

VOL 22-9
2022.9

KEIT PD

Issue Report

PD 기술 이슈

ISSUE 1 미래 SDV(Software-defined Vehicle)를 위한 차세대 아키텍처 기술개발 동향

ISSUE 2 분변미생물이식(FMT) 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술개발 동향분석

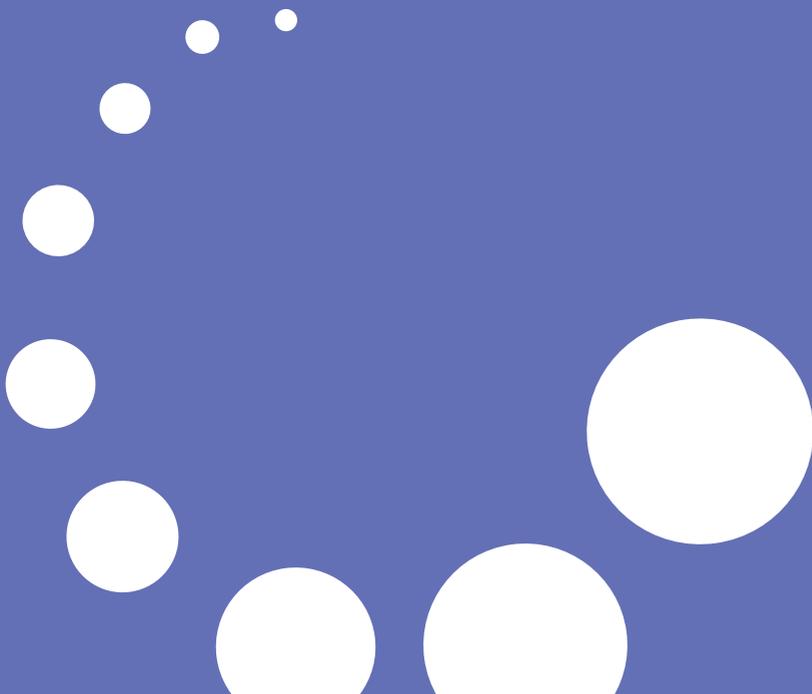
ISSUE 3 항바이러스 섬유 산업동향





VOL 22-9 2022.9
KEIT PD ISSUE REPORT

- ❶ [PD 기술 이슈 1] 미래 SDV(Software-defined Vehicle)를 위한 차세대 아키텍처 기술개발 동향 05
- ❷ [PD 기술 이슈 2] 분변미생물이식(FMT) 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술개발 동향분석 24
- ❸ [PD 기술 이슈 3] 항바이러스 섬유 산업동향 39



VOL 22-9

2022.9

KEIT PD

Issue Report

PD 기술 이슈

ISSUE 1 미래 SDV(Software-defined Vehicle)를 위한 차세대 아키텍처 기술개발 동향

ISSUE 2 분변미생물이식(FMT) 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술개발 동향분석

ISSUE 3 항바이러스 섬유 산업동향





PD 기술 이슈

ISSUE 1

미래 SDV(Software-defined Vehicle)를 위한
차세대 아키텍처 기술개발 동향
- KEIT 자율주행차PD

ISSUE 2

분변미생물이식(FMT) 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제
기술개발 동향분석
- KEIT 바이오PD

ISSUE 3

항바이러스 섬유 산업동향
- KEIT 섬유PD

미래 SDV(Software-defined Vehicle)를 위한 차세대 아키텍처 기술개발 동향

|저자| 서재형 자율주행차PD / KEIT
박지훈 센터장 / 한국자동차연구원
임현주 책임 / 한국자동차연구원

SUMMARY

// 소프트웨어를 통한 자동차산업의 혁신을 달성하기 위한 SDV의 등장

- ★ SDV는 '소프트웨어 기반 기능을 중심으로 설계된 차량'을 의미하며 연구개발을 넘어 개발체계, 생산 및 서비스에 대한 자동차산업 전반의 패러다임 변화를 요구
- ★ OEM은 구독경제 등 사업모델 전환(다각화)을 도모하고, 기존의 서플라이체인의 부품사에서는 소프트웨어로의 사업모델 전환을 빠르게 진행하는 것이 필요

// 차량의 전기전자 아키텍처를 비롯하여 시스템 소프트웨어 중심 기술개발 활발

- ★ 전 세계적으로 SDV로의 전환을 위해서 요구되는 고성능컴퓨팅 하드웨어 플랫폼, 소프트웨어 플랫폼을 포함한 E/E 아키텍처 개발을 경쟁적으로 진행 중
- ★ ICT산업(소프트웨어, 반도체 등)의 혁신적인 기술개발요소를 적극적으로 적용하면서도 자동차에서 요구되는 안전성/신뢰성을 확보할 수 있는 기술개발 필요
- ★ 특히, 소비자의 요구를 충족시키면서도 개발주체의 효율성과 경쟁력을 확보할 수 있도록 기술개발 외에 새로운 개발 프로세스의 전환도 고려해야 함

// 시사점 및 정책제안

- ★ 과거 어느때보다 소프트웨어가 중요해짐에 따라서 운영체제(OS)를 포함한 시스템(플랫폼) 소프트웨어의 집중을 통해 미래 기술경쟁에 대비하는 것이 필요
- ★ 추가로 미국, 이스라엘 등 기술선진국에 비해서 부족한 것으로 평가받는 국내 소프트웨어 생태계(인력, 장비 등)를 강화하기 위한 정책적 지원이 중요

1. 소프트웨어 정의 자동차(SDV)

전 세계 미래모빌리티의 핵심기술경쟁력으로 소프트웨어의 중요성이 부각됨에 따라 SDV (Software-defined Vehicle) 개념 등장

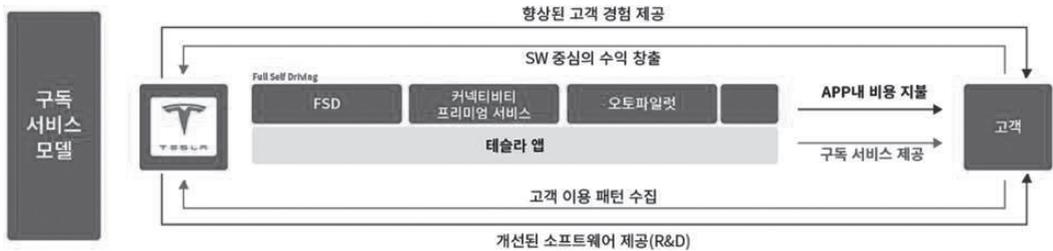
- ★ 소프트웨어 정의 자동차는 차량에 탑재되는 소프트웨어의 변경, 추가를 포함하여 기존 소프트웨어의 재구성을 통해 차량의 기능을 변경할 수 있는 자동차를 의미
- ★ 이미 현재 개발되고 있는 자동차에서 기존에 소비자에게 선보이지 않았던 새로운 기능의 90% 이상은 전기전자시스템을 통해서 구현되고 있으며, 전기전자 시스템의 핵심은 소프트웨어에 기반하고 있는 것으로 알려짐
- ★ SDV로의 자동차 전환에 대한 핵심적인 컨셉은 ‘차량 설계를 따르는 소프트웨어’보다는 ‘소프트웨어 기반 기능을 중심으로 설계된 차량’으로 향하는 패러다임 변화의 필요성을 의미하고 있음
- ★ 시장분석기관 SBD의 분석에 따르면 E/E Patterns, User Experience, Updatability, Connectivity, S/W Architecture의 5가지 관점에서 Vehicle 1.0~4.0으로 구분하고 있으며, Vehicle 4.0의 기능을 중심으로 Software-Defined Vehicle을 정의하고 있음

	E/E Patterns	User Experience	Updatability	Connectivity	S/W Architecture
Vehicle 1.0 Functional	Zonal	Personalized	Vehicle Software Updates	5G with Edge	Edge Container Runtime
	Functional Domains	Connected IVI	Firmware Updates	Multi-Channel	Service-Oriented Architecture
	Functional Bandwidth	Smartphone Integration	Phone App Updates	4G	Cockpit S/W Apps
	Multi-CAN	Static IVI	No Updates	None or eCall Only	Tightly Coupled
Vehicle 2.0 Digital	Zonal	Personalized	Vehicle Software Updates	5G with Edge	Edge Container Runtime
	Functional Domains	Connected IVI	Firmware Updates	Multi-Channel	Service-Oriented Architecture
	Functional Bandwidth	Smartphone Integration	Phone App Updates	4G	Cockpit S/W Apps
	Multi-CAN	Static IVI	No Updates	None or eCall Only	Tightly Coupled
Vehicle 3.0 Updateable	Zonal	Personalized	Vehicle Software Updates	5G with Edge	Edge Container Runtime
	Functional Domains	Connected IVI	Firmware Updates	Multi-Channel	Service-Oriented Architecture
	Functional Bandwidth	Smartphone Projection	Phone App Updates	4G	Cockpit S/W Apps
	Multi-CAN	Static IVI	No Updates	None or eCall Only	Tightly Coupled
Vehicle 4.0 Software-Defined	Zonal	Personalized	Vehicle Software Updates	5G with Edge	Edge Container Runtime
	Functional Domains	Connected IVI	Firmware Updates	Multi-Channel	Service-Oriented Architecture
	Functional Bandwidth	Smartphone Projection	Phone App Updates	4G	Cockpit S/W Apps
	Multi-CAN	Static IVI	No Updates	None or eCall Only	Tightly Coupled

그림 1. 소프트웨어 관점에서 분류한 SDV 레벨

/// 이르면 3~5년 내 미래모빌리티환경은 기존의 자동차 산업과는 다른 형태의 산업구조(Supply Chain) 속에서 혁신이 일어날 것으로 예상

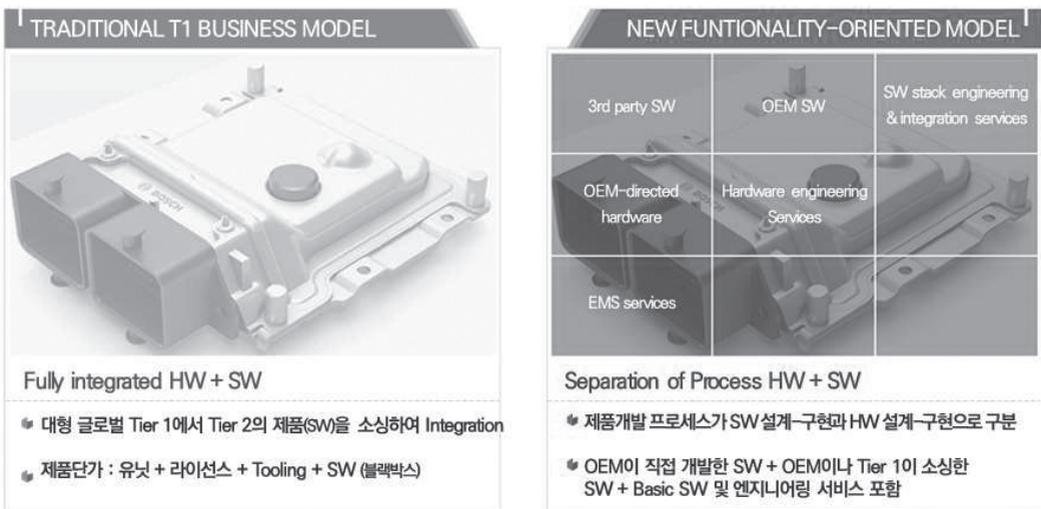
- ★ 스마트폰 등의 사용자경험을 통해서 이미 익숙해진 소프트웨어 업데이트가 글로벌 선진 자동차업체를 통해서 자동차에도 적용됨에 따라 촉발된 가장 중요한 소비자의 요구는 “지속가능성(Sustainability)”이라고 할 수 있음
 - ※ 테슬라는 무선 소프트웨어 업데이트(OTA)를 통해 향상된 성능의 자율주행기능을 지속적으로 소비자에게 제공 중
 - ※ 현대자동차, GM, 도요타 등 대부분의 OEM에서도 업데이트 기능을 제공
- ★ 지속가능성은 자동차에 대한 소비자요구를 충족시키면서도 총성도를 높여 OEM에는 새로운 사업모델을 제시함에 따라 전 세계 OEM에서는 경쟁적으로 구독서비스를 출시하는 계기를 가져오게 됨
 - ※ '27년까지 테슬라는 전체 60% 차량 사용자마다 월 평균 100달러의 수익을 창출하고 있고, 반복적인 소프트웨어의 수익가치는 하드웨어의 비즈니스 가치를 초과할 것으로 예상(출처, 모건스탠리)
 - ※ '30년까지 스텔란티스 그룹, 포드, GM은 각각 소프트웨어 서비스에서 최소 200억 달러 이상의 수익을 창출하는 것을 목표로 하고 있음



| 그림 2. (美)테슬라의 구독서비스 모델 |

- ★ 그러나 이러한 OEM의 사업모델 전환(다각화)은 소프트웨어의 기술혁신을 통해서만 일어나는 것이 아니라, 기존의 자동차를 구성하고 있던 전기전자장치 구조의 변화를 수반할 수 밖에 없고 이에 따라서 기존 자동차산업을 견고하게 뒷받침하던 자동차산업의 서플라이체인인 변화도 불가피하게 되었음
- ★ 자동차산업의 서플라이체인은 완성차를 중심으로 개발된 기능이 1차사(Tier-1)에 전달되어 부품을 개발하고, 부품을 개발하기 위한 세부/요소기술을 2차/3차사(Tier-2/3)를 통해서 조달받는 구조이며, 1차사의 부품은 소프트웨어와 하드웨어가 결합 된 형태임
 - ※ 현재의 자동차는 적게는 30~40개에서 많게는 60~70개의 ECU(전자제어장치)를 통해서 차량전체의 기능을 구현하고 있고, 점차 통합되고 있는 추세에 있음

- ★ 아래의 그림은 전통적인 자동차산업의 1차사의 사업모델과 새로운 기능관점의 모델을 비교한 것으로, 전통적인 1차사의 사업모델에는 자체적으로 개발한 소프트웨어와 2차사의 소프트웨어를 결합(Fully Integrated HW+SW)하여 제품단가를 산정하여 OEM에 납품하게 됨
- ★ 새로운 기능관점의 사업모델에는 하드웨어와 소프트웨어가 분리되어 OEM이 소프트웨어를 직접 개발하기도 하고, 1차/2차사에서 개발한 소프트웨어를 OEM이 직접 소싱하거나, 소싱한 소프트웨어의 통합(Integration Service)하는 사업모델 등이 등장
 - ※ 결과적으로 소프트웨어를 OEM에서 직접 소싱하거나 1차사에서 2차/3차사에서 소싱하는 것과는 상관없이 수 많은 기존의 ECU가 기능별로 통합 될 수밖에 없는 상황임

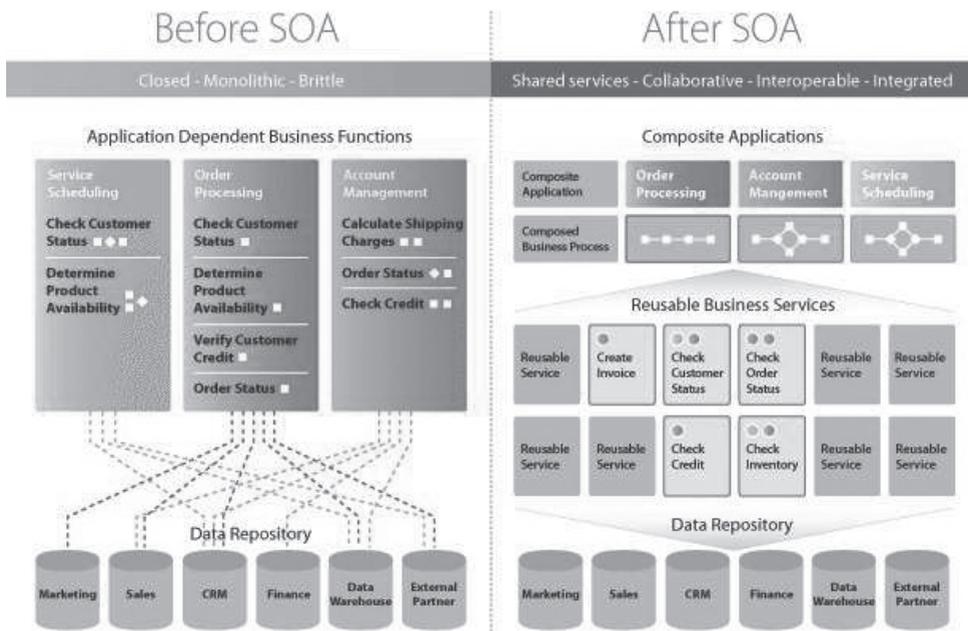


| 그림 3. 자동차산업의 새로운 사업모델 |

/// 소프트웨어 정의 자동차의 지속가능성은 기존 양산된 자동차에 탑재된 소프트웨어의 변경을 넘어 이전에 설계되지 않은 새로운 소프트웨어의 탑재가 가능한 소프트웨어의 재구성에 달려있음

- ★ 자동차영역에서도 이미 소비자에게 친숙하게 다가온 OTA를 통한 소프트웨어의 업데이트는 처음 시스템을 설계 할 당시에 고려된 하드웨어, 소프트웨어 및 E/E 아키텍처를 기반으로 기능/성능을 업데이트 할 수 있음
 - ※ 현대자동차의 GV60은 OTA를 통해 차량의 동력 성능(VCU), 브레이크(IEB), 스티어링(MDPS), 전자제어 서스펜션(ECS), 페이스 커넥트, 자율주차 등 차량 전반의 성능 및 기능 개선이 가능
 - ※ BMW의 리모트 소프트웨어 업그레이드(RSU)를 비롯해 도요타, 폭스바겐 등

- ★ 현재의 자동차 전기전자 아키텍처는 수 십개의 ECU가 전통적인 차량 네트워크인 CAN, CAN FD 등을 통해서 데이터를 주고받으면서 기능을 구현하고 있어, 한 개의 기능을 업데이트 하는 경우에도 다수의 ECU에 대한 업데이트가 필요함
 - ※ 예를 들어, 차선이탈보조시스템의 경우 전방카메라ECU, 주행보조ECU, 스티어링제어 ECU를 비롯하여 각종 차량정보(속도, 기어, 턴시그널 등)를 사용하고 있음
- ★ 차량자체의 주요 통신수단인 CAN, CAN FD의 경우에는 수백Kbps에서 수Mbps 정도의 통신대역폭을 가지고 있어 단 하나의 소프트웨어를 변경하는 경우도 다수의 ECU까지 업데이트하기 위해 많은 시간이 필요하고, 협업해야 하는 주제도 다양하여 적시에 기능을 구현하기에 어려움이 발생함
- ★ 특히나, 차량을 설계하는 당시에는 고려하지 않았거나 개발되지 않았던 소프트웨어를 탑재하는 경우까지 고려하면 그 복잡성이 기하급수적으로 높아지게 됨
- ★ 소프트웨어 정의 자동차는 이를 소프트웨어 중심 아키텍처(SOA, Service-oriented Architecture)의 적용을 통해서 해소할 수 있을 것으로 전망하고 있고, 소프트웨어 중심 아키텍처는 기존의 차량 기능을 서비스의 관점에서 다시 설계하여 향후 변경/추가/삭제에 유연성을 확보하는 것을 목표로 하고있음
 - ※ 서비스는 소비자에게 제공할 수 있는 차량의 기능을 표현하는 단위로 상호조합 가능한 독립된 단위 소프트웨어로 구성되어 표준화된 인터페이스를 통해서 연결됨



| 그림 4. 서비스 오리엔테이션 아키텍처 적용 전/후 |

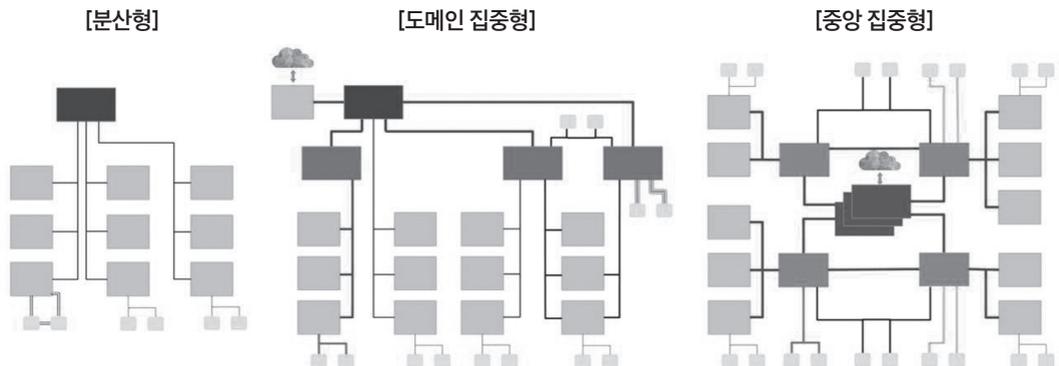
2. SDV 기술개발 동향

SDV의 개발과 Centralized E/E 아키텍처로의 전환은 동시에 이루어지고 있으며 밀접한 관계로 상호 교류 중

★ 중앙집중형 아키텍처는 차량을 제어하는 중앙제어기에 기능의 집적도가 높아짐과 동시에 중앙의 제어기에 의해서 전체 시스템을 제어 가능한 형태의 아키텍처

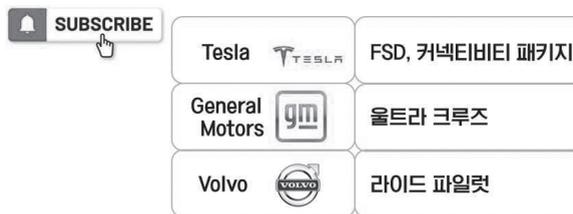
※ Centralized E/E 아키텍처는 분산되어 있는 기능을 중앙집중형으로 모아주는 형태였음. 과거에는 차량의 전장이 많지 않고 유지보수의 효율성 및 차종, 트림에 대한 유연하게 대응하다는 장점으로 분산형 아키텍처를 사용하고 있음

※ 차량의 전장품의 수량이 증가하고 이에 대해 와이어링이 증가하여 효율이 낮아지고 비용이 증가하자 기능과 위치가 비슷한 제어기끼리의 통합이 이루어지게 되었고 구성



| 그림 5. 차량의 E/E 아키텍처 변화 |

- ★ 차량의 무선업데이트(OTA)의 기반으로 차량의 기능 및 성능의 효율적인 업데이트가 가능함. 소프트웨어 중심의 기능 구현은 제조사들은 서비스 업데이트를 통해 지속적인 수익을 창출할 수 있는 유료 구독 서비스 형태의 사업 운영
 - ※ Tesla의 FSD의 패키지는 하드웨어 교체 없이 자율주행SW 업데이트를 통해 기능 개선을 커넥티비티 패키지는 인포테인먼트 관련 스트리밍 서비스를 제공하는 구독 서비스
 - ※ GM과 Volvo는 레벨 3 수준의 자율주행 서비스를 준비하고 있으며 내년부터는 해당 서비스를 구독 형태로 시스템 업데이트 계획



| 그림 8. OEM에서 현재, 미래에 계획하고 있는 구독서비스 |

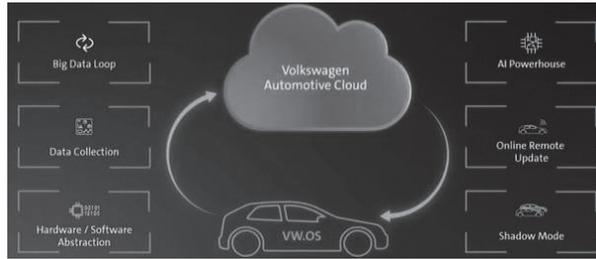
SDV의 개발의 초석이 되는 차량의 OS를 표준화, 내재화 진행중에 있고 유연한 소프트웨어 유지보수를 위해 자사의 소프트웨어 플랫폼 구축중

- ★ 소프트웨어의 복잡성이 증가하고 단일 차량에도 다양한 개발사가 참여하여 서비스를 제공함에 따라 개발환경을 통일할 수 있는 개방형 표준 아키텍처를 필요성이 요구되었고 이는 개발진과 개발사가 효율적이고 개발을 할 수 있도록 해주고, 업데이트 등의 유지보수 편의성을 증대 시킴
- ★ 또한 클라우드, V2X와 같은 커넥티비티 기능이 증가함에 따라 차량의 운용을 보호하기 위한 보안에 대한 요구사항이 높아졌으며 이를 운영체계에 포함하여 개발
 - ※ 현대자동차는 SDV전환을 위해 소프트웨어의 기술 내재화와 미래 차량용 서비스 개발 확보를 위해 현대자동차가 과거에 사용하는 QNX, Window CE, Android, Meego 등 다양한 OS를 혼재하여 사용하였던 것을 독자적인 플랫폼 ccOS 개발하여 해당 소프트웨어 플랫폼으로 단일화하여 미래의 소프트웨어 개발의 확장성, 유지보수성을 확보



| 그림 9. SDV를 위한 현대자동차의 ccOS 소프트웨어 플랫폼 |

※ 디지털 생태계의 초석 마련을 위해 Volkswagen은 VW.OS와 VW.AC를 발표하였으며, 폭스바겐그룹의 모든 브랜드의 자동차는 자체 개발한 운영환경인 VW.OS와 클라우드 연결을 위한 VW.AC 운영환경을 이용하여 모빌리티 서비스 시작



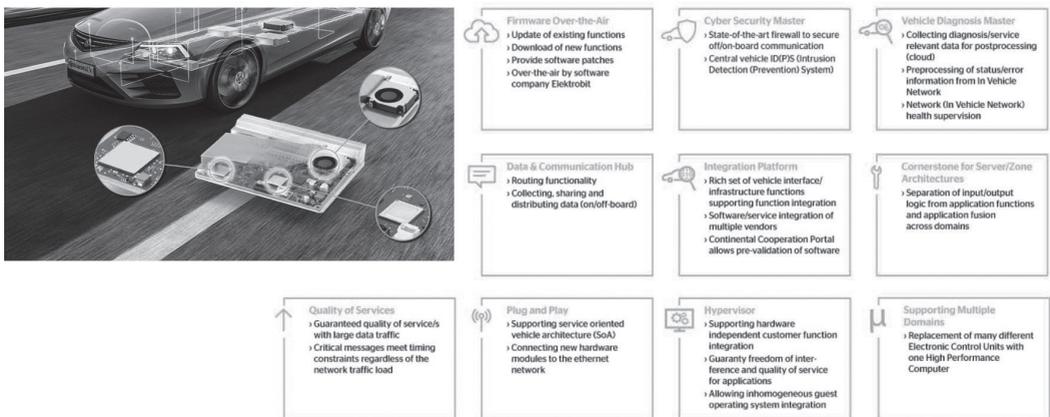
| 그림 10. SDV를 위한 Volkswagen의 VW.OS와 VW.AC |

// SDV 달성을 위해 통합 운영체계를 운영하기 위해서는 고성능의 프로세서 기반의 하드웨어 컴퓨팅 모듈이 필요하여 자사의 운영환경을 고성능 프로세서에 연계하여 HPC의 성능 확보

★ 자사의 컴퓨팅플랫폼 성능 확보를 위해 반도체 기업과 협력하여 하드웨어 컴퓨팅 성능을 확보

※ 컨티넨탈의 HPC는 차량에서 수행하는 주요 기능을 모두 수행할 수 있을 정도의 고성능 통신 네트워크 및 서비스를 통합할 수 있을 정도의 고성능 컴퓨팅 플랫폼 개발

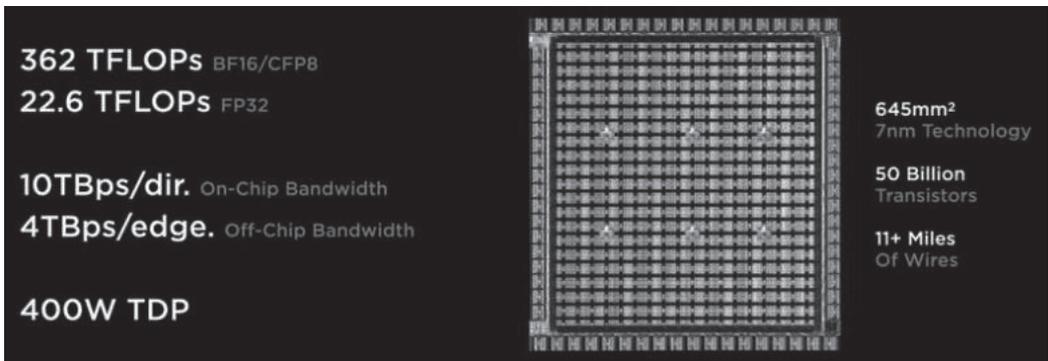
※ 무선 업데이트 시스템은 HPC의 소프트웨어 업데이트를 기반으로 차량의 수명 주기에 따라 기능을 업데이트 및 업그레이드 할 수 있고 제공 되는 모든 기능에 대해 보안을 적용하는 것으로 예측



| 그림 11. 컨티넨탈의 HPC |

★ 인공지능 기반의 소프트웨어 기술이 도입됨에 따라 사용되는 반도체의 성능요구사항이 기존에 비교하여 엄청난 속도로 증가하였고 차량용 HPC 적용을 위해 OEM에서 자사의 소프트웨어 플랫폼과 알고리즘에 적합한 반도체 개발을 직접 하는 등 반도체 생태계까지 내재화하기 위해 노력

※ 테슬라는 HW3.0에서의 반도체 개발 경험을 바탕으로 AI 자율주행 학습을 위한 서버용 ASIC D1의 반도체를 발표함. 테슬라는 서버용 D1 칩과 통합시스템, 컴퓨팅 클러스터 소프트웨어까지 모두 내재화하여 SDV달성을 위해 노력

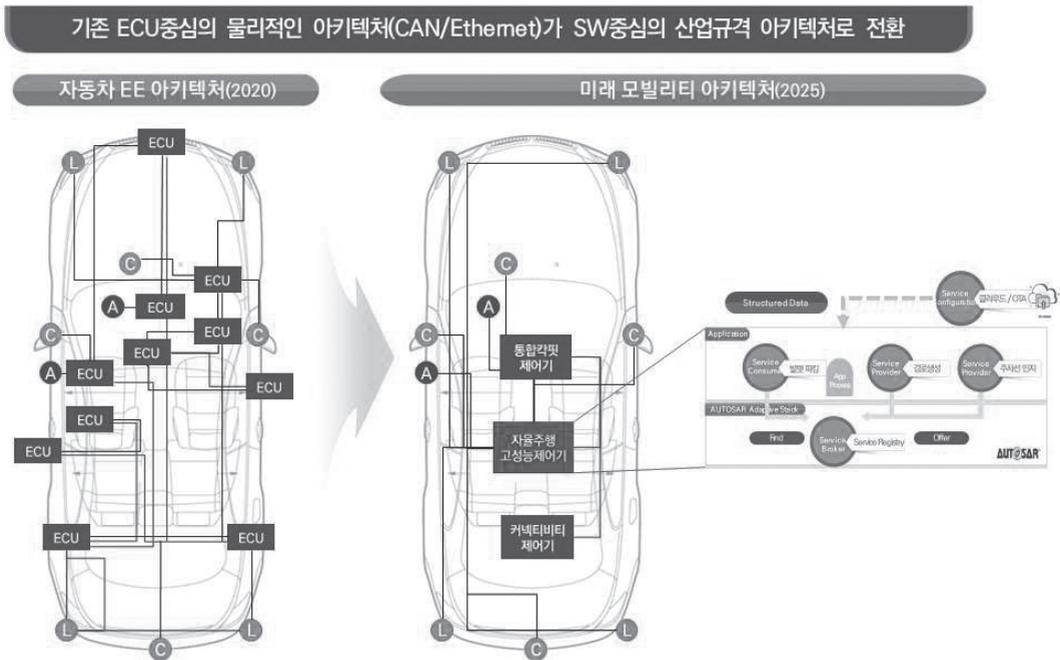


| 그림 12. Tesla 자체 개발 “D1” 반도체 |

3. SDV를 위한 차세대 E/E 아키텍처

SDV를 위한 자동차 전장구조(간소화, 첨단화, 규제대응)를 위해서 소프트웨어기능을 중심으로 3~4개의 통합된 제어기 형태로 E/E 아키텍처 개발

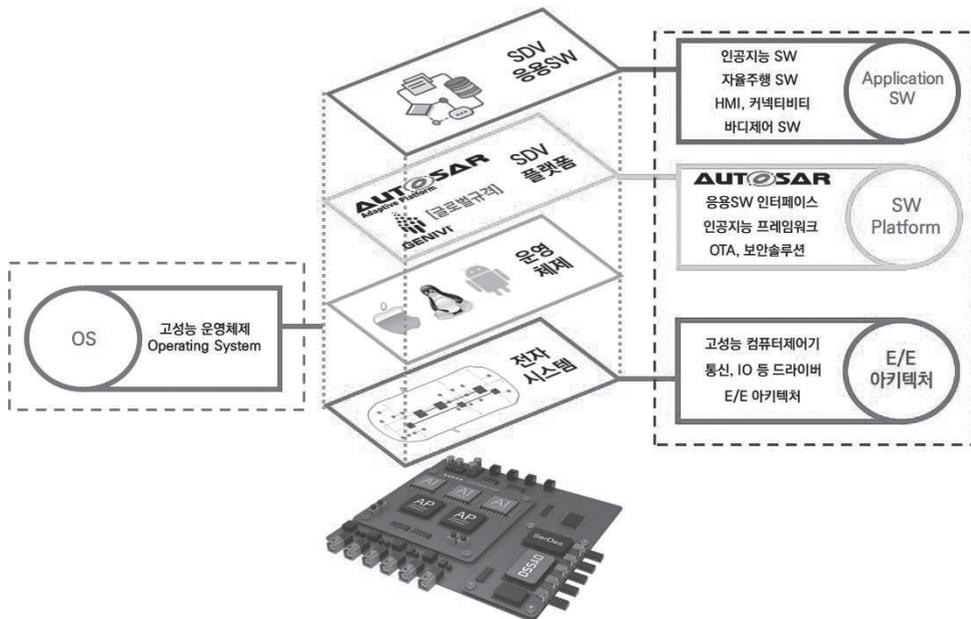
- ★ OEM의 전략, 산업생태계에 따라 차이가 있으나 앞서 살펴본 바와 같이 전 세계 자동차업체에서는 서비스의 관점에서 Zonal 또는 Centralized Architecture로의 전환을 준비하고 있음
- ★ 전동화를 중심으로 하는 파워트레인을 바탕으로 주요한 기능은 통합각핏, 자율주행, 커넥티비티를 대상으로 고성능컴퓨팅플랫폼을 구성하고 현재 차량에서 필요한 대부분의 기능(소프트웨어)를 통합할 것으로 예상



| 그림 13. 고성능컴퓨팅(HPC; High Performance Computing)기반 E/E 아키텍처 |

- ★ 이는 과거와는 비교할 수 없을 정도로 높아진 고성능반도체가 도입되면서 더욱 가속화되고 있는데, 최근 개발하고 있는 고성능컴퓨팅플랫폼은 200KDMIPS 이상의 CPU연산성능은 물론 수백 TOPS(Tera Operation per Second)에 이르는 인공지능 성능까지 제공할 수 있음
- ★ 제어기간의 데이터 교환의 관점에서 1Gbps의 속도를 넘어 10Gbps를 대상으로 개발이 진행되고 있고, 향후 50Gbps~100Gbps까지 발전할 것으로 예상됨

- ★ SDV를 위한 주요 핵심기술은 매우 높은 수준의 성능과 신뢰성을 제공할 수 있는 하드웨어 플랫폼과 서비스에 따라서 소프트웨어 재구성이 가능한 소프트웨어 플랫폼, 그리고 이를 위한 차세대 E/E 아키텍처로 정의할 수 있음
- ※ (연산능력) 기존 전통적인 수십개의 제어기의 소프트웨어를 통합하기 위해서 약 150K~200KDMIPS(초당 150,000회~200,000회 명령어 실행능력)수준 CPU를 활용
- ※ (통신속도) 고성능제어기는 10Gbps~10Gbps(초당 1,000,000,000비트~1,000,000,000비트의 데이터 전송능력)의 통신속도(기존대비 약 500배)로 데이터 교환
- ※ (기능변경) 차량을 생산한 이후에도 클라우드를 통해서 운전자가 원할 때 기능향상, 기능개선 등이 가능하고, 추가적으로 개발된 소프트웨어(기능)도 적용가능



| 그림 14. 고성능컴퓨팅을 구성하는 계층적 구조 |

- ★ 위 그림과 같은 고성능컴퓨팅을 이용하여 SDV를 개발하면 아래와 같은 장점을 가지게되어 기존과는 차별화된 차량을 개발/생산/서비스 할 수 있을 것으로 기대됨
- ※ (업데이트) 중앙집중형 아키텍처에서는 차량의 기능향상 및 신규기능을 차량에 적용할 때 해당 컴퓨팅플랫폼만 업데이트하면 되므로 업데이트 관리가 용이함
- ※ (인공지능) 자율주행 등 인공지능을 활용하는 기술의 경우 여러종류의 센서(카메라, 라이다, 레이더 등)의 정보를 종합하여 하나의 컴퓨팅플랫폼에서 연산을 수행할 수 있어 보다 지능화된 인공지능의 적용이 가능함
- ※ (신규기능) 차량이 출고(생산)된 이후에 새로운 기능이 개발되면 이를 사용자의 요구에 따라서 차량에 추가할 수 있음

SDV를 개발하기 위해서는 높은 복잡도의 소프트웨어에도 대응할 수 있는 강력한 성능과 함께 저전력과 신뢰성 등 차량의 요구사항을 만족해야 함

- ★ 자율주행에 필요한 센서의 사용이 증가하고, 소프트웨어가 고도화됨에 따라서 점점더 소프트웨어의 복잡도는 높아지고 있어 앞서 설명한 것과 같이 강력한 성능의 컴퓨팅플랫폼 하드웨어가 요구됨
 - ※ 딥러닝 기술의 도입에 따라 L3/L4수준의 영상인식기술을 위해서는 500TOPS의 인공지능 성능이 요구되며 향후 기술성숙과 Redundancy 등을 고려하면 1,000TOPS 수준의 성능이 필요
 - ※ 그럼에도 불구하고 자율주행시스템에서 컴퓨팅플랫폼은 40% 이상의 전력을 사용하고 있고, 자율주행시스템의 전력부하가 증가함에 따라서 발열문제는 물론, 전기차의 경우 주행거리에도 영향을 미칠 수 있는 제약사항이 존재함

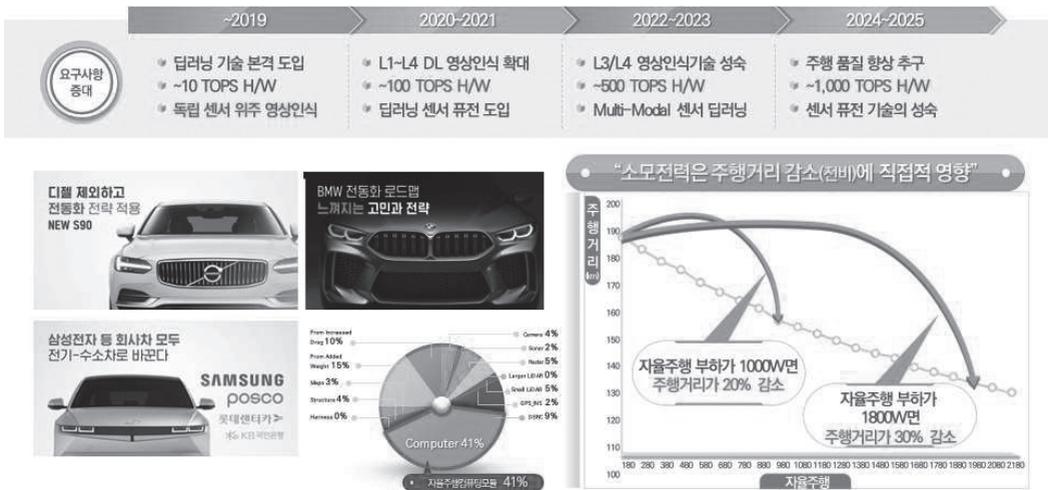


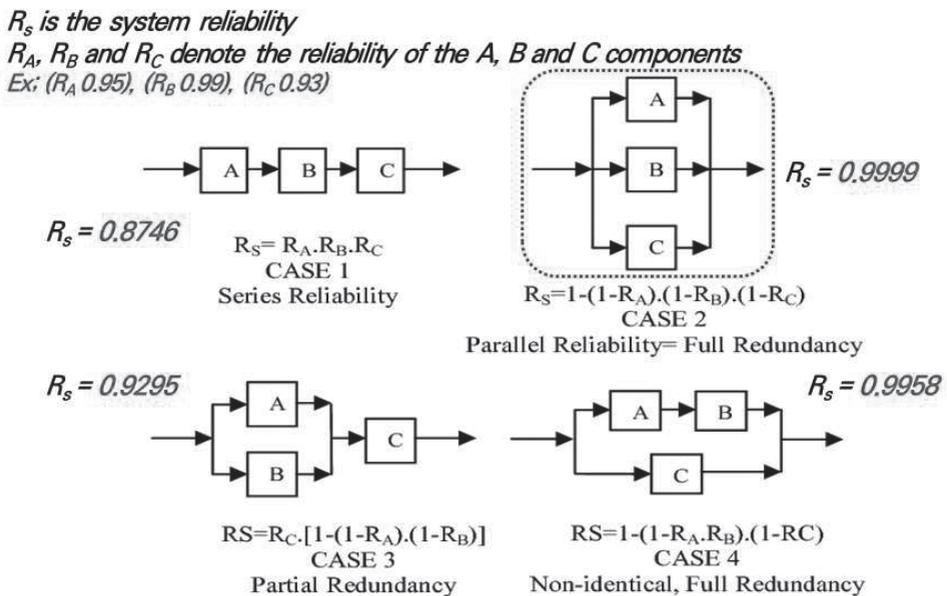
그림 15. 차량용 고성능컴퓨터의 요구사항

- ★ 최근에는 (美)인텔, 엔비디아, 퀄컴을 비롯하여 중국, 이스라엘 등 주요 선진업체에서는 높은 성능의 차량용 AP를 개발, 제공하고 있어 상대적으로 연산성능에 대한 부족함은 빠르게 해소되고 있음
 - ※ (美) 엔비디아에서는 미래 SDV를 위해 단일칩을 통해서 1,000TOPS의 AI연산성능을 제공하는 드라이브 아틀란을 공개하고 '25년까지 주요 자동차에 탑재하는 것을 목표로 함
 - ※ 중국, 이스라엘, 국내에서도 AI연산성능을 확보하기 위해서 수백TOPS에 이르는 NPU를 개발 중
- ★ 그러나 고도로 집중화된 컴퓨팅플랫폼에서는 성능과 함께 전력사용량과 신뢰성을 확보하는 것이 무엇보다 중요하며, ASIL D수준의 안전성을 제공하는 기존 자동차 반도체업체(NXP, Infineon 등)와 비교하면 상대적으로 전력사용량 및 안전성을 확보하기 위한 노력이 중요할 것으로 예상됨

★ 일반적으로 높은 수준의 신뢰성을 확보하기 위해서는 고성능반도체의 이중화를 통해서 전체 시스템의 신뢰성을 높이는 방안이 주로 사용되고 있는데, 개별 반도체의 Failure rate을 고려하여 신뢰성을 확보할 수 있는 설계가 필요함

※ ISO26262 표준에서는 SPFM(Single Point Fault Metric), LFM(Latent Fault Metric)과 같이 ASIL 레벨별로 하드웨어의 고장률목표를 정의하고 있음

※ 이중화를 통한 하드웨어의 설계는 높은 설계비용과 단가를 가지게 되어 선별적인 적용이 필요함



| 그림 16. 이중화방식에 따른 시스템의 안전성 확보방안 |

★ 추가적으로 고려해야 하는 하드웨어 플랫폼은 한번 설계되어 양산된 이후로 교체외에는 변경이 불가능한 특성을 고려하여 향후 소프트웨어의 재구성을 고려하여 반영할 수 있는 대부분의 기능을 포함해야 함

※ 이미 현재의 제어기 설계에서도 동일한 하드웨어를 사용하면서 차종/차급별로 또는 사용자의 옵션선택에 따라서 기능을 활성화하고 있으나, 하드와이어된 인터페이스 등을 분리설계하고 표준화된 인터페이스를 적용하는 것이 중요

SDV를 위한 소프트웨어 플랫폼은 앞서 설명한 것과 같이 서비스 단위로 기능을 분류하고 소프트웨어의 재구성이 가능하도록 개발하는 것이 필요함

★ 현재의 자동차의 전기전자 아키텍처에서는 ECU별로 생성/필요한 신호를 Legacy 네트워크를 통해서 물리적으로 연결하고 있으나, SDV를 위한 통합된 구조에서는 아래 그림에서 나타낸 것과 같이 논리적인 연결구조로 연결되며, 개별 ECU는 서비스라는 형태로 재정의하게 됨

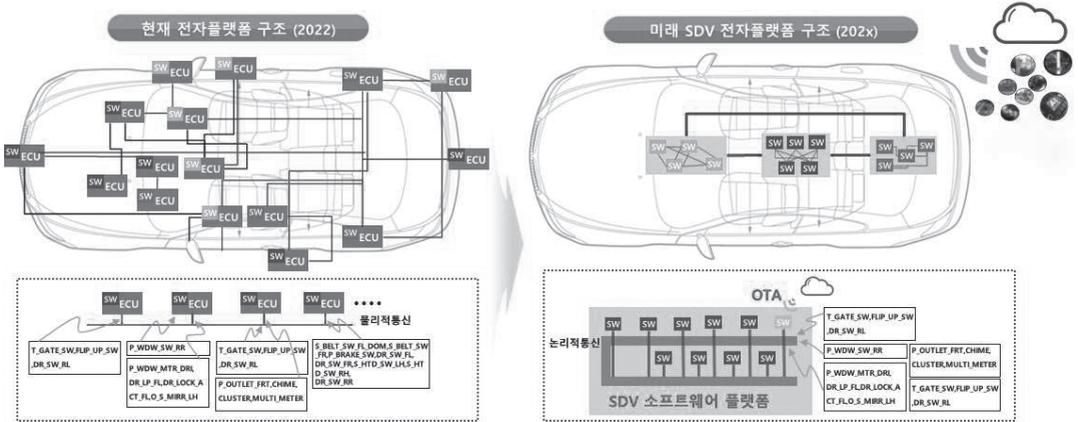


그림 17. SDV를 위한 전자플랫폼의 구성 |

★ 개별 서비스는 표준화된 인터페이스를 통해서 논리적으로 연결된 타 서비스의 데이터를 수신하거나 송신할 수 있어야 하며, 송/수신에는 Publish and Subscribe라는 Pub/Sub 통신을 사용하게 됨

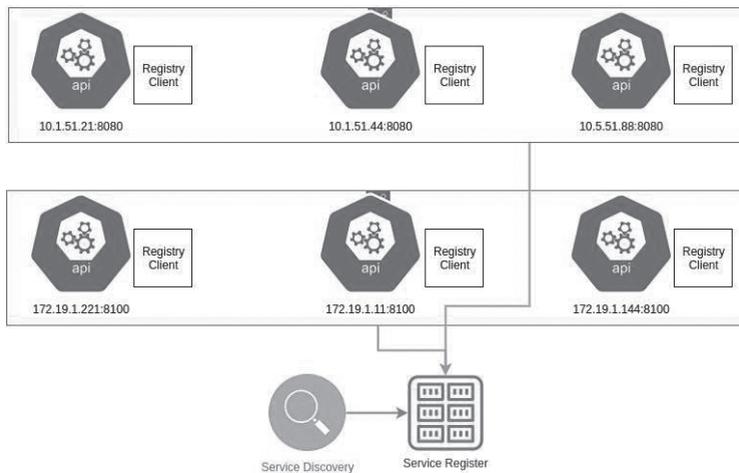
※ Pub/Sub은 기존의 통신방식과 같이 Sender와 Receiver의 개념과는 다른데, Publisher는 어떤 Subscriber가 있는지 모르는 상태에서 메시지를 publish하게 되고, 이렇게 publish된 메시지는 여러개의 클래스로 나누어지게 됨

※ 그러면 Subscriber는 publisher에 대한 지식이 없이 자신의 필요에 맞는 메시지만을 전송 받게 됨

★ 자동차산업에서는 Adaptive AUTOSAR를 통해서 위와 같은 메시지 전달구조를 이미 규격화하고 있고, 알려진 것과 같이 ARA::COM의 일부인 SOME/IP를 통해서 구현하고 있음. 위에서 설명한 것과 같이 메시지 전달패턴과 서비스 등록(SD, Service Discovery)를 통해서 SDV를 위한 소프트웨어 재구성이 가능함

※ Service Discovery는 구성방식에 따라 구분되지만, 간략히 설명하면 현재 구성된 서비스를 자동으로 검색하여 등록된 서비스목록을 파악(리턴)하는 것을 의미하며 새로운 서비스를 등록하여 타 서비스와 연동하여 운영되는 것을 목표로 함

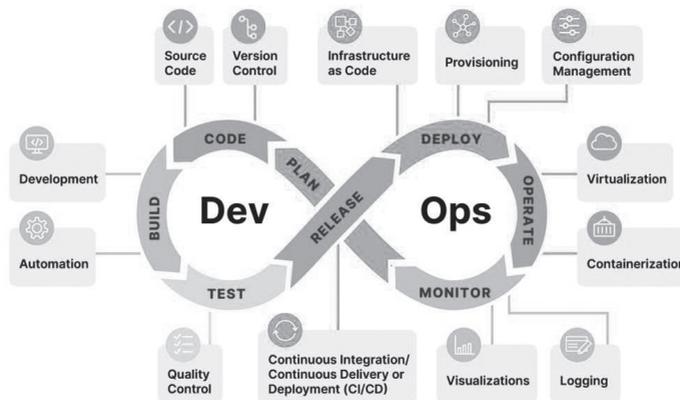
★ 아래의 그림은 간략한 서비스 디스커버리의 구성을 나타낸 것으로 고성능컴퓨팅환경에서 제공할 수 있는 서비스는 각각 Registry Client로 나타낼 수 있고, 개별 Registry Client는 생성됨과 함께 Service Register에 등록되어 SD의 요청에 따라서 서비스목록을 제공하는 방식으로 사용됨



| 그림 18. 서비스 디스커버리(SD)의 구성 예 |

★ 소프트웨어 플랫폼은 또한 소프트웨어의 개발과 운영을 강하게 결합시켜 응용서비스의 품질과 속도를 개선하고 신규 또는 수정된 소프트웨어 기능이나 제품의 배포주기를 단축하기 위한 DevOps 개발 프로세스를 적용하고 있음

※ DevOps(Development and Operation)는 소프트웨어 개발 팀(Dev)과 해당 소프트웨어 운영팀(Ops) 간의 원활하고 지속적인 커뮤니케이션, 협업, 통합, 가시성 및 투명성을 장려하는 것으로 자동차산업에서도 원활한 소프트웨어의 개발과 배포를 위해 적용 중



| 그림 19. DevOps를 통한 지속적인 계획/통합/테스트 방법론 |

- ★ 자동차 소프트웨어의 지속적인 개선을 목표로 하는 DevOps 프로세스의 적용은 소프트웨어의 시작부터 끝까지를 7가지 개발 단계로 구분하고 있고 각 단계별로 아래와 같은 프로세스의 요구사항을 포함하고 있음
 - ※ 소프트웨어 개발계획을 포함하여 지속적인 개발과 제공, 지속적 통합, 테스트, 모니터링, 피드백, 배포, 운영으로 구성된 7가지 단계를 통해서 빠르고 효율적으로 소프트웨어를 개발할 수 있음

4. 맺음말

// 소프트웨어를 중심으로 미래모빌리티산업의 혁신을 이룰 수 있는 SDV 개념의 등장과 이를 위한 글로벌 자동차산업의 변화

- ★ 소프트웨어 기능을 중심으로 소프트웨어를 설계하여 사용자에게 제공할 수 있는 서비스가 적용된 SDV 개념이 등장하여 자동차의 설계, 개발 및 생산, 서비스 등 자동차산업 전반에 대한 변혁을 주도
- ★ SDV를 구성하기 위한 하드웨어 플랫폼, 소프트웨어 플랫폼을 포함한 새로운 E/E 아키텍처를 적용하기 위해서 글로벌 OEM 및 대형부품사에서 경쟁적으로 기술개발을 진행하고 있음
 - ※ 자동차 서비스를 위한 기술개발 뿐만 아니라 기존 자동차산업의 서플라이 체인의 대규모 변화가 불가피한 상황이며, 글로벌 ICT업체와의 협력이 더욱 강화되는 등 과거와는 비교할 수 없을 정도의 글로벌 경쟁이 시작될 것으로 예상

// SDV 구성을 위한 핵심기술에 대해서 ICT산업의 혁신성과 자동차산업에서 요구되는 신뢰성과 안전성을 융합하는 것이 중요

- ★ 글로벌 반도체사의 고성능반도체를 이용한 컴퓨팅플랫폼을 통해서 자동차에서 요구되는 성능적인 부분을 해소할 수 있을 것으로 예상되나 제한적인 전력사용량, 환경조건, 신뢰성 등을 확보하기 위한 연구가 필요
- ★ 소프트웨어 플랫폼은 글로벌 산업규격을 준용하면서도 기존에 설계된 소프트웨어의 기능변경은 물론 새로운 소프트웨어의 탑재가 가능한 재구성이 가능해야 하며, 빠르고 효율적인 소프트웨어 개발을 위한 프로세스의 적용이 필요
 - ※ 고성능컴퓨팅플랫폼을 위해서 설계된 Adaptive AUTOSAR와 같은 프레임워크의 적용을 통해 소프트웨어의 지속가능성을 확보하는 것이 중요
 - ※ ICT산업에서 소프트웨어의 혁신을 주도했던 개발방법론(프로세스 등)을 적용하여 향후 소프트웨어의 혁신을 이룰 수 있도록 개발체계를 정립하는 것도 필요

[참고문헌]

1. 자율주행자동차를 위한 차세대 E/E(Electric/Electronic) 아키텍처 설계 동향, 박지훈, 한국통신학회지, pp.17-26, v.33 no.4, 2016.04
2. 소프트웨어 정의 자동차 프로젝트 'SofDCar', Automotive Electronics, 2021.10
3. GT Insight - 급변하는 자동차 제조산업과 소프트웨어 중심 전략, 산업통상자원부, 2021.09, KIAT
4. Chasing the Software-Defined Dream Car, Alex Koster, Aakash Arora, Mike Quinn, BCG, 2021.02
5. THE SOFTWARE-DEFINED VEHICLE-Enabling the updatable Car-Business, technology, & supply chain, SBD, 2021.07
6. Software-Defined Vehicle(SDV) : A Guided Tour, 홍성수, 2022. 05, 한국자동차공학회 이화세미나

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
인포뱅크, 투비원솔루션즈, 유라코퍼레이션, 르노삼성자동차, 쌍용자동차, 한국자동차연구원	<ul style="list-style-type: none"> 초당 1Mbyte 이상 ECU 소프트웨어 업데이트가 가능한 OTA 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 이동통신망연계 FOTA 결과물 Integration 및 차량 평가 UDSonIP 기반 ECU 업데이트 파일 전달 프로토콜 로직 개선 및 검증 	2018.04-2020.12
유니트론텍, 베이리스, 현대오토에버, 텔레컨스, 레보텍, 한국자동차연구원	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 산업표준을 적용한 자가학습형 자율주행 시컴퓨팅모듈 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 지속가능한 시컴퓨팅모듈 개발을 위한 자율주행 시스템 설계 AI 알고리즘 최적화를 통한 Run time engine 및 OTA 시나리오 최적화 	2019.04-2021.12
베이리스, 현대오토에버, 텔레컨스, 토르드라이브, 비에네스, 한국자동차연구원	<ul style="list-style-type: none"> 표준아키텍처기반 자율주행 AI SW 플랫폼 및 툴 체인 상용화 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행 미들웨어 프레임워크 개발 및 인공지능 예측모듈 설계 및 구현 AUTOSAR Adaptive 응용프로그램 저작물의 기본 기능 개발 	2021.04-2025.12
알티스트, 팝콘사, 오토노머스에이투지, 페르세우스	<ul style="list-style-type: none"> Cloud, Edge, Ca 3-Tie 연계 인지/판단/제어 SW 및 공통 SW 플랫폼 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 자율차 공통 SW 플랫폼 기술 인프라 지능 엣지를 위한 공통 SW 플랫폼 기술 AI 기반의 인지/판단/제어 기술 및 3-tier 연계 기술 	2021.04-2023.12
팝콘사	<ul style="list-style-type: none"> 고성능 CPU가 사용되는 자동차 전장부품(ECU) 개발에 필요한, 국제표준 (AUTOSAR)을 준수한 미들웨어 도구 'PARA' 개발 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptive Platform Instance에 속한 소프트웨어들의 설치/업데이트/제거를 관장하는 서비스 인터페이스 구현 ARA:PER, PHM, DIAG 구현 	2020.11-2022.11

분변미생물이식(FMT) 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술개발 동향분석

| 저자 | 김형철 바이오PD / KEIT
고홍 교수 / 연세대학교 의과대학
권재성 교수 / 연세대학교 치과대학

SUMMARY

분변미생물이식(FMT) 기반 휴먼 마이크로바이옴 기술을 활용한 차세대 치료제

- ★ 분변미생물이식(FMT) 기술은 2014년 세계경제포럼에서 세계 10대 유망기술 중 하나로 선정되는 등 커다란 주목을 받는 가운데, 기존에 해당 기술 기반 치료제 개발이 클로스트리디움 디피실 감염 치료에 한정되어 있었으나 최근에는 장내 미생물과 여러 생리적인 현상 및 질병과의 연계성으로 염증성 장 질환, 과민대장증후군, 대사 증후군, 신경발달 장애, 자가면역질환, 알레르기 등에 관한 치료제 개발이 활발하게 진행 중임
- ★ 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 세계 시장 규모는 연평균 21.9% 성장할 것으로 예상되며 2024년에는 2018년(5,630만 달러) 대비 167배 증가한 93억 8,750만 달러에 이르는 고속 성장이 예상됨
- ★ 국내에서는 최근 FMT 관련 대변 은행이 설립되고 국제 인간 마이크로바이옴 컨소시엄(IHMC) 등 국제 연구에 동참하며 기술개발역량을 축적하고 있음

시사점 및 정책제안

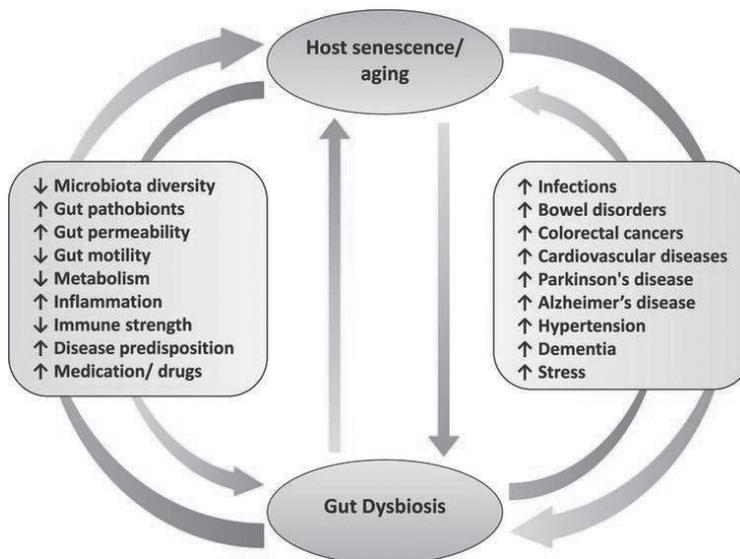
- ★ FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발기술은 기존 화학물질 기반 치료제에 비해 안전성이 높고 다양한 질병 치료에 적용할 수 있어 확장성이 큰 고부가가치 기술로, 초기 투자를 통한 글로벌 선점이 필요한 분야임
- ★ FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발기술은 인허가 규제, 전략적 지적재산권 확보 및 관리, 임상 데이터의 부족 등으로 인한 장벽이 높아 정부의 정책적 지원 등 민관협업을 통한 우수성공사례 발굴이 시급함

1. 휴먼 마이크로바이옴 및 FMT의 정의와 개요

// 휴먼 마이크로바이옴의 정의와 개요

★ 마이크로바이옴(Microbiome)이라는 단어는 미생물 군집을 의미하는 마이크로비오타(Microbiota)와 유전체를 의미하는 게놈/지놈(Genome)의 합성어로 다양한 미생물군의 유전적 정보를 포함한 대상을 의미하며 이중 사람 인체와 관련된 마이크로바이옴을 휴먼 마이크로바이옴으로 정의하고 있음

- 마이크로바이옴 연구의 시작은 1676년 네덜란드의 미생물학자이면서 현미경 제작자인 안토니 판 레이우엔훅(Antonie van Leeuwenhoek)이 구강 미생물군집을 발견, 1888년에 로베르트 코흐(Robert Koch)가 고체 배양물을 사용해 미생물을 분리하기 시작하면서 미생물에 관한 연구가 시작된 시점을 그 개념의 시작으로 보고 있음
- 이후 1931년 세르게이 위노그라드스키(Sergei Winogradsky)가 미생물 생태 실험을 수행하였고 1977년부터 1980년까지 리보솜(rRNA)과 DNA 시퀀싱, PCR 등이 개발되면서 마이크로바이옴 연구가 본격화하기 시작되었음
- 2000년대 들어 미생물에서 DNA를 시퀀싱하는 기술이 개발되면서 마이크로바이옴 연구는 큰 진전을 이뤘으며 2001년에 최초 정립된 마이크로바이옴의 개념을 살펴보면, ‘인체에 존재하며 우리 몸을 함께 공유하며 살고 있지만, 그동안 건강이나 질병의 원인으로 거의 무시되어 온 상재균, 공생균, 병원균 등 모든 미생물의 총합’으로 정의되었음 [1]
- 휴먼 마이크로바이옴의 경우 인체에 자연적으로 존재하는 모든 미생물군의 집합체를 의미하며, 인체 여러 부위 중 장내에는 가장 많은 미생물이 다양하게 서식하고 있으며, 사람마다 종류가 다르지만, 보통 장내의 미생물 분포는 안정적으로 균형을 유지하고, 마이크로바이옴과 조화롭게 살아갈 때 전반적인 건강은 더 양호한 상태가 됨 [1]



| 그림 1. 휴먼 마이크로바이옴 중 장내 마이크로바이옴 불균형(gut dysbiosis)에 따른 다양한 생리적 변화와 질병 [2] |

// FMT의 정의와 개요

- ★ 분변미생물이식(FMT)은 건강한 사람의 장내 미생물을 질병이 있는 환자에게 이식 및 활용하여 환자의 질병을 치료하는 방법임
 - 4세기 중국에서 식중독이나 심한 설사를 하는 사람에게 대변을 먹이는 치료가 있었다는 기록이 남아 있는 것처럼 FMT와 관련된 치료는 오래전부터 존재한 것으로 파악됨
 - 1958년에 재발성 위막성 장염에 대해서 1~3회 건강한 사람의 대변을 관장이나 대장내시경을 통해 환자의 장내에 주입하는 FMT가 임상시험을 통해 행해졌고 부작용 보고 없이 성공적인 결과를 초래함
 - 그 이후에도 FMT는 강력한 항생제 치료를 받은 암 환자의 장내 박테리아를 복원하는 등 장내 미생물 환경 조성을 바꾸는 안전한 방법으로 고려됨
- ★ FMT는 2014년 세계경제포럼에서 세계 10대 유망기술 중 하나로 선정되는 등 커다란 주목을 받는 가운데, 전 세계적으로 시술이 확산하는 추세로 현재까지 대부분의 임상경험은 클로스트리듬 디피실 감염(Clostridium Difficile Infection, CDI)의 치료와 관련되어 매우 높은 성공률을 보이고 있음
- ★ 국내에서는 항생제 치료에 반응하지 않는 중증 또는 재발성 CDI에 사용하는 신의료 기술로 2016년 등록되어 있으며, 클로스트리듬 디피실(CD) 독성으로 설사, 발열, 혈변 등 증상을 보이는 장염 환자 치료에 FMT를 활용할 수 있음
 - 대변 미생물 이식 치료가 가장 많이 이루어지고 특히 뛰어난 효과를 보이는 질환은 CDI로 해당 질병은 보통 항생제의 복용으로 인해 장내세균총의 균형이 깨지고 항생제 내성 CD 균 등이 살아남아 장내에서 번성해 시도 때도 없이 설사를 일으키는 질병으로 심할 경우 환자를 사망에 이르게 함
 - 이러한 CDI 환자에게 건강한 사람의 대변을 이용해 FMT를 진행한 결과, 환자의 장내 환경은 투여된 건강한 장내 미생물로 인해 항생제 내성 박테리아가 줄어들면서 공여자의 장내 미생물 조성으로 재확립되어 환자의 90%가 며칠 안에 완치되는 놀라운 효과를 보여주고 있음
- ★ FMT와 연관성이 높은 장내 미생물은 우리 몸속 미생물의 대부분을 차지하는 부분으로, 사람 세포 수의 총합보다 10배 이상 많은 세포를 가지고 있으며, 또한 이 작은 미생물 유전체 안에는 생존에 필요한 모든 유전정보를 가지고 있으므로 최근 산업적으로 응용 가치가 있는 장내 마이크로바이옴 관련 연구도 활발히 이루어지고 있음
 - 장은 간, 뇌, 신장 등 다양한 장기와 상호작용을 하며 전체적인 생리적인 현상과 질병에 관여하여 '제2의 계놈'이라고도 불리고 있음
 - 장내 마이크로바이옴 관련 연구가 진전되며 기존에는 장내 마이크로바이옴의 위장관 장애, 감염질환, 대사질환, 피부질환 등과 관련된 연관성이 제시되었으나 최근에는 그 범위가 신경질환, 심혈관질환, 염증 질환 등으로 확대되고 있음

- ★ 위와 같은 장내 미생물과 여러 생리적인 현상 및 질병과의 연계성으로 전 세계적으로 염증성 장 질환, 과민대장증후군, 대사 증후군, 신경발달 장애, 자가면역질환, 알레르기 등에 관한 FMT 적용 연구가 이미 동물 실험에서는 효과가 입증되었고, 현재 임상 연구 중임

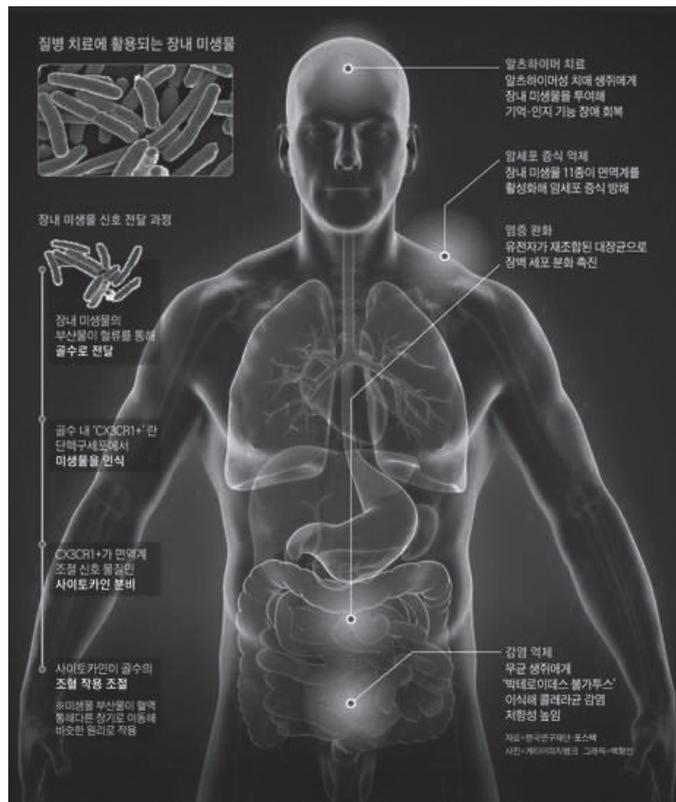


그림 2. 장내 마이크로바이옴과 다양한 질병의 관계 [3]

- ★ FMT는 분변을 기증하는 사람의 건강 상태, 분변의 이식 상태, 분변의 이식 전 처리 과정, 분변 이식의 회수 등이 큰 영향을 끼칠 수 있으므로 조심스럽게 접근해야 하며 보통 대변 은행과 이와 연계된 FMT 센터에서 진행되고 있음
 - 2012년 미국 보스턴에 설립된 대변 은행 오픈바이옴(OpenBiome)은 대변 이식자 모집부터 대변 스크리닝, 이식할 세균 준비, 샘플 배달까지 FMT에 관련된 역할을 하는 비영리 기관으로 대변을 기증할 수 있는 조건으로는 기본적으로 건강하고 지나치게 마르거나 똥똥하지 않으며, 최근에 항생제를 복용한 적이 없고, 알레르거나 자가면역질환 또는 대사증후군과 같은 병을 앓은 적이 없는 등의 조건을 충족시켜야 함
 - 2016년에는 영국과 네덜란드에 대변 은행이 설립되고 국내에는 2017년 최초로 (주)마이크로바이오틱스라는 대변 은행이 설립되는 등 전 세계적으로 널리 퍼지고 있음

// FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 개발 필요성

- ★ 기존의 치료제는 합성의약품에 의존하고 있으며 이는 빠른 약효와 대량생산의 편의성이 있으나 화학물질 소재 기반의 치료제이기 때문에 부작용의 위험이 상존함
 - 최근 20년간 바이오 기술 혁명과 만성질환의 발생률이 높아지는 상황에서 부작용을 완전히 제거할 수 없고, 신약 개발의 한계와 연구개발비의 효용감소 및 부작용으로 성장의 한계에 달해 합성의약품의 임상시험 승인 건수는 줄어든 반면 바이오의약품의 임상시험 승인 건수는 늘어난 것으로 나타났음
 - 위와 같은 이유로 최근 휴먼 마이크로바이옴 기반의 치료제가 대안으로 부상하면서 주목받고 있는 가운데, 현재 비만, 당뇨 등 대사질환뿐 아니라 자폐증, 우울증, 알츠하이머병과 같은 신경계 질환과 미생물의 관련성이 속속 보고되면서 실제로 이를 이용한 건선, 역류성 식도염, 비만 관련 치료제가 개발 중임
 - FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 신약은 각종 질환 치료에 대한 효과가 이미 입증된 장내 미생물을 소재로 신약 개발에 나서기 때문에 상품화 가능성과 안전성에서 기본 의약품과 달리 커다란 장점 있음
 - FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 기반 치료제는 대변에서 미생물 소재를 확보해 미생물만 키워 조합해 사용하거나 미생물을 합성생물학 등의 기술을 활용하여 만들 수 있으며, 또한 미생물에서 나오는 특별한 물질을 사용해 개발할 수도 있는 등 이미 몸 안에 있는 유익한 미생물로 만드는 치료제이기 때문에 안전성에서 문제가 없거나 낮을 수 있음

2. FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 국내·외 기술개발 동향

// 국내 FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술개발 동향

- ★ 휴먼 마이크로바이옴 기반 치료제의 경우 면역항암제, 자가면역질환(염증성 장 질환, 건선 등), 알레르기성 면역질환(아토피성 피부염, 천식 등) 등 다양한 질병에 적용 가능한 치료제 개발이 국내 산업계를 통해 진행되고 있으며 국내 식약처뿐만 아니라 미국과 호주 등에서 임상시험을 진행 중이거나 준비하고 있음
- ★ 국내 마이크로바이옴 기술개발의 경우 2011년부터 국제 인간 마이크로바이옴 컨소시엄(IHMC) 등 국제 연구에 동참하며 공동미생물에 대한 정부 차원의 연구를 시작하였음
- ★ FMT의 기술개발의 경우 항생제 복용으로 장내세균 조성이 파괴된 환자나 대장에서 병원(클로스트리듐군)의 과다 증식으로 대장염, 중증 설사가 발생하는 사례, 그리고 크론병, 궤양성 대장염 등의 환자에 적용 연구가 활발하지만, 아직 대부분의 임상시험은 CDI 치료를 중심으로 진행되고 있음

- ★ FMT의 기술은 안전성이 확보된 기술로 고려되지만, 일부 부작용이 보고되고 있음. 가장 흔한 부작용으로는 복통이 있을 수 있으며 이는 FMT 전에 장 청소를 시행하면서 합병증의 발생이 원인이 될 수 있음. 그 외에도 다양한 FMT 관련 부작용이 보고되고 있음

| 표 1. FMT 환자에게서 보고된 부작용(장기 및 단기) |

단기 부작용	장기 부작용
팽만감/경련	비만
가스참(gaseousness)	면역 관련 질환
설사	면역성 혈소판감소
불규칙한 대변활동	류마티스성 관절염
과민성 대장증후군	염증성 장질환
변비	과민성 대장증후군
복통	
고열	
매스꺼움	
염증성 장질환의 악화	
장천공	
트림	
혈변	
그램음성 균혈증	
사망	

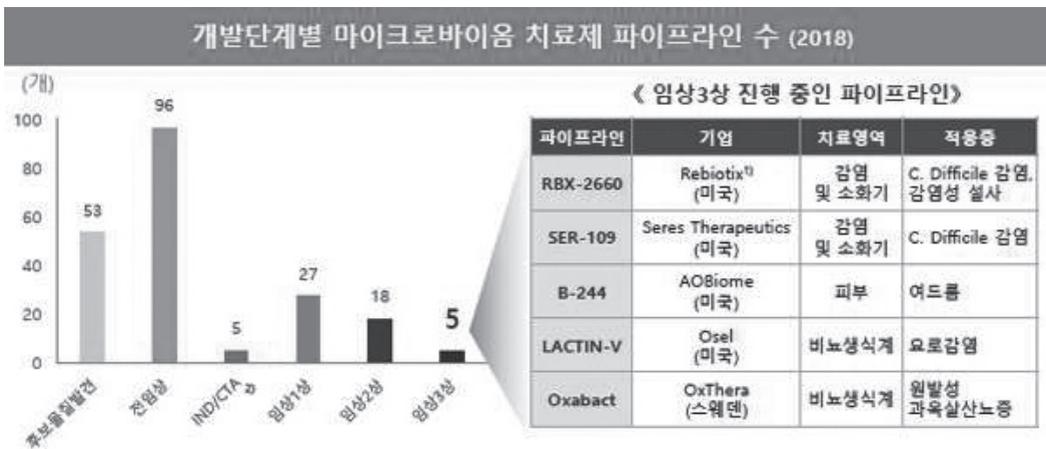
- ★ FMT의 부작용 예방을 위해서는 먼저 합병증 발생을 예방하여야 하고 이를 위해서 기증자 스크리닝(donor screening) 시 엄격한 혈액검사와 대변검사를 통한 병원체 확인이 필요함. 또한 기타 부작용 발생을 관찰하고 조기 발견 및 치료를 위해 모니터링 프로세스가 확보된 기관에서 FMT 진행이 필수임
- ★ 특히 전반적인 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발에 있어 일부 국내 주요 제약사를 중심으로 연구개발 투자가 이뤄지고 있으나 아직 시작 단계에 불과한 실정임

// 국외 FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술개발 동향

★ 휴먼 마이크로바이옴 2014년 세계경제포럼(WEF)에서 발표한 10대 유망기술 중의 하나로 선정됨

★ FMT 기반의 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술개발은 활발하게 국외에서 진행되고 있으며 미국의 바이오벤처 세레스 테라퓨틱스의 경우 재발성 CDI에 대한 경구용 마이크로바이옴 치료제 'SER109'의 임상3상 결과를 발표하는 등 FMT 기반 연구를 통해 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발을 활발하게 진행하고 있음

- 세레스 테라퓨틱스 외에도 리바이오틱스 등이 임상3상을 진행 중이며 미국·영국 등에서도 5개 품목이 임상3상을 진행하고 있음 [1]
- 전 세계 많은 기업이 미생물을 활용한 치료제 개발에 속도를 내는 가운데, 현재 전 세계적으로 개발 중인 마이크로바이옴 치료제는 204개로 알려짐 [1]
- 204개의 휴먼 마이크로바이옴 치료제는 후보물질 발견, 전임상, IND, 임상1~3상 등 다양한 단계에 파이프라인에서 개발 중임 [4]



| 그림 3. 국외 마이크로바이옴 치료제 임상시험 진행 상황 및 파이프라인 [4] |

- ★ 다양한 국가에서 휴먼 마이크로바이옴과 관련된 프로젝트가 진행 중이며 특히 마이크로바이옴의 유전적 정보 파악과 질병과의 연계성이 활발하게 기술개발 단계에 있고 바이오산업의 뉴 패러다임으로 평가되고 있는 휴먼 마이크로바이옴 시장을 선점하기 위해 세계 각국이 치열한 경쟁을 벌이고 있음

| 표 2. 세계 각국의 휴먼 마이크로바이옴 기술개발 프로젝트 |

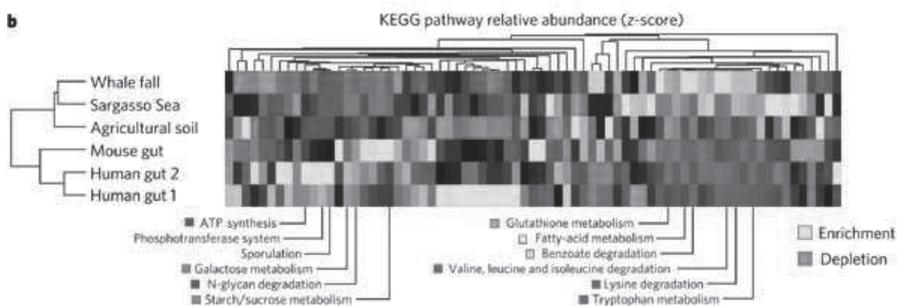
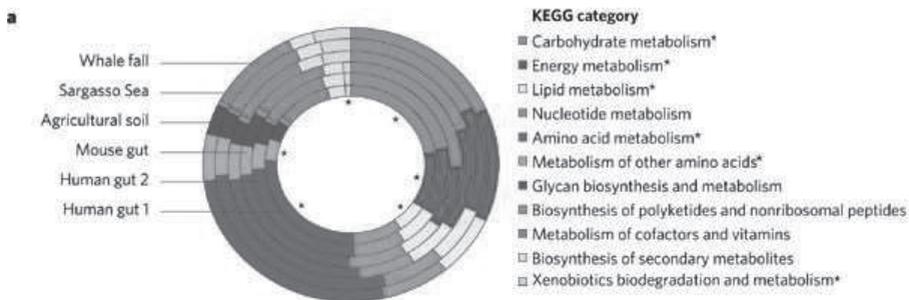
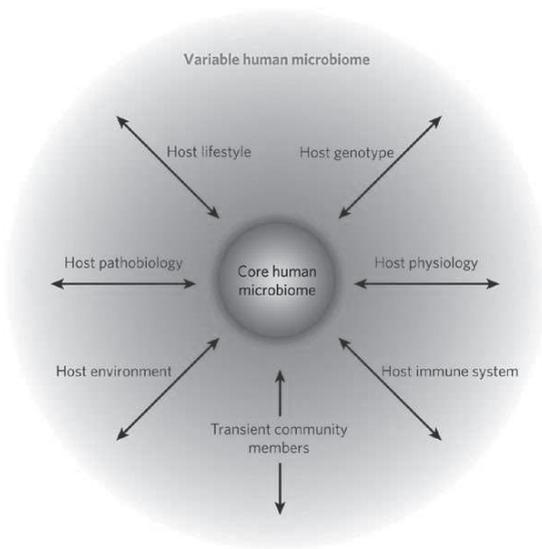
국가	프로젝트명	시작 연도
미국	휴먼 마이크로바이옴 프로젝트	2007년
유럽	MetaHIT 프로젝트	2008년
중국	인체 마이크로바이옴 프로젝트	2017년
일본	마이크로바이옴 컨소시엄	2018년

- ★ 하지만 아직 마이크로바이옴의 생리적 작용과 질병과의 관계, 그리고 작용 기전에 대한 과학적 근거는 부족한 실정이며 더욱이 장내 마이크로바이옴의 경우 지역과 인종에 따라 다를 수 있어 이에 관한 연구가 지속해서 진행되고 있음
 - 예를 들어 휴먼 마이크로바이옴 프로젝트는 인간의 소화계에 서식하는 다양한 미생물을 이해하기 위한 오픈소스 과학 프로젝트로 세계 최대 프로젝트인 아메리칸 거트(American Gut) 프로젝트를 이끄는 롭 나이트(Rob Knight)는 마이크로바이옴의 복잡성이 암의 복잡성을 능가할 것으로 보고, 장내 마이크로바이옴에 관한 연구를 진행하고 있지만, 연구 결과는 아직 걸음마 수준에 머물고 있음

/// 미국의 휴먼 마이크로바이옴 프로젝트(Human Microbiome Project)

- ★ 1990년대 획기적인 기술로 손꼽혔던 인간게놈프로젝트(Human Genome Project)는 미국의 NIH(National Institute of Health)의 연구시설을 중심으로 이루어져, 인간이 가진 모든 유전자 염기서열을 연구하고 그 결과 2000년에 99%의 유전자 지도를 완성하여 1차 발표하였고 나머지 미완성 부분은 2003년까지 완성하여 인간 질병의 난제들을 상당 부분 해결할 것으로 기대를 모음
- ★ 하지만, 인간게놈은 초파리와 비슷한 2만 개 정도의 유전자에 불과해 인체의 복잡한 생명 현상을 설명하는 데에는 한계가 있었으며 이에 많은 과학자는 인체에 더불어 공존하는 휴먼 마이크로바이옴과 그들의 유전자에 관한 연구의 필요성을 깨닫고, 우리의 몸속에 공존하는 1,000종 이상의 상재균과 이들이 가지고 있는 2~4백만 개의 유전자 그리고 인체와 미생물의 상호작용 연구의 필요성을 확인
- ★ 이렇게 인간의 건강과 발달에 중요한 역할을 하는 인체 마이크로바이옴의 유전자 목록을 작성하는 ‘세컨드 게놈 프로젝트(second human genome project)’, 일명 ‘휴먼 마이크로바이옴 프로젝트(Human Microbiome Project, HMP)가 시작되었음

★ HMP는 미국 NIH에 지원을 통해 2단계(phases)로 2007년부터 2016년까지 진행되었으며 첫 단계인 HMP1은 휴먼 마이크로바이옴 지도를 완성하는 것에 목표를 두었고 두 번째 단계인 iHMP에서는 3가지 질병인 염증성장질환, 출산(조기 출산), 제2형 당뇨병에 대한 마이크로바이옴을 연구하였음 [5]



[그림 4. Nature에 실린 NIH 휴먼 마이크로바이옴 프로젝트 결과 [6]]

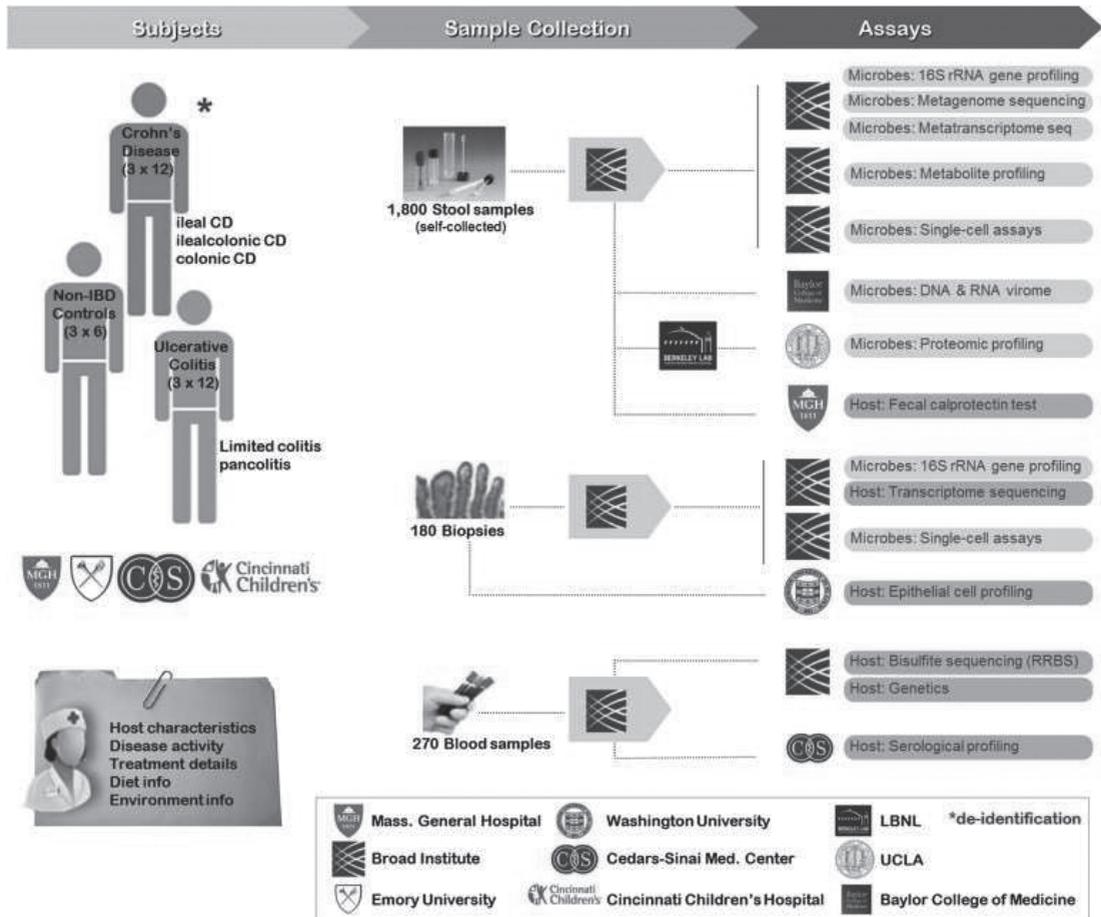


그림 5. 휴먼 마이크로바이옴 프로젝트의 연구 방법의 예(염증성장질환) [5]

/// 국제 휴먼 마이크로바이옴 컨소시엄(IHMC)

- ★ 국제 휴먼 마이크로바이옴 컨소시엄(IHMC)은 인간 유전체 프로젝트에 이은 대규모의 국제 프로젝트로 국가 간 협력과 다국적 연구자 간 데이터 공유와 비교분석을 위해 2008년 10월, Heidelberg 국제회의에서 공식적으로 발기되어 2015년까지 9번의 정기 회의를 통해 각 프로젝트 연구 내용을 공유하는 컨소시엄임
- ★ 2005년 파리에서 첫 미팅이 있었고, 우리나라는 2011년에 가입했으며, 회원국은 한국연구재단과 한국생명공학연구원, 미국 국립보건원, 유럽 위원회, 캐나다 보건 연구소, 일본 문부과학성 등 세계 유수의 연구지원기관과 연구소를 중심으로 현재 총 9개국이며, 이중 우리나라는 8번째로 가입해 2개 기관이 각각 활동하고 있음
- ★ 아일랜드 Cork 대학에서 개최된 제7회 '2018 IHMC'에서도 대형제약사들과 바이오 업체들이 마이크로바이옴 기반 치료제 연구성과를 발표해 많은 관심을 받았으며, 장내 미생물이 인체에 미치는 영향이 최근 입증되면서 미생물군 유전체에 관한 연구가 더욱 활발해지고 있음
- ★ 곧 열리는 제9회 IHMC Congress는 2022년 11월 8일부터 10일까지 일본 고베에서 개최 예정임

/// 코로나(COVID)19와 FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제

- ★ COVID19와 같은 전염병과 질병을 이겨낼 수 있는 면역력에 관한 관심도 높아지면서, 최근 휴먼 마이크로바이옴에 관한 연구가 더욱 활발하게 진행되고 있음
 - 면역력과 관련이 깊은 휴먼 마이크로바이옴 중 장내 마이크로바이옴의 중요성이 더욱 부각 되고 있으며 면역력과 직접적인 연관성이 있는 FMT와 같은 마이크로바이옴 기술에 세계적인 관심이 집중되면서 첨단 기술을 이용한 관련 마이크로바이옴 치료제 개발이 활발하게 진행되고 있음
 - 또한 전 세계인의 새로운 화두가 되는 장내 마이크로바이옴의 불균형(Dysbiosis)은 여러 가지 질병에 대한 위험성 증가와 상관관계가 높다는 연구 결과와 장내 마이크로바이옴 상태에 따라 코로나19가 우리 몸에 미치는 영향이 달라질 수 있다는 분석이 나오면서 균형 잡힌 장내 마이크로바이옴의 중요성이 더욱 부각 되고 있음
 - 특히 전 세계 많은 연구팀의 연구 결과로부터 휴먼 마이크로바이옴이 여러 종류의 인간 질병에 영향을 미칠 수 있다는 사실이 밝혀지고, 인간 질병의 90% 이상이 장내 마이크로바이옴과 연관이 있는 것으로 알려지면서 체내에서 가장 큰 면역기관인 장 면역이 신종 코로나바이러스 감염증(코로나19)을 낮추거나 악화하는 요인일 수 있다는 의견이 제시되고 있음

3. FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 시장 현황 및 전망

/// FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 시장 현황

- ★ 현재 마이크로바이옴 시장은 프로바이오틱스(probiotics)와 프리바이오틱스(prebiotics)를 중심으로 한 건강 기능성식품이 전체 시장의 83%를, 치료제가 10%, 진단이 7%를 차지하는 것으로 추산하고 있음 [1]

/// FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 시장 전망

- ★ 휴먼 마이크로바이옴의 연구 및 그에 따른 치료제 개발이 질병을 호전시킬 수 있다는 다양한 연구 결과가 발표되고 염기서열 분석 기술이 발전하면서 글로벌 바이오업계가 기존 의약품 패러다임을 뒤바꾸는 '게임 체인저'로 마이크로바이옴 신약들을 주목하고 있는 가운데, 관련 치료제 시장은 빠르게 성장할 것으로 예상됨
- ★ 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 세계 시장 규모는 연평균 21.9% 성장할 것으로 예상되며 2023년에는 6억 4,900만 달러 (약 7,550억 원), 2024년에는 2018년(5,630만 달러) 대비 167배 증가한 93억 8,750만 달러에 이르는 고속 성장이 예상됨 [4]

표 3. 연도별 휴먼 마이크로바이옴 치료제 시장 전망 [7] |

(단위: 백만 달러(억 원))

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
56.3 (618.5)	142.1 (1,561)	778.7 (8,555)	1,991.7 (21,880)	3,609.6 (36,954)	6,519.4 (71,621)	9,387.5 (103,129)

- ★ 위에서 언급된 내용과 같이 FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제에 가장 적용이 빠른 CDI 치료제의 경우 2016년 당시 시장 규모가 6억 3,000만 달러로 예상되었으며 2026년까지 17억 달러로 관측하고 있음 [1]
- ★ 국외에 다양한 업체가 FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 상품화를 위해 다각적인 노력을 하고 있고 NIH의 Clinicaltrials.gov를 통해 120개의 임상시험이 이루어졌고 126개의 임상시험이 진행 중인 것으로 파악되어 조만간 다양한 FMT기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 출시가 예상됨
- ★ 국외 FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 상품화 관련 연구 중 임상3상이 완료된 건은 NIH의 Clinicaltrials.gov에서 총 5건으로 확인됨

| 표 4. FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 국외 임상3상 완료 내용 |

임상시험 제목	관련 질병	국가
• FMT Delivered by Capsule Versus Colonoscopy for Recurrent C. Diff	CDI	캐나다
• Fecal Microbiota Transplantation for Relapsing Clostridium Difficile Infection	CDI	덴마크
• Effect of Fecal Microbiota Transplantation in Irritable Bowel Syndrome	과민성 대장증후군	덴마크
• Fecal Microbiota Transplantation As a Potential Treatment for Parkinson's Disease	파킨슨 질병	이스라엘
• Microbiota Restoration Therapy for Recurrent Clostridium Difficile Infection(PUNCHCD3)	CDI	미국

4. FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 국내·외 표준과 규제 동향

/// FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제의 국내·외 규제 동향

★ 아직 FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 관련 명확한 국내 및 국외의 규제 관련 문서는 준비되지 않은 실정임

- 식품의약품안전처는 전통적인 프로바이오틱스에 대해서는 ‘건강기능식품의 기준 및 규격’ 고시에 따라 규제를 하여 왔으나, 마이크로바이옴 치료제는 전 세계적으로 아직 시판되는 예가 없어 표준화 및 인증기준과 관련한 가이드라인을 최근에 고시한 상황임
- 국내에서는 마이크로바이옴 생균치료제의 규제를 위하여 지난 2021년 11월에 ‘생균치료제의 임상시험시 품질 가이드라인(안)’을 공표하였음
- 미국 FDA의 경우 비슷한 내용으로 ‘Early Clinical Trials with Live Biotherapeutic Products: Chemistry, Manufacturing, and Control Information’ 가이드라인이 발표되었음
- 추가로 국내에서는 식품의약품안전평가원 세포유전자치료제과에서 2021년 12월 22일부터 ‘마이크로바이옴 치료제 제품화 지원팀’을 구성하여 운영 중임
- 현재 FMT 관련 치료의 경우 CDI 치료 외에는 관련 규제가 없는 실정임. 다만, 미국 NIH와 같은 국제적인 기관에서 임상시험윤리위원회(IRB) 승인을 받는 절차가 있으며 이때 FMT의 기증자 스크리닝에 대한 내용과 프로토콜에 대한 내용을 검토받고 이에 따라 대변은행의 시설의 안정성 등을 확인 후 IRB 승인을 받는 절차가 마련되어 있음. 실제 국내 FMT 센터의 경우 이러한 절차를 통해 IRB를 승인받았거나 받을 예정임

- FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발과 안전한 FMT 연구를 위해서는 위와 같은 기증자 스크리닝 절차에 대한 검토 프로세스와 절차 확인 과정 그리고 대변 은행의 검증 및 인증 등이 국내에서도 필요할 것으로 사료됨

5. 결론 및 제언

/// 기존 화학물질 소재 기반 합성의약품을 대체하는 차세대 치료제 개발

- ★ 화학물질 소재 기반 합성의약품의 경우 대형 국외 제약회사에 의해 그 시장이 선점되어 있고 신약 개발의 한계와 연구개발비의 효용감소 및 부작용으로 성장의 한계에 달해 새로운 형태의 차세대 치료제 개발이 필요하고 이를 FMT 기반의 휴먼 마이크로바이옴 기술을 개발함으로 성장동력을 확보해야 함
 - 비만, 당뇨 등 대사질환뿐 아니라 자폐증, 우울증, 알츠하이머병과 같은 신경계 질환과 미생물의 관련성이 속속 보고되면서 FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 기반 치료제는 다양한 질병의 차세대 치료제 개발이 가능할 것으로 예상됨
- ★ FMT 기반의 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술은 단순히 CDI 감염, 염증성장질환과 같은 소화기관 질환에 치료제뿐만 아니라 대사성질환, 뇌신경질환, 구강질환 등 다양한 분야에서 연계성이 이미 입증되어 다양한 분야의 질병에 관련 기술을 적용하는 투자를 확대하여 해당 기술의 확장성과 높은 미래가치를 확보하여야 함
- ★ FMT 기반의 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발은 여러 국제적 프로젝트를 통해 원천기술을 개발하고 있고 약 200개의 마이크로바이옴 관련 후보 치료제가 다양한 단계에 파이프라인에서 개발 중이지만 출시된 제품이 없어 국제적인 협력과 신속한 시장 진입을 위한 투자를 통해 글로벌 진출의 교두보를 마련해야 함

/// 산·학·연·병 연계를 통한 치료제 기술개발

- ★ FMT 기반의 휴먼 마이크로바이옴 기술은 환자를 통한 데이터 확보를 위해 병원의 참여가 필요하고 이를 기반으로 원천기술 개발을 하는 연구계 참여와 학술적으로 기전을 규명하여 질병에 적용하는 학계 그리고 최종적으로 제품을 대량생산 가능한 산업계의 협력이 필요한 기술개발로 이러한 컨소시엄 구성이 가능한 협업체계 구성과 인센티브가 필요함
- ★ 특히 FMT 기반의 휴먼 마이크로바이옴 기술과 치료제는 아직 국제적으로 표준이 마련되어 있지 않고 규제적으로도 준비되어 있지 않아 제품의 인허가 규제가 국내 및 국외 제품 출시에 큰 영향을 줄 수 있기에 위 컨소시엄을 통한 표준 및 규제 관련 정부의 연구개발 및 정책적 지원이 필요하고 이러한 민관협업을 통한 우수 성공사례 발굴이 필요함

[참고문헌]

1. “차세대 바이오산업의 혁명으로 다가오는 마이크로바이옴 핵심기술 개발동향과 향후 전망”, IRS Global, 2021.03
2. Nagpal, Ravinder et al. Gut Microbiome and Aging: Physiological and Mechanistic Insights. Nutrition and Healthy Aging 4, 267-285 (2018)
3. “藥이 되는 장내 미생물… 알츠하이머·암까지 고친다”, 조선비즈, 2019. 11, https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2019/11/06/2019110604049.html
4. “마이크로바이옴 파급력↑…국내 초기단계”, 메디팜스투데이, 2020.03.12., <http://www.pharmstoday.com/news/articleView.html?idxno=166938>
5. NIH Human Microbiome Project, <https://hmpdacc.org/>
6. Turnbaugh, P., Ley, R., Hamady, M. et al. The Human Microbiome Project. Nature 449, 804-810 (2007)
7. “Human Microbiome Based Drugs and Diagnostics Market”, BBC Research, 2017

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
연세대학교 산학협력단	• FMT 기반 만성난치성질환극복 선도형 휴먼마이크로바이옴 치료기술 개발	• FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발을 위한 다양한 질병별 연계성 확보 및 관련 마이크로바이옴 데이터 확보	2022.04-2025.12
연세대학교 산학협력단	• 염증성 장질환의 인간유래마이크로바이옴 치료기술개발	• FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발 기술을 활용한 염증성 장질환의 치료제 개발	2022.04-2025.12
한림대학교 산학협력단	• 비알콜성간질환 극복을 위한 마이크로바이옴 기반 장-간축조절 바이오신소재 발굴 및 사용화 기술 개발	• FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발 기술을 활용한 비알콜성간질환 치료제 개발	2022.04-2025.12
분당서울대학교 병원	• 마이크로바이옴 기반 천식 완화 및 치료기술 개발	• FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발 기술을 활용한 천식 치료제 개발	2022.04-2025.12
고려대학교 산학협력단	• 치료저항성 우울장애 및 불안장애 증상개선을 위한 포스트바이오틱스 기반 마이크로바이옴 치료제 개발 연구	• FMT 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 개발 기술을 활용한 치료저항성 우울장애 및 불안장애 치료제 개발	2022.04-2025.12

항바이러스 섬유 산업동향

| 저자 | 윤석한 섬유PD / KEIT
정성훈 박사 / KIMS

SUMMARY

// 개요

- ★ 코로나19 팬데믹 영향으로 주목받고 있는 항바이러스 섬유의 기술개발 동향을 소개하고 향후 개발 방향에 대한 시사점을 제시하고자 함

// 주요 현황

- ★ 코로나19 이후 개인 방역에 대한 관심이 급격히 증가하여 마스크는 일상생활의 필수품이 되었으며, 직·간접 감염에 대한 위험도를 낮출 수 있는 항바이러스 소재는 다양한 필터용 소재로 활용 가능하여 관련기술의 성장이 기대됨
- ★ 국내 외에서 항바이러스 재료 및 섬유 제조공정 관련 연구가 활발히 진행 중이며, 개인용, 의료용, 건물 공조 방역용 등 다양한 산업적 활용을 위한 시도가 진행 중임

// 시사점 및 정책제안

- ★ 현재 코로나19 확산 방지를 위해 항바이러스 재료 및 이를 활용한 항바이러스 섬유개발, 산업적 적용기술이 활발히 진행되고 있으며, 향후에도 미지의 감염병에 적기 대응하기 위해서는 지속적인 기술 개발이 요구됨
 - 항바이러스 섬유는 재료공학, 의약학, 미생물학 등 각 관련 분야와의 연계를 통해 고효율, 고안전, 저비용, 친환경 특성을 만족시키는 제품 개발 필요
- ★ 항바이러스 성능의 내구성 증진, 재료 선택에 따른 색상변화 등을 개선할 수 있는 연구개발과 성능평가 시스템 구축 필요
 - 기계적 손상(세탁, 마찰), 장기간 사용 시 항바이러스 성능 저하 등 내구성 문제와 금속계와 탄소계 재료와 같이 섬유의 색상을 크게 변화시킬 수 있어 이에 대한 개선이 필요하며, 유행성 전염병에 대해 빠르게 대응할 수 있도록 개발소재의 항바이러스성을 신속하게 평가할 수 있는 시스템이 구축되어야 함

1. 항바이러스 섬유 기술개요

★ 사회적 배경

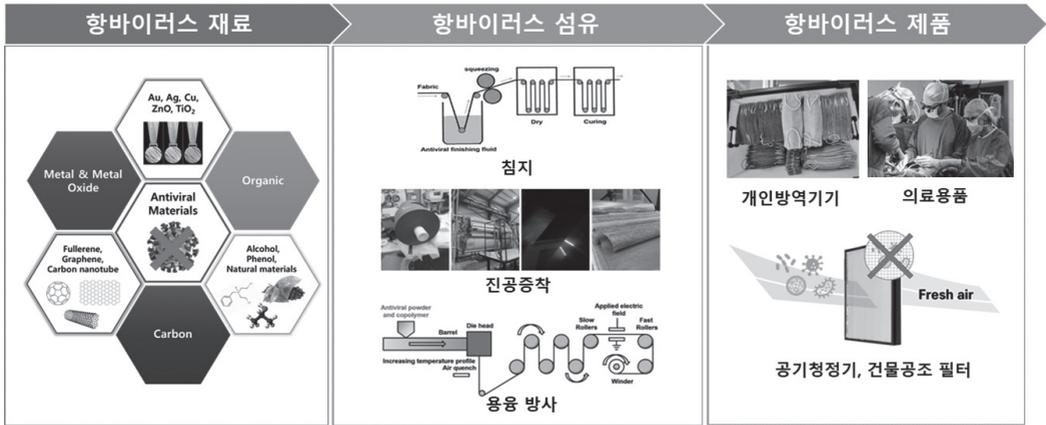
- 14세기의 흑사병은 유럽전역에 퍼져서 약 1억 명 이상의 사망자를 발생시켰고, 1918년 스페인 독감은 유럽, 미국, 한국에 이르기까지 널리 퍼져 5천만 명 이상의 사망자 발생
- 21세기에 들어서도 SARS(Severe Acute Respiratory Syndrome), 신종 인플루엔자 A, 지카 바이러스, 최근의 코로나 바이러스(COVID-19) 팬데믹에 이르기까지 현대의 신종 감염병은 전 세계적으로 급속히 확산됨
- 항바이러스 기능이 부여된 섬유는 감염원의 전파 방지에 매우 중요한 역할을 함
- 바이러스는 일반적인 표면에서 최대 2주 이상 생존할 수 있다고 알려져 있으나, 항바이러스 섬유에서는 빠르게 사멸되어 감염과 재감염의 위험성을 감소시킬 수 있음

★ 항바이러스 섬유

- 바이러스는 유전물질, 이를 둘러싸는 보호 껍질과 단백질로 구성되며, 숙주세포에 침투한 바이러스는 세포 내에서 유전물질의 복제와 단백질 합성을 통해 증식함
- 항바이러스 물질은 바이러스의 구조를 파괴하거나, 바이러스의 세포침투를 막아내거나, 증식 및 방출 억제할 수 있는 물질을 의미함
- 제약사들을 중심으로 다양한 항바이러스제(인터페론, 오셀타미비르(타미플루) 등)를 개발하였으나, 본 리포트에서는 약제가 아닌 항바이러스 기능을 가지는 일반 재료들을 금속계, 탄소계, 유기계로 분류하여 서술하고자 함
- 항바이러스 섬유는 항바이러스성 물질을 활용해 섬유를 제조하거나, 항바이러스 물질을 섬유에 형성시켜 섬유 표면에서 바이러스의 증식 억제 또는 사멸시킬 수 있는 섬유를 의미함

★ 항바이러스 섬유의 활용

- 많은 환자들로 붐비는 의료시설은 다른 시설보다 감염의 위험성이 높기에 의료 환경에서 항바이러스 섬유를 활용하는 것은 매우 중요함
- 의료시설에서 활용되는 의복, 수술용 마스크, 환자용 침상, 공조 필터 등에 항바이러스 섬유가 활용되면 감염의 위험성을 줄일 수 있고, 이를 통해 항생제 사용, 감염 치료, 인건비, 세탁비 등을 감소시킬 수 있음
- 코로나19 이후로 개인 방역에 대한 관심이 급격히 증가했고, 특히 마스크는 일상생활에서 필수품이 되었음. 항바이러스 마스크를 활용하면 마스크의 교체, 착탈 시에 발생할 수 있는 이차감염에 대한 위험도를 낮출 수 있음
- 또한, 아파트, 대형 건물, 병원 등에 설치되어 있는 공조 시설에 항바이러스 필터를 활용하면 공조 필터의 교체 시 필터에 걸러진 바이러스로 인한 감염 가능성을 줄일 수 있음



| 그림 1. 항바이러스 산업 기술 계통도 |

2. 항바이러스 섬유 시장동향

★ 세계적으로 전염병에 대응하기 위한 연구개발에 대한 지원이 증가하는 추세임

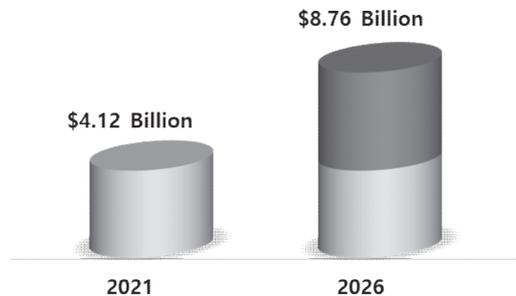
- 미국에서는 National Nanotechnology Initiative(NNI)의 'Foundational Research', 'Nanotechnology-Enabled Applications, Devices, and Systems', 'Environment, Health, and Safety'에서 COVID-19에 대처하는 연구를 지원하고 있음
- EU가 주도하는 Horizon 2020에서 항균, 항바이러스 소재와 관련한 연구개발 지원이 이루어지고 있음
- 국내에서는 보건복지부, 환경부, 과학기술정보통신부 등 국가 기관을 중심으로 감염병에 대응하기 위한 연구개발 과제가 2020년 이후로 급격히 증가하여, 향후 발생할 수 있는 전염병에 대한 선제적인 대응책을 세우고자 하고 있음
- 항바이러스 섬유에 대한 과제의 개수 또한 급격히 증가하여, 2019년 2개에서 2022년 현재 30여 건의 국가 연구개발 과제가 수행되고 있음. (출처 : NTIS)

★ BIS Research에 의하면 전 세계 항바이러스 섬유 시장은 2021년 41.2억 달러에서 2026년 87.6억 달러로 연평균 16.25%의 성장률을 보일 것으로 예측함

- 아시아/태평양 지역은 마스크 생산과 소비의 가장 큰 시장으로 조사됨
- 항바이러스 섬유는 안면 마스크, 의복뿐만 아니라 주방·욕실용 시트, 침대 시트, 에어컨·공기청정기 필터, 자동차 필터 등 생활공간 내 다양한 분야에 활용될 수 있음

- 의류, 화학소재, 섬유소재 기업 등 소재부터 완제품에 이르기까지 다양한 업계에서 제품 개발을 수행 중
- 일본의 Shibiko Ltd., Komatsu Material Co. 등의 업체는 휴먼 코로나 바이러스에 대한 항바이러스성을 입증한 제품을 출시하고 있음
- 국내에서는 K2, 네파, 코오롱스포츠 등 섬유업계들을 중심으로 항바이러스 의복을 출시하기 시작하였고, 구리가 코팅된 항바이러스 공기청정기나 에어컨 필터의 판매도 진행되고 있음

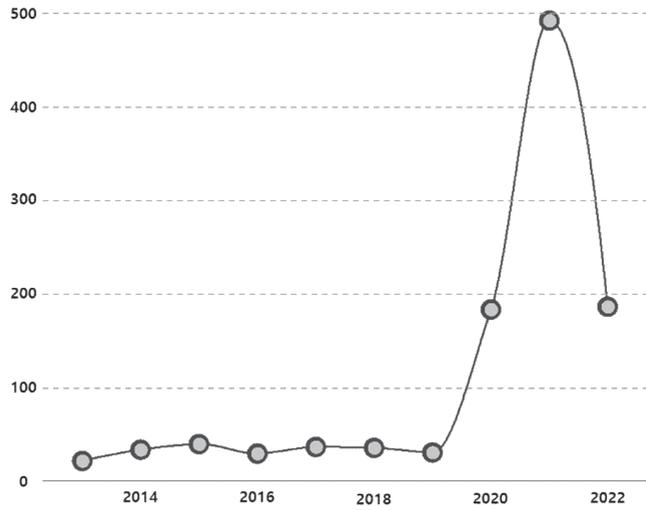
Global Antiviral Fabric Market



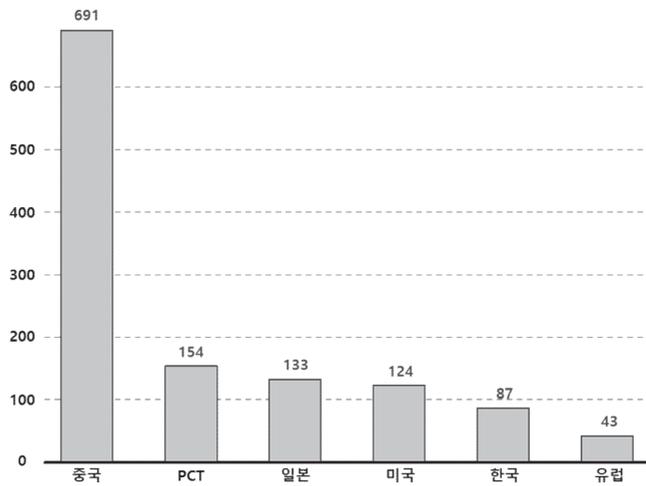
| 그림 2. 항바이러스 섬유 시장 예측 |

3. 항바이러스 섬유 특허동향

- ★ 항바이러스 섬유에 대한 특허 출원이 2020년 코로나19 팬데믹 이후로 급격히 증가함
 - 항바이러스 섬유 특허는 전 세계적으로 2020년 이후로 급격히 출원 건수가 증가하는 양상을 보임
 - 2013년부터 중국이 691건으로 가장 많은 특허를 출원했고, 국가별로는 일본, 미국, 한국의 특허 출원이 뒤를 잇고 있음
 - 주요 특허 출원인은 Tongxi Group Co., Ltd.(중국), Poly-Med, Inc.(미국), Daiwabo Co., Ltd.(일본) 등이 있으며, 국내는 (주)코오롱, (주)엘지생활건강, 한국과학기술원 등이 있음



| 그림 3. 연도별 국내 외 항바이러스 섬유 특허 출원 건수(2013~현재) |



| 그림 4. 국가별 항바이러스 섬유 특허 출원 건수(2013~현재) |

4. 항바이러스 섬유 기술동향

// 항바이러스 재료 기술개발 동향

★ 금속/금속산화물계 항바이러스 재료

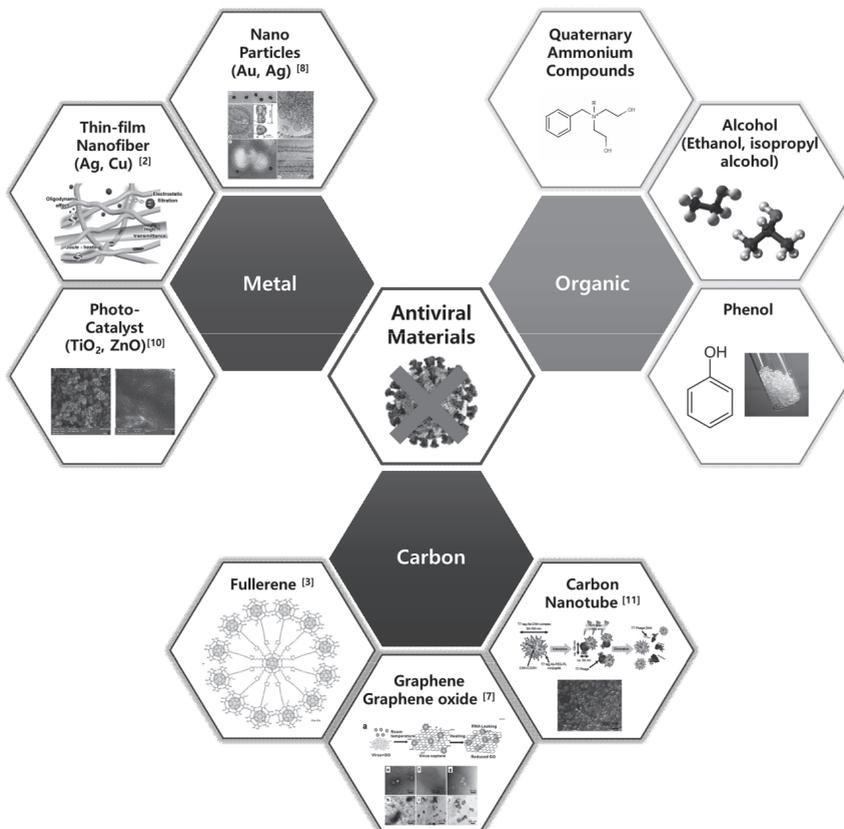
- 금, 은 등 금속은 바이러스의 외피, 단백질, 유전물질과 상호작용을 하여 바이러스를 사멸시키는 항바이러스성을 가지고 있음이 잘 알려져 있음
- 금 나노입자는 인체 적합도가 높고, 표면 리간드를 형성하기 용이하여 항바이러스 기능을 가지는 단백질을 부착할 수 있으나 비싼 가격으로 인해 주로 의학 용도로 활용하기 위한 연구가 수행되고 있음
- 은 나노입자는 항균/항바이러스성을 가지는 물질로 오래전부터 알려졌으나, 최근에 은 나노입자의 인체 유해성에 대한 이슈가 제기됨
- 구리는 금과 은에 비해 상대적으로 저렴한 장점이 있어, 산업적으로 활용하기 유리한 소재로 주목받고 있음
 - 구리 나노선을 수십 마이크로미터 두께의 나일론 섬유 위에 진공 여과 방식을 통해 형성한 필터는 우수한 통기성과 투명성을 보였으며, 박테리아에 대한 항균 효과를 확인함
 - 구리를 박막, 나노입자, 나노선 등의 형태로 섬유 표면에 형성시키면, 섬유에 항균/항바이러스성을 부여할 수 있음이 알려져 있음
- 이산화티타늄과 산화아연은 광촉매 반응을 통해 빛을 흡수하여 주변 산소를 활성화시켜 바이러스의 외피와 단백질 막을 파괴할 수 있음
 - 광촉매 산화물은 친환경적이고 무공해, 높은 내구성을 가지는 장점이 있으나, 빛이 있어야만 활성화된다는 단점이 있음

★ 탄소계 항바이러스 재료

- 탄소계 재료는 풀러렌, 탄소나노튜브, 그래핀 등 다양한 형태가 있으며, 이러한 동소체의 기하학적 구조가 항바이러스성에 영향을 끼치는 것으로 알려져 있음
- 풀러렌은 생체 적합성이 높고 구형 표면으로 인해 이를 중심으로 바이러스 제거를 할 수 있는 유도체의 연구가 용이함. 스페인의 Antonio Muñoz와 공동연구자들은 풀러렌 유도체를 합성하여 에볼라 바이러스 전파를 저해할 수 있음을 보고함
- 그래핀과 탄소나노튜브는 자체적으로 항바이러스성이 존재하지 않지만, 열 및 전기 전도성이 높아 가열방식으로 항바이러스 효과를 활성화할 수 있음
- 그래핀 옥사이드 또는 탄소나노튜브에 항바이러스 작용기를 형성하면 물질의 항바이러스성을 증폭시킬 수 있음

★ 유기계 항바이러스 재료

- 항바이러스 성질을 가지는 다양한 유기계 재료는 살균이 빠르고, 제조 방법이 잘 알려져 있으며 실생활에서 소독제로도 사용되고 있음
- 암모늄계, 페놀계, 알콜계 소독 물질은 일상생활에서 많이 사용되지만 의복, 섬유용 항바이러스 재료로는 상대적으로 적합하지 않음
- 식물에서 추출한 Lectin은 바이러스와 숙주 세포 수용체 사이의 상호작용을 억제하여 항바이러스 효과를 보이는 것으로 알려져 있으며, Catechin은 녹차 등에서 추출할 수 있는 폴리페놀의 일종으로 바이러스의 복제 효소 활성을 억제시키거나 강력한 항산화작용을 통해 바이러스를 사멸시킬 수 있음
- 천연물질의 항바이러스 효과에 대한 다양한 연구 결과들이 존재하지만 많은 연구가 실험실에서의 항바이러스 효능 결과에 치중하고 있어 추출과 정제를 통한 각 성분의 항바이러스 기전에 대한 연구, 임상 연구, 생체 독성연구 등이 필요함



| 그림 5. 항바이러스 재료 분류 |

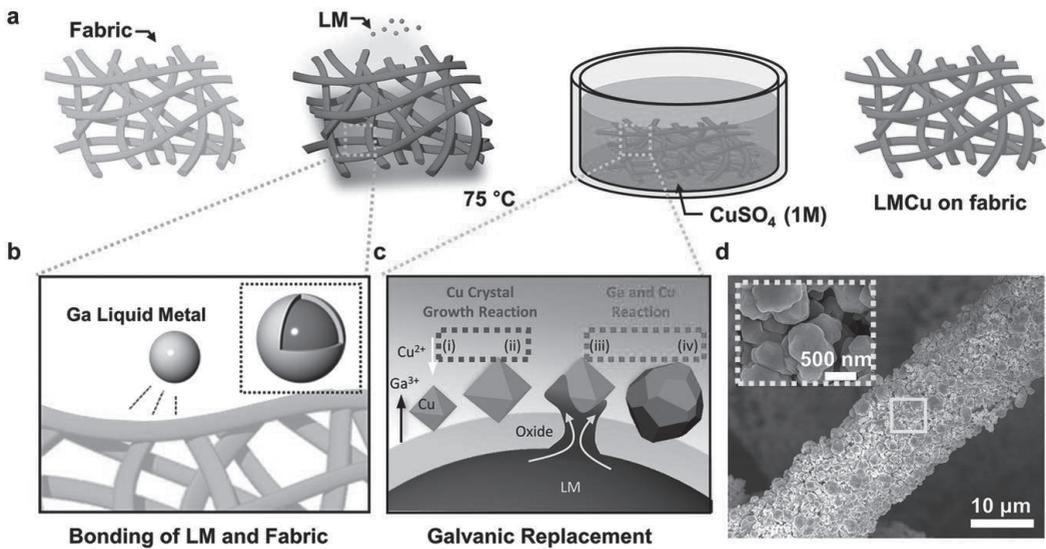
// 항바이러스 섬유 기술개발 동향

- ★ 다양한 항바이러스 재료를 활용하여 항바이러스 섬유를 제조하는 방법은 크게 세 가지로 구분할 수 있음. 첫 번째는 항바이러스 재료를 직접 섬유로 제조하여 직물을 만드는 방법이고, 두 번째는 항바이러스 물질을 고분자 섬유 원재료와 혼합 후 섬유를 제조하는 방법, 세 번째는 섬유 소재에 항바이러스 재료를 코팅하거나, 항바이러스 재료에 함침하여 항바이러스 성을 부여하는 방법이 있음
- ★ 항바이러스성을 가지는 원재료를 활용하여 섬유 소재를 제조하는 방법은 기존의 섬유 소재와 항바이러스 재료의 특성이 다르고, 물질의 소모가 많은 단점이 있음
- ★ 고분자 섬유를 $AgNO_3$ /환원제나 산화구리 용액에 침지하여 은, 구리 나노입자를 포함한 항바이러스 섬유를 제조할 수 있음. 또는, MOF(Metal Organic Framework)나 Zeolite와 같이 다공성 소재를 은, 구리의 담체로 활용하고 이를 함침 등을 통해 섬유에 형성시켜 항바이러스 섬유를 제조할 수 있음
- ★ 습식 방사나 용융 방사를 통해 섬유 제조 시, 항바이러스 소재를 함께 섞어 방사하게 되면 소재가 섬유에 균일하게 섞이게 되어 높은 내구성, 내세탁성, 직물의 촉감을 향상시킬 수 있음
- ★ 섬유 직물 표면에 항바이러스 재료를 코팅하여 직물 표면에 항바이러스 층을 형성시키는 방법은 고분자 섬유의 물리적인 특성을 유지하면서, 원하는 표면에만 항바이러스 물질 형성이 가능하여 최근 주목받고 있음
 - 원단 제조 방법에 구애받지 않고 항바이러스 원소재의 성능을 최대한 발현시키는 장점이 있으나, 원단 제조 후 추가 공정이 필요하여 원가 상승의 단점이 있음
- ★ 국내 다양한 기관에서 연구개발한 항바이러스 섬유 개발을 위한 연구가 진행되고 있음
 - 한국섬유개발연구원의 정재훈 박사와 대구경북과학기술원의 임상규 박사 연구팀은 공동으로 열유도 방식에 의한 산화아연 및 Metal 전구체를 적용한 항바이러스성 친환경 리사이클 폴리에스터 기능성 원사를 개발하여 HN형 인플루엔자 바이러스에 대해 2시간 이내 99.9%가 사멸됨을 확인함



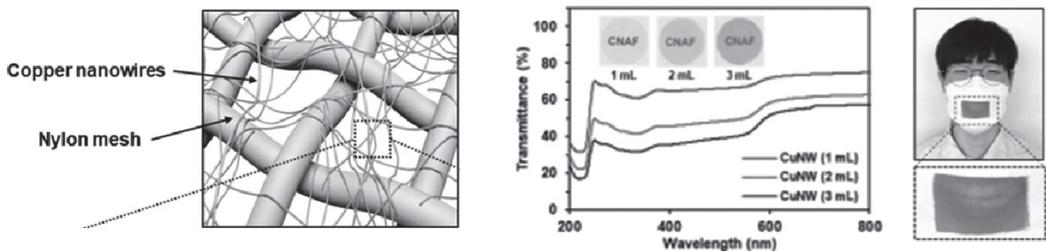
| 그림 6. 산화아연 및 Metal 전구체를 적용한 항바이러스 섬유 제조 및 응용 |

- 성균관대학교의 김태일 교수 연구팀은 미국 노스캐롤라이나 대학 등과 협력하여 구리를 섬유에 균일하게 코팅시키는 연구를 진행한 결과, 액체 금속인 갈륨을 활용하여 섬유 표면에 코팅 후, 갈륨과 구리 이온의 갈바닉 치환을 활용하여 섬유 표면에 균일한 구리/갈륨 합금을 형성하였고, 이를 휴먼코로나 바이러스를 통해 활용한 결과 5분내 99.99%가 사멸됨을 확인함



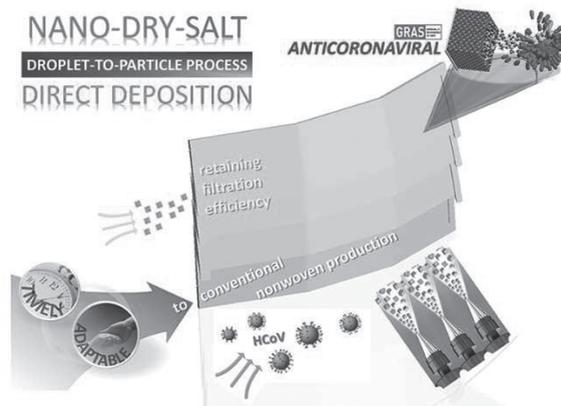
[그림 7. 구리-갈륨 합금기반의 항바이러스 섬유 제조 공정]

- 서울대학교의 고승환 교수 연구팀은 구리 나노와이어를 활용하여 반투명한 마스크 필터를 개발하여, KF80 수준의 미세먼지 포집 성능과 항균성을 보유한 마스크를 개발함



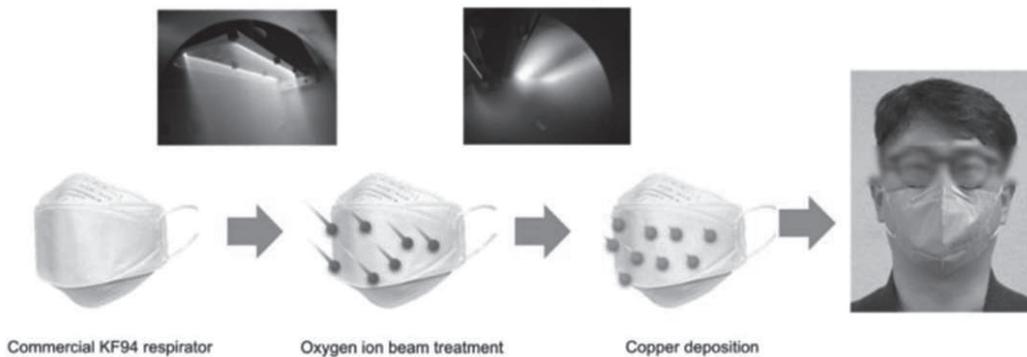
[그림 8. 구리 나노와이어 기반 반투명 항균 마스크]

- 연세대학교의 변종훈 교수 연구팀과 영남대학교 변정훈 교수, 한국기계연구원 박대훈 선임연구원은 나노 크기의 NaCl 입자를 스프레이 확산건조 기법을 통해 마스크 섬유에 도포하여, 휴먼 코로나 바이러스를 95% 이상 비활성화됨을 확인함



| 그림 9. 나노 NaCl 코팅 항바이러스 마스크 기술 |

- 한국재료연구원의 이승훈 박사 연구팀은 국립마산병원과 협력하여 진공에서 롤투를 공정으로 구리가 코팅된 필터 섬유와 마스크를 개발하였고, 이온빔을 활용하여 필터 섬유와 구리 사이에 높은 밀착성을 구현하고, 현재 유행하는 코로나 바이러스(SARS-CoV-2)를 활용하여 항바이러스성을 검증하여, 1시간 접촉 시 99% 이상의 바이러스가 사멸됨을 확인함



| 그림 10. 진공 이온빔 표면처리/구리 증착 항바이러스 마스크 |

5. 시사점 및 정책 제언

- ★ 현재 코로나19 확산 방지를 위해 항바이러스 재료 및 이를 활용한 항바이러스 섬유개발, 산업적 적용기술이 활발히 진행되고 있으며, 향후에도 미지의 감염병에 적기 대응하기 위해서는 지속적인 기술 개발이 요구됨
 - 항바이러스 섬유는 코로나 사태 이후로 세계적으로 연구가 활발히 진행되는 분야이며, 2020년 이후 특허 출원이 급증하여 기술 선점을 위한 경쟁이 치열함
 - 섬유를 세탁하거나, 마찰 등에 의한 기계적 손상, 장기간 사용 시 항바이러스 성능 저하 등 내구성 개선 연구가 필요하며, 금속계와 탄소계 재료는 섬유의 색상을 크게 변화시킬 수 있어 관련 기술개발을 통한 개선이 필요함
- ★ 항바이러스 재료와 섬유 적용 기술의 개발과 더불어 인체 안전성을 확보하는 것이 중요
 - 새롭게 개발된 항바이러스 물질들은 여전히 염증, 과민 면역 반응 등 인체 독성에 대한 검증이 명확히 이루어지지 않았음
- ★ 항바이러스 섬유는 재료공학, 의학, 미생물학 등 각 관련 분야와의 연계 개발이 필수적이며, 산업화를 위해서는 저비용, 친환경, 고안전, 고효율 특성을 만족시키는 항바이러스 섬유의 개발이 필요함
- ★ 현재 항바이러스성을 평가할 수 있는 평가기관이 부족한 실정으로 급속히 유행하는 코로나 팬더믹과 같은 감염병에 적기 대응하기 위해서는 신규 바이러스에 대한 항바이러스성을 빠르고 정확하게 평가할 수 있는 시스템 구축이 요구됨

[참고문헌]

1. Anti-Viral Fabric Market-A Global and Regional Analysis: Focus on Products and Region Assessment - Analysis and Forecast, 2021-2026 (2021) BIS Research
2. S. Han et al., Transparent air filters with active thermal sterilization. *Nano Letters* (2022) 22, 1, 524-532
3. A. Munoz et al., Synthesis of giant globular multivalent glycofullerenes as potent inhibitors in a model of Ebola virus infection. *Nature Chemistry* (2016) 8, 50-57
4. J. L. Castro-Mayorga, et al., Antiviral properties of silver nanoparticles against norovirus surrogates and their efficacy in coated polyhydroxyalkanoates systems. *LWT-Food Science and Technology* (2017) 79, 503-510
5. S. Jung, et al., Sustainable antibacterial and antiviral high-performance copper-coated filter produced via ion beam treatment. *Polymers* (2022) 14, 5, 1007.
6. M. E. R. Darnell, et al., Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *Journal of Virological Methodes* (2004) 121, 1, 85-91
7. Z. Song, et al., Virus capture and destruction by label-free graphene oxide for detection and disinfection applications. *Small* (2015) 11, 9-10, 1171-1176
8. I. Papp, et al., Inhibition of influenza virus infection by multivalent sialic-acid-functionalized gold nanoparticles. *Small* (2010) 6, 24, 2900-2906.
9. P. Hajkova, et al., Photocatalytic effect of TiO₂ films on viruses and bacteria. *Plasma Process Polymers* (2007) 4, S397-401.
10. H. Ghaffari, et al., Inhibition of H1N1 influenza virus infection by zinc oxide nanoparticles: another emerging application of nanomedicine. *Journal of Biomedical Science* (2019) 26, 70
11. E. Miyako, et al., Photoinduced antiviral carbon nanohorns. *Nanotechnology* (2008) 19, 075106
12. K. Y. Kwon, et al., A Liquid Metal Mediated Metallic Coating for Antimicrobial and Antiviral Fabrics. *Advanced Materials* (2021) 33, 2104298
13. D. H. Park, et al., Nano-dry-salt deposition on electret nonwoven confers anticoronaviral effect while retaining aerosol filtration performance. *Environmental Science: Nano* (2021) 9, 2780
14. S. Han, et al., Transparent Air Filters with Active Thermal Sterilization. *Nano Letters* (2021) 22, 524

15. S. Jung, et al., Copper-Coated Polypropylene Filter Face Mask with SARS-CoV-2 Antiviral Ability. *Polymers* (2021) 13, 1367
16. A. R. Deokar, et al., Graphene-based “hot plate” for the capture and destruction of the herpes simplex virus type 1. *Bioconjugate Chemistry* (2017) 28, 4, 1115-1122
17. 코로나19 살균·소독제품의 안전한 사용을 위한 세부지침, 환경부 화학제품관리과 (2020년 5월 20일)

[국내 주요 연구과제 수행 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
도레이첨단소재(주)	<ul style="list-style-type: none"> 복합부직포 레이어 구성 및 공극제어 기술을 이용한 노출 위험 수준 별 고쾌적성 바이러스 차단 방역복 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 방역복용 원단의 항바이러스 기술개발 및 확립 	2021.09-2024.12
(주)무등기업 평동	<ul style="list-style-type: none"> 리사이클 PET 코팅사 직조물을 이용한 항바이러스 90% 이상의 기능을 가진 차량용 플로워 카페트 제품 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 리사이클 PET 및 항바이러스 기능용 코팅사 원단(소재)개발을 통한 자동차 내장재 MS SPEC 제 개정 표준화 정립 	2022.04-2024.12
(주)에스에스 솔루션	<ul style="list-style-type: none"> 항바이러스 성능을 갖는 광촉매 공조 필터 모듈을 활용한 차량용 필터 및 공기청정 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 전기방사를 이용한 광촉매 나노섬유 필터 개발과 이를 이용한 차량용 필터 개발 	2021.04-2023.4
(주)한양에코텍	<ul style="list-style-type: none"> 친환경 바이오 폴리우레탄계 수지 및 소재를 응용한 제품개발 	<ul style="list-style-type: none"> 항균/항바이러스 기능성 바이오 폴리우레탄 기반 필름 가공기술 개발 	2020.04-2023.12
한국기계연구원	<ul style="list-style-type: none"> 대중이용시설 감염 확산 예측 및 항균/항바이러스 공조 모듈 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 인체 무해 항균/항바이러스 물질 제조 및 전기집진기/필터로의 적용 기술 개발 및 공조 모듈 개발 	2021.11-2024.10
한국섬유개발연구원	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 위기 대응 친환경 휴먼케어 섬유소재 및 제품 공동기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 항바이러스성 전구체 함유 휴먼케어 섬유소재 양산화 및 기술이전 수요 대응 제품화 기술개발 	2020.12-2022.11
한국재료연구원	<ul style="list-style-type: none"> 저온 플라즈마 응용 병원체 제거 소재 및 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 생활 방역을 위한 항바이러스 구리 코팅 필터 개발 및 공조 설비 응용 	2019.01-2023.12
한국과학기술원	<ul style="list-style-type: none"> 서브마이크론 섬유 기반 마스크, 방호복, 공기청정기용 핵심 필터 개발 : 고효율, 고통기성 항바이러스 필터 	<ul style="list-style-type: none"> 생분해성/항바이러스 기능을 동시에 보유한 투명 필터 개발 및 양산 기술 개발 	2020.08-2022.11

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	▶ 최경호 PD		02-556-9575		khchoi@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

PDI슈리포트 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

PDI슈리포트 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
22-8호	조선해양	조선해양 의장설계 디지털전환
	로봇	생체 모방형 로봇 기술 동향 및 발전 방향
	이차전지	슈퍼커패시터 산업 동향 및 기술 전망
	세라믹	시멘트 산업 탄소중립을 위한 기술개발 전략
	디스플레이	『SID 2022(Display Week)』를 통해 본 디스플레이 산업동향
22-9호	자율주행차	미래 SDV(Software-defined Vehicle)를 위한 차세대 아키텍처 기술개발 동향
	바이오	분변미생물이식(FMT) 기반 휴먼 마이크로바이옴 치료제 기술개발 동향분석
	섬유	항바이러스 섬유 산업동향

KEIT PD Issue Report

| 발행일 | 2022년 9월

| 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

상담

- 국번없이 **110** 또는 **1398**

보상

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

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



국민권익위원회



기술강국코리아를 향한 R&D지원 글로벌 리더 *Keit*



R&D 골든타임을 찾다! **—기획—**

—평가— R&D 가치를 높이다!

—관리— R&D 성과를 창출하다!