

VOL 22-7
2022.7

KEIT PD Issue Report

PD 기술 이슈

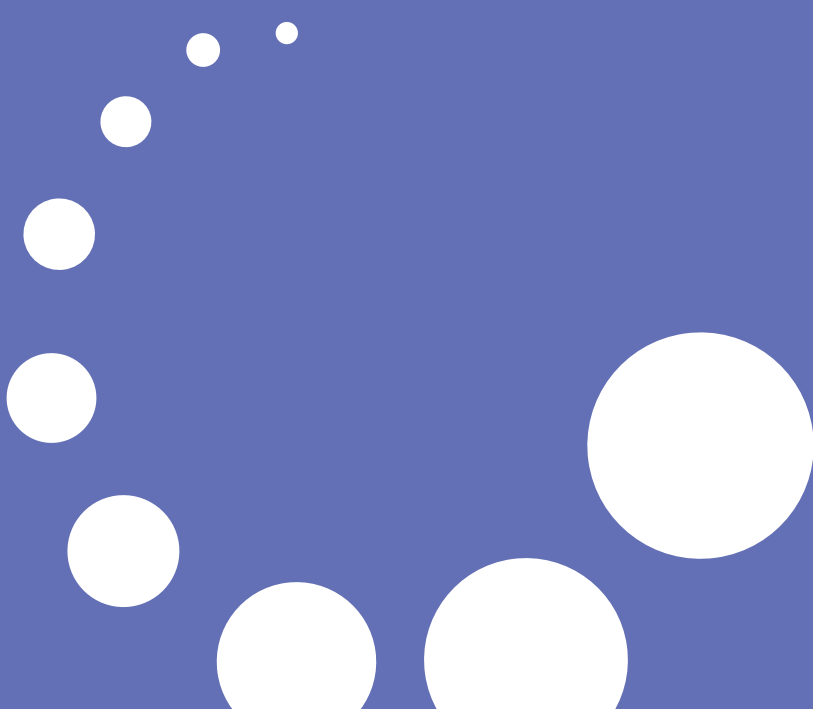
- ISSUE 1 신산업 제조장비용 핵심부품 기술동향 및 개발방향
- ISSUE 2 CDMO 연계 중재기술 의료기기 기술 개발 및 시장동향
- ISSUE 3 수소환경 시험평가 및 표준화 동향
- ISSUE 4 반도체 고급인력양성 추진전략





VOL 22-7 2022.7
KEIT PD ISSUE REPORT

❶ [PD 기술 이슈 1] 신산업 제조장비용 핵심부품 기술동향 및 개발방향	05
❷ [PD 기술 이슈 2] CDMO 연계 중재기술 의료기기 기술 개발 및 시장동향	22
❸ [PD 기술 이슈 3] 수소환경 시험평가 및 표준화 동향	45
❹ [PD 기술 이슈 4] 반도체 고급인력양성 추진전략	57



VOL 22-7

2022.7

KEIT PD Issue Report

PD 기술 이슈

- ISSUE 1 신산업 제조장비용 핵심부품 기술동향 및 개발방향
- ISSUE 2 CDMO 연계 중재기술 의료기기 기술 개발 및 시장동향
- ISSUE 3 수소환경 시험평가 및 표준화 동향
- ISSUE 4 반도체 고급인력양성 추진전략





PD 기술 이슈

ISSUE 1

신산업 제조장비용 핵심부품 기술동향 및 개발방향

- KEIT 첨단장비PD

ISSUE 2

CDMO 연계 중재기술 의료기기 기술 개발 및 시장동향

- KEIT 의료기기·헬스케어PD

ISSUE 3

수소환경 시험평가 및 표준화 동향

- KEIT 금속재료PD

ISSUE 4

반도체 고급인력양성 추진전략

- KEIT 반도체 공정장비PD

신산업 제조장비용 핵심부품 기술동향 및 개발방향

|저자| 심창섭 첨단장비PD / KEIT

박시우 본부장 / 한국섬유기계융합연구원

박종복 센터장 / 한국광기술원

이승준 선임연구원 / 한국생산기술연구원

SUMMARY

// 제조장비 부품은 장비의 성능, 신뢰성, 가격 등을 결정하는 핵심요인임에도 핵심부품의 수입의존도가 높고 기반 기술이 미흡하여 공급망 불안요인 상존

- ★ 머시닝센터, 터닝센터, 연삭가공기 등 주력가공장비의 핵심부품인 공구, 베어링, 스피들 등은 기술, 가격 측면에서 선진국과 후진국 사이의 네크래커 상황 지속
- ★ 기존 제조현장에서 많이 쓰이던 전통적 장비 뿐 아니라, 반도체, 전기차, 로봇 등 신산업에서 요구되는 제조장비 또한 핵심부품 기술확보가 절실

// 향후 제조업을 선도할 신산업 제조장비용 부품 기술력 확보 여부는 글로벌 시장을 선도할 기회냐 주력가공장비 부품과 같이 해외의존 심화냐 하는 기로

- ★ 반도체/디스플레이, 이차전지 등은 우리나라가 세계 일류 제조기업을 보유하고 있어 제조장비·부품의 내재화 가능성이 충분하고, 기술안보 측면에서도 중요
- ★ 신산업 제조장비의 핵심부품인 하이테크 롤, 광학부품, 제어기(PLC) 등 또한 해외 의존도가 매우 높으므로, 첨단기술 확보와 부품-장비 생태계 조성이 중요

// 시사점 및 정책제안

- ★ 신산업제조장비 핵심부품의 원천기술 개발을 통한 기술력 향상으로 장비·부품의 기술자립도 제고, 우리나라 장비·부품산업 간 탄탄한 가치사슬 확립 필요
- ★ 개발된 핵심부품을 제조장비에 적용하는 '부품 실증'과 수요기업 현장에서 장비의 성능을 검증하는 '장비 실증'을 단계적으로 수행하여 상용화 촉진

1. 신산업 제조장비용 핵심부품 개요

신산업 제조장비의 개념

- ★ 제조장비는 모든 제품의 품질, 부가가치, 생산성 등을 결정하는 핵심요소이며, 신제품 개발 양산의 원동력
 - 정부는 '19년 일본의 수출규제 이후, 소재·부품·장비 경쟁력 강화를 위한 핵심품목을 지정, 맞춤형 전략 수립 등 다각적 지원 정책 추진 중
- ★ 반도체, 전기차, 이차전지, 로봇 등 신산업에 필요한 제조장비는 우리나라가 세계 일류 제조기업을 보유하고 있어 제조장비·부품의 내재화 가능성이 충분하고, 기술안보 측면에서도 중요
 - 레이저 가공기, 디지털 적층 성형기, 이차전지제조장비, 반도체/디스플레이 검사장비 등 신산업 제조장비에 자주 활용되는 부품은 제조경험 및 원천 기반기술 등이 부족한바, 향후 신산업 제조시장에서의 입지가 밀릴 위험
 - 향후 제조업을 선도할 신산업 제조장비용 부품에 대한 기술력을 확보한다면 글로벌 시장을 선도할 수 있는 기회를 갖게 될 것이나, 그렇지 못하면 주력가공장비 부품과 같이 해외의존이 계속 심화될 수 있음

신산업 제조장비용 핵심부품 개요

- ★ 신산업 제조장비의 여러 부품 중 공급위험도, 해외의존도, 기술격차, 기술전략성 등을 종합적으로 분석하여 중요도가 높은 공통 부품을 도출
 - 부품 전문가뿐 아니라, 장비 전문가도 함께 참여하여 각 부품별 중요도를 평가하고, 하이테크 롤, 광학부품, 제어기(PLC) 등 3개 품목을 핵심품목으로 선정
- ★ 하이테크 롤, 광학부품, 제어기(PLC) 등 신산업 제조장비 부품은 신산업 성장과 함께 기술적 중요성이 점차 부각될 것이며, 시장규모도 큰 성장 유망한 산업

| 표 1. 신산업 제조장비 핵심부품 글로벌 시장 |

(단위 : 백만 달러)

구분	시장 규모('20년)	시장 규모('27년)	연평균 성장률(%)
광학부품	3,439	5,681	7.4
하이테크 롤	869	1,722	10.3
제어기(PLC)	11,210	16,460	5.6

2. 신산업 제조장비용 핵심부품별 기술동향

하이테크 롤

// 해외 기술동향

- ★ 하이테크(High Tech) 롤(roll)은 첨단 제품 제조(유연소재 적용)를 위한 롤투롤(Roll to roll) 장비의 핵심부품으로, 직/간접 회전 구동을 통해 연속적인 대량 생산/조정밀(미세, 박막) 가공을 위한 대면적, 스마트화, 경량화 기술이 접목된 부품
- ★ 세계 롤 관련 기술은 신산업 분야인 이차전지, 디스플레이 산업 등의 분야에서 생산성 및 고성능 제품 제조를 위한 고도화 롤 개발이 활발히 이루어지고 있음
- ★ 이차전지 산업 분야는 최근 전기차 수요 급증에 따른 공급 대응을 위하여 고속 생산, 대면적화, 박막화를 위한 하이테크 롤 기술개발이 이루어지고 있으며, 핵심 롤과 제어 기술은 일본의 도쿠텐社, Toray社, Hirano社 등이 선도
 - 이차전지 제조 장비 핵심 롤은 동박 제조용 티타늄롤, 프레스롤, 코팅롤, 건조롤, 커팅롤, 확포롤 등이 있음
- ★ 디스플레이 산업 분야는 플렉시블 디스플레이, 기판 등 전자소재 생산을 위한 엠보싱롤, 마이크로 LED 이송롤 및 미세패턴 가공롤 등 기술개발이 활발하며, 스위스 PSI社, 미국 NANONEX社, 독일 MII社, 네델란드 ASML社 등이 시장을 주도
- ★ 섬유/인쇄 산업 분야는 대량 생산을 위한 대폭롤 기술과 에너지 소비 절감을 경량화를 제조 기술이 중요하며, 균압제어 유연 패더롤은 스위스 Benninger社 및 경량화 CFRP 롤은 일본 미쓰비시케미칼社가 주도하고 있음

이차전지 산업 분야	디스플레이 산업 분야	섬유/인쇄/제지 산업 분야
<ul style="list-style-type: none"> • 고속화, 대면적화, 고박막화 - 전극제 코팅롤, 프레스롤 - 분리막 제조 캐스팅롤 - 동박 제조 티타늄롤 	<ul style="list-style-type: none"> • 대면적화, 고정밀화, 첨단기능화 - 필름 냉각/건조롤, 핫 엠보싱롤 - 주름 제거용 확포롤 - 미세패턴롤, 마이크로 전사롤 	<ul style="list-style-type: none"> • 경량화, 대구경화, 고내구성 - 초장축 CFRP롤 - 유연 패더롤, 유도 가열롤 - 제지 블랑켓롤 

[그림 1. 하이테크 롤의 산업 분야별 해외 기술개발 중점 추진 분야]

// 국내 기술동향

- ★ 국내 신산업 제조 분야 롤투를 장비의 경우 핵심 공정을 구현하는 하이테크 롤의 요소 기술 수준이 낮아 선진사 제품 수입에 의존하고 있어, 하이테크 롤 분야의 원천 기술 확보가 절실히 필요함
- ★ 이차전지 산업의 경우 전기차 배터리는 한국이 주도하고 있으나 제조 장비의 핵심인 하이테크 롤 기술은 해외 의존도가 높아 기술 자립화를 위해 피앤티社, 씨아이에스社 등이 이차전지 국내 3사와 함께 기술개발을 진행하고 있음
 - 대면적 티타늄 가공, 조립 및 정밀접합 기술 부족으로 전량 수입에 의존하고 있으며 현재 일진머티리얼즈社, SKC社 등 일부 시제품 형태로 개발이 완료 됨
 - 분리막 제조용 Casting 롤은 명성티엔에스社에서 국산화 하였으나, 냉각 효율 저하로 대직경 냉각롤 제조 기술과 대폭의 경량롤 제조 기술개발을 추가 진행 중임
- ★ 디스플레이 산업은 플렉시블 디스플레이, 플렉시블 기판 등 유연소재의 비중이 높아짐에 따라 고해상도 LED 소자 가공 기술 등 LG디스플레이, 삼성전자 등 대기업 주도로 하이테크 가공롤 기술을 개발 중에 있음
 - 초당 최대 40,000개를 전사할 수 있는 연속생산 원천기술을 연구 중임
- ★ 섬유/인쇄 산업 분야는 전통적 기반 산업에 해당되는 롤투를 가공 분야이며, 섬유/인쇄/제지 분야의 고생산성 및 품질 확보를 위한 소재·제어·가공 기술 등 다각적 분야에서 롤투를 장비 고도화를 위한 개발이 지속적으로 진행 중임
 - 동원롤社의 고주파 유도 가열롤은 표면에서의 온도 편차 및 제어가 선진사에 비해 성능이 떨어져 고품질의 제품은 수입롤에 의존하고 있음

표 2. 신산업 제조장비용 주요 하이테크 롤 제품 |

구분 \ 종류	동박 티타늄롤	전극 프레스롤	유도가열롤	미세패턴롤	CFRP롤
하이테크 롤 사진					
원천기술	대형화 제조 기술	균일 가압 기술	균일 온도 기술	미세패턴 가공기술	이종소재 기술
원가비중	高	高	高	中	高
기술역량	低	中	중	高	中
국산화율	低	中	中	中	低

광학 부품

// 해외 기술동향

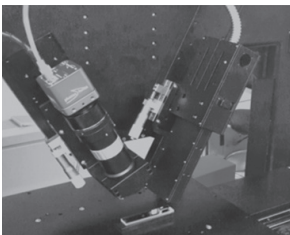
- ★ 최근 반도체, 디스플레이, 이차전지 산업의 활용 측면에서 광학 제조 및 검사 장비에 대한 비중 확대 및 각국의 공급망 이슈가 커짐에 따라 선진국에서는 산업용 핵심 광학부품 기술의 독점적 지위 확보 및 고도화에 큰 관심을 기울이고 있음
- ★ 반도체 산업에서 저장 용량 확대화 시스템 반도체의 처리 속도 향상을 위해 손톱 크기에 500TB(테라바이트)를 저장하는 이론상 한계치의 고집적 적층형 나노 구조가 개발되고 EUV(Extreme Ultra Violet) 노광 공정을 적용하고 있음
 - EUV장비는 Trumpf社 광원과 Zeiss社 광학계를 이용하여 ASML社에서 시스템을 구성 공급하며, 국내 삼성전자社 및 대만 TSMC社 등에 설치되어 운영되고 있음
- ★ 디스플레이 산업에서 패널 생산 기술은 크게 BP(Back Panel) 공정, EV/EN(Evaporation/Encapsulation) 공정, Cell 공정으로 나누어지며 광학제조기술은 모든 공정에 적용되고 있음
 - 8세대 유리 원판 가공을 위한 고속 레이저 공정, BP 공정에서는 비결정 실리콘을 다결정 실리콘으로 바꾸어주는 레이저 어닐링 기술 및 디스플레이 검사용 고배율 고해상 오토포커싱 광학 솔루션 등을 적용하고 있음
- ★ 이차전지를 활용한 전기자동차에 대한 수요 증가로 이차전지 전극 커팅(노칭), 이차전지 탭 용접, 버스바 용접, 비전검사 등에 대한 요구도 향상되어 이를 수행하기 위한 레이저 가공기 수요가 증가되고 있음
 - 현재 산업에 많이 활용되는 Copper 용접기술은 주로 IR 레이저(Wavelength : 1030~1090nm)를 많이 사용하는데, 높은 반사율로 인하여 용접 불량률이 많이 발생되어 이를 해결하기 위한 다양한 광학부품 고도화가 이루어지고 있음



| 그림 2. 광학 부품 적용 장비의 산업별 동향 |

// 국내 기술동향

- ★ 국내 반도체, 디스플레이 및 이차전지 산업을 중심으로 장비의 고정밀, 고효율 등의 요구가 증가하고 있으며, 글로벌 핵심 광학부품의 공급망 이슈에 따라 핵심 광학부품의 자립화 및 고도화하려는 노력을 기울이고 있음
 - 한국전광(주)은 고성능 초정밀 광학 제품의 설계 및 제조를 통해 다양한 형태의 표준/주문 생산 방식의 광학 제품을 생산하고 있으며, 특히 광학 분야 하이테크 특수렌즈 및 관련 구성품을 선도하고 있음
 - 필옵틱스는 광학기반 제조설비 전문기업으로, 주력 제품인 OLED 제조 장비는 레이저 커팅(Laser cutting) 장비와 레이저 리프트 오프(Laser lift off) 장비로 구성되며, 이차전지 장비는 레이저 노칭(Laser notching) 장비, 조립공정설비로 구성
 - 이오테크닉스는 이차전지, 반도체 및 디스플레이 제조공정에 사용되는 장비를 개발 생산하는 레이저 종합 전문기업으로 세계적으로도 압도적 위치를 차지하고 있으며, 최근 웨이퍼 절단기, 이차전지 용접기 등의 핵심장비 및 부품의 공급망 이슈에 따라 레이저 및 광학부품 분야에서 내재화 및 자립화에 힘쓰고 있음
- ★ 국내 반도체, 디스플레이 및 이차전지 기술은 세계 최고 수준이지만 이를 제조하는 장비의 광학 핵심부품은 무역역조 및 공급망 이슈에 매우 취약함
 - 영상 기반 인공지능 적용 산업의 확대에 인하여 이차전지, 반도체, 디스플레이 첨단제조 공정의 고도화에 따라 광학 부품의 고효율화, 고정밀화 및 대형화 방향으로 기술이 발전되어지고 있으나, 선진업체 대비 국내 광학부품 업체들의 렌즈 정밀 제작기술 부족으로 성능 격차가 심화되고 있음
 - 특히 광학 부품 제작을 위한 국내 광학 설계, 코팅, 정밀가공, 고신뢰 정렬기술 및 대형화 기술이 부족하여 선진업체와의 광학계 성능 및 효율의 차이가 심화 됨



반도체 / 디스플레이 / 이차전지용
비전 검사 모듈(한국전광社)



이차전지용 레이저 노칭장비
(필옵틱스社)



CW 광섬유 레이저
(이오테크닉스社)

| 그림 3. 국내 광학 기반 제조 및 검사장비 제품 |

제어기(PLC)

// 해외 기술동향

- ★ 제어기(PLC, Programmable Logic Controller) 기술은 제조 현장의 DX(Digital Transformation)가 요구되고 있고, 점점 복잡해지는 자동화에 대한 다양한 사항을 수용하기 위해 인공지능 기술 및 로봇 기술에 대한 접목뿐 아니라, 디지털 트윈 기반의 솔루션을 제공하는 시스템으로 변화하고 있음
 - (SIEMENS) 다양한 제조업체의 기계와 로봇을 위한 하나의 엔지니어링 도구인 TIA Portal 제공, SIMATIC Robot Library를 플랫폼 표준화 전략으로 PLCopen의 인증을 받고, AI기능을 포함하는 NPU(Neural Processing Unit)를 제공하고, 엑셀러레이터(Xcelerator) 발표를 통해 수준 높은 디지털 트윈 기술을 접목하고 있음
 - (Rockwell) 로봇 제조업체 Comau와 협력을 통해 통합 로봇 제어 솔루션 활용한 제조 효율성을 극대화하고, Rockwell의 FactoryTalk® 소프트웨어 제품군을 사용하여 단일 인터페이스에서 라인 및 로봇 제어 시스템을 연동하고 있으며, FactoryTalk Analytics LogixAI 모듈은 인공 지능(AI)을 사용할 수 있게 하고 있고, Emulate3D 소프트웨어를 활용해 디지털 트윈과 최근 출시된 Hololens2와 같은 관련 기술을 자동화 시스템에 접목하기 위한 노력을 하고 있음
 - (Mitsubishi Electric) e-F@ctory라는 이름하에 IT와 공장자동화의 융합을 통한 스마트공장 구현을 추진하고 있으며 이를 위한 Edge Computing 강화에 초점을 두고 관련 제품군 및 Software Platform을 강화하고 있고 그룹 차원의 AI 연구소를 수립하여 기계 학습 기술에 기반한 인식 개선, 강화 학습을 통한 학습 제어 정책, 학습에 기반한 인지 및 추론등을 수행하고 가전, 로봇 등의 분야에서 다양한 연구를 진행



| 그림 4. 해외 선진사 제어기의 기술 개발 동향 |

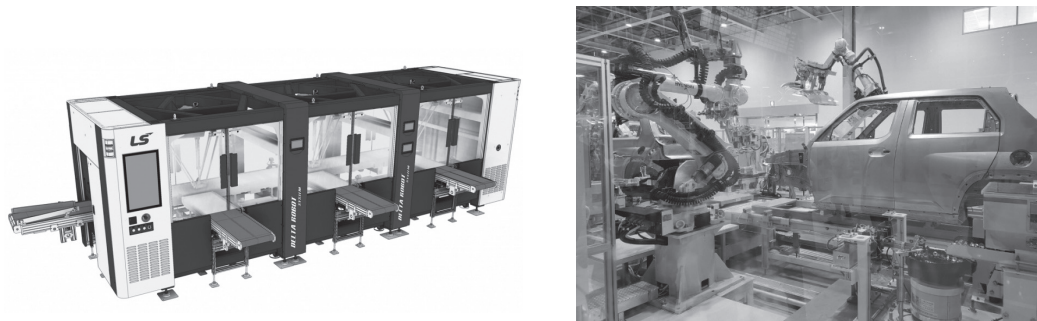
// 국내 기술동향

★ 국내에서는 LS ELECTRIC, Cimon 및 알에스오토메이션에서 제어기를 개발, 국내 자동화 시스템을 위한 자체 기술력 확보에 노력 중임

- (LS ELECTRIC) 델타 로봇인 LS QuickMaster(퀵마스터) XDR 시리즈를 런칭함으로 PLC와 Servo 그리고 제어기술 등을 활용하여 통합 델타 로봇 솔루션(Package)을 제공하기 시작했으며, 직교 로봇, 스칼라 로봇, AGV 등 다양한 로봇 제품으로 사업을 다각화할 예정이며, 이를 기반으로 산업용, 물류용 제품/서비스를 개발하여 고객에게 토털 솔루션을 제공하고자 노력하고 있음

* 세계경제포럼(World Economic Forum, 다보스포럼)은 '2021 세계경제포럼 등대공장 연차회의'에서 LS일렉트릭 청주스마트공장을 '등대공장(Lighthouse Factory)'으로 선정

* 노사 상생형 기업으로 설립된 광주글로벌모터스가 현대자동차 위탁을 받아 생산하는 신차 '캐스퍼'의 양산라인을 LS ELECTRIC 기술로 자동화 공정라인 구축



| 그림 5. LS ELECTRIC의 델타로봇시스템 및 광주글로벌모터스 생산공정 |

- (Cimon) 자체 개발된 산업용 하드웨어와 데이터 취합 및 분석을 지원하는 'CIMON SCADA ME'를 통해 엣지 컴퓨팅 솔루션을 제공하고 전통적인 PLC의 기능에서 한발 더 나아가 PLC 자체의 예지보전을 위한 자가 진단기능을 선보이고 있음

★ 국내 제어기 기술은 해외 선진사 제어기 브랜드의 70~80%의 기술 수준에 머물러 있으며, 미래 자동화 시장에서의 자동화를 위한 기술 진보를 위한 노력과 선진사와의 치열한 경쟁을 해야 함

- 최근 국내 자동차 배터리업체인 LG에너지솔루션에서 자사의 제조 시스템 지능화 구축을 위해 글로벌 스마트팩토리 기술 선도기업 독일 SIEMENS社와 협력하였고, 기존 반도체 공정 라인도 대부분 Mitsubishi社(일) 제어기가 점유하고 있는 것이 국내 제어기 시장의 현 주소이므로, 기술개발 뿐 아니라 국내의 시장 진입을 위한 다양한 노력이 필요

3. 신산업 제조장비용 핵심부품별 개발방향

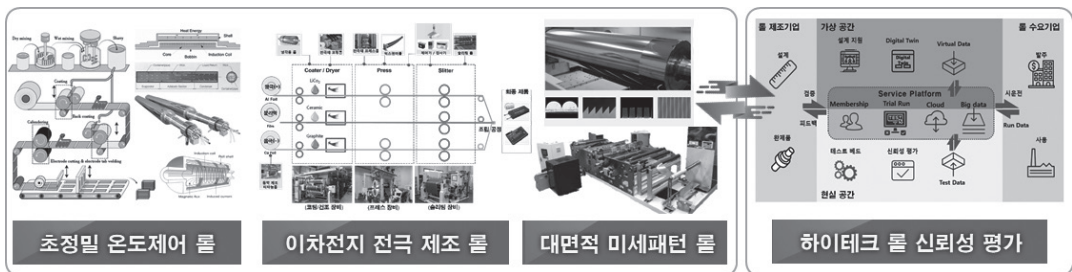
하이테크 롤

// 대응방향

- ★ 신산업(이차전지)과 주력산업(디스플레이, 섬유/인쇄/제지) 주요 핵심 롤(유도 가열 롤, 동박 제조 티타늄 롤 등)의 핵심 지능형 제어 및 조립가공 기술 해소를 통한 자립화 필요
 - TOKUDEN社(일)가 유도가열 전원/전극 기술을 기반으로 롤 온도제어 최고성능 보유 및 독점하고 있고, 국내 롤 공급기업은 균일 가열 및 내구성 관련 기술 데이터 축적을 위한 인적, 물적 자원 부족한 상황
 - Nippon Steel社(일)가 티타늄 롤 성형, 접합, 조립 기술 보유 및 약 70% 점유하고 있는 반면, 국내에서는 대형 티타늄 롤 성형, 접합, 조립 경험이 거의 없음
- ★ 이차전지 제조장비 시장 확대를 위한 기술 고도화(롤 대면적에 따른 균일 성능 구현, 전극재 고품질화 등)를 통한 국내 이차전지 제조장비 대표기업 글로벌 시장 90% 이상 점유율 확보
 - 고밀도/대면적 이차전지 개발을 위한 프레스롤, 확포 롤 및 동박 제조용 롤 개발을 통한 이차전지 전극재 공정장비 내재화
- ★ 반도체 수급 불안정 해소를 위한 패키징 공정의 대량 생산 요구가 증가 및 나노 마이크로 미세패턴 개발이 이슈화되고 있어 첨단 기술 양산화를 위한 핵심 롤(대면적 미세패턴 롤/패키징용 미세패턴 롤) 요구
 - 미세패턴 롤 대면적화 기술로 양산성을 확보하고 파급력이 높은 미세패턴 적용 산업의 패턴 설계 및 공정 기술 개발 추진
- ★ 롤 공급/수요 기업 간의 롤 부품 품질 신뢰감 부족을 해소하고 미래 기술 선점을 위한 현장 테스트베드 기반의 신뢰성 평가 기술 개발 필요
 - 공급/수요/연구소의 연계를 통한 롤의 대표 성능 인자, 성능 평가 기준, 성능 평가 방법을 확립 및 IoT 기반의 공급/수요 기업간 데이터 공유 플랫폼 개발
 - 롤 데이터 및 AI 기술 기반의 예측·최적화 SW 기술과 성능 예측이 가능한 플랫폼 개발

// 기술개발 방향

- ★ 하이테크 롤 기술 개발은 고부가가치 롤 기술 자립화, 고정밀 대량 생산 기술요구 및 이차전지 제조장비 시장 확대에 따른 첨단 롤 지능화에 대응하기 위하여 국내 기술 바탕으로 응용기술 연계 및 고도화 기술 전략 추진
 - 이차전지, 반도체, 디스플레이 및 섬유인쇄제지 생산 장비의 핵심부품인 하이테크롤의 정밀(온도, 압력)제어, 균일 가압기술, 대면적 패턴 설계 기술 등의 성능 고도화 기술 개발과 신뢰성 평가기술 개발
- ★ (초정밀 온도제어 롤 기술 개발) 이차전지, 디스플레이, 섬유인쇄 분야의 대량생산 및 광폭화 대응을 위하여 유도가열기술 기반의 롤 폭방향 온도편차 최소화 기술과 고온 카렌딩 및 핫 엠보싱 기술이 접목된 온도편차 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 온도제어 롤 기술 개발
- ★ (고밀도 이차전지 전극 제조용 롤 기술 개발) 대용량 이차전지 전극 대량 생산을 위하여 $4\mu\text{m}$ 동박 생산용 티타늄 롤 기술, 정밀 균압 프레스 롤 기술, 스마트 제어 기술이 적용된 고밀도 이차전지 전극 제조용 롤 기술 개발
- ★ (대면적 미세패턴 롤 기술 개발) 반도체, 디스플레이에서 활용되는 200nm 패턴기능성 필름 고속 생산을 위하여 나노 마이크로 패턴 롤 설계-공정 기술과 $1,000\text{mm}$ 급 대면적 미세패턴 롤 정밀 가공 및 측정 기술을 포함하는 대면적 미세패턴 롤 기술 개발
- ★ (하이테크 롤 신뢰성 평가기술 개발) 하이테크 롤 성능 신뢰성 확보를 위하여 성능평가 기준 및 평가 기술, 디지털 연계 테스트 베드 구축과 가상 성능평가 서비스 플랫폼 기술이 융합된 하이테크 롤 신뢰성 평가기술 개발



| 그림 6. 초정밀 지능형 하이테크 롤 성능 고도화 기술 개발 전략 |

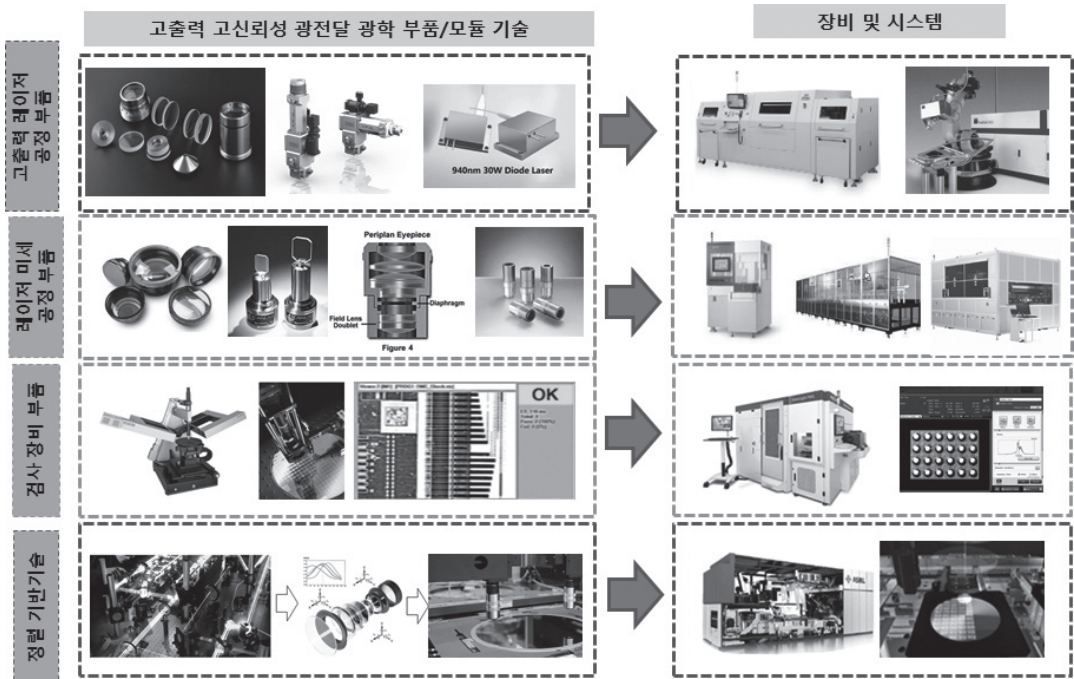
광학 부품

대응방향

- ★ 공급망 이슈와 관련하여 수요 기업 및 장비 개발업체가 장비 광학부품개발 품목을 선정하되 개발 기술의 확산 및 보급 기능이 있는 연구기관(출연연, 전문연)의 주도로 산학연 협력을 통한 기술개발을 이루는 것이 바람직함
- ★ 국내 핵심 광학 부품 모듈 제조 인프라와 전문인력을 확보하기 위해 각 요소 기술별로 다음과 같은 R&D 지원이 필요함
 - 광원 부품: 정밀 가공용 펄스 레이저와 고출력 매크로 가공용 연속발진 레이저 분야의 제조·실증 인프라 구축
 - 광학 부품모듈: 광학모듈 설계, 제조가 가능한 전문 업체를 육성하고, 다양한 기업들이 광학 부품모듈 시험생산 할 수 있는 테스트베드역할의 기관들을 지원
 - 광학 능동 부품: 광학기반 제조장비에서 대면적 고속가공을 위한 다양한 스캐너 미러 등과 같은 능동 부품의 고도화 할수 있는 기술개발이 필요함
- ★ (단기, 기술개발) 해외 의존도가 매우 높은 반도체, 디스플레이 핵심 공정 장비 및 2차전지 신산업 장비로 타겟팅하여 핵심 광학부품의 수입의존도를 낮추고 공급망을 내재화 하는 방향으로 지원
 - 국내 개발업체와 수요 기업 간 장비 실증 및 적용을 위한 협업 지원
 - 핵심 부품, 모듈 관련 해외 기술의 라이선싱 및 M&A 지원으로 공급 다변화 및 내재화를 지원
- ★ (중장기, 기술개발 및 인프라) 핵심 요소 부품, 모듈의 개발 및 양산을 위한 제조·실증 인프라 구축
 - 주력산업용 광학부품/모듈의 시제품 생산 지원 공공인프라 구축 및 제품고도화를 위한 국산화 연구개발
 - 산업용 광학 부품 및 핵심 광학 모듈 개발품 실증과 성능을 인증할 인증센터 부재(ISO, 산업안전 인증 및 표준화 등)
- ★ (중장기, 인력양성) 고경력 전문기술인력 부족으로 인한 개발 노하우 부재 해소
 - 광학 부품개발은 기계, 광학, 전기전자 등 융합한 다학제간 인력양성이 필요함
 - 출연연 및 전문연의 한시적 인력양성사업을 통해 추진되고 있는 전문기술인력 육성
 - 장비, 광학 부품, 모듈, 공정, 소재 등 수요/공급 기업과 학·연 전문가들의 상설, 정기적 협의체 구성 및 의견 수렴을 통한 개발 로드맵 및 정책지원 방향 수립

기술개발 방향

- ★ 광학 기반 제조 장비의 성능 및 제품의 품질에 직접적 영향을 미치는 고출력 고신뢰성 광전달 부품/모듈 개발을 위하여 광학기반 제조장비의 분류별로 특성화 된 광학부품/모듈 기술 개발 및 공통으로 관련된 광학 정렬 기반기술 확보
- ★ (고출력 레이저 가공용 광전달 광학부품 기술 개발) 수 kW 이상의 고출력 레이저를 사용하는 산업용 레이저 용접 및 절단 장비에서 레이저 및 광에너지를 전달하는 광학부품/모듈로 고출력 에너지에서 손상 및 변형을 최소화되는 높은 신뢰성을 가지는 부품 및 모듈 개발
- ★ (레이저 초정밀 미세가공용 광전달 광학부품 기술 개발) 레이저 초정밀 미세가공 광전달 광학 부품으로 고정밀의 높은 신뢰성을 가지는 대물렌즈, 스캐닝 렌즈 등의 고정밀 광학 부품 및 모듈 개발
- ★ (검사장비용 광학부품 기술 개발) 반도체, 디스플레이 및 2차전지 공정에서 제품의 검사를 위해 사용되는 장비의 고정밀 대면적 이미징 관련 광학 부품 기술 개발
- ★ (제조장비용 고신뢰성 광학계 정렬시스템 기반기술개발) 광학기반 제조장비의 광학 부품 모듈의 정렬이 필요한 분야에 소요되는 기반기술로 광학 부품 모듈은 물론, 측정 및 제조 시스템 등에서의 핵심 정렬 기반기술 확보



| 그림 7. 광전달 광학부품 핵심 기술개발 테마 |

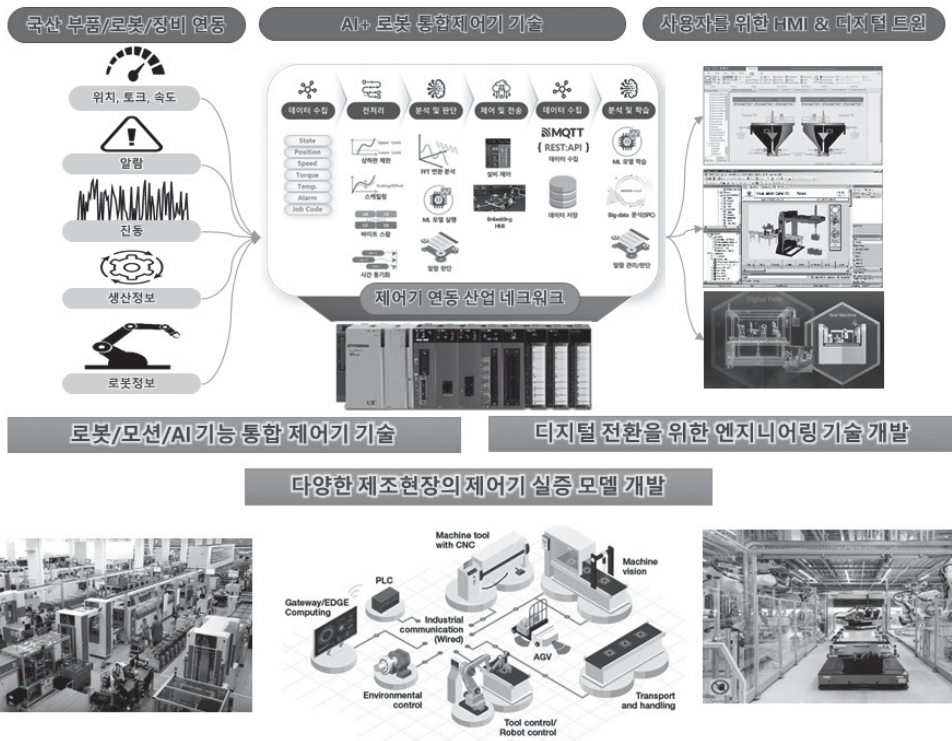
제어기(PLC)

대응방향

- ★ 자동화 기술 진보를 위해 산학연을 연계하여 선진사 대비 부족한 기술 분야에 투자해야 하며, 미래 자동화 시스템에서 시장 점유를 위한 국산 기술의 진보 필요
 - 최근의 다양한 산업분야에서 자동화 요구가 높아지고 있으며, 특히 현대자동차와 기아가 국내 전기차 사업에 오는 2030년까지 총 21조 원 투자를 단행하고, 전기차 인프라 부문 투자도 이뤄지기 시작하는 시점으로 자동화 시스템의 국산화에 노력을 기울여야 할 시점임
 - 과제 중심의 연구개발이 아닌 실제 고객의 Needs를 파악한 과제 발굴 및 산학연의 유기적인 연구 필요
 - 제어기 시장은 기존의 제조 현장뿐 아니라 미래 먹거리 산업에 적용되는 다양한 장비 및 시스템 시장에 대부분 활용됨으로 핵심 품목으로 기술개발 추진이 필요
- ★ 제조 현장이 스마트화가 되기 위한 중요한 요소가 현장 데이터 취득과 공정 시스템 제어라는 두 가지가 있는데 이를 실제 제어가 담당하고 있음. 최근에는 AI, 예방진단 기능 등을 포함하고 빅데이터 플랫폼 연계 등의 역할까지 하고 있기 때문에 제어기는 고성능·고기능화 뿐 아니라 산업 표준화에 염두를 두어야 함
 - 산업 표준에 뒤처지면 시장에서 선택을 받지 못하는 현상이 두드러지고 있으므로 산업 표준에 따라 개발해야 하는 표준화 연계 기술 개발 필요
 - 민간기업과 비영리 기관의 협업을 통해 미래 자동화 시스템의 원천 기술 확보에 주력하는 전략이 필요
 - 실제 중소형 제조현장 모델링을 위한 직관적인 구성 도구와 엔지니어링 기능을 제공하여 점차 늘어나는 정보량을 표시하는 시각화 기능을 개발하고, 시스템 운영에 도움을 주는 HMI 기술의 진보 및 AR/VR 등을 활용 가능한 디지털 트윈 환경의 기술 개발 필요
- ★ 디지털 전환 대응을 위한 국내 산업계의 협업 생태계 마련
 - 부품, 장비 및 로봇 기업과의 협업을 통해 국내기업의 생태계를 활성화시키는 방향으로 국내 산업이 하나의 큰 제조 상품 벨트가 되도록 하고, PLC를 기반으로 통합할 수 있는 Open 플랫폼 전략을 통해 전체 시스템의 국산화 노력이 필요
 - 국가기반 구축사업/보급사업 등을 통해 국내 PLC의 사용 저변확대와 적용 사례 축적을 위한 실증 시스템 지원 및 상용화 수준의 모델 발굴을 통한 기술 홍보

// 기술개발 방향

- ★ (로봇/모션/AI 기능 통합 제어기 기술 개발) 다양한 생산 시스템과 미래 자동화 생산 제조 공정에서 사용되는 센서/장비/로봇/모션 제어가 통합되고, 데이터 분석 처리 등을 지원하는 인공지능 기술과 연동 가능한 기능 확장이 유연한 구조를 가진 고성능 통합 제어기 국산화 기술 개발
- ★ (디지털 전환을 위한 엔지니어링 기술 개발) 점차 늘어나는 정보량 속에서 시각화 기능을 통해 시스템 운영을 전체적으로 파악할 수 있게 하는 직관적인 엔지니어링 기능을 제공하고, 제어기의 사용자 접근성을 높일 수 있으며, 디지털 전환 과정에서 공정 설계의 가속화를 도울 수 있는 디지털 트윈 기술이 접목 가능한 엔지니어링 기술 개발
- ★ (다양한 제조현장의 제어기 실증 모델 개발) 현재 국내 기술로 개발된 제어기의 자동화 시스템 실증 적용 확대뿐 아니라, 미래 자동화 산업에 적용 가능한 통합 제어기 기술 개발 과제와 연동한 국내외의 자동화 시스템의 국산화 실증 모델 개발 및 기술 신뢰성 확보



| 그림 8. 통합 제어기 기술 개발, 엔지니어링 기술 및 실증 모델 개발 |

4. 정책적 시사점 및 제안

// 주요 시사점

- ★ 제조장비 핵심부품의 성능 향상을 위한 기술개발을 통해 제조장비의 고부가가치화와 신산업 시장 및 제조공정상의 디지털 전환 흐름 대응 필요
 - 특히, 신산업 제조장비용 핵심부품인 하이테크 롤, 광학부품, 제어기(PLC) 등은 글로벌 선진기업과의 기술격차가 큰 반면, 시장 규모가 크고, 성장전망도 유망
 - 반도체, 전기차, 이차전지 등 신산업은 시장과 기술의 변화가 빠르고, 국내 기반 기술이 아직 취약하므로 기술확보가 시급
- ★ 우리나라가 신산업 분야 글로벌 일류 제조기업들을 보유하고 있으므로, 장비공급기업-부품공급기업-수요기업 등과 협력한다면 기술과 시장 확보가 가능할 것으로 기대
 - 신산업 제조장비와 핵심부품 시장은 아직 성장 단계에 있으므로, 전략적인 R&D 기획과 투자를 통해 글로벌 시장을 선도할 수 있는 기회 포착이 중요

| 표 3. 신산업 제조장비 핵심부품별 산업동향 및 이슈 |

부품명	산업동향	현안 및 이슈
하이테크 롤	<ul style="list-style-type: none"> • 이차전지, 디스플레이용 시장 확대 • 정밀 장력 제어, 온도 제어, 패턴 미세화 개발 진행 	<ul style="list-style-type: none"> • 대형 롤 관련 경험 부족, 기술 데이터 축적 미흡 • 롤 디지털 신뢰성 평가 플랫폼 요구
광학 부품	<ul style="list-style-type: none"> • 광학 부품의 고효율화, 고정밀화 및 대형화 • 소자의 초미세화 대응 광학계 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 고출력 광학계, 렌즈 제작 기술 부족으로 전량 수입 • 기반기술 부족으로 신규 광학모듈 개발에 어려움
제어기(PLC)	<ul style="list-style-type: none"> • PLC 고성능화로 DCS 시장 대체 • 표준화, 통합 플랫폼화, 사이버 보안 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 국산 제어기 기술은 표준화/유연성/확장성 부족 • 가공 데이터 보안성 강화, 사용자 편의성 향상 요구 증가

// 정책적 제안

★ 특정 부품개발을 위한 과제 단위의 일회성 지원사업에서 벗어나 제조장비 성능개선을 위한 부품 전반의 경쟁력 향상을 위해 '기술개발-신뢰성확보-장비실증-상용화'로 이어지는 중장기적인 관점에서의 정책지원 필요

| 표 4. 신산업 제조장비용 핵심부품별 기술개발테마(안) |

기술분야	세부과제명	핵심 기술개발내용
초정밀 고신뢰성 하이테크 롤 성능 고도화 기술	• 초정밀 온도제어 롤 기술 개발	고온 카렌딩 및 핫 엠보싱 기술이 적용된 온도편차 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 온도제어 롤 기술
	• 고밀도 이차전지 전극 제조용 롤 기술 개발	4 μm 동박 생산용 티타늄 롤, 정밀 균압 프레스 롤 등 고밀도 이차전지 전극 제조용 롤 기술
	• 대면적 미세패턴 롤 기술 개발	1,000mm급 대면적 미세패턴 롤 정밀 가공, 측정 기술 등 고속생산 기술
	• 하이테크 롤 신뢰성 평가기술 개발	하이테크 롤 설계, 검증, 성능평가, 디지털 트윈 연계 테스트베드 구축 기술
고정밀 고신뢰성 광학모듈 성능 고도화 기술	• 고출력 레이저 가공기용 광학모듈 기술 개발	변형 최소화를 위한 10kW 이상의 고출력 고정밀 고신뢰 광학 부품 및 모듈 제작 기술
	• 레이저 미세가공기용 광학모듈 기술 개발	μm 급 고정밀 대물렌즈, 0.2% 이하 저왜곡 스캐닝렌즈, 대면적 고해상도 광학모듈 제작 기술
	• 반도체/디스플레이 검사장비용 광학모듈 기술 개발	분해능 10nm 이하, 측정속도 10Hz 이상 고해상도 고속검사, 형상측정 기술
	• 제조장비용 고신뢰성 광학모듈 정렬 기반기술 개발	레이저 광학계 XYZ 광축 보정정밀도 1 μm 이내, Tx/Ty/R 틸트 보정 정밀도 3 μm 이내 정렬 기술
장비간 상호 연결 및 통합제어용 제어기(PLC) 기술 고도화	• 공정, 장비, 로봇 제어 및 AI 기능 통합된 제어기 기술 개발	공정제어 및 장비/로봇/모션제어 기술, 고성능 H/W 기반의 통합 AI 제어 기술
	• 스케일러블 PLC 플랫폼 기술 개발	모듈 통합 Open H/W 플랫폼, 표준 네트워크(IEC61131-3) 기반 제어기 S/W 플랫폼 기술
	• 사이버 보안 국제 표준 유연 대응 기반 기술 개발	IEC62443 기반 장비 간 연결성, 데이터 수집 및 분석 등 제어기 적용 사이버 보안 기술
	• 제어기 내장형 HMI 기술 및 3D 모델링 기술 개발	다양한 플랫폼 지원이 가능한 내장형 HMI, 3D 기반 제조 현장 모델링 및 모니터링 기술

[참고문헌]

1. ARC, "PLC and PLC-based PAC Market Grows and Adapts to Industrial IoT", 2021
2. 무인화기술, "메이저 PLC기업들의 시장전략", 2021
3. bcc Research, "Global Markets for Roll-to-Roll Technologies for Flexible Device", 2019
4. SNE Research, "리튬이차전지 분리막 기술동향 및 시장전망", 2021
5. SNE Research, "리튬이온 2차전지 제조 장비의 개발 현황 및 중장기 전망", 2021
6. "전고체전지 기술 현황 및 시장 전망", 2021
7. 한국광산업진흥회 "광융합분야 해외유망 산업기술 시장동향 분석보고서" 산업용레이저 최신동향, 2020
8. <http://eotechnics.com/page/main/main.php>
9. <https://www.lsholdings.com/ko/media/news/>
10. <https://www.mitsubishielectric.com/>

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
(주)피엔티	• 이차전지전극을 위한 멀티코터(Multicoater)가 구비된 지능형 롤투롤(Roll to Roll) 코팅시스템 개발	• 이차전지 소재제조를 위한 다층코팅 구현이 가능하고 시품질 예측 기술과 고장 진단기술을 가지는 멀티코터 방식 지능형 롤투롤 코팅시스템 개발	2022.04-2024.12
(주)이오테크닉스	• 고신뢰 6kW CW레이저 및 가공용 광학 헤드 실증	• CW 6kW 레이저(fiber core 100um, 변조 주파수 최대 5kHz) 신뢰성 개선/검증 및 광학 헤드 신뢰성 개선 및 가공 모니터링 차별화 기술 확보	2021.04-2022.05
한국기계연구원	• 레이저 가공 장비 및 핵심부품 신뢰성 향상 기술 개발	• 레이저 가공분야 핵심 부품, 서브시스템, 레이저 장비에 대한 성능 지표 발굴 및 표준화 작업 수행	2021.04-2025.12
라온피플(주)	• 산업 현장에 적합한 인공지능 비전 모듈 통합형 임베디드 로봇장비 제어 시스템 개발	• 공정,장비,로봇과 인공지능 기술을 활용하여 공정에 적용할 수 있는 통합 제어기를 개발	2019.07-2021.12
엘에스일렉트릭(주)	• 생산 시스템 국산화를 위한 RAPIenet 표준 기반 PLC 제어기의 장비로봇 통합 제조 실증 모델 개발	• 국제 산업용 표준 네트워크(RAPIenet)를 지원하는 국산제어기의 장비-로봇 연동가능한 통합모델 실증	2022.05-2023.04

CDMO 연계 중재시술 의료기기 기술 개발 및 시장동향

| 저자 | 박지훈 의료기기·헬스케어PD / KEIT
 김우진 수석 / 한국생산기술연구원

SUMMARY

// 목적

- ★ CDMO(Contract Development and Manufacturing Organization, 위탁 개발 및 제조 기업) 연계 중재시술 의료기기 기술 및 시장동향을 살펴보고, 최소침습 의료기기 산업의 산업 생태계 확장을 위한 정책적 시사점을 제시하고자 함

// 주요현황

- ★ 글로벌 최소침습기반 의료기기 시장은 연평균 8.3% 수준의 급속한 성장세를 통하여 약 660억 달러 수준에 이를 것으로 예상하고 있음
- ★ 국내 최소침습 의료기기 시장 역시 13.8%의 성장률을 보이고 있으나, 90% 이상 미국, 아일랜드, 일본 등으로부터 수입되고 있으며, 핵심 요소 부품의 제조 기술 경쟁력 부재로 인하여 기술 종속이 심화되고 있어, 이에 대한 대응 전략이 필요함

// 시사점 및 정책제안

- ★ 최소침습기반 의료기기 제조분야는 성형기술, 소재, 물리/화학, 로봇, 전기전자 분야 등이 유기적으로 연계된 대표적 융복합 산업으로 생체 적합성 고분자 및 금속에 대한 부품/소재 기술과 의료용 정밀 성형 공정 기술이 바탕이 됨
- ★ 그러나 매출액 100억 미만 기업이 96% 이상을 차지하는 국내 산업 생태계에서 융복합 기술이 접목된 제품의 제조 기술을 의료기기 기업이 모두 커버하는 것은 한계가 있으며, 의료기기 제조 선진국과 같이 의료기기 기업과 CDMO 기업 간기술 연계가 필요
- ★ 기술 다변화와 의료기기 종류 증가로 인하여 핵심 부품에 대한 다양성을 대응하고, 해당 분야의 무역역조 극복 및 관련 부품소재 기업들의 글로벌 수준 기술력 확보를 위해서는 국내 CDMO 기업 육성과 R&D 지원 전략이 필요

1. 최소침습 중재의료기기의 개요

/// 최소침습 시술의 정의

- ★ 과거 피부 절개를 통해서 시행하던 수술과는 달리, 절개의 크기를 최소화하거나 인체 구조물들을 최대한으로 보존하며 병변에 진입하여 진단/치료하는 수술을 총칭
- ★ 심뇌혈관계, 말초 혈관계 질환 뿐만 아니라, 소화기계 질환, 척추 질환, 안과 및 이비인후과 등 대부분의 진료 분야에서 적용되고 있음
- ★ 대표적인 제품군은 카테터, 가이드와이어, 캐놀라, 코일 및 이를 이용하여 삽입되는 스텐트, 삽입형 의료기기 등이 있으며, 생체적합성 고분자와 금속을 이용한 정밀 성형, 레이저 가공 기술 등이 필수적임
- ★ 최근에는 정밀 진단 및 상태 모니터링을 위한 센서 삽입형 의료기기가 활발히 개발되고 있어, 인체 삽입이 가능한 온도, 촉각, 저항, 압력 센서 및 패키징 기술 등이 매우 중요한 상황임



(출처: Edwards Lifesciences, Stryker 홈페이지(재구성))

| 그림 1. 최소침습 시술의 종류 |

/// 최소침습 중재의료기기 제품군

★ 카테터(Catheter)

- 병변의 진단 및 치료에 활용할 수 있는 도관(Tube, Shaft) 형태의 최소침습시술 의료기기로써, 영상기기를 기반한 진단 및 최소침습적 시술을 수행하는 중재시술 의료기기 분야의 핵심 의료기기
- 영상 진단장비의 발전과 카테터 제조 기술력의 향상으로 카테터의 원위부(Distal part) 부위에 기능성 소자(온도 센서, 자기장 센서, 접촉력 센서, 촉각 센서) 등이 탑재되어, 시술 전후 상태 모니터링 등의 진단 뿐만 아니라 소작 소자, 마이크로 미러, 초소형 모터 등을 탑재하여 치료 가능한 시술을 수행하는 고 기능성의 스마트 카테터(Smart catheter)로 진화하고 있음
- 최근 글로벌 시장은 430억 달러 수준으로 성장하였으며, 연평균 11.3%의 성장률을 보일 것으로 예상함('20년 기준, Global Market Insight)

★ 가이드와이어(Guidewire, 유도철사)

- X-ray 나 CT, CBCT(Cone-beam CT) 등의 영상 장비 기반 중재시술 시, 진입 유로를 확보하기 위해 사용하는 0.3~1.8m 길이의 유도 철사로써, 최소침습 의료기기 및 인체 삽입형 의료기기가 안정적으로 병변까지 진입할 수 있도록 시술 초기에 가이드와이어를 거치한 후, 의료기기 삽입
- 글로벌 가이드와이어 시장 역시 연평균 6.3% 수준으로 지속적인 성장 중이며, 정밀 성형 가공이 가능한 일본 등의 글로벌 의료기기 기업 중심으로 개발이 가속화됨

★ 인체 삽입형 임플란트

- 인체 기능 및 역할을 복원하기 위하여 중재시술을 통하여 삽입되는 의료기기를 의미함
- 혈관의 협착을 복원하기 위한 스텐트(Stent), 구조적 심장질환의 치료를 위한 인공 판막(Valve), 혈관의 역할을 대체할 수 있는 스텐트 그래프트, 뇌동맥류 치료를 위한 색전용 코일 등이 있음



(출처 : Abbott, Edwards Lifesciences, Boston scientific, Cook medical, Siemens healthneers, Microvention 홈페이지)

| 그림 2. 다양한 질환에 활용되는 카테터 및 와이어형 최소침습 의료기기 예시 |

★ 신경제어 기반 치료기기

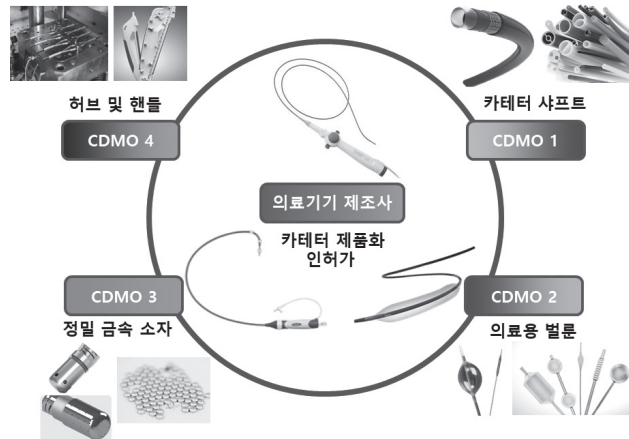
- 신경 제어 기반 치료기기는 인체의 신경조직에 외부 에너지를 통한 물리적 자극을 인가하여 내부 장기의 신경생리학적 기능 조절을 유도하여 질병 치료 또는 통증 경감을 유도하는 의료기기를 의미함
- 신경 자극을 통해 조직 내 세포 활성화도, 생체 반응, 재생 속도 향상을 유도하여 장기 기능을 조절하거나 신경 자극을 통해 통증을 제어
- 신경조절시스템을 통해 대표적인 질환 즉, 심장질환, 뇌질환, 만성통증 및 재활치료분야 등에서 그 효과를 인정받고, 실질적 증상완화/치료기기로서 적극 활용되고 있으며 최근 의식불명의 식물인간이 신경 소작 및 제어를 통한 전기 자극으로 의식을 회복하는 성과를 거두면서 미래의학의 수단으로 주목
- 고령인구가 증가되었지만 노화로 인해 약해진 신체 기능의 향상과 불의의 사고로 손상된 기능의 회복을 위하여 신경조절시스템의 필요가 증대되고 있으며, 관련 의료기기 개발이 기하급수적으로 증가되나 현재는 미국 기업이 주도

| 표 1. 신경 제어 기반 치료기기 적용 가능 질환 및 분야 |

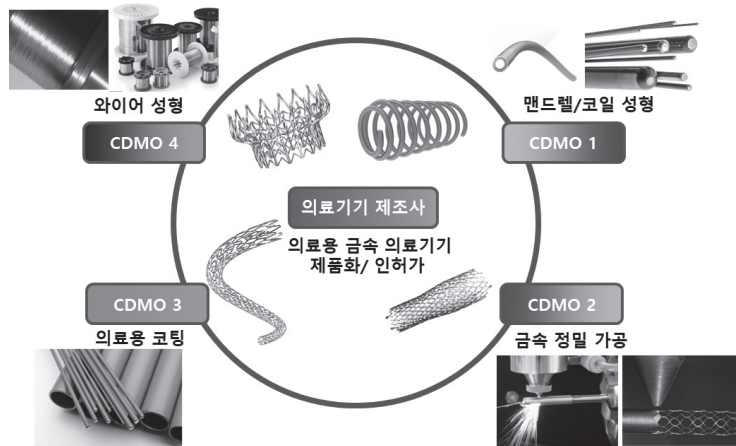
질환군	세부질환
호흡기질환	• 천식, 만성비염, 수면 무호흡증 등
심혈관계질환	• 고혈압, 심부전증, 심근경색, 협심증, 하지정맥류, 당뇨병, 부정맥 등
자가면역질환	• 류마티스, 전신염증 반응 증후군, 염증성 장질환, 알레르기 등
난치성질환	• 파킨슨병, 크론병, 치매, 간질환, 암, 아토피, 뇌전증, 외상성 질환, 간질, 뇌졸중, 코마 등
정신질환	• 외상 후 스트레스 장애(PTSD), 우울증, 불면증, 조현병, 주의력결핍(ADHD), 불안증, 자폐 등
기타	• 위마비, 요실금, 만성통증, 전립선염, 근소실, 두통, 유아황달, 비만, 발기부전, 창상 및 욕창 등

/// 최소침습 중재의료기기 산업군 특징

- ★ 중재의료기기는 10여 단계의 단위 공정을 통해 제조가 되기 때문에, 각 요소 공정에 적용되는 핵심 부품의 정밀 제조 기술과 이를 조립하는 기술적 역량이 높게 요구됨(자동차 부품 기업-완성차 기업 간의 제조 연계 프로세스와 유사)
- ★ 핵심 주요 부품을 개발 및 제조하는 글로벌 CDMO 기업들을 중심으로 의료기기 개발과 제조가 이루어지는 추세가 높아지고 있으며, 품질이 확보된 핵심 부품 소재를 복수의 의료기기 기업에서 요구하는 사양에 맞게 주문 생산하여 제품화 하는 사례가 일반적임 → 다품종 소량 산업이기 때문에 가능
- ★ 따라서, 융복합적 기술요소가 요구되는 최소침습기반 의료기기 분야의 높은 기술 장벽 극복을 위해서는 핵심 부품 제조를 전문으로 하는 CDMO와 의료기기 제조사 간의 협업이 중요함
- ★ (예시 1) CDMO A社は 카테터의 핵심부품인 샤프트 제조 기술을 확보하여 의료기기 기업 B社에 공급하고, B社は 부품 어셈블리 및 인허가를 통해 카테터 제품화. A社は 샤프트 제조 기술의 플랫폼화를 통하여 기타 다양한 질환 제품군에 공급 확대
- ★ (예시 2) 생체적합성 금속 와이어 CDMO기업 C社를 통하여 부품을 공급받은 의료기기 기업 D社は 스텐트 및 임플란트 제품화. C社は 다양한 와이어 제조 기술 확보를 통하여 심뇌혈관계 질환에 적용되는 다양한 제품군 부품으로 적용 확대



| 그림 3. CDMO-제조사 협업 예시 1(카테터 제품화를 위한 역할 분담) |



| 그림 4. CDMO-제조사 협업 예시 2(의료용 금속 기반 의료기기 제조 역할 분담) |

/// 최소침습 중재의료기기 제조 선진국의 성장 사례








★ 아일랜드 의료기기 분야 산업 생태계







- 아일랜드는 글로벌 의료기기 기업들의 현지 공장 및 CDMO 기업의 Supply chain 강화를 통해 지속적인 생태계 확장이 이루어지고 있으며, 정부의 관련 분야 부품 소재 기업의 집중적 지원, 출연 연구기관(Curam, APT 등)의 우수한 인프라 및 기술 지원이 유기적으로 이루어짐

- 이를 바탕으로 생성된 400여 개의 부품 소재 CDMO 강소기업들과의 긴밀한 기술적 협업관계를 통해 혁신적 최소침습 의료기기 개발 수행
- 최소침습 분야에서 180억 달러/년 수준의 수출액 유지, 세계 스텐트 생산량의 80% 점유와 카테터 시장에서의 지속적인 수출 성장세를 보이고 있음
- 주요 성장 원인은 글로벌 의료기기 기업들의 현지 진출을 통한 생태계 확장과 정부의 관련 분야 부품 소재 기업의 집중적 지원, 출연 연구기관(Curam, APT 등)의 우수한 인프라를 통한 기업 지원임
- 이러한 국가적 지원을 통하여 현재는 3만여 명의 최소침습/비침습 의료기기 분야 전문 인력들이 양성되어 세계 시장을 선도하고 있음

주요 제품군

표 2. 고기능성 카테터의 분야별 용도 및 종류

적용 분야	용도	카테터 종류
심혈관계 질환 분야	전기소작(ablation) 카테터 (고주파/Cryoablation(냉각 방식))	
	영상진단 카테터(초음파 진단 및 광간섭(OCT) 카테터 등)	
	심장 판막 치환술용 카테터(TAVI 등)	
	진단/치료용 조향 (Steerable)카테터	
뇌혈관계 질환 분야	마이크로카테터	
	뇌혈관계용 Guiding 카테터	
	뇌혈관용 영상 진단 카테터	

적용 분야	용도	카테터 종류
말초혈관계 질환 분야	전기소작(ablation) 카테터	
	혈전 제거용 카테터	
	Stent delivery 카테터(PTA 카테터)	
	진단/치료용 조향 (Steerable)카테터	
비혈관계 질환 분야	소화기계 질환 진단/ 치료용(내시경 하 시술용)	
	비뇨기계 질환	

[표 3. 신경 제어 치료분야 최소침습 의료기기 종류]

적용 분야	용도	카테터 종류
신경 제어 치료 분야	혈압 제어	
	척추 신경 자극	
	뇌심부 자극	

| 표 4. 생체적합성 금속 기반 의료기기 분야별 용도 및 종류 |

적용 분야	용도	카테터 종류
심혈관계 질환 분야	가이드와이어 분야	
	고주파 소작 분야	
뇌혈관계 질환 분야	스텐트 및 스텐트 리트리버 시스템 분야	
	가이드와이어 분야	
	색전 코일 분야	

2. 최소침습 중재의료기기 기술 동향

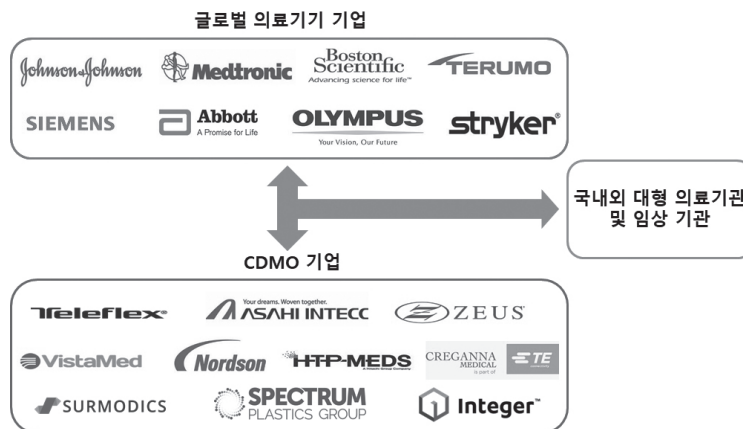
// 국외기술동향

★ 국외 최소침습 의료기기 제조 기술 동향 및 수준

- 전 세계의 의료기기 시장을 선도하고 있는 Top10 다국적기업이 최소침습시장의 50%를 장악하고 있으며, 이들과 함께 협업하는 의료용 튜브 및 압출금형(Tip & Die) 제조 기업, 튜브 코팅 및 후가공 CDMO 기업들이 주요 제조 기술을 선점

★ 카테터 분야

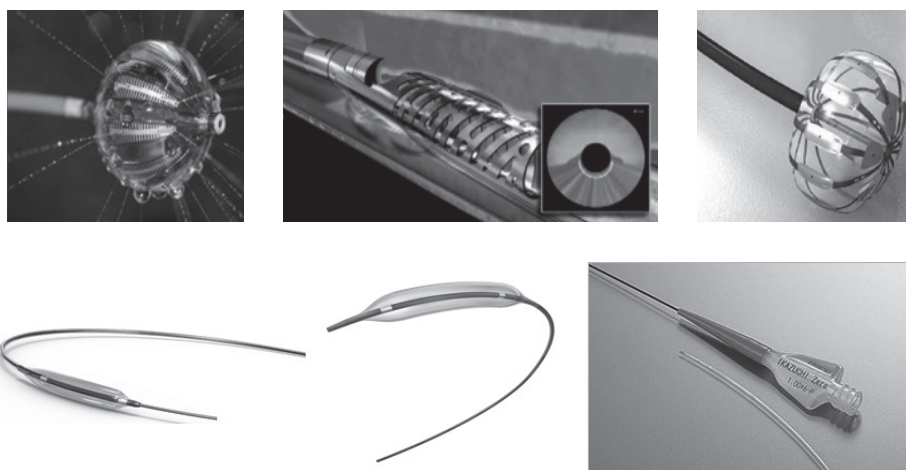
- 다양한 형상의 멀티 루멘 및 편조 튜브 기술은 이미 안정화가 되어 있으며, 이를 바탕으로 마이크로 카테터 제조 기술이나 초소형 모터 및 센서가 장착된 고기능성 카테터 제조 기술 및 스마트 카테터 기술개발이 활발히 진행 중
- 특히, 카테터 분야의 요소 기술은 글로벌 CDMO 기업이 기술을 선도하고 있으며, 스타트업 등을 통하여 개발되는 신기술을 CDMO 및 글로벌 기업이 기술이전을 받거나, 인수 합병하는 형태로 생태계 확장이 이루어짐
- 미국의 Zeus, Teleflex-OEM, Putnam, Microlumen, Integer medical 및 Nordson medical 등이 멀티루멘 및 편조 튜브 제조 기술을 선도하고 있고, Hitachi에 인수 합병된 HTP Med도 카테터 제조 기술 확보를 위해 공격적으로 기술개발을 진행
- 유럽에서도 카테터의 요소 부품 제조 기술력이 높은 다수의 CDMO기업이 포진하고 있으며, 특히 소모성 의료기기 제조기술력이 높은 Freudenburg(Vistamed), Surmodics, TE(Creganna medical) 등이 Human factor를 고려한 높은 수준의 기능성 카테터 제조 기술을 보유
- 최근 5년여 전부터는 고품질의 카테터 제조 CDMO 기업들이 글로벌 기업에 인수 합병되는 사례가 급증하는 등, 제조 경쟁력에 대한 수요가 높아지는 추세



| 그림 5. 중재시술 의료기기 분야 내 글로벌 의료기기 기업 / CDMO기업 간 협업 |

- (심혈관계 분야) 시장 규모면에서 가장 성장세가 높은 만큼 기술력도 빠르게 성장

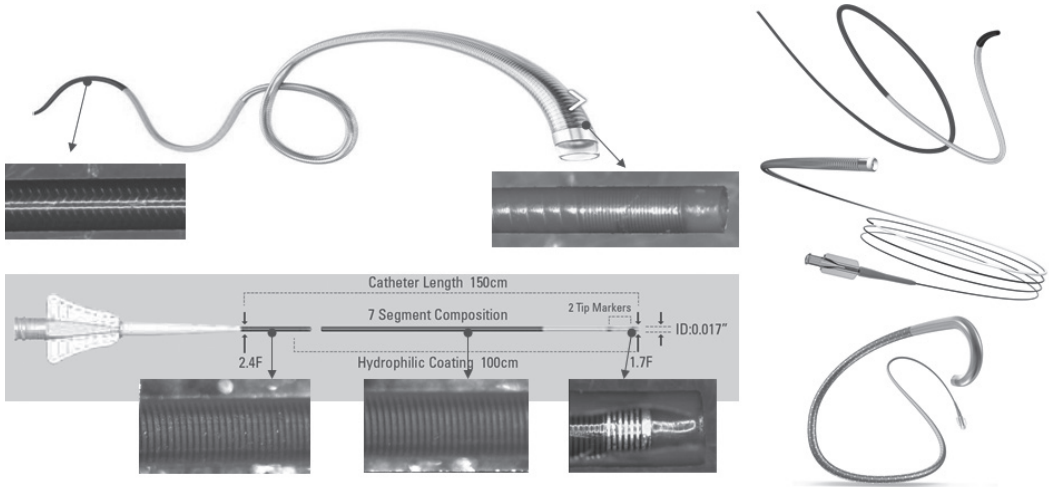
- 심혈관계 분야와 구조적 심질환(심장 판막) 분야로 구분될 수 있으며, 심혈관계 분야에서는 혈류 모니터링 등의 기능을 갖춘 센서가 탑재된 스텐트 및 생체적합성 금속 기반 스텐트를 전달하는 카테터 제조 기술이 지속적으로 개발 중
- 특히, 레이저 기반의 고정밀 금속 가공 기술과 용접 기술이 발달하고, 고분자 튜브 압출 성형기술이 발달하면서, 내경은 크고 외경은 작으면서도 Trackability나 Pushability 등이 보장되는 고품질의 카테터 기술력을 확보
- 최근 심혈관계 질환에 적용되는 스텐트 시술 분야에서는 각 기업들 간의 스텐트의 성능 수준이 유사해지면서, 카테터 전달시스템의 기술력이 제품의 성능을 결정하는 주요 변수로 급부상하여 글로벌 기업들의 R&D가 심화되고 있음. 또한, EP(Electrophysiology) 기술을 기반으로 하는 매핑(Mapping) 및 소작(Ablation) 카테터 시장이 빠르게 성장하고 있으며, Cryoablation 등의 기술적 역량이 빠르게 개선되고 있어 시장규모가 확대되는 상황
- 초음파 및 OCT(Optical Coherence Tomography) 기술을 바탕으로 하는 3D 영상진단 카테터의 정밀도도 개선이 되고 있으며, 초소형 모터를 이용한 플라그 제거 시술용 카테터, 소프트 로봇을 이용한 카테터 등의 기술도 빠르게 발전
- 구조적 심질환 분야에서는 전통적으로 진행되어오던 판막 치환술 분야에서 최소침습시술 시장이 급성장 중에 있으며, 이 때에 필요한 카테터 제조 기술이 Edwards lifesciences社 및 Medtronic社 등의 글로벌 기업 주도로 발전
- 관상동맥 및 심장 판막 치료에 쓰이고 있는 벌룬(Balloon)의 개발 역량은 상향 평준화 되었으며, 다양한 기능성 소자를 탑재한 벌룬 제조 기술이 추가 개발됨



(출처 : Biosense Webster, Avinger, Boston scientific, Abbott, Kaneka 홈페이지)

| 그림 6. 센서 및 정밀 가공 기술 기반의 스마트 카테터 및 스텐트전달시스템 예시 |

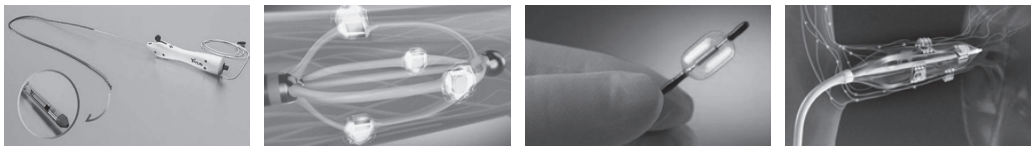
- (뇌혈관계 분야) 뇌혈관계 분야에 대표적으로 활용되고 있는 마이크로카테터의 경우, 의료용 튜브 압출 성형 및 정밀 웰딩(Welding)기술이 빠르게 발전하면서 외경 3Fr(1mm) 이하 사이즈의 카테터가 일반적으로 사용되는 경향



(출처 : Medtronic, Boston scientiic, Microvention 홈페이지)

| 그림 7. 다양한 브레이딩/코일링 기술 및 Multi-segment가 접목된 마이크로카테터 |

- (말초혈관계 분야) 스텐트를 이송하는 PTA(Percutaneous Transluminal Angioplasty)카테터 분야의 빠른 성장과 더불어, Sheath/Dilator 분야와 중심정맥 카테터 역시 고기능화 제품 출시를 통해 시장이 성장하고 있음
 - 또한, 최소침습기반 신동맥 신경절제술 등의 신기술이 개발되면서, 이와 관련된 카테터 시장도 확장될 것으로 예상됨
 - 다양한 종양 색전술의 발달로 인하여 활용되는 색전술용 마이크로카테터가 다양해지고 있으며, 관련된 제조 기술이 지속적으로 발전하고 있음

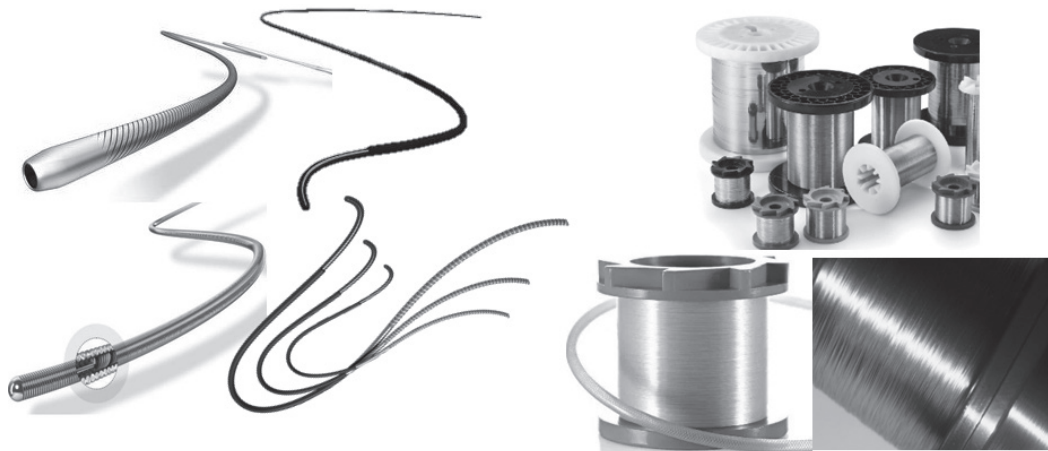


(출처 : Medtronic, Abbott, Boston scientiic, CardioSonic 홈페이지)

| 그림 8. 말초 혈관계 질환 치료용 센서 기반 기능성 카테터 개발 예시 |

★ 가이드와이어(유도철사) 및 의료용 금속 분야

- 가이드와이어는 중재시술 의료기기 분야에서 경로를 개척하기 위해 필수적으로 사용되는 의료기기로써, 정밀 가공 역량이 우수한 일본을 중심으로 글로벌 기술 트렌드가 형성되고 있음
- 생체적합성 금속 기반의 마이크로 압출, 인발 공정과 이종 경도 제어 기술, 연신 기술의 고도화를 통하여 품질 고도화가 이루어지고 있음
- 정밀 레이저 가공 기술을 통하여 생체 적합성 금속 기반 원위부 팁의 성형 기술도 발전하면서, 다양한 기능성을 가지는 금속 탑재 의료기기가 출시되고 있음. 가이드와이어 분야에서는 현재 0.014~0.035 “직경의 와이어가 가장 활발하게 사용되고 있으며, 0.012”(0.3mm) 이하 와이어까지 시장에 출시되어 있음
- 가이드와이어 표면의 저 마찰력 구현을 위한 PTFE 표면 코팅 기술 등도 필수적이며 매우 중요한 기술임
- 가이드와이어나 브레이딩(Braiding)/코일링(Coiling) 와이어 등의 소재도 기존 SUS 계열에서 Nitinol 및 Tungsten 등의 금속과 PEN(Polyethylene Naphthalate), LCP(Liquid Crystal Polymer), Carbon fiber 등을 적용하여 다변화 하고 있으며, 중재시술 의료기기의 Pushability 나 Trackability 개선을 위하여 다양한 라인업이 개발되고 있음
- 브레이딩/코일링 와이어 계열은 일반적으로 0.05~0.1mm 직경이 주로 활용되나, 0.01mm 수준의 와이어가 개발되면서, 마이크로 카테터 등에 다양하게 적용되고 있음



(출처 : Terumo, Asahi intecc, ZEUS, Ulbrich 홈페이지)

| 그림 9. 다양한 가이드와이어 및 의료용 와이어 |

★ 신경제어 치료 의료기기 분야

- 현재시판 되는 신경자극 의료기기는 1990년대 후반부터 글로벌 의료기기 기업인 Medtronic, Abbott, Boston Scientific 3사가 시장을 과점하는 형태이며 최근 글로벌 제약사, IT 전문기업과 새로운 혁신 스타트업 기업들의 참여로 기술/제품개발과 시장이 급속히 확장
- 신약 개발 대상 물질의 제한 및 신약개발에 소요되는 기간, 비용의 증가와 각국의 의료재정 부담 증가로 인한 지속적인 약가 인하 압력에 따라 제약업계에서 신경자극 의료기기와 같은 혁신 기술에 대한 관심 증가
- 특히 신경 및 뇌 질환에 대한 신약 개발은 평균적으로 다른 적응증 치료제 개발보다 가능성은 50% 높고, 기간은 30% 이상 단축되어 다국적 제약사들이 새로운 비약물적 치료 수단에 대한 개발을 위해 신경자극 의료기기 사업에 진출
 - 다국적 제약사 Allergan은 코에 자극을 줌으로써 눈물을 유발하는 기술을 보유한 Oculve를 1억 2,500만 달러에 인수
 - J&J은 2017년 마이봄샘 기능저하에 자극을 통해 각막 표면의 눈물층을 정상화는 기술을 보유한 TearScience를 인수
- 최근 기존 IT, 빅데이터 기술에 기반을 둔 기업들이 관련 기업과의 협업을 통해 신경자극 의료기기 분야에 활발히 진출
 - 다국적 제약사 GSK와 구글의 자회사인 Verily Life Science가 2016년 공동출자하여 Galvani Bioelectronics사를 설립
 - GSK의 신약 개발 능력과 생화학적 지식에 Verily의 전자기술, 데이터 분석 및 소프트웨어 기술을 결합하여 다양한 만성 질환에 대한 새로운 치료 기술을 개발중
 - 대표적으로 당뇨를 포함한 염증성, 대사성 질환과 수면, 편두통, 뇌졸중, ADHD 등을 포함한 신경질환에 대한 임상이 진행 중
- 신규 스타트업 기업들도 다양한 분야에서 관련 제품을 개발, 출시
 - Novocure는 전기자극을 통해 뇌종양의 증식을 억제하는 종양치료장치 Optune과 mesothelioma에 대한 FDA 허가를 획득하였으며 폐암 적응증에 대한 Phase 3를 진행
 - Cala Health는 수전증을 치료하는 와치형 기기를 FDA의 허가를 받아 '19년도에 출시

// 국내기술동향

★ 카테터 분야

- '10년도 이후로, 국내 중견/중소 의료기기 기업을 중심으로 카테터 제조 기술이 성장하고 있으나, 최소 침습 내시경 하 시술 및 중재시술용으로 사용할 수 있는 싱글루멘(Single-lumen) 카테터의 상용화에 주로 국한되어 있고, 심뇌혈관계 질환이나 고난이도의 말초혈관계 질환에 활용되는 카테터는 대부분 수입에 의존
- 이로 인해 국내 시장의 90% 해당하는 카테터가 수입 제품이며, 특히 카테터의 핵심 부품에 해당되는 멀티루멘(Multi-lumen) 튜브나 편조(Braided) 및 코일링 튜브 제조 기술은 매우 부족하여 99% 이상이 국외 선진부품 기업으로부터 수입

- 상대적으로 저가형으로 분류되는 배액 카테터부터 고기능성 중재시술 카테터 분야까지 글로벌 기업 제품이 독점 혹은 과점하고 있으며, 가장 큰 원인은 임상 수준을 맞추지 못하는 낮은 품질
- 최근, 관련 분야의 열악한 산업생태계 환경에서도 고군분투하여 몇몇 의료기기 제조 기업 및 부품 소재 기업이 혈관계 질환 및 카테터 기반의 정밀 진단 의료용 튜브를 개발하여 국내 판매하고 있지만, 품질 수준이 국외 기업에 미치지 못하고 있고, 카테터의 기계적 물성에 대한 정량 분석 기술 등도 미약하여 이에 대한 개선이 절실한 상황
- 특히 최근에는 국외 글로벌 기업 제품과의 기술 격차를 줄이고, 임상인들의 수요를 충족시키기 위하여 카테터의 유로 진입 시 요구되는 Pushability / Trackability 등을 정량적으로 분석하고, 평가하는 기술 등, 카테터 기반 핵심 부품의 신뢰성 평가 부분에 대한 수요도 급속하게 증가하고 있음

★ 가이드와이어 (유도철사) 및 의료용 금속 분야

- 중재시술 의료기기에 필수적으로 사용되는 가이드와이어의 경우, 금속 소재 인발 및 후가공, 코팅 기술의 부족으로 인하여 글로벌 기업과의 기술 격차가 지속되고 있음
- 중재시술 의료기기 시장의 급속한 성장으로 인하여 국내 가이드와이어 시장도 꾸준히 성장세에 있지만, 국내 개발 기업들이 보유하고 있는 와이어 성형, 경도 제어 및 저마찰 성능 구현 기술 등의 부족으로 글로벌 기업 제품과의 기술 격차 개선이 필요함
- '15년도 이후로, 국내 의료기기 기업들이 가이드와이어 국산화를 위한 연구를 수행하기 시작하였으며, '21년도 기준, 일부 제조기술 확보를 통하여 장관용 및 혈관용 가이드와이어 품목허가가 각각 4건과 3건이 발생하였음. 그러나 마이크로 와이어 성형을 위한 압출 및 인발 기술의 개발을 통해 글로벌 수준의 품질을 갖추어야 할 필요성이 있고, PTFE coating 등의 요소 기술 개발 수요가 높은 상황임
- 최근 산업용 와이어 전문 제조 기업들이 가이드와이어 시장 진출을 위하여 업종 확대를 통해 사용화 연구를 수행하고 있지만, 정밀 그라인딩(Grinding) 및 레이저 웰딩(Welding) 기술등의 내재화를 통해 품질 이슈 해결이 필요한 시점임

★ 의료용 소모품(Consumables) 분야

- 코로나19로 인한 진단키트 소모품 등의 시장 확대와 K-방역으로 인한 의료분야 위상 증가로 인해 의료용 소모품을 제조하는 부품 소재 기업들이 증가하고 있으나, 의료부품 제조 공정에 적합한 검증 시스템이 부족하여 이를 보완하고 체계적인 제조 생태계 구축이 필요한 상황임
- 또한, 혈관계 질환 진단 및 치료 등과 같은 고부가가치 소모성 의료부품 성형에 필요한 정밀 공정 기술 개발 및 이에 대한 검증 기술 역량이 부족하기 때문에, 기술확보 및 소모품 전문 소재부품 기업 육성이 필요한 상황

// 글로벌 주요 CDMO 기업현황

★ CDMO 분야 주요 기업 현황

| 표 5. 국외 주요 CDMO 기업의 사업 현황 |

국가	기업명	내용
미국	Teleflex OEM	<ul style="list-style-type: none"> • 1943년에 설립된 헬스케어 제품 개발, 제조 기업이며, 본사는 미국 펜실베이니아 웨인에 위치 • 혈관 및 중재 시술, 마취, 심장 치료, 비뇨기과, 응급 의학, 호흡기 치료 분야에 적용하고자 하는 일회용 의료기기의 디자인/개발 및 CMO • 주요 제조 부품 : Circuits, masks, bags, endotracheal tubes, pain pumps, supraglottic airways, catheters, adaptor and connectors
	Integer	<ul style="list-style-type: none"> • 1970년 설립되었으며, 2015년 Greatbatch, INC.가 Lake Region Medical을 인수합병하여 현재사명으로 변경된 텍사스의 의료기기 CDMO 기업 • 심장, 신경절제, 혈관, 정형외과 등의 휴대용 및 중재 의료기기 위탁 제조 생산 • 주요 제조 부품 : Implantable battery, Capacitor, Catheter, Class III Medical Device Systems, Filter 류
	ZEUS	<ul style="list-style-type: none"> • 1966년 설립되었으며, 소재 과학기술을 응용한 폴리머(Polymer) 솔루션 기업으로 본사는 미국 사우스캐롤라이나에 위치 • 다양한 산업에 고분자 수지로 만든 정밀 고분자 압출물 등을 제조 • 세계 최초로 REACH와 EU MDR을 통과한 폴리이미드 튜브 제품 공급 • 의료용 카테터로 쓰이는 폴리이미드를 사이즈, 두께, 색상 및 윤활도 등을 맞춤 주문 제조 • 주요 제조 부품 : Biomaterials, Reinforced Optical Fiber, Extruded Tubing, Heat Shrinkable Tubing, Insulated Wire, Monofilament and Drawn Fiber, Polyimide Family, Tie Layer
	Nordson medical	<ul style="list-style-type: none"> • 1935년 설립된 글로벌 의료기기 판매 기업으로 초음파, 외과수술용 등 복합 의료기기 등을 개발하며 본사는 미국 콜로라도에 위치 • 폴리머, 실란트 등을 이용한 제품, 의료기기, 광학 검사 및 X선 검사 제품, 접착식 분사시스템을 이용한 사후 분사 테스트 제품 등을 제조 및 판매 • 특히 2011년에 밸류 플라스틱(Value Plastics), 2013년 Vention medical을 인수한 이후 생명공학 분야 응용 플라스틱 튜브 제품에 있어서 선두주자 역할 수행 • 주요제조 부품 : Fluid Management, Quick Connect Fittings, Medical Tubing, Medical Balloons, Catheters and Cannulae, Heat Shrink Tubing 등
	Spectrum plastic group	<ul style="list-style-type: none"> • 1949년에 창립된 컴포넌트 기반 개발 및 폴리머 베이스의 의료기기 제조 솔루션 기업으로 본사는 미국 애틀란타에 위치 • 6개 국에 21개 허브를 구축하고 있으며, 전세계에 의료기기 및 다양한 라이프 세이브 솔루션을 제공 • 주요 제조 부품 : Extruded tubing, Catheter technologies, Medical balloons, Laser processing, Injection molding, Flexible packaging & film 등

유럽	Freudenberg & Co KG	<ul style="list-style-type: none"> • 1849년에 설립된 의료기술 및 메카트로닉스 제품개발 및 제조 기업이며, 본사는 독일 바인 하임에 위치 • 맞춤형 솔루션을 개발하는 산업 장비 회사로써 의료기술 및 메카트로닉스 제품 설계 및 제조, 중소기업을 위한 소프트웨어 솔루션 등 IT서비스를 개발 • 2017년 아일랜드 기업 VistaMed의 추가 지분 인수 및 카테터 제조시설 확장 (의료용 튜브 및 고품질 특수 카테터를 제조 전문)
	Creganna Medical (TE)	<ul style="list-style-type: none"> • 1980년 설립된 최소 침습 의료기기 제조 전문 CDMO 기업이며, 본사는 아일랜드 골웨이에 위치 • 2017년 글로벌 전자부품/센서 기업인 TE Connectivity社에 인수 합병되어 규모 급성장 중 • 주요 제조 부품 : Design services, clinical and regulatory support, pilot manufacturing, Catheter shaft, Balloon, wire

3. 최소침습 증재의료기기 시장 동향

/// 글로벌 최소침습 의료기기 시장동향

- ★ 세계 의료기기 시장 전망중 최소침습과 연관성이 높은 심혈관용기기, 진단영상, 약물전달기기 및 수술관련 시장 전망을 살펴보면 '15년 1,032억 불(약 111조 원)에서 '20년 1,453억 달러(약 156조 원)로 연평균 7.1%의 높은 성장을 보임
- 고령화 및 선진화에 따른 세계 사망원인 1위로 심혈관 질환이 급격하게 증가하며, 심혈관 관련 기기 매출도 2020년 549억 불로 성장할 것으로 전망되고 가장 큰 비중을 차지

| 표 6. 최소침습 관련 의료기기 세계시장 규모 |

(단위 : 억 달러, %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
심혈관용 기기	421	442	465	490	518	549	5.2
진단영상 관련	280	306	338	375	417	464	9.9
약물전달 기기	206	215	225	236	246	257	4.5
수술 액세서리 관련	125	133	143	154	167	183	7.4
합계	1,032	1,096	1,171	1,254	1,348	1,453	7.1

(출처 : GlobalData, Medical Equipment Market(재구성))

- 중재시술 분야 핵심 의료기기인 카테터 글로벌 시장은 2018년 37.3억 달러로 평가되며, '26년도 77.7억 달러로 연평균 9.61%의 높은 성장세 전망

| 표 7. 카테터 세계시장 전망 |

(단위 : 백만 달러, %)

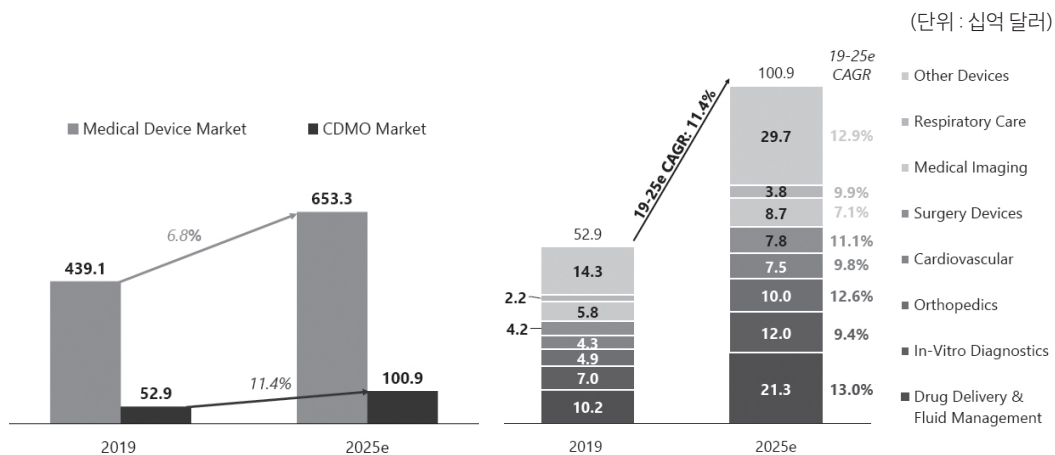
구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR
심혈관용 카테터	10,457.7	11,421.4	12,481.5	13,656.2	14,955.1	16,388.0	17,972.9	19,730.8	21,734.6	9.58%
비뇨기과용 카테터	5,241.0	5,706.5	6,217.3	6,781.8	7,404.3	8,089.2	8,844.6	9,680.3	10,619.1	9.23%
정맥용 카테터	6,128.3	6,657.9	7,237.8	7,877.5	8,581.6	9,354.6	10,205.6	11,145.2	12,202.2	8.99%
신경혈관용 카테터	5,655.9	6,201.9	6,804.9	7,475.3	8,219.4	9,043.4	9,958.1	10,976.5	12,085.4	9.96%
특수 카테터	9,795.1	10,743.0	11,789.4	12,952.6	14,242.8	15,670.8	17,255.4	19,018.4	21,042.7	10.03%
합계	37,278.0	40,730.7	44,530.9	48,743.4	53,403.2	58,546.0	64,236.6	70,551.2	77,684.0	9.61%

(출처 : GlobalData, Medical Equipment Market(재구성))

CDMO 연계 의료기기 산업 시장

- ★ 전 세계 의료기기 CDMO 시장은 연평균 11.4%로 빠르게 성장하고 있으며, '19년도 529억 달러 규모에서 '25년도 1,009억 달러로 2배 수준으로 성장 전망
- ★ 급격한 성장은 제조업체들이 제품 수명 주기에 걸쳐 공급망의 고부가가치 단계를 아웃소싱하는 경향에 의해 주도되고 있으며, 주요 원인은 다음과 같음
 - 의료기기의 영업 및 마케팅, R&D 및 임상 개발 등 핵심 역량을 위한 자원확보 측면에서 지속적인 비용 절감 및 운영 효율성 추구
 - 제품 디자인, 엔지니어링, 복잡한 제조 또는 조립기술과 같은 제품 가치사슬의 고부가가치 단계를 아웃소싱 경향 증가
 - 재료 관리, 디지털 기능 및 약물/기기 조합을 포함하여 전통적으로 OEM의 기능 밖에 있는, 고성장하는 특정 혁신 영역의 역량 격차 증가

- 최소 침습 의료기기, 분자 진단 소모품, 웨어러블 디바이스 등 이미 높은 수준의 아웃소싱을 보이는 최종 시장의 성장세



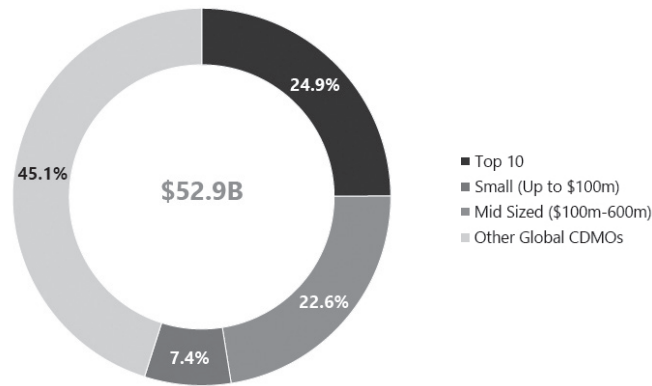
(출처 : AliraHealth, Medical Device Contract Development and Manufacturing, 2020.6.(재구성))

그림 10. 의료기기 CDMO 시장 규모 및 전망

- ★ CDMO 시장에서의 고부가가치 역량은 제품별 기능, 소재, 제조 기술 등에서 창출
 - 제품별 다기능 : 수요자 관점에서의 기능 구현 및 융복합화
 - 재료 기능 : 고성능 플라스틱, 생체 적합성 및 복합 재료
 - 제조 기술 : 부품의 소형화, 정밀 고분자 성형, 금속 가공 및 자동화
- ★ 상위 10개 글로벌 CDMO(이 중 9개가 미국 기업)는 전체 시장의 24.9%인 총 132억 달러를 차지
 - 50개의 중견 기업(매출 1억~6억 달러)은 총 119억 달러(22.6%)를 차지하고 있으며 220개의 소규모 회사들이 38억 달러(7.4%), 기타 CDMO가 239억 달러(45.1%)를 차지
- ★ 글로벌 CDMO 기업들은 수직적 통합, 이종가격 구도, 가치사슬의 상부에 집중, M&A 등을 통해 경쟁력을 향상시키는 추세
 - 기능의 다각화 및 역량 있는 기업들 간의 수직적으로 통합*을 통해 경쟁력 향상
 - * 수직적 통합 : 원재료의 생산부터 최종 제품의 판매까지 기업의 모든 경영활동 관련된 회사들의 통합
 - 기술력이 풍부한 기업군은 안정적으로 하고 있는 반면, 기술적으로 차별화되지 않은 CDMO는 가격 하락을 겪는 듀얼-프라이싱(Dual-Pricing) 궤적이 나타남

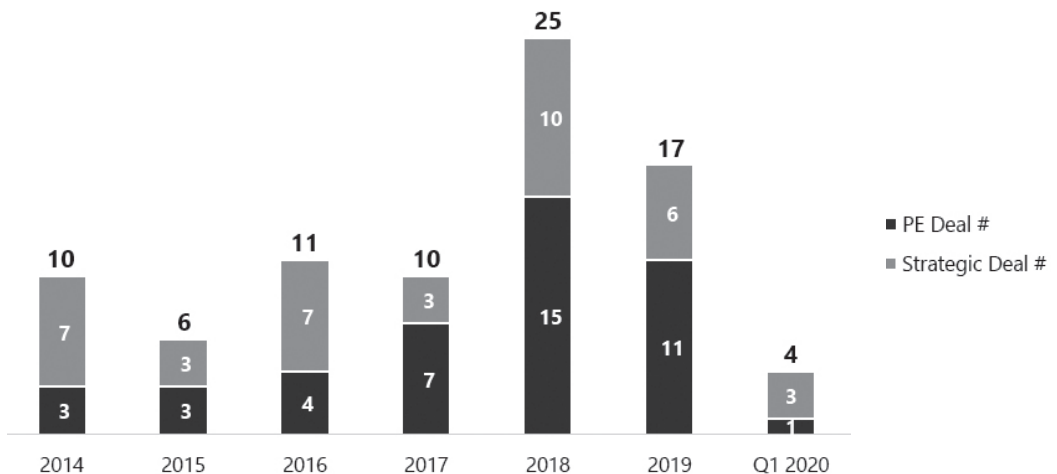
- 사모펀드(PE) 활동을 필두로 활발한 M&A 활동이 있으며, 이는 지난 10년간 업계 통합을 촉진시켰고, 앞으로도 지속될 것으로 전망

(단위: 억 달러, %)



| 그림 11. 전 세계 의료기기 CDMO 산업 내 기업군 규모 |

(단위: 억 달러, %)



(출처: AliraHealth, Medical Device Contract Development and Manufacturing, 2020.6.(재구성))

| 그림 12. 전 세계 의료기기 CDMO 인수합병 현황 |

/// 의료기기 제조 가치사슬에서 위탁 개발 제조(아웃소싱) 가능성은 점차 증대

★ 메디테크 제조 가치사슬 및 최종시장의 세분화 및 동향

- 의료기기 아웃소싱 서비스는 OEM이 가변비용(variable cost)*으로 새로운 시장에서 경쟁력을 높일 수 있는 새로운 역량을 추구함에 따라 가치사슬 전반에 걸쳐 그 양과 가치가 성장할 것으로 예상

* 생산량의 증감에 따라 변동하는 비용을 의미함. 생산비와 생산량, 또는 조업도와의 관계에서 분류된 비용으로 불변비용(不變費用)과 대응

| 표 8. 중재의료기기 아웃소싱 가능성 |

구분	아웃소싱 가능성	주요 내용
설계 및 개발	매우 높음	<ul style="list-style-type: none"> 외주 설계는 OEM의 내부 R&D 역량을 향상 기존 보유 역량 외 의료, 제약, 생명과학 및 디지털 융합 등으로 인해 아웃소싱 가속화
금형 (Tooling)	높음	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 산업 공정, 부품 사양 및 재료 요구사항에 맞는 금형의 설계 및 생산 : 부품 제조 공정의 품질 및 효율성을 위한 기본 단계 외주 툴링 서비스에 대한 수요는 사출 성형 용적의 증가, 정교한 기술 플라스틱 (예 : 미세 유체 공학) 및 고성능 폴리머의 증가에 의해 주도
부품 제조	높음	<ul style="list-style-type: none"> 사출 성형, 압출, 가공, 3D 프린팅 등 다양한 제조 기술을 통해 폴리머, 금속, 유리 및 복합재료와 같은 다양한 소재에 초점을 맞추고 있음 부품제조는 CDMO에서 가장 성숙한 분야이지만 기계, 유체 및 전기적 기능을 결합할 수 있는 재료에 대한 수요 증가로 인하여 빠르게 성장할 것으로 전망
조립 공정	매우 높음	<ul style="list-style-type: none"> 접착, 용접, 코팅, 절단, 접합 등을 포함한 일련의 수동 또는 자동화된 프로세스를 통해 최종 제품으로 구성요소를 조립하고 마감하는 단계 OEM은 가변비용으로 확장성을 추구하기 위해, 기술적으로 복잡하고 독점적인 프로세스의 아웃소싱을 증가시킴
포장 및 라벨	보통	<ul style="list-style-type: none"> 자동 또는 수동으로 용기, 뚜껑, 가방 및 기타 유형의 멸균 또는 비멸균 포장과 규정 요건에 따른 제품 라벨 인쇄 아웃소싱된 포장 및 라벨링 서비스의 양은 증가할 것이나, 부가가치는 낮은 상황 지속

(출처 : AliraHealth, Medical Device Contract Development and Manufacturing, 2020.6.(재구성))

/// 국내 최소침습 의료기기 시장동향

★ 국내 의료기기 시장은 코로나 이슈로 인하여 2021년 최초로 10조 원을 돌파하였으며, 연평균 15%의 높은 성장률을 보임. 최소침습 의료기기 분야도 영상진단기기의 발전으로 인하여 성장세가 두드러짐

★ '20년도 건강보험심사평가원의 국내 의료기관 치료재료 청구현황에 따르면 전체 치료재료 청구금액 기준 총 4조 원 중(건강보험 및 의료급여 포함) 상위 100개 품목의 청구금액은 약 2조 원으로 절반 이상(55.0%)을 차지하고 있으며, 외산이 국산보다 약 2.7배 큰 것으로 분석됨

- ★ 치료재료 청구품목 중 중재적시술용군(J군)의 청구금액이 연간 7,014억 원으로 가장 높은 비중(37.5%)을 차지하고 있으며, 등재품목수는 132개(17.9%), 외산 539개(80.3%)로 수입 등재품목이 월등히 많음
- ★ 최소침습 의료기기의 대표 품목인 카테터(Catheter, 인체 삽입용 튜브 형 시술/진단 기구)를 활용하고 있는 의료기기 시장 역시 지속적으로 성장
 - '19년도 기준 약 2천 5백억 원 규모가 수입되었고, 국내 생산되고 있는 카테터 제품군을 포함한다면, 카테터만으로도 약 3천억 원의 시장을 형성하고 있을 것으로 판단
 - 국내 카테터 시장에서의 특징은 대략 2010년 이전까지는 저비용 대량생산 카테터(예. I.V. set)가 국내 생산 및 판매의 주류를 이루었던 반면, 2010년 이후로 기능성 카테터가 각 영역에서 개발됨에 따라 기존시장과 더불어 시장 크기가 점차 확대
 - 또한 국내에서는 카테터 자체가 제품화된 경우가 약 61%로 추산되며, 나머지 39%는 스텐트, Balloon, Bundle package 등에 부분품으로 사용된 것으로 예상
- ★ 향후 최소침습 중재의료기기 시장은 점차 고급화, 고기능화됨에 따라 기존 외과수술을 보완할 수 있는 기능성 의료기기가 출시될 예정이며, 혈관용 의료기기 기준으로 '16년 대비 '24년에 약 3배의 성장이 예상됨(Global Market Insights 2017)
 - 최근 카테터의 용도가 확장되면서, 풍선 카테터용, 혈관조영용, Guiding 카테터용, 전극 카테터용, 혈전제거용 등 기능이 부가된 제품들이 수십에서 수백만 원대에 이르는 고가로 수입되어 사용
 - 카테터를 포함한 중재시술 의료기기 시장규모가 확대되고 있음에도 불구하고, 국내 산업 생태계가 안정적으로 구축되지 않았기에, 제조기술력 확보에 한계를 보이고 있으며, 자본 및 기술의존도가 높은 융복합 제품군이기 때문에 미국을 중심으로 선진국들의 높은 기술 진입장벽으로 인하여 무역역조는 해소되지 않는 실정
 - 따라서, 카테터와 같은 중재시술 의료기기 제품군들이 국내 수입품목의 상위에 랭크되고 있으며, 그 규모는 빠르게 증가

4. 결론 및 시사점

- ★ 최소침습 의료기기 분야는 기술의 다변화 및 영상 진단 기술의 발전으로 인하여, 시장이 빠르게 성장하고 있으며, 제품 개발 수요가 높아지고 있음. 특히, 제조사와 위탁개발제조 기업(CDMO) 간 협업이 더욱 긴밀해지면서 의료 제조 선진국과 추격 국가 간의 기술적 역량 격차가 벌어지고 있음
- ★ 국내 중재의료기기 시장 역시 빠르게 성장하고 있으나, 핵심 부품의 제조 기술 역량의 부재로 글로벌 수준의 품질을 갖춘 의료기기 제품화 기술 확보가 어려움. 또한, 세계 Top class 수준의 국내 임상외들이 도출한 아이디어를 구현해줄 수 있는 의료기기 기업 및 핵심 부품소재 기업이 매우 부족
- ★ 국내에서 체내 혈관 등에 삽입될 수 있는 수준의 정밀 압출, 인발, 용접, 접합, 레이저 가공 기술 등은 2010년 중반에 이르러서야 본격적인 R&D가 시작되었으며, 이로 인하여 의료용 정밀 성형/가공 기술이 주요 약점으로 작용하기에 이에 대한 혁신이 필요
- ★ 또한, 상대적으로 크지 않은 국내 시장을 대상으로 다품종 소량으로 의료기기 개발을 진행했을 때, 요구되는 인프라와 단계별 융복합적인 공정 기술들을 개별 의료기기 기업이 모두 갖추기에는 한계가 있기에, 품질 이슈 등을 극복하지 못하는 악순환이 반복되는 경향이 있음
- ★ 결국 국내 중재 의료기기의 시장 외면은 높은 기술력을 보유한 국내 의료기기 CDMO 기업 부족과, 국외 글로벌 CDMO 기업들의 소극적인 대응으로 국내 의료기기 품질 고도화에 애로사항이 높은 것이 가장 큰 원인
- ★ 최근 코로나19 및 글로벌 시장 상황의 급변으로 인한 원소재 및 부품 공급 대란 사태를 경험하면서 기술력을 갖춘 CDMO 기업의 수요가 더욱 높아지고 있는 추세이며, 미국과 유럽을 중심으로 성장하는 의료기기 시장을 공략하기 위해서는 글로벌 시장에서 승부할 수 있는 CDMO들의 기술력 확보가 매우 중요함
- ★ 기술 다변화와 의료기기 종류 증가로 인하여 중재 의료기기 제품군 및 핵심 부품에 대한 다양성이 폭발적으로 증가하면서, 글로벌 CDMO들의 제조 기술도 더욱 고도화되고 있기 때문에, 국내 중재의료기기 시장의 무역역조를 극복하고 관련 부품소재 기업들의 글로벌 수준 기술력 확보를 위해서는 R&D를 통한 기술획득과 함께 국내 CDMO 기업 육성과 지원에 대한 전략적 접근이 필요

[참고문헌]

1. Medical Equipment Market, GlobalData, 2018.02
2. Neurovascular intervention market, igate research, 2018.03
3. Structural heart devices market, Markets & Markets, 2019.02
4. Cardiovascular Devices Market, Grand view Research, 2019.05
5. Catheters Market, market estimates & trend analysis, Grand view Research, 2020.01
6. 2020년 신개발 의료기기 전망 분석 보고서, 식품의약품안전처, 2020.03
7. Medical Device Contract Development and Manufacturing, AliraHealth, 2020.06
8. Surveying Cardiovascular Device Companies, Fitch solutions, 2021.03
9. 의료기기 생산 및 생산 수출 수입 실적 통계자료, 국가통계포털, 식품의약품안전처, 2021.05
10. Global catheter markets, Global Market Insights, 2021.05

수소환경 시험평가 및 표준화 동향

|저자| 김도근 금속재료PD / KEIT 전략기획단
이승건 실장 / 한국재료연구원 연구기획실

SUMMARY

// 개요

- ★ 본 고에서는 수소경제 실현을 위해 수소경제 실현을 위한 정부의 정책과 수소환경 소재·부품의 안전성을 보장할 수 있는 국내의 인증시험평가 기준 및 시설에 대해 소개하고, 관련 표준화 동향 및 국내 연구동향에 대해서 살펴봄

// 주요 현황

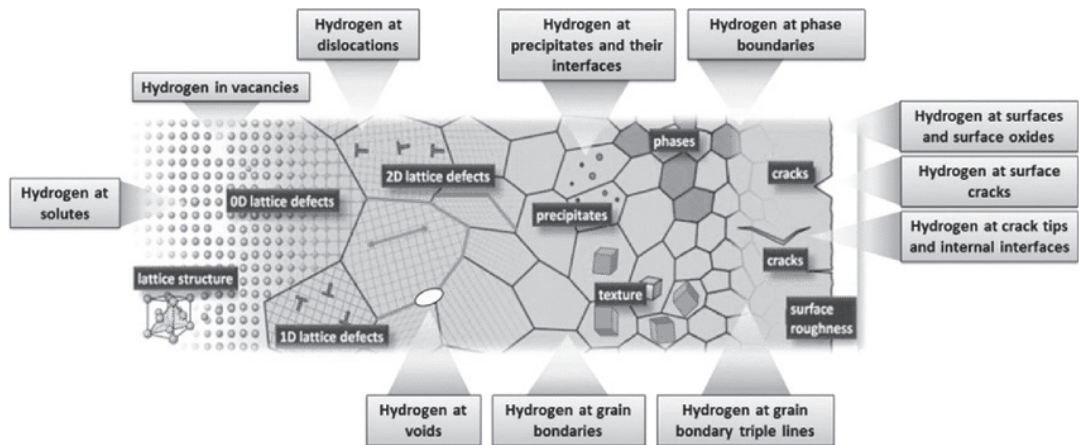
- ★ 고압수소 및 액체수소의 수요 증가가 예상되나, 국내 수소 운송 및 대규모 저장 관련 산업 여건은 매우 취약함
- ★ 수소 충전 및 저장 관련 기술은 대부분 해외 선진국에서 독점하고 있으며, 이들 선진국의 경우 수소환경 소재 시험평가 인프라 시설이 잘 구축되어 있어 오래전부터 관련 기술을 개발해 오고 있음

// 시사점 및 정책제안

- ★ 수소는 철강재료에 극미량이라도 함유하게 되면 수소취성을 유발시키므로 수소를 저장, 운송하는 배관 및 용기에 사용되는 철강재료는 사전에 내수소취성을 입증하여야 함
- ★ 국내의 경우 수소 저장 및 운송용 소재 개발 시 소재의 시험평가 설비가 부족하다는 문제가 있어 이에 대한 보완이 필요하며, 향후 액체수소 수요증가를 대비하여 극저온 환경에서의 소재의 시험평가 설비 구축도 시급히 검토해야 함. 또한 수소환경에서 소재별 기계적 시험 데이터를 축적하여 국내 기업이 관련 부품, 기기의 설계·제작을 지원할 수 있는 시스템도 함께 마련되어야 할 것임

1. 개요

- ★ 세계는 탄소중립 실현을 위해 재생에너지 기발 청정 수소 생산 확대 방안 및 수소공급망 인프라 구축을 모색하고 있으며, 우리 정부도 수소경제 활성화 로드맵('19)을 발표한 이후, 수소법('20) 및 탄소중립기본법('21) 제정을 통해 탄소중립 대응 수소경제 실현을 위한 다양한 정책 및 대책을 수립, 시행 중임. 강력한 정부의 시책 및 대기업 중심의 대규모 투자를 통해 수소모빌리티, 액화수소플랜트, 연료전지 등의 분야에서 커다란 성과가 도출되고 있어, 수소산업이 조기 정착이 예상됨
- ★ 수소는 무게당 에너지 밀도는 휘발유의 4배, 천연가스의 3배 정도이고 리튬 이온 배터리의 100배 가량으로 운송수단의 연료로 상당한 강점이 있음. 또한 수소는 연료전지를 통해 공기 중의 산소와 반응시켜 전기를 생산할 수 있고 이 과정에서 탄소를 배출하지 않아 탄소중립 실현에 가장 적합하다는 장점이 있음
- ★ 그러나 수소는 이를 저장, 운송하는 배관 및 용기에 사용되는 철강재료의 기계적 성질을 취약하게 만드는 수소취성을 발생시킴. 철강재료에 수소가 극미량이라도 함유하게 되면 [그림 1]과 같은 다양한 금속 내부 위치에 수소가 모여, 수소취성이 발생하게 되어 재료의 연성 및 인성을 떨어뜨려 제품 사용수명 저하를 유발함. 수소취성은 재료의 인장강도, 확률조성, 미세조직, 사용환경 등에 따라 달라지며, 용접, 산세, 전기도금 등과 같은 제조공정 시 자주 나타남



(출처 : M.Koyama, Material Sci Tech, 2017)

| 그림 1. 금속소재에서의 수소트랩 위치 |

- ★ 수소산업의 안정적 조기 정착 및 운영을 위해선 수소환경 소재·부품의 수소취화 저항성 및 장기 내구성 입증에 대해서도 관심을 가질 필요가 있으며, 이와 더불어 국내에서도 수소산업에 사용되는 소재·부품에 대한 인증시험평가 규정을 확립하고 관련 인프라 시설을 구축할 필요가 있음
- ★ 본 고에서는 수소경제 실현을 위해 수소경제 실현을 위한 정부의 정책과 수소환경 소재·부품의 안전성을 보장할 수 있는 국내외 인증시험평가 기준 및 시설에 대해 소개하고, 관련 표준화 동향 및 국내 연구동향에 대해서 살펴보고자 함

2. 정부의 수소정책 검토

- ★ 정부는 ‘수소경제활성화로드맵(2019.1)’ 발표를 통해, 수소차와 연료전지를 양대 축으로 하여 세계 최고수준의 수소경제 선도국가 도약을 위한 다음의 비전을 제시
 - 1) 수소차와 에너지 생산(전기, 열)에서 세계시장 점유율 1위 달성
 - 2) 그레이수소에서 그린수소로 생산 패러다임 전환
 - 3) 안정적이고 경제성 있는 수소의 저장과 운송체계 확립
 - 4) 수소산업 생태계를 조성, 전 주기 안전관리 체계 확립
- ★ 이후 ‘수소경제 육성 및 수소안전관리에 관한 법률(수소법) 제정(2020.2)’ 및 ‘수소경제위원회 출범(2020.7)’으로 수소경제 이행 추진체계를 확립하고 수소경제 정책의 연속성과 안정적인 산업육성 방향을 제시. 또한 ‘수소선도국가 비전(2021.10)’ 발표를 통해, 수소를 대한민국이 주도하는 첫 번째 에너지가 될 수 있도록 속도감 있는 수소경제 생태계 구축을 위한 다음과 같은 2030~2050 수소경제 비전 제시
 - 1) 국내외 청정수소 생산주도 : 2050년 그린/블루수소 국내생산 확대
 - 2) 빈틈없는 인프라 구축 : 수소유통인프라, 배관망, 충전소 구축
 - 3) 모든 일상에서 수소활용 : 다양한 수소 모빌리티, 수소발전 등 분야 확대
 - 4) 생태계 기반 강화 : 기술개발/표준화, 안정성확보, 국제협력, 기업육성 등
 - 5) 수소선도국가 비전의 실현을 위해, 청정수소경제 선도국가로의 도약을 목표로 ‘제1차 수소경제 이행 기본계획(2021.11)’을 수립



| 그림 2. 제1차 수소경제 이행 기본계획 비전·목표 |

- ★ 상기 정책을 보면 정부는 수소 저장과 유통 관련 인프라 구축을 계획하고 있음. 현재까지 수소를 고압기체 형태로 운송하는 방식이 일반적이나, 수소에너지 수요 증대에 따라 대용량 운송 및 저장이 목적이 될 경우 액체수소 형태가 현실적임. 따라서 향후 고압기체 및 액체수소 형태의 저장 및 유통 인프라 시설의 수요가 증가될 것으로 예상됨
 - 액체수소는 수소를 영하 253℃ 이하로 냉각하여 저장하는 방식으로 기체수소 대비 부피를 1/800 정도로 감소시켜 저장밀도를 800 정도 증가시킬 수 있어, 액체수소 방식으로 운송 시 운송비용을 90% 정도 절감 가능함
 - 수소를 저장, 운송하기 위한 저장탱크를 만들기 위해선, 사용되는 소재는 수소취성에 대한 내구성과 상온 및 극저온에서도 우수한 구조적 강도 및 피로특성을 보유하여야 하며, 이를 사전에 확인하여 입증할 수 있는 시험평가가 선행되어야 함

3. 국내외 시험평가 기준 검토

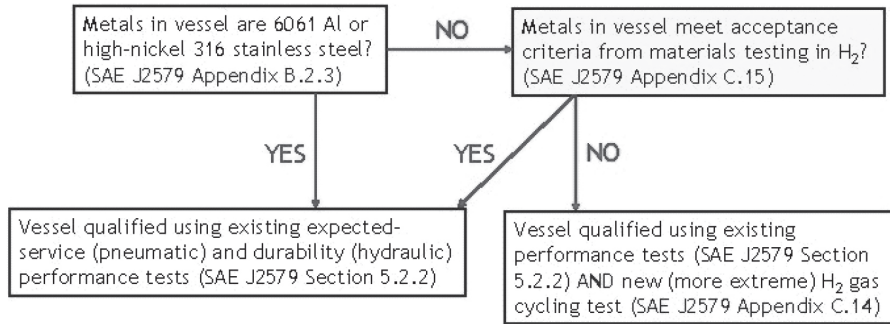
- ★ 수소 저장 및 운송 등에 사용되는 금속재료의 경우 수소취성 여부를 사전에 확인하여 제품의 안전성을 보장해야 하며, 이러한 취지로 제정된 시험평가 규정 및 표준화 동향을 검토하였음

[소재의 수소취성평가 관련 표준시험법]

- ★ 시험평가 국제기구인 미국 ASTM에서는 수소취성 평가를 위해 ASTM F1459, ASTM G142의 표준시험 방법을 제정. 이외에도 수소환경에서 소재의 파괴인성(KIH)을 평가하는 ASTM E1681, 피로균열성장 정도를 평가하는 ASTM E647 표준시험법을 제정하였고, 많은 기술기준에서 해당 표준시험법을 적용하도록 규정함
 - ASTM F1459(Determination of the susceptibility of metallic materials to hydrogen gas embrittlement) : 얇은 디스크 형태의 금속시편을 사용하여 파손 시까지 가스압력을 증가. 이때 수소와 헬륨가스를 사용하여 디스크 금속시편의 파열압력을 비교하고, 이를 통해 고압수소에서의 인장강도 및 연성저하 민감도를 확인할 수 있음
 - ASTM G129(Slow strain rate testing to evaluate the susceptibility of metallic materials to environmentally assisted cracking) : 수소환경에서 금속의 인장 및 피로 시험평가 절차를 제시함. 고온-고압의 수소환경 모사를 위해 오토클레이브 내에서 수행하며, 수소환경 영향을 정확하게 평가하기 위해 저속변형률 인장시험(Slow Strain Rate, SSRT) 절차를 제시함. SSRT 시험은 ISO 7539 Part 7(Method for slow strain rate testing)에서도 참조함
 - ASTM G142(Determination of susceptibility of metals to embrittlement in hydrogen containing environments at high pressure, high temperature or both) : ASTM G142는 봉상형 인장시험편을 사용하여 수소로 가압된 챔버에서 시험을 수행 후 공기중에서의 시험결과와 비교하여 강도 및 연성 저하를 확인. 가공 및 열처리에 대한 효과를 확인하는 데 유용함

[소재의 수소취성 관련 국내외 산업표준]

- ★ 수소 저장 및 운송용 기기 설계 및 제조 관련 대표적 규정으로는 ASME Sec.VIII Div.3 및 B31.12 기술기준이 있음. 해당 기술기준에서는 수소환경에서 사용 가능한 소재를 사용압력별로 제시하고 있으며, 수소환경 파괴역학 시험을 통해 사용 소재의 파괴인성 및 피로균열진전속도를 확인하도록 규정하고 있음
- ★ 미국은 SAE J2579 규정을 제정하여 수소 자동차 및 충전소의 안전성을 보증함. 그림 3과 같은 내수소취화 확인 절차를 제안하였는데, 이에 따르면 70MPa 고압수소 저장용기에 사용되는 금속소재로 알루미늄 합금(6061계)과 SS316 스테인리스강을 사용하도록 규정하고 있으며, 이외의 소재를 사용하기 위해서는 (1) 수소환경 또는 수소를 장입한 시험편을 사용하여 저속변형률 인장시험(SSRT)을 수행, (2) 수소환경에서 피로시험 수행, (3) 수소환경에서 피로균열 시험을 수행하여 수소취성에 대한 저항성을 입증하도록 규정하고 있음



| 그림 3. SAE J2579의 내수소취화 평가절차 |

- ★ 일본은 ‘고압가스보안법’내에 수소 관련 규정을 제정하여 수소 자동차 및 충전소에 사용할 수 있는 소재를 규정함. 수소가스 충전압력이 70MPa인 금속용기의 경우 SS316L스테인리스강과 알루미늄 합금(6061-T6)만을 사용하도록 규정하고 있으며, 압축수소가 통과하는 배관 재료로는 SS316 및 SS316L 스테인리스강을 사용하도록 규정하고 있음
- ★ 캐나다는 수소 자동차 및 충전소에 사용되는 소재에 대한 규정을 CSA CHMC1에 제시함. 알루미늄 합금과 SS316L 스테인리스강을 사용하도록 규정하고 있으며, ASTM G142에 따라 수소환경 하에서 저속변형을 인장시험 및 피로시험을 수행하여 설계를 위한 안전계수를 설정하게 되어 있음
- ★ 한국의 경우 KGS AC111(고압가스용 저장탱크 및 압력용기 제조 기준) 기준을 통해 수소저장용 기기를 설계하고 제조할 수 있음. '21년 개정판부터는 ASME Sec.VIII Div.3의 KD-10(수소 압력용기용 특별 요구사항)을 반영하여 [그림 4]와 같이 수소취성 특성을 확인할 수 있는 절차를 제시하였고, 수소환경하 저속변형을 인장시험 및 파괴역학 시험평가를 수행하도록 규정하고 있음



| 그림 4. AC111의 내수소취화 평가절차 |

[수소환경 소재의 안전성 평가를 위한 국제 표준화 동향]

- ★ 수소기술 관련 국제표준 개발은 ISO/TC 197에서 진행하고 있으며, 1990년에 설립되어 미국, 캐나다, 일본, 독일, 네덜란드 등 19개국이 참여 중임. ISO/TC197에선 지금까지 고압수소 및 액체수소와 관련한 수소연료품질, 저장용기, 수소시스템 안전, 수소발생기, 수소감지기, 성능시험방법 등에 대한 국제표준을 개발하였고, 디스펜서, 밸브, 컴프레셔, 호스, 피팅, 실린더 등에 대한 국제표준도 개발 중임
 - ISO 7539 Part 11(Guidelines for testing the resistance of metals and alloys to hydrogen embrittlement and hydrogen assisted cracking) : 금속소재의 수소취성 및 수소균열에 대한 저항성을 평가할 수 있는 시험 설계 및 고려사항에 대한 지침을 제공
 - ISO 11114-1(Gas cylinders-Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents-Part 1: Metallic materials) : 고압수소 심리스 실린더 제조에 적합한 강재를 검증하기 위한 시험방법 및 평가기준을 제시함. 금속이 고압수소에 노출될 때 수소취성에 대한 감수성을 정량적으로 측정하도록 규정하고 있으며, 얇은 디스크 시편을 고압의 수소에 노출시켜 파괴시의 압력을 측정함
 - ISO 16573(Measurement method for the evaluation of hydrogen embrittlement resistance of high strength steels) : 수소환경 하 고장력강 시편에 일정하중(static load)과 저속변형률(SSRT) 인장시험을 진행하여 수소취성(Hydrogen delayed fracture)에 대한 저항성 평가 지침을 제공
 - ISO/AWI 15330(Fasteners-Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement-Parallel bearing surface method) : 수소환경에서 사용되는 파스너(Fastener, 나사·볼트·너트 등의 공업용 공구)의 수소취성을 감지하기 위한 시험절차로, 현재 개발 중임
- ★ 수소 내압용기 및 수소부품의 국제기준은 UNECE/WP29/GRSP 수소전기차 GTR 13(Global technical regulation No. 13-Global technical regulation on hydrogen and fuel cell vehicles)으로 2013년에 제정됨. GTR 13은 국제기구의 성격을 갖고 있으며 수소자동차에 대한 안전기준을 제정하고, 해당 법규의 국제적 통일을 도모하고 있음
 - 수소전기차의 새로운 기술발전 상황을 포함하고 대형수소전기차의 범위 확대를 위해 한국, 미국, 일본 및 유럽의 주도로 수소전기차 GTR의 개정이 건의되었으며 UNECE/WP29의 승인에 따라 2017년 3월부터 2단계 제·개정이 추진 중임. 미국/일본이 의장이며 한국/중국이 부의장 체제로 현대차, 토요타, 니콜라 등 제작사가 참여한 전문가 기술그룹을 구성함. 2017년부터 2021년까지 총 8회의 회의를 진행함. 차종범위 확대, 수소충전구 개정, 화재시험방법 표준화, 수소재료 적합성 등 분야에 대해 집중적으로 논의가 진행 중임
 - 대형 수소내압용기의 충돌안전성 확보를 위해서 현재 시행 중인 용기 고정성 충돌모의 시험의 충돌모의 감가속도의 적정성과 시험 후 수소연료 누출량도 점검해야 한다는 측면이 강조되고 있음. 수소 내압용기 안전밸브의 긴급상황 시 방출방향이 자동차 설계 등에 제약이 되지 않도록 규제되어야 한다는 측면과 수소 취성에 따른 수소 재료의 안전성 확보를 위한 시험방안이 이슈로 논의되고 있음. 아울러 수소내압용기 화재시험에서 용기의 대형화에 따른 시험방법의 객관성 확보 및 적정성 등에 대한 논의가 집중적으로 진행 중임

- ★ 액체수소 저장 관련 규정으로는 ISO 13985(Liquid hydrogen-Land vehicle fuel tanks) 및 21029-1(Cryogenic vessels-Transportable vacuum insulated vessels of not more than 1000 litres volume)이 있으며, 일본과 독일에서는 이미 액체수소충전소가 도심에 설치되어 상업용으로 운영되고 있음
 - 국내에는 아직 관련 기준이 없어 액체수소 충전소의 설치가 힘든 상태임. 한국가스안전공사는 액화수소 안전기준 제정을 추진하고 있으며, 강원 액화수소 규제자유특구를 통해 관련 실증을 준비 중임

4. 국내외 수소환경 소재시험평가 기관 검토

★ 미국 Sandia 국립연구소(SNL)

- 미국의 Sandia 국립연구소에서는 2000년 초부터 수소환경하에서 소재의 시험평가 및 데이터베이스 구축을 진행하고 있음. 공개된 자료를 통해 확인한 바에 따르면, SNL에서는 고압수소 환경에서 파괴역학 시험이 가능한 장비를 구축하여 다양한 소재에 대한 파괴인성(KIH) 및 피로균열진전속도 데이터를 생산하고 있음. 또한 [표 1]과 같이 수소환경 소재별 적합여부 및 물성 데이터를 연구보고서를 통해 대중에 공개하고 있음

| 표 1. 수소환경 적합재료(Sandia National Lab) |

Materials	< 20MPa	< 35MPa	< 55MPa	< 69MPa	< 100MPa
Stainless steel					
316 stainless steel	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
310 stainless steel	Yes	Yes	Yes	Yes	
321 stainless steel	Yes	No	No	No	No
305 stainless steel	Yes			No	No
304 stainless steel	Yes	Yes	Yes	No	No
347 stainless steel	Yes	Yes			
410 stainless steel	Yes			No	
A-286	Yes	Yes	Yes	Yes	
Nitronic 60	Yes	Yes			
Aluminum					
6061	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
7075-T6	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
1100-0Al	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Titanium					
Pure titanium (Gr1,2)	Yes	Yes	Yes	Yes	
Ti-6Al-4V		No	No	No	No
Ti-3Al-2.5V (Gr.9)			No	No	No
Ti-5Al-2.5Sn	Yes	No	No	No	No
Nickel Alloy					
Nickel 270		No	No	No	No
Inconel 625		No	No	No	No
Inconel 718		No	No	No	No
Hastelloy C-276	No	No	No	No	No
Hastelloy X		No	No	No	No
Carbon and alloy steel					
< 127ksi (876MPa)tensile	Yes	Yes	Yes	Maybe	Maybe
127 to 132ksi (910MPa) tensile	Yes	Yes	Maybe	Maybe	Maybe
132 to 138ksi (951MPa)tensile	Yes	Maybe	Maybe	Maybe	Maybe
138 to 143ksi (985MPa) tensile	Maybe	Maybe	No	No	No
> 143ksi tensile	No	No	No	No	No

(출처: 세아창원특수강 발표자료)

★ 미국 Hydrogen Material Compatibility Consortium

- 수소환경에서 재료의 물성 데이터 생성 및 관련 기술기준(code and standard) 제정을 목적으로, 미국의 Sandia 국립연구소를 중심으로 Argonne, Oak Ridge 및 Pacific 국립연구소가 연합하여 설립된 기관

★ 일본 HYDROGENIUS

- 일본의 경우 국가(NEDO : 신에너지종합개발기구) 주도로 2006년부터 공업기술원(AIST)를 통해 시작하여, 2013년 큐슈대학에 'HYDROGENIUS'라는 조직을 만들어 수소환경에서의 소재부품의 안전성 및 신뢰성을 평가하는데 초점을 맞춰 운영 중에 있음

★ 일본 NIMS의 CLean

- 액체수소의 경제적이고 안정적 공급을 목적으로 2019년에 NIMS내 별도 조직으로 설립되었으며, 액체수소 환경에서의 소재 연구 및 시험평가를 수행 중임

★ 한국 표준과학연구원

- 2008년부터 '수소에너지 안전 측정 기술개발 사업'을 시작하면서 방폭형 수소 안전동 건물을 건설해 고압수소가스 환경에서 재료의 사용적합성을 측정하기 위한 시스템을 구축함. 이를 통해 고압수소 환경(최대 105MPa)에서 금속소재의 수소취성 여부를 확인할 수 있는 시험을 수행할 수 있음

★ 한국가스안전공사 에너지안전 실증연구센터

- 초고압, 초저온 가스제품의 실증시험과 인증을 목적으로 강원도 영월에 '16년 10월에 건축이 완료되었고, 지금까지 86종 165점의 장비와 설비가 구축됨. 초고압 제품의 실증시험, 화재폭발 실증시험, 가연성가스 실증시험, 고압-저온 실증시험을 수행할 수 있음. 향후 수소 제품에 대한 시험설비를 확대할 예정

★ 대전 수소산업 전주기 제품 안전성 지원센터

- 수소 제품 및 부품의 기계특성시험, 수압 및 내압시험, 압력반복시험, 유량 시험 등을 수행하기 위해 '21년 11월에 문을 열어, 한국가스기술공사에서 위탁 운영 중임. 국내 최고 수준의 8가지 수소품질 분석 장비 구축을 통해 수소뿐만 아니라 다양한 가스의 품질분석 환경을 갖추고 있으며, PEMFC 및 SOFC 연료전지 스택 성능 및 내구성 평가 장치를 구축할 예정

5. 국내 기술개발 동향

- ★ 수소사회 조기 실현을 위해 정부는 전주기 수소산업 발전을 목표로 수년 전부터 기술개발 사업비를 지원하고 있음. 산업통상자원부는 올해 수소산업 전주기 분야의 국책과제에 1,718억 원 지원을 발표하였고, 이는 지난 '21년(1,060억 원) 보다 약 62% 증가하였음. 또한 표 2와 같이 올해 신규 R&D 과제에만 역대 최대 규모인 442억 원을 지원 예정임
- ★ '22년 수소 분야 신규 연구개발 과제는 '수전해 및 연료전지', '수소 저장 및 운송', 그리고 '액화수소 충전소의 안전성'로 구분할 수 있음. 특히 액화수소 저장 및 운송, 액화수소 충전 부품 및 시설의 안전성 확보를 위한 연구개발, 그리고 고압수소 이송을 위한 100bar급 배관용 소재·강관 기술개발 등이 주목할 만한 주제임
- ★ 상기 제시된 과제의 경우 고압수소 및 액체수소 환경에서 소재의 안전성 평가 수행이 필요하므로, 관련 시험평가 시설에 대한 신규 구축 등을 통해 관련 과제가 성공적으로 수행될 수 있도록 사전 인프라 구축 지원이 준비되어야 할 것임

표 2. 2022년 수소분야 신규 기술개발 지원사업 목록

구분	사업명	주요내용	수행기관(예정)	지원 기간(년)	예산(억원)	
					총 사업비	2022년
수소생산 (수전해 등)	신재생에너지 핵심기술개발	10MW 재생에너지 연계 대규모 그린수소 실증 기술개발	한국남부발전(주)	4	300	60
		PEM 수전해 효율 향상을 위한 고분자 전해질막 개발	코오롱인더스트리(주)	5	65	10
		650°C 이하 중저온 작동용 고체산화물 수전해 원천기술 개발	한국에너지기술연구원	4	60	10
		고수율 초고순도(99% 이상) 수소생산용 증저온(500°C 이하) 작동형 프론트 세라믹 수전해(PCEC) 핵심 기술개발	한국과학기술연구원	4	40	10
	소계				465	90
수소활용 (연료전지, 모빌리티 등)	신재생에너지 핵심기술개발	수소저장차 상용화를 위한 실증 기반 신뢰성 검증기술 개발	건설기계부품연구원	4	140	18
		수소버스 연료전지 하이브리드 최적화 기술개발 및 실증	삼보모터스(주)	3	160	26
		분산형 연료전지 시스템 신뢰성 평가기술 개발	한국에너지기술연구원	4	150	18
		직접 일산화탄소 연료용 고체산화물 연료전지 개발	한국에너지기술연구원	3	45	10
		건설 농기계용 스킵로더급 50kW급 수소 다중 동력시스템 개발 및 실증	(주)두산퓨얼셀퍼워	4	130	18
		항공용 수소모빌리티 안정 운용을 위한 핵심기술 개발	지원 예정	4	90	10
		연료전지 선박의 평가, 분류 및 설계 가이드라인 개발	한국선급	3	50	10
		물 흐름 제어를 통한 PEMFC 성능 및 내구성 2배 이상 향상을 위한 혁신기술 개발	한국자동차연구원	5	80	10
		(자유공모) 발전용 연료전지 고도화를 위한 핵심부품 개발	지원 예정	3	12	4
소계				857	124	
수소저장 (충전소, 수송 등)	신재생에너지 핵심기술개발	(통합형) 수소상용차용 수소저장용기 및 저장량 조절 제어기 개발	일진하이솔루스 컨소시엄	3	230	45
		액체수소 운송을 위한 용량 3,000kg 액체수소 탱크레일러 개발 및 실증	(주)크리오스	3	90	24
		70MPa/700기압급 수소 충전소용 고성능 고무소재 및 인증기준 개발	한국표준과학연구원	3	32	10
		수전해 기반 35MPa/350기압급 S+HRS 시스템 개발 및 실증	(주)지티씨	4	94	20
		차세대 고압(1,000기압) 수소압축기 개발	에너진(주)	3	60	20
		고압수소 이송을 위한 100기압급 배관용 소재/강관 제조기술 개발 및 실증	(주)모스코	4	60	15
		(자유공모) 수소충전소 및 액화 수소 관련 부품-경미-소재 개발	(주)프로세이브	3	6	2
	액체수소충전소용 저장용기 및 수소 공급시스템 기술개발 및 운영실증	(통합형) 액체수소충전소용 저장탱크 및 수소공급시스템 기술개발	지원 예정	3	6	2
			지원 예정	3	6	2
			지원 예정	3	6	2
소계				814	183	

수소저장 (충전소 수송 등)	신재생에너지 핵심기술개발	(통합형) 수소상용차용 수소저장용기 및 저장량 조절 제어기 개발	일진하이솔루스 컨소시엄	3	230	45
		액체수소 운송을 위한 용량 3,000kg 액체수소 탱크레일러 개발 및 실증	(주)크리오스	3	90	24
		70MPa(700기압)급 수소 충전소용 고성능 고무소재 및 인증기준 개발	한국표준과학연구원	3	32	10
		수전해 기반 35MPa(350기압)급 S-HRS 시스템 개발 및 실증	(주)지티씨	4	94	20
		차세대 고압(1,000기압) 수소압축기 개발	에너지(주)	3	60	20
		고압수소 이송을 위한 100기압급 배관용 소재/강관 제조기술 개발 및 실증	(주)모스코	4	60	15
		(자유공모) 수소충전소 및 역화 수소 관련 부품-경비-소재 개발	(주)프로세이브	3	6	2
	액체수소충전소용 저장용기 및 수소 공급시스템 기술개발 및 운영실증	(통합형) 액체수소충전소용 저장탱크 및 수소공급시스템 기술개발	지원 예정	3	6	2
			지원 예정	3	6	2
			지원 예정	3	6	2
소계					814	183

(출처 : 월간수소경제)

6. 시사점 및 정책 제언

- ★ 기후 변화에 대응하기 위한 세계 각국의 수소에너지 활용 정책이 마련되고 있어, 수소산업의 안전성과 효율성이 함께 검토되어야 함
- ★ 수소는 원자입자가 매우 작아 소재 내부로 침투하기 수월하며, 금속소재의 경우 기계적 물성을 저하시킬 수 있으므로 재료시험을 통해 이에 대한 영향 정도를 평가해야 하며, 이를 위해 국내에서는 관련 기술 및 인프라 시설을 확장해 나가야 할 것임
- ★ 국내의 경우 수소 저장 및 운송용 소재 개발 시 소재의 시험평가 설비가 부족하다는 문제가 있어 이에 대한 보완이 필요하며, 향후 액체수소 수요증가를 대비하여 극저온 환경에서의 소재의 시험평가 설비 구축도 시급히 검토해야 함. 또한 수소환경에서 소재별 기계적 시험 데이터를 축적하여 국내 기업이 관련 부품, 기기의 설계-제작을 지원할 수 있는 시스템도 함께 마련되어야 할 것임
- ★ 이와 동시에 국제 표준활동에도 적극 동참하여 국내 수소산업의 이익과 발전을 위해 공헌해야 할 것임

[참고문헌]

1. 정부, '수소경제 활성화 로드맵' 발표, 2019년 1월 17일, 산업통상자원부
2. 정부, '수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률' 제정 및 시행, 2022년 2월 4일, 산업통상자원부
3. 정부, '기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법' 제정 및 시행, 2022년 3월 25일, 산업통상자원부
4. Sandia Report, 'Technical Reference for Hydrogen Compatibility of Materials', 2012, SAND2012-7321
5. KGS AC111 2016, '고압가스용 저장탱크 및 압력용기 제조의 시설·기술·검사 기준', 최종개정일 2022.1.10

반도체 고급인력양성 추진전략

|저자| 이정호 반도체 공정장비PD / KEIT
 봉충종 반도체디스플레이팀 팀장 / KEIT
 최수연 한국반도체산업협회 PM / KSIA

SUMMARY

// 반도체 고급인력양성 추진배경 및 필요성

- ★ 반도체는 우리나라 수출 1위 산업으로 최근 “산업의 쌀” 및 “전략무기”로서 중요성이 더욱 부각되어 기업을 넘어 국가간 경쟁에 직면
- ★ 우리나라 글로벌 반도체 경쟁력 제고를 위하여 정부와 민간의 공동 대응을 통해 반도체 연구개발 인력양성 및 반도체 산업원천기술 확보 필요

// 반도체 산업인력 동향

- ★ 세계 반도체 강국들은 반도체 인력양성에 막대한 규모로 투자하며 패권경쟁에 참여하고 있으며 최근 우리나라의 정부정책은 ‘K-반도체 전략’, ‘반도체인력 10만 양성’ 등 혁신인재, 산업현장 수요에 대응하는 산업형 인재양성을 핵심으로 추진
- ★ 반도체의 중요성이 부각될수록 국내 반도체 산업의 고급인력의 수요는 지속 증가하나, 공급이 부족한 실정 (향후 10년간 반도체 고급인력 5,565명 부족 전망)

// 반도체 고급인력양성사업의 개념 및 범위

- ★ 정부와 민간 기업이 1:1 공동 투자자로 참여하고, 대학·연구소에서 기업이 제안한 수요기반의 반도체 선행기술을 연구개발하는 R&D 기반 인력양성 프로그램
- ★ 기업 수요기반의 미래원천기술(상용화 이전단계 연구)을 개발하는 과정을 통해 산업향 반도체 연구인력을 양성하고 선순환적인 반도체산업 생태계를 조성하고자 함

// 스마트 기술동향

- ★ (전략 1) 투자기업 밀착형 R&D 운영
- ★ (전략 2) 반도체 인력 질적수준 검증·평가 시스템 구축 및 체계화
- ★ (전략 3) 글로벌 인재양성을 위한 학술교류
- ★ (전략 4) 반도체 전용 HR 프로그램 운영

1. 반도체 고급인력양성 추진배경 및 필요성

// 추진배경

★ 심화되는 반도체 자국 주의

- 미국과 일본은 자국의 반도체 장비, 소재·부품 분야의 우위를 新무기로 활용하여 미국은 중국, 일본은 한국을 대상으로 국가안보의 문제로 인식하고 국제 분쟁을 통해 세계반도체 시장의 지배력 확보 전략으로 활용
- 중국은 미국과 분쟁 이후 '제조 2025'에 반도체 장비, 소재, 재료육성을 '19년 2월에 추가 발표하고, 장비분야 투입재원을 43%를 증액하는 등 차세대 공정관련 기술을 확보 노력 중
- 반도체 장비, 소재 산업은 미국, 일본, 유럽기업이 기술력과 대형화를 통해 과점 구도를 형성하며, 점유율이 20년간 변화하지 않는 독과점 형태에서 기술 무기화 되는 형태로 변화

★ 한국 반도체산업의 성장 동력 저하

- 국내 반도체 산업은 삼성전자·SK하이닉스가 선전하고 있는 메모리 분야에서도 미국·중국기업의 거센 경쟁에 직면하고 있으며, 시스템반도체 및 장비 소재 분야는 20년 이상 경쟁력 확보의 진전이 미진한 상태
- (메모리반도체 산업) 삼성전자와 SK하이닉스가 세계 메모리 반도체 시장을 선도하며 공격적인 설비투자로 주요국과의 경쟁에서 우위를 점하고 있으며, 장비 소재, 설계 등이 종합 반도체(IDM) 기업에 집중된 '집중형 생태계'를 가지고 있음
- (시스템반도체 산업) 메모리 반도체 산업구조와는 달리 설계-생산-패키지&테스트-판매 등이 개별 주체에 따라 분업화된 '분업형 생태계'를 가지고 있음
- (장비 소재 산업) 소자 미세화/적층화가 진행될수록 장비 소재의 기술 및 신뢰성이 더욱 중요하며, 국산화 비중 또한 장비 20% 미만, 소재 50% 수준으로 특히 최근 미세공정 관련 분야의 장비 소재 산업은 선진국(기업) 대비 기술 및 규모 경쟁력에서 매우 열악한 상황

★ 반도체 산업의 고급전문연구인력 양성 시급

- 반도체는 우리나라 수출 1위 산업으로 최근 "산업의 쌀" 및 "전략무기"로서 중요성이 더욱 부각되어 기업을 넘어 국가간 경쟁에 직면
- 반도체 산업의 초격차 유지, 지속 가능한 발전을 위해서는 전문 연구인력 확보가 가장 중요, 인력양성은 업계의 1순위 건의사항이나, 반도체가 민간 스스로 잘하는 분야로 간주하여 정부지원이 미약하였으며, 이로 인한 석·박사급 연구인력 공급부족 야기
- 반도체 기술개발 난이도가 높아지면서 고급 전문연구인력 수요가 대폭 증가하고 있으나 민간 기업만으로는 장기적 인력양성 투자에 한계를 가짐

// 추진 필요성

★ 고급 반도체전문인력(연구개발인력) 양성 필요

- 국내 반도체 산업의 필요인력은 지속적으로 증가추세이나, 대학의 배출인력은 정체 중인 상태로, 우수한 연구 인력의 부족 현상 해소가 필요한 실정이며 최신 기술 연구 경험을 보유한 반도체 관련학과 석박사 연구원 배출 확대가 요구됨

* 반도체 관련학과 석박사 배출인력 정체('15년, 5,494명 → '20년 5,884명)

- 반도체 전문인력의 수요와 공급을 연결하는 차원에서 산학협력 연구·개발은 필수적으로 대학에서 산업계가 요구하는 최신기술의 지식과 경험을 보유한 인적자원을 배출하기 위해서는 산학 연구·개발 생태계 강화가 필요함

* 기업의 산학협력 주 목적으로 우수 인재를 조기에 확보하고 기업맞춤형 인재양성이 28%를 차지

- 학위 취득을 위한 교육형 인력양성 사업의 연구 능력 배양 측면의 한계를 타개하기 위하여 수요 맞춤형 연구·개발을 활용한 인력양성 사업으로의 접근 방식 변화 필요

* 산업계의 기술수요를 반영한 민관공동지원 모델 사업인 '미래반도체소자 원천기술개발사업'의 성과와 파급력을 고려하여 사업 확대 적용 필요

★ 반도체 산업원천기술 확보 필요

- 반도체는 국가 기간산업 및 전략산업으로써 글로벌 무역전쟁, 경쟁국의 막대한 투자 환경에서 국내 산업 육성을 위한 대책 마련이 요구되며 글로벌 기술장벽 강화로 중소기업에 의한 독과점 체계로 변해가는 등 차세대 반도체 기술을 보유하지 않는다면 글로벌 시장 경쟁력을 상실할 수 있는 위험 존재

- 산업원천기술 확보는 글로벌 시장경쟁력 확보를 위한 선결 요건이며, 단기간에 진행될 수 없음을 인식하여 국가 차원의 안정적인 연구환경 조성이 필요함

* '82년 일본의 반도체 시장 경쟁력 추월에 따라, 미국은 산업원천기술 확보를 위한 민관 공동의 프로그램(SRC)을 기획하였고, 다시 시장 주도권을 확보하기까지 10년 이상의 기간이 소요됨

- 특히 기술 난제 극복을 위한 다양한 파생 기술을 개발·검증할 수 있는 상용화 기술 前 단계기술 확보가 가능하도록 반도체 인력의 집단지성이 필요

★ 정부와 민간의 공동 대응 필요

- 반도체 기술의 융복합화에 따라 칩 설계 단계부터의 공정변수 고려, 제조공정을 위한 장비 및 소재의 안정적 확보가 요구됨

- 반도체 산업계의 모든 공급체인인 실력 배양을 위하여 기존의 정보 주도의 구조에서 벗어나 민간이 적극적으로 참여하여 민간 공동 대응 형태가 중요해짐

2. 반도체 산업인력 동향

// 국내 인적자원개발 정책 동향

★ 최근 우리나라의 정부 정책은 혁신 인재, 산업현장 수요에 대응하는 산업형 인재양성을 핵심으로 추진

- '21년 5월에 발표한 'K-반도체 전략'에서는 학사·전문·실무인력을 아우르는 전방위 인력양성 및 핵심인력 유출 방지를 위한 제도적 기반 강화 의지 표명

* 종합 반도체 강국 실현을 위해 정부가 수립한 'K-반도체 전략'에서는 인력양성을 위하여 10년간 반도체 산업인력 3.6만 명을 육성하겠다고 발표함

- 신정부에서는 반도체 특성화 대학을 지정하고 관련학과 정원 확대 검토, 계약학과, 산학연 연계 프로그램 등 산업현장 수요에 맞는 인재양성 지원 예정

* 대통령직인수위원회에서 새 정부에서 중점 추진할 110개 국정과제를 발표하였으며, 반도체를 미래전략산업으로 지정함 ('22.5.3)

- 대통령 후보 시절 우선 추진 공약으로 반도체인력 10만 양성을 내걸 정도로 고급인력양성 확보를 위한 강력한 정책이 기대됨

- '18년 이래 정부는 혁신 인재양성, 산업현장 수요 대응 인력양성, 미래형 핵심 실무인력을 기조로 인력양성 정책을 추진해옴

* '18년 제4차 과학기술기본계획 : 혁신성장동력 육성 등과 연계한 중점과학기술 개발 및 인력양성

* '19년 사람투자 10대 과제(일자리 위원회, 관계부처 합동) : 혁신을 선도하는 인재양성, 산업현장 수요에 대응하는 인력양성

* '21년 빅3+AI 인재양성방안 : 시스템반도체, 미래차, 바이오헬스, 인공지능 분야의 석박사 정원 확대 추진

// 해외 인적자원개발 정책 동향

★ 세계 반도체 강국은 반도체 산업을 국가 핵심산업으로 반도체 인력양성 및 연구·개발에 막대한 규모의 자금을 투자하며 반도체 패권경쟁에 참여 중

- (미국) 미국 반도체 연구개발 컨소시엄(SRC) 프로그램을 활용하여 연1억 불 이상의 투자로 반도체연구인력 양성 중이며 국가반도체기술센터(NSTS)에 인력개발 목적으로 20억 불 지원

- (EU) '2030 Digital Compass'를 통해 전 방위적인 투자와 함께 디지털 기술분야 전문인력 양성계획 발표

- (일본) 반도체 공정에서 설계까지 교육-Tool 지원-칩 제작까지 실무형 인재양성 지원 프로그램 실행

- (중국) 산업투자펀드의 인재육성 투자를 장려, 글로벌 유수의 대학 및 다국적 기업과 협력하여 우수 해외 인력자원 유치

/// 반도체 산업기술 인력 현황

- ★ 반도체 산업인력인력 규모는 95,429명('19년 기준)으로, 3년간('16년-'19년) 10.3% 증가하는 등 지속적으로 증가하는 추세
 - 10대 주력사업 평균인 1.5%의 7배에 달하는 수준으로 양질의 일자리 창출에 기여
 - 3년간 8,904명 증가로 인력 증가 규모 1위 차지(KIAT, 산업기술인력 수급 실태조사, 2020)
- ★ 타산업 대비 석박사 인력 비율이 월등히 높은 편으로 기술개발 난이도 증가에 따라 고급 전문인력 수요 증가
 - 반도체 석박사 비율 8.7%, 10대 주력 제조업 평균 3.7% 수준(KIAT, 산업기술인력 수급 실태조사, 2020)
- ★ 국내 반도체 산업의 고급인력은 향후 10년간('23년-'32년) 5,565명이 부족할 것을 전망
 - * KIAT '산업기술인력 수급 실태조사' 기반의 별도 전망(산업연구원, 한국직업능력연구원)
 - 향후 10년간 신규인력은 11,152명의 수요가 전망되며, 5,587명이 공급될 것으로 분석됨
 - * 반도체 분야별/학력별 수요전망(차세대 반도체 산업기술인력 수요전망, KIAT)과 반도체산업 학력별 수급차 전망(산업기술인력 수급 실태조사, KIAT)을 활용하여 향후 10년간 4대 분야별 고급전문인력 수급차 전망 실시
 - 분야별 수급차 전망 시 시스템반도체가 38% 수준으로 가장 부족한 것으로 분석됨
 - * 시스템반도체(38%) → 공정 장비(30%) → 소재(22%) → 메모리반도체(10%) 순으로 인력부족

/// 반도체 업계의 기술인력 확보 관련 의견

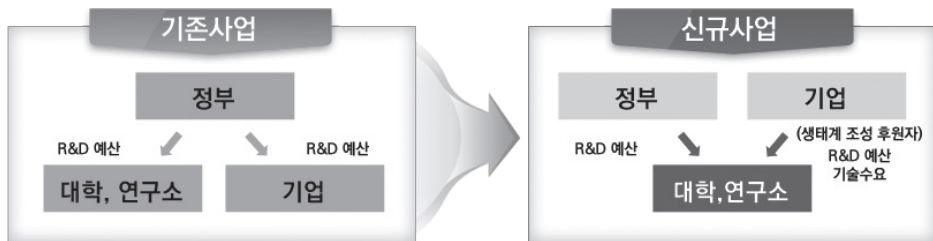
- ★ 우수 인력을 확보하는 것이 반도체 산업의 경쟁력과 직결됨에도 불구하고, 우수한 반도체 인력확보는 반도체 업계의 고질적인 문제로 지적되어 왔으며, 정부에 해결을 요청하는 기업의 애로사항 1순위로 꼽음
 - * 차세대반도체 기업은 정부산업인력양성의 문제점 1위는 '연구개발 관련 핵심인력 확보 애로'(차세대반도체 산업기술인력보고서 2021)
 - 우수 인재 육성을 위한 수도권 대학 반도체 학과의 정원 확대 요구
- ★ 반도체 산업계에서는 연구개발자 채용시 원하는 특정 직무의 기술적 능력 보유자를 요구하고 있으나, 원하는 인력을 찾기 어려운 실정
 - * 차세대반도체 기업은 전문성(38.2%), 업무경력(31.9%), 전공(16.0%) 순으로 역량 요구
 - * 채용과정의 애로사항 1순위 '원하는 업무 능력을 가진 지원자를 찾기 어려움'
 - * 반도체 산업기술인력 양성시 필요한 교육 훈련의 수요 1순위 '차세대반도체 적용 신산업 분야'

3. 반도체 고급인력양성사업의 개념 및 범위

// 반도체 고급인력양성 사업의 개념

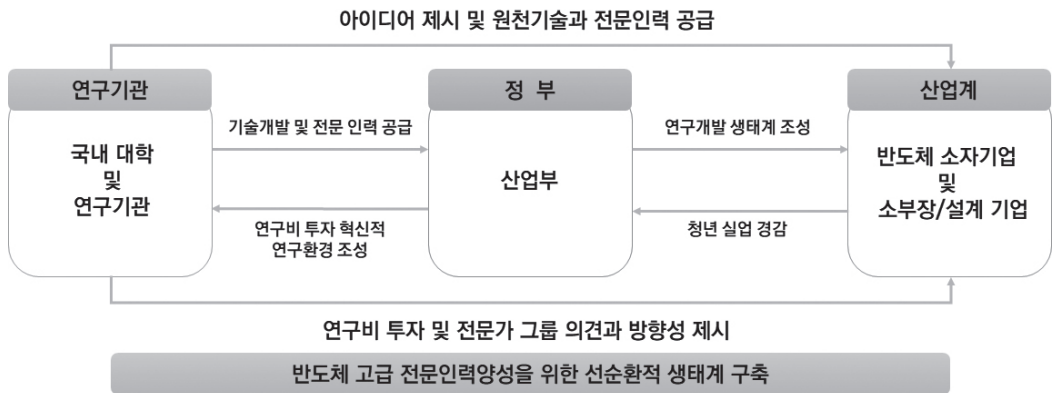
★ 정부와 민간기업이 1:1 공동 투자자로 참여하며, 대학·연구소가 기업이 제안한 수요기반의 반도체 선행기술을 연구 개발하는 R&D 기반의 인력양성 프로그램

- 기존의 정부에서 대학·연구소 및 기업에게 R&D 자금을 지원하는 방식이 아니라, 기업이 정부와 공동 투자자로 나서, 반도체 인력확보를 위하여 대학·연구소의 반도체 고급인력 양성에 지원하는 방식



| 그림 1. R&D 주체 구조 변경 |

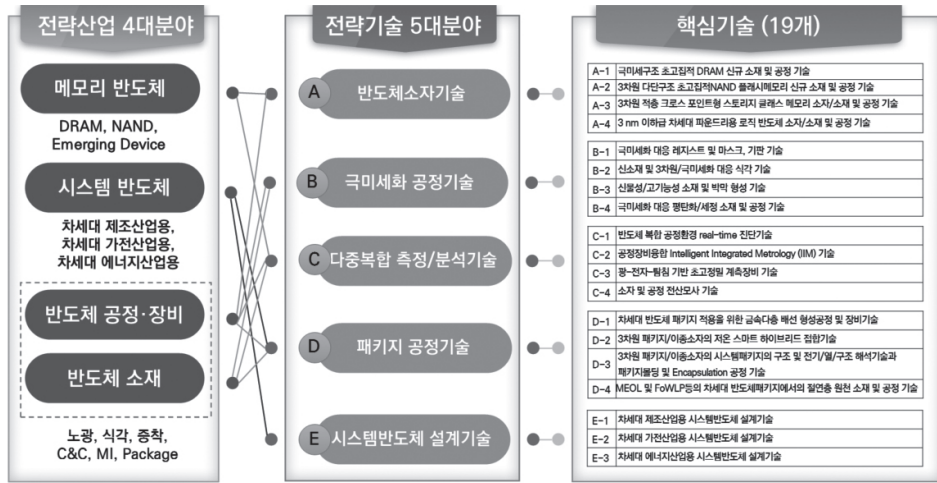
- ★ 기업이 수요를 제안한 미래산업원천기술(상용화 이전단계 연구)을 개발하는 과정을 통해 산업향 반도체 연구인력을 양성하고 선순환적인 반도체산업 생태계를 조성
 - 교육과정 중심의 기존 인력양성 사업구조에서 벗어나 기업 수요의 연구개발 경험 제공을 통해 실질적인 기술개발 역량 고도화
 - 동 사업에 참여하는 대학 연구진은 기업이 요구하는 탐색형 연구개발 경험을 바탕으로 산업계에 진출하여 연구개발에 즉시 투입됨으로써 차세대 반도체산업 기술개발 경쟁력 확보에 기여
 - * (반도체 고급인력의 정의) 동 사업에서는 반도체 고급인력을 “반도체 산업계 수요를 반영한 도전적 탐색형 연구개발 과제를 수행하고, 투자기업 엔지니어의 멘토링과 일정 자격검증기준을 통과한 석 박사 학위 취득자로 반도체 관련 산업계로 취업한 전문연구인력”으로 정의
 - 업계에서 대학의 반도체 인력에 요구하는 기술 역량을 만족할 수 있도록 정부 R&D(기초원천)과 민간 R&D(경쟁/제품화)의 중간 단계인 5년 이내 상용화를 목표로 하는 경쟁 前단계 연구개발 수행



| 그림 2. 본 사업의 생태계 |

반도체 고급인력양성 사업의 범위

★(기술 분야 범위) 반도체 산업계에서 필요로 하는 고급전문연구인력의 공급 수요 현황을 파악하기 위한 4대 전략산업으로 구분. 전략산업별 요구 인력양성을 위하여 기술개발 로드맵 기반의 5대 전략기술을 연계하여 19개 핵심기술을 도출함



| 그림 3. 전략분야 구분 |

★(연구개발과제 유형) 양산기술 고도화 및 도전적 선행기술 개발을 위한 기업 실무중심의 R&D 수행을 위하여 과제 기간과 기술 범위를 중심으로 단위과제, 통합형과제, 융합형 과제로 구성함

| 표 5. 사업 연구개발 과제 정의 |

과제 유형	과제 정의
① 단위과제 A (기간 3년)	• 기술 개발 난이도가 다소 낮으나 기업의 니즈가 충분하며, 단기간에 기업의 실무인력으로 성장하는데 도움이 될 수 있는 과제
② 단위과제 B (기간 5년 이내)	• 기업에서도 단기간 내에 해결하기 어려운 개발 난이도가 높은 과제로서, 해당 분야의 석박사급 기술선도 역량을 확보할 수 있는 과제
③ 통합형 과제	• 기술개발 난이도가 높으며, 특정분야의 종합적인 기술개발 역량을 보유한 석 박사급 기술인력을 확보할 수 있는 과제
④ 융합형 과제	• 기술개발 난이도가 높으며, 타 기술분야까지의 다양한 기술개발 역량을 보유한 석박사급 기술역량을 확보할 수 있는 과제
⑤ 총괄과제	• 인력양성 지원 및 기업연계 활동, 과제관리 및 성과확산 등 사업목적 달성을 위하여 총괄적으로 운영하는 과제

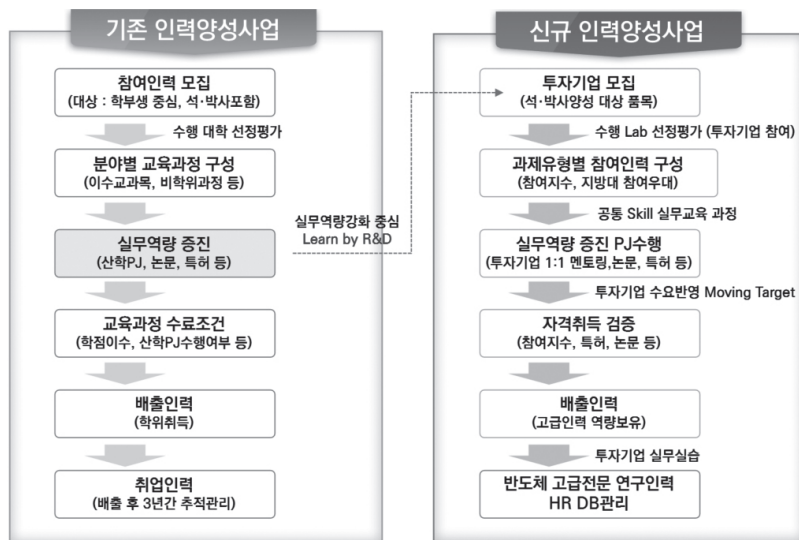
/// 반도체 고급인력양성 사업의 추진 방향

★ 반도체 고급인력양성사업 추진 방향

- 민관이 공동으로 1:1 투자하고, 각 과제별 연구개발비를 배분하는 방식으로 추진
- 투자기업이 필요로 하는 반도체 원천기술 수요와 학계 연구계의 기술개발 수요를 모두 포함한 Top-Down, Bottom-up을 병행하여 추진과제 도출
- 과제 수행주체는 대학 및 연구소이며, 국내 최고의 산학연 전문가(투자기관 관련분야 엔지니어 포함)가 과제별 개발 방향성의 가이드를 제시하고 기술논의에 참여
- 석 박사 대학원생을 중심으로 R&D 사업을 지향하여, 학위보다는 연구역량 제고에 중점을 두고 반도체 고급인력 양성

★ 기존 인력양성사업 비교

- (투자 주체) 기존의 정부 주도의 투자와 과제 도출이 진행되었으나, 동 사업에서는 기업-정부가 50:50 비율로 공동 투자하고 과제기획에도 함께 참여
- (방식) 교육과정을 개발하는 등의 학위형/교육형 인력양성사업 구조를 벗어나, 기업이 요구하는 선행기술을 개발하면서 실무역량이 강화된 연구개발 인력을 양성
- (목표) 기존에는 전공별 학문적 기초와 반도체 기술 이해도 제고를 목표로 인력양성사업을 추진했지만, 동 사업에서는 기술적 문제해결 실무역량을 보유한 인력양성을 목표로 참여인력의 기술적 역량 고도화하기 위한 장기적 투자를 추진함



| 그림 4. 인력양성 방식의 차별성 |

★ 기업주관의 산학과제와의 비교

- (연구목표) 산학과제는 문제해결·분석을 통한 결과 확보에 주력하는 반면, 본 사업은 해당 결과를 내재화한 고급인력을 확보하는데 주력
- (선정방식) 산학과제는 투자기업 선정을 통한 수행 Lab을 지정하는 반면, 본 사업은 수행 Lab 선발하여 투자기업의 선정참여 방식을 지향
- (연구주제) 산학과제는 단기간에 필요한 탐색기술을 개발하는 반면, 본 사업은 숙련된 인재양성을 위한 중장기 관점의 목적기초기술에 집중하여 원천기술과 차별화 지향
- (연구기간) 산학과제는 개발기술의 특성에 따라 단기간의 연구를 수행하는 반면, 본 사업은 더욱 장기간의 연구수행 기간을 지향
- (수행방식) 산학과제는 투자기업의 보안규제를 통해 폐쇄적인 연구를 수행하는 반면, 본 사업은 과제 협업 및 결과공유 방식을 운영하여 산업 내 기술 확산 기반 마련
- (산업계 인력유입) 산학과제는 참여조직의 1:1 구조로 참여인력 선택의 폭이 좁지만, 본 사업은 1:다수의 구조로 참여인력 선택의 폭을 확장

구분	산학 과제	민관 공동투자 신규사업
목표	문제해결·분석 결과확보 (성능·기능 기술개발)	문제해결·분석 역량보유 인력확보 (과제수행을 통한 검증된 인력양성)
선정방식	수행Lab 지정방식 (투자기업 선정)	수행Lab지원 선발방식 (투자기업 선정참여)
R&D 주제	1~2년 내 확인 필요한 탐색기술	5년 후 필요한 목적기초기술 (순수기초 원천기술연구와 구별)
R&D 기간	1~2년 Spot R&D	3~10년 Long Term R&D
R&D 수행방식	Close형 (투자기업 NDA를 통한 보안강조)	Open형 (통합형/융합형 과제 협업 및 결과공유)
산업계 인력유입	1 : 1 구조 (참여인력 선택의 폭 소)	1 : 多(투자·참여기업) 구조 (참여인력 선택의 폭 대)
투자기업 목적	단기성과 목적 '비용'	장기성과 목적 '투자'

| 그림 5. 산학과제와의 차별성 |

/// 반도체 고급인력양성 사업의 추진 목표

- ★ 본 사업에서는 반도체 실무 투입형 고급전문인력을 양성하고 기업수요형 연구개발 체계를 구축하기 위한 목적을 달성하기 위하여, 인력양성을 중심으로 과학기술성과 창출, 반도체 선순환 생태계 구축을 사업의 목표로 함
 - 정량적 성과목표로는 고급전문연구인력 3,500명 배출과, 특허 2,100건, SCI급 논문 4,200편, 기술이전 35건으로 과학기술성과를 창출하고자 함
 - 또한 반도체 인재관리 DB 구축 및 Technical Review Board 활성화를 통해 사업화 연계를 통한 선순환 생태계를 구축하고자 함
 - 고급 반도체연구인력이 수행하는데 필요한 기술개발 경험의 성과로서 과학기술성과가 창출되고, 과학기술성과 창출을 위하여 기업 연구자가 제공한 선 경험과 기술 가이드를 기반으로 고급인력이 양성됨
 - 동 사업을 통하여 양성된 인력이 산업계로 배출되는 반도체 선순환 생태계를 보다 견고하게 구축하는 것을 목표로 함

비전	『자생적 반도체 산업생태계 조성을 통한 반도체 종합강국 도약』		
사업 목적	· 반도체 실무투입형 고급전문연구인력 양성 · 기업 수요형 연구개발 체계구축		
사업 목표	목표	인력양성	과학기술성과 창출
	성과 지표	고급전문연구인력 3,500명 배출	· 특허 2,100건 · 논문(SCI급) 4,200편 · 기술 이전 35건
		사업화 연계를 통한 반도체 선순환 생태계 구축	
		· 반도체 인재관리 DB구축 · Technical Review Board 활성화	
중점 추진 내용	추진 방향	민간과 정부가 협력하여 반도체 글로벌 기술경쟁의 핵심인 전문고급인력 확보	
	추진 전략	· 투자기업 밀착형 R&D - 기업수요반영, 기업 엔지니어 기술멘토링 → 실무형 전문인력 양성 · 반도체 인재육성 체계화 - 고급인력 자격 검증·평가 프로세스 정립, 기업연계 HR 프로그램 시행	
	전략 분야	· 메모리 반도체 고급인력양성 기술개발 분야 · 시스템반도체 고급인력양성 기술개발 분야 · 반도체 공정장비 고급인력양성 기술개발 분야 · 반도체 소재 고급인력양성 기술개발 분야	

| 그림 6. 사업비전 체계도 |

4. 반도체 고급인력양성사업 추진전략

// (전략 1) 투자기업 밀착형 R&D 운영

★ (필요성) 기술 트렌드가 빠르게 변화하는 반도체 산업의 특성상, 반도체 인력은 산업계가 요구하는 기술 경험 여부가 중요함에도 불구하고 산업계와 학계의 기술 격차 존재

- 이러한 격차를 해소하기 위하여 기업체의 전문가가 연구개발의 컨설팅 역할로 참여하여 산업형 R&D 연구 인재를 양성하고자 함

★ Technical Review Board 운영(이하 'TRB')

- 'TRB'는 동 사업의 투자기업 관련분야 엔지니어 전문가 그룹을 말하며 과제당 1~2명씩 배정

- 'TRB'는 연구개발 초기 단계 동안 각 과제별 연구 방향성을 제시하고 개발 현황을 점검하며, 학생 연구원의 멘토-멘티 활동을 통해 연구 활동 코칭을 진행함

★ 'TRB'의 인력양성 활동

- (연구과제 수행) 정기교류(Kickoff, 총괄워크샵)를 활용하여 참여연구원 학생 대상의 멘토링 실시

* 과제운영 관련 애로사항 컨설팅, 기술연구 분야의 진로 방향성 설정 멘토링, 참여연구원 Q&A 활동

- (연구과제 종료) 참여연구원 대상의 K-CHIPS 자격검증 활동

* K-CHIPS(Korea-Collaborative & High-tech Initiative for future Prospective Semiconductor research)

* 검증 항목: 참여연구원의 과제 이해도, 결과도출 과정의 적절성, 실험방법의 독창성 등

★ 'TRB'의 연구개발 컨설팅 활동

- (연구수행 초기) Kickoff를 통한 수행기관과의 상견례 및 R&D 연구목표 설정에 수요기업 의견 제시

- (연구수행 중기) 정기교류(총괄워크샵)를 활용하여 사업 수행 방향성 지속 컨설팅 및 반도체기술군별 차세대반도체 기술탐색을 위한 기술 자문

- (연구종료) 마지막차년도의 과제 점검을 통하여 최종 연구개발 결과 도출의 사업화 검토 및 후속 과제 도출에 대한 수요기관 의견 제시

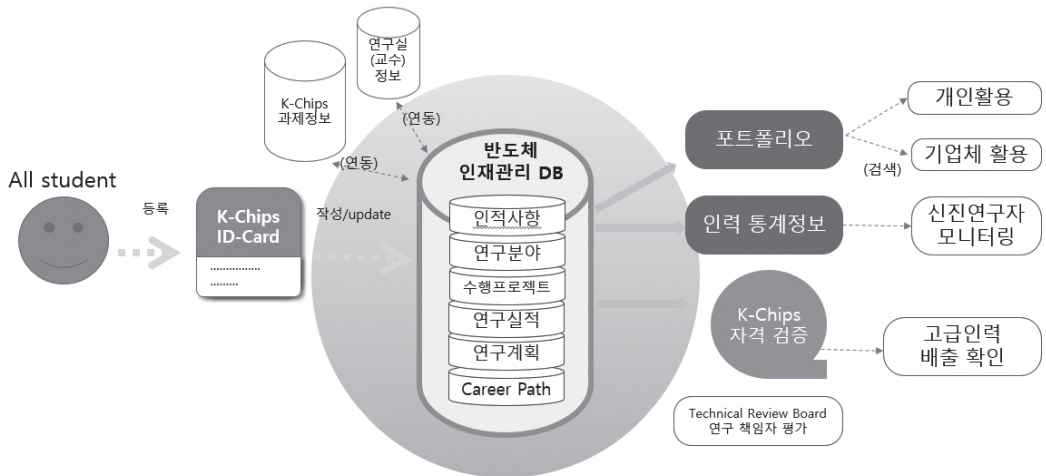
★ 산·학·연·관 밀접 연계를 위한 교류의 장 마련

- (기술연구회 운영) 투자기관과 수행기관의 동시 참여로 기술 전문성을 제고하고, 산·학 협력의 연구 환경을 조성하고자 하며 차세대기술에 대한 기술동향을 탐색하고 탐색 결과는 기술로드맵에 반영

- (총괄주관의 워크샵 개최) 세부기술별 연구자(산업체의 전문가와 대학·연구소의 연구자 참여)간의 자유로운 아이디어 교환과 상호 연구 현황을 교류할 수 있는 장을 마련하여 탐색형 R&D 연구환경 조성

// (전략 2) 반도체 인력 질적수준 검증·평가 시스템 구축 및 체계화

- ★ (필요성) 반도체 전문인력을 육성하고 우리나라 반도체 업계에 진출이 확대될 수 있도록 투자기업과 인력 양성기관 연계 강화로 R&D 투자 효율성을 제고
 - 동 사업에서 양성된 석·박사급 반도체 연구인력의 커리어패스를 관리
 - 참여연구원별 보유한 연구역량 평가를 통해 반도체 고급연구인력 양성 성과의 객관성 확보
- ★ 반도체 인재관리 DB 구축 및 반도체 포트폴리오 구축
 - 반도체산업의 인재 관리를 통해 산업계의 활용을 촉진하고 산학연 선순환 환경을 조성
 - 반도체 인재 DB는 동 사업의 연구 성과와 연동되어 K-CHIPS 자격 검증의 기초자료로 활용
 - 참여연구원별 연구실적을 담은 포트폴리오와 커리어 패스는 반도체업계의 직무이동경로의 기초근거로 활용하여 향후 반도체 또는 인력양성 정책 기획에 활용 가능



| 그림 7. 반도체 인재관리 DB 시스템 |

★ K-CHIPS 자격검증 프로그램 운영

- 본 사업에서는 반도체 고급연구인력 3,500명 양성을 목표로 제시하고 있으며 과제에서 창출되는 성과를 기반으로 참여연구원(석·박사 대학원생)의 질적 수준 검증 프로그램 운영
- 고급전문인력의 정량적 기준을 설정하고, 일련의 정기적 검증 절차를 통해 고급전문인력 기준을 달성한 참여연구원에게 인증서를 발급

* 석사(Silver)·박사(Gold)급별 자격검증 기준(특허출원, SCI급 논문게재, 학회 발표, 참여지수, 'TRB' 정성적 평가)설정

★ K-CHIPS 자격검증절차

- (참여연구원 DB 확보) 동 사업의 모든 참여연구원에게 K-CHIPS ID Card를 발급하고 참여연구원은 특허, 논문, 학술 발표 등 연구 성과를 축적
- (정량적 자격검증 실시) 과제 책임자(담당 교수)는 연구실 내의 참여연구원별 과제 성과에 대한 기여도를 부여함으로써 정량적 요소 평가 실시
- (정성적 자격검증 실시) 과제 담당 'TRB'(투자기관 전문가)는 과제수행기간 동안 진행한 참여연구원의 멘토 역할을 근거로 과제 이해도 및 담당 역할 적정성 검토와 발전 가능성 항목에 정성적 평가 실시
- (자격검증 인증서 발급) 총괄주관기관은 일련의 자격검증 절차를 주관하며, 최종 자격을 취득한 참여연구원에게 K-CHIPS 반도체고급인력 인증서를 발급

/// (전략 3) 글로벌 인재양성을 위한 학술교류

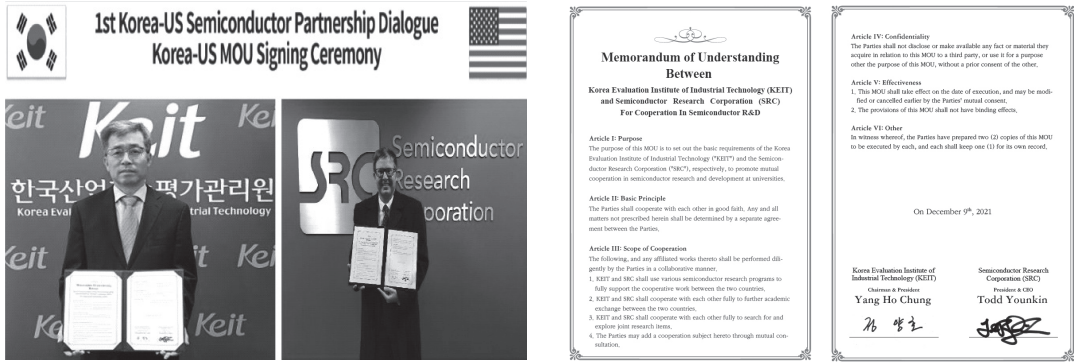
★ (배경) '21년 12월 미국의 SRC와 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 대학 반도체 R&D 상호 협력을 위한 MOU 체결하여 글로벌 반도체 R&D 교류 환경 마련

* SRC : 미국의 대표 반도체R&D 컨소시엄(Semiconductor Research Consortium)으로 유수의 글로벌 반도체기업을 회원사로 두고 있으며, 연 1억 불 규모의 투자를 확보하고 있음

★ (필요성) 반도체 산업계의 기술경쟁 심화로 국내 업계에서도 해외 대학 및 해외 기업 출신의 우수 반도체 인재 확보를 위해 적극적인 인재 유치 활동을 추진 중에 있으며 반도체기술 경쟁력 확보를 위하여 국내 반도체 인력의 글로벌 인재화가 요구됨

★ 미국 반도체 R&D기관 'SRC'와의 협력 추진

- 한·미 공동 반도체 R&D 관심 분야를 선정하여 시범적으로 양국간 학술 교류를 추진하여 공동연구과제 발굴 및 인력교류 등 후속 협력방안을 모색
- 한·미 공동 연구 아이템 발굴 및 차세대 유망기술에 대한 학술 및 인력교류 추진



| 그림 8. 미국 SRC와 KEIT의 MOU 체결 |

/// (전략 4) 반도체 전용 HR 프로그램 운영

★ (필요성) 반도체 고급인력의 반도체 업계로의 진출 확대를 위하여 투자기업 연계 활동 강화 필요

- 반도체전용 HR 프로그램 운영을 통해 참여연구원의 다양한 진로탐색 기회 제공 및 채용연계 통로 마련

★ 중소·중견 반도체기업 중심의 기업견학 프로그램 운영

- 참여연구원의 현업 연구개발 환경 이해도를 향상하기 위하여 기업 주요 시설 및 현장 소개, 인사부서의 채용 전형 설명, 현업 엔지니어의 멘토링 등 기업견학 프로그램 운영 예정
- 장비·소재·반도체 설계 업체 등 중소·중견기업 및 반도체연구소 등 다양한 반도체 관련 기관의 참여를 독려
- 현업의 공정 프로세스 및 다양한 장비를 체험을 통해 기업 현업의 실제 연구개발 환경 이해도 제고

★ 참여 연구인력을 대상으로 하는 반도체 기업 채용설명회 운영

- 총괄워크숍을 활용하여 반도체 기업 홍보와 채용프로그램을 안내하는 자리를 마련
- 투자기관의 인사 담당자와의 개별 1:1 상담을 지원하고 참여연구원의 과제 연구발표를 통한 'TRB'의 컨설팅으로 현업 엔지니어의 가이드 제공

★ 선행 사업에 참여했던 배출 인력의 훠크미팅데이 개최

- 선행사업(미래소자사업 또는 기타 인력양성사업)에 참여했던 참여연구원 중 현재 반도체 기업/연구소/대학에 소속된 선배와의 만남의 장 마련
- 진로탐색의 기회 제공하고 취업 등 향후 진로계획 수립의 멘토링 지원

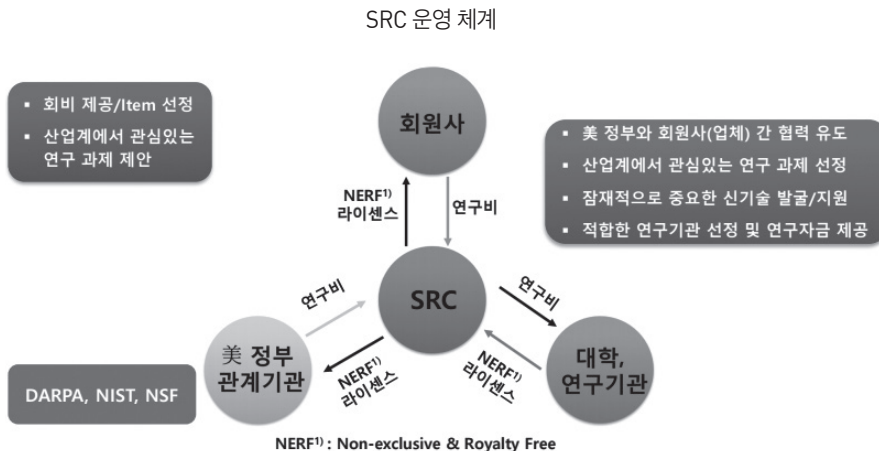
[참고문헌]

1. "산업기술인력 수급실태 조사보고서", 한국산업기술진흥원(2020.12)
2. "차세대 반도체 산업기술인력보고서", 한국산업기술진흥원(2021.02)
3. "민관공동투자 반도체 고급인력양성사업 예비타당성조사 기획보고서", 산업통상자원부(2021.09)

[미국 SRC(Semiconductor Research Corporation) 개요]

// 개요

- ★ '82년 미국 반도체 기업들이 투자 기업의 요구를 충족시키면서 대학의 연구 활동을 효율적으로 관리하기 위해 설립한 비영리 컨소시엄
 - '80년대 초 외국기업들의 시장점유율이 높아지자 미국 반도체 업계는 세계시장에서의 지위 향상을 위해 조직적인 산 관 학 협력이 필요하다고 인식
- ★ 회원기업 및 정부는 대학의 반도체 기초 연구에 대한 투자비용(연간 약 1억 불)을 분담하고, 연구 결과물을 로열티 없이 사용
 - 지금까지 22억 달러(2조 7천억) 자금 투자 및 3,700개 프로젝트 추진 중
 - 현재까지 14,000명 인력을 양성하였으며, 현재 SRC 프로그램 참여 학생수는 1,490명



// 참여 기관

★ (기업) 인텔, TI, IBM, 글로벌파운드리, 마이크론, AMAT, TEL 등 26개 기업 가입 중

<ul style="list-style-type: none"> • ADVANCED MICRO DEVICES, INC. • ANALOG DEVICES, INC. • APPLIED MATERIALS, INC. • ARM LIMITED • ASM INTERNATIONAL • CHEMONICS INTERNATIONAL, INC. • EMD ELECTRONICS • GLOBALFOUNDRIES • HRL LABORATORIES • IBM CORPORATION • INTEL CORPORATION • LOCKHEED MARTIN CORPORATION • MEDIATEK INC. • MICRON TECHNOLOGY, INC. 	<ul style="list-style-type: none"> • NORTHROP GRUMMAN CORPORATION • NXP SEMICONDUCTORS • QORVO • QUALCOMM • RAYTHEON TECHNOLOGIES • SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. • SIEMENS EDA • SK HYNIX INC. • TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY LIMITED • TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED • TOKYO ELECTRON LIMITED • VEECO INSTRUMENTS INC.
---	---

★ (대학) 76개 미국 대학을 포함하여 총 116개 대학을 지원 중

// 주요 프로그램

- ★ Global Research Corporation(GRC) : 세계 일류 대학의 연구를 활용하고 이를 SRC 회원사와 공유할 뿐만 아니라 전 세계 수많은 대학의 학생 지원을 통한 고급 인력 양성
- ★ Joint University Microelectronics Program(JUMP) : 미국 기업과 DARPA의 후원으로 Microelectronic 산업 성장을 위한 연구 지원
- ★ Nanoelectronic Computing Research(nCORE) : 반도체, 전자, 컴퓨팅 및 방위 산업의 영향을 핵심기술을 개발하기 위한 대학 공동 연구 지원

작성자/문의처

// 정책기획팀	▶ 이정우 팀장		042-712-9300		jwlee@keit.re.kr
	▶ 이철주 수석		042-712-9305		lcj08@keit.re.kr
	▶ 정찬혁 수석		042-712-9304		supei@keit.re.kr
	▶ 임문혁 수석		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
	▶ 이준용 선임		042-712-9308		jylee06@keit.re.kr
	▶ 진명현 주임		042-712-9306		ayoayd1314@keit.re.kr

| 주력산업 |

// 전기수소차	▶ 이봉현 PD		02-556-9532		gear1@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
// 우주항공	▶ 박 흰 PD		02-556-9530		liftoff@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	▶ 이건훈 PD		02-556-9571		khoon17@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

PDI슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
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
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 사용을 위한 차량 안전기술 동향
	첨단기계	승강기산업의 기술동향과 산업전망
20-6호	FOCUSING ISSUE	As 및 Sb 미합유 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

발간호	발간분야	이슈제목
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
20-9호	FOCUSING ISSUE	빅데이터 기반 시의 산업특화 활용을 위한 개방형 시 클라우드 서비스 시스템 개발
	첨단장비	절삭공구 데이터 플랫폼 관련 국내의 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

PDI이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
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	3D 프린팅 기술을 접목한 금형 제조기술 동향
21-특집호	21대 분야	2020년 연구개발 주요성과 및 2021년 추진 계획
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
21-4호	FOCUSING ISSUE	5G 연계 산업유형별 폼팩터를 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

발간호	발간분야	이슈제목
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
21-7호	FOCUSING ISSUE	퍼스널 모빌리티 플랫폼 핵심기술 개발 및 실증
	첨단장비	3D Printed Electronics(3DPE) 분야 국내·외 기술동향
	의료기기	신경자극 의료기기 기술 및 시장동향
	섬유	자원순환 화학재생 섬유 기술동향 및 전망
	디스플레이	디스플레이용 QD 소재 기술 동향 및 향후 추진 방향
21-8호	FOCUSING ISSUE	AI 반도체 기술 소개
	전기수소차	중대형 수소상용차의 기술개발 방향
	로봇	유연물 핸들링 로봇 시스템을 위한 인식, 파지, 조작 기술
	이차전지	리튬-황 차세대 이차전지의 기술 동향 및 전망
	금속재료	수소 파이프라인 강재 기술개발 동향

PDI슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
21-9호	자율주행차	자율주행차 인지센서 상용화기술과 산업전망
	바이오	기술기반의약품(TBM)의 기술개발 동향과 미래가치
	스마트제조	임베디드 인공지능 SW 기술맵 동향
	탄소·나노	이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술동향 및 전망
21-10호	FOCUSING ISSUE	탄소 감축을 위한 LNG 냉열 발전 재기화 기술
	조선해양	선박·해양 프로세스 시스템 디지털 트윈 개발 방향
	지식서비스	디지털엔지니어링 설계기술과 탄소저감
	스마트전자	인공지능가전 기술동향과 산업전망
	뿌리기술	주조산업의 최신 기술 활용 사례
21-11호	첨단기계	극저온 냉동기 기술 및 시장 동향
	디자인	CMFD디자인 기술동향과 산업전망
	화학공정	국내 촉매 산업의 기술 동향
	시스템반도체	전력반도체 최신 기술 이슈 및 향후 전망
21-12호	FOCUSING ISSUE	디지털 유통물류 기술 동향과 산업 전망
	첨단장비	주력가공장비용 핵심부품 기술동향 및 개발방향
	의료기기·헬스케어	헬스케어 서버타이제이션(Servitization) 기술 및 시장동향
	섬유	친환경 라이오셀(Lyocell) 섬유 산업동향
	디스플레이	디스플레이용 초소형 마이크로 LED 기술 동향 및 향후 추진 방향
22-특집호	22대 분야	2021년 연구개발 주요성과 및 2022년 추진계획

발간호	발간분야	이슈제목
22-3호	조선행양	선박운항 탄소중립을 위한 재생에너지 활용·풍력추진선박의 개발 동향
	로봇	재난 대응 로봇 기술 동향 및 발전 방향
	이차전지	고성능 리튬이차전지의 실리콘계 음극소재 기술
	세라믹	전기차 고출력 파워모듈용 세라믹 방열소재 기술
22-4호	자율주행차	자율주행 휴먼 머신 인터페이스(HMI) 기술 동향
	바이오	바이오 소부장 기술개발 동향 및 전망
	스마트제조	스마트공장 빅데이터 분석 플랫폼 기술동향
	탄소·나노	인조흑연 소재산업의 동향과 기술개발 방향
	금속재료	액체수소 저장용 소재 기술개발 동향
22-5호	FOCUSING ISSUE	디지털 마커 기반 맞춤형 불면증 디지털치료제 개발
	전기수소차	전기자동차 배터리 팩 시스템의 열 안전성 향상 기술
	지식서비스	감성인식 기술과 지식서비스
	스마트전자	전력기기의 지능화를 위한 디지털 변전소 동향 및 발전방향
	뿌리기술	반도체·디스플레이 습·건식 표면처리 최신 기술개발 동향
22-6호	첨단기계	건설·산업기계용 수소엔진 기술동향
	디자인	긍정 디자인 패러다임의 변화
	화학공정	언더필 소재 기술 동향
	시스템반도체	AlN(Aluminium Nitride) 기반의 센서 기술 동향

PDI이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
22-7호	첨단장비	신산업 제조장비용 핵심부품 기술동향 및 개발방향
	의료기기·헬스케어	CDMO 연계 중재기술 의료기기 기술 개발 및 시장동향
	금속재료	수소환경 시험평가 및 표준화 동향
	반도체 공정장비	반도체 고급인력양성 추진전략

KEIT PD Issue Report

| 발행일 | 2022년 7월

| 발행처 | 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, 신분보호, 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&D지원 글로벌 리더 *Keit*



R&D 골든타임을 찾다! **기획**

평가 R&D 가치를 높이다!

관리 R&D 성과를 창출하다!