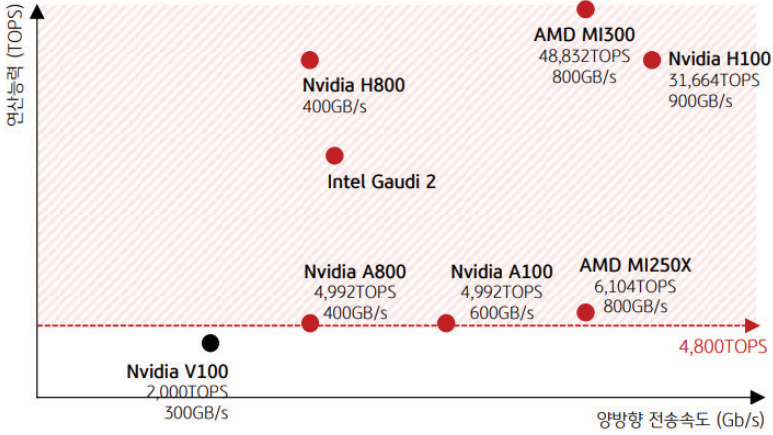
- 지난해 발표에서는 전체 연산능력이 4800TOPS 이상, 데이터 입출력 속도 600GB/s 이상이라는 두 가지 칩을 대상으로 수출통제하였으나, 2023년 수정안에서는 데이터 입출력 속도에 대한 조건이 제거되면서 제재 대상범위가 확대

〈그림 2-1〉 2023년 10월 이전 미국의 대중국 수출통제 영역



자료: 강효주(2023), 「중국 AI/반도체 이야기」, p. 4.

〈그림 2-2〉 2023년 10월 이후 미국의 대중국 수출통제 영역



자료: 강효주(2023), 「중국 AI/반도체 이야기」, p. 4.

- 엔비디아(Nvidia)의 A800 및 H800 제품은 전체 연산 성능이 4800 TOPS를 초과하나, 엔비디아는 중국 버전으로는 데이터 입출력 속도를 400GB/s로 낮춰 판매하였음.
- 즉, 지난해 AI 반도체 수출규제 대상은 고사양 칩(Nvidia A100, H100)에 국한했으나, 저사양 칩(Nvidia A800, H800) 등으로 확대

## (2) 미국의 중국 반도체 수출통제 변화와 특징

- 중국 반도체의 기술력 제고 및 미국 반도체 기업의 중국 판매에 대한 모니터링 및 분석을 바탕으로 하여 통제 대상의 범위 및 기준을 세분화
  - 엔비디아가 2022년 10월 이후 저사양 AI 칩을 판매하자 규제범위를 확대하고 통제를 강화



- 특히, 2023년 10월에 발표된 최신 가이드라인에는 성능 밀도(performance density)라는 조건이 도입되었는데, 기존 가이드라인에 있던 데이터 입출력 속도뿐만 아니라 중요한 요소로 고려
- 중국이 미국의 제재에 대응하기 위해 개발 중인 칩렛(Chiplet) 설계 기술에 대한 제어를 강화하려는 노력으로 해석4)
- 칩렛 구조에서, 채택할 수 있는 GPU 선택지가 적어질 수 있어 중국의 AI칩 자립화에 방해 요인으로 작용할 전망
- 데이터 센터용과 비데이터 센터용 등으로 규제항목을 세부적으로 구분하면서 규제 대상은 향후 확대될 가능성이 존재
- 연산성능 1,600TPP 이상이고, 칩 적용 다이(Die) 크기가 270.3mm<sup>2</sup> 이하일 경우, 통제 대상으로 규정하면서 칩의 크기로 규제를 제한
- AI칩 중에서 작은 크기를 요구하는 분야로 자율주행 칩이 대표적이어서, 향후 자율주행 칩으로 제재가 확대될 가능성이 높음.

## 2. 중국 반도체산업의 육성정책 변화

### (1) 중국 반도체산업 육성 정책 변화

- 2013년도부터 반도체가 중국의 수입 1위 품목으로 부상한 이후, 반도체의 국산화를 통해 대외의존도 축소를 위한 노력 강화

---

4) 중국 정부는 첨단반도체 공정 미세화가 미국 견제로 가로막히자 칩렛 설계 기술 육성을 강화.

〈그림 2-3〉 중국 반도체 정책의 변화(2000~2020)

정책	국발18호 《소프트웨어· 집적회로 산업발전 장려 정책통지》	국발4호 《소프트웨어· 집적회로 산업발전 장려 정책통지》	《국가 집적회로 산업발전 추진 요강》	《중국제조 2025》	《신시대 소프트웨어· 집적회로 산업발전 장려 정책통지》
시기/ 부서	2000.6/국무원	2011.1/국무원	2014.6/ 산업정보기술부	2015.5/국무원	2020.7/국무원
특징	국가전략 차원 전방위 지원 발표	2000년 통지계승, 재정지원, 인재육성 강화	ICT산업 국가 지원체계 구축, 국가 IC산업 기금 설립	기금 투자 기반, 장기 전략 수립 → <u>지급률 2020년 40%, 2025년 70% 제시</u>	취약분야 육성 위한 <u>국제협력, 소재장비·제조 기술개발</u> 강조
배경/ 방향	자국 반도체 밸류체인 기반 확충 연구혁신 역량 제고 자체개발		국산화/내재화 확대 인수합병		미 제재 대응 수입대체

자료: kotra(2023), 「중국 반도체 산업 현황과 육성 정책」.

- 자체개발 및 M&A, 해외합작, 수입 대체 등의 다양한 정책지원을 강화
- 2014년도부터 국가 집적회로 산업발전 추진 요강을 발표하고, 2030년까지 반도체 전공정에서 선도기업 육성하겠다고 발표
- 2014년 정부와 기업이 공동 출자한 1,387억 규모의 반도체 빅펀드를 설립
- 2015년 ‘중국제조 2025’를 통해 반도체산업의 국산화율을 구체적으로 제시(2020년까지 40%, 2025년까지 70%)
- 2021년 기준 국산화율은 약 15% 내외로 목표치 달성에 실패
- 2020년 신시대 집적회로 산업발전 장려정책(新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策) 발표
- 미·중 분쟁 이후 반도체를 명시한 직접적인 정책이 없었으나, 미·중 분쟁이 심화되는 2020년에 산업 육성 정책을 발표

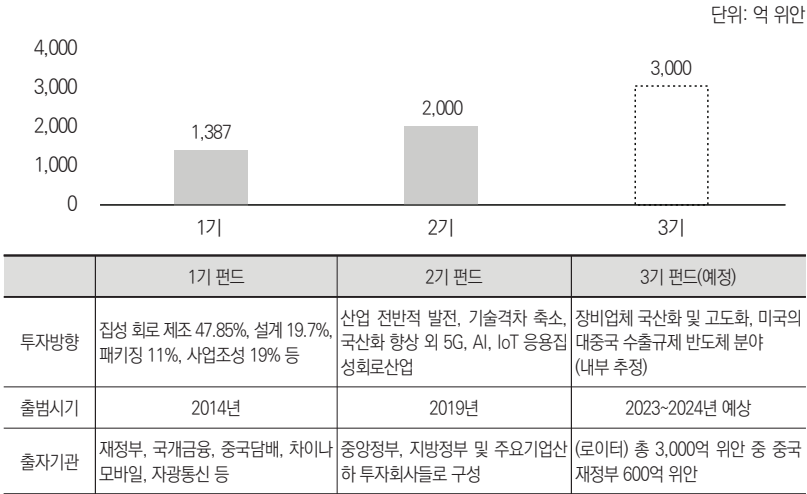
- 집적회로 생산기업에 대한 소득세 면제, 집적회로 및 소프트웨어 기업에 대한 투자 및 금융정책, 첨단 메모리, 컴퓨팅, 차세대 반도체 기술 분야에 대한 연구개발 지원 확대 등을 강조
  - 또한, 반도체를 생산하는 주요국과의 장기적인 협력체제 구축에 대해서도 강조
  - 반도체 학과를 확대하고, 국제 우수대학과의 협력 지원을 강조
  - 불법 소프트웨어 사용에 대해서 정부가 직접 단속하여 소프트웨어의 지식재산권을 보호한다고 밝힘.
  - 반도체 및 소프트웨어 기업들이 집적한 특화단지 조성 발표
- 2023년 9월 중국 공업정보화부는 '전자정보제조산업의 안정적 성장을 위한 행동 프로그램(关于印发电子信息制造业2023-2024年稳增长行动方案的通知)'을 발표
- 반도체 전·후방 산업의 수요시장 창출을 위해 휴대폰, PC, TV 등의 가전, 전기차 등 전자정보제조산업의 육성 정책을 발표
  - 2024년 5G 스마트폰 출고량 85%(전체 스마트폰 내 비중) 이상, 75인치 이상 컬러 TV 시장 점유율 25% 이상, 태양에너지 전지 생산량 450기가와트 생산을 목표로 제시
  - 집적회로, 신형 디스플레이, 통신설비 등의 중점 프로젝트를 발굴하고, 산업 업그레이드 전환을 촉구
  - 고부가가치 제품의 수출비중을 제고하고, 대외무역 및 외국인 투자 유치 확대를 위한 비즈니스 환경 구축 등을 강조
  - 집적회로, 신형 디스플레이 분야에서의 공급능력 수준 향상 강조

- 집적회로, 반도체부품, 광전자부품, 전자소재, 신형 디스플레이, 스마트홈, AR/VR 등의 표준체계 정리 및 중점표준 제정 가속화
- 또한, 중국 정부는 의료용 반도체 등 새로운 분야에서의 반도체 육성을 강조
- 중국 정부는 ‘14.5 의료장비산업 발전규획(十四五医疗装备产业发展规划)’에서 지능형 보정, 온도 제어 모니터링, 데이터 전송, 에너지 및 시간 측정과 같은 기능을 통합한 자체 설계 및 개발된 PET-CT 전용 칩을 출시
- 중국 최초 의료영상용 하이엔드 특수칩을 출시하면서 하이엔드 의료용 칩 수요에 대한 수입의존도를 축소하기 위한 노력을 강화

## (2) 반도체 빅펀드 투자 변화

- 중국 정부는 미국의 대중국 수출통제 이후 반도체 빅펀드의 투자 규모를 확대
- 반도체 빅펀드의 1기와 2기의 모집 규모는 각각 1,387억 위안, 2,000억 위안이었으며, 3기의 규모는 1기와 2기의 합계인 3,000억 위안 예상
- 빅펀드 1기는 주로 저장장치 및 고급 공정 생산 라인, 그리고 칩 디자인 기업에 투자
- 통계에 따르면, 1기에서 공개 투자한 기업 중 집적 회로 제조가 47.8%를 차지하며, 설계는 19.7%, 패키징 테스트는 11%를 차지
- 빅펀드 2기는 주로 반도체산업의 주요 생산라인 구축과 장비 및 소재 분야의 투자 비중을 높이는 데 중점을 둠.

〈그림 2-4〉 중국 반도체 펀드의 투자 변화



자료: 여태경(2023), 「중국의 변화와 미래2」, 현대차증권, p. 51.

- 빅펀드 3기는 미국의 제재에 대응하기 위해 주로 칩 제조 장비에 투자할 것으로 예상

○ 장비분야 투자 확대를 통해 14나노 공정의 국산화에 중점을 둘 전망

- SMIC는 2019년 14나노 공정기술을 확보했으며, 2023년에는 7나노 5G 칩 생산을 발표
- 비록 지금은 3나노 등의 미세공정은 불가능 하나, 14나노 공정의 칩을 시스템 최적화를 통해 7나노에서 5나노까지 낮춰가는 것이 목표
- 7나노 공정 이하의 칩은 스마트폰에 적용되며, 대규모 산업용 칩은 14나노 공정으로 충분하다고 판단
- 따라서, 빅펀드 3기에서는 14나노 공정에서 성숙한 기술을 확보하기 위한 장비 분야에 대한 투자가 확대될 전망

## 제3장

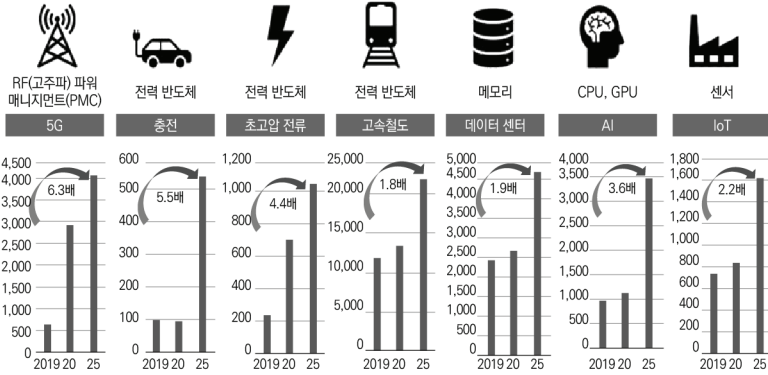
# 미국의 대중국 수출통제 이후 중국 반도체산업의 공급망 구조 변화

## 1. 중국 반도체산업의 수요 · 공급 구조 변화

### (1) 중국 반도체산업의 수요시장 변화

- 중국 정부는 반도체산업의 수요시장 확대를 통해 자체적인 생태계 구축을 확대하기 위한 전략을 추진
  - 2020년부터 신형인프라 투자를 통해 5G, 데이터센터, 스마트폰 및 가전 등 디지털 분야의 투자를 확대하며 수요시장을 견인
  - 반도체 수요의 75%는 레거시 반도체에서 나오며, 레거시 반도체는 자율 주행차를 비롯한 자동차와 가전, 스마트폰, 전기차 등에 폭넓게 활용되므로 동 시장을 확대하고 점유율을 확대하기 위한 노력을 가속화
- 2023년 미국 반도체산업협회(SIA)에 따르면, 노트북, 스마트폰 등이 반도체 수요의 대부분을 좌우하고 있으며, 동유럽, 아시아, 남미, 아

〈그림 3-1〉 분야별 중국 반도체 수요 전망



자료: 日本総合研究所(2023), 「中国半導体産業の行方」, p. 18.

주: 2020년은 추정치, 2025년은 예측치.

프리카 등 신흥 시장 수요가 점차 증가할 것으로 전망

- 특히, 중국 시장은 글로벌 시장의 31%, 아시아 태평양 시장의 55%를 점유할 것으로 전망(SIA, 2023)<sup>5)</sup>

○ 중국 스마트폰 시장에서는 오너, 오포, 비보, 화웨이 등이 대부분의 시장을 점유하고 있으며, 아이폰은 15%의 시장을 점유

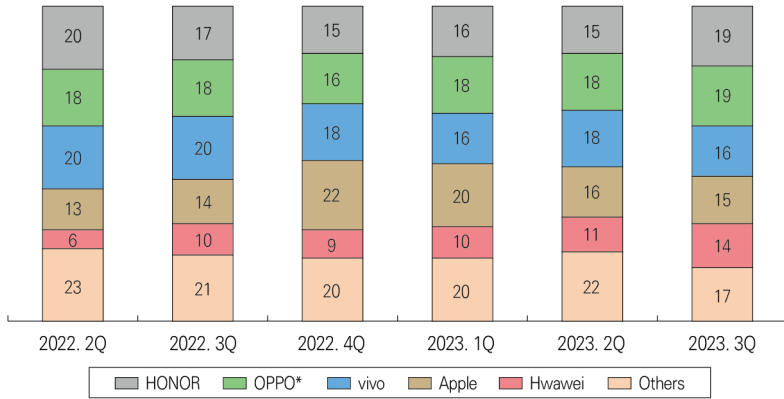
- 스마트폰 제조사뿐만 아니라, 세계 2위 스마트폰 모듈 기업인 쓰니옵티컬(Sunny Optical) 등이 성장하고 있으며, 쓰니옵티컬은 애플에도 제품을 공급

- 화웨이 메이트60 프로의 경우, 중국언론에 따르면, 해외에서 수입된 극소수의 칩(COMS 센서 등)을 제외하고는 칩, 시스템, 부품 등 핵심 부품은 거의 모두 중국산으로 현지화율이 90% 이상으로 나타남.<sup>6)</sup>

5) SIA(2023), *The 2023 SIA Factbook: Your Source for Semiconductor Industry Data*.

6) cnBeta(2023. 9. 10), "Mate 60 Pro国产零部件已超过九成 华为已经启动回归手机市场计划",

〈그림 3-2〉 중국 스마트폰 시장 점유율 변화(2022. 2분기 ~ 2023. 2분기)



\*OPPO includes OnePlus since Q3 2021.

자료: Counterpoint(2023. 12. 4.)<sup>7)</sup>

- Nikkei Asia(2023)에 따르면, 화웨이 메이트60 프로의 중국산 제품의 부가가치는 47%로 메이트40 프로 대비 18% 증가했다고 분석<sup>8)</sup>
- 중국은 내연차 및 전기차의 글로벌 최대 생산 및 소비 시장으로 차량용 반도체에 대한 수요가 매우 크며 전동화, 스마트화로 차량용 반도체 시장 수요가 증가
- BYD, 샤오핑, 리샹 등 다수의 전기차 기업이 성장하였으며, 샤오미, 화웨이 등 IT 기업도 전기차 사업을 확장하면서 수요가 증가

<https://www.cnbeta.com.tw/articles/tech/1382849.htm>(검색일: 2023. 11. 15).

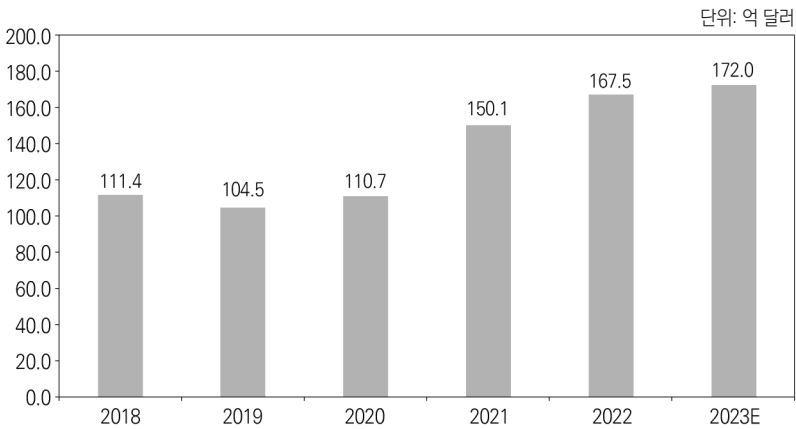
7) Counterpoint(2023. 12. 4), “중국 스마트폰 점유율: 분기별 데이터”, <https://korea.counterpointresearch.com/%EC%A4%91%EA%B5%AD-%EC%8A%A4%EB%A7%88%ED%8A%B8%ED%8F%B0-%EC%A0%90%EC%9C%A0%EC%9C%A8-%EB%B6%84%EA%B8%B0%EB%B3%84-%EB%8D%B0%EC%9D%B4%ED%84%B0/>(검색일: 2023. 12. 11).

8) Nikkei Asia(2023. 11. 13), “Huawei Mate 60 Pro teardown reveals 47% Chinese parts in phone”, <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/Huawei-Mate-60-Pro-teardown-reveals-47-Chinese-parts-in-phone>(검색일: 2023. 12. 12).



- 중국 차량용 반도체 시장은 2018년 111억 4,000만 달러에서 2021년 150억 1,000만 달러로 연평균 성장률 10.4%로 성장했으며, 2023년에는 172억 달러에 이를 것으로 예상

〈그림 3-3〉 2018-2023년 중국 차량용반도체 시장규모 및 전망치



자료: 中商产业研究院(2022), 「2023年中国汽车芯片行业市场前景及投资研究报告」, <https://www.askci.com/news/chanye/20221209/1725172053758.shtml>

- 중국은 차량용 반도체를 여전히 외국산에 의존하고 있지만, 최근 BYD, CRRC, Sino-micro, Cambricon, Horizon 등의 기업들이 빠르게 성장
  - 특히, 중국 MCU 업체들은 증가하고 있는데, 중국 전기차 시장을 기반으로 중국 자동차 기업들과의 구체적인 협업을 추진하며 하이엔드 MCU 개발을 강화 중<sup>9)</sup>

9) 테크월드(2023. 12. 20), “전기차 힘입은 중국, 차량용 반도체 국산화한다”, <https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=239438>(검색일: 2023. 12. 24).

〈표 3-1〉 중국의 주요 차량용 반도체 기업 현황

기업명	주요 분야
BYDSemiconductor 比亚迪半导体	파워 반도체, 센서, MCU, 파워 드라이버 IC 등
CRRC 中国中车股份有限公司	지주회사 Zhuzhou CRRC Times Electric(株洲中车时代电气) 및 관련 회사 Coresing Semiconductor(湖南国芯) 사업을 수행. IGBT, 3세대 반도체 SiC 및 GaN과 같은 전력 반도체 소자, 전력 MOSFET, 파워 IC 등 포함
Sino-micro 吉林华微电子股份	OBC, 자동차 에어컨, 차량용 인버터, 차량용 DC-DC 컨버터 등 여러 모듈의 전력 소자 매칭을 확장 및 실현. 제품은 IGBT, FRD, 고전압 및 저전압 MOS 등 포함
Cambricon 中科寒武纪科技股	지주 회사 Xingge Technology(行歌科技)는 스마트 드라이빙 칩의 연구 개발 및 제품화를 수행
Horizon 北京地平线机器人技术研发	첨단 자율주행 및 스마트 Cockpit 위한 차량용 AI 칩
Vimicro 北京中星微电子有限公司	FAW(一汽集团)와 공동으로 차량용 칩 연구소를 설립 양측은 자동차 부품의 모든 측면을 다루는 차량용 칩의 연구 및 혁신을 공동으로 진행
Allwinnertech 珠海全志科技股份有限公司	스마트 Cockpit 제품 클러스트에 포커스를 맞춤 스마트 인포테인먼트 시스템, 풀 디지털 계기, ARHUD, 스마트 레이저 헤드라이트, 스마트 보조 경보 등 포함
ChipON 瑞芯微电子股份	응용프로세서를 포함하고 있으며, 주요 응용 분야는 스마트 센터링, 스마트 사이드 미러, DMS/ADAS 등
Navinfo 北京四维图新科技股份有限公司	제품은 IVI 차량용 인포테인먼트 시스템 칩, AMP 차량용 파워 전자 칩, MCU 차체 컨트롤 칩, TPMS 타이어 공기압 모니터링 칩 등
C*Core 苏州国芯科技股份有限公司	자체 개발한 차량용 칩은 자동차 안전 및 커넥티드 카 통신 안전, 자동차 게이트웨이와 차체 제어, 자동차 파워트레인 등에 사용

자료: 前瞻产业研究院(2021)<sup>10)</sup>, KSIA(2022), p. 32.<sup>11)</sup>

## (2) 중국 반도체산업의 공급시장 변화

### ○ 중국 반도체산업은 시장점유율 기준 31%로 세계에서 가장 큰 반도체 시장

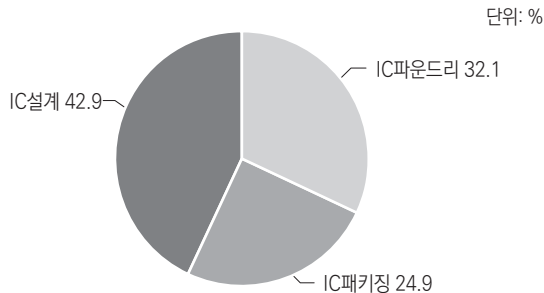
10) 前瞻产业研究院(2021), 「中国汽车半导体行业市场前瞻与投资战略规划分析报告」.

11) KSIA(2022), 「중국 차량용 반도체 산업현황」.

- 2022년 반도체 판매액 기준으로 1,803억 달러를 기록하고 있으나, 수요의 대부분을 해외에 의존하고 있어 2021년도 기준 자급률은 16.7%에 불과(华强电子产业研究所, 2023)<sup>12)</sup>

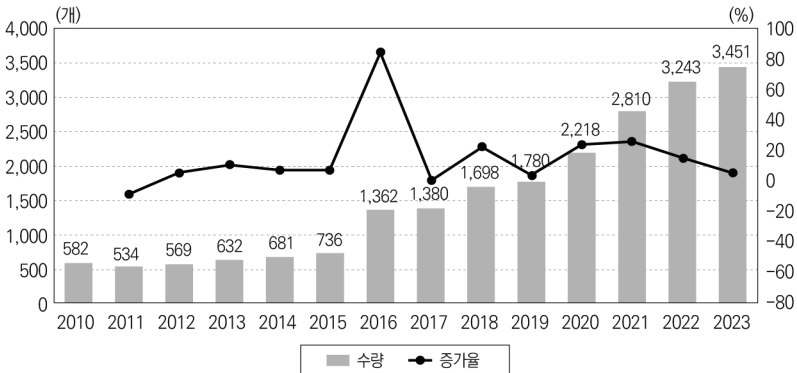
○ 2022년도 중국 반도체산업의 분야별 시장점유율을 살펴보면, 설계, 파운드리, 패키징이 각각, 42.9%, 32.1%, 24.9%를 차지

〈그림 3-4〉 2022년도 반도체산업 분야별 시장점유율



자료: 中国半导体行业协会(2023b), 「2023中国半导体封测产业回顾与展望」, p. 6.

〈그림 3-5〉 중국 반도체 설계기업 수 변화



자료: 中国半导体行业协会(2023a), 第29届中国集成电路设计业2023年会暨广州集成电路产业创新发展高峰论坛.

12) 华强电子产业研究所(2023), 「2022电子元器件销售行情分析与2023趋势展望」, p. 2.

○ 중국 반도체산업에서 가장 큰 시장규모를 자랑하는 설계 분야는 중국 내 생태계가 빠르게 확장되고 있는 분야임.

- 2023년 11월 기준, 중국 내 집적회로 설계업체 수는 3,243개사로 2022년 대비 208개 증가

〈표 3-2〉 중국 반도체 기업(파운드리 포함) 톱 10위 기업(2020년)

순위	기업명		주요 제품	업태	시장	매출	
	영문명	중국어				억 달러	전년 대비 (%)
1	HiSilicon	海思	스마트폰용 반도체	팹리스	비상장	75	22
2	SMIC	中芯国际	—	파운드리	상하이 과창판	43	36
3	JCET	江蘇長電科技	—	OSAT	상하이	41	20
4	Omni Vision	豪威科技	이미지 센서	팹리스	비상장	27	63
5	UNISOC	紫光展銳	스마트폰용 반도체	팹리스	비상장	23	1
6	ZTE	中興通訊	통신기기용 반도체	팹리스	심천	16	118
7	TF Micro	通富微电	—	OSAT	심천	16	39
8	Nexperia	安世半導體	자동차용 반도체	IDM	비상장	15	1
9	Zhixin Micro	智芯半導	자동차용 반도체	팹리스	비상장	15	92
10	Huada Semi	華大半導體	인식 카드용 반도체	팹리스	비상장	15	23

자료: 日本総合研究所(2023), 「中国半導体産業の行方」, p. 23.

○ 중국 반도체 기업 상위 10개 중 6개 기업이 팹리스 기업으로 구성

- 매출 증가율도 가장 높아 가장 빠르게 성장하고 있는 분야임.

- 팹리스 업체는 상대적으로 기술진입 장벽이 낮고, 자본 집약도가 낮아 창업이 용이하며, 설계 인력의 확충을 통해 인적 자본을 집중할 경우, 선두 업체를 추격할 수 있는 가능성이 높은 분야(권석준, 2022)<sup>13)</sup>

- 따라서, 중국 팹리스 기업들은 칩의 설계에 있어 적극적인 투자에 나

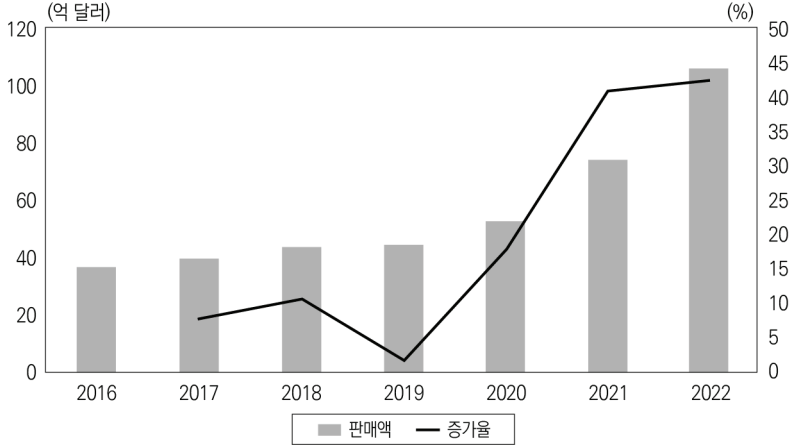
서고 있으며, 기존 ARM의 RISC 중심의 현재 방식에서 벗어나, RISC-V 기반의 칩 설계 생태계가 형성되고 있음.

- 중국의 9개 주요 칩 대기업은 RISC-V 기반 칩의 개발과 혁신을 촉진하고 유럽과 미국의 기술 봉쇄와 경쟁 압력에 공동으로 대응하기 위해 RISC-V 특허 동맹을 공동으로 설립
- 베리실리콘(芯原股份), 아이라이커지(芯来科技), 핑터우거(平头哥), 상하이사이팡(上海赛昉科技), Timesintelli(上海时擎科技), HiTrendtech(炬泉光电), iFuture IP(上海恒锐知识产权), 芯思原微电子 등 9개 기업으로 구성
- 미국의 대중국 수출통제 이후 정부 주도의 적극적인 투자로 파운드리 분야의 생산 및 판매 규모는 빠르게 증가
  - 2022년에는 중국기업의 파운드리 매출이 2021년 대비 약 41.1% 증가한 105억 달러를 기록
- 중국은 28nm 이상의 레거시 반도체를 중심으로 생산능력을 지속적으로 확대
- 중국의 후공정 분야도 2022년 기준, 2013년부터 연평균 11.79% 증가하면서 빠르게 성장
- 패키징 및 테스트 산업은 기술적 요구사항이 상대적으로 낮기 때문에 업계에 진출하는 기업이 증가하는 추세
  - 점차 국내 대체가 실현되고 있으며, 현재 JCET(长电科技), 통푸웨이

---

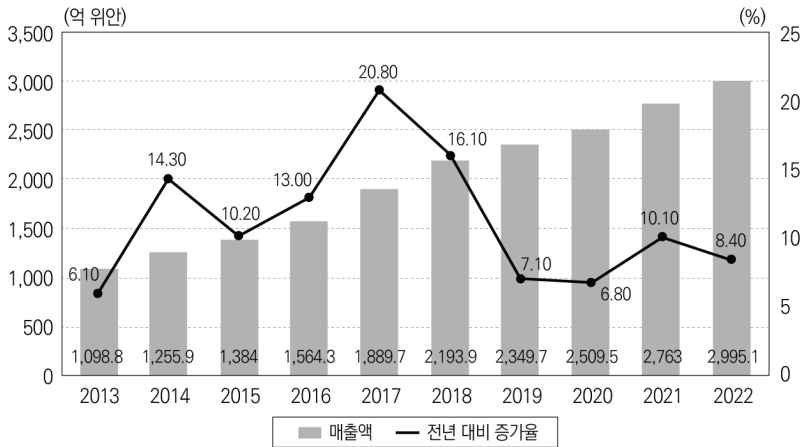
13) 피렌체식탁(2022. 12. 26), “[권석준 칼럼] 시진핑 3기 이후 중국 반도체 산업의 운명”, <https://www.firenzedt.com/news/articleView.html?idxno=25342>(검색일: 2023. 12. 13).

〈그림 3-6〉 중국 파운드리 기업의 판매율 동향



자료: 智研咨询(2023), 「2023年全球和中国晶圆代工行业市场分析报告」, p. 5.

〈그림 3-7〉 중국 후공정 기업의 매출액 규모 변화



자료: 中国半导体行业协会(2023), 「2023中国半导体封测产业回顾与展望」, p. 9.

덴(通富微电), Huatian Technology(华天科技) 등 중국기업들이 글로벌 시장으로 진출

- 국내 시장에서는 2022년 말까지 Changdian Technology(长电科技), 통푸웨이덴(通富微电), Huatian Technology(华天科技) 상위 3개사의 합산 점유율이 50%에 가까움.

## 2. 중국 반도체 국산화 동향 분석

### (1) 중국 반도체 장비 분야 국산화 동향

- 미국의 대중국 수출통제가 장비에 집중되면서 중국은 반도체 장비 분야의 기술자립이 불가피
  - 첨단 칩 제조용 해외 장비 의존도 감소를 위해 반도체 공급망 전반의 자립과 국산화를 추진
  - 2022년부터 해외산 장비의 해외수입량이 감소추세
- 미국의 대중국 수출통제가 장비에 집중되면서 중국은 반도체 장비 분야의 기술자립이 불가피
  - 반도체 2기 빅펀드의 보조금 중 반도체 제조장비 기업에 할당되는 보조금의 비중이 가장 높으며, 설계 및 후공정은 기업 차원에서 투자를 강화 중
- 중국정부는 자국 내 반도체장비의 국산화율 제고를 위해, 주요 파운드리 기업의 국산화 장비 채택을 장려
  - 2023년 SMIC의 국산장비 채택률은 약 79.6%로, 2019년 대비 25.5% 포인트 증가

〈표 3-3〉 중국 반도체 장비기업의 반도체 국산화율 현황

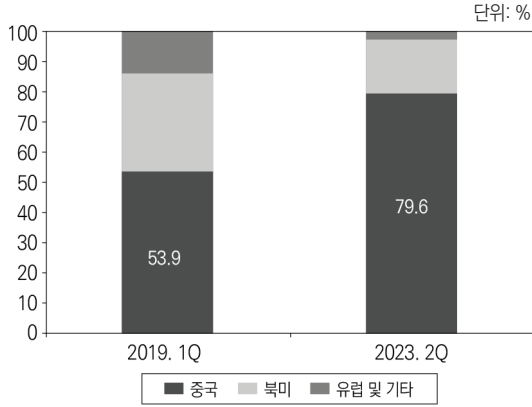
분야	글로벌 기업	중국기업	국산화율 (2022)	노드( nm)
산화	도쿄일렉트론(TEL), SCREEN	Kingsemi, ACMR	12	90/65/45/28/14/5
노광	EUV	ASML	-	-
	DUV	니콘, 캐논	SMEE	90
식각	램리셔치(Lam), TEL, 어플라이드 머티어리얼즈(AMAT)	Naura, AMEC, E-town	30	90/65/45/28/14/7/5
CVD	AMAT, Lam, TEL	Piotech, Naura, Betong	11	65/28/14
PVD	AMAT, Evatec, ULVAC	Naura	29	65/45/28/14
ALD	TEL, ASM	Naura, SRI-I	1.4	55/28/14
이온 주입	AMAT, Axcelis	Kingstone, Semicore	5	65/45/28
CMP	AMAT, Evatec	Hwatshing Technology	25	90/65/45/28
세정	SCREEN, TEL	ACMR, Naura, KingSEMI	34	90/65/45/28
테스트 장비	Teradyne, Advantest	창환커지, Beijing Huafen, RSIC, JCET	-	-

자료: 오종혁(2023), 「중국의 반도체 국산화 추진현황과 시사점」, p. 9.

- 중저위 기술 분야인 리소그래피 장비의 SMEE, 증착과 식각, 열처리 장비의 생산기업인 북방화창(Naura)과 AMEC, 세정의 ACM Research 등의 기업이 성장
- 28nm 이하의 레거시 공정에서는 노광기를 제외하고, 주요 공정별 완벽한 자립이 가능해졌으며, 독자적인 반도체 생태계 구축이 가능
- 상하이마이크로(SMEE)가 2023년 8월 28나노 공정을 이용해 칩을 생산하는 노광기 국산화 개발에 성공했다고 발표
- 다만, 현재 SMEE의 리소그래피 장비는 90나노미터 수준의 제조 공정만 달성한 상태로 추후 28나노 수준에서 양산이 가능할지는 지켜볼 필요



〈그림 3-8〉 SMIC의 국가별 장비 채택 비중



자료: 삼성증권(2023), 「중국 반도체 Update」, p. 3.

〈표 3-4〉 중국 반도체 장비의 기술경쟁력 현황

	코드	기업명	90nm	65/55nm	40nm	28nm	14nm	10nm	7nm	5nm	3nm
식각	688012 CH	AMEC		Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Light Blue
	002371 CH	Naura	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow				
증착	002371 CH	Naura(PVD, CVD, ALD)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow					
	688072 CH	Piotech (CVD, ALD)		Blue	Blue	Blue	Light Blue				
세정	688082 CH	Acm Research		Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Light Blue		
	002371 CH	Naura	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Light Yellow				
열처리	603690 CH	Pnc Process Systems		Blue	Blue	Blue	Blue				
	002371 CH	Naura		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow				
CMP	688120 CH	Hwatsing Technology		Blue	Blue	Blue	Light Blue				
이온주입 테스트	600641 CH	Wanye			Blue	Blue	Light Blue				
	300567 CH	Jingce Electronic			Blue	Blue					

자료: 강효주(2023), 「중국 AI/반도체 이야기」, p. 2.

## (2) 중국 반도체 설계 분야 국산화 동향

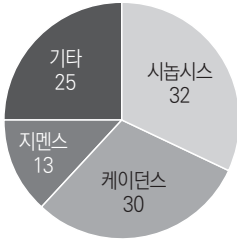
- EDA(Electronic Design Automation) 등 설계 분야에서도 중국은 국산화를 가속화
  - 2021년 공업정보화부는 ‘14차 5개년 계획’ 소프트웨어 및 정보기술 서비스 산업 발전 계획에서 산업용 소프트웨어의 혁신에 초점을 맞추고 설계에서 핵심 기본 소프트웨어의 단점을 보완해야 한다고 제안
  - 국산화 추세에 따라 중국의 EDA 시장은 2022~2023년 동안 매우 활발하게 확대되었으며, 자금 조달 금액은 11억 위안에 달함.<sup>14)</sup>
  - 2023년 3월 화웨이는 14nm 이상 반도체를 설계할 때 사용하는 EDA 도구를 자체 개발했다고 발표
  - 화웨이는 2019년 미국의 대화웨이 제재로 설계단계에서 중요한 장비로 불리는 EDA 공급이 어려워지자 자체 개발을 강화
- 다만, 여전히 미국의 시놉시스와 케이던스 등에 의존되어 있는 실정으로 국산화율은 아직 5%에 불과
  - 2020년 기준, 중국 시장점유율은 케이던스 32%, 시놉시스 29%, 지멘스 17%를 차지
  - 중국 기업으로는 화다주텐(华大九天)이 5%를 차지
- EDA 기술개발은 출발은 늦은 편이나, 최하이실리콘(海思), ZTE(中兴)의 마이크로 일렉트로닉스(微电子) 등 중국 굴지의 반도체 팹리스 기

14) Ai芯天下(2022. 11. 15), “国产EDA, 如今是个什么水平?”, <https://ee.ofweek.com/2022-11/ART-8500-2800-30579122.html>(검색일: 2023. 12. 1).

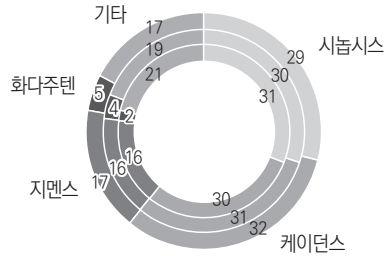
〈그림 3-9〉 EDA 시장 점유율

단위: %

전 세계 EDA 점유율(2021년)



중국 EDA 시장 점유율(2020년)



자료: 뉴스핌(2023. 4. 18), “고영화의 중국반도체, 〈12〉 中 EDA 도구 국산화 뒤늦게 전력질주”, <https://www.newspim.com/news/view/20230417001090>(검색일: 2023. 12. 1).

### 업의 강제로 EDA 발전 여건이 생성

- BGI Jiutian(华大九天), Guanglun Electronics(概伦电子), Guangli Mcro (广立微), Guowei Silxin(国微思尔芯), Xinxin Semiconductor(芯合半导体), Xingxin Technology(行芯科技), Hongxin Micronano(鸿芯微纳) 등 EDA 기업들이 있음.
- 팹리스 기업에서 수요가 확대되면서 산업생태계 사이에 공생하고 함께 발전할 여건이 형성
- 전체 IC 생산 체인 업스트림과 다운스트림이 긴밀하게 협력하고 서로에게 피드백을 주고받아 생태계를 확장
- 중국 반도체 설계 회사의 90%는 소규모 기업으로, 해외 대형 EDA 회사의 관심을 끌기 어렵고 높은 비용을 감당하기 어려움.
- 따라서 중국은 중국 내 EDA 기업들이 이러한 중소기업을 진입점으로 삼아 중국 특성에 가까운 발전을 모색

- 국내 칩 산업 체인의 업스트림과 다운스트림 간의 협력 추진 중
- 예로, SMIC는 몇 년 전부터 BGI Jiutian(华大九天)을 사용하기 시작했으며, 중국 내 기업 백업 수요는 여전히 존재<sup>15)</sup>
- 따라서, 국산화를 통한 완벽한 독립은 어렵겠으나, 일부 분야에서 독립적인 생태계 구축은 가능할 전망

〈표 3-5〉 중국 RISC-V 주요 성과

2019년 7월	· 알리바바 클라우드의 반도체 자회사 핑터우거(T-Head), RISC-V 기반 코어 프로세서 '쉬안테(玄鐵)910' 출시
2020년 1월	· 중국 첫 RISC-V 산학 연구개발 기지 'CRVA(China RISC-V Alliance)' 출범
2022년 5월	· 핑터우거, 두 번째 RISC-V 기반 프로세서 '쉬안테907' 발표
2022년 12월	· 중국과학원 컴퓨터기술연구소 바오윈강(包雲崗), 고성능 RISC-V 오픈소스 프로세서 '상산(香山)' 소개 · 하이실리콘, RISC-V 기반 고화질 TV용 칩셋 발표
2023년 8월	· 중국 주요 팹리스 기업* 9개사, 'RISC-V 특허동맹' 결성 * 핑터우거, 스타파이브, 베리실리콘, 뉴클레이시스템테크놀로지 등

자료: S&T GPS(2023), 「중국 기업, 반도체 오픈 생태계 'RISC-V'로 돌파구 모색」.<sup>16)</sup>

○ 또한, 중국은 '리스크 파이브(RISC-V)<sup>17)</sup> 분야에서 독립적 생태계 구축을 가속화

- ARM 및 x86 아키텍처와 달리 RISC-V 아키텍처는 단순성, 사용자 정의 용이성, 모듈성의 장점을 갖고 있어 중국 기술 기업이 독립적인 연구 개발과 혁신을 보다 유연하게 수행 가능

15) 雪球(2023. 10. 26), 「国产EDA软件的机会和挑战」, <https://xueqiu.com/7173595940/264541119>(검색일: 2023. 12. 1).

16) S&T GPS(2023), 「중국 기업, 반도체 오픈 생태계 'RISC-V'로 돌파구 모색」, <https://now.k2base.re.kr/portal/trend/mainTrend/view.do?poliTrndId=TRND0000000000052227&menuNo=200004&searchSubj=03&pageUnit=10&pageIndex=4>

17) RISC-V는 2010년 무료 개방형 명령어 집합체(Instruction Set Architecture, ISA)로 무료 RISC-V 기반 반도체 칩과 SW, IP를 설계·제조 가능.

- 중국은 RISC-V 아키텍처 개발에 중점을 두고 차세대 정보 기술 산업 발전에서 주류 CPU 개발의 주도권을 잡아야 한다고 강조
- 2023년 8월 알리바바의 티헤드(T-Head)와 스타파이브, 베리실리콘, 누클레이시시스템테크놀로지 등 9개 리스크 파이브(RISC-V) 동맹을 결성
- 또한, 중국은 'RISC-V International'에서도 11개 기관이 참여하면서 영향력을 확대

〈그림 3-10〉 RISC-V 인터내셔널 국가별 프리미엄 회원



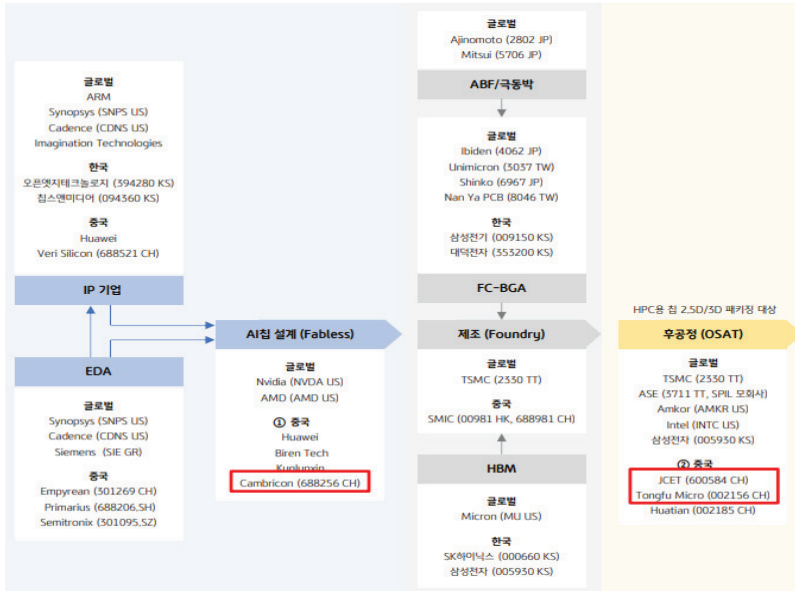
자료: 상동.

### (3) 중국의 반도체 신기술 육성 전략

#### 1) 칩렛(Chiplet) 기술 개발 가속화

- 중국은 기존 반도체 핵심 기술의 부재로 도전에 직면하면서 새로운 반도체 기술 육성으로 미국의 제재를 돌파하기 위한 노력을 지속
- 미세공정 분야에서 노광장비 수입 불가로 어려움에 처하자, 여러 반도체를 하나의 칩으로 결합하는 칩렛(Chiplet)이라는 후공정 기술에 대대적인 투자를 진행

〈그림 3-11〉 중국의 반도체 기술 밸류체인 현황



자료: 강효주(2023), 「중국 AI/반도체 이야기」, p. 6.

- JCET는 칩렛 구조 칩에 필요한 첨단 패키징 기술(2.5D/3D 패키징)을 보유하고 있으며, 후공정 기술 플랫폼 'XDFOI'를 활용한 4나노 칩렛 공정을 개발하고 양산한다고 발표<sup>18)</sup>
- 칩렛 기술의 발전을 가속화하기 위해 중국은 60개 이상의 국내 기업을 통합하여 관련 제품의 데이터 전송 속도 및 인터페이스와 같은 기술 사양을 공동으로 공식화하고 중국 칩렛 기술 표준을 출시
- 중국에는 기술경쟁력을 보유한 패키징 회사가 많으며 칩렛 기술은 강력한 독립성과 선두 우위를 가지고 있음.

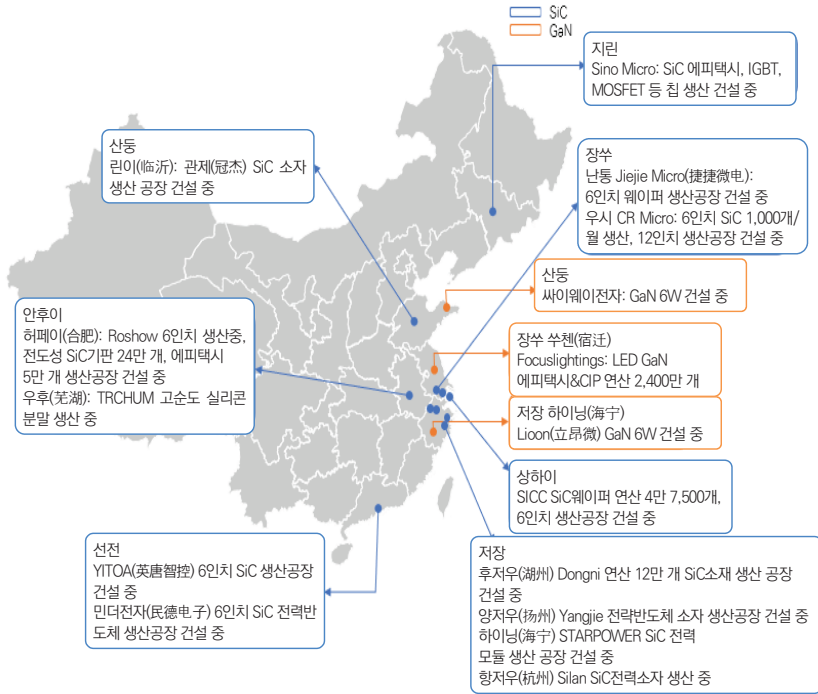
18) 电子技术应用(2023. 1. 9), “国产封测巨头表态, 我已拥有4nm Chiplet 芯片技术”, <https://www.sensorexper.com.cn/article/151283.html>(검색일: 2023. 12. 3).

- 또한, 레거시 공정은 중국 내 칩의 70% 수요를 충족할 수 있으며 첨단 패키징 기술과 결합하면 중국 내 반도체의 경쟁력이 제고될 전망
- 또한, 챗GPT 등 AI 고성능 반도체 수요가 높아지면서 데이터센터 및 서버 기업들의 반도체 수요가 크게 늘어날 전망
- 중국의 1위 반도체 IP 기업인 VeriSilicon(芯原微电子)은 중국 AI칩 스타트업 블루오션에 공급하고 있으며, 공급한 칩은 GPU와 NPU가 주축으로 모두 칩렛 구조를 채택한 것이 특징
- 블루오션은 칩렛 구조로 고성능 AI 반도체 칩을 개발하고 있으며 공정 기준 10나노 안팎으로 추정

## 2) 차세대 전력 반도체(제3세대 반도체) 육성

- 중국은 14차 5개년 계획을 통해 차세대 전력 반도체인 제3세대 반도체 육성을 지속 강조
  - 실리콘웨이퍼 기반이 아닌 새로운 소재기반 반도체에서 주도권을 확보하려는 노력을 가속화 할 전망
- 현재 건설 중인 차세대 반도체 생산설비 현황을 살펴보면, SiC(탄화규소)기반 소자 생산시설이 많은 비중을 차지
  - 특히 SiC 반도체 수요가 많은 BYD, 상하이자동차, 베이징자동차, 지리(吉利) 등 신에너지 자동차 기업을 중심으로 SiC 반도체의 가치사슬 확대를 위해 투자를 확대 중
  - 닛케이(2023)에 따르면, 중국의 BYD와 CRRC(中国中车)가 자동차용 전력 변환기에 사용되는 전력 반도체 모듈을 자체 개발하였으며, 성

〈그림 3-12〉 중국 내 주요 차세대 전력 반도체 생산시설 건설 현황



자료: 华安证券研究所(2022), 「第三代半导体行业报告」, p. 3.

능은 독일 인피니언 테크놀로지즈의 제품과 동등하거나 그 이상일 것으로 평가<sup>19)</sup>

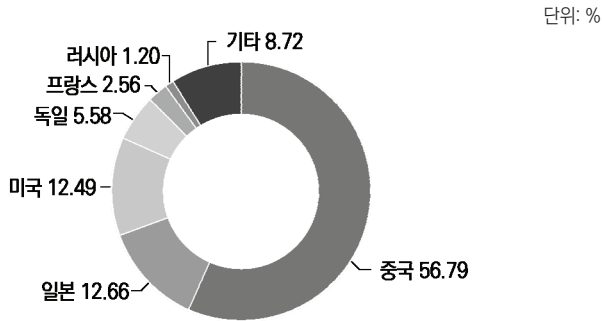
- 출원량 기준, GaN과 SiC 반도체 분야 관련 특허는 중국이 전 세계 차세대 반도체 특허 출원량의 56.8%를 차지하여 세계 1위를 기록(2021년 12월 기준)

19) 글로벌이코노믹(2023. 8. 11), “중국 제조기업, 전력 모듈·SiC 시장 ‘신흥 강자’로 등장”, [https://www.g-enews.com/article/Industry/2023/08/20230810180848219337926aa152\\_1](https://www.g-enews.com/article/Industry/2023/08/20230810180848219337926aa152_1) (검색일: 2023. 12. 1).



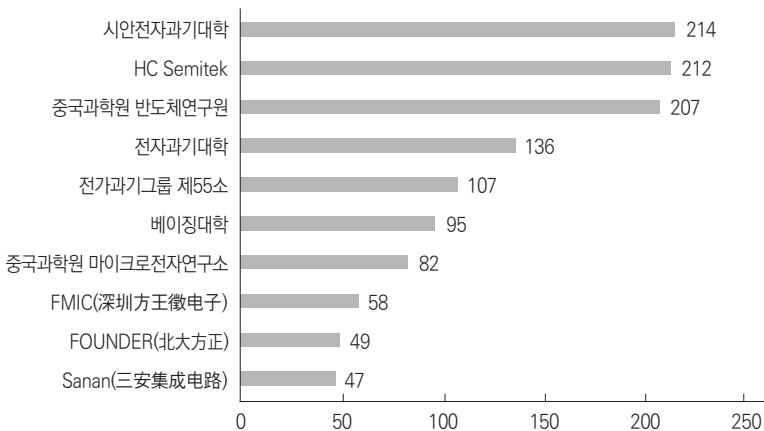
- 주요 연구개발 주체는 대학 연구기관, 중국과학원, 기업 등으로 구성되어 있으나, 특히 수 기준 국책연구기관, 학교 등으로 정부 차원의 R&D가 더 크게 나타남.
- 시안 전자과학기술대학(电子科技大学), HC Semitek(华灿光电), 중국과학원 반도체연구소는 각각 200건이 넘는 특허를 출원

〈그림 3-13〉 국가별 차세대 반도체 기술 특허 출원량 비중(2021년 12월)



자료: 前瞻产业研究院(2023), 「2023-2028年全球及中国第三代半导体行业发展分析」, p. 2.

〈그림 3-14〉 중국 내 GaN, SiC 반도체 관련 특허 출원기관 톱 10



자료: 华安证券研究所(2022), 「第三代半导体行业报告」, p. 5.

## 제4장

# 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제 실증분석



- 4장에서는 2022년 10월에 시작된 미국의 대중국 반도체 장비 수출 제재가 중국의 반도체 장비 수입에 미친 영향에 대해 실증분석을 시도
  - 미국의 대중국 수출통제는 반도체 장비에 국한하고 있으므로, 본 장에서는 반도체 장비의 교역 데이터를 활용하여 효과를 추정
- 실증분석을 위해 Abadie et al.(2010)에서 제안한 이후 최근 응용미시 계량경제학 분야에서 활발하게 사용되고 있는 통제집단합성법(Synthetic Control Methods)을 적용
- 이를 통해 미국의 2022년 10월 도입한 대중국 반도체 장비 수출통제 조치가 없는 경우에 대한 반사실적(Counterfactual) 추세를 예측, 반도체 장비 수출통제 조치의 정책효과(Treatment Effects)를 추정함.

### 1. 분석 데이터

- 4장에서의 실증분석을 위해 중국 해관총서(中华人民共和国海关总署)

가 제공하는 월별 상품 교역 데이터<sup>20)</sup>를 활용

- 중국 해관총서는 교역 대상국, 성/자치구, 교역 목적, 세 번(Harmonized System 코드 8단위) 수준에서 중국의 월별 상품 수출 및 수입 정보를 제공

○ 제4장에서는 선행연구 등을 참조해 다음과 같이 HS코드 6단위에서 네 가지 상품들을 반도체 장비로 분류

- HS코드 10단위에서 정의된 한국의 대세계 교역액을 6단위로 집계해 반도체 장비의 비중을 파악한 강상지(2022)에 따르면 <표 4-1>의 상품들은 모두 반도체 장비의 비중이 70% 이상이며, 특히 848610을 제외한 다른 코드들은 90% 이상을 차지

- 미국의 대중국 반도체 수출통제에 대한 선행연구인 김혁중 외(2023)에서는 주로 848620에 해당하는 전공정 장비에서 수출통제 이전과 이후의 교역량을 비교

- 다만 해당 연구에서 밝혔듯 미국이 2022년 10월에 도입한 수출통제는 웨이퍼, 전공정, 후공정, 측정/검사 등 반도체 제조공정 전반에 걸

<표 4-1> 반도체 장비 HS 코드

HS코드	반도체 제조공정 분류
848610	웨이퍼 제조
848620	전공정
848640	후공정
848690	기타(8486류의) 부품

자료: 강상지(2022)를 참고해 저자 작성.

20) <http://stats.customs.gov.cn/indexEn>

쳐 폭넓게 적용할 수 있기에 우리의 연구에서는 더 넓은 상품들에 대해 분석을 진행

- 또한 중국의 주요 반도체 기업의 지역적 분포를 참고해 주로 중국계 반도체 제조 기업들이 소재한 지역과 외국계 반도체 제조 기업들이 소재한 지역을 구별
  - 김혁중 외(2023)에서는 중국의 주요 반도체 제조시설을 성별로 분류함. 중국계 주요 반도체 기업들의 제조시설들은 주로 베이징, 상하이(SMIC), 안후이성(CXMT), 후베이성(YMTC) 등에 위치하는 반면, 외국계 주요 반도체 기업들의 제조시설들은 산시성(삼성전자), 장쑤성(SK Hynix, TSMC, UMC), 랴오닝성(SK Hynix), 푸젠성(UMC) 등에 주로 위치
  - 중국의 주요 성 및 도시별 반도체 장비 수입액은 <표 4-2>와 같음.
- 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제가 주로 동지국(like-minded countries)들에 기반한 외국계 반도체 제조 기업들보다 중국계 반도체 제

<표 4-2> 중국 주요 성/도시별 반도체 장비 수입액

단위: 십억 달러

순위	성/도시	수입액	주요 반도체 제조시설
1	장쑤	14.49	SK Hynix(한국), TSMC, UMC(대만)
2	상하이	14.16	SMIC(중국), TSMC(대만)
3	후베이	10.25	YMTC(중국)
4	안후이	8.52	CXMT, NexChip(중국)
5	베이징	7.61	SMIC(중국)
6	산시	6.48	삼성전자(한국)

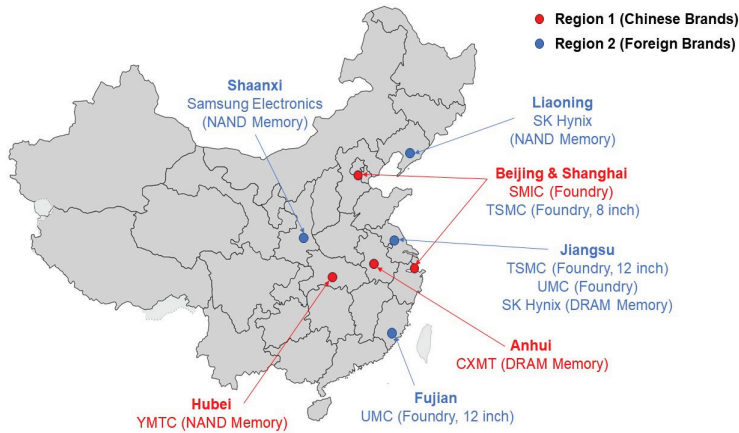
자료: 1) 중국 성별 수입액은 중국 해관 총서 통계(검색일: 2023. 7. 21)를 토대로 저자 작성, 기간은 2021. 1~2023. 6.

2) 중국 성별 반도체 제조시설 위치는 김혁중 외(2023) 참조.

조 기업들을 대상으로 한다면, 반도체 제조설비의 지역적 분포를 기준으로 외국계 기업들이 주로 소재하는 지역보다 중국계 기업들의 비중이 높은 지역에서 더 큰 규모의 반도체 제조 장비 수입 감소를 경험할 개연성이 높음.

- 이러한 가설에 기반해 본 연구는 김혁중 외(2023)를 참조, 베이징, 상하이, 안후이성, 후베이성을 중국 반도체 제조설비들이 있는 지역으로, 산시성, 장쑤성, 랴오닝성, 푸젠성을 외국계 반도체 제조설비들이 있는 지역으로 분류(<그림 4-1> 참조)
- 이들 8개 성/도시의 반도체 장비 수입액은 중국 전체 반도체 장비 수입액의 75%를 차지

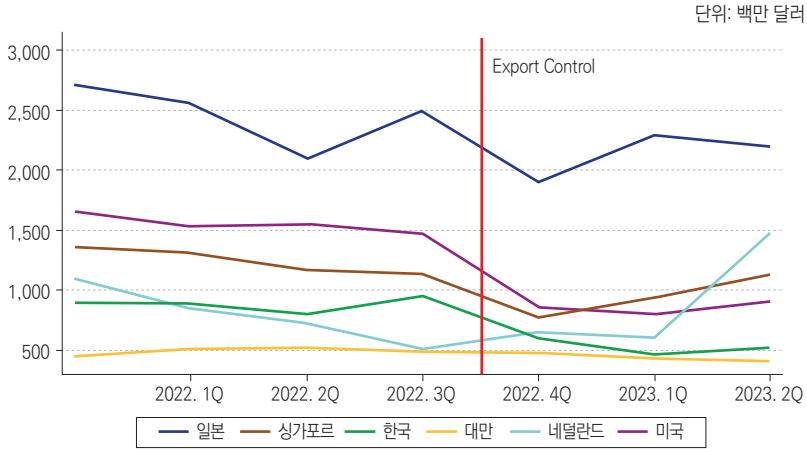
<그림 4-1> 중국의 주요 반도체 제조 시설 분포



- <그림 4-2>는 2021년 4분기부터 2023년 2분기까지 주요 수입국들에 대한 분기별 반도체 장비 수입액 추세를 그린 것

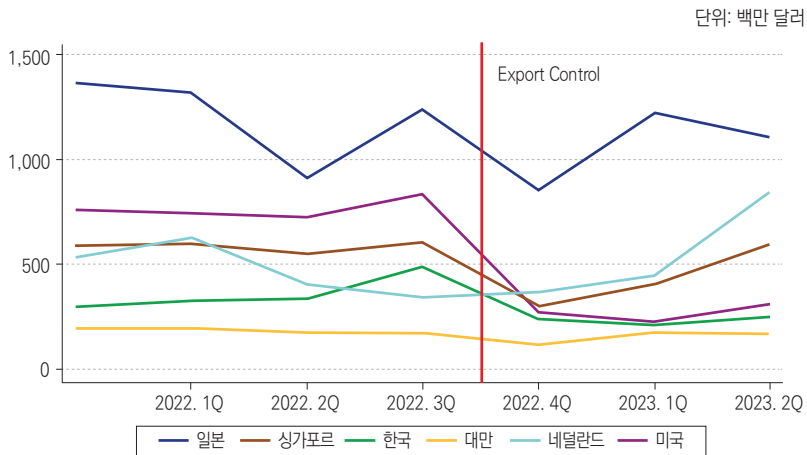
- 수출통제가 도입된 2022년 4분기 이후 대부분의 국가로부터 중국의 반도체 장비 수입액은 감소 추세임.

〈그림 4-2〉 주요 수입국별 중국의 반도체 장비 수입



자료: 중국 해관 총서 통계(검색일: 2023. 7. 21)를 토대로 저자 작성.

〈그림 4-3〉 주요 수입국별 반도체 장비 수입(중국계 반도체 제조설비 지역)



자료: 중국 해관 총서 통계(검색일: 2023. 7. 21)를 토대로 저자 작성.

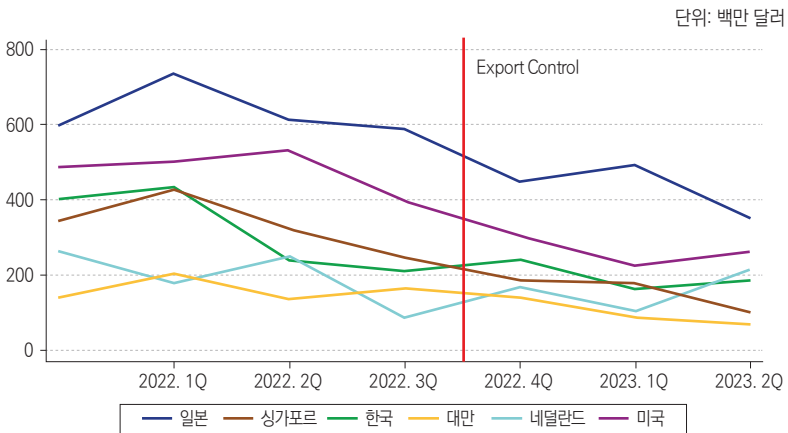
- 그러나 이미 수출통제 도입 이전부터 감소세를 보였으며 수출통제를 전후해 추세의 기울기 변화가 없다는 점에서 2022년 4분기 이후의 반도체 장비 수입 감소를 온전히 미국의 대중국 수출통제의 효과로만 해석하기는 어려움.

○ 보다 세분화해서 중국계 반도체 기업들의 제조설비가 위치한 지역과 외국계 반도체 기업들의 제조설비가 위치한 지역들로 구분해 반도체 장비 수입 추세를 살펴보면 다소 다른 양상을 관찰할 수 있음.

- 중국계 반도체 기업들의 제조설비들이 주로 위치한 지역에서는 미국으로부터의 반도체 장비 수입액이 2022년 4분기를 전후해 급감하였으며 이후 지속적으로 수입액이 낮은 것을 볼 수 있음(<그림 4-4> 참조).

- 2022년 4분기 이전에는 미국으로부터의 반도체 장비 수입액은 분기당 평균 8억 9,000만 달러 수준이었으나 2022년 4분기 이후 분기당

<그림 4-4> 주요 수입국별 반도체 장비 수입(외국계 반도체 제조설비 지역)



자료: 중국 해관 총서 통계(검색일: 2023. 7. 21)를 토대로 저자 작성.

평균 3억 3,000만 달러 수준으로 수입통제 이전 대비 37% 수준으로 감소하였음. 반면 일본, 한국 등 다른 주요 국가들로부터는 이러한 추세가 보이지 않음.

- 반면 외국계 반도체 기업들의 제조설비들이 위치한 지역에서도 반도체 장비 수입의 감소가 관찰되지만 이러한 감소 추세는 수출통제가 도입된 2022년 4분기 이전부터 시작되었음(〈표 4-3〉 참조). 따라서 이들 지역에서의 반도체 장비 수입 감소는 수출통제의 영향이 아닌 다른 시장 수요/공급 요인들의 영향이었을 가능성이 더 커 보임.

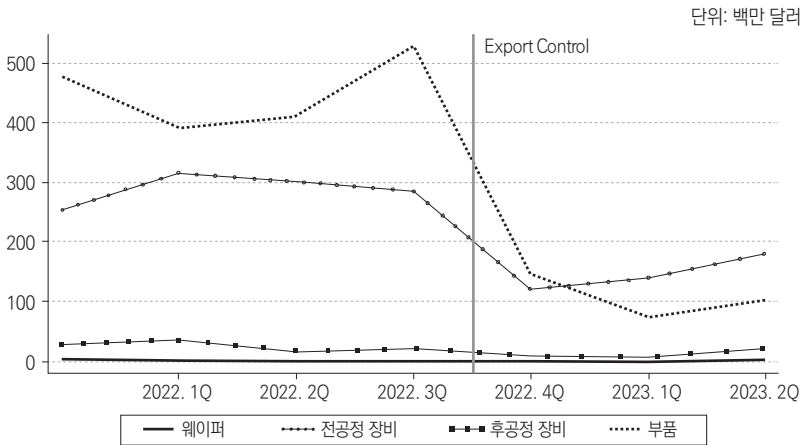
〈표 4-3〉 지역별 중국의 대미국 반도체 장비 수입액

단위: 백만 달러

분기	2021. 4Q	2022. 1Q	2022. 2Q	2022. 3Q	2022. 4Q	2023. 1Q	2023. 2Q
중국계 지역	854.6	838.1	888.6	980.3	348.8	264.4	372.7
외국계 지역	517.5	558.6	607.6	441.1	322.7	260.1	305.5

자료: 중국 해관 총서 통계(검색일: 2023. 7. 21)를 토대로 저자 작성, 기간은 2021. 4분기~2023. 2분기

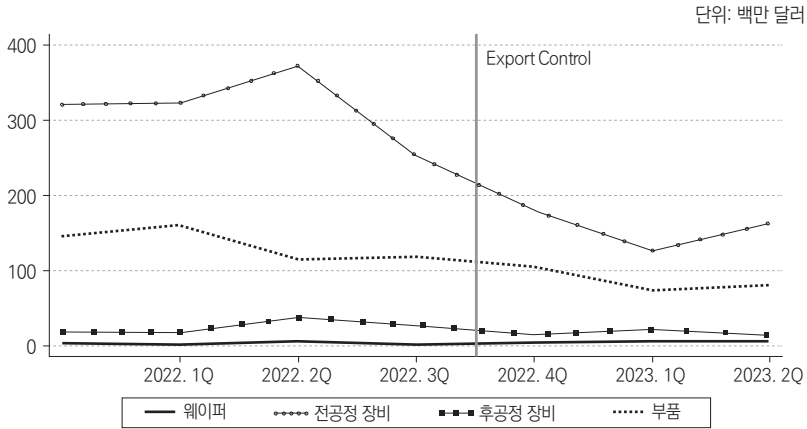
〈그림 4-5〉 반도체 제조공정별 대미국 반도체 장비 수입(중국계 반도체 제조설비 지역)



자료: 중국 해관 총서 통계(검색일: 2023. 7. 21)를 토대로 저자 작성.



〈그림 4-6〉 반도체 제조공정별 대미국 반도체 장비 수입(외국계 반도체 제조설비 지역)



자료: 중국 해관 총서 통계(검색일: 2023. 7. 21)를 토대로 저자 작성.

○ 중국의 대미국 반도체 장비 수입을 반도체 제조공정에 따라 살펴보면 미국의 반도체 장비 수출통제의 효과가 더욱 분명하게 관찰됨.

- 반도체 제조공정에 따라 볼 때 중국계 반도체 기업들의 제조설비들이 주로 위치한 지역에서 미국으로부터 반도체 장비 수입액은 부품이 가장 큰 비중을 차지하며 전공정 장비가 다음을 차지함.
- 부품의 경우 미국의 수출통제 이전 평균 4억 5,000만 달러 규모에서 수출통제 이후 1억 1,000만 달러 수준으로 통제 이전 대비 24% 수준으로 급감하였음. 전공정 장비 또한 2억 9,000만 달러에서 1억 5,000만 달러로 절반 수준으로 떨어진 것을 확인할 수 있음. 특히 부품의 경우 2022년 3분기 5억 3,000만 달러 규모에서 4분기 1억 5,000만 달러로 급감한 이후 회복하지 못하는 모습임(〈그림 4-6〉 참조)
- 반면 외국계 반도체 기업들의 제조설비들이 주로 위치한 지역에서는 전공정 장비가 가장 큰 비중을 차지. 전공정 장비의 경우 수출통제 이

〈표 4-4〉 반도체 제조공정별 분기별 평균 중국의 대미국 반도체 장비 수입액

단위: 백만 달러

		전체	웨이퍼	전공정	후공정	부품
중국계 지역	수출통제 이전	890.4	1.8	288.9	25.1	451.7
	수출통제 이후	328.6	1.1	147.0	11.8	107.8
외국계 지역	수출통제 이전	531.2	2.5	317.5	24.8	135.3
	수출통제 이후	296.1	4.9	156.3	16.8	86.5

자료: 중국 해관 총서 통계(검색일: 2023. 7. 21)를 토대로 저자 작성, 기간은 2021. 4분기~2023. 2분기.

전 3억 2,000만 달러 규모에서 통제 이후 1억 6,000만 달러 규모로 감소한 것이 관찰되지만, 이러한 감소세는 통제 이전인 2022년 2분기부터 시작되었다는 점에서 감소세 전체를 수출통제의 효과로 해석하기 어려운 부분이 있음<sup>21)</sup>(〈그림 4-6〉 참조).

## 2. 분석 방법론

- 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제가 수출/수입에 미친 정책효과를 추정하기 위해 통제집단합성법(Synthetic Control Methods, 이하 SCM)을 사용
  - 통제집단합성법은 Abadie and Gardeazabal(2003), Abadie et al. (2010, 2014) 등에서 제시된 이후 최근 정책효과 추정을 위한 응용미시계량경제학에서 활발히 사용되고 있음.<sup>22)</sup>

21) 외국계 반도체 생산설비가 주로 위치한 지역에서 대미국 반도체 전공정 제조장비 수입액을 월별로 살펴보면 수출통제 5개월 전인 2022년 5월 1억 9,000만 달러 규모로 최고치를 달성한 이후 지속적으로 하락하는 것을 볼 수 있음.

22) 2021년 노벨경제학상 수상자 Guido Imbens 교수는 Susan Athey 교수와 함께 작성한 최

○ 통제집단합성법의 철학은 기본적으로 외생적인 정책이 실제로 도입 되었을 때, 만약 정책이 실제로 도입되지 않았다면 정책의 영향을 받은 이들의 성과변수가 어떻게 될지 그 반사실적 결과변수(counterfactual outcome)를 예측, 이를 통해 정책효과를 추정하고자 하는 것을 목적으로 함.

- 경제주체가  $J+1$ 개( $i \in 1, \dots, J+1$ ), 시점은 1기부터  $T$ 기까지 존재( $t \in 1, \dots, T_0, \dots, T$ )하는 상황을 가정함. 이때 경제주체  $i = 1$ 에 시점  $T_0$ 에 어떤 외생적인 정책이 도입된 상황을 가정함.

- 즉, 경제주체 단위에서  $i = 1$ 은 정책군(Treated Group),  $i \in 2, \dots, J+1$ 는 대조군(Donor Pool 또는 Control Group)이 됨. 시점을 보면 외생적인 정책이 도입된  $T_0$ 를 기준으로 전후를 각각 정책 이전 시기(Pre-treatment period)와 정책 이후 시기(Post-treatment period)로 구분지을 수 있음.

- 관심 변수를  $Y$ 라고 하면, 우리가 알고자 하는 정책효과(Treatment Effect)  $T$ 는 다음과 같이 쓸 수 있음.

$$T_{1,t} = Y_{1,t}^I - Y_{1,t}^N, (t \in T_0, \dots, T)$$

위 수식에서  $Y_{1,t}^I$ 는 정책 이후 시기 정책군의 관심 값으로 정책 도입 이후 실제로 관찰되는 값임.

- 반면  $Y_{1,t}^N$ 는 정책이 없는 상황에서 정책군의 관심 변수의 값으로 실제로는 관찰되지 않는 반사실적 변수임. 따라서 정책효과의 정확한

---

근 정책평가와 관련한 응용계량경제학 문헌 리뷰 논문에서 통제집단합성법에 대해 “지난 15년간 정책 평가 문헌에서 가장 중요한 혁신”이라고 평가한 바 있음. Athey and Imbens(2017) 참조.

추정을 위해서는  $Y^{N,t}$ 를 어떻게 합리적으로 추정할 것인가가 중요한 문제가 됨.

- 통제집단합성법은 설명변수  $X$ 를 사용, 정책 이전 시기에 정책군의 설명변수  $X_1$ <sup>23)</sup>와 가장 가깝도록 대조군의 설명변수 조합을 찾음. 즉,

$$W^* = \arg \min \| X_1 - X_0 W \|$$

를 만족하는 최적 가중치  $W^* = \{\omega_2^*, \dots, \omega_{j+1}^*\}$ 를 찾은 후, 이 가중치를 사용해 정책효과를 다음과 같이 추정함.<sup>24)</sup>

$$\begin{aligned} \hat{T}_{1,t} &= Y_{1,t}^I - \hat{Y}_{1,t}^N \\ &= Y_{1,t} - \sum_{j=2}^{J+1} \omega_j^* Y_{jt} \end{aligned}$$

- 통제집단합성법은 기존의 다른 정책효과 추정법(e.g. 이중차분법, 성향 점수 매칭 등)에 비해 갖는 장점으로 ① 데이터를 통해 정책 이전에 관찰된 관심 변수의 값을 사용, 정책군에 가장 유사하도록 최적의 대조군을 만든다는 점, ② 이를 통해 반사실적 정책군을 구성하기 위해 중요한 역할을 하는 대조군이 어떤 것들인지 연구자가 직접 확인할 수 있다는 점, ③ 실제 정책군과 반사실적 정책군의 적합도를 시각적으로 비교, 평가할 수 있다는 점 등을 제시할 수 있음.

○ 우리의 연구 맥락에서 통제집단합성법을 적용하기 위해 구체적으로 고려할 사항들은 다음과 같음.

23) 이때 설명변수  $X$ 로는 외생적으로 주어지는 변수와 종속변수의 정책 이전 시기 값, 혹은 이들의 조합 등으로 고려할 수 있음.

24)  $0 \leq \omega_j^* \leq 1, \sum_{j=2}^{J+1} \omega_j^* = 1,$

- 먼저 정책군은 미국의 수출통제 정책의 대상이 되는 반도체 장비 상품들(HS code 848610, 848620, 848640, 848690)임.
- 정책군에 대한 반사실적 결과를 얻기 위한 대조군을 정하는 데 두 가지 접근법을 생각해 볼 수 있음.
  - 첫 번째는 같은 반도체 장비 안에서 미국이 아닌 다른 국가들로부터의 수입을 조합하는 것임('Within Product, Across Country').
  - 두 번째는, 미국으로부터의 수입 가운데 반도체 장비와 특성이 유사하지만, 미국 반도체 수출통제 정책의 대상이 아닌 상품들의 조합임('Within Country, Across Product').
  - 첫 번째 방법은 두 번째 방법에 비해 국가 간 지리적 거리, 1인당 소득과 같은 전통적인 중력 변수(Gravity variables)들을 설명변수로 활용할 수 있다는 장점이 있기에, 본 연구에서는 첫 번째 방법을 선택함.<sup>25)26)</sup>
- 통제집단합성법을 실행하는 데 주의할 점으로 먼저 정책 이후 시기를 예측하기 위해 데이터에서 사용되는 정책 이전 시기의 관측치가 충분히 길어야 함. 본 연구에서는 수출통제 정책 도입 이후 4분기(2022년 4분기부터 2023년 3분기까지)에 대한 반사실적 결과를 예측하기 위해 정책 도입 이전 12분기(2019년 4분기부터 2022년 3분기까지)의 관측치를 사용함.

25) 첫 번째 방법에 따라 SCM 분석을 통해 반사실적 대조군을 예측할 때 있을 수 있는 한계에 대해서는 결론에서 서술함.

26) 다만 반도체 공정 중 부품(848690)의 경우 미국이 최대수입국인 관계로 정책군이 전체 국가의 분포에서 가장 극단에 위치, 첫 번째 방법을 적용할 경우 적절한 반사실적 정책군을 만들기 위한 대조군들의 볼록 조합(convex combination)을 찾기 어려움. 이러한 문제로 인해 반도체 장비 부품에 한정해 두 번째 방법을 적용. HS 84군의 반도체 장비가 아닌 다른 상품들의 대미국 수입에서 대조군을 선정한 후 SCM을 적용함.

- 또한 정책 이전 기간이 짧고, 대조군의 수가 지나치게 많은 경우, 소위 'small  $T_0$ , large  $J$ ' 문제로 알려진, 과도한 적합 편의(over-fitting bias)가 심각할 수 있다고 알려져 있음.<sup>27)</sup> 이러한 문제를 완화하기 위해 문헌에서의 조언을 따라, 잠재적 대조군 후보그룹에서 정책 이전 시기 동안 종속변수 관측치 평균값이 정책군 관측치 평균의 0.5배 이상인 관측치들만을 잠재적 대조군에 포함하였음.
  - 설명변수 선택과 관련해 앞서 서술한 바와 같이 먼저 국가 간 상품 무역에 영향을 미치면서 외생적으로 주어진 중력 변수로 국가 간 지리적 거리와 1인당 GDP 변수를 채택
  - 이에 더해 정책군과 대조군 사이의 적합도(goodness-of-fit)를 높이기 위해 관심 변수의 과거 값들을 추가적인 설명변수로 채택함.
  - 이때 관심 변수의 과거값들을 개별 기간별로 각각 독립적인 설명변수로 채택할 경우, 외생적인 설명변수(우리의 연구에서는 중력 변수)들이 설명력을 잃을 수 있으며 이로 인한 과도한 적합 편의가 발생할 수 있음을 주의하라는 선행연구가 있음.<sup>28)</sup> 이러한 선행연구를 반영하여, 본 연구에서는 과거 관심 변수들을 연도별로 평균하여 사용
- 마지막으로 SCM 연구 문헌을 따라, SCM을 통해 얻은 추정치의 통계적 유의성을 검증하기 위해 위약 검사(Placebo Tests)를 수행
- 위약 검사는 대조군 각각에 대해, 마치 이들이 정책의 영향을 받은 정책군인 것처럼 SCM을 수행한 후 실제 정책군의 결과와 차이가 어떠한지를 살피는 절차

27) Abadie et al.(2015), Abadie(2021).

28) Kaul et al.(2022).

- 일반적으로 위약 검사를 실행할 때 실제 정책군과 대조군 각각에 대한 SCM 결과 비교는 정책 도입 이전 시기와 이후 시기 사이 평균 제곱근 예측 오차<sup>29)</sup>의 비율<sup>30)</sup>이 얼마나 다른지를 평가함.
- 정책군과 대조군 사이의 RMSPE 비율의 차이가 클수록 발견한 정책군의 정책효과가 다른 대조군에서도 발견되는 공통적인 효과가 아닌 정책군에 특정하게 해당되는 정책효과로 해석할 수 있음<sup>31)</sup>(위약검사의 결과는 <부록> 참조).
- 또한 SCM 추정치의 통계적 유의성을 나타내는 p-value 또한 위약검사를 통해 얻은 RMSPE 비율의 크기를 통해 도출

### 3. 분석 결과

- SCM 분석에 따른 주된 분석 결과는 <그림 4-7>과 같음. 실선이 중국의 실제 대미국 반도체 장비 수입 추세를, 점선이 SCM 분석을 통해 예측(predict)한 중국의 반사실적 대미국 반도체 장비 수입을 나타냄.
- 수출통제가 시작된 2022년 4분기 이후 실선과 점선 사이에서 뚜렷한 분리가 나타나며 이를 수출통제 도입에 따른 정책 효과로 해석할 수 있음.

29) Root Mean Square Prediction Error(RMSPE).

30) 정책 이전 시기와 이후 시기 RMSPE 비율(Pre/Post RMSPE Ratio)은 다음과 같이 정의될 수 있음.

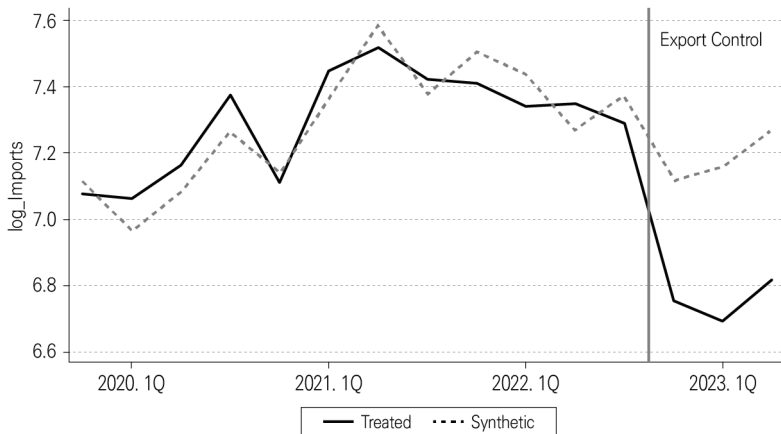
$$RMSPE \text{ 비율} = \frac{\text{정책 이후 RMSPE}}{\text{정책 이전 RMSPE}} = \frac{\frac{1}{T-T_0+1} \sum_{t=T_0}^T (y_{it} - \hat{y}_{it})^2}{\frac{1}{T_0-1} \sum_{t=1}^{T_0-1} (y_{it} - \hat{y}_{it})^2},$$

위 식에서  $\hat{y}$ 는 SCM 모형을 통해 추정된 관심 변수의 예측치.

31) 일반적인 SCM 연구들에서 위약 검사의 결과는 정책군. 그리고 대조군 각각에 대해 SCM을 적용한 후 이들의 추세를 시각적으로 보여주거나(Eyeball Tests) 정책 이전과 이후 시기 RMSPE 비율의 분포를 제시함. 본 연구의 위약 검사 결과는 <부록 1>에 수록함.

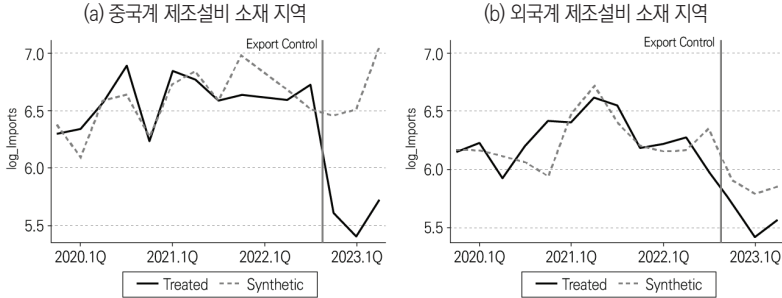
- 반도체 장비 수출통제 정책으로 2022년 4분기부터 2023년 2분기까지 3분기 동안 추정된 정책효과는 34.8% 수준임. 위약 검사(Placebo Tests)를 통해 얻은 RMSPE 비율로 계산한 p-값은 0.03 수준으로 통계적 유의성을 확인
- 지역별 분포에 따라 분석을 수행할 경우 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제의 효과가 더욱 뚜렷
  - 중국계 반도체 기업들의 생산설비가 위치한 지역(안후이, 허베이, 베이징, 상하이)에 대한 분석 결과는 <그림 4-8(a)>와 같음. 추정된 수출통제의 정책효과는 정책 도입 이후 약 67.5%로 나타나며 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것을 확인하였음.
  - 반면 외국계 반도체 기업들의 생산설비가 위치한 지역(산시, 장쑤, 랴오닝, 푸젠)에 대한 분석에서는 수출통제의 정책 효과가 24%대로 더 작으며 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타남(<그림 4-8(b)> 참조).

<그림 4-7> SCM 분석 결과: 중국의 대미국 반도체 장비 수입





〈그림 4-8〉 SCM 분석 결과: 중국의 대미국 반도체 장비 수입(지역별)



〈표 4-5〉 SCM 분석 결과: 분기별 정책 효과

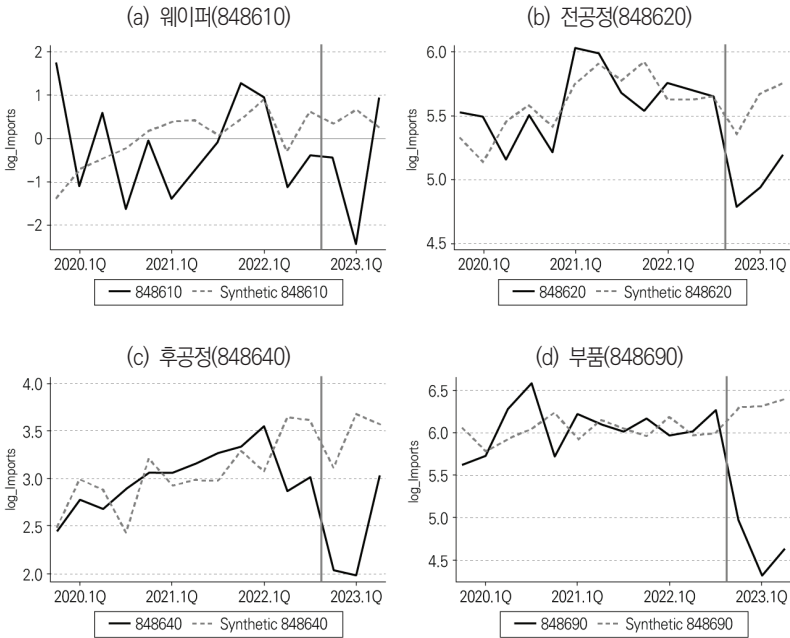
	전체	중국계 설비 지역	외국계 설비 지역
2022. 4분기	30.44%	56.94%	17.39%
2023. 1분기	37.29%	67.08%	30.88%
2023. 2분기	36.43%	73.60%	24.97%
전 기간	34.84%	67.52%	24.15%
p-value	0.03	0.03	0.59

- 이는 외국계 반도체 기업들의 생산 설비가 위치한 지역에서는 반도체 장비 수출통제가 도입되기 이전인 2021년 중반부터 이미 대미국 반도체 장비 수입의 감소 추세가 시작되었고, 따라서 SCM을 통해 예측한 반사실적 추세가 정책 도입 이전부터 실제 수입의 하락추세를 따라가기 때문인 것으로 설명할 수 있음.
- 앞의 지역별 분석에서 뚜렷한 대미국 반도체 장비 수입의 감소를 발견한 중국계 반도체 기업의 제조 설비가 위치한 지역에 대해, 공정별 로도 각각 SCM 분석을 실시
- 분석에 따르면 가장 명확하게 수입 감소의 정책 효과를 관찰할 수 있

는 반도체 장비는 부품(HS 848690)으로 반도체 장비 수출통제 이후 80.9%의 수입 감소가 추정됨.

- 이러한 발견은 주로 전공정과 후공정에 걸쳐 미국산 반도체 장비의 유지 및 보수에 사용되는 부품들에 대해 수출통제의 효과가 더욱 강하게 도입된 것으로 추측해 볼 수 있음.
- 그 밖에 전공정(HS 848620) 및 후공정(HS 848640)에서도 일정 정도의 반도체 장비 수입 감소가 관찰되지만 감소추세가 수출통제 정책 도입 이전에 시작되는 등으로 인해 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타남.

〈그림 4-9〉 SCM 분석 결과: 중국의 대미국 반도체 장비 수입 (공정별, 중국계 제조설비 소재 지역)



〈표 4-6〉 SCM 분석 결과: 분기별 정책 효과(공정별, 중국계 제조설비 소재 지역)

	웨이퍼	전공정	후공정	부품
2022. 4분기	54.80%	42.84%	66.17%	73.20%
2023. 1분기	95.45%	51.77%	81.72%	86.37%
2023. 2분기	-98.08%	42.81%	41.65%	82.92%
전 기간	29.37%	46.00%	63.55%	80.93%
p-value	0.14	0.13	0.18	0.07

- 위와 같은 SCM 분석을 통해 주로 중국계 반도체 제조 설비가 위치한 지역에서, 수출통제로 인한 상당한 규모의 반도체 장비 수입액 감소를 확인
  - 또한 공정별로 볼 때 부품에서 가장 뚜렷한 대미국 수입액의 감소를 확인
- 이러한 수입액의 감소가 반도체 장비의 단위 가격 변동에 따른 가격 효과(Price Effects)에 의한 것인지, 혹은 수입 수량 감소에 따른 수량 효과(Quantity Effects)에 의한 것인지를 분해(decomposition)해 파악할 필요
  - 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제로 인해 중국의 대미국 반도체 장비 수입 수량 감소가 수입액 감소의 주된 원인이라면 수량 효과가 가격 효과보다 클 것이라고 예상 가능
- 중국 해관 통계는 세번 8단위에서 단위(unit) 및 수입 수량(import quantity)에 대한 정보를 제공하기에 가격 및 수량 효과의 분석을 시도해 볼 수 있음.
  - 다만 8단위로 세분화된 모든 상품에 대해 SCM을 시도할 경우 일부 상품들은 전 기간에 걸쳐 관측치가 충분하지 않는 등의 문제가 있기

때문에 모든 상품에 걸쳐 신뢰할 만한 일관성 있는 추정치를 얻기가 어렵다는 문제가 있음.

- 따라서 가격효과와 수량효과에 대한 분해는 SCM 분석을 시도하는 대신에 정책 도입 이전과 이후 수입액 변동을 로그 변환 후 테일러 근사식을 적용해 분해<sup>32)</sup>, 반도체 장비 수입액 감소가 가격변동과 수량 변동 중 주로 어떤 요인에 대해 설명될 수 있는지 유추하는 방식으로 시도

○ <표 4-7>은 세번 8단위에서 수입액 감소를 가격효과와 수량효과로 분해한 결과

- <표 4-7>에 따르면 반도체 장비 수입에서 가장 큰 부분을 차지하는 주요 품목들인 반도체 장비 부품과 전공정에 사용되는 이온 주입기의 경우 수량 감소로 설명되는 부분이 단위 가격 감소에 의한 부분보다 훨씬 큰 것으로 나타남.
- 이들 품목의 수입액 감소는 주로 미국 반도체 장비 수출통제 조치로 인한 장비 수입 수량 감소로 인한 것임을 유추할 수 있음.
- 반면 전공정의 일부 품목(건식 식각, CVD 등)의 경우 가격 효과로 인한 감소가 크게 나타나, 이들 품목에 대해서는 수출통제로 인한 수입 물량의 감소가 아닌 가격 변동이 주된 요인이었을 것으로 추측됨.

32) 정책 도입 이전과 이후 대미국 반도체 장비 수입액에 대해 가격변화로 인한 부분과 수량 변화로 인한 부분으로 다음과 같이 분해.

$$\log\left(\frac{P_{t+1}Q_{t+1}}{P_tQ_t}\right) = \log\left(1 + \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t}\right) + \log\left(1 + \frac{Q_{t+1} - Q_t}{Q_t}\right)$$

$$\text{우변의 각 항에 대해 로그함수의 테일러 근사식 적용 } \log(1+x) \approx x - \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{3}x^3 - \frac{1}{4}x^4$$

〈표 4-7〉 반도체 장비 수입액 변동의 분해

단위: %

HS 코드 (8단위)	HS 코드 설명	비율	공정	수입 감소분	가격 효과	수량 효과
84869099	Other parts and accessories of machines of heading 84.86	57.71	부품	-76.65	-14.06	-79.33
84862050	Ion implanters	9.17	전공정 (이온 주입)	-29.73	-17.43	-82.50
84862041	Dry plasma etching for the manufacture of semiconductor or IC	7.12	전공정 (건식 식각)	-59.59	-109.70	15.40
84862021	Chemical Vapour Deposition(CVD) equipment	5.13	전공정 (CVD)	-39.83	-110.42	11.35
84862010	Oxidation, diffusion, annealing and other heat treatment equipment for the manufacture of semiconductor or IC	4.54	전공정 (열처리)	-57.43	-49.32	-50.34
84862022	Physical Vapour Deposition(PVD) equipment for the manufacture of semiconductor or IC	4.40	전공정 (PVD)	-46.44	-91.09	-8.10
84862090	Other apparatus for the manufacture of semiconductor devices	3.70	전공정	-87.48	-68.89	-19.27
84862029	Other film deposition equipment for the manufacture of semiconductor or IC	2.49	전공정 (기타 증착)	-12.29	-10.18	-89.82
84864039	Other apparatus solely used for lifting boules, wafers etc.	1.77	후공정	-66.97	-33.72	-64.98
84862049	Other etching and stripping equipment for the manufacture of semiconductor or IC	0.86	전공정 (기타 식각)	-67.02	-62.40	-36.45

## 제5장

# 정책적 시사점



### 1. 미국의 대중 반도체 수출통제와 중국의 대응 전망

#### (1) 미국의 대중 반도체 수출통제의 영향

- 제4장의 SCM 분석 결과에 따르면 미국의 대중국 수출통제는 중국의 대미국 반도체 장비의 수입을 감소시킴.
  - 미국의 반도체 장비 수출통제 정책으로 2022년 4분기부터 2023년 2분기까지 3분기 동안 추정된 정책효과는 34.8% 수준
- 지역별 분포에 따라 분석을 수행할 경우 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제의 효과가 더욱 뚜렷
  - 특히, 반도체 장비 부품(HS 848690)은 미국의 반도체 장비 수출통제 이후 80.9%의 수입 감소가 추정됨.
- 미국의 대중국 반도체 장비 수출통제는 중국 반도체 수입에 확연하게 영향을 미침.

- 2023년 10월에 발표된 새로운 조치로, 기존 수출통제를 우회하였던 중국의 시도까지 차단될 것으로 보여 중국의 대미 반도체 장비 수입 감소는 더욱 확대될 전망
- 다만, 미국의 수출통제 조치가 오히려 중국 반도체산업의 기술자립 의지를 촉진한 측면이 있음.
- 미국의 수출통제 조치로 반도체 장비의 국산화가 불가피해진 중국은 반도체 제조장비 및 팹리스, 후공정에 이르기까지 가치사슬 전반에 대한 국산화 노력을 가속화
- 일본의 요미우리신문은 중국 정부가 2022년 11월에 자국 전기차에 사용되는 반도체 등 전자제품을 중국산만 사용하라고 내부적으로 지시했다 보도
- 중국은 파운드리/IDM을 증설하면서 장비 수요를 촉진하고, 반도체 장비를 국산으로 대체하는 정책을 추진하면서 국산화율이 제고

〈표 5-1〉 중국 반도체 장비 국산화율 및 양산 현황

공정/기업	국산화율 (2021)	북방화창	AMEC	ACM Research	PIOTECH	화하이칭커	만업기업	KINGSEMI	E-Town
열처리	12%	28nm		○					○
도포	25%							I-line, KrF (0.18μm)	
노광	0%								
식각	30%	14nm	5nm	○					○
PR스트립	85%								5nm
이온주입	0%						28nm		
증착	10%	14nm (PVD)	○		28nm (PECVD)				
CMP	32%					28nm			
세정	45%	○		28nm				○	

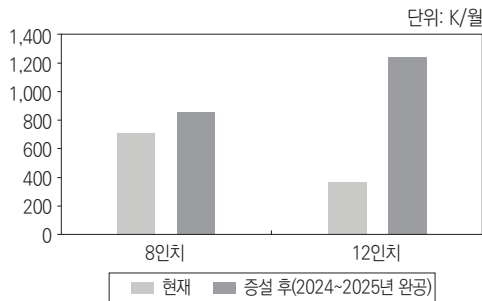
자료: 박초화(2023), 「중국 반도체 국산화」, p. 2.

- 식각, PR스트립, 세정, CMP 장비 등은 이미 30~85%까지 국산화를 실현

## (2) 중국의 레거시 반도체 생태계 구축과 기술 굴기의 향방

- 중국은 미국의 수출통제에 대응하여 28nm 이상과 같은 성숙한 공정 기술에 공격적으로 집중
  - 특히, SMIC는 28nm 이상 레거시 공정 증설에 집중하면서 2022년 3개의 12인치 공장을 증설하였으며, 2022년 8월에는 텐진 시칭에 75억 달러를 투자하여 월 10만 장의 12인치 공장을 추가 건설
  - 중국기업의 12인치 생산능력은 월 80만 장에서 2025년 220만 장 수준이 예상되며, 중국 12인치 점유율은 2021년 19%에서 23%로 증가할 전망(SEMI)<sup>33)</sup>

〈그림 5-1〉 중국 파운드리/IDM 증설 계획



자료: 강효주 · 김승민(2023), 「중국 반도체이야기」, KB증권리서치센터, p. 3.

33) Digitimes(2021. 9. 22), "SEMI: Chinese mainland will increase its 12-inch fab capacity to 25% in the global share in 2026", <https://www.digitimes.com/news/a20210922PD203.html>(검색일: 2023. 12. 1).



- TrendForce(2023)에 따르면, 중국은 현재 44개의 반도체 웨이퍼 파운드리를 운영 중이고 추가로 22개를 건설 중이며, 2024년 말까지 중국은 32개 파운드리에서 레거시 반도체 생산을 확대할 것이라고 전망<sup>34)</sup>
  - 중국의 전 세계 레거시 공정 반도체의 점유율은 2023년 30% 내외에서 2027년 약 40%에 이를 것으로 예상
- 중국은 현재 생산 중인 장비 대부분 포토 공정을 제외한 대부분의 공정에서 28nm 반도체 장비의 생산능력을 확보
  - 레거시 반도체 생산에서 기술자립은 가능한 수준으로 평가
  - 향후 중국 파운드리 선단공정 증설 대응을 위한 기술력 축적 지속하되, 레거시 공정에서의 독립적인 생태계 구축을 위한 노력은 지속될 전망
- 또한, 5G, 전기차, ESS, 태양광 등의 반도체 수요 산업을 함께 성장시키면서 레거시 반도체 부문에서 중국 팹리스 및 장비 기업들의 우선적인 국산화 대체 및 점유율 확대가 이뤄질 전망
  - 예로, 전기차 산업의 빠른 성장으로 차량용 반도체와 전력 반도체 등 과거 주로 8인치 팹에서 생산되던 반도체들이 공급부족 사태를 겪으면서 12인치로의 전환되고 있으며, 중국 파운드리/IDM 기업들이 12인치 레거시공정 증설을 통해 점유율을 확대할 계획(박초화, 2023)<sup>35)</sup>
- 중국은 선단공정 제조 분야에서는 기술을 확보하지 못해 장기적으로는 장비 국산화 및 첨단반도체 생산에 어려움을 겪을 전망

34) The Korea Times(2023. 12. 24), "Beijing hits back at US plan to scrutinize China's role in legacy chip supply chain", [https://www.koreatimes.co.kr/www/world/2023/12/501\\_365673.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/world/2023/12/501_365673.html)(검색일: 2023. 12. 26).

35) 박초화(2023), 「중국 반도체 국산화」, 대신증권 리서치센터.

- 노광장비 같은 경우, 국산화율이 제로에 가깝고 SMEE의 28nm 장비의 양산 여부도 지켜봐야 하는 상황
  - 엔비디아 A100, H100뿐만 아니라, 저사양의 A800, H800도 수입이 어려워지면서 등 AI 서버 GPU에 대한 공급이 어려워질 전망
- 반면, 칩렛(Chiplet) 등의 패키징 분야에서 중국의 기술돌파 가능성과 팹리스 분야에서의 기술개발로 새로운 분야에서의 기술굴기 가능성도 상존
- 중국은 칩렛 분야에 대한 투자로 확대로 관련 생태계가 확장되고 있으며, RISC-V 등 새로운 분야에서 기술 자립을 위한 노력을 가속화하고 있어, 미국의 제재를 피해 기술굴기를 지속할 가능성도 주목해야 할 필요
- 블룸버그(2023. 12. 22)<sup>36)</sup>에 따르면, 2024년 1월 산업안보국(BIS)은 자동차, 항공우주, 국방 및 기타 분야의 100개 이상의 기업을 대상으로 레거시 칩을 조달하고 사용하는 방법을 조사할 예정
- 중국이 철강 및 태양열 분야에서 그랬던 것처럼 해당 산업을 가격경쟁력을 바탕으로 시장을 지배하는 것을 방어하고자 하는 미국의 선제 조치로 판단
- 다만, 레거시 반도체까지 미국의 대중국 조달제재가 내려간다고 하더라도, 배터리, 태양광 산업처럼 중국의 가격경쟁력을 극복하기 어려울 가능성도 존재

---

36) bloomberg(2023. 12. 22), "US to Gather Intelligence on Chinese Chipmakers as Biden Mulls Tariffs", <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-12-21/us-to-gather-intelligence-on-chinese-chipmakers-as-biden-mulls-tariffs>(검색일: 2023. 12. 26).

- 미국이 반도체과학법을 기반으로 보조금을 지급하고 있지만, 레거시 반도체에서 중국의 생산능력과 가격경쟁력 추월 가능성은 부정적

## 2. 시사점

### (1) 중국의 반도체 기술자립에 따른 대응 전략

- 미국의 제재로 첨단 공정기술 도입이 어려워지면서 중국은 레거시 반도체를 중심으로 집중적인 투자와 생태계 육성이 이뤄질 전망
  - 미국이 향후 중국 레거시 반도체 조달에 대한 제재를 개시하더라도 중국 레거시 반도체산업의 성장을 좌절시키기에는 한계가 존재
- 따라서, 우리는 레거시 공정에서의 중국의 기술자립과 메모리 등 우리와 경합하는 분야에서의 중국의 기술추격에 대응할 필요
  - 우리도 중국과 같이 반도체산업 전반에 대한 생태계 확장 전략을 추진할 필요
  - 현재 우리나라는 메모리 반도체 시장 및 기술에 집중하여 상대적으로 시스템반도체 생태계가 취약
- 팹리스 기업 등 시스템 반도체 기업을 양성하고, 삼성과 SK하이닉스 등의 대기업과 지나치게 연계되어 있는 생태계를 다양화할 필요가 있음.
  - 중국이 레거시 반도체의 생산능력과 가격경쟁력을 바탕으로 향후 글로벌 시장을 점유할 가능성을 배제할 수 없음.

- 팹리스, 후공정 등 상대적으로 취약한 주요 분야의 반도체 생태계를 확장하고, 글로벌시장 진출 등을 지원할 필요

## (2) 미·중 반도체 공급망 블록화에 따른 활용 전략

- 반도체를 둘러싼 미·중 간 갈등은 더욱더 심화될 것으로 전망되며, 레거시 반도체까지 범위가 확대될 경우에는 양국 간 시장, 기술, 공급망의 블록화는 더욱 심화될 전망
  - 이미, 미국의 대중국 반도체 수출통제로 인해 반도체 장비 분야에서의 교역 감소 및 공급망 블록화는 심화
- 미·중 간 반도체 공급망 블록화는 우리에게 도전이자 기회
  - 중국 내 디램 및 낸드플래시 등의 생산공장을 보유하고 있는 우리나라 기업들의 경우, 미국의 대중 제재로 중국 공급망에 대한 불확실성이 높아지는 측면이 있음.
  - 다만, 파운드리 기업의 미국시장 진출로 TSMC가 점유하고 있는 미국 시장을 개척할 수 있는 기회로 작용할 전망
  - 또한, 미국의 대중국 반도체 수출통제 및 기술제재가 우리 메모리 반도체 기업에는 중국의 추격을 지연시킬 수 있는 기회
- 향후, 레거시 반도체까지 중국에 대한 제재가 확산될 경우 우리에게 기회가 될 수 있는 부분도 존재
  - 향후 중국산 레거시 반도체에 대한 수입금지 등의 조달 제한이 있을 경우, 우리 메모리 기업에 대한 반사이익도 기대

- 미국의 대중국 제재가 YMTC, CXMT, SMIC 등에 초점이 맞춰질 것으로 가정할 경우, 삼성전자, SK하이닉스 등이 대체수요에 대응할 가능성도 높음.
- 따라서, 미국의 대중국 수출통제 및 기술제재를 면밀히 모니터링하고, 공급망 리스크 등의 대응전략뿐만 아니라, 공급망 재편을 활용하여 우리 기업의 이익과 국익을 극대화하기 위한 전략 필요

### (3) 차세대 전력 반도체 생태계 구축 전략

- 중국은 SiC, GaN 기반의 차세대 전력 반도체에 대한 육성 전략을 적극적으로 추진 중이며, 관련 강소기업을 육성하면서 생태계가 확장 중
  - 전력 반도체의 경우, EUV 장비가 없어도 양산이 가능하며 기술진입 장벽이 높지 않다는 장점이 있어, 중국은 동 분야에 대한 시장 확장에 투자를 집중하고 있음.
  - 전기차, 데이터 센터, 5G 등 통신 장비에 활용될 전망으로 관련 시장 수요가 확대되고 있는 중국에 빠르게 시장이 형성될 가능성이 높음.
  - 향후, 중국이 차세대 전력 반도체 분야에서 태양광, LFP배터리, LCD와 같이 제조 생산능력, 가격경쟁력 등을 바탕으로 글로벌 시장 지배력을 확대할 가능성도 배제할 수 없음.
- 따라서, 우리도 차세대 전력 반도체 분야에 대한 투자를 확대하고, 관련 생태계를 구축할 필요
  - DB하이텍, 삼성전자 등이 GaN, SiC 전력 반도체 분야에 대한 투자를 확대하면서 관련 사업을 개시

- 정부 차원에서도 차세대 전력 반도체 산업생태계 구축을 위한 적극적인 지원 필요

## 참고문헌

- 강상지(2022), 「최근 반도체 장비 교역 동향 및 시사점」, Trade Focus 2022년 25호, 한국무역협회 국제무역통상연구원.
- 강효주(2023), 「중국 AI/반도체 이야기」, KB투자증권.
- 강효주·김승민(2023), 「중국 반도체이야기」, KB증권리서치센터, p. 3.
- 김혁중 외(2023), 「미국의 대중 반도체 제조시설 수출통제에 따른 중국의 장비 수입 변화 분석」, 오늘의 세계경제, Vol. 23 No. 8, 대외경제정책연구원.
- 김혁중·연원호(2023), 「미국 반도체 수출통제 확대조치의 영향과 시사점」, 대외경제정책연구원.
- 박초화(2023), 「중국 반도체 국산화」, 대신증권 리서치센터.
- 여태경(2023), 「중국의 변화와 미래2」, 현대차증권.
- 오종혁(2023), 「중국의 반도체 국산화 추진현황과 시사점」
- S&T GPS(2023), 「중국 기업, 반도체 오픈 생태계 'RISC-V'로 돌파구 모색」.
- kotra(2023), 「중국 반도체 산업 현황과 육성 정책」.
- KSIA(2022), 「중국 차량용 반도체 산업현황」.
- 삼성증권(2023), 「중국 반도체 Update」.
- 조은교 외(2021a), 「미·중 기술패권 경쟁과 우리의 대응전략: 반도체·인공지능을 중심으로」, 산업연구원.
- \_\_\_\_\_ (2021b), 「중국 반도체 산업의 공급망 변화와 우리의 대응」, 산업통상자원부 연구용역.
- 조은교(2023), 「중국 반도체산업의 가치사슬별 국산화 현황과 시사점」, 중국전문가포럼
- 현대차증권(2023), 「중국 반도체기업 탐방 후기」.
- KIAT(2022), 「미국의 대중 반도체 칩 수출 중단 조치(美 DoC, 10.7)」, 정책동향, 산업기술 동향위치.
- Abadie, A.(2021), "Using Synthetic Controls: Feasibility, Data Requirements,

- and Methodological Aspects”, *Journal of Economic Literature*, 59(2), pp. 391-425.
- Abadie, A. and Gardeazabal. J.(2003), “The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country”, *American Economic Review*, 93(1), pp. 113-132.
  - Abadie, A. Diamond, A., and Hainmueller. J.(2010), “Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California’s Tobacco Control Program”, *Journal of the American Statistical Association*, 105(490), pp. 493-505.
  - ———(2014), “Comparative Politics and the Synthetic Control Method”, *American Journal of Political Science*, 59, pp. 495-510.
  - Athey, S. and Imbens. G.(2017), “The State of Applied Econometrics: Causality and Policy Evaluation”, *Journal of Economic Perspectives*, 31(2), pp. 3-32.
  - Botosaru, I. and Ferman, B.(2019), “On the Role of Covariates in the Synthetic Control Method”, *The Econometrics Journal*, Vol. 22, Issue 2, pp. 117-130.
  - Ferman, B. and Pinto, C.(2021), “Synthetic Controls with Imperfect Pretreatment Fit”, *Quantitative Economics*, 12, pp. 1197-1221.
  - Ferman, B., Pinto, C., and Possebom, V.(2020), “Cherry Picking with Synthetic Controls”, *Journal of Policy Analysis and Management*, 39, pp. 510-532.
  - Heilmann, K.(2016), “Does Political Conflict Hurt Trade? Evidence from Consumer Boycotts”, *Journal of International Economics*, Vol. 99, issue C, pp. 179-191.
  - Kaul, A., Klößner, S., Pfeifer, G., and Schieler, M.(2021), “Standard Synthetic Control Methods: The Case Of Using All Preintervention Outcomes Together With Covariates”, *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 40, Issue 3.



- Makioka. R. and Zhang. H.(2023), “The Impact of Export Controls on International Trade: Evidence from the Japan-Korea Trade Dispute in the Semiconductor Industry”, Discussion Papers 23017, Research Institute of Economy, Trade and Industry(RIETI).
- SIA(2023), *The 2023 SIA Factbook: Your Source for Semiconductor Industry Data*.
- 日本総合研究所(2023), 「中国半導体産業の行方」.
- 中商产业研究院(2022), 「2023年中国汽车芯片行业市场前景及投资研究报告」.
- 中国半导体行业协会(2023a), 第29届中国集成电路设计业2023年会暨广州集成电路产业创新发展高峰论坛.
- \_\_\_\_\_(2023b), 「2023中国半导体封测产业回顾与展望」.
- 智研咨询(2023), 「2023年全球和中国晶圆代工行业市场分析报告」.
- 前瞻产业研究院(2021), 「中国汽车半导体行业市场前景与投资战略规划分析报告」.
- \_\_\_\_\_(2023), 「2023-2028年全球及中国第三代半导体行业发展分析」.
- 华安证券研究所(2022), 「第三代半导体行业报告」.
- S&P Global(2023), 「中国芯片 步月登云 ——应对限制」.
  
- 중국 해관총서 수출입 통계 웹사이트, <http://stats.customs.gov.cn/indexEn>(검색일: 2023. 7. 21).
- 뉴스핌(2023. 4. 18), “고영화의 중국반도체, <12> 中 EDA 도구 국산화 뒤늦게 전력질주”, <https://www.newspim.com/news/view/20230417001090> (검색일: 2023. 12. 1).
- The Korea Times(2023. 12. 24), “Beijing hits back at US plan to scrutinize China’s role in legacy chip supply chain”, [https://www.koreatimes.co.kr/www/world/2023/12/501\\_365673.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/world/2023/12/501_365673.html)(검색일: 2023. 12. 26).
- U.S. Department of Commerce, Commerce Implements New Export Controls on Advanced Computing and Semiconductor Manufacturing Items to the People’s Republic of China(PRC)(2022. 10. 7), <https://www.bis.doc.gov/index.php/documents/about-bis/newsroom/press-releases/31>

58-2022-10-07-bis-press-release-advanced-computing-and-semiconductor-manufacturing-controls-final/file(검색일: 2023. 12. 2).

- Counterpoint(2023. 12. 4), “중국 스마트폰 점유율: 분기별 데이터”, <https://korea.counterpointresearch.com/%EC%A4%91%EA%B5%AD-%EC%8A%A4%EB%A7%88%ED%8A%B8%ED%8F%B0-%EC%A0%90%EC%9C%A0%EC%9C%A8-%EB%B6%84%EA%B8%B0%EB%B3%84-%EB%8D%B0%EC%9D%B4%ED%84%B0/>(검색일: 2023. 12. 11).
- CnBeta(2023. 9. 10), “Mate 60 Pro国产零部件已超过九成 华为已经启动回归手机市场计划”, <https://www.cnbeta.com.tw/articles/tech/1382849.htm> (검색일: 2023. 11. 15).
- Nikkei Asia(2023. 11. 13), “Huawei Mate 60 Pro teardown reveals 47% Chinese parts in phone”, <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/Huawei-Mate-60-Pro-teardown-reveals-47-Chinese-parts-in-phone> (검색일: 2023. 12. 12).
- 테크월드(2023. 12. 20), “전기차 힘입은 중국, 차량용 반도체 국산화 한다”, <https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=239438>(검색일: 2023. 12. 24).
- 피렌체식탁(2022. 12. 26), “[권석준 칼럼] 시진핑 3기 이후 중국 반도체 산업의 운명”, <https://www.firenzedt.com/news/articleView.html?idxno=25342>(검색일: 2023. 12. 13).
- Ai芯天下(2022. 11. 15), “国产EDA, 如今是个什么水平?”, <https://ee.ofweek.com/2022-11/ART-8500-2800-30579122.html>(검색일: 2023. 12. 1).
- 雪球(2023. 10. 26), “国产EDA软件的机会和挑战”, <https://xueqiu.com/7173595940/264541119>(검색일: 2023. 12. 1).
- 电子技术应用(2023. 1. 9), “国产封测巨头表态, 我已拥有4nm Chiplet 芯片技术”, <https://www.sensorexpert.com.cn/article/151283.html>(검색일: 2023. 12. 3).
- 글로벌이코노믹(2023. 8. 11), “중국 제조기업, 전력 모듈·SiC 시장 ‘신흥 강자’로 등장”, <https://www.g-enews.com/article/Industry/2023/08/20230>

810180848219337926aa152\_1(검색일: 2023. 12. 1).

- Digitimes(2021. 9. 22), "SEMI: Chinese mainland will increase its 12-inch fab capacity to 25% in the global share in 2026", <https://www.digitimes.com/news/a20210922PD203.html>(검색일: 2023. 12. 1).
- The Korea Times(2023. 12. 24), "Beijing hits back at US plan to scrutinize China's role in legacy chip supply chain", [https://www.koreatimes.co.kr/www/world/2023/12/501\\_365673.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/world/2023/12/501_365673.html)(검색일: 2023. 12. 26).
- bloomberg(2023. 12. 22), "US to Gather Intelligence on Chinese Chipmakers as Biden Mulls Tariffs", <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-12-21/us-to-gather-intelligence-on-chinese-chipmakers-as-biden-mulls-tariffs>(검색일: 2023. 12. 26).





# 부 록

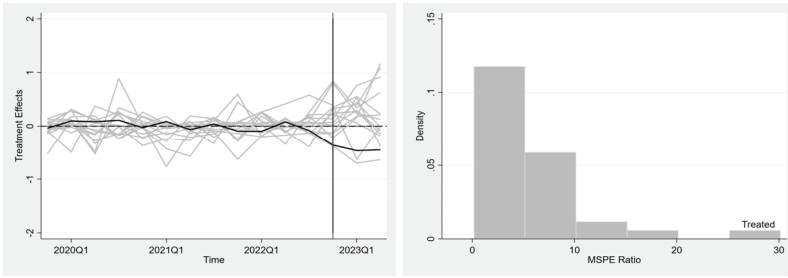
## 1. 통제집단 합성법 위약 검사(SCM Placebo Tests) 결과



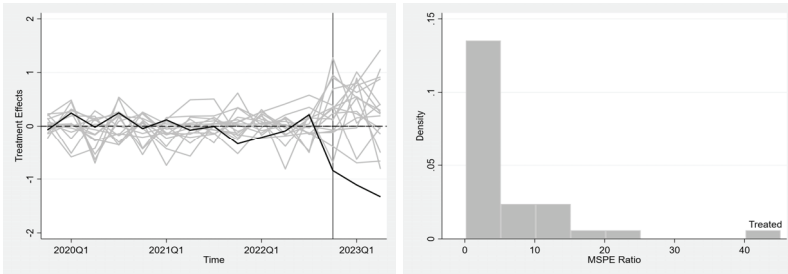


## 부록 1. 통제집단 합성법 위약 검사(SCM Placebo Tests) 결과

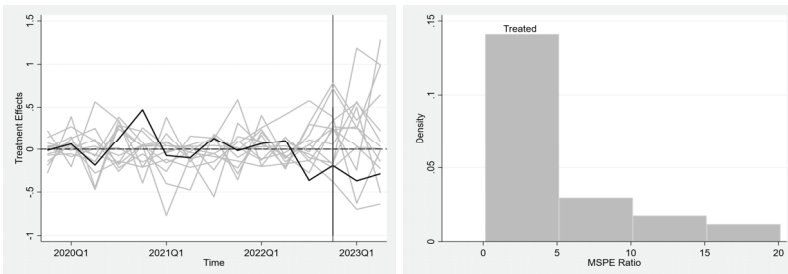
전체



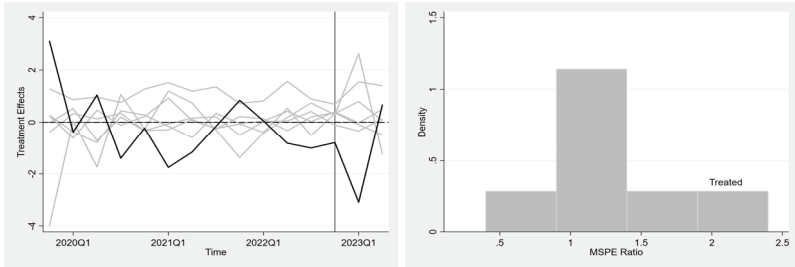
중국계 지역



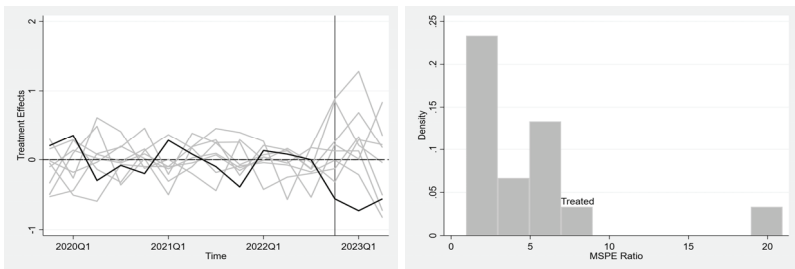
외국계 지역



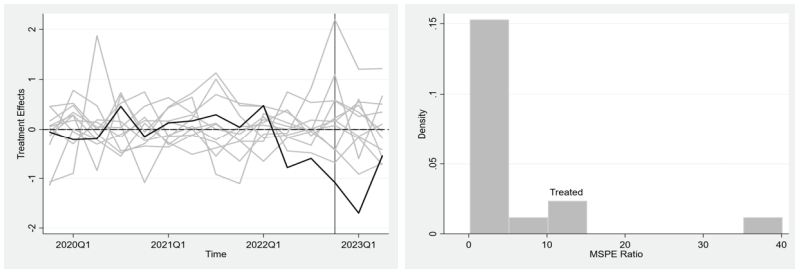
### 웨이퍼



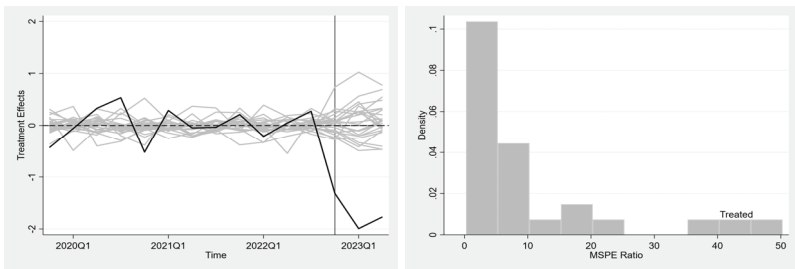
### 전공정



### 후공정



### 부품





연구진

연구책임자 **조은교** 산업연구원 글로벌산업실 부연구위원

참여연구진 **최정환** 산업연구원 글로벌산업실 부연구위원

ISSUE PAPER 2024-04

## 미국의 대중 반도체 수출통제에 따른 중국의 공급망 영향과 시사점

발행일 2024년 3월 26일

발행인 주현

발행처 산업연구원

등록 1983년 7월 7일 제2015-000024호

주소 30147 세종특별자치시 시청대로 370  
세종국책연구단지 경제정책동

전화 044-287-3114

팩스 044-287-3333

문의 044-287-3146

인쇄처 거목정보산업(주)

값 4,000원

ISBN 979-11-93768-03-7 93320

내용의 무단 복제와 전재 및 역재를 금합니다.