



VOL 21-6
2021.6

KEIT PD

Issue Report

FOCUSING ISSUE

생체의료용 고기능성

타이타늄(Ti) 합금 소재 및 응용제품 개발

PD 기술 이슈

ISSUE 1 광산장비의 친환경 스마트 기술혁신

ISSUE 2 휴먼팩터 지능화의 디자인 기술동향과 산업전망

ISSUE 3 국내 불소화학 산업 동향

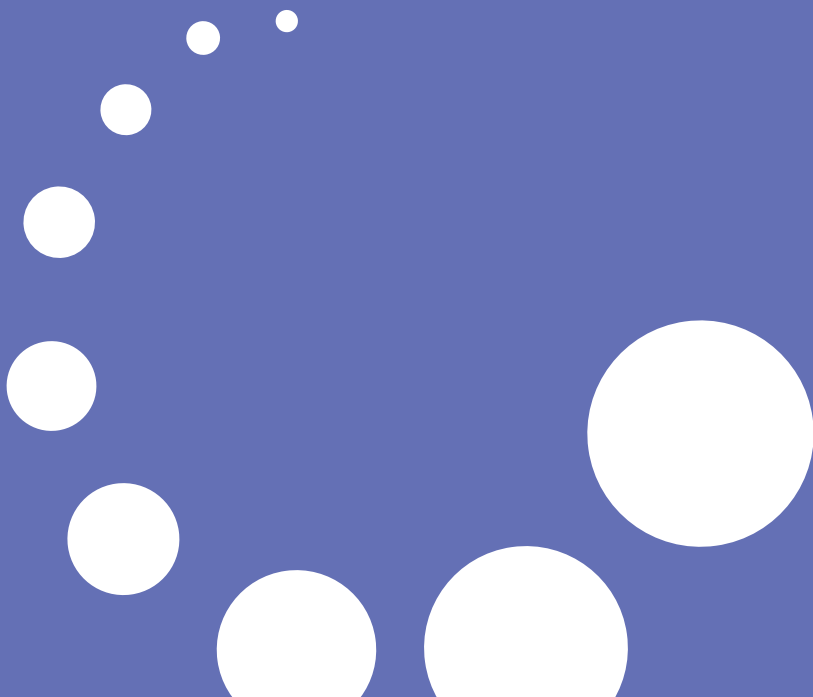
ISSUE 4 반도체 소부장 산업현황 및 투자전략

Keit 한국산업기술평가관리원
Korea Evaluation Institute of Industrial Technology



VOL 21-6 2021.6
KEIT PD ISSUE REPORT

❶ [FOCUSING ISSUE] 생체의료용 고기능성 타이타늄(Ti) 합금 소재 및 응용제품 개발	07
❷ [PD 기술 이슈 1] 광산장비의 친환경 스마트 기술혁신	17
❸ [PD 기술 이슈 2] 휴먼팩터 지능화의 디자인 기술동향과 산업전망	49
❹ [PD 기술 이슈 3] 국내 불소화학 산업 동향	67
❺ [PD 기술 이슈 4] 반도체 소부장 산업현황 및 투자전략	91





VOL 21-6

2021.6

KEIT PD

Issue Report

FOCUSING ISSUE

생체의료용 고기능성
타이타늄(Ti) 합금 소재 및 응용제품 개발

PD 기술이슈

- ISSUE 1 광산장비의 친환경 스마트 기술혁신
- ISSUE 2 휴먼팩터 지능화의 디자인 기술동향과 산업전망
- ISSUE 3 국내 불소화학 산업 동향
- ISSUE 4 반도체 소부장 산업현황 및 투자전략





FOCUSING ISSUE

생체의료용 고기능성
타이타늄(Ti) 합금 소재 및 응용제품 개발

생체의료용 고기능성 타이타늄(Ti) 합금 소재 및 응용제품 개발



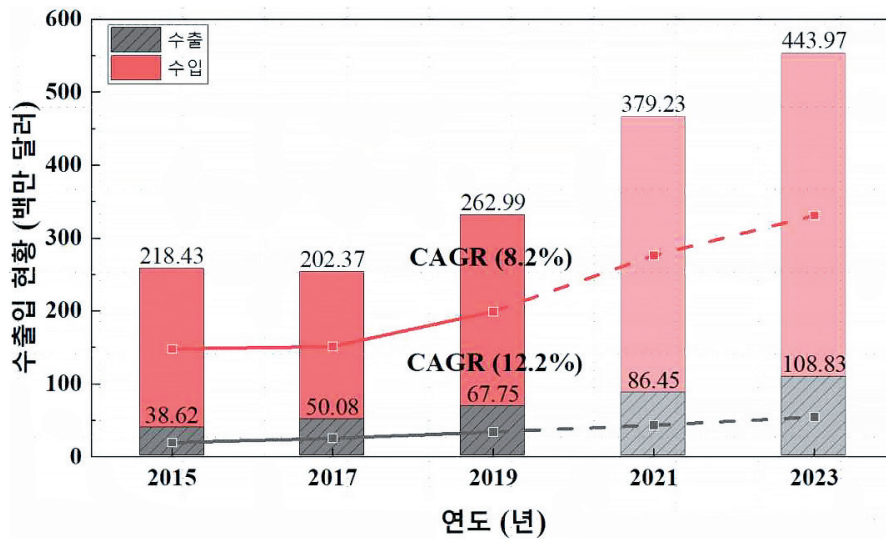
// 기획의도

- ★ 의료용 타이타늄(Ti)은 임플란트, 인공신체 등에서 가장 많이 사용되는 금속소재이며 매년 8.2% 급성장 중이나, 전량 수입에 의존하고 있음
 - * Ti 원료(Sponge, Scrap) → 잉곳·빌렛 → 압연재 등 → 임플란트, 인공신체, 기타 의료기기 등
 - * 타이타늄 소재는 치과용 임플란트 92.5%, 전체 의료용 금속소재의 '16년 22.4% 차지하고 있고 '21년에 25%까지 성장 예상(2016년 기준, Biomaterials Market, Markets and Markets)
- ★ 타이타늄은 초기 투자비, 기술 확보·검증 등 진입장벽이 높은 분야로 美·日 등의 글로벌 업체가 선점하고 있어 그간 국내업체 진입에 어려움을 겪어 왔음
- ★ 타이타늄 Scrap 활용 플라즈마 아크 용해 해외 선진기술 도입 및 공공·대·대학 기술협력을 통해 소재를 개발하고, 바이오 업체 및 대형병원에서 소재 및 제품 안정성 평가 등의 협력 필요
 - * 단, 국내 타이타늄 Sponge 생산은 높은 투자비용 및 다량의 CO2 배출 공정으로 환경규제 우려가 큼
 - * 이에 따라 타이타늄 원소재(Sponge)의 생산기반이 어려운 국내환경을 감안하여 Clean Scrap을 활용한 재생산 순환체계까지 병행 구축 필요

① 국내시장 규모 및 전망

- 국내 Ti 중간재(봉재, 판재 등)의 경우 '19년도 수출규모는 약 68백만 달러(한화 760억 원)이며, 수입규모는 약 263백만 달러(한화 2,950억원)로 국내 Ti 중간재는 약 2,200억 원에 달하는 무역 수지 적자를 기록하고 있음

| 국내 Ti 중간재 수출입 현황 및 전망 |



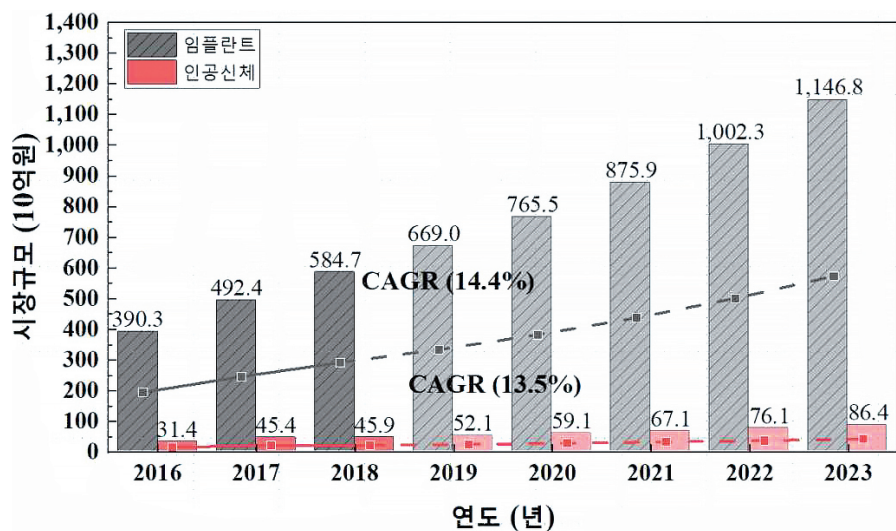
(단위 : 백만 달러)

연도	2015	2017	2019	2021	2023	성장률
수출	38.62	50.08	67.75	86.449	108.830	12.2%
수입	218.43	202.37	262.99	379.230	443.974	8.2%

(출처 : 한국무역협회, 한국무역통계자료(2015~2019))

- 이종 의료재로 활용되는 타이타늄 중간재는 전량 수입에 의존하고 있으며, 국내 기업의 외국 생산량까지 포함할 시 '19년도 의료용 Ti 중간재 시장규모는 약 750억 원에 달함
- 한편, 생체 의료제품인 임플란트와 인공신체의 '18년도 생산액은 6,306억 원으로 연평균 15.6%의 높은 증가율을 나타내고 있으며, 이는 국내 점유율이 96.7%에 육박하는 치과용 임플란트 및 브라켓의 수요에 기인한 결과로 판단됨

| 국내 Ti 기반 의료산업의 시장규모 및 전망 |



(단위: 10억 원)

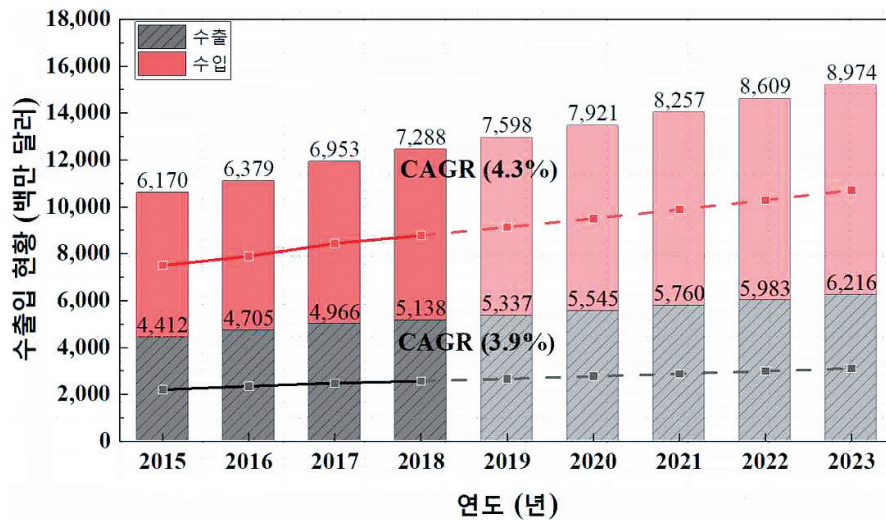
연도	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	성장률
임플란트	390.3	492.4	584.7	669.0	765.5	875.9	1,002.3	1,146.8	14.4%
인공신체	31.4	45.4	45.9	52.1	59.1	67.1	76.1	86.4	13.5%

(출처: 통계청, 광업·제조업조사보고서(한국산업표준분류 8단위))

② 세계시장 규모 및 전망

- '18년도 세계 Ti 중간재 수출규모 약 51억 달러(한화 6.1조 원)이며, 수입규모는 약 73억 달러(한화 8.8조 원)에 달하고 있고 전 세계적으로 Ti 중간재의 연평균 성장률은 4.3% 수준

| 세계 Ti 중간재 수출입 현황 및 전망 |



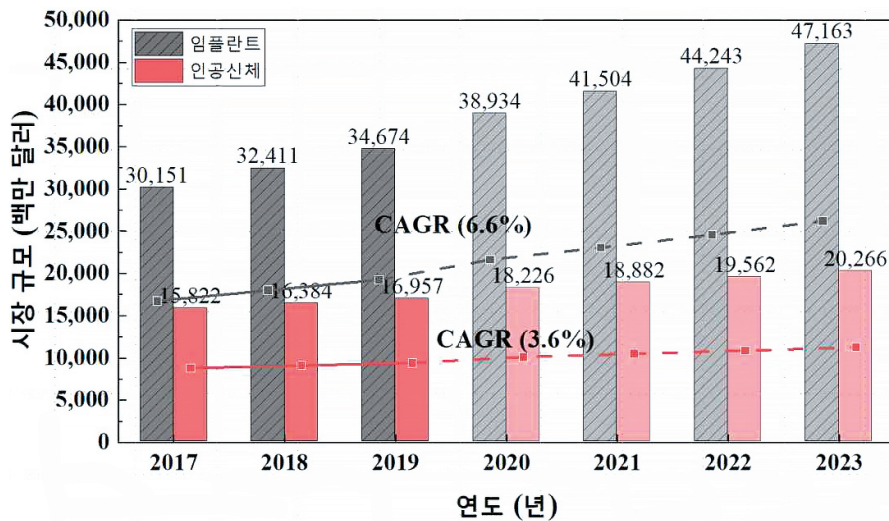
(단위 : 백만 달러)

연도	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	성장률
수출	4,412	4,705	4,966	5,138	5,337	5,545	5,760	5,983	6,216	3.9%
수입	6,170	6,379	6,953	7,288	7,598	7,921	8,258	8,609	8,975	4.3%

(출처 : UNdata Trade of goods, US\$, Other base metals, cermet, articles thereof)

- '19년도 기준 전 세계 의료용 임플란트 시장은 약 346억 달러(한화 약 42조 원)이며 인공신체 시장은 170억 달러(한화 약 20조 원)로, 치과 및 정형외과용 임플란트 시장은 약 155억 달러(한화 약 19조 원)에 달하고 전 세계 노인 인구가 늘어남에 따라 꾸준히 성장하고 있음(CAGR 6.6%)

| 세계 Ti 소재기반 의료기기 시장 규모 및 전망 |



(단위 : 백만 달러)

연도	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	성장률
임플란트	30,151	32,411	34,674	38,934	41,504	44,243	47,163	6.6%
인공신체	15,822	16,384	16,957	18,226	18,883	19,562	20,267	3.6%

(출처 : Medical Implants Market Analysis From 2019 To 2023)

- 국내 Ti 기반의 의료재 무역수지 현황을 살펴보면 생체 의료용 임플란트의 경우 무역수지 흑자 폭이 우수하나 기술력 대비 세계시장 점유율은 10% 이하로 매우 미비한 실정으로 이는 고기능 Ti 합금 중간재(봉재, 판재 등)를 전량 해외 수입에 의존하는 국내 산업구조에 기인한 결과임
- 고기능 Ti 소재의 적용분야 중 의료기반 소비재는 전체 활용산업 중 약 9% 정도로 사용량이 크지 않으나, 플랜트, 항공/국방 분야 등 여타 응용분야에 비해 3~10배 이상의 고부가가치를 형성 할 수 있어 초기 설비 투자와 기술력 향상 및 의료용 소재부품 신뢰성 검증 등을 위한 상용화 연구와 공동기반 구축에 정부차원의 지원이 절실함

과제 핵심기술 및 주요 연구내용

★ Ti Scrap 활용 플라스마 아크 용해 및 단조재 제조용 Ti 합금 봉재 제조 기술

- Ti 및 합금원소 Scrap 전처리 기술 및 용해용 Clean Ti Scrap feedstock 생산 기술 확립
- Retech(미), ALD(독), Inductotherm(미) 등 해외 선진 용해설비 제작사로부터 설비와 관련기술 도입 및 설비 최적화
- Ti Scrap 활용 플라스마 아크 용해(PACHM, Plasma Arc Cold Hearth Melting) 양산형 기술 및 1톤 이상급 고정형 Ti 소재 잉곳 제조기술 개발

↳ 고정형 Ti 소재 : 초고강도 Ti(Gr.4), 초고강도 Ti-6Al-4V ELI, 고강도 베타계 Ti합금

- 생체의료 단조재 제조용 $\Phi 60/\Phi 80(\text{mm})$ Ti 합금 봉재(Bar) 제조 설비 설계/제작 및 제조기술 개발

★ 고기능 Ti 합금 압연재 및 선재 제조기술

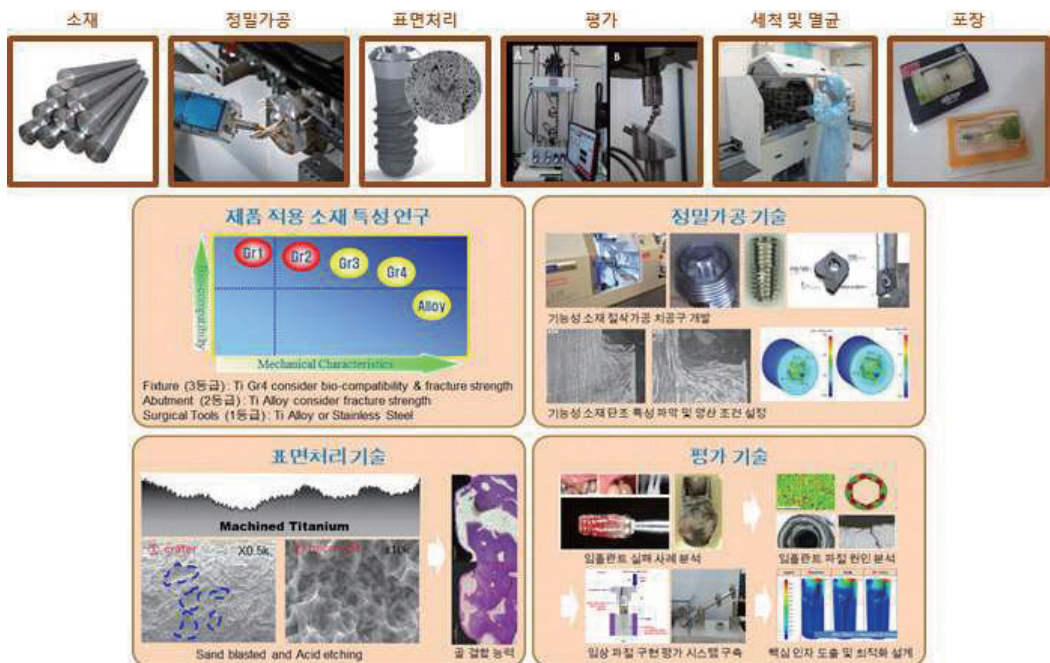
- 파일럿 플랜트급 열간 압연공정 설비 활용 고기능 Ti 합금 120kg/charge 이상 와이어로드(wire rod) 및 폭 250mm 이상 열연 판재(hot rolled sheet) 제조기술 최적화
- 의료 단조재 제조용 $\Phi 60/\Phi 80(\text{mm})$ 고기능 Ti합금 봉재 제조를 위한 최적의 소성가공 공정 선정 및 상용화기술 개발
- 조직제어 가공 열처리공정 활용 의료용 초고강도 Ti(Gr.4), Ti-6Al-4V ELI 진원도 $50\mu\text{m}$ 이하 초정밀 선재 개발(수율 90% 이상, 생산량 20kg/charge 이상)



| 고기능 Ti 합금 플라스마아크 용해 및 압연재 제조공정 |

★ 국산 Ti 합금 적용 치과/정형외과용 임플란트 개발 및 시험검증 평가

- 국산 Ti 합금 선재를 적용한 치과/정형외과용 임플란트 제조기술 개발
 - ↳ 치과/정형외과용 임플란트: (치과) 고정체, 지대주, 시술기구, (정형외과) 인공어깨관절, 인공고관절, 인공무릎관절, 추간체 고정재 등
- 고정밀 단조기술 적용 정형외과용 임플란트 단조/성형재 개발
- 임플란트의 골 세포 융착능 향상을 위한 친수성 표면처리 기술 개발
- 치과용 임플란트 임상 세로파절 구현 피로시험 장비/지그 및 개발 Ti 소재 특성에 최적화된 치과용 임플란트 시스템 개발
- 국산 Ti 합금 적용 치과 및 정형외과용 임플란트에 대한 기계적 물리적 생물학적 안정성 평가 및 검증



| 의료용 임플란트 제조 핵심 기술 |

기대효과 및 파급효과

★ 국내 독자 고기능 타이타늄 소재 제조 생태계 구축을 통한 소재 자립화 효과 기대

- 의료용 Ti 소재 및 신소재 국산화를 통해 세계 시장 점유율 확대 및 국내 강소기업이 글로벌 기업으로 고성장할 수 있는 기반 마련
- 국내 개발에 의한 Ti 합금의 가격적인 경쟁력 확보와 함께 의료용 소재 국산화시 고신뢰 등급 인증으로 일반 소비재는 물론 항공, 국방 소재 부품 등 Ti 시장에서 사업화 영역 확대 예상

★ 고기능 Ti 합금 소재 및 제품 국산화에 따른 관련 산업 공급망 개선

- 생체 의료용 Ti 합금 소재 국산화에 따른 소재 비축량 및 기간 단축과 함께 소재 불량에 대한 사후 서비스 지연 개선으로 공급 차질 최소화 기대
- 국내 고기능 Ti 합금 소재 자원 순환 생태계 조성에 따른 Ti소재 공급사 및 관련 수요기업의 글로벌 경쟁력 향상

★ 고기능 Ti 합금 소재 자립화에 따른 경제적 효과 기대

- 국내 Ti 중간재 수입액은 '19년도 기준 약 3,000억 원 규모이며, 이중 의료를 포함한 소비재 Ti 합금 중간재 국산화에 따라 약 920억 원 이상의 수입대체 효과 기대

* 출처: The Titanium Age : Markets, opportunities and New Technologies (2019)

- 국산 Ti 합금 중간재를 활용하여 의료 산업으로 제품화할 경우 약 1.2조원 시장에 소재 국산화 대체 효과 활성화 기대

* 출처: "의료기기 생산 및 수출입실적 통계자료", 한국보건산업진흥원 (2020)

★ 의료, 소비재, 기계부품, 항공, 국방 등 다양한 산업분야의 수요시장 확대에 따른 높은 고용창출

- 국내 인구의 급속한 고령화로 인하여 임플란트 산업이 지속적으로 발달되는 바 대학 등의 치기공과, 치위생과 분야에 대한 고용창출이 예상됨
- 전량 수입에 의존하고 있는 의료용 Ti 합금 단조재의 국산화는 국외로부터 OEM 생산이 가능해 안정적인 수요시장 확대 예상
- 고기능 Ti 소재부품 국산화에 따른 의료, 소비재, 기계부품, 항공, 국방 등 다양한 산업분야의 시장 활성화 및 고용창출 효과 극대화 기대





PD 기술 이슈

ISSUE 1

광산장비의 친환경 스마트 기술혁신

- KEIT 첨단기계PD

ISSUE 2

휴먼팩터 지능화의 디자인 기술동향과 산업전망

- KEIT 디자인PD

ISSUE 3

국내 불소화학 산업 동향

- KEIT 화학공정PD

ISSUE 4

반도체 소부장 산업현황 및 투자전략

- KEIT 반도체 공정장비PD

광산장비의 친환경 스마트 기술혁신

|저자| 전형호 첨단기계PD / KEIT
 신대영 수석 / 한국생산기술연구원

SUMMARY

광산장비의 산업 및 기술동향

- ★ 세계 광산장비 시장규모를 보면 2019년에 1,217억불에서 2027년에는 1,658억불로 연평균 5.7% 성장할 것으로 예상
- ★ 세계 광산장비는 친환경기술(Tier 5 디젤엔진, 전기·배터리), 스마트기술(자율화·무인화 기술), 스마트플랫폼 기술(원격제어시스템, 관제시스템, 플릿 관리시스템)을 통합하고 디지털서비스 제공으로 진화하는 중
- ★ 한국의 경우, 대기업(두산인프라코어, 현대건설기계)은 선진 장비 제조회사와 유사한 스마트 체계를 구축 중에 있으나 중소·중견기업(수산중공업, 수산CSM, 에버다임, 삼양플랜트 등)은 아직 스마트 계획 단계

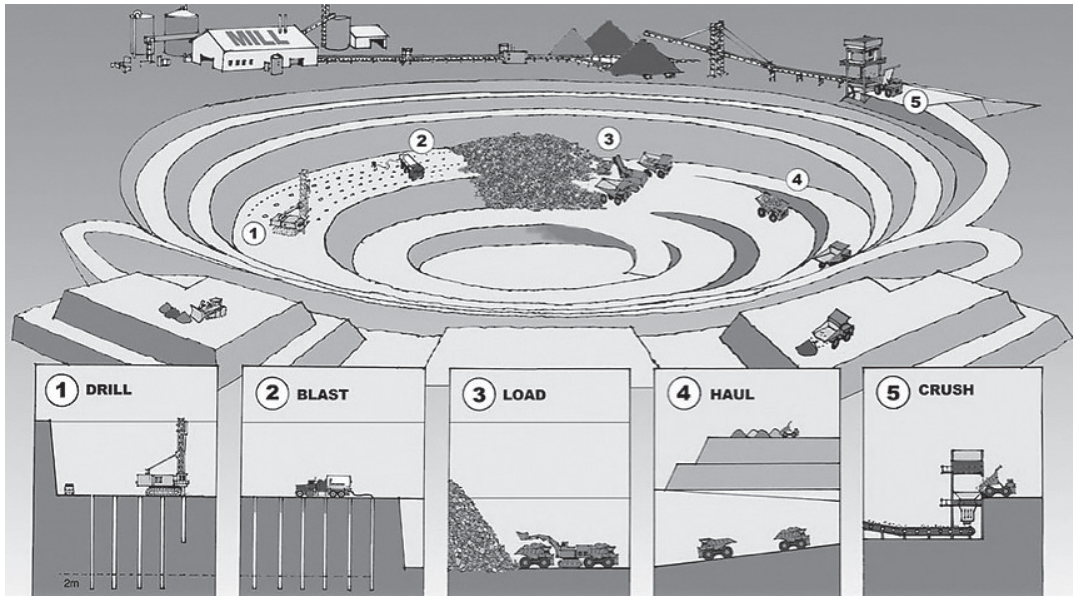
시사점 및 정책제안

- ★ 국내 기업이 선진 제조기업과 경쟁하기 위해서는 친환경기술, 스마트기술, 스마트 플랫폼 기술을 적용한 장비개발과 더불어 탐사 및 채굴회사와의 실증 협력 프로그램 필요
- ★ 스마트 운송 및 적재 장비를 개발하는 과정에서 스마트 플랫폼의 기초기술 역량이 확보되었으며, 확보된 기술을 천공장비 또는 분쇄장비로 확산하는 전략이 요구됨
- ★ 선진사와 마찬가지로 한국 기업 역시 Big Data를 활용한 디지털 서비스의 개발전략과 연구개발이 필요

1. 광산장비의 특성 및 기술범위

광산의 정의

- ★ 광산장비(Mining Equipment)는 광물을 채취하는 장비
- ★ 광물을 채취하는 과정은 천공(Drill)→발파(Blast)→적재(Load)→운송(Haul)→분쇄(Crush)

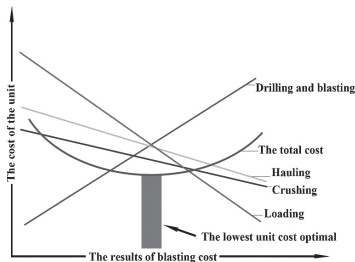


| 그림 1. 노천광산의 암석 채굴과정 |

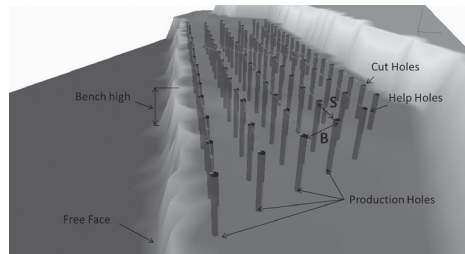
- ★ 천공공정은 노천 또는 지하광산에서 광석 또는 암석에 구멍을 뚫는 공정으로 발파품질에 결정적인 역할
- ★ 발파공정은 발파공(발파하기 위해 뚫은 구멍)에 폭약을 삽입하여 광석 또는 암석을 부수는 공정으로 환경과 안전이 중요
- ★ 적재공정은 1차 파쇄된 암석 또는 광석을 적재장비(굴착기, 로더 등)를 이용하여 운송장비(덤프트럭, 이송장치)에 적재하는 공정
- ★ 운송공정은 1차 파쇄된 암석 또는 광석을 크러셔 또는 하역장으로 운반하는 공정
- ★ 분쇄공정은 1차 파쇄된 암석을 일정한 크기로 분쇄하는 공정으로 폐기되는 부산물 없이 활용 가능한 다양한 크기의 광석 또는 암석을 추출

천공과 발파의 상관관계

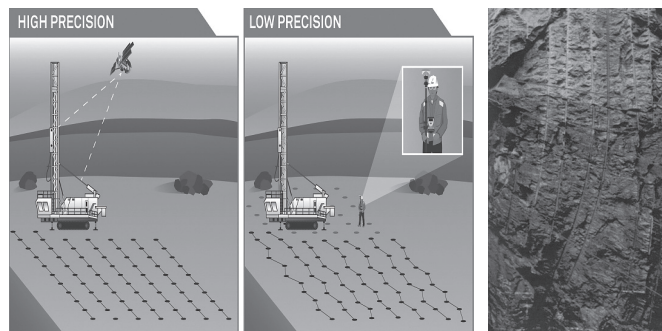
- ★ 채굴(채광 또는 채석)현장은 발파대상의 특성(암석 물성, 절리군, 지하수 상태 등)과 채굴 프로세스 비용(그림 2)을 검토하여 가장 적절한 암석 크기 분포를 찾은 후 천공 및 발파 계획 최적화(그림 3)를 수행
- ★ 천공과정에서 천공 계획을 준수하지 못하고 천공위치, 깊이, 경사각 등에서 편차가 발생(그림 4)하면 부서진 암석은 균질하지 못하고 특히 비정상적으로 큰 암석은 브레이커 등을 이용하여 파쇄작업이 진행되며 시간과 비용 상승이 발생
- ★ 불량한 천공직진성은 두 가지 문제를 발생
 - 벤치(bench) 바닥에서 횡간격(space, S)과 종간격(burden, B)이 너무 크면 벤치 바닥의 간극이 너무 커서 발파된 암석의 크기가 커지고
 - 벤치(bench) 바닥에서 횡간격과 종간격이 너무 작으면 암석의 크기가 작아져서 발파 시 너무 멀리 날아가 안전을 위협할 수 있음
 - 일반적으로 천공직진성이 양호하면 횡간격(space, S)과 종간격(burden, B)을 20% 넓힐 수 있고 이는 암석 생산량을 최대 20% 늘어나고 비용을 20% 절약 가능



| 그림 2. 채굴 프로세스 비용 |



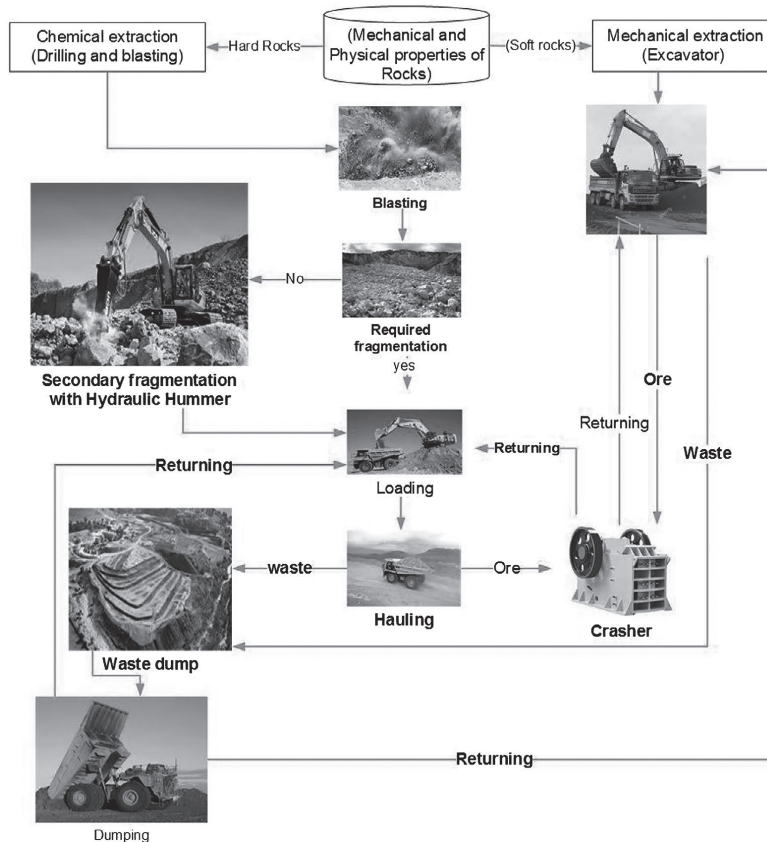
| 그림 3. 천공 및 발파 예측 |
(RIOBLAST-MAXAM ®)



| 그림 4. 천공 과정 |

▄▄ 적재와 운송의 상관관계

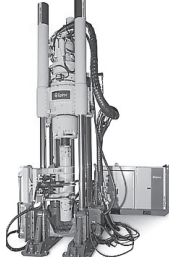
- ★ 광산 운영과 비용의 관점에서 적재와 운송은 가장 중요
- ★ 광물을 채취하는 과정에서 적재 및 운송비용은 약 25-30%를 차지
- ★ 노천광산의 경우에 운송비용이 전체 운영비용에서 50-60%는 차지하는 경우도 있음
- ★ 운송비용을 줄이기 위하여 적재장비와 운송장비의 플릿연구가 진행
 - 자율 또는 전기식 채광/운송 장비 도입
 - 적재장비의 대기시간(Waiting Time) 최소화, 운송장비의 주기시간(Cycle Time) 최소화, 운송장비의 대기시간 최소화(그림 5)
 - 적재 및 운반 차량 최적화 프로그램 운영



| 그림 5. 적재장비와 운송장비의 주기적 운영 |

천공장비

- ★ 천공장비(그림 6)는 회전력과 충격력을 이용하여 암반에 구멍을 뚫는 장비이며 천공방식은 지표면 천공(Surface Excavation)과 지하 천공(Underground Excavation)으로 구분
 - 천공장비 가운데 지표면 천공기로는 Top Hammer Drilling(THD)과 Down-The-Hole(DTH) Drilling 그리고 Rotary Drilling가 있음
 - ※ THD는 20m 미만의 지표면 천공작업에 사용되며 노천광산, 지표면 토목공사에 사용됨, 지표면 천공장비 시장의 70%를 점유
 - ※ DTH Drilling은 최대 4km까지 천공작업이 가능하며 광산, 자원탐사, 수자원공사, 토목공사, 석유/천연가스 등 다양한 작업에 사용됨, 지표면 천공장비 시장의 27%를 점유
 - ※ Rotary Drilling은 주로 깊은 시추공을 획득하거나 암석 샘플을 채취하는데 사용되고 있으며 깊은 천공깊이(최대 10,000m)와 큰 천공경(100-610mm)의 천공작업에 사용
 - 지하 천공장비로는 점보드릴(Jumbo Drill)과 승갱 굴착기(Raise Boring) 등이 있음
 - ※ 점보드릴(Jumbo Drill) 장비는 터널의 천공발파 작업에는 THD 붐이 2-3개인 점보드릴이 대부분 사용되며 복수의 발파공을 4m까지 천공한 후 발파하는 방식으로 터널굴착이 진행

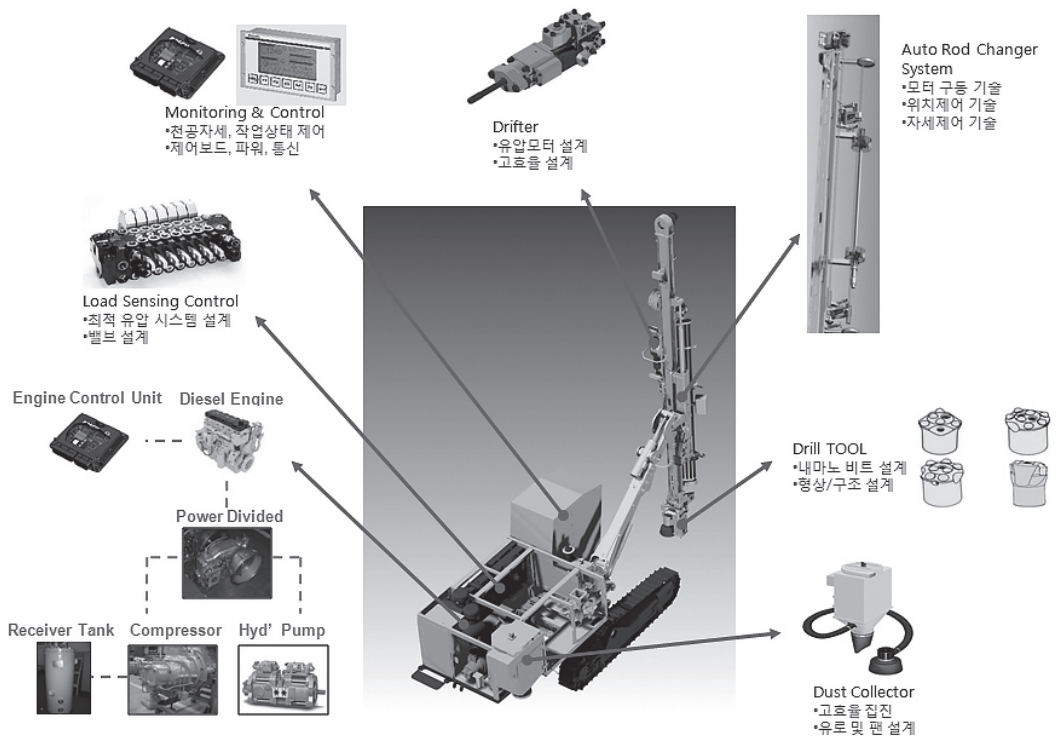
Rotary Drill (Epiroc)	DTH Drill (Everdigm)	THD Drill (수산CSM)	Raise Boring (Epiroc)	Jumbo Drill (Epiroc)
				

| 그림 6. 천공장비 |

- ★ 천공기(그림 7)는 크게 Engine, Power Divider, Hydraulic Pump, Air Compressor, Dust Collector, Control Valve, Monitoring & Control System과 구조물 등으로 구성된 본체, 천공리그모듈, 제어모듈로 구성
- ★ 천공리그모듈(Drilling Rig Module)은 천공작업을 수행하기 위한 회전력과 충격력을 발생시키는 타격부(THD: Drifter, DTH: DTH Hammer, Rotary Drilling: 없음)와 타격부를 지지하고 이송시키는 Mast와 Feed Drive, 천공 공구 등으로 구성
- ★ 천공공구(Drill Tool)는 천공리그모듈에 장착된 드риф터에 조립되어 암반에 직접 구멍을 뚫는 작업을 수행하는 소모품으로써 Shank Adapter, Coupling, Extension Rod, Drill Bit 등으로 구성

★ 제어모듈은 각각의 천공공정을 제어하는 모듈로서 핵심 서브모듈은 다음과 같음

- Hole Navigation System(HNS): 천공 계획에서 제시한 천공위치로 안내하거나 제어하는 모듈
- Rig Control System(RCS): 리그를 제어하는 모듈
- Auto Rod Handling System(ARHS): 목표 천공 깊이에 도달하는 과정에서 자동으로 드릴로드 추가하거나 목표 천공위치에 도달했을 때에 자동으로 드릴로드를 추출하는 모듈
- Auto Feed Fold(AFF): 작업 준비단계에서 피드를 트래밍(tram) 위치에 놓거나 작업 준비 위치로 자세잡는 모듈로서 작업 및 운송 중에 시간을 절약하고 리그 캐빈의 손상을 방지
- Auto Positioning of the Feed(APF): 리그 피드를 반자동 정렬하는 모듈로서 리그 자세의 정확도를 향상시켜 더 나은 품질의 암석을 생성
- Measure While Drilling(MWD): 천공과정을 인식 측정하는 모듈



| 그림 7. 천공기의 주요 구성품 |

★ 스마트 천공기

- 스마트천공기(그림 8)는 운전자 보조 또는 자율기능을 이용하여 천공작업과 주행을 수행

- 천공작업

* 운전자는 천공작업을 할 때에 경험과 육안으로 비트 끝단의 위치를 확인하는 동시에 천공 깊이와 경사를 기계식 측정기로 추정하고 있어 정밀 시공은 매우 어려운 실정

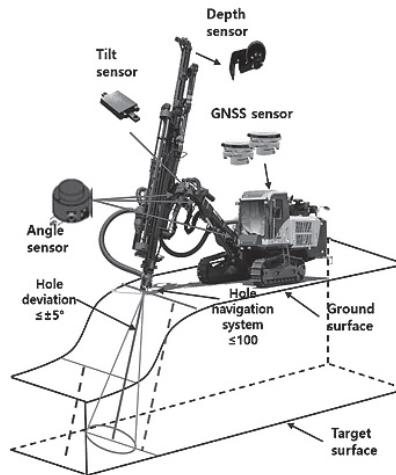
* 정밀 천공작업을 위해서는 천공 계획에서 요구한 천공을 목표로 스트링 라인을 천공 경사도와 일치한 상태에서 직선 천공을 수행

- 주행

* 노천광산에서 저속(4km/hr)의 천공기로 작업장을 이동할 때에 운전자는 심한 피로와 위험을 동반

* 피로와 위험을 회피하기 위하여 원격제어, 군집제어, 자율주행이 요구됨

* 기지국에서 천공 작업장 내에 위치한 개별 천공위치로 천공기를 이동



| 그림 8. 스마트 천공기 |

- 운전자보조 또는 자율화 구현 프로세스

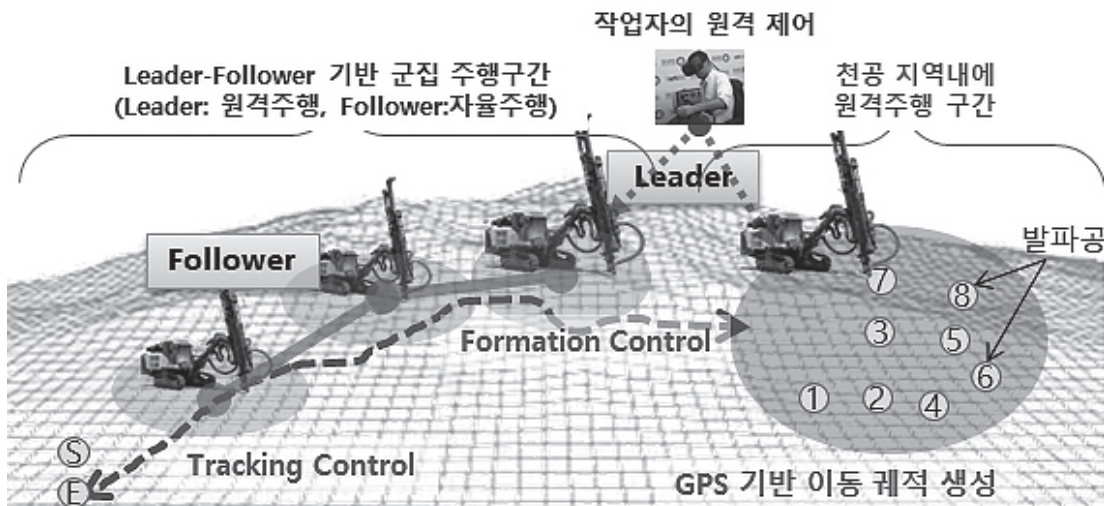
* 주행/작업환경의 인식 과정(그림 9): LiDAR, RADAR, 카메라 모듈, 초음파 모듈 등을 이용하여 고정 또는 변동하는 외부의 사물 정보(거리, 속도, 크기 등)를 인식하고 GNSS 모듈, IMU, 각도센서 등을 이용하여 천공기의 정보(천공기 위치와 속도, 작업기의 변위와 속도 등)를 인식

* 주행/작업환경의 인지와 계획 과정(그림 10): 주행/작업 환경을 감지한 후에 사물의 상태를 인식하고 예측하여 주행 또는 작업 전략(장애물 회피, 천공작업 경로 등)을 수립

* 주행 또는 천공작업 전략에 따라 차량을 제어하는 과정: 상위/하위 제어기를 이용하여 차량제어



| 그림 9. 천공기 주행을 위한 환경인식 |



| 그림 10. 천공기 군집주행을 위한 경로계획 |

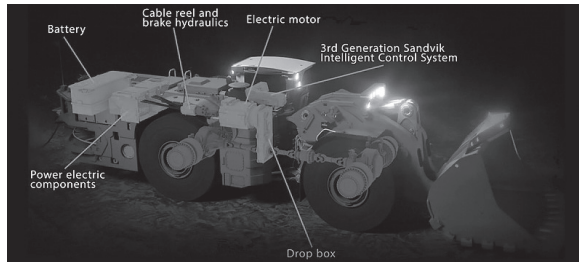
▄▄ 적재와 운송장비

★ 적재와 운송장비로는 굴착기(Excavator)와 로더(Loader)와 트럭(Truck) 등이 있음

- 노천 광산에서 사용되는 굴착기와 로더는 토공장비와 동일(그림 11)
- 지하 광산에서 사용되는 트럭은 낮은 차체 높이와 생산성을 높이기 위하여 고속의 선회속도, 인체공학적 운전석, 안전하고 빠른 타이어 교체를 위한 통합 재킹시스템(Integrated jacking system) 그리고 지능형 제어시스템 등 다양한 스마트 기능을 갖고 있음(그림 12)
- 지하 광산에서 사용되는 로더는 자동화와 연결기술 등을 포함한 스마트 기능과 배기가스가 없는 전기구동 방식을 적용



| 그림 11. 노천 광산의 굴착기와 로더와 트럭(Caterpillar) |



| 그림 12. 지하광산의 로더와 트럭(Sandvik) |

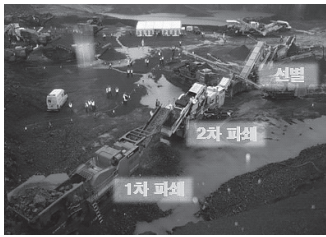
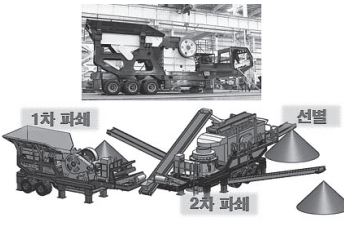
// 분쇄장비

★ 암석 파쇄와 규격골재 선별을 위한 장비로는 크러셔와 선별기 등이 있음

- 크러셔(Crusher)

* 크러셔(그림 13)는 채석장이나 광산, 토목/도로공사 현장에서 발생하는 암석이나 건설폐기물 현장의 폐 콘크리트 등을 파쇄하여 다양한 크기의 골재를 생산하는 장비로서 용도와 공정에 따라 조, 콘, 임팩트 크러셔 등으로 구분되며, 크러셔의 파쇄 공정을 거친 암석은 100mm 이내의 일정 크기의 골재로 생산

* 크러셔는 정치식(Plant Type), 자주식(Mobile Type) 및 견인식(Potable Type)으로 구분되며, 정치식의 경우 기초공사를 통해 지면에 고정시켜 골재를 생산하며, 견인식은 트레일러 등으로 견인이 되는 이동이 가능한 방식의 크러셔를 뜻함

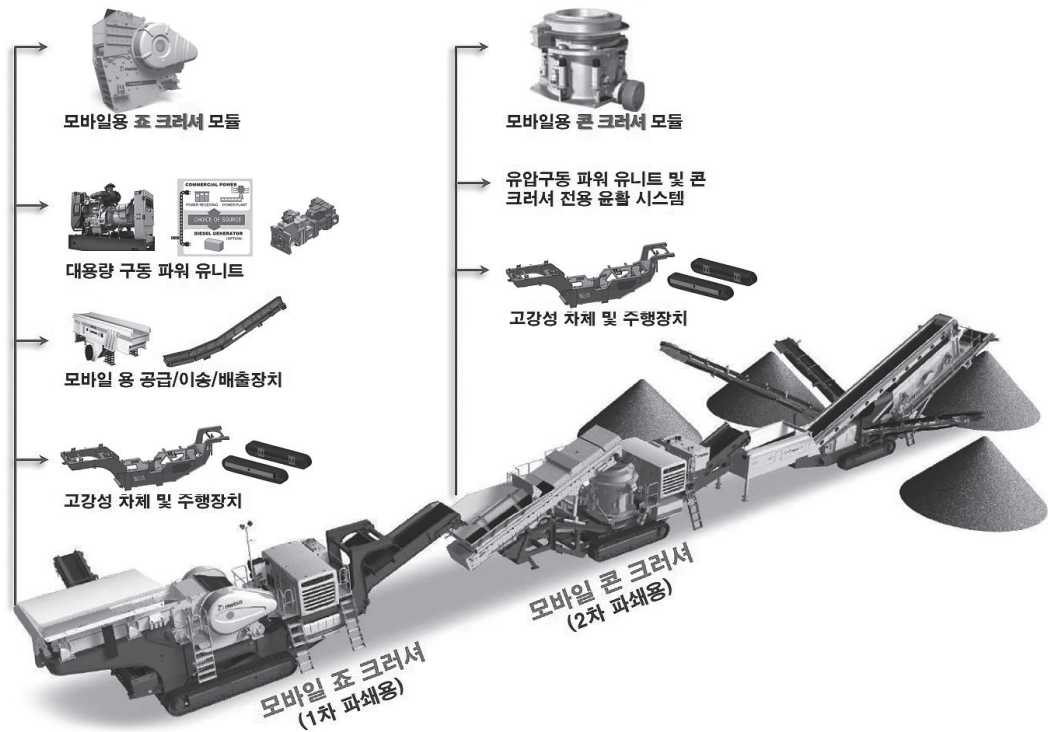
Rotary Drill(Epiroc)	Raise Boring(Epiroc)	Jumbo Drill(Epiroc)
		

| 그림 13. 크러셔 시스템의 분류 |

- 자주식 크러셔(Mobile Crusher)는 하부주행 장치가 적용된 크러셔로, 자체 주행이 가능한 완성차로서 주행차체의 상부에 골재 파쇄 및 규격골재 생산을 위한 조 및 콘 크러셔 모듈이 탑재되는 형태

* 차체는 크롤러 트랙과 디젤엔진, 유압모터, 펌프로 구성이 되며, 상부 생산장비로 원석 이동을 위한 피더, 호퍼, 그리고 암석 파쇄를 위한 핵심부품인 조 및 콘 크러셔 모듈이 탑재됨

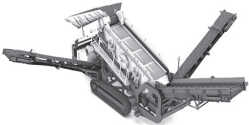
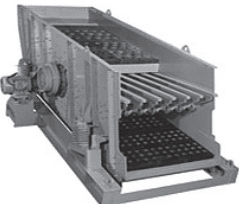
- 크러셔 시스템은 암석의 1차 파쇄를 위한 조 크러셔(Jaw Crusher)와 타격 크러셔(Impact Crusher) 그리고 1차 파쇄된 암석을 골재화 시키는 2차 파쇄용 콘 크러셔(Cone Crusher)로 세분화되는데 콘 크러셔의 파쇄 간극 설정 등 운용조건에 따라 골재의 최종 크기 및 품질이 결정됨



| 그림 14. 자주식(Mobile Type) 크러셔 시스템 |

- 선별기(Screen)

* 선별기는 크러셔 공정을 거친 다양한 크기의 골재나 광물 또는 토사, 환경 폐기물 등을 일정한 크기의 망으로 골재를 분류하는 장치로 스크린 공정을 거친 골재는 25mm 이하, 25-40mm, 40mm 이상 등으로 선별됨

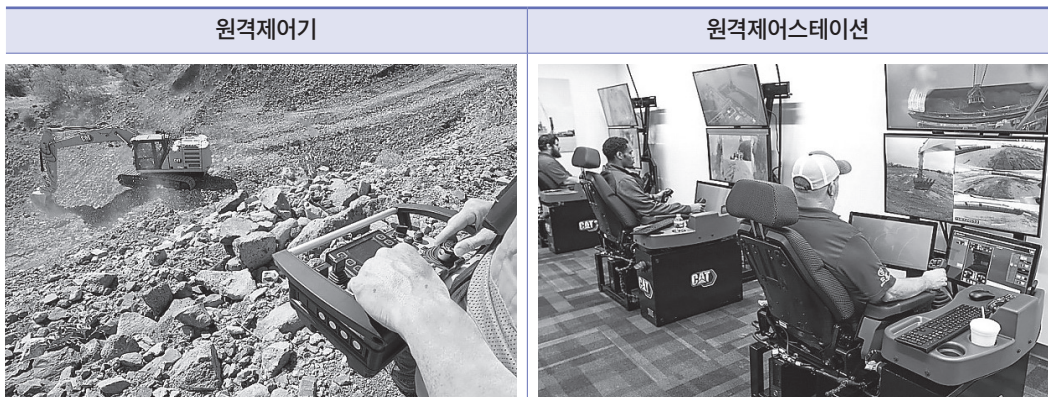
골재 선별용(자주식)	골재 선별용(정치식)	토사 제거용	폐기물 선별용
			

| 그림 15. 선별기의 종류 |

// 스마트 플랫폼

★ 원격제어 시스템

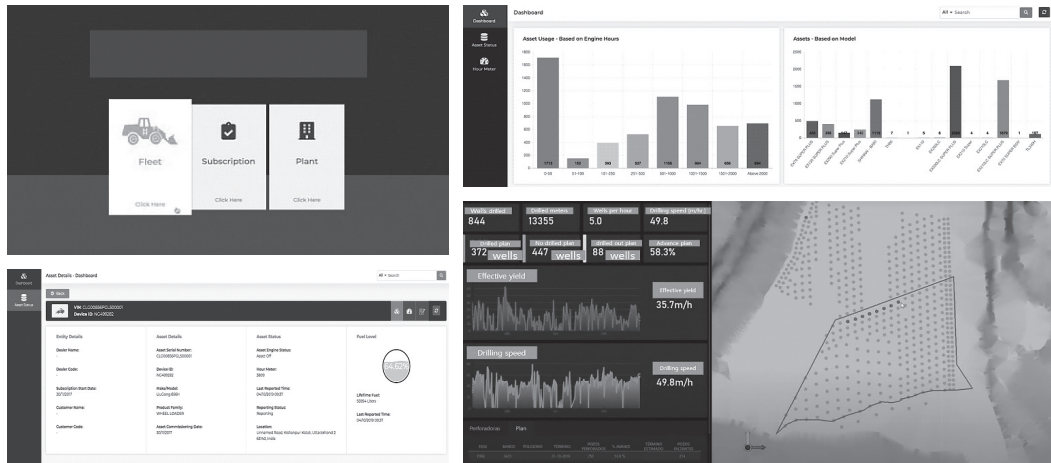
- 공간과 환경의 제한 없이 작업을 수행할 수 있도록 원격 제어 가능한 시스템으로서 원격제어기 또는 원격제어 스테이션, 운영 소프트웨어 그리고 실시간 영상과 센서 데이터 전송 시스템을 포함
- 원격제어기
 - * 작업자가 천공기 인근 또는 원거리에서 안전하고 편안하게 작업이 가능
 - * 통신 인프라가 필요하지 않고 최대 400m 거리에서 현장 작업을 수행
 - * 900MHz 또는 2.4GHz 주파수 통신 프로토콜을 사용
- 원격제어 스테이션
 - * 운전자는 익숙한 제어 장치와 장비 디스플레이가 있는 가상 운전실에서 원격으로 작업
 - * 작업자 입력이나 천공기의 상태정보는 전용 무선 송신기/수신기를 통해 원격 스테이션으로 전송되어 실시간으로 정확한 제어가 가능
 - * 고품질 비디오는 천공작업 영역을 명확하게 보여줌
 - * 운전자는 여러 대의 천공기를 전환해 가며 조정 가능하여 대기 시간없이 작업 현장 변경 가능



| 그림 16. 원격제어 시스템(Caterpillar) |

★ 관제 시스템

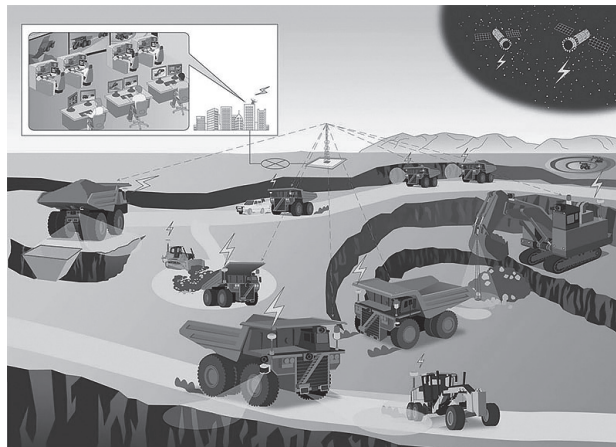
- 다양한 센서(GNSS, Lidar, IMU, Angle sensor, 유압센서 등)로 측정된 데이터를 가공하여 필요 데이터(장비 위치 정보, 완료된 작업 실적정보, 장비 건강정보 등)를 생성하고, 데이터를 관제소와 원격제어 스테이션 그리고 장비에 제공



| 그림 17. 천공 관제시스템 |

★ 플릿 관리시스템(Fleet Management System, FMS)

- 플릿 관리시스템은 1980년대에 차량에 컴퓨터가 탑재되고 위성과 지상파를 통해 네트워크로 연결되면서 시작됨
- 자동화와 비즈니스 프로세스의 최적화 관점에서 플릿에 연결된 차량을 관리하고, 파견, 구매, 통신, 네비게이션, 회계 및 재무와 같은 모든 비즈니스 부문을 단일로 연결하는 기술 솔루션을 의미함
- 일반적인 플릿 관리시스템이 운영되는 과정을 보면 제어센터에서 무선 네트워크를 이용하여 장비로 신호를 보내면, 장비는 데이터(위치, 탑재량, 광석 품질, 비용 코드 등)를 제어센터로 송출하고, 제어센터는 무선 및 위성 네트워크를 이용하여 이 데이터를 공유



| 그림 18. 플릿 관리시스템 개념도(Wenco) |

2. 국내외 산업 및 기술동향

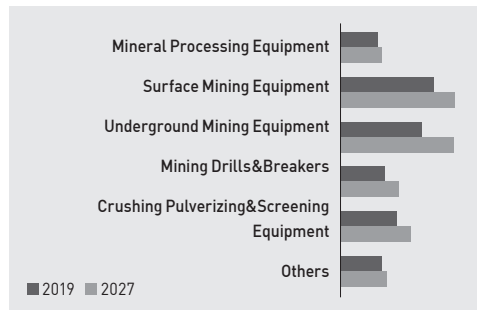
산업동향

★ 세계 광산시장

- 세계 광산장비 시장규모를 보면 2019년에 1,217억불에서 2027년에는 1,658억불로 연평균 5.7% 성장할 것으로 예상
- 광산 장비는 광물처리 장비(휴대용 및 고정식), 표면 채굴장비(덤프트럭, 도저, 굴착기 등), 지하 채굴장비(굴착기, 도저, 트럭 등), 천공기 및 브레이커, 선별기 및 크러셔(고정식, 이동식) 및 기타 장비로 구분
- 2019년 기준, 광산 장비의 시장점유율을 보면 광물처리장비 8%, 지표면 채굴장비 29%, 지하 채굴장비 28%, 천공장비 10%, 분쇄장비 15%, 기타 10%로 분포



| 그림 19. 세계 광산시장 규모 |

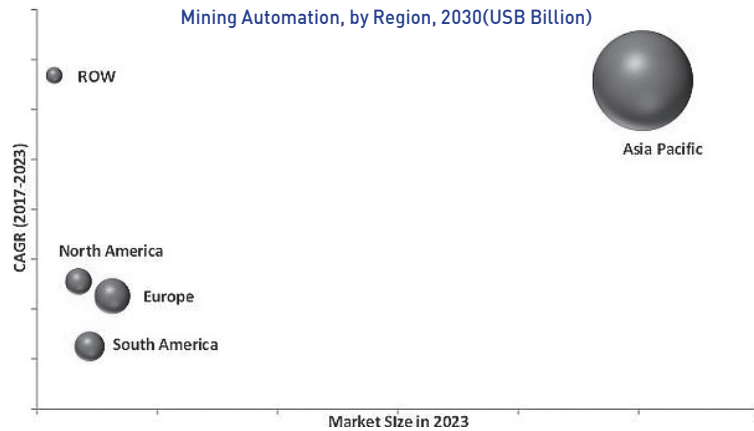


| 그림 20. 광산장비별 점유율 |

★ 세계 스마트 광산장비

- 스마트 광산장비의 시장규모는 2017년 22.2억불에서 2023년에는 32.9억불로 2017년부터 2023년까지 연평균 성장률 6.77% 수준으로 성장 예상
- 스마트 광산장비 기업은 시스템 통합기업, 소프트웨어 제공 기업, 장비 제공 기업, 통신 시스템 및 유통 기업으로 구성
- 스마트 광산 장비에서 지하채광 자동화장비와 자율 운반장비가 시장점유율이 높음
- 스마트 광산장비 대표 기업으로는 Atlas Copco(스웨덴), Sandvik(스웨덴), Hexagon(스웨덴), Caterpillar(미국), Autonomous Solutions Inc.(미국), Trimble(미국) 등이 있음
- 스마트 광산장비의 지역별 규모(그림 21)를 보면 2016년에 아시아 태평양이 가장 큰 점유율을 차지하고 있으며 앞으로도 전 세계적으로 채굴장비 및 채굴 자동화기술을 구현하기 위한 가장 큰 시장이 될 것으로 예측

* 이는 Rio Tinto, FMG Group 및 BHP Billiton과 같은 선도적인 탐사 및 채굴 회사의 자동화된 채굴 장비의 수요에 기인



(출처 : Press Releases, Investor Relation Presentations, Annual Reports, Experts' Interviews, and Marketsandmarkets Analysis)

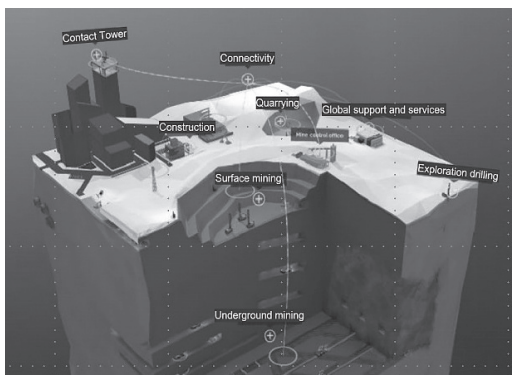
| 그림 21. 스마트 광산장비의 지역별 규모 |

★ 천공장비

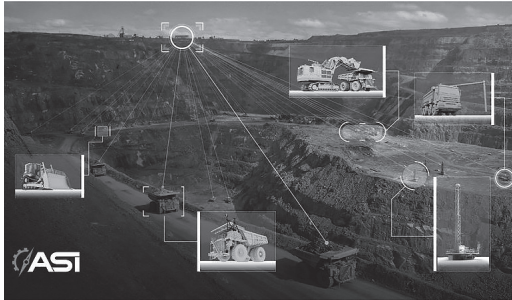
- 스마트 천공기의 경우에 유럽의 선진사(Epiroc, Sandvik)가 세계시장의 100%를 점유하고 있으며, 천공기의 스마트 기능 뿐 만 아니라 원격제어, 빅데이터, 플릿작업, 관제시스템 등을 포함하는 스마트 체계를 자체 개발하거나 M&A 또는 공동개발을 진행하고 있음

- Epiroc

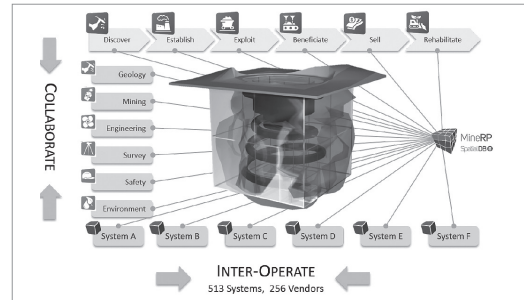
- * 2018년에 완전 자율 DTH 천공기(SmartROC D60 DTH)를 출시
- * 2018년에 ASI Mining, LLC(미)을 인수하여 차량의 자율운영을 위한 기술 솔루션을 강화
- * 2020년에 MineRP(칠레)를 인수하여 채굴 데이터와 머신 데이터 및 ERP 시스템을 통합하는 소프트웨어 플랫폼을 강화



| 그림 22. 관제시스템(Epiroc) |



| 그림 23. ASI Mining |



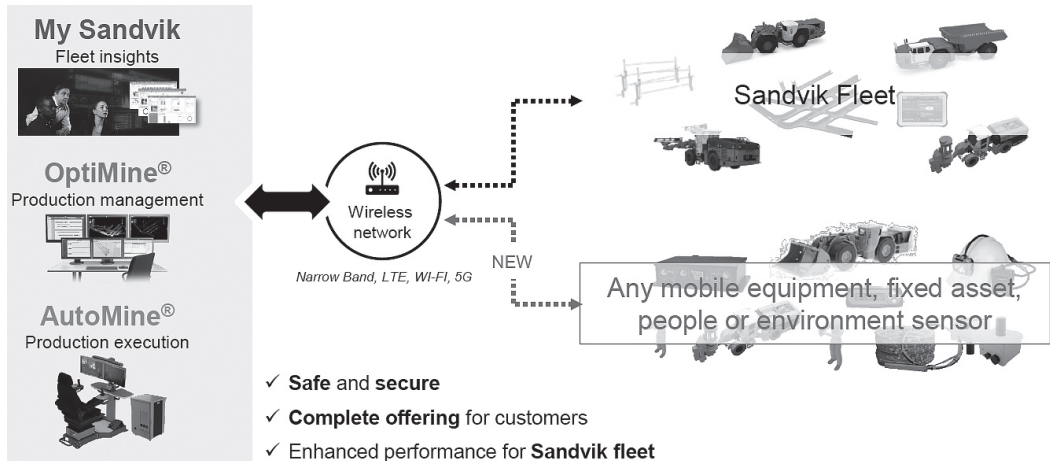
| 그림 24. MineRp의 SpatialDB |

- Sandvik

- * 2015년에 정밀 GPS와 카메라 등 센서를 채택한 완전 자율 회전식 천공솔루션(AutoMine Rotary Drilling)을 상용화하여 작업 목적지까지의 자율주행(Auto-Tramming) 및 자동화 된 작업 시스템을 구현
- * 2019 년에 Artisan Vehicle Systems(배터리 구동식 전기 채굴 차량의 선도기업, 미)를 인수하여 배터리 전기 로더를 개발하였고 Newtrax(IoT 장치 제조 및 지하 채굴 안전 솔루션 공급)을 인수하여 지하광산의 전방위 플랫폼을 개발
- * 2020년에 AutoMine® 시스템(AutoMine® Underground, 및 AutoMine® Surface Drilling)을 개발하여 자동화와 원격제어와 플릿작업을 수행
- * 2020년에 Exyn Technologies(미)과 파트너십을 체결하여 3D 광산 시각화, 위치 추적, 일정 관리, 작업 관리, 장비 모니터링 및 분석을 포함하는 자동화 및 원격 제어 솔루션을 제공
- * 2021년에 자율 Top Hammer XL(THD 방식)과 LEOPARD™ DI650i(DTH 방식)을 출시



| 그림 25. 지하 광산의 시각화(Sandvik) |

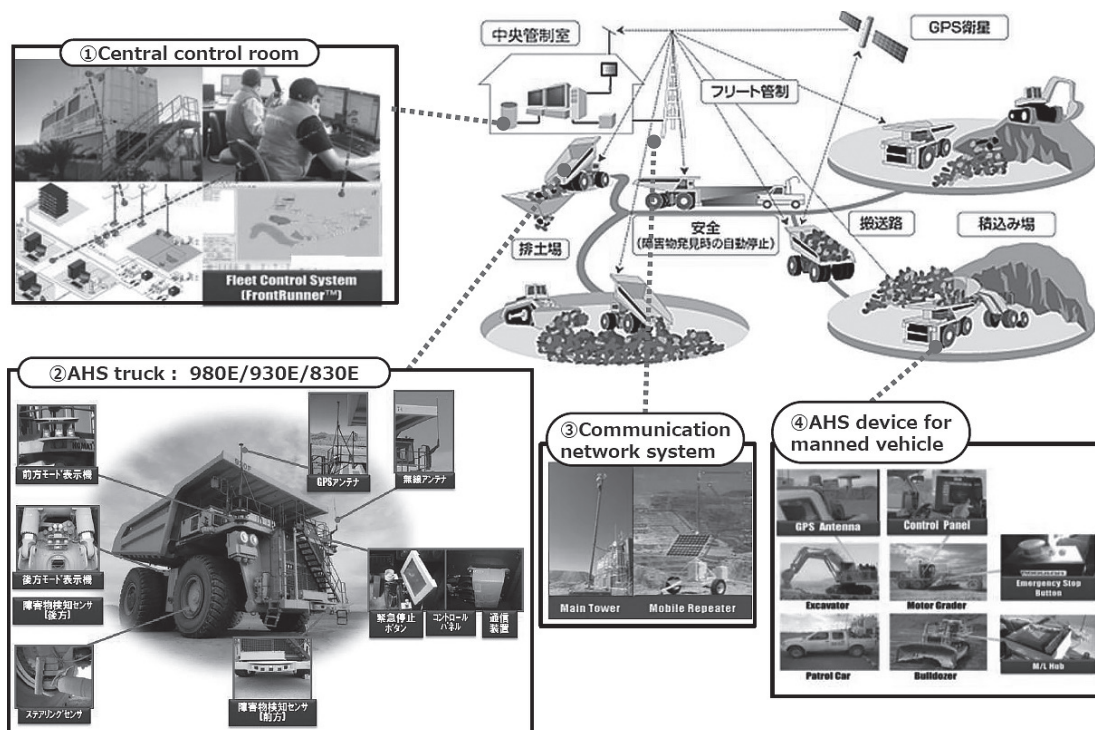


| 그림 26. 자동화 솔루션(Sandvik) |

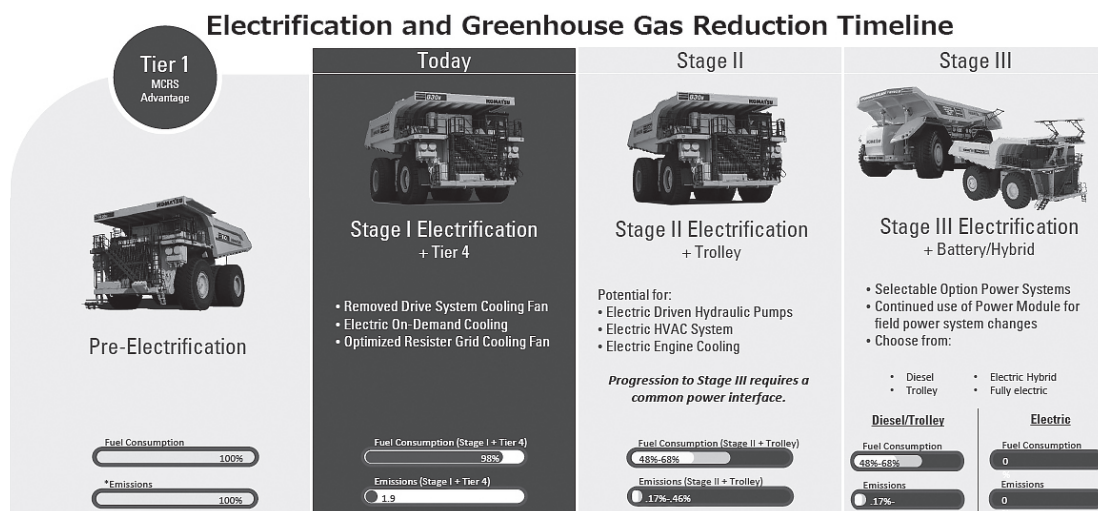
- 한국은 수산CSM과 수산중공업 그리고 에버다임에서 재래식 천공기를 생산 중에 있으며 최근에 스마트기술을 적용한 천공기를 개발 준비 중임

★ 운송 및 적재장비

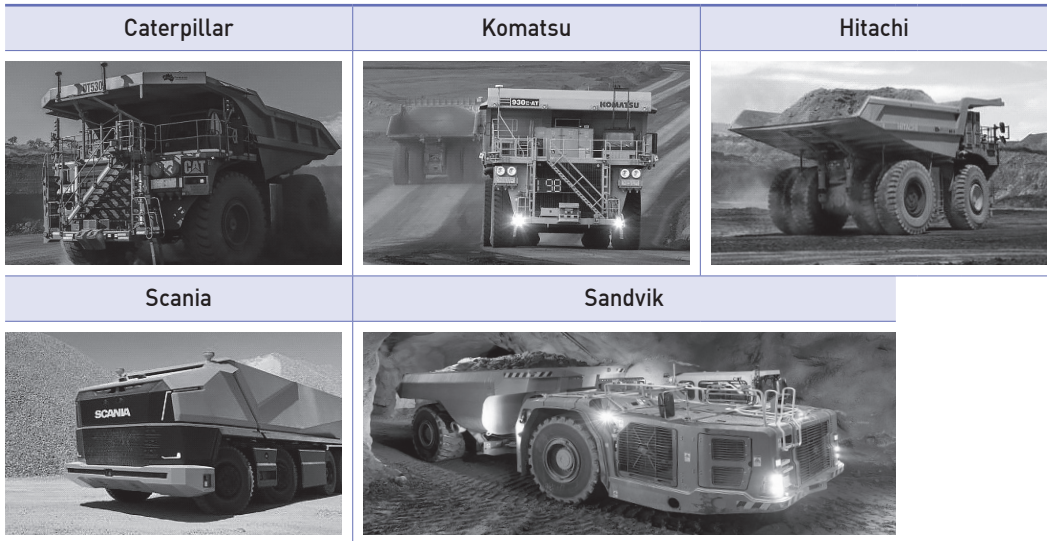
- 적재 및 운송장비 경우에는 Caterpillar, Komatsu, Hitachi, Volvo, Scania, Sandvik 등 세계 선진사들이 세계 시장의 100%를 점유
- 2020년 2월까지 전세계 총 459대의 자율 주행트럭이 운영 중이며 수동 주행트럭에 비하여 1% 미만이지만 2019~2020년 동안에 매년 32%씩 폭발적 성장 중
- Komatsu는 1990년에 32톤 자율운송 트럭(HD320)을 연구개발을 시작하여 2008년에 자율운송시스템(Autonomous Haulage Systems, AHS, 그림 27)을 세계 최초로 Gabriela Mistral 구리 광산(칠레)에서 상용화한 이래 현재 9개의 광산 현장에서 약 150대가 운영 중. 또한 온실가스와 배기가스를 저감하기 위하여 완전 전기공급과 결합된 기술을 적용하는 3단계 전략(그림 28)을 수립
- Caterpillar는 Cat® MineStar(광산 운영 및 장비 관리를 목적으로 Fleet, Terrain, Detect, Health, Command로 구성)를 도입하여 호주, 브라질, 캐나다 및 미국에 위치한 9개 이상의 사이트에서 350대 이상의 자율 주행트럭(Cat 789D, 793D, 793F, 797F)을 운영



| 그림 27. 자율운송 시스템의 체계도(Komatsu) |



| 그림 28. 배기가스와 온실가스 저감을 위한 전략(Komatsu) |



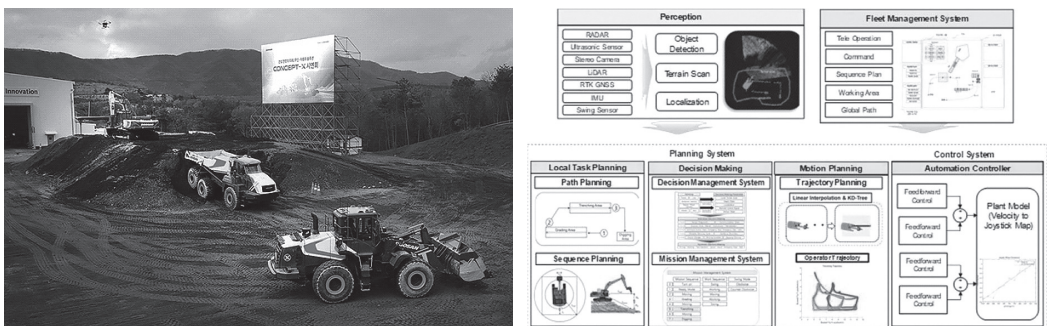
| 그림 29. 자율 주행트럭 |

- 한국의 두산인프라코어와 현대건설기게는 운전자보조 기술과 자율작업 기술을 적용한 굴착기와 로더를 개발 중에 있으며 스마트플랫폼과 통합하는 프로젝트를 진행 중

* 두산인프라코어는 2020년에 건설현장 무인자동화 솔루션인 컨셉트-엑스(Concept-X) 프로젝트를 발표한 후 Xite Cloud(토공 현장 종합 관리솔루션)와 DoosanCONNECT(원격관리시스템)과 X-center(관제 시스템)를 구축화 중

* 현대건설기게는 원격관리시스템인 하이메이트(Hi-Mate)를 운영 중에 있으며 미래형 건설플랫폼이라 불리는 '스마트 컨스트럭션'을 개발 중

* 두산인프라코어와 현대건설기게는 2019년에 '머신가이던스' 굴착기를 자체 개발해 상용화하였고 현재는 자율굴착기와 로더를 개발 중



| 그림 30. '컨셉트-엑스(Concept-X)'(두산인프라코어) |

★ 크러셔

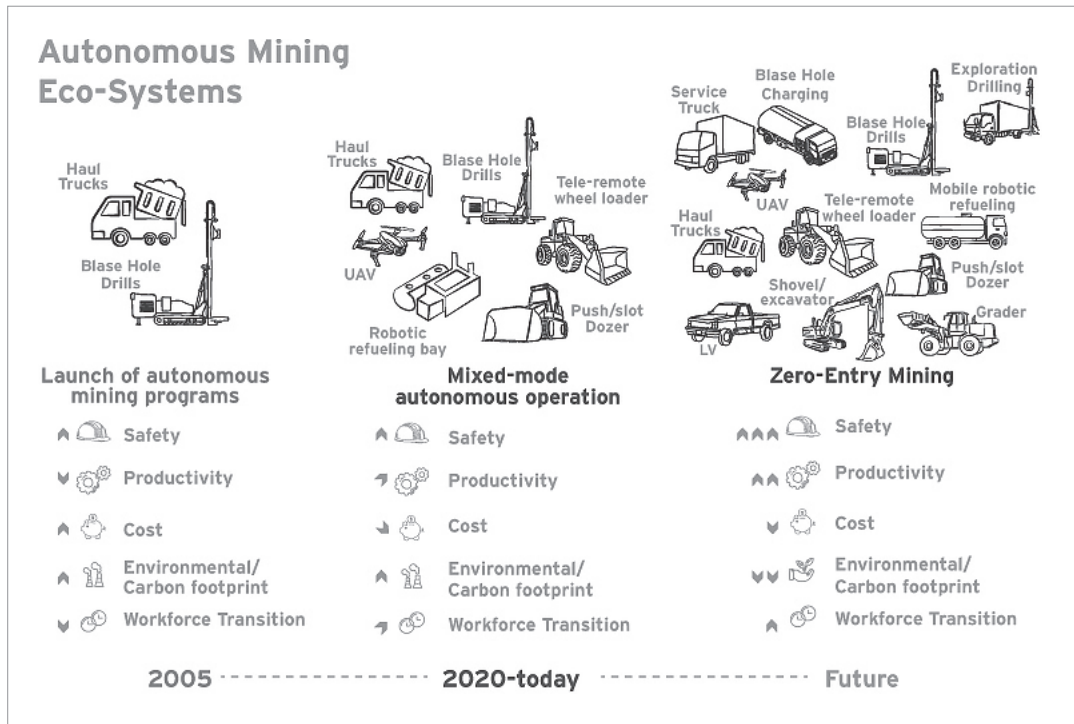
- 글로벌 시장에서 아시아 태평양 지역은 모바일 크러셔와 스크린의 시장 규모가 가장 높은 부분으로서 시장 점유율이 약 45% 정도로 추정되는데 이는 중국, 인도, 일본, 말레이시아, 호주 등이 가까운 미래에 인프라 개발에 대한 투자 증가 기대에 기인

★ 한국 광산장비 동향

- 국내 천공기는 매년 약 180대가 생산되고 있으며 생산 규모는 350억 원 가량으로 생산량의 약 70%가 해외 수출되고 있음
- ★ 국내 크러셔 시장은 약 1,100억 원으로 추정되며, 사용연한에 의한 소모품의 교체나 기타 부품시장 등의 After market을 포함한다면 약 2,000억 원의 시장규모로 예상됨
- ★ 공공투자의 증대를 통한 민간부문의 도모 등 경기 부양책으로 2021년 하반기부터는 서서히 회복될 것으로 전망하고 있으며, 국내 골재 수요는 도시재생, 생활 SOC투자 및 토목, 건설 등의 수주 증가로 연평균 1.26%로 증가할 것으로 전망

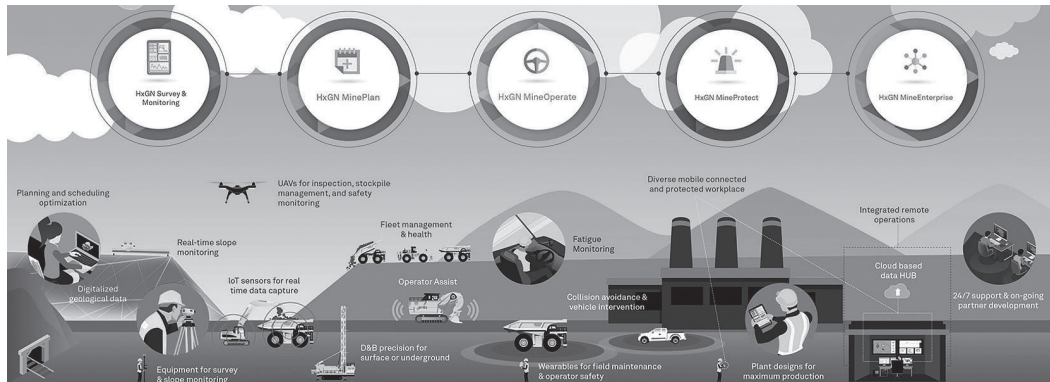
// 스마트 기술동향

- ★ 광산 회사는 광물의 수요는 증가하고 있는 반면에 접근 용이한 광산은 대부분 사라지고 있으며, 광석 매장량 감소, 인건비 및 에너지 비용 상승, 작업자의 안전과 환경 보호를 위한 규제(CO₂배출저감, 물 사용 최소화 등)강화로 인해 어려움에 직면
- ★ 이러한 어려움을 해결하기 위하여 미래의 광산은 자율화된 무인 광산현장(zero-entry mining)을 구축하여 작업인력을 위험한 지역에서 안전한 장소로 재배치하고, 직원 채용이 쉬운 도심 지역에서 원격으로 광산 생산을 관제, 자율 운영과 예측 유지 보수를 지원



| 그림 31. 무인 광산을 장비의 혁신 |

- ★ 2005년에 Codelco(칠레), Rio Tinto(호주) 및 BHP(호주)와 같은 선진 광산업계에서 채굴에서 운반에 이르는 통합 프로그램을 주도하면서 자율 건설 및 광산기계를 요구하기 시작함
- ★ 현재까지의 기술단계는 자율 채광 프로그램의 도입기(그림 31)의 Launch of autonomous mining programs)에 해당하며 채굴 프로세스의 단계별 공정에서 기존 장비에 스마트 기능을 부여하는 단계
- ★ 현재 진행 중인 기술단계는 자율 채광 프로그램의 중간기(그림 31)의 Mixed-mode autonomous operation)에 해당하며 자율 장비에 원격제어와 플릿 관제시스템과 연결기술 등을 도입하여 단계별 공정의 장비와 작업자를 서로 유연하게 조정 및 결합하는 '플러그 앤 플레이(plug and play)' 단계
- ★ 최종 기술단계는 작업영역 내에서 완전 무인 자율화하는 단계로서 극복해야 할 기술적 과제가 다수
 - 미래의 스마트 광산(그림 32)은 모든 공정(천공→발파→적재→운송→파쇄)을 자율화하고 통합 관리 운영하는 체계로 진화



| 그림 32. 미래의 스마트 광산(HEXAGON) |

★ 자율 채광 프로그램의 도입기 사례: Rio Tinto 사의 채광 프로세스 운영 사례(그림 23)

- 2008년에 'Mine of the Future'를 선언하고 West Angeles에서 처음으로 ADS(Automatic Drilling System) 타당성 테스트를 성공적으로 수행
- 운영 장비: Automatic drilling system(ADS)이 장착된 20대 천공기, Autonomous Haulage System(AHS)가 장착된 100대 자율 주행 덤프(Komatsu 930E 덤프트럭 포함)
- 운영 특징: 원격 작업자는 단일 콘솔을 사용하여 4개의 자율 천공기를 동시 제어하여 무인 완전 자동화된 홀 패턴 드릴링을 달성



| 그림 33. 자율 채광 현장(Rio Tinto) |

★ 자율 채광 프로그램의 도입기 사례: BHP사의 채광 프로세스 운영 사례(그림 34)

- 운영 장비: Epiroc사의 Pit Viper 271 수직천공기
- 운영 특징: 12 시간 교대로 11.5 시간 동안 총 15,000시간, 백만 미터 이상 자율 천공작업 수행. 드릴 최적화가 20% 개선되어 굴착, 적재 및 운반이 개선되고 장비 가동 시간이 증가
- 향후 계획: 20대 규모의 천공기를 초기에는 Pilbara에 있는 5개의 철광석 광산에서 나누어 원격 제어하고 장기적으로는 Perth 기지에서 통합 원격 제어 운영



| 그림 34. 통합관제시스템(BHP Billiton) |

★ 스마트 공통 핵심기술

- 스마트 핵심기술은 스마트 장비 기술과 스마트 플랫폼 기술로 구분됨
- 스마트 장비는 외부 주행 및 작업환경을 인식하고 이를 판단하여 주행 및 작업 전략을 수립하며, 장비를 제어하는 프로세스로 작동
- 스마트 플랫폼 기술은 스마트 장비들을 원격제어하고 플릿 관리 및 관제를 포함하는 디지털서비스가 있음
- 스마트 장비에 필요한 핵심기술은 자율 주행 자동차 관련 핵심기술과 유사하며 다음과 같음
 - * 레이더(라이더) 기반 정보융합형 주행 및 작업 상황인지 기술
 - * 영상 센서 기반 정보융합형 주행 및 작업 상황인지 기술
 - * 확장성, 범용성, 보안성을 확보한 V2X(V2V&V2I) 통신 기술
 - * 보급형 고정밀 복합 측위 기술
 - * 운전자 수용성을 고려한 자율주행 및 작업 HVI(Human Vehicle Interface) 기술
 - * 안전한 자율주행을 위한 운전자 모니터링 기술
 - * 차세대 IVN 플랫폼 및 통합 제어기 기술

★ 천공장비의 기술동향

- 유럽 선진사는 1990년에 스마트 천공기술을 개발하기 시작하였음
 - * 2000년에 AtlasCorp(Epiroc의 과거명칭)가 1세대 RCS를 개발
 - * 2000~2001년에 점보드릴용 2세대 RCS 플랫폼은 출시
 - * 2002~2006년에는 다양한 기종(천공기, 로더, 탐사 리그 및 Robbins Raisebore)에 3세대 RCS 기반 장비가 출시
 - * 2007~2010년에 4세대 데이터 기반 RCS 플랫폼을 개발하여 Pit Viper 271와 같은 로터리 발파 천공장비에 상용화
 - * 현재는 5세대 RCS 플랫폼을 Epiroc의 일부 기종(SmartROC D65, PV-231 blasthole drill 등)에 적용하였음
- 현재 유럽 선진사의 스마트 기술을 보면 광산사무실 또는 천공기 운전실에서 천공계획을 프로그래밍한 후에 USB 또는 WLAN(무선 근거리 통신망)을 통해 프로그램 데이터를 천공기에 제공하여 자율천공을 수행
- 한국의 수산CSM, 수산중공업, 에버다임은 2010년에 이르러 운전자보조(Machine Guidance) 단계의 HNS와 RCS를 개발하였으나 나머지 스마트 천공기술은 전무함(표 1)

표 1. 스마트 천공기술 국내외 비교

MG(Machine Guidance), MC(Machine Control), ○:개발 완료, △:개발 중

	스마트 기능						원격제어	관제시스템
	HNS	RCS	ARHS	AFF	APF	MWD		
유럽	MG, MC	MG, MC	MG, MC	MG, MC	MG	MG, MC	○	○
한국	MG	MG	△	△	△	△	△	△

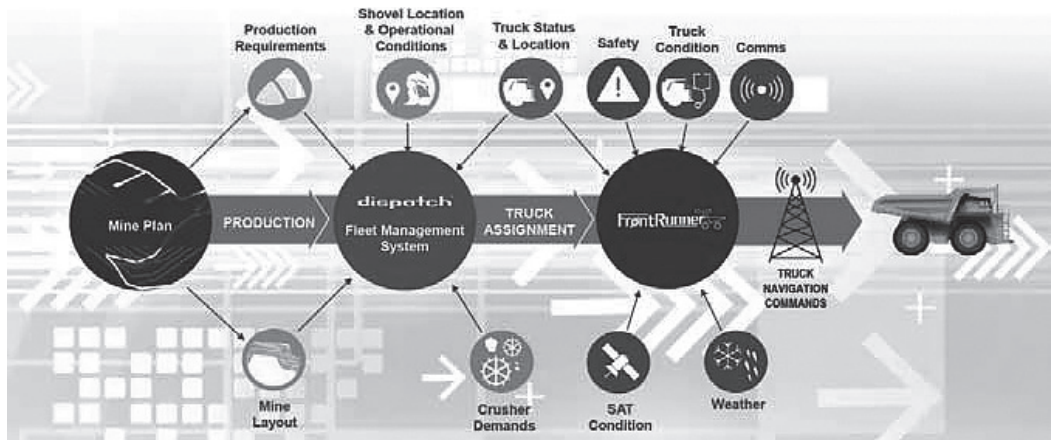
★ 적재 및 운송장비의 기술동향

- 최근에 광산현장은 생산성 증대와 비용절감과 안전 강화 그리고 환경 부담을 개선하기 위하여 자율운송 시스템을 도입하였으며 현재는 친환경·자율화·전기식·무인화·원격제어 기술로 진화하고 있음
- 자율운송 시스템은 자율운송 트럭과 관제시스템과 플릿 관리시스템 등을 통합한 관리운영 시스템임
 - * Caterpillar AHS는 Cat MineStar 솔루션(Fleet, Terrain, Detect, Health, Command)을 도입하여 실시간 정보를 통해 자재 추적, 충돌방지, 장비 상태 모니터링 및 자율 장비 시스템 관리를 수행
 - * Komatsu AHS는 Dispatch(플릿 관리시스템)과 FrontRunner(중앙 제어시스템)과 연계하여 무선 통신 네트워크를 기반으로 자율 운송 트럭과 적재 장비와 유인 차량을 통합관리 운영하고 있음. 특히 2019년에 세계 최초로 LTE 모바일 광대역 통신에서 무인화 운송기술을 구현(그림 35)
 - * Sandvik의 AutoMine Fleet Underground(Remote, Fleet, Access API, Lite, Multi-Lite)을 도입하여 로더 및 트럭의 자율 작업, 자율주행, 원격제어, 자동 임무 및 교통 제어 기능을 갖춘 다중 기계 제어 및 전체 차량 자동화를 구현하였고 OPTIMINE을 도입하여 지하 암석 채굴 생산 및 공정을 분석하고 최적화하기 위한 가장 포괄적인 솔루션 기술 개발

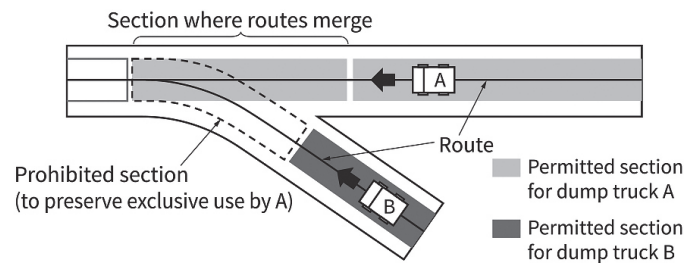
* 두산인프라코어와 현대건설기계는 5G 굴착기 원격제어 기술을 세계 최초로 공개하였음. 특히 두산인프라코어는 2018년 12월에 바우마 차이나 2018에서 880km, 2019년 4월에 바우마(BAUMA) 2019에서 8,500km 원격거리에서 제어를 구현

- 최근에는 인건비를 절감할 뿐만 아니라 작동 시간 연장(작업 휴식 및 교대 전환에 소요되는 시간 제거), 연료 소비 감소 및 장비 수명 연장과 사람의 실수를 줄인 안전성을 향상시키기 위하여 무인 적재 및 자율운송 기술이 개발되고 있음
- 지하광산에서 온실가스 저감과 작업자의 배기가스 노출을 배제하기 위하여 무인 전기 기술이 개발되고 있음

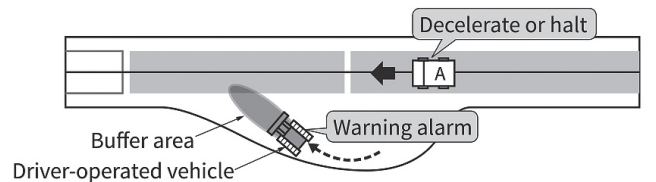
* Epiroc은 대형 탑재 하중 트럭에서 배터리와 트롤리를 결합하여 완전 전기 작동기술을 개발



| 그림 35. 자율운송 시스템(Komatsu) |



(1) Permission control for two dump trucks

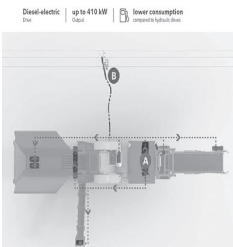


(2) Permission control for dump truck and driver-operated vehicle

| 그림 36. 무인화를 위한 허가제어기술(Hitachi) |

★ 분쇄장비의 기술동향

- 해외 선진사는 대용량 모바일 크러셔 제작기술과 골재생산 공정을 지원하는 파쇄 및 선별장비의 제작/설계 기술을 보유하고 있으며 골재 생산/선별 공정 자동화를 위한 제어기술과 암석파쇄 상태 모니터링 기술을 통한 건설현장의 골재 생산에 대한 통합공정 솔루션 제공을 위한 기술 개발 진행 중
 - * 현재 크러싱 플랜트 시장의 규모는 약 4:1의 비율로 전통 방식인 정치식 플랜트가 우위지만 운영의 효율성이 강조 되면서 점차 스마트화 지능화가 접목된 모바일 크러싱 플랜트의 공급이 늘어나는 추세
 - * 미국과 유럽의 선진 제조사를 중심으로 ICT, AI, 텔레메틱스, Dual power(전동/엔진 구동방식) 또는 Hybrid 등의 최신 기술이 접목된 중대형 모바일 크러싱 플랜트 개발이 증가
 - * 세계 크러셔 시장을 주도하고 있는 유럽, 미국의 선진사들은 폭 넓은 시장 확보를 위해 소/중/대형급의 크러싱 플랜트 Line up을 갖추고 있고, 자동차나 항공 산업에서 적용하고 있는 ICT, AI, Hybrid 등 최신 기술을 도입
- 국내 기업은 크러셔 장비에 필요한 기계적 분쇄기술을 확보하였지만 스마트기술은 전무(표 2)
 - * 삼영플랜트㈜에서 부하감지가 가능한 220톤급 모바일 조, 콘 크러셔는 2018년도에 개발완료 하였지만, 지능형 제어 및 스마트 기술을 적용하지 못함
 - * 현재 국내에서는 400ton/hr 이상 골재생산이 가능하며, 암석 파쇄, 선별, 골재 생산 등 전(全)공정 자동화 모바일 크러셔 시스템 개발이 진행 중임

Metso社(핀란드)	Kleemann社(독일)	Terex社(미국)	Sandvik社(스웨덴)
			

| 그림 37. 해외 선진사 분쇄장비 현황 |

| 표 2. 스마트 크러셔 기술의 국내외 비교 |

○:개발 완료, △:개발 중

	스마트 기능				
	V2V (차량연계 제어)	생산 공정 자동화	선별 공정 자동화	차량 상태/부하 감지 기술	골재 정보/품질 모니터링 기술
유럽	○	○	○	○	○
한국	○(조-콘 크러셔)	△	△	○	△

3. 시사점 및 정책제안

광산시장에서 스마트 기술 단계

- ★ 세계 광산시장은 생산성 증대와 비용절감과 안전 강화 그리고 환경 부담을 개선하기 위하여 자율화된 무인 친환경 광산현장(zero-entry mining)을 구축 중임
- ★ 현재의 스마트 기술 단계를 보면 해외 선진사는 '자율 채광 프로그램의 중간기'에 진입하였으나 국내 기업은 '자율 채광 프로그램의 도입기'의 진입 또는 진행 단계에 있음
 - 선진 장비 제조회사는 광산시장의 니즈에 대응하기 위하여 친환경기술(Tier 5 디젤엔진, 전기·배터리)과 스마트기술(자율화·무인화 기술)과 스마트플랫폼 기술(원격제어시스템, 관제시스템, 플릿 관리시스템)을 융복합하고 디지털 서비스를 구현
 - 국내 대기업(두산인프라코어, 현대건설기계)은 선진 장비 제조회사와 유사한 스마트 체계를 구축 중에 있으나 중소·중견기업(수산중공업, 수산CSM, 에버다임, 삼양플랜트 등)은 아직 스마트 체계 계획 중

광산과 융합한 기술개발 추진

- ★ 선진 제조기업과 한국의 대기업은 스마트 장비를 선도적인 탐사 및 채굴 회사와 스마트 장비 또는 체계를 실증하면서 기술 고도화를 달성하고 있음
 - 선진사의 적재 및 운송장비(굴착기, 로더 등)는 1990년대부터 스마트 기술을 개발하기 시작하여 2008년에는 광산 회사에 투입하여 실증개시
 - 한국의 적재 및 운송장비는 2010년에 스마트 기술을 개발하여 2018년에 실증을 개시
- ★ 향후 한국의 기업은 선진 제조기업과 경쟁하기 위해서는 친환경 동력원 기술(Tier 5 디젤, 수소 등), 스마트기술, 스마트 플랫폼 기술을 적용한 장비개발을 강화하고 탐사 및 채굴회사와 실증 협력 프로그램 개발 필요

/// 스마트 기술 개발 지원

★ 친환경 동력원(전기·배터리, 수소) 기반 스마트 광산장비의 개발과 실증

- 광산은 다양한 장비가 집적화되어 운영되므로 단기간에 효율적으로 친환경 동력원의 운영방안을 수립하고 실증이 가능

★ 한국의 중소·중견기업은 기술경쟁력을 강화하기 위하여 기보유 기술을 바탕으로 기종을 다변화하고 스마트 플랫폼 기술을 보유한 산학연과 협력하여 광산용 스마트 플랫폼 개발을 추진

- 스마트 점보드릴(친환경 디젤엔진 기반, 전기·배터리식 기반)은 지하광산에서 사용되는 수평천공기로서 기존 생산 중인 수직천공기와 기능과 기술이 유사하므로 국산화 개발이 용이
- 국내 대기업이 스마트 운송 및 적재 장비를 개발하는 과정에서 스마트 플랫폼의 기초기술 역량이 확보되었으며, 스마트 플랫폼 등 확보된 기술을 천공장비 또는 분쇄장비로 확산하는 연구개발이 필요

/// Big data를 활용한 디지털 서비스 기술 개발

★ 선진 장비 제조회사는 스마트 기술 상용화 과정에서 확보된 Big Data를 기반으로 다양한 디지털 서비스를 제공

★ 한국의 장비 제조회사 역시 Big Data를 활용한 디지털 서비스의 개발전략과 연구개발이 필요

[참고문헌]

1. “Design of a Predictive Model of Rock Breakage by Blasting Using Artificial Neural Networks”, Jimmy Aurelio Rosales-Huamani, 12, 1405, Symmetry 2020
2. “Dilution, ore grade and blast movement calculation model”, F. Leite, 2014, Elsevier
3. “The hole story: the benefits of drill and blast”, Jon Lasson(2016), ENGINEERLIVE
4. “Digitalization of mine operations: Scenarios to benefit in real-time truck dispatching”, Patarawan Chaowasakoo, 2017, International Journal of Mining Science and Technology
5. “Optimization of the fleet per shovel productivity in surface mining: Case study of Chilanga Cement, Lusaka Zambia”, Marsheal Fisonga, 2017, CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING
6. “Mining Equipment Market Analysis by Type (Mineral Processing Equipment; Surface Mining Equipment; Underground Mining Equipment; Mining Drills & Breakers; Crushing, Pulverizing, & Screening Equipment; and Others) and Application (Metal Mining, Mineral Mining, and Coal Mining): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020–2027”, Priyanka Khandelwal, 2020, Engineering, Equipment and Machinery
7. “Mining Automation Market by Technique, Type (Equipment, Software, Communications System), Equipment (Autonomous Hauling/Mining Trucks, Autonomous Drilling Rigs, Underground LHD Loaders, Tunneling Equipment) and Region - Global Forecast to 2023”, 2017.10., MARKETSANDMARKETS
8. “Innovation in the Mining Industry: Technological Trends and a Case Study of the Challenges of Disruptive Innovation”, Felipe Sánchez, 2020, Mining, Metallurgy & Exploration
9. “Autonomous haulage systems for mining industry: Leading manufacturers”, Newsletter, 2021, Mining Technology
10. “The pursuit of safety and productivity at mine sites”, Masayuki Moriyama, 2020, Komatsu IR-Day 2020
11. “무인 굴착기 자율 제어 시스템 개발”, 박민철, 2020, 한국자동차공학회 춘계학술대회
12. “Mobile Crushers and Screeners Market (2015–2023)”, 2015, Transparency Market Research
13. “지능형 자율주행차 산업 동향 및 전망”, 2020, 경북 산업정책 동향보고서
14. “Autonomous Haulage System for Mining Rationalization”, Tomoyuki Hamada, 2018, Autonomous Driving Technology for Connected Cars

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
애버다임	굴착용 천공 드릴 모듈	13톤급 굴착용 천공드릴 모듈 (천공리그모듈, DRM 통합제어시스템, 핵심부품, 차소음 차폐 모듈) 개발	2010.06 - 2013.05
수산중공업	친환경 지능형 203mm급 DTH 천공 시스템 개발	Tier-4 Final 엔진 기반의 203mm급 DTH 천공기	2014.06 - 2016.05
삼영플랜트	부하감응 제어 및 유압식텐션 적용 220ton/hr 이상급 모바일 크러셔 개발	부하감응 제어기술이 적용된 220톤급 골재생산이 가능한 모바일 조 및 콘 크러셔 개발	2014.06 - 2018.05
(주)영신디엔씨	20% 공사비 절감이 가능한 AI기반 Smart Construction 기술 개발	토공작업 지능화를 통해 총 시공비용을 20% 이상 낮출 수 있는 IoT&AI 기반 건설기계 Smart Construction 기술 개발	2016.04 - 2020.12
경우시스템즈	토공작업 자동화를 위한 자동화 굴착기-트럭 운영 시스템 기술 개발	장비가 실제 토공작업을 단독 및 협업 수행하도록 통신으로 연결하여 관리하는 장비 운영솔루션 기술 개발	2020.04 - 2023.12
건설기계부품연구원	토공작업 자동화를 위한 자동화 굴착기-트럭 운영 시스템 기술 개발	토공 작업 자동화를 통한 협업 작업 자동화와 디지털화를 통한 토공 작업 생산성 20% 향상 기술 개발	2020.04 - 2023.12

휴먼팩터 지능화의 디자인 기술동향과 산업전망

| 저자 | 이태림 디자인PD / KEIT
 백승현 선임연구원 / 한국디자인진흥원

SUMMARY

/// 디지털 전환시대 대응을 위한 미래 신산업 등장

- ★ 휴먼팩터 지능화를 위한 국가적 차원의 신산업 R&D연구가 필요하며, 안전 보안, CMF(칼라 소재 마감), 감염, 모빌리티, 보험, 로봇, 복지 등의 연구테마로 디자인기술 융합을 통해 인간에게 필요한 제품 서비스 및 시스템의 신시장 창출이 기대됨
- ★ 인간공학 분야의 지능화를 통해 작업자의 안전, 효율성, 체계성, 유연성 측면으로의 발전이 기대되고, 디지털 제조 생산 분야의 활용으로 사용자 경험디자인, UI/UX, VR, HCI(Human- Computer Interaction)분야에 인간중심의 시스템 디자인 연구 체계가 뒷받침되어야 할 것임
- ★ 이에 본고는 휴먼팩터 지능화의 정의 및 기술 동향을 분석하고 디지털 뉴딜, 코로나19로 변화하는 환경에 보다 쉽고 정확하게 접근할 수 있는 디자인 산업의 지능화 기술 전망을 제시하고자 함

/// 시사점 및 정책제안

- ★ 휴먼팩터 지능화 기술동향은 인공지능의 경쟁력 강화 및 미래가치와 응용기술 확보를 위한 지원계획을 수립하여 숙련자 기술의 지능화로 다양한 산업의 비숙련자 또는 시스템에 전수함으로써 작업효율 향상, 고령화에 대응하는 고부가가치 산업으로의 경쟁력 확보를 위한 중장기적 R&D 연구가 필요
- ★ 특히, 비대면 사회가 되면서 관련 디자인 기술의 경쟁력 확보가 절실, 이는 인간중심의 디자인, 인간공학, HCI(인간과 기계 인터랙션), UX/UI분야의 지능화가 필요한 시점
- ★ 따라서, 인간 삶의 질 향상을 위한 인간중심 기술개발로서 휴먼팩터 지능화는 디지털 뉴딜 실현을 위한 초석이 되어 우리 사회의 다양한 분야로의 활용 및 확산이 가능할 것으로 예상

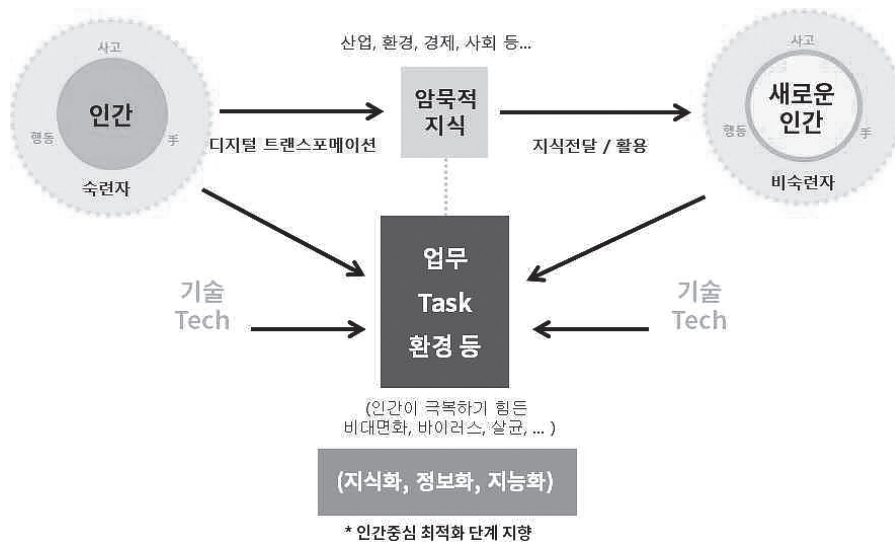
1. 휴먼팩터 지능화 기술의 정의

휴먼팩터 지능화 기술의 정의

★ 휴먼팩터 지능화의 정의

- 핵심기술을 보유한 고기능 숙련자의 지식 기술 노하우를 디지털 데이터화로 객관화, 정보화, 지능화하여 인간의 신체적, 인지적, 환경적, 지식 지능화를 통합적으로 연결하여 보다 안전하고 효율적인 체계를 구축하는 것으로, 데이터화 된 숙련자의 노하우를 비숙련자에게 교육하여 제조 산업에 혁신을 가져오하고자 함

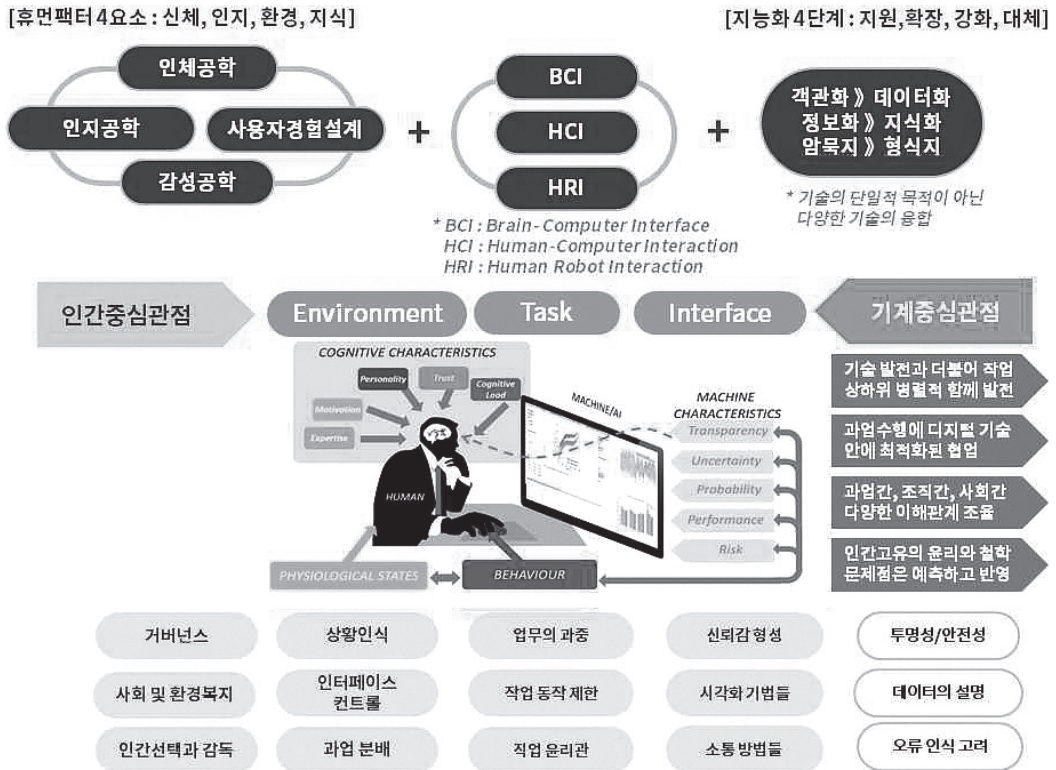
* 체계는 지식 DB화, SW콘텐츠화, 플랫폼화, 지역 클러스터화, 미래창출 5가지 지원 체계로 구성



(출처 : 디지털 뉴딜 추진을 위한 휴먼팩터 중심 지능화 이니셔티브 연구 조사 분석, 2020)

| 그림 1. 휴먼팩터 지능화 개념도 |

- **(발전양상)** 인간의 한계(신체적·환경적·인지적·지식)를 기술로 극복하여, 각 산업 시스템이 달성하고자 하는 목적에 안전하고 효율적으로 달성할 뿐 아니라, 인간과 기술의 끊임없는 커뮤니케이션을 통해 지원, 확장, 강화, 대체의 모습으로 휴먼증강 사회를 실현
- **(미래가치)** 인간중심의 인간공학과 인체공학적 관점, HCI(인간과 기계 인터랙션)의 공학적 관점을 융합하는 새로운 사고의 틀로 기존의 물리적 작업환경을 4단계에 맞춰 점진적으로 개선하여 미래사회 변화에 인간중심의 가치 창출 기회
- **(산업적용)** 지원, 확장, 강화, 대체의 4단계로 기술발전에 따른 원천기술 개발, 산업공간 재편, 재구성으로 최적화 단계가 되면 디지털 트랜스포메이션 적용이 가능하고 이는 향후 지식의 플랫폼, 클러스터화가 실현될 것으로 예상됨



(출처 : 디지털 뉴딜 추진을 위한 휴먼팩터 중심 지능화 이니셔티브 연구 조사 분석, 2020)

| 그림 2. 휴먼팩터 지능화 범위 |

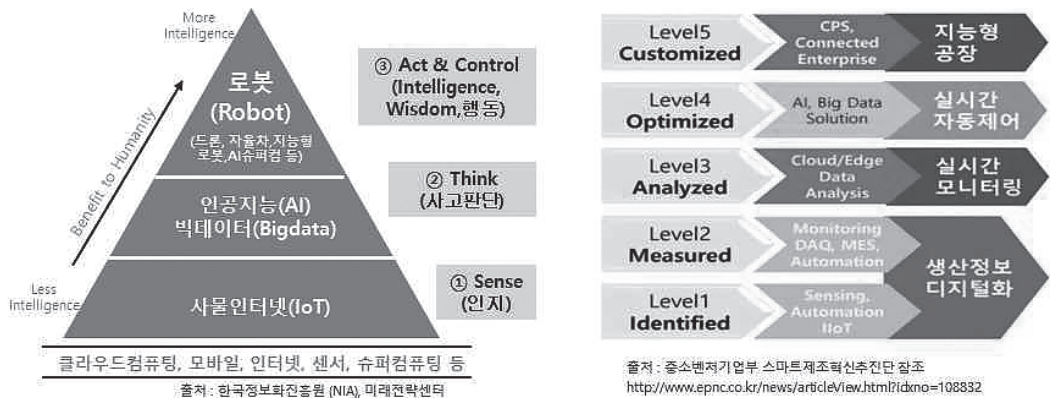
★ 휴먼팩터의 개념과 지능화의 개념

- 휴먼팩터(Human Factors)는 미국식, 인지적 인간공학을 대표하는데 쓰이는 경우가 많으며, 에르고노믹스(Ergonomics)는 영국식 표현으로 신체적 인간공학을 대표하여 사용한다. 인간공학은 인간과 상호작용하는 시스템으로 인간의 신체적, 인지적, 감성적, 사회적 특성에 대한 과학적 지식을 적용하여 인간의 특성, 능력 및 한계를 요구에 적합하도록 설계하는 학문임

* Sanders, M.S., & McCormick, E.J., Human Factors in Engineering & Design.,1993

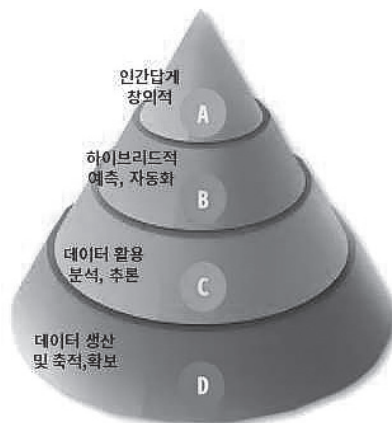
- 인간의 신체, 인지, 환경이 휴먼팩터를 구성하는 요인, 이는 인간과 그 모든 활동의 관계를 최적화하기 위한 기술로 인간과 기계 등으로 구성된 시스템의 안전 및 효율을 달성하기 위해 고려해야 하는 인적 요인을 포함, 혹자는 신체, 인지, 환경, 지식으로 구분하여 휴먼팩터의 요소를 구분함
- 지능화란 세상 만물이 지적 능력을 갖게 되는 현상을 의미한다. 기계가 의사 결정을 할 수 있다는 점이 가장 큰 특징임
- (인공지능) 컴퓨터가 스스로 생각하고 지적 능력을 갖는 것임

- **(지능사회)** 자동차가 가전기기, 빌딩 등 각종 기계와 융합 세상 만물에 생각하는 능력으로 지능화 분류 구분을 [그림 3]과 같이 분류하고 있다. 정보사회에서 분류하는 3단계(인지, 판단, 행동)로 구분함
- **(스마트제조)** 스마트제조혁신추진단에서 5단계(생산정보 디지털화, 실시간 모니터링, 실시간 자동제어 등 최종 스마트 공장으로 구분하여 정의함
- 정보화와 지능화의 관계는 동일한 성격으로 정보화의 고도화 단계로 보는 연속적인 입장(Schwab, 2016)
- 인간의 개입이 최소화된 이미지 데이터화를 통해 실시간으로 분석하여 알고리즘을 통해 스스로 학습하고 예측을 통하여 오류를 수정하고 최적화를 실현해 가치를 증대시킴



(출처 : 디지털 뉴딜 추진을 위한 휴먼팩터 중심 지능화 이니셔티브 연구 조사 분석, 2020)

그림 3. 지능화 분류 구분



(출처 : 디지털 뉴딜 추진을 위한 휴먼팩터 중심 지능화 이니셔티브 연구 조사 분석, 2020)

그림 4. 휴먼팩터 지능화 단계

★ 휴먼팩터 지능화의 지능화 단계

① 지원(支援, Support) : 현재 기술과 사회 부문에 취약한 부분의 사용함에 있어 안전하고 편리하며 효율을 높이기 위한 사용성 중심의 데이터 생산 및 확보 단계

② 확장(擴張, Extend) : 인간에게 기술(기계 로봇, 인공지능, 가상현실 등)을 활용하여 *인간능력의 물리적 기능을 넓히고 사용자 패턴을 이해하여 방대한 데이터를 가장 효율적으로 분석하여 추론하는 단계

* Human Augmentation : 지각능력, 인지능력, 신체능력, 존재감, 신체시스템 등(소니컴퓨터사이언스연구소)

③ 강화(強化, Reinforce) : 인간의 지각하고, 생각하고 행동하는 일체 행위를 기술을 통해 보조 및 강화 할 수 있게 되어 한계를 극복하고 하이브리드적* 사고로 데이터 분석으로 예측 및 성능을 향상 할 수 있어 자동화가 이뤄지는 단계

* 유발 하라리는 컴퓨터와 스마트폰 같은 기술이 사람과 결합한 사이보그 전망

* 사람과 사물 간의 무한한 연결을 가능케 하는 인간의 기계화, 기계의 인간화로 인간-기계의 합성으로 2030년 안에 사람의 두뇌가 클라우드를 기반으로 한 기계적 의식과 결합한 사고하는 방식(미래학자, 레이 커즈와일 Ray Kurzweil)

④ 대체(代替, Replacement) : 특정한 영역이나 과업에서 인간을 완전히 대체하는 단계로 인간의 능력뿐 아니라 의사 결정 단계로 능력을 올바르게(인간답게, 도덕적 등) 사용할 수 있는 의식 구조가 구현되어 예측과 창의적 지능화가 생성되는 단계

* Global Trends 2030 : Alternative Worlds, 지속적인 향상 기술의 발달로 슈퍼휴먼(Super-Human) 등장

* AI100 연구단, 2030년 인공지능이 인간 노동을 확장하거나 대체하여 휴먼증강 사회 구현

★ 휴먼팩터 지능화 주요기술

- 휴먼팩터 지능화를 휴먼팩터(신체적, 인지적, 환경적, 지식적)와 지능화(지원, 확장, 강화, 대체)의 상관관계를 통해 아래 표와 같이 16개 단계별 내용을 구분하여 제시함

* 유형구분의 경우 관련된 기술들이 병렬적으로 성장하지 않기에 사례별로 다를 수 있음

| 표 1. 휴먼팩터 지능화 주요기술 분류 |

단계		유형구분(예시)	적용 가능한 디자인(예시)
인지적 지능화	지원	시각, 인식, 경험설계, 데이터 정보 처리, 상황모니터링, 센싱, 작업환경, 설비운영 등	유니버설디자인, 포용적디자인, UX/UI디자인, 어포던스디자인
	확장	과업분배, 자율동작조작, 정밀 스마트, 움직임 인식, 에너지 활용, 가상현실융합 등	VR/AR, 로봇, 인터랙션 디자인, 서비스디자인
	강화	상호작용, 상황모니터링, 조작기술, 소통방법, 설계방법, 자율동작전환, 비접촉 조작, 신경제어 등	GUI, 로봇, UX/UI디자인 제너레이티브디자인 뇌-컴퓨터 인터페이스
	대체	구분 없음	-
신체적 지능화	지원	신체정보 인식, 환경정보 등	유니버설디자인 서비스디자인
	확장	신체삽입, 인공장기, 제어, 상호작용, 시각기능 등	로봇, 바이오헬스, 인공지능, 빅데이터
	강화	생물학적 기능융합, 빅데이터 예측 분석, 신체적 조작, 생성, 나노테크놀로지, 바이오닉스 등	로봇, 인공지능, 홀IoT, 빅데이터, 바이오헬스
	대체	자율주행, 인체감각, 소재/재료	모빌리티디자인 신소재화학
지식 지능화	지원	인식, 반도체, 소재, 융합바이오세라믹, 사용자 맞춤형 인포테인먼트 시스템 등	사용자경험디자인 UX/UI디자인, 소재/재료
	확장	제조기술, 생산 설비, 차세대반도체 패키징, 차세대에너지 저장, 실감형 확장현실 등	디지털디자인, 모델링 서비스디자인, 스마트팩토리, 실감형콘텐츠
	강화	제조기술, 시뮬레이션, 인공지능반도체 SW활용기술, 소재, 친환경바이오플라스틱 등	인공지능, 지능형반도체 신소재화학, 지속가능한
	대체	에너지, 디스플레이, 소재 등	신소재화학, 드론, IoT가전, 차세대디스플레이
환경적 지능화	지원	저탄소·친환경, 신재생에너지, 기후변화, 공기순환시스템 등	CMF디자인, 지능형반도체 신소재화학, 자율주행차
	확장	기후변화, 환경오염 감시 체계, 모니터링, 예측 시스템 등	드론, 인공지능, 클라우드 지속가능한디자인
	강화	에너지효율, 시스템 운영, 이산화탄소 포집기술, 비대면, 저장기술, 활용기술, 기후변화, 제조방법, 유지관리 등	VR/AR, 바이오헬스, 신소재화학, 스마트공장, 신재생에너지
	대체	구분 없음	-

(출처 : 디지털 뉴딜 추진을 위한 휴먼팩터 중심 지능화 이니셔티브 연구 조사 분석, 2020, 재구성)

2. 국내·외 시장 동향 및 전망

★ 국내외 시장 동향

- 해외의 경우, 뇌-컴퓨터 인터랙션 기술 개발과 관련된 상품화가 활발하고 기존 재활치료에서 두뇌 인지 및 감성 능력 향상으로의 기술 개발이 확장되고 사용자에게 맞춰진 인지감성 차원의 휴먼증강 사회로의 범위가 확장 되는 추세임
- SW 및 장비기기와 통합 플랫폼 형태로 제공되는 서비스가 두드러지며, 안전과 포용적 차원으로의 인간을 위한 디자인 기술 개발이 이루어짐



(출처 : <https://digileaders.com/6-ways-virtual-reality-could-transform-the-lives-of-disabled-people/>)

| 그림 5. 길찾기 체험(영국, 디지털리더) |



| 그림 6. 근골격지원 파워웨어 |
(일본, 아토운)



(출처 : (그림 6) <http://atoun.co.jp/powered-wear>, (그림 7) <https://openbionics.com/>)

| 그림 7. 3D프린팅 의수(영국, 오픈바이오닉스) |

- 국내의 경우, 작업의 효율성과 안전성을 위한 지원 기술들이 최근 이뤄지고 있고, 사용자 경험 디자인을 적용하여 개인 맞춤형 서비스를 제공하는 기업이 등장하고 있음. 이는 VR/AR을 활용하여 안전성과 생산성에 효율을 높이기 위한 기술개발도 시장에서 활용되고 있음
- 특히, 센싱기술과 실감영상 기술 등을 적용하여 생활 산업에 제품·서비스디자인개발이 이루어지고 있음



| 그림 8. 근력지원로봇 |
(한국, LG)



| 그림 9. 인터랙티브 모빌리티 |
(한국, 현대모비스)



| 그림 10. VR장비 안전교육 |
(한국, 삼성물산)

(출처 : 각 기관, 사업자 홈페이지, 저널·언론기사 등 인용)

① 제조생산 단계에서 지능화 활용

- 히타치(Hitachi) AI를 이용하여 빅데이터와 노동자의 업무 루틴을 분석하여 AI 기술을 물류 업무에 적용한 결과 8%의 생산성 개선
- 지멘스(Siemens) 3D 프린팅 로봇이 AI를 통해 의사소통 및 협업하여 물건을 제작
- 이너시아 스위치(Inertia Switch) 로봇 지능과 센서 퓨전을 통해 로봇과 휴먼의 협업으로 유니버설 로보틱스 업무를 학습하고 업무 간 유연한 변경이 가능
- 유럽의 엘리베이터 기업 코네(Kone)는 디지털 플랫폼을 구축하여 숙련자와 비숙련자가 장거리에서도 간단한 교육과 소통을 통해 안전점검을 원격으로 실시

② 제품 및 서비스 설계에서 지능화 활용

- 나이키(Nike) 알고리즘 디자인 소프트웨어를 통해 제품의 강도와 경도를 최적화하고 다양한 프로토타입이나 모델을 3D 프린트로 제작하여 테스트한 결과, 최고의 디자인을 찾아낼 때까지 그 사이클을 반복하며 제품 및 서비스 설계 단계에서 검증을 AI 기술을 활용한 사례
- 인텔리전트X 브루잉 컴퍼니는 자사의 제품의 최초로 AI가 제조한 맥주기업으로 제조법을 변경할 때는 페이스북 메신저로 수집된 고객 피드백을 반영하여 맥주의 성분을 수정하여 맛을 변경하는 사례
- 라스베이거스 샌즈(Las Vegas Sands Corp.)는 AI를 사용하여 카지노 업장의 도박기계 배치도가 다양하게 변경된 모델을 제작하고 이를 통해 재무성과를 최적화, 배치도 변경에 따른 이윤 변화를 모니터링하고 리모델링 디자인 계획에 반영함

- 일본 도요타(Toyota) 얼굴 인식으로 운전자가 일정 시간 전방을 주시하지 않을 경우, 소리/라이트로 경고, 장애물에 근접하면 자동으로 벨트를 당기며 브레이크와 스키어링 휠을 조정하는 방식의 주행 안전 보조 장치 사례

③ 헬스케어와 생명과학에서 지능화(AI) 활용

- 헬스케어산업에서는 AI를 통해 과학자와 의사는 보다 고부가가치 업무에 집중하여 환자의 삶을 개선하는데 보다 집중하도록 함
- 버그 헬스(Berg Health) AI를 활용하여 환자 데이터를 분석하고 분자지도를 작성, 분자 지도는 체장암 환자가 버그의 2상 치료제에 긍정적으로 반응할 가능성을 결정
- 신시내티 아동 병원(Cincinnati Children's Hospital) 환자의 임상 시험 참여도를 보다 잘 예측하기 위해 머신러닝을 사용 연구진은 AI를 통해 60% 정도인 현재의 참여율을 72%까지 끌어올리고자 함
- 존슨앤존슨(Johnson & Johnson)은 보다 신속히 읽고 분석할 수 있도록 IBM의 왓슨 Watson을 훈련, 신약 개발 과정에서 과학자의 시간을 절약
- 미국 포드사(Ford)의 인포테인먼트 시스템 싱크(Sync) 좌석의 헬스케어서비스 기능으로 혈압, 혈당, 심박 수 등을 차량에서 모니터링하는 서비스 제공 사례

★ 국내외 시장의 전망

- 기술의 발달로 정보화에서 지능화로의 가장 큰 특징은 기계가 의사결정을 할 수 있게 된다는 점으로 이를 활용하여 보다 효과적인 문제해결을 지향하며 인간중심적 유무형의 디자인 가치가 보다 향상될 수 있는 기회가 많아질 수 있음
- 제조, 서비스 산업에 기술 활용이 아닌 인간 삶의 질 향상을 위한 변화로 워킹

3. 국내·외 R&D 기술개발 동향

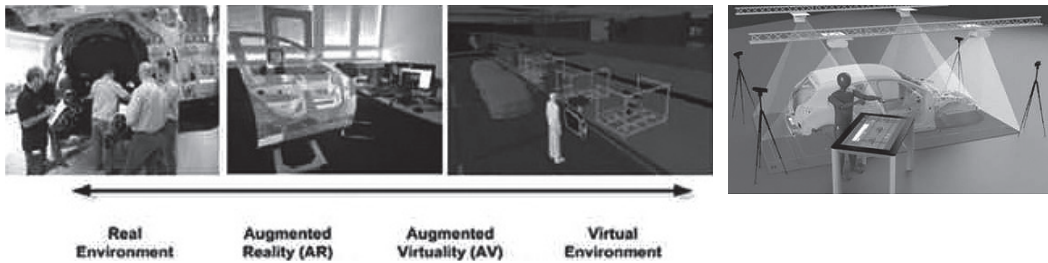
★ 해외 주요국 R&D 기술개발 동향

표 2. 해외 제조중심 지능화 R&D 사례

구분	내용
독일	- 첨단 제조업 산업 육성 위해 「첨단기술전략(HTS) 2020」(‘06), (‘10), (‘14) 발표 ‘Industrie 4.0’ 통해 공정 효율성을 높이고, 제조업의 미래경쟁력 확보 - ICT 산업과 융합을 적극적 활용 ‘Action Plan’ 제조업 중장기 로드맵 구축 - 제조 기술 플랫폼 구축·홍보·지원 등을 통해 신제품 개발 및 혁신 제품 기술 향상 도모
	「하이테크 전략 2025」(‘18) 발표 - 시민참여를 통한 사회문제 해결 강조 - 지속가능한 목표 달성을 위한 에너지, 기후변화대응, 이동수단 분야의 기술 프로젝트 - 탈탄소시대 지속가능한 기술 개발과 지식의 상품화와 창업 및 혁신사례 추진
일본	- 아베노믹스 성장전략 발전 개념도 인간중심 사회 구현을 위한 로드맵(‘17) 발표 - 고령화, 구인난, 자연재해 등 사회문제 해결을 위한 범국가적 차원의 로드맵 4차 산업혁명 기술(IoT, 빅데이터, AI, 로봇 등)을 산업과 사회생활에 적용 - 다양한 사회문제를 해결함으로써 Society 5.0(‘16)을 실현 - AI와 빅데이터의 발전으로 인간중심의 최적화된 사회를 구현 - 건강수명연장, 이동혁명 실현, 공급사실 차세대화, 쾌적한 인프라지역 조성, 핀테크
	- 제조 IT 융합 디지털 마이스터 프로젝트(‘16) 추진 - 고기능 숙련자의 특화(제화)된 지식, 기술, 감의 지적자산을 객관화 데이터화 추진 15개(주조, 단조, 금속프레스, 사출성형, 절삭, 연삭, 연마, 레이저 절단, 레이저 용접, 아크용접, 방전가공, 도금, 용사, 물리화학적 증착, 열처리) 가공법을 데이터화
	- 新소형재산업비전 전략(‘13)을 통해 제조업 부흥을 위한 R&D 지원 - 소형재는 소재에 열이나 힘을 가해 형태를 부여하는 부품이나 부자재 제조업 주요산업 - 세계적 기술력 유지를 위해 소형재산업과 IT기술융합, 정보관리 강화를 추진
유럽	- EU ACE Factories(미래 인간중심형 공장 : 제조혁신 시스템) - 유럽지역 중소기업의 제조 경쟁력 강화를 위한 최적화된 환경 조성을 위한 작업장 혁신 - 개별 작업자에게 적합한 제조 환경 지원을 위한 솔루션 개발 및 자동화 시스템, 로봇, 교육 및 역량강화, 성능향상, 적응성, 효율성 및 품질 향상 등을 지원하는 총체적인 자동화 지원 체제 - 미래 인간 중심형 공장 혁신 사례로 프로토타입 형태로의 제조생산 공정과정에서 - 변경, 수정, 조율 가능한 관리 시스템을 구성한 사례
	- 핀란드의 산업안전보건전략 시행으로 근로자의 근로 능력 및 기능적 역량 강화 - 제조 산업에 사고 및 질병 예방을 의무화를 위한 유럽연합 Horizon 2020 프로그램 - 슈퍼워크 2026, A4BLUE, FACTORY2FIT, HuMan, INCLUSIVE, MANUWORK - 안전 및 보안을 강화, 연결성, 편의성, 생산성 향상을 위한 미래형 공장 3D 휴먼증강기술을 통한 교육 프로그램 개발 및 VR/AR기술을 활용한 프로토타입 사례

구분	내용
중국	• 중국제조 2025 (MIC2025) ('15) • 제조 강국을 실현을 위한 30년의 장기비전 제시 • 반도체 산업을 통한 항공우주, 생명공학, 정보기술, 스마트 제조, 해양공학, 첨단철도, 전기자동차, 전기 장비, 신소재, 바이오의약품, 농기계 및 장비, 제약, 로봇 제조업 등 • 10대 핵심 산업 23개 분야를 미래전략산업으로 육성하여 제조업 경쟁력 • 정보화와 산업화를 대대적으로 융합하며 산업 기초 경쟁력을 강화하는 전략

- 해외 주요 국가별 사례는 기존 제조업의 경쟁력을 고려하여 디지털 트랜스포메이션의 정도의 차이가 있으며 유럽과 독일의 경우 구체적인 개발의 투자와 체계를 구성, 연구 및 실험을 통해서 제조업의 시설의 고도화를 가져옴
- 일본의 경우 뛰어난 제조 기술력을 가지고 있는 전통 제조의 역량이 있는 곳으로 기술, 인재육성, 금융, 고용, 지역 경제 등이 종합적으로 대응하여 내부적으로 문제를 해결하기 위한 높은 경쟁력을 가지고 노력을 하고 있음



(출처 : (그림 11,12) Virtuality continuum for production verification workshops following Milgram and Kishino)

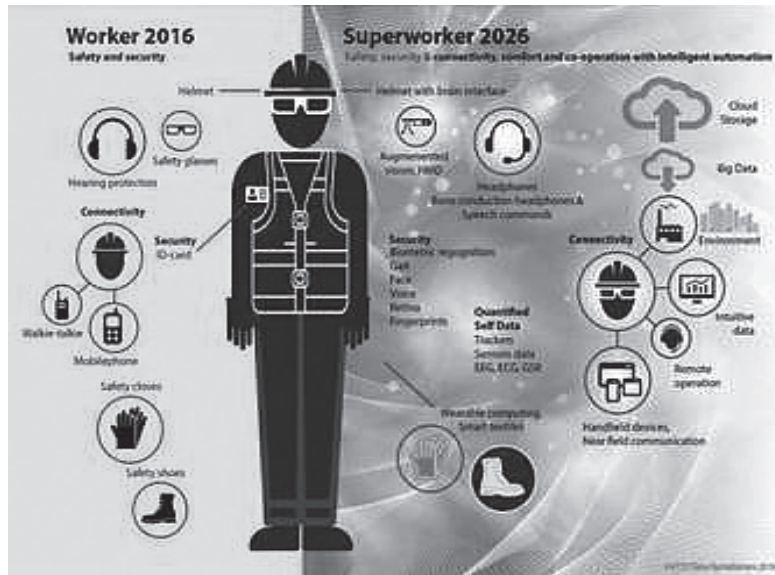
| 그림 11. 실제환경과 가상환경을 통한 생산 공정의 지능화 |

| 그림 12. 혼합현실 지원 시스템의 |
가상작업 스테이션 공간



(출처 : Design and Research for Advanced Human Augmentation in the Industrial Work Context, Tiina Kymäläinen 외 3인, 2016.9.)

| 그림 13. 선박운전자의 사고예방을 위한 교육(롤스로이스, 2013) |



(출처 : The Sea-ice Analyzer Concept, The Intelligent Towing Concept (2013 Rolls-Royce plc)

그림 14. 핀란드, 미래비전 슈퍼워커 2026

★ 국내 R&D 연구 동향

- 인체데이터를 사용해 국민체위 조사, 제품·공간설계 등에 활용되어 온 사이즈코리아(Size Korea)가 휴먼 빅데이터 플랫폼 사업으로 개인 맞춤형 휴먼 빅데이터를 수집해 축적된 인체정보를 산·학·연에 보급
- GTG웰니스, 라파앤라이프, 엔키 등 국내기업이 3D 스캐너를 제작, 보급하고 대한가발협회, 군수사령부, 다비치 안경, 아이러브핏 등 10여 곳이 제품과 서비스 개발
- 국가표준원은 휴먼 빅데이터 플랫폼 정보를 활용해 가발, 안경, 장갑, 신발 등 맞춤형 패션제품으로 활용
- 일상의 건강·보건·헬스·의료, 의류패션, 뷰티, 생활용품 등의 분야에서 활용하는 빅데이터 플랫폼 운영

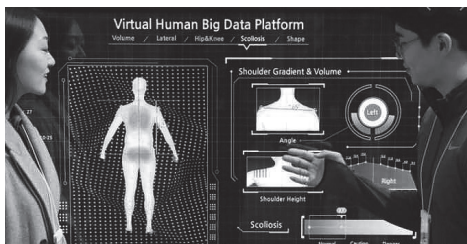
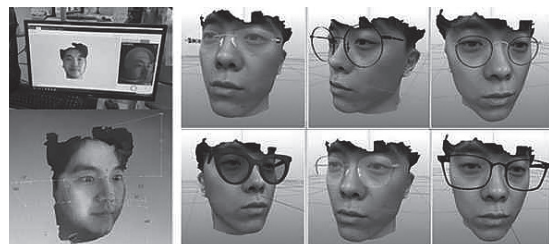
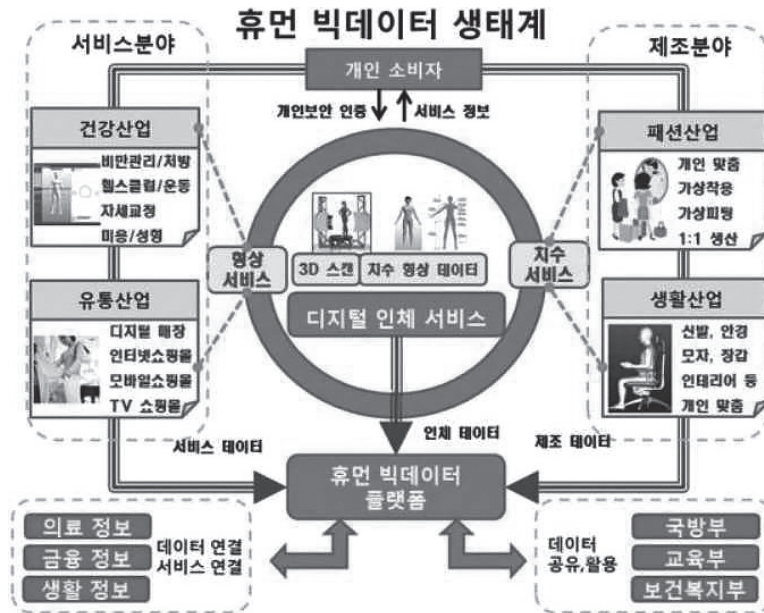


그림 15. 전신스캐너를 활용한 인체정보 분석



(출처 : (그림 15) 분당서울대병원, (그림 16) 다비치안경)

그림 16. 데이터 기반 맞춤 안경 서비스 사례



(출처 : 「휴먼 빅데이터」생태계가 열린다, 산업부 보도자료, 2018.10.31.)

| 그림 17. 휴먼 빅데이터 생태계(플랫폼) 개요 |

- 한국전자통신연구원의 전통무형문화 전형 전승을 위한 실감 센싱 및 렌더링 기술 개발로 장인(회화, 조각, 악기 등) 작업 데이터 획득을 통해 디지털화 및 응용서비스 개발을 위한 R&D 연구 사례



(출처 : 디지털 뉴딜 추진을 위한 휴먼팩터 중심 지능화 이니셔티브 연구 조사 분석, 2020, 재인용)

| 그림 18. 전통무형문화 전형 전승 개발을 위한 프로세스 |

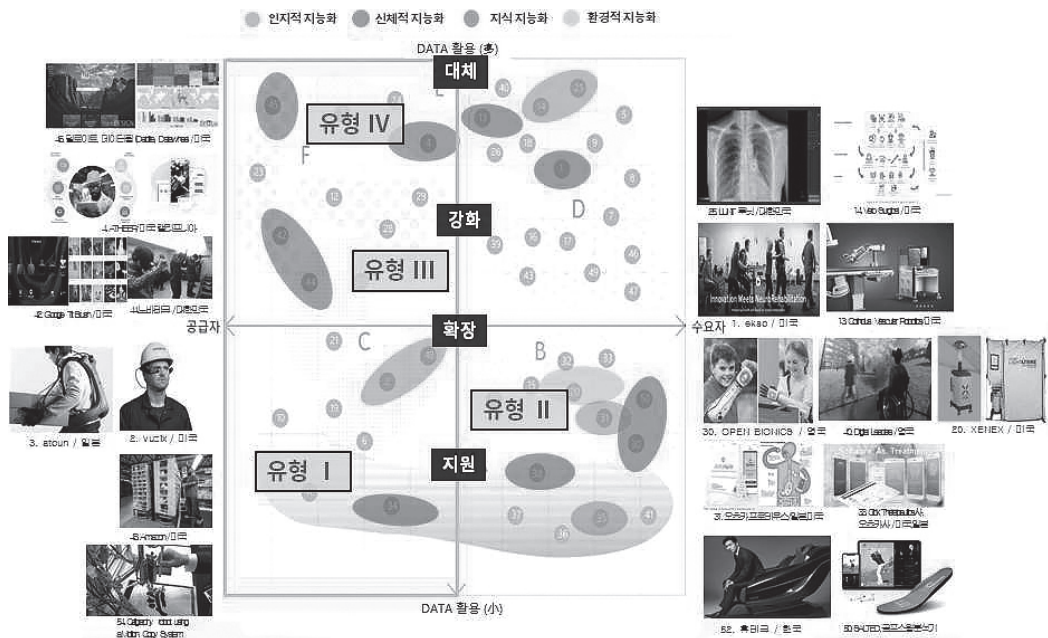
- 인간의 다양한 가치 중심에서 휴먼 요소를 디지털화하여 인간의 반복적 업무, 위험요인, 개인 맞춤형 지원 등 기계가 대신하여 인간에게는 보다 편리하고 안전한 삶을 제공해 주는 역할로서의 현재, 휴먼팩터 지능화 연구가 걸음마 단계 수준

4. 관련 기술의 방향성 및 주요기술

★ 주요기술 유형 분류

- 휴먼팩터 지능화의 50개 사례를 분류하여 인간과 지능화 기술의 관계에 유형 4가지를 구분하여 분류함

- 유형Ⅰ : 제품 및 도구의 활용 및 데이터 측정(실감 센싱/렌더링 기술 개발)
- 유형Ⅱ : 데이터를 활용한 생활 산업 제품·서비스
- 유형Ⅲ : SW 및 장비기기 기반 사례(로봇, AI, DL, ML, SW 프로그램)
- 유형Ⅳ : 통합 플랫폼 기반의 혁신 지능화된 시스템 활용



(출처: 디지털 뉴딜 추진을 위한 휴먼팩터 중심 지능화 이니셔티브 연구 조사 분석, 2020, 재인용)

| 그림 19. 디자인 지능화 사례 유형화 분류 |

★ 휴먼팩터 지능화의 디자인 주요 기술

- HCI (Human-computer interaction) 기반 스마트 디자인 기술 : HCI 기술기반으로 인간을 중심으로 하는 스마트 공간디자인의 센서 제어 기술이나, 인간의 생리신호 측정 데이터들을 활용한 디자인기술융합
- 사용자 경험디자인 데이터 구축 및 변환 기술 : 사용자와 사용자간 또는 상대의 컨텍스트 기반 사용자 에이전트와 사용자들 간의 인터랙션 진화 관계 모델 정의하고 관련 인터랙션 디자인 개발 및 데이터 변환 구축 기술
- 사용자 경험설계 인터랙션 3D디자인 기술 개발 : 사용자와 사용자간 또는 상대의 컨텍스트 기반 사용자 에이전트와 사용자들 간의 인터랙션 진화 관계 모델 정의하고 관련 인터랙션 디자인 개발 및 데이터 변환 구축 기술

표 3. 휴먼팩터 지능화 디자인 기술의 유형별 주요 기술 분류

구분		기술 (예시)
(인지적/신체적) 지능화	신체 밀착형 (건강 증진)	• 뇌파제어(BCI-Brain Computer Interface) • 집중초음파 기술 • 인체 부착형 센서 : 스마트밴드/전자피부 • 웨어러블 액세서리 지원 기술
	외부 인지형 (인지 향상)	• Smart Glasses : 인지/관계형 • 지능형 CCTV : 음성/영상 인식 • 라이프로그 • 모바일 3D 카메라, 4D 융합 기술 • 복합 촉각 마우스/로봇 기술
	신체 밀착형 (장애 극복)	• 두뇌 : 뉴로브릿지(NeuroBridge) • 웨어러블 로봇 : 로봇 신체 보조기구 • 동작인식 기술 : 점자 키보드 • Smart Glasses : 신체/활동형 • 아바타형 로봇 기술
	지식 습득형 (정보 수집)	• 휴먼 인터페이스 기술 • 사용자 맞춤형 인포테인먼트 시스템 기술
(지식) 지능화	지식 활용형 (제조 생산)	• 인공지능 기반 3D 콘텐츠 생성 기술 • 주조기술 시뮬레이션 기술
	지식 관리형 (안전 예방)	• 지능형 로봇 및 인공지능 • 바이오닉 워크플레이스 협업 시스템 기술
(환경적) 디자인	외부 인지형 (무인 자동화)	• 지능형 설비, 무인결재시스템 기술 • 스마트 작업대 기술
	환경 친화형 (지속가능한 사용)	• 이산화탄소 연소후 포집 기술 • 생활환경 유해인자 관리 기술
	환경 적응형 (비대면 반응)	• 휴먼 인터페이스 기술 • 멀티모달인식 기술 • 실감형 확장현실 기술

주 : 기술(예시)의 경우, 그 외 다양한 기술이 활용 될 수 있음

| 표 4. 휴먼팩터 지능화의 디자인 기술(안) |

	분류 기술	분류 정의
(인지적) (신체적) 지능화	뉴로디자인 매커니즘	시선추적과 뇌파 융합 실험 데이터 분석 방법 개발, 뉴로 디자인 요소 콘텐츠 개발, 신경과학 데이터 기반 가상공간 프로그램 디자인
	시선추적기법을 활용한 증강현실(AR) 디자인 설계 기술	시선추적기법을 활용하여 소비자의 관심영역을 이용한 주의집중 분석 장치 및 분석 방법을 통해 행동변화를 가져올 수 있도록 설계 및 디자인 기술 개발
	자연어 표현과 감성 매핑 기술	자연어의 디스플레이가 가능하며, 기계어나 색상, 형상 등으로 매핑하여 표현할 수 있는 기술
	뉴로 감응 측정 기술 기반 가상현실 적용	인간의 감성 반응 기술을 가상현실에 적용하여 다양한 콘텐츠 개발 및 활용가능 범위에 대한 디자인 기술 개발
	사람의 행동변화 어포던스 요소 기술	사용자 행동을 고려한 어포던스 디자인 요소와 속성을 분류하여 관련 제품 서비스에 적용 기술
	유니버설 디자인 요소 기술 검증	휴먼팩터(Human Factor)를 고려한 업계 표준 및 디자인 기술 개발 IT기술의 활용가능성 검증 기술 개발
	인터랙션 데이터 수집	빅데이터, AI 등의 기술을 기반으로 대화 인터랙션을 통한 멀티모달 입력 데이터 획득과 학습하고 이를 자율적으로 데이터를 수집하는 기술(클라우드소싱과 비디오 마이닝의 활용)
(지식적) 지능화	조립체결 디자인기술	맞춤형 서비스가 가능한 인체친화형 경량 다기능 복합소재 등 조립 체결 가능 및 디자인 설계 기술 개발
	데이터 수집 주요 특징 추출 영상분석 기술	제품서비스 등의 특징을 파악하고 인공지능 기술을 접목하여 산업 목적에 맞는 특화된 영상 분석을 제공하는 기술
	심층학습 기반 인공지능학습기술	대규모 데이터를 학습하여 인공지능 모델을 구축하고 이를 활용하여 인식이나 결정의 정확도를 고도화하는 범용 인공지능 플랫폼기술로 개별 요소 기술들이 특정 산업에 목적성을 두고 개발이 아닌 다양한 적용 가능성 학습 기술
	감성기반 경험설계 디자인 기술	오감 감성모델을 바탕으로 디자인 프로그램에서 최종 제품의 감성을 조절 및 예측할 수 있고, 제품의 오감을 제시장치를 통해 미리 체험할 수 있으며, 제품 조작에 대한 감성적 만족도를 높이기 위한 최적의 UX(user experience) 설계 방법 제공
	콘텍스트 기반 디자인 프로토타이핑 기술	자연어 처리 기반으로 추출된 콘텍스트 기반의 디자인 프로토타입 자동 생성 및 모델링 지원 기술
	AI기반 3D 디자인 모델 생성기술	AI 기반으로 여러 이미지들을 이용하여 3D 디자인 모델을 자동으로 생성하는 기술

	분류 기술	분류 정의
(지식적) 지능화	3D디자인 모델 보정기술	자동 생성된 3D 디자인 모델을 사용자가 원하는 방향으로 보정하는 기술
	클라우드 기반 디자인·설계 협업 솔루션	집단지성 의사결정 여부 및 판단을 할 수 있도록 클라우드 기반의 디자인 설계 협업이 가능한 추천 및 지원 서비스 기술
	3D 디자인 데이터 생성디자인	3D디자인 설계 데이터 DB 구축과 디자인 소프트웨어를 활용하여 변환 및 생성이 가능한 데이터 값 확보 기술
	DFAM(Design For Additive Manufacturing) SW 솔루션 제안	다공성 구조 설계, 경량구조 설계, 형상 및 구조 최적화 등 디자인 시안에 대한 제안에 따른 제작 솔루션을 제시하고 사용가능한 소재 및 3D 프린팅용 경량화 및 최적화 구조 설계 지원에 대한 기술 개발
(환경적) 지능화	딥러닝 기반의 환경인지 기술	데이터 수집, 환경정보 모델링, 영상처리 기술의 베이스라인 구축하고 사용자 행위 분류 알고리즘, 물체 검출 및 분류 알고리즘, 상황에 대한 인터랙션 인식 기술

5. 결론

시사점 및 정책제안

- ★ 휴먼팩터 지능화의 디자인 기술 동향에서 다양한 산업으로 활용되고 있지만, 현재 관련 디자인 R&D연구 개발은 진행되고 있지 않은 상태
- ★ 비대면 사회가 되면서 관련 디자인 기술의 경쟁력 확보가 절실하며, 이는 인간중심의 디자인, 인간공학, HCI(인간과 기계 인터랙션), UX/UI 분야의 지능화가 이루어진다면 우리 사회의 다양한 분야로의 활용 및 확산이 가능할 것으로 예상됨

[참고문헌]

1. “디지털 뉴딜 추진을 위한 휴먼팩터 중심 지능화 이니셔티브 연구 조사 분석”, 백승현, (2020), 한국디자인진흥원
2. “Human+Machine 휴먼+머신_AI시대의 업무를 새롭게 상상하다”, 폴 도허티, 제임스 월슨, (2019), 하버드비즈니스 리뷰 번역본
3. “「휴먼 빅데이터」생태계가 열린다”, 산업통상자원부 보도자료, 2018.10.30.
4. “휴먼 빅데이터로 개인 맞춤형 소비시대 연다”, 한국섬유신문, 2019.11.28.
5. <https://digileaders.com/6-ways-virtual-reality-could-transform-the-lives-of-disabled-people>
6. <https://atoun.co.jp/powered-wear>
7. <https://openbionics.com>

국내 불소화학 산업 동향

|저자| 한정우 PD / KEIT 화학공정PD실

박인준 책임연구원 / 한국화학연구원

김주현 선임연구원 / 한국화학연구원

백지훈 선임연구원 / 한국화학연구원

SUMMARY

/// 국가 주력산업 고도화에 따른 불소 소재 필요성 증가로 불소계 첨단화학소재 자립화 필요

- ★ 불소화합물의 사용량은 소득증가에 따라 선형으로 증가하는 경향을 보이며, 전세계 불소소재 사용량 및 시장규모는 지속적으로 증가하고 있음
- ★ 산업고도화에 따라 고기능성 불소화합물이 필수적으로 사용되는 첨단산업인 반도체, 디스플레이, 자동차 산업 등이 국가 주력산업인 우리나라에서는 일본 등 해외에 극히 의존중인 불소소재 자립의 중요성이 매우 큼

/// 시사점 및 정책제안

- ★ 글로벌 선도기업은 원천기술 바탕으로 고부가가치 불소소재 생산을 독점 중이며, 불소원료인 형석의 고갈에 대비하기 위해 불소 소재 재활용 기술개발에 역량을 집중하고 있음
- ★ 불소계 화학소재 자립화를 위해서는 기초원료, 중간체/단량체, 소재, 응용산업에 이르는 국내 불소산업 가치사슬 구축이 될 수 있도록 전·후방산업에 대한 지원 필요
- ★ 개별기업에서 확보하기 어려운 불소소재 기반기술 개발과 고급인력양성을 위한 전문적인 연구기관이 필요
- ★ 중간체 운반이 힘들며 가치 사슬에 따라 기업간 물질 이동이 필수적인 불소화학산업의 특성상 석유화학 단지와 유사한 불소산업단지 조성이 유리함

1. 불소 소재 산업 개요

불소계 첨단화학소재산업의 이해

- ★ 불소산업은 할로겐 원소 중 불소(Fluorine)가 포함된 기초원료, 중간체, 최종소재의 개발, 제조, 활용 등과 관련된 모든 산업을 지칭함
- ★ 불소의 결합형태 및 활용방법에 따라 ① 불소원료, ② 불화탄소, ③ 불소계 단량체 및 고분자, ④ 불소계 기능성 코팅제, ⑤ 정밀화학 중간체 제조용 불소화 소재의 5가지로 구분할 수 있음

| 표 1. 불소계 첨단화학소재 유형 |

구분	형태
불소원료	• 형석, 육불화규산 • 불산, 불소가스, 고순도 무수불산, 무기불소화합물
불화탄소	• 불화탄소[Freon gas, 냉매, 발포제, 불소유체] • 반도체/디스플레이 에칭/세정가스 • 지구온난화 방지 대체물질
불소계 단량체/고분자	• 불소 단량체(TFE, HFP, VDF, CTFE, PFA, VF, HFPO 등) • 불소고분자, 불소고무, 불소오일
불소계 기능성 코팅제	• 에너지 산업 코팅제(연료전지, 이차전지, 태양전지) • 반도체/디스플레이 코팅제, 광통신재료 • 자동차, 기계 산업(내후성 소재) • 화학 및 섬유산업(과불소화합물, 섬유용 발수발유제, 도료용 방오가공제, 계면활성제, 이형제 등)
정밀화학 중간체 제조용 불소화 소재	• F/CF3 함유 불소 화합물, 의약/농약재료, 액정재료

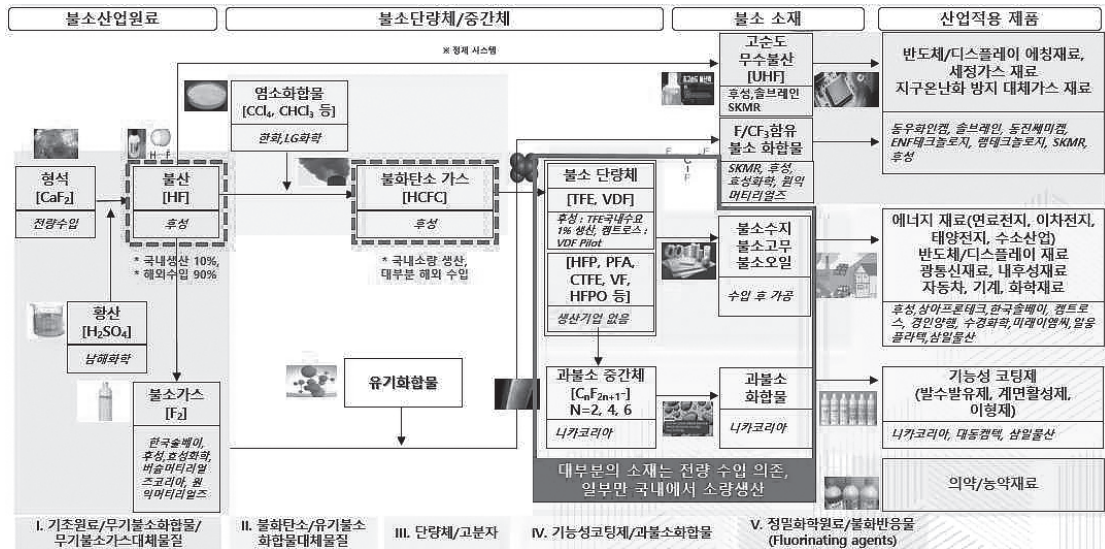
- ★ 불소소재는 반도체 공정, 리튬 이차전지, 태양전지 등 주요 산업에서 핵심 소재로 사용됨
 - 반도체 공정의 에칭·세정제로서 불산, 불화에탄(C2F6), 삼불화질소(NF3) 등의 가스, 반도체 약액용 용기, 밀봉제, air filter 등에 활용
 - 리튬 2차전지의 전해질로 육불화리튬인(LiPF6)이 사용되며, 전극 바인더 소재로 PVDF 고분자가 사용
 - 태양전지에서는 PVDF계 불소고분자 필름이 전지 보호막으로 사용되며, 수소산업의 핵심인 연료전지에서는 주요 소재인 고분자전해질로서 불소계 이오노머 고분자가 사용됨.
 - 냉난방 기기, 자동차 등의 가스, 냉매, 용제 등으로도 다양하게 사용됨



| 그림 1. 불소 소재의 활용 분야 |

불소계 첨단화학소재산업의 필요성

- ★ 불소계 고분자는 열적·화학적 특성이 뛰어나 반도체, 디스플레이, 이차전지, 태양전지, 연료전지, 수소산업 등 국가기반 산업 및 미래산업 핵심 소재로 활용
- ★ 불소 소재 시장은 지속성장하고 있으며, 글로벌 선도기업 중심으로 글로벌 가치 사슬 (GVC) 구축
 - 2020년 기준 세계시장은 233억 달러, 2028년 323억 달러로 연평균 4.2% 성장 전망
 - 글로벌 선도기업이 기술적 우위와 현지화 추진으로 과점형태로 GVC를 장악하고 있어 새로운 기업의 시장진입이 어려움
- ★ 불소소재는 2019년 국내수요 517천톤 중 500천톤(96.6%)을 수입, 금액기준 국내 시장규모는 약 4조원이며, 3.8조원 (95.1%)을 해외 수입에 의존하고 있음
- ★ 국내 불소화학산업 기반이 취약하여 대부분 일본, 유럽, 미국 등으로부터 소재는 수입에 의존하고 있고, 수입된 소재를 가공하여 부품으로 수출하는 구조
- ★ 현재 선진국과의 기술차이는 크며, 기술경쟁력은 세계 하위권 수준으로 현재 불소 소재 자급률은 3.4% 수준에 그치고 있음
- ★ 불소산업의 가치사슬(Value-Chain)은 기초원료 → 중간체/단량체 → 소재 → 응용산업으로 연결되고 있음
 - 가치사슬분석에서 국내 산업안보 차원에서 자립화가 시급한 품목은 유기불소화학의 기초원료가스인 TFE, VDF이며 이후 HFP, PFA, CTFE, VF, HFPO 등으로 단계적 확대가 필요함



| 그림 2. 국내 불소산업 제조계통도 |

2. 불소 소재 산업 동향

해외 산업 동향

불소원료

- 글로벌 불산 제조기업은 축적된 기술을 바탕으로 현지화를 통한 경쟁력과 시장 지배력을 높이기 위한 해외 진출 확대 추세
- 중국 장쑤성 불소계 신소재 화학 산업단지(약 454만 평)에 세계 500대 기업인 DuPont, Arkema, Daikin, Solvay 등이 입주
- 최근 수요기업 중심으로 원료 및 수요기업 중심의 생산 현지화를 위한 글로벌 진출확대를 적극적 추진(Arkema의 인도, DuPont의 중국 진출 등)

| 표 2. 불산 제조기업 현황 [1] |

(단위 : 백만 달러(매출액), 명(직원수))

	기업	대표자	설립 연도	주요제품	매출액	직원수	동향
세계 Top 기업		Zhang Jianhong	1987	산업용 불산 무수불산	2,067	5,876	북경에 공공무역과 투자관리 회사를 설립, 중국에서 입지 강화
		Masanori Togawa	1924	수성불산	22,352	76,484	Heroflon S.p.A.를 인수
		Darius Adamczyk	1985	수성불산 무수불산	41,802	114,000	상하이 건물을 구입하여 본사 및 R&D시설 확장
		Ilham Kadri	1863	불산	12,113	24,500	수성 Halar ECTFE 분말 코팅제품을 출시, 새로운 고성능 폴리머 Solef PVDF 출시
		Daniel Martinez Valle	1953	불산	5,830	17,000	이스라엘 관계 회사인 Netafim을 인수하여 확장 예정

- 기존의 형석에서 불산을 제조하는 방식에서 형석자원의 자원고갈 우려로 폐 불산의 리사이클에 관한 관심의 증가
 - 불소 배출 및 불소화합물 폐기기준 강화, 불소화합물의 원료인 형석(Fluorite)의 수입가격 상승 등에 의해 리사이클 기술에 관한 관심 증가
 - 형석을 수입에 의존하고 있는 일본 Sanyo에서 2005년도 고효율 불화수소산 (HF) 폐수 리사이클 기술을 개발
- Sanyo는 불산 폐수의 불소 농도에 관계없이 불소의 배수 기준(8mg/L) 이하로 처리하면서 동시에 고순도(98%) 형석을 회수하는 기술
 - 불소 함유 폐기물로부터 고순도 불화칼슘(Calcium fluoride)을 회수하고 이 불화칼슘을 이용하여 새로운 불산을 제조하는 기술을 확보하여 불소 폐수를 90% 이상 감축
 - 불산 폐액을 침적형 평막모듈을 사용, 불화칼슘 미립자를 막으로부터 분리하고 불화칼슘의 케익층을 박리, 분산, 탈수과정을 거쳐 고순도 형석을 회수
- 반도체를 생산하는 일본 Yashiro 공장은 불산 리사이클 시스템을 도입
 - 결정화 방법을 이용하여 불산을 불화칼슘으로 전환하여 회수하는 세계 최초의 시스템이며, 회수한 불화칼슘은 다시 불산 제조에 재활용

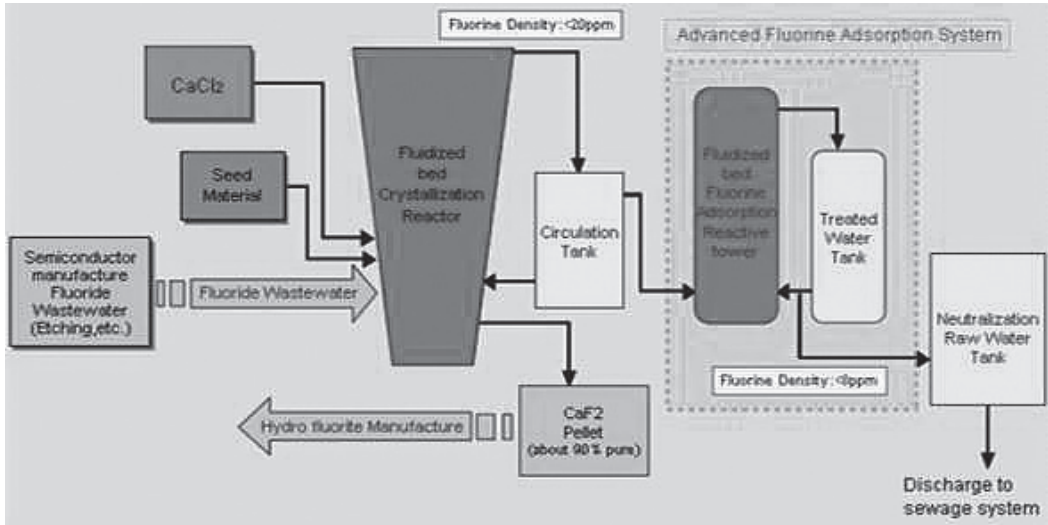


그림 3. 일본 Yashiro 공장의 불산 리사이클 시스템 [2]

★ 불화탄화수소

- 불화탄화수소의 사용량을 제한한 몬트리올의정서(1989), 키갈리개정서(2016)에 따른 불소 소재 기업들은 대체물질 개발에 집중
 - 대체가스 기술은 모든 기업이 집중하고 있으나, 특허출원 현황을 보면 2000년 이후부터 매년 20건 이하로 구체적 성과는 미흡
 - 한국은 개도국인 A5 그룹1)에 속해 2020~2022년도 평균 소요량을 실적 기준으로 2024년 생산·수입 추가가 전면 금지, 2029년부터는 10%, 2045년까지 80%를 감축해야 하는 상황임

| 표 3. 키갈리개정서에 따른 냉매규제 로드맵 |

	A5국 그룹1		A5국 그룹2		A2			
적용 대상	그룹2 외의 한국 포함 모든 A5국(137국)		GCC, 인도, 이란, 이라크, 파키스탄(10국)		우측 외의 모든 A2국 (45국)		벨라루스, 러시아, 카자흐스탄, 타지키스탄, 우즈베키스탄(5국)	
기준 수량	'20~'22 HFC 평균생산 소비량 + HCFC 기준수량의 65%		'24~'26 HFC 평균생산 소비량 + HCFC 기준수량의 65%		'11~'13 HFC 평균생산 소비량 + HCFC 기준수량의 15%		'11~'13 HFC 평균생산 소비량 + HCFC 기준수량의 25%	
감축 일정	동결	'24	동결	'28	10% 감축	'19	5% 감축	'20
	10% 감축	'29	10%감축	'32	40% 감축	'24	35% 감축	'25
	30% 감축	'35	20%감축	'37	70% 감축	'29	70% 감축	'29
	50% 감축	'40	30%감축	'42	80% 감축	'34	80% 감축	'34
	80% 감축	'45	85%감축	'47	85% 감축	'36	85% 감축	'36

* '22년부터 5년마다 기술검토 실시

** '28년 이전 A5국 그룹 국가의 '28년 동결 2년 연장여부에 관한 기술검토 실시

- CFC가스 대체물질로 수소화염화불화탄소(HCFC)가 개발되어 사용 중이나 2016년부터 생산·사용 규제
 - CFC와 HCFC를 대체하는 수소화불화탄소(HFC)와 과불화탄소(PFC)가 개발되어 사용되고 있으나, 선진국 기업들이 개발과 생산을 독점하고 있음
 - 현재 세계적으로 판매되고 있는 오존층파괴지수(ODP(Ozone depletion potential))가 0인 세정제는 3M의 Novec® HFE와 Dupont의 Vertrel® XE가 있음
 - Vertrel® XE는 불연성이며 지구온난화지수(GWP<1)가 극히 낮은 HFO-불소화 성분임, 3M은 지구온난화지수(GWP)가 대폭 낮은 불소계 액체 용매 HFE 개발
- Sumitomo 3M은 열매체, 세정, 용제 등의 용도에 적절한 불소계 화합물 '노벡 7600 HFE(Hydrofluoroether)'를 판매하고 있음
 - 일본 내에서 판매되고 있는 HFE 제품으로는 가장 높은 비점인 130℃를 실현한 '노벡 7600 HFE'는 응고점도 -98℃로 사용 온도 영역이 넓은 무색투명의 불소계 액체이며, 오존파괴지수 제로(0), 지구온난화지수 700으로 환경친화적임
 - 세계적으로 할론 대체 청정 소화약제로 노벡(Novec® 1230)이 사용되고 있음, 오존층 파괴지수(ODP)가 0이고 지구온난화지수(GWP)는 1임
- 할로겐화 소화용매를 대체하기 위한 불연성이며, 오존파괴지수가 0이고 지구온난화지수가 낮은 Asahi Klin AE-3000를 개발 완료 및 시판
 - Asahi Klin AE-3000 Series는 정밀세정용매, 수분이동유체, 전자용 용매, 윤활유용 사용

| 표 4. 불화탄소 주요 제조기업 현황 [1] |

(단위 : 백만 달러(매출액), 명(직원수))

	기업	대표자	설립 연도	주요제품	매출액	직원수	동향
세계 Top 기업		Zhang Jianhong	1987	HFCs	2,067	5,876	HCFC-22, R134a과 같은 수많은 냉매 제품을 제조 및 제공
		Darius Adamczyk	1985	HFCs	41,802	114,000	고정식 에어컨 시스템을위한 불연성, 저 GWP 냉매 인 Solstice N41(잠정 R-466A)을 출시
		Ilham Kadri	1863	HFCs	12,113	24,500	해양 석유 및 가스 응용 분야를 위한 고성능 열가소성 복합 재료인 Evolite™ F1050을 출시

★ 불소계 단량체/고분자

- 불소고분자 관련 글로벌 기업은 시장 점유율 확대 및 기술 선도를 위해 인수합병, 생산거점 확보 등의 투자확대 및 신제품 개발을 적극적 추진하고 있음
 - 선진국의 대규모 제조회사들은 연간 생산량 3,000톤 이상의 유기불소 재료 제조공정을 보유하고 있으나, 고부가가치 제품을 생산하는 소규모 회사들은 연간 수백톤 규모의 유기불소 재료 제조공정을 보유하고 있음
 - 불소고무 글로벌기업은 미래 신소재산업에 대비하기 위해 신제품 출시 및 지속적인 대규모 투자로 수요 맞춤형 사업확장 추진하고 있음
- 유기 불소 재료 중에서도 기능성이 특히 보강된 재료인 내후성, 내구성 및 광전자 기능성이 개선된 새로운 PVDF 공중합체를 비롯한 유기 불소 재료 신기술 개발이 활발하게 진행되고 있음
 - 선진국 제조회사들은 새로운 유기 불소 재료 및 에너지 저장기술과 폐기물 발생을 최소화하는 친환경 기술에 관한 연구개발에 주력하고 있음
 - 중국은 불소고분자 중에서 PTFE를 주로 생산하고 있으며, PVDF와 불소고무 등의 양산도 시작한 단계임
 - 중국의 PTFE 주요 제조업체는 동위그룹(Dongyue)이 30,000톤/년, Zhonghao Chenguang이 15,000톤/년과 Zhejiang Juhua가 13,000톤/년 생산하고 있음
- 미국을 중심으로 불소 자원고갈 대비 폐 불소고분자 리사이클을 위한 기술개발을 적극적으로 추진하고 있음
 - 미국은 불소 고분자를 리사이클하기 위해서 재이용 또는 소각 폐기의 2개의 방법을 사용하여 리사이클링 추진
 - 회수한 불소고분자를 저마찰 첨가제로 재사용하는 시장이 존재하며, 회수된 PTFE, FPA 또는 PFA, FEP는 미세한 분말로 갈아서 잉크와 페인트 제품의 첨가제로 사용되고 있음
 - 소각시 화염 조건에 따라 독성 가스가 발생하는데, 이산화탄소, 일산화탄소, 무수불산, 테트라플루오로에틸렌, 헥사플루오로에틸렌, 퍼플루오로이소부틸렌, 카보닐 플루오라이드와 저분자량 불화탄소 화합물이 주로 생성

- 일본 Asahi Glass는 일본철장화학기계(株)와 공동으로 페불소 고분자를 분해해서 불산으로 회수하는 리사이클 기술을 상용화
- 내열전선(耐熱電線) 피복재(被覆材)나 반도체 제조 재료, 전자부품 등에 사용되는 불소고분자는 열분해 시 발생하는 가스의 취급이 쉽지 않아 리사이클이 어려움
- 회수된 불소고분자를 열분해한 후 생성되는 불소가스를 불화칼슘(CaF₂)으로 전환하여 회수하고 이 불화칼슘은 다시 불소화학 제품의 원료로 재이용됨
- 열가소성 물질은 리사이클 공정 과정에서 고분자의 열화와 오염물질로 인하여 제한적으로 리사이클이 가능하며, 오염물질은 충전제와 같은 불활성 물질로, 회수 물질은 물성 변경으로 다른 플라스틱으로 활용 가능

| 표 5. 불소계 단량체/고분자 주요제조 기업 현황 [1] |

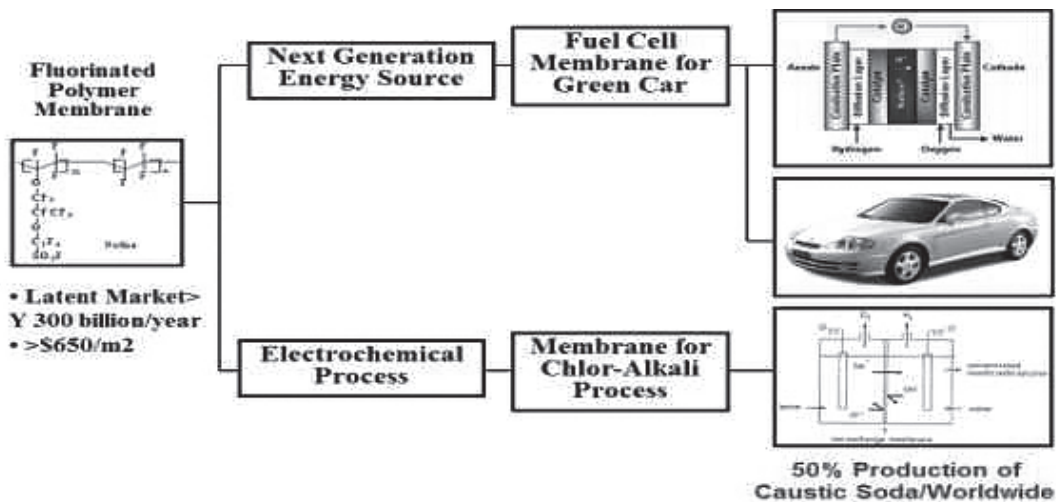
(단위 : 백만 달러(매출액), 명(직원수))

	기업	대표자	설립 연도	주요제품	매출액	직원수	동향
세계 Top 기업		Takuya Shimamura	1907	ETFE, PTFE, PFA, 불소고무	12,540	53,224	FEP 고성능 불소고분자를 출시, 신제품의 경우 자동차 부품에 주로 적용
		Mark P. Bernano	2015	ETFE, PTFE, FEP, PFA, AF, FFR, 불소고무	6,640	7,000	중국 장수에 새로운 테플론 공장 설립, 불소제품 생산 향상을 위해 확장 중
		Masanori Togawa	1924	ETFE, PTFE, FEP, PFA, EFEP, PCTFE, 불소고무	22,352	76,484	중국에 자회사를 설립할 계획, HeroFlon 인수, 최종 용도 산업에 PTFE 화합물 제공
		-	1987	PTFE, FEP, PFA	573.1	1,693	생산량을 증가시킴 (22,321톤→46,800톤)
		Mike Roman	1902	FEP, PTFE, PFA, 불소고무	32,765	93,516	Dyneon B.V.를 통해 불소사업을 관리, 자동차 산업의 소비자를 위한 기반 구축
		Ilham Kadri	1863	PTFE, ECTFE, PFA&MFA, 불소고무	12,113	24,500	광범위한 제품 스펙트럼 보유, 전세계 경제 신흥국에서 사업을 운영중
		Zhang Jianhong	1987	PTFE	2,067	5,876	중국 및 아시아 지역의 광범위 네트워크 구축, 다운스트림 불소고분자원료인 R-22 및 R142b의 제조에 종사

★ 불소계 기능성 코팅제

- 환경과 인체에 유해하지 않으면서 기존 과불화알킬기가 가지는 물성과 대등한 성능을 가지는 신 개념의 불소계 기능성 소재 개발추진
 - 불소계 기능성 코팅제, 발수발유제를 생산하는 대표적인 회사는 DuPont, Asahi Glass, Daikin, Solvay, Atofina, 니카코리아 등이 대표적 기업임
 - 최근에 미국의 “OMNOVA Solutions”에서 “Poly Fox”란 불소계 발수발유 코팅제를 개발을 완료
- (불소계 연료전지막) 연료전지의 이온교환막으로써 연료전지의 성능을 좌우하는 핵심재료로 해외에서는 Dupont이 선발주자이고, 3M, Solvay 등이 최근 독자적인 불소계 수지 개발 완료
 - 대표적인 불소계 전해질막으로는 Dupont Nafion, Solvay Aquvion, Asahi Kasei Aciplex, Asahi Glass Flemion 등을 들 수 있음
 - W.L.Gore 사는 불소계 수지를 다공성 테플론(Gore-TEX)으로 보강한 강화 복합막을 연료전지용으로 특화하여 개발

| 그림 4. 연료전지막 사용용도 [2] |



★ 정밀화학 중간체 제조용 불소화 소재

- 디스플레이, 의학 등 다양하게 사용되고 있으며, 전문기업들의 연구가 활발하게 진행되고 있음
 - 디스플레이 소재 연구기업 : 독일 Merck, 일본 Chisso 및 DIC(Dainippon Ink and Chemicals), 미국 Kumar와 Samulski 그룹, Mitsubishi 그룹 등
 - 의약품분야 소재 연구기업 : Bayer, Pfizer, GSK 등
- 불소액정 화합물은 응답속도 향상, 저에너지 소비형, 고 콘트라스트 비, 시야각 향상 등의 물성을 갖으며, 플렉시블 및 3D 디스플레이에 적합한 불소가 치환된 액정화합물이 개발되고 있음
 - Merck, Chisso, Dainippon Ink and Chemicals, Kumar, Samulski 그룹, Mitsubishi 그룹 등이 연구가 활발하며, 국내에서는 불소액정 연구기반이 전혀 없는 상황임
- 불소화 스테로이드 및 fluorouracil의 개발 이후 불소화 의약품에 관한 연구는 꾸준히 진행되고 있음
 - DAST(Dieckmann Sulfur Trifluoride)의 발견 이후, 1980년대 초부터 불소 포함 의약품의 수가 지속해서 증가하고 있으며, 전체 의약품 중 5-15%를 유지
 - 1990년대 국외 불소함유 의약품개발 동향을 보면 독일의 Bayer의 Moxifloxacin을 유럽 전역에 출시하였으며, 화이자 Trovafloxacin을 개발하여 미국 전역에 출시하고, 영국의 제약회사인 스미스 클라인비참은 Rofloxacine을 Esteve사로부터 라이선싱하여 불소계 의약품을 상용화하여 미국 및 독일과 더불어 핵심 선두그룹을 형성하고 있음
 - 불소함유 제초제 및 살충제 제품의 효과가 기존의 약제에 내성이 나타나는 대상에 대해 우수하여, 불소제품의 사용이 증가하고 있으며, 이로 인하여 불소함유 작물보호제의 개발이 활발히 진행되고 있음
 - 불소함유 합성법 및 시약개발로 불소제품은 증가추세에 있으며, 물리적 성질에 의해 약효증대 및 대사적으로 안정한 의약품의 개발을 위하여 불소함유 의약품의 수요는 꾸준한 증가 예상

| 표 6. 불소 함유 의약품 및 주요 제조회사 [3] |

제조기업	상품명	치료명 (용도)
Pfizer	Lipitor	Cholest, Trigly regulator (당뇨치료제)
Forest Lab	Lexapro	Antidepress (항우울제)
Astra Zeneca	Crestor	Cholest, Trigly regulator (당뇨치료제)
GlaxoSmithKline	Advair Diskus	Corticoids (당뇨치료제)
Ortho Mcneil	Levaquin	Fluoro Quinolones (항생제)
Pfizer	Celebrex	Antirheumatic N-steroid (항염제)
Merck	Zetia	Cholest, Trigly regulator (당뇨치료제)
Merck	Januvia	DPP-IV Inhibitor A-Diabs (당뇨치료제)
Forest Lab	Bystolic	B-Blocking Agents (심부전치료제)
GlaxoSmithKline	Avodart	BPH Product (전립선치료제)
Alcon	Vigamox	Fluoro Quinolones (항생제)
Pfizer	Protonix	Antiulcerants (해열/소염진통제)
Merck	Avelox	Fluoro Quinolones (항생제)
Merck	Janumet	DPP-IV Inhibitor A-Diabs (당뇨치료제)
Alcon	Ciprodex	Anti-infect (항균제)
GlaxoSmithKline	Veramyst	Corticoids (당뇨치료제)
Pfizer	Caduet	Cholest, Trigly regulator (당뇨치료제)
Takeda	Prevacid Solu Tab	Antiulcerants (해열/소염진통제)
Allergan	Zymar	Bacterial Conjunctivitis Prod (항균제)
Sucampo	Amitiza	Laxative (변비완화제)
GlaxoSmithKline	Advair	Corticoids (당뇨치료제)
Gilead	Truvada	HIV Antivirals (에이즈 치료제)

국내 산업 동향

★ 관련 기업 동향

- 불소계 화학소재는 기간산업의 핵심 소재이나 국내는 중간원료를 수입하여 단순 가공을 통해 부품을 공급하는 수준으로 고부가가치 사업은 해외기업이 과점하고 있음
- 투자비가 많이 들고 공정이 위험하며 수익성이 낮은 원재 부분은 기업들이 꺼리고, 최종 응용 소재는 중간 원료공급 문제 및 기술 축적도가 낮음
- 불소산업 경쟁력을 확보하면 자동차-전자 등 후방 수요 산업이 글로벌 경쟁력 확보에 도움이 되기 때문에 빠른 속도로 성장할 것으로 예상

★ 불소원료 관련 동향

- 모든 불소산업의 원료인 형석은 국내에서 생산되지 않고, 전량 중국에서 수입 중. 무수불산(AHF)는 (주)후성에서 1만톤 생산. 국내 수요의 약 10% 미만 생산 중이며 중국에서 나머지 대부분을 수입 사용함. 국내 기업들은 수입 AHF를 활용하여 수익성이 우수한 AHF의 초고순도 정제(UHF) 혹은 반도체 디스플레이 산업에 사용되는 식각/세정액, 식각/세정가스 위주로 제조 판매
- 국내기업은 일본의 수출규제에 대응하여 신속하게 기술개발 및 생산시설 증설을 추진(UHF)
- 국내 중견/대기업을 중심으로 탄소중립과 관련하여 반도체 디스플레이 공정에서 사용되는 대표적인 온실가스인 CF₄, C₂F₆, NF₃, SF₆ 등을 대체하는 친환경 저 온난화지수 가스 및 관련 장비 개발을 추진

| 표 7. 불소원료기업 현황 |

(단위: 백만 달러(매출액), 명(직원수))

	기업	대표자	설립 연도	주요제품	매출액	직원수	동향
세계 Top 기업	 (주)후성	송한주	2006	(고순도)불산	2,749	316	고순도 불산 제조 국산화 준비, 반도체 특수가스 생산시설 증설
	 soubrain	정지완	1986	(고순도)불산, 식각액, 불소가스	5,745	1,140	고순도 불산의 대량 생산 능력 확보, 중대형전해액용 조성 개발
	 SK 케미칼	이용욱	1982	불산	5,066	697	고순도 불산 양산 예정, 반도체 특수가스 생산시설 증설
	 (주)한솔케미칼	김정수	2010	불산	651	31	중국산 불산을 공급, 고순도 불산 제조 국산화 준비중
	 대우화학	아키요시 요시로	1991	식각액	23,832	2,844	스미모토화학의 자회사, 불소계 실리콘의 박막 용도 특허 출원 활발
	 DOW CHEMICAL CO.	이부섭	1973	식각액	6,321	1,097	반도체 미세공정용 ArF포토레지스트 15종을 생산·공급 계획
	 ENF	지용석	2000	식각액	4,254	386	우한과 광저우에 프로세스 케미컬 공장을 가동

★ 불화탄소 관련 동향

- 국내 냉매제조 기업은 (주)후성이 각종 HCFC계 제품인 HCFC-22, HCFC-141b, HCFC-142b 등 HCFC 3종 일부를 생산하고 있지만, 국내에서 유통되는 대부분 제품을 중국으로부터 수입에 의존하고 있음(수입액 기준 약 95%)

- CFC 대체물질인 HCFC는 대부분, HFC는 해외에서 전적으로 의존하는 관계로 국내시장이 외국업체에 완전 종속되는 최악의 상황까지 예측할 수 있음
- HFC는 오존을 파괴하지는 않지만, 일부의 HFC는 지구온난화지수가 높아 사용이 제한되고, 국내에서는 HFC-134a만 실험실 제조 성공, 생산체제 미구축
- 선진국에서는 이미 오존층 파괴물질의 생산 및 사용 규제에 대비한 대체물질 개발과 진행(예, HFC-1234yf), 국내기업 연구개발 미흡
 - 대체물질에 관련된 외국인의 국내 특허출원 증가는 곧 국내 관련 산업계의 직접적인 피해는 물론 국가적 손실로 다가올 것으로 예상함
 - 국내 대부분 냉매 취급 업체들이 완제품을 수입 후 판매, 가격경쟁에만 집중하고 있어, 해당 산업의 중소기업체들의 난립으로 경기불황 시 위험이 큼
 - 한국과학기술연구원(KIST)에서는 'HFC32'라는 물질을 개발해 상품화 추진중
 - CFC 대체물질들의 개발시에는 구조식을 이용한 물성 예측, 제조 화학공정 개발, 신개발 물질의 각종 성능평가, 환경영향 평가(GWP 평가 등) 등 기술개발에 많은 다 학제 전문가 및 장기간이 필요하고, 성공 확률이 매우 낮기 때문에 기술개발 난이도가 극히 높음(신약 개발과 유사)

| 표 8. 불화탄소 제조기업 현황 |

(단위 : 백만 달러(매출액), 명(직원수))

	기업	대표자	설립 연도	주요제품	매출액	직원수	동향
국내 주요 기업	 주요기업	송한주	2006	(고순도)불산	2,749	316	중국기업과 합작하여 전해질 생산공장을 증설

★ 불소계 단량체/고분자 관련 동향

- 국내에서는 1990년대 중반 한국종합화학과 화학연에서 공중으로 불소계 수지의 개발을 추진하였으며, 3,000톤/년 규모 TFE 및 PTFE 상업생산공장 기본설계 자료까지 완성하였으나 상업생산공장 건설은 추진하지 못하였음. 불소계 단량체 중 TFE는 (주)후성과 니카코리아(주)가 생산기술을 보유, 단량체 제조 원천기술은 KIST 및 화학연에서 보유하고 있음
 - 불소고분자의 일종인 PVDF를 제조하기 위한 원료가스인 VDF 제조기술을 실증공정 규모(100톤/년)로 화학연에서 국내 최초로 성공, 캄트로스로 기술이전. R-22 열분해 TFE 제조기술과 VDF 제조기술은 유사하므로 (주)후성도 VDF 생산 가능
 - VDF(Vinylidene fluoride)는 불소고분자를 구성하는 단위물질로 4개의 수소를 갖는 에틸렌에서 마주보는 2개가 불소로 치환된 화합물. 이는 모든 불소고분자를 이루는 불소계 단량체 제조에 적용되는 것으로 그동안 전량 수입에 의존
 - 불소고분자(PVDF) 제조하기 위한 기본 단위물질을 제조하는 기술로 화학연은 PVDF 제조를 위한 단량체 핵심 열분해와 증류 정제 원천공정을 확보

- 한국화학연구원과 니카코리아(주)가 공동으로 폐 PTFE를 열분해하여 TFE와 HFP제조하는 폐 플라스틱을 리사이클하는 연속 열분해 및 증류정제 공정기술을 세계 최초로 개발하여 상용화 완료
 - 화학연에서 보유한 PTFE 리사이클 기술 외에는 폐 불산이나 다른 폐 불소고분자에 관한 국내의 리사이클 기술 수준이 선진국보다 매우 낮음
 - 불소계 고분자(PTFE, PFA, FEP, PCTFE, ETFE 등), 불소계 고무(FKM, FEPDM, FFKM 등) 대부분의 유기 불소재료는 국내에서 미생산
 - 불소계 오일소재 중 branch 형 PFPE 오일 및 PFPE 그리스 등은 한국화학연구원과 니카코리아가 공동으로 개발하여 상용화 공장 가동 중
- 국내 SKC 에코솔루션즈가 2019년 16일 친환경 건축용 필름 'SKC 에코데코(eco-deco) 필름'을 국내에 출시
 - 강판, 패널, 목재 등 건물 외장재에 페인트 대신 사용할 수 있는 친환경 필름으로 바깥 부분이 100% 불소로 되어 있음
 - 페인트는 도장 뒤 건조 과정에서 휘발성 유기화합물을 배출하지만, SKC에코데코 필름은 색상, 무늬를 골라 인쇄하고 건물 외장에 붙이는 방식이라 휘발성 유기화합물이 발생하지 않고, 갈라지거나 부서지지 않는 특성을 가짐
- 수소자동차 연료전지 생산업체인 (주)코멤텍은 '수소연료복합막'과 2차 전지용 다공성 PTFE 분리막' 기술을 개발하여 미국, 일본에 이어 세계 세번째 양산
 - 미국 Gore사가 1973년 최초 개발 이후 40여 년간 독점해온 기술로 수소연료전지뿐 아니라 국내시장 3조 원대에 이르는 공기필터의 핵심 소재로 미세먼지를 99.9%를 걸러낼 수 있어 친환경 소재로 각광
 - (주)코멤텍 이외 (주)상아프론테크, 코오롱인더스트리(주) 등이 다공성 PTFE 제조기술 개발 및 상업생산 중

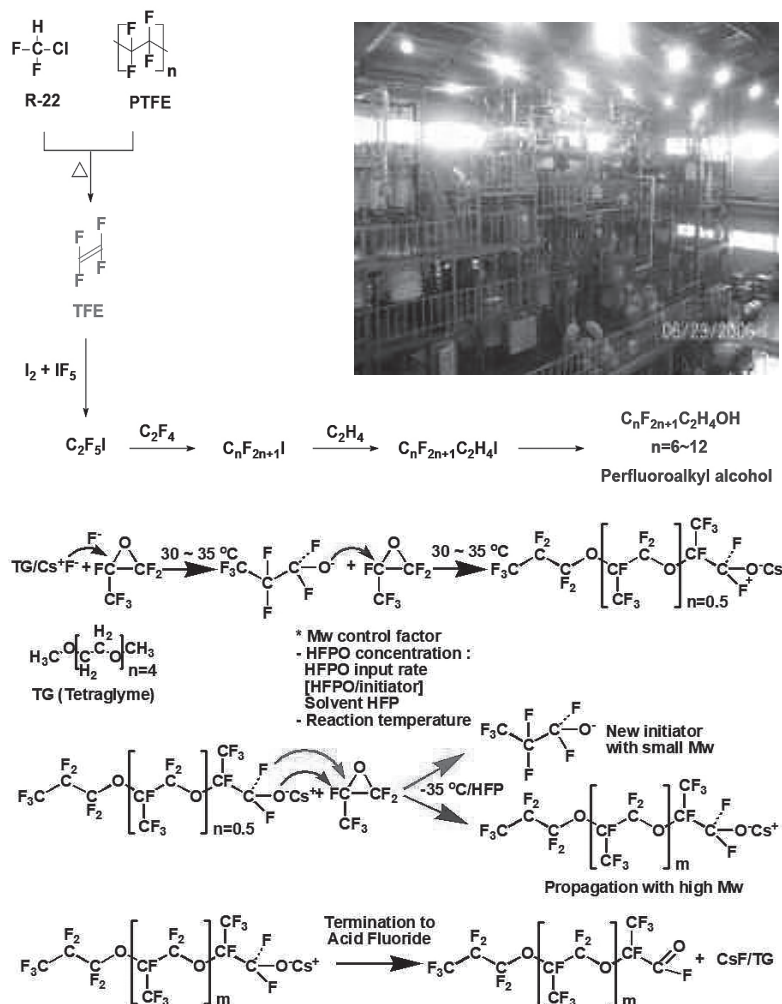
| 표 9. 불소계 단량체/고분자 제조기업 현황 |

(단위 : 백만 달러(매출액), 명(직원수))

	기업	대표자	설립 연도	주요제품	매출액	직원수	동향
국내 주요 기업	 주요기업	송한주	2006	C4F6, WF6, NF3	2,749	316	TFE 제조기술 보유
	 CHEMTROS	이동훈	2016	전자재료, 접착제 등	444	98	2차전지용 불소고분자 PVDF 개발중(국산화)
	 상아프론테크	이상원	1986	불소계 가스켓, Sheet, 필름	1,383	571	ePTFE 멤브레인 필터 공급계약을 통해 글로벌 시장 진출, 원재료 수입 가공
	 SAMIL CORPORATION	이구형	1998	불소고분자, 불소도료, 필름, 고무	93	10	원재료 수입 가공

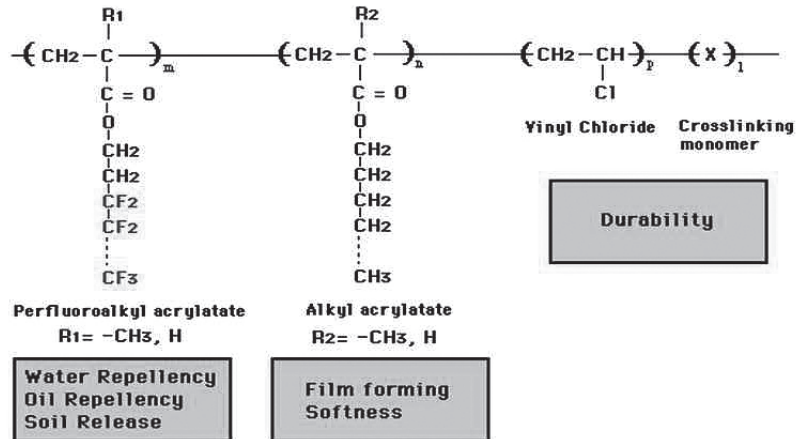
★ 불소계 기능성 코팅제 관련 동향

- 불소계 기능성 코팅제 및 계면소재는 과불소알콜($\text{CnF}_{2n+1}\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$, $n=6\sim 12$) 혹은 과불소폴리이써($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_2\text{[O-CF}_2\text{CF}_2\text{]}_n\text{-}$) 화합물을 주 원료로 사용하여 제조. 과불소알콜은 니카코리아(주)가 국내에서 유일하게 한국화학연구원과 공동연구개발에 성공하여 생산
 - 과불소알콜은 니카코리아(주)가 생산 규모를 2012년 500톤으로 증설 완료하였으나, 2020년 현재 생산공정 일부는 가동을 중지
 - 과불소폴리이써는 니카코리아(주)가 2016년 생산규모 200톤/년 규모로 생산개시. 과불소폴리이써와 불소윤활유를 병행 생산하고 있음



| 그림 5. 과불소알콜 및 과불소폴리이써 제조 개념도 및 공정 전경 [2] |

- 니카코리아(주)는 1998년부터 불소알콜 생산기술을 개발하여 불소알콜~불소발수제까지 일괄 생산라인 구축
- 불소계 발수발유제는 니카코리아(주)를 국내 최초로 대동캠텍(주) 등에서 주력상품으로 생산 중



| 그림 6. 불소계 발수발유제 기본 화학구조 [2] |

- 국내에서 고분자 연료전지의 중요성 때문에 서강대, 광주 과기원, 한양대 등과 한국화학연구원, KIST 등 많은 연구팀이 연구를 진행하고 있지만, 기초원료인 불소계 단량체 수급이 용이하지 않아 개발에 한계
- 최근에 한국화학연구원에서 Dupont사 Nafion과 동일구조(LSC, Long Side Chain)의 연료전지 전해질 제조 단량체 및 고분자 제조기술 전 과정을 실험실 규모로 개발하여 성능시험과 상용공정 설계를 동시 수행 중

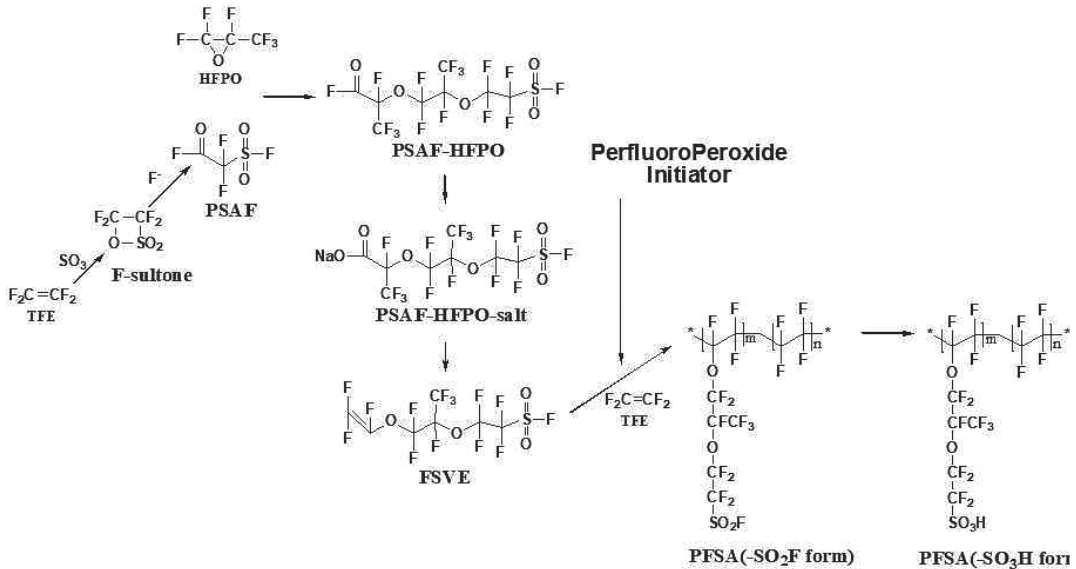


그림 7. 연료전지 전해질(LSC) 제조 순서 [2]

- 최근의 기술 동향은 인체 축적성이 있는 장쇄기의 과불화탄소를 이용하지 않고 짧은 불화탄소기($-\text{CH}_2\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2-\text{CF}_2\text{CF}_3$)를 이용하여 불소계 기능성 코팅제를 합성하고 적용하려는 연구들이 진행되고 있음
- 국내 불소계 기능성 코팅제 관련 기술개발을 통하여 반도체, 화학, 정유 건축 등 다양한 분야에서 활용되고 있음. 예로 후쓰코리아는 불소고분자를 도료화해 비활성의 단단한 코팅층 형성하는 기술을 보유하고 있고, 플로닉스는 반도체, 화학, 정유 공정에 쓰이는 산업용 밸브 및 펌프류를 전문적으로 생산하는 기업으로 불소고분자 라이닝 기술을 보유. 우진아이엔에스는 불소고분자 코팅 덕트를 개발, 국내 반도체 생산시설에 공급. 포스코 강판에서 방향에 따라 제품의 색상이 달라지는 카멜레온 불소 강판을 개발, 주변환경과 어울리는 색채를 구현할 수 있어 차별화된 건축 자재로 활용

표 10. 불소계 기능성코팅제 제조기업 현황

	기업	대표자	설립 연도	주요제품	매출액	직원수	동향
국내주요 기업		김경재	1971	불소계 발수발유제	519	102	1988년부터 정부 지원을 받아 불소계 발수발유제, 계면활성제, 과불소알콜, TFE/HFP 단량체, 지문방지제, 불소계 윤활유 등 유기불소화합물 개발, 상용화공장 가동 중
		이병락	1997	불소고분자 코팅, 불소고분자 라이닝	42	30	불소고분자 코팅을 적용한 사이트 글라스 개발

★ 정밀화학 중간체 제조용 불소화 소재 관련 동향

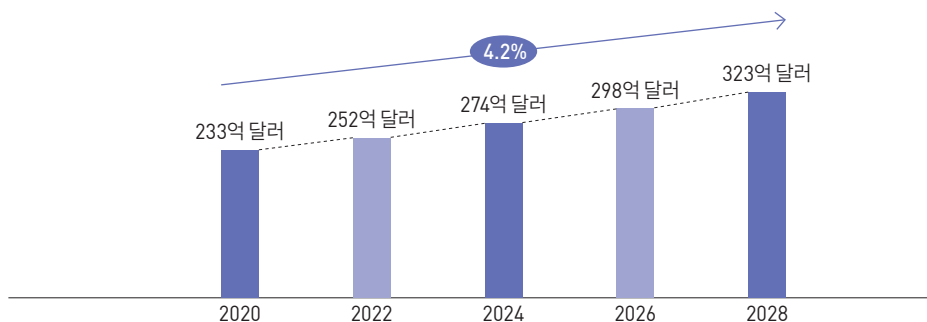
- 국내의 경우 정밀화학제품의 기초원료인 불소 유기화학 중간체의 연구는 거의 진행되지 않아 정밀화학 분야인 농약, 의약, 염료 등의 전후방 산업 성장의 장애물로 지적되고 있음
 - 국내 불소함유 의약품 연구개발 : LG화학의 퀴놀론계의 SKB, 동화약품의 DW-116, 제일제당의 CFC-222와 한국화학 연구원의 KRQ화합물인 KRQ 등을 개발하여 수입대체 및 신규 의약품 개발을 추진(제품화 개발, 재료 물질 연구는 없음)
 - 에이카랩스(주)(연세대)가 프리미엄 고기능성 치약인 '에이카 오리지널 고불소 치약'을 단독 출시
- 세계 액정소재 수요의 60%를 공급하고 있는 머크(Merck)사는 액정 측정기술을 국내에 도입하였고, (주)동진세미켐이 고분자 분산형 액정, RN, STN 액정 및 고속응답형 수직배향형 액정을 개발하였으나, F-액정 기반 차세대 신기술 분야 대응 소재개발은 수행되고 있지 않음

3. 불소 소재 시장 동향

/// 해외 시장 동향

★ 불소 소재의 해외시장 동향

- 2020년 기준 세계시장은 233억 달러, 2028년 323억 달러로 연평균 4.2% 성장할 것으로 전망
 - 결합형태를 기준으로 불화탄소, 불소고무, 불소고분자, 무기물, 기타 등으로 구분. 소재별 부가가치는 불소고분자/고무가 불화탄소 및 무기물에 비해 약 5배 정도 높음
 - 적용분야는 화학, 전기·전자, 항공우주 등에 다양하게 활용되며, 기술진화에 따라 수요는 지속적인 증가가 예상됨
 - 전기·전자 부문의 시장이 가장 빠르게 성장하는 분야이며, 내열성, 투명성, 화학적 안정성, 내구성 등이 뛰어나 사용이 확대되고 있음
 - 응용분야별 산업은 계면활성제, 분사제, 알루미늄, 냉매, 자동차 등으로 구분



| 그림 8. 글로벌 불소화합물 시장 전망 [4] |

- 세계 Top Player 기업의 제품 포트폴리오

- 글로벌 Top Player 기업들은 축적된 기술과 글로벌 진출을 통하여 불소계 소재 모든 분야의 제품을 생산 및 공급하고 있어 신규 진입이 어려움

| 표 11. 글로벌 Top Player 기업 제품 Mapping(2018) [4] |

Company	Fluoro polymers	Fluoro elastomers	Fluoro carbons	Inorganic	Others
Arkema S.A.	●	●	●	○	●
Daikin Industries, Ltd.	●	●	◐	◐	●
DuPont de Nemours, Inc.	◐	○	○	○	○
Dongyue Group Co., Ltd.	●	◐	●	◐	◐
Halocarbon Products Corporation	●	◐	◐	○	●
Honeywell International Inc.	●	●	●	○	◐
Kureha Corporation	●	◐	◐	○	○
Pelchem SOC Ltd.	●	◐	○	○	○
The 3M Company	●	○	○	○	○
Solvay S.A.	●	●	◐	◐	○

※ 제품포트폴리오 경쟁력 : 강 → ●, 중 → ◐, 약 → ○

- 불소화합물 시장의 글로벌 가치사슬은 불소 관련 대표기업을 중심으로 견고하게 구축되어 있음

| 표 12, 글로벌 불소화합물 기업 가치사슬 [5] |

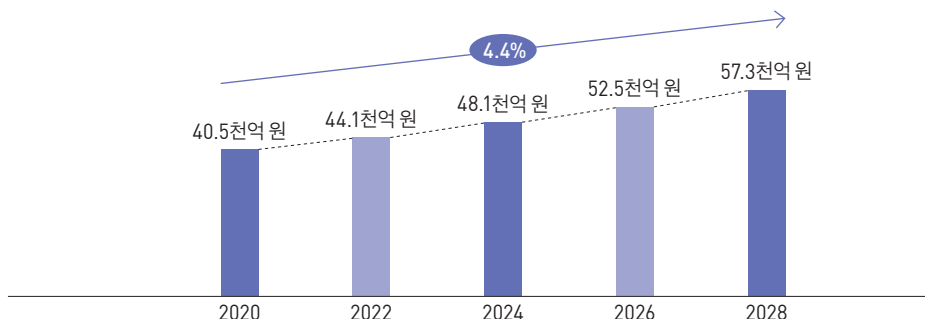
Raw Materials	Fluorochemicals	Distributors	End-Use Industries
원재료 공급업체	불소 화학물질 제조업체	불소 화학물질 대리점	최종제품 판매
• Chifeng Sky-Horse Fluorspar Mining co., ltd • Amania Mining Company • Kangcheng Industries Company Limited	• Arkema S.A. • Dakin Industries, Ltd. • DuPont • Dongyue Group Co. Ltd. • Halocarbon Products Corporation • BASF SE	• Daikin Industries Ltd • BASF SE • DuPont • Ashland • 3M	• Electrical Industries • Electronics Industries • Chemical Industries • Oil & Gas • Others

Forward
Integration
➡

국내 시장 동향

★ 국내 불소화합물 시장

- 불소화합물 국내시장은 2020년 4조 원, 2028년 약 5.7조 원으로 연평균 4.4% 성장할 것으로 전망
- 2019년 기준 국내 불소화합물 수입은 약 30억 달러, 수출은 약 23억 달러로 5.9억 달러의 무역적자를 기록함
- 시장전망 : 2019년에서 수입금액에 국내생산 추정액 2,000억 원을 합산하여 시장규모 산정, 2020년은 코로나로 인하여 성장이 없는 것으로 예상하고 이후 소재별 성장을 적용하여 시장전망



| 그림 9. 국내 불소화합물 시장 전망 [6] |

- 2019년 기준 불소 소재별 시장규모는 기능성 코팅제 16.2천억 원(40.2%), 불소단량체/고분자 8.6천억 원(21.3%), 불소원료 8.3천억 원(20.6%), 정밀화학 중간체 제조용 불소화 소재 3.7천억 원(9.1%), 불화탄소 3.56천억 원(8.8%) 규모로 형성되어 있음

| 표 13. 국내 불소화합물 시장 규모(2019년) [6] |

(단위 : 천억 원(금액), %(비중), 천톤(수요량))

구분	금액		물량	
	금액	비중	수요량	비중
원료	8.34	20.6	306.87	59.3
불화탄소	3.56	8.8	59.90	11.6
불소단량체/고분자	8.63	21.3	53.22	10.3
기능성 코팅제	16.25	40.2	61.87	12.0
중간체제조용 불소화 소재	3.69	9.1	35.61	6.9
합계	40.48	90.9	517.5	100

4. 해외 불소산업단지

// 해외 불소산업단지 동향

★ 구자라트 플루오르 케미컬(Gujarat Fluorochemicals, 인도)

- 1987년 설립되어 2017년 직원수는 1,693명, 매출 5.7억 달러 실현, 불소 폴리머, 산업용 가스, 화학, 에너지 등 글로벌 시장 리더
- 주요생산품: PTFE(36.4%), 가성소다(22.6%), 냉매(19.6%), 클로로메탄(13.0%), 기타(8.4%)
- 세계 4위의 PTFE 생산 업체로 불소 중합체 시장의 11.0% 점유
- 전세계 50개국의 판매 및 유통 네트워크를 보유
- 불소화합물 생산 CAPA를 22,321톤에서 46,800톤으로 증설
- 공장 부지면적(약 80,000㎡, 24,200평) : 불소의 원료부터 제품까지 생산



| 그림 10. 구자라트 플루오르 케미컬 공장 위성사진 |

★ 동위 그룹(Dongyue Group, 중국)

- 1987년 설립되어 2017년 직원수는 5,862명, 매출 15억 달러 실현
- 주요생산품 : 폴리머(29.0%), 냉매(24.0%), 실리콘(24.0%), 불산가스(16.0%), 기타(7.0%)
- 아시아 1위 불소계 실리콘 생산업체로 냉매, 유기불소, 염화물, 불산 생산
- 공장부지면적(약 330,000㎡, 11만 평) 불소 원료부터 제품까지 생산



| 그림 11. 동위그룹 공장 위성사진 |

[참고문헌]

1. "Hydrofluoric_Acid_Market, Marketsandmarkets", 2019-2023
2. "유기불소 원천공정 개발에 관한 연구보고서", 한국화학연구원
3. "Top 200 Small Molecule Pharmaceuticals by Retail Sales", The University of Arizona, 2018
4. "Flurochemicals Market-Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2018-2024", Data Bridge Market Research, 2018
5. "Fluorochemicals Market", Allied market research, 2019
6. "수출입 무역통계", 관세청, 2020
7. "Hydrofluoric Acid Market", Markets and Markets, 2018
8. "CERAMIC SUBSTRATES MARKET-GLOBAL FORECAST TO 2022", Markets and Markets, 2017
9. "Global Sulfur Hexafluoride (SF6) Market Research Report 2017", GosReports, 2017

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
한국화학연구원	고효율 불소계 윤활유 제조기술	불소계 윤활유 제조 기술 확보	2008.04 - 2012.03
한국화학연구원	20년 이상의 내구성을 갖는 에너지 소자를 위한 태양전지용 불소계 소재 제조 기술 개발	20년 이상의 내구성을 갖는 에너지 소자를 위한 태양전지용 불소계 소재 제조 기술 개발	2012.12 - 2017.03
한국화학연구원	표면 윤활성이 우수한 과불소폴리이머 제조공정 개발	표면 윤활성이 우수한 과불소폴리이머 제조공정 개발	2016.01 - 2018.12
한국화학연구원	수소연료전지용 불소계 이온노머 및 분산액 공정 기술개발	수소연료전지용 복합 강화막제조를 위한 불소 이온노머 분산액 개발	2020.08 - 2024.12
니카코리아	디스플레이 패널 고분자 소재용 UV경화형 불소계 지문방지 코팅소재 제조공정 기술개발	디스플레이 패널 고분자 소재용 UV경화형 불소계 지문방지 코팅소재 제조공정 기술개발	2012.11 - 2016.10

반도체 소부장 산업현황 및 투자전략

|저자| 이정호 반도체 공정장비PD / KEIT
봉충종 반도체디스플레이팀 팀장 / KEIT

SUMMARY

/// 메모리 반도체 시장동향 및 기술경쟁력

- ★ 메모리 반도체 시장은 '19년 1,580억불 규모로 '21년 이후 상승하여 '23년까지 연평균 7.9%의 성장을 기록할 것으로 전망
- ★ 메모리 제조기술은 최고수준, 메모리 등 미세공정기술 분야는 미국, 일본에 앞서고 있으나 기반기술에 해당하는 장비 부품기술이 아직 미흡

/// 반도체 R&D 투자 기획 현황

- ★ 주요국은 자국 內 반도체 공급망 강화, 미래기술 확보 속도전 진행 중, 주요 기업은 M&A와 대규모 투자를 통한 미래시장 선점에 집중
- ★ 국내 『시스템반도체 비전과 전략』 발표('19.4) 後 차세대 지능형 반도체 사업단 발족, 대규모 R&D, 설계지원센터 등 성장기반 마련, 종합 반도체 강국 실현을 위한 『K 반도체 전략』 제시

/// 반도체 R&D 투자전략

- ★ (전략 1) 해외장비사와의 경쟁력 확보를 위한 포트폴리오 장비군 개발
- ★ (전략 2) 반도체 소부장 R&D 캠퍼스 구축
- ★ (전략 3) 핵심소재부품 안정적 자립화
- ★ (전략 4) 반도체 핵심소재부품 자립화를 넘어 시장확대 지원

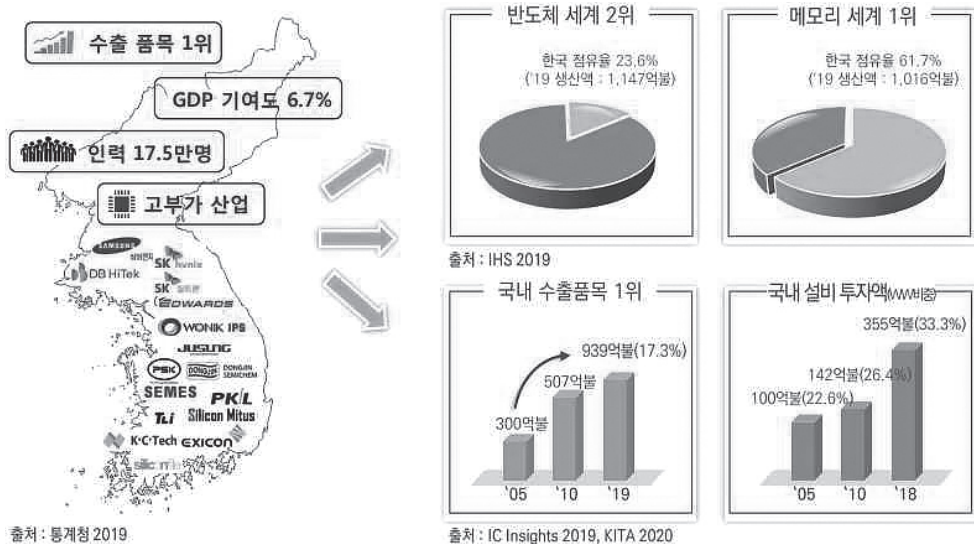
1. 반도체 공정 장비 산업동향

반도체 산업의 위상

★ 반도체 산업은 우리 수출의 약 20%, 제조업 생산의 약 10%를 차지하며 지난 40년간 우리 경제를 견인해 온 버팀목

- 국내 반도체 산업은 미국에 이어 세계 2위 생산국으로 메모리반도체 제조 세계 1위, 국내 수출품목 1위로 국내 설비 투자의 약 33% 차지하는 우리경제의 1등 주력산업
- 최근 미-중 무역분쟁 등에서 촉발된 미국 반도체 자립화 움직임에 따른 반도체 산업 수호 전략이 마련이 필요한 시점임

* '20년 수출 992억 불(전체의 19.3%), '19년 생산 149조 원(전체의 9.6%)



| 그림 1. 한국 반도체 산업의 위상 |

메모리 반도체 시장동향 및 전망

★ 메모리 반도체 시장은 '19년 1,580억 불 규모로 '21년 이후 상승하여 '23년까지 연평균 7.9%의 성장을 기록할 것으로 전망

- D램의 경우 제품의 미세공정화가 한계 및 용량 대비 가격 하락으로 출하량이 증가함에도 시장규모는 400~450억 달러 수준을 유지할것으로 전망
- 낸드 플래시의 경우 빅데이터 저장을 위한 지속적인 수요증가에 따라 시장규모 증가 전망
- D램은 기존의 PC 중심의 수요에서 모바일, 그래픽 등을 위한 새로운 솔루션 위주로 지속 성장이 예상되며 비휘발성 Storage-class memory 위주(낸드 플래시, PCRAM, MRAM 등)로 시장 성장 전망

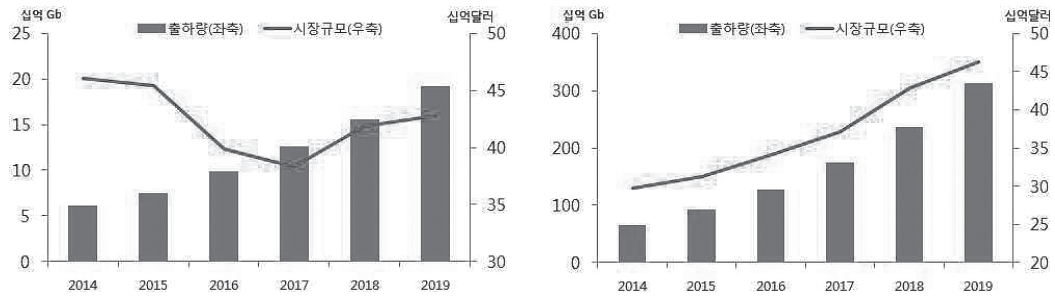
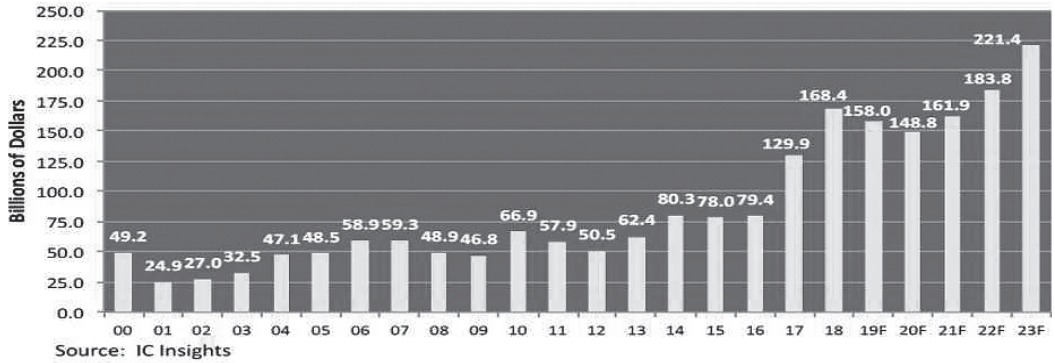


그림 2. 메모리 반도체 시장 전망 (D램시장, 낸드플래시시장)

★ D램 시장에서 한국은 약 70%의 시장을 점유하고 있으며 낸드플래시 시장에서는 약 45%의 시장을 점유하고 있음

- 삼성전자는 D램과 낸드플래시 등 기존 메모리 반도체 분야의 세계 1위 공급자로, 현재 유일하게 10nm급 공정 양산, SK하이닉스는 D램 분야 세계 2위, 낸드플래시 분야 세계 5위로 SSD 위주로 자체 메모리 솔루션 제품 개발
- 마이크론은 인텔과 3D Xpoint 기술 개발을 위해 협력, 인텔은 FPGA업체인 알테라 인수를 통해 메모리 솔루션 기술력 확보에 적극적이며 웨스턴 디지털은 '15년 낸드플래시 업체 샌디스크를 인수하여 현재 세계 3위 낸드플래시 업체로 성장

표 1. 세계 메모리 반도체 한국기업 점유율 ('20년 기준)

(단위 : %)

구분	한국	경쟁국
DRAM	71.1 (S社 60%, H社 40%)	23.8 미국(마이크론)
낸드플래시	44.9 (S社 74%, H社 26%)	35.1 미국(WDC, 마이크론)

(출처 : 국제무역통상연구원, 연합뉴스 2021.4.15)

★ 반도체 장비시장은 '18년 474억 달러 규모로 '23년까지 연평균 2.7% 성장할 것으로 전망(Gartner 2019)

- 2019년 지역별 장비시장은 한국이 132억 불 규모, 중국은 반도체 투자 확대에 견조한 성장세를 유지할 것으로 보이며 대만은 파운드리 분야의 강세로 지속 증가할 것으로 예측

* 한국 시장비중 '17년 32%, '18년 28%, '19년 22%, '20년 26% 수준

| 표 2. 반도체 장비시장 전망 |

(단위 : 년, B\$)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR ('17-'23)
시장규모	421	474	489	470	522	532	566	2.7%

(출처 : SEMI 2019.3)

- 공정별로 Wafer processing 분야는 약 81%의 시장을 점유하며 '20년 이후는 초미세화 및 신공정 도입 기대로 시장은 확대 전망, Assemble & Packaging 분야는 반도체의 미세화에 따른 TSV 공정 등 적층기술에 대한 요구로 활성화 전망

* 공정별 시장비중 : Wafer Processing 81%, Other Front End 4%, Assembly&Packaging 7%, Total Test 9% (SEMI 2019.3)

★ 반도체 소재시장은 '19년 524억 불 규모로 반도체 설비투자 확대 및 반도체 수요증가에 따라 유동적이지만 일정규모 수준의 시장을 유지하고 있는 추세

- 지역별로 Foundry 중심인 대만의 소재시장이 가장 크게 형성, 한국, 중국 순으로 시장규모 구축

/// 반도체 공정장비 기술경쟁력

★ 국내 D램 기술력은 중국보다 5년, 낸드 플래시는 2년 이상 앞선 경쟁 우위를 확보

- (D램) 국내는 '21년 4세대 D램 양산을 추진하는 반면, 중국은 '20년 2세대 D램 양산을 추진
- (낸드플래시) 국내는 '19년 128단 3D 낸드플래시를 양산한 반면, 중국은 '21년 상반기에 양산계획으로 아직 수출 등 문제점 보유

★ 메모리 제조기술은 최고수준, 메모리 등 미세공정기술 분야는 미국, 일본에 앞서고 있으나 기반기술에 해당하는 장비·부품기술이 아직 미흡

- 초고집적 반도체 공정 및 장비·소재분야의 최고기술국 대비 기술수준은 90%, 기술격차는 1.5년으로 평가, '18년 대비 '20년 상대적 기술수준은 4% 감소, 기술격차는 1.0년에서 1.5년으로 0.5년 격차 증가

| 표 3. 반도체 공정장비분야 국가 경쟁력 |

(단위 : %, 년)

구분	한국		미국		일본		유럽		중국	
	상대 수준	격차 기간	상대 수준	격차 기간	상대 수준	격차 기간	상대 수준	격차 기간	상대 수준	격차 기간
2020	90	1.5	100	0.0	95	1.0	95	1.0	80	3.0
2018	94	1.0	100	0.0	95	1.0	95	1.0	75	3.0

(출처 : KISTEP 2020년 기술수준평가, 초고집적 반도체 공정 및 장비 소재기술)

- 전공정 장비 중 증착 일부 세정 열처리장비는 경쟁 가능한 수준이나, 노광장비, 이온주입장비 및 측정장비는 기술 기반이 매우 취약, 후공정 장비 중 조립장비는 경쟁 가능한 수준으로 평가되나, 테스트 장비는 여전히 취약
- 계측/검사 장비는 최근 정부의 지원을 바탕으로 국산화 개발 시도 되고 있으나 기반기술이 취약하여 선진업체와의 기술 간극이 매우 큰 상황임

| 표 4. 반도체 주요공정장비 제조사 및 기술수준·국산화율 |

(단위 : %)

공정단계		해외기업	국내기업	국내기술수준	국산화
전공정	노광	ASML, 니콘, 캐논	세메스	10	0
	식각(Etch)	Lam Research, TEL, AMAT	세메스, APTC	25	50
	세정	TEL, DNS	세메스, PSK, KC-Tech	85	65
	평판(CMP)	AMAT	KC-Tech	75	60
	이온주입	AMAT, Axcelis		20	0
	증착(CVD)	AMAT, TEL	JEL, W-IPS, 유진테크, 테스	90	65
	열처리	AMAT, TEL	W-IPS, AP시스템	90	70
	측정·분석	KLA-Tencor, AMAT	오로스테크놀로지, SFA	35	30
후공정	패키지	테스코, 히타치하이텍, ASM Pacific	세메스 한미반도체, 이오테크닉스	90	60
	테스트	Advantest, Teradyne	엑시콘, 유니테스트	80	60

(출처 : 한국산업기술평가원, 미국, 유럽, 일본 대비 국내 기술수준, 2019.2)

- (중국) 최근 대규모 투자로 공정기술격차 축소 및 메모리 양산을 위한 장비기술은 아직 격차 존재, 미중 무역갈등으로 인해 국가 차원의 집중투자 및 인력양성으로 빠른 추격 예상
- (일본) 소재분야 선두기업(Shinetsu, Sumco 등)과 장비분야 선두기업(TEL, Screen 등) 보유를 통해 소부장 분야에 꾸준한 경쟁력 유지
- (유럽) Litho 분야 최고기술(ASML) 독점, 초고집적 공정 장비 테스트-검증 분야 최고 인프라 보유(IMEC)
- (미국) 반도체 대표 장비기업(AMAT, Lam)의 시장 장악력, Litho 제외 전분야 최고기술 보유
- * 초고집적 공정 분야 대표주자였던 인텔이 10nm급 공정 이하에서 대만 TSMC와 한국 삼성에 주도권 변동
- ★ 반도체 소재의 경우 전공정 소재(실리콘 웨이퍼, 가스, 포토마스크 등)가 시장규모의 약 60%를 차지하며 최신기술도입(EUV노광 등)에 따라 전공정 소재(리드프레임, 인쇄회로기판 등)의 성장률이 후공정 소재보다 높을 것으로 예상, 전공정 소재(46%) 대비 후공정 소재(56%)의 국산화율이 상대적으로 높음
- * 반도체 소재는 일본이 50% 이상 점유, 실리콘 웨이퍼, 노광공정의 포토레지스트와 블랭크마스크, 세정 및 식각공정에 사용되는 고순도 불산은 일본 의존도 높음, 실리콘 웨이퍼 SK실트론 10% 점유

2. 반도체 R&D 투자 기획 현황

/// 주요국 투자현황

- ★ 주요국은 자국 내 반도체 공급망 강화, 미래기술 확보 속도전 진행 중, 주요기업은 M&A와 대규모 투자를 통한 미래시장 선점에 집중
- ★ (미국) 반도체 제조·R&D·공급망 진단 등 전방위적 육성 도모
 - 바이든 행정부, 반도체 산업 지원에 500억 불(약 56조 원) 투입, 반도체 기술연구 및 프로토타입 개발, 스타트업 지원, 인력훈련 프로그램 개발 등을 수행하는 국가반도체기술센터 설립
 - 인텔, MS·IBM과 파운드리 시장 재진출, 22조 원 투입해 애리조나 공장 신설
- ★ (유럽) 반도체 생산 거점 및 제조역량 강화를 위한 지원책 준비
 - 10나노 이하 초미세공정을 이용한 반도체 생산거점 마련을 위한 프로젝트(IPCEI : Important Project of Common EU Interest) 지원 예정
 - * 반도체 기업 투자금액의 20~40% 수준의 보조금 지원 등
 - 2030년까지 180조 원 투자, 반도체 생산량 전세계 20% 달성 목표

- ★ (중국) 반도체 펀드, 중국제조 2025 등 반도체 산업 발전정책 시행, 미국정부의 對中 제재 이후 자립 가속화
 - 반도체를 집중육성하는 총 55조원 규모 국가 반도체 펀드 조성
 - 파운드리업체 SMIC 등 집중육성, 선전 파운드리 신공장 내년 가동 목표
- ★ (일본) R&D·제조환경 조성을 위한 민관사업 3.9억 불 투자 예정
 - 경제 산업성을 중심으로 TEL, 캐논 등 장비사가 중점 역할 수행, TSMC(臺), Intel(美) 협력을 통해 2나노 공정기술 개발 목표
- ★ (대만) 미국 일본과 파운드리 공장 증설, 올해 설비투자 31조 원 투입
 - 최근 TSMC는 향후 3년간('21-'23년) 1,000억 불 투자 발표, 미국 內 6개 Fab 신설에 360억 불, 중국 난징에 28억 불 투입 예정

/// 국내 투자현황

- ★ 『시스템반도체 비전과 전략』 발표('19.4) 後 차세대 지능형 반도체 사업단 발족, 대규모 R&D, 설계지원센터 등 성장기반 마련
 - ★ 산업부 소관 반도체 분야 연구개발사업 지원예산은 2009년 1,003억 원에서 2018년 300억 원 수준으로 감소, 정부 연구 개발 예산이 10조 8,000억 원에서 19조 7,000억 원으로 2배 증가하는 동안 반도체 지원예산은 감소
 - 연구개발 예산 감소는 대학들의 반도체 분야 연구 감소로 이어져 전문가 부족의 악순환이 이어짐
 - 서울대가 배출한 반도체 석·박사는 2006년 97명에서 2016년 23명, 2017년 43명으로 감소, 반도체 분야 우수논문은 2014년 중국에 뒤처짐
- * 우수논문 수 2014년 중국 27편, 한국 13편, 2017년 중국 51편, 한국 19편

표 5. 산업통상자원부 소관 반도체 분야 연구개발 지원예산 |

(단위 : 년, 억 원)

구분	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
총예산	1,003	1,112	966	1,010	951	835	751	356	314
신규과제	335	331	474	228	114	305	128	0	185

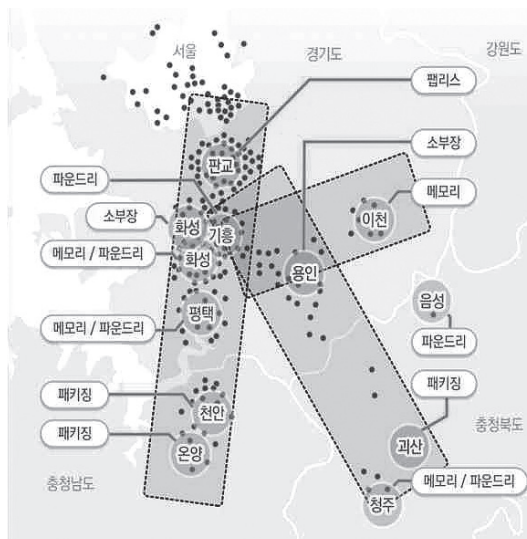
(출처 : 머니투데이, 2021.3.29)

★ 2021년 4개 세부사업내 5개 내역사업을 통해 668억 원 규모 연구개발 지원

- (차세대반도체개발) 차세대 반도체 제조 핵심기술 개발 지원
- (차세대시스템반도체설계·소자공정기술개발) 반도체 기업에서 요구하는 소자공정 및 소재·부품분야의 차세대 기술을 대학에서 선행 개발
- (전자정보디바이스-반도체) 차세대 메모리 공정/장비 분야 원천기술 및 국산화 기술개발
- (차세대지능형반도체-제조공정장비) 미래 유망산업(미래차, 바이오, 스마트가전, 첨단기계·로봇)과 연계된 반도체 제조용 첨단 장비 및 핵심부품 기술 개발
- (소재부품기술개발-반도체) 해외의존이 심한 반도체 분야 소재·부품·장비 핵심 기술 개발

★ 종합 반도체 강국 실현을 위한 『K 반도체 전략』제시('21.5.14)

- 반도체 공급망 안정화를 위한 'K-반도체 벨프' 조성
- 반도체 제조 중심지 도약을 위한 인프라 투자확대
 - * '30년까지 약 510조 원 이상의 민간투자로 초격차 유지
- 인력 시장 기술 등 반도체 성장기반 확보
 - * 10년간('22-'31년) 반도체 산업인력 3.6만 명 육성
- 국내 생태계 활성화를 위한 반도체 위기대응 강화



(출처 : K 반도체 전략, 2021.5.13)

| 그림 3. K-반도체 벨트 개념도 |

국내 신규 투자기획

★ 반도체 고급인력 양성연계 민간협력 산업원천기술개발사업

- (필요성) 반도체 원천기술 부족, 전문인력 유입 감소로 국내 반도체 산업의 위기 직면
- (기획방향) 반도체 분야 산업원천기술을 확보하고 석박사급 우수인력을 안정적으로 육성 배출하여 선순환적 산업 생태계 조정
- (지향점) 민·관이 함께 키워가는 세계최고 첨단 반도체 제조강국, 초격차 이끌어갈 원천기술확보 및 실무형 고급 인력 양성·공급



(출처 : K 반도체 전략, 2021.5.13)

| 그림 4. 기존사업 대비 사업구성 비교 |

★ PIM 인공지능 반도체 융합기술개발(Processing In Memory)

- (필요성) 전산업 AI확산으로 대규모 AI반도체 미래시장 창출 전망, 데이터 전송 및 처리량 급증, 메모리 병목현상 심화
- (기획방향) 차세대 메모리 기반 AI 반도체 공정 상용화
- (지향점) 미래선도를 위한 과학기술과 산업기술의 동행, 기억하고 판단하는 메모리 소자, 본격적인 AI시대

★ 시스템 반도체 첨단 PnT 기술혁신 플랫폼(Package and Test)

- (필요성) 패키지가 반도체 성능을 결정하는 기술로 발전, TSMC 팬아웃 패키지 기술 확보로 산업판도 변화 대응
- (기획방향) 첨단 패키지 플랫폼화, PnT 기술혁신 생태계 조성
- (지향점) 반도체 전공정-후공정기술의 균형발전

★ 반도체 산업 온실가스감축 공정기술개발

- (필요성) 반도체 산업은 총 1,700만불 온실가스배출로 5위업종, 반도체 생산량 증가에 따라 온실가스 배출 증가
- (기획방향) 고효율 배출 제어·저감장치 및 친환경 공정가스 탈탄소화 공정기술개발
- (지향점) 친환경 반도체 제조공정 확보, 첨단 반도체 기술, 온실가스 배출도 Zero

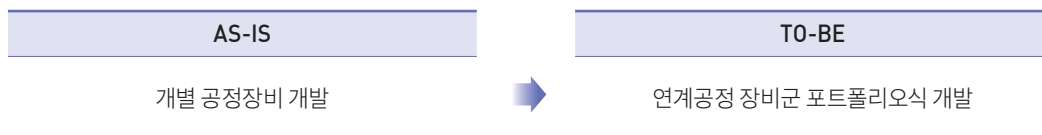
3. 반도체 R&D 투자전략

/// 반도체 공정장비 R&D 투자방향

- ★ (마·중·일 견제의 전략적 돌파) 반도체 소재 부품 장비, 공정기술의 광범위한 글로벌 무역전쟁 및 상호견제에서 R&D 투자를 통한 전략적 돌파가 시급
 - 국내 반도체 산업의 핵심 장비 및 소재에 대한 해외 공급망 의존도를 축소하고, 자급률 향상을 위해 정부와 수요기업 주도의 산업원천 R&D 투자 진행
 - 반도체 산업에서 우위를 점하기 위해서는, 시장을 선도할 수 있는 산업 원천기술 확보를 위한 연구개발 및 고급 인력 양성이 필수적임
- ★ (선순환적 생태계 조성) 공정난이도 상승, 기술의 트렌드 변화 등에 대응하기 위해 장비-소재-소자 기업과의 협력 강화로 국내 반도체 산업 경쟁우위 확보
 - (메모리 반도체 소자) D램과 NAND Flash 메모리를 중심으로 국내 업체가 높은 세계 시장 점유를 유지하고 있으나 최근 공급 과잉, 글로벌 기업의 메모리 시장 진입 시도 및 중국의 추격으로 인하여 이를 포함하는 차세대 메모리 반도체 소재 중심의 집적 기술 육성 및 전문 인력의 보급이 필요함
 - (반도체 장비) 일부만이 국산화에 성공하였으며 여전히 대부분의 공정 장비는 수입에 의존, 글로벌 시장 진출에 어려움을 겪고 있어 전략적 해소방안 모색 필요
 - (반도체 소재·부품) 기술적 성숙도가 매우 취약하며 기술의 특성상 단독 개발이 힘들고 특정 공정, 장비 기술 분야에서 평가가 이루어져야하는 기술들이 대부분이므로 공정, 장비 기술과 통합하여 개발하는 전략이 필요함

/// (전략 1) 해외장비사와의 경쟁력 확보를 위한 포트폴리오 장비군 개발

- ★ (필요성) 반도체 소자의 새로운 구조까지 일괄 종합공정을 수요기업에게 제시하는 해외장비기업과의 기술력 격차증가
 - R&D 투자방식 변화를 통한 장비기술 경쟁력 향상
 - (투자규모 확대 검토) 다수의 공정장비 및 연계공정 개발·성능평가를 위한 무빙 타겟이 가능한 프로그램형식의 중대형 사업 추진



* 소자 장비기업 의견수렴을 통하여 연계공정 선행 타겟 검토

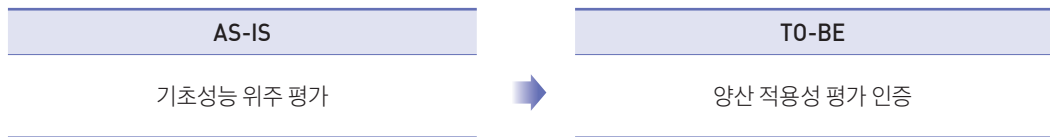
★ (필요성) 반도체 후방산업의 국산화 추진을 위하여 국내에서 개발하는 장비 및 부품소재의 테스트 및 인증이 절실함

- 국내 소재·부품·장비산업 생태계 강화를 위한 실증시험, 신뢰성평가 및 성능검증이 가능한 Test-bed 환경 필요
- 고가의 테스트 장비, 개별 기업의 테스트 환경 구축이 어려우며 수요기업 판매에 필요한 수준까지 평가 어려움(기존 Test-bed는 기초평가), 신속한 분석 측정을 위해서는 양산 Fab 접근성이 필수적임

* 소자기업의 품질 또는 성능평가에 연계되기 위해서는 단순 테스트 시설이 아닌 평가 결과가 공인되는 시설이 필요

→ 신뢰성 Open Lab 개념의 소부장 공동개발 인프라 구축

* 소부장 R&D 캠퍼스 : N-1 양산공정 시설에 준하는 장비 인프라 및 MI장비를 보유한 소부장 공동개발 성능평가·검증 목적의 테스트 베드 Open Lab

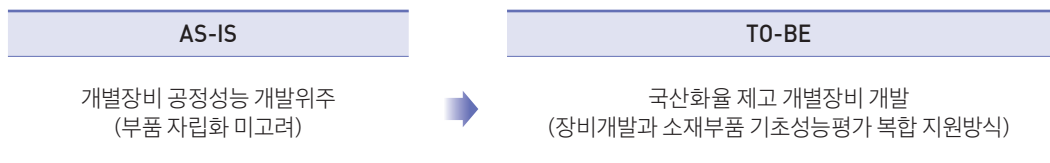


- (인프라 구축 검토) N-1 패턴웨이퍼 제조 역량을 갖춘 연계공정 양산 적용성 평가·인증 시스템 구축

* 'K-반도체 벨트' 중심 소부장 특화단지 활용 기초성능 신뢰성 평가 후 소자기업별 양산평가가 연계

★ (필요성) 핵심소재부품기술이 공정장비 경쟁력을 좌우, 단독장비 개발시 개발비용의 상당부분을 해외산 부품구매에 사용

→ 단독장비 개발시 핵심부품 공동개발(장비-부품 공동개발)



- (규정검토) 사업지원공고 시 별도조항(최소 우대사항 등) 포함 검토

* 패키지형으로 2개 이상의 국내 부품사 참여 벨류체인을 구성한 공동장비개발 제안시 우대가점 부여 검토

// (전략 4) 반도체 핵심소재부품 자립화를 넘어 시장확대 지원

- ★ (필요성) 국내 반도체 소재 부품기업은 국내 장비기업 판매 비중이 높고 국내 소자기업 투자 사이클 영향이 매우 커서 안정적 자립화를 위해서는 해외시장으로 시장확대가 필요함

* 상위 4개사 시장점유율 65% : AMAT(美, 20.9%), Lam Research(美, 15.9%), TEL(日, 14.1%), ASML(네덜란드, 14.1%)

- 국내 대형 외국계 장비사의 공격적 국내 인력 영입으로 부족한 인력문제 심화 위기, 이를 국산부품 연계 기회로 전환 필요

* AMAT 1,800여 명, ASML 1,400여 명, Lam Research R&D센터 설립 연구직 총원

- 대형 외국계 장비사 구매연계형 핵심부품 개발 투자

AS-IS	TO-BE
산업기술 R&D 외투기업 미지원	참여조건 간소화 및 국제 기술협력 대상으로 인정

- (제도정비 검토) 공통운영요령 및 평가관리지침 등 정비, 구매조건부 트랙화 검토

[참고문헌]

1. “반도체 고급인력 양성연계 민관협력 산업원천기술개발”, 산업통상자원부(2020), 예비타당성조사 기획보고서
2. “PIM 인공지능 반도체 핵심기술개발”, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부(2020), 예비타당성조사 기획보고서
3. “종합 반도체 강국 실현을 위한 K-반도체 전략”, 관계부처 합동(2021)

작성자/문의처

/// 정책기획팀

▶ 이정우 팀장		042-712-9300		jwlee@keit.re.kr
▶ 이호 연구위원		042-712-9310		hlee@keit.re.kr
▶ 최재홍 연구위원		042-712-9313		jaehong815@keit.re.kr
▶ 도정희 연구위원		042-712-9301		dojh@keit.re.kr
▶ 이철주 수석		042-712-9305		lcj08@keit.re.kr
▶ 정찬혁 수석		042-712-9304		supei@keit.re.kr
▶ 임문혁 책임		042-712-9303		mhyim@keit.re.kr
▶ 차현진 책임		042-712-9302		fmcha@keit.re.kr
▶ 유동훈 선임		042-712-9307		yudonghun@keit.re.kr
▶ 진명현 주임		042-712-9306		ayoayd1314@keit.re.kr

[주력산업]

/// 전기수소차

▶ 이백행 PD		02-556-9532		leebh@keit.re.kr
----------	--	-------------	--	------------------

/// 자율주행차

▶ 서재형 PD		02-556-9533		sjhbjj@keit.re.kr
----------	--	-------------	--	-------------------

/// 조선해양

▶ 류민철 PD		02-556-9531		okpo6000@keit.re.kr
----------	--	-------------	--	---------------------

/// 첨단기계

▶ 전형호 PD		02-556-9535		hhchun@keit.re.kr
----------	--	-------------	--	-------------------

/// 첨단장비

▶ 심창섭 PD		02-556-9534		caleb92@keit.re.kr
----------	--	-------------	--	--------------------

/// 로봇

▶ 이준석 PD		02-556-9536		ssesera@keit.re.kr
----------	--	-------------	--	--------------------

[신산업]

/// 바이오	▶ 김형철 PD		02-6009-8771		hckim@keit.re.kr
/// 지식서비스	▶ 김돈정 PD		02-6009-8772		jamesdon@keit.re.kr
/// 디자인	▶ 이태림 PD		02-6009-8777		lilia@keit.re.kr
/// 의료기기	▶ 박지훈 PD		02-6009-8773		jihoon@keit.re.kr
/// 이차전지	▶ 송준호 PD		02-6009-8774		battery@keit.re.kr
/// 스마트제조	▶ 고재진 PD		02-6009-8775		jaejini@keit.re.kr
/// 스마트전자	▶ 변기영 PD		02-6009-8776		gybyun@keit.re.kr

[소재부품산업]

/// 화학공정	▶ 한정우 PD		02-556-9572		jwhan@keit.re.kr
/// 섬유	▶ 윤석한 PD		02-556-9573		yshs@keit.re.kr
/// 세라믹	▶ 정봉용 PD		02-556-9571		jby67@keit.re.kr
/// 탄소·나노	▶ 최영철 PD		02-556-9575		carbonnano@keit.re.kr
/// 뿌리기술	▶ 이병현 PD		02-556-9577		bhlee@keit.re.kr
/// 시스템 반도체	▶ 김진섭 PD		02-556-9579		keti3@keit.re.kr
/// 반도체 공정장비	▶ 이정호 PD		02-556-9574		plasma@keit.re.kr
/// 디스플레이	▶ 박영호 PD		02-556-9576		yhopark@keit.re.kr
/// 금속재료	▶ 김도근 PD		02-556-9578		dogeunkim@keit.re.kr

PDI이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
18-특집호	19대 분야	2017년 연구개발 주요성과 및 2018년 추진 계획
18-3호	FOCUSING ISSUE	폐, 간, 심질환 영상판독지원을 위한 인공지능 원천기술개발 및 PACS 연계 상용화
	바이오헬스	차세대 신약개발 플랫폼·표적 단백질 분해 기술
	메디컬디바이스	스마트 헬스케어의 현재와 미래
	첨단장비	롤투롤 패턴링 시스템 개발동향 및 개발방향
	산업융합	비침습 생체정보 처리 기술 현황
	금속재료	초내열합금 소재·부품 개발 동향
	특집	최신 자동차 기술 발전 동향
18-4호	FOCUSING ISSUE	혼합현실(Mixed Reality) 기반 산업용 협업지원시스템
	지식서비스.ENG	4차 산업혁명 시대의 스마트 플랜트 엔지니어링
	미래형 자동차	전기 추진자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술 동향
	조선해	자율운항선박 기술 동향과 산업 전망
	뿌리기술	운전자 감성인지 능동형 내장재 모듈 기술 동향
18-5호	FOCUSING ISSUE	생산성 최적화 및 Seamless 설비운영을 위한 인공지능 기반 제조상황 진단예측 시스템 개발
	나노융합	4차산업혁명 초연결 기반을 만드는 기술, 스마트 나노센서 산업 동향
	스마트전자	IoT 가전 기반 스마트홈 기술 동향
	지능형반도체	적외선 분광센서 기술 동향 및 시사점
	화학공정	3D 프린팅용 광경화성 유연 탄성 재료 기술개발 동향
	특집	산업별 센서의 혁신
18-6호	FOCUSING ISSUE	하지기능회복 및 보조를 위한 스마트 근골격 인공대체기기 기술개발
	디자인	디자인, 스마트시티를 그리다
	표준	스마트시티의 성공과 표준
	지능형 로봇	글로벌 로봇 기술개발 챌린지 현황 및 한국 로봇 챌린지 제안
	디스플레이	"SID 2018(Display Week)"를 통해 본 디스플레이 산업 동향
	특집 1	비즈니스 효율성을 높이는 인공지능과 머신러닝, 블록체인의 혁신

발간호	발간분야	이슈제목
18-7호	FOCUSING ISSUE	만성완전폐색병변 치료용 마이크로의료로봇 시스템 개발
	바이오의약	디지털 진단 기술 및 동향 분석
	첨단기계	농업 및 건설분야 드론 활용기술
	산업융합	경량 임베디드시스템을 위한 내장형 인공지능 기술 동향
	지식서비스	스마트 금융 서비스 창출을 위한 기술 동향 분석
	특집	첨단 디스플레이 기술 발전 현황
18-8호	FOCUSING ISSUE	비정형 환경 고난도 중량물 작업을 위한 유압 로봇 제어 기술 개발
	메디칼디바이스	글로벌 기술규제에 따른 의료기기 R&D 투자 전략
	산업융합	Linux 기반 지능형 IoT 시스템플랫폼 기술 동향
	금속재료	희토류 친환경 재활용 기술 및 자원 확보 방안
	세라믹	첨단신소재 제조혁신 선도를 위한 i-Ceramic 플랫폼
18-9호	FOCUSING ISSUE	자율운항 선박을 위한 운항관제 인공지능 시스템 원천기술 개발
	나노 융합	나노 냉음극 전계 방출형 신개념 디지털 엑스선 튜브 개발 동향
	미래형자동차	자율주행서비스 기술 동향
	조선해양	조선해양 ICT융합 분야 기술 동향과 산업 전망
	뿌리기술	다공성 표면처리 기술 및 시장동향
	산업융합	디지털 트윈 기술 발전방향
18-10호	FOCUSING ISSUE	리튬이온전지의 10C(6min)급 급속충전을 위한 융복합 음극 소재 개발
	디자인	「디자인 경영」 선언
	스마트전자	산업용 AR의 기술 동향과 산업 전망
	지능형반도체	바이오헬스케어용 반도체 기술 및 시장 동향
	화학공정	3D 프린팅용 고강도/고내열성 고분자 소재 개발 동향

PDI슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
18-11호	FOCUSING ISSUE	장비/제어/공정 통합 가상공작기계 기술 및 이에 기반한 공작기계 지능화 원천기술 개발
	지능형로봇	시각 및 촉각을 이용한 로봇의 파지/조작 기술
	디스플레이	OLED 제조혁신을 통한 디스플레이 산업 경쟁력 강화
	기능성섬유	맞춤형 의류 산업으로의 사업모델 동향
18-12호	첨단기계	스마트 건설기계 기술개발 배경 및 추진전략
	산업융합	스마트공장 선도모델공장 및 R&D 연계 전략
	세라믹	스마트 공간산업을 위한 글래스 기반 인터랙티브 모듈·서비스 산업
19-특집호	20대 분야	2018년 연구개발 주요성과 및 2019년 추진 계획
19-3호	FOCUSING ISSUE	실용화를 위한 ODD-RSD 기반 자율주행시스템 개발
	FOCUSING ISSUE	SiC 파워반도체 상용화 센터 구축 및 공정기술 개발
	나노융합	나노복합소재를 이용한 천연활성물질 기반 고기능성 화장품
	반도체	차량용 반도체 기술 및 국내 발전 전략
19-4호	금속재료	경량 금속소재(Al, Mg, Ti) 시장 및 기술 동향
	FOCUSING ISSUE	전기승용차·전기버스 범용 충전 가능한 400kW급 전기차 충전기 개발
	지식서비스	음성인식 가상비서 기술 동향 및 전망
	로봇	자율주행로봇을 위한 SLAM 기술 동향과 산업 전망
	디스플레이	Volumetric 디스플레이 기술 동향 및 향후 추진 방향
19-5호	뿌리기술	열처리 산업 현장의 에너지 효율 향상 방안
	FOCUSING ISSUE	스마트미러기반 복합상황인지 IoT 스마트 가전 기술
	바이오	융복합 기술기반 의약품 개발 동향
	스마트전자	지능형 스마트홈의 미래 홈케어 기술
	첨단장비	국내외 High-end 정밀가공장비 스마트 요소기술 분석
	산업융합	스마트 공장 시험인증 서비스 개발 현황
19-5호	화학공정	생분해성 고분자 소재 연구 및 선진 연구 개발 동향

발간호	발간분야	이슈제목
19-6호	FOCUSING ISSUE	수면환경관리 및 무자각 생체리듬 유도를 통한 통합수면관리 서비스
	디자인	기업의 미래먹거리 발굴 전략으로서 선행디자인
	첨단기계	자율주행기반 스마트 농기계 기술개발 배경 및 추진전략
	자동차	전기자동차 공조 및 통합열관리 기술 동향
19-7호	FOCUSING ISSUE	응급상황 사전 예측을 위한 의사결정 지원 시스템 개발
	의료기기	미용 의료기기 기술 동향과 산업 전망
	조선해양	한국형 스마트 야드의 기술현황 및 산업 전망
	자율주행	자율주행차 인공지능 상용화기술과 산업 전망
	세라믹	세라믹 비드 제조 기술 및 시장 동향
19-8호	FOCUSING ISSUE	NeoPepsee 머신러닝 신항원 예측 알고리즘 기반 CART 대체 개인맞춤 T 면역세포 치료제 개발
	나노융합	나노 안전성 분야 주요 이슈 및 동향
	스마트 전자	공기산업 기술
	반도체	2.5D/3D Heterogeneous integration using Advanced packaging
	금속재료	인공지능활용 금속재료 합금설계 기술 동향
19-9호	FOCUSING ISSUE	스트레처블 디스플레이를 위한 20% 연신 가능한 백플레인 및 발광화소 개발
	지식서비스	에듀테크 현황 및 추진방향
	로봇	수술로봇 기술 동향과 산업 전망
	뿌리기술	이종소재 접합기술 개발 동향
	디스플레이	「SID 2019(Display Week)」를 통해 본 디스플레이 산업 동향
19-10호	FOCUSING ISSUE	심혈관 진단/치료 가이드용 기능성 융합미세영상기기 개발
	바이오	생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업 동향
	첨단장비	스마트 섬유제조장비 글로벌 기술개발 동향
	스마트제조	실내외 무선측위기술 동향과 전망
	화학공정	미래차용 경량 고분자 소재 연구 개발 동향

PDI이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
19-11호	FOCUSING ISSUE	하반신 완전마비 장애인의 일상생활 운동보조를 위한 전동형 외골격로봇 개발 및 제품화
	디자인	표면감성디자인 프로세스 체계화
	첨단기계	터보분자펌프 기술개발 배경 및 추진전략
	전기·수소자동차	수소상용차 기술개발 동향
	섬유	Techtextil 2019 전시회를 통해 본 기능성 섬유 기술개발 동향 (친환경 섬유 및 전자기능 섬유 중심)
	표준	블록체인과 표준
19-12호	의료기기	선형가속기 기반 암치료기 기술 동향과 산업 현황
	조선해양	선박용 수소연료전지 기술개발 동향과 방향
	자율주행차	자율주행 셔틀 및 서비스 개발 동향
	섬유	부직포 소재 산업의 기술 혁신과 미래 전망
	세라믹	시멘트산업 현황 및 최근 이슈 동향
	탄소·나노	활성탄소 산업 현황과 기술 전망
20-특집호	21대 분야	2019년 연구개발 주요성과 및 2020년 추진 계획
20-3호	FOCUSING ISSUE	수소전기버스용 대용량 수소탱크 개발
	탄소·나노	표준화를 통한 나노제품의 기술선도와 규제대응
	디스플레이	미래 디스플레이 : 평판 디스플레이를 뛰어넘어 탈평판 디스플레이로
	세라믹	밀가루, 세라믹 분말 그리고 국내 세라믹 원료산업의 현황
	로봇	웨어러블 로봇의 기술동향과 산업전망
	의료기기	디지털치료제 기술동향과 산업전망
20-4호	뿌리기술	'주조, 용접, 표면처리 최신 기술 개발 동향'
	스마트전자	공기산업을 선도하는 스마트 센서기술
	이차전지	고에너지 고안전성 전고체전지 기술
	특집	『CES(Consumer Electronics Show) 2020』를 통해 본 소비자가전 주요 산업동향

발간호	발간분야	이슈제목
20-5호	FOCUSING ISSUE 1	자율주행 인지 대응형 코팅 소재 및 공정기술 개발
	FOCUSING ISSUE 2	CMOS 호환 고성능 GaN 전력반도체 개발
	첨단장비	공정혁신 제조장비 국내외 기술동향 및 수요 분석
	지식서비스	디지털엔지니어링 기술동향 및 전망
	자율자동차	자율주행 사용화를 위한 차량 안전기술 동향
	첨단기계	승강기산업의 기술동향과 산업전망
20-6호	FOCUSING ISSUE	As 및 Sb 미함유 친환경 원적외선 광학유리 소재 및 광학렌즈 기술 개발
	해양조선	IMO 친환경선박 관련 규제 및 대응 방안
	디자인	소재 및 표면처리 특허 빅데이터를 활용한 디자인 프로세스 개발
	전기수소차	대형 상용차 전기구동시스템 기술 동향
	화학공정	위·변조 방지 태그 기술 현황 및 개발 방향
20-7호	FOCUSING ISSUE 1	다양한 물품을 운반할 수 있는 사람 추종형 이송로봇 개발
	FOCUSING ISSUE 2	온실가스 저감용 방오성능을 갖는 선박용 저마찰 필름 기술 개발
	반도체	경량 인공지능 반도체의 발전 전망
	섬유	친환경 섬유 기술동향 및 전망
	바이오	EAP 서비스산업 동향 분석
20-8호	FOCUSING ISSUE	초실감 미래형 디스플레이를 위한 마이크로디스플레이 기술 개발
	탄소·나노	탄소섬유 소재산업 및 기술개발 동향
	디스플레이	OLED 발광재료 기술개발 현황 및 전망
	세라믹	세라믹 소재와 단일도메인항체의 융합 그리고 감염병 진단 기술
	의료기기	이동형병원 산업동향과 개발전망
	로봇	직접교시기술의 동향 및 전망

PDI슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
20-9호	FOCUSING ISSUE	빅데이터 기반 시의 산업특화 활용을 위한 개방형 AI 클라우드 서비스 시스템 개발
	첨단장비	철삭공구 데이터 플랫폼 관련 국내외 기술동향
	금속재료	미래 선도형 금속재료산업 기술동향 및 전망
	이차전지	이차전지산업 현황 및 전망
	스마트전자	전장용 MLCC 기술동향과 산업전망
	스마트제조	증강기술을 활용한 스마트제조 기술동향
20-10호	FOCUSING ISSUE 1	잔존 혈액암세포 검사용 혈구 분석시스템 개발
	FOCUSING ISSUE 2	미래 선박 - 자율운항선박 기술개발
	첨단기계	굴착기용 전기구동 실린더 기술개발 동향
	지식서비스	비대면서비스 산업동향 및 기술현황
	자율주행차	미래 교통수단 퍼스널 모빌리티 산업 생태계
20-11호	FOCUSING ISSUE	토공작업 자동화를 위한 양방향 실시간 3D 측량정보를 제공하는 스마트건설기계연동형 드론측량시스템 개발
	조선해양	친환경선박 대체연료 기술개발 동향
	화학공정	카메라 적외선 차단(흡수) 필터 소재 기술 동향
	디자인	에코패키지 디자인 동향
	전기수소차	수소전기차용 수소저장용기 기술동향
20-12호	FOCUSING ISSUE	리튬이차전지용 파우치
	섬유	방역용 섬유소재 산업동향
	바이오	3차원 생체조직 칩 기반 신약개발 플랫폼 기술
	스마트제조	산업일자리 고도화 기술동향
	뿌리기술	3D프린팅 기술을 접목한 금형 제조기술 동향
21-특집호	21대 분야	2020년 연구개발 주요성과 및 2021년 추진 계획

발간호	발간분야	이슈제목
21-3호	FOCUSING ISSUE	장시간 무인가공을 위한 유연 라인 가공시스템 실증
	이차전지	전기차용 고성능 배터리의 니켈계 양극소재 기술
	세라믹	양방향 세라믹연료전지의 기술개발 동향과 방향
	금속재료	항공용 금속소재 자립화 현황 및 전망
	전기수소차	전기자동차 배터리 팩 고밀도화 기술
20-4호	FOCUSING ISSUE	5G 연계 산업유형별 품팩터를 적용한 산업용 AR기기 참조모델 개발
	로봇	비대면 휴먼케어 서비스 로봇 기술 현황 및 발전 방향
	바이오	의약품 3D 프린팅 기술의 현재와 미래
	탄소·나노	탄소소재 적용 전자파 차폐 산업현황과 기술전망
	자율주행차	자율주행기술 활용 상용차 위험환경 극복 기술 동향
21-5호	FOCUSING ISSUE	비정상 비행상황 대응 팀 단위 협업 훈련을 위한 가상 운항승무원 트레이닝 서비스 시스템 개발
	지식서비스	디지털 유통물류 기술동향과 산업전망
	스마트전자	광융합휴먼케어 기술동향과 산업전망
	뿌리	지능형 소성가공기술 동향 및 전망
	스마트제조	스마트공장을 위한 수직 통합패키지 개발
21-6호	FOCUSING ISSUE	생체의료용 고기능성 타이타늄(Ti) 합금 소재 및 응용제품 개발
	첨단기계	광산장비의 친환경 스마트 기술혁신
	디자인	휴먼팩터 지능화의 디자인 기술동향과 산업전망
	화학공정	국내 불소화학 산업 동향
	반도체	반도체 소부장 산업현황 및 투자전략

KEIT PD Issue Report

| 발 행 일 | 2021년 6월

| 발 행 처 | 한국산업기술평가관리원(KEIT)

| 주 소 | (대구본원) 41069 대구광역시 동구 침단로 8길 32(신서동 1152번지) TEL. 053-718-8114

(대전본원) 35262 대전광역시 서구 문정로 48길 48(탄방동 647) 계룡빌딩 3층 TEL. 042-712-9300-5

| 홈페이지 | www.keit.re.kr

이 책자의 저작권은 한국산업기술평가관리원에 있습니다. 무단전재와 복제를 금합니다.

ISSN 2234-3873

평범한 우리가
세상을 바꾸는 방법

공익신고



공익신고자 보호 더욱 강해졌습니다

보호

- 비밀보장, 신변보호, 불이익조치 금지, 책임감면

보상

- 내부 공익신고자에게 최대 30억원의 보상금 지급
- 공익에 기여한 경우 최대 2억원의 포상금 지급
- 구조금(치료비, 이사비, 소송비용 등) 지원

상담

- 국번없이 **110** 또는 **1398**

신고

- 홈페이지 **1398.acrc.go.kr**
- 우편(서울시 서대문구 통일로 87)

신고대상 : 6대 분야, 284개 법률 위반행위

건강

- 불량식품 제조·판매
- 무면허 의료행위

안전

- 부실시공
- 소방시설 미설치

환경

- 폐수 무단방류
- 폐기물 불법 매립

소비자이익

- 개인정보 무단 유출
- 허위·과장광고

공정경쟁

- 기업 간 담합
- 불법 하도급

기타 공공의 이익

- 거짓 채용광고
- 방위산업기술 불법사용



기술강국코리아를 향한 R&D지원글로벌 리더 *Keit*

R&D 골든타임을 찾다!  -기획-

 -평가- R&D 가치를 높이다!

 -관리- R&D 성과를 창출하다!