

# Deloitte.



## 첨단산업 원자재 공급망이 위태롭다... 다각도의 과감한 투자 필요

Duncan Stewart 딜로이트 캐나다 TMT Research Director 외 3인

Download on the  
App Store

GET IT ON  
Google Play



'딜로이트 인사이트' 앱에서  
경영·산업 트렌드를 만나보세요!

2024년 3월  
Deloitte Insights

“

원자재 수요는 치솟는데 무역 긴장이 고조되면서, 공급망 불안정 우려가 심화되고 있다. 이에 대한 해결책으로 전자폐기물 재활용, 디지털 공급 네트워크(DSN) 강화, 원자재 공급망에 대한 총체적 접근법 등이 부상하고 있다.

반도체칩, 자동차, 배터리 등 첨단산업에 반드시 필요한 원자재가 있다. 그런데 이러한 핵심 원자재의 글로벌 공급망이 계속 불안정한 상태다. 딜로이트는 이르면 2024년 상당수 지역에서 갈륨(gallium)과 게르마늄(germanium) 부족난이 발생해 반도체 생산에 차질이 빚어지고, 2025년에는 전기차 핵심 원자재인 희토류(REE)뿐 아니라 배터리 생산에 필요한 리튬(lithium)과 코발트(cobalt)가 부족할 것으로 전망한다.<sup>1</sup> 하지만 단기-중기-장기 전략을 수립하면 이러한 공급망 취약성에 대비할 수 있다.

# 전 세계 원자재 공급망 동향

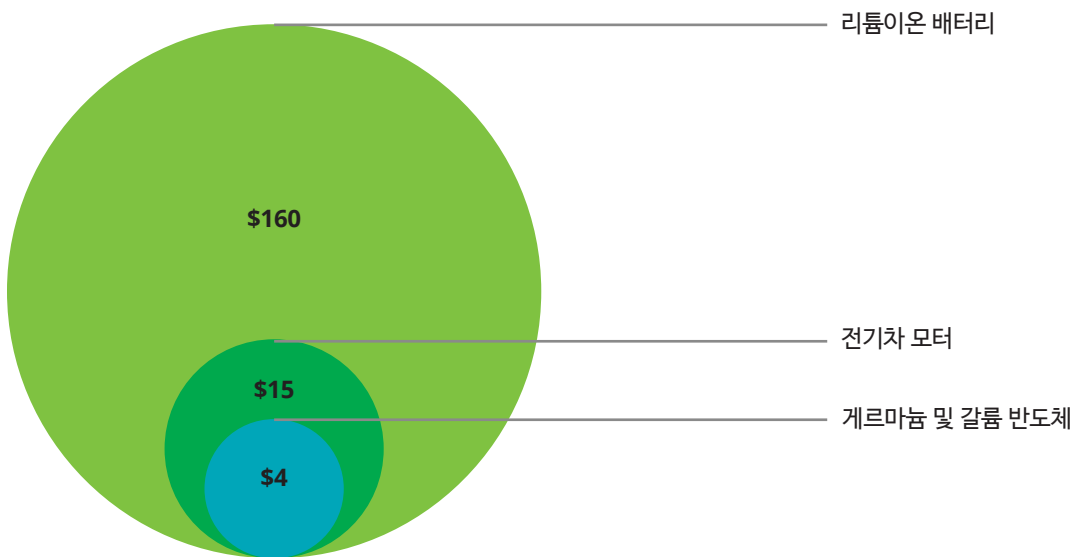
원자재 부족난은 대체로 충분히 예측 가능한 일이다. 리튬과 코발트는 수년간 생산이 급증했지만 배터리 전기차(BEV) 수요가 증가하면서 공급이 달릴 것으로 예상된다. 이는 다시 전기차 생산뿐 아니라 노트북과 태블릿, 스마트폰 등 생산에도 영향을 미친다.<sup>2</sup> 게다가 중국과 서방국 간 지정학적 긴장이 고조되면서 초래된 공급망 불안정이 미래에도 지속될 것으로 예상된다.

현재 핵심 반도체칩뿐 아니라 반도체칩 생산에 필요한 첨단기술과 소프트웨어의 수입도 차단<sup>3</sup>된 중국은 2023년 7월 게르마늄과 갈륨의 수출 제한이라는 카드로 맞대응했다.<sup>4</sup> 일각에서는 중국이 전자제품, 청정에너지, 항공우주 산업, 자동차, 국방 등 분야에서 사용되는 희토류 17종의 수출도 제한할 수 있다는 우려가 나오고 있다. 이렇게 되면 서방국들은 수년간 희토류 부족난에 시달릴 수 있다.<sup>5</sup> 게다가 이러한 핵심 원자재의 대체재들조차 정치·규제·사회 환경이 불안정한 지역에 위치해 장기적으로 의존할 수 있는 공급망을 기대하기가 어렵다.<sup>6</sup>

과거에도 원자재 부족난은 발생했다. 대표적으로 2000년 탄탈륨(tantalum) 공급난으로 콘덴서 생산이 큰 차질을 빚었다.<sup>7</sup> 하지만 2024~2025년에는 10여 개의 원자재가 동시에 부족한 전례 없는 사태가 발생할 수 있다.<sup>8</sup> 더욱 우려스러운 것은 이러한 원자재들을 핵심 원료로 하는 산업들이 경제에서 차지하는 중요성이 과거보다 훨씬 커졌다는 점이다. 이러한 첨단기술 산업의 연간 규모는 1,600억 달러를 넘는 것으로 추정된다. 반도체나 전기차 산업의 경우 절대적 액수로는 규모가 크지 않을 수 있지만, 혁신과 경제성장, 국가안보에 매우 중요한 분야다(그림 1).<sup>9</sup>

그림 1. 원자재 공급난으로 가장 심각한 영향을 받을 것으로 예상되는 세 가지 핵심 첨단기술 산업의 2024년 예상 시장 규모

단위: 미화 10억 달러



출처: 국제에너지기구(IEA) 'Global EV Outlook 2023', Energy.gov 데이터, 'Charged EVs' 매거진 리서치, 온라인 소매가격에 기반한 달러이트의 추정 및 예측

# 원자재 공급난에 대비할 단기-중기-장기 전략

우선 단기적으로, 게르마늄과 갈륨을 원재료로 하는 기업들 대다수는 2024년 상반기까지 충당할 재고를 갖추고 있다. 이후에는 갈륨 확보가 어려워질 수 있다. 반면 게르마늄은 캐나다 브리티시컬럼비아(British Columbia)주(州)에 대량의 보유고가 있어 공급이 안정적으로 유지될 것으로 예상된다.<sup>10</sup>

장기적으로는 광산과 제련 시설이 늘어날 것으로 예상된다. 갈륨은 원광인 보크사이트(bauxite)에서 알루미늄을 생산할 때 나오는 부산물인데,<sup>11</sup> 보크사이트는 전 세계 모든 대륙에 걸쳐 10여개국에 보유고가 있다.<sup>12</sup> 희토류도 알고 보면 그다지 희귀하지 않으며, 호주, 앙골라, 아프가니스탄, 캐나다, 미국 등지에 향후 수년간 광산이 개발될 예정이다.<sup>13</sup>

이러한 단기~장기 변화가 발생하는 과정에서 기존의 공급난과 향후 공급난 가능성에 대응하기 위해 공급망 취약성을 완화할 수 있는 방법으로 아래 세 가지 방안을 제시한다.

## 전자폐기물 재활용

글로벌 전자기기 산업에서 발생하는 폐기물과 함께 버려지는 원자재의 가치는 연간 무려 500억 달러를 넘는 것으로 추정된다.<sup>14</sup> 이러한 원자재는 공급망이 취약하므로, 재활용을 늘리면 공급이 크게 개선될 수 있다. 전자폐기물 재활용 기술에 혁신이 필요한 이유다.

## 디지털 공급 네트워크(DSN) 강화

DSN을 강화하면 공급망 효율성이 개선된다. 원자재 부족난을 예측해 적재적소에 배치하면 폐기되는 원자재를 줄일 수 있다. 공급난을 완전히 막을 수는 없지만, 정도와 기간을 줄일 수는 있다. 온실가스 및 폐기물 배출 감축을 위해 공급자 네트워크와 협력하거나 인센티브를 제공하는 방식으로 여타 공급망 지속가능성 노력과 DSN을 병행하면 시너지 효과가 창출될 수 있다.

## 전략적 비축고 마련

미국은 현재 석유, 곡물, 금괴, 헬륨, 핵심 국방 원자재 등의 전략적 비축고를 두고 있다.<sup>15</sup> 전기차와 반도체 핵심 원자재도 전략적 비축고를 마련해 두면, 공급망 취약성에 유연하게 대처할 수 있다.



## 공급난에 취약한 것은 원자재만이 아니다

본고는 원자재에 초점을 맞췄지만, 첨단기술과 반도체 공급망에서 다음의 소재도 빼놓을 수 없다.

### 1. 정제물, 가공물, 정화물

저순도 네온(neon)이나 실리콘(silicon)은 공급이 충분하다. 하지만 반도체 제조용 레이저에 쓰이는 가스와 잉곳(ingot)용 실리콘은 초고순도여야 하는데, 공급원이 극히 제한적이다. 반도체 등급 네온의 경우 우크라이나에서 약 50%가 생산되며,<sup>16</sup> 반도체와 태양광 발전에 쓰이는 폴리실리콘의 글로벌 공급원 중 80%가 중국에 집중돼 있다.<sup>17</sup>

### 2. 특수 합성물

지정학적 위기나 팬데믹, 또는 지진·태풍·허리케인·화재·홍수·가뭄 등 사태가 발생하면 에폭시 수지(epoxy resin), 특수 세정액 및 세정가스, 특수 플라스틱<sup>18</sup> 등의 심각한 공급난이 장기화될 수 있다.

재활용, DSN 강화, 반도체 제조공정의 지속가능성 개선에 비축고까지 확보해두면 공급망 취약성에 훨씬 잘 대처할 수 있다. 자원을 더 많이 확보하기 위해 신규 광산을 개발하기까지는 5~10년이 걸리지만, 신규 공장은 2~3년이면 건립해 제조공정의 지속가능성을 빠르게 개선할 수 있다.<sup>19</sup>



# 결론: 첨단산업 공급망 취약성 극복 위해 다각도의 과감한 투자 필요

전 세계에서 발생하는 전자폐기물의 양은 2022년 5,740만 톤에 달했지만,<sup>20</sup> 이중 공식적으로 집계된 수집 및 재활용 비율은 17%에 그쳤다.<sup>21</sup> 다만 전자폐기물 재활용 비율은 지역마다 매우 상이했다. 미국의 경우 2019년 약 15%가 재활용된 반면, 유럽연합(EU)의 경우 2022년 약 42.5%가 재활용됐다.<sup>22</sup> 현재 추세라면 2030년까지 연간 전자폐기물 양이 7,500만 톤으로 증가할 것으로 전망된다.<sup>23</sup> 전자폐기물은 다양한 곳에서 나온다. EU의 경우 2020년 기준 대형 전자기기가 절반 이상을 차지했지만, 정보화기술(IT)과 통신, 소비자용 전자제품도 약 30%를 차지했다.<sup>24</sup> 국제전기통신연합(International Telecommunication Union, ITU)은 2023년까지 글로벌 전자폐기물 재활용 비율을 30%까지 끌어올린다는 목표를 세웠지만, 실현 가능성은 크지 않다.<sup>25</sup>

전자폐기물 재활용이 활성화되지 않는 이유는 수익성이 떨어지기 때문이다. 재활용으로는 돈을 벌기 힘들고 오히려 비용만 발생한다. 전자기기에는 여러가지의 재활용 가능한 원자재가 있지만, 화학적·물리적으로 서로 결합 및 합성화돼 있어(예: 납땀, 플라스틱, 세라믹),<sup>26</sup> 각각의 금속을 추출하려면 여러 공정, 에너지, 화학적·물리적 과정이 필요한 데다 그 과정에서 위험한 유독 폐기물이 발생할 수 있다.<sup>27</sup> 특히 선진국의 전자폐기물이 재활용을 위해 개발도상국으로 넘어가는 경우가 많은데, 개발도상국의 비공식 폐기물 시설에 고용된 290만~1,290만 명의 여성과 약 1,800만 명의 어린이가 유독 물질에 노출될 위험이 있는 것으로 나타났다.<sup>28</sup>

전자폐기물(주로 인쇄 회로 기판)에서 추출할 수 있는 금속의 가치는 연간 150억 달러로 추정되지만,<sup>29</sup> 비용이 수익을 초과하는 경우가 많아 재활용 비율이 낮다. 하지만 경제적 이유보다 희토류와 리튬, 코발트, 반도체 등의 공급망 회복력을 위한 노력에 초점을 맞추면 두 가지 긍정적 변화를 기대할 수 있다. 우선 전자폐기물 재활용 비율이 상승할 것이고, 두 번째로는 북미와 EU 영토에서 재활용되는 전자폐기물이 늘어 다른 국가에 미치는 부정적 환경 영향이 줄어들 것이다.

최근 재활용 산업의 성장 잠재력이 조금씩 나타나고 있다. 특수 재활용 및 순환 물류·공정·사업모델 등을 제공하는 기업들이 등장해 재활용 산업의 규모 확대를 위한 기반을 만들고 있으며, 최근 미국 정부는 전자폐기물에서 추출되는 리튬과 희토류에 대한 다양한 인센티브 제도를 발표했다.<sup>30</sup>

한편 전기차뿐 아니라 풍력 터빈, 국방 시스템 등 다용도로 활용되지만 공급원이 중국에 집중된 희토류는 공급 우려가 특히 심각하지만,<sup>31</sup> 베트남에서 장기적 해결책을 찾을 수 있다. 미국 지질조사국(USGS)에 따르면 베트남 희토류 보유고가 2,200만 톤에 달한다. 중국에 이어 세계 2위다.<sup>32</sup> 베트남은 이미 희토류 생산 확대에 주력해, 2022년 생산량이 전년비 10배 이상 늘어난 4,300 톤에 달했으며, 2030년까지 연간 생산량을 200만 톤으로 늘린다는 목표를 세웠다.<sup>33</sup>

전략적 보유고 전략은 공급망 안정성을 확보하기에 용이한 방법이지만 비용이 많이 든다는 단점이 있다. 미국과 EU의 경우 저순도 갈륨의 전략적 보유고 비용이 킬로그램당 약 280 달러, 99.99999% 순도의 갈륨은 킬로그램당 약 450 달러, 금은 킬로그램당 약 6만6,000 달러가 든다.<sup>34</sup> 갈륨을 대량으로 사용하는 전자기기 기업들은 연간 10 톤 이상을 사용하므로,<sup>35</sup> 3년간 쓸 수 있는 전략적 보유고를 비축하는데 저순도의 경우 약 2,000만 달러, 고순도의 경우 3,000만 달러가 든다.

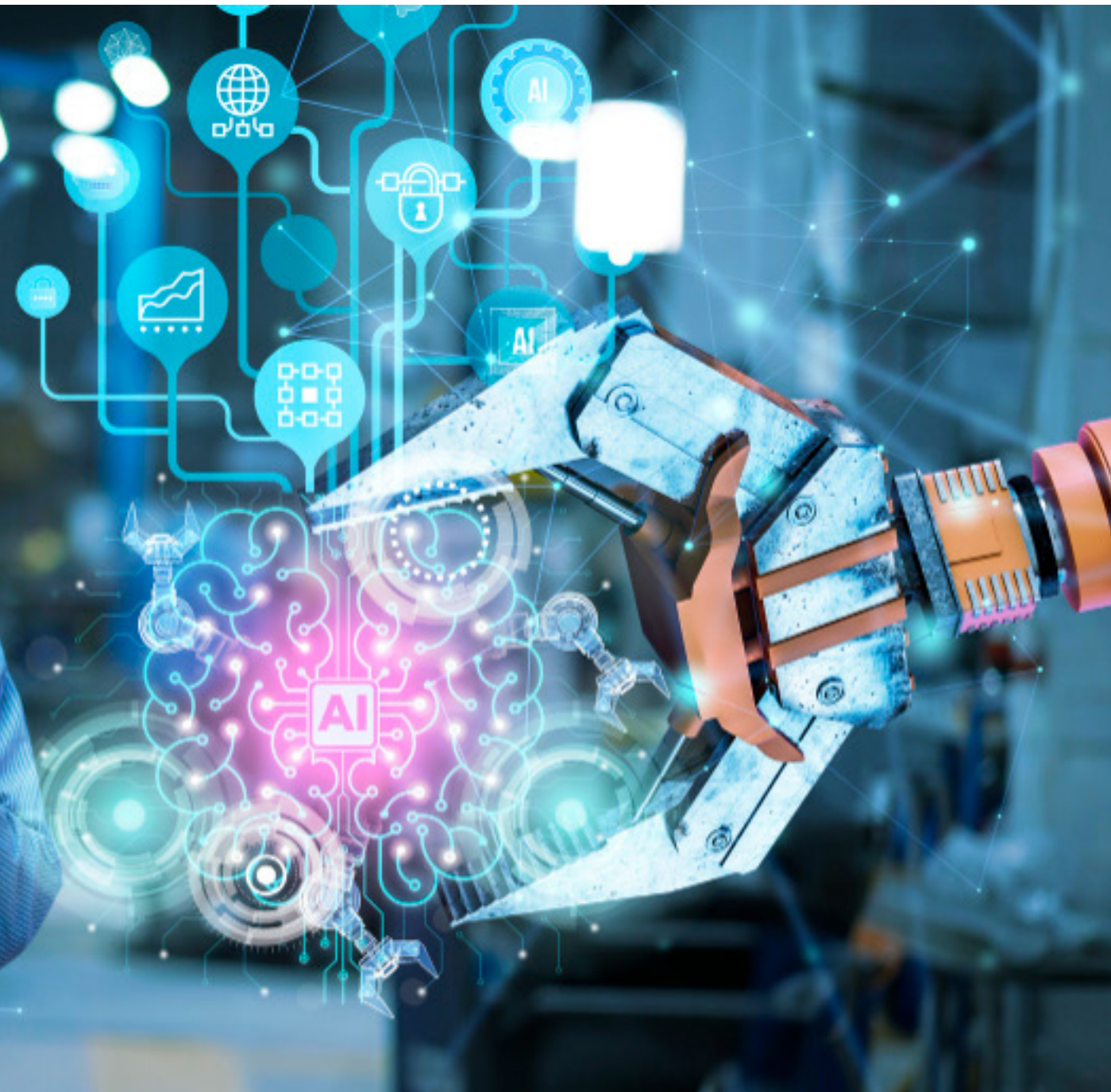
지정학적 긴장은 좀체 해결하기 어려운 난제다. 희토류뿐 아니라 갈륨과 게르마늄 등 핵심 금속들은 중국에서 채굴될뿐 아니라 제련까지 이뤄지는 경우가 많다. 중국과 서방 간 무역 긴장이 한층 고조되는데 이들 금속에 대한 수요가 증가하면, 장기적으로 자국 또는 인근에 광산과 제련 시설을 확충해 공급원 집중도를 중국으로부터 분산해야 한다. 단기적으로는 전자폐기물 재활용, DSN 강화, 재고 확충 등에 대한 투자를 늘리는 것으로 대처할 수 있다

공급망 취약성이 이처럼 다각적으로 발생하므로 이에 대응하기 위해서는 수십억 달러의 투자가 필요하다. 하지만 이들 첨단기술 산업은 혁신, 경제성장, 국가안보에 핵심 산업이므로, 안정적 공급망을 확보하기 위한 다각도의 과감한 단기·중기·장기 투자가 시급하다.

# 주석

1. Joe McDonald, "Threatened by shortages, electric car makers race for supplies of lithium for batteries," AP News, June 27, 2023.
2. Jessica Shankleman, Tom Biesheuvel, Joe Ryan, and Dave Merrill, "[We're Going to Need More Lithium](#)," Bloomberg, September 17, 2017.
3. Bureau of Industry and Security (U.S. Department of Commerce), "[Commerce strengthens restrictions on advanced computing semiconductors, semiconductor manufacturing equipment, and supercomputing items to countries of concern](#)," press release, October 17, 2023; European Parliament, "[EU AI Act: first regulation on artificial intelligence](#)," news release, June 14, 2023.
4. Hannah Ziady and Xiaofei Xu, "[China hits back in the chip war, imposing export curbs on crucial raw materials](#)," CNN Business, July 3, 2023.
5. Mai Nguyen and Eric Onstad, "[China's rare earths dominance in focus after it limits germanium and gallium exports](#)," Reuters, October 20, 2023.
6. U.S. Department of Energy, "[Critical materials assessment](#)," July 2023.
7. Gina Roos, "[Tantalum capacitor suppliers still wary about ability to meet demand](#)," EETimes, June 2, 2001.
8. U.S. Department of Energy, op. cit.
9. Deloitte estimates and predictions based on our analysis of publicly available third party sources, reports, and articles including: IEA, Global EV Outlook 2023, 2023; Energy.gov data; data and research presented in Charged EVs magazine; and online retail prices of products and components.
10. Reuters, "[What are Gallium and Germanium and which countries are producers?](#)" Reuters, July 7, 2023.
11. Nora Foley and Brian Jaskula, "[Gallium – A smart metal](#)," US Geological Survey, March 2013.
12. Ruth F. Schulte and Nora K. Foley, "[Compilation of Gallium resource data for Bauxite deposits](#)" US Geological Survey, 2014.
13. Jason Mitchell, "[China's stranglehold of the rare earths supply chain will last another decade](#)," Investment Monitor, April 26, 2022.
14. Vanessa Forti, Cornelis Peter Baldé, Ruediger Kuehr, Garam Bel, "[The Global E-waste Monitor 2020 – Quantities, flows, and the circular economy potential](#)," United Nations Institute for Training and Research, 2020.
15. Wikipedia, "[Strategic reserves of the United States](#)," accessed October 26, 2023.
16. Alexandra Alper, "[Russia's attack on Ukraine halts half of world's neon output for chips](#)", Reuters, March 11, 2022.
17. Kelly Pickerel, "[China's share of world's polysilicon production grows from 30% to 80% in just one decade](#)," Solar Power World, April 27, 2022.
18. Deloitte employee (semiconductor manufacturing expert), interview, July 2023.
19. Deloitte employee (manufacturing expert), interview, July 2023.
20. WEEE Forum, "[International E-Waste Day: 57.4M Tonnes Expected in 2021](#)," accessed October 3, 2023.
21. UN environment programme, "[How disposable tech is feeding an e-waste crisis](#)," November 21, 2022.
22. Alex Barshai, "[Precious metals recovery from e-waste](#)," emew clean technologies, blog post, December 28, 2022.
23. Carolyn Gramling, "[Earth's annual e-waste could grow to 75 million metric tons by 2030](#)," ScienceNews, July 2, 2020.
24. European Parliament News, "[E-waste in the EU: facts and figures \(infographic\)](#)," April 12, 2023.
25. ITU, "[Global E-waste Monitor 2020](#)," accessed October 3, 2023.
26. Barshai, op. cit.
27. Ibid.
28. World Health Organization, "[Children and digital dumpsites: E-Waste exposure and child health](#)," 2021.

29. Barshai, op. cit.
30. The White House, "[Fact sheet: Securing a Made in America supply chain for critical minerals](#)," press release, February 22, 2022.
31. Office of Fossil Energy and Carbon Management, "[Rare Earth Elements](#)," accessed October 26, 2023.
32. United States Geological Service, "[2022 Mineral commodity summaries – Rare Earths](#)," accessed October 26, 2023.
33. Reuters, "[Vietnam to up annual raw rare earths output to 2m tonnes by 2030](#)," Nikkei Asia, July 25, 2023.
34. 2023년 10월 26일 현물 가격 기준임. See: Shanghai Metals Market, "[Latest update in the SMM Indium/Germanium/Gallium Market](#)," accessed October 26, 2023.
35. Ephrem Joseph, "[Global semiconductor industry feels the heat as China plans gallium export controls](#)," Proactive, July 20, 2023.





# 딜로이트 첨단기술, 미디어 및 통신 산업 전문 리더

딜로이트 첨단기술, 미디어 및 통신 산업 전문팀은 빠르게 발전하는 산업 환경 속에서 고객들의 전략적 과제들을 해결할 수 있는 최상의 서비스 경험을 제공합니다. 딜로이트 첨단기술, 미디어 및 통신 산업 전문팀은 국내외 기업의 전략수립, 회계감사, 재무자문, IT 시스템 구축 등 다양한 서비스 경험을 보유한 우수 전문인력으로 구성되어 있습니다.

## Contact



### 김우성 파트너

Technology Strategy & Transformation 리더 | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6099 4670

Email: [wooskim@deloitte.com](mailto:wooskim@deloitte.com)



### 안상혁 파트너

디지털부문 리더/금융산업 총괄리더 | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3625

Email: [sanghyan@deloitte.com](mailto:sanghyan@deloitte.com)



### 박지숙 파트너

금융 IT, 오피레이션 리더 | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3722

Email: [jisukpark@deloitte.com](mailto:jisukpark@deloitte.com)



### 장지영 파트너

Tech Strategy 부문 파트너 | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3956

Email: [jiyoung@deloitte.com](mailto:jiyoung@deloitte.com)



### 강기식 파트너

Lead Architect | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 2039

Email: [gikang@deloitte.com](mailto:gikang@deloitte.com)



### 주형열 파트너

반도체 CoE 리더 | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3750

Email: [hjoo@deloitte.com](mailto:hjoo@deloitte.com)



### 최호계 파트너

Technology Sector 리더 | 감사본부

Tel: 02 6676 3227

Email: [hogchoi@deloitte.com](mailto:hogchoi@deloitte.com)



### 박형곤 파트너

TME Sector 리더 | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3684

Email: [hypark@deloitte.com](mailto:hypark@deloitte.com)



### 조명수 파트너

Digital Finance & Operation 리더

Tel: 02 6676 2954

Email: [mjo@deloitte.com](mailto:mjo@deloitte.com)



### 박권덕 파트너

TME Sector 리더 | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3567

Email: [gwapark@deloitte.com](mailto:gwapark@deloitte.com)



앱스토어, 구글플레이/카카오톡에서 '딜로이트 인사이트'를 검색해보세요.  
더욱 다양한 소식을 만나보실 수 있습니다.

# Deloitte.

## Insights

**성장전략본부 리더**

손재호 Partner

jaehoson@deloitte.com

**딜로이트 인사이트 리더**

정동섭 Partner

dongjeong@deloitte.com

**연구원**

김선미 Manager

seonmikim@deloitte.com

**디자이너**

박주리 Consultant

jooripark@deloitte.com

**Contact us**

krinsightsend@deloitte.com

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), its global network of member firms, and their related entities (collectively, the “Deloitte organization”). DTTL (also referred to as “Deloitte Global”) and each of its member firms and related entities are legally separate and independent entities, which cannot obligate or bind each other in respect of third parties. DTTL and each DTTL member firm and related entity is liable only for its own acts and omissions, and not those of each other. DTTL does not provide services to clients. Please see [www.deloitte.com/about](http://www.deloitte.com/about) to learn more.

Deloitte Asia Pacific Limited is a company limited by guarantee and a member firm of DTTL. Members of Deloitte Asia Pacific Limited and their related entities, each of which are separate and independent legal entities, provide services from more than 100 cities across the region, including Auckland, Bangkok, Beijing, Hanoi, Hong Kong, Jakarta, Kuala Lumpur, Manila, Melbourne, Osaka, Seoul, Shanghai, Singapore, Sydney, Taipei and Tokyo.

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), its global network of member firms or their related entities (collectively, the “Deloitte organization”) is, by means of this communication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser.

No representations, warranties or undertakings (express or implied) are given as to the accuracy or completeness of the information in this communication, and none of DTTL, its member firms, related entities, employees or agents shall be liable or responsible for any loss or damage whatsoever arising directly or indirectly in connection with any person relying on this communication. DTTL and each of its member firms, and their related entities, are legally separate and independent entities.

본 보고서는 저작권법에 따라 보호받는 저작물로서 저작권은 딜로이트 안진회계법인(“저작권자”)에 있습니다. 본 보고서의 내용은 비영리 목적으로만 이용이 가능하고, 내용의 전부 또는 일부에 대한 상업적 활용 기타 영리목적 이용시 저작권자의 사전 허락이 필요합니다. 또한 본 보고서의 이용시, 출처를 저작권자로 명시해야 하고 저작권자의 사전 허락없이 그 내용을 변경할 수 없습니다.