

# 보이지 않는 배출

2030년 테크 산업의 온실가스 배출 및 전력 소비량 예측

## 보이지 않는 배출

### 2030년 테크 산업의 온실가스 배출 및 전력 소비량 예측

#### 서문

전 세계 테크 분야 공급망의 전력 소비는 빠르게 증가하고 있으며, 의미 있는 기후 목표가 부재한 상황에서 온실가스 배출량도 함께 증가하고 있다. 세계 전자산업에서 배출되는 온실가스 중 4분의 3 이상이 반도체와 디스플레이 제조사, 최종 조립업체를 포함한 공급업체에서 발생한다.<sup>1</sup> 동아시아는 세계 반도체 생산 시장의 3분의 1 이상을 차지하며, 디스플레이 제조와 최종 조립 라인의 중심지이기도 하다.<sup>2</sup>

반도체 제조업체는 특히 전력 소비량이 높으며, 디스플레이 제조나 최종 조립 같은 다배출 부문과 비교하더라도 현저한 차이가 난다.<sup>3</sup> 동아시아 전역의 전력망에 공급되는 전기 대부분은 화석연료 연소를 통해 생산되기 때문에,<sup>4</sup> 반도체 산업은 온실가스의 심각한 배출원이 된다.

반도체는 2030년 이후에도 생산량이 계속 증가할 것으로 예상된다. 반도체 칩은 스마트폰에서부터 인공지능(AI) 하드웨어, 자동차에 이르기까지 전자제품 공급망의 핵심 구성 요소이다. 세계 반도체산업의 시장 규모는 2030년이면 현재의 두 배로 성장할 것으로 예상되며,<sup>5</sup> 전기자동차와 같은 수요는 다른 분야에서보다 상대적으로 더 빠르게 증가할 것으로 전망된다.

반도체 제조, 디스플레이 제조, 최종 조립 분야의 주요 공급업체는 2050년까지 사업장에서 탄소 중립을 달성하겠다는 넷 제로(net zero) 공약을 발표한 바 있다.<sup>6</sup> 그러나 이 같은 넷 제로공약은 기후 변화에 대응하기에는 충분하지 않다.<sup>7</sup> 우리가 조사한 대부분의 전자산업 공급업체는 탄소 감축 장기 계획을 수립했지만, 문제는 설정된 시간표가 재앙적인 기후변화에 맞서기에 충분하지 않다는 점이다.

<sup>1</sup>World Economic Forum & Boston Consulting Group (2021). Net-Zero Challenge: The supply chain opportunity. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.weforum.org/reports/net-zero-challenge-the-supply-chain-opportunity/>

<sup>2</sup>상위 20개 기업의 연례 보고서에서 분석함

<sup>3</sup>Greenpeace & Stand.earth (2022). Supply Change. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/2022/10/89382b33-supplychange.pdf>

<sup>4</sup>Greenpeace International (2014). GreenGadgets: Designing the Future. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.greenpeace.org/international/publication/7503/green-gadgets-designing-the-future/>

<sup>5</sup>Ondrej Burkacky, Julia Dragon, & Nikolaus Lehmann (2022). The semiconductor decade: A trillion-dollar industry. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/the-semiconductor-decade-a-trillion-dollar-industry>

<sup>6</sup>Greenpeace & Stand.earth (2022). Supply change. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/2022/10/89382b33-supplychange.pdf>

<sup>7</sup>Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report. Retrieved March 26, 2023, from: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

이 보고서에서 조사된 공급업체 중 2030년까지 운영 전반에 걸쳐 100% 재생에너지를 사용하기로 약속한 기업은 없다. 또 '기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)'는 지구 온난화를 기준 기간(1850~1900년) 대비 섭씨 1.5도 상승으로 제한하기 위해 필요한 권장 배출량 감축 목표를 설정하고 있는데, 위 기업들 중에서 이 목표에 부합하는 공약을 천명한 곳도 없다. 반도체 산업의 본거지인 동아시아는 기후 변화로 인한 재해와 경제 및 금융 리스크에 특히 취약하다. 우리는 기후 변화에 대응하기 위해 2050년까지 기다릴 수 없으며, 정부나 기업의 배출 중립을 목표로 하는 모든 시나리오에서 2030년까지 배출량을 절반으로 줄여야 한다.<sup>89</sup> 이를 위해서는 2030년까지 사용 에너지의 100%를 재생에너지로 충당하는 일이 핵심적이다.<sup>10</sup>

이 보고서는 2030년 전 세계 반도체 산업에 대한 배출량 전망과 동아시아 3대 반도체 제조업체, 디스플레이 제조 기업 2곳, 최종 조립 기업 1곳에 대한 배출량 전망을 제시한다. 데이터 제약으로 인해 이 보고서는 디스플레이 제조 산업과 최종 조립 산업에 대한 전망은 배제한다. 이 보고서에는 반도체 기업 4개, 디스플레이 기업 5개, 최종 조립 기업 4개로 구성된 13개 기업의 배출량 상세 내용이 포함되어 있다.

분석에 사용된 방법론은 반도체 제조업체들의 생산 수준과 전력 소비량을 인자(factor)로 미래 배출량을 계산하는 것이다. 또 기존 반도체 생산공장(이하 '팹(fab)')들이 연결된 지역 에너지망에서 현재 활용 가능한 청정에너지 자원과 예상 배출량 감축 간의 격차도 고려되었다. 재생에너지는 반도체 제조 및 소비자 전자제품 전반의 탈탄소화에 필수적인 역할을 할 것이다. 미래의 전력 소비와 이로 인한 온실가스 배출량을 예측해보면, 이들 기업이 장기적인 탄소 중립 공약을 이행하는 데 어느 정도의 재생에너지가 필요한지를 확인할 수 있다. 특히 기업들이 전력 소비가 급격히 증가하는 상황에서 배출량 감축에 나섰기 때문에, 기업의 장기 목표와 중단기 계획 사이의 간극으로 인해 에너지 전환 지연이 이 기업들에게 더 가파르고 위험한 탈탄소화 경로를 걷게 만드는 것을 이 보고서는 보여준다. 기업들이 온실가스를 다량 배출하는 화석연료로부터 다른 에너지원으로 전환하는 일을 늦출수록 환경, 보건, 규제, 재무 등 여러 면에서의 위험은 더욱 악화된다.

<sup>8</sup>UN Climate Change (2022). Climate plans remain insufficient: More ambitious action needed now. Retrieved March 22, 2023, from

<https://unfccc.int/news/climate-plans-remain-insufficient-more-ambitious-action-needed-now>

<sup>9</sup>Carbon Disclosure Project, United Nations Global Compact, World Resource Institute & World Wide Fund (2021). SBTi corporate net-zero standard. Retrieved March 22, 2023, from

<https://sciencebasedtargets.org/resources/files/Net-Zero-Standard.pdf>

<sup>10</sup>Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). The evidence is clear: The time for action is now. We can halve emissions by 2030. Retrieved March 22, 2023, from

<https://www.ipcc.ch/2022/04/04/ipcc-ar6-wgiii-pressrelease/>

## 주요 연구 결과

**1. 전 세계 반도체 산업의 온실가스 배출량이 급증하고 있다.** 미래의 시장 규모와 반도체 제조업체가 내놓은 기후 공약에 따르면, 전 세계 반도체 제조 산업은<sup>11</sup> **2030년에 237테라와트시(TWh)의 전력을 소비**할 것으로 예상된다. 이는 호주가 2021년 한 해 소비한 전력량에 가까운 수치이다.<sup>12</sup>

- a. 이 산업은 2030년이면 포르투갈의 2021년 총 배출량보다 **많은 8600만 톤의 이산화탄소환산량(CO<sub>2</sub>e)**을 배출할 것으로 예상된다.<sup>13</sup>
- b. 이 보고서에서 분석한 반도체 제조업체 중 지구 온난화를 섭씨 1.5도로 제한하기 위한 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)의 권고에 따라 기후 공약을 발표한 기업은 없다. 마찬가지로 동아시아의 디스플레이 제조 또는 최종 조립 공급망 기업 중 섭씨 1.5도 목표에 부합하는 공약을 발표한 기업 역시 없다.

**2. 대만의 최대 반도체 제조 대기업인 TSMC의 전력 소비는 2030년이면 현재보다 267% 증가하여, 동아시아의 모든 반도체 제조업체 중 가장 큰 폭의 증가를 보일 것으로 예상된다.**

2030년 TSMC는 대만 인구의 약 4분의 1이 사용하는 양에 해당하는 전력을 소비할 것으로 예상된다.<sup>14</sup>

- a. 2021년 TSMC의 총 에너지 사용량 중 재생에너지는 9%에 불과했으며, 이는 TSMC의 최대 경쟁 기업들의 재생에너지 사용률보다 훨씬 낮은 수치이다.
- b. 대만의 반도체 제조산업 전체의 전력 소비량은 2021년과 2030년 사이에 **236%** 증가할 것으로 예상된다. 2030년이면 2021년 뉴질랜드 전력 소비량의 두 배에 이르는 것이다.<sup>15</sup> 이러한 증가는 상당 부분 TSMC의 전력 소비량 증가 때문이다. 2030년이면 대만 반도체 제조업이 소비하는 전력의 약 82%를 TSMC가 차지할 것으로 예상된다.
- c. 조사 대상 기업 중 TSMC 외에 2030년까지 전력 소비가 200% 넘게 증가할 것으로 예상되는 기업은 입신정밀(럭스웨어)과 SK하이닉스 두 곳뿐이다. 2021~2030년 기간에 입신정밀과 SK하이닉스의 전력 소비량은 각각 270%, 227% 증가할 것으로 예상된다.

<sup>11</sup>반도체 산업의 프론트엔드 공정을 의미함

<sup>12</sup>International Energy Agency (2023). Australia data explorer. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.iea.org/countries/australia>

<sup>13</sup>Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2020) - "CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions". Published online at OurWorldInData.org. Portugal: CO<sub>2</sub> Country Profile. Retrieved March 22, 2023, from <https://ourworldindata.org/co2/country/portugal>

<sup>14</sup>Statista Research Department (2023). Annual electricity consumption per capita in Taiwan 2010-2020. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.statista.com/statistics/334268/taiwan-per-capita-electricity-consumption/#:~:text=In%202020%2C%20electricity%20consumption%20in,11.5%20megawatt%20hours%20per%20capita.>

<sup>15</sup>International Energy Agency (2023). New Zealand data explorer. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.iea.org/countries/new-zealand>

**3. 2030년 삼성전자가 반도체 제조 부문에서 배출하는 온실가스는 연간 3200만 톤의 CO<sub>2</sub>e로, 모든 조사 대상 테크 공급망에 속한 기업들의 배출량을 초과할 것으로 예상된다.**

삼성전자는 한국 최대의 반도체 제조업체이다. 삼성전자 반도체 제조에 사용되는 전력 소비량은 **2030년이면 55TWh**에 달할 것이며, 이는 싱가포르의 2020년 국가 전력 소비량보다 높은 수치이다.<sup>16</sup> 그러나 삼성은 한국에서 재생에너지에 느린 행보를 보이고 있다.

- a. 2022년 삼성전자 전력 소비의 약 75%가 한국에서 발생했다. 그러나 **삼성**은 **한국 내 사업장에 대한 2030년 기후위기 대응 정책을 발표하지 않았다.**
- b. 한국 반도체 제조산업의 배출량은 2029년까지 계속 증가할 것으로 예상되는데, 이는 삼성전자의 지속적인 배출량 증가에 상당 부분 기인한다.
- c. 한국의 반도체 제조산업은 2030년이면 71TWh의 전력을 소비할 것으로 예상되며, 이는 2021년보다 145% 증가한 수치이다.

**4. 반도체 제조업체인 삼성전자, 디스플레이 제조업체 삼성디스플레이, 그리고 최종 조립업체인 삼성전기(입신정밀)의 배출량은 다른 기업의 배출량이 정점에 도달한 지 한참 후인 2030년까지 계속 증가할 것으로 예상된다.**

삼성전자, 삼성디스플레이, 입신정밀은 모두 2030년 목표가 미비하기 때문에, 세 회사의 배출량이 2030년 이전에 정점에 도달할 가능성은 낮다.

- a. 테크 기업들은 2030년까지 섭씨 1.5도 상승 제한에 맞게 배출량 정점을 확실히 할 수 있는 기후 목표를 제시해야 한다.

**5. 2021년 반도체 제조업체가 조달한 전체 재생에너지의 84%는 재생에너지 공급인증서(RECs)를 통해 이루어졌다.**

REC는 기존 재생에너지 프로젝트를 활용하는 일종의 금융상품이다. REC를 구매한다고 해서 전력망에 새로운 재생에너지가 추가되는 것은 아니다. 이러한 이유로 REC는 재생에너지 조달 방법 중에서 가장 파급력이 약한 방안 중에 하나다.

- a. 반도체 제조업체는 REC를 구매하는 대신, **전력 구매 계약(PPA), 온 사이트 발전(on-site generation), 신규 투자와 같은 추가성을 갖춘 방식으로** 재생에너지를 구매해야 한다.

<sup>16</sup>International Energy Agency (2023). Singapore data explorer. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.iea.org/countries/singapore>

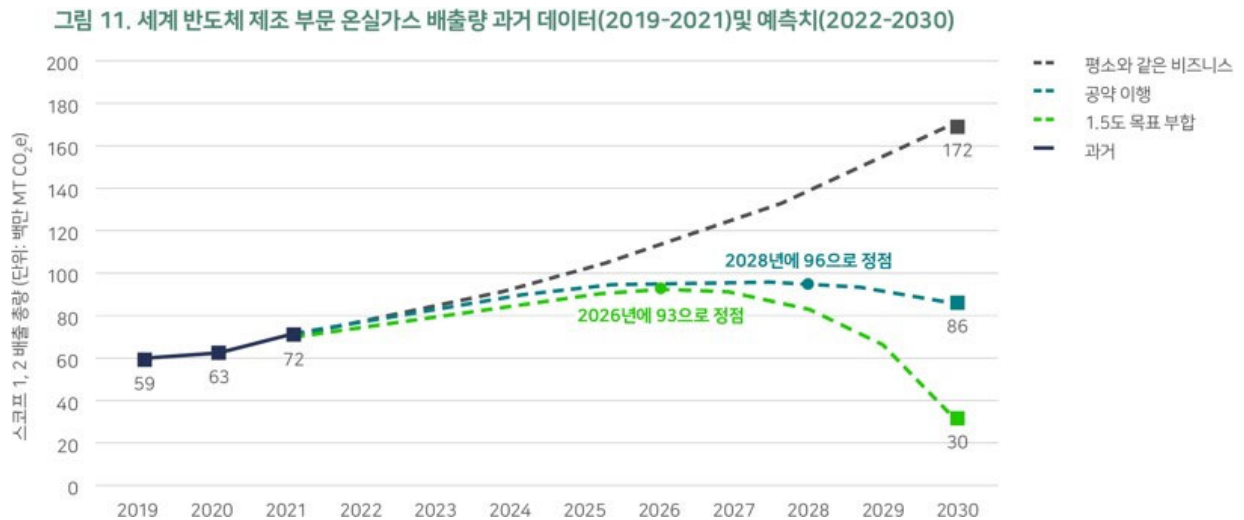
## 글로벌 반도체 제조산업 배출량 전망

2030년까지 전 세계 반도체 제조 부문의 스코프 1 및 스코프 2 총 배출량은 그림 11과 같이 △"지금과 같은 비즈니스(business as usual)" 시나리오에서는 1억7200만 톤의 CO<sub>2</sub>e △"공약 이행(commitments delivered)" 시나리오에서는 8600만 톤 △"섭씨 1.5도 목표에 부합(consistent with 1.5 degrees)" 시나리오에서는 3000만 톤에 이를 것으로 예상된다. 2019년과 2021년 이 부문의 스코프 1 및 스코프 2 배출량 총량은 각각 5900만 톤과 7200만 톤의 CO<sub>2</sub>e로, 2년 동안 22% 증가했다.

이들 기업이 "섭씨 1.5도 목표에 부합"하기 위해 배출량을 줄이면, 배출량은 2026년에 9300만 톤으로 정점에 달할 것이다.

"공약 이행" 시나리오에 따르면, IDM과 파운드리를 포함한 스코프 1 및 스코프 2 배출량은 2028년까지 9600만 톤의 CO<sub>2</sub>e로 정점에 달할 것으로 예상된다. 이는 모든 IDM과 파운드리가 각자의 기후 공약을 이행한다고 가정할 경우다. 이 경우 기업들은 1.5도 목표에 맞추기 위해 추가로 5600만 톤을 감축해야 한다.

전 세계 반도체 제조 부문의 스코프 1 및 스코프 2 총 배출량은 2019년 5900만 톤에서 2021년 7200만 톤으로 증가하여 2년 만에 22% 늘어났다.



참고: 2019년, 2020년, 2021년 데이터는 기업들이 보고한 실제 배출량을 집계한 것이며, 2022년 이후의 데이터는 예측치이다.

출처: 저자의 분석

지역별 분석

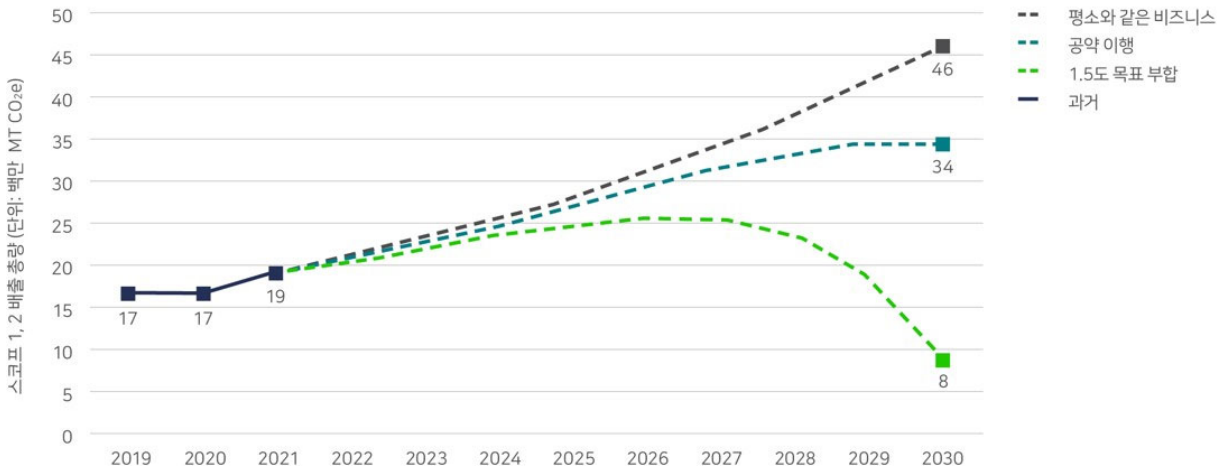
◎ 한국

"공약 이행" 시나리오에서 한국의 주요 반도체 제조업체들의 총 배출량은 그림 15에서와 같이 2029년에 3500만 톤의 CO<sub>2</sub>e로 정점에 도달하지만, 그 이후에는 정체되고 심지어 계속 증가할 가능성이 있다.

SK하이닉스는 삼성에 비해 상대적으로 시장 점유율이 낮음에도, 감축량의 대부분이 SK하이닉스의 공약에 기인한다. 그림 16에서 볼 수 있듯이, 삼성전자의 배출은 그 양과 전체 배출량에서 차지하는 비율 모두에서 계속 증가하게 된다. 업계 분석가들의 예상대로 삼성전자의 국내 제조가 계속 증가하고 기후 변화 대응을 위한 배출량 감축 노력을 기울이지 않는다면, 한국의 반도체 제조업 부문에서는 스코프 1과 스코프 2의 영역에 걸쳐 총 배출량이 매년 계속 늘어날 것이다.

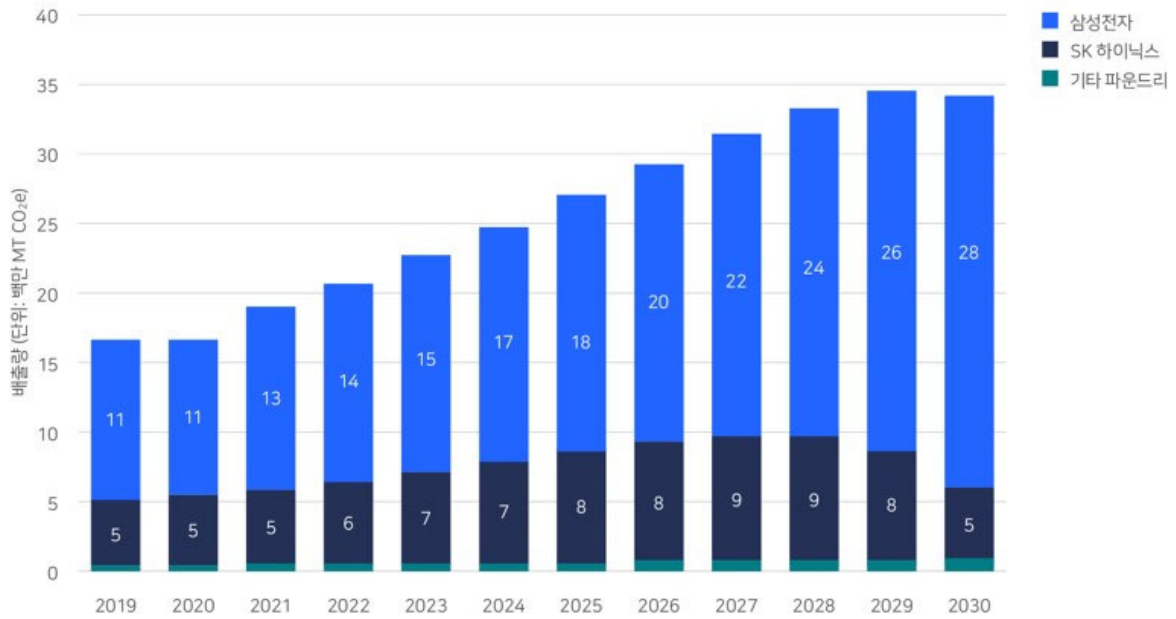
그림 17에서 볼 수 있듯이 2030년의 전력 소비량은 2021년보다 145% 증가한 71TWh에 이를 것으로 예상된다.

그림 15. 한국 반도체 제조 부문의 온실가스 배출량 과거 데이터(2019-2021) 및 예측치(2022-2030)



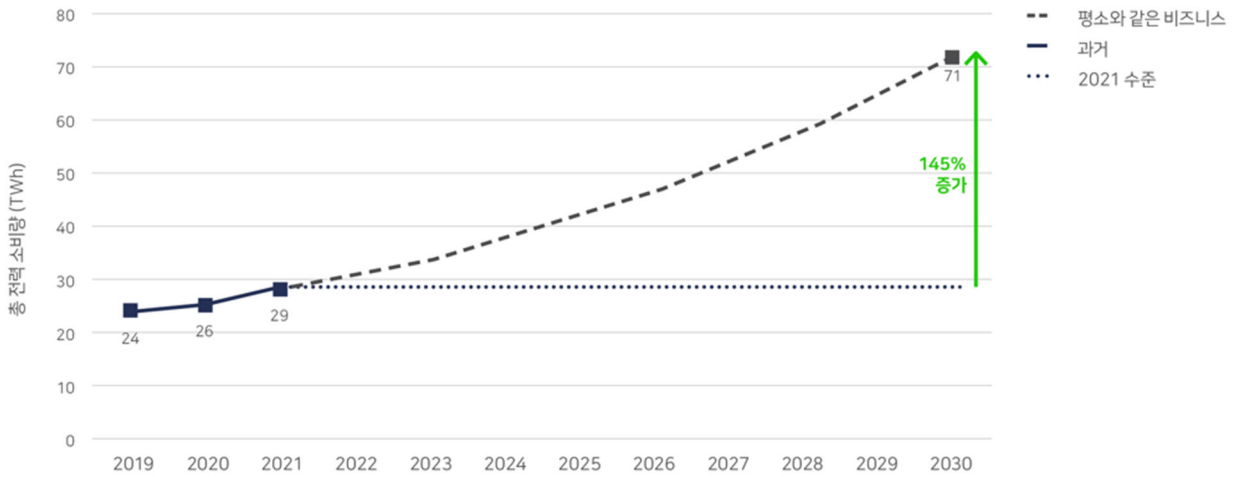
출처: 저자의 분석

그림 16. 한국 반도체 제조 부문의 회사별 온실가스 배출량 과거 데이터(2019-2021) 및 "공약 이행" 시나리오하의 예측치(2022-2030)



출처: 저자의 분석

그림 17. 한국 반도체 제조 부문의 전력 소비량 과거 데이터(2019-2021) 및 예측치(2022-2030)



출처: 저자의 분석<sup>17</sup>

<sup>17</sup>데이터 범위: 한국 내 기업들의 제조 시설



## 배출량이 많은 기업의 영향

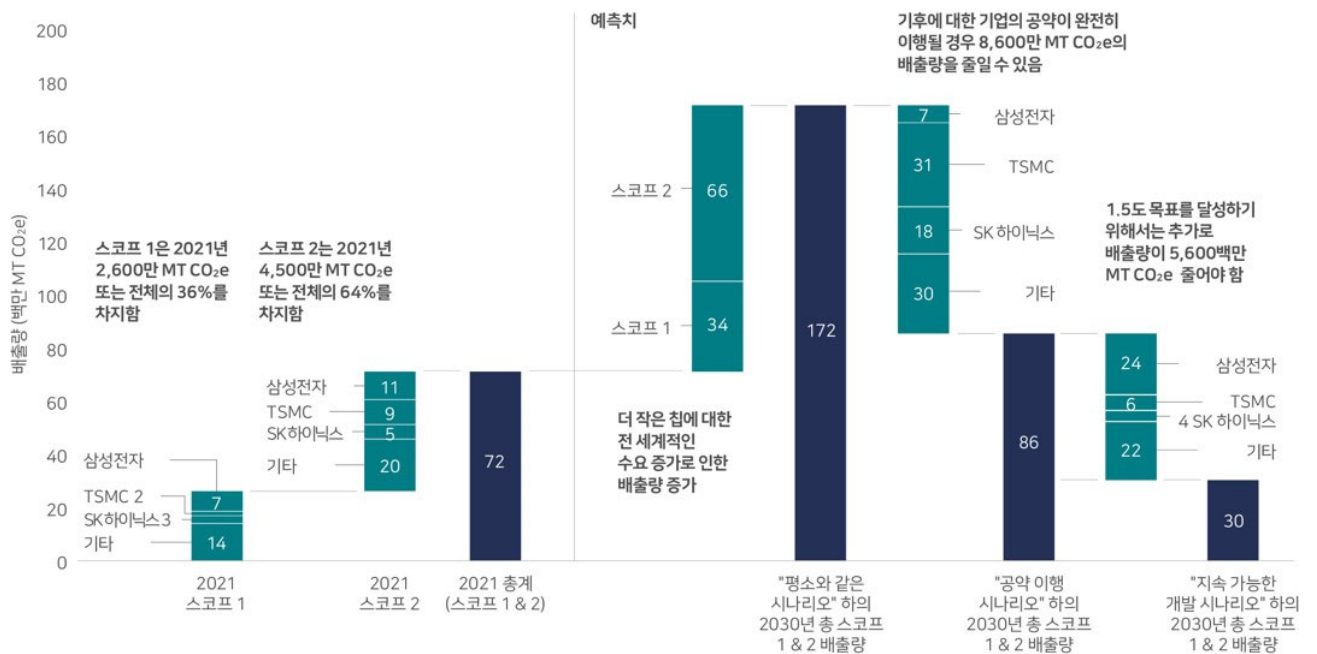
반도체 산업에서 2021년 스코프 2 배출량은 4500만 톤의 CO<sub>2</sub>e로, 이 분야 총 배출량의 64%를 차지했다. 나머지 2600만 톤(총 배출량의 36%)은 스코프 1 배출량이다. "지금과 같은 비즈니스" 시나리오에서 스코프 1과 스코프 2를 포함한 업계의 총 배출량은 2030년까지 각각 3400만 톤과 6600만 톤이 더 늘어날 것으로 예상된다.

2021년 삼성전자, TSMC, SK하이닉스 등 세 기업의 배출량 합계는 이번 조사에 포함된 기업들 전체 배출량의 52%였다. 이들은 스코프 2에서 2500만 톤, 스코프 1에서 1200만 톤의 CO<sub>2</sub>e를 배출했는데 이는 석탄 화력발전소 10기에서 나오는 배출량과 맞먹는 양이다.<sup>18</sup>

"공약 이행" 시나리오에서는 2030년 전체 배출량이 8600만 톤의 CO<sub>2</sub>e로 감소하지만, 삼성전자의 경우 "지금과 같은 비즈니스" 시나리오 때보다 단 700만 톤 미만만 줄이면 된다. 이는 TSMC와 SK하이닉스를 비롯한 다른 기업들보다 훨씬 적은 양이다.

IPCC와 SBTi에 따르면, 섭씨 1.5도 목표를 달성하려면 기업들은 2030년까지 배출량을 2019년의 절반 수준으로 줄여야 한다. 이는 5600만 톤의 CO<sub>2</sub>e를 추가로 감축해야 한다는 것을 의미한다. TSMC, 삼성전자, SK하이닉스는 1.5도 목표를 달성하기 위해 현재 공약한 양 외에도 3400만 톤의 CO<sub>2</sub>를 추가로 감축해야 한다.

그림 21. 2021년부터 2030년까지 전 세계 반도체 제조 부문의 배출 경로

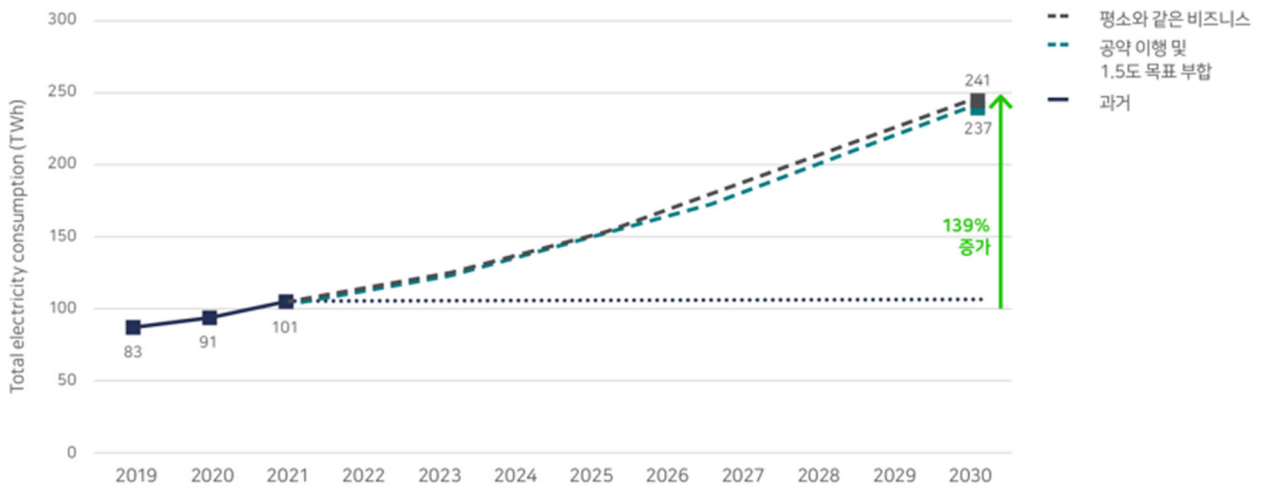


출처: 저자의 분석. 숫자 반올림으로 인한 합계 불일치.

<sup>18</sup>Environmental Protection Agency (2022). Greenhouse Gas Equivalencies Calculator. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator#results>

칩 생산에 대한 수요가 늘어나고 시간이 지남에 따라 더 작은 노드 기술이 적용되면서 10년간의 전력 소비량도 증가하여 왔다. 이런 사실은 그림 22에 제시되어 있다. “공약 이행” 및 “섭씨 1.5도 목표에 부합” 시나리오에서 2030년의 전력 소비량은 237테라와트시(TWh)에 이를 것으로 예상된다. “지금과 같은 비즈니스” 시나리오에서는 2021년보다 139% 증가한 241TWh가 될 것이다.

그림 22. 세계 반도체 제조 부문 전력 소비량 과거 데이터(2019-2021)및 예측치(2022-2030)



출처: 저자의 분석

반도체 부문에서 배출량을 줄이기 위해서는 재생에너지가 필수적이다. 재생에너지를 도입함으로써 산업 전체 배출량의 약 50%를 줄일 수 있다.<sup>19</sup> 2030년까지 1.5도 요건(3가지 스코프를 모두 포함하여 배출량 50% 감축)을 충족하려면 기업들은 2030년까지 100% 재생에너지로 전환해야 한다.

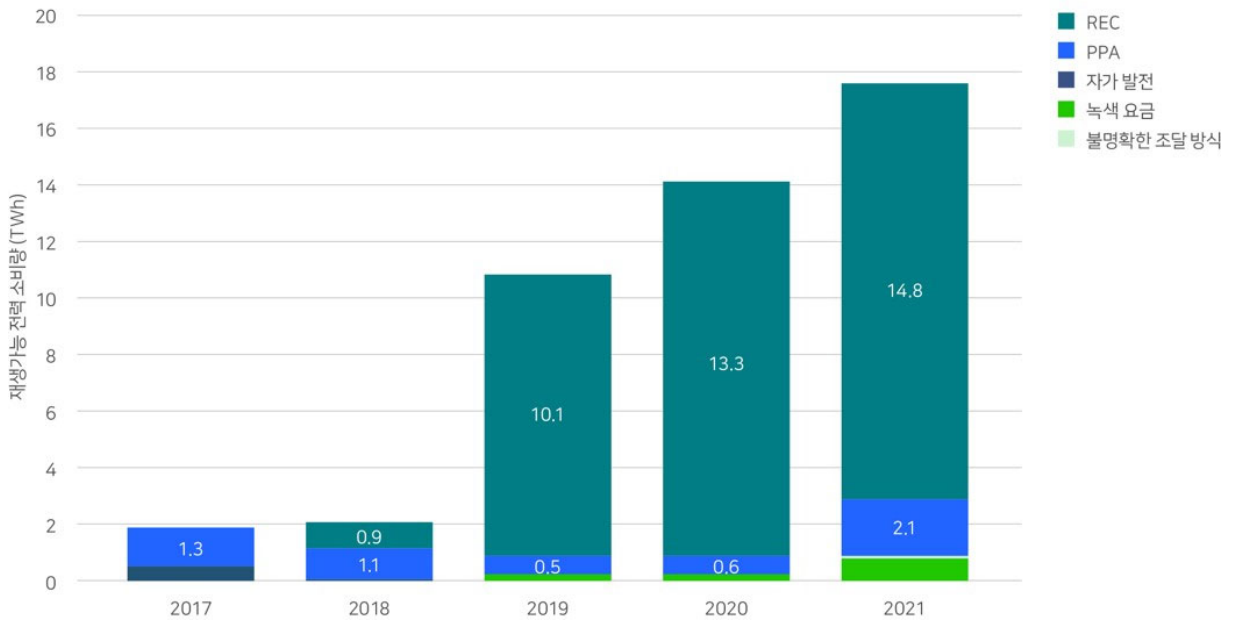
100% 재생에너지 사용을 달성하기 위해서는 기업의 조달 방식이 매우 중요하다. 온 사이트 발전(on-site generation), 재생에너지 발전소 투자, PPA와 같이 영향력이 큰 조달 방법은 전력망에 재생에너지를 추가하여 전반적인 재생에너지 개발에 기여할 수 있다. 반면에 REC는 화석연료로 전기를 생산하는 데 따른 배출량을 상쇄하기 위해 구매할 수 있는 크레딧이다. REC 방식에서 중요한 것은 어떻게 상쇄되는가이다. REC는 추가적인 재생에너지 생산을 유도하는 경우가 드물고, 이중 계산으로 인해 배출량 감축 효과가 다른 조달 방법만큼 명확하지 않은 경우가 많기 때문이다.<sup>20</sup>

<sup>19</sup>McKinsey Company (2022). Sustainability in semiconductor operations: Toward net-zero production. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/sustainability-in-semiconductor-operations-toward-net-zero-production>

<sup>20</sup>Anders Bjørn, Shannon M. Lloyd, Matthew Brander & H. Damon Matthews (2022). Renewable energy certificates threaten the integrity of corporate science-based targets. *Nature Climate Change*, 12, 539–546. <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01379-5>

이 연구에 포함된 반도체 12개 기업이 2017년부터 2021년까지 재생에너지 조달을 어떻게 추진했는지에 대한 데이터가 그림 23에 제시되어 있다. 2021년 반도체 제조 산업에서 조달한 전체 재생에너지 중 REC는 84%에 이르렀으며, PPA는 2위였으나 REC와 큰 격차가 있었다. 결국 높은 이중 계산 위험과 낮은 추가성으로 인해 기업의 스코프 2 궤적은 더 이상 1.5도 목표에 부합하지 않으며 파리 협약의 2도 목표만 달성하게 될 것이다.<sup>21</sup>

그림 23. 세계 반도체 제조 부문의 재생가능 에너지 조달 방식별 규모



출처: 아날로그 디바이스, 글로벌 파운드리스, 인텔, 키오시아, 마이크론 테크놀로지, 삼성전자, SK 하이닉스, ST마이크로일렉트로닉스, 텍사스 인스트루먼트, TSMC, UMC, 웨스턴 디지털 등 반도체 12개 기업의 CDP 공시 데이터 집계.

<sup>21</sup>Anders Bjørn, Shannon M. Lloyd, Matthew Brander & H. Damon Matthews (2022). Renewable energy certificates threaten the integrity of corporate science-based targets. [Nature Climate Change](https://www.nature.com/articles/s41558-022-01379-5), 12, 539–546. <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01379-5>

## 주요 기업의 배출량 및 탈탄소화 현황

### 삼성전자

삼성은 2050년까지 순배출량 제로를 달성하겠다고 약속했으며, 2027년까지 한국 외 모든 시설에 대해 그리고 2050년까지 한국 내 모든 시설에 대해 재생에너지 100% 사용을 약속했다. 이런 점에서 보면 **삼성은 한국 내 시설에 대한 중단기 목표가 부족하다.**

2027년 한국 외 지역 100% 재생에너지 목표는 2027년까지 해당 시설에서 스코프 2 배출량 제로를 달성한다는 것을 의미한다. 삼성의 배출량은 2019년 1600만 톤의 CO<sub>2</sub>e에서 2021년 1800만 톤으로 꾸준히 증가했다.

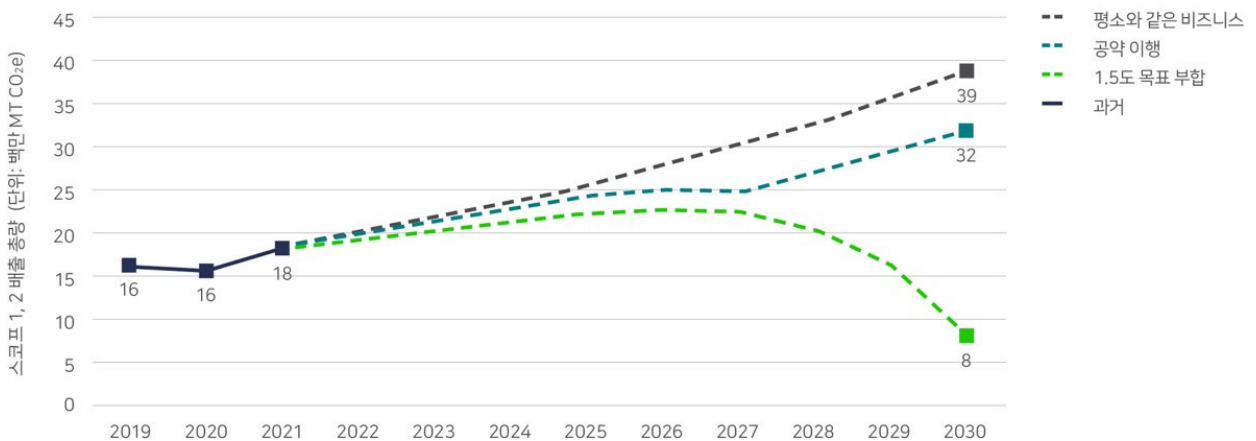
"지금과 같은 비즈니스" 시나리오에서 삼성의 배출량은 그림 29에 표시된 바와 같이 스코프 2에서 2300만 톤, 스코프 1에서 1600만 톤을 배출해 총 3900만 톤의 CO<sub>2</sub>e에 달할 것이다.

"공약 이행" 시나리오에서 삼성의 배출량 곡선은 그림 28에서와 같이 2027년 이전에는 한국외 지역 시설의 배출량 감소로 인해 평탄화되지만, 2027년 이후에는 국내 시설에서 전체 배출량이 크게 증가함에 따라 다시 상향 곡선을 그린다.

현재의 "공약 이행" 시나리오에서 삼성의 배출량이 2030년 이전에 정점에 도달할 가능성은 크지 않다.

전력 소비량은 그림 30에서 보는 바와 같이 2021년 26TWh에서 2030년 55TWh로 112% 이상 증가할 것으로 예상된다. 그림 31에서 볼 수 있듯이 2021년 삼성의 전체 재생에너지 조달에서 REC가 차지하는 비중은 거의 90%에 달했다. PPA와 자가 발전을 합쳐도 2% 정도에 그쳤다.

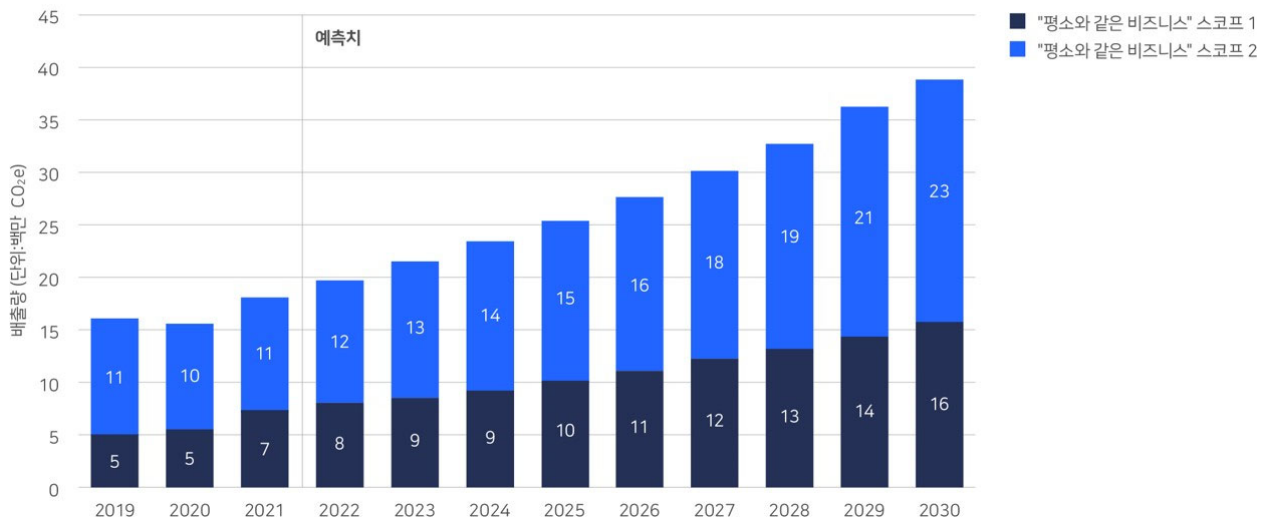
그림 28. 삼성전자 온실가스 배출량 과거 데이터(2019-2021) 및 예측치(2022-2030)



참고: 삼성 모델링에는 삼성전자 반도체 사업부(DS)만 포함했으며, 다른 사업부인 DX는 삼성이 제공한 사업부별 배출량 내역을 활용하여 제외했다.

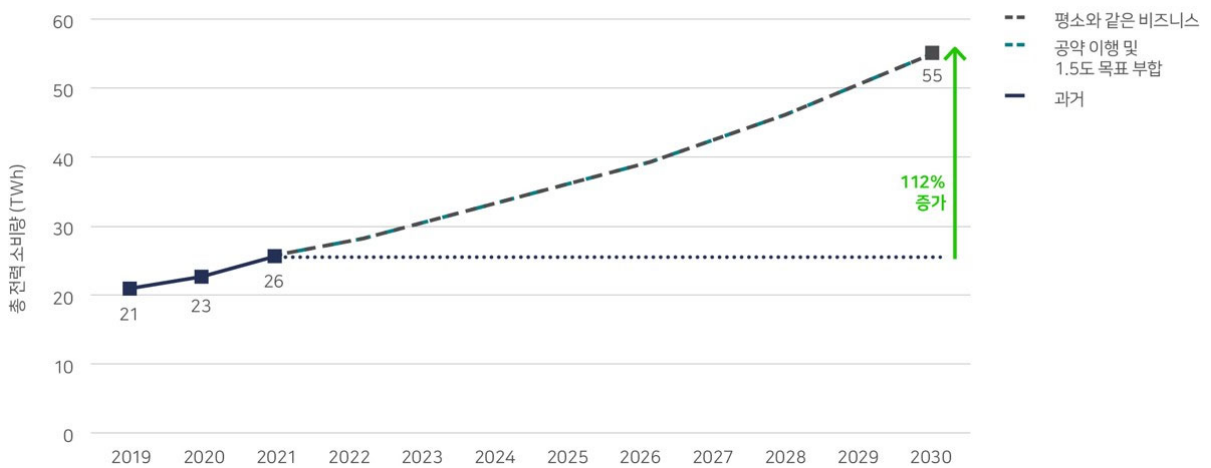
출처: 저자의 분석

그림 29. 삼성전자의 스코프별 과거(2019-2021)데이터 및 "평소와 같은 비즈니스" 시나리오 배출량 예측치 (2022-2030)



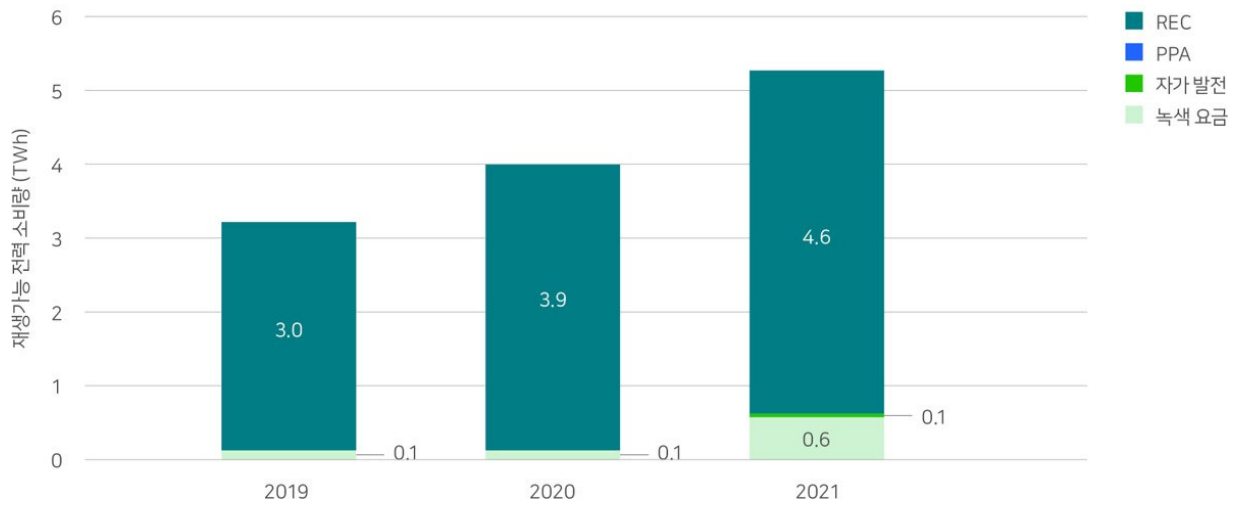
출처: 저자의 분석

그림 30. 삼성전자의 과거(2019-2021) 전력 소비량 데이터 및 예측치(2022-2030)



출처: 저자의 분석

그림 31. 삼성전자 재생가능 에너지 조달 방식별 규모



출처: 저자의 분석

## SK하이닉스

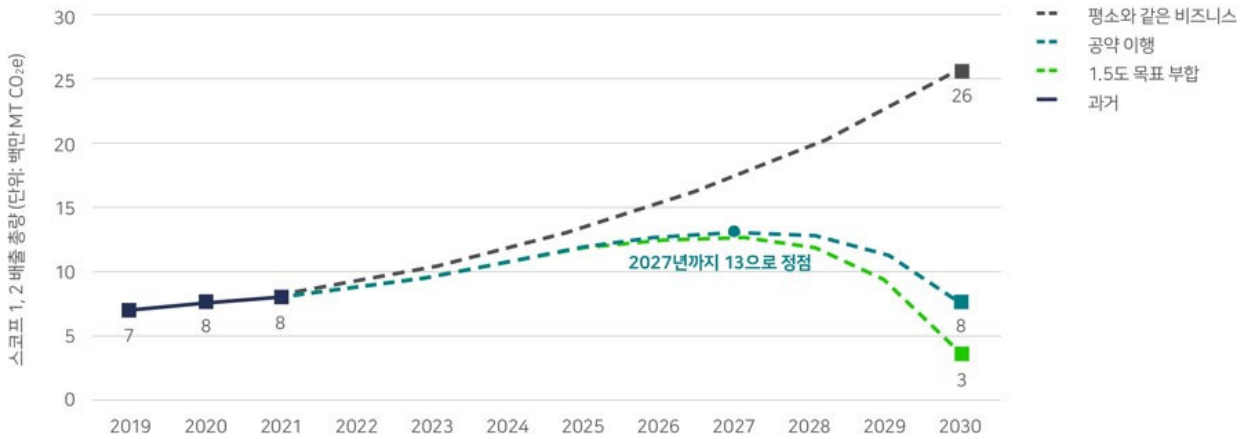
SK하이닉스는 2050년에 넷 제로를 달성하겠다는 약속의 중간 목표로 '2030년 배출량을 2020년 수준으로 돌리겠다'고 약속했다.

SK하이닉스의 배출량은 2019년 700만 톤의 CO<sub>2</sub>e에서 2021년 800만 톤으로 꾸준히 증가했다. 그림 33에서와 같이 "지금과 같은 비즈니스" 시나리오에서 SK하이닉스의 배출량은 2030년에 2600만 톤에 달하며, 이 중 1700만 톤은 스코프 2에서, 800만 톤은 스코프 1에서 배출될 것으로 예상된다.

SK하이닉스의 배출량은 그림 32에서와 같이 "공약 이행" 시나리오에서 2027년에 1300만 톤으로 정점에 달할 것으로 예상된다. SK하이닉스의 공약은 스코프 2와 스코프 1을 구체적으로 구별하고 있지 않으므로, 배출량 정점 예측은 두 가지 모두 공약대로 2020년 수준으로 감소한다고 가정한다.

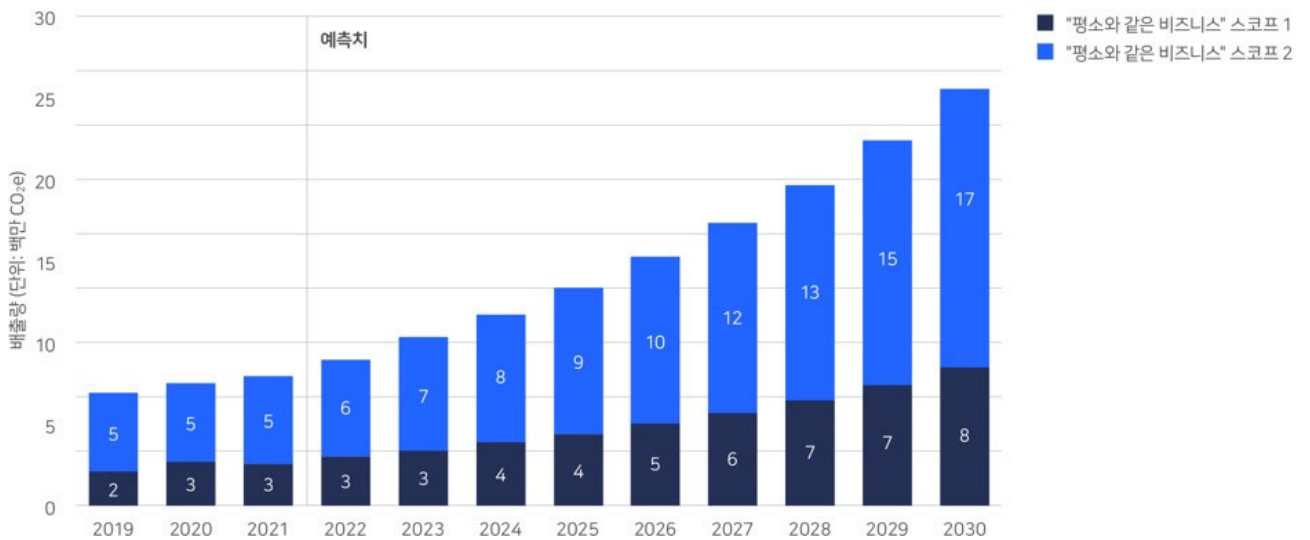
전력 소비량은 그림 34에서 보는 바와 같이 2021년 11TWh에서 2030년 36TWh로 227% 증가할 것으로 예상된다. 2021년 SK하이닉스의 재생에너지 조달 방식은 그림 35에서 보는 바와 같이 전체의 약 50%는 PPA를 통해 조달했고 나머지 절반은 녹색요금 지불을 통한 것이었다.

그림 32. SK 하이닉스 온실가스 배출량 과거(2019-2021) 데이터 및 예측치(2022-2030)



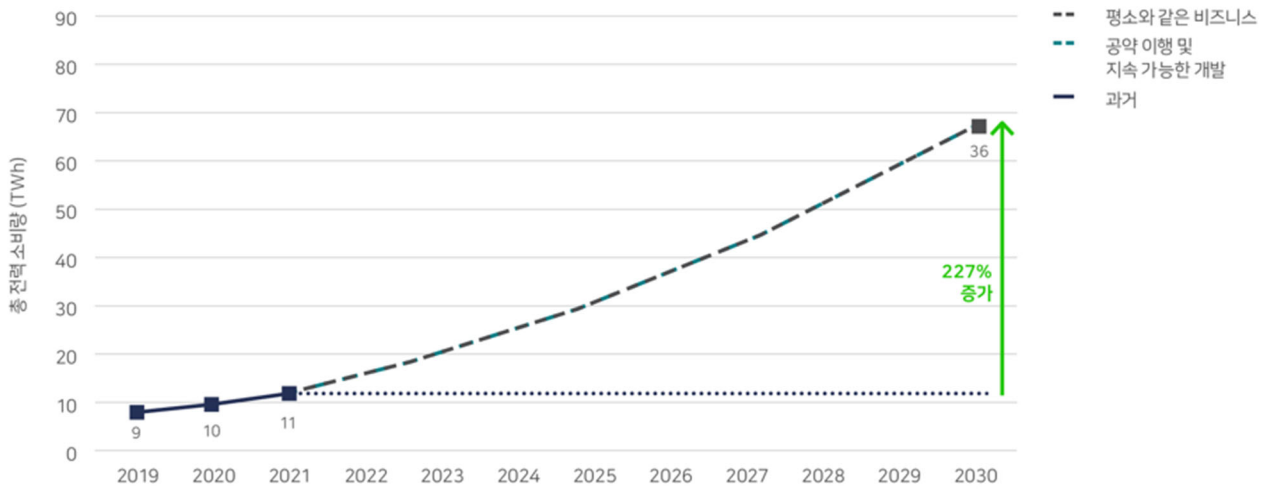
출처: 저자의 분석

그림 33. SK 하이닉스의 스코프별 과거(2019-2021) 데이터 및 "평소와 같은 비즈니스" 시나리오 배출량 예측치(2022-2030)



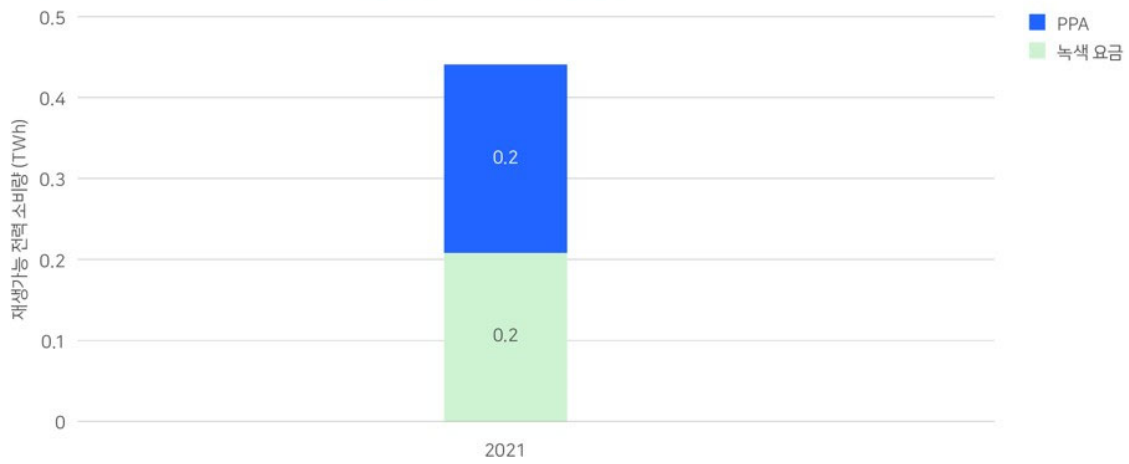
출처: 저자의 분석

그림 34. SK 하이닉스의 과거(2019-2021) 전력 소비량 데이터 및 예측치(2022-2030)



출처: 저자의 분석

그림 35. 2017-2021 SK 하이닉스 재생가능 에너지 조달 방식별 규모



출처: 저자의 분석



## 삼성디스플레이

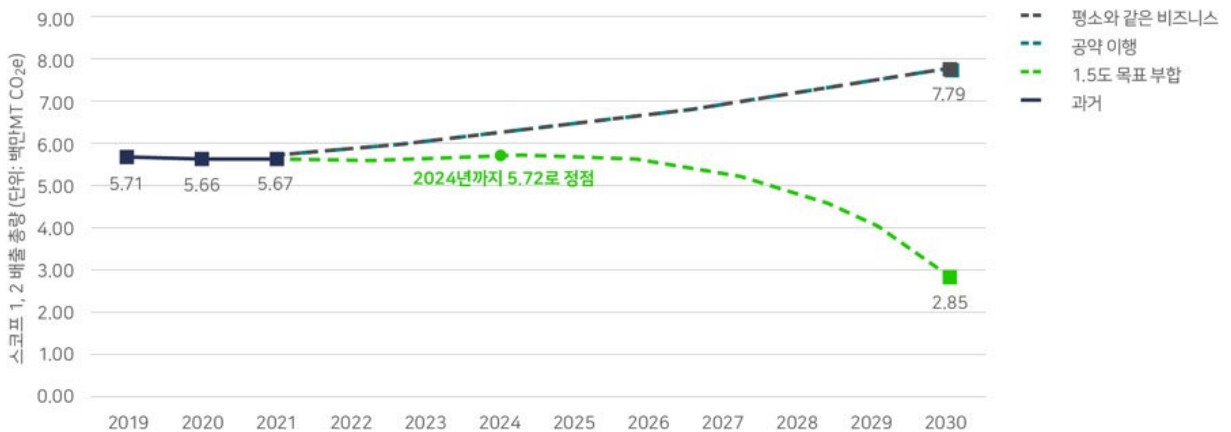
삼성디스플레이는 2050년까지의 탄소 중립 목표를 발표했지만, 명확한 중단기 목표나 배출량 감축 경로를 밝히지 않았다.

삼성디스플레이의 배출량은 그림 36에서와 같이 공정 가스 처리, 재생에너지 사용 등 배출량 감축 노력으로 2019년 571만 톤의 CO<sub>2</sub>e에서 2021년에 567만 톤으로 감소했다. 그림 37에서 볼 수 있듯이, 삼성의 스코프 1 배출량은 2019년 110만 톤에서 2021년 140만 톤으로 증가한 반면, 스코프 2 배출량은 같은 기간에 460만 톤에서 430만 톤으로 감소했다. 스코프 2 배출량의 감소는 재생에너지 사용과 함께 전력 소비량(그림 38)이 감소한 결과일 가능성이 높다.

이 회사는 구체적인 중단기 목표가 부재해 “공약 이행” 시나리오에 따른 배출량 감축을 추산할 수 없었다. 삼성디스플레이의 배출량은 “지금과 같은 비즈니스” 시나리오에서는 780만 톤으로 증가할 수 있다(그림 36). “섭씨 1.5도 목표에 부합” 시나리오에서 삼성디스플레이는 2024년 배출량이 570만 톤으로 정점을 찍고 2030년에는 2019년의 절반 수준인 290만 톤에 도달할 것으로 예상된다.

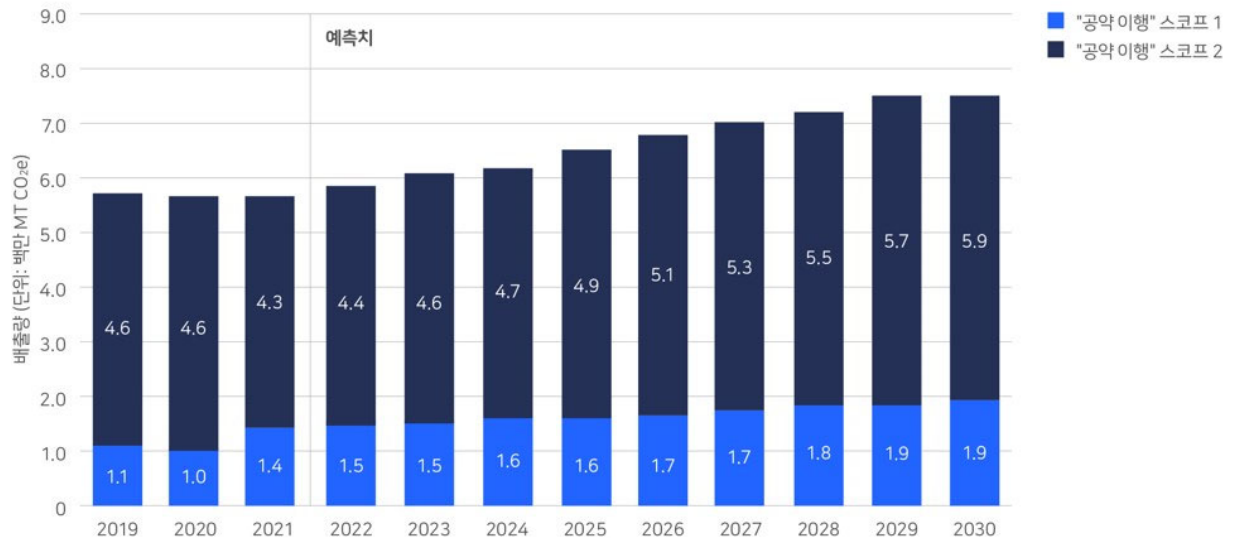
전력 소비 감축에 대한 추가 증거나 목표가 없다면, 삼성디스플레이의 전력 소비량은 2021년 8.3TWh에서 2030년 11.4TWh로 37% 증가할 것으로 예상된다.

그림 36. 삼성 디스플레이 온실가스 배출량 과거(2019-2021) 데이터 및 예측치(2022-2030)



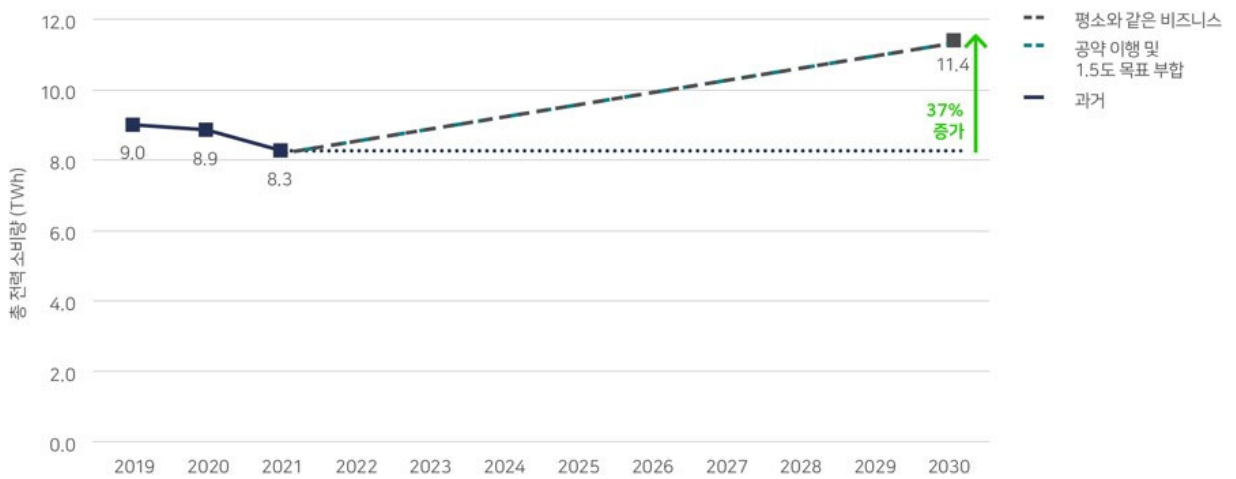
출처: 저자의 분석

그림 37. 삼성 디스플레이의 스코프별 과거(2019-2021) 데이터 및 "공약 이행" 시나리오 배출량 예측치 (2022-2030)



출처: 저자의 분석

그림 38. 삼성 디스플레이의 과거(2019-2021) 전력 소비량 데이터 및 예측치(2022-2030)



출처: 저자의 분석

## LG디스플레이

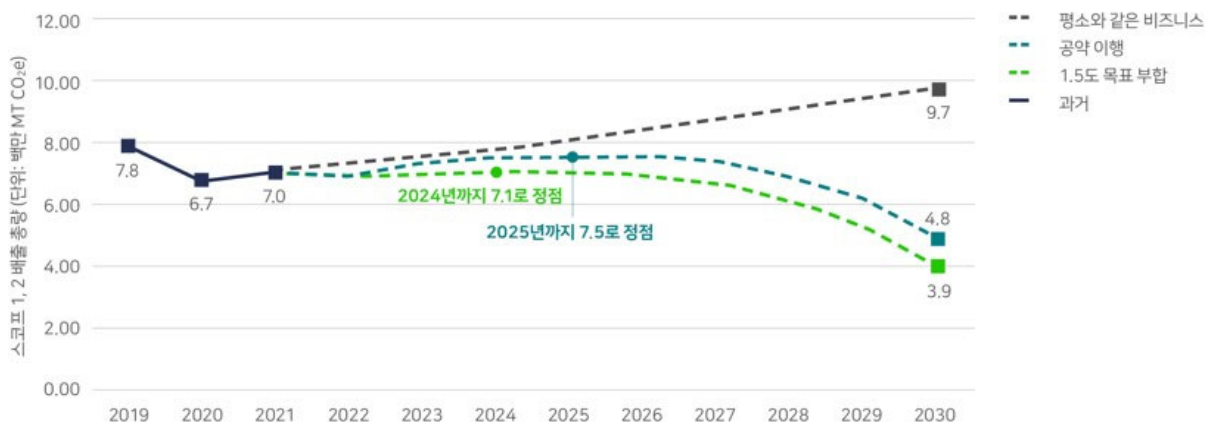
LG디스플레이는 2014년 배출량을 기준으로 하여 2030년까지 40%, 2050년까지 90%를 감축하겠다는 목표를 설정했다.

LG의 스코프 1과 2의 총 CO<sub>2</sub>e 배출량은 그림 39에서 보는 바와 같이 2019년 780만 톤에서 2020년 670만 톤으로 감소했지만, 2021년에는 700만 톤으로 다시 증가했다. 그림 40에서 스코프 1과 스코프 2 배출량을 구분해 살펴보면, 스코프 1 배출량은 감소한 반면 스코프 2는 전력 소비 추세와 거의 일치하는 V자형 추세를 보였다(그림 41).

LG디스플레이의 2030년 CO<sub>2</sub>e 목표(2014년 대비 60% 수준)는 스코프 1과 2에서 각각 294만 톤, 198만 톤이다. 그림 40에서와 같이, LG디스플레이는 스코프 1 목표를 2021년에 달성했다. “공약 이행” 시나리오에서 LG디스플레이는 2030년까지 스코프 1, 2 총 배출량을 480만 톤까지 줄일 수 있다. 2030년까지 110만 톤을 추가로 감축할 수 있다면, LG디스플레이의 감축 노력은 1.5도 목표를 위한 IPCC 및 SBTi의 권고에 부합하게 된다.

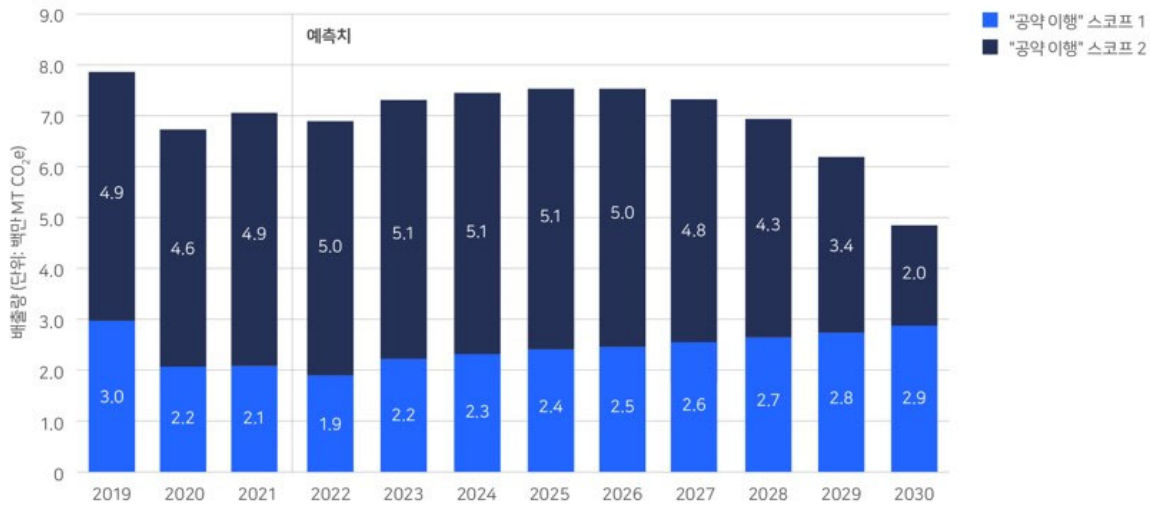
배출량은 감소하는 반면, LG디스플레이의 전력 소비량은 2021년 9TWh에서 2030년 12.4TWh로 증가할 것으로 예상된다.

그림 39. LG 디스플레이 온실가스 배출량 과거(2019-2021) 데이터 및 예측치(2022-2030)



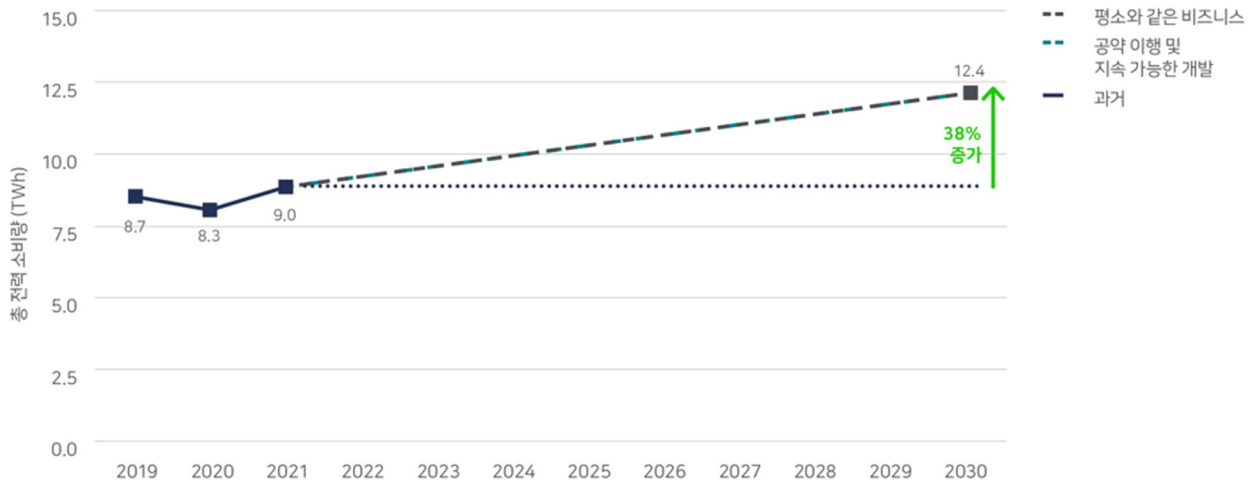
출처: 저자의 분석

그림 40. LG 디스플레이의 스코프별 과거(2019-2021) 데이터 및 "공약 이행" 시나리오 배출량 예측치 (2022-2030)



출처: 저자의 분석

그림 41. LG 디스플레이의 과거(2019-2021) 전력 소비량 데이터 및 예측치(2022-2030)



출처: 저자의 분석

## 한계점

### 웨이퍼 크기

1. 웨이퍼 크기는 단위 생산 에너지와 탄소 집약도 측면에서 팹의 전력 소비에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 상관관계를 정량화하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

### 데이터

1. 과거 데이터와 정확한 시장 분석 부족으로 인해 본 보고서에서는 디스플레이 제조 부문과 최종 조립 부문에 대한 산업별 배출량 및 전력 소비량 예측을 다루지 않았다.
2. 유용한 데이터 부족으로 인해 국가/지역 그리드 배출 계수는 최종 모델링에 통합되지 않았다.

### 기업 보고

1. 일부 기업의 기후위기 대응 공약은 다른 기업보다 덜 정확하게 정의되어 있어 해석과 정량적 변환이 불확실하다.
2. 기업이 온실가스 산정에 사용한 지구 온난화 잠재 계수가 항상 동일한 것은 아니기 때문에 기준선에 불일치가 발생할 수 있다.

## 방법론 및 데이터 출처

### 연구 배경

테크 산업은 세계적으로 빠르게 성장하고 있으며, 해당 산업의 전력 소비도 계속해서 증가하고 있다. 세계 테크 산업의 전력 사용량은 2020~2030년 사이에 60% 이상 증가할 것으로 예상된다. 테크 산업은 화석연료에 크게 의존하기 때문에, 전력 소비 증가는 필연적으로 탄소 배출량 증가를 동반하게 된다. 소비자 전자제품 공급망이 기후에 미치는 영향은 막대하다. 반도체 제조업체, 디스플레이 제조업체, 최종 조립업체 등 소비자 전자제품 공급업체들이 발생시키는 배출량은 전자산업 전체 배출량의 4분의 3 이상을 차지한다.<sup>22</sup>

### 반도체 산업

#### ◎ 방법론

이 보고서는 반도체 제조업체의 미래 전력 수요 및 온실가스 배출량을 회사 단위로 예측하는 방법론을 적용한다.

먼저 과거의 동향을 바탕으로 하여 각 회사의 2030년 시장점유율(매출 기준)을 추정한다. 그런 다음 그 회사의 2021년 절대 매출과 2030년 시장점유율의 차이에 근거하여 매출증가율을 추정할 수 있다.<sup>23</sup> 반도체 제조 부문의 전력 소비가 주로 생산 규모에 의해 결정된다는 점을 고려할 때, 미래 스코프 1과 2의 배출량은 방정식 6, 11, 17에 설명된 바와 같이  $\Delta$ 기준 전력 소비(또는 기준 배출량)  $\Delta$ 생산 수준의 변화  $\Delta$ 생산-배출 요인 변동  $\Delta$ 배출량 감소 등의 함수로 설명될 수 있다.

매출이나 생산 규모와 배출량 간의 상관관계를 테스트하기 위해, 반도체 제조업체 16곳의 매출과 배출량을 과거 5년간 보고된 데이터로 분석했다. 그림 1에서 볼 수 있듯이, 스코프 1의 값은  $r^2=0.52$ 로, 스코프 2의 값은  $r^2=0.63$ 로 나타나, 매출과 배출량 사이에 상당한 상관관계가 있음을 보여준다. 기존 연구에서도 반도체 제조 산업에서 매출은 배출량과 강한 상관관계가 있는 것으로 확인된다.<sup>24</sup> 이 보고서에서는 반도체 업계에서 생산량 증가가 매출 증가로 이어질 것임을 기본적으로 가정하였다.

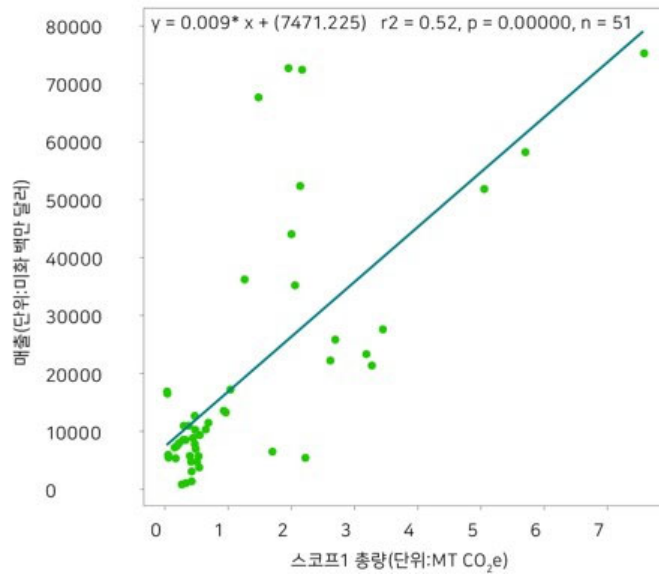
<sup>22</sup>World Economic Forum & Boston Consulting Group (2021). Net-Zero Challenge: The supply chain opportunity. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.weforum.org/reports/net-zero-challenge-the-supply-chain-opportunity/>

<sup>23</sup>회사가 CDP 및 재무 공시에 보고한 데이터를 기반으로 한 저자의 분석

<sup>24</sup>회사가 CDP 및 재무 공시에 보고한 데이터를 기반으로 한 저자의 분석

그림 1. 매출과 스코프1 배출량의 상관관계

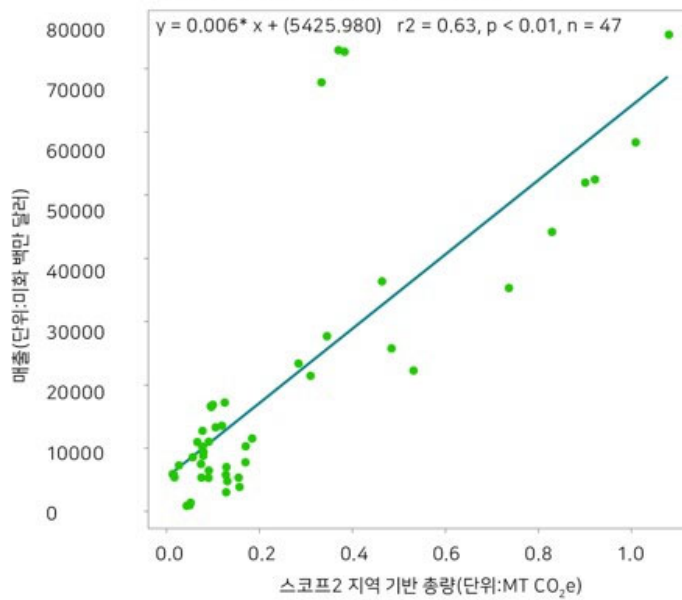
스코프1 총량(단위:MT CO<sub>2</sub>e)과  
매출(단위: 미화 백만 달러)의 상관관계



출처: 회사가 CDP 및 재무 공시에 보고한 데이터를 기반으로 한 저자의 분석

그림 2. 매출과 스코프2 배출량의 상관관계

스코프2 지역 기반 총량(단위:MT CO<sub>2</sub>e)과  
매출(단위: 미화 백만 달러)의 상관관계



출처: 회사가 CDP 및 재무 공시에 보고한 데이터를 기반으로 한 저자의 분석

전력소비량이나 배출량 데이터는 회사들의 2021년 보고에서 가져온 것이다. 생산 규모 변동은 예상되는 매출 증가로 추정했다. 회사들은 미래의 반도체 칩 생산 예측치에 관한 정보를 공개하지 않는다. 따라서 우리는 매출액에 근거한 시장 규모와 생산 규모 간에 직접적인 상관관계가 있다고 가정하고, 미래의 생산량 대신에 매출액에 근거한 시장 규모를 분석에 활용하였다. 생산-배출 요인의 변동량은 현재 회사들의 노드 크기별 분포로 결정된다. 웨이퍼 크기, 전력망 배출 요인, 새로운 불소화합물로 인한 지구 온난화 가능성 등도 생산-배출 요인 변동에 영향을 줄 수 있지만, 이러한 요소들을 집약도 변화 추정에 안정적으로 통합할 수 있는 충분한 데이터가 기존 문헌에서 발견되지 않았다.

모델링을 위해 수집, 사용한 모든 데이터는 표 1에 요약되어 있다.

우리는 기업의 기후 공약과 탄소 목표를 분석하여, 그러한 목표가 제때에 100% 달성될 경우의 배출량 감축 요건을 추정하기 위해 회사별 모델을 개발했다. 기업들은 배출 감축 수단(전력 구매 계약(PPAs), 재생에너지 공급인증서(RECs) 등)을 특정하여 공개하는 경우가 많지 않기 때문에, 최근 몇 년간 기업들이 배출량 감축을 위해 시행한 조치와 관련한 공개 자료를 검토했고, 그러한 추세가 2030년까지 지속될 것으로 가정하여 배출량 감축 수단이 무엇이고 얼마나 사용될 가능성이 있는지를 예측했다.

각 회사에 대한 2030년 예측치는 기준 연도(2021년)에 이들이 보고한 배출량 및 소비량 분포를 활용하여 지역 수준으로 세분화했다. 지역별 탄소 목표가 있는 회사의 경우(삼성, 마이크론 테크놀로지 등), 지역별 예측을 한 다음 회사 차원으로 통합하여 집계했다.

**표 1. 예측 모델링을 위해 수집 및 사용된 데이터와 정보 개요**

데이터 유형	세분화 수준	범위	기간	출처
전체 및 지역별 스코프 1 배출량 추이	회사	16개 회사(> 시장의 96%)	2017-2021	회사 연간 CDP 공시 보고서; 연간 기업 지속가능성 보고서
전체 및 지역별 시장 기반 및 위치 기반 스코프 2 배출량 추이	회사	16개 회사	2017-2021	회사 연간 CDP 공시 보고서; 연간 기업 지속가능성 보고서
전체 및 지역별 전력 소비량 추이	회사	16개 회사	2017-2021	회사 연간 CDP 공시 보고서; 연간 기업 지속가능성 보고서
회사 기후위기 대응 공약	회사	16개 회사	2021-2022	회사 홈페이지; 최신 기업 지속가능성 보고서
회사 매출 추이	회사	16개 회사	2011-2021	회사 연간 재무 보고서
팹 이름 및 위치	팹	153개 팹(16개 회사의 공장을 모두 포함)	2022	회사 홈페이지; 기업 지속가능성 보고서
2030년까지 시장 성장 예측치	하위 부문	부문	2021, 2030	McKinsey 2022; ASML 2021
노드 크기와 생산 효율성 간 상관관계	부문	350nm에서 3nm	2000-2021	Semiconductor Engineering 2022; Lithovision 2021; Das and Mao 2020; EPRI 2000
지역별 노드 크기 분포	지역	전 세계	2020	IC Insights 2021



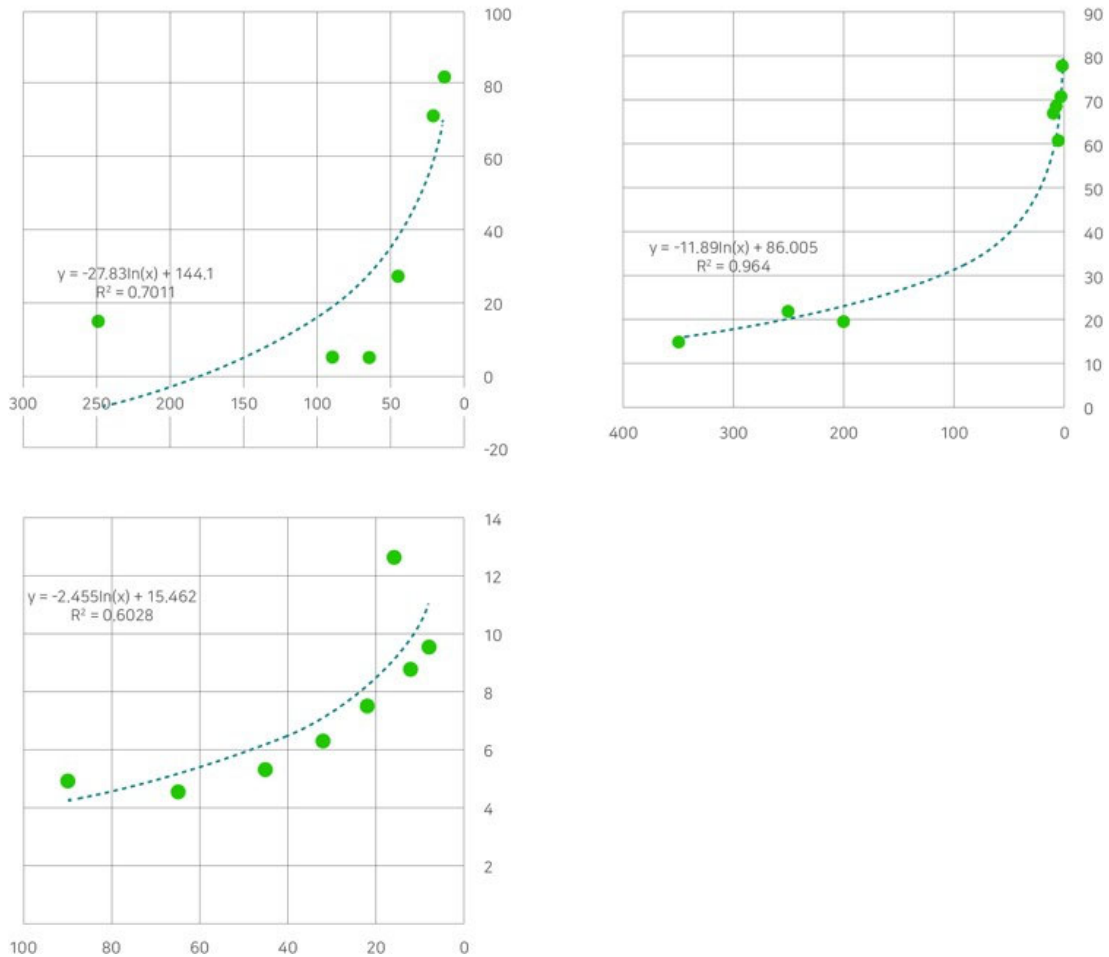
### 노드 크기와 전력 소비량의 상관관계

노드 크기가 작은 반도체 칩은 노드 크기가 큰 칩보다 처리 단계(예컨대 포토리소그래피 공정의 마스크 수)가 더 많기 때문에 더욱 에너지 집약적이게 된다.

그림 3은 제조 공정의 복잡성 측정을 위한 지표로 사용되는 노드 크기와 마스크 수, 처리 시간 간의 관계를 보여준다. 나타난 상관관계는 방정식 N1에 설명되어 있으며 우리 모델링에 사용된다.

$$y = -2.455\ln(x) + 15.462 \quad (\text{Eq. N1})$$

그림 3. 노드 크기와 전력 집약도, 마스크 수, 처리 시간의 관계

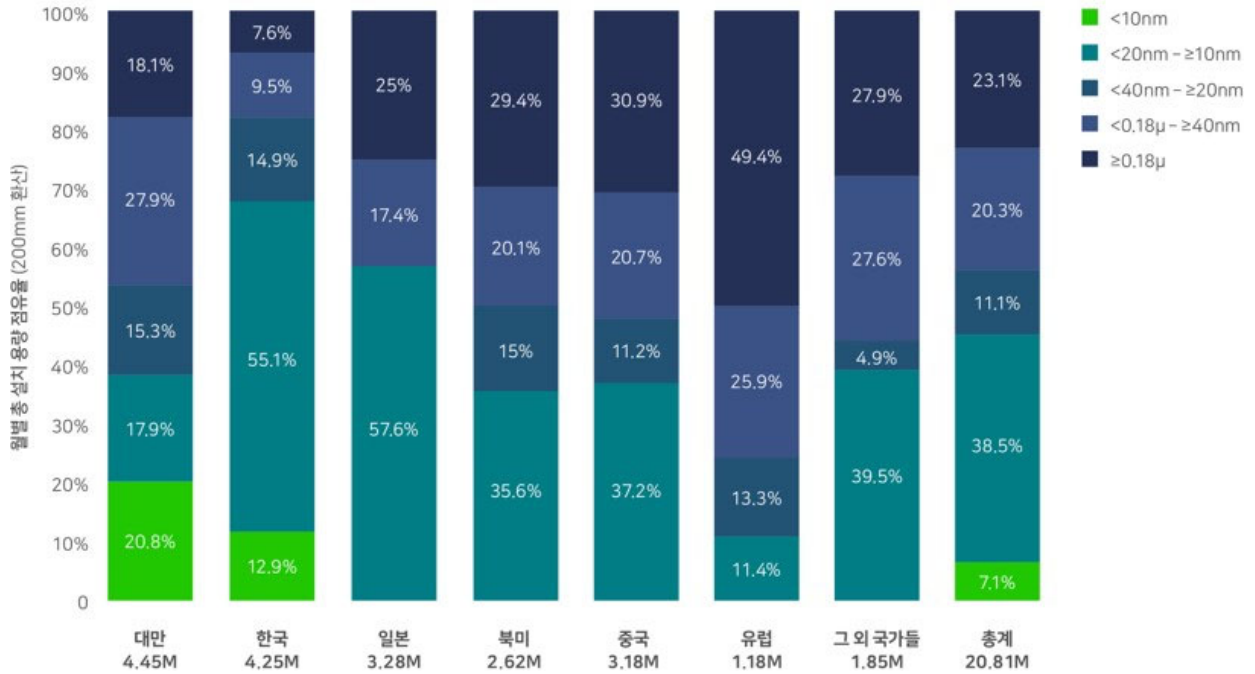


참고: X축은 모두 노드 크기가 350nm에서 3nm로 역으로 배열된 것이고, Y축은 좌측에서부터 각각 전력 집약도, 마스크 수, 처리 시간을 나타낸다.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> 저자의 분석은 Das and Mao 2020, Lithovision 2020, EPRI 2000 그리고 Semiconductor Engineering 2022의 데이터에 기반한다.

그림 4는 2020년 말 현재 전 지역에 걸친 노드 크기 생산 분포를 보여주고 있으며, 표 2에는 2020년 및 2030년 예상 노드 크기 분포가 제시되어 있다. 이러한 예측은 2020년 분포 자료와 이 보고서 저자의 판단에 기반한 것이다.

그림 4. 2020년 12월 노드 크기별 지역별 월간 설치 용량



출처: IC Insights, 2021.<sup>26</sup>

표 2. 지역별 현재 및 2030년 예상 노드 크기 생산 분포

지역	2020년 분포					2030년 예상 분포				
	>= 0.18u	<0.18u - >=40nm	<40nm - >=20nm	<20nm - >=10nm	<10nm	>= 0.18u	<0.18u - >=40nm	<40nm - >=20nm	<20nm - >=10nm	<10nm
대만	18%	28%	15%	18%	21%	9%	14%	8%	9%	60%
한국	8%	10%	15%	55%	13%	3%	3%	5%	19%	70%
일본	25%	17%	0%	58%	0%	18%	12%	0%	40%	30%
북미	29%	20%	15%	36%	0%	21%	14%	11%	25%	30%
중국 본토	31%	21%	11%	37%	0%	25%	17%	9%	30%	20%

<sup>26</sup>Daniel Nenni (2021). Retrieved March 22, 2023, from <https://semiwiki.com/forum/index.php?threads/global-wafer-capacity-2021-2025.13705/>

유럽	49%	26%	13%	11%	0%	40%	21%	11%	9%	20%
그 외 국가들	28%	28%	5%	40%	0%	25%	25%	4%	36%	10%
세계 전체	23%	20%	11%	39%	7%	20%	15%	7%	24%	34%

출처: 2020년 데이터는 IC Insights, 2021에서 가져왔고, 2030년 데이터는 저자가 개발함.

## ◎ 미래 예측치 산출

### 스코프 1

스코프 1 배출은 공정 가스 및 고정 연소에서 발생하며, 가스 저감 및 연소를 대체하는 재생에너지를 통해 배출을 줄일 수 있다. 기준 연도와 미래의 배출량은 각각 Eq. 1과 Eq. 2로 산출된다.

$$EM_{S1,b} = P_b \times EF_{S1,b,P} - EMR_{S1,b,GA} - EMR_{S1,b,SC} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$EM_{S1,f} = P_f \times EF_{S1,f,P} - EMR_{S1,f,GA} - EMR_{S1,f,SC} \quad (\text{Eq. 2})$$

상기 방정식에서  $EM$ 은 배출,  $P$ 는 생산,  $EF$ 는 배출 요인,  $EMR$ 은 배출 감소,  $SC$ 는 고정 연소,  $GA$ 는 가스 저감,  $b$ 는 기준 연도,  $f$ 는 미래,  $S1$ 은 스코프 1이다.

$$P_f = P_b \times \Delta P \quad (\text{Eq. 3})$$

$$EF_{S1,f,P} = EF_{S1,b,P} \times \Delta PE_{S1} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\Delta PE_{S1} = \frac{W_f}{W_b} \times \frac{N_f}{N_b} \times \frac{F_f}{F_b} \quad (\text{Eq. 5})$$

상기 방정식에서,  $\Delta P$ 는 생산 변동,  $\Delta PE$ 는 생산 효율성 변동,  $W$ 는 웨이퍼 크기와 생산 효율성 간의 상관관계,  $N$ 은 노드 크기와 생산 효율성 간의 상관관계,  $F$ 는 불화가스의 지구 온난화에 미칠 잠재성의 가중 평균값이다.

아래 Eq. 6은 Eq. 1~5에서 도출될 수 있다.

$$EM_{S1,f} = \Delta P \times \left( \frac{W_f}{W_b} \times \frac{N_f}{N_b} \times \frac{F_f}{F_b} \right) \times (EM_{S1,b} + EMR_{S1,b,GA} + EMR_{S1,b,SC}) - EMR_{S1,f,GA} - EMR_{S1,f,SC} \quad (\text{Eq. 6})$$

**스코프 2**

스코프 2 배출은 구매한 전기, 증기, 열, 냉각에서 발생한다. 기준 연도와 미래의 배출량은 각각 Eq. 7과 Eq. 8로 산출될 수 있다.

$$EM_{S2,b} = EL_b \times EF_{S2,b,EL} + SHC_{S2,b} \times EF_{S2,b,SHC} - EMR_{S2,b,RE} - EMR_{S2,b,SHC} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$EM_{S2,f} = EL_f \times EF_{S2,f,EL} + SHC_{S2,f} \times EF_{S2,f,SHC} - EMR_{S2,f,RE} - EMR_{S2,b,SHC} \quad (\text{Eq. 8})$$

상기 방정식에서, *EL*은 전기, *SHC*는 증기, 열, 냉각, *RE*는 재생에너지, *S2*는 스코프 2이다.

$$\Delta PE_{S2} = \frac{W_f}{W_b} \times \frac{N_f}{N_b} \times \frac{GF_f}{GF_b} \quad (\text{Eq. 10})$$

여기서 *GF*는 전력망 배출 요인이다.

아래 Eq. 11는 Eq. 1~10으로부터 도출될 수 있다.

$$EM_{S2,f} = \Delta P \times \left( \frac{W_f}{W_b} \times \frac{N_f}{N_b} \times \frac{GF_f}{GF_b} \right) \times (EM_{S2,b} + EMR_{S2,b,RE} + EMR_{S2,b,SHC}) - EMR_{S2,f,RE} - EMR_{S2,f,SHC} \quad (\text{Eq. 11})$$

**전력 소비**

전기는 생산 및 운영 과정에서 소비된다. 기준 연도와 미래의 전력 수요는 각각 Eq. 12와 Eq. 13으로 산출될 수 있다.

$$EL_b = P_b \times EF_{EL,b,P} \quad (\text{Eq. 12})$$

$$EL_f = P_f \times EF_{EL,f,P} \quad (\text{Eq. 13})$$

상기 방정식에서 *EL*은 전력 수요이다.

$$P_f = P_b \times \Delta P \quad (\text{Eq. 14})$$

$$EF_{EL,f,P} = EF_{EL,b,P} \times \Delta PE_{EL} \quad (\text{Eq.15})$$

$$\Delta PE_{EL} = \frac{W_f}{W_b} \times \frac{N_f}{N_b} \quad (\text{Eq. 16})$$

아래 Eq. 17 은 Eq. 1~16으로부터 도출될 수 있다.

$$EL_f = \Delta P \times \left( \frac{W_f}{W_b} \times \frac{N_f}{N_b} \right) \times EL_b \quad (\text{Eq. 17})$$

## ◎ 데이터 출처

반도체 제조업체에서 앞으로 어느 규모로 칩을 생산할지와 관련한 공개 정보는 거의 없다. 본 보고서는 미래의 칩 생산 규모를 미래의 시장 규모로 대신해 사용하며, 다시 말해 매출액으로 산정한 시장 규모가 2030년까지 일정 속도로 성장하는데 맞춰 칩 생산량도 성장할 것이란 가정이다. 생산량이 반도체 부문의 탄소 배출량을 크게 좌우한다는 점은 과거 연구로도 입증되고 있다.<sup>27</sup> 반도체 제조업체의 칩 매출은 전력 소비와 직접적인 상관관계가 있기 때문에, 본 보고서에서 생산 증가에 따른 미래 전력 소비량 추정치를 도출할 수 있다.

## 매출과 배출량의 상관관계

세계반도체무역통계기구(WSTS)에 따르면, 2021년 세계 반도체 제조산업의 시장 규모는 매출 기준으로 5560억 달러였다. 시장은 스마트폰, 개인용 컴퓨터, 소비자 전자제품, 자동차, 산업용 전자제품 등이 주도했다. 그 중 전기자동차를 비롯한 일부 응용처는 앞으로 10년 동안 상대적으로 더 빠른 성장을 보일 것으로 예상된다.<sup>28</sup>

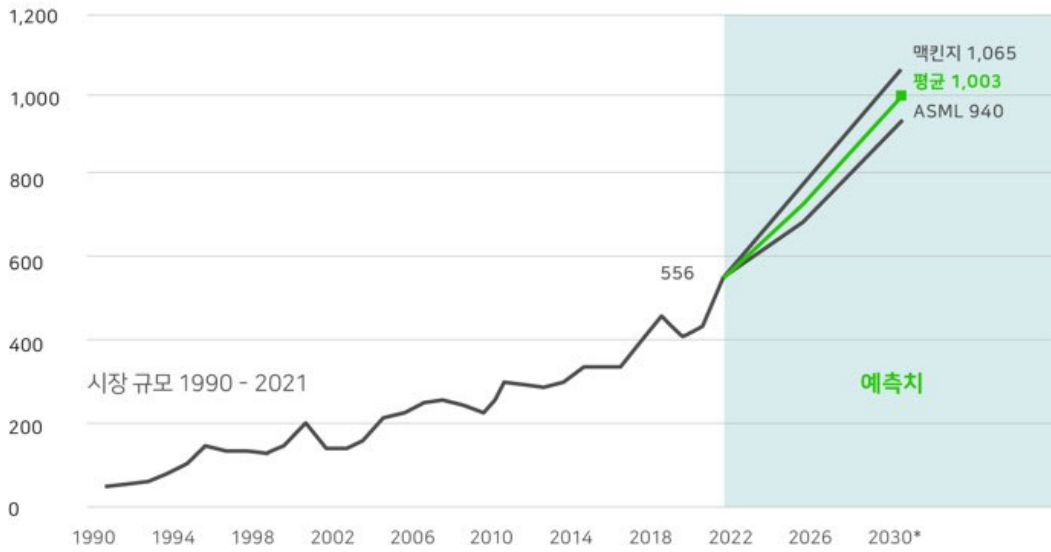
본 보고서에서는 ASML과 맥킨지의 시장 규모 예측을 비교하여 이러한 수치를 도출했다. ASML은 2020년에서 2025년까지 다양한 시장의 세부 부문에 대한 추정치를 내놓았고, 2015년의 실제 시장 규모에서 2025년 추정치에 이르는 연 성장률에 근거하여 2030년 시장 규모를 예측했다. 다만 2025~2030년 기간에는 부문별 성장률은 추정하지 않았다. 맥킨지의 분석도 부문별 성장률에 초점을 맞추어 2021년부터 2030년까지를 예측했으나, 2025년에 대한 구체적인 예측은 없었다. 본 보고서에서는 ASML과 맥킨지의 분석에 대해 각각 세부 부문들을 합산하여 시장 전체 추정치를 낸 다음, 두 분석 간의 평균을 산출했다.

이들 예측을 종합하면, 2030년까지 세계 반도체 시장은 1조30억 달러에 달할 것으로 예상된다. 이는 그림 5에서 볼 수 있듯이 2021년 시장 규모인 5560억 달러의 거의 두 배에 해당한다.

<sup>27</sup>기업들의 ESG 보고서를 분석함.

<sup>28</sup>ASML

그림 5. 2030년까지 세계 반도체 시장 규모 예측 (단위: 미화 10억 달러)



출처: 저자의 분석은 세계반도체무역통계기구(WSTS), ASML 2021, 맥킨지 2022의 데이터에 기반함.<sup>29</sup>

**부문별 시장 규모**

표 3과 그림 6은 2025년 예측치를 보여준다. 표 3은 반도체가 적용되는 각 부문에 대한 시장 규모를 매출 예측치로 보여준다.

표 3. 적용 부문별 2020, 2025, 2030년 세계 반도체 시장 규모(단위: 미화 10억 달러)

시장	2020	2025*	2030*
스마트폰	116	162	210
개인용 컴퓨터	100	121	132
소비자 전자제품	48	74	98
자동차	39	82	131
산업용 전자제품	50	82	119
유무선 인프라	38	53	63
서버, 데이터 센터 및 저장공간	76	119	187
총계	467	693	940

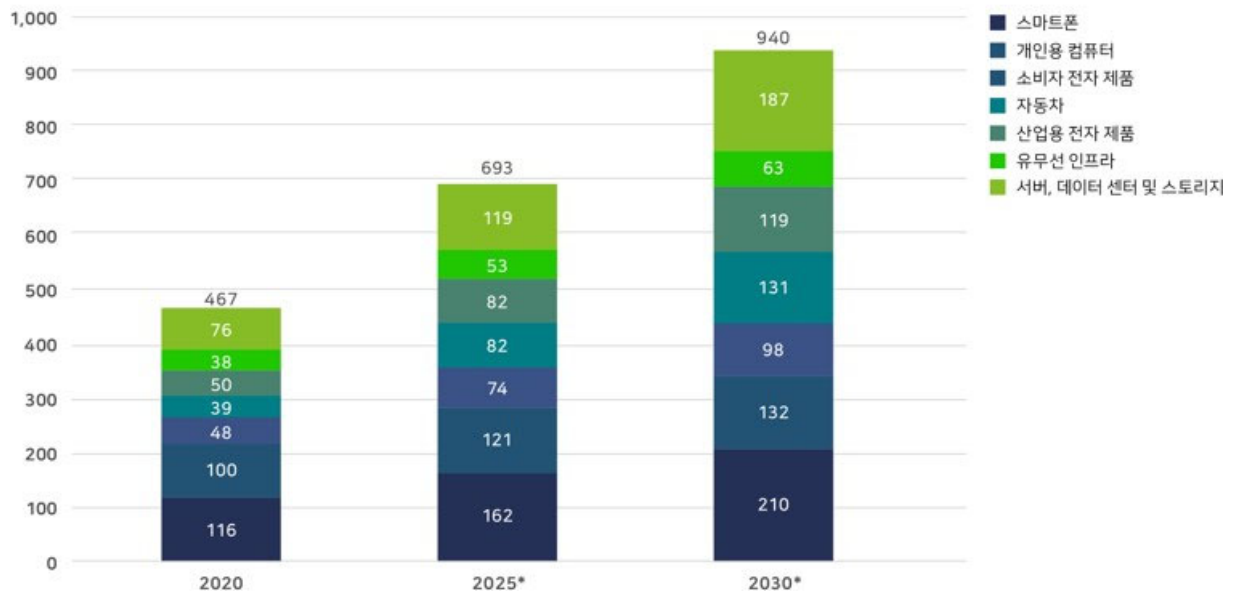
출처: ASML 2021 연례 보고서.<sup>30</sup>

<sup>29</sup>참고: 맥킨지 2022의 분석은 2030년 시장 규모를 직접 예측하며, ASML 2021의 분석은 부문별 시장에 대한 전망을 합친 2025년 시장 규모를 예측한 다음, 2021-2025 동안의 CAGR과 2020년 시장 규모를 기반으로 하여 2030년 시장 규모를 예측한다.

<sup>30</sup>ASML (2022). 2021 Annual Report, page 28. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.asml.com/en/investors/annual-report/2021>

추가 정보\*: 산업 애플리케이션 전망을 기반으로 예측

그림 6. 적용 부문별 2020, 2025, 2030년 세계 반도체 시장 규모 (단위: 미화 10억 달러)



출처: ASML 2021 를 기반으로 작성됨.

표 4. 업종별 세계 반도체 시장 지표 가치(단위: 미화 10억 달러)

시장	2021	2030
유선 통신	35	60
소비자 전자제품	50	95
산업용 전자제품	60	130
자동차 전장품	50	150
무선 통신	170	280
컴퓨팅 및 데이터 저장공간	225	350
총계	590	1065

참고: 맥킨지의 분석은 다양한 거시 경제적 가정에 기반함. 출처: 맥킨지 & 컴퍼니.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> "The semiconductor decade: A trillion-dollar industry", <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/the-semiconductor-decade-a-trillion-dollar-industry>

그림 7. 2030년 반도체 시장 규모 예측 (단위: 미화 10억 달러)



출처: 맥킨지2022를 기반으로 작성됨.

### 회사별 예측

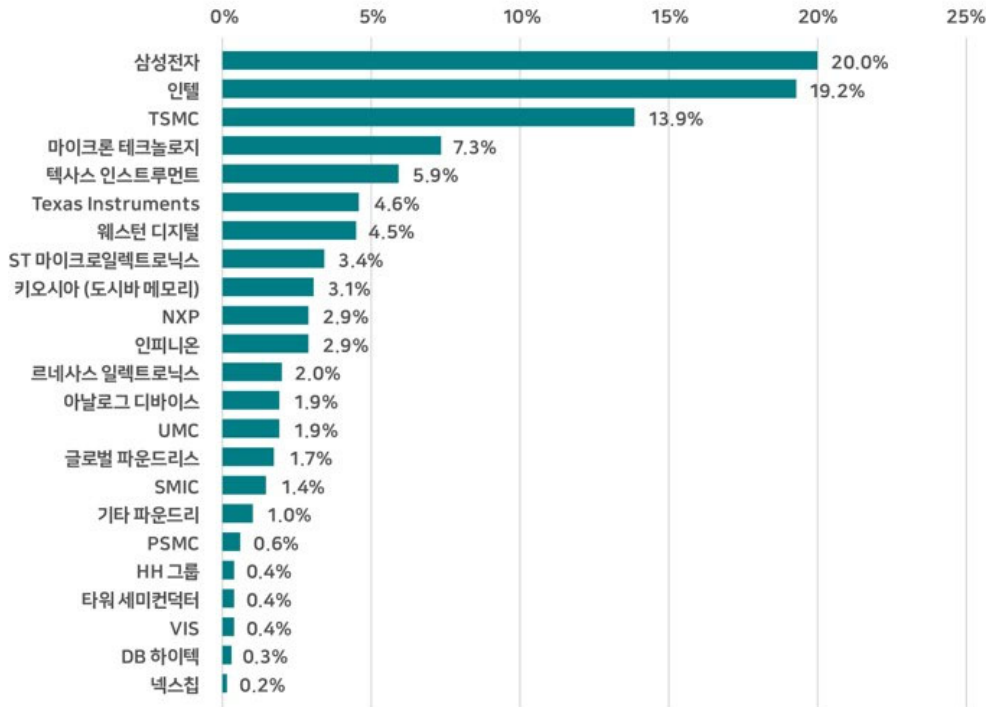
주요 회사들과 그들의 시장 점유율을 파악하기 위해 본 보고서에서는 업계 애널리스트들의 시장점유율 보고와<sup>32, 33</sup> 회사들이 제출한 재무 보고서를 사용했다. 본 분석은 삼성전자나 인텔과 같은 통합 장치 제조업체(IDM)와 TSMC와 같은 파운드리 업체에 모두 초점을 맞춘다.

<sup>32</sup><https://www-statista-com.cmu.idm.oclc.org/statistics/266143/global-market-share-of-leading-semiconductor-vendors/>

<sup>33</sup><https://www-statista-com.cmu.idm.oclc.org/statistics/1246563/global-market-share-of-leading-semiconductor-manufacturers/>



그림 8. 주요 반도체 제조업체와 2021년 시장점유율



출처: 가트너(Gartner)와 트렌드포스(Trendforce) 보고에서 세계 주요 반도체 제조업체들을 선정한 다음, 회사들의 자체 연간 재무 보고서 데이터를 종합하여 저자가 분석함.

### 반도체 제조업체의 스코프 1과 2 배출원

온실가스 의정서(The Greenhouse Gas Protocol)가 정의하는 스코프 1(Scope 1) 배출은 회사가 소유하거나 운영하는 시설에서 직접 발생하는 배출이다. 여기에는 연료 및 열원의 고정 연소와 제조 공정에서 발생하는 배출이 포함된다.<sup>34</sup>

US EPA GHGRP 보고 체계에서 나타난 반도체 제조 부문의 스코프 1 배출을 보면,<sup>35</sup> 반도체 팹 또는 제조 시설의 배출 중 전체 CO<sub>2</sub>e의 12.2%는 자가 발전설비의 고정 연소에서 나오고 나머지 87.8%는 지구 온난화에 미치는 영향이 매우 크고 독성이 있는 공정 가스 및 열 전달 유체에서 발생한다. 공정 가스 및 열 전달 유체 사용으로 인한 배출 중 거의 절반이 플라즈마 에칭 및 웨이퍼 세척 과정에서 나오고 37.7%는 챔버 세척에서 발생한다. 나머지는 열 전달과 화학 기상 증착에서 발생한다.

Scope 2 배출은 구매한 에너지를 생산할 때 발생하는 간접 배출이다.

<sup>34</sup>World Resource Institute & World Business Council for Sustainable Development (no date supplied). Greenhouse gas protocol. Retrieved March 22, 2023, from [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards\\_supporting/FAQ.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/FAQ.pdf)

<sup>35</sup><https://www.epa.gov/ghgreporting/data-sets>

맥킨지는 반도체 제조업체에서 배출되는 스코프 2 배출량의 56%가 생산에서 발생하고 44%가 시설 및 유틸리티에서 발생한다고 추정한다.<sup>36</sup>

팹의 총 배출량의 약 50%는 화석연료에서 재생에너지로 전환하여 전기를 조달함으로써 줄일 수 있다. 이에 해당하는 것은 총 배출량의 45%를 차지하는 스코프 2 배출과 총 배출량의 4%를 차지하는 스코프 1 고정 연소 발생량이다. 이에 더하여, 가스 저감 시스템을 채택하고 지구온난화지수(GWP)가 낮은 새로운 화학물질, 특히 공정 가스 및 열 전달 유체를 개발하면 스코프 1 배출량을 더욱 줄일 수 있다. 여기서는 이를 모델링하지는 않았다.

그림 9. 일반적인 팹의 탄소 배출원별 분류

스코프 1	스코프 2	스코프 3	
연료 연소 4%	시설 및 유틸리티 20%	기타 에너지 6%	
플라즈마 에칭 & 웨이퍼 세척 14%		구매한 원자재 및 서비스 9%	
챔버 세척 11%		생산 25%	자본적 지출 4%
열 전달 유체, 화학 기상 증착 등 5%			운송

참고: 1. 하늘색은 대부분의 배출량이 CO<sub>2</sub>이며 재생에너지로 전환함으로써 줄일 수 있는 영역을 나타낸다. 2. 스코프 3 다운스트림은 제외되었다.

출처: 맥킨지 2022와 US EPA GHGRP의 데이터를 종합하여 저자가 분석함.

<sup>36</sup>Ondrej Burkacky, Julia Dragon, & Nikolaus Lehmann (2022). The semiconductor decade: A trillion-dollar industry. Retrieved March 22, 2023, from <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/the-semiconductor-decade-a-trillion-dollar-industry>.

그림 10은 프론트엔드 웨이퍼 제조에서부터 백엔드 조립 및 테스트까지 반도체 산업의 설계 및 생산 가치 사슬을 보여준다. 본 보고서에서는 통합 장치 제조업체(IDM)과 파운드리를 모두 포함하는 웨이퍼 제조 업체에 초점을 맞춘다.

그림 10. 반도체 산업 가치 사슬



□ = EU 기반

출처: ING 리서치 - 참고: (1)은 자체 생산 시설을 소유하고 있지 않고, (2)는 파워테크 테크놀로지이고, (3)은 통푸 마이크로일렉트로닉스이다. 예시를 위한 업체 목록이며 모든 업체가 포함되어 있지는 않다.

## 기업의 기후 공약

각 기업들이 가장 최근에 발표한 기후 관련 공약을 수집하고 분석하여 표 5에 요약했다.

**표 5. 기업들이 가장 최근 발표한 기후 공약**

기업	스코프 1 공약	스코프 2 공약
아날로그 디바이스	2030년 탄소 중립	2030년 탄소 중립
글로벌 파운드리스	2020년에서 2030년까지 25% 감축	중단기 목표 없음
인피니온	재생에너지 구매를 통해 2030년 넷 제로	재생에너지 구매를 통해 2030년 넷 제로
인텔	2020년에서 2030년까지 10% 절대 감축	2020년에서 2030년까지 10% 절대 감축
키오시아	중단기 목표 없음	에너지 절감 활동을 통해 2020년부터 2030년까지 10% 감축
마이크론 테크놀로지	2050년 넷 제로, 2030년까지 2020년 대비 42% 감축	2050년 넷 제로, 2027년까지 미국 내 재생에너지 100% 달성
NXP	2035년 순 제로, 2027년 중기 목표 2021년 대비 35% 감축	2035년 순 제로, 2027년 중기 목표 2021년 대비 35% 감축
르네사스 일렉트로닉스	2030년까지 2021년 대비 38% 감축	2030년까지 2021년 대비 38% 감축
삼성전자	중단기 목표 없이 2050년 넷 제로	2050년 넷 제로, 2027년 한국 외 시설의 경우 100% 재생에너지
SK 하이닉스	2050년 넷 제로, 2030년 배출량 2020년 수준 유지	2050년 넷 제로, 2030년 배출량 2020년 수준 유지
SMIC	중단기 목표 없음	중단기 목표 없음
ST마이크로일렉트로닉스	2027년 넷 제로	2027년 넷 제로
텍사스 인스트루먼트	2025년까지 2021년 대비 8% 감축	2025년까지 2021년 대비 8% 감축
TSMC	2050년 넷 제로, 2030년 배출량 2020년 수준 유지	2050년 넷 제로, 2030년 배출량 2020년 수준 유지
UMC	전반적인 절대 감축 목표 없이 효율성 관련 목표만 있음(2030년까지 2010년 대비 단위 생산량당 45% 감축)	전반적인 절대 감축 목표 없이 효율성 관련 목표만 있음(2030년까지 2010년 대비 단위 생산량당 45% 감축)
웨스턴 디지털	2030년까지 2020년 대비 42% 감축	2030년까지 2020년 대비 42% 감축

출처: 기업 지속가능성 보고서를 저자가 분석함.

## 디스플레이 및 최종 조립 기업에 대한 예측 방법론 및 데이터 출처

예측 방법론과 일반적인 가정은 반도체 제조 산업에 사용한 것과 동일하다. 이 보고서에서 동아시아 전자 공급망 산업의 전력 소비 및 배출에 대한 맥락과 폭넓은 이해를 제공하기 위해 사용된 디스플레이 제조 및 최종 조립 업체 분석의 경우, 해당 부문의 배출량에 대한 정보가 제한적이기 때문에 배출 수준 증가가 생산량 증가에 비례한다고 가정했으며, 기업이 명확한 단기 또는 중기 목표를 설정하지 않은 경우 생산 단위당 배출량이 일정하다고 가정한다. 모델링에 수집, 사용된 모든 데이터는 표 6에 요약되어 있다.

표 6. 예측 모델링을 위해 수집, 사용된 데이터와 정보 개요

데이터 유형	세분화 수준	범위	기간	출처
전체 스코프 1 배출량 추이	회사	3개 회사	2019-2021	회사 연간 CDP 공시 보고서; 연간 기업 지속가능성 보고서
전체 시장 기반 및 위치 기반 스코프 2 배출량 추이	회사	3개 회사	2019-2021	회사 연간 CDP 공시 보고서; 연간 기업 지속가능성 보고서
전체 전력 소비량 추이	회사	3개 회사	2019-2021	회사 연간 CDP 공시 보고서; 연간 기업 지속가능성 보고서
회사 기후위기 대응 공약	회사	3개 회사	2021-2022	회사 홈페이지; 최신 기업 지속가능성 보고서
회사 매출 추이	회사	3개 회사	2019-2021	회사 연간 재무 보고서; 연간 기업 지속가능성 보고서
2030년까지 회사 성장 예측치	회사	입신정밀	2021-2030	Minsheng Securities 2023
2030년까지 시장 성장 예측치	부문	디스플레이 부문	2021, 2030	MarketsAndMarkets 2021