



김정호의 경제읽기

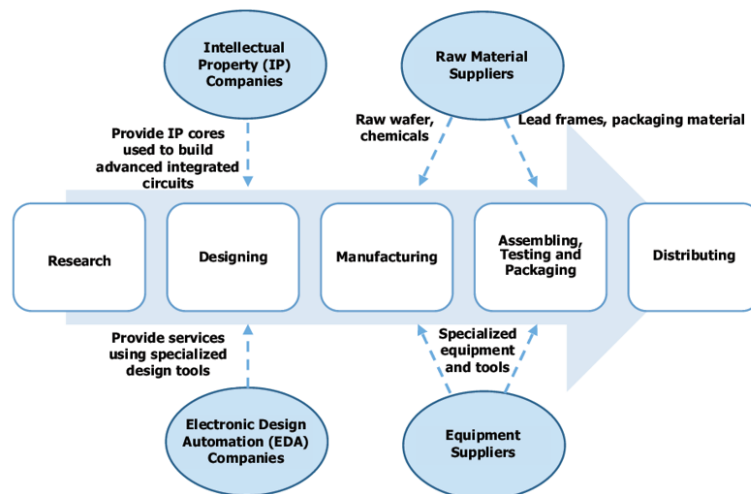
No. 2021-04

미-중 반도체 전쟁과 글로벌 서플라이 체인

반도체는 미-중 갈등의 핵심입니다. 스마트폰과 컴퓨터, 자동차, 비행기, 각종 군사장비... 이제 거의 모든 중요한 것들에 반도체는 핵심 부품으로 등장했습니다. 미국의 패권에 도전하고 나선 중국의 입장에서는 반도체의 자급자족이 매우 중요한 과제입니다. 하지만 반도체의 서플라이 체인은 전세계에 걸쳐서 형성되어 있어서 중국도 벗어나기가 어렵습니다. 그런 상태에서 미국이 중국에 반도체 및 관련 장비 등의 수출을 제재하고 나섰습니다. 반도체 굴기를 꿈꾸던 중국은 좌절 직전에 와있습니다. 중국 반도체의 희망이던 칭화유니 그룹은 2번이나 부도를 냈습니다. 중국 파운드리 최강자인 SMIC도 재정난으로 중국 지방정부 소유로 넘어 갔습니다. 왜 이런 일이 일어났는지를 이해하려면 반도체 산업의 글로벌 서플라이 체인에 대한 이해부터 시작할 필요가 있습니다.

아래의 그림은 반도체 산업의 개략적 구조입니다. 가장 앞에서는 연구 개발이 이뤄집니다. 그것을 통해서 신제품을 구상하고 새로운 설계 방법도 만들어냅니다. 개념이 잡혔으면 그것을 도면으로 그려내는 설계 디자인이 다음 단계입니다. 다음은 제조공정, 즉 그 설계도를 실리콘 웨이퍼에 새겨 넣는 작업이 따릅니다. 가공된 웨이퍼는 검사와 패키징 단계로 넘어 갑니다. 마지막은 판매 유통단계를 거쳐 소비자에게 전달됩니다.

<그림> 반도체 산업의 구조와 생태계



반도체 산업의 생태계는 이 각각의 과정들을 돕는 산업들과 합쳐져서 형성됩니다. 규소를 녹여 둥근 판인 웨이퍼로 만들어 공급하는 산업, 웨이퍼 가공을 위한 노광장비 공급 기업, 불화수소 등 화학물질을 제공하는 기업들이 대표적입니다.

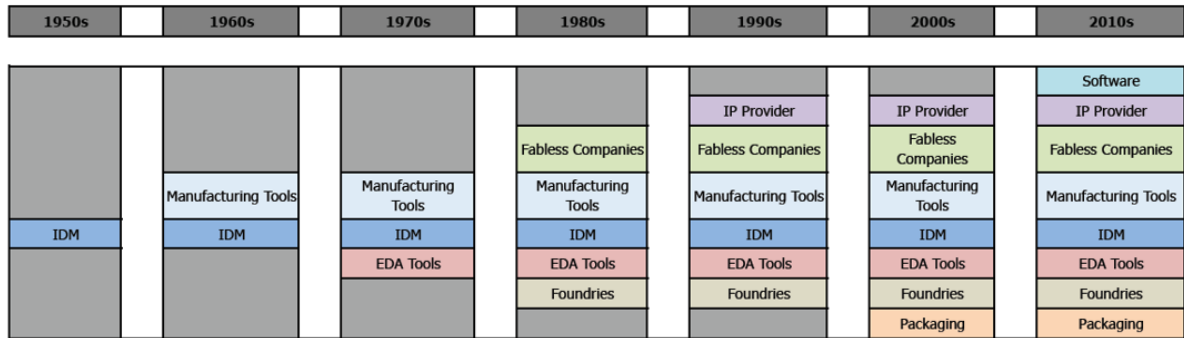
반도체 산업의 생태계는 빠른 진화 과정을 거쳐왔습니다. 최초의 반도체 기업들은 연구 개발, 설계부터 패키징에 이르기까지 모든 공정들을 스스로 해결했습니다. 모두가 처음 하는 일이었을테니 그럴 수밖에 없었습니다. 이처럼 연구개발부터 웨이퍼 가공까지 스스로 처리하는 기업을 종합반도체 기업 IDM이라고 부릅니다. 최초의 반도체 기업들은 모두 IDM이었습니다. 미국의 인텔, TI, 페어차일드, 일본의 NEC, 히타치, 도시바, 한국의 삼성전자, 하이닉스가 대표적 IDM 기업입니다.

기술이 보편화되고 생산량이 늘어나면서 각 작업들은 차츰 분화되기 시작했습니다. 설계만 하는 회사, 웨이퍼 가공만 해주는 회사, 검사-조립만 하는 회사 등으로 나뉘게 된 겁니다. 그러는 편이 가격도 싸고 성능도 높일 수 있었기 때문입니다. 이렇게 해서 서플라이체인이라는 것이 형성되어 갔습니다.

다음 그림은 반도체 생산 공정이 시대별로 분화되어 가는 과정을 보여줍니다.¹ 1950년대는 IDM밖에 없었는데 1960년대에 제조장비 제조업자가 분리됩니다. 1970년에는 전자설계 자동화 기업, 1980년대는 제조 설비 없이 설계만 하는 팹리스와 그 설계도면으로 반도체 가공만 해주는 파운드리, 즉 위탁생산 기업이 분화됩니다.

¹ <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/SIA-Beyond-Borders-Report-FINAL-June-7.pdf>

<그림> 반도체 산업의 진화 (1950~2010)



<https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/SIA-Beyond-Borders-Report-FINAL-June-7.pdf>

이런 과정을 거치면서 반도체 산업은 수많은 공급자들로 구성된 글로벌 네트워크 산업이 되었습니다. 오늘날 반도체 산업은 일일이 열거하기 힘들 정도로 기능들이 잘게 쪼개져서 수행됩니다. 그들은 또 한국과 미국, 일본, 중국, 네덜란드 등 수많은 나라에 퍼져 있습니다. 그야말로 글로벌 서플라이 체인입니다. 팹리스, 즉 설계 전문 기업에는 퀄컴, 엔비디아, 애플 등이 있습니다. 그 설계도를 받아서 제조해주는 위탁생산 기업, 파운드리로는 대만의 TSMC, 한국의 삼성전자, 중국의 SMIC 등이 있습니다. 삼성전자는 IDM이면서 파운드리의 강자이기도 합니다. 조립 및 검사 전문업체는 Amkor, ASE 등이 있습니다.

장비, 소재, 설계 도구 같은 주변 기능을 제공하는 기업도 많습니다. 웨이퍼 원판 공급기업으로는 일본의 신에추, 숨코, 대만의 글로벌웨이퍼스 등이 대표적입니다. 장비업체로는 네덜란드의 ASML, 미국의 랩리서치, Applied Material, 일본의 니콘, 캐논 같은 기업들이 있습니다.

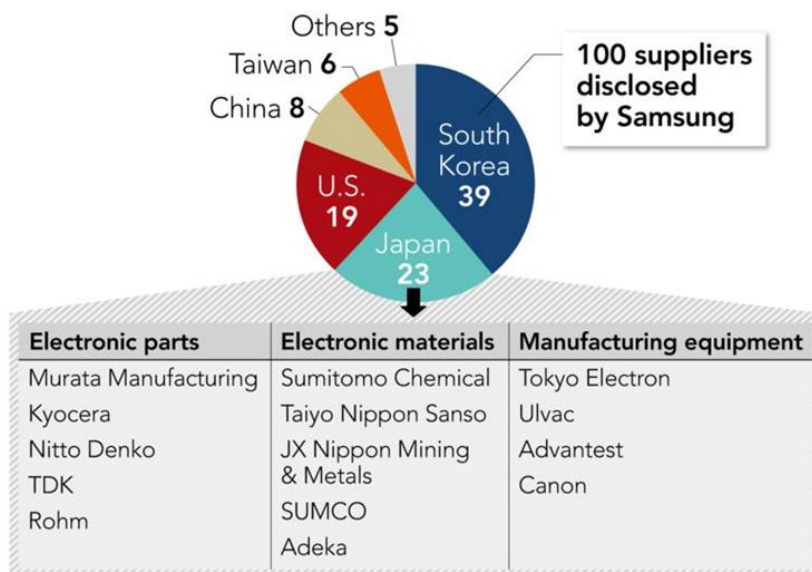
대표적 반도체 장비 공급업체

2018 Ranking	AOW	COMPANY	2018
1	NA	Applied Materials	14016.1
2	EU	ASML	12771.6
3	JA	Tokyo Electron	10914.8
4	NA	Lam Research	10871.4
5	NA	KLA	4209.8
6	JA	Advantest	2593.3
7	JA	SCREEN	2226.0
8	NA	Teradyne	1492.0
9	JA	Kokusai Electric	1486.0
10	JA	Hitachi High-Technologies	1402.7
11	CH	ASM Pacific Technology	1181.2
12	KS	SEMES	1173.9
13	EU	ASM International	991.2
14	JA	Daifuku	971.5
15	JA	Canon	765.4
Total Top OEMs			67066.9

https://www.vlsiresearch.com/public/cms_pdf_upload/tci190314/tci190314.htm

이처럼 반도체 생산과 관련된 기능들이 수많은 기업들, 나라들로 나뉘어 있기 때문에 어떤 반도체 기업도 자급자족은 불가능합니다. 삼성전자 반도체의 서플라이체인이 공개된 적이 있는데요. 공개된 100개의 납품처 중 국내가 39, 일본이 23, 미국이 19, 중국 8, 대만 6 등이었습니다. 노광장비를 공급하는 네덜란드의 ASML은 기타에 들어 있습니다.

<그림> 삼성전자 반도체 관련 납품업자의 국가별 분포(기업수)



자료: asia.nikkei.com

고도의 분업 덕분에 반도체 산업이 지금처럼 발전할 수 있었지만 서플라이체인의 어딘가가 끊길 경우 뜻밖의 생산 차질을 겪는 대가 또한 치러야합니다. 중국 반도체 기업도 예외가 아닙니다. 산업이 아직 낙후되어 있기 때문에 외국의 기술과 장비, 소재에 대한 의존도는 더욱 높습니다. 중국의 대표적 파운드리 반도체 기업인 SMIC의 경우, 매출액 수입의 70%를 미국, 일본, 유럽 등으로부터 장비, 소재를 수입하는데 지출할 정도입니다.²

중국의 반도체 자급 상황은 어느 정도나 될까요? 2020년 현재 중국의 집적회로 시장규모는 1,430억달러인데요. 그중 중국 내에서 생산한 액수는 15.9%인 227억 달러입니다. 중국에 본부를 둔 진짜 중국 기업이 생산한 것은 83억 달러로 중국 시장 전체의 5.8%에 불과합니다. 삼성전자 시안공장이나 SK하이닉스 우시공장 같은 경우 중국내 생산이긴 하지만 본부는 한국에 있기 때문에 숫자의 차이가 나는 것입니다. 중국이 필요로 하는 반

² <https://www.scmp.com/tech/big-tech/article/3107371/why-semiconductors-are-important-and-how-they-became-flashpoint-us>

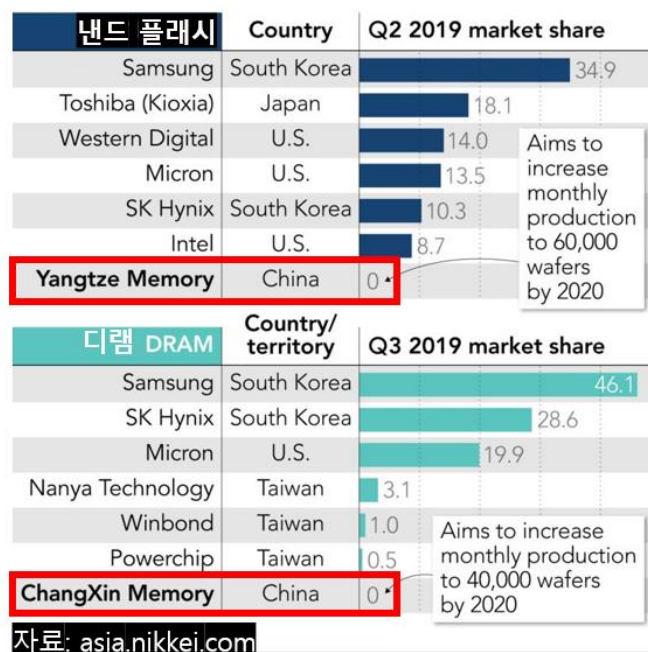
도체 중 순수한 중국 기업이 공급할 수 있는 비율은 5% 정도에 불과합니다.

<표> 중국의 반도체 자급 상황

	금액	비중
중국 IC 시장, 2020년	1,434	100.0%
중국내 생산액수	227	15.8%
중국내 본부 둔 기업 생산액수	83	5.8%

중국의 자급률이 높은 부문은 고도의 기술수준을 필요로 하지 않는 검사 및 패키징 분야입니다. 다른 분야들은 대체로 자급률이 매우 낮습니다. 메모리 반도체인 디램은 창신 메모리 CXMT가 2019년말 19나노급 제품 양산에 들어갔다고 발표했는데³ 계획대로 잘 되고 있는 것 같지 않습니다. 삼성전자와 SK하이닉스는 7나노, 5나노급을 양산하고 있지요. 당연히 중국의 디램 소요량의 대부분을 수입하고 있습니다. 플래시 메모리에서는 성공적이어서 칭화유니그룹 산하 양쯔 메모리 YMTC가 2019년부터 대량생산을 시작했습니다.

Memory chip market share by revenue (in percent)



³ <https://www.anandtech.com/show/15161/cxmt-ramp-up>

스마트폰 구동용 AP(application Processor) 반도체의 경우 설계는 중국 기업이 직접 하는 경우가 많습니다. 스마트폰의 강자인 화웨이의 경우 하이실리콘(Hisilicone) 자회사를 두고 스마트폰 작동에 필요한 구동칩 kirin 반도체를 직접 설계합니다. 그 설계도는 대만의 파운드리인 TSMC에 위탁생산을 맡겨 왔습니다. TSMC의 정교하고 저렴한 제조 능력 덕분에 화웨이는 정교한 AP를 탑재한 스마트폰을 만들 수 있었습니다.

설계 분야에서도 소프트웨어와 핵심 특허 등은 외국 기업에 의존합니다. 우리가 프레젠테이션을 할 때 발표 내용 구성과 슬라이드 디자인은 우리 스스로 합시다만 도구로 사용하는 파워포인트는 MS의 것을 구입해서 쓰지요. 마찬가지로 중국 엔지니어들이 반도체 설계는 잘하지만 설계 도구는 미국의 것을 사용한다는 것이죠. 반도체 제조에 필요한 첨단 장비들도 대부분 수입으로 조달하고 있습니다.

요약하자면 중국이 상당 부분 자급할 수 있는 것은 후공정인 검사 및 패키징 기능, 그리고 AP, 즉 모바일기기 구동칩의 설계 기능 정도입니다. 고사양의 디램, 고사양 반도체 제조 기능, 설계용 소프트웨어, 첨단 장비 등은 대부분 해외에 의존하는 상태입니다.

이런 상황에서 트럼프 대통령이 반도체 전쟁을 개시했습니다. 미국 상무성이 운영하는 entity list라는 것이 대표적 수단입니다. 수출금지대상 목록인데 여기에 포함되는 기업에 대해서는 미국 및 동맹국의 기업들이 미국 안보에 위협이 되는 물품의 수출이 금지됩니다. 2018년에는 푸젠진화반도체에 대한 수출제한, 2019년 5월에는 화웨이 관련 기업 68개에 대한 수출이 제한 조치가 내려졌습니다. 그 밖에도 2019년 6월에는 슈퍼컴퓨터 관련 5개 기업, 2019년 10월 AI 관련 28개 단체 및 기업 등 중국의 첨단 기업들의 상당수가 제재 대상에 올랐습니다. 상무성의 수출제한 조치 외에 미국 국방성의 블랙리스트 제도, 또 서방 선진국 대부분이 참여하는 바세나르 협약 역시 첨단 전략 물자의 중국 수출 금지에 나섰습니다.

미·중 기술패권 분쟁 관련 Entity List 추가 일지

일시	산업	대표기업
2018. 10. 29	반도체	JHICC(福建省晋华集成电路有限公司)
2019. 5. 15	5G	Huawei 본사 및 계열사 포함 68개 사
2019. 6. 24	슈퍼컴퓨터	Sugon, Higon 등 5개 사
2019. 8. 13	원자력발전	China General Nuclear Power Corporation(中国广核集团)과 그 자회사
2019. 8. 19	5G	Huawei 해외 계열사 46개 사
2019. 10. 7	AI	Hikvision, Dahua Technology, iFLYTEK, SenseTime, Megvii 등
2020. 5. 22	AI, 로봇, 사이버보안, 슈퍼컴퓨팅	Qihoo 360, Cloudminds Inc. 등

자료: 첨단기술을 둘러싼 미·중 간 패권 경쟁 분석, KIEP, 2020.6

피터슨국제경제연구소는 미국의 수출 제재가 화웨이 반도체 서플라이체인에 미치는 영향을 그림으로 나타냈는데요.⁴ 이 그림이 좀 복잡합니다만, 결론만 간단히 말씀드리면 화웨이가 외국으로부터 반도체를 수입할 수 있는 길이 대부분 막힌다는 겁니다. 삼성이나 SK하이닉스, 인텔 같은 곳으로부터 첨단 반도체를 수입할 수 없습니다. 또 화웨이의 자회사인 하이실리콘이 설계한麒麟 반도체나 5G 통신 기기용 시스템반도체를 대만의 TSMC에 위탁해서 만들 수도 없게 되었습니다.

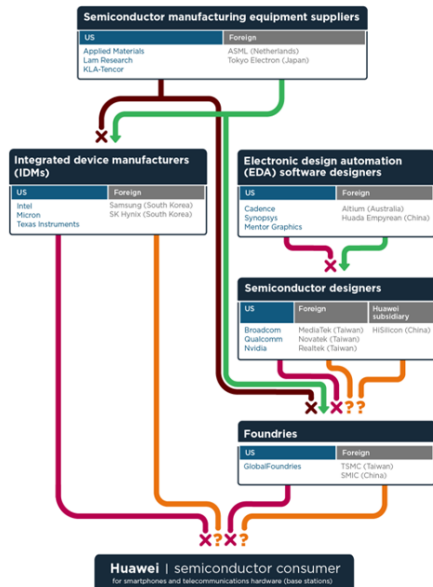


Figure 3
The US is attempting to use export controls to cut off Huawei's access to semiconductors

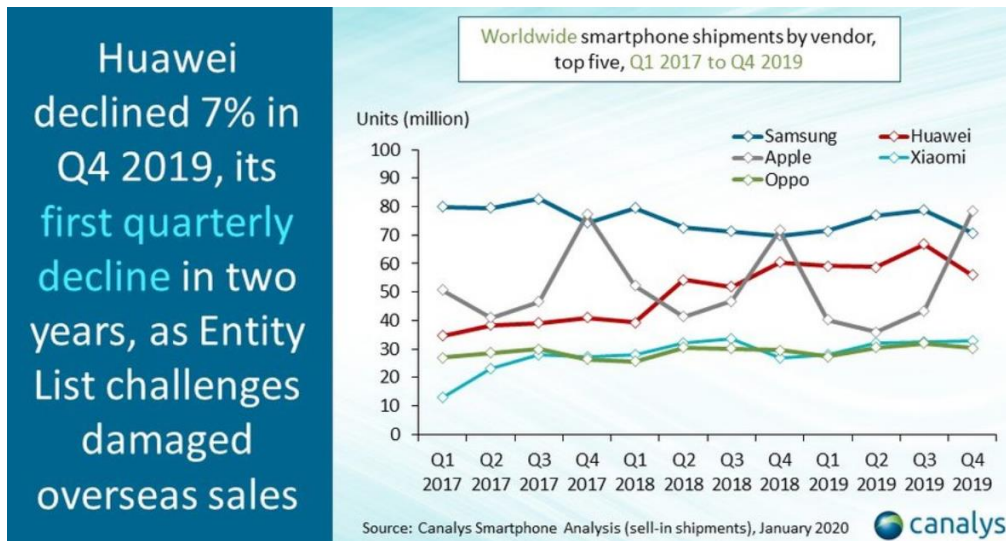
Effect of 2019 and 2020 export controls on semiconductor supply chains

- X** US firms cannot sell to Huawei or HiSilicon as a result of 2019 export controls
- X** US firms cannot sell to foreign firm if it sells to Huawei as a result of 2020 export controls
- ?** Foreign firms cannot sell to Huawei using US inputs as a result of 2020 export controls but can sell to Huawei using non-US inputs
- ↓** Sales currently unconstrained by US export controls

자료: <https://www.piie.com/blogs/trade-and-investment-policy-watch/how-trumps-export-curbs-semiconductors-and-equipment-hurt-us>

⁴ <https://www.piie.com/blogs/trade-and-investment-policy-watch/how-trumps-export-curbs-semiconductors-and-equipment-hurt-us>

그 결과 화웨이의 스마트폰 사업은 거의 문을 닫을 상황에 몰렸습니다. 세계 스마트폰 시장에서 화웨이는 삼성에 이어 2위입니다. 2019년 출하 기준으로 삼성이 3억대인데 화웨이는 2.4억대입니다. 성장 속도가 워낙 빨라서 조만간 삼성을 따라잡을 기세였는데 2019년 4분기부터 성장은 추락으로 반전했습니다. 2020년에는 1.7억, 2021년 추정치는 4,500만대입니다. 화웨이 스마트폰 비즈니스는 붕괴 직전입니다. 새로운 프로세서를 조달할 수 없게 되었기 때문입니다.



자료: <https://www.canalys.com/newsroom/canalys-global-smartphone-market-q4-2019>

화웨이가 자체 설계한 반도체를 대만의 TSMC에 위탁생산해서 조달해왔다고 말씀드렸습니다. 미국의 제재로 TSMC를 더 이상 사용할 수 없게 되었고 업그레이드된 반도체를 만들 수도 없게 되었습니다. 화웨이의 최신 프로세서 Kirin 980은 이전 제품인 Kirin 970에 비해서 성능은 20% 높아졌고 전력소모는 40% 줄어든 제품입니다. 반도체의 집적도를 높인 덕분입니다. Kirin 970에는 트랜지스터가 16억개 들어가 있는데 980에는 69억개가 들어가 있습니다. 파운드리 즉 웨이퍼 가공 전문업체인 TSMC의 제조 능력이 뛰어난 덕분이었습니다. 그런데 미국의 제재로 TSMC를 활용할 수 없으니 더 이상 프로세서를 업그레이드할 수도 없게 된 겁니다. 화웨이는 이제 Kirin series와 더불어 스마트폰 사업을 접어야 합니다.⁵ 아마 5G 통신 장비에서도 비슷한 일이 벌어지고 있을 것으로 보입니다.

제조 장비 및 소재, 설계 도구 등에 대한 수출 금지도 치명적이긴 마찬가지입니다. 예를 들어 중국의 대표적 파운드리인 SMIC는 현재 14나노 제품을 만들고 있습니다. 삼성과

⁵ <https://www.scmp.com/tech/big-tech/article/3107371/why-semiconductors-are-important-and-how-they-became-flashpoint-us>

TSMC는 7나노, 5나노 수준입니다. 회로폭이 좁을수록 더 많은 트랜지스터를 쌓을 수 있기 때문에 기능은 향상하면서 전력 소모는 줄여 배터리 사용시간을 늘릴 수 있습니다. SMIC가 7나노를 달성하려면 극자외선 EUV 노광장치가 필요합니다. 이 장비는 네덜란드 ASML에서만 구입할 수 있는데 ASML은 미국의 기술을 사용하기 때문에 수출 제재의 대상이 됩니다. 예를 들어 노광장비의 핵심인 레이저 기술은 미국의 Cymer라는 기업이 공급합니다. EUV, 즉 극자외선 노광장비를 구할 수 없게된 중국의 SMIC는 결국 이전 세대 장비를 사용할 수밖에 없습니다. 14나노의 벽을 넘어설 수 없게 된 것입니다.⁶ 저사양 제품을 벗어날 수 없는 기업에게 미래는 없는 것이죠. 도약을 꿈꾸던 중국의 반도체 산업이 붕괴의 위기에 봉착한 이유입니다.

중국이 강점인 설계 능력도 영향을 받습니다. 미국 랜드연구소의 수석엔지니어인 저스틴 호디악 박사의 평가는 귀담아 들을만 합니다.⁷ 중국의 반도체 설계 능력이 세계 최고 수준이긴 하지만 설계 소프트웨어와 특허들을 사용할 수 없으면 실력 발휘가 안될 거라고 합니다. 대단한 프레젠테이션 능력을 가진 사람도 파워포인트를 쓸 수 없다면 능력 발휘를 할 수 없듯이 말입니다. 그런데 80억 달러에 달하는 디자인 툴 시장을 Synopsis, Cadence, Mentor 세 기업이 80%를 점하고 있습니다. 중국 기업은 하나도 없지요. 이 기업들의 신제품을 사용할 수 없고 또 업데이트를 받을 수도 없으니 차츰 설계의 수준도 떨어질 거라고 보고 있습니다. 다만 오픈소스 방식을 통해서 우회로를 찾아낼 가능성을 배제할 수 없지만 시간이 오래 걸릴 것으로 보고 있습니다.

중국 반도체에 대한 본격적 제재는 바이든 행정부에서도 계속될 것으로 보입니다. 바이든과 트럼프와의 여러 차이에도 불구하고 대중국 강경노선은 크게 다르지 않습니다. 바이든 대통령은 2019년 8월 선거유세 과정에서 미국의 테크 기업들이 중국을 도와서는 안된다는 입장을 밝혔습니다.⁸ 안토니 블링켄 국무장관 내정자는 더 강경한 발언을 합니다.

“지금 세계는 테크노 민주주의와 테크노 독재로 나뉘어 서로 다투고 있다. 인류가 어떤 세상에서 살게 될지를 두고 두 체제 간의 대결이 앞으로 10년간 치열하게 전개될 것이

⁶ <https://www.scmp.com/tech/big-tech/article/3107371/why-semiconductors-are-important-and-how-they-became-flashpoint-us>

⁷ <https://www.institutmontaigne.org/en/blog/chinas-semiconductor-industry-autonomy-through-design>

⁸ <https://www.defenseone.com/technology/2020/07/biden-pledged-prohibit-us-tech-companies-helping-china-it-wont-be-easy/166740/>

다.”⁹ 미국이 테크노 민주주의 선봉에 서서 싸우겠다는 뜻인 거죠.

시진핑은 세계와의 상호의존보다는 자력갱생을 추구합니다. 계획 기간 내에서 반도체 자급률 70%를 달성한다는 중국제조 2025라는 것 자체가 바로 그렇습니다. 중요 산업은 모두 국산화해서 미국과의 대결에 대비하겠다는 것이죠. 하지만 의도대로 자급자족을 달성할 가능성은 커 보이지 않습니다.

반도체 자력갱생을 위해 중국 정부가 택한 방법은 대규모의 투자, 대만, 일본, 한국으로부터의 인재 영입, 그리고 국유화입니다. 중국이 반도체 산업에 얼마나 많은 투자를 하고 있는지 이미 앞에서 살펴보았습니다. 하지만 반도체 같은 복잡다단하고 글로벌 협력이 중요한 산업에서 투자만 한다고 성과를 낼 수 없습니다.

월스트리트 저널에 따르면 2020년 11월 현재 중국의 반도체 기업 숫자가 5만개에 달한다고 합니다.¹⁰ 4년전에 비해 거의 4배나 늘어났습니다. 문제는 그 기업들의 상당수가 반도체와는 아무 관계도 없던 곳들이라는 겁니다. 부동산업자, 식당업자, 시멘트 사업자 같은 사람들이 돈 좀 벌어보려고 반도체 사업에 이름을 걸어 둔다는 거죠.

사실 중국의 반도체에 대한 투자는 1956년부터 시작되었습니다. 그 후 수십년에 걸쳐 막대한 투자가 이뤄졌지만 모두 실패한 결과가 현재의 모습입니다.¹¹ 중국 반도체 산업의 역사 자체가 투자만으로 반도체 산업을 만들어내지 못함에 대한 증거인 셈이죠.

대만, 일본, 한국으로부터 인재를 영입하는 것은 투자의 성공 가능성을 높이는 전략임은 분명합니다. 하지만 그들도 모두 기존 글로벌 서플라이 체인 속에서 성공한 사람들입니다. 미국의 제재로 그 서플라이 체인에서 배제된 상태에서도 과연 수율을 높이고 신제품을 만들어내는 데에 성공할 수 있을지는 미지수입니다.

제조 장비의 국산화도 중요한 과제 중 하나일 겁니다. 하지만 그것 역시 매우 어려울 겁

⁹ <https://www.politico.com/newsletters/politico-china-watcher/2021/01/21/a-biden-doctrine-on-china-emerges-491467>

¹⁰ <https://www.wsj.com/articles/tech-war-with-u-s-turbocharges-chinas-chip-development-resolve-11605541132>

¹¹ 노성호, 외부 지식네트워크에의 접근가능성과 산업추격: 중국 반도체 산업의 사례, 현대중국연구, 15(1), pp.135-174 Aug, 2013

니다. 네덜란드의 ASML은 EUV 장비를 만들기 위해 5,000개의 기업으로부터 원가를 제공받습니다. 그 네트워크를 형성하고 제품을 만들어 내는데에 20년이 걸렸다고 합니다.¹² 중국 공산당 정부가 중국인들만 데리고 그것을 만들어낼 경우 몇 년이 걸릴지 궁금합니다.

대책이 아닌데 대책이라면 추진하고 있는 것이 국영화입니다. 2010년 이후 중국의 반도체 산업이 그나마 발전하고 있는 이유는 민간 기업들에 많은 자유를 허용했기 때문이었습니다. 총화유니, SMIC 같은 대표적 반도체 기업들은 민간 주도로 운영되었습니다. 하지만 그들의 성과가 부진하자 중국 정부가 그 지분을 접수하기 시작했습니다. 반도체 기업의 국유화가 이뤄지고 있는 겁니다. 2000년 이전 중국이 반도체에 막대한 투자를 했음에도 불구하고 실패를 거듭했던 것은 공산당 정부가 그 사업들을 경영했기 때문이었습니다. 2000년 이후 어느정도나마 허용된 민간의 자유 덕분에 몇 군데 괜찮은 반도체 기업들이 생겨났는데 이제 다시 과거의 국유화로 회귀하고 있습니다. 공산당은 그것을 해결책이라며 하고 있지만 오히려 해결 가능성을 원천 봉쇄하는 것일 가능성이 큼니다. 오늘은 반도체의 글로벌 서플라이체인과 미국의 중국 반도체에 대한 제재에 대해서 말씀드렸습니다. 다음 편은 중국 반도체 산업의 과거, 현재, 미래라는 주제로 찾아 뵙겠습니다.

김정호 / 김정호의 경제TV 크리에이터, 서강대학교 경제대학원 겸임교수

¹² <https://www.voanews.com/east-asia-pacific/voa-news-china/can-china-become-self-reliant-semiconductors>