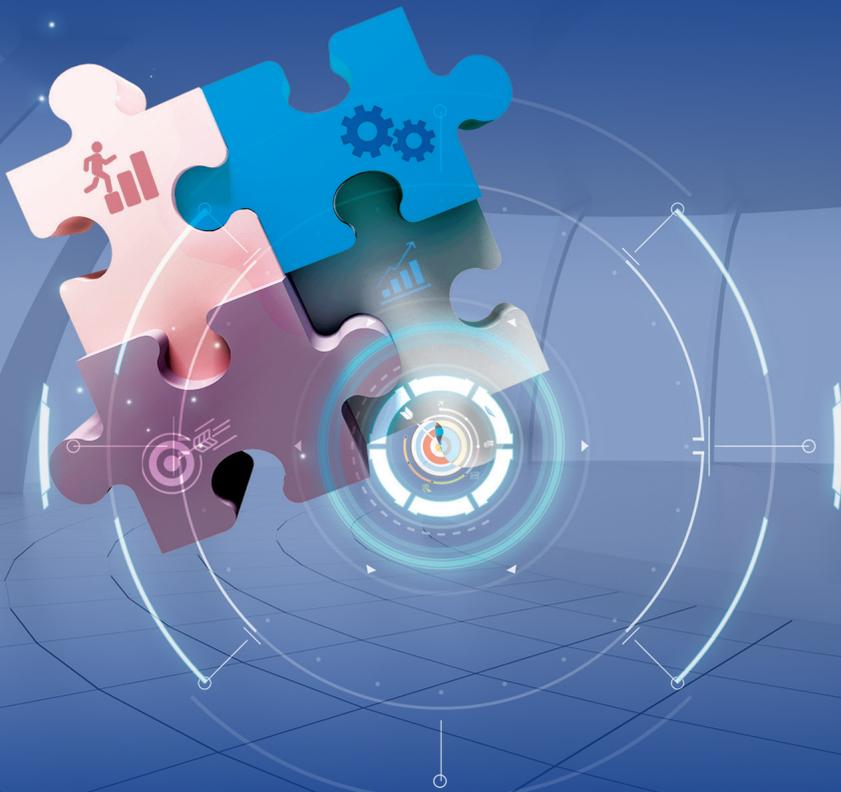


중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business - Strategic Technology Advancement Roadmap



4대 과기원 공동사무국
중소기업기술혁신전략로드맵 추진위원회

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business - Strategic Technology Advancement Roadmap



4대 과기원 공동사무국
중소기업기술혁신전략로드맵 추진위원회

머리말

우리나라 산업 및 경제는 지난 60년간 비약적으로 발전해왔습니다. 그동안 주요 산업 분야에서는 대기업 중심으로 세계적인 경쟁력을 갖추었습니다. 그러나 중소기업들은 아직 자본, 기술, 인력이 구조적으로 취약하여 대기업에 종속적인 하청구조를 갖거나 세계시장에서 독립적인 경쟁력을 갖추지 못한 경우가 많습니다. OECD 국가들과 비교했을 때 중소기업의 고용비중은 88%로 단연 최고이나 기술력, 부가가치 등을 포함한 대기업 대비 생산성은 최하 수준입니다. 혁신적 중소기업의 비중은 중간수준에 머물고 있으며 그나마 ICT(정보통신기술) 비중이 최고수준으로 높기 때문입니다. 독자적인 기술혁신 및 연구개발, 제품개발, 마케팅 역량을 갖추지 못하고 국내외 대기업의 하청생산에 의존하는 제조 중심의 기업 비중이 높습니다. 기술역량은 선진국의 75%에 머물고 있습니다. 자본, 인재, 기술이 대기업에 편중되어 중소기업의 경영여건이 아주 열악하고 입지가 좁습니다. 우리 산업과 경제가 한 단계 더 도약하기 위해서는 중소기업의 기술역량과 경쟁력을 높이는 것이 필수적입니다.

그동안 중소기업 육성을 위한 정책과 사업이 수없이 많았고 여론과 구호도 넘쳐났습니다. 그럼에도 불구하고 중소기업의 경쟁력은 크게 높아지지 못했습니다. 우리 중소기업이 국제 경쟁력을 갖추어 성장하기 위해서는 기술혁신 역량을 높이는 것이 가장 중요합니다. 정부의 다양한 중소기업 기술개발 지원 사업에도 불구하고 중소기업의 기술역량은 아직 크게 미흡합니다. 경영환경과 사회적 여건으로 우리 중소기업들이 우수한 기술인재들을 충분히 유인하기 힘들기 때문입니다. 한편 선도대학들은 이미 세계수준의 우수한 인재, 연구 인프라, 기술혁신 역량, 축적된 기술을 갖추고 있습니다. 그러나 많은 산학협력 활성화 노력에도 불구하고 아직 대학의 기술혁신 역량이 중소기업의 기술 수요와 연결되지 못하고 있습니다.

KAIST(한국과학기술원), GIST(광주과학기술원), DGIST(대구경북과학기술원), UNIST(울산과학기술원)는 2019년 하반기부터 중소기업 기술역량 혁신을 위해 뜻을 모았습니다. 첨단소재,

공정장비, 바이오 및 헬스케어, ICT 및 SW, 기계항공, 제조 자동화 및 지능화 등의 6개 기술 분과와 총괄 연구팀에 걸쳐 총 44명의 교수가 경험, 지식을 모으고 중소기업 및 전문가들의 자문을 받아 기술혁신형 중소기업이 세계시장으로 도약하고 선도하기 위해 필요한 전략적 핵심기술을 식별, 정의하는 “중소기업을 위한 중장기 전략기술의 로드맵”(SMB-STAR: Small and Medium Business-Strategic Technology Advancement Roadmap)을 만들어 왔습니다. 이 중 5개 분과의 로드맵과 이에 대한 중소기업 대상 설문조사 결과를 모아 본 보고서로 발간하게 되었습니다. 아직 많이 미흡하고 불완전하지만 지속적으로 보완, 갱신, 확장하고 관련 교육, 워킹, 자문 등을 통해 중소기업들과 공유하고 확산하는 노력을 계속할 것입니다. 중소기업부 산하 중소기업기술정보진흥원에서 개발, 운영하고 있는 단기 기술 로드맵과도 상호보완적으로 연계, 발전시켜 나갈 것입니다. SMB-STAR를 기반으로 중소기업벤처부를 포함한 정부부처의 도움을 받아 기술혁신 의지가 강한 중소·중견기업과 협력하여 핵심적인 전략기술을 도출하여 해결해 나갈 것입니다. SMB-STAR가 4대 과학기술원의 기술역량 및 지식과 중소·중견기업의 기술 수요를 연결하는 브릿지 역할을 하고, 4대 과학기술원이 중소·중견기업의 연구개발 및 기술혁신을 위한 실질적인 모멘텀과 진정성을 갖추어 중소·중견기업들의 “가상 연구센터”로 발전하기를 희망합니다.

끝으로 짧은 기간에 변변한 지원도 없이 중책을 맡아 성실하게 노력해주신 분과장님들과 참여 교수님들께 진심으로 감사드립니다. 자문을 해주신 중소기업 기술혁신 전략 로드맵 추진 위원회 위원들께도 감사드립니다. 그리고 본 로드맵 개발 사업을 물심양면으로 지원해주신 과학기술정보통신부와 4대 과학기술원 공동사무국 여러분께도 깊이 감사드립니다.

2020년 3월 15일

KAIST 이 태 역 드림

총괄 연구책임

요약

1. 연구 개요

가. 연구 목표

본 연구의 목표는 “중소기업 기술혁신 전략 로드맵(SMB-STAR)”을 수립하여 세계시장으로 도약을 위한 기술혁신 의지와 잠재력이 있는 기술혁신형 중소·중견기업에 필요한 전략적 핵심·원천 기술을 식별, 정의하고 기술 분야별로 **중장기 기술개발 목표와 단계별 전략**을 수립하는 것이다.

나. 본 로드맵의 목적

본 로드맵은 **전략적 기술혁신 방향 및 핵심과제**를 기술혁신형 중소·중견기업과 정부와 공유하고 전파하여 관심 기업이 **기술혁신 및 연구개발의 전략과 세부과제**를 도출하고 정부의 **지원 방향**을 설정하는 데 도움을 주는 것을 목적으로 한다.

궁극적으로 **4대 과기원**이 축적한 기술과 기술혁신역량을 기업의 수요와 연결하는 **촉매 및 브릿지** 역할을 하고 4대 과기원을 기술혁신 역량과 전문인력이 충분하지 못한 중소·중견기업의 **“가상 연구센터”** 역할을 하기 위한 **상호협력의 의지와 역량을 결집**하고자 한다.

다. 추진 전략

- ① 본 로드맵의 효과적 추진을 위해 첫째 **중장기 전략적 핵심/원천 기술**에 집중한다.
 - 글로벌 시장 선점, 세계 1등 도약을 위한 신기술 동향 및 전망을 제시하고
 - 3년 단기 상용화 R&D에 집중하는 중소벤처기업부 기술로드맵과 중장기 연계한다.
- ② 둘째 중소·중견기업의 **기술혁신 수요**에 기반한다.
 - 세계시장으로 도약하기 위한 기술혁신형 중소·중견기업을 대상으로 하며
 - 이들 기업들의 수요를 최대한 반영하기 위해 노력한다.

- ③ 셋째 4대 과학기술원의 **공동연구 및 기술이전**을 지향한다.
- 4대 과학기술원의 기술역량을 결집, 협력하여 중소기업의 기술혁신을 지원하고
 - 축적된 기술 및 지식과 중소기업의 수요를 **매칭하여 기술 이전, 상용화한다.**

라. 추진 배경 (본문 p.6~17)

- 1) 본 로드맵을 추진하게 된 배경은 크게 다음과 같이 요약할 수 있다. 무엇보다 우리나라 중소기업들의 **기술혁신 역량 취약**에서 비롯되었다.
 - 고용비중은 88%로 OECD 국가 중 최고이나 기술력, 부가가치 등의 대기업 대비 생산성 및 경쟁력은 최하 수준
 - 혁신적 중소기업의 비중은 중간수준에 머물고 있으며 그나마 ICT(정보통신기술) 비중이 최고수준으로 높기 때문
 - 독자적인 기술혁신 및 연구개발, 제품개발, 마케팅 역량을 갖추지 못하고 국내외 대기업의 하청생산에 의존하는 제조 중심의 기업 비중이 높음
 - 기술역량은 선진국의 75%에 머물고 있음
 - 자본, 인재, 기술이 대기업에 편중되어 중소기업의 경영 여건이 아주 열악하고 입지가 좁음
- 2) 또한 **외부 협업**을 통한 **기술혁신 지원 중심으로 중소기업 지원 전략의 전환**이 필요하다.
 - 중소기업의 전문 기술인력 부족, 기술혁신 인프라 부족으로 기술혁신 역량을 가진 **대학, 연구소** 등의 외부 전문기관 협업이 필수적
 - 기술혁신을 통한 성장, 해외시장 도전의 의지가 큰 중소기업들에게 **중장기 전략 기술의 방향을 제시할 구체적인 로드맵**을 개발, 공유하여 협업 과제 및 파트너를 발굴하고 지원해야 함
- 3) **4대 과학기술원**의 중소기업 기술혁신을 위한 **기술 및 지식과 기술혁신의 역량 결집 및 협력**이 필요하다.
 - 축적된 기술, 지식과 연구 인력 및 장비 등의 인프라 등을 활용하여 중소기업 기술혁신을 위해 공헌할 **사회적 책임** 증대, **롤 모델** 수행이 필요
 - 4대 과학기술원이 보완적 협업을 통한 시너지 발휘하기 위해 **공유해야 할 전략적 기술 로드맵**이 필요함

2. 주요 내용

가. 기술혁신 전략 로드맵(SMB-STAR)의 내용 및 구성

1) 6개 중장기 전략 기술 분야별(〈표 1〉 참조)로 분과를 구성하고 각 분과별로 기술 로드맵 도출을 위하여 활동하였다.

- 6개 기술 분과 : 첨단 소재부품, 공정장비, 바이오 및 헬스케어, ICT/SW, 기계항공, 제조 자동화 및 지능화

※ 제조 자동화 및 지능화 분과 내용은 본 보고서에 포함 않음

〈표 1〉 5대 기술 분과별 중소·중견기업 중장기 전략 기술 분야

기술 분과	중소·중견기업 중장기 핵심 원천 기술 분야
첨단 소재부품 (본문 p.21~56)	-고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술 -차세대 DRAM(DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술 -배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술
공정장비 (본문 p.57~82)	-반도체 공정: 나노스케일 표면 처리 기술 -수소의 물리적 저장 기술 -수소의 화학적 저장 기술 -수소 운송 및 활용 인프라 구축
바이오 및 헬스케어 (본문 p.83~156)	-마이크로로봇 기반 표적지향성 정밀 치료 연구 및 시술을 위한 3D 자기장 정밀 제어 시스템 -중소기업 대상 바이오시밀러 신약 개발 경쟁력 강화 기술지원 -유전체/오믹스 통합 분석-기반 정밀의료 기술 개발 -통신 네트워크 분석을 이용한 FNIRS 기반 뇌 구조 분석 및 뇌질환 진단 기술 개발
ICT/SW (본문 p.157~192)	-저가형 라이더의 성능 향상을 위한 카메라 영상 기반 3D 보정 기술 -빅데이터 기반의 개인 맞춤형 콘텐츠 자동 추천서비스 기술 -음성 인식을 활용한 대화형 인터페이스 기술 -추상적인 자연 언어 데이터를 해석하는 자연어 처리 기술 -AR/VR 환경의 촉감 정보 전달을 극대화하는 촉각 디스플레이 기술

기술 분과	중소·중견기업 중장기 핵심 원천 기술 분야
기계항공 (본문 p.193~216)	<ul style="list-style-type: none"> -차세대 공작기계 기술 -차세대 금형기술 기술 -차세대 설계기술 기술 -차세대 생산 기술 -차세대 초정밀 이송 기술 -차세대 소자 제조 기술
제조 자동화 및 지능화	<ul style="list-style-type: none"> -공정 및 설비의 이상 조기 탐지 및 대응 기술 -품질 검사 자동화 및 지능화 기술 -공정 및 물류 자동화 및 지능화 기술 -공정 센서 및 고속 스트리밍 데이터 처리 기술

2) 기술 분야별로 로드맵은 <표 2>와 같은 내용 및 형식으로 구성하였다.

<표 2> 중장기 전략 기술 로드맵 내용 및 구성 형식

기술 분야별 구성	세부 내용
1. 기술 개요	<ul style="list-style-type: none"> - 정의, 범위, 중요성 - 주요 기술 분류 - 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정(선정 사유)
2. 기술 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 기술 현황 - 중장기 기술발전 전망 - 선도 기관/ 기업/ 국가 등
3. 산업 및 시장 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 산업 분석: 산업 규모, 구조, 선도 기업, 전후방 공급체인 등 - 시장 분석: 시장 규모, 성장 전망
4. 핵심 전략 기술 및 로드맵	<ul style="list-style-type: none"> - 기술 개발 목표 및 전략 - 전략 기술 후보: 기술명, 개요, 중요성 - 단계별 기술 개발 마일스톤(로드맵) - 기술별 수요 중소·중견 기업 후보 및 의견 - 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

3) 4대 과학기술원 교수진을 중심으로 진행된 본 연구는 기술혁신형 중소·중견기업 전문가, 특히 4대 과학기술원 소재부품장비 중소기업 기술자문단 연구진들의 자문을 통해 가능한 관련 전문가, 기업 현장의 의견을 최대한 수렴하였다.

- 4) 중소·중견기업들의 광범위한 의견 수렴을 위해 **공청회**를 개최하고(2020.1.22) 제시된 기술에 대한 **수요 설문조사**(1094개 중소·중견기업 응답) 또한 실시하였다.

나. 기술수요 설문 조사의 주요 결과 (본문 p.217~257)

- 1) 본 로드맵이 글로벌 경쟁력을 가질 수 있는 국내 중소·중견기업과 협력을 할 경우 **시장에서 성과를 낼 수 있는 수준으로 기업 현장에서 인지하는가를 검증**하였다.
- 2) 본 로드맵에서 제안한 기술에 대해 중요성을 인식하고 해당 기술에 대해 기업 내 기술적 준비 수준을 갖추었으며 4대 과기원과 **협력 의사가** 있는 수요기업이 존재할 때 본 로드맵이 실제 R&D 사업과 연결될 수 있으며 정책적 타당성을 입증할 수 있다.
- 3) 위와 관련하여 조사를 실시한 21개의 기술에 관하여, 기술에 관한 중요성 인식이 7점 만점에서 6점 이상으로 높으면서, 기업 내 해당 기술에 관한 기술개발 단계가 시작품 단계 이상이고, 4대 과기원과 협력 필요성을 7점 만점에서 6점 이상으로 높게 인식하는 경우를 파악한 결과 21개 기술 모두에서 이를 모두 만족하는 기업이 존재함을 확인하였다.
- 4) 제안 기술마다 단기, 중기, 장기 수요 비중이 각기 다르게 나타나 각 기술 분야마다 **단기, 중기, 장기 중요성을 고려한** 지원이 필요한 것으로 나타났으며, 제안 기술들에 관해 기업 현장에서는 **기술협력**뿐 아니라 **인력, 인프라, 마케팅** 등 다양한 부분에서의 지원을 필요로 하고 있는 것으로 나타났다.

3. 요약 및 제언

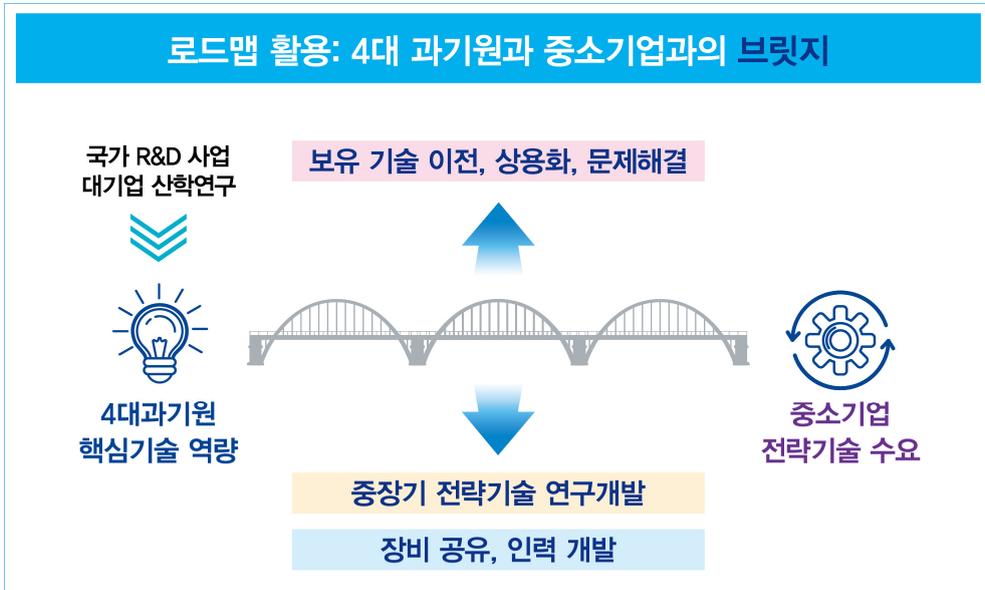
가. 요약

- ① 중소·중견기업의 세계 시장 도약을 위해서는 중장기적 전략 기술의 개발이 필수적이다.
- ② 이를 위해 중소·중견기업의 중장기 전략 기술의 방향을 제시하는 **로드맵**이 필요하다.
- ③ **4대 과학기술원의 6개 분야** 교수들이 분과를 구성하여 협력, 협업하여 **로드맵 시안**을 개발하여 본 보고서에 제시하였다.
- ④ 도출된 로드맵의 기술에 대해 중소·중견기업의 **수요를 설문으로 조사**하고 **공청회**를 통해 의견을 수렴하고 조정하였다.

나. 제언

- ① 본 로드맵을 지속적으로 발전, 갱신하고 홈페이지, 교육, 워킹숍, 등을 통한 공유 및 전파하는 노력과 체제가 필요하다.
- ② 본 로드맵을 정부의 중소기업 지원 정책과 연계하여 활용하는 노력과 체제 또한 필요하다.
 - 중소기업부에서 개발, 운영하고 있는 단기 기술로드맵과 연계
 - 정부는 본 로드맵의 기술에 대해 수요가 있는 기업을 발굴하여 공동 연구개발을 지원(지원 사업 기획 및 개발)
- ③ 4대 과학기술원은 과학기술정보통신부, 중소기업벤처부와 협력하고 지원을 받아 본 로드맵을 지속적으로 발전, 공유, 전파하고 기술 수요 기업을 발굴하고 상호 협력하여 기술개발을 하기 위한 “4대 과기원-중소기업 공동 기술혁신 센터” 등의 조직과 체제를 갖추어야 한다.

〈그림 1〉 “중소기업 기술혁신 전략 로드맵”의 활용



목차

I. 총론	3
1. 연구개요	3
2. 추진배경	6
3. 추진전략 및 향후 계획	16
II. 첨단 소재부품 분과	21
(1) DRAM 핵심소재 및 제품	21
1. 기술 개요	21
2. 기술 분석	25
3. 산업 및 시장 분석	27
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	30
(2) 이차전지용 핵심소재 및 제품	33
1. 기술 개요	33
2. 기술 분석	35
3. 산업 및 시장 분석	38
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	42
(3) NAND 핵심소재 및 제품	44
1. 기술 개요	44
2. 기술 분석	48
3. 산업 및 시장 분석	50
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	51
III. 공정장비 분과	57
(1) 반도체공정: 나노스케일 표면 처리 기술	57
1. 기술 개요	57
2. 기술 분석	60
3. 산업 및 시장 분석	61
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	62

(2) 수소의 물리적 저장 기술	63
1. 기술 개요	63
2. 기술 분석	65
3. 산업 및 시장 분석	66
4. 핵심	67
(3) 수소의 화학적 저장 기술	69
1. 기술 개요	69
2. 기술 분석	71
3. 산업 및 시장 분석	71
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	73
(4) 수소 운송 및 활용 인프라 구축	75
1. 기술 개요	75
2. 기술 분석	76
3. 산업 및 시장 분석	77
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	77
IV 바이오 및 스마트 헬스케어 분과	83
(1) 마이크로로봇 기반 표적지향성 정밀 치료 연구 및 시술을 위한 3D 자기장 정밀 제어 시스템	83
1. 기술 개요	83
2. 기술 분석	86
3. 산업 및 시장 분석	89
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	94
(2) 중소기업 대상 바이오시밀러 신약 개발 경쟁력 강화 기술 지원	98
1. 기술 개요	98
2. 기술 분석	100
3. 산업 및 시장 분석	102
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	113

(3) 유전체/오믹스 통합 분석 기반 정밀의료 기술 개발	126
1. 기술 개요	126
2. 기술 분석	131
3. 산업 및 시장 분석	139
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	142
(4) 통신 네트워크 분석을 이용한 FNIRS 기반 뇌 구조 분석 및 뇌질환 진단 기술 개발	148
1. 기술 개요	148
2. 기술 분석	149
3. 산업 및 시장 분석	149
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	149
V ICT/SW 분과	157
(1) 저가형 라이더의 성능 향상을 위한 카메라 영상 기반 3D 보정 기술	159
1. 기술 개요	159
2. 기술 분석	160
3. 산업 및 시장 분석	161
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	161
(2) 빅데이터 기반의 개인 맞춤형 콘텐츠 자동 추천서비스 기술	164
1. 기술 개요	164
2. 기술 분석	165
3. 산업 및 시장 분석	166
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	167
(3) 음성 인식을 활용한 대화형 인터페이스 기술	170
1. 기술 개요	170
2. 기술 분석	172
3. 산업 및 시장 분석	172
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	173
(4) 추상적인 자연 언어 데이터를 해석하는 자연어 처리 기술	175
1. 기술 개요	175
2. 기술 분석	176
3. 산업 및 시장 분석	177
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	178

(5) AR/VR 환경의 촉감 정보 전달을 극대화하는 촉각 디스플레이 기술	181
1. 기술 개요	181
2. 기술 분석	182
3. 산업 및 시장 분석	184
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	184
Ⅶ. 기계항공 분과	193
1. 기술 개요	193
2. 기술 분석	196
3. 산업 및 시장 분석	200
4. 핵심 전략기술 및 로드맵	205
Ⅷ. 중소기업기술혁신 전략 로드맵 설문조사 결과 및 제언	217
1. 설문 조사의 목적 및 조사 프로세스	217
2. 설문 응답 정보	218
3. 4대 과기원 추천 유망 기술을 중요하게 인식하며 과기원과 협력하려는 의도가 높은 중소·중견기업 파악	223
4. 분과별 세부기술에 대한 응답기업의 기술개발 단계	225
5. 분과별 세부기술에 대한 응답기업의 인지된 기술 격차	228
6. 4대 과기원 선정기술 개발을 통한 글로벌 경제력 향상	231
7. 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 자원의 필요성 및 방향성	235
8. 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 협력 필요성	243
9. 4대 과기원 선정기술에 대한 중요성 인식	247
10. 설문조사 결과 요약 및 시사점 도출	253
“중소기업 기술혁신 전략 로드맵” 추진 경과	258
집필진	259

표 목차

[표 I-1] 5대 기술 분과별 중소·중견기업 중장기 핵심 원천 기술 분야	4
[표 I-2] 중장기 핵심 원천 기술 분야별 내용 및 구성	5
[표 I-3] 기술개발 중소기업체의 기술수준 및 기술개발 실적	9
[표 I-4] 우리나라 중소·중견기업의 수요기업/고객별 비중	12
[표 I-5] 주요 5개국의 기업 규모별 총연구개발비 및 정부 지원 연구개발비	13
[표 I-6] 주요 국가 기술로드맵 개요	15
[표 II-1] DRAM 표준 규격별 특징	22
[표 II-2] 각국의 산업현황과 정부 R&D 전략	27
[표 II-3] 제품분류 관점 기술범위	34
[표 II-4] 공급망 관점 기술범위	34
[표 II-5] 이차전지용 핵심소재 분야 핵심요소 기술	35
[표 II-6] 주요 이차전지 생산업체별 supply chain	40
[표 II-7] 선도 기관	49
[표 II-8] 글로벌 반도체 시장 전망 NAND	51
[표 III-1] 전략 기술에 따른 반도체 공정 관점 기술 분류와 대표 세부 기술	59
[표 III-2] 전략 기술 기반 반도체 공정 기술에 따른 국내의 기술 현황	60
[표 III-3] 수소의 물리적 저장 기술 분류와 대표 세부 기술	64
[표 III-4] 수소의 화학적 저장 기술 분류와 대표 세부 기술	70
[표 III-5] 수소 운송 및 인프라 구축 기술 분류와 대표 세부 기술	76
[표 IV-1] 국내외 자기장 제어시스템의 종류와 구성	84
[표 IV-2] 마이크로로봇 및 자기장 제어 통합 시스템 주요기술 분류표	86
[표 IV-3] 제품별 경쟁 현황 분석	87
[표 IV-4] 회사별 자기장 제어 시스템 분석	88
[표 IV-5] TRL 4단계에 따른 기술 개발 추진 일정	97
[표 IV-6] 바이오시밀러 관련 주요기술 분류	99
[표 IV-7] 제약산업의 일반적, 산업구조적 특징	103
[표 IV-8] 의약 제품의 분류	104
[표 IV-9] 의약품의 종류 및 비교	105
[표 IV-10] 약물소개별 신약 분류 및 개발 트렌드	106
[표 IV-11] 2017년 FDA approval 펩타이드 현황	112

[표Ⅳ-12] 펩타이드 의약품 시장 SWOT 분석	119
[표Ⅳ-13] 사업화 단계별 투자비용 산정 기준 및 효율화 방안	122
[표Ⅳ-14] 연도별 과기원 지원 역할	123
[표Ⅳ-15] 중장기 사업화 로드맵	124
[표Ⅳ-16] 제품 분류 관점 및 세부 기술	130
[표Ⅳ-17] 활용분야 관점 세부 기술	131
[표Ⅳ-18] 선도 기관	135
[표Ⅳ-19] 산업 구조	140
[표Ⅳ-20] 유전체 분석 및 정보 분석 분야의 국내 시장규모 및 전망	141
[표Ⅳ-21] 시장 SWOT 분석	145
[표Ⅵ-1] 기계항공 분야 주요기술 분류	195
[표Ⅶ-1] 설문 메일 발송 및 설문 응답 정보	218
[표Ⅶ-2] 분과별 응답기업 규모 (빈도수)	218
[표Ⅶ-3] 응답기업 산업 정보 (중복 응답 가능)	219
[표Ⅶ-4] CT/SW분과 선정 세부기술 설명	220
[표Ⅶ-5] 첨단소재부품분과 선정 세부기술 설명	220
[표Ⅶ-6] 기계항공분과 선정 세부기술 설명	221
[표Ⅶ-7] 공정장비분과 선정 세부기술 설명	221
[표Ⅶ-8] 바이오-스마트헬스분과 선정 세부기술 설명	222
[표Ⅶ-9] 설문 응답기업 중 4대 과기원 우선 지원 기업의 세부기술별 현황	224
[표Ⅶ-10] 응답기업의 세부기술 개발 단계, ICT/SW분과 (빈도수)	226
[표Ⅶ-11] 응답기업의 세부기술 개발 단계, 첨단소재부품분과 (빈도수)	226
[표Ⅶ-12] 응답기업의 세부기술 개발 단계, 기계항공분과 (빈도수)	227
[표Ⅶ-13] 응답기업의 세부기술 개발 단계, 공정장비분과 (빈도수)	227
[표Ⅶ-14] 응답기업의 세부기술 개발 단계, 바이오-스마트헬스분과 (빈도수)	228
[표Ⅶ-15] 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, ICT/SW분과 (중위값)	229
[표Ⅶ-16] 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, 첨단소재부품분과 (중위값)	229
[표Ⅶ-17] 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, 기계항공분과 (중위값)	230
[표Ⅶ-18] 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, 공정장비분과 (중위값)	230
[표Ⅶ-19] 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, 바이오-스마트헬스분과 (중위값)	230
[표Ⅶ-20] 4대 과기원 선정기술 개발을 통한 글로벌 경쟁력 향상 (평균)	231
[표Ⅶ-21] 4대 과기원 선정기술 개발을 통한 제품 품질 경쟁력 향상 인식 비교	234
[표Ⅶ-22] 4대 과기원 선정기술 개발을 통한 제품 품질 경쟁력 향상 인식 비교	235
[표Ⅶ-23] 4대 과기원 선정기술개발을 위한 지원의 필요성 및 방향성 (평균)	236
[표Ⅶ-24] 기술개발을 위한 인력 자원의 필요성 비교 (기업 규모)	241

[표Ⅶ-25] 기술개발을 위한 인프라 지원의 필요성 비교 (기업 규모)	241
[표Ⅶ-26] 기술개발을 위한 기술협력 자원의 필요성 비교 (기업 규모)	242
[표Ⅶ-27] 기술개발을 위한 마케팅 지원의 필요성 비교 (기업 규모)	242
[표Ⅶ-28] 기술개발을 위한 인력 자원의 필요성 비교 (기술 개발 단계)	242
[표Ⅶ-29] 기술개발을 위한 기술협력 지원의 필요성 비교 (기술 개발 단계)	243
[표Ⅶ-30] 기술개발을 위한 마케팅 지원의 필요성 비교 (기술 개발 단계)	243
[표Ⅶ-31] 4대 과기원 선정기술개발을 위한 협력 필요성 (평균)	244
[표Ⅶ-32] 4대 과기원과의 협력 필요성 비교 (기업 규모)	246
[표Ⅶ-33] 4대 과기원과의 협력 필요성 비교 (기술 개발 단계)	247
[표Ⅶ-34] 4대 과기원 선정기술에 대한 응답기업의 중요성 인식	248
[표Ⅶ-35] 단기 중요성 인식 비교 (기업 규모)	252
[표Ⅶ-36] 장기 중요성 인식 비교 (기업 규모)	252
[표Ⅶ-37] 응답기업 중 4대 과기원 우선 지원 기업의 분과별 비율 (%)	253
[표Ⅶ-38] 인력 자원을 가장 필요로 하는 세부기술 (평균, 7점 만점)	254
[표Ⅶ-39] 인프라 지원을 가장 필요로 하는 세부기술 (평균, 7점 만점)	254
[표Ⅶ-40] 기술협력 지원을 가장 필요로 하는 세부기술 (평균, 7점 만점)	255
[표Ⅶ-41] 마케팅 지원을 가장 필요로 하는 세부기술 (평균, 7점 만점)	255

그림 목차

[그림 I-1] 한국의 총생산 및 수출 성장률	6
[그림 I-2] OECD국의 기업 규모별 고용 비중 비교	7
[그림 I-3] 우리나라 중소기업 생산성 증가율	7
[그림 I-4] 중소기업과 대기업간 생산성 격차	8
[그림 I-5] 기업 규모별 국제 혁신 공동연구 참여 비중 국제 비교	8
[그림 I-6] 기술개발 중소기업의 기술협력 방식	10
[그림 I-7] 중소기업이 자체 기술개발 수행 시 애로 요인	10
[그림 I-8] 중소기업이 공동, 위탁 기술개발 수행 시 애로 요인	11
[그림 I-9] GDP 대비 R&D 투자 국제 비교	12
[그림 I-10] 정부의 GDP 대비 R&D 투자 국제 비교(2015년)	13
[그림 II-1] DRAM 및 분류표	21
[그림 II-2] DDR5 PMIC 주요기술 분류표	23
[그림 II-3] DDR5 PMIC 핵심기술선정	23
[그림 II-4] PC DRAM 가격 추이	29
[그림 II-5] 용도별 DRAM 시장 규모 (억 GB)	29
[그림 II-6] 2분기 글로벌 DRAM 시장 점유율	30
[그림 II-7] 단계별 기술개발 마일스톤	31
[그림 II-8] 이차전지 구조	33
[그림 II-9] 리튬이차전지용 4대 소재 국가별 시장 점유율(2015)	39
[그림 II-10] 리튬이차전지 시장 성장 추이 및 전망	42
[그림 II-11] 단계별 기술개발 마일스톤	43
[그림 II-12] 낸드플래시 메모리구조(CTF → 3D V-NAND)	44
[그림 II-13] 3D V-NAND	45
[그림 II-14] 국내의 주요기업 기술 현황	48
[그림 II-15] NAND 가격 추이	51
[그림 II-16] 단계별 기술 개발 마일스톤	52
[그림 III-1] 반도체 패러다임의 변화	57
[그림 III-2] 세계 반도체 장비 시장 규모	61
[그림 III-3] 단계별 기술 개발 마일스톤	62
[그림 III-4] 수소경제의 벨류체인	64

[그림Ⅲ-5] 글로벌 연료전지 시장 규모 전망 추이	66
[그림Ⅲ-6] 단계별 기술 개발 마일스톤	68
[그림Ⅲ-7] 수소저장 방법의 분류	69
[그림Ⅲ-8] 주요국가의 수소와 연료 전지를 위한 정보 R&D 예산	72
[그림Ⅲ-9] 미국의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모 변화 추이	72
[그림Ⅲ-10] 단계별 기술 개발 마일스톤	74
[그림Ⅲ-11] 수소 운송 방식 분류	75
[그림Ⅲ-12] 단계별 기술 개발 마일스톤	78
[그림Ⅳ-1] 세계 사망 원인 순위	83
[그림Ⅳ-2] 자기장 제어시스템 종류	84
[그림Ⅳ-3] 정밀 자기장 제어시스템의 구매 잠재성이 있는 대표적인 국외 연구그룹	89
[그림Ⅳ-4] Stereotaxis사의 the Niobe system	90
[그림Ⅳ-5] Stereotaxis사의 the Genesis system	90
[그림Ⅳ-6] 세계 약물전달시스템 시장의 규모 및 전망	91
[그림Ⅳ-7] 국내 약물전달시스템 시장의 규모 및 전망	92
[그림Ⅳ-8] 세계 로봇수술 시장규모 및 전망	93
[그림Ⅳ-9] 국내 로봇수술 시장규모 및 전망	93
[그림Ⅳ-10] 국내 로봇산업 실태조사	94
[그림Ⅳ-11] DGIST에서 제작된 자기장 정밀제어 시스템 시작품	96
[그림Ⅳ-12] TRL 단계	96
[그림Ⅳ-13] 주요 블록버스터 바이오시밀러 시장 규모 및 특허종료 시한	99
[그림Ⅳ-14] 글로벌 바이오시밀러 기술개발 현황	102
[그림Ⅳ-15] 신약개발 R&D 비용 규모와 생산성 추이	107
[그림Ⅳ-16] 대형 제약업체와 바이오업체 간의 M&A 추이	108
[그림Ⅳ-17] 제약산업 분업구조 변화 및 한국과 미국의 분업구조 현황	109
[그림Ⅳ-18] 글로벌 펩타이드 의약품 시장규모	109
[그림Ⅳ-19] 펩타이드 의약품 적용 분야별 시장점유율 및 주요 제품	110
[그림Ⅳ-20] 2017년 FDA approval 신약 현황	111
[그림Ⅳ-21] 기술 개발 목표 및 전략	113
[그림Ⅳ-22] Erythropoietin (EPO) 작용 매커니즘 및 효과	115
[그림Ⅳ-23] EPO 구조 및 EPOR binding sites	116
[그림Ⅳ-24] 글로벌 EPO 의약품 시장규모	117
[그림Ⅳ-25] 단계별 기술 개발 마일스톤	121
[그림Ⅳ-26] 유전자 정보의 분자 간 흐름 및 오믹스(Omics) 분석타겟	127
[그림Ⅳ-27] 유전체/오믹스 정보기반 맞춤형/정밀 의료기술개발 및 활용	128

[그림Ⅳ-28] 다중 오믹스-기반 정밀의료기술 개발	129
[그림Ⅳ-29] 유전체 분석 기술의 발달에 따른 분석비용의 급격한 하락	132
[그림Ⅳ-30] 단일세포 유전자 발현조절 기법 파이프 라인	132
[그림Ⅳ-31] 유전체-다중오믹스 통합 플랫폼 기술 개요	142
[그림Ⅳ-32] 유전체-전사체-단백체-대사체로의 정보 변환 및 외부 환경에 의한 조절	144
[그림Ⅳ-33] 단계별 기술 개발 마일스톤	146
[그림Ⅳ-34] 근적외선 빛의 대뇌 투과도 및 Oxy, Deoxy hemoglobin 성분의 근적외선 빛 흡수도 차이	148
[그림Ⅳ-35] 기개발된 휴대용 근적외선 뇌 영상장치	150
[그림Ⅴ-1] 미래 일상생활 시나리오에서 도출된 중장기 전략 기술	158
[그림Ⅴ-2] LiDAR 시장 현황 및 전망 분석	161
[그림Ⅴ-3] 저가형 라이드어의 성능 향상을 위한 카메라 영상 기반 3D 보정 기술	163
[그림Ⅴ-4] 빅데이터 기반의 개인 맞춤형 콘텐츠 자동 추천서비스의 주요기술 분류	165
[그림Ⅴ-5] 전세계 추천 검색 엔진 시장 예측 성장그래프	167
[그림Ⅴ-6] 빅데이터 기반의 개인 맞춤형 콘텐츠 자동 추천서비스 기술 진행 로드맵	168
[그림Ⅴ-7] 대화형 유저 인터페이스의 전체적인 구조	170
[그림Ⅴ-8] 기존 유조 인터페이스와 대화형 유저 인터페이스 비교	171
[그림Ⅴ-9] 챗봇, 대화형 인터페이스 및 가상 도우미 기술 시장의 성장 예측 그래프	173
[그림Ⅴ-10] 음성 인식을 활용한 대화형 인터페이스 기술 진행 로드맵	174
[그림Ⅴ-11] AI 시장 규모	177
[그림Ⅴ-12] 관련 기술 전망	178
[그림Ⅴ-13] 추상적인 자연 언어 데이터를 해석하는 자연어 처리 기술 진행 로드맵	180
[그림Ⅴ-14] VR/AR 및 햅틱 분야 세계 시장 규모 및 전망	184
[그림Ⅴ-15] VR/AR 환경의 촉각 정보 전달을 극대화하는 촉각 디스플레이 기술 진행 로드맵	186
[그림Ⅵ-1] 2015 Market Dynamics Behind Industry 4.0 & IOT	193
[그림Ⅵ-2] 한국 기계항공 산업과 기술이 집중해야 할 방향	194
[그림Ⅵ-3] Prosumer manufacturing 제품의 응용 예시	202
[그림Ⅵ-4] 국내 제조업용 로봇 산업 전망	203
[그림Ⅵ-5] 공작기계 관련 수출입 및 국산화율 변화	203
[그림Ⅵ-6] 이송 그리퍼에 대한 세계시장 전망 그래프	204
[그림Ⅵ-7] ECA 세계 시장 규모	205
[그림Ⅵ-8] 금형 가공시 톨마크 및 가공량 검출 기술 개발	206
[그림Ⅵ-9] 고객 수요 맞춤형 생산 및 표면처리 기술	207
[그림Ⅵ-10] 초정밀 비손상/비오염 유연 생산 및 제조 장비 기술 개요	208
[그림Ⅵ-11] 금형 사상 가공 및 장비 기술 로드맵	209

[그림 VI-12] 금형 가공 최적화 및 모니터링 기술 로드맵	209
[그림 VI-13] 신뢰성 높은 강건 생산 설계 및 시스템 기술 로드맵	210
[그림 VI-14] 고객 수요 맞춤형 생산 및 표면처리 기술 로드맵	210
[그림 VI-15] 초정밀 비손상/비오염 유연 생산 및 제조 장비 기술 로드맵	211
[그림 VI-16] 스마트 소자 필름용 소자 제조 장비 기술 로드맵	211
[그림 VII-1] 설문 프로세스	217
[그림 VII-2] 세부기술 개발을 통한 제품 품질 경쟁력 향상	232
[그림 VII-3] 세부기술 개발을 통한 제품 가격 경쟁력 향상	233
[그림 VII-4] 세부기술개발을 위한 인력 지원의 필요성	237
[그림 VII-5] 세부기술개발을 위한 인프라 지원의 필요성	238
[그림 VII-6] 세부기술개발을 위한 기술협력 지원의 필요성	239
[그림 VII-7] 세부기술개발을 위한 마케팅 지원의 필요성	240
[그림 VII-8] 세부기술 개발을 위한 4대 과기원과의 협력 필요성	245
[그림 VII-9] 세부기술에 대한 응답기업의 단기 중요성 인식	249
[그림 VII-10] 세부기술에 대한 응답기업의 중기 중요성 인식	250
[그림 VII-11] 세부기술에 대한 응답기업의 장기 중요성 인식	251
[그림 VII-12] 기술 개발의 협력 필요성 및 단기 중요성에 따른 세부기술의 중요도 분석	256
[그림 VII-13] 기술 개발의 협력 필요성 및 중기 중요성에 따른 세부기술의 중요도 분석	257
[그림 VII-14] 기술 개발의 협력 필요성 및 장기 중요성에 따른 세부기술의 중요도 분석	257



I

총론

1. 연구개요
2. 추진배경
3. 추진전략 및 향후 계획

A circular graphic composed of several concentric white lines. Five white circular icons are placed around the inner circle: a person with a gear, a person with a magnifying glass, a handshake, a person with a gear, and a person with a gear. The text is centered within the innermost circle.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology
Advancement Roadmap

I. 총론

1. 연구 개요

가. 연구의 목적 및 목표

- 1) 본 “중소기업 기술혁신 전략 로드맵”의 목표 및 목적은 기술혁신 의지와 잠재력이 있는 기술혁신형 중소·중견기업의 중장기 핵심·원천 기술 수요를 식별, 정의하여 분야별 단계적 기술 개발 목표 및 전략(로드맵)을 수립하는 것임
- 2) 우리나라 경제의 지속적인 발전을 위해서 중소기업의 성장과 발전이 절대적으로 요구됨
- 3) 특히, 중소기업이 지속적으로 성장과 발전을 하기 위해서는 글로벌 경쟁력을 갖춰야 하며 이는 기술력을 바탕으로 한 혁신을 통해 달성 가능
- 4) 안타깝게도 현재 우리나라 중소기업은 영세한 수준이거나 혹은 대기업 의존적인 경우가 대부분이어서 글로벌 경쟁력이 취약함
- 5) 국가 차원에서 중소기업 관련 산업에서의 기술 변화가 미래에 어떻게 전개되고, 그러한 기술 생태계에서 우리나라 중소기업이 반드시 선택과 집중해야 하는 분야가 어떤 것인지에 대한 장기적이고 전략적인 방향성이 부족
- 6) 본 기술 로드맵에 담긴 기술에 대한 정보와 4대 과기원 연구진들의 전문적 판단은 기업가, 정책가, 관련 전문가들에게 기술적 방향성을 제시할 것임
- 7) 또한 본 로드맵이 4대 과학기술원이 그동안 축적해온 기술과 역량을 바탕으로 산학협력 과제, 기술 지원 등에 활용되어 우리나라 중소·중견기업의 역량 강화와 글로벌 진출에 기여할 수 있기를 기대함

나. 보고서의 구성과 내용

- 1) 본 “중소기업 기술혁신 전략 로드맵”은 핵심 제품·공정·서비스 기술 분야인 첨단소재 부품, 공정장비, 바이오 및 헬스케어, 기계항공, ICT/SW, 제조 자동화 IIC 지능화를 등을 포함함
- 2) 이에 아래 표와 같이 6개 분과로 나누어 분과별로 중소·중견기업이 선택과 집중을 할 수 있는 기술 분야를 도출하였으며, 이러한 기술 분야 각각에 관한 전략적 중장기 방안(기술 로드맵)을 제시함
 - * 주요 핵심기술 분야: 첨단 소재부품, 공정장비, 바이오 및 헬스케어, ICT/SW, 기계항공, 제조 자동화 및 지능화

〈표 1-1〉 기계항공 분야 주요기술 분류

분야	기술명	정의
기계항공	금형 사상 가공 및 장비 기술	로봇 가공 기반 금형 가공시 3축 CNC 갠트리 제어와 독립된 매니플레이터 통합제어 기술 및 장비 기술
	금형 가공 최적화 및 모니터링 기술	실제 기계 조건이 반영된 최적화된 금형 가공 기술 및 모니터링 기술
	신뢰성 높은 강건 생산 설계 및 시스템 기술	외부 노이즈(환경)에 강하고 내/외부 인자의 영향을 덜 받는 최적의 생산 설비 설계 및 시스템 기술
	고객 수요 맞춤형 생산 및 표면처리 기술	집단지성의 설계/해석/개선 작업이 바탕으로 제조 및 상품화 관련 기술
	초정밀 비손상/비오염 유연 생산 및 제조 장비 기술	유연 그립 방식을 기반으로 하여 3차원 복잡한 형상 디바이스를 높은 정밀도로 손상 없이 이송 조립 가능한 기술
	스마트 소자 필름용 소자 제조 장비 기술	다 기능성 스마트 소자 접속 필름을 활용한 저온 및 저압 소자 접속 공정 및 장비기술

- 3) 위와 같이 분과별로 제시된 중소·중견기업 중장기 핵심 원천 기술 분야별로 중장기 전략 방안(기술 로드맵)을 제시하기 위해 각각에 대한 기술 개요, 기술 분석, 산업 및 시장 분석 등이 수행되었으며 최종적으로 단계별 기술개발 마일스톤(로드맵)을 제시함
- 4) 또한 각 기술분야 별로 기술별 수요 중소·중견기업 후보 및 의견, 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보 등을 제시함
- 5) 본 연구의 추진은 각 분과별 4대 과기원 교수진을 중심으로 진행되었으며 기술혁신형 중소·중견기업 전문가, 특히 4대 과기원 소재부품장비 중소기업 기술자문단 등의 자문을 통해 가능한 관련 전문가, 기업 현장의 의견을 수렴함

〈표 1-2〉 중장기 핵심 원천 기술 분야별 내용 및 구성

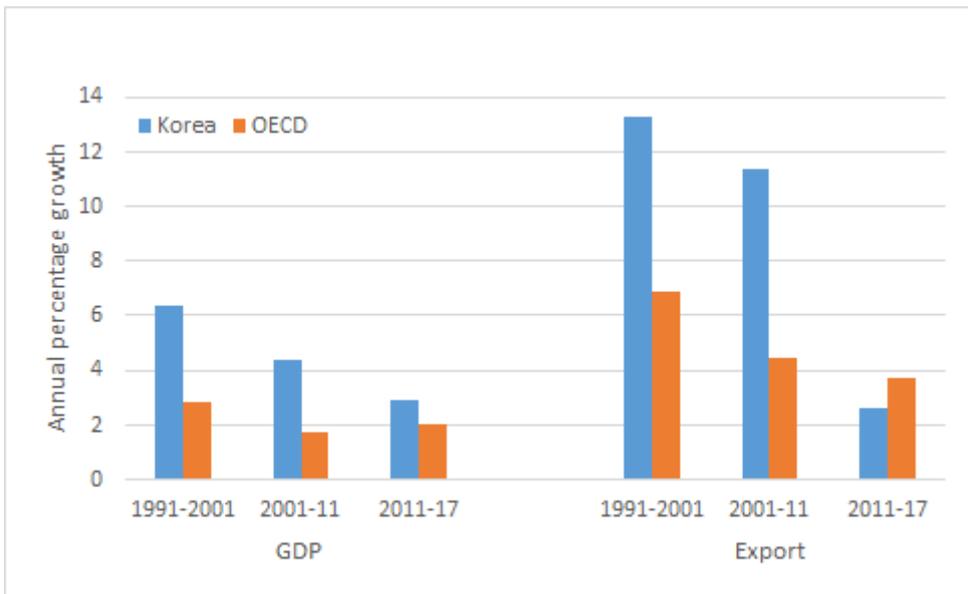
핵심 원천 기술 분야별 구성	세부 내용
1. 기술 개요	<ul style="list-style-type: none"> - 정의, 범위, 중요성 - 주요 기술 분류 - 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정(선정 사유)
2. 기술 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 기술 현황 - 중장기 기술발전 전망 - 선도 기관/ 기업/ 국가 등
3. 산업 및 시장 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 산업 분석: 산업 규모, 구조, 선도 기업, 전후방 공급체인 등 - 시장 분석: 시장 규모, 성장 전망
4. 핵심 전략 기술 및 로드맵	<ul style="list-style-type: none"> - 기술 개발 목표 및 전략 - 전략 기술 후보 : 기술명, 개요, 중요성 - 단계별 기술 개발 마일스톤(로드맵) - 기술별 수요 중소·중견기업 후보 및 의견 - 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 6) 또한 광범위한 의견 수렴을 위한 공청회 개최('20.01.22) 및 기업 기술 수요 조사를 실시해 도출된 기술 분야에 대한 기업 현장의 수요를 파악함
- 7) 본 기업 수요조사 결과 또한 본 보고서 마지막 장에서 제시하였음
- 8) 수요조사를 통해 본 로드맵이 글로벌 경쟁력을 가질 수 있는 국내 중소·중견기업과 협력을 할 경우 시장에서 성과를 낼 수 있는 수준으로 기업 현장에서 인지하는가를 검증하였으며, 또한 무엇보다 본 로드맵에서 제안한 기술에 대해 중요성을 인식하고 해당 기술에 대해 기업 내 기술적 준비 수준을 갖추었으며 4대 과기원과 협력 의사가 있는 수요 기업이 존재함을 확인하여 본 로드맵의 실제 R&D 사업과 연결 가능성과 정책적 타당성을 입증함
- 9) 위와 관련하여 조사를 실시한 21개의 기술에 관하여, 기술에 관한 중요성 인식이 7점 만점에서 6점 이상으로 높으면서, 기업 내 해당 기술에 관한 기술개발 단계가 시제품 단계 이상이고, 4대 과기원과 협력 필요성을 7점 만점에서 6점 이상으로 높게 인식하는 경우를 파악한 결과 21개 기술 모두에서 이를 모두 만족하는 기업이 존재함을 확인

2. 추진 배경

가. 우리나라 중소기업 현황

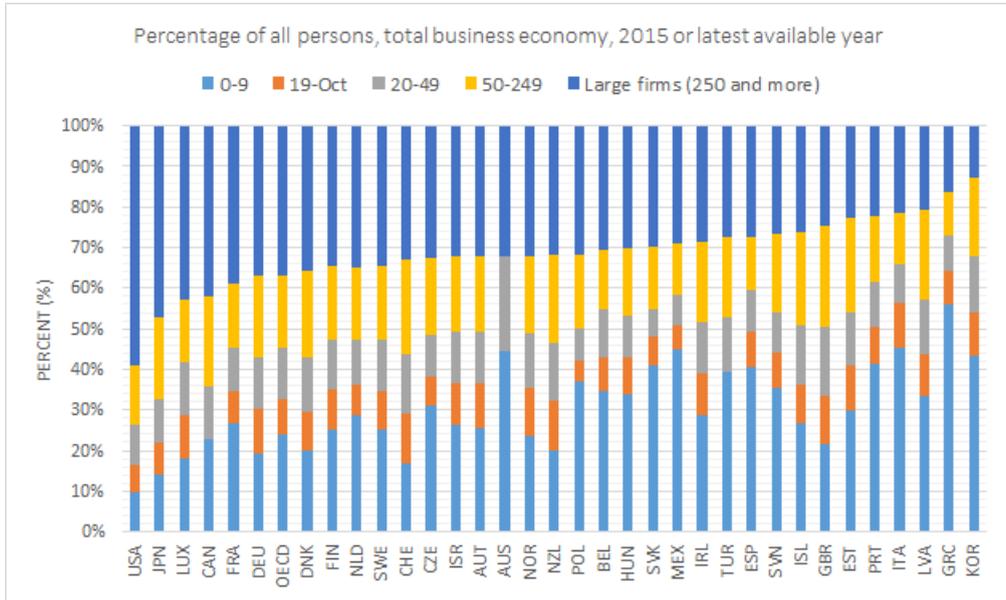
- 1) 한국의 빠른 경제 성장을 추동해온 기존의 대기업 중심 경제 성장 모델이 한계에 직면하며 중소·중견·벤처기업이 새로운 혁신의 동력으로 성장이 요구되는 시점임
- 2) [그림 I-1] 에 나타난 바와 같이 한국의 총생산 및 수출 성장률이 둔화되고 있음
- 3) 또한 우리나라 중소·중견기업¹⁾이 고용에서 차지하는 비중이 OECD국 중 가장 높은 것으로 나타나 중소·중견기업의 역량 강화가 매우 중요한 과제로 드러남
- 4) 국가별 비교에서 [그림 I-2]에서와 같이 한국은 중소·중견기업이 전체 고용의 약 87.2%를 차지하며 가장 비중이 높은 것으로 나타남



출처: OECD Economic Outlook: Statistics and Projections(database).

[그림 I-1] 한국의 총생산 및 수출 성장률

1) 본 고에서 인용된 OECD 보고서는 중소·중견기업을 종사자 250명 미만의 기업으로 정의

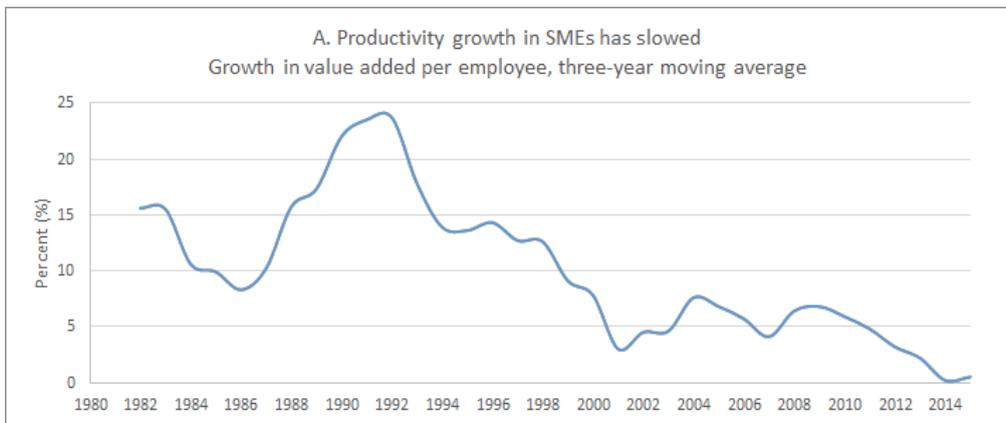


출처: OECD, SDBS Structural Business Statistics (ISIC Rev. 4)database.

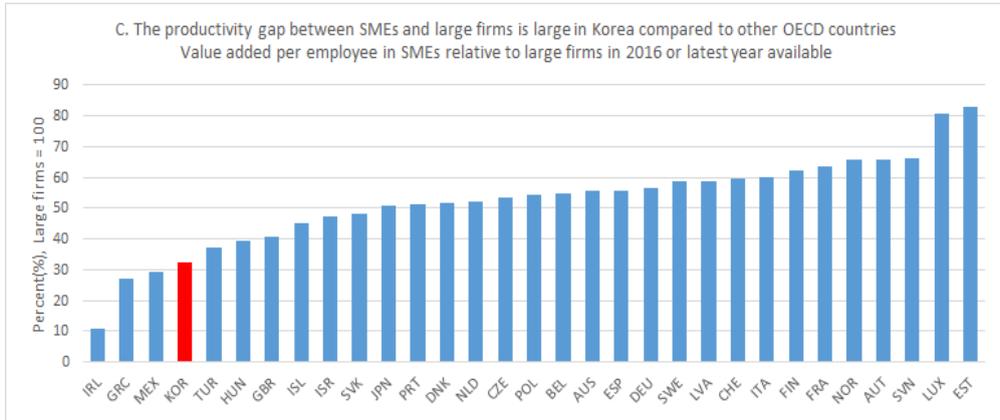
[그림 1-2] OECD국의 기업 규모별 고용 비중 비교

5) 반면 우리나라 중소기업과 대기업 간 생산성 격차가 더욱 증가하고 있음

가) [그림 1-3] 에 나타난 바와 같이 우리나라 중소기업의 생산성 증가율은 1990년대 초반부터 지속적으로 하락해왔으며, OECD국과 비교했을 때 [그림 1-4]에 나타난 바와 같이 대기업의 생산성을 100이라고 했을 때 우리나라 중소기업의 생산성은 32.5%로 OECD국 중 격차가 매우 높은 편으로 나타남



[그림 1-3] 우리나라 중소기업 생산성 증가율

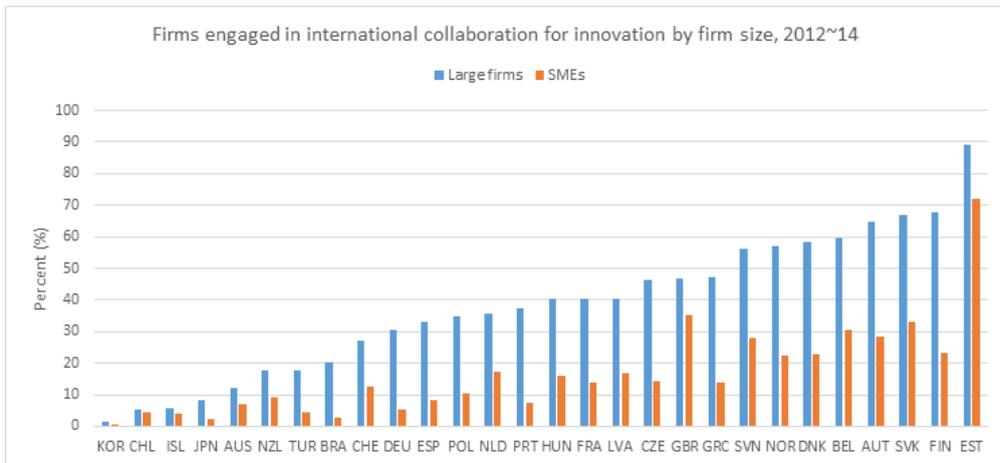


출처: Statistics Korea, KOSIS database; OECD Structural and Demographic Business Statistics (ISIC Rev. 4)(database).

[그림 1-4] 중소기업과 대기업간 생산성 격차

6) 한국 기업 중 기술혁신 관련 국제 공동연구 참여 비중이 대기업, 중소·중견기업 모두 매우 낮은 것으로 나타나 소위 4차 산업혁명으로 대변되는 기술·산업·사회의 변화가 발생하는 시점에서 중요한 정책적 접근이 요구되고 있음

가) [그림 1-5]에 나타난 바와 같이 핀란드는 대기업의 67.7%, 중소·중견기업의 23.4%, 일본은 대기업의 8.2%, 중소·중견기업의 2.3%가 국제 혁신 공동연구에 참여하고 있는 반면 한국은 대기업의 1.4%, 중소·중견기업의 0.4%만이 국제 공동연구에 참여하고 있는 것으로 나타남



출처: OECD (2017).

[그림 1-5] 기업 규모별 국제 혁신 공동연구 참여 비중 국제비교

7) 우리나라 중소기업의 기술수준은 최근 75% 선에 정체를 이루고 있는 가운데 기술개발 성공률과 제품화 성공률은 지속적 하락세에 있음

가) 기술수준 정체 : 77.5%('13년) → 75.3%('14년) → 76.6%('15년)

나) 기술개발 성공률 하락 : 56.1%('13년) → 51.3%('14년) → 48.8%('15년)

다) 제품화 성공률 하락 : 38.7%('13년) → 33.3%('14년) → 31.7%('15년)

〈표 1-3〉 기술개발 중소기업체의 기술수준 및 기술개발 실적 (단위: 건, %)

연도	기술 수준	기술개발 실적			제품화 실적	
		기술개발 시도	기술개발 성공	기술개발 성공률	제품화 성공	제품화 성공률
2015	76.6	4.1	2.0	48.8	1.3	31.7
2014	75.3	3.9	2.0	51.3	1.3	33.3
2013	77.5	5.7	3.2	56.1	2.2	38.7
2011	74.8	5.7	3.3	57.1	2.2	37.7
2009	74.7	5.9	3.5	59.3	2.3	39.4
2007	73.7	5.3	3.1	58.4	1.9	36.2
2005	75.8	9.3	5.7	61.1	4.3	46.0

주: 1) 기술수준은 세계시장에서의 기술수준과 비교하여 정의함 (세계최고=100). 기술개발 성공률은 전체 기술개발시도 건수 대비 성공건수 비율임. 제품화 성공률은 전체 기술개발시도 건수 대비 제품화 성공건수 비율임.

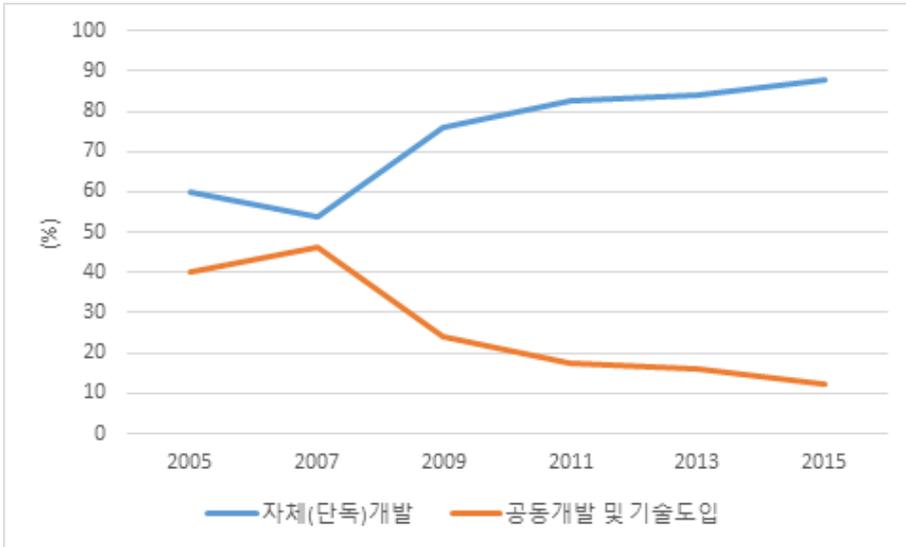
2) 연도는 보고서 발행연도 기준.

출처: 중소기업청·중소기업중앙회(각 연도), 중소기업기술통계조사 보고서.

8) 반면 대부분의 우리나라 중소기업은 공동개발이나 기술도입보다 단독형태의 R&D를 수행하고 있는 것으로 나타남

가) 자체(단독)개발 : 59.8%('05년) → 75.8%('09년) → 87.0%('15년)

나) 공동개발 및 기술도입 : 40.2%('05년) → 24.2%('09년) → 12.1%('15년)

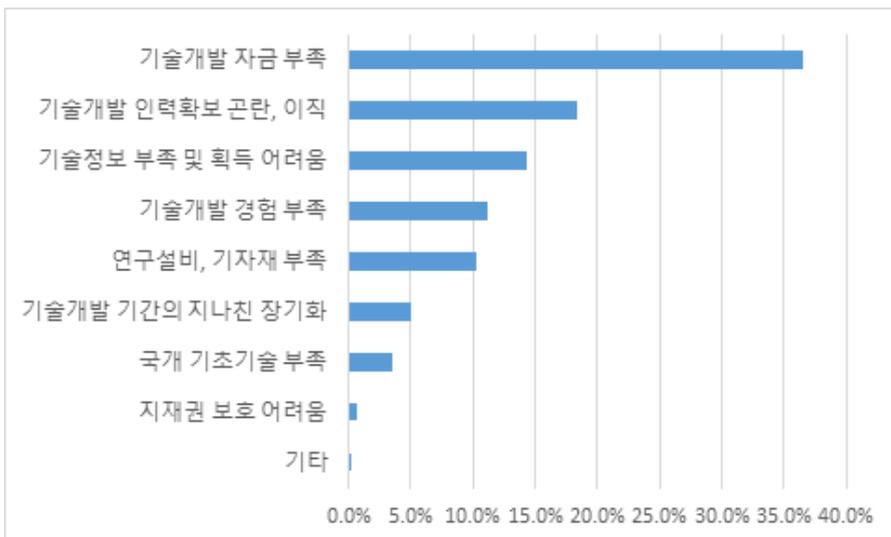


출처: 중소기업청 · 중소기업중앙회(각년도).

[그림 1-6] 기술개발 중소기업체 기술협력 방식

9) 중소기업이 자체 기술개발 수행 시 겪는 가장 큰 어려움은 자금, 인력, 정보 경험의 부족으로 드러남

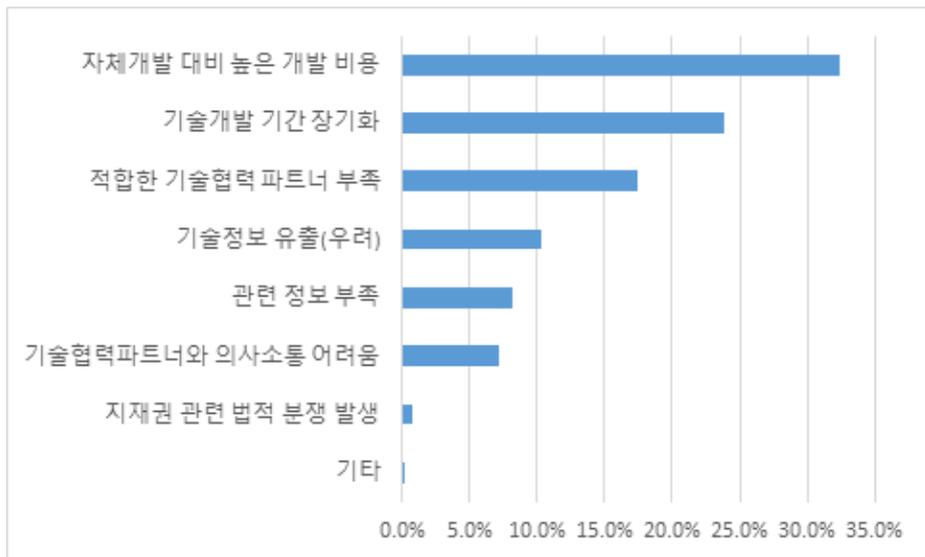
가) 2017년 1년간 기술개발을 수행한 중소기업이 자체 기술개발 수행 시 애로사항으로 '기술개발 자금부족'(36.6%), '기술개발 인력확보 곤란 및 잦은 이직'(18.3%), '기술정보 부족 및 획득 어려움'(14.3%) 순으로 답함



출처: 중소기업청 · 중소기업중앙회(2018).

[그림 1-7] 중소기업이 자체 기술개발 수행 시 애로 요인

- 10) 반면 외부기관과 공동 기술개발, 위탁 수행 시 가장 큰 어려움은 비용, 개발 기간 장기화, 적합한 파트너 부족 등으로 나타나 이러한 부분에 관한 정책적 고려가 요구되고 있음
- 가) 2017년 1년간 기술개발수행 중소기업이 외부기관과 공동 또는 위탁하여 기술개발을 수행했을 때 애로사항은 ‘자체개발대비 높은 개발비용’(32.4%), ‘기술개발 기간 장기화’(23.9%), ‘적합한 기술협력 파트너 부족’(17.4%), ‘기술정보 유출 우려’(10.3%), ‘관련 정보 부족’(8.1%) 순으로 응답함



출처: 중소기업청·중소기업중앙회(2018).

[그림 I-8] 중소기업이 공동, 위탁 기술개발 수행 시 애로 요인

- 11) 또한 우리나라 중소·중견기업은 일차적으로 국내 시장에 주력하고 있어 우리나라의 작은 내수시장이 지니는 한계를 고려했을 때 또한 정책적 고려가 요구되는 부분임
- 가) <표 I-5>에 나타난 바와 같이 국내 중소·중견기업의 매출에서 수출이 차지하는 비중은 2004년 8.4%에서 2015년 8.7%로 크게 변화하지 않았으며 대기업을 고객사로 하는 매출이 전체의 약 30%를 차지하고 있음

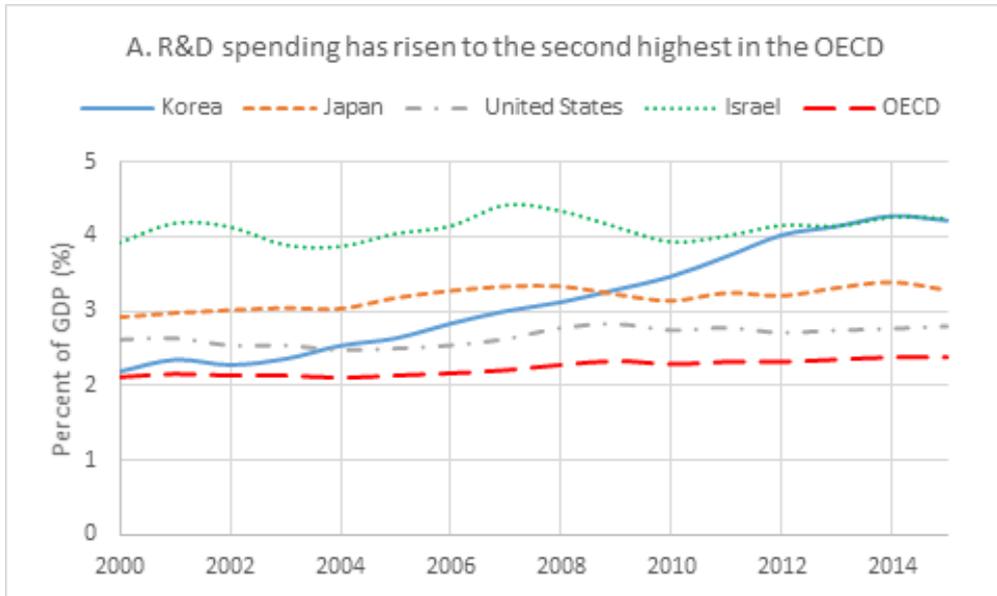
〈표 1-4〉 우리나라 중소·중견기업의 수요기업/고객별 비중 (단위:%)

	수출	내수					총합
		대기업	다른 중소·중견기업	공공기관	소비자	내수 합	
2004	8.4	29.8	46.1	3.6	12.1	91.6	100
2015	8.7	29.9	47.6	4.9	8.9	91.3	100
차이	0.3	0.1	1.5	1.3	-3.2	-0.3	0

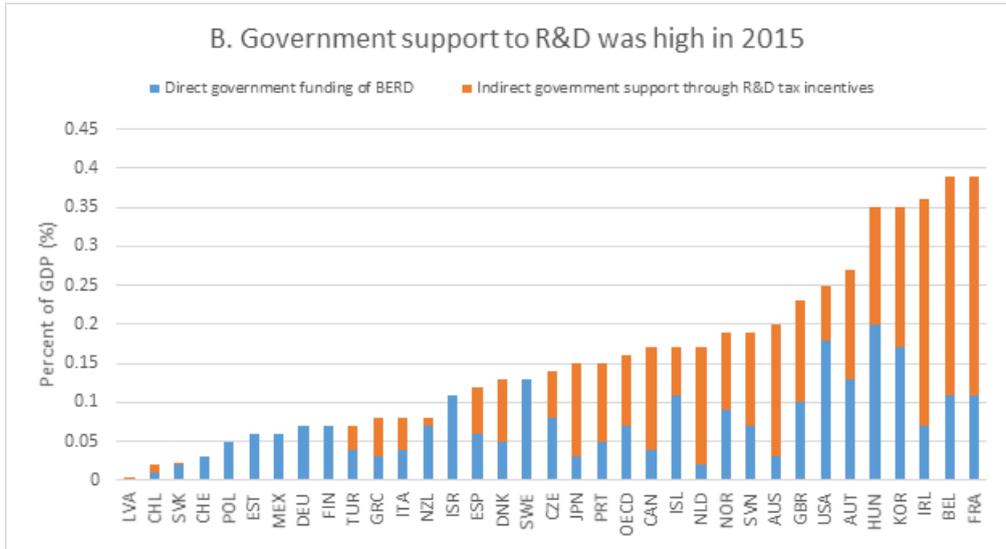
출처: Statistics Korea, KOSIS database.

나. 우리나라 중소기업 정책 현황

- 1) 우리나라 GDP 대비 R&D 투자는 2015년 4.23%로 국제적으로 매우 높은 편이어서 이스라엘(4.25%)에 이어 2위이며, 정부 R&D 투자 또한 매우 높아 직접 투자와 세제 혜택을 통한 간접 투자를 모두 합하면 2015년 GDP 대비 0.35%로 OECD(0.16%) 평균보다 매우 높은 편으로 프랑스(0.39%), 벨기에(0.39%), 아일랜드(0.36%)에 이어 4위에 해당하며 특히 직접 지원의 비중이 매우 높음



[그림 1-9] GDP 대비 R&D 투자 국제 비교



출처: OECD Science, Technology and R&D Statistics(database).

[그림 1-10] 정부의 GDP 대비 R&D 투자 국제 비교(2015년)

2) 중소기업 연구개발비 정부 지원의 경우도 절대액에서 독일, 일본보다 앞서며 OECD국 중 미국의 뒤를 이어 2위에 해당하는 만큼 매우 높은 편임

<표 1-5> 주요 5개국의 기업 규모별 총연구개발비 및 정부 지원 연구개발비

(단위: 백만달러, 구매력지수 환율 기준)

종업원 수	한국 (2013년)	미국 (2011년)	일본 (2013년)	독일 (2013년)	프랑스 (2013년)
1~49	6,033 (914)	21,842 (2,066)	1,135 (49)	2,448 (544)	4,292 (492)
50~249	5,955 (662)	21,996 (1,515)	4,620 (99)	4,230 (499)	4,881 (261)
중소·중견기업 소계	11,988 (1,576)	43,838 (3,581)	5,755 (148)	6,678 (1,043)	9,173 (753)
250~	41,442 (1,384)	250,255 (27,730)	117,776 (1,162)	62,235 (1,272)	28,331 (2,281)
전체 기업 총계	53,430 (2,961)	294,092 (31,630)	123,531 (1,310)	68,914 (2,316)	37,503 (3,035)

주: 괄호 안은 정부 지원 연구개발비.

출처: Main Science and Technology Indicators(OECD Stat), 박찬수 외(2016)에서 재인용.

3) 우리나라는 연 19조원 이상의 국가연구개발 예산 중 40% 이상(2016년 8.1조원)을 산업, 인프라 등 경제발전 목적에 투입

- 4) 특히 중소기업을 대상으로 하는 R&D 보조금이 연 3조원에 육박하며, 정부의 직접적인 보조금 지원과 함께 간접적 투자인 세제혜택을 합하면 중소기업을 대상으로 한 R&D 투자는 2016년 13조원을 돌파²⁾
- 5) 특히 창업기업을 포함한 50인 미만 소기업이 중기업보다 정부나 기업 차원에서 더 많은 규모의 R&D 투자를 하고 있다는 점이 특징으로 나타났음
- 6) 사실 정부의 연구개발 투자에 관하여 2차 대전 이후 루즈벨트 대통령의 자문 역할을 했던 버니바 부시(Vannevar Bush)가 과학적 지식은 공공재라는 논리로 정부가 적극적으로 투자할 수 있는 직접적 논리를 제공한 이후 폭넓은 공감대가 형성돼 있지만, 민간 부문 연구개발에 대한 정부 투자에 대해서는 아직 논란이 남아 있음(Geuna et al., 2002)
- 7) 많은 학자들이 미국 실리콘밸리의 성공은 미국 국방부가 노던캘리포니아 지역 반도체 관련 기술에 대폭 투자한 결과라고 지적하는 반면, 또 일부에서는 기업이 정부의 재정 지원을 받을 경우 그만큼 혁신 투자를 늘리는 것이 아니라 기업이 애초 계획하고 있던 연구개발 투자를 정부 투자액으로 대체하는 이른바 '구축효과(crowding-out effect)'가 발생할 수 있다고 지적(pavitt, 1998: 563)
- 8) 또한 최근 연구³⁾는 우리나라에서 정부의 중소기업 R&D 재정지원은 기업의 R&D 투자, 지재권등록 확대, 유형자산, 인적자산, 마케팅 투자 증대에는 기여했지만 부가가치, 매출, 영업이익 증대에는 실패했다는 분석 결과를 도출, 정부 재정지원이 중소기업의 R&D 투자 확대를 유발한다 하더라도 실제적인 혁신 성과를 도출하기 위해서는 정부 정책의 기획, 선정, 평가 등 설계에 있어 다양한 접근과 고민이 필요함을 보여줌
- 9) 우리나라 중소기업의 글로벌 밸류체인 진입을 촉진하기 위해서는 단순한 재정지원 뿐 아니라 정보 제공, 기술 지원, 협력 연구개발 지원, 인프라 제공 등 다양한 정책적 지원이 반드시 수반될 필요가 있음
- 10) 실리콘밸리의 성공은 정부 투자 뿐 아니라 스탠포드 대학의 역할 등이 수반된 결과임을 주목할 필요가 있음

다. 우리나라 기술 로드맵 현황

- 1) 시장의 불확실성과 기술 발전 속도가 날로 증가하며 기업, 국가 차원에서 기술 경영의 효율성 강화가 지속적으로 요구되고 있음
- 2) 기술 로드맵은 기술기획 방법의 하나로 미래 시장 혹은 고객이 요구하는 제품·서비스가 무엇인지를 분석·전망하고 이러한 미래수요를 충족시키기 위해 향후 계획 기간 동안 개발이 필요한 기술이 무엇이며, 이를 어떻게 제품·서비스 개발로 이어지게 할 지에 관하여 서술함

2) 이성호(2018).

3) 위 보고서.

- 3) 기술개발의 전략적 중장기 목표를 달성하기 위한 이정표 역할을 하여, 기업 및 산업계 기술전략 수립의 바탕이 되고 기술개발 투자 결정의 안내지도 역할 등을 수행
- 4) 최근 국내외적으로 기술로드맵이 폭넓게 활용되며 국가적으로 부처, 공공부문에서도 기술로드맵이 수립되어왔으며 과학기술정보통신부, 산업통산자원부, 중소벤처기업부 등에서 추진하는 기술 로드맵 개요는 다음 <표 I-6>에 나타난 바와 같음

<표 I-6> 주요 국가 기술로드맵 개요

부처	로드맵	개요
과학기술 정보통신부	ICT R&D 기술로드맵	-향후 5년간 차세대 통신, 인공지능, 양자정보통신 등 15개 ICT R&D 분야 육성을 위한 이정표 제시 -'I KOREA 4.0 : ICT R&D 혁신 전략' '혁신성장동력 추진계획' 4차 산업혁명 대응계획' 등 정부 주요 정책의 핵심 기술 분야 중심
	국가나노기술 지도	-나노기술개발촉진법에 따라 매 5년마다 향후 10년의 나노기술 로드맵 수립
산업통산 자원부	산업기술로드맵	-'5대 신산업 선도 프로젝트'와 '신산업별 발전전략', '산업기술 R&D 혁신방안'을 구체적으로 이행하기 위한 중장기기술개발 계획
	소재부품 R&D 전략	-“소재·부품 발전 기본계획”에 따라 발굴된 100대 첨단 신소재·부품 핵심기술 테마를 구체화
중소벤처 기업부	중소기업 기술 로드맵	-매년 중소기업이 3개년간의 상용화 R&D로 조기에 제품을 출시 하고 시장에 진출할 수 있는 기술개발테마 제시

- 5) 이와 같이 정부에서 추진하는 기술로드맵의 경우 국가 차원에서 R&D 전략 마련, 정보 제공, 방향성 제시 등의 역할과 의의를 지니며, 한편으로는 국가 R&D 시스템이 기업과 달리 과제발굴·기획, 연구수행, 연구결과 활용이 통합된 거버넌스 체계 내에서 이루어 지지 않고 각각 별도의 주체에 의해 이루어짐에 따라 R&D 전략을 실질적으로 가이드 하는데에는 한계가 존재함⁴⁾

4) 이성덕, 박동규(2016).

3. 추진전략 및 향후 계획

가. 중점 및 차별성

- 1) 4대 과기원 교수진들이 추진하는 본 “중소기업 기술혁신 전략 로드맵”은 다음 3가지 요건을 핵심으로 전략적 차별성을 추진하였음
 - 가) 중장기 전략적 핵심/원천 기술에 집중 :
 - (1) 글로벌 진출을 목표로 하는 기술 기반 중소·중견기업을 대상으로 신기술 동향 및 전망을 제시
 - (2) 중소벤처기업부에서 3년 단기를 목표로 추진하는 “중소기업 기술 로드맵”과 중장기 연계, 개발사업 추진
 - 나) 중소·중견기업의 절실한 기술혁신 수요:
 - (1) 본 로드맵은 글로벌 진출을 목표로 하는 기술 기반 중소·중견기업의 절실한 수요가 있는 기술을 대상으로 함
 - (2) 실제 기업의 명확한 수요를 담고자 노력 했으며 공청회 개최, 기업을 대상으로 한 기술수요 설문조사 등을 통해 현장 의견을 수렴
 - 다) 4대 과기원의 연구역량의 집결, 공동연구 :
 - (1) 4대 과기원 공동사업의 일환으로 추진, 4대 과기원이 보유한 기술, 역량의 시너지 창출을 위해 노력함

나. 중소기업 기술혁신 전략 로드맵의 활용

- 1) 본 과기원 “중소기업 기술혁신 전략 로드맵”은 4대 과기원의 핵심 기술 연구개발과 연계, 기술 지원에 활용될 계획임
- 2) 본 로드맵은 4대 과기원이 보유하고 있는 역량과 기술을 우리나라 중소·중견기업의 수요와 연결하는 브릿지 역할을 수행할 것으로 기대함
- 3) 지금까지 국가 R&D사업, 대기업 산학연구에 집중해온 4대 과기원 핵심 기술, 역량을 중소기업 전략 기술 수요와 연계해, 보유 기술 이전, 상용화, 문제 해결에 적극 활용되길 기대함
- 4) 4대 과기원 공동의 “4대 과기원-중소기업 공동 기술혁신 센터” 설립 등을 통해 국가 중장기 전략기술 연구개발, 장비 공유, 인력 개발 등에 활용하는 등 4대 과기원의 국가/사회적 가치 창출에 다양한 방식으로 기여할 수 있기를 기대함

참고문헌

- 박찬수 · 임재윤 · 이동우 (2016), **중소기업 기술혁신 역량평가 및 글로벌 정책 분석 Ⅶ**, 세종: 과학기술정책연구원.
- 이성덕 · 박동규 (2016), **국가 R&D기획 시스템에서 기술로드맵 활용사례와 개선방안**, 서울: 한국산업기술평가관리원.
- 이성호 (2018), “중소기업 R&D 자원의 정책효과와 지원방안”, **KDI FOCUS**. 중소기업벤처기업부 · 중소기업중앙회 (각 연도), **중소기업 기술통계조사 보고서**.
- Bellegarda, J. R. (2014), “Spoken language understanding for natural interaction: The siri experience”, *Natural interaction with robots, knowbots and smartphones*, 3–14.
- Geuna, A., Salter, A. J. & W. E. Steinmueller (2002), *Science and Innovation: Rethinking the Rationales for Funding and Governance*, Northampton: Edward Elgar.
- Hsieh, C. K., Yang, L., Wei, H., Naaman, M., & Estrin, D. (2016), “Immersive recommendation: News and event recommendations using personal digital traces”, *In Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web*.
- Masche, J., & Le, N. T. (2017), “A review of technologies for conversational systems”, *In International Conference on Computer Science, Applied Mathematics and Applications*, 212–225.
- OECD (2017), OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017.
- OECD (2018), OECD Economic Survey of Korea.
- Pacchierotti, C., Sinclair, S., Solazzi, M., Frisoli, A., Hayward, V., & Prattichizzo, D. (2017), “Wearable haptic systems for the fingertip and the hand: taxonomy, review, and perspectives”, *IEEE transactions on haptics*, 10(4): 580–600.
- Paradarami, T. K., Bastian, N. D., & Wightman, J. L. (2017), “A hybrid recommender system using artificial neural networks”, *Expert Systems with Applications*, 83: 300–313.
- Pavitt, K., (1998), “the Inevitable Limits of EU R&D Funding”, *Research Policy*, 27: 559–568.
- Randall S. J, Lee, J. W. (2018), *Enhancing dynamism in SMEs and entrepreneurship in Korea*, OECD Economics Department Working Papers No. 1510, OECD.
- Thakur, R. (2016), “Scanning LIDAR in Advanced Driver Assistance Systems and Beyond: Building a road map for next-generation LIDAR technology”, *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 5(3): 48–54.

- Wang, H., Wang, B., Liu, B., Meng, X., & Yang, G. (2017), "Pedestrian recognition and tracking using 3D LiDAR for autonomous vehicle", *Robotics and Autonomous Systems*, 88: 71–78.
- Wei, S., Ren, G., & O'Neill, E. (2014), "Haptic and audio displays for augmented reality tourism applications", *2014 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*, 485–488.

인터넷 자료

KOSIS 국가통계포털

OECD Economic Outlook: Statistics and Projections (database).

OECD, SDBS Structural Business Statistics (ISIC Rev. 4) (database).

OECD Structural and Demographic Business Statistics (ISIC Rev. 4) (database).



II

첨단 소재부품 분과

1. DRAM 핵심소재 및 제품
2. 이차전지용 핵심소재 및 제품
3. NAND 핵심소재 및 제품

A circular graphic composed of several concentric white lines. Five icons are placed around the inner circle: a person with a gear, a person with a magnifying glass, a handshake, a person with a gear, and a person with a gear. The text is centered within the innermost circle.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology
Advancement Roadmap

II. 첨단 소재부품 분과

(1) DRAM 핵심소재 및 제품

1. 기술 개요

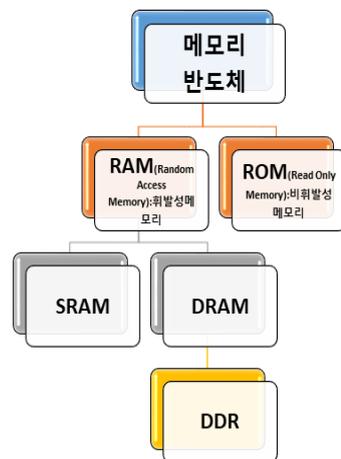
가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

- 가) DRAM은 RAM의 한 종류로 저장된 데이터가 시간과 전원의 끊김에 따라 소멸되는 특징을 가지고 있음
- 나) 휘발성 메모리로 데이터를 기억시키기 위해서 Refresh 과정이 필수적임
- 다) DRAM은 스마트폰, 태블릿과 같은 모바일 기기나 PC, 노트북과 같은 컴퓨터, 메모리가 필요한 그래픽 카드 등 데이터가 필요한 모든 곳에 사용되고 있음
- 라) 4차 산업혁명 시대의 초경량, 초고속 사회에서 더욱 빠른 데이터 처리기술이 요구됨
- 마) DDR5 PMIC는 차세대 서버용 DDR5 메모리 모듈(DIMM)에 적용하여 전력변환, 전력변압, 전력안정, 전력분배 및 전력 제어, 관리 등을 수행하는 반도체로 빠른 데이터 처리가 가능함



출처 : SK hynix(2018).



[그림 II-1] DRAM 및 분류표

2) 범위

〈표 II-1〉 DRAM 표준 규격별 특징

	DDR5	DDR4	DDR3	DDR2	DDR
데이터전송속도 (Mbps)	3200~6400	1600~3200	800~1600	400~800	200~400
동작전압(V)	1.1	1.2	1.5/1.35	1.8	2.5
지원용량	8~32Gb	4~16Gb	512~4Gb	128~2Gb	64~1Gb
업계 출시년도	2020	2013	2008	2004	2001

출처: SK hynix(2018).

- 가) DDR은 동작속도 등으로 규정한 DRAM 반도체의 규격으로 정확히는 DDR SDRAM 이라 함
- 나) DDR2는 DDR1보다 2배 정도 빠르며, DDR4는 DDR1보다 8배 정도 빠름(입출력 통로의 증가)
- 다) DDR5 PMIC는 2019년 5월 중에 표준으로 확정될 예정이며, JEDEC 표준을 준수 하는 단일 제품만 존재함

3) 중요성

- 가) DDR4 DIMM과 DDR5 DIMM의 가장 큰 차이점은 전압 레귤레이터의 탑재 여부
- 나) DDR5 DRAM 기술 스펙에선 전원 전압의 변동폭을 ±3%까지만 허용
- 다) 따라서 DDR5 DIMM는 DIMM 보드에 PMIC(Power Management IC)라 부르는 전압 레귤레이터 IC를 탑재하여 DRAM에 전원을 공급하는 방법을 사용함(DDR4 DIMM 메모리 서브 시스템은 메인보드에 전압 레귤레이터(VR)가 들어감, DDR5 DIMM는 DIMM 보드에 전압 레귤레이터 회로(PMIC)가 들어감)
- 라) 전압 레귤레이터 IC의 탑재는 안정된 전원 전압의 공급 외에도 DIMM의 핀을 절약 한다는 의미
- 마) DDR5로 인해 이전과는 달라진 연산속도 4차 산업혁명 시대의 엄청난 데이터들을 빠른 속도로 연산하는 것이 가능하게 됨

나. 주요기술 분류

회로설계기술 ^{DC-DC}	<ul style="list-style-type: none"> · 위칭 타입 Buck - 4채널: SWA, SWB, SWC, SWD - SWA, SWB, SWC = 5A, 1.1V - SWD = 5A, 1.8V 출력 - Wide VIN range = 4.25V~15V · 효율향상을 위해 부하전류에 따른 동작모드 제어 옵션 - Constant on time 옵션 - Ron change 옵션 · 출력 전압 레벨 가변 옵션 설계 - SWA, SWB, SWC = 0.8V~1.4V - SWC = 1.5V~2.1V
LDO	<ul style="list-style-type: none"> · 1.1V LDO = 1.1V, 20mA · 1.8V LDO = 1.8V, 25mA
ADC	<ul style="list-style-type: none"> · 8-bit ADC 설계 - 임·출력 전압 및 출력 전류 측정
Logic	<ul style="list-style-type: none"> · Host Interface - I3C · 출력 전력 연산 · Power ON/OFF Sequence 제어
Protection	<ul style="list-style-type: none"> · Soft-start · Short Circuit Protection · Under Voltage Lock Out · Start Short Detection · Valley Current Limit · Thermal Protection
Layout	<ul style="list-style-type: none"> · 0.18um BCD 공정 적용 · 노이즈 최적화 설계 · 전류 crowding 방지 레이아웃
소자 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 0.18um BCD 공정
패키지 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 방열을 고려한 FcQFN 패키지 개발 · JEDEC 표준을 만족하는 패키지 개발
평가기술	<ul style="list-style-type: none"> · 고출력 효율 평가 및 DIMM 제작

출처: SMETCH, 중소기업 기술로드맵 smroadmap.

[그림 II-2] DDR5 PMIC 주요기술 분류표

회로설계기술	<ul style="list-style-type: none"> · 8-bit ADC 설계- 임·출력 전압 및 출력 전류 측정
<ul style="list-style-type: none"> · 저전압 아날로그 회로 설계 · 전압 스케일링 회로 설계 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 스위칭 타입 Buck 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 4채널: SWA, SWB, SWC, SWD - SWA, SWB, SWC = 5A, 1.1V - SWD = 5A, 1.8V 출력 - Wide VIN range = 4.25V~15V - 효율향상을 위해 부하전류에 따른 동작모드 제어 옵션 - Constant on time 옵션 - Ron change 옵션 · 출력 전압 레벨 가변 옵션 설계 <ul style="list-style-type: none"> - SWA, SWB, SWC = 0.8V~1.4V - SWC = 1.5V~2.1V · 1.1V LDO 설계 = 1.1V, 20mA · 1.8V LDO 설계 = 1.8V, 25mA
전력반도체소자 회로 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 보호회로 설계 <ul style="list-style-type: none"> - Soft-start - Short Circuit Protection - Under Voltage Lock Out · Host 인터페이스 회로 설계 <ul style="list-style-type: none"> - I3C · Start Short Detection · Valley Current Limit · Thermal Protection
소자 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 0.18um BCD 공정 (BCD 소자) · 기관성장
패키지 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 방열을 고려한 FcQFN 패키지 개발 · JEDEC 표준을 만족하는 패키지 개발
패키지테스트 기술	<ul style="list-style-type: none"> · Packaging 전 웨이퍼 레벨 평가 기술 · Packaging 후 다양한 환경의 평가 기술 · 신뢰성 테스트 · Wafer Probe Test PGM 개발 · 고출력 효율 평가 및 DIMM 평가 · TC, HTOL, ESD 등 반도체 신뢰성 기술 개발

출처: SMETCH, 중소기업 기술로드맵 smroadmap.

[그림 II-3] DDR5 PMIC 핵심기술선정

- 1) 소자 기술에서 기관성장을 주요점으로 유전물질과 기관 성장에서의 epitaxy 일치 부분에서 중소기업들이 할 수 있는 부분을 조사해봄

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

1) 유전막

- 가) 현재 DRAM(Dynamic Random Access Memory)의 Capacitor 유전막으로 ZAZ(ZrO₂/Al₂O₃/ZrO₂) 구조가 이용됨⁵⁾
- 나) 첨가된 Al₂O₃ 박막 자체가 ZrO₂ 박막 대비 낮은 유전 상수(k=8)를 가지고 있으며, Al₂O₃ 박막 위의 ZrO₂ 박막은 적절하게 결정화가 되지 않기 때문에 ZrO₂ 단일막보다 유전율이 감소한다는 문제점이 있음
- 다) DRAM의 크기가 점점 더 줄어들면서 ZAZ 구조만으로는 제품의 요구사항을 충족시키는 것이 점점 더 어려워지는 상황으로 ZAZ 구조를 대체할 새로운 유전막을 찾아야함

2) 기판성장

- 가) Si의 단결정 성장은 온도 구배와 모세관 효과로 이루어진다는 점에서 현재 ALD 다결정 성장에서 단결정 성장을 위한 조건들을 잡아봄
- 나) 실리콘 기판 상에 유전체로 적용하기 위한 적절한 유전율, 밴드갭, 밴드 정렬 (alignment) 이 필요함
- 다) 여러 소자 기술들을 구현하고, 성능을 개선하기 위해서는 소자의 일부분에 실리콘과 다른 이종소재를 성장시키거나, 칩의 일부 영역에 실리콘과 다른 소재를 성장시키는 선택적 헤테로 epitaxy 기술이 필요함. 높은 신뢰성이 입증된 GaN 소재가 사용되는 추세에서 위 소재는 일본의 수입에 대한 의존도가 매우 높아 국내에서의 개발이 시급함

3) 절연막의 열전도도

- 가) 반도체 내 박막은 열에 취약하여 CMOS와 메모리 디바이스와 같은 전자 회로에서 발생하는 열을 효과적으로 방열하는 것이 중요해 높은 열전도도가 요구됨
- 나) 열전도도 ∝ 전기전도도 이나 절연막은 낮은 전기전도도가 요구됨
- 다) Hafnium기반 고유전 절연막에서 결정제어를 통해 높은 열전도도와 낮은 전기전도도를 갖는 조건들을 찾아봄
- 라) 최근 큰 밴드갭, 높은 유전상수, 실리콘과의 작은 격자 불일치, 실리콘의 직접 접촉 시에 열역학적 안정성 등의 특성을 가지는 희토류 산화물에 대한 관심이 증가

5) 차순형, 황철성(2019).

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) IDT, TI 등 일부 PMIC 제조사는 V0.7 PMIC를 제작 및 D램 제조사와 공동 검증 중
- 2) JEDEC TG45_10에서 DDR5 PMIC 표준화 규격을 제정하고 있으며, 79개 업체가 회원으로 참여하고 있음
- 3) 현재 기준 V0.7이 제정된 상태이며, 2019년 5월경에 V1.0이 제정될 것으로 추정됨
- 4) 삼성전자, SK하이닉스, Micron 등 D램 제조사, Intel, AMD 등의 서버 CPU 제조사, Dell, HP 등의 서버 제조사, IDT, ST, TI, ADI, Broadcom 등의 PMIC 제조사 등이 참여하고 있음
- 5) IDT, TI 등 일부 PMIC 제조사는 V0.7 PMIC를 제작하여 D램 제조사와 공동 검증 중

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 1990년대
 - 가) 초반부터 약 20년간 금속 배선 부분에 사용되던 SiO₂를 저유전 절연체로 대체하기 위한 대규모 국제연구가 진행됨
 - 나) 전기적 유전율, 신뢰성뿐 아니라 열팽창계수 등을 포함한 구조적 문제, 방열문제 등의 요구조건을 만족시킬 수 있는 신소재를 찾는 것이 어려웠기 때문에 유전율이 2.2정도인 SiOCH 수준에서 더이상 개선이 어렵게 됨
 - 다) 유전율 1을 가지는 air gap을 배선 구조 내에 형성하여 유효유전율을 낮추는 방향으로 전략을 바꿔, 소재보다는 집적공정을 개선하는 방향으로 연구가 진행됨
 - 라) 이는 배선기술의 미세화를 제한하는 요인이 되고 있음으로 공기와 유사한 유전율을 가지면서도 실리콘 산화막과 유사한 구조적 강도를 갖는 소재를 개발할 필요
- 2) 2000년대
 - 가) 인텔을 필두로 반도체 소자에 Hafnium 기반 고유전 절연막이 추가되고 TiN, TaAlN등 금속전극이 적용되기 시작함
 - 나) 게이트 스택 부분에서는 기존 Hafnium 기반 고유전 절연막의 두께를 줄이는 방법으로 미세화가 진행됨
 - 다) 고유전 절연막의 경우 결정구조 제어를 통해 유전율을 ~20에서 ~40까지 높이는 것이 가능하다는 사례가 보고됨
 - 라) ALD 기반의 고유전 절연막 증착기술이 채용되면서 게이트 절연막 형성 문제를 극복할 수 있을 것으로 생각했으나, 아직 contact 저항 문제 등 근본적인 문제가 해결되지 않아 전면적인 적용이 지연되고 있음

다. 선도 기관·기업·국가 등

- 1) 반도체기술은 ITRS 로드맵을 기반으로 선행기술에 대한 공동의 목표를 설정하고, SEMATECH, IMEC 등 국제공동연구기관을 활용하여, 개발비용이 많이 드는 노광 공정, Cu 배선, 300 mm, 450 mm 장비개발, 게이트스택기술 등 선행공정/ 장비를 초기단계에서 양산이전 수준까지 공동으로 개발함으로써 개발비용부담을 경감해옴
- 2) 최근에는 SEMATECH이 없어지고, IMEC이 공동연구의 중심역할을 하고 있으나, 기업들에게 필요한 단기연구중심의 과제를 수행하고 있어서, 중장기 연구를 공동으로 수행하는 기능이 없어진 상태임
- 3) 이로 인해 중장기기술전망보다는 시스템 기술에 대한 전망을 포괄하는 International Roadmap for Devices and Systems (irds.ieee.org)가 새롭게 구성됨
- 4) IRDS는 Application Benchmarking, System and Architecture, More Moore, Beyond CMOS, Packing Integration, Outside System Connectivity, Factory Integration, Lithography, Metrology, Emerging Research Materials, Environment, Health, and Safety, and Yield 등의 분야로 구성 되어 있고, 다음과 같은 EU, 일본의 roadmap 프로그램 및 관련 기관들이 참여하고 있음

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

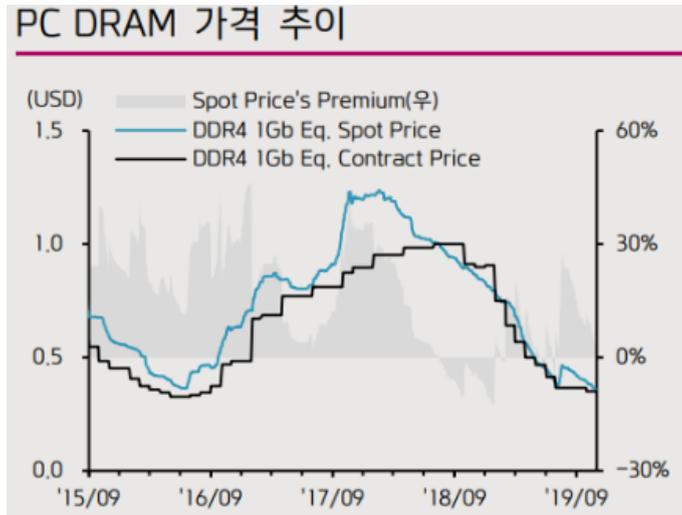
〈표 II-2〉 각국의 산업현황과 정부 R&D 전략

구분	산업현황	정부전략	기술수준
한국	<ul style="list-style-type: none"> · 대기업중심, 메모리 편중 · 시스템반도체/설계 전문가 부족 · 중견팹리스 육성미흡 	<ul style="list-style-type: none"> · 차세대소자 R&D 투자 시작 (연 180억/년 - 산업부, 미래부, 기반 역량 미흡) · 지능형반도체등 시스템 반도체 개발 지원 (800억/년 목표 사업화 역량 미흡) 	<ul style="list-style-type: none"> · 메모리분야 선두유지 · 시스템반도체 기술수준 매우 미흡
미국	<ul style="list-style-type: none"> · 팹리스 선도, 광범위한 전문인력 보유, 제조업 기반 약화추세, 학계연구 축소 추세 · 최근 중국반도체 산업 육성 견제 필요성 인지 	<ul style="list-style-type: none"> · 정부, 민간 투자 축소로 학계연구 대폭 축소 · 차세대소자 투자 시작: E2CDA(60억/년), 차세대메모리(180억/년), M3D(170억/년) · 정부주도 혁신전략 수립 의지 표면(SEMATECH 규모 R&D 추진가능-1500억/년) · 백악관 TF 구성(정부/기업/학계)을 통한 반도체산업 주도권 유지 의지 천명 	<ul style="list-style-type: none"> · 인텔-메모리 진출 · 켈컴-팹리스모델 변경, 자체칩생산 (차량용 반도체 선두 기업인 NXP합병)
중국	<ul style="list-style-type: none"> · 해외기업 유치, 기술도입 추진, 팹리스 활성화 성공, ROI에 무관한 해외 반도체 기업 M&A 전략 	<ul style="list-style-type: none"> · 향후 10년간 180조(1조위안) 규모 반도체 굴기지원(반도체 수입 50% 절감 목표): 신성장 산업육성"제조 2025" 정책 · 2020년까지 중국 반도체 산업 연평균 성장률 20% 이상 목표 · 20조 규모의"반도체 산업 투자기금"설립 · 메모리 분야 국산화를 위한 대규모 투자 진행 (칭화 유니 13조 6000억, XMC 27조 2000억) 	<ul style="list-style-type: none"> · 막대한 투자를 기반으로 기술 수준이 모든 분야에서 급격히 향상되고 있음

구분	산업현황	정부전략	기술수준
유럽	· 일부 반도체 기업 명맥유지, 산업영향력 미흡	· ICT31을 비롯, 조단위 투자 R&D 진행 · 나노기술과 반도체 연계 취약보완 위해 2년 단위로 60억/년 이상 R&D 프로그램 시작(초전력, M3D, 뉴로모픽 반도체 집중) · 우수한 기초 기술 (CEA-LETI, IMEC, Fraunhofer 연구소)의 산업 연계가 취약하나 차량용 반도체과 의료용 반도체 분야에서 우위를 보이고 있으며 새로운 IOT 산업에 기회를 확보하기 위한 대규모 투자	· 기초기술은 우수하나, 산업연계 매우 취약
대만	· 파운드리(위탁제조) 중심	· 정부의 체계적 지원 미흡	· 퀄컴의 자체 칩 생산으로 파운드리 수익률 악화 예상됨
일본	· 제조업 기반 약화 (반도체 시장 점유율 10% 수준)	· 기초연구정부지원 대폭 축소 · 정부는 단기, 응용연구 지원(전력반도체 중심)	· STT MRAM등의 일부 신소재 기술 선도

출처: KOSME(2019).

- 1) 서버와 모바일 중심의 수요 회복이 PC DRAM의 공급과 재고 감소로 이어지고 있기 때문에 PC DRAM의 평균 가격은 \$0.39/Gb(-3%MoM)를 기록하며, 전 분기 대비 하락 폭이 크게 축소됨
- 2) '수요의 계절적 성수기 진입'과 '5G 스마트폰 출시 효과' 때문에 모바일 DRAM 가격이 \$0.55/Gb(-8%QoQ)로, 전 분기 대비 하락의 폭이 축소됨
- 3) 1Q20부터는 PC DRAM을 중심으로 한 가격의 상승 탄력이 나타날 것으로 전망됨

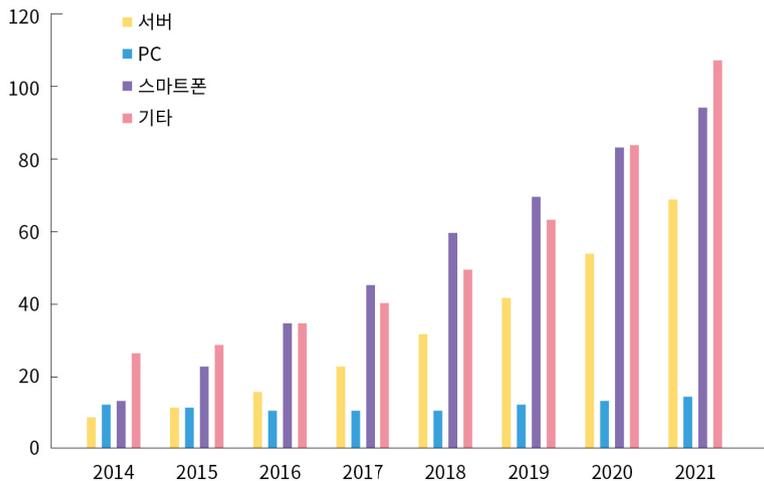


출처: 박유악 (2019), 반도체[Nov'19] DRAM, NAND 산업동향.
 [그림 II-4] PC DRAM 가격 추이

나. 시장 분석

1) 세계시장

가) DDR5 PMIC는 JEDEC에서 2019년 5월 중으로 규격을 확정할 예정으로 아직 시장이 형성되지 않았으며, 2021년부터 본격적인 양산이 진행될 것으로 추정됨



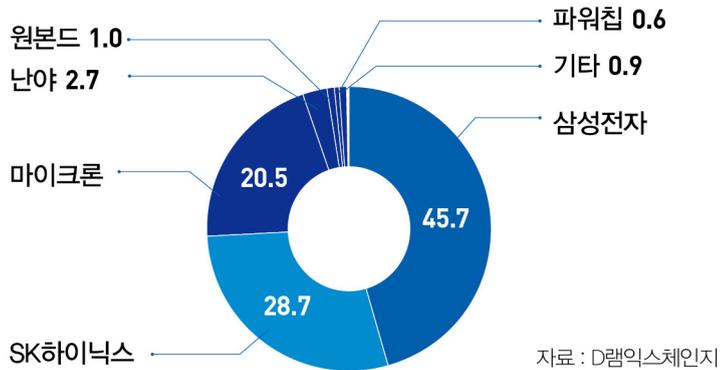
출처: 한국은행(2018).

[그림 II-5] 용도별 DRAM 시장 규모(억 GB)

2) 국내시장

- 가) 6)DDR5 PMIC는 JEDEC에서 2019년 5월 중으로 규격을 확정할 예정으로 아직 시장이 형성되지 않았으며, 2021년부터 본격적인 양산이 진행될 것으로 추정됨
- 나) 2021년 DDR5 PMIC 국내 시장규모는 수요처인 서버용 DRAM 국내 제조사의 서버용 DRAM 시장점유율 기준으로 예측하면 세계시장 규모의 약 75%로 추정됨
- 다) 삼성전자의 2분기 DRAM 매출은 67억8300만달러(약 8조2100억원)로 전 분기보다 2.7% 줄었다. 하지만 시장점유율은 45.7%로 1분기보다 3.0%포인트 상승했다. 2017년 4분기(46.0%) 이후 가장 높았다. 제품 가격이 급락했지만 서버용 고사양 DRAM 출하량을 늘리며 매출 감소폭을 줄이고 점유율을 높인 것으로 분석됨
- 라) 위 SK하이닉스는 1분기보다 12.6% 줄어든 42억6100만달러(약 5조1600억원)의 DRAM 매출을 올렸음

2분기 글로벌 D램시장 점유율 (단위 : %)



출처: 황정수, 고재연 (2019).

[그림 II-6] 2분기 글로벌 DRAM 시장 점유율

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술개발 목표 및 전략

1) 기술개발 전략

- 가) 소재 분야로 3년 이상의 장기적인 기술개발 지원이 필요함
- 나) 기존 일본의 관련 업체의 기술을 극복하기 위해서는 기존의 합성 및 공정 전문가뿐만 아니라 관련 다양한 전문가들을 활용이 필요할 것으로 보임

6) 황정수, 고재연(2019).

나. 전략기술 후보

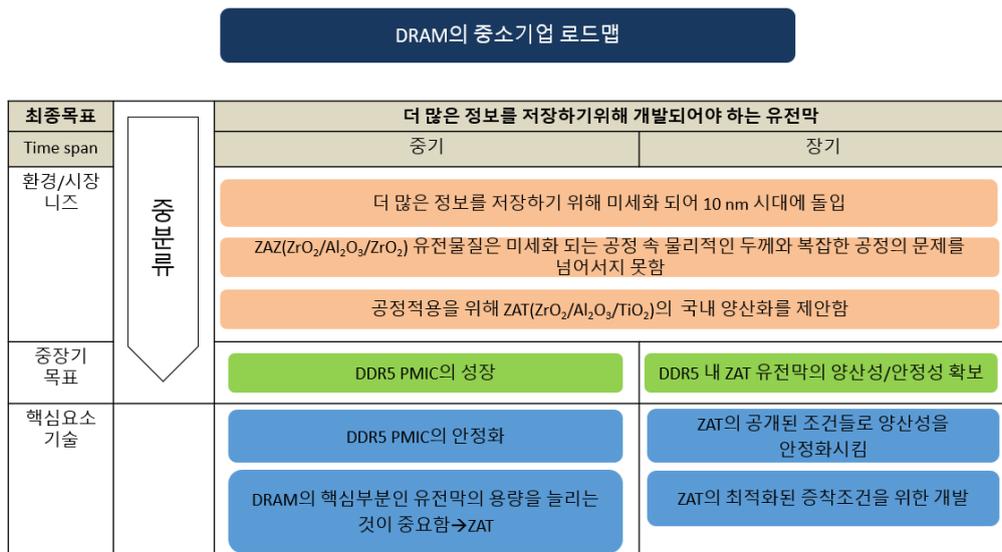
1) 전략기술 후보

- 가) GaN wafer의 결함 및 힘을 최소화할 합성기술 개발
- 나) GaN wafer의 단결정 성장
- 다) Si 기판과 GaN의 헤테로 epitaxy 기술개발

2) 전략 기술의 중요성

- 가) 향후 5G 시대에서 높은 신뢰성이 입증된 GaN 소재는 현재 일본의 특정 기업으로부터 공급받고 있어 국내에서의 개발이 시급함
- 나) 국내에서도 다수의 기업을 중심으로 시도가 되었지만, 일본업체와의 제품기술력과 원가 경쟁력 열세로 인해 좌초된 상태임
- 다) GaN wafer의 결함 및 힘을 최소화할 수 있는 wafer합성 기술과 생산비를 파급적으로 낮출 수 있는 공정 최소화 기술의 개발로 일본으로부터 수입에 의존을 탈피해야함
- 라) 향후 메모리 반도체 분야뿐만 아니라 비메모리 반도체 기술의 진일보가 가능함
- 마) 향후 3천억원 이상으로 확장될 비메모리 반도체 분야의 전력반도체 시장의 우세를 선점할 수 있음

다. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵



[그림 II-7] 단계별 기술개발 마일스톤

라. 기술별 수요 중소기업 · 중견 수요 기업 후보 및 의견

- 1) 삼성코닝(주)
- 2) LG실트론
- 3) 루미지엔텍(주)
- 4) (주)루미스탈

마. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) KAIST 홍승범 교수, seungbum@kaist.ac.kr
- 2) KAIST 김일두 교수, idkim@kaist.ac.kr
- 3) KAIST 조은애 교수, eacho@kaist.ac.kr
- 4) KAIST 김경민 교수, km.kim@kaist.ac.kr
- 5) KAIST 강기범 교수, kibumkang@kaist.ac.kr
- 6) GIST 이병훈 교수, bhl@gist.ac.kr
- 7) GIST 조지영 교수, jyjo@gist.ac.kr
- 8) DGIST 이용민 교수, yongmin.lee@dgist.ac.kr
- 9) UNIST 이준희 교수, junhee@unist.ac.kr
- 10) UNIST 조욱 교수, wookjo@unist.ac.kr

II. 첨단 소재부품 분과

(2) 이차전지용 핵심소재 및 제품

1. 기술 개요

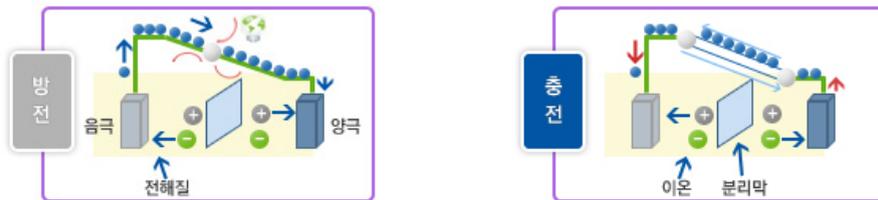
가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

가) 전기화학반응을 이용하여 전극 물질의 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하는 시스템을 전지라 하며, 그중에서도 재충전하여 장시간 반복 사용이 가능한 전지를 이차전지로 정의함⁷⁾

2) 범위

가) 이차전지 내부 활물질(양/음극재), 전해질, 분리막 이하 4대 소재를 비롯해 분리막, 파우치, 케이스, 전지/커패시터, 모듈/팩/BMS, 성능 평가 장비, 충전장치, 안전성 시험기, 자동화 설비 등을 포함⁸⁾



서로 다른 양 음극소재의 전압차이를 이용하여 전기 저장, 발생 (방전) 음극 ⇒ 양극으로 전자 이동, [충전] 양극 ⇒ 음극으로 전자 이동

출처: 한국전지산업협회 (2019).

[그림 II-8] 이차전지 구조

7) 한국전지산업협회(2019).

8) 중소기업 기술 로드맵(2018).

나. 주요기술 분류

〈표 II-3〉 제품분류 관점 기술범위

전략제품	제품분류 관점	세부기술	
이차전지용 핵심소재 및 제품	전극 소재	· 리튬전이금속산화물계 소재, 전이금속산화물 소재, 다공성 소재, 실리콘-흑연계 소재 등 합성 기술	
	전해질	· 유기계 또는 이온성 액체계의 고전압 · 고이온전도도, 고안정성 연구 · 고상 및 고분자 전해질 연구	
	핵심 소재	분리막	· PP, PE 소재의 고안정성 연구
	집전체	· 알루미늄 에칭호일, 알루미늄 펀칭호일, 구리 메쉬 호일	
	기타 부품소재 (외장재)	· 원통형 캔 외장재, 각형 캔 외장재, Cap Assembly	

출처: 중소기업 기술 로드맵 (smroadmap).

〈표 II-4〉 공급망 관점 기술범위

전략제품	제품분류 관점	세부기술
이차전지용 핵심소재 및 제품	소형	· 모바일용 리튬전지 기술로 장수명화, 초소형화 및 경량화 연구 ⁹⁾
	중형	· 전기자동차, 하이브리드 전기자동차 등 친환경 자동차 탑재용 고출력, 내구성, 안정성이 향상된 이차전지 및 초고용량 커패시터 개발 및 적용 기술

출처: 중소기업 기술 로드맵 (smroadmap).

9) 중소기업 기술 로드맵(2018).

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

〈표 II-5〉 이차전지용 핵심소재 분야 핵심요소기술

전략제품	핵심요소기술	세부기술
이차전지 전해질	이차전지 전해질용 액체 전해질	· 전해질의 저가격화를 위한 고성능의 첨가제 기술 개발
	이차전지 전해질용 고분자 전해질	· 높은 이온전도도를 갖는 무기계 고체전해질의 개발, 전기 화학적 안정성, 기계적 성질 등 다양한 측면을 고려한 연구
리튬이온 전지 활물질	리튬이온전지 활물질 양극 및 음극 소재 기술	· 고용량 니켈계 양극재 제작을 위한 전구체 제조 기술, 코발트 함량을 낮추는 NCMA 조성 최적화 기술
		· 실리콘계열 음극 소재 나노 분말 제조 기술, 실리콘-흑연 복합체 전극 제작 기술

출처: 중소기업 기술 로드맵 (smroadmap).

1) 선정 사유

- 가) 이차전지 전해질 기술: 중소기업은 상대적으로 경쟁이 치열하지 않은 액체 전해질 기술에 집중 투자 및 연구개발하는 것이 바람직하다고 판단되며, 고분자 전해질은 공공연구기관에서 활발히 연구개발하고 있는 분야로, 공공연구기관의 기술을 이전받거나 연구 개발하여 제품화하는 특허전략을 수립하는 것이 바람직함
- 나) 리튬이온 전지 활물질 기술: 시장에서 요구하는 고용량, 고전압 성능을 만족하기 위해서는 근본적으로 활물질이 바뀌어야 하므로 그에 맞는 양·음극재 기술이 필요함. 특히 원가 절감을 위해 코발트의 함량을 낮추고 용량 증대를 위해 실리콘을 사용하는 방향으로 진행되어야 함

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

1) 이차전지 전해질¹⁰⁾

- 가) 전해질은 유기용매, 리튬염 및 첨가제의 종류에 따라 특성이 결정되며, 특히 고출력 향상과 폭발 방지 등을 위한 안정성을 개선하기 위해 여러 가지 첨가제가 개발되고 있음
- 나) 기존에는 첨가제로 비닐렌카보네이트(VC), 시클로헥실벤젠(CHB) 등이 수명이나 온도 변화 등에 따른 전지의 폭발 방지를 위해 사용되고 있음

10) 이현규, 김용기, 하수진(2018).

- 다) 전기자동차는 IT기기에 비해 온도차이가 큰 환경에 장시간 노출되고 고용량의 전지가 사용되기 때문에, 전해질의 온도 민감성을 개선시킬 수 있고 발화를 억제할 수 있는 첨가제가 개발되고 있음

2) 리튬이온 전지 활물질

가) 양극활물질

- i) 양극활물질은 리튬전지 소재비의 35%를 차지하는 핵심소재로 금속염의 구성 성분에 따라 LCO, NCM, NCA, LMO 및 LFP 등으로 구분¹¹⁾
 - (가) LCO는 에너지용량과 수명특성이 양호하여 상업화 초기부터 광범위하게 사용되어 왔으나, '07년부터 원가절감과 안전성 강화를 위해 NCM으로 대체되는 추세
 - (나) NCM과 NCA는 고가인 LCO의 코발트(Co) 성분 일부를 니켈 (Ni), 망간(Mn) 및 알루미늄(Al)으로 대체한 삼원합금 물질
 - (다) NCM은 IT용 뿐만 아니라 전기차용 중대형 리튬전지에도 적용되고 있는 업계의 주력 양극활물질

- ii) LMO와 LFP는 경제성과 안전성이 우수하여 전기차용 리튬전지에 일부 적용 중¹²⁾
 - (가) LMO는 LCO 대비 에너지 용량이 낮으므로 NCM과 일정한 비율로 혼합되어 전동 공구용 및 전기차용 리튬전지에 사용되나, 작동온도가 60℃ 이상으로 상승하면 전해액에 용해되는 구조적 불안정성이 단점
 - (나) LFP는 원재료가 가장 저렴하고 안전성이 우수하나, 순도 및 전기전도도 개선이 필요

나) 음극활물질¹³⁾

- i) 음극활물질은 인조흑연계, 천연흑연계, 저결정성 탄소계 및 금속계 등으로 구분
 - (가) 탄소재료는 열처리온도에 따라 고결정성 탄소와 저결정성 탄소로 분류하며, 인조 흑연은 2,500℃ 이상의 고열을 가해서 흑연의 고결정 구조를 만들기 때문에 천연 흑연보다 조직이 안정적이고 수명이 2~3배 정도 우수함
 - (나) 저결정성 탄소는 소프트카본과 하드카본으로 구성되며, 결정구조가 안정화 되어 있지 않기 때문에 수명은 짧으나 리튬이온의 출입이 빨라 고속 방전에 유리한 특성을 지님
- ii) 리튬전지의 판매가격 하락이 지속되자 고가의 인조흑연에 저렴한 천연흑연을 혼합하여 사용하는 추세이나, 전기차용에서는 성능 향상이 유리한 인조흑연의 사용이 확대 될 것임
- iii) 전통적인 탄소산업 강국으로 열처리 기술이 우수한 일본과 광물자원이 풍부한 중국이 각각 인조흑연과 천연흑연 시장을 주도

11) 정영민, 조원일(2010).

12) 위 보고서.

13) 김지산, 이동욱, 이종형(2019).

나. 중장기 기술발전 전망

1) 이차전지 전해질: 전고체 전지¹⁴⁾

- 가) 전지의 모든 구성요소가 고체이며, 안전성이 우수하나 출력·수명 열위
 - i) 전고체 리튬 이차전지(All-Solid-State Li-Battery)는 양극활물질, 음극활물질, 고체 전해질로 구성되며, 핵심기술은 전해질 상태를 고체로 구현하는 것임
 - ii) 장점은 전해질이 고체이기 때문에 온도 변화에 따른 증발 및 외부 충격에 따른 누액 위험이 없어 폭발 등으로부터 안전한 것임
 - iii) 단점은 ① 고체 전해질이 액체 전해질에 비해 리튬 이온의 이동속도가 낮아 전지의 출력이 낮은 것, ② 고체인 양극 및 음극과 고체인 전해질이 맞닿은 계면저항이 액체 전해질에 비해 높음. 이로 인해 기존 전지에 비해 열위를 보임
- 나) 참여업체들의 사업 매각·철수 등으로 상용화에 상당기간 소요 예상
 - i) 전기자동차, 기존 이차전지 및 소재 업체들이 M&A 및 회사보유 기술로 사업화를 추진 하였으나, 일부 기업이 최근 매각 또는 철수
 - ii) 향후 전고체 전지 상용화에는 상당기간이 소요될 것으로 예상

2) 이차전지 활물질¹⁵⁾

- 가) 양극활물질의 경우, 중·대형전지용으로 NCM 중심의 개발 추진 중
 - i) 중·대형전지용 양극활물질로 LFP, LMO, NCA, NCM 등이 있으나 NCA와 NCM이 주로 사용되며, 소형전지용으로는 LCO가 주로 사용
 - ii) NCM은 니켈(Ni)의 함량이 높을수록 용량이 증가하는 특징으로, 니켈 함량을 증가시키는 방향으로 개발이 가속화되고 있음
 - iii) NCA는 기술적 장벽이 높은 제품이며 한국과 일본 업체가 기존 제품의 안정적 생산에 집중하고 있음
- 나) 음극활물질은 실리콘(Si)계를 통한 용량 확대 추진 중
 - i) 음극활물질은 양극활물질과 더불어 리튬 이차전지의 용량, 출력, 안전성 등을 결정하는 주요 소재로, 리튬 이온을 안정적으로 많이 저장하여 방전시 전지 사용시간을 늘릴 수 있는 특성을 부여함
 - ii) 일본을 중심으로 탄소에 실리콘을 함유시킨 고용량 음극활물질 사업화가 활발히 이루어지고 있음

14) 위 보고서.

15) 위 보고서.

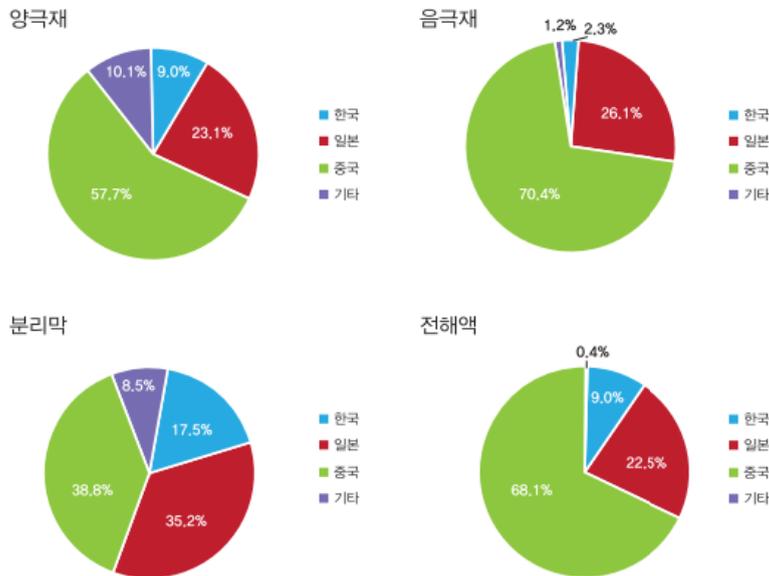
3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

1) 산업 현황 및 선도 기업

- 가) 리튬 이차전지 산업은 완성품인 2차전지 셀과 이를 구성하는 4대 핵심소재로 분류되며 이차전지 셀의 경우 대기업 중심, 4대 핵심 소재의 경우 중소·중견기업 중심으로 형성되어 있음¹⁶⁾
- 나) 양극활물질의 경우, 국내 엘앤에프와 에코프로비엠이 세계 6, 10위
 - i) 벨기에의 Umicore와 중국 ShanShan이 세계시장점유율 1, 2위
 - (가) Umicore는 전 세계 주요 이차전지 생산업체에 공급하고 있으며, ShanShan은 CATL 등 중국의 이차전지 생산업체 위주로 판매
 - ii) 국내 기업으로는 엘앤에프와 에코프로비엠이 세계시장점유율 6위 및 10위이며, 이외에 코스모신소재, 포스코케미칼 등이 있음
 - (가) 엘앤에프와 에코프로비엠은 중·대형전지용 양극활물질을 생산하고 있으며, 코스모 신소재는 소형전지용을 주로 생산
 - (나) 포스코케미칼은 2018년부터 중·대형전지용 양극활물질을 생산
- 다) 음극활물질은 중국과 일본이 강세이며, 국내 기업은 10위권에 없음
 - i) 음극활물질 시장은 광물자원이 풍부한 중국과 전통적인 탄소산업 강국인 일본이 강세를 보이고 있음
 - ii) 국내에는 포스코케미칼, 대주전자재료 등이 있으나, 실제 생산은 포스코케미칼만 하고 있으며, 대주전자재료는 2019년 이후 양산 예정
- 라) 분리막은 SK이노베이션이 세계 3위 등 국내 기업이 강세
 - i) 분리막은 일본의 Asahi Kasei와 Toray, 국내의 SK이노베이션이 시장점유율 Top 3를 형성하고 있으며, 더블유스코프는 6위 수준
 - (가) 분리막은 열적 변화에 따른 발화·폭발 등 안전성 측면에서 중요한 역할을 하는 소재로서 신제품 적용에 있어 대단히 보수적이어서, 다른 소재에 비해 한국과 일본이 강세이고 중국은 약세
 - ii) SK이노베이션은 자사와 삼성SDI 등에 공급하고 있으며, 더블유스코프는 삼성SDI와 LG화학에 납품

16) 조윤상, 하태원, 정승원(2019).



출처: LIB 소재 중국 점유율 압도적(신소재경제신문, 2016.2.26).

[그림 II-9] 리튬이차전지용 4대 소재 국가별 시장 점유율 (2015)

마) 전해질은 일본·중국 업체 비중이 크고, 국내 기업의 점유율이 낮음

- i) Mitsubishi Chemical이 시장점유율 1위로 일본, 한국 및 중국에도 공급하며, 중국 업체가 2~4위 차지
- ii) 국내 기업으로는 파낙스이텍이 시장점유율 9위이나, 원가절감 추세로 중국산 비중이 증가하여 국내 업체들이 고전하고 있는 분야

2) 리튬이차전지 관련 Supply Chain

- 가) 일본·중국의 이차전지 기업은 소재를 자국 업체들로부터 조달하나, 국내 이차전지 기업은 외국 업체를 포함한 Multi Vendor 체제 유지
- 나) 4대 소재의 국산화가 이루어졌으나, 소재별로 국산화율 상이
- 다) 리튬이차전지 업체들의 생산 능력 확대에 따라 신규 생산 라인 구축이 절대적으로 필요하고 이에 따라 장비업체들의 실적도 큰 폭으로 개선될 것으로 기대하고 있음

〈표 II-6〉 주요 이차전지 생산업체별 Supply Chain

구분		LG화학	삼성 SDI	Panasonic	CATL
양극 활물질	자국	엘엔에프 포스코케미칼	엘엔에프 에코프로비엠 코스모신소재	Sumitomo(일) Nichia(일)	Pulead(중) Jinhua(중)
	외국	Umicore (벨기에) Nichia(일)	Umicore (벨기에) Reshine(중)	-	-
음극 활물질	자국	포스코케미칼	-	Hitachi Chem.(일) Nippon Carbon(일)	Zichen(중) BTR(중)
	외국	BTR(중) ShanShan(중) Mitsubishi Chem.(일)	BTR(중) ShanShan(중) Mitsubishi Chem.(일)	BTR(중)	JFE(일)
분리막	자국	SK이노베이션	SK이노베이션	Asahi Kasei (일) Toray(일)	-
	외국	Asahi Kasei (일) Senior(중)	Asahi Kasei (일) Toray(일)	-	SK이노베이션 Asahi Kasei (일) Ube(일)
전해질	자국	엔켄	파낙스티텍	Mitsubishi Chem.(일) Ube(일)	Kaixin(중) Capchem(중)
	외국	Huarong(중) Capchem(중)	Central Glass(일)	-	-

자료: 각사 보도자료 등

나. 시장 분석

1) 세계 시장 현황¹⁷⁾

- 가) 리튬 이차전지 시장은 당분간 한·중·일 기업이 주도
 - i) 최대 전기차 시장인 중국을 보유하고 있는 중국의 증설이 활발하며, 한국 3사도 동유럽, 중국 등 해외 중심으로 증설투자 진행 중
 - (가) 일본 Panasonic도 증설 추진 중이나 상대적으로 소규모
 - ii) 한국 기업은 고객사를 다양하게 확보하여 시장지위 유지 예상
 - (가) LG화학은 Volkswagen, GM, 현대기아차 등 다양한 고객사를 확보하였으며, 삼성SDI는 Volkswagen, BMW 등과 파트너십을 통해 대규모 수주에 성공
 - (나) 중국 CATL은 중국내 xEV 성장세와 더불어 해외수주도 확장 중이며, Panasonic은 Tesla에 집중되어 있음
 - (다) 한편, EU와 미국도 xEV용 리튬 이차전지 투자를 추진하고 있어 향후 한국 기업에게 위협요인으로 작용 가능

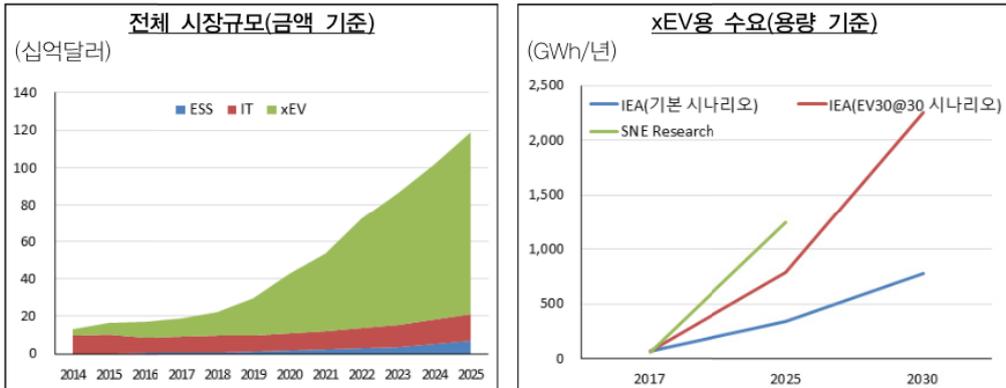
2) 시장 성장 전망

- 가) 리튬 이차전지 시장은 xEV용 중심으로 연평균 10% 이상 성장 전망
 - i) 소형전지 수요는 휴대폰 시장 성장 둔화 등으로 증가율이 낮은 반면, xEV용은 전기자동차 보급 확대에 급성장 전망
 - ii) 전망기관 및 가정에 따라 상이하나 세계 리튬 이차전지 시장은 2017~2025년 중 금액 기준으로 연평균 10% 이상 성장 전망
 - (가) SNE Research(2018a)는 2017~2025년 중 금액 기준으로 연평균 26.0%, 용량 기준으로 37.6% 성장할 것으로 전망¹⁸⁾
 - (나) IEA(2018)는 xEV용 이차전지 수요가 2017~2025년 중 용량 기준으로 연평균 약 22% 성장하고, 2025~2030년 중 다시 약 2배로 성장할 것으로 전망
 - EV30@30 시나리오(2030년까지 전기자동차 시장점유율 30% 달성)에서는 2017~2025년 중 용량 기준으로 연평균 약 36% 증가하고, 2025~2030년 중 다시 약 3배로 성장할 것으로 예상¹⁹⁾

17) SNE Research(2018).

18) SNE Research(2018).

19) IEA(2018).



주: 전체 시장규모는 SNE Research 전망치이며, 셀 가격 기준
출처: SNE Research(2018) 및 IEA(2018).

[그림 11-10] 리튬이차전지 시장 성장 추이 및 전망

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 이차전지 전해질: 중기로는 경쟁이 치열하지 않은 액체 전해질 기술에 연구 개발하는 것이 바람직하다고 판단되며, 고분자 전해질은 장기에 걸쳐 공공연구 기관의 기술을 이전 받거나 연구 개발하여 제품화하는 전략이 필요
- 2) 리튬이온전지 활물질: 고용량 활물질을 제조할 수 있는 소재 기술의 수요 증가가 중기적으로 예상되며, 나아가 정부출연연구소로부터 기술을 이전받아 새로운 조성 및 형태의 복합체 전극을 제작하는 기술이 필요

나. 전략 기술 후보

- 1) 전략 기술 후보
 - 가) 전해질의 저가격화를 위한 고성능의 첨가제 기술 개발
 - 나) 고용량 니켈계 양극재 제작을 위한 전구체 제조 기술
- 2) 중요성
 - 가) 고성능 액체 첨가제: 이차전지 생산기술과 전해질 소재 기술의 성숙에 따라 새로운 첨가제 기술개발을 통한 고용량, 안전성, 고출력 성능이 중요
 - 나) 고용량 니켈계 양극재 전구체: 전구체는 양극 소재 전단계 물질로, 양극 소재 제조 원가의 70% 이상을 차지하는 핵심소재임. 그 중에서도 니켈계 소재는 기존 제품에 사용되는 코발트계 소재²⁰⁾보다 더욱 환경친화적이고 고용량을 구현할 수 있으며 동시에 경제성을 확보했기에 그 중요성이 높음.

20) 조윤상, 하태원, 정승원(2019).

다. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

		2차 전지의 중소기업 로드맵	
최종목표	중기	높은 기술 경쟁력 확보로 발돋움하는 강한 이차전지 중소기업	
Time span		중기	장기
환경/시장 니즈		고용량 활물질을 제조할 수 있는 소재 기술의 수요 증가	
	정치/경제적 리스크에 대비한 국산화 전략		
중장기 목표		경쟁이 치열하지 않은 기존 기술에 전략적으로 접근	기술이전을 통해 국산화 확립
핵심요소 기술	전해질	전해질의 저가격화를 위한 고성능의 첨가제 기술 개발	전해액을 고분자에 함침시켜 구멍시키는 곁형 고분자 고체전해질 기술
	활물질	고순도 제품의 유기 용매 개발 및 전해질 최적화 기술	고분자 전해질의 이온 전도성 및 기계적 물성 향상 기술
		고용량 니켈계 양극재 제작을 위한 전구체 제조 기술	코발트 함량을 낮추는 NCMA 조성 최적화 양극재 기술
		실리콘 계열 음극재용 나노 분말 제조 기술	실리콘-흑연 복합체 전극 제작 기술

[그림 II-11] 단계별 기술개발 마일스톤

라. 기술별 수요 중소·중견 수요 기업 후보 및 의견

- 1) 파나이스텍
- 2) 솔브레인
- 3) 캄트로스
- 4) 에코프로비엠

마. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) GIST 이병훈 교수, bhl@gist.ac.kr
- 2) GIST 조지영 교수, jyjo@gist.ac.kr
- 3) DGIST 이용민 교수, yongmin.lee@dgist.ac.kr
- 4) UNIST 이준희 교수, junhee@unist.ac.kr
- 5) UNIST 조욱 교수, wookjo@unist.ac.kr
- 6) KAIST 김일두 교수, idkim@kaist.ac.kr
- 7) KAIST 조은애 교수, eacho@kaist.ac.kr
- 8) KAIST 김정민 교수, km.kim@kaist.ac.kr
- 9) KAIST 강기범 교수, kibumkang@kaist.ac.kr
- 10) KAIST 홍승범 교수, seungbum@kaist.ac.kr

II. 첨단 소재부품 분과

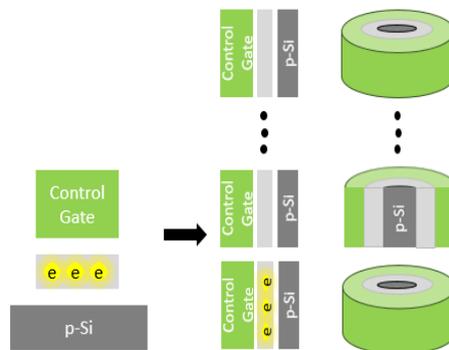
(3) NAND 핵심소재 및 제품

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

- 가) 낸드 플래시란 플래시 메모리의 한 형태로 전원이 없는 상태에서 데이터를 계속 저장할 수 있으며 데이터를 자유롭게 저장 및 삭제할 수 있음
- 나) 저장단위인 셀을 수직으로 배열해 좁은 면적에 많은 셀을 만들 수 있도록 되어 있어 대용량이 가능
- 다) 3D CTF란 기존 단층 구조의 CTF를 3차원 원통형 구조인 GAA (Gate-All-Around) 구조로 변환하여 컨트롤 게이트를 기존의 직사각형이 아닌 원통형으로 만들어 접촉 면적을 넓힘으로써 셀 당 보유 전자 수를 극대화하고 적층 공정을 용이하게 함
- 라) 3D V-NAND란 높은 단에서 낮은 단으로 한 번에 구멍을 뚫어 각층마다 전극을 연결하는 기술임
- 마) 에칭(Etching) 기술과 각각의 홀에 수직 셀을 만드는 게이트 패턴(Gate Pattern) 기술이 요구됨



[그림 II-12] 낸드플래시 메모리구조 (CTF→) 3D V-NAND)

2) 범위

가) Floating Gate

- i) 낸드플래시의 셀은 Floating Gate에 전자를 채우고 비우는 방식으로 0과 1을 인식함
- ii) Floating Gate는 절연체인 산화막으로 둘러쌓여 전자가 산화막을 통과해 Floating Gate에 전자를 저장함으로써 데이터를 저장함
- iii) 한계점: Wear out 현상으로 Tunneling Ox에서 격자구조의 작은 결함들 (oxide defect) 가 누적되고, 한계치를 넘어가면 누설전류가 발생함

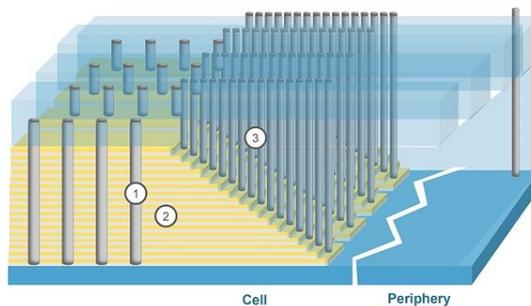
나) Charge Trap Flash(2D→3D)

- i) 부도체인 SiN (Silicon Nitride)로 이루어진 CTF (Charge-Trap Flash)층을 charge trap layer로 이용
- ii) 전자가 저장되면 특정한 trap-site에 위치하게 되고, tunneling oxide와 멀리 저장되는 전자들은 쉽게 빠져나가지 못하여 누설전류가 발생할 확률이 낮아짐
- iii) 한계점: 인접한 cell간의 간격이 좁아짐에 따라 capacitive coupling 발생으로 2D →3D

다) 3D vertical NAND

- i) Planar type(2D)의 cell 구조에서 Vertical(3D) 구조로 cell을 쌓아 올려서 집적도를 높인 Flash 메모리 기술
- ii) 기존 2차원 평면 구조의 메모리 공정이 1X nm 급으로 scaling 됨에 따라서 cell 간격 또한 좁아져 누설전류의 신뢰성 문제가 야기됨.
이를 극복하고자 3D Vertical nand를 개발하기 시작

나. 주요기술 분류



① Channel ② Gate Stack ③ 3D Shaping

출처: 오은지 (2017), “램리서치가 100층 이상 3D낸드 구현 위해 내놓은 솔루션은”, KIPOST

[그림 II-13] 3D V-NAND

- 1) High aspect ratio channel tube etch (Channel hole etching)
 - 가) 작은 구멍으로 제일 아래 기판까지 일직선으로 뚫어야 함
 - 나) Etch가 끝까지 다 안되거나/중간에 큰 구멍으로 etch 되거나/일직선으로 뚫리지 않아야 함
- 2) WL Cut Pull/back 및 Replace 공정
 - 가) Pull/Back 공정 시 Si₃N₄/SiO₂ 의 고 선택비 습식에칭 기술연구가 진행되어야 함
 - 나) W ALD Filling 시 입구가 막히지 않고 균일하게 채워 넣어야 함
- 3) 3D shaping
 - 가) Nitride - Oxide stack시 uniformity와 layer간 defect, 각 층간의 stress로 aspect ratio를 올리는데 한계점이 존재함 (Warping issue)
 - 나) Pad를 위해 trim을 해야 하는데 이때 Photo Top PR 두께가 중요(Trim 공정의 횟수와 연결됨--> 공정 단순화 및 cost 절감)
- 4) WL cell contact
 - 가) 각 Pad에 Metal contact이 필요한데, 이 부분 역시 High Aspect ratio로 anisotropy etch 기술이 필요함.
 - 나) 또한, Pad 위에서 etch stop이 되어야 하기 때문에 선택비가 우수한 etching 기술 필요함.
- 5) 트랜지스터의 Vt 컨트롤을 저해시키는 요소들을 해결해야 함

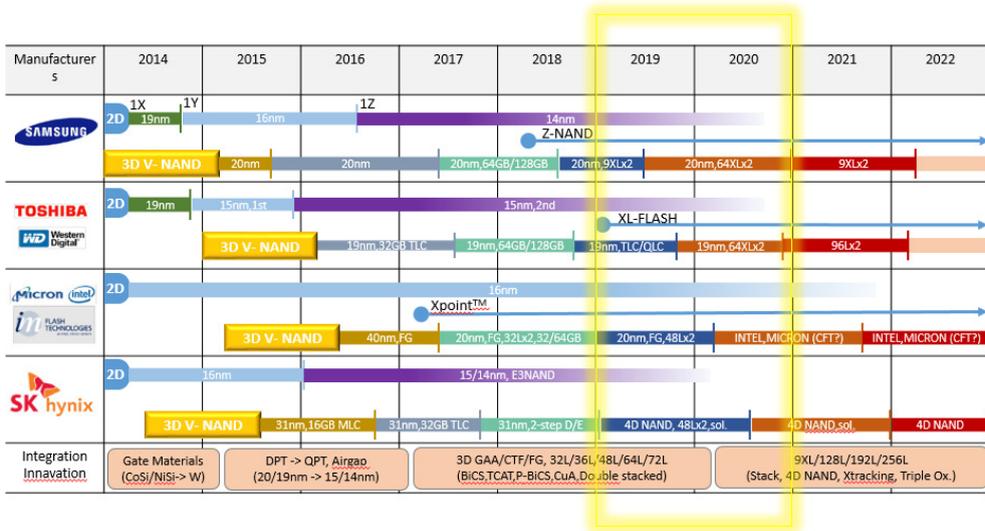
다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

- 1) High aspect ratio channel tube etch (고 선택비 Etchant)
 - 가) 반도체 업계에서 불산은 식각 공정(에칭, etching)에 주로 쓰임
 - 나) 채널 hole을 파기 위한 용액으로 불화수소가 현재 사용됨
 - 다) 아래와 같은 이유로 깔끔한 공정을 위해서는 고순도 불소가 요구됨
 - i) 예상치 못한 불순물이 웨이퍼 표면에 들러붙는 문제가 발생/As는 불순물 중 무수 불산으로부터 정제분리가 쉽게 이루어지지 않음/As가 layer의 불순물로 존재할 수 있음
 - ii) 웨이퍼 상의 산화막이 어느 부분은 목표치(타겟)보다 덜 깎였고 어느 부분은 많이 깎이는 등 표면이 고르지 못하게 부식된 문제가 발생함
 - 라) 2019년 불산의 주 수입경로가 막히게 되면서 고순도 불화수소의 공급이 갑자기 끊기게 됨
 - 마) 불화수소의 순도는 곧 불량률과 연관됨으로 국내기업의 빠른 발전 시급함
- 2) Pullback 공정 선택비 기술
 - 가) STI (Shallow Trench Isolation)공정 중 인으로 Si₃N₄ 층을 strip 해야함

- 나) 순수한 인산을 식각 용액으로 사용하는 습식 식각에 있어, Si₃N₄의 식각 속도는 실리콘 산화막의 식각 속도에 비해 약 20~50배 정도 빠르나 Si₃N₄의 식각 속도가 높은 편이 아니기 때문에 식각 속도를 높이기 위해 온도를 높여서 사용함
 - 다) 온도를 높여서 식각하는 경우, Si₃N₄의 식각 속도와 더불어 SiO₂의 식각 속도도 동반하여 상승하기 때문에 선택비가 떨어지는 문제점이 있다. 또한, 최근에는 패턴 (pattern)의 크기가 줄어들고 미세화됨에 따라 SiO₂이 미세하게 식각됨으로써 각종 불량 및 패턴 이상이 발생됨
 - 라) 현재 Si₃N₄/SiO₂ 의 인산 에칭은 박막 식각에 따라 규소 부산물들이 계속 생기게 됨
 - 마) 규소의 농도가 임계치를 넘어서면 더 이상 SiO₂ 박막을 식각하지 않고 그 부산물이 SiO₂ 박막 위에 새로운 SiO₂ 박막으로 생겨나는 현상이 발생(regrowth)
 - 바) 인산을 기반으로 한 solution에 다양한 불소계 첨가물, 실리콘계열 첨가물을 여러 비율로 첨가하여 다양한 etchant를 만들
- 3) 3D shaping(Warpage 개선 기술)
- 가) Si₃N₄/SiO₂ stack시 uniformity를 높이기 위한 증착기술 개발과 layer 간 defect를 줄이기 위해 각 물질의 순도를 높이고, 층간의 stress를 줄이기 위한 Si₃N₄의 물성을 향상시킴
- 4) Photo Top PR 상향 기술
- 가) Photo Top PR의 높이에 따라서 Trim의 횟수가 정해지는 WL Pad Photo 공정
 - 나) Vertical Nand 3세대까지는 5 μm PR → 4세대 7 μm PR → 5~6세대 10 μm PR 공정을 적용함에 따라서 Photo layer 숫자가 현저히 줄어들게 되어, 반도체 공정에서 핵심인 공정 단순화와 cost 절감에 매우 큰 도움이 됨

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황



출처: Dick James, Jeongdong Choe(2019), "TechInsights memory technology update from IEDM18", TechInsights.

[그림 II-14] 국내외 주요기업 기술 현황

- 1) 삼성전자²¹⁾: 반도체의 공정 미세화 한계를 극복한 '6세대(1xx단) 256Gb(기가비트) 3비트 V낸드'를 기반으로 한 '기업용 PC SSD'를 양산해 글로벌 PC 업체에 공급/ 이번 제품은 100단 이상의 셀을 한 번에 뚫는 단일공정(1 Etching Step)으로 만들면서도 '속도·생산성·절전' 특성을 동시에 향상해 역대 최고의 제품 경쟁력을 확보하였음/삼성전자는 기업용 250GB SATA PC SSD 양산을 시작으로 글로벌 고객 수요 확대에 맞춰 올해 하반기 512Gb 3비트 V낸드 기반 SSD와 eUFS 등 다양한 용량과 규격의 제품을 계속 출시할 계획
- 2) TOSHIBA: 워드라인 적층 수를 96단으로 유지하면서 저장 방식을 QLC로 바꿔 다이 용량을 1.33Tbit로 역대 최고로 올린 3D 낸드를 개발하고, 적층 수를 128단(TLC 방식 사상 최대 밀도)으로 늘리고 주변 회로를 메모리 셀 어레이에 적층해 실리콘 면적을 절약한 3D 낸드 칩을 발표
- 3) Micron: 128개의 단으로 구성된 4세대 3D NAND 플래시 메모리를 테이프로 만들/ 4세대 3D NAND는 계속 CMOS-under-array 설계를 사용하지만, Micron 및 그 이전의 IMFlash 인 Floating Gate 대신 RG (Replacement Gate) 기술을 사용함/ 이 회사는 자사의 진화, 즉 5 세대 3D NAND에 더 초점을 둔 것으로 보임

21) Samaung Newsroom(2019).

- 4) SK 하이닉스²²⁾: 한 개 칩에 3b(비트)를 저장하는 낸드 셀 3600억개 이상이 집적된 1Tb 제품인 128단짜리 TLC(Triple Level Cell) 4D 낸드플래시 개발/3D와 4D NAND의 차이는 PUC(Peri Under Cell)을 의미함

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 선도 기관:삼성전자, SK하이닉스, Micron, TOSHIBA

〈표 II-7〉 선도 기관

기업	국가	기술	특이점
삼성전자	대한민국	· 6세대/100단/256Gb(기가비트) 3비트 V낸드 · (TANOS · Ta/AIO/Nitride/Oxide/Si) 셀을 증착한 뒤 가장 마지막 공정에서 질화물 자리에 금속 게이트를 구현	
SK 하이닉스	대한민국	· CTF와 PUC를 결합한 4D 128단짜리 TLC 구조	CTF 밑으로 PUC가 들어가 초소형화가능
Micron	미국	· CMOS 언더 어레이(CuA · CMOS under array)_3D QLC-)4세대 낸드(128단 예상)부터 CTF 방식을 적용	
TOSHIBA	일본	· 파이프 모양의 비트 코스트 스케일링(P-BiCS) · (SONOS · Si/Oxide/Nitride/Oxide/Si) 셀을 올려 게이트를 먼저 구현	P-BiCS는 단일 스택에서 적층 단수를 높여가는 것보다는 생산성이 떨어지지만 만들기는 쉬워 확장성과 신뢰성이 높음 (크기와 속도면에서는 떨어짐)

다. 선도 기관 · 기업 · 국가 등

- 1) 불화수소

- 가) 일본 수출규제 품목 중 하나인 불화수소는 크게 액체 · 기체 두 가지로 나뉨
- 나) 액체는 솔브레인 등 일부 국내 업체가 중국산 원재료(무수불산)를 받아다가 순도를 높이는 정제를 거치거나 일본 스텔라케미파 · 모리타 화학공업으로부터 고순도 불화수소를 수입해 약간의 첨가제를 넣어 삼성전자, SK하이닉스에 납품하고 있음
- 다) 기체 형태의 경우 일본 쇼와덴코에서 100% 수입하고 있음
- 라) 대체 방안으로 중국산 원료를 수입해 재가공한 불화수소 제품을 국산화하고 있음
- 마) 상대적으로 ‘덜 민감한’ 생산라인에서 일본 제품 대신 국내에서 생산한 액체 불화수소를 사용함을 시작으로 점차 범위를 넓혀갈 예정임

22) 장우정(2019).

- 2) 고선택비 인산액 HSN (High Selectivity Nitride)을 사용한 Si₃N₄ 식각에 대한 연구를 진행 중임

3. 산업 및 시장 분석

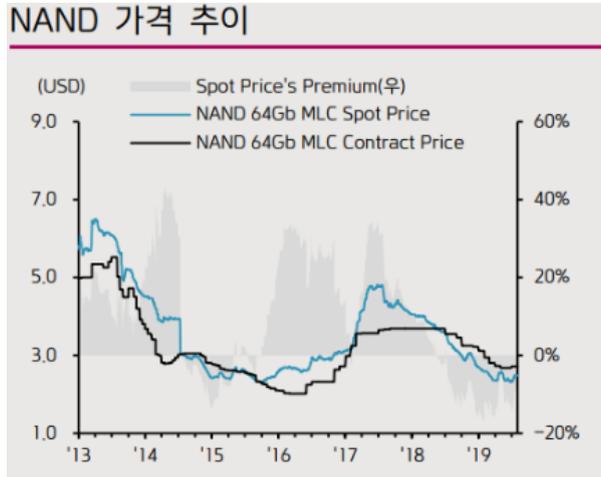
가. 산업 분석

- 1) NAND 단품의 평균 가격은 \$0.12/GB(+1MoM)를 기록하며 전달 대비 상승함
- 2) 일본 Kioxia(구 도시바)의 정전 영향이 반영된 2D MLC 제품의 가격은 +4~6%MoM 급등함
- 3) 비수기 영향과 마이크론의 분기말 가격전략의 영향을 받고 있는 3D TLC 제품의 가격은 -1%MoM 하락함
- 4) 모바일 제품의 평균 가격은 \$0.17/GB(+2%QoQ)를 기록하며, 지난 4Q17 이후 처음으로 상승 전환에 성공함

나. 시장 분석

- 1) 세계시장
 - 가) 반도체²³⁾시장은 2022년까지 지속 성장한 뒤 2023년 정체기에 들어설 것으로 보임
 - 나) 2020년 메모리 시장 성장폭이 가장 클것으로 전망됨
 - 다) 2019년 시장이 감소했던 낸드(NAND)는 2020년부터 2022년까지 성장세가 예상됨 -반해, 삼성전자는 서버용 낸드플래시 수요 회복과 고용량 제품 증가로 30% 점유율을 보임
 - 라) 2020년 7.9% 성장과 2021~2022년 연 20%대 상승세를 이어갈 것으로 전망됨
 - 마) 2022년은 돼야 지난해 수준의 규모로 상회할 수 있을 것으로 보임

23) IHS마켓(2019).



출처: 키움증권 리서치센터, 박유악 (2019), "반도체[Nov'19] DRAM, NAND 산업동향".
 [그림 II-15] NAND 가격 추이

바) 2023년에는 다시 8.6% 역성장해도 2018년 수준을 웃돌 가능성이 보임

〈표 II-8〉 글로벌 반도체 시장 전망_NAND

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
반도체	485,576	424,978	448,514	490,375	515,162	517,863
(%)	12.1	2.5	5.5	9.3	5.1	0.5
메모리	163,832	115,474	125,878	151,937	162,444	150,589
(%)	24.3	29.5	9.0	20.7	6.9	7.3
NAND	60,245	40,829	44,035	55,114	66,241	60,559
(%)	11.7	32.2	7.9	25.2	20.2	8.6

출처: IHS마켓 (2019), "글로벌 반도체 시장 전망"

2) 국내시장

가) 일본의 수출 규제와 NAND의 공급과잉의 상황에서도 꾸준한 성장률을 보이며 세계 1위를 이끌어가고 있음

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술개발 목표 및 전략

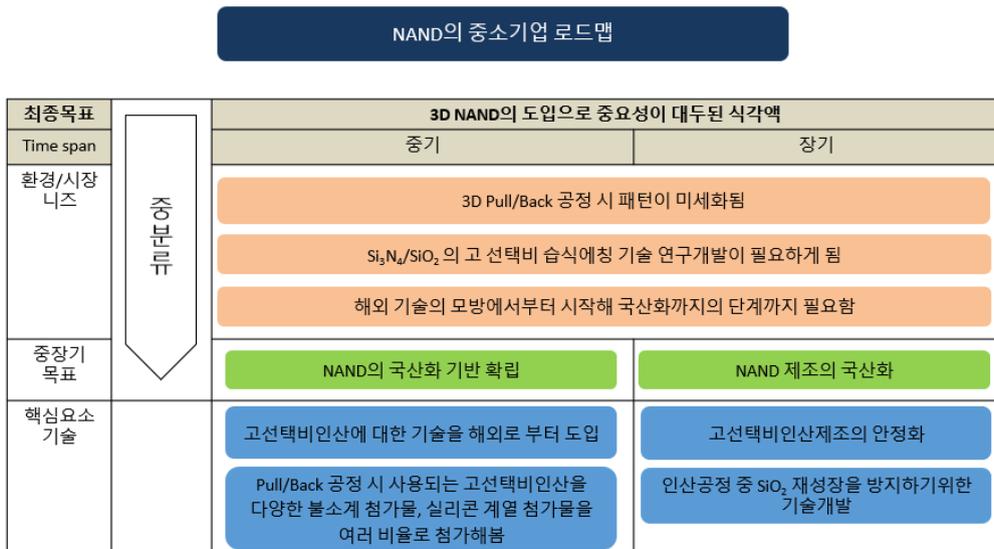
1) 기술개발전략

가) 소재 분야로 3년 이상의 장기적인 기술개발 지원이 필요함

나. 전략기술 후보

- 1) 전략기술 후보
 - 가) 고 선택비 인산
 - 나) 인산공정 중 SiO₂ 재성장을 방지하기 위한 기술개발
- 2) 고 선택비 인산의 중요성
 - 가) 3D NAND구조 변화로 Etch공정 중요성 증대 (약 30% 증대)
 - 나) 고 선택비 인산은 gate Last 방식에 필수적인 에칭소재임
 - 다) 인산 초산 등을 사용한 제품은 고객사별, 각 공정별, 각 제품별로 특정하게 각각 만들어야 함으로 높은 기술 수준이 요구됨
 - 라) 불산의 주원료인 형석이 줄어 들고 있는 추세에 다가올 비용문제와 원활한 수급을 위해 wet chemical 중 불산이 아닌 인산과 같은 원재료 걱정이 없는 제품들의 중요성이 커질 예정임
 - 마) 진입장벽이 높아서 고 선택비 인산이 형석 생산량을 대체하게 된다면 현재 매출 3배 영업익 10배 이상이 예상됨

다. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵



[그림 II-16] 단계별 기술 개발 마일스톤

라. 기술별 수요 중소기업 · 중견 수요 기업 후보 및 의견

- 1) SK머티리얼즈
- 2) 솔브레인

마. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) KAIST 홍승범 교수, seungbum@kaist.ac.kr
- 2) KAIST 김일두 교수, idkim@kaist.ac.kr
- 3) KAIST 조은애 교수, eacho@kaist.ac.kr
- 4) KAIST 김정민 교수, km.kim@kaist.ac.kr
- 5) KAIST 강기범 교수, kibumkang@kaist.ac.kr
- 6) GIST 이병훈 교수, bhl@gist.ac.kr
- 7) GIST 조지영 교수, jyjo@gist.ac.k
- 8) DGIST 이용민 교수, yongmin.lee@dgist.ac.kr
- 9) UNIST 이준희 교수, junhee@unist.ac.kr
- 10) UNIST 조욱 교수, wookjo@unist.ac.kr

참고문헌

- 김양화 · 임재완 · 박규열 · 임옥택 (2019), “전기자동차 시장 및 배터리 관련 기술 연구 동향”, **한국수소및신에너지학회집**, 30(4):362-368.
- 김지산 · 이동욱 · 이종형 (2019), **차세대 배터리 미래를 담은 기술**, 키움증권 리서치센터.
- 박유약 (2019), **반도체[Nov'19] DRAM, NAND 산업동향**, 키움증권 리서치센터.
- 신소재경제신문 (2016), “LIB 소재 중국 점유율 압도적” (2016.2.26.).
- 장우정(2019), “SK하이닉스, 세계 최초 128단 4D 낸드플래시 양산”, **ChosunBiz**(2019.06.26.).
- 정영민 · 조원일 (2010), “리튬이온이차전지 기술 동향과 미래 전망”, **한국세라믹학회집**, 13(5) : 7-14.
- 조윤상 · 하태원 · 정승원 (2019), **리튬 이차전지 시장 및 기술동향 분석과 대응방향**, KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터.
- 중소벤처기업부 · 중소기업기술정보진흥원 · NICE평가정보(주)(각년), **중소기업 전략기술로드맵**.
- 중소벤처기업진흥공단 (2019) **KOSME 산업분석 REPORT**.
- 차순형 (2019), **DRAM Capacitor의 유전율 향상을 위한 ZrO₂/ Al₂O₃/TiO₂ 박막의 전기적, 구조적 특성 연구**, 서울대학교 석사학위 논문.
- 오은지 (2017), “램리서치가 100층 이상 3D낸드 구현 위해 내놓은 솔루션은”, **KIPOST**.
- 이현규 · 김용기 · 하수진 (2018), **리튬이차전지 소재 기술동향**, 과학기술일자리진흥원.
- 한국전자산업협회 (2019), **이차전지 총방전 원리**.
- 한국은행 (2018), **국제경제리뷰 제 2018-7호**.
- 황정수, 고재연 (2019), “반도체 ‘초격차’ 벌리는 삼성전자, D램 점유율 6분기 만에 최고”, **한국경제**(2019.8.9.).
- Samaung Newsroom (2019), **“삼성전자, 세계 최초 ‘6세대(1xx) V낸드 SSD’ 양산”**.
- SK Hynix Newsroom (2018), **“SK 하이닉스, 차세대 D램 표준 규격 DDR5 시대 연다”**.
- SNE Research (2018), **리튬 이차전지 주요 업체 심층 분석**.
- Dick James, Jeongdong Choe (2019), “TechInsights memory technology update from IEDM18”, *TechInsights*.
- IEA (2018), *Global EV Outlook 2018*.
- IHS Markit (2019), *Semiconductors Market Research and Analysis*.
- JEDEC (2002), *DDR4 SDRAM standard*.



Ⅲ

공정장비 분과

1. 반도체공정: 나노스케일 표면 처리 기술
2. 수소의 물리적 저장 기술
3. 수소의 화학적 저장 기술
4. 수소 운송 및 활용 인프라 구축

A circular graphic composed of several concentric white lines. Five white circular icons are placed around the inner circle: a person with a gear, a person with a magnifying glass, a handshake, a person with a gear, and a person with a gear. The text is centered within the innermost circle.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology
Advancement Roadmap

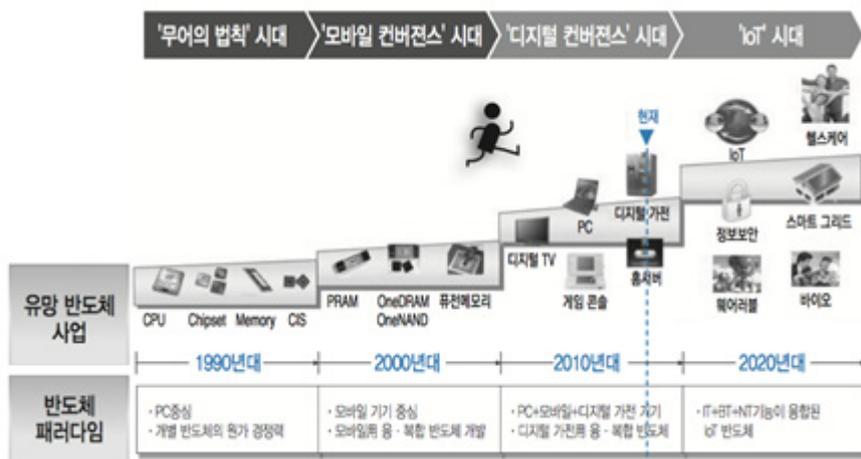
III. 공정장비 분과

(1) 반도체공정: 나노스케일 표면 처리 기술

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

- 1) 나노스케일 표면 처리 기술은 반도체 공정 중 필요한 도핑, 결정화, 증착 등에 필요한 표면 처리 기술이며, 기질 표면에서 화학적 흡착, 탈착과정과 이 때 필요한 에너지를 열적으로 매우 짧게 공급하여 원자 층 수준의 두께 제어가 가능한 표면 처리 방법으로 박막의 형성과 제거 그리고 열적 효과를 나노스케일로 제어하여 이를 통한 원자 레벨 제어가 가능하다는 특징점을 가진
- 2) 반도체 공정 기술은 반도체 소자를 생산하기 위해 사용되는 제반장비를 제조하는 산업으로 전방산업인 반도체 산업의 영향을 많이 받음
- 가) 반도체 장비기술은 디스플레이, 태양광, LED, OLED 등의 유사 관련 산업으로 그 기술이 전파되어 기술의 활용도가 매우 높으며 최근에는 빅데이터, AI, AR/VR, IoT, 웨어러블 등의 신규 응용으로 확대되는 등 반도체 패러다임이 변화



출처: 중소기업 기술로드맵 2018-2020, 반도체 공정장비(2018. 01).

[그림 III-1] 반도체 패러다임의 변화

- 3) 최근 AI, IoT, AR/VR, 웨어러블 등 인터넷에 연결된 사물의 수가 폭발적으로 증가하고 반도체 패러다임이 변화함에 따라 이를 위한 메모리 반도체의 미세화 및 차세대 메모리 소자의 개발이 필요하나 미세화의 한계에 점차 다가감에 따라 3D 형태의 적층형 반도체를 상용화하고 있는 추세
 - 가) 이에 따라 에너지 효율성 및 성능 개선을 위한 미세화 및 3D 반도체를 제작하기 위한 반도체 공정 장비 기술에 대한 관심이 고조됨
- 4) 국내 공정 기술로 국산화된 장비 점유율은 국내 시장에서 20%에 불과하고 이 또한 핵심 기술이 아닌 보조 공정 기술에 적용된 장비 비중이 높음
 - 가) 특히 AMAT(미국), Lam(미국), ASML(네덜란드), TEL(일본) 업체가 시장을 주도하고 있고 이들이 가지고 있는 핵심기술 및 노하우의 축적으로 인해 신규 업체의 시장 진입 장벽이 매우 높음
 - 나) 최근에는 중국 정부의 공격적인 산업 육성 정책 (반도체 육성정책에 의해 반도체 분야에 2015년부터 약 180조원을 향후 10년간 투자 중)으로 추후 중국이 시장에서 차지하는 비중 또한 더욱 커질 전망이고 일본의 무역 규제에 의한 기술 제약 및 무기화가 발생할 가능성이 매우 높음
 - 다) 따라서 앞으로는 이러한 국가들의 반도체 기술력으로 국내 반도체 산업이 견제 당할 수 있다는 위기감이 크게 조성되고 있고 특히, 반도체 시장은 수명주기가 짧아 적기 시장 진입이 매우 중요. 특히, 반도체 미세화 등 제조공정의 난이도 증대에 따라 기술개발 양상 변화 및 신규 기술이 필요

나. 주요기술 분류

- 1) 나노스케일 표면 처리 기술은 전자/전기공학, 광학, 화학, 정밀가공 기술, 기계 설계, 시뮬레이션 등 다양한 최첨단 기술의 총합으로 이루어지며 종합적이고 파급력이 큼
 - 가) 나노기술 시대에 진입하면서, 반도체 제조 기술 개발 속도가 장비 개발 속도를 추월함으로써 제조 공정 및 장비도 함께 개발되어야만 반도체 제조가 가능

〈표 Ⅲ-1〉 전략 기술에 따른 반도체 공정 관점 기술 분류와 대표 세부 기술

전략기술	반도체 공정 관점	세부 기술
나노스케일 표면 처리기술	증착 및 주입	· 차세대 반도체 제조를 위한 고품질, 고성능 박막 증착 및 불순물 주입을 위한 공정 기술 및 장비 개발, 고균일 온도 제어 및 초정밀 가스 유량 제어 기술
	열처리	· 배선평 10nm 이하이고 소자 구조가 변함에 따라 열공정을 선택적이고 국부적으로 (나노스케일 수준) 제어하는 기술
	식각	· 나노 레벨의 정밀 식각을 위한 기술, 생산성 향상을 위한 새로운 소스 기술

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

1) 사업 목적

- 가) 반도체 공정 중 하나인 나노스케일 표면 처리 기술을 국산화 개발을 통한 반도체산업의 미세화 기술 경쟁력을 갖추고 일본, 중국 등 해외 국가들로 인한 규제 및 기술 연구 제약 등의 무기화에 대응할 수 있는 기반 구축

2) 사업 내용

- 가) 나노스케일 표면 처리 기술을 위한 증착, 주입, 열처리, 식각 등 관련 주요 반도체 공정 기술 구축 방안 기획

3) 선정 사유

- 가) 초기에 막대한 비용을 투입해야하는 반도체 장비산업의 특성상 글로벌 기업을 배출하기 위해선 정부의 적극적인 지원과 기업의 협력이 필요
- 나) 향후 5년간의 중소기업의 선점적 인프라 구축 및 기술 개발을 통해 국내 장비의 국산화율은 높이고 차세대 반도체 공정에 대한 미래 경쟁력 확보

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

〈표 Ⅲ-2〉 전략 기술 기반 반도체 공정 기술에 따른 국내외 기술 현황

전략기술	반도체 공정 관점	국내외 기술 현황
나노스케일 표면 처리기술	증착 및 주입	<ul style="list-style-type: none"> · 나노스케일 박막 증착에 많이 적용되는 원자기상증착(ALD)에 사용되는 전구체(precursor)는 반도체 소재로 사용되는 유기금속화합물로 ALD 공정에 핵심 · 세계 반도체 precursor 시장은 일본, 미국 등의 소수 기업이 주도권을 차지하고 있으나, 최근 국내업체의 시장 진입도 활발 · 국내의 대표적 ALD precursor 기술 보유 기업은 디엔에프와 유피케미칼로 High-k, Low-k, 그리고 배선을 위한 Metal precursor 분야에서 경쟁력을 보유하고 있으며, 주성, 유진테크, 한솔케미칼, 원익머티리얼즈, 테스 등에서 부분적 개발이 진행
	열처리	<ul style="list-style-type: none"> · 반도체 공정에 있어 열처리는 전기적 접촉 향상, 이온 주입 손상 완화, 불순물 활성화 등에 적용되고 있는 필수적인 공정 · RTP 장치는 AMAT(미국)의 해외 장비 업체에 의존도가 높음. 국내 업체로는 AP시스템과 테라세미콘이 기술력을 높혀 가고 있음
	식각	<ul style="list-style-type: none"> · 식각장비는 Lam(미국), AMAT(미국), TEL(일본) 등 해외 업체가 시장을 주도하고 있으며, 핵심기술 및 노하우 축적이 요구되어 신규 업체의 시장진입 장벽이 비교적 높은 분야임

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 신성장동력 7대 분야(반도체, 디스플레이, LED, 그린수송, 바이오, 의료, 방송장비) 장비산업의 기술경쟁력 확보로 지원하는 90억원 규모의 '신성장동력 장비경쟁력강화사업'을 추진
- 2) 최근 한국, 중국, 대만 등 아시아권의 반도체 공장 투자 증대로 전 세계 반도체 장비시장에서 아시아권이 차지하는 비율은 더 높아지고 시장은 더 커질 것으로 전망
- 3) 메모리 이외에 국내 소자업체의 파운드리 시장 진입 가시화에 따른 파운드리 관련 공정기술 및 차세대 반도체 소자에 사용되는 특화공정이 지속적으로 요구될 것으로 예상
- 4) 미세공정 한계가 오고 있음에도 기술혁신을 통한 차세대 미세공정은 지속될 전망

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

- 1) 반도체 공정은 기판에 소자를 형성하고 개별 칩으로 분리하는 시점을 기준으로 전 공정과 후 공정으로 구분되며 각 반도체 업체별로 특화된 공정과 장비를 사용 하는데, 이중 표면 처리 장비는 전 공정에 속하며 이 공정 장비들은 반도체 소자의 성능을 결정하는 핵심 공정으로 장비개발과 공정기술에 관한 경쟁이 치열함
- 가) 글로벌 반도체 공정장비 시장에서 전 공정의 장비가 75% 이상 점유가 예상됨

나. 시장 분석

- 1) 세계 반도체 장비 시장은 2015년 약 373억불로 신규팹 투자 정체에 따라 성장세가 주춤한 상태이나, 2017년 이후에는 클라우드와 빅데이터, 사물인터넷의 확산으로 각 사별 경쟁력 확보를 위한 미세공정 투자가 증대
- 가) 글로벌 반도체 공정장비 시장은 글로벌 업체들의 3D 낸드 플래시 및 파운드리 투자가 본격화되면서 꾸준히 성장할 것으로 전망

(단위: 억불, %)

구분	2012	2013	2014	2015	2016**	2017**	2018**	2019**	CAGR (%)
세계시장	378	335	389	373	360	390	400	450	2.5
국내시장 (내수)	87	52	68	81	80	85	90	100	2.0
국내 생산액	27	33	35	36	39	45	50	55	10.7
수출액	12	18	22	25	27	30	35	38	17.9
수입액	79	53	67	67	70	75	75	80	0.2
세계시장 점유율	7.1	9.9	9.0	9.7	10.8	11.5	12.5	12.2	8.0

출처: SEMI, KSIA, MTI(각년도).

[그림 III-2] 세계 반도체 장비 시장 규모

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

1) 기술 개발 목표

가) 나노스케일 표면 처리 핵심기술 국산화 개발을 통한 차세대 반도체 산업의 미세화 기술 경쟁력을 갖추고 일본, 중국 등 해외 국가들로 인한 규제 및 기술 연구 제약 등의 무기화에 대응할 수 있는 기반 구축

2) 전략

가) 초기에 막대한 비용을 투입해야하는 반도체 장비산업의 특성상 정부와 관련 대기업의 적극적인 지원과 반도체 소재, 장비 중소 기업과의 긴밀한 협력 관계에 의한 상생협력 체계 구축 (대기업에서 접근하기 힘든 요소 기술들에 대한 중소기업의 성과제품에 대한 적극적인 지원)

나) 중소 기업 중심의 수요를 발굴하고, 산학연 협업을 통한 기술 연구 개발

다) 차별화된 기술력을 바탕으로 장기적으로 없어서는 안 될 핵심적인 기술 개발을 통한 경쟁력 확보 및 새로운 시장 개척 노력 (국내시장 뿐만 아니라 세계시장의 약 75%인 아시아 시장 진입 노력)

나. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

나노스케일 표면 처리 기술 개발 로드맵				
Time span		2022	2024	2026
연도별 목표		기본 성능 확보	성능의 확장	최적화 및 고도화
나 노 스 케 일 주 입	중 작 ALD 전구체 (precursor) 소재 기술	금속, 화합물, 유전체, 멀티컴파운드, 저온, 고온 환경 등 소재 개발	소재의 성능 개선	소재의 대량 생산화
	사워 헤드 (shower head) 제어를 통한 고균일, 조정밀 가스 유량 제어 기술	박막 균일도 향상 및 증착 속도 제어율: 20~40% (기존대비)	박막 균일도 향상 및 증착 속도 제어율: 30~60% (기존대비)	박막 균일도 향상 및 증착 속도 제어율: 45~80% (기존대비)
	외부 환경 차단 기술	외부 공기와 반응기체의 접촉 차단율: 60~80%	외부 공기와 반응기체의 접촉 차단율: 80~95%	외부 공기와 반응기체의 접촉 차단율: >95%
표 면 처 리	고온의 열 (900~1,500°C)을 매우 얇은 두께로 발생시켜 열처리하는 기술	발생 된 열의 투과 깊이: <10 μm	발생 된 열의 투과 깊이: <100 nm	발생 된 열의 투과 깊이: <10 nm
처 리 기 술 시 각	ALE 전구체 (precursor) 소재 기술	금속, 화합물, 유전체, 멀티컴파운드, 저온, 고온 환경 등 소재 개발	소재의 성능 개선	소재의 대량 생산화
	식각 고균일 제어 기술	식각 균일도: <10% (중심부)	식각 균일도: <7% (중심부)	식각 균일도: <5% (중심부)
	외부 환경 차단 기술	외부 공기와 반응기체의 접촉 차단율: 60~80%	외부 공기와 반응기체의 접촉 차단율: 80~95%	외부 공기와 반응기체의 접촉 차단율: >95%

[그림 III-3] 단계별 기술 개발 마일스톤

III. 공정장비 분과

(2) 수소의 물리적 저장 기술

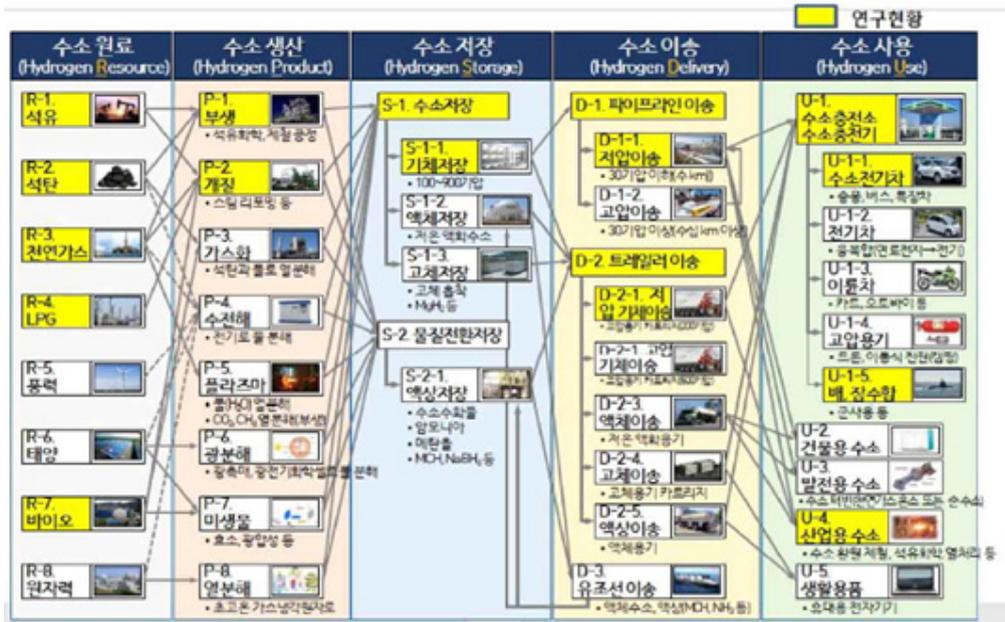
1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

- 1) 화석연료의 고갈에 따라 다음 세기에 필요로 하는 친환경적인 에너지시스템 개발에 집중적인 투자가 이루어지고 있으며, 현재 탄화수소가 대부분의 에너지 저장과 수송수단에 활용되고 있는 와중에 또 다른 주요 에너지 매체인 전기는 효율적인 저장 기술이 아직 개발단계 중임으로 온실가스 배출이 없는 청정 수소 생산과 활용을 위한 저장 기술에 관심이 증폭되고 있음
- 2) 수소의 물리적 저장 기술은 청정에너지 시스템 구현을 위한 전 세계적 관심으로 인해 집중 조명되고 있는 기술이며, 특히 PEM 연료전지를 이용하는 차량에서 중요한 분야로 인식되고 있음
- 3) 수소 경제의 밸류체인 (Value Chain)에서 수소 저장은 중간 단계에 속하며, 다양한 소재 기술 개발이 필요한 단계²⁴⁾
 - 가) 물리적 수소 저장 기술은 크게 압축 기체수소, 액체수소, 극저온 냉동 흡착 방법으로 나뉨
- 4) 물리적 저장기술로는 압축 기체수소와 액체수소 저장이 성숙된 기술이며 대부분의 연료 전지 자동차는 70MPa 압축 기체수소 저장시스템을 사용하고 있음²⁵⁾

24) 김종원, 강경구(2019).

25) 장진영, 엄이슬, 임두빈(2019).



출처: 김중원·강경수 (2019).

[그림 III-4] 수소경제의 밸류체인

나. 주요기술 분류

〈표 III-3〉 수소의 물리적 저장 기술 분류와 대표 세부 기술

전략기술	세분화	비고
물리적 저장을 통한 대용량 수소 저장 기술	압축 기체수소 저장	<ul style="list-style-type: none"> 상온에서의 수소 비중은 작으므로 실용적인 탱크시스템을 구현하기 위해선 압력을 높여야 하며 약 500km의 실질 주행거리를 갖는 자동차는 5kg정도의 수소를 차량에 탑재 한정된 적재공간에 35-70MPa 압력이 필요하므로 압축 기체수소 저장을 위한 고압 탱크 제조에 있어 복합 섬유 소재의 기술개발이 필수적
	액체수소 저장	<ul style="list-style-type: none"> 수소를 -253oC 로 액화시켜 저장하는 방식으로 상압에서 약 70g/L의 높은 부피대비 수소저장밀도를 가진다는 장점이 있으나, 지속적인 기화로 인한 수소 누출로 장기간 수소 저장에 어려움이 있어 최대한 억제되어야 함

전략기술	세분화	비고
물리적 저장을 통한 대용량 수소 저장 기술	극저온 냉동 흡착 저장	· 극저온 흡착 기술은 물리적 및 화학적 저장의 경계에 위치 하지만 대부분의 흡착제에서 수소는 해리가 아닌 분자로 흡착되어 있으므로, 물리적인 저장기술로 분류

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

- 1) 물리적 저장을 통한 대용량 수소 저장 기술
 - 가) 경제적이고 친환경적인 수소에너지의 대량 생산 및 저장 기술을 통해 신재생 에너지원 개발이라는 목표 확립과 수소경제에 대한 높은 관심도 충족
 - 나) 전 세계적으로 수소를 이용한 연료전지 시장은 최근 가파른 성장세를 보이고 있으며 2017년 기준 50억 3,420만 달러를 기록하며 2030년 글로벌 발전용 연료전지 시장은 현재의 19~38배 성장 전망을 보임

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 수소저장기술 특히 관련해 한국은 다른 국가의 특허 출원의 동향을 검토하고 우수 기술 후보군에 대한 기술 개발에 역점을 두어 1994년 금속수소화물 저장기술 분야의 특허 출원이 증가하면서 수소 저장기술 분야의 연구개발에 중점을 두었으며 1990년대부터 금속수소화물 저장기술의 특허활동은 꾸준한 증가 추세이며 2000년대에 접어들면서 흡착 분야의 특허활동도 활발히 이루어지고 있음
- 2) 미국은 2000년대 이후 특허등록이 증가하다가 2005년을 정점으로 하향 추이를 보이고 있으며 이는 미국의 국외 정세 및 경제 불안의 영향으로 분석됨
 - 가) 기술 분야별로는 금속수소화물 분야가 타 기술 분야에 비하여 많은 부분(43%)을 차지 하며 시스템 관련 기술이 18%, 화합물저장 기술이 11% 순으로 분석
- 3) 물리적 수소 저장 관련해 현재까지 한국에서 출시된 수소차로는 현대자동차 그룹의 투싼 ix(2013년)와 넥쏘(2018년)이 있으며 넥쏘는 타사 수소차 대비 항속거리, 최고속도, 가속성능 등 대부분 측면에서 우수한 것으로 알려져 있을 정도로 수소 관련 기술이 발전 되어 있으며 기체 수소를 압축하여 탱크에 저장하여 충전 및 활용

나. 중장기 기술발전 전망

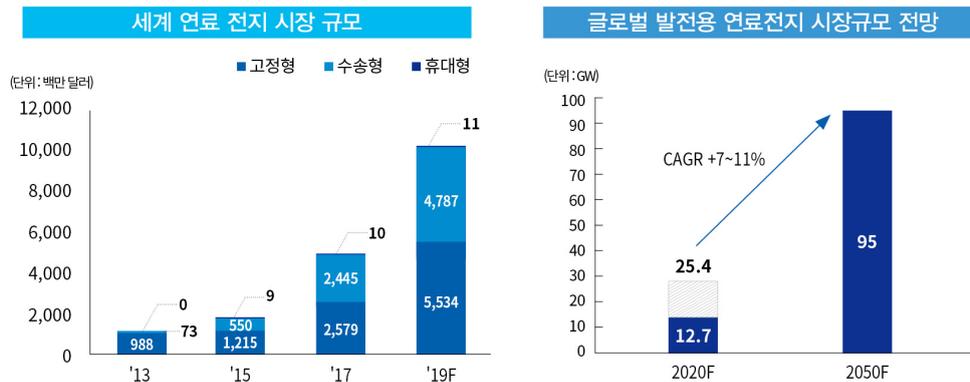
- 1) 수소 경제의 지속적인 관심에 따라 최근 우리나라 뿐만 아니라 미국, 일본, 중국 등 주요 국가들 중심으로 활발한 투자와 규모 확대 중임

- 2) 국내 연료전지 보급 정책의 범위와 지원 수준 강화로 2019년 신재생에너지 주택지원 사업의 지원 규모는 총 700억 원으로 그 중 연료전지는 150억 원 가량 지원
- 3) 산업통상자원부에서 2019년 1월 수소경제 활성화 로드맵 발표에 따른 우리나라가 강점에 서있는 '수소차'와 '연료전지'를 양대 축으로 수소경제를 선도할 수 있는 산업생태계를 활발히 구축하는 중임

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

- 1) 연료전지 시장은 최근 빠른 성장세를 보이고 있으며 2015년 기준 총 17억 7,440만 달러, 2017년 기준 총 50억 3,420억 달러를 기록해 184% 성장한 수치로 이러한 성장세는 2019년까지 지속될 전망



출처: 장진영 · 엄이슬 · 임두빈 (2019).

[그림 III-5] 글로벌 연료전지 시장 규모 전망 추이

- 2) 2015년까지는 발전용 연료전지를 위주로 고정형이 전체 연료전지 시장의 68% 이상을 점유하였으나, 자동차용 시장의 급격한 성장으로 2017년 이후부터는 수송형의 시장 점유율이 크게 성장하여 고정형과 비슷한 규모로 시장이 형성되는 추세를 보임
- 3) 글로벌 발전용 연료전지 시장은 2013년 기준 215MW, 2015년 기준 299MW, 2017년 기준 670MW로 연평균 33% 성장
- 4) 글로벌 발전용 연료전지 시장규모는 2030년 12.7~25.4GW, 2050년 95GW로 연평균 7~11% 성장 전망

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

1) 기술 개발 목표

- 가) 대용량 수소의 물리적 저장 기술을 중소기업 중심의 국산화 개발을 통해 친환경적이고 경쟁력 있는 수소에너지 대량 생산 및 저장을 이뤄 다른 주요 국가들에 비해 더욱 더 우수하고 안전하게 수소경제 부분을 주도할 수 있는 기반 구축

2) 전략

- 가) 수소 산유국의 지위를 차지하기 위해서는 국내 수소 생산 및 저장 기술의 국산화로 전체적인 사회인프라 구축이 필요하며 수소 충전소 설치 및 수소 저장소재의 국산화율은 2018년도 기준 40% 수준이고 특히 핵심 소재의 국산화율은 미비한 수준이므로 경쟁 우위 유지를 위해 선제적 기술개발이 중요하며 개발에 따른 평가 및 도입을 위해 장비-소재산업 간 긴밀한 협력이 필요
- 나) 현재 차세대 수소 저장 소재는 독재적인 기업이 없으며, 기체수소 및 액화수소의 적용을 통한 플랜트 사업이 주축임으로 차후 금속수소화물 및 유기 및 무기수소화물의 대체가 예상됨에 따라, 원천기술의 확보에 대한 정부적 R&D지원 및 인력육성 등의 정책적 지원이 필요

나. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

물리적 수소 저장 기술 개발 로드맵						
Time span		2022	2024	2026		
연도별 목표		기본 성능 확보	성능의 확장	최적화 및 고도화		
물리적 수소 저장 기술	압축 기체 수소	70MPa 압력의 실용적 탱크시스템 확보	70MPa 압력의 탱크 시스템 확보를 통한 에너지 활용 최적화	소재의 성능 개선	소재의 대량 생산화 및 최적화 도입	
		고압 작동을 위한 실린더형 용기 설계	탄소복합체를 이용한 실린더형 용기 설계 및 구현	소재의 성능 개선 및 경량화	소재의 대량 생산화 및 보급	
	액체 수소	효율적인 액체 수소 저장 시스템 구현	액체수소 대량 저장시 발생하는 기화현상을 억제 및 재액화	소재의 성능 개선을 통한 손실이 적은 액체수소 저장 기술 구현	소재 최적화를 통한 손실없는 액체수소 저장 기술 구현	
	저장 기술	메인 액체	제올라이트 흡착제 활용	미세기공 골격의 수소 흡착 활용한 저장용량 (~2.5wt%)	미세기공 골격의 수소 흡착 활용한 저장용량 개선 (>4.5wt%)	미세기공 골격의 수소 흡착 활용한 저장용량 개선 (>8.5wt%)
			금속유기체(MOFs) 활용	소재의 성능 개선으로 흡착용량을 증가 (표면적 5,900m ² g ⁻¹ 인 MOF-177재료에서 -196°C에서 >7.5wt%)	소재의 성능 개선으로 흡착용량을 증가 (표면적 5,900m ² g ⁻¹ 인 MOF-177재료에서 -196°C에서 >8.5wt%)	소재의 성능 개선으로 흡착용량을 증가 (표면적 5,900m ² g ⁻¹ 인 MOF-177재료에서 -196°C에서 >9.5wt%)
			내재 미세 다공성 고분자 (PIMs) 활용	최고 저장용량을 갖는 triptycene 단량체를 활용 (1MPa, -196°C에서 2.7wt%)	triptycene 단량체를 활용 및 소재의 성능 개선 (1MPa, -196°C에서 5wt%)	triptycene 단량체를 활용 및 소재의 성능 개선 (1MPa, -196°C에서 9wt%)

[그림 III-6] 단계별 기술 개발 마일스톤

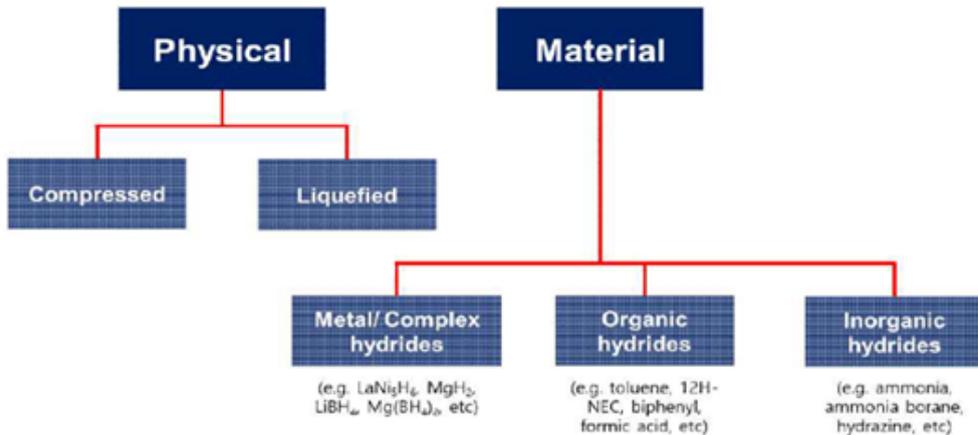
III. 공정장비 분과

(3) 수소의 화학적 저장 기술

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

- 1) 수소 저장 기술과 관련해 물리적 수소 저장 기술 뿐만 아니라 화학적 수소 저장 기술도 적극적으로 활용되는 추세
- 2) 대용량 액체수소의 화학적 저장 방법 및 소재 기술로는 금속수소화물과 복합 수소화물을 이용한 방법 및 유기 및 무기수소화물을 이용한 방법 등으로 크게 나뉨



출처: 김중원·강경수 (2019).

[그림 III-7] 수소저장 방법의 분류

- 3) 수소 경제의 발전으로 인한 수소에너지 개발에 대한 수요가 지속적으로 발생함에 따라 수소의 화학적 저장 기술 또한 활발히 연구 진행 중이며 탈탄소화 및 에너지 안보 향상을 위한 국내 정부의 관심의 비상한 수준에 이름
- 4) 현재 국내에선 2020년 수소경제 관련 예산을 2019년도의 2배인 5000억 규모로 편성하고 있으며 산업통상자원부 및 과학기술정보통신부에서 수소 저장 및 운송 소재 관련 예산을 책정함에 따라, 원천 기술 개발 및 사업화에 가속이 전망됨

나. 주요기술 분류

〈표 III-4〉 수소의 화학적 저장 기술 분류와 대표 세부 기술

전략기술	세분화	비고
화학적 저장을 통한 대용량 수소 저장 기술	금속수소화물을 이용한 수소 저장	<ul style="list-style-type: none"> · 희토류계 금속수소화물은 1968년 필립스 연구소에서 LaNi₅ 합금이 수소저장합금으로 최초 발견되었으며, 국내는 이차 전지용 AB₅계 합금에 대한 연구가 처음 진행: 9~15 wt%의 수소를 저장할 수 있는 금속붕소수소화물이 최근 주목 · 마그네슘계 금속화물은 금속 자체의 낮은 밀도로 인하여 7 wt% 정도의 수소를 저장할 수 있는 소재이며 반응속도가 희토류계 합금에 비해 느리므로 수소화물의 안정화 및 반응속도 개선을 목표로 향후 연구가 필요
	유기수소화물을 이용한 수소 저장	<ul style="list-style-type: none"> · 액상유기수소운반체 (Liquid Organic Hydrogen Carrier)는 상온 안정성 및 높은 수소저장용량으로 인하여 최근 많은 관심이 증대 · 매우 높은 부피대비 수소저장용량 (>55 kgH₂/m³; >1.83 MWh/m³, 소재기준) 및 높은 무게대비 수소저장용량 (>6 wt%, 소재 기준) · 현존하는 화석연료 저장, 운송 인프라를 거의 그대로 이용할 수 있으므로 대용량의 수소를 경제적으로 저장, 운송 가능
	무기수소화물을 이용한 수소 저장	<ul style="list-style-type: none"> · 주로 암모니아 (NH₃)를 활용하여 액상으로 대용량의 수소를 저장 및 안정적으로 운송하고자 하는 연구에 대한 관심 증대 · 무게 및 부피대비 수소저장용량이 각각 17.7 wt% 및 120 kg-H₂/m³로 LOHC 및 다른 액상 수소 저장체에 비해 높음

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

1) 화학적 저장을 통한 대용량 수소 저장 기술

- 가) 경제적이고 친환경적인 수소에너지 대량 생산 및 화학적 저장을 통한 대용량 수소 저장 기술의 다양화 및 기술별 최적화를 통해 요소마다 효율적인 수소 활용 가능

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 붕소 수소화물에 의한 화학적 수소저장 기술은 고용량의 수소저장이 가능하고 수소의 방출이 실온에서 가능하며, 휴대용 및 수송용 연료전지에 적용하기 위한 많은 연구 개발이 진행 중임
- 2) 특히 NaBH₄와 물과의 hydrolysis 반응을 사용하는 수소 저장 및 방출 기술은 미국을 중심으로 연료전지 자동차에 수소 공급원으로 사용하기 위한 기술 개발이 진행되었으며 일본 및 유럽에서는 휴대용 및 비상용 소형 연료전지 전원에 적용하기 위하여 기술 개발이 추진 중에 있음
- 3) 국내에서는 고효율 수소에너지 제조, 저장, 및 이용 기술개발사업단 프로그램으로 KIST, KAIST, 삼성엔지니어링에서 재생공정에 관한 연구가 활발히 진행 중
- 가) 전기화학적 재생 공정으로 상압, 상온 조건에서 재생연구를 수행하였으며, 결과적으로 직접 재생은 가능하지 않지만, Ti 및 Ni 등 적절한 전극촉매를 사용할 경우 기존 재생 공정의 출발물질인 Na₂B₄O₇의 생산이 가능함을 확인

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 국제기후변화협약 제21차 당사국 총회에서 파리협정의 채택에 따른 신기후체제의 출범에 따른 공공 및 민간 모두 청정에너지로 전환하기 위한 노력이 요구됨
 - 가) 공공 부문으로는 2015년 청정 에너지 R&D 연구를 위한 미션 이노베이션 발족, 2019년 10월 기준으로 총 24개국 (대한민국 포함)과 EU 참여
 - 나) 민간 부문으로는 2015년 Bill Gates를 중심으로 청정에너지 상업화를 견인하는 Breakthrough Energy Coalition 결성, 2019년 10월 기준으로 총 10개국에서 30여명의 유명 기업 (Amazons, Linkedin, Alibaba, Soft Bank 등) 참여
- 2) 국내 연료전지 시장은 2013년 1억 9천만 달러 규모에서 2015년 4억 1,350만 달러로 117% 대폭 증가되었으며, 이러한 성장세가 계속되어 2019년에는 12억 5,400만 달러 규모로 성장 전망됨에 따라 화학적 수소 저장 기술 또한 시장에서 주요 기술로 자리잡을 확률이 높음

3. 산업 및 시장 분석

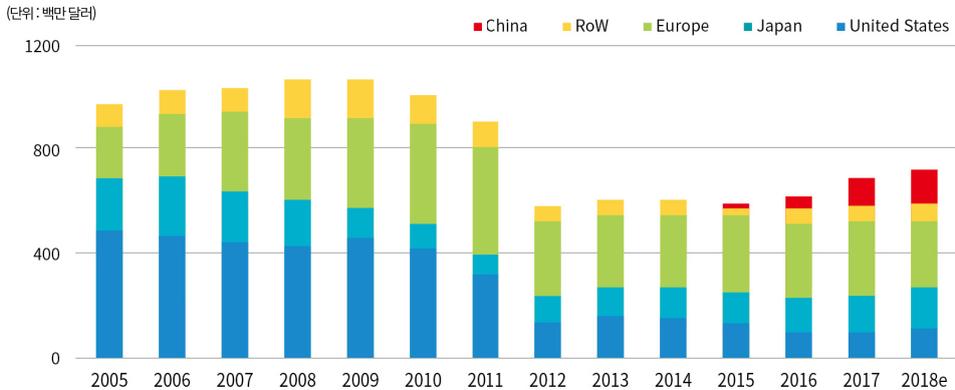
가. 산업 분석

- 1) 수소의 물리적 저장 기술과 마찬가지로 화학적 저장 기술 또한 전세계적 친환경 수소 에너지에 대한 관심 증폭에 따라 미래 유망 기술 중 하나로 전망

- 가) 저탄소 에너지 운반체로서의 수소에 대한 가능성이 확실하며 지난 수십 년 동안 생산, 운송, 저장 및 배출가스 없이 최종 에너지로 수소를 활용하는 방안에 대한 연구가 수행되었으며, 특히 운송부문에서 수소를 연료 전지에 사용하는 방법에 대한 관심이 집중
- 나) G20 국가 및 EU 중 11개 국가는 수소 관련 정책이 마련되어 있으며, 9개 국가는 수소 에너지에 대한 국가 로드맵이 존재

나. 시장 분석

- 1) 미국은 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모가 2012년 약 4,125백만 달러 수준에서, 연평균 6.6%씩 증가하여 2016년에는 5,322백만 달러 규모로 확대
- 가) 캘리포니아 주에선 저탄소 연료표준을 개정하여 2030년까지 탄소 집약도를 엄격하게 낮추어 수소 저장소의 개발을 장려하고, CCUS 운영자가 저탄소 수소로부터 크레딧을 받을 수 있게 함
- 나) 수소 경제 확산을 위한 조치로 이산화탄소 지중 저장 기술에 대한 보상으로 45Q 세액 공제 확대 및 이산화탄소를 다른 제품으로 전환하는 것에 대한 보상 조항이 추가



출처: IEA (2019).

[그림 III-8] 주요국가의 수소와 연료 전지를 위한 정부 R&D 예산

(단위: 백만 달러)					
구분	2012	2013	2014	2015	2016
기후변화 대응 관련 R&D 투자 (A)	7,125	4,111	4,355	4,447	5,322
전체 R&D 투자 (B)	143,737	132,477	136,160	137,173	146,478
기후변화 대응 관련 R&D 투자 비중 (A/B)	2.9%	3.1%	3.2%	3.2%	3.6%

출처: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB.

[그림 III-9] 미국의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모 변화 추이

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

1) 기술 개발 목표

- 가) 대용량 수소의 화학적 저장 기술을 물리적 저장 기술과 마찬가지로 중소기업 중심의 국산화 개발을 통해 경쟁력을 향상시키고 수소에너지 대량 저장 및 운송 인프라 구축을 선점 개발하여 수소경제 주도국으로서의 기반을 구축

2) 전략

- 가) 단계별 기술로드맵 등 조사 및 분석을 통해 향후 중소기업의 중요성이 증가하거나 새롭게 출현하는 공정을 실현 할 수 있는 장비에 대한 집중 투자 및 정부 R&D 지원 사업 추진
- 나) 수소저장소재 및 장비 업체가 개발 사업에 동시 참여하여 신개념 수소저장소재 개발 시 공정개발과 함께 장비 개발 동시 추진
- 다) 관련 수소 저장소재에 대한 대기업의 전향적 수요 평가 및 정부의 후속 R&D 및 연구 인력 육성을 위한 정책적 지원이 필요

나. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

화학적 수소 저장 기술 개발 로드맵				
Time span		2022	2024	2026
연도별 목표		기본 성능 확보	성능의 확장	최적화 및 고도화
화학적 수소 저장 기술	금속 화물 수소	희토류계 금속화물수소를 통한 수소 저장 기술 수소방출온도를 낮추고 가역성을 높인 >9 wt%의 수소 저장	수소방출온도를 낮추고 가역성을 높인 >15 wt%의 수소 저장	수소방출온도를 낮추고 가역성을 높인 >18 wt%의 수소 저장
	수소	마그네슘계 금속화물수소를 통한 수소 저장 기술 수소화물의 안정화 및 반응속도 개선 중점의 >7 wt%의 수소 저장	수소화물의 안정화 및 반응속도 개선 중점의 >9 wt%의 수소 저장	수소화물의 안정화 및 반응속도 개선 중점의 >11 wt%의 수소 저장
	유기 화물 수소	액상유기수소운반체를 통한 수소 저장 기술 매우 높은 부피대비 수소 저장용량 및 높은 무게대비 수소저장용량 >6 wt%의 수소 저장	소재의 성능 개선을 통한 수소저장용량 향상 >9 wt%의 수소 저장	소재 성능 최적화를 통한 수소저장용량 증가 >12 wt%의 수소 저장
	무기 화물 수소	암모니아를 활용한 수소 저장 기술 무게 및 부피대비 수소 저장용량 각각 17.7 wt% 및 120 kg-H ₂ /m ³	소재의 성능 개선을 통한 무게 및 부피대비 수소 저장용량 기존 대비 10% 향상	소재 성능 고도화를 통한 무게 및 부피대비 수소 저장용량 기존 대비 20% 향상

[그림 III-10] 단계별 기술 개발 마일스톤

Ⅲ. 공정장비 분과

(4) 수소 운송 및 활용 인프라 구축

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

- 1) 수소 이송에는 파이프라인, 트레일러, 유조선 이동 등이 있으며, 각 이송에 따른 연계된 수소 저장 기술이 존재
- 2) 경제적이고 안정적인 수소 생산 및 저장 기술과 더불어 수소 활용에 필요한 인프라 구축이 필요하며 수소 수요 증가에 맞춰 튜브 트레일러 및 파이프라인 활용 확대 전망
 - 가) 고압기체수소 튜브트레일러 경량화를 통해 운송비를 절감하고 장기적으로 전국을 연결 하는 수소주배관 건설을 2030년까지 완성하기로 계획되어 있음
- 3) 수소 운송은 크게 기체 운송과 액체 운송으로 나눌 수 있으며, 액체 운송은 다시 액화와 액상 운송으로 나누어짐
 - 가) 기체 운송은 튜브 트레일러를 운송하는 방법과 배관을 통해 운송하는 방법으로 분류
- 4) 근거리의 경우 저압 배관 방식을 활용되고 있으며 중,장거리의 경우 고압 튜브 트레일러로 운송하는 방법이 주를 이루어 수소가 이송 및 활용되고 있음

수소 운송 상태		운송 방식	적합한 운송 조건
기체 운송		배관	· 소규모, 단거리에 대해 연속 공급할 경우 · 대규모, 장거리에 대해 연속 공급할 경우
		튜브 트레일러	· 중·소규모, 중·장거리에 간헐적 공급할 경우
액체 운송	액화	탱크로리	· 개화 제조 및 저장 시설과 연계될 경우 · 중·대규모, 중·장거리에 공급할 경우 · 액화 시 소요되는 전력에 의한 온실가스 배출량 증에 대한 고려가 필요
	액상	탱크로리	· 액상 물질(암모니아, 액체유기금속 등) 제조시설과 연계될 경우 · 중·대규모, 중·장거리에 공급할 경우

출처: 유영돈(2019).

[그림 Ⅲ-11] 수소 운송 방식 분류

나. 주요기술 분류

〈표 III-5〉 수소 운송 및 인프라 구축 기술 분류와 대표 세부 기술

전략기술	세분화	비고
수소 운송 및 활용 인프라 구축	육상용 액체수소 기반 수소 충전소	· 액체수소 운송 컨테이너 및 트레일러 개발 · 저장용량, 충전용량, 안정성이 우수한 액체수소 기반 충전소 건설 · 수소버스/트럭/열차/연안선박 등 대용량 수소충전 인프라 구축
	해외 그린수소 수입 방안	· 액체수소 운반선 및 액체수소 터미널 구축 방안 · 기타 액상수소 (LOHC, NH3) 수입 방안

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

- 1) 액체수소 플랜트 핵심기술 국산화 개발을 통한 대용량 수소 운송 및 활용 인프라 구축
 - 가) 육상 및 해상용 액체수소 기반 수소 운송 및 활용 선제적 인프라 구축을 통해 수소에너지 활용을 극대화 시키고 정부 차원의 수소 인프라 구축 장려 및 적극적인 투자를 통해 중소기업의 수소 운송 기술 국산화 및 향후 기술 수출 가능

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 국내 수소 운송업체는 덕양, SPG, 린데코리아, 에어리퀴드 등이 존재하며 운송은 배관이 93%, 튜브 트레일러가 7%를 점유하고 있음
 - 가) 전체 배관 길이는 약 200km로 부생가스로부터 부생수소 생산이 가능한 울산, 여수 및 대산과 같은 석유화학단지를 중심으로 집중적으로 구축 (배관 공급 압력은 20bar 내외이며 건설비용은 대략 10억원/km 내외)
- 2) 해외에서는 배관을 통한 대량의 수소를 값싸게 공급하기 위하여 배관 공급 압력을 100bar 증가시키면서 수명을 50년으로 목표한 배관 재질 및 설치에 대한 기술개발이 진행 중에 있음

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 친환경적인 수소에너지의 대량 생산 및 저장, 운송, 충전 인프라 구축 관련해 투자 및 관심 증대
- 2) 대량 수소액화 저장 및 해상운송 기술은 아직 초보 단계이며 정부의 주도하에 중소·중견기업과 대기업의 상생협력을 위한 대응 전략 가능

- 3) 대기업에서 접근하기 힘든 요소 기술들에 대한 중소기업의 성과제품에 대한 정부의 적극적인 지원 아래에 세계적으로 증대되고 있는 수소에너지 파이를 효과적으로 선점할 수 있을 것으로 전망

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

- 1) 국제적으로 수소에너지 생산, 저장, 운송 관련해 지속적인 수요 증가가 눈에 띄게 증대되고 있으면서 생산과 저장에 비해 수소 에너지 운송과 인프라 구축은 부족한 상황

나. 시장 분석 (시장 규모, 성장 전망)

- 1) 일본은 2017년 ‘수소 기본 전략’을 확정하면서 수소 경제 실현의 선도국으로 부상
- 가) 2011년 동일본대지진 이후 원전 가동이 중단되고 LNG 수입 급증으로 인한 무역수지 악화로 대체 에너지원 확보 요구 급증에 따라 수소에너지 운송 및 활용 인프라 구축 수요 급격히 증대
- 2) 중국은 친환경 에너지를 포함한 수소 에너지 활용을 위한 인프라 구축, 수소차 지원 방안 등을 국가 중점 발전 전략에 포함
- 가) ‘13.5 규획(발전계획): 수소연료 기반의 운송 변혁 등을 통한 성장 기회 모색
- 나) 중국제조 2025: 2025년까지 수소제조 및 충전설비 기초 인프라 구축 및 소규모 운행 실현 등을 제시
- 다) 아울러 ‘중국 수소에너지산업 기초 인프라 발전 청서’에서 2030년까지 중국내 수소 충전소 1,000곳, 수소차 200만대를 목표로 제시
- 라) 전반적으로 핵심기술 부재, 높은 생산원가, 충전 인프라 부족 등으로 어려움을 겪는 상황이나 정부 주도의 강력한 지원 정책과 대규모 내수시장을 기반으로 성장 가능성은 농후

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 기술 개발 목표
- 가) 수소 에너지 대용량 생산 및 저장 기술을 통해 수소 생산 단가를 낮춤과 더불어 생산된 수소 에너지를 적극 활용하기 위한 전국적이고 효과적인 인프라 구축 방안 기획

2) 전략

- 가) 국내 기술수준은 최고 보유국인 미국 대비 64% 이고 최고 기술 보유국인 미국과는 8년의 기술격차가 나타나는 것으로 조사된 바가 있으며 현재 국내에서는 공공연구기관 중심으로의 연구가 이뤄지고 있어 중소기업 진입이 용이
- 나) 중소기업의 강점을 살리고 역량이 부족한 부문을 인수하거나 제휴하여 부족한 기술역량 확보
- 다) 해외 경쟁기업 분석을 통한 대응전략 수립 및 국내 대학, 출연연 장비 관련 재료, 소재, 부품 관련 기술의 적극적인 검토와 장비개선에 반영하기 위한 오픈이노베이션 전략 필요
- 라) 빠르게 성장하는 신흥개도국 시장에서 활발한 시장 진출로 글로벌 경쟁력 강화

나. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

수소 운반 및 활용 인프라 개발 로드맵					
Time span		2022	2024	2026	
연도별 목표		기본 성능 확보	성능의 확장	최적화 및 고도화	
수소 운반 및 활용	육상용 액체수소 수소충전소	운송 컨테이너 및 트레일러 개발	수소 운송용 용이한 운반용 컨테이너 개발	수소 운송용 컨테이너 소재 성능 개선으로 수소 운반량 증가	수소 운송용 컨테이너 활용 방안 최적화 방법 구축
		저장용량, 안정성이 우수한 액체수소 기반 충전소 건설	액체수소 기반 충전소 건설 및 안정성 검사	설치된 충전소의 대량 인프라 구축	충전소 자체의 저장용량 및 충전용량 고도화
		수소버스/트럭/열차/연안선박을 위한 대용량 수소충전 인프라 건설	특대용량 수소 충전 인프라 건설	수소버스/트럭/열차/연안선박 등 수소활용 극대화	대용량 충전 인프라 중심으로 경제적인 운송 방안 구축
인프라 구축	해외 그린수소 수입 방안	액체수소 운반선 및 액체수소 터미널 구축 방안 제시 및 기술 확보	액체수소 운반선과 액체수소 터미널 증가	대용량 액체수소 운반선을 통한 경제적 수소수송 및 운반 최적화	
		기타 액상수소 (LOHC, NH3) 수입 방안	상온 안정성 및 높은 수소저장용량을 가진 액상수소 수입	대용량 액상수소 수입을 통한 친환경적이고 경제적인 수소에너지 활용	대용량 액상수소 수입을 통한 수소에너지 활용 최적화

[그림 III-12] 단계별 기술 개발 마일스톤

참고문헌

- 김종원·강경수 (2019), “수소에너지 기술 현황과 융합”, **융합연구리뷰 09**.
 장진영·엄이슬·임두빈 (2019), “연료전지 시장의 현재와 미래”, **ISSUE MONITOR 제112호**, 삼성KPMG 경제연구원.
 중소벤처기업부·중소기업기술정보진흥원·NICE평가정보(주)(2018), **중소기업 전략기술로드맵 2018-2020: 반도체 공정장비**.
 유영돈 (2019), “수소의 저장, 운송 및 충전”, **기술과 혁신**, KOITA.
- IEA (2019), *The Future of Hydrogen*, Paris: IEA,
 (<https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>).
 OECD *Science, Technology and R&D Statistics DB*.
 SEMI, KSIA, MTI(각년도), *세계 반도체 장비 시장 규모*.



중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology Advancement Roadmap



IV

바이오 및 스마트 헬스케어 분과

1. 마이크로로봇 기반 표적지향성 정밀 치료 연구 및 기술을 위한 3D 자기장 정밀 제어 시스템
2. 중소기업 대상 바이오시밀러 신약 개발 경쟁력 강화 기술 지원
3. 유전체/오믹스 통합 분석 기반 정밀의료 기술 개발
4. 통신 네트워크 분석을 이용한 FNIRS 기반 뇌 구조 분석 및 뇌질환 진단 기술 개발

A circular graphic composed of several concentric white lines. Five white circular icons are placed around the inner circle: a person with a gear, a person with a magnifying glass, a handshake, a person with a gear, and a person with a gear. The text is centered within the innermost circle.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology
Advancement Roadmap

IV. 바이오 및 스마트 헬스케어 분과

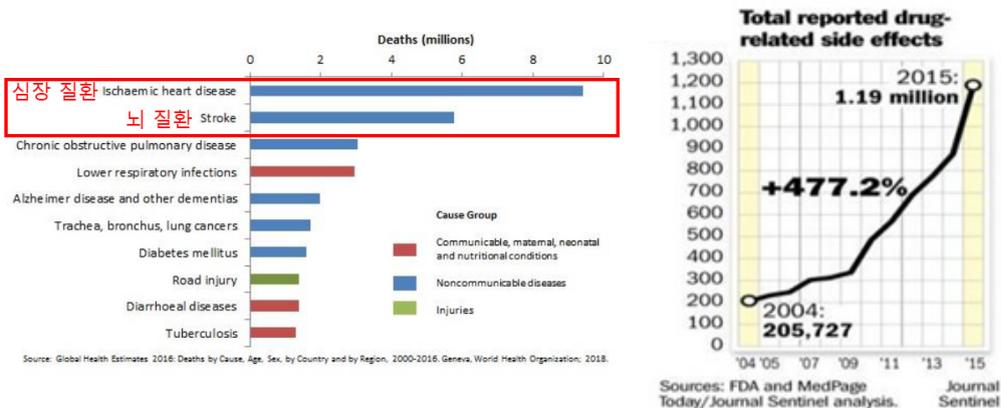
(1) 마이크로로봇 기반 표적지향성 정밀 치료 연구 및 기술을 위한 3D 자기장 정밀 제어 시스템

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

- 가) 최근 전 세계적으로 마이크로 또는 나노로봇에 대한 관심이 증대하고 있으며, 현재까지 절대적 강자가 없으며 다수의 연구그룹에서 기초연구를 수행하고 있으며, 일부 해외 기업에서 사업화를 진행하고 있음
- 나) 이러한 마이크로로봇 및 나노로봇의 사업화를 위해서는 이들을 제어할 수 있는 제어 시스템이 핵심이며, 이는 자기장을 정밀 제어할 수 있는 코일시스템으로 가능함. 따라서 신뢰할 수 있는 코일시스템 제작 및 정밀한 자기장제어는 마이크로/나노 로봇의 응용을 위해서 반드시 선행되어야하는 기술임
- 다) 장기적인 마이크로/나노 로봇의 응용을 위해서는 다양한 의공학 응용이 있을 것으로 보고 있으며, 이러한 응용에는 심장질환, 뇌질환 등이 있음. 2016년 세계 10대 사인에 심장질환, 뇌 질환이 1위와 2위를 차지하였고, 기존의 수술 도구를 이용한 침습적 치료법은 환자에게 추가적인 고통과 장기간의 회복시간을 유발할 수 있음

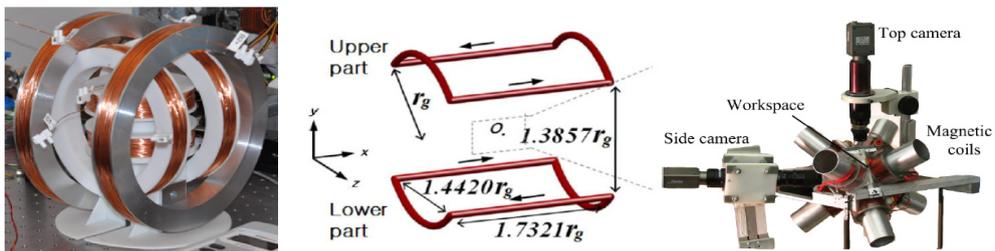


출처: World Health Organization Top 10 global causes of deaths,(2016)²⁶⁾ 출처: 미국 내 연도별 약물유해반응 보고 건수(미국)²⁷⁾

[그림 IV-1] 세계 사망 원인 순위 (좌), 약물유해반응 보고 건수(미국) (우)

26) Global Health Estimates(2016).
 27) FDA and Medpages Today(2004).

- 라) 또한, 일반 약물치료는 신체 내 부작용인 약물유해반응에 관한 보고 건수가 증가하고 있음. 이러한 기존의 치료법들의 한계를 극복하고자 최소 침습 기반 정밀 진단 및 표적 지향성 정밀치료에 대한 필요가 급증하고 있음
- 마) 마이크로/나노미터부터 밀리미터 스케일 크기 자성물질의 위치와 방향을 무선으로 정밀하게 3차원으로 제어할 수 있는 자기장 정밀 제어 시스템은 마이크로로봇의 응용을 위해서 선제적으로 기초기술을 확보해야하며, 이를 기반으로 다양한 연구용 시스템 및 의료용 시스템 개발이 가능함
- 바) 그 한 가지 예로서 반구형으로 배치된 8개의 전자기석 코일에 선택적으로 전류를 가하여 중심부에 자기장을 형성하여 자기장의 방향, 자기장의 세기 구배, 회전 자기장의 변화를 주며 3차원으로 자기장을 정밀하게 제어할 수 있음
- 사) 그 외에도 Helmholtz coil-type, saddle-type, electromagnet-type 등의 시스템이 소개되었고, 이러한 시스템은 선택적인 전류제어에 따라 다양한 자기장을 만들 수 있음



[그림 IV-2] 자기장 제어시스템 종류: Helmholtz-type (좌), Saddle-type (중), Electromagnetic-type (우)

2) 범위

〈표 IV-1〉 국내, 외 자기장 제어시스템의 종류와 구성

Scope	Composition	Application	DoF
Uniform field	3D Helmholtz coils	Uniform rotating magnetic field	3 (3R)
		Square wave oscillating field	
		On/Off magnetic field	
		Conical magnetic field	

Scope	Composition	Application	DoF
Magnetic gradient	Uniform saddle coils	Uniform magnetic field	1 (1R)
	OctoMag	Motion control in 3D space	5 (2R + 3T)
	MiniMag	Motion control in 3D space	6 (3R + 3T)
	Independently controlled electromagnets	Motion control in 3D space	1 (1T)
Combined magnetic fields	Gradient saddle coils	Magnetic gradient	1 (1T)
	One pair of Helmholtz coils + one pair of Maxwell coils + motor	Motion control in 2D plane	3 (1R + 2T)
	Two pairs of Helmholtz coils + two pairs of Maxwell coils	Motion control in 2D plane	3 (1R + 2T)
	Two pairs of Helmholtz coils	Motion control in 2D plane	3 (1R + 2T)
	One pair of Helmholtz coils + one pair of saddle coils + motor	Motion control in 2D plane	3 (2R + 1T)

3) 중요성

- 가) 다양한 자기장 제어 시스템은 자성 마이크로/나노입자 제어 기술, 자성 마이크로/나노 로봇 기술과 혈관 치료용 가이드와이어 기반 마이크로봇 등의 연구용 및 의료용 시스템에 활용이 가능함
- 나) 이러한 기술은 자성 물질 개발 연구, Spintronics, 표적지향성 치료제 전달 등의 연구에도 활용성이 깊고, 현재 국내외에 절대적 강자가 없는 상황이기 때문에 국내에서 정밀하게 자기장을 제어할 수 있는 시스템을 개발한다면 기술선점 및 사업화 효과가 상당할 것으로 판단함
- 다) 또한 현재 국내 중소기업의 요소기술들은 본 제안서에서 제안하는 정밀 자기장 제어를 위한 코일 시스템을 개발하기에 경쟁력이 있다고 판단되기 때문에 정부의 적절한 지원이 있다면 관련 분야에서 세계적 기술 주도권을 획득할 수 있음

나. 주요기술 분류

〈표 IV-2〉 마이크로로봇 및 자기장 제어 통합 시스템 주요기술 분류표

마이크로로봇 제작 기술	· 유선형 마이크로로봇	· 가이드와이어 및 카테터 기반 구조체
	· 무선형 마이크로로봇	· MEMS 기반 3차원 구조체 · 자성 나노/마이크로 입자
코일 제작 기술	· Helmholtz type	· 자기장 세기 및 강도를 용도에 따라 다양하게 설계 및 제작
	· Saddle type	
	· Electromagnetic type	
전류 제어 회로시스템	· 제어 알고리즘 설계	
	· 전력제어 모듈 설계	
	· 전류지령 생성 알고리즘 제어	
	· 전체 자기장 합성 시스템 통합	
소프트웨어	· 로봇 구동 소프트웨어	· Manual control · Automatic control
	· 로봇 추적 소프트웨어	· X-ray 기반 영상 알고리즘 · 저방사선 기반 영상 알고리즘

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

1) 국내 기술 동향

- 가) 마이크로로봇 관련 국제적으로 리딩하는 선두그룹이 존재하며 우수한 학술 논문을 발표하고 있음
- 나) 또한 자체 기술로 마이크로로봇 및 자기장 제어 시스템을 사업화하기 위한 시도가 진행되고 있음
- 다) 현 정부의 국정과제 키워드로 마이크로로봇이 선정되어 각 부처에서 관련 연구과제를 진행할 것으로 예상됨
- 라) 그러나 해외 기업들과 비교해서는 자기장 제어 시스템 상용화는 상대적으로 늦은 단계임

2) 국외 기술 동향

- 가) 다양한 연구기관 및 학교에서 관련 기초연구를 수행하고 있으며, 최근 관련 연구자 및 연구그룹이 확대되고 있는 것으로 보아, 더욱 많은 연구자가 관련 연구를 수행할 것으로 예상됨
- 나) 해외 몇몇 기업에서 자기장 제어 시스템을 사업화했거나 사업화하고자 노력하고 있으나 아직까지 절대 강자는 없으며 시장 형성의 초기 단계임

〈표 IV-3〉 제품별 경쟁 현황 분석

제품 항목	경쟁 현황
Stereotaxis	심혈관 질환용 카테터 제어를 위한 자기장 제어 시스템 상용화
Magnetecs	심혈관 질환용 카테터 제어를 위한 자기장 제어 시스템 상용화
Aeon scientific	심혈관 질환용 카테터 제어를 위한 자기장 제어 시스템 상용화 (현재 closed)

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 기존 시스템들의 장단점을 확인하여 반구형 전자기석 코일 시스템을 개발한다면, 기존 시스템의 단점을 충분히 보완하면서 실제 연구현장 및 의료현장에서 사용되는 자기장 제어 시스템의 개발이 가능할 것으로 예상함
- 2) 제안하는 반구형 전자기석 코일 시스템은 코일 시스템의 상부 전체 자유 공간이 확보되어 추가적인 실험장치 및 공간 접근이 유리하여 실용적인 활용도가 우수하도록 추가 개발이 가능함
- 3) 임상 치료용 대형시스템으로 scale-up 시, 의료진의 환자 접근성을 향상될 수 있고, 동시에 X-ray 의료영상시스템을 동시에 사용할 수 있는 우수한 의료시스템으로 제작가능

다. 선도 기관·기업·국가 등

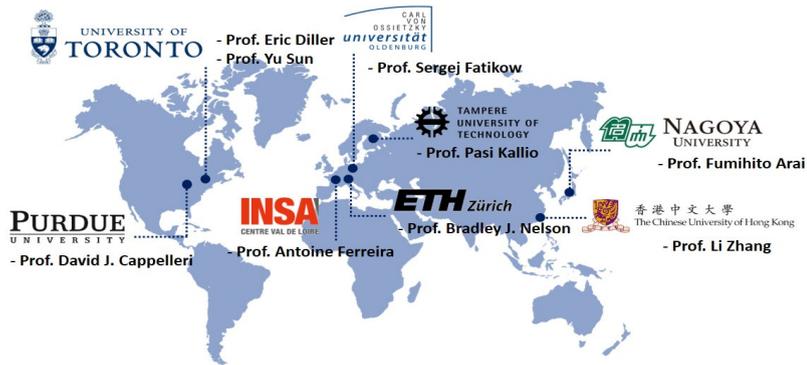
〈표 IV-4〉 회사별 자기장 제어 시스템 분석

회사	Stereotaxis (미국)	Magnetecs (미국)	Aeon scientific (스위스)
자기장 제어 시스템			
자석 종류	영구 자석	8개의 전자기식 코일	7개의 전자기식 코일
자석 배열	180도로 마주보는 직선형	구형 배치	구형 배치
자기장 제어 원리	영구 자석의 물리적 위치 변화	전자기식 코일의 전류 제어	전자기식 코일의 전류 제어
의료영상시스템	자기장 제어와 동시 가능	자기장 제어와 동시 불가능	자기장 제어와 동시 불가능
환자접근성	환자를 360도 감싸는 전자기식 코일 배치로 어려움	환자를 360도 감싸는 전자기식 코일 배치로 어려움	환자를 360도 감싸는 전자기식 코일 배치로 어려움
자유도	3 자유도	5 자유도	5 자유도
비고	<ul style="list-style-type: none"> · 영구 자석 사용으로 인해 자기장 세기가 낮음 · 영구자석의 물리적 위치변경을 통한 자기장 제어로 제어 자유도가 낮음 · 영구자석의 물리적 이동을 통하여 자기장을 제어하기 때문에 제어 속도가 느림 	<ul style="list-style-type: none"> · 환자를 감싸는 형태로 환자 주변의 공간성이 확보되지 않아 자기장 제어시 영상시스템 및 환자 접근성이 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> · 환자를 감싸는 형태로 환자 주변의 공간성이 확보되지 않아 자기장 제어시 영상시스템 및 환자 접근성이 어려움 · 현재 회사는 문을 닫은 상태임

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

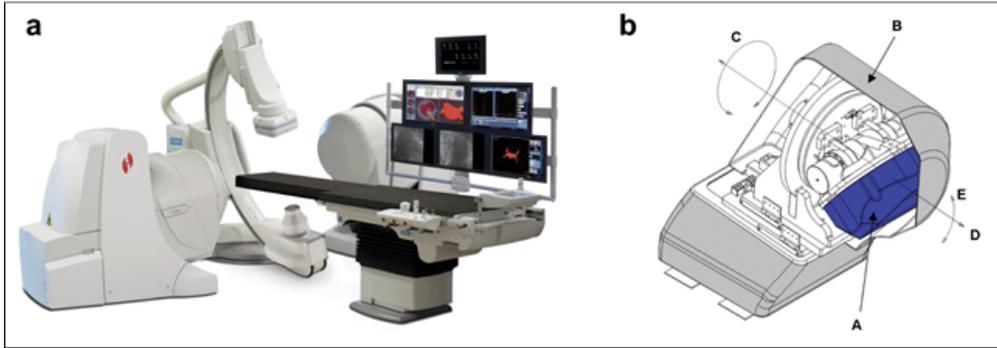
- 1) 국내외 모두 자기장 정밀제어 시스템 상업화는 아직 미미함. 이에 치료제 전달 관련 기술인 약물전달시스템 시장과 로봇수술 시장의 객관적 데이터로부터 추론 하여 시장 현황분석을 하였음
- 2) 자성 물질, 특히 치료제 전달목적의 자성 나노입자 및 마이크로/나노 로봇 연구의 경우, DGIST, 연세대학교, 포항공대, University of California San Diego, ETH Zurich 등 대학 및 연구소 중심으로 국내외 다수의 연구 그룹이 있으며, 정밀 자기장 제어 시스템 적용 가능성이 있음(국외 그룹은 아래 그림 참조)
- 3) 국내 연구그룹의 경우 대부분 코일 시스템을 자체 제작하여 정밀성 및 재현성이 부족하고, 자성 치료제 전달 신생 연구팀의 경우 자기장 제어 시스템의 제작으로 인하여 높은 연구 진입 장벽 발생



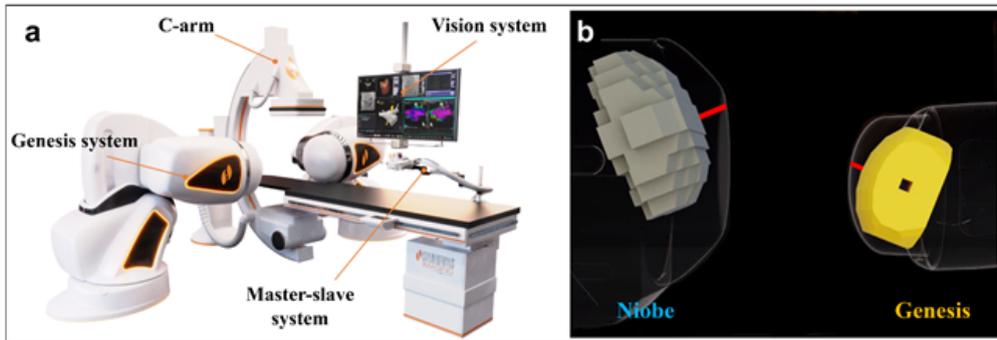
[그림 IV-3] 정밀 자기장 제어시스템의 구매 잠재성이 있는 대표적인 국외 연구그룹

나. 시장 분석

- 1) 자기장 제어 시스템
 - 가) 현재 제안하는 자기장 제어 시스템은 초기 시장형성 단계로서 시장규모를 정확하게 분석하기는 어려움이 있음. 다만 관련 시장에서 사업화를 진행하고 있는 Stereotaxis사의 기업 가치로 관련 시장의 크기를 예측할 수 있기 때문에, Stereotaxis사의 기업 정보를 요약
 - 나) Stereotaxis사는 Niobe robotic magnetic actuation system을 판매하고 있으며 현재 국내에는 1대가 도입되어 임상에 활용되고 있음. 2019년에는 Genesis system을 소개하고 앞으로 주력 시스템으로 판매할 것으로 예상됨. 현재 기업가치는 3600억원 (3억 1400만 달러)이며 현재 시장 형성 초기단계임을 고려한다면 관련 기대 시장의 규모를 예상할 수 있음

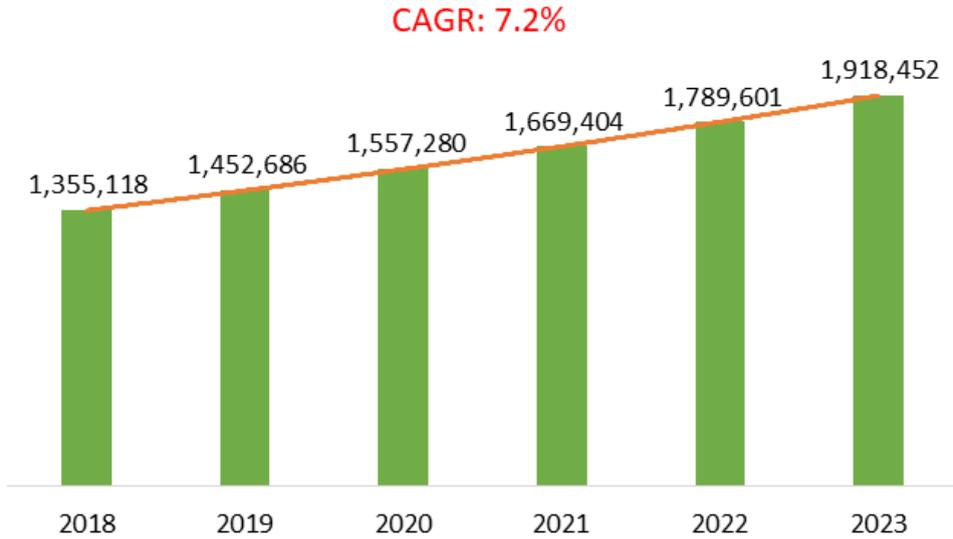


[그림 IV-4] Stereotaxis사의 The Niobe system



[그림 IV-5] Stereotaxis사의 the Genesis system

- 다) 상기 언급한바와 같이 자기장 제어 시스템 관련 시장이 현재까지 초기 형성단계이기 때문에 마이크로로봇을 이용한 응용 분야의 시장인 약물전달 시스템 시장을 참고하자 함. 약물전달시스템 기술을 이용한 기본 의약품의 제형 변경, 치료율을 높이기 위한 전달체 개발, 복용 편리성의 향상 등 치료의 질을 높이기 위한 의약품 시장은 급속도로 성장할 것으로 전망됨
- 라) 약물전달시스템 세계시장은 2017년 1조 2,641억 달러 규모에서 2023년 1조 9,184억 달러 규모로, 연평균 7.2%의 성장률을 보이며 시장을 형성할 것으로 전망됨

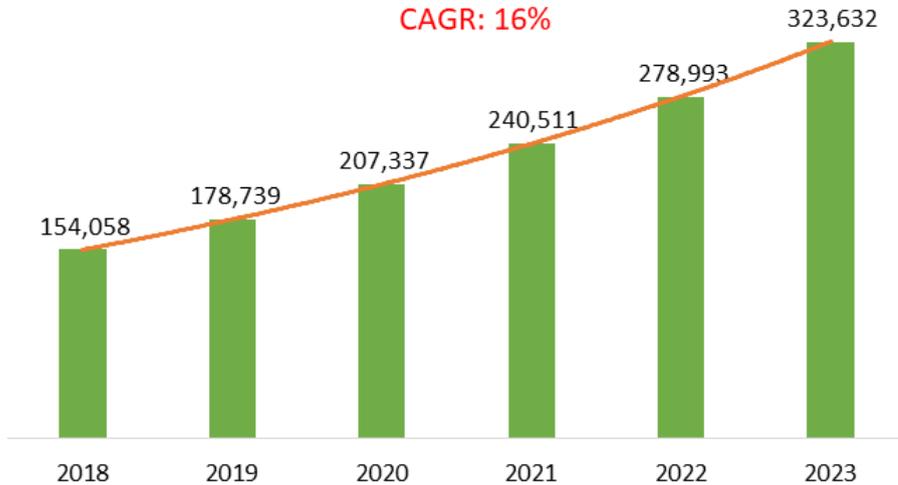


출처: MARKETS AND MARKETS(2017) 재가공.

[그림 IV-6] 세계 약물전달시스템 시장의 규모 및 전망

마) 국내 약물전달시스템 시장은 2017년 13조 2,832억 원에서 연평균 16%로 성장하여, 2022년 32조 3,632억 원에 이를 것으로 전망됨²⁸⁾. 이와 같이 약물전달시스템 시장은 마이크로로봇이 응용될 수 있는 한 분야로서, 마이크로로봇 기술이 도입된다면 약물전달 및 치료효과가 증대될 것으로 예상되며, 이러한 추세에 따라 마이크로로봇과 자기장 제어 시스템 시장도 함께 확대될 것으로 예상됨

28) MARKETS AND MARKETS(2017).



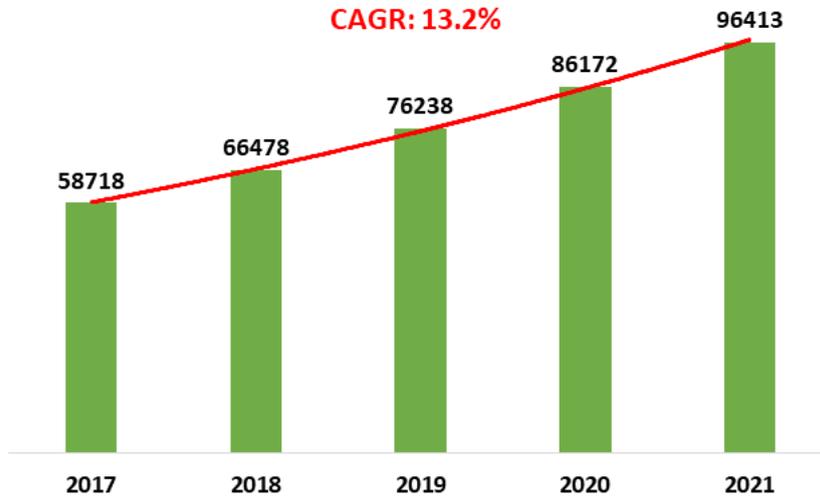
출처: MARKETS AND MARKETS(2017) 재가공.

[그림 IV-7] 국내 약물전달시스템 시장의 규모 및 전망 (단위: 억 원)

2) 로봇수술 시장(카테터와 가이드 와이어 포함)

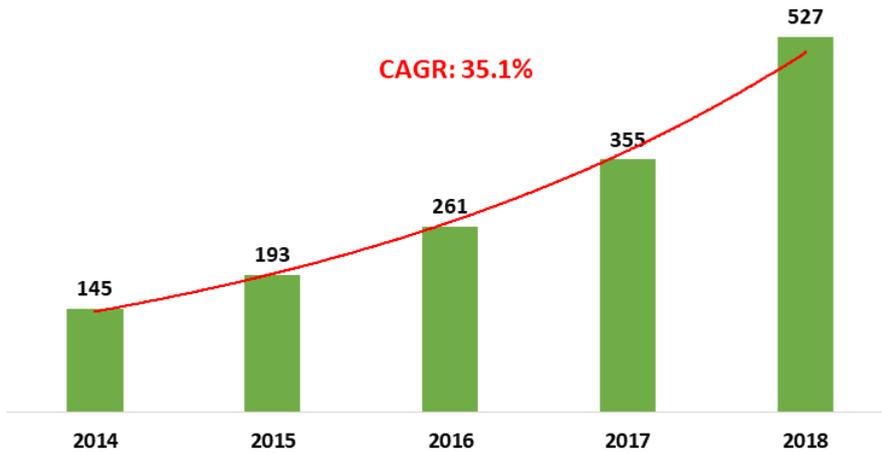
- 가) 전 세계 로봇수술 시장은 2017년 기준 약 5조 8,700억 원으로 조사 됐고, 2018년 약 6조 6,500억 원으로 연평균 13.2%로 성장하여 2021년에는 약 9조 6,400억 원 규모에 이를 것으로 전망됨²⁹⁾
- 나) 의료분야 자동화에 대한 필요성 증가, 만성질환 발병 증가, 인구 고령화, 수술의 복잡성, 더욱 정확하고 유연한 비침습적 수술에 대한 수요 증가 등의 요인으로 인하여 시장의 고성장이 기대되는 분야임
- 다) 이는 상기한 약물전달 시장과 마찬가지로, 마이크로로봇 기술이 가이드와이어 및 카테터 제어에 활용되면 정밀치료 및 로봇기반 시술의 치료효과가 개선되어 그 시장 규모가 확대될 것으로 예상함. 따라서 현재까지 로봇수술 시장에서 자기장 제어 시스템의 규모가 미미하지만 관련 기술의 발전과 시장 확대로 자기장 제어 시스템의 시장 규모도 확대될 것으로 예상함. 이에 수술로봇 시장의 성장성을 통하여 자기장 제어 시스템을 이용한 카테터 및 가이드와이어 치료 시장의 성장을 짐작할 수 있음
- 라) 국내 로봇수술 시장은 2014년 기준 약 145억 원으로 조사 됐고, 2017년까지 성장세가 꾸준히 증가하였고, 2018년 약 527억 원으로 전년 대비 급격한 성장을 이루었음. 국내시장은 연평균 35.1%로 성장함
- 마) 한국로봇산업협회의 2016년 로봇산업 실태조사를 진행한 결과 국내 로봇 규모 중 ‘의료 로봇’이 2016년 약 1,030억 원으로 전체 27.5%로 가장 큰 비중을 차지하였고, 이를 토대로 정확하고 유연한 수술/치료에 대한 필요성 증가, 의료분야의 자동화 등의 영향을 받아 꾸준히 성장할 것으로 기대됨

29) 식품의약품안전처(2018).



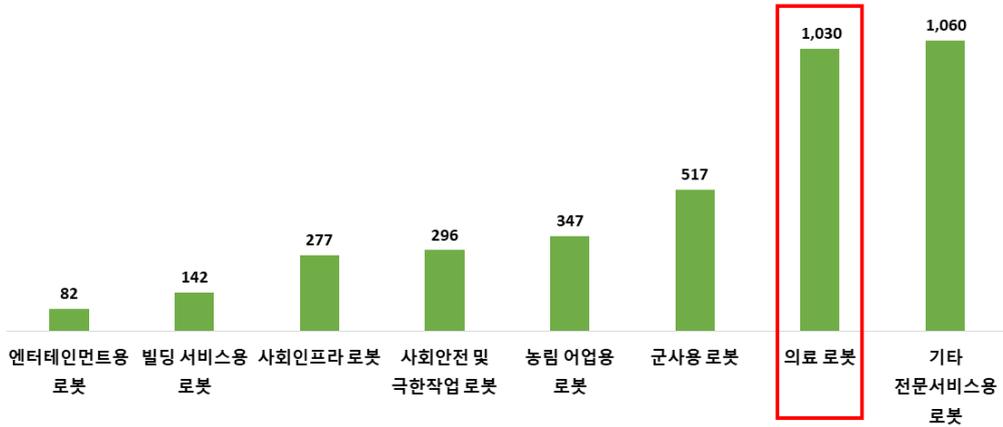
출처: 식품의약품안전처(2018).

[그림 IV-8] 세계 로봇수술 시장규모 및 전망 (단위: 억 원)



출처: 식품의약품안전처(2018).

[그림 IV-9] 국내 로봇수술 시장규모 및 전망 (단위: 억 원)



출처: 식품의약품안전처(2018).

[그림 IV-10] 국내 로봇산업 실태조사 (단위: 억 원)

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

1) 기술개발 목표

- 가) 전자기석 코일에 개별적으로 전류를 가하여 중심부에 자기장을 형성하여 자기장의 방향, 자기장의 세기, 구배, 회전 자기장의 변화를 주며 3차원으로 자기장을 정밀하게 제어할 수 있는 3D 자기장 정밀제어시스템 개발

2) 기술개발 전략

- 가) 단위 요소기술별 핵심 기술개발 지원이 필요함
- 나) 기존에 임상치료용 대형자기장 제어시스템 기술의 한계점을 극복하기 위해서는 기존의 자기장 제어시스템 설계 및 제작 전문가뿐만 아니라 관련 다양한 전문가들을 활용이 필요할 것으로 보임

나. 전략 기술 후보

1) 전략 기술 후보

- 가) 기술명: 정밀 자기장 제어 시스템 설계 및 제작 기술개발
 - i) 자기장 정밀 제어를 위한 코일 시스템 제작을 위한 코일 설계 및 각 코일의 배치, 디자인 최적화 등의 연구를 수행
- 나) 기술명: 자기장 제어 시스템의 각 코일에 인가되는 전류 제어 및 제어모듈 제작 기술개발
 - i) 정밀성, 안정성 및 재현성이 향상된 전류 제어 알고리즘(소프트웨어) 및 하드웨어 통합시스템 개발(영상 추적 소프트웨어 포함)

- 다) 기술명: 유선형 및 무선형 마이크로로봇 설계 및 제작 기술개발
 - i) 세포 및 약물 전달 등 다양한 의공학적 의용을 위한 마이크로로봇 개발

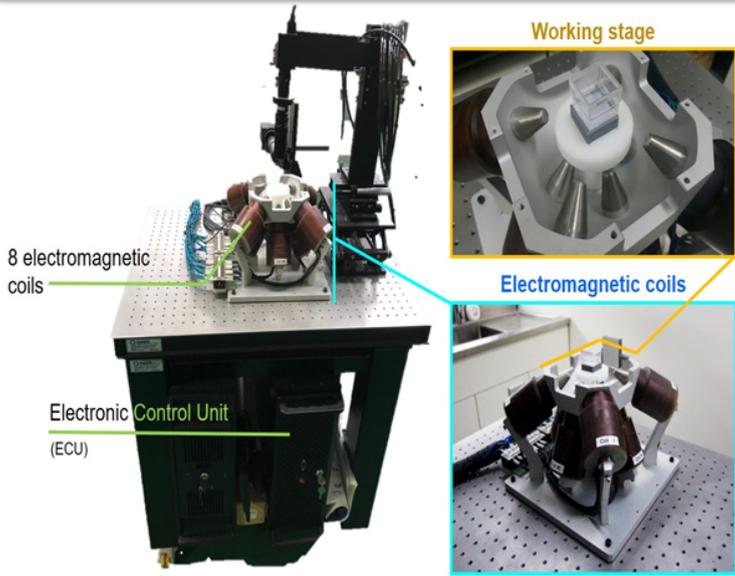
2) 전략 기술의 중요성

- 가) **[기술성]** 본 전략 기술은 연구용 또는 의료응용을 위한 자기장 시스템과 나노 자성 입자에 활용할 수 있는 기술로써, 각 전자기석 코일에 개별적으로 전류를 제어하여 중심부에 형성된 자기장의 특성을 활용해 3차원으로 자기장을 정밀하게 제어할 수 있는 기술임
- 나) **[기술성]** 본 전략 기술과 유사한 선행기술에 대해 조사한 결과 유사한 기술이 조사되었으나 세부적인 기술의 구성 요소, 기능, 효과 등에서 본 기술과 상이한 것으로 분석되어 선행기술에 대한 특허 침해 가능성은 적은 것으로 조사됨. 다만 DGIST에서의 관련 선행연구는 본 제안 기술과 유사성이 있으나 이를 기반기술로 상용화 기술을 개발하고자 함
- 다) **[기술성]** 보유기술을 바탕으로 한 제품 개발, 허가·인증 및 안전성 등의 검사가 완료 되면 차별성 있는 기술을 토대로 연구용 또는 의료기기 분야에서 수요가 높을 것으로 판단
- 라) **[시장성]** 3차원 자기장 제어 기술을 적용할 수 있는 시장 분야는 의료기기시장, 약물 전달 시스템 시장과 자기장 관련 연구 장비 시장으로 설정하였으며, 각 시장은 의료 기술의 발전과 더불어 높은 성장률을 보이며 성장하고 있음
- 마) **[시장성]** 국내·외적으로 영상진단기기, 생체계측기기, 체외진단기기 등 환자의 편의성 향상과 안정성을 확보할 수 있는 첨단 의료기기 분야에 대한 지원 정책을 펼치고 있음. 이러한 정책 동향에 따라 본 전략기술에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단
- 바) **[사업성]** 본 기술의 주요 소비자는 자기장 관련 연구 그룹 (대학, 연구소), 상급종합병원·종합병원과 의공학 연구그룹이 될 것으로 예상됨. 중형 자기장 시스템은 표적 지향성 약물전달 시스템 분야, 혈관 치료 분야에 활용 될 수 있으며 주로 연구용으로 이용될 수 있음. 장기적으로 대형 자기장 제어 시스템의 경우 임상을 위한 혈관 및 in vivo 치료용 연구에 응용 될 수 있음

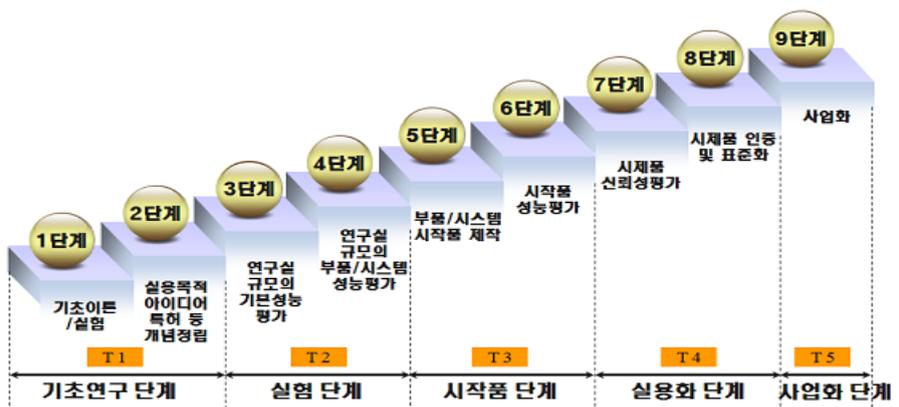
다. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

- 1) 본 기술은 정밀자기장 제어 시스템 개발을 위한 기술 고도화로서 기존 개발된 시스템을 더욱 발전시키고, 사업화를 위한 기술안정화, 소프트웨어 고도화, 하드웨어 시스템 심미화 등의 노력이 필요할 것으로 판단함. 따라서 현재 본 시스템 관련 기술은 TRL 6단계로서 연구개발 이후에는 TRL 7단계를 목표로 함

연구용 정밀 자기장 정밀 제어 시스템 개발



[그림 IV-11] DGIST에서 제작된 자기장 정밀제어 시스템 시작품



[그림 IV-12] TRL 단계

〈표 Ⅳ-5〉 TRL 4단계에 따른 기술 개발 추진 일정

연도	시제품 제작 단계 내용	추진 일정											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1차년도	전자기장 코일 제작	▶	▶	▶									
	전류제어시스템 제작	▶	▶	▶									
	통합시스템 제작 (소프트웨어 포함)				▶	▶	▶						
	시스템 평가							▶	▶	▶			
	시스템 최적화										▶	▶	▶
2차년도	중형 자기장 시스템 통합 및 시스템 고도화	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
3차년도	중형 자기장 시스템 안전성 및 성능평가	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶

라. 기술별 수요 중소·중견 수요 기업 후보 및 의견

- 1) 국내, 아임시스템(주)
- 2) 국내, 금룡테크(주)
- 3) 국내, 코스와이어(주)
- 4) 국외, Magnebotix 회사
- 5) 국외, Stereotaxis 회사
- 6) 국외, Magnetecs 회사

마. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) DGIST 최홍수 교수, mems@dgist.ac.kr
- 2) DGIST 김종현 교수, jhkim@dgist.ac.kr
- 3) DGIST 오세훈 교수, sehoon@dgist.ac.kr
- 4) DGIST 김진영 선임연구원, jy.kim@dgist.ac.kr
- 5) DGIST 이현기 선임연구원, hkleee@dgist.ac.kr
- 6) DGIST 임성준 선임연구원, melsj@dgist.ac.kr
- 7) GIST 윤정원 교수, jyoonyoon@gist.ac.kr

IV. 바이오 및 스마트 헬스케어 분과

(2) 중소기업 대상 바이오시밀러 신약 개발 경쟁력 강화 기술지원

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

가) 바이오시밀러(영어: biosimilar)는 특허가 만료된 생물의약품에 대한 복제약을 지칭함. 바이오 복제약, 바이오제네릭(Biogeneric)이라 부르기도 함

2) 범위

가) 보통 일반의약품은 저분자 화학합성 제제로 동일한 성분을 화학적으로 합성(이에 generic이라 부름)하는 것이 가능함

나) 바이오 의약품은 화학적으로 합성한 것이 아니라 동물세포나 효모, 대장균 등을 이용해 고분자 단백질 생산 공정을 거치므로 완벽하게 동일한 제품 복제 불가

다) 바이오시밀러의 경우 원래의 약과 동일한 공정으로 제조하지는 않으나 임상실험 통해 생물학적으로 거의 동일한 효과를 낼 경우 동등성 인증을 받아 바이오시밀러로 인정됨

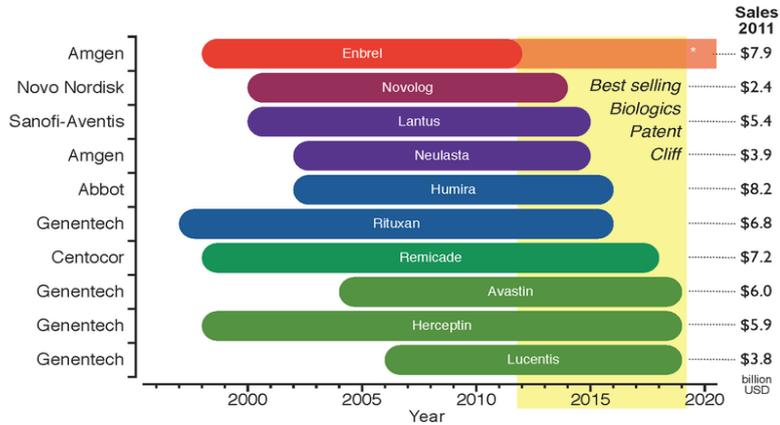
3) 중요성

가) 글로벌 바이오의약품 시장은 빠른 속도로 확대되고 있어 경쟁이 심화되고 있음³⁰⁾

나) 이에 국내 바이오업계는 신약보다 상대적으로 개발이 용이(신약대비 평균 개발기간 평균 1/2, 개발비용 1/10, 성공률 10배)한 바이오시밀러 시장에 역량을 집중할 필요가 있음

다) 특히 2019년까지 블록버스터급 오리지널 바이오의약품에 대한 특허의 만료가 임박해 바이오시밀러 시장을 선점하기 위한 연구개발(R&D) 및 투자가 시급한 상황임

30) KISTEP(2010).



출처: 위키백과.

[그림 IV-13] 주요 블록버스터 바이오시밀러 시장 규모 및 특허종료 시한

나. 주요기술 분류

- 1) 바이오시밀러 카테고리는 크게 재조합형 호르몬, 재조합형 성장인자, 단일클론 항체, 융합단백질, 인터페론, 저분자량 펩타이드 등 6가지로 분류 가능
- 2) 바이오시밀러 관련 기술은 크게 바이오시밀러 기능물질을 개발하는 분야와 바이오시밀러 물질을 생산하는 기술로 나눌 수 있음

<표 IV-6> 바이오시밀러 관련 주요기술 분류

기술분류	세부기술	기타
기능물질 개발	· 유효성분으로 단백질 또는 펩타이드를 이용하는 기술	천연 바이오의약품 대상 바이오시밀러를 개발하거나, 일부 유효성분을 활용하여 펩타이드 등으로 개량 바이오베터 신약을 개발하는 기술
생산기술 (1)	· 유전자 또는 단백질 자체에 관한 기술	QC 가능한 범위의 바이오시밀러를 생산공정 고도화 기술
	· 재조합 벡터 또는 바이오시밀러 생산(숙주)세포에 관한 기술	
	· 생산(숙주)세포의 배양 기술	
	· 분리 정제 또는 제조 기술	

기술분류	세부기술	기타
생산기술 (2)	· 조혈줄기세포의 제조, 증폭 기술	바이오시밀러를 분비하는 세포 치료제 개발 기술
	· 조혈줄기세포의 분리, 동정 기술	
	· 조혈줄기세포의 분화 또는 활성화에 관한 기술	

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

1) 국내

- 가) 국내의 바이오시밀러 개발은 보통 2세대 항생 치료제를 중심으로 연구 및 개발이 진행 중임
- 나) 성장호르몬, 인터페론 등 일부 바이오시밀러 생산단계에 진입하였으며, 차세대 바이오시밀러 개발을 위한 일정수준 이상의 역량을 보유한 것으로 판단됨
- 다) 2006년 LG생명과학은 바이오시밀러 제품인 벨트로핀(성장호르몬)개발에 성공하여 세계 2번째로 유럽에서 판매허가 획득
- 라) 최근에는 2012년 이후 형성될 시장에 대비해 바이오항암제 등 고부가 바이오시밀러 연구개발을 본격화하고 있음
- 마) 삼성전자는 바이오시밀러 제조시설구비를 위해 현재 부지 및 설비투자 규모에 대해 검토 중이며, SK케미컬은 팜우병, 셀트리온은 유방암 및 관절염, 이수앱시스는 고셔병, 제넥센은 림프종, 슈넬생명과학은 관절염 등 주로 대기업 중심으로 다양한 적응증에 대한 바이오시밀러 기술을 개발하고 있음
- 바) 바이오시밀러는 신약개발에 비해 상대적으로 개발비용이 낮아 (평균 500억원 규모)로 적절한 기술이 지원된다면 중소기업도 충분히 시장개척이 가능한 기술분야임

2) 국외

- 가) 이미 선진국은 신약개발로 축적된 기술을 기반으로 바이오시밀러 기술개발³¹⁾을 추진하고 있으며, 시장선점을 위해 국가적 제도정비도 나서고 있음
- 나) 현재 유럽과 일본은 임상시험 조건 및 방법 등 바이오시밀러 승인·허가를 위한 구체적 제도를 완비한 상태임
- 다) 현재 일본에서 첫 바이오시밀러가 출시되었으며, 미국에서는 승인경로 마련을 위한 과정이 진행 중임

31) KHIDI(2015).

- 라) 머크(美), 일라이릴리(美) 등 글로벌 제약기업의 바이오시밀러 사업진출이 본격화되며 관련 기술개발이 촉진되고 있으며, 기술개발 경쟁도 심화되고 있음
- 마) 2009년 2월 머크(美)는 1억 3,000만 달러를 투자하여 인스메드(美)의 일부 바이오시밀러 제조시설 및 후보물질을 인수함

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 전 세계적으로 볼 때 아직은 시장형성 초기단계로서, 바이오의약품 시장의 확대와 더불어 바이오시밀러 시장도 고성장 지속될 것으로 예상되며, 관련 기술개발 역시 활발할 것으로 기대됨
- 2) 과거 합성의약품의 제네릭 시장과는 다르게 바이오시밀러 생산공정의 특성상 급격한 가격 하락이나 빠른 시장 점유 현상이 크게 나타나지는 않는 기술분야로 전망됨

다. 선도 기관·기업·국가 등

- 1) 국내
 - 가) 국내 바이오시밀러 선도기업은 셀트리온과 삼성바이오로직스라고 할 수 있음
 - 나) 이 두 기업은 미국, 유럽에서 시판을 승인 받은 제품을 보유하고 있음
 - 다) 셀트리온과 삼성바이오로직스 2개의 매출액은 2017년 기준 14.6억불로 두 기업의 글로벌 시장 차지 비율은 프로스트앤설리번 자료 기준으로 2017년 15%임
 - 라) 그 외 동아ST, 종근당, CJ헬스케어, DM바이오 등이 아시아 국가를 상대로 바이오시밀러 판매제품을 생산하는 기술역량을 보유하고 있음
- 2) 국외
 - 가) Roche, Janssen, Genentech, AMGEN, MERCK 등 대부분의 글로벌제약회사들은 이미 바이오시밀러 개발을 진행하고 있으며 시장을 점유한 상태임³²⁾

32) KHIDI(2015).

약품명	오리지널 제조사	탐색/전임상	Ph I / II	Ph III	시판
Humira	Abbvie	- Hospira/Celtrion - Mylan - Biocan - EPIRUS	- Pfizer - MOMENTA - Coherus	- AMGEN - SANDOZ - SANMSUNG BIOEPIIS	
Rituxan	- Biogen Idec - Genentech - Roche			- AMGEN - Actavis - Pfizer - Boehringer ingelheim - SANDOZ - Hospira/Celtrion - BIOCAD	
Herceptin	Genentech			- AMGEN - Actavis - Pfizer - SANMSUNG BIOEPIIS - Hospira/Celtrion - Biocan - Mylan	
Remicade	Janssen		AMGEN	- Pfizer - EPIRUS - SANMSUNG BIOEPIIS	Hospira/Celtrion (in EU, filed in US)
Avastin	Genentech	- Mylan - Biocan - Hospira/Celtrion	KYOWA KIRIN	- AMGEN - Actavis - Pfizer	
Enbrel	AMGEN	- Mylan - Biocan - Hospira/Celtrion		- Coherus - SANMSUNG BIOEPI - SANDOZ	
Erbixux	BMS	- AMGEN - Actavis - Hospira/Celtrion			
Lantus	Sanofi	- Mylan - Biocan		MERCK	
Lucentis	Genentech		PFEnex Hospira		
Epogen	AMGEN	AMGEN			- SANDOZ (in EU) - Hospira (in EU) - Roche
Neupogen	AMGEN	AMGEN		APOTEX	- SANDOZ (in EU & US) - TEVA - Hospira (in EU)
Neulasta	AMGEN	AMGEN	- Mylan - Biocan - PFEnex	- APOTEX - SANDOZ - Coherus	- TEVA (launched in EU, - withdrawn in US)

출처: KHIDI 바이오시밀러 시장동향 분석(2015).

[그림 IV-14] 글로벌 바이오시밀러 기술개발 현황

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

1) 산업 분석

가) 바이오시밀러 산업을 포함하는 의약품 산업이란 각종 질병의 진단, 치료, 경감, 처치 및 예방 또는 건강증진을 목적으로 하는 한약을 포함한 의약품을 연구하고 제조하는 산업으로 정의함

- 나) 인간의 생명과 보건에 관련된 제품을 생산하는 정밀화학산업으로 약품 개발 및 접근성 제고를 통한 질병으로 인한 사회적 비용 감소 등 국민건강증진과 건강권 확보와 직결된 산업임
- 다) 따라서 의약품 허가·제조·유통 등 안전성·유효성 확보/약가규제/지식재산권 등 정부 규제 및 정책의 역할이 큰 산업분야이며, 질병의 원인이 다양한 만큼 생산구조 역시 다품종·소량 생산의 형태임³³⁾

〈표 IV-7〉 제약산업의 일반적, 산업구조적 특징

산업 특성		상세 내용
일반적 특징	과학기반 산업	기초과학 연구결과가 곧바로 산업적 성과와 긴밀한 연계
	연구집약적 산업	매출액 대비 연구개발비의 비중이 큰 산업 (미국의 경우 제조업의 매출액 대비 연구개발비는 평균은 3~4%수준, 제약산업은 12~20% 정도)
	고위험, 고부가가치 산업	막대한 비용과 많은 시간이 소요되고 성공률이 매우 낮으나, 제품화 성공시 경제적 파급효과가 큼
	정부 규제가 강한 산업	신약허가, 지적재산권보호, 보험약가 등 규제
산업구조적 특징	신규진입과 퇴출의 희소성	신약개발에 필요한 막대한 비용, 시간, 전문성 등이 높은 진입장벽을 형성함
	세분화된 시장	제품의 특성상 각 질환과 약효군별로 다른 전문성을 요함
	활발한 인수합병	제품 포트폴리오 확대, 신시장 창출, 기술적 보완 및 비용구조 개선 및 연구개발 생산성 증대 목적

출처: 과학기술정책연구원(2005).

- 라) 한국표준산업분류상 제약산업은 사람 또는 동물의 질병을 예방·진단, 치료하는데 투입 또는 부착 사용되는 의약품, 의료용 기초화합물 및 생물약제와 의료용품을 제조하는 산업으로 정의함

33) 과학기술정책연구원(2005).

2) 의약품 분류

- 가) 의약품은 원료의약품과 완제의약품으로 분류되며, 원료의약품은 합성·발효·추출 또는 이들 조합에 의하여 제조된 물질로서 완제의약품의 제조 원료가 되는 것을 의미함
- 나) 완제의약품의 경우 다시 전문의약품(Ethical Drug, ETC)과 일반의약품(Over The Counter Drug, OTC)으로 구분됨
- 다) 일반의약품은 의약품의 제형과 약리작용 상 인체에 미치는 부작용이 비교적 적거나, 오용·남용의 우려가 적어 의사의 처방 없이 구입이 가능한 의약품이며, 전문의약품은 의사의 전문적인 진단과 지시·감독이 필요한 의약품을 의미함
- 라) 또한 의약품은 개발 및 제조형태에 따라 신약(Origin), 복제의약품(Generic) 및 개량 신약으로 구분될 수 있음³⁴⁾

〈표 IV-8〉 의약 제품의 분류

구분	내용
제제에 따른 분류	· 의약품이 만들어지는 형상에 따라 29종으로 분류(대한약전상) : 과립제, 산제, 시럽제, 액제, 연고제, 주사제, 캡슐제
투여방법에 따른 분류	· 의약품을 투여하는 방법만을 기본으로 하여 분류 : 내용제, 외용제, 주사제
효능별 분류	· 치료제, 예방약, 진단약 등 107종으로 분류 : 항악성종양제, 해열진통소염제, 정신신경용제, 혈압강하제
생리작용에 의한 분류	· 의약품 사용상 안전확보를 위해 생리작용을 기본으로 하는 분류 : 독약, 극약, 보통약
원료생산방법에 따른 분류	· 의약품 원료가 생산되는 방법에 따른 분류 : 합성, 발효, 생체(동식물)로부터 추출, 유전공학적 방법
기타	· 마약, 항정신성 의약품

출처: 과학기술정책연구원(2005).

34) 한국신용평가정보(2007).

〈표 Ⅳ-9〉 의약품의 종류 및 비교

항목	신물질신약	개량신약	제네릭
정의	화학합성, 천연물 추출 등의 신물질 탐색 작업, 전임상, 임상시험 등을 거쳐 보건당국의 제조승인을 받은 의약품	기존 약물에 대한 모방 또는 개량합성에 의한 것으로 제형을 변경하여 흡수율을 높이거나 약효를 상승 또는 부작용을 경감시킨 의약품	오리지널 의약품의 특허가 만료된 후 용량, 안전성, 품질, 용도 등을 똑같이 만들어 낸 의약품으로 카피약이라고도 함
시험항목	효능 및 독성시험(전체)	효능 및 독성시험(일부) 임상시험(일부, 비교양상, 비교생동)	생물학적 동등성 시험(BE test)
개발기간	10~15년	3~5년	2~3년
개발비용(미국)	5~10억불	0.02~0.03억불 (국내 5~15억원)	0.01~0.1억불 (국내 2~5억원)
독점판매기간	· 14년 물질특허 : 출원 후 20년 기타 특허로 추가 보호	· 3~7년 물질특허 : 출원 후 20년	· 최소제네릭 출시 : 6개월
장/단점	· 장점: 장기간 독점/배타적 권리확보 · 단점: 대규모 개발 비용	· 장점: 물성 및 제제 개량을 통하여 적은 비용으로 상당 기간 독점적 권리확보 · 단점: 특허분쟁 위험	· 장점: 적은 비용으로 제품화 가능 · 단점: 특허분쟁 위험 및 독점 기간 만료 후 과다경쟁

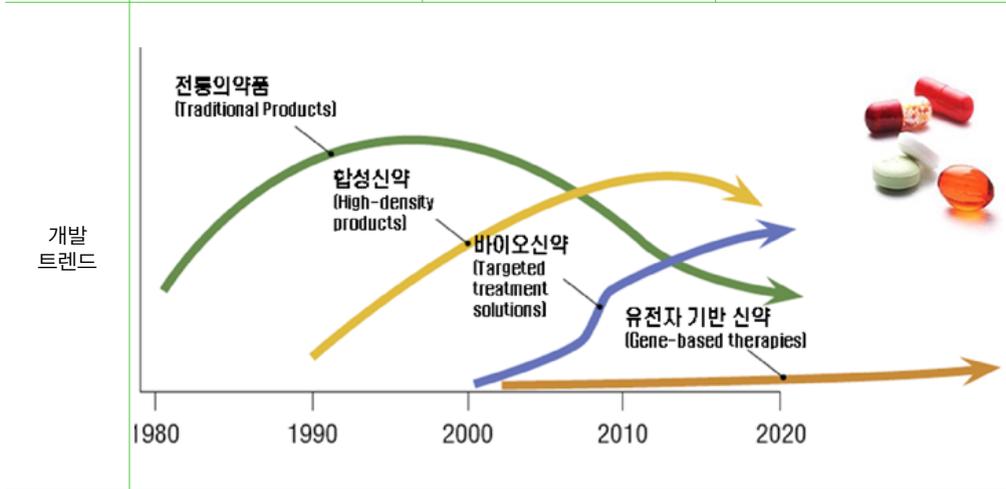
출처: 한국신용평가정보(2007).

- 마) 국내 제약사들은 막대한 개발비 및 개발 리스크에 대한 부담으로 개량신약 및 제네릭에 치중하고 있으며, 신약개발 역량과 수출 기반(글로벌 네트워크, 마케팅 등) 열위로 해외 시장 진출이 저조한 상황임
- 바) 신약은 약물 소재를 기준으로 합성신약(화학물신약), 천연물신약, 바이오신약으로 분류되며, 바이오시밀러는 바이오신약에 해당함³⁵⁾

35) 한국신용평가정보(2007).

〈표 IV-10〉 약물소재별 신약 분류 및 개발 트렌드

항목	합성신약 (화합물신약)	천연물신약	바이오신약
정의	<ul style="list-style-type: none"> · 실험실에서 유기화학에 기반하여 합성에 의해 인위적으로 제조한 저분자 화합물신약 · 인위적으로 새롭게 합성된 것으로 인체 내 투여 시 독성 해결이 관건임 · 비임상시험을 통한 독성을 제어하였어도 동물과 인간의 생리적 차이로 인해 임상시험에서 예기치 못한 독성 문제 발생 	<ul style="list-style-type: none"> · 약용식물 등 천연물에 이미 존재하는 것으로부터 약효를 가진 성분만을 분리·정제하여 만든 신약 · 확보한 약효성분의 대량생산을 위해 동일한 분자구조 혹은 가하학적 유사구조로 합성하여 약효 유지 또는 배가 시키는 천연물 유래 합성 신약 	<ul style="list-style-type: none"> · 생물체(미생물, 동식물 세포 등)를 활용하여 바이오기술 이용으로 만들어진 신약 · 유전자, siRNA, 단백질, 호르몬, 세포물질 등
주요제품	글리벡, 리피토, 플라빅스, 타이플루 등	Taxol, Proalt, 조인스정(국내), 스티렌정(국내)	Enbrel, Epogen, Herceptin, Remicade 등



출처: IBM Pharma(2010) 재구성.

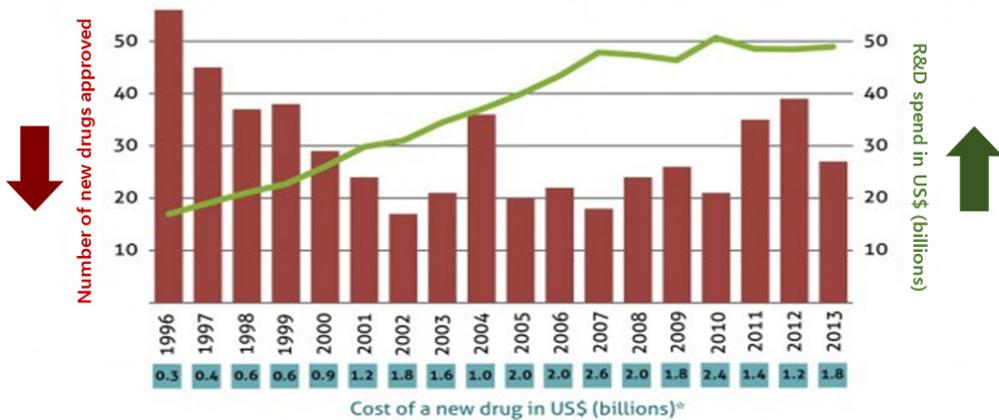
- 사) 신약 개발 트렌드는 약효와 기술발달에 따라 합성신약에서 바이오신약으로 빠르게 전환되고 있음³⁶⁾
- 아) 특히, 인간게놈프로젝트 이후 개인 맞춤형 신약개발을 위한 분자수준의 질병진단 및 원인물질에 따른 치료를 위한 유전자 기반 신약 개발이 추진되고 있음

36) IBM Pharma(2010).

자) 생물정보학을 바탕으로 Post-genome에 따른 타겟의 급증 (300~500개 ⇨ 5,000 ~10,000개)으로 바이오신약과 유전자 기반 신약의 수요가 증가할 것으로 예상됨

3) 글로벌 환경변화

- 가) **(R&D 생산성 약화)** 세계 제약산업이 당면한 가장 큰 문제는 연구개발 생산성이 계속적으로 저하되면서 일종의 혁신 결핍증 (Innovation deficit)이 나타나는 것임
- 나) 신약개발에 투자되는 R&D 비용은 지속적으로 증가하는 반면 미국 FDA 승인을 받는 신약 수(NMEs)는 오히려 감소 추세임³⁷⁾
- 다) 비용증가의 원인으로 신약 허가과정 강화, 신약 승인 감소, 아웃소싱 활용 증가로 인한 개발비 증가 등으로 볼 수 있음



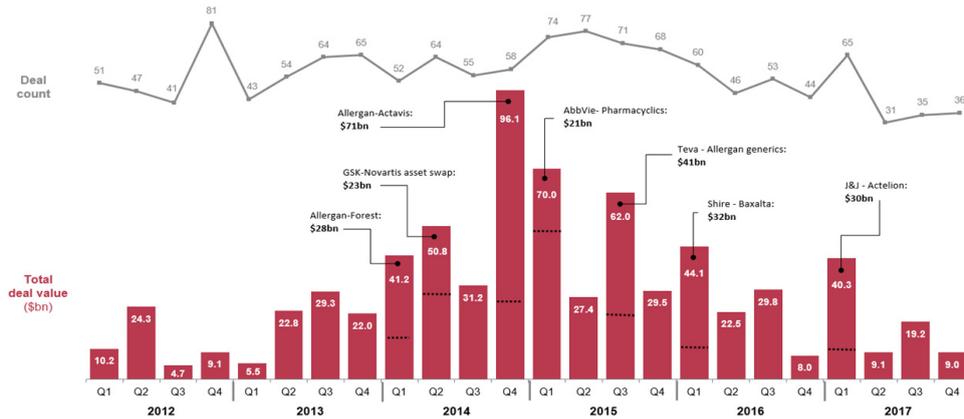
출처: US FDA(2014) 재구성.

[그림 IV-15] 신약개발 R&D 비용 규모와 생산성 추이(1996~2013)

- 라) (M&A를 통한 세계 제약업계의 구조 개편) 1990년대 중반이후 Pfizer사의 Warner-Lambert 인수, Sanofi와 Aventis의 합병과 같은 대규모 M&A를 통해 글로벌 주요 제약사 중심으로 재편됨
- 마) 그 결과 전체 산업 중 상위 10대 제약회사의 매출비중이 1990년 28%에서 2005년 41%로 확대됨
- 바) 세계 제약산업의 M&A는 글로벌 판매망 확대, 제품 파이프라인 보완 및 강화, R&D 효율성 제고 등 시너지 강화를 주요 목적으로 함
- 사) 제약산업의 새로운 M&A 형태로 대형 제약업체와 바이오업체 간의 M&A가 대세를 이룸
- 아) Pfizer사는 백신과 바이오의약품이 주력인 회사인 Wyeth사를 인수하였으며, Merck사는 GlycoFi를 4억 달러에 인수, Pfizer사는 Rinat를 4억 7,800만 달러에 인수한 바 있음

37) US FDA, PhRMA(2014).

자) 특히, 바이오업체 인수 목적이 후보물질의 발굴, 초기 임상시험 등 신약개발 리스크 관리 및 비용절감에 있으므로 핵심 후보물질을 보유한 바이오업체의 적극적인 M&A 시장 진출이 요구됨³⁸⁾



출처: EvaluatePharma(2018).

[그림 IV-16] 대형 제약업체와 바이오업체 간의 M&A 추이(2012~2017)

차) **(제약산업의 분업구조 고착화)** 생명공학기업과 제약회사간의 제휴관계에서 시작된 분업 구조는 물질발견, 임상시험, 승인, 마케팅 과정이 각각 모듈화 될 수 있는 신약개발 과정의 특성으로 인해 점점 더 일반적인 현상으로 확대되고 있음³⁹⁾

카) 특히, 초기 후보물질 도출 연구에만 집중하던 바이오 벤처기업들의 영역이 초기 임상 단계로까지 확대되면서 다국적 제약사들은 점점 마케팅 회사로 전략하고 있는 모습임
 타) 바이오 벤처기업들의 경우 대규모의 임상 시험, 신약 승인, 허가 후 마케팅에 이르는 하류과정을 직접 진행할 만한 자금력이나 전문성이 부족하기 때문에 개발 막바지 단계에서 자본력과 임상 및 승인에 대한 노하우를 갖춘 다국적 제약사들과의 협력은 필연적임
 파) 따라서 바이오 벤처기업이 최종 시판 단계까지 직접 진입하기보다는 임상 승인 또는 1상임상 이후부터 조기에 라이선스 아웃이나 다국적 제약사의 개발 참여를 유도하는 전략이 요구됨

38) EvaluatePharma(2018).

39) 과학기술정책연구원(2006).



출처: Drets(1999), 과학기술정책연구원(2006).

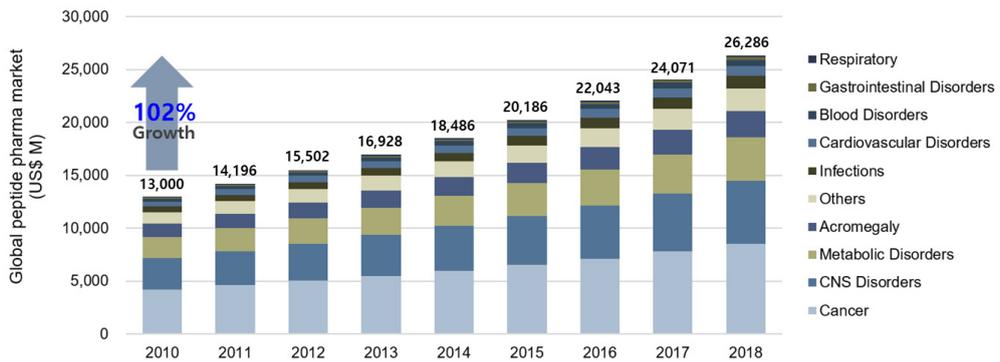
[그림 IV-17] 제약산업 분업구조 변화 및 한국과 미국의 분업구조 현황

나. 시장 분석

1) 시장 규모 및 성장 전망

가) **(펩타이드 의약품 시장)** 글로벌 펩타이드 의약품 시장규모는 2018년 262억 달러에 이르는 것으로 추산되고 있음⁴⁰⁾

나) 펩타이드 의약품은 질병 종류에 따라 Cancer, CNS Disorders, Metabolic Disorders, Acromegaly, Others, Infections, Cardiovascular Disorders, Blood Disorders, Gastrointestinal Disorders, Respiratory 분야에 사용



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cancer	4,206	4,600	5,023	5,485	5,989	6,540	7,142	7,799	8,517
CNS Disorders	2,963	3,237	3,534	3,860	4,215	4,602	5,026	5,488	5,993
Metabolic Disorders	2,007	2,186	2,387	2,607	2,847	3,109	3,395	3,707	4,048
Acromegaly	1,243	1,363	1,488	1,625	1,775	1,938	2,116	2,311	2,523
Others	1,051	1,150	1,256	1,371	1,497	1,635	1,785	1,950	2,129

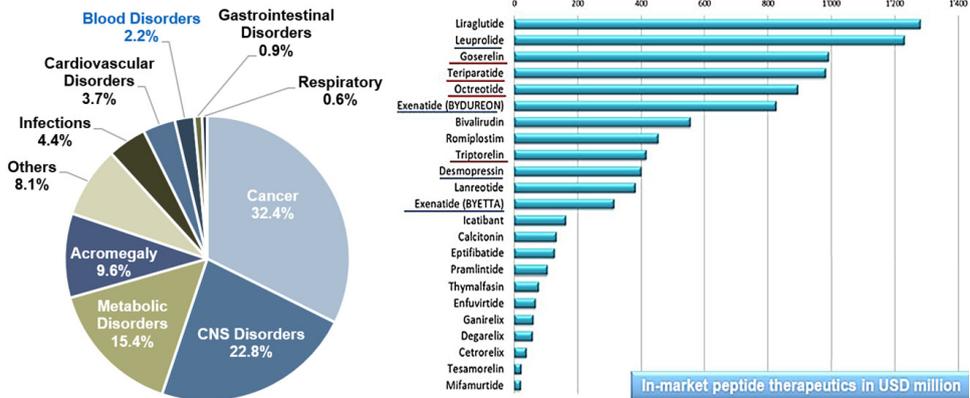
40) 애니젠(주)(2017).

Infections	574	625	682	745	813	888	970	1,059	1,157
Cardiovascular Disorders	478	525	574	626	684	747	816	891	973
Blood Disorders	287	312	341	372	407	444	485	530	578
Gastrointestinal Disorders	115	128	140	152	166	182	198	217	237
Respiratory	76	71	78	85	92	101	110	120	131
합계	13,000	14,196	15,502	16,928	18,486	20,186	22,043	24,071	26,286

출처: 애니젠(주)(2017) 재구성.

[그림 IV-18] 글로벌 펩타이드 의약품 시장규모 (단위: 백만 달러)

- 다) 시장점유율은 암치료 분야가 32.4%(약 85억 달러)로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 신경질환 및 조혈장애 치료 분야는 각 22.8%(약 60억 달러), 2.2%(약 6억 달러)를 나타내고 있음
- 라) 펩타이드 의약품 시장은 제품군이 제한적이며, 기술 성장기 단계에 있다는 점을 감안할 때 분야별 시장점유율 추이는 유동성을 보일 것으로 판단됨

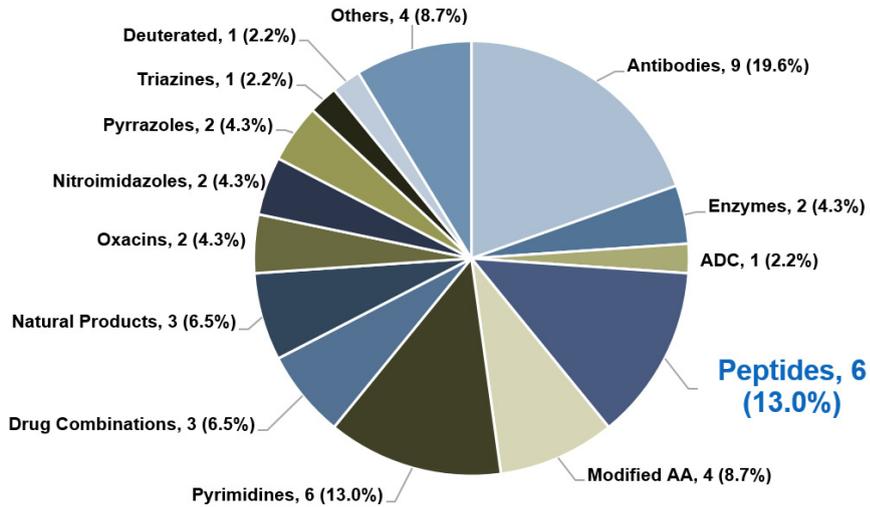


출처: 애니젠(주)(2017) 재구성.

[그림 IV-19] 펩타이드 의약품 적용 분야별 시장점유율 및 주요 제품

- 마) 특히, 조혈장애 분야는 상용화 단계의 펩타이드 의약품이 없으므로 향후 제품 출시에 따라 급격히 성장할 가능성이 있음
- 바) 반면 신경질환 분야는 암 치료 다음으로 큰 시장규모를 나타내고 있으나 다수의 경쟁 제품이 있으며, 이미 성숙기 단계에 진입한 것으로 판단됨
- 사) 매출액 상위 제품은 Leuprolide, Goserelin, Octreotide 등이 있으며, 매년 약 10여개 이내의 신규 펩타이드 의약품이 FDA 승인을 받고 있음
- 아) 2017년 FDA 승인을 받은 신약은 46개이며, 이중 펩타이드 신약은 6개로 13%를 차지 하였음⁴¹⁾

41) 2017 FDA Peptide Harvest(2018).



출처: pharmaceuticals(2017), FDA Peptide Harvest(2018) 재구성.

[그림 IV-20] 2017년 FDA approval 신약 현황

- 자) 펩타이드 신약 중 Semaglutide만 거대 제약사(Novo Nordisk A/S)에 의해 개발 되었으며, 나머지 5개의 신약은 바이오텍 기업에 의해 개발되었음
- 차) 이는 대부분의 신약개발이 초기 임상단계 이후 거대 제약사 주도로 이루어지고 있으나, 펩타이드 신약 분야의 경우 바이오텍 기업 경쟁력이 점차 강화되고 있음을 의미함
- 카) 현재 펩타이드 신약 개발은 전임상 단계 약 100여건, 임상연구 단계 진입 약 150여건에 달하고 있으므로, 향후 지속적인 신규 승인이 이어질 것으로 전망되고 있음⁴²⁾
- 타) 펩타이드 신약 개발이 활성화되고 있다는 점은 이러한 분자 단위의 신약개발이 다양한 질병 치료의 'Best option'이 되고 있음을 의미함

42) Pharmaceuticals(2017), FDA Peptide Harvest(2018).

〈표 IV-11〉 2017년 FDA approval 펩타이드 현황

Generic Name (Trade Name)	Company	Mode of Action	Therapeutic Use	Administration
Plecanatide (Trulance)	Synergy Pharmaceutic als, Inc.	Activation of guanylate cyclase-C	Gastrointestinal laxative	Oral
Etelcalcetide (Parsabiv)	KAI Pharmaceutic als, Inc.	Activation of CaSR on parathyroid chief cells	Secondary hyperpara-thyroi dism in adult patients with chronic kidney disease on hemodialysis	IV
Abaloparatide (Tymlos)	Radius Health, Inc.	Selective activation of the parathyroid hormone 1 receptor	Osteoporosis	SC
Semaglutide (Ozempic)	Novo Nordisk, Inc.	Acts as a Glucago n-like Peptide-1 agonist	Treatment of type 2 diabetes mellitus	SC
Macimorelin (Macrilen)	Aeterna Zentaris, Inc.	Mimic the endogenous ligand for the secretagogue (Ghrelin)	For the diagnosis of adult growth hormone deficiency	Oral
Angiotensin II (Giapreza)	La Jolla Pharm Co.	Acts on the CNS to increase ADH production	Control of blood pressure in adults with sepsis or other critical conditions	IV

IV: intra venous, SC: subcutaneous.

출처: Pharmaceuticals, 2017. FDA Peptide Harvest, 2018.

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 기술 개발 목표 : 글로벌 블록버스터급 바이오시밀러 신약 개발
- 2) 기술 개발 전략 : 시장분석 등을 바탕으로 전략적 고려를 바탕으로 바이오시밀러 타겟 물질을 선정하고 타겟물질 작용기전을 연구하여 효능이 증대되고 적응증이 확대된 바이오 베타 신약으로 개선하여 중소제약회사나 생명공학 벤처기업에 기술과 노하우를 이전하여 글로벌 블록버스터 신약 개발로의 성공가능성을 제고하는 전략



[그림 Ⅳ-21] 기술 개발 목표 및 전략

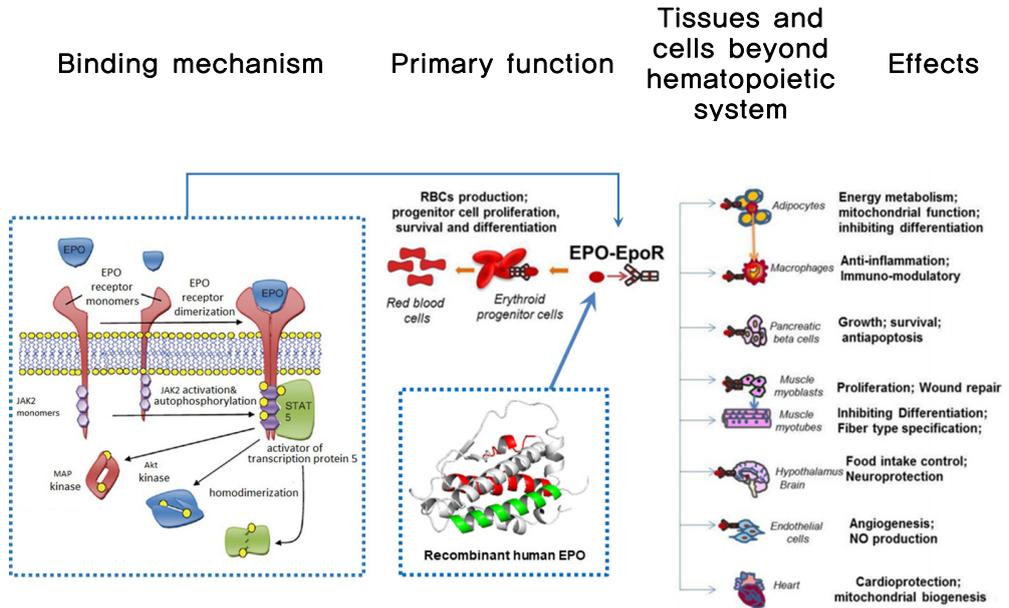
3) 현황 및 기회 요소

- 가) 국내 제약산업은 일부 합성기술을 제외하고는 세계적인 기술수준에 미치지 못하여 주로 선진 제약사의 특허가 만료된 오리지널 의약품에 대한 제네릭 의약품을 생산, 판매하는 수준이며, 오리지널 제품의 수입 판매에 의존하는 등 내수중심의 시장이 형성되어 있음
- 나) 바이오시밀러 생산에 유리한 펩타이드 의약 소재 분야의 기술 개발은 주요 제약사의 신약 개발 파이프라인에 있어 펩타이드 의약소재의 중요성이 점차 증가하고 있으나 주요 기술적 문제 (예 : 약물전달 기술, 안정성 및 반감기 증진 기술, 펩타이드 의약소재 대량 생산의 용이성)의 해결방안이 요구됨

- 다) 특히, 펩타이드 신약 개발의 경우 펩타이드 제조 특성상 임상 단계에서의 전문 제조처 확보가 매우 중요하므로 신약 개발을 위한 계약생산용 펩타이드 의약소재(CMO) 공급이 가능하고, 국내 제약 기업 및 벤처기업 등과 제품 공동개발 협약체결을 통해 공급체계를 구축하는 것이 중요함
- 라) 펩타이드 의약소재 생산기술의 제반조건은 제조 배치 당 1kg 이상의 제조용량 확보와 고순도(98.5%이상)를 가지는 GMP 규격의 제품소재 생산이고, Bachem, Polypeptide, Lonza 등의 소수 회사가 글로벌 시장을 점유하고 있음
- 마) 국내의 경우 GMP 규격의 펩타이드 의약소재 생산을 위한 제조 설비와 식품의약품 안전처로부터 인허가를 취득한 회사는 에니젠 등이 있음

나. 전략 기술 후보

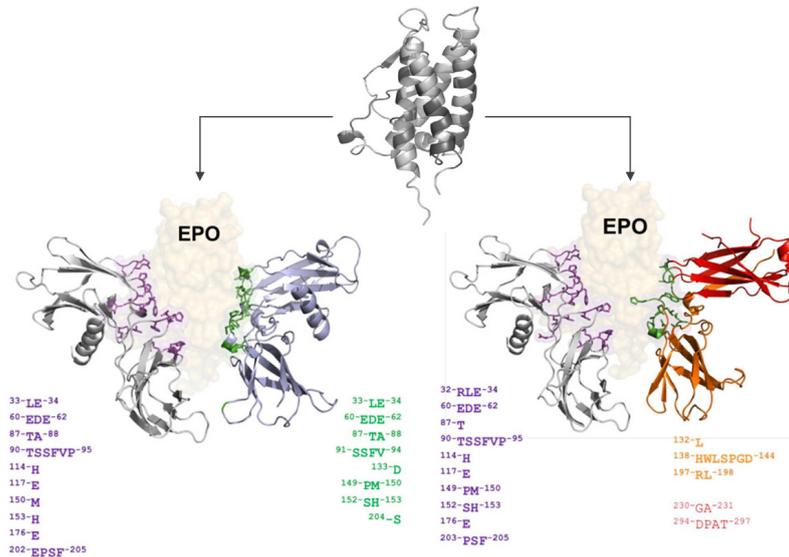
- 1) 바이오시밀러 에리스로포이에틴(erythropoietin, EPO)
 - 가) 바이오시밀러 시장에서 최근 전체 에리스로포이에틴(erythropoietin, EPO) 시장 규모 75억불의 절반에 해당하는 30억불 시장규모를 차지하는 EPO 바이오시밀러가 가장 주목을 받고 있음
 - 나) 현재 2세대 EPO 약물은 국내는 2015년 특허가 만료되었으며, 일본은 2019년 특허가 만료되었음. 미국은 2024년까지 특허가 유지되는 등, 새로운 EPO 바이오시밀러 시장 개척의 적기를 맞이하고 있음
 - 다) EPO는 적혈구 생성에 가장 중요한 역할을 하는 인자로서 성인의 경우 주로 신장에서 생성이 되며 혈액 내의 산소 농도에 의해 그 생성이 조절됨
 - 라) 신장에서 분비된 EPO는 순환계를 통하여 골수로 이동하고 조혈모세포의 세포표면에 발현되는 EPO의 수용체(erythropoietin receptor, EpoR)에 결합하여 적혈구 세포로의 성장과 분화를 유도하는 다양한 신호전달체계를 활성화시킴
 - 마) 따라서 신장에 이상이 생기는 경우, EPO의 생산 및 분비가 저하되어 심각한 빈혈을 일으키게 되는 것임
 - 바) 재조합 EPO(recombinant human Epo, rhEpo)는 만성신부전증 환자의 빈혈 치료에 뛰어난 효과를 보이는 단백질의약품으로 개발되었으며, 곧 이어 glycosylation이 더 많이 되도록 변형된 형태의 제2세대 rhEpo라 할 수 있는 darbepoetin과 함께 암 환자들에게 흔히 발생하는 빈혈의 치료를 위해서도 광범위하게 사용이 되어져 오고 있음
 - 사) 최근에는 EPOR을 발현하는 인체 내 다른 여러 기관에서도 세포 증식효과와 보호효과를 유도할 수 있어서 비만, 당뇨, 심장질환, 퇴행성 뇌질환 등에서도 새로운 약물표적으로서의 가능성이 제시되고 있음



[그림 IV-22] Erythropoietin(EPO) 작용 매커니즘 및 효과

- 아) EPO 유전자는 7번 염색체 상에 존재하며, 5개의 엑손과 4개의 인트론으로 구성됨
- 자) Transcription 산물은 193 염기의 아미노산 사슬을 이루고 translation 과정에서 166개 아미노산 사슬로 변형되며, 최종 C-말단의 아르기닌 잔기를 잃어 165개의 아미노산 잔기를 이루게 됨
- 차) EPO는 Alpha Helices만으로 구성된 당 단백질로 시스테인 잔기의 황이 연결되어 disulfide 결합을 이룸으로써 EPO의 3차원 구조를 형성함⁴³⁾
- 카) Helix A는 Cys7 및 Cys161에 의해 Helix D에 연결되고 Helix A 및 Helix B는 Cys29 및 Cys33에 의해 연결되어 있음

43) Carolina Castillo Hernández, et al.(2017).



출처: Carolina Castillo Hernández, et al.(2017) 재구성.

[그림 IV-23] EPO 구조 및 EPOR binding sites

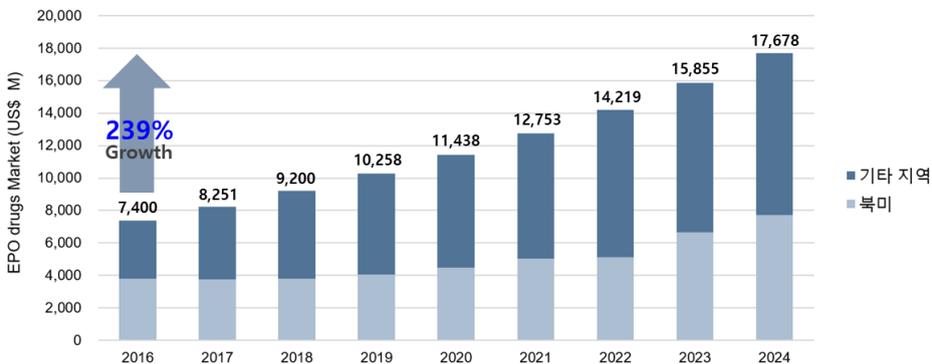
2) EPO 바이오베터 펩타이드 약물 개발

- 가) EPO는 EpoR의 binding site 1, 2와 결합함으로써 작용하므로 EPO 서열 중 EPOR과의 결합과 관련된 부위의 펩타이드를 제작하거나 변형시킴으로써 작용 효과를 조절 또는 증진시킬 가능성이 있음
- 나) EPO는 작용기전 규명 등 연구가 성숙기에 있으며, 다양한 변형체의 응용범위가 광범위하다는 점에서 신개념 바이오시밀러 신약 개발 가능성이 높은 자원이라 할 수 있음
- 다) 세포 배양 또는 합성을 통해 인공 제작된 EPO는 세포보호 효과와 증식효과에 있어 활성이 높은 장점이 있으나, 반감기가 짧음
- 라) 짧은 반감기는 약물투여 주기, 용량 등 치료법 적용에 상당한 불편과 치료비용 증가의 문제점이 있으며, 특히 환자의 치료 접근성을 저해한다는 점에서 개선의 필요성이 있음
- 마) 반감기 증가를 위한 기술로는 다당체화(darbopoetin alfa), 폴리에틸렌글리콜화(Methoxy polyethylene glycol-epoetin beta)를 통한 EPO 변형체 제조가 있으나, 뇌조직 등 조직·혈관간 장벽이 존재하는 일부 조직에서 약물 전달 효율이 떨어지는 문제점이 있음
- 바) EPOtris, EPObis, MK-X 등 EPO 일부분을 제작한 펩타이드의 경우 분자량이 작고 결합력이 높아 약물 전달 효율은 높으나, EPO로부터 요구되는 세포보호/세포증식 중 증식효과가 미비한 것으로 나타남
- 사) 따라서 EPO 제작에서 요구되는 조건은 ① 인공 제작을 통한 EPO 생산비용 절감, ② 표적 장기에 대한 약물전달 효율 향상, ③ 천연 EPO와 동일한 약학적 효과(세포보호 + 세포증식)라 할 수 있음

- 아) 전략 기술 후보인 EPO 바이오시밀러는 EPO 단백질 서열로부터 유래한 펩타이드 단편을 활용하는 것으로 일반적인 고상 합성(Solid Phase Peptide Synthesis)을 통해 EPO 타겟 영역으로부터 펩타이드를 합성하므로 제조공정이 단순함
- 자) 일부 영역의 아미노산 서열을 변형하여 다양한 후보물질 서열을 재설계하여, 3차원 구조 및 수용체와의 결합 여부, 세포보호 및 증식 효과 검증, 부작용 검증 등을 통해 EPO 바이오시밀러 후보물질 선별이 가능함

3) 시장 동향 및 기술 동향

- 가) (EPO 시장) 글로벌 EPO 의약품 시장은 2016년 기준 74억 달러에 이르고 있으며, 2025년까지 연평균 11.5%의 성장세를 이어갈 것으로 전망됨⁴⁴⁾
- 나) 현재 펩타이드 의약품 시장에서 EPO 연관 질병(CNS Disorders, Blood Disorders)은 약 25%를 점유하고 있으며, EPO 의약품은 점차 표적치료용 펩타이드 의약품으로 대체되고 있음
- 다) 따라서 EPO 관련 펩타이드 치료제 개발 시 약 7.9억 달러의 신규 펩타이드 의약품 시장이 형성될 것으로 전망되며, EPO 연관 질병 치료제의 점유율은 28%까지 확대될 가능성이 있음
- 라) EPO 시장 성장요인은 말기 신장 질환, 암 및 HIV와 같은 만성 질환 빈도가 증가하면서 빈혈을 유발할 수 있는 EPO 자극제 수요가 증가한 것으로 판단됨



	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	CAGR
북미	3,800	3,739	3,812	4,065	4,463	5,042	5,126	6,634	7,720	9.3%
기타 지역	3,600	4,512	5,388	6,193	6,975	7,711	9,093	9,221	9,958	13.6%
합계	7,400	8,251	9,200	10,258	11,438	12,753	14,219	15,855	17,678	11.5%

출처: GRAND VIEW RESEARCH, Erythropoietin (EPO) Drugs Market Analysis(2017)재구성.

[그림 IV-24] 글로벌 EPO 의약품 시장규모 (단위: 백만 달러)

- 마) 빈혈의 주요 원인 중 만성 신장 질환(CKD)의 경우 미국에만 약 66만명 이상의 환자가 있으며, 지속적으로 환자 수가 증가하는 것으로 나타남

44) GRAND VIEW RESEARCH, Erythropoietin(EPO)(2017).

- 바) 특히, 개발 도상국에서 암, HIV, CKD의 유병률이 높게 나타나고 있으며, 이로 인해 저비용 치료제 수요가 증가하고 있음
 - 사) 이에 따라 바이오시밀러를 중심으로 개발 및 공급이 확대되는 추세이며, 향후 공급 단가 인하 및 반감기 개선 등 치료 효율 향상을 위한 연구개발이 주류를 이룰 것으로 전망됨
 - 아) 다당체화 기술을 적용한 Darbepoetin(2024년 특허 만료)의 경우 약물전달 효율이 낮은 한계점에도 불구하고, 비용 효율성 및 반감기 증가 효과로 인해 활용이 확대되고 있음
 - 자) 따라서 기존 EPO 변형체 약물들의 한계를 극복할 수 있는 펩타이드 의약품의 출현 가능성이 매우 높으며, 출시 시 급격하게 시장점유율이 확대될 것으로 판단됨
 - 차) 기존 EPO 약물은 암 치료 및 혈액학 분야에 주로 활용되어 왔으나, 파킨슨병과 같은 신경계 질병 치료 효과가 밝혀지면서 신규 타겟 질병에 관한 연구가 확대되고 있음
- 4) 시장 SWOT 분석
- 가) 펩타이드 의약품 시장 SWOT 분석 결과, 임상 진입이 가능한 후보물질 보유, EPO 수요 및 대체제 니즈 증가, 신약 개발 시 바이오텍 기업의 입지 확대 등이 시장 성장 동력으로 나타남
 - 나) 시장장벽으로는 신생 바이오텍 기업으로의 신약 개발 경험 미비, 개발 비용 조달의 어려움, 협력 파이프라인 미비, 바이오시밀러 경쟁 제품의 시장점유율 확대, 신약 허가 절차 강화 등으로 분석됨

〈표 IV-12〉 펩타이드 의약품 시장 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ■ EPO 유래 펩타이드 신약 후보물질 보유 <ul style="list-style-type: none"> - 세포보호 효과 → 퇴행성 신경질환 치료제 - 세포증식 효과 → 조혈장애 치료제 ■ 0상 임상을 통한 연구 효율성 확보 예정 <ul style="list-style-type: none"> - 방사선 동위원소 전문 모기업 역량 - 1상 임상 전 후보물질의 생체 내 활동 연구 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신생 바이오텍 벤처기업 <ul style="list-style-type: none"> - 신약 개발 경험 미비 - 신약 개발비용 부담 ■ 신약 개발 파이프라인 미비 <ul style="list-style-type: none"> - 개발 단계별 협력 파이프라인 구축 미비
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> ■ EPO 유래 펩타이드 개발 활성화 <ul style="list-style-type: none"> - EPO 대체제 수요 증가 - 펩타이드 의약품 저변 확대(FDA 승인 ↑) - 유사 경쟁기술의 기술적 한계 ■ EPO 수요 증가 <ul style="list-style-type: none"> - EPO 연관 질병 증가 및 치료제 수요 확대 ■ 신약 R&D 생산성 향상을 위한 바이오텍 기업 분업화 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 후보물질 보유 바이오텍 기업의 개발 주도 및 역할 확대 - M&A 활성화 등 바이오텍 기업 bargain power 증가 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Epogen 특허 만료 및 바이오시밀러 제품 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 바이오시밀러 제품의 시장점유율 확대 - 대형 제약사의 바이오시밀러 투자확대 및 파이프라인 강화, 병원 및 제조업체간 협력 확대 ■ 신약 개발비용 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 신약 허가과정 강화 및 승인 건수 감소 - 아웃소싱 활성화에 따른 개발비 증가

- 다) 따라서, 공공 연구기관과의 초기 개발(전임상 단계) 협력, 1상 임상 이후 제약사와의 공동연구 또는 라이선스 아웃 등을 통해 신약 개발 파이프라인을 확보하고자 함
- 라) EPO 대체제 수요 증가 및 응용연구 확대에 따라 조혈장애, 퇴행성 신경질환 분야로 단계적인 상용화 개발을 추진할 계획임
- 마) 또한 개발 비용 투자유치와 함께 연구 설계 고도화를 통한 임상연구 비용 절감 전략을 추진할 필요성이 있음
- 5) 핵심 전략 기술의 경쟁성
- 가) 기술의 차별성
- i) 앞서 분석한 바에 따르면, 본 평가대상 기술은 경쟁기술과 비교 시, 제조 측면에서는 생산비용이 반 이하로 떨어질 수 있다는 차별성을 가지고 있음
 - ii) 바이오의약품의 일반적인 가격이 매우 높음을 고려할 때 생산원가의 감소는 의약품 제조사의 관심을 끌 수 있는 좋은 요인임

iii) 생물공정을 이용하던 기존의 프로세스에서 벗어나, 합성으로 제품을 생산 한다는 것은 그만큼 quality control이 용이함

iv) 본 기술제품의 차별성을 가지므로 시장점유율은 증대될 것으로 기대됨

나) 대체 기술 및 대체 가능성

i) EPO 관련기술은 이미 1세대, 2세대 제품은 이미 시장을 점유한 상태이며, 특허가 만료된 이후 바이오시밀러 제품까지 등장한 상태이나 EPO 펩타이드 바이오시밀러는 단백질 대비, 생산이 용이하다는 장점이 있어 기존 제품을 대체할 가능성이 매우 높음

다) 진부화 가능성

i) 1세대, 2세대 EPO 관련 제품이 재조합단백질에 당화정도를 바꾸어 투여 횟수를 현저히 감소시킨 것이 특징이고, 3세대로 개발 중인 경쟁 제품들은 당화가 아닌 키메라 단백질로 안정성을 높인 형태의 제품인 것으로 보면, 현재까지 EPO제품의 개발은 주로 안정화에 따른 투여 횟수의 조절에 주안이 있던 것으로 볼 수 있음

ii) EPO 펩타이드 바이오시밀러는 활성기전 기반으로 새롭게 제안된 물질로 기존 약물과 기본적인 컨셉이 다름

iii) 이에 EPO 펩타이드 바이오시밀러는 자체적으로 진부화 될 가능성이 높지 않음

라) 독창적인 상업적 우위성

i) 펩타이드 제제가 재조합단백질과 거의 동일한 기능을 가질 수 있다면, 생산 단가나 생산품의 품질 관리 측면에서 기존의 제품에 대비하여 비교할 수 없을 만큼의 우위를 갖게 됨

ii) 펩타이드 안정성을 충분히 확보한다면 제조 단가 경쟁력 확보 및 생산 관리 측면에서 생산자에게는 물론 최종 약품을 소비하는 환자들에게도 이점을 제공할 것으로 기대됨

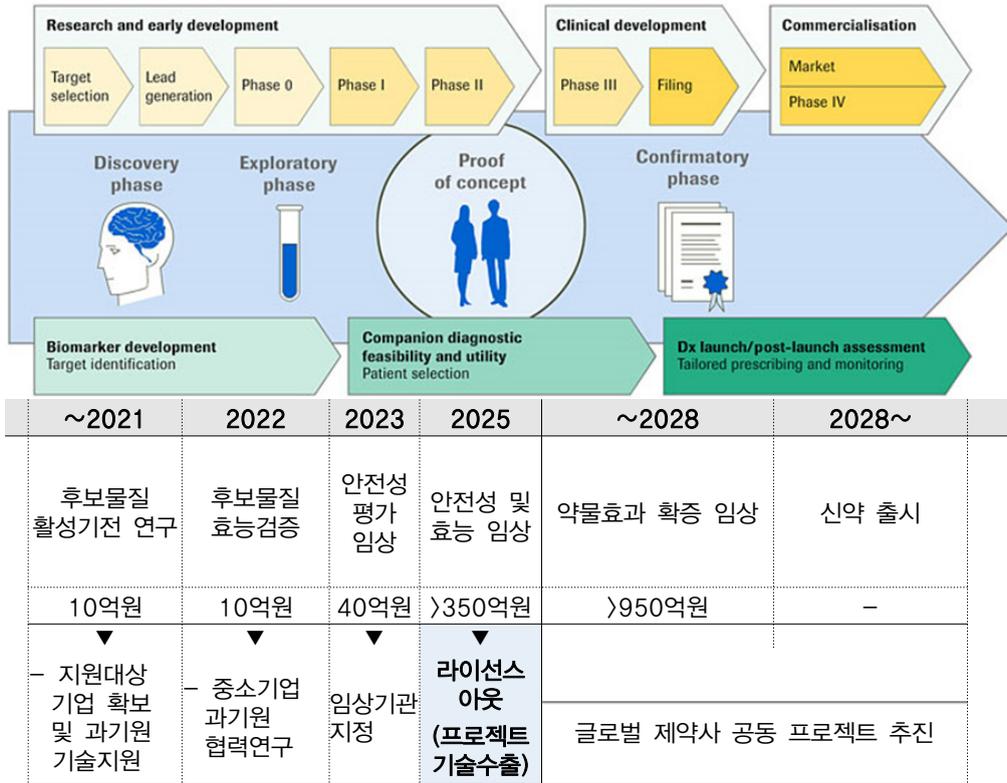
다. 단계별 기술 개발 마일스톤

1) 로드맵

가) 신약 개발은 임상연구 단계에서 막대한 연구개발비 투자를 필요로 하며, 매출 기반이 미확보된 상태에서 단독 개발에 어려움이 있음

나) 따라서 2상 연구 진입 단계에서 글로벌 제약사 대상 라이선스 아웃(프로젝트 기술 수출)을 목표로 하며, 신약 출시까지 공동 연구를 진행할 계획임

다) 글로벌 제약사의 바이오텍 파이프라인에 합류함으로써 후속 신약 후보물질의 지속적인 기술수출이 연계될 수 있도록 기반을 확보함



- 바이오 신약(펩타이드) 개발 프로젝트 추진 → 임상연구 프로세스 효율성 확보가 관건
 - 후보물질의 효능검증, 0상 연구, 1상 연구까지 대상 중소기업과 과기원 공동으로 추진함
 - 1상 연구 후 라이선스 아웃(프로젝트 기술수출)을 추진 → 글로벌 제약사와 공동 임상 연구
- 조기 라이선스 아웃을 통해 연구개발 투자 수익 회수 및 글로벌 제약사 파이프라인 합류
 → 기술수출 후 신규 펩타이드 치료제 개발 추진(후보물질 포트폴리오 확장)

[그림 IV-25] 단계별 기술 개발 마일스톤

- 라) 사업화 추진 5년 내(2023년 이전) 후보물질 확정, 개량특허 확보, GLP 시설 구축 및 전임상 시험부터 1상 연구를 종료할 계획이며, 소요 비용은 약 80억원 이내로 예상함
- 마) 신약 출시까지 총 개발비용은 1.2억 달러 규모로 추산하며, 2상 연구부터 기술수출 수익금 및 프로젝트 투자금을 활용할 계획임
- 바) 사업화 단계별 투자비용 산정 기준 및 효율화 방안은 아래 표와 같음
- 사) EPO에 대한 작용기작 및 안전성은 입증되었으며, 펩타이드의 특성 상 독성 및 부작용에 대한 위험이 낮다는 점에서 임상연구 설계 효율화 및 비용절감이 용이함

〈표 IV-13〉 사업화 단계별 투자비용 산정 기준 및 효율화 방안

개발 단계	소요 예산	수립 근거	효율화 방안
Target selection	10억원	· 과기원 활성화전 기초연구 · GLP 시설 구축 포함	· 과기원 기 확보 연구결과물을 기반으로 최적 후보물질 선별 추진
전임상 시험	10억원	· 체내동태 연구, 약효약리 연구 및 안정성 평가 비용	· 과기원 연구 인프라 활용
1상 임상	40억원	· 20~80명 기준 (20~30명 예상) → 임상연구비(1억원/1인) + 시험 의뢰 및 부대비용	· 임상 대상자 규모 최적화 설계 · Paper NDA ⁴⁵⁾ 기준을 준용하여 EPO 안전성 입증 자료 보강
2상 임상	>350억원	· 100~300명 기준(200명 예상) · 3상 임상 비용의 47% 적용	· 글로벌 제약사 임상연구 파이프라인 활용
3상 임상	>950억원	· 1000~5000명 기준 · 신약 평균 연구개발비 1.2억* 달러의 약 67% 예상	· 글로벌 제약사 임상연구 파이프라인 활용

- * Public Citizen's Congress Watch(미국 시민단체): 평균 허가 신약(95.3개) 세금 혜택 후 연구개발비 평균 1.2억 달러 산정
- 제약업체 주장 신약 연구개발비는 8억 달러 수준이나, 총 연구개발비 대비 출시된 신약 수, 자체 신약 개발 비용 등을 고려할 때, 실제 신약 연구개발비는 약 1.2 ~ 1.7억 달러 정도로 추산됨
 - 신물질 신약(NCE)의 경우에도 discovery 단계가 진행된 후보물질은 이후 1억 달러 미만 비용 산정이 타당함

아) 또한 바이오의약품 생산효율 향상 및 약효 지속 시간 증가(약물 투여 횟수와 투여량 감소) 측면에서 기술수출 용이성이 높음

45) Joe Davies(2014).

2) 전체 상용화 로드맵에서 과기원 지원 역할

〈표 Ⅳ-14〉 연도별 과기원 지원 역할

2021년	2021년	2022년
Discovery 완성	GLP 시설 구축	전임상 시험
· 후보물질 효능검증 · 기초 연구결과 라이브러리 구축 → 개량특허 확보 (지속시간, 안정화 capping 등)	· GLP 기준 실험 및 시설 설계 · 투자규모 확정 및 시설 구축 → 안전성 자료의 신뢰성 확보	· 신약 후보물질의 유효성 평가 진행 · 체내 동태연구, 약효약리 및 안전성 평가 → IND 파일링

- 가) 개발사업 시작후 5년 이내 전임상시험을 목표로 하며, Discovery 완성, 전임상 연구 단계까지 과기원이 기업을 지원할 수 있을 것으로 보임
- 나) 과기원은 임상 진입 전 최소 위험으로 약동학 연구를 수행할 수 있는 과학적 기술적 지원을 제공함
- 다) Discovery 단계 : 기초 탐색연구 결과 선별된 선도물질 연구 및 최종 후보물질 (Candidate) 도출
 - i) 단백질 결정구조 및 효능검증, 초기 약물성 평가, 약리연구 등 포함
 - ii) 약효 지속시간 확립을 위해 3차원 구조 보호 capping 연구 및 안정화 정도 비교 분석 시험을 진행함(개량 특허 확보)
- 라) 전임상연구 : 신약 후보물질의 독성과 유효성을 평가하며, 동물 및 세포를 대상으로 실험을 수행함
 - i) 전임상 연구 후 임상연구 설계 고도화 및 IND 파일링을 통해 임상연구 단계에 진입함

3) 사업화 계획

〈표 IV-15〉 중장기 사업화 로드맵

사업화 초기 (2019년 ~ 2021년)	성장기 I (2022년 ~ 2025년)	성장기 II (2026년 ~ 2028년)	확장기 (2028년 이후)
<ul style="list-style-type: none"> 빈혈 치료제 후보물질 확정 및 전임상 연구 임상연구 최적화 설계 IP 포트폴리오 확보 (개량특허 확장) IND 파일링 	<ul style="list-style-type: none"> 0상~1상 연구(임상 약리시험) 수행 2상 연구(치료적 탐색시험) 진입 	<ul style="list-style-type: none"> 3상 연구(치료적 확증 시험) 진입 신약 인허가 및 출시 신경질환 / 비만, 당뇨 등 대사질환 후보물질 도출 및 전임상 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 신경질환 임상연구 진입 대사질환 임상연구 진입
<ul style="list-style-type: none"> Seed funding 기초연구과제 수주 GLP 시설 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 라이선스 아웃 (제약기업 대상) 사업화 협력 파이프라인 구축 	<ul style="list-style-type: none"> GMP 인증 및 양산설비 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 임상연구 포트폴리오 확장 후속 라이선스 아웃 추진
초기 연구개발 중점	사업화 자금 유동성 및 안정성 확보	연구/제조 설비 확장	펩타이드 전문기업 입지 구축

- 가) 해당기업은 펩타이드 신약 개발을 위해 단계적 임상 연구 진입 및 연구 인프라와 자금 확보를 추진함
- 나) 라이선스 아웃과 대규모 연구개발비 투자 유치를 통해 빈혈 치료제 출시를 추진함과 동시에 신규 후보물질의 선별과 임상연구 진입을 병행함
- 다) 중장기적으로 임상연구 포트폴리오 확대를 통해 신약 개발 리스크를 분산시키고 수익 구조를 다변화시키고자 함
- 라) 향후 다수의 펩타이드 신약 개발 및 연구중심 바이오텍 기업으로의 브랜드 입지 구축을 목표로 함

라. 기술별 수요 중소·중견 수요 기업 후보 및 의견

- 1) 현황 파악 및 수요 확인을 위해 중소기업과 신생 바이오벤처를 기반으로 개발담당자들과 공식/비공식 인터뷰를 진행함 (삼영유니텍, 테라시드, 피디젠, 동아ST 등)
- 2) 제약기업들은 합성의약품 신약개발이 다양한 리스크 요인으로 최근 들어 개발이 둔화되면서 글로벌 성장의 한계에 직면한 상황에서 다시 고비용·장기간이 소요되는 바이오의약품 신약 개발을 대체할 수 있는 새로운 시장의 필요성이 대두됨

- 3) 국내 바이오의약시장은 중견/대기업이 주도하는 상황에서 중소기업이 비용이나 투자기간을 고려할 때 제약산업에 진입하기 어려운 상황임
- 4) 급속한 인구고령화와 다양한 질환 발병으로 바이오의약품 시장은 성장이 가속화되고 있어 새로운 산업에 진입하고자 하는 중소기업에게 매력적인 분야임
- 5) 진입장벽이 높은 의약품 시장의 보수성을 고려할 때, 중소기업이 바이오의약품 시장에 최소한의 리스크로 진입할 수 있는 분야는 바이오시밀러 분야임
- 6) 고비용이 요구되는 대량 스크리닝 전략보다는 연구경력이 축적된 과기원의 기술을 기반으로 낮은 리스크로 바이오의약품 산업에 진입하고자 하는 의지가 높음
- 7) 공통적인 요구사항은 낮은 리스크, 개발 이후 안정된 생산공정 확보, 낮은 생산단가 등으로 요약할 수 있었음
- 8) 기 이유로 과기원이 기확보한 후보물질을 고도화하여 사업화를 추진하는 방향에 매력을상 느꼈으며, 안정화된 생산공정을 위해 저분자량 펩타이드 약물에 관심을 보였음

마. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) DGIST 예경무 교수, ykm31@dgist.ac.kr
- 2) DGIST 문제일 교수, cmoon@dgist.ac.kr

Ⅳ. 바이오 및 스마트 헬스케어 분과

(3) 유전체/오믹스 통합 분석-기반 정밀의료 기술 개발

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

가) 인간 등 생물의 유전체를 초고속으로 해석하여 산업적, 의학적 유용한 유전정보를 획득하기 위한 차세대 유전정보 해독, 분석 및 활용 기술

2) 범위

가) 유전체 분석을 위한 시료의 전처리, 실시간 유전체 증폭, 유전체 분석 및 기능 해석, 분석된 정보를 의학 및 건강증진 목적으로 활용하는 기술 등을 포함

나) 단백질체/대사체 정보와의 통합을 통해 멀티오믹스 수준으로 확장가능함.

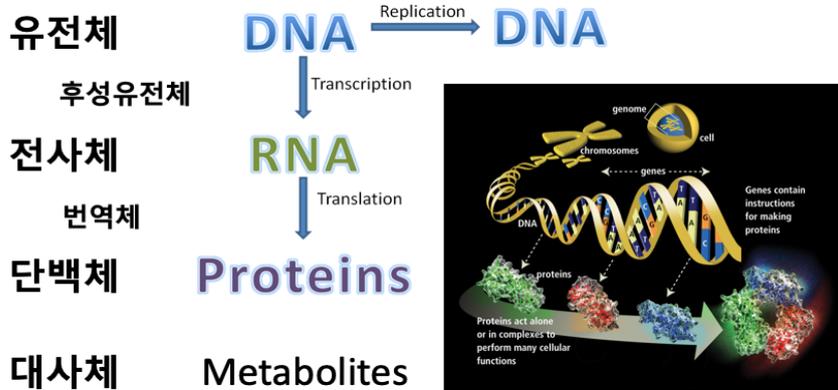
3) 중요성

가) DNA는 개체 유전형질의 핵심요소로 1953년 제임스 왓슨과 프란시스 크릭이 4가지 염기를 가진 핵산들 (Adenine, Thymine, Guanine, Cytosine)의 상보적 결합과 이중나선구조를 밝힌 후 집중적인 연구가 이루어졌음.

나) 인체를 구성하는 개별세포의 유전물질(DNA)은 복제, 전사, 번역 등의 기본적인 생명 현상 통해, 유전체/전사체/번역체/단백체/대사체 형태로 순차적으로 정보가 변환되어 생리현상을 매개함. 이 유전체 정보의 변이 또는 변환과정의 이상조절은 인체 질환 발생의 근본 원인을 제공함.

다) 유전체는 개체의 전체 유전자를 포함하는 완전한 DNA(또는 RNA) 모음으로서 개체를 형성하고 유지하는 데 필요한 모든 정보를 포함함. 생물의 형성 및 발달 과정, 생명 현상 유지와 관련된 모든 기능의 최소 단위의 기록 해독, 분석, 활용을 통칭함.

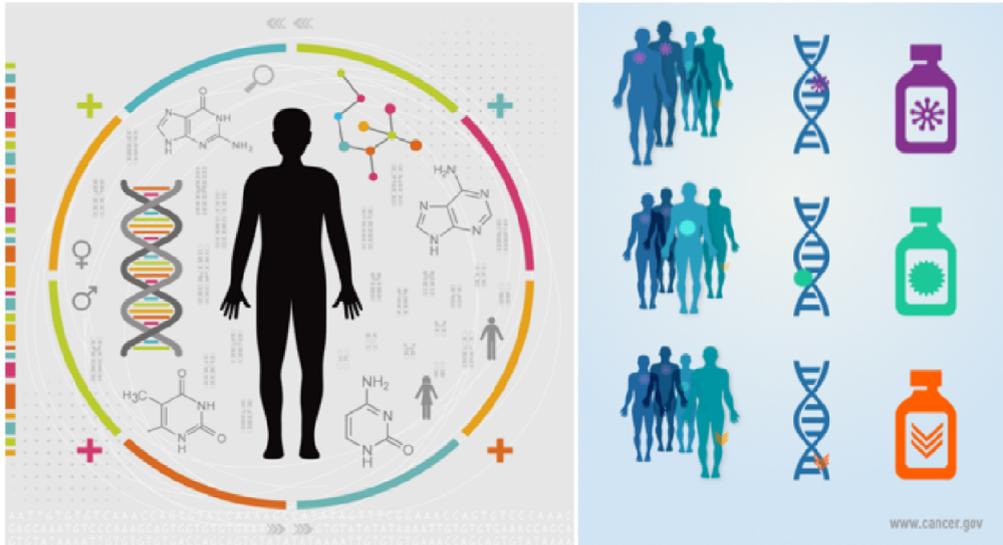
라) 인간 유전체 염기서열 전체를 해독하는 Human Genome Project 완료로 유전체의 기능과 역할에 대한 연구와 그 활용을 위한 노력 지속됨



[그림 IV-26] 유전자 정보의 분자 간 흐름 및 오믹스(Omics) 분석 타겟

- 마) 유전체 정보는 염기서열 정보를 기본으로 유전자 변이 정보 등을 포함하는 대용량 서열 정보로 이를 구조화하고 분석하기 위해서는 대규모 데이터의 비교 및 검증 등 빅데이터 분석 기술이 필요함.
- 바) 유전체에 대한 연구와 유전체 분석은 궁극적으로 생명현상을 이해하고, 나아가 이를 활용하여 생물학적 상태를 조절하는 목적을 가지고 있으며, 21세기 의료 및 건강관리 패러다임을 이끌어 갈 핵심 요소 기술로 주목됨.
- 사) 맞춤형의료란 한 개인의 유전정보 총합인 유전체(genome) 분석을 시작으로, 이로부터 파악되는 개인의 유전적 특징을 질병의 예방, 발견, 진단, 치료, 건강관리 등에 활용하는 활동을 유전체 기반 맞춤형의료(genome based personalized medicine)로 정의
- 아) MIT에서 10개의 breakthrough 기술 중 하나로 DNA App Store를 선정⁴⁶⁾ 개인의 DNA 정보를 토대로 건강 위험성(health risk)과 질병 발병 가능성(predisposition) 등을 알 수 있는 온라인 스토어
- 자) 출산 계획, 산전 검사, 질병 예측 및 질병유전체 서비스에서 분자 부검에 이르기까지 인간의 일생에 유전 정보의 활용이 늘어날 것으로 예상. 질병의 정확한 진단과 개인에 맞는 효과적 치료 및 치료제 선택에 기여하고, 질병 발병을 예측·예방함으로써 건강한 삶 추구와 의료비 절감에 기여할 수 있는 핵심기술임.

46) MIT Technology Review(2016).



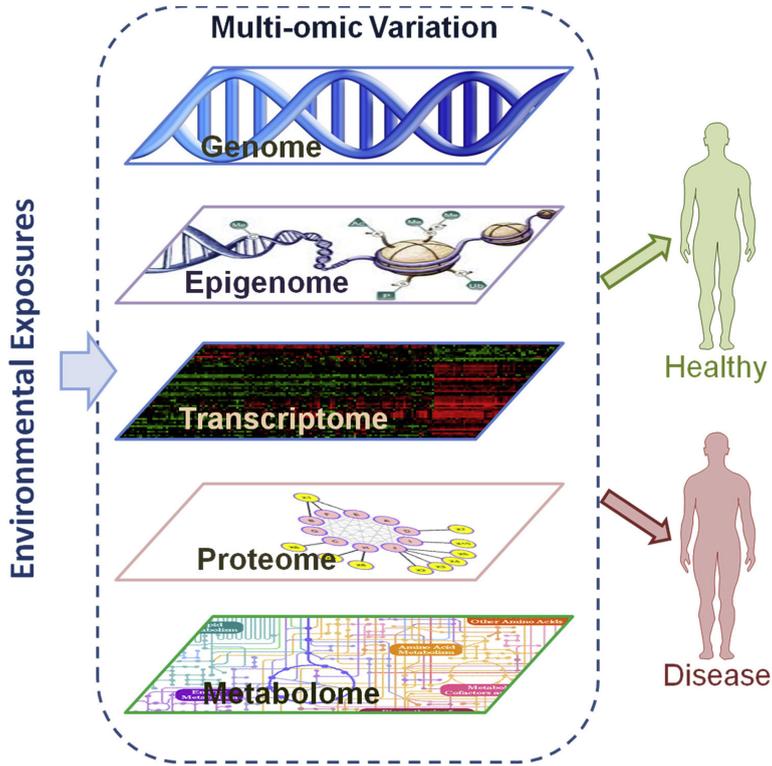
출처: National Cancer Institute

[그림 IV-27] 유전체/오믹스-정보기반 맞춤형/정밀 의료기술개발 및 활용

- 차) 유전체 연구분야는 샘플의 RNA 시료의 유전체/전사체 정보를 분석하는 수준을 넘어서 인체조직을 구성하고 있는 단일세포수준의 유전체 정보를 민감하게 분석해내는 수준으로 급속히 기술적 진화를 거듭하고 있음 (Single cell sequencing).
- 카) 유전체 정보는 생리활성을 조절하는 모든 기본정보를 저장하고 있지만, 실제 생리반응은 각 단위세포에서 발현되는 전사체를 경유하여 단백질에 의해 매개된다는 사실에서, 단독으로 정상 또는 환자의 생리/병리 반응을 완전히 예측하고 설명하는데 근원적 한계점도 보유함.
- 타) 기존 DNA 서열수준의 변이를 찾는 유전체 분석을 넘어서 유전자 정보의 조절 및 변환 과정에 있는 후성유전체/번역체/단백체/대사체등의 오믹스 정보는 생리활성 상태에 대한 상대적 강점과 약점을 보유하고 있으며, 이 각 오믹스 정보를 효율적으로 통합 및 활용할 수 있다면, 기존 기술의 한계를 극복한 고품질 생체정보의 도출이 가능함⁴⁷⁾.
- 파) 현재 유전체정보와 타 오믹스 정보를 통합한 다중 오믹스 (Multi-Omics)기반 분석이 필요한 상황이며 이를 뒷받침할 수 있는 전방 및 후방 분석기술의 개발 경쟁이 치열한 상황임.
- 하) 유전체/오믹스 통합분석 플랫폼은 정보를 획득하고, 나아가 의학적, 산업적으로 유용한 정보를 선별, 가공하고, 이를 활용한 서비스를 제공하는 산업 분야임. 정밀의료, 개인 건강관리 등 의료 패러다임의 변화로 인해 유전체 정보의 중요성에 대한 인식이 제고되었고, 유전체 정보에 대한 개인의 접근성이 높아짐에 따라 다양한 활용 가능성이 존재함.

47) Sun YV., et al.(2016).

거) 유전체/오믹스 연구는 의료, 식품, 환경 등 미래혁신에 필연적인 연구 분야로 가장 경쟁이 치열한 바이오분야 임. 향후 유전체 분석 및 활용 기술의 본격적인 상용화 시기가 임박함.



출처: Adv. in Genetics(2016).

[그림 IV-28] 다중 오믹스-기반 정밀의료기술 개발

나. 주요기술 분류

1) 제품분류 관점

- 가) 유전체 분석은 분석을 위한 장비 및 시스템, 시료 전-후처리 및 염기서열 해독을 위한 각종 소모품, 분석 및 정보해석 솔루션 서비스로 분류.
 - i) NGS는 유전체의 고속염기서열 분석 기술로서 high-throughput sequencing, massive parallel sequencing, second-generation sequencing라고도 불리움.
 - ii) NGS 방식 중에는 Illumina사 장비의 시장 점유율이 8~90%에 달하나 단일분자 염기서열 등 3세대 시퀀싱 장비들이 출시될 경우 수요 이동에 따라 시장에도 변화가 예상

- iii) 최근 유전체 분석기술의 혁신을 통해, 순수분리된 RNA 시료의 유전체/전사체 정보를 분석하는 수준을 넘어서 인체조직을 구성하고 있는 단일세포수준의 유전체/전사체를 해독할 수 있는 수준에 도달하고 있음 (단세포 전사체 분석: Single cell sequencing [scRNAseq])⁴⁸⁾.
- iv) 유전체 분석 관련 소모품은 염기서열 분석 또는 이를 활용함에 있어 필요한 소모성 시약, 키트, 모듈 등(특정 DNA 합성 유도, 핵산 추출, NGS 방식의 체외진단 시약)을 포함. 최근 개발된 단일세포 유전체 분석을 위해서는 타겟 조직으로부터 단일 세포 또는 단일세포핵을 분리하기 위한 소모성 시약/키트/모듈이 추가로 필요함.
- v) 유전체 분석 관련 서비스는 유전체 재조합, 유전체 분석 대행, 정보 추출 및 가공 등 유전체 시퀀싱 관련 서비스 및 유전체 정보 분석을 통한 임상적 유의정보 제공 등 웰니스 및 헬스케어 서비스 포괄.
- vi) 유전체-오믹스 데이터 통합 분석 서비스는 오믹스 데이터 저장 및 공유 플랫폼 기술, 다중오믹스 데이터 표준화 및 통합 분석, 결과 추출 및 해석을 위한 바이오 인포매틱스 (생명정보학) 기술이 추가로 요구됨.

〈표 IV-16〉 제품 분류 관점 및 세부 기술

기술개발 테마	제품분류 관점	세부기술
유전체 및 정보 분석	장비 및 시스템	· 시료 전처리, 핵산 추출 및 정제 시스템 · PCR (Polymerase Chain Reaction) 장비 · 시퀀싱 라이브러리 제작 자동화 장치 · 차세대 염기서열 해독(NGS) 장비/시스템 · 단일세포 분획 시스템 · 단일세포 전사체 라이브러리 제작시스템
	소모품	· DNA chip · NGS flow cell · 시약
	서비스	· 전장 유전체 해독 · 표적 서열 해독 · 전사체/번역체 해독 · 단일세포 유전변이/후성유전체/전사체 해독 · 오믹스데이터 저장/공유/통합분석 플랫폼 · 바이오 인포매틱스 기술

48) Hedlund E et al. Mol Aspects Med.(2018).

2) 활용분야 관점

- 가) 학술 연구 분야는 유전체 분석기법, 분석 결과를 토대로 생명현상을 이해하고, 나아가 임상적, 산업적 유효한 활용가치를 발견하는 데 유전체 분석을 활용
- 나) 맞춤형/정밀 의료기술 분야는 개인의 유전체 분석을 통해 약물 처방 가이드, 건강 위험요소 예측, 건강 생활에 대한 도움 제공 서비스 등으로 유전체 분석을 활용. 진단 분야는 특정 유전자의 보유 또는 결핍, 유전적 변이 여부 등을 가지고 질병의 유무를 판단하거나 발병 가능성을 예측하는 방식으로 유전체 및 통합오믹스 분석을 활용.
- 다) 의약품 개발 분야는 임상시험 상 관찰되는 다양한 생리적 현상과 유전자 간 상관관계를 토대로 표적화된 치료제의 개발, 또는 값비싼 치료제의 약물 반응성을 예측하는 동반 진단법 개발 등으로 유전체 분석을 활용

〈표 Ⅳ-17〉 활용분야 관점 세부 기술

기술개발 테마	공급망 관점	세부기술
유전체/오믹스 통합분석 및 정보 분석	진단	· 유전/환경적 요인에 의한 인체질환 및 특정 질환의 확진 및 표적 치료제 처방을 위한 동반진단 분야
	의약품 개발	· 유전체기반 통합 오믹스 분석을 통한 신규 바이오마커 탐색과 핵심기능인자(유전자/단백질) 정보에 기반한 in silico 약물 개발 등
	정밀의료	· 의약품의 체내 작용은 개인의 유전체/전사체 패턴에 영향을 받기 때문에 획일화된 현재의 의약품 제조과정과 표준 치료방법의 한계를 극복하기 위해 개인별 유전형 및 단백질체 패턴을 고려한 맞춤형 의약품 개발 및 처방 등
	학술 연구	· 유전자의 생리학적 기능 및 조절현상을 탐구하는 유전학/분자생물학/생화학 기초연구에 활용함. · 신규질환 마커 및 약물타겟의 생리활성 조절기전 규명을 통한 임상 유효성 검증.

2. 기술 분석

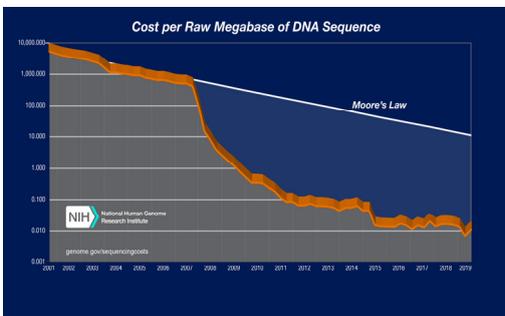
가. 국내외 기술 현황

1) 유전체 분석 장비의 기술적 진화 및 비용 하락

- 가) 차세대 염기서열분석법(NGS)의 등장으로 시퀀싱 비용이 급격히 감소하고 대용량 가능한 일루미나⁴⁹⁾ 등의 플랫폼 장비의 공급으로 관련 새로운 가치 창출 그리고 경쟁.

49) Illumina Inc. <https://www.illumina.com/techniques/sequencing/rna-sequencing.html>.

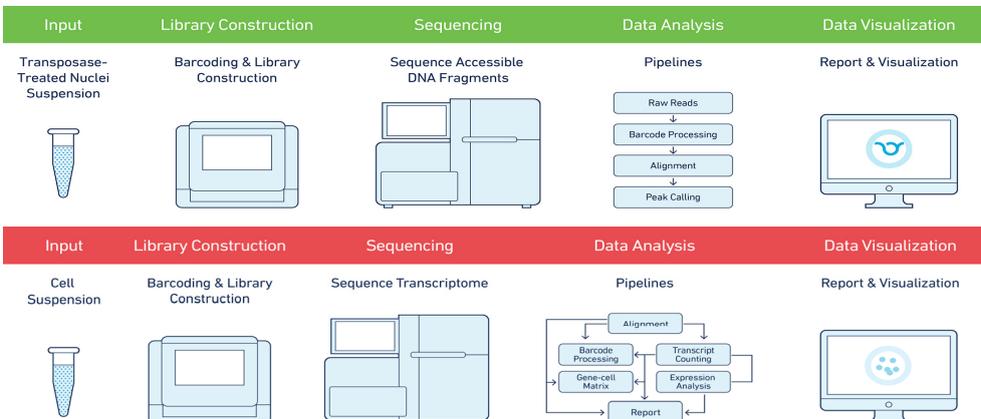
- 나) 분석 칩과 서비스를 제공하던 일루미나는 2017년 JP모건 헬스케어 컨퍼런스에서 노바섹 (NovaSeq) 시리즈를 공개하면서 유전체분석 100달러 시대를 공언. 일루미나가 2017년 선보인 '노바섹6000'의 경우 48시간 이내에 최대 6테라바이트, 60명의 전체 유전자서열(Whole genome sequence)과 200억 개의 세포 분석이 가능해 개인 유전체분석시대의 서막을 올림
- 다) 3세대 기술인 단일 분자 시퀀싱 방식 장비 개발도 병행되고 있으며 플랫폼 경쟁의 양상을 보일 가능성이 높음



출처: NIH and Illumina Inc.

[그림 IV-29] 유전체 분석 기술의 발달에 따른 분석비용의 급격한 하락

- 2) 단일세포 유전체 (전사체; single cell RNA-seq) 분석기법의 개발 및 확산
 - 가) 유전체 연구분야는 샘플의 RNA 시료의 유전체/전사체 정보를 분석하는 수준을 넘어서 인체조직을 구성하고 있는 단일세포수준의 유전체/전사체 정보를 민감하게 분석해내는 수준으로 급속히 기술적 진화를 거듭하고 있음 (Single cell sequencing).



출처: Illumina Inc.

[그림 IV-30] 단일세포 유전자 발현조절 기법 파이프 라인

- 나) 단일세포 수준의 유전체 및 전사체 이형성에 대한 분석은 질환발병단계에서 발생하는 돌연변이의 민감한 탐지, 및 생체 조직을 구성하는 개별 세포군의 기능이상을 단위 세포수준에서 민감하게 분석할 수 있는 기술적 강점을 보유함.
- 다) 현재 전세계적으로 단일세포의 분획기술, 단일세포 유전체/전사체 표지기술, 단일세포 유전체 데이터 처리기술등을 개발하기 위한 경쟁적 연구가 활발히 이뤄지고 있음
- 3) 대규모 유전체/오믹스 데이터의 저장 및 통합분석을 위한 플랫폼 활성화
 - 가) 유전체/오믹스 정보의 표준화와 아울러 클라우드 기반, 블록체인 기술 등 컴퓨팅 환경에 대한 접근성과 정보보호 능력의 고도화.
 - 나) Amazon, KT, 삼성SDS 등은 클라우드 컴퓨팅 기반 유전체 정보 분석 플랫폼 서비스를 출시했고, DNA Nexus, Seven Bridges 등 신생 생물정보학 기반 기업들은 유전체 데이터 생산, 분석, 관리 영역에서 신규 서비스 도메인을 구축
- 4) 임상 및 의료 정보를 연계한 다차원 데이터 생산/가공 기반 2차 서비스 발굴 노력
 - 가) IBM, Apple 등 대형 IT 기업들이 가진 데이터 분석 역량과 소비자 네트워크를 유전체 정보 분석, 건강정보 서비스에 활용하려는 움직임을 보임
 - 나) 유전체 사업의 확장을 통해 좀 더 대중화되는 방향으로 그리고 쌓여진 유전체 빅데이터 및 경험을 기반으로 신약개발과 진단기술이 산업을 견인
- 5) 유전정보 임상활용에 대한 국내의 엄격한 규제
 - 가) 개인 유전체 분석의 임상활용은 23andMe의 사례에서 알려졌듯 DTC (direct-to-customer)형태의 개인 유전자 분석서비스와는 달리 질병의 진단 및 치료를 위한 임상기술로서의 활용도는 아직 그 정확도/신뢰도에 대한 검증단계 이전으로서 본격적인 임상활용단계에 이르지 못하는 못함. 향후 분석 결과에 대한 신뢰도 추가 확보가 관련 기술의 보급 및 경쟁력에 필수요소가 될 가능성이 높음.
 - 나) 전 세계적으로 많은 글로벌 제약회사와 유전체 분석 회사가 유전체 정보를 활용해 질병 진단 및 신약개발을 위한 큰 가치를 만들어 나가고 있는 반면에, 국내의 경우 엄격한 규제로 유전체 분석 회사는 개인의 유전체 데이터를 서비스한 이후 모든 데이터를 폐기해야 하고 연구에 활용할 수 없게 되어 있는 등 국가정책과 윤리적 논의가 현재의 산업 발전과는 너무 큰 격차를 보이는 등 이에 대한 새로운 패러다임의 변화가 필요

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 질병의 치료시대에서 예측 및 예방 시대로의 패러다임 변화
- 2) 개인 유전체 분석과 데이터 네트워크 기반 비즈니스 모델
- 3) 빅데이터 기반 신약개발
- 4) 유전체 기반 질환 병리기전 규명 및 치료제 개발
- 5) 유전체 데이터 암호화, 저장, 공유 컴퓨팅 플랫폼의 등장

- 6) 유전체 데이터 분석 알고리즘 정확도/신뢰도 기술력 경쟁.
- 7) 글로벌 유전체 빅데이터 확보 경쟁⁵⁰⁾
- 가) **(미국)** 미국의 대표적인 유전체 빅데이터는 NIH 산하의 NCBI(National Center for Biotechnology Information)에서 운영하는 SRA(Sequence Read Archive)와 GEO(Gene Expression Omnibus)가 대표적이며, 이들 데이터베이스는 전 세계의 연구자들로부터 제공받은 NGS 기반의 유전체 서열정보를 기반으로 설립
- i) 개인 맞춤형 질병예방과 치료를 통한 의료 효과 제고 및 의료비 절감을 위해 버락 오바마 미국 대통령은 2015년 1월 ‘정밀의료 추진계획(Precision Medicine Initiative, PMI)’을 발표했으며, 100만 명 이상의 유전체를 분석해 맞춤의학에 적용하는 것을 목표로 함
- ii) 인간 유전체 외에도 미국은 2007년부터 2016년까지 진행된 Human Microbiome Project (HMP)를 통하여 인간의 체내에 존재하는 10,000종 이상의 미생물의 16s rRNA 영역을 시퀀싱하여 메타게놈 빅데이터를 확보
- 나) **(EU)** EU의 대표적인 NGS 기반의 유전체 데이터베이스는 ENA(European Nucleotide Archive)가 있으며, EBI (European Bioinformatics Institute)에서 관리하고 있으며 미국의 SRA와 같은 역할
- 다) **(영국)** 영국은 암 환자 및 유전성 희귀 질환 환자들을 위한 새로운 진단법 및 치료법 개발을 위해서 ‘10만 명 유전체 프로젝트’를 2012년 시작하였으며, 이 프로젝트에서는 환자들의 전장 유전체 시퀀싱(Whole genome sequencing) 데이터를 주로 생산하였으며, 2018년 12월 최종적으로 10만 명 유전체 서열 21PB 생산을 완료하였고, 향후 영국은 500만 명으로 그 규모를 확대해 나갈 예정
- 라) **(중국)** 미국, 영국보다 늦게 유전체 산업에 진출했지만 최근 엄청난 규모의 투자를 통해서 빠른 속도로 선진국을 추격하고 있으며, 최근 약 11조 원(\$9.2billion)을 투자해 중국인 1억 명 게놈 프로젝트를 발표
- i) 중국은 현재 연 소득 6천만 이상의 중산층이 약 1억 명 정도의 인구가 있는 세계 최대 인구 집단으로 개인 유전체 생산 및 소비 국가가 될 조건을 가진 유일한 국가로 실제 개인유전체 기반의 서비스가 선진국보다 더 빠르게 발전할 것으로 예상
- 마) **(일본)** 2012년부터 ‘의료혁신 5개년 전략’에서 맞춤의료를 주요 과제로 선정해 추진 중에 있으며 이에 따라 2015년부터 ‘질병 극복을 위한 게놈 의료 실현화 프로젝트’를 추진하고, 해마다 약 1,000억 원의 예산을 투입 중
- i) 2015년 설립된 일본 의료 연구개발 기구(AMED)에서 발표한 2020년까지의 중장기 계획 중점 분야 9개 중 하나로 정밀의료가 포함
- 바) **(100K 게놈 클럽)** 전 세계적으로 대형 유전체 사업이 활발하게 진행되면서 규모 면에

50) 중소벤처기업부 · 중소기업기술정보진흥원 · NICE평가정보(2017).

서도 확대되고 있으며, 2018년 현재 최소한 100,000만 명 이상 유전체 프로젝트를 수행하는 ‘100K genomes club’에 포함된 국가는 10개국

다. 선도 기관·기업·국가 등⁵¹⁾

〈표 IV-18〉 선도기관

구분	해외업체	국내업체	응용분야	
유전체분석 (NGS) 플랫폼 비즈니스	유전체 분석 플랫폼	일루미나, 옥스퍼드 나노포어 등	마크로젠, 테라젠이텍스, 디엔에이링크, 랩지노믹스 등	전장유전체분석, 엑솜시퀀싱, 메타게놈 등
	소비자 직접 서비스 (DTC) 플랫폼	23andMe, 패스웨이 지노믹스 등	마크로젠, 테라젠이텍스, 디엔에이링크, 랩지노믹스, 이원다이애그노믹스, 메디젠휴먼케어, 쓰리빌리언, 어큐진, 에스엔피제네틱스 등	개인유전체정보 분석 및 관련 서비스 등
	약물 또는 질병진단 개발 플랫폼	그래일, 파운데이션 메디신, 써모피셔 사이언티픽 등	와이바이오로직스, 신테카바이오, 엠디문	DNA 칩, SNP 칩, 항암제 개발, 맞춤의학, 동반진단, 맞춤의료, 신약개발 등
	NGS 시약	로슈, 어플라이드 바이오시스템즈 등	바이오니아, 솔젠트	시퀀싱 전·후처리의 비용절감, 유전체정보의 품질관리 등

1) 국내 기술개발 현황

- 가) 보건복지부, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 농림축산식품부, 해양수산부 등이 참여하여 8년간 총 5,788억 원의 국비를 투입하여 인간 유전체 이행연구, 게놈 표준 지도 작성, 유전체 정보 분석 인프라 구축, 질병 기전 규명 연구 등을 수행
- 나) 국립보건원은 2012년 이래 한국인 참조 유전체 정보구축 사업을 수행하여 400여 명의 염기서열 해독과 유전자 변이 정보를 확보

51) 중소벤처기업부·중소기업기술정보진흥원·NICE평가정보(2018).

- 다) 유전체는 생명연구의 기반이 되는 정보로 유전체 정보를 포함한 생명연구자원의 확보 및 활용 지원 등을 국가생명연구자원통합정보시스템(KOBIS)를 통해 관리
 - i) 국가 생명연구자원과 관련된 공개 자료의 체계적인 수집 및 관리를 위해 구축되는 시스템으로 국민이 생명연구 자원정보에 쉽고 빠르게 접근할 수 있는 검색 및 탐색기능을 지원하고 관심정보에 대한 이해도와 활용성을 높여주기 위한 다양한 시각화 방식을 제공
 - ii) 생명연구자원의 확보, 관리 및 활용에 관한 법률과 나고야 의정서 채택에 따라 생물 다양성협약을 계기로 생물주권 확보 및 국가 경쟁력 강화를 위한 국가 차원에서 생물 자원의 통합관리 중요성이 증대
- 라) 유전체 정보는 생명윤리 및 안전에 관한 법률과 의료법 그리고 개인정보보호법 등의 규제를 받고 있는 등 기술발전과 관련 산업 고도화에 따른 규제 개선과 제도 마련에 대한 요구가 증가함.
 - i) 정부는 과거 무분별한 유전자 검사 시행을 제한하기 위해 생명윤리 및 안전에 관한 법률을 제정하고 유전체 분석을 알려진 질병의 진단과 관련한 의료기관 내 적용으로 제한함.
- 2) 국내 상용화 현황
 - 가) 유전체 분석 플랫폼에 대한 접근성이 높아짐에 따라 기존업체와 DTC 기반 서비스 업체로 산업생태계 양분됨.
 - i) 랩지노믹스는 NGS 기반 신생아 유전자검사를 제공하고 있으며 삼성서울병원과의 기술이전을 통해 암유전자 패널 검사 서비스를 개시
 - ii) 디엔에이링크는 4만 건 이상의 한국인 유전체 데이터베이스를 보유하고 이를 의료기관과 연계해 개인체 분석 버시스 DNA GPS를 제공
 - 나) DTC 허용 이후, 유전체 분석 서비스의 지속적인 증가
 - i) 랩지노믹스: 체질량 지수, 피부노화, 원형 탈모 등의 위드진(WithGene) DTC 유전자 검사 서비스 출시. 급격한 체중 증가를 겪는 산모나 출산 후 체중 감량이 필요한 수유부 등 각각의 상황에 따른 차별화된 유전체 분석 서비스인 맘가드라고 하는 비침습 산전 유전체 검사를 판매
 - ii) 마크로젠: LG생활건강과 공동 출자한 젠스토리를 통해 다양한 DTC 유전자 검사 서비스를 개발, 제공할 예정. 또한, 유전자 정보와 생활정보를 수집 및 분석하여 빅데이터 구축을 통해 맞춤형 화장품과 같은 솔루션 사업도 제공할 예정
 - iii) 메디젠휴먼케어: MELTHY balance 3종 및 체질량 지수 등 5종, 피부탄력 등 6종 등 총 12종의 검사항목으로 세분화한 DTC 검사 서비스를 출시. 추후 식이요법, 화장품, 운동, 생활습관 등 구체적인 생활 개선 가이드를 제공할 예정
 - iv) 이원다이어그노믹스: 맞춤형 화장품을 개발하는 제노힐과의 협력을 통해 피부 타입에 적합한 화장품을 추천하는 유전체 정보 서비스인 DTC를 상품을 판매할 예정

- v) 제노플랜: 비만관련 유전자검사 및 다이어트 관리 서비스를 일본을 경유하여 서비스 중이며, 고운세상 코스메틱과 협업을 통해 유전자 검사와 바우만 피부타입을 적용하여 개인의 피부 특성에 맞는 피부 관리 방향을 제시하는 마이 스킨 멘토(My Skin Mentor DNA) 서비스를 개발, 출시 예정
- vi) 테라젠이텍스 : 이너뷰티(체질량 지수 등 대사 관련 유전자 검사)와 아웃핏뷰티(피부탄력, 탈모, 피부 관련 유전자 검사)로 구성된 진스타일(Gene Style) DTC 유전자 검사 서비스를 출시
- vii) 휴먼팩스: 아젭시트(Agexit) 피부노화 관련 유전자 검사, 알로페시트(Alopexit) 탈모유전자 검사, 디아벡시트(Diabexit) 당뇨 관련 유전자 검사, 비만 유전자 검사인 오벡시트(Obexit) 등 DTC 검사 서비스 출시
- viii) 솔젠트는 분자진단사업, 유전자 검정사업, 연구용시약, 유전체 분석서비스 사업을 하고 있으며 브라질 현지에서 진단센터(DASA Lab)와 임상을 성공적으로 마치고 브라질 내 지카바이러스에 대한 대량 진단시스템 구축을 위한 업무협약을 체결

3) 국외 기술개발 현황

가) (영국) 10만명 게놈 프로젝트

- i) 2012년 영국은 10만 명 게놈 프로젝트를 발표하고 지노믹스 잉글랜드라는 국영기업을 통해 연구를 위한 연구가 아닌 임상에서 실용화 될 수 있는 경험과 파이프라인 구축을 개시
- ii) 게놈 해독을 통해 얻어진 데이터의 생산, 분석, 보관, 배포하는 것에 있어 보안이 취약한 부분을 모두 파악하고 안전하게 사용하는 방법을 찾음
- iii) 본 프로젝트를 통해 2018년 10월부터 영국의 국민보건서비스(NHS)는 세계 최초로 전 국민을 대상으로 특정 적응증에 전체 염기서열 분석을 루틴검사로 수행 할 것을 개시함

나) (미국) 미국의 정밀의료 산업 지원

- i) 미-국립보건원(NIH)는 4천억 원의 펀드를 조성해 670여 개 정밀의료관련 연구를 지원.
- ii) GTEx(Genotype-Tissue Expression) 프로젝트에 7천 명 이상의 정상인 조직 유래 오믹스데이터, 암 게놈 아틀라스 1만 명 이상 암환자 유래 오믹스 데이터 및 TOPMed, 10만 명 이상의 다양한 만성질환 환자의 전장 유전체 해독 데이터를 생산하여 정밀의료 연구 및 임상적용을 위한 연구자를 지원

다) (중국) 중국 게놈프로젝트 진행.

- i) 베이징게놈연구소(BGI)은 2012년 미국의 유전체장비업체인 컴플리트제노믹스를 인수하여 일루미나와 경쟁. 중국개발은행으로부터 15억 달러를 투자받아 설립된 비영리 연구기관으로 2015년 비침습적 태아 기형아 검사, 암 패널(TumorCare), 100만 명 오믹스 데이터베이스 프로젝트 등의 사업을 추진.

4) 국외 업체 동향

가) 일루미나(illumina)

- i) NGS 플랫폼 점유율 1위 기업으로 2014년 Hiseq X을 출시하여 게놈 천불 시대를 알림.

나) 그레일(Grail)

- i) 일루미나의 자회사로 설립된 벤처기업으로 최근 시리즈 A와 B를 통해 10억 달러의 자금을 조달하는 등 순환 종양 DNA(ctDNA) 검출로 암 조기진단에 대한 원천기술의 상용화에 R&D를 집중

다) 23andMe

- i) 건강 관련 정보와 가계분석을 포함한 유전체 서비스 제공 DTC 기업으로 현재 까지 200만 명 이상의 유전체 분석을 수행
- ii) FDA와의 대립과 협력을 통해 유전체 분석 서비스의 새로운 규제 패러다임 형성에 일조
- iii) 현재까지 소비자 직접 의뢰(DTC) 유전자 검사는 1,800만 명 정도가 수행한 것으로 예상되며, 계속 늘어나고 있어 앞으로 3년 안에 약 1억 명이 될 것으로 예상. 2020년부터는 개인들이 WGS로 자신의 유전체 정보를 서비스 받게 되는 시대가 될 것으로 예측
- iv) 개인 유전정보 분석 기업인 23앤드미(23andMe)가 2018년 7월 25일 자신들의 고객 유전체 데이터를 글로벌 제약사인 글락소스미스클라인(GSK)과의 계약을 통해 공유기로 발표. 향후, GSK는 3억 달러(3,350억 원)를 23앤드미에 투자하고 4년간 독점적으로 23앤드미의 유전체 데이터를 활용해 공동으로 신약을 개발
- v) 최근, BRCA1/2에 이어 Hereditary Colorectal Cancer Syndrome 관련한 두개의 변이에 대해서도 FDA를 통해 DTC 서비스 승인

라) 옥스퍼드 나노포어(Oxford nanopore)

- i) 2005년에 영국 옥스퍼드대에서 스핀오프한 벤처기업으로 원천기술인 나노포어 기반 시퀀싱으로 NGS 장비의 소형화에 혁신을 이뤄냄
- ii) 소형 시퀀싱 장비인 MiniON을 이용해 결핵균(Mycobacterium tuberculosis complex)의 DNA 추출부터 바이오 인포메틱스 분석까지 최소 7.5시간 만에 모두 가능한 플랫폼 기술을 출시
- iii) 플랫폼을 통해 조산아기(Preterm infant)들의 장내 세균 감염을 실시간으로 분석해 임상 현장에서 조산으로 태어난 아기들이 어떤 병원균에 노출됐는지 실시간으로 병원균을 스크리닝한 사례를 발표

마) 퍼킨엘머

- i) 2017년 일루미나사의 노바식 플랫폼을 이용해 신생아의 유전질환의 조기진단을 위

한 전장엑솜 시퀀싱(whole-exome sequencing) 및 전장유전체 시퀀싱(whole-genome sequencing)을 제공하기 시작.

바) 소피아제네틱스

- i) 인공지능 기반 유전체분석 서비스에 대한 기술을 보유하고 있는 벤처기업으로 모든 유형의 게놈 변형을 정확하게 분석하고 탐지해 임상이가 환자의 진단과 치료를 보조하는 ‘SOPHiA AI’를 출시

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

1) 산업의 특징

- 가) NGS 분석비용의 저가화로 정보생산과 분석관점에서 정보해석 및 활용분야로 산업 재편
 - i) 2017년 1월 60명의 염기서열을 48시간 만에 해독 가능한 '노바 시퀀서(NovaSeq)'를 출시, 100달러로 1명의 유전체 염기서열을 해독할 수 있는 장비를 제작 중이라고 밝혀 3~4년 뒤에는 유전체 분석이 본격적으로 의료에 적용될 전망
- 나) 진단, 예측에서부터 표적치료제 개발에 이르기까지 보건산업 내의 다양한 적용이 가능한 분야임에도 인허가와 관련한 우리나라 정부의 각종 규제가 민감한 분야
- 다) 헬스케어의 패러다임이 정밀의학으로 변화하고 있는 추세에 따라 정밀의학의 가장 기본 요소라 할 수 있는 유전체 분석 시장 또한 향후 지속적인 성장세가 이어질 것으로 전망
- 라) 향후 임상 시장으로 진출할 경우 대부분 치료 및 예방 등을 목적으로 하는 제품인 관계로 경기 변동 등에 비교적 영향을 적게 받는 산업
- 마) 게놈 시퀀싱 데이터와 임상 데이터가 폭발적으로 증가하여 이를 분석해서 개인별 맞춤 의학을 실현하기 위해서는 생명정보학 연구자와 임상 연구자, 임상의 그리고 환자의 참여가 필수적인 ‘정밀의학 생태계(precision-medicine ecosystem)’가 중요한 산업

2) 산업의 구조

- 가) 정밀의학 시대에 생산될 다양한 데이터 (게놈정보, 임상정보, 웨어러블 정보, 건강 정보, 의학기록) 등을 활용할 수 있는 시스템과 이를 통해 축적되고 형성된 공유지식들을 임상활용에 적용할 수 있는 산업시스템이 요구되는 산업
- 나) 전방산업은 의료서비스, 임상관련 네트워크 플랫폼 등 보건 및 의료산업뿐만 아니라 대규모 생명정보 데이터 분석을 위한 빅데이터 등 IT 산업을 포함하며, 후방산업은 의학, 약학, 생명공학, 의용공학 등 소재, 기기 및 생물정보 관련 연구개발 및 산업을 포함

〈표 IV-19〉 산업 구조

후방산업	유전체분석(NGS) 플랫폼 비즈니스	전방산업
소재, 부품, 모듈, 정밀기기, 생물정보 등	장비/시스템, 소모품, 용역 및 연구개발 서비스, 생명정보 분석 소프트웨어 등	제약, 연구개발서비스, 의료시스템, 의료서비스, 소비자 직접 서비스(DTC), 생명정보 빅데이터 플랫폼 헬스케어 비즈니스 등

다) 기존의 생명과학 및 의료기술의 가치사슬 체계에서 전방산업으로 구분해 오던 의료 서비스, 의료시스템, 제약산업에 더해 대규모 데이터 처리 및 분석 플랫폼 산업도 전방 산업으로 새롭게 편입

나. 시장 분석

1) 세계 시장

- 가) 전 세계 유전자 분석 서비스 시장규모는 2015년 28억 달러에서 2020년 91억 달러로 연평균 26%씩 성장할 전망. 2025년 유전체 분석 시장 규모는 100조 원 이상 될 것으로 예측
- 나) 휴먼게놈 프로젝트 이후, 유전체 분석 비용은 지속적으로 감소하고 있으며, 2020년에 유전체 분석 비용이 10만원까지 낮아질 것으로 예상되며, 이로 인해 수요가 크게 증가할 예측. 실제 상용화에 비용적 제약요인이 급격히 사라지는 추세임.
- 다) 중국은 전 세계에서 가장 빠르게 유전체 진단 규제정책을 국가 주도하에 진행 중이며, 2017년 한 해에 중국 내 유전체 시장 규모가 1.2조 원으로 성장하였으며, 2022년까지 3조 원 규모로 매우 빠르게 성장할 전망.
- 라) 프랑스는 Genomic Medicine France 2025를 발표하고 2020년까지 전국을 커버하는 12개 유전체 해독 서비스 네트워크를 구축 계획(초기 5년간 민간 예산을 포함한 6.7억 유로 투입)
- 마) 영국은 Genomics England를 설립하여 국민들의 질병유전체 분석 수행(100,000 Genome Project를 통해 75,000명의18 유전체를 분석하여 암과 희귀질환 발생에 관여하는 유전체 정보 분석)
- 바) 일본은 의료분야 연구개발추진계획의 9개 집중 연구지원 분야에 맞춤 및 게놈 의료를 포함하고, '게놈의료실현추진협의회(2015.7)'를 구성
- 사) 데이터 플랫폼이 새로운 비즈니스 모델로 등장하여 관련 분야 시장이 확대될 전망. 미국의 DNAnexus, Seven Bridges 등은 이미 클라우드 기반 유전체 정보 컴퓨팅 플랫폼을 개발, 제공

아) Helix는 유전자 분석 결과를 이용한 개인화된 예술, 패션, 건강 아이템에 접목하는 새로운 형태의 비즈니스 모델을 선보임

2) 국내 시장

가) 유전체분석 및 정보 분석 분야의 국내시장 규모는 2016년 약2,865억원으로 추산되며, 연평균 9.9%씩 성장하여 2021년에는 약4,594억 원 규모의 시장이 형성전망⁵²⁾

〈표 IV-20〉 유전체 분석 및 정보 분석 분야의 국내 시장규모 및 전망 (단위: 억원, %)

구분	'16	'17	'18	'19	'20	'21	CAGR
국내시장	2,865	3,149	3,461	3,803	4,180	4,594	9.9

출처: KISTI Market Report(2017).

나) DTC(Direct-To-Customer) 유전자 검사의 시장규모는 2015년 800억 원 정도에서 매년 25.1% 정도 증가하여 2022년에는 4,000억 원 이상으로 성장 전망

다) 국내 유전체 분석 산업은 마크로젠, 테라젠이텍스, 디엔에이링크, 랩지노믹스 등 시퀀싱 서비스를 기반으로 한 기업들이 주도.

i) 마크로젠은 국내 유전체 분석 시장 점유율 1위, 세계 5위 수준의 시퀀싱 능력(연간 3.5만 명 이상)을 보유하고 아시안 게놈 프로젝트(아시아인 10만 명 게놈 DB 구축)를 추진하는 등 국내뿐 아니라 글로벌 시장에서도 선도적인 역할 수행

ii) 테라젠이텍스는 인간 게놈지도 규명에 참여했던 기술력을 토대로 개인 유전체 분석 서비스 ‘헬로진’을 출시, 대형병원을 통해 서비스를 제공하는 등 개인 유전체 분석 분야 신규 시장 개척

iii) 디엔에이링크는 개인 유전체 분석 서비스 ‘DNA GPS’를 출시하고, 연세대학교와 유전자원 공동활용 MOU를 체결하는 등 한국인 유전형 데이터 확보를 토대로 유전체 분석 서비스 실시

라) 국내에서도 일부 개인 유전체 분석 서비스의 소비자 직접 판매(direct-to-consumer, DTC)가 허용되었고 향후 적용 범위가 확장될 것으로 전망

i) 2016년 6월 보건복지부의 고시로 체질량지수, 중성지방 농도, 콜레스테롤, 혈당, 혈압, 색소 침착, 탈모, 모발 굵기, 피부 노화, 피부 탄력, 비타민C 농도, 카페인 대사 등 12가지 항목 관련 40여 개 유전자 검사를 비의료기관이 직접 실시하는 것을 허용

ii) 질병 관련 유전자 검사에 대한 허용은 아직 보류 중이나 미국, 일본 등 개인 유전자 검사에 대한 DTC 확장 기조와 더불어 유전자 검사의 신뢰도 향상이 바탕이 되면 향후 적용 범위가 확대될 것으로 전망

iii) 특히 개인유전자 검사에 대하여 긍정적인 기대효과보다 우려의 목소리와 함께 관련 당국의 정책적 규제에 의해 접근성과 활용성 면에서 제한적

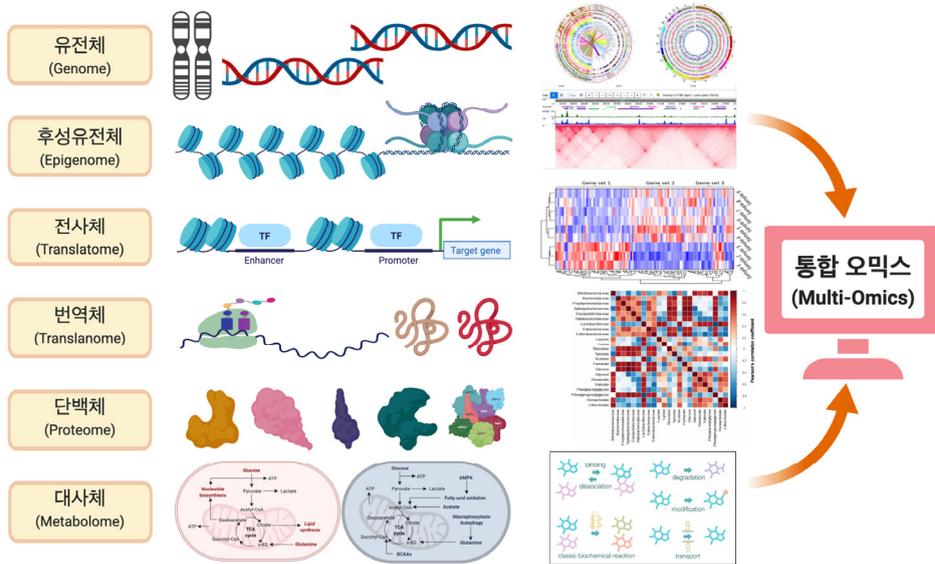
52) KISTI Market Report(2017).

- 마) 유전체 분석이 증가함에 따라 유전체 관련 데이터 산업 역시 발전할 전망
 - i) 대량의 정제된 데이터로부터 유의미한 활용이 일어날 것으로 예상되며, 이에 따라 데이터 확보에 대한 경쟁이 치열해지고 데이터 기반 비즈니스 모델이 개발될 것으로 예상됨
 - ii) 특히, 유전체 분석 정보와 의료 및 헬스케어 서비스 간의 연계가 활발하게 이루어질 것으로 전망
- 바) 현재 유전체 분석기법과 함께 기술적 진화를 이루고 있는 단백질체 (Proteome, 프로테오), 대사체 (Metabolome/메타볼롬)분석 기술 및 축적되고 있는 정상 및 환자 오믹스 데이터와의 병합 및 통합분석을 위한 시도가 관련 학계 및 의료계서 시작되고 있으나, 본격적인 임상결과에의 통합 활용은 시작단계임.

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 기술개발 목표: 유전체-다중오믹스 통합 플랫폼-기반 정밀의료기술 개발

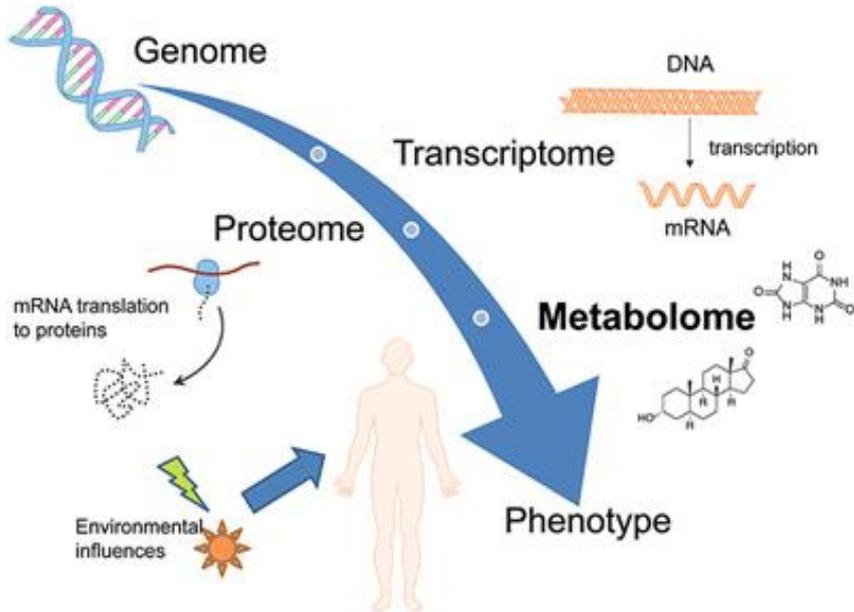


[그림 IV-31] 유전체-다중오믹스 통합 플랫폼 기술 개요

2) 개발 필요성 및 전략

- 가) 전체 정보는 생리활성을 조절하는 모든 기본정보를 저장하고 있지만, 실제 생리반응은 각 단위세포에서 발현되는 전사체를 경유하여 단백질에 의해 매개된다는 사실에서, 단독으로 정상 또는 환자의 생리/병리 반응을 완전히 예측하고 설명하는데 근원적 한계점도 보유함.
- 나) 개개의 유전자형은 외부 환경적인 요인에 의해 역동적으로 조절되어, 유전자 발현을 위한 전사 및 단백질 번역과정을 거쳐 정상 생리반응 또는 및 질환 병리반응으로 귀결됨.
- 다) 현재까지의 유전체 임상응용 연구는 전장유전체의 DNA 서열수준의 변이에 기인한 발달장애 및 암-관련 의료기술개발에 다소 편중된 경향성을 보여왔음.
- 라) 유전체에서 대사체에 이르는 여러 층위의 오믹스 데이터는 특정 생리활성 상태를 반영하는데 있어 상대적 강점과 약점을 보유하고 있으며, 이 각 오믹스 정보를 효율적으로 통합 및 활용할 수 있다면, 기존 유전체 활용 플랫폼의 기술적 신뢰도를 혁신적으로 제고할 수 있음.
- 마) 인체를 구성하는 개별 조직/세포군/단일세포의 생리-병리과정에서 역동적으로 변화하는 후성유전체/번역체/단백체/대사체등의 오믹스 데이터를 생성하여, 이를 개인의 게놈 유전체 정보와 통합함으로써 고신뢰도 유전체 정보를 도출할 수 있음.
- 바) 특히, 외부환경과 유전자간 상호작용에 기인한 노화/면역/대사/정신질환등과 같은 주요 인체질환에 확장한 정밀의료기술로 활용되기 위해서는 게놈 수준의 유전체 정보를 넘어선 오믹스정보와의 통합이 필수적임.
- 사) 유전체/오믹스 통합분석 플랫폼은 각 단계별 오믹스데이터를 동일개체에서 생성할수 있는 요소기술, 각 층의 오믹스 결과를 표준화하여 통합할 수 있는 통합 분석 기술, 생물정보학 등의 요소기술의 개발과 최적화가 필요함.
- 아) 현재까지 전세계 연구진들이 인종별로 많은 환자나 정상인의 유전체를 비교 분석해 300만개 변이를 확인해서 DB화 하고 있으며, 이들 가운데 질병을 일으키거나 약물에 반응하는 정도와 연관된 원인 변이를 찾는 작업에 편향되어 왔음. 그러나 게놈수준의 변이 정보 만을 포함한 전장 유전체 빅 데이터는 유전체 발현량 (후성유전체, 전사체) 및 단백질 발현양 (번역체, 단백질체)등의 다중오믹스 데이터와 네트워크 분석 및 상관관계 분석 통해 통합하는 것이 중요함.
- 자) 현재 유전체정보와 타 오믹스 정보를 통합한 다중 오믹스 (Multi-Omics)기반 분석이 필요한 상황이며 이를 뒷받침할 수 있는 전방 및 후방 분석기술의 개발 경쟁이 치열함.
- 차) 통합 유전체 플랫폼 기술은 유전체 데이터 분석뿐 아니라 의료 현장에서의 활용 및 인공지능 신약 개발 등 정밀 의료의 다양한 분야에 활용될 수 있는 중요한 기반 기술을 제공함으로써 산업적 활용도는 대폭 증가할 전망이다

카) 향후 중소기업은 대기업들의 경쟁이 치열한 분석장비 개발 분야 보다는 시장진입이 상대적으로 용이한 질환 및 조직별 다중오믹스 데이터 병렬 생산 기술과 다중오믹스 통합 분석기술, 및 질병연관성 분석 및 활용 분야에 집중하여 연구개발하고, 특히 과기원 전문 연구실과의 협업을 통해 부족한 연구개발능력을 보완하는 것이 바람직



[그림 IV-32] 유전체-전사체-단백체-대사체로의 정보 변환 및 외부 환경에 의한 조절

나. 전략 기술 후보

1) 현황 및 기회 요소

가) 유전체/오믹스 통합 분석 분야의 주요 경쟁기술 및 공백기술

i) 유전체분석 및 통합정보 분석 분야의 주요 공백기술은 다중 오믹스 데이터 병렬 생산 기술, 데이터 표준화 및 통합기술, 발달장애 및 암 이외의 만성 인체질환 (면역/대사/노화/정신질환)의 오믹스 분석 및 진단 기술, 임상 병력 통합분석 기술, 맞춤치료를 위한 타겟 유전자 개발 및 전임상/임상 유효성 검증 기술, 맞춤 치료를 위한 타겟 프로그램 개발 기술, 맞춤치료를 위한 치료약물 및 맞춤치료를 위한 치료방법 개발 기술 등을 포함.

2) 전략 기술 후보 및 협업

가) 기술 개발 목표: 유전체-다중오믹스 통합 플랫폼-기반 정밀의료기술 개발

나) 전 세계적으로 축적되고 있는 전장 유전체 빅 데이터와 유전체 발현량 (후성유전체, 전사체) 및 단백질 발현량 (번역체, 단백질체)등의 다중오믹스 데이터와 네트워크 분석 및 상관관계 분석 통해 통합할 수 있는 기반 기술의 개발과 활용.

- 다) 외부환경과 유전자간 상호작용에 기인한 노화/면역/대사/정신질환등과 같은 주요 인체 질환에 확장가능한 유전체 기반 정밀의료기술의 선도 개발.
 - 라) 국내 연구실의 게놈 유전체/후성유전체/전사체/단백질체 분석기술과 ICT 역량 기반 통합분석 알고리즘 개발 역량을 병합하여, 비유전성 만성 질환의 예방/진단/치료/신약개발에 활용가능한 정밀의료기술의 공동개발.
- 3) 시장 SWOT 분석

〈표 Ⅳ-21〉 시장 SWOT 분석표

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> · (환경) 높은 수준의 의료 환경 · (기술) 높은 ICT 역량기반 통합분석 기술 개발 역량 · (정책) 범부처 R&D 지원 	<ul style="list-style-type: none"> · (환경) 산업 생태계 부재 · (기술) 핵심 원천기술 미흡 · (정책) 표준 및 법/제도 미흡
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> · (환경) 개인 유전체/오믹스 분석에 대한 수요 확대 · (기술) 오믹스 분석 비용 급감 및 정확도 제고 · (정책) 맞춤형의료와 연계한 유전체/오믹스 기술 육성 	<ul style="list-style-type: none"> · (환경) 중국의 분석 저가전략으로 인한 경쟁력 위기 · (기술) 염기서열 해독장비 기업의 시장 지배력 확장 · (정책) 개인정보 보호 요구 확대

다. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

유전체-다중오믹스 통합 기반 정밀 의료기술 개발 로드맵				
Time Span	단기	중기	장기	최종목표
단계별 목표	유전체/단백체-기반 기술 확보	다중 오믹스 통합 플랫폼 구축	임상 연계 및 승인	유전체-오믹스 통합 분석 기반 의료기술 개발
핵심요소기술	유전체/단백체 분석 원천 기술	다중 유전체 동시 분석 원천 기술 개발 (유전체/ 후성유전체/전사체/번역체/단백체) 단일세포-오믹스 분석 원천 기술 개발		유전체-다중오믹스 데이터 생산 기술 구축
	생명정보학 기술	빅데이터 저장, 수집, 표준화 관련 기술 유전체/다중오믹스-통합 분석 알고리즘 및 소프트웨어 기술개발		유전체 빅데이터 통합 분석 기술 확보
	생리활성 및 임상 유효성 검증	인체 질환 매개 및 치료반응 생리학적 기전 규명 진단 마커 및 기능유전자 임상 유효성 검증		진단마커 및 기능유전자 발굴 및 검증 기술
	질병 유전체 분석 및 진단	질환-유전체/단백체 분석 및 유용 유전자 발굴 질병 마커 및 원인유전자 기반 진단 및 치료 기술		통합-오믹스 기반 정밀의료 실행 기술 확보
기술/시장 니즈	오믹스 분석비용 저감 및 정확도 제고 유전체 정보 응용기술 확대	다중복합 인자-유래 인체 질환의 진단 및 치료 수요 증대	맞춤형-정밀의료 기반기술 확보	

[그림 IV-33] 단계별 기술 개발 마일스톤

라. 기술별 수요 증소·증견 수요 기업 후보 및 의견

- 1) 전 세계적으로 전장 유전체 또는 엑솜 시퀀싱 결과가 방대하게 축적되고 있으나, 이러한 게놈 DNA변이는 인체 질환의 발병/이행/진단/치료기법의 선택에 제한적 활용도가 있음.
- 2) 현재 게놈 유전체 빅 데이터와 유전체 발현량 (후성유전체, 전사체) 및 단백질 발현양 (번역체, 단백질체)등의 다중오믹스 데이터와 네트워크 분석 및 상관관계 분석은 기초 연구에 활발히 이용되어 활용되고 있으나, 정밀의료기술로서의 활용사례는 극히 미비한 상황임.
- 3) 동일 환자 및 개체에서 다중오믹스 데이터를 동시생성/통합분석 할 수 있는 기술의 개발은 기존 유전체 활용기술의 이용범위를 비유전성/환경적 요인에 의한 인체질환에까지 확장시킬수 있는 전도유망한 미래 유전체 기술로 사료됨.

마. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) DGIST 오용석 교수, ysoh2040@dgist.ac.kr
 - 가) 디지털 분자정신의학연구실, 오용석 교수
 - i) 스트레스 및 정신과약물에 의한 뇌신경세포군/단일세포-단위의 전사체 반응 분석
 - ii) 정신질환 발병 및 치료와 관련한 전사체 기전 연구를 통한 뇌-영상 진단 마커 또는 신규치료 타겟 발굴을 위한 전임상 연구
- 2) DGIST 최한경 교수, choehank@dgist.ac.kr
- 3) DGIST 백명인 교수
 - 가) 디지털 운동신경회로연구실, 백명인 교수
 - i) 척수신경 운동신경회로의 발생/진화/질환-연관 전사체 분석
- 4) DGIST 김종경 교수, jkkim@dgist.ac.kr
 - 가) 디지털 뉴바이올로지, 단일 세포 유전체 연구실, 김종경 교수
 - i) 단일 세포 오믹스 분석과 기계학습 기반 바이오 빅데이터 분석
 - ii) 정상 및 질환 모델에서 세포 간 변이와 기능간의 관계를 규명하는 연구
- 5) DGIST 김민식 교수, mkim@dgist.ac.kr
 - 가) 디지털 뉴바이올로지, 큐바이오 정밀의학 연구실, 김민식 교수
 - i) 프로테오믹 분야 기술개발 및 정밀의료 응용
 - ii) 고분해능 질량분석을 이용한 단백질분석기술개발 및 인간 단백질체 지도 제작
 - iii) 난치성 질환 (퀘장암, 자폐증) 대한 단백질체 분석을 통한 바이오마커 대량 발굴
- 6) DGIST 구자욱 교수, jawook.koo@dgist.ac.kr
 - 가) 디지털 부설_한국뇌연구원, 행동신경후성유전학 연구실, 구자욱 교수
 - i) 정서-감정-인지 질환과 연관된 후성유전체 분석 연구
 - ii) '행동-회로-세포-분자' 수준에서의 진단 및 예방에 관한 원천기술 연구
- 7) 중소기업 (SYSSOFT) 강병수
- 8) 전문인력 양성 프로그램
 - 가) 디지털 오믹스-전문 교육 프로그램
 - i) 생물학 전공자를 위한 기계학습 및 바이오 빅데이터 분석 교육 프로그램 (생물정보학 Bioinformatics / 생물통계학Biostatistics)
 - ii) 단백질체 분석의 핵심 기술인 액체크로마토그래피 및 질량분석의 기본 원리를 이해하고 단백질체 분석기술 전문 인력 양성
 - iii) 단백질체 및 대사체 분석 기반 바이오마커 발굴 기술인력 양성 교육
- 나) 디지털 오믹스 분석 기술 및 전임상/임상 질환모델연구 연구 전문 인력
 - i) 정신질환 및 약물반응의 전사체/후성유전체 및 단일세포 전사체 패턴 분석
 - ii) 뇌-신경발달성 질환모델 단일세포 전사체 패턴 분석
 - iii) 난치성 암 및 정신질환 유전체/단백체 연구
 - iv) 환자 혈액 내 유전체/단백체/대사체 분석 기반 연구

IV. 바이오 및 스마트 헬스케어 분과

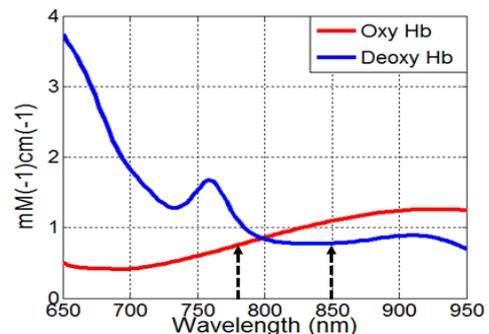
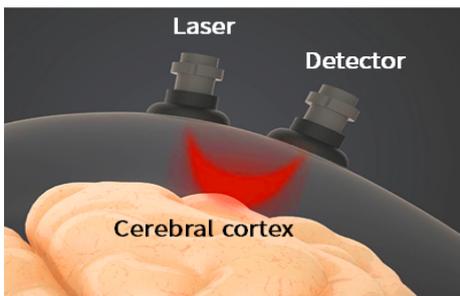
(4) 통신 네트워크 분석을 이용한 FNIRS 기반 뇌 구조 분석 및 뇌질환 진단 기술 개발

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

1) NIRS (Near infrared spectroscopy) 의 원리

- 가) 생명체의 대뇌에서 특정부위가 관할하는 동작을 하거나 자극을 받으면 그 부분의 대뇌 뉴런 세포가 활성화 됨
- 나) 예를 들어 인지, 계산, 판단 등을 하면 대뇌 전두엽과 이에 대응하는 뉴런 세포들이 활성화됨
- 다) 이렇게 활성화된 세포들이 있는 주변 혈관에서는 뉴런 세포들에게 산소를 공급해주기 위해 옥시헤모글로빈 (HbO₂)의 농도가 높아지고 디옥시헤모글로빈 (HbR)의 농도는 낮아짐
- 라) 근적외선 분광기법을 이용한 시스템의 경우 아래 왼쪽 그림과 같이 기본적으로 소스 (source, S)와 검출기 (detector, D)의 조합으로 구성되어, 소스 부분에서는 레이저 혹은 LED를 사용 하여 근적외선 영역의 빛을 방출함
- 마) 이 빛을 검출기에서 받아들여 소스와 검출기 사이를 그림과 같은 곡선 형태로 지나간 부분들의 정보를 얻음
- 바) 근적외선 영역에서 헤모글로빈의 빛 흡수도는 물보다 크며 이 영역에서 파장에 따라 HbO₂와 HbR의 흡광계수 (absorption coefficient)가 달라지기 때문에 근적외선 영역의 두 파장의 빛을 이용해서 원하는 영역의 HbO₂ 농도의 변화와 HbR 농도 변화의 정보를 얻는 것임



[그림 IV-34] 근적외선 빛의 대뇌 투과도 및 Oxy, Deoxy hemoglobin 성분의 근적외선 빛 흡수도 차이

사) 이를 이용하여 뇌의 국부적인 영역의 HbO₂와 HbR의 농도변화를 직접적으로 구함

나. 주요기술 분류

- 1) 근적외선 분광법 및 네트워크 분석을 기반으로 하는 뇌 구조 분석 디바이스 개발

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 미국, 독일, 네덜란드, 일본 등 선진국에서는 다채널 NIRS를 환자의 뇌를 모니터링 하기 위한 의료용 목적으로 연구, 개발이 활발함

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 휴대성, 편리성, 안전성, 유효성 등에서 높은 평가를 받고 있는 NIRS 기술에 대해 대학 연구실을 중심으로 연구용 장비로만 많이 쓰이고 있음
- 2) 기존의 뇌기능 모니터링을 위한 NIRS 장비의 경우 연구목적으로 개발되어 사용 및 데이터 측정에 있어 일반인 누구나 사용하기에는 어려움이 있음

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

- 1) 전 세계적으로 고령화 및 만성질환의 증가로 인해 인공지능을 접목한 의료 빅데이터 기반의 스마트 헬스케어 시장 규모는 급격하게 성장 하고 있음
- 2) 치매 등의 뇌질환 조기진단을 위한 바이오 마커를 활용한 조기진단법 개발의 중요성이 강조되고 있음.
- 3) 시사점: 인지기능 검사와 동시에 뇌 기능영상 모니터링을 활용한 치매 등의 뇌질환 위험도 진단서비스는 시장성이 높을 것으로 예상됨

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) (주)오비이랩은 2013년부터 휴대가능한 근적외선 뇌 영상장치 (NIRSIT)을 개발하였으며 국내 최초로 상용화에 성공함. 2016년 8월부터 제품 양산 및 판매를 시작하여 현재 국내 뿐만 아니라 국외에서도 우수 뉴로 사이언스 연구자들 대상으로 판매 중
- 2) 국내 최초로 KAIST 배현민 교수 연구실의 NIRS 회로 설계기술 및 신호처리 기술과 관련된 원천기술 이전을 받아 실시권을 획득하여 휴대용 고해상도 NIRS 헤드셋을 개발
- 3) 당사에서 기존의 휴대 불가능한 NIRS 장비를 휴대성을 극대화한 헤드기어 형태로 구현하여 구동에 필요한 모든 회로를 집적시킴

- 4) 사람마다 다른 두상의 구조를 고려한 하드웨어 설계 기술, 그리고 실시간 신호처리 기술들을 접합하였음



[그림 IV-35] 기개발된 휴대용 근적외선 뇌 영상장치 NIRSIT (좌), 실시간 모니터링 프로그램 (우)

- 5) 측정된 데이터는 무선 모듈을 사용하여 태블릿으로 전송, 실시간 결과를 확인 가능
- 6) 휴대용 근적외선 뇌 영상장치의 양산 기술 및 성능 검증 기술과 노하우 등을 기반으로 제안하는 제품을 사람마다 다른 두상의 굴곡 및 크기에 상관없이 설계를 진행할 수 있음
- 7) 통신 네트워크의 특성(노드, 링크, 스위치 등)과 뇌 구조의 네트워크의 연계성을 이용하여 뇌 구조 및 연결성을 분석하고, 정상인과 뇌질환 환자의 뇌 연결성 차이점을 파악하여 뇌질환 (알츠하이머 치매 등), 우울증 등의 조기 진단이 가능할 것으로 기대됨. 이를 위해 통신네트워크 및 뇌 연결성의 전문가인 대구경북과학기술원의 최지웅 교수 연구실과의 협력을 수행할 예정임.

나. 전략 기술 후보

- 1) 뇌질환 진단용 fNIRS 디바이스 개발 및 고도화
- 2) 브레인 네트워크 기반 연결성 분석 기술
- 3) 뇌질환 조기 진단을 위한 뇌신호 연결성 분석 AI 기술 등

다. 계열 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

- 1) 1차년도: fNIRS를 이용한 뇌혈관 및 뇌신경망의 네트워크 연결성 분석 및 분석 플랫폼 개발
- 2) 2차년도: AI 기반 뇌질환 (또는 우울증) 환자와 정상인 간의 네트워크 연결성 차이 분석 및 fNIRS 디바이스 최적화 (위치, 개수, AI 알고리즘 장착 등)
- 3) 2차년도: 뇌질환(우울증) 조기 진단을 위한 AI 기술 고도화 및 시제품 개발

라. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) DGIST 최지웅 교수, jwchoi@dgist.ac.kr
- 2) KAIST 배현민 교수, hmbae@kaist.ac.kr

참고문헌

- 과학기술정책연구원 (2005), **제약산업의 기술혁신 패턴 및 발전 전략**.
식품의약품안전처 (2018), **BCC research**.
중소벤처기업부 · 중소기업기술정보진흥원 · NICE평가정보(2017), **중소기업기술 로드맵(2018-2020): 바이오**.
중소벤처기업부 · 중소기업기술정보진흥원 · NICE평가정보(2018), **중소기업기술 로드맵(2019-2021): 스마트 헬스케어**.
애니젠(주)(2017), **사업보고서**.
한국신용평가정보(2007), **Industry Report**.
KISTEP (2010), **바이오시밀러 기술 및 정책동향**.
KISTI(2017), **KISTI Marekt Report**.
KHIDI (2015), **바이오시밀러 시장동향 분석**.
KHIDI (2015), **바이오시밀러 시장동향 분석**.
- Carolina Castillo Hernández, et al. (2017), *Neuroprotective Effect of a New Variant of Epo Nonhematopoietic Against Oxidative Stress*.
- Draws, Jürgen (1999), *in Quest of Tomorrow's Medicines*, Springer -Verlag New York.
- EvaluatePharma (2018), *Annual Report*.
- FDA and Medpages Today (2004), *Journal Sentinel Analysis*.
- FDA Peptide Harvest (2017), *Pharmaceuticals 2018*.
- GRAND VIEW RESEARCH (2017), *Erythropoietin (EPO), Drugs Market Analysis*.
- Hedlund E et al. Mol Aspects Med. (2018), *Single-cell RNA Sequencing: Technical Advancements and Biological Applications*.
- IBM Pharma (2010), *Annual Report*.
- Joe Davies (2014), *Confidentiality Provisions in Settlement Agreements*.
- MARKETS AND MARKET (2017), *Market Research Reports*.
- MIT (2016), *Technology Review*.
- Global Health Estimates (2016), *Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region*.
- Sun YV., et al. (2016), *Advances in Genetics Integrative Analysis of Multi-omics Data for Discovery and Functional Studies of Complex Human Diseases*.
- US FDA, PhRMA (2014), *Productivity of pharma industry*.

인터넷 자료

위키백과

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Biosimilars_Patent_Cliff.png?1585294246801

National Cancer Institute, NIH, US

BIOSPECTRATOR (2017), “유전체분석 100달러 시대 연다” 일루미나, 새 NGS 공개 (http://www.biospectator.com/view/news_view.php?varAtcl d=2514).

NIH and Illumina Inc. (2020), Study Gene Expression Using RNA Sequencing (<https://www.illumina.com/techniques/sequencing/rna-sequencing.html>)



중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology Advancement Roadmap



V

ICT/SW 분과

1. 저가형 라이더의 성능 향상을 위한 카메라 영상 기반 3D 보정 기술
2. 빅데이터 기반의 개인 맞춤형 콘텐츠 자동 추천서비스 기술
3. 음성 인식을 활용한 대화형 인터페이스 기술
4. 추상적인 자연 언어 데이터를 해석하는 자연어 처리 기술
5. AR/VR 환경의 촉감 정보 전달을 극대화하는 촉각 디스플레이 기술

A large circular graphic composed of several concentric white lines. Five white circular icons are placed around the inner circle: a person with a gear, a person with a magnifying glass, a handshake, a person with a gear, and a person with a gear. The text is centered within the innermost circle.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology
Advancement Roadmap

V. ICT/SW 분과

[서비스 시나리오]

ICT/SW분과에서는 가까운 미래의 우리 일상생활의 모습을 그려보고 이를 토대로 핵심 전략 기술을 선정하고 각 기술에 대한 중장기 기술 로드맵을 정립하고자 한다. 우선, 아래 시나리오는 가까운 미래에 펼쳐질 수 있는 전형적인 일상생활의 모습의 한 예이다.

“금요일 오후, 5시에 다니는 A씨는 퇴근시간이 가까워지자 열끔일끔 시계를 쳐다본다. 오후 6시가 되기 무섭게 사무실을 박차고 나가, 얼마 전에 구입한 H사의 최신자동차를 타고 집으로 향한다.

목적지를 입력하자 ① 비가 주적주적 내리며 다소 어둑해진 날씨였지만 최신 탑재된 자율주행 모드로 안전하고 부드럽게 주행되었다. 한 주 동안 열심히 일을 한 탓인지, 아니면 금요일인 탓인지 A씨는 다소 피곤함이 몰려온다. 이때 A씨가 하루를 마무리하고 싶을 때, ② 자주 즐겨들었던 힐링 계열의 음악이 자동으로 추천 및 플레이되어 차량 내부를 울려 퍼진다. 눈을 감고 한참 음악을 들던 A씨는 갑자기 머가 생각난 듯 번쩍 눈을 뜨며 ③ ‘오늘 무슨 날인지 확인해줘!’ 라고 말하자, ‘오늘은 아들 B군의 생일이네요. 생일 선물 준비를 못 하신 것 같네요.’ 라고 대답한다. A씨가 ‘그럼, 우리 애가 좋아할만한 선물하나 추천해줘.’ 라고 말하자, ‘저는 잘 모르겠는데, 아들에게 전화해 줄게요.’ 라고 하며 전화를 건다.

A씨와 아들 B군은 전화 통화로 이런 저런 여러 가지 이야기를 나누고, ④ 해당 이야기는 텍스트로 변환되어 두 사람의 이야기의 맥락을 분석하여 이해한다. 전화가 끝나자 ‘아들이 원하는 선물은 VR기기 인 것 같네요. 최근에 비슷한 포래의 아이들은 000 VR기기와 000 게임 콘텐츠를 좋아한다고 하네요.’ ② A씨는 근처 쇼핑몰에서 추천된 VR기기와 게임콘텐츠를 구입한다. 집에 도착해서 아버지를 기다리는 아들에게 생일 선물을 주고 번쩍 안아 준다. 엄마가 저녁을 준비하는 동안, A씨와 아들 B군은 VR기기와 함께 제공되는 ⑤ 속각 글로브를 착용하고 신나게 VR게임을 즐긴다. 모두 함께 식탁에 둘러앉아 저녁식사를 하며, A씨는 생각한다. ‘이런 게 행복 아니겠어!’ 이렇게 A씨의 한 주가 지나간다.”

[ICT/SW 후보기술 선정]

위의 시나리오는 다소 단편적이긴 하지만 가까운 미래의 일상적인 모습의 하나임에는 틀림없다. 위의 일상생활 시나리오로부터 ①번은 자율주행 기술, ②번은 추천서비스 기술, ③번은 대화형 인터페이스 기술, ④번은 자연어처리 기술, ⑤번은 촉각디스플레이 기술을 도출하였으며, 이는 그림 1과 같이 도식화 되었다.

ICT/SW분과에서는 이를 기반으로 각 기술에 대해 중소·중견 기업의 중장기 전략 핵심 세부 기술을 선정하고 각 핵심 기술별 중장기 기술개발 로드맵을 수립한다.



[그림 V-1] 미래 일상생활 시나리오에서 도출된 중장기 전략 기술

V. ICT/SW 분과

(1) 저가형 라이더의 성능 향상을 위한 카메라 영상 기반 3D 보정 기술

1. 기술 개요

안전한 자율주행을 위해서는 자동차에 신뢰도 높은 3차원 정보가 필요하다. 현재 실외 환경에서 가장 높은 신뢰도를 갖는 LiDAR 센서는 구글, Argo AI, Uber 등 해외 우수 자율주행 회사에서 핵심 입력장비로 채택하고 있다. 하지만 LiDAR는 입력 3차원 정보의 품질과 가격 사이에 Tradeoff가 있다. 고품질의 3차원 정보를 얻기 위해서는 천만원 이상 고가의 LiDAR를 사용해야 한다. 저가 LiDAR는 입력 3차원 정보가 희박하여 지도 작성, 물체 인식 등의 자율주행 알고리즘에 바로 사용하기 어렵다. 이에 대한 보완책으로 카메라와 LiDAR간의 캘리브레이션을 통해 좌표계를 맞추고, 카메라의 영상정보를 이용하여 LiDAR에서 얻은 3차원 정보를 확산한다. 이러한 과정을 저가 LiDAR와 카메라를 융합한 고품질/고신뢰도의 3차원 깊이 정보를 얻는 것이 가능하다.

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

가) 3차원 깊이 정보 보정은 LiDAR에서 취득된 깊이 정보를 영상의 컬러 값을 기반으로 확산하는 것을 목표로 한다.

2) 범위

본 기술은 다음과 같은 개발 범위를 가지고 있다.

가) 카메라와 LiDAR간의 좌표계 일치를 위한 정밀 캘리브레이션 기술

나) 영상정보 기반 희박한 LiDAR 깊이 정보 확산

다) 영상정보에서 광측학 정보 추출을 통한 확산된 깊이 정보 보정

라) 인공지능 기법을 이용한 빠르고 가벼운 알고리즘 개발

3) 중요성

가) 본 기술을 통해 저렴하면서 신뢰도 높은 3차원 정보를 얻는 것이 가능해진다. 이를 통해 상용화 가능한 자율주행 자동차 센서로써 정확한 3차원 지도 작성 및 객체 인식 알고리즘의 성능 향상을 기대할 수 있다.

나. 주요기술 분류

- 1) 4차 산업혁명
- 2) 자율 주행차
- 3) 국산 저가형 2D 라이더 소스

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

- 1) 현재 LiDAR를 개발하는 국내외 기업의 증가로 인해 부품의 안정적인 공급이 가능하고, 적은 인력 규모만으로도 충분히 기술개발 목표 달성이 가능하다. 특히 대규모의 공정 및 장비가 필요하지 않아 초기 투자 규모는 적으며, 응용 분야는 다양해 중소·중견 기업이 고급인력을 집중적으로 투자하여 단기간에 초기 결과물을 산출하기 용이한 분야라고 생각된다. 초기 결과를 바탕으로 자율 주행차 분야의 최종 수요자인 대기업과 상용화 논의가 가능한 점이 중소·중견기업 핵심 전략기술로 적합하다.

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 같은 컬러를 갖는 영역은 같은 깊이 정보를 갖는다는 가정으로 희박한 깊이 정보를 확산시킨다. 최근에는 이러한 가정이 야기하는 오차(계단현상 등)로 인해 영상에서 다양한 광측학 정보(표면 법선 벡터 등)를 추출하여 보정하는 방법론들이 제안되고 있다. 게다가 인공지능 기술과의 접목을 통해 보정된 3차원 깊이 정보의 품질과 계산 시간이 현저하게 개선되고 있다. 현재 공인 벤치마크 기준 세계 최고 수준 기술의 LiDAR 3차원 보정 오차는 약 70cm이고, 계산 시간은 약 6fps로 실제 자율주행 환경에 적용하기 매우 어려운 수준이다.

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 해당 기술의 상용화를 위해 보정 오차 최소화, 계산 시간 최적화, 알고리즘의 경량화가 필요하다. 현재는 해당 기술의 가능성만 보여준 단계로써, 최신 인공지능 기법과 경량화 기법 등의 연구·개발을 통해 상용화가 가능할 것으로 예측된다. 보정 오차 20cm, 계산 시간 30fps, 알고리즘 용량 100Mb 정도를 목표로 연구·개발한다면 충분히 기술 상용화 조건을 충족시킬 것으로 예측된다.

다. 선도 기관·기업·국가 등

- 1) 현재 미국의 자율주행차를 비즈니스 모델로 갖고 있는 Google, Uber, Argo AI 등의 IT기업들은 LiDAR를 주요 센서로 채택하고 있으며, 보정기술을 연구하고 있다. 게다가 미국 Apple사가 자율주행에 투자하기 시작하면서 해당 기술의 최고 전문가들을 영입하고 있다.

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

- 1) 현재 LiDAR 공급을 Velodyne사와 같은 해외업체가 담당하고 있다. 관련 3차원 보정 기술 역시 주로 Velodyne사의 16라인 혹은 32라인 LiDAR 위주로 이루어지고 있다. 본격적으로 상용화를 시작한 해외 기업과 달리 라이더 제품을 100% 수입에 의존하고 있어 아직은 라이더 시장이 형성되어있지 않다.

나. 산업 분석

- 1) LiDAR 세계시장은 연평균 16.3%의 성장률로 빠르게 성장하여 2022년에는 845.3백만 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다. 현재 국내의 경우 모바일 LiDAR 기술에 많은 연구개발이 이루어지고는 있는 수준이다. 향후 국산 상용제품이 출시되면 공급 체인이 더욱 원활해질 것으로 기대된다.

LiDAR 시장현황 및 전망분석(세계시장)[중소기업 기술 로드맵 발췌]

구분	'19	'20	'21	'22	CAGR
세계시장	525.3	624.9	726.8	845.3	16.3

LiDAR 시장현황 및 전망분석(국내시장)[중소기업 기술 로드맵 발췌]

구분	'19	'20	'21	'22	CAGR
국내시장	16,856	18,660	20,657	22,867	10.7

[그림 V-2] LiDAR 시장 현황 및 전망 분석

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 현재 실내 환경에 강인한 3차원 획득 장비는 Microsoft사의 Kinect시리즈이다. 이를 이용해 컴퓨터비전과 로봇틱스 분야에서는 실용화가 가능한 다양한 응용 알고리즘을 선보이고 있다. Kinect 시리즈와 같은 RGB-D센서는 약 10cm 내외의 보정오차와 30fps의 깊이 정보 산출 속도를 가지고 있어 행동인식 기반의 게임 응용에 사용되고 있다.
- 2) 실내 환경의 경우를 바탕으로 실외 주행환경의 3차원 깊이 정보의 신뢰도와 산출속도의 목표치를 다음과 같이 정할 수 있다. (1) 보정 오차 20cm, (2) 계산 시간 30fps, (3) 알고리즘 용량 100Mb. 특히 (3)의 경우 딥러닝과 같은 인공지능 기법을 이용한 알고리즘이 차량용 하드웨어에 장착되었을 때를 가정하고 설정한 용량으로써 최신 딥러닝 기반의 초경량 인식 알고리즘의 용량에 기초하여 목표치를 설정하였다.

나. 전략 기술 후보

1) 센서 융합 기술

가) 카메라와 LiDAR간의 캘리브레이션을 통한 좌표계 일원화로 원활한 3차원 보정 프로세싱을 가능하게 한다.

2) 데이터 취득

가) 현재 LiDAR 3차원 깊이 정보 보정기술은 대용량의 데이터를 이용한 인공지능 알고리즘을 학습시킴으로써 얻어지고 있다. 이를 위해 국내 주행환경에 적합한 3차원 보정 기술을 위해 대규모의 깊이 정보 취득이 요구된다.

3) 3차원 정보 보정

가) 인공지능 알고리즘을 통해 영상의 광측학 정보를 추출하고 이를 이용해 정확한 확산된 3차원 깊이 정보 보정을 통해 고가 LiDAR 품질 이상의 깊이 정보를 산출한다.

4) 보정 알고리즘의 경량화

가) 인공지능 알고리즘의 경량화를 통해 하드웨어 친화적 소프트웨어를 목표로 한다.

5) 자율주행 Task-specific 깊이 정보 보정

가) 자율주행에 요구되는 기능에 따라 3차원 깊이 정보 보정을 최적화한다. 예를 들어, LiDAR 기반 물체 인식을 위해서는 보행자와 주변 차량의 깊이 정보 보정 품질에 더욱 집중하는 차별화된 Task-specific 깊이 정보 보정기술 연구·개발을 통해 해당 기술의 틈새시장 침투 가능성을 높인다.

다. 계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

최종목표		저가형 라이더의 성능 향상을 위한 카메라 영상 기반의 3D 보정 기술		
Time span		단기계획	중기계획	
환경/시장 니즈		중분류		
		LiDAR센서 고신뢰성은 자율주행차에 필수 입력 장비		
		저가의 LiDAR센서의 입력 3차원 정보 품질 개선 필요		
연도별 목표		카메라를 통한 입력 영상과 인공지능 기법을 이용한 고품질의 3차원 깊이 정보 획득		
		3차원 보정 알고리즘 기반 확립	상용화를 위한 3차원 보정 기법 최적화	
핵심요소기술	Plug and Play 센서 융합기술 보유	센서	카메라-LiDAR간의 초정밀 정합을 위한 캘리브레이션 오차 <3pixel	카메라-LiDAR간의 초정밀 정합을 위한 캘리브레이션 <1.5pixel
	강인한 인공지능 알고리즘 설계를 위한 대규모 데이터셋 구축	소프트웨어	주야간 환경 및 날씨 변화를 포함하는 데이터셋 취득 및 주석화 >100000장	다양한 센서를 이용한 다분광 데이터셋 취득 >70000장
	고신뢰성을 갖는 3차원 보정 알고리즘		다양한 영상 정보를 통한 깊이 정보 확산 알고리즘 보정 오차 <50cm	다분광 데이터를 이용한 환경변화에 강인한 3차원 정보 보정 오차 <20cm
	3차원 보정 알고리즘의 실용화 달성		알고리즘 학습 파라미터 수 <10M	보정 깊이 정보 산출 속도 >30fps
	3차원 기반의 고신뢰성 자율주행 알고리즘 구축		응용	안전주행 경로 제시 경로 이탈률 <1.0%

[그림 V-3] 저가형 라이더의 성능 향상을 위한 카메라 영상 기반 3D 보정 기술

라. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) KAIST 권인소 교수
 - 가) 센서 융합 기술을 통한 컴퓨터비전 알고리즘 성능 극대화 국내 최고 권위자
- 2) GIST 전해곤 교수
 - 가) 최신 3차원 깊이 정보 보정 알고리즘 논문 다수 보유
- 3) DGIST 임성훈 교수
 - 가) 최신 3차원 깊이 정보 보정 알고리즘 논문 다수 보유

V. ICT/SW 분과

(2) 빅데이터 기반의 개인 맞춤형 콘텐츠 자동 추천서비스 기술

1. 기술 개요

추천서비스는 온라인 서비스가 활발히 이루어지면서, 일반적인 상품 이외에 텍스트, 이미지, 비디오 등 다양한 영역으로 확대가 이루어지고 있다. 2009년 Netflix는 자사의 추천서비스 대비 10% 성능 향상을 이룬 팀을 찾는 경진대회를 주최하기도 하였다. Amazon, Google, Netflix, Microsoft 등 대형 IT 업체들을 중심으로, 고객에 대한 방대한 정보를 이용하여 적절한 콘텐츠를 추천하려는 시도가 이루어지고 있다.

최근의 추천서비스는 고객의 상황, 신뢰도 등을 고려하여 맞춤형으로 성능 향상을 이루려는 시도들이 이루어지고 있으며, Matrix Factorization, Deep Learning 기술을 활용하려는 사례가 늘고 있다. 또한, AI Speaker의 등장으로 개인별 서비스가 활발히 증가하고 있으며, 이를 이용하여 개인에게 맞춤형 서비스를 제공하려는 시도들이 이루어지고 있다 (e.g., Amazon Echo, SKT 누구 등).

디지털 콘텐츠의 경우 종류와 수량이 기존 전통 상점에서 취급하는 제품에 비해 방대한 특징을 가지고 있어, 추천을 통해 고객에게 적절한 제품을 안내하는 것이 필요하며, 사용자로부터 수집한 각종 프로파일 정보를 토대로, 개인의 취향에 맞는 콘텐츠를 자동으로 추천해 줄 수 있는 기술개발이 필요하다.

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

가) 고객으로부터 수집한 빅데이터(제품구매/시청/사용, 행동, 위치 등)로부터 맞춤형 추천서비스 제공을 목표로 한다.

2) 범위

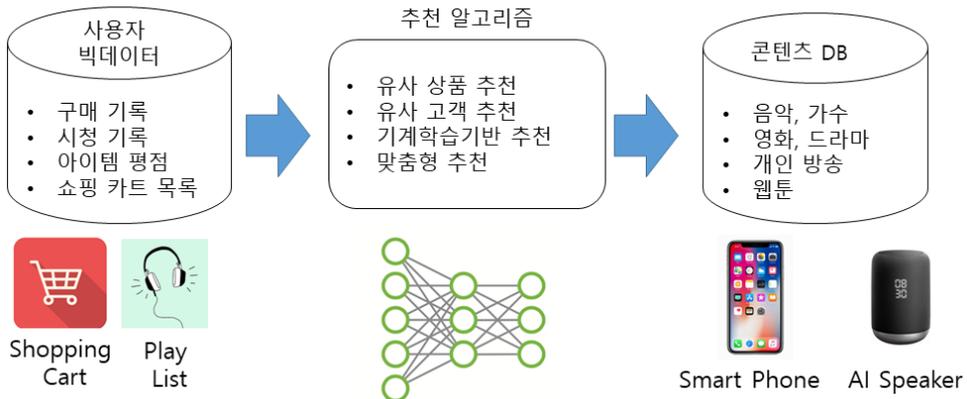
본 기술은 다음과 같은 개발 범위를 가지고 있다.

- 가) 개인 프로파일 기술
- 나) 딥러닝 및 기계학습기반 추천기술
- 다) 개인 맞춤형 콘텐츠 추천기술
- 라) 추천을 위한 콘텐츠 자동분석 기술

3) 중요성

가) 본 기술을 통해 저렴하면서 신뢰도 높은 추천서비스를 제공할 수 있다. 이를 통해 고객 방문 및 구매율 향상, 서비스 만족도 향상을 기대할 수 있다

나. 주요기술 분류



[그림 V-4] 빅데이터 기반의 개인 맞춤형 콘텐츠 자동 추천서비스의 주요기술 분류

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

- 1) 맞춤형 광고와 제품 추천은 온라인 상점, 온라인 게임, 동영상/음악 플랫폼 등에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 현재는 대형 IT업체 위주의 제한적인 추천서비스가 이루어지고 있지만, 중소·중견기업의 경우에도 고객에 대한 빅데이터를 확보한 사례가 늘고 있어, 추천서비스를 접목할 가능성이 크다. 대형 IT업체가 아니더라도 고객 데이터를 효과적으로 활용하기 위한 기술지원이 필요한 상황이며, 최신 추천기술을 접목한 서비스 개발을 통해 매출을 높이는 노력이 필요하다.

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 전통적인 추천 기술인 협력적 필터링 및 아이템 기반 추천기술이 서비스에 활용되고 있으며, Netflix, Amazon, Google, Alibaba, Spotify 등의 서비스에서 고객 맞춤형 추천을 제공하고 있다. 최근 딥러닝을 이용한 추천기술에 대한 Survey 논문이 발표되어, 해당 분야의 기술들을 단일 딥러닝 기술 기반 추천 방법과 복합(Hybrid) 딥러닝 기술 기반 추천 방법으로 구분하였다. 최근 추세는 개인화 추천에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 개인으로부터 수집한 소규모 데이터로부터 맞춤형 추천하려는 시도가 이루어지고 있다.

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 현재는 대형 IT업체를 중심으로 이루어지고 있는 추천서비스를 대부분의 온라인 서비스 업체들이 활용할 것으로 기대한다. 각 업체가 가지고 있는 고객 데이터를 활용하여 추천을 수행하며, 여러 업체가 협력하여 협력 추천을 할 수 있는 기술도 개발될 것으로 예상된다. 추천 전문 기술을 갖춘 업체의 등장으로 자체적인 추천서비스를 구축하지 않아도, Cloud 기반의 추천서비스를 활용하여 고객의 성향을 예상할 수 있도록 할 것이다.

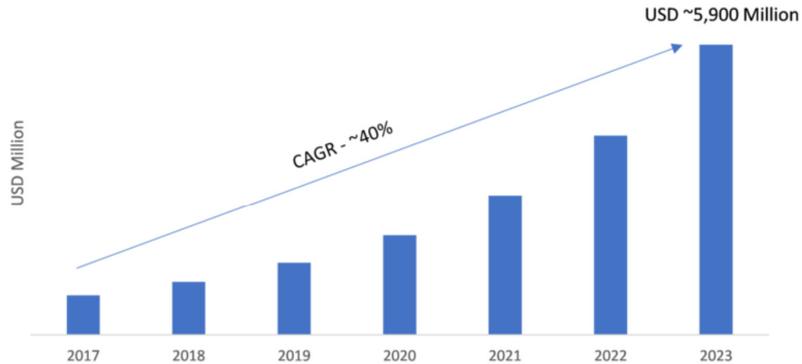
다. 선도 기관 · 기업 · 국가 등

- 1) 현재는 Google, Amazon, Netflix 등의 업체들이 맞춤형 추천기술에서 선도적인 위치를 차지하고 있다. Criteo는 데이터 머신러닝을 통해 맞춤형 인터넷 광고 솔루션을 제공하고 있으며, 2만개의 고객사를 통해 매출 2조 7천억을 기록하고 있다 <https://news.joins.com/article/23648314>
- 2) 국내의 경우 Naver 등이 맞춤형 검색 및 광고 기술을 확보하고 있으며, NCSOFT, 넷마블 등의 게임 업체들도 고객 이탈 예측 등에 많은 투자를 진행하고 있다. 국내의 경우 추천 전문 기업인 레코벨 등이 서비스를 제공하고 있다.

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

- 1) 관련 산업은 "Contents Recommendation Engine" 또는 "Recommendation Search Engine" 등의 용어를 사용하여 시장 분석 기관에서 조사를 진행하고 있다. 시장 선도업체는 Google, Amazon, Microsoft 등의 대형 IT업체이며, 국내에서도 Naver, 카카오 등이 기술을 개발하고 있다. 콘텐츠 추천 엔진 마켓은 2017년 11.6억 달러(약 1조 2천억원) 규모이다.



Source: MRFR Analysis

[그림 V-5] 전세계 추천 검색 엔진 시장 예측 성장 그래프

나. 시장 분석

- 1) 콘텐츠 추천엔진 시장 관련 전망은 매우 밝으며, 연평균 성장률(CGAR)이 40% 수준에 이를 것으로 예측한다. 향후 시장 규모는 2023년 59억 달러(약 6조원) 시장이 될 것으로 예상된다. 온라인 동영상 서비스인 OTT(Over-the-top) 서비스가 폭발적으로 증가하면서, 관련 시장의 성장은 매우 커질 것으로 보고 있다.

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 대형 IT업체가 아니지만 고객 관련 빅데이터를 확보한 중소·중견기업을 위한 추천 엔진 기술을 개발한다. 해당 업체의 요구에 맞추어 기존 시스템에 통합할 수 있으며, Cloud를 통한 Software as a Service도 제공한다. 전통적인 협력적 필터링, 아이템 기반 추천, 하이브리드 추천 등의 기술을 제공하며, 최신 딥러닝기반 기술을 활용할 수 있도록 지원한다.
- 2) 현재는 단일 채널을 통해 수집하는 고객 정보를 AI 스피커, 스마트폰 등 다양한 경로를 통해 확보할 수 있는 기술을 제공한다. 기존 전통적인 단일 추천기술 대신 여러 추천 알고리즘을 결합한 앙상블 기법을 통해 10% 높은 정확도를 제공하도록 한다. 신규 서비스 개시 1주~2주 기간 동안 수집한 10개 이내의 적은 데이터로 추천을 수행할 수 있는 기술을 목표로 한다.

나. 전략 기술 후보

1) 개인프로파일 기술

가) 스마트폰, AI 스피커, 웨어러블 센서 등 다양한 채널을 통해 고객에 관한 정보를 수집하고, 고객의 프로파일을 구축할 수 있는 기술이다. 단일 채널이 아닌, 여러 채널을 통해 수집한 개인정보를 활용할 경우 추천 정확도를 높일 수 있다.

2) 딥러닝 및 기계학습 기반 추천기술

가) 빅데이터로부터 기계학습 및 딥러닝을 사용하여 고객의 요구를 예측하는 기술이다. 기존의 협력적 필터링, 아이템기반 추천 등에 비해 높은 정확도를 제공해 줄 가능성을 보여주고 있는 기술이다.

3) 개인 맞춤형 콘텐츠 추천기술

가) 개인별로 다른 추천결과를 제공해 주는 기술이다. 고객 집단을 구분하여 추천하는 것을 더 세분화하여 개인별로 다른 추천결과를 제공하여 만족도를 높이려고 한다.

4) 추천을 위한 콘텐츠 자동분석 기술

가) 추천하려는 콘텐츠의 내용을 자동으로 분석하여 메타데이터를 생성하는 기술이다. 현재는 사람이 관련 콘텐츠의 메타 정보를 입력하지만, 자동 분석기술을 이용하여 방대한 데이터를 효과적으로 추천할 수 있도록 한다.

다. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

최종목표		중분류	최종목표	
Time span			단기계획	중기계획
환경/시장 니즈			빅데이터 보유한 업체를 위한 추천 기술 필요	
연도별 목표		추천을 통한 맞춤형 고객 서비스의 수요가 커지고 있음		
연도별 목표		딥러닝 및 기계학습 기술의 발전을 통해 추천 기술의 정확도가 높아지고 있음		
핵심요소기술	개인 프로파일 기술	데이터 확보	다채널 고객 데이터를 위한 딥러닝 추천	상용화를 위한 맞춤형 추천기술
	딥러닝[기계학습] 기반 추천기술	추천 기술	스마트폰, AI 스피커, Wearable 장비 등으로부터 개인정보를 수집하는 기술	2~3개 이상의 매체로부터 개인 데이터 수집하여 활용하는 기술
	개인 맞춤형 콘텐츠 추천 기술		빅데이터로부터 개인의 선호도를 예측하는 딥러닝 기술 연구	협업/콘텐츠기반 추천 알고리즘 보다 추천 정확도 10% 이상 개선
	추천을 위한 콘텐츠 자동 분석 기술	응용	개인별 맞춤형 추천을 위한 개인화 기술 [10개 이내의 적은 데이터로부터 개인의 취향을 예측]	장기간의 개인 데이터로부터 맞춤형 추천 기술 [1년~2년 단위의 장기 데이터로부터 추천 진행]
			콘텐츠의 유사도 자동 판별 기술	콘텐츠 의미 이해 기술

[그림 V-6] 빅데이터 기반의 개인 맞춤형 콘텐츠 자동 추천서비스 기술 진행 로드맵

라. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) GIST 김경중 교수
 - 가) 고객 행동 데이터를 활용한 이탈/구매 예측 연구 수행
- 2) KAIST 남주한 교수
 - 가) AI 음원 추천 기술을 확보하고 있으며, 네이버와 산학협력을 수행
- 3) KAIST 차미영 교수
 - 가) 대규모 소셜 데이터로부터 사용자의 감정, 행동, 건강 등을 분석하는 연구 수행

V. ICT/SW 분과

(3) 음성 인식을 활용한 대화형 인터페이스 기술

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

가) 대화형 인터페이스는 사람들의 언어로 자연스럽게 대화하면서 사람의 의도를 이해하고 적절한 서비스를 제공하는 지능형 시스템을 말한다. 대화의 방식은 보통 음성이나 텍스트를 대상으로 이루어지며, 음성으로 사람과 대화를 할 때에는 음성인식기술이 함께 요구된다. 최근에는 화상으로 입력된 사용자의 얼굴이나 움직임을 함께 대화의 입력 정보로 활용하기도 한다.

2) 범위

가) 대화형 인터페이스는 입력된 사용자의 질의나 배경지식, 주변상황 정보 등을 바탕으로 사용자가 원하는 바를 파악하고 시스템이 가지고 있는 정보나 서비스 등으로 대응하는 일련의 정보처리 과정을 모두 포함하며, 적절한 정보나 서비스를 제공할 수 없을 경우도 대처하도록 설계된다. 날씨, 교통, 일정 등의 단순한 정보검색에서부터 음악추천, e커머스, 자동응답FAQ 등 복잡한 수준의 대화에까지 그 활용범위를 넓히고 있다.

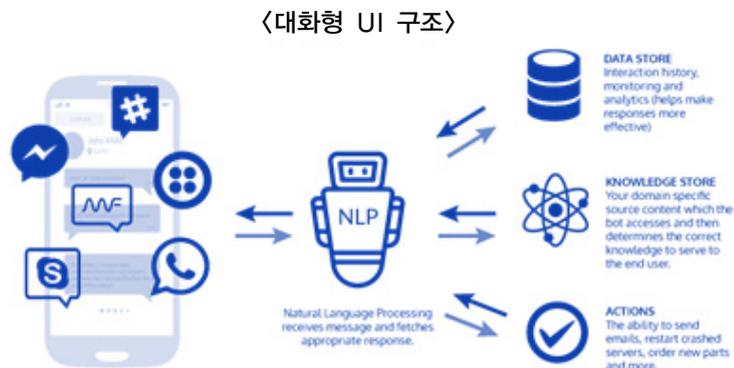


Image from <https://enterprisebotmanager.com/chatbot-architecture-and-how-they-work/>

[그림 V-7] 대화형 유저 인터페이스의 전체적인 구조

3) 중요성

가) 최근 사람들의 메신저 사용이 급증하고 있으며, 메신저가 새로운 라이프스타일 플랫폼으로 자리를 잡고 있다. 기존 정보검색에서의 단방향적인 문제해결 방식이 아닌 대화형 인터페이스는 사용자의 지식수준과 배경지식, 상황에 맞추어 단계적으로 사용자와 대화를 하며 문제를 해결해 나가기 때문에 메신저형의 차세대 사용자 인터페이스로 주목받고 있으며, 최근 AI스피커(또는 스마트 스피커) 등으로도 제품화되어 사람들의 일상생활에서 다양한 서비스를 제공하고 있다.

〈기존 GUI와 대화형 UI 비교〉

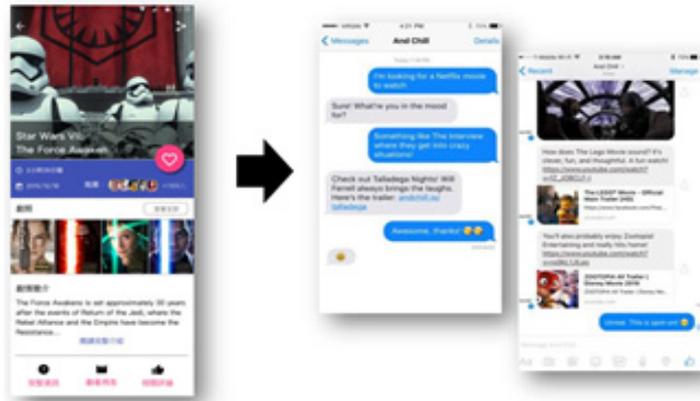


Image from <https://sites.google.com/view/deepdial/>

[그림 V-8] 기존 유저 인터페이스와 대화형 유저 인터페이스 비교

나. 주요기술 분류

- 1) 음성인식
- 2) 대화관리
- 3) 지식추출
- 4) 개인화

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

가) 공공분야와 민간 대기업 중심으로 음성인식 및 대화처리 기술이 개발되어 서비스와 연계되고 있지만, 일반인과 소상공인의 대화형 인터페이스에 대한 수요는 꾸준히 증가하고 있다. 보다 자연스럽게 범용적인 사용자 인터페이스의 형태로 대화형 인터페이스는 국내외 학계와 산업계에서 활발히 연구되고 있으며, 대기업의 한정된 서비스 영역을 넘어서 다양한 서비스 영역에의 확대 적용이 절실하기에 중소·중견기업의 핵심 전략 기술로 활용되어야 한다.

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 해외에서는 구글과 IBM을 중심으로 매우 활발히 자연어 분석 기술과 대화처리기술이 연구되고 있으며, 공공기관에서는 음식안전 및 검사를 위한 챗봇이 미국 농림부(USDA)에서 적용되었고, 미국항공우주국(NASA)의 업무지원에서 봇 인턴으로 최근 사용되고 있다. 국내에서는 Naver와 카카오, LG, Etri 등을 중심으로 QA, KorQuad 등의 자연어 분석 기술을 활발히 연구하고 있다. 은행이나 법무부 등에서 ‘위비봇’, ‘버비’ 등 현장에서 적용되고 있다.

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 딥러닝 기술이 자연어처리 분야에 도입되면서 매우 다양한 응용과 대응하는 기술이 개발되고 있으며, 공공분야 뿐만 아니라 다양한 산업영역에서 해당 기술을 도입하고자 하는 시도가 활발히 이루어지고 있다. 하여 중장기적으로 각종 대화 데이터셋이 구축될 것으로 보이며 이는 다양한 영역에서의 대화형 인터페이스의 활용을 더욱 가속화할 것으로 사료된다.

다. 선도 기관·기업·국가 등

- 1) 해외에서는 구글과 IBM, 아마존 등이 제품화된 대화형 인터페이스와 AI스피커 개발을 주도하고 있으며 Stanford 대학 등이 자연어처리 연구를 이끌고 있다. 국내에서는 Naver가 가장 활발히 연구를 수행하고 있으며, Etri의 엑소브레인 등이 대표적 연구 사례로 뽑힌다.

3. 산업 및 시장 분석

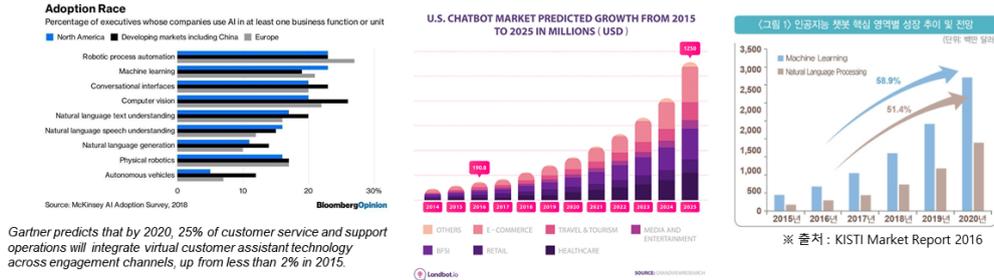
가. 산업 분석

- 1) 한국정보화진흥원 중심의 AI Hub에서 대화형 인터페이스 개발을 위해 소상공인 및 공공민원 10개 분야에 대한 1만건 이상의 대화 데이터를 제공하고 있으며, Etri, KAIST 등에서 기술연구를 수행하고 Naver 등에서 활발히 상용화 연구를 수행하고 있다. 국내 다수의 중소기업(솔트룩스 등)이 다양한 영역에서의 대화형 인터페이스 적용을 시도하고 있다.

나. 시장 분석

- 1) 2016년 세계 챗봇 시장 규모는 7억3백만 달러(약 7,733억 원)이며, 연평균 35.2%의 빠른 성장으로 2021년에는 31억 7천만 달러(3조 4,870억 원) 규모로 성장할 것으로

전망하고 있다(테크나비오 '16). 그 외에도 많은 통계에서 대화형 인터페이스 시장은 급증할 것으로 예상하고 있으며, 가트너에 따르면 2015년 2%에 불과했던 가상 도우미 기술을 2020년까지 약 25%의 고객 지원 및 서비스 업계에서 새로운 소통의 수단으로 채택할 예정으로 조사되었다.



[그림 V-9] 챗봇, 대화형 인터페이스 및 가상 도우미 기술 시장의 성장 예측 그래프

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 대화형 사용자 인터페이스를 위한 전략기술을 개발하기 위해서는, 먼저 응용 영역에서의 데이터 수집이 선행됨과 동시에 학계에서 개발되는 각종 대화관리 및 지식정형화 기술이 도입되어야 한다 [25, 26]. 중소·중견기업에서는 대화로그가 아직 수집되지 않은 영역에서 대화 데이터의 구축과 질의 유형화를 통해 대화형 사용자 인터페이스를 빠르게 적용하고, NLP나 HCI분야의 대학 연구실과의 연계를 통해 최신의 대화처리 기술을 도입하는 시도가 필요하다.

나. 전략 기술 후보

- 1) 음성인식 기술
 - 가) 오디오 신호로 수집된 사람의 발화를 인식하여 분석이 가능한 텍스트, 심볼 형태로 변환하는 기술
- 2) 대화관리 기술
 - 가) 텍스트로 변환된 사용자 질의로부터 화자의 의도를 파악하며 대화를 진행하는 기술
- 3) 지식추출 기술
 - 가) 문서, 사진, 동영상 등의 비정형 데이터로부터 제공/활용 가능한 형태의 정보를 찾아내는 기술
- 4) 개인화
 - 가) 화자의 성향을 이해하고 이에 적절한 형태의 대화를 수행하거나 답변/서비스를 설계하는 기술

다. 계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

최종목표		중분류	최종목표	
Time span			단기계획	중기계획
환경/시장 니즈		중분류	각종 지능형 시스템의 보급으로 새로운 사용자 인터페이스 개발 요구	
연도별 목표			새로운 메신저형 라이프 스타일에 어울리는 대화형 인터페이스 수요 증가	
핵심요소기술			공공분야 뿐만 아니라 다양한 산업영역으로의 활용 가속화	
음성인식		기본 기술	대화관리 플랫폼 구축	상용화를 위한 대화관리 플랫폼 고도화
대화관리			연속문장 음성인식 - 실내 인식률 > 95% & 응답속도 < 1s	개방형 연속문장 음성인식 - 야외소음환경기준 인식률 > 90% & 응답속도 < 1s
지식정형화		머신러닝 기술	문맥유지 및 다영역 질의응답 (QA) - 응답 정확률 > 90%	주도적 목적지향 대화관리: 화행설계/상황 및 감성기반 개입 - 사용자 만족도 > 85% & 목적달성률 > 90%
개인화			이중 [이미지, 영상 등] 데이터 통합 (IQA) - 응답 정확률 > 90%	비정형문서 데이터 자동 정형화 - 지식그래프 관계추출 정확률 > 80%
도메인 이전		응용	화자 맞춤형 음성합성 - 음성학습 데이터 < 1시간 & 사용자 만족도 > 85%	화자 성격 유형화 및 대화데이터 구축 - 성격 유형 > 10종 & 1만건 이상 대화데이터 구축
			- 소상공인/공공민원 50개 분야 10만건 이상의 대화데이터 구축 및 질의 유형화	

[그림 V-10] 음성 인식을 활용한 대화형 인터페이스 기술 진행 로드맵

라. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) KAIST 박종철 교수
 - 가) NLP 연구 및 SCI급 논문 다수 게재
- 2) KAIST 오혜연 교수
 - 가) ACL, EMNLP, CHI 등 HCI 및 NLP 관련 우수 학술대회 논문 다수 게재
- 3) KAIST 최호진 교수
 - 가) Exobrain Project 등 QA 관련 과제 참여
- 4) GIST 김강일 교수
 - 가) NLP 연구 및 SCI급 논문 다수 게재
- 5) GIST 홍진혁 교수
 - 가) NLP 연구 및 SCI급 논문 다수 게재

V. ICT/SW 분과

(4) 추상적인 자연 언어 데이터를 해석하는 자연어 처리 기술

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

가) 제안되는 기술은 언어와 같은 심볼 기반의 추상화된 데이터로부터 실생활 문제를 해결하는 전반적인 자연언어처리 문제들에서 학습된 지식의 표현/전달/공유/축적을 목표로 한다.

2) 범위

가) 실용서비스가 되는 대상으로 질의응답, 기계독해, 기계번역 등 정적인 부분으로 한정하며, 대화처리서비스를 통해 개인비서 기반 서비스들로 연계되는 범위까지 확장할 수 있음

3) 중요성

가) 자연언어처리 문제들은 매우 오랜 기간 연구가 되어온 분야이나 잘 해결되지 않는 문제들이 많았다. 근본적인 원인은 자연언어의 입력이 의미하는 바가 추상적인 심볼로 모호하게 사용되는 경우가 많으며, 그에 따라 잠재적인 입력 간의 연관관계가 매우 복잡하게 나타나기 때문이다. 근래 딥러닝 모델들은 이런 문제들을 매우 수월하게 해결해나가 많은 문제들의 성능을 전반적으로 향상시켰고, 이제 모델의 표현 방법으로 인한 문제보다는 데이터의 부족 현상이 더 심각하게 성능에 영향을 미치는 것으로 믿어진다. 이런 이유로, 다작업학습(multitask learning), 전이학습(transfer learning) 등 기존에 모델간 지식의 전달/공유/재활용을 통한 학습 자원 확보를 수월하게 하는 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 이 연구의 가능성은 데이터가 아닌 지식의 형태로 방대하게 수집된 인간의 지식의 활용을 점진적으로 컴퓨터가 추론 가능한 형태로 이전이 가능하다는 점으로, 보다 빠른 문제해결 및 보다 창의적인 지식 발굴 등 다음 세대의 통합된 범용 인공지능 기술의 초안이 될 수 있는 기술이다.

나. 요기술 분류

- 1) 질의 응답
- 2) 기계 독해
- 3) 기계 번역
- 4) 지식 그래프 완성
- 5) 표현 학습
- 6) 연속 학습

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

- 1) 이 기술은 대기업 AI 서비스에 전반적으로 영향을 주는 핵심 기술로 분류될 수 있으나, 실제로 AI서비스 자체에 대한 진입장벽이 매우 낮아지면서 중소·중견 기업들은 단순한 서비스의 편의성 등 난이도가 높지 않은 기술로 경쟁을 해야 하는 상황에 놓인다. 이에 대한 해결책으로 다량의 데이터 직접 확보가 가능한 접근 방식이나 일시적이며 인력소모적인 방법으로 기업에 내실화되기 힘든 방법이다. 따라서 기술적 규모가 큰 이 주제를 분산하는 방법 등을 통해 원천 기술의 일부라도 확보하는 것이 중장기적인 측면에서 더 도움이 될 수 있는 방법으로 사료된다.

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 이해를 가장 중점적으로 해야하는 질의응답 및 개인비서 서비스의 경우 ETRI 엑소브레인, 삼성 빅스비, SKT 누구, KT 기가지니 등 음성인식 기반의 인터페이스와 실제 추론 가능한 영역의 개발을 진행 중으로 범용 AI 기술 개발의 기반은 확보되었으나, 실제로는 도메인별 특화 지식들에 대한 의존도가 매우 높은 상태이다. 이런 서비스는 현재 다수의 글로벌 IT 기업들이 뛰어들어 개선 중이며, 점점 생활 전반에 밀착된 서비스로 진화하고 있는 추세이다.

* Gmail의 Smart Compose는 문장의 일부분만 작성하여도 인공지능이 메일의 나머지 부분을 완성 * Google Duplex는 실시간으로 복잡한 대화를 수행하며 추임새까지도 넣는 자연스러운 대화를 수행함

나. 중장기 기술발전 전망

- 1) 그림 11의 동향 그래프 조사 결과에 따르면 자연어처리 시장은 5~10년 내 가장 활성화 될 기술이며, 질의응답의 자가성장의 핵심 기술인 범용지능은 10년 이후에 활용도가 높아질 것으로 보여진다. 기술이 완성될 시점에 시장이 가장 활성화 될 것으로 보이며,

발생하는 연관 기술은 그 후 따라오는 시장의 기초기술이 되므로 시장에서의 활용성은 매우 높을 것으로 예상된다.

다. 선도 기관·기업·국가 등

- 1) 아마존 (Echo), 구글 (Home), 마이크로소프트 (Cortana), IBM Watson 등 글로벌 IT 회사들이 자연언어 기반 인터페이스를 통해 전 분야로 확장가능한 범용 AI의 플랫폼 및 서비스 기술 개발 중이다. 이런 인터페이스가 확보된 시점에서 다음 목표는 이해도를 높이는 방향이며, Top-Tier 학회들에 보고되는 내용들도 지식/논리 그래프의 추출로 점점 더 연구 방향이 확대되는 추세이다.
- 2) 국가적으로는 미국이 강한 추세를 보이며 각종 대표적인 모델들에 대해 특화된 연구를 진행하는 곳들이 많다. (Carnegie Mellon University, University of Washington, University of Pennsylvania 등). 또한 일본, 중국, EU 등 범용 AI를 위한 연구 지원을 급격히 확대하고 있다.

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

- 1) AI의 세계 시장은 23년까지 2019년 기준 5배 이상 확대될 것으로 기대되며, 이중 지능화 개인 비서 AI 기술은 전체 시장의 50% (252억달러)를 차지할 정도로 고속 성장 중이다.

(단위: 세계시장은 백만달러, 국내시장은 십억원)

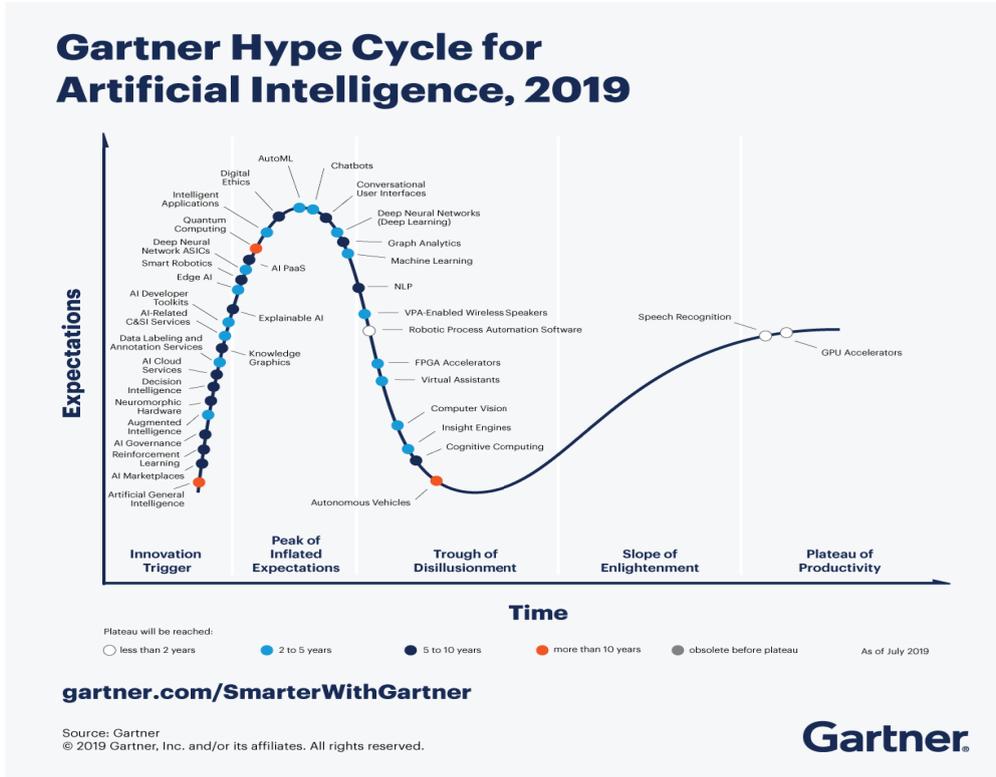
구분		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
인공지능	세계	4,819	7,345	11,283	17,267	25,995	37,987	53,231	49.2%
	국내	6,400	7,500	9,100	11,100	13,320	15,984	19,180	20.1%

* [세계시장] Statista's AI market revenue worldwide 2016-2025, 2018

** [국내시장] 2017년 국가정보화에 관한 연차보고서 2017 (미래창조과학부 자료 인용, 2021~2023 CAGR 적용)

[그림 V-11] AI 시장 규모 (출처: ICT R&D 기술로드맵 2023, 과학기술부 & 정보통신기획평가원)

나. 시장 분석



[그림 V-12] 관련 기술 전망

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 자연언어로 구성된 데이터들의 전반적인 이해 능력을 점진적으로 강화 및 학습 정보의 지속적인 축적 기술을 개발하여 텍스트 기반 AI서비스 업체들이 서비스의 운영과 확장을 통해 전반적인 경쟁력을 키워나갈 수 있는 기술을 개발한다. 개발을 위해 전이, 문제 추정, 학습정보 선정 및 압축 등 각 요소 기술들의 점차적인 기능 개선이 있는지를 확인 하며 개발하기 위한 테스트베드를 구축하고, 최종적으로는 현실적으로 복잡한 문제에 가까운 환경을 구축하여 기술의 도입 가능성을 높인다.

나. 전략 기술 후보

- 1) 온라인 환경성능 평가용 문제설 및 데이터 설정 기술
 - 가) 인공지능망 기반의 모델들이 가지고 있는 기능의 분석은 매우 제한적이므로 기술 개선이

어려우므로, 이를 정량화하여 기술 개선 단계를 가시화하기 위한 목적의 문제 설정 및 테스트 베드를 구축한다.

2) 학습 정보 전이 및 재학습 기술

가) 문제가 바뀌거나, 모델의 형태가 바뀌어도 학습된 정보를 강화 및 축적해나갈 수 있는 지속학습(continual learning)을 위한 지식 공유 모델 개발 기술이다. 지식 공유의 형태로 BERT(Bidirectional Encoder Representation Learning from Transformers)나 ELMo(Embeddings from Language Models)등의 기술이 소개되고 있으나, 이는 단지 선학습(pre-trained)된 모델을 언어의 이해를 위한 자질 선정의 목적으로 활용하는 것이며 실제로 학습된 지식들을 조절하거나, 이해하기는 어려워 좀 더 적극적인 지식 활용에는 제약이 있다. 이런 이유로 지식의 공유를 위한 별도의 모델 개발은 매우 중요하다.

3) 가상관측정보생성 및 유사학습정보 추정 기술

가) 문제의 범위가 바뀌는 경우, 같은 관측 정보라도 완전히 다른 의미로 사용가능하다. 현재까지는 이런 적응성을 자동으로 할 수 있는 모델은 제안된 적이 없으나, 범용성의 확장을 위해서는 가장 중요한 기술이다.

4) 학습정보 관리 기술

가) 모델의 경량화는 단지 정규화 혹은 실시간 서비스를 위한 것만이 아니라, 주어진 유한한 컴퓨팅 자원을 사용하는 AI에 학습된 지식의 밀도를 높이는 기술로, 서비스 기술의 확장을 통한 학습정보의 증가에 대비하기 위해 필요한 기술이다.

다. 단계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

최종목표		중분류	최종목표	
Time span			단기계획	중기계획
환경/시장 니즈		중분류	질의응답, 번역, 챗봇 등 대다수 언어 기반 서비스에 대한 니즈 증가	
연도별 목표			오픈소스 및 Global Challenge 등을 통한 고성능 AI 모델 확보의 진입장벽 매우 낮아짐	
핵심요소기술		데이터 및 검증 환경	언어처리 분야의 다양한 질의응답, 기계독해, 번역, 대화처리 등의 오픈 챗린지를 통한 데이터 구축 환경 및 베이스라인 확보	
지속적인 학습 환경 모사를 위한 학습 및 검증 데이터셋 구축	핵심요소기술	모델 및 학습	언어 및 재학습시 기존 단일 문제로 설정시 해결 성능 대비 90% 이상 확보	각종 로그 및 이종 문제에서 수집되는 데이터들의 학습 및 검증 환경 구축 및 베이스라인 확보
학습정보의 전이 및 재학습 요소 기술 개발			전이 및 재학습시 기존 단일 문제로 설정시 해결 성능 대비 100% 이상 확보	전이 및 재학습시 기존 단일 문제로 설정시 해결 성능 대비 100% 이상 확보
관측 정보의 생성 기술		추론에 필요한 추가 관측 대상의 추정 기술 정착시 일반적인 전이 대비 성능 향상 10% 이상	추론에 필요한 추가 관측 대상의 추정 기술 정착시 일반적인 전이 대비 필요 학습 및 데이터량 10% 이상 감소	
관측 정보와 유사한 학습 정보 추정 기술		비관측 정보로부터 유사 학습정보 추정으로 도메인 변경시 성능 손실량 50% 이상 감소	비관측 정보로부터 유사 학습정보 추정으로 도메인 변경시 성능 손실량 90% 이상 감소	
학습 정보 관리 기술		응용	제한된 시간 동안 지속적인 학습 정보 정체 기술을 통해 일반적인 방법에 비해 성능의 일관된 향상 [기준 성능 대비 6% 이상 향상]	제한된 시간 동안 지속적인 학습 정보 정체 기술을 통해 일반적인 방법에 비해 성능의 지속적 향상 [10% 이상 향상]

[그림 V-13] 추상적인 자연 언어 데이터를 해석하는 자연어 처리 기술 진행 로드맵

라. 기술별 수요 중소·중견 수요 기업 후보 및 의견

- 1) KBS에서 한국어진흥원을 운영하며 다국적으로 한국 콘텐츠 활성화를 하는 교육을 진행하고 있다. 번역 측면에서 좀 더 높은 수준의 이해를 기반으로 한 서비스들은 교육의 질 향상으로 이어질 수 있다.
- 2) 솔트룩스, 한컴인터프리, 시스트란 등은 자연언어 데이터 생성 및 AI 서비스 플랫폼 확대 서비스를 하는 중견 기업으로, 동종 중소 기업들에 대해서 언어이해 수준에 대한 경쟁력을 확보가 필요할 것으로 예상된다.

마. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) KAIST 맹성현 교수
 - 가) 언어 기반 데이터에서 정보 및 지식추출 연구그룹 리더
- 2) DGIST 김민수 교수
 - 가) 대형 스케일의 데이터에서 지식추출 연구그룹 리더
- 3) GIST 김강일 교수
 - 가) 지식의 모델 표현형 및 학습을 통한 추출 연구그룹 리더

V. ICT/SW 분과

(5) AR/VR 환경의 촉각 정보 전달을 극대화하는 촉각 디스플레이 기술

1. 기술 개요

AR/VR 환경에서 작업의 효율 및 정확성 향상을 위해서는 사실적이고 사용하기 편리한 촉각 디스플레이가 필요하다. 증강/가상현실 환경에서 사용자는 주로 시각/청각 피드백을 활용하여 주변 정보를 취득하게 되며, 맨손이나 컨트롤러를 사용해 주변 물체와의 상호작용을 수행하게 된다. 현재는 이 컨트롤러에서 전해지는 단순 진동을 통해 상호작용의 정확성을 향상시키고 있으나, 촉각 디스플레이의 사실적이고 직관적인 촉각 표현은 이벤트가 발생하는 신체 부위에 주어질 경우 더 적은 인지적인 부하로 가능하기 때문에 컨트롤러만으로 제공하는 촉각 경험으로는 그 한계가 명확하다. 이를 극복하기 위해, 장갑형, 재킷형, 팔찌형 등을 비롯한 다양한 신체 부위에 부착하는 촉각 디스플레이를 개발하여 다양한 AR/VR 환경에서의 사용 시나리오에 대응, 보다 더 정확한 상호작용 및 현실적인 촉각 정보 전달로 작업의 효율 및 사용자의 선호도를 올릴 수 있는 기술을 개발한다.

가. 정의, 범위, 중요성

1) 정의

가) 본 기술은 몸통, 손목, 손을 포함한 인간의 신체부위에 착용할 수 있는, 사용성이 좋으며 사실적인 촉각 정보를 전달할 수 있는 장치를 개발하는 것을 목표로 한다.

2) 범위

본 기술은 다음과 같은 개발 범위를 가지고 있다.

- 가) 몸통, 손목, 손을 포함하여 AR/VR 환경에 촉감을 제공하기 적합한 신체 부위에 사용자 친화적인 폼팩터를 고려한 촉각 디스플레이 개발
- 나) 엔터테인먼트, 교육, 훈련의 3대 시나리오 별 세부 사용 시나리오 구성 및 대응하는 촉각 패턴 개발
- 다) 인간의 인지를 기반으로 사실성을 중시한 시/청각 포함 다중자극 기술 개발
- 라) AR/VR에 적합한 3대 시나리오 대응 입체 실감형 콘텐츠 제작 기술 개발

3) 중요성

- 가) 본 기술 개발을 통해 다양한 교육 콘텐츠 및 훈련을 저렴한 비용, 고효율로 동시에 다수의 사람에게 수행할 수 있어 인력 훈련에 있어서 아주 중요하며, 아직 선점되지 않은 촉각 디스플레이 시장을 주도할 수 있다.

나. 주요기술 분류

- 1) 4차 산업혁명
- 2) AR/VR
- 3) 촉각 디스플레이 하드웨어 플랫폼

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

- 1) 신체 부위 별로 착용하는 촉각 디스플레이는 각 신체 부위별로 최적화 및 사용자 실험이 필요하며, 대규모 공정 및 장비가 필요하지 않아 적은 인력규모 및 자본만으로도 충분한 기술 개발이 가능하다. 또한 최종 콘텐츠 제공 역시도 소수의 고급 인력으로 제작이 가능하며, 대기업의 경우 개발된 장비 및 콘텐츠 제작 기술을 이전받아 상용화 및 사업화가 가능하다는 점에서 중소·중견기업 핵심 전략 기술로 적합하다.

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

- 1) 본 기술에서 다루는 손, 손목, 자켓 등의 경우 이미 어느 정도 개발이 된 상태이며 몇몇 장비는 상용화 된 단계이나, 아직 기술적 성숙도는 높다고 말하기 어려운 상태이다.
- 2) 손에 착용하는 글러브 형태의 장치의 경우에는 기술적으로 성숙도가 높지만, 다양한 개선이 가능한 분야로 볼 수 있다. HaptX가 글러브 형태의 장치에 유체 모터를 사용해 손을 통한 상호작용에 사실적인 힘을 제공할 수 있지만, 유체식 모터를 사용하기에 거대한 제어 박스가 필수적이며 이를 줄이기 위한 기술이 필요하다. 현재 VRgluv사의 글러브는 손등 부분에 모든 시스템을 내장하여 손가락 자체의 움직임을 막는 힘과 손가락의 진동 피드백을 제공하고 있지만 자체적인 위치 추적 능력은 없으며, SenseGlove사의 글러브는 힘 피드백을 제공하지만 아직 전체적인 장치의 크기가 매우 크다.
- 3) 몸에 걸쳐서 사용하는 촉감 자켓은 상대적인 간편성 및 사용자의 낮은 거부감으로 현재 여러 중소·중견기업 및 대기업이 경쟁하고 있는 시장이다. 특히 몸통에 착용한다는 특성 때문에 고용량의 배터리 및 고성능의 진동자를 부착하는 것이 가능하며, 현재 일본의 Sony, 국내에는 bhaptics에서 개발하고 있다. 특히 국내의 bhaptics에서는 제품을 상용화하여 판매하고 있으나 현재는 어플리케이션 레벨에서 사실적인 진동 패턴을 만드는

것이 우선시되고 있는 상태이다.

- 4) 이외에도 주로 앉아서 AR/VR을 경험하는 사람들에게는 의자 역시 좋은 촉각 디스플레이가 될 수 있다. 현재는 Logitech, Duoback과 같은 회사에서 게이밍 체어를, 현대자동차에서는 뮤직 시트를 개발하여 거대 스피커를 통해 의자 전체를 떨게 하는 상품은 출시된 바 있지만, AR/VR의 매우 한정적인 시나리오에만 사용되어 콘텐츠 개발이 시급한 상태이다.

나. 증장기 기술발전 전망

- 1) 촉각 자켓은 거의 기술적 성숙기 및 상업화 단계에 들어간 것으로 보고 있으며, 현재는 이를 활용한 어플리케이션 개발 및 사실적이며 효율적인 진동 패턴의 제작이 필요하다.
- 2) 글러브의 경우는 시장의 요구 덕분에 현재 기술적인 성숙도는 높아진 편이다. 하지만 촉각 경험을 주기 위한 장치 및 이 장치를 제어하기 위한 시스템의 부피와 전력 소모 때문에 이를 줄이기 위한 기술적인 발전이 추가적으로 필요하다. 이를 위해 스위스 ETH 공대의 DextrES [33]처럼 정전기 방식을 사용하거나 자기 유변학적 유체 등을 사용하여, 전체적인 촉각 생성 시스템의 저전력화 및 소형화를 수행할 수 있을 것으로 보인다.
- 3) 촉각 의자는 부피가 크기 때문에 현재 개발된 촉각 피드백 기술을 실제로 상업화하는 것이 가능하지만, 어떤 식으로 구현해야 사용자에게 가장 적합한지에 대한 의문이 있어 현재 상품화된 것에 비해 기술적인 성숙도는 낮은 편이다. 또한 시나리오 개발에 따라 위 세 부위가 아닌 신발이나 목걸이 등 다른 신체 부위에 장착하는 형태의 장치 역시 고려해볼 수 있다.

다. 선도 기관·기업·국가 등

- 1) 착용하는 신체 부위 별 요구사항이 서로 다르기 때문에 사실상 이 분야 전체를 선도하는 기업은 없는 실정이다. 컨트롤러 자체를 개선하여 촉감 경험을 제공하는 기업은 HMD AR/VR 장치를 직접 개발하고 있는 Microsoft, Facebook Oculus, Valve 사가 있다. 글러브의 경우 사실상 VRgluv사의 글러브가 거의 최종형태에 가깝고 상용화 직전에 와 있으며, 촉각 자켓의 경우 국내의 bhaptics 사가 Sony를 포함한 다른 세계적 기업에 밀리지 않게 하드웨어를 개발하여 상용화한 바 있다.

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

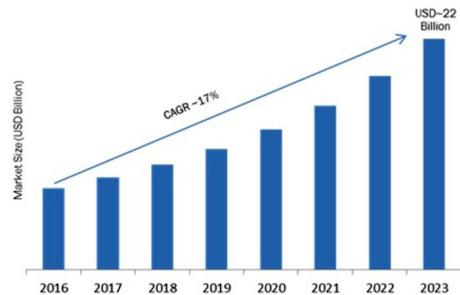
- 1) 전체적으로 AR/VR의 보조 컨트롤러 형태로, 각 하드웨어 제작 업체에서 AR/VR 시스템의 API와 연동하여 제작하고 있어 산업적으로는 점조직으로 운영되고 있다고 볼 수 있으며, 개발된 제품들은 개인 사용자를 제외하면 주로 어뮤즈먼트 사업에 적용되고 있다. 예를 들어 촉감 슈트는 VR 슈팅 게임 센터 같은 곳에서 이미 실용화되어 사용되고 있으며, 진동 의자는 극장의 4D 체험관에 널리 사용되고 있는 실정이다.

나. 시장 분석

- 1) 크게 두 종류의 산업이 결합된 것으로 이해할 수 있다. AR/VR 시장은 2019년 약 125억 달러 규모에서 2021년 약 170억 규모로 성장할 것으로 전망되고 있으며, 햅틱 분야는 2023년 약 230억 달러 규모로 성장할 것으로 전망되고 있다.

2017	2019	2020	2021	CAGR
세계시장	11,283	17,267	25,995	37,987

VR/AR 분야의 세계시장 규모 및 전망, Markets and Markets (단위: 백만 달러, %)



햅틱 분야의 세계시장 규모 및 전망, Market Research Future (단위: 백만 달러, %)

[그림 V-14] VR/AR 및 햅틱 분야 세계 시장 규모 및 전망

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 기존의 기계적 구조를 사용한 촉감 디스플레이의 경우 현재 거의 기술적 완성 단계 및 상 품화 단계에 와 있으며, 여기에 사용되는 전자기유도형 구동자의 특성 상 저전력 시스템 및 소형화가 매우 어렵다. 따라서 글러브 형태 장비의 경우 자기 유연학적 유체나 정전기 와 같은 다른 메커니즘을 가진 글러브를 개발하는 것을 목표로 삼는다.

- 2) 재킷의 경우 사실상 하드웨어의 구현은 국내 bHaptics 사의 Tactsuit가 거의 완성단계에 와 있는 것으로 판단되며, 이를 효율적으로 사용하기 위한 촉감 패턴 개발 및 어플리케이션 개발을 주 목표로 삼아 해당 장비의 시장 선점을 피하는 것이 필요할 것으로 보인다.
- 3) 위의 두 방법론과 동시에, 다른 신체 부위 중 AR/VR 환경에서 활용 및 상품화 가능성이 높은 곳을 선정하여 새로운 시장을 개척하는 것을 목표로 삼는다.

나. 전략 기술 후보

- 1) 촉각 디스플레이 기술
 - 가) 촉각 디스플레이에 탑재되는 구동자와 센서 및 전체적인 전력 소모와 관련된 기술로, 전체적인 하드웨어의 완성도를 결정한다.
- 2) 하드웨어 폼팩터 검증 기술
 - 가) 사용자가 장치를 사용할 때 모든 사용 시나리오에서 사용에 불편함이 없으며 작업 효율을 높일 수 있는 형태로 조형하는 기술로, 사용자와 밀접하게 관련되어 전반적인 선호도를 결정한다.
- 3) 인간의 인지 기반 촉감 패턴 제작 기술
 - 가) 신체 부위, 상황 문맥, 동시 제공하는 자극 등 여러 요소에 따라 달라지는 인간의 인지 능력을 파악하여 전달하고자 하는 촉감을 생성하는 것으로, 촉각 디스플레이의 실제 사용성 및 사실성과 관련이 높은 기술이다.
- 4) 시나리오 별 실감형 상호작용 기술
 - 가) 엔터테인먼트, 교육, 훈련 각각의 시나리오에서 발생하는 촉감 이벤트 및 사용자에게서 기대되는 상호작용을 분석하고, 각 경우에 가장 적합한 형태의 다중 자극 피드백을 제공하는 기술이다.

다. 계별 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

최종목표		중분류	AR/VR 환경에서 현실감 극대화 및 작업/교육 효율 증가를 위한 촉각 디스플레이 개발	
Time span			단기계획	중기계획
환경/시장 니즈			AR/VR 환경에서 사용할 촉각 자극 디스플레이 형태 선정 및 개발	
연도별 목표			엔터테인먼트, 교육, 훈련에 대응하는 3대 사용 시나리오 개발 및 촉각 패턴 개발	
연도별 목표		3대 사용 시나리오에 대응하는 AR/VR 컬러 콘텐츠 개발		
연도별 목표		하드웨어 개발 및 기초 연구	상용화를 위한 하드웨어 개선과 콘텐츠 개발 플랫폼 및 컬러 콘텐츠 개발	
핵심요소기술	촉각 디스플레이 기술	하드웨어	장갑, 재킷, 기타 형태의 프로토타입 완성	한 번 충전에 최소 1시간 이상 구동되는 모바일 장치 개발
	사용성을 고려한 하드웨어 폼팩터 검출		사용자의 요구 사항에 따라 만족도 70% 이상의 폼팩터 별 프로토타입 개발	각 형태 별 만족도 80% 이상의 폼팩터를 갖춘 장치 선정
	인지를 고려한 사실적이고 만족도 높은 촉감	소프트웨어	착용 부위 별 11, 12 등을 포함한 촉감 관련 인지 특성 조사	시/청각과의 다중 자극 시의 사용자 경험 및 인지 특성 분석
	시나리오 별 실감형 상호작용 기술		3대 사용 시나리오 별 만족도 75% 이상, 일치도 75% 이상의 촉감 패턴 개발	시/청각과의 다중 자극 시 주관적 어울림 80% 이상의 패턴 제공 방법론 개발
	AR/VR 컬러 콘텐츠 개발	응용	3대 사용 시나리오 개발 및 사용자에게 가장 요구가 높은 대표 서브 시나리오 선정	3대 사용 시나리오 별 최소 2개 이상의 컬러 콘텐츠 개발

[그림 V-15] AR/VR 환경의 촉감 정보 전달을 극대화하는 촉각 디스플레이 기술 진행 로드맵

라. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) KAIST 권동수 교수
 - 가) 로보틱스 기반 촉감 디스플레이 국내 최고 권위자 및 다양한 창업 경험으로 인한 중소·중견기업 연결 가능성
- 2) GIST 류제하 교수
 - 가) 로보틱스 기반 촉감 디스플레이 관련 다수 논문 보유
- 3) GIST 박건혁 교수
 - 가) 인간의 인지를 고려한 촉감 패턴 디자인 및 시나리오 계획과 분석과 관련하여 다수 논문 보유

참고문헌

정보통신기획평가원 (2018), ICT R&D 기술로드맵 2023.

- AgingInPlace (2019), *Technology in our life today and how it has changed*, <https://aginginplace.org/technology-in-our-life-today-and-how-it-has-changed/>.
- Bhagwat, V. A. (2018), "Deep Learning for Chatbots", *Master's Projects*. 630.
- Brenier, J. (2018), *What Is Conversational AI?*, GeorgianPartners.
- Carterette, B. (2019), "Music recommendation at Spotify", *ACM SIGIR/SIGKDD Africa Summer School on Machine Learning for Data Mining and Search*.
- Cheng H. T., et al.(2016), "Wide & deep learning for recommendation systems", *Proceedings of the 1st Workshop on Deep Learning for Recommender Systems*, 7–10.
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K.(2018), "Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding", *arXiv preprint arXiv:1810.04805*.
- Gentsch, P. (2018), "Conversational AI: How (Chat)Bots Will Reshape the Digital Experience", *AI in Marketing, Sales and Service*, 81–125.
- Gomez-Uribe, C. A., Hunt, N. (2015), "The netflix recommender system: Algorithms, Business value and innovation", *ACM Transactions on Management Information Systems*, 40(4).
- Hinchet, R., Vechev, V., Shea, H., & Hilliges, O. (2018), "Dextres: Wearable haptic feedback for grasping in vr via a thin form-factor electrostatic brake", *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 901–912.
- Hu, Y., Da, Q., Zeng, A., Yu, Y., & Xu, Y. (2018), "Reinforcement Learning to rank in e-commerce search engine: Formalization, Analysis and Application", *Proceedings of The 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining (KDD '18)*.
- Im, S., Ha, H., Choe, G., Jeon, H. G., Joo, K., & So Kweon, I. (2015), "High quality structure from small motion for rolling shutter cameras", *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 837–845
- J. Davidson, B. Liebald, J. Liu, P. Nandy, and T. V. Vleet(2010), "The youtube video recommendation system", *Proceedings of*

- the fourth ACM conference on Recommender systems*, pp. 293–296.
- Jassova, B., (2019), *Chatbot Statistics Compilation 2020: The State of Market & Business Opportunities*, <https://landbot.io/blog/chatbot-statistics-compilation/>.
- Lee, B. U., Jeon, H. G., Im, S., & Kweon, I. S. (2019), “Depth completion with deep geometry and context guidance”, *2019 International Conference on Robotics and Automation*, 3281–3287.
- Levin, A., Lischinski, D., & Weiss, Y. (2004), “Colorization using optimization”, *ACM SIGGRAPH 2004 Papers*, 689–694.
- Litman, T. (2019), *Autonomous vehicle implementation predictions*, Victoria Transport Policy Institute.
- Lomas, K., *The future of smart in our daily lives*, OECD.
- Market Research Future (2019), *Content Recommendation Engine – Market Analysis, Trends, and Forecasts.*, Global Industry Analysts.
- Miley, J. (2017), *20 Amazing ways your daily life will be different in 2030*, Kiplinger.
- Najafabadi, M. K., Mohamed, A. H., & Mahrin, M. N. (2019), “A survey on data mining techniques in recommender systems,” *Soft Computing*, 33: 627–654.
- Netflix Prize(2009), <https://www.netflixprize.com/>.
- Peters, M. E., Neumann, M., Iyyer, M., Gardner, M., Clark, C., Lee, K., & Zettlemoyer, L.(2018). *Deep contextualized word representations. arXiv preprint arXiv:1802.05365*.
- Qiu, J., Cui, Z., Zhang, Y., Zhang, X., Liu, S., Zeng, B., & Pollefeys, M. (2019), “DeepLidar: Deep surface normal guided depth prediction for outdoor scene from sparse lidar data and single color image”, *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 3313–3322.
- Research and Markets(2018), *Content Recommendation Engine Market by Component (Solution, Service), Filtering Approach, Organization Size, Vertical (E-commerce, Media, Entertainment & Gaming, Retail & Consumer Goods, Hospitality), and Region – Global Forecast to 2022*, MarketsandMarkets Research Private
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L. C. (2018). “Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlen

- ecks", *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 4510–4520.
- Smith, B., & Linden, G. (2017), "Two decades of recommender systems at amazon. com", *IEEE internet computing*, 21(3): 12–18.
- Zhang, S., Yao, L., Sun, A. & Tay, Y. (2019), "Deep learning based recommender system: A survey and new perspectives", *ACM Computing Surveys*, 52(1)
- Zhao, Z., Hong, L., Wei, L., Chen, J., Nath, A., Andrews, S., ... & Chi, E. (2019), "Recommending what video to watch next: a multitask ranking system", *Proceedings of the 13th ACM Conference on Recommender Systems*, 43–51

인터넷 자료

쉽게 배우는 인공지능 - 제1편(딥러닝 및 추천기술)

<http://sigai.or.kr/workshop/AI-for-everyone/2016/>.

bHaptics, Tactsuit, full body haptic suit for VR,

<https://www.bhaptics.com/>

haptX, <https://haptx.com/>

SenseGlove, <https://www.senseglove.com/>

VRgluv, <https://www.vrgluv.com/technology>



중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology Advancement Roadmap



VI

기계항공 분과

1. 차세대 공작기계 기술
2. 차세대 금형기술 기술
3. 차세대 설계기술 기술
4. 차세대 생산 기술
5. 차세대 초정밀 이송 기술
6. 차세대 소자 제조 기술

A circular graphic composed of several concentric white lines. Five white circular icons are placed around the inner circle: a person with a gear, a person with a magnifying glass, a handshake, a person with a gear, and a person with a gear. The text is centered within the innermost circle.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

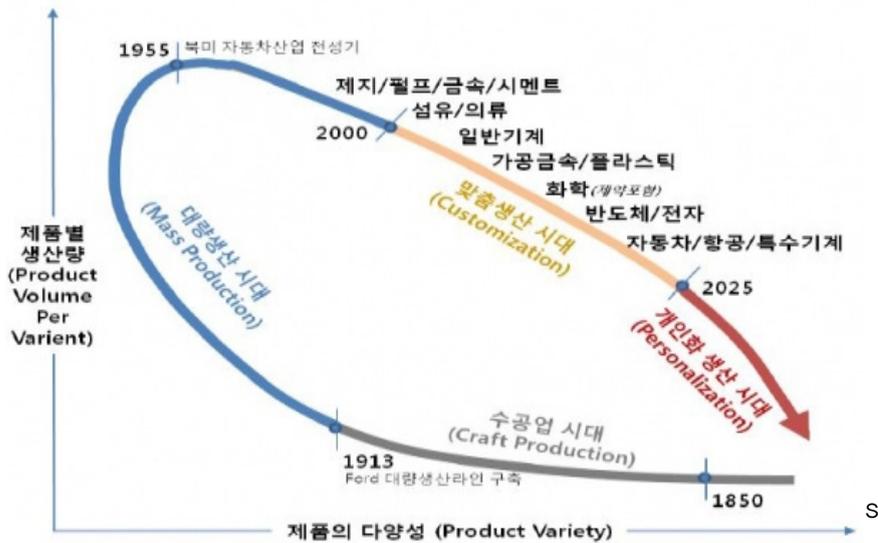
Small & Medium Business -
Strategic Technology
Advancement Roadmap

VI. 기계항공 분과

1. 기술 개요

가. 정의, 범위, 중요성

- 1) 기계항공분야 관련 기술은 주력산업의 고부가가치화 및 신산업 육성을 통해서 국내 생산 시스템의 혁신 및 산업구조 자립화를 체계적으로 추진하기 위한 스마트제조 관련 기반 기술(HW/SW, IT/OT, 설비/데이터) 및 신뢰성 향상(제품 전주기, 가치사슬)관련 도 전적 장비 및 기술 등을 포함
- 2) 기계항공 분야의 기술의 메가트렌드는 생산성 향상, 맞춤형·혼류생산, 품질예측, 생산 시스템 신뢰성 예측 및 향상, 차세대 첨산생산기술-시스템 융합, 차세대 생산시스템 표준 인증을 통한 新제조 국내 자립 생태계의 성공적 구축임



[그림 VI-1] 2015 Market Dynamics Behind Industry 4.0 & IOT

- 3) 국내 기계 항공 분야의 지속적인 경쟁력 확보를 위해서는 생산제조 기술 자체의 융복합화와 더불어 이를 넘어서는 ICT와의 통합이 중요하고 제조업의 고부가가치가 필수적임

- 4) 차세대 공작기계 및 금형가공기술의 경우 공정의 효율 및 생산성 증대를 위한 초정밀 가공 및 패터닝, ICT 융합 기술 등을 바탕으로 마이크로미터의 정밀도를 가지는 제품을 생산하기 위한 차세대 가공시스템, 융복합 디바이스 공정 기술 및 생산장비 ICT 융합 및 지능화기술 등 다양한 산업의 핵심 장비기술 포함
- 5) 차세대 생산 및 설계 기술의 경우 다품종 소량생산에 따른 수요자 맞춤형생산 및 다목적 최적화된 생산 기술 및 신뢰성 높은 기계 시스템 개발을 위해신뢰성평가 시스템 개발, 시스템 신뢰도 예측 기술, 가속수명시험/고장분석 및 예지, 대형 복합 기계시스템의 설계와 엔지니어링 핵심 요소기술, 통합시스템 기술 등을 포함하고 있음
- 6) 대면적 미세형상의 초정밀 제품 또는 소형 고정밀 형상의 부품을 가공 및 양산하기 위해 사용되는 초정밀 이송 및 장비기술과 공정, 기계적/광학적/화학적 가공 기술, 롤기반 연속생산시스템 설계, 제작 및 제어 요소기술, 유연/신축 인쇄전자소자기술 등을 포함



[그림 VI-2] 한국 기계항공 산업과 기술이 집중해야 할 방향

나. 주요기술 분류

〈표 VI-1〉 기계항공 분야 주요기술 분류

분야	기술명	정의
기계항공	금형 사상 가공 및 장비 기술	로봇 가공 기반 금형 가공시 3축 CNC 갠트리 제어와 독립된 매니플레이터 통합제어 기술 및 장비 기술
	금형 가공 최적화 및 모니터링 기술	실제 기계 조건이 반영된 최적화된 금형 가공 기술 및 모니터링 기술
	신뢰성 높은 강건 생산 설계 및 시스템 기술	외부 노이즈(환경)에 강하고 내/외부 인자의 영향을 덜 받는 최적의 생산 설비 설계 및 시스템 기술
	고객 수요 맞춤형 생산 및 표면처리 기술	집단지성의 설계/해석/개선 작업이 바탕으로 제조 및 상품화 관련 기술
	초정밀 비손상/비오염 유연 생산 및 제조 장비 기술	유연 그립 방식을 기반으로 하여 3차원 복잡한 형상 디바이스를 높은 정밀도로 손상 없이 이송 조립 가능한 기술
	스마트 소자 필름용 소자 제조 장비 기술	다 가능성 스마트 소자 접속 필름을 활용한 저온 및 저압 소자 접속 공정 및 장비기술

- 1) 기계항공 분야는 국내 주력 산업용 차세대 생산시스템 및 가공기술, 초정밀 기계 시스템 및 제조 기술들을 분야로써 차세대 공작기계 기술, 금형가공기술, 차세대 설계 기술, 차세대 생산 기술, 초정밀 이송기술 및 차세대 소자 제조기술들을 포함
- 2) 기계항공 분야의 주요 기술분야들에서 미국, 일본 등 주요국의 미래 예측 결과를 바탕으로 우리나라가 직면하게 될 미래상황을 고려하여 5대 메가트렌드, 즉 환경과 자원문제 심화, 지식기반사회 진전과 글로벌화, 인구구조 변화, 과학기술 융합 가속화, 새로운 안보이슈 등장 등을 고려해서 세부 기술들을 도출함

다. 중소·중견기업 핵심 전략 기술 선정

- 1) 기계항공 분야의 경우 국내 중소·중견기업이 나아갈 미래지향적 기술개발(R&D) 방향 제시를 위해 본 기술 분야의 메가트렌드 분석 및 4대 과기원과 중소·중견기업 사이에 전략적 협력분야 파악 및 국내외 시장·기술 트렌드, 전문가 의견 등을 종합적으로 고려해서 중소·중견기업 핵심 전략 기술을 선정함

2. 기술 분석

가. 국내외 기술 현황

1) 차세대 공작기계 기술

- 가) 공작기계 주요 선진국인 독일 Fraunhofer RWTH Aachen 에서는 복잡한 형상 금형의 그라인딩을 위한 virtual force control 모델관련 연구결과 발표함
- 나) 주요 선진국의 경우 제어용 로봇 구조설계, 제어기술 및 측정기술 등 단위 요소 기술들을 확보하고 있으므로 시스템에 따른 자동화가 가능함
- 다) 최근 광주과학기술원 에서는 사상가공(연삭, 래핑)이 가능한 매니플레이터를 개발하여 단순가공은 가능하지만, 복잡형상가공을 위한 상세제어, 가공모니터링, 금형형합시 광명단 영상처리 및 가공량 산출 기술에 대한 추가적인 연구가 필요함

2) 차세대 금형가공 기술

- 가) 금형 가공 최적화를 위해 UBC의 Altintas 교수 산하의 MAL사에서는 금속 가공의 물리적 특성과 실제 기계 특성을 고려하여 최적화 과정을 수행하는 프로그램을 개발함 (MachPro, CutPro)
- 나) CAM을 통해 도출된 가공 경로 최적화를 위해 국내 기업에서는 Vericut, NCBrain 등을 사내전용화 개발하여 사용중에 있음
- 다) SIEMENS NX, CATIA CAM 등 3D 모델링 프로그램 기업들이 CAD 모델을 기반으로 하는 CAM 작성과 최적화를 함께 수행하려는 시도를 보여주고 있음

3) 차세대 설계 기술

- 가) 생산 설비의 강건화를 위하여 다양한 알고리즘을 적용한 설계 방안이 제시되고 있음 대표적으로 Genetic Algorithm, Pteri nets and Bayesian model averaging 등이 있으며 이를 복합하여 적용하는 연구도 진행되고 있음
- 나) 상태 진단과 관련된 다양한 연구들도 진행되고 있으며 가속도계를 이용한 일반적인 방식과 함께 압전센서를 이용한 진단 방법에 대한 연구가 진행되고 있음. 또한 ICT에 기반을 두고 상태를 진단, 통보, 관리하는 시스템을 구축한 사례가 기업별로 보고되고 있으며 이를 보완 개선하기 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있음

4) 차세대 생산 기술

- 가) FDM, SLA, SLS 등 3D 프린팅 공정의 방식 및 소재의 종류에 따라 Blowing, Mechanical finishing, Chemical etching 등을 활용하여 후처리 공정을 수행하고 있으며 Support가 필요한 방식의 경우와 소재가 Metal인 경우 후처리 방식에 제한이 발생하지만, Metallic coating 등 표면처리 공정을 활용한 고품질 제품 생산 방식이 적용되고 있음
- 나) Sculpteo는 개인 또는 중소기업자들에게 클라우드 기반 3D 프린팅 솔루션을 제공, 손쉽게 마켓을 만들 수 있도록 함. 개인에게는 3D 모델링과 콘텐츠를 거래할 수 있게

하며, 프린팅 서비스를 지원함. 중소기업 대상으로 B2C 인프라를 제공하고 있음

- 다) Shapeways는 3D 프린팅 서비스의 대표적 사업자로서, 콘텐츠를 판매하거나, 원하는 디자인을 만들 수 있게 웹 상에서 지원하며, 이를 3D 프린팅할 수 있는 서비스를 제공. 사용자 30만명, 프린팅건수 120만건/년, 디자인 72만개, 판매shop 1만개가 운영 중. 3D프린팅을 통해 제품디자인, 판매, 제조, 배송을 한번에 해결할 수 있는 통합서비스 제공함
 - 라) 국내외 주요 연구기관의 경우 3D 프린팅 장비 및 맞춤형 후처리 공정에 대한 연구 개발에 주안점을 두고 있음
- 5) 초정밀 이송 기술
- 가) 정밀 이송 조립 공정용 이송 로봇의 개발은 일본기업들(산쿄, 다이헨 등)이 주를 이루고 있으며, 국내에서는 티로보틱스가 30%의 높은 시장점유율을 차지하고 있음
 - 나) 최근 국내외(삼성전자, 애플, 소니)기업들이 Micro LED 기술 개발에 주목하며, 이와 관련된 디스플레이 시장규모가 빠르게 증가(2025년 약 23조 억원 추정)하고 있으나, 칩의 크기가 작아짐에 따라 기존의 이송 조립 기술로는 높은 수율을 보장하기 어려운 실정임
- 6) 차세대 소자 제조기술
- 가) 소자 접속을 위한 ECA는 주로 아크릴계 고분자 접착 소재와 전도성 소재의 복합재 형태로 제작되고 있기 때문에 TCB 공정 상의 고분자의 가교 조건에 따라 성능이 크게 좌우됨
 - 나) 고온 (140~200 °C) 및 고압 (2~5 Mpa)의 기존 TCB 공정은 불균일한 열전달 및 가압 평행도에 따른 불균일한 전기적/기계적 접속, 고분자의 파단 및 소자의 열화와 같은 문제를 유발할 수 있음
 - 다) 또한, ECA 내의 전도성 입자의 뭉침(aggregation) 현상과 같은 소재의 한계로 인하여, 인접 단자 간 쇼트 및 단자 간 미접속으로 인한 통전 불량 등의 낮은 접속 신뢰성 (단자 간 최소 간격 200 μm) 문제가 야기됨
 - 라) 또한 국내 반도체용 접착 장비의 60% 이상, 핵심 소재 중 하나인 ACF 제조 및 공급의 99% 이상을 일본 기업에서 독점 중임

나. 중장기 기술발전 전망

1) 차세대 공작기계 기술

- 가) 제품개발의 마지막 단계에서는 금형의 제작기간과 비용이 가장 큰 과제임
- 나) 대부분의 중대형 금형의 사상가공은 형합공정과 결합하여 수작업으로 이루어지고 있음
- 다) 이 작업은 숙련작업자의 미세다듬질가공과 육안검사의 수많은 반복공정으로 이루어 짐
- 라) 숙련작업자의 양성이 어려워져서 제품개발시 금형사상공정 해결이 점점 더 크게 대두되고 있음

5) 초정밀 이송 기술

- 가) 정밀 이송 조립 공정은 반도체, 디스플레이(display), 자동차 및 각종 기계 시스템 등 첨단 기기의 제작에 있어 필수적인 요소임
- 나) 산업의 고도화 및 소자의 집적화에 따라, 다양한 굴곡 및 복잡한 형상을 지닌 3차원 물체, 손상이 쉬운 박막형 기판, 또는 수 마이크로 크기의 미세 기판 배열을 손상없이 높은 정밀도로 이송 조립 가능한 기술이 요구되고 있음
- 다) 기존의 단순 기계적 압착 방식 또는 진공, 정전, 레이저 방식의 이송 조립 기술의 경우, 압력/전류/열에 의한 표면 손상, 높은 공정 비용 및 낮은 수율, 3차원 형상에 대한 낮은 적용성 등의 한계임
- 라) 한편, 다양한 형상/굴곡의 물체의 이송에 높은 안정성을 지닌 유연 그리퍼(gripper) 방식은 공업, 식품, 의료와 같은 다양한 산업 분야에서 수요가 증가하고 있으며, 실제 산업으로의 적용을 위해 낮은 정밀도, 내구성 등의 문제를 해결하기 위한 연구가 시도되고 있음

6) 차세대 소자 제조기술

- 가) ACF(Anisotropic conductive film)를 비롯한 ECA(Electrically conductive adhesive)를 통한 소자 접속 공정은 디스플레이 및 반도체를 비롯한 정밀 전자 기기 산업에 광범위하게 활용되는 핵심 기술임
- 나) 전도성 필름의 안정적인 소자 접속을 위해서는 고온, 고압의 TCB 공정이 활용됨.
- 다) 스마트 소자 접속 필름을 활용한 차세대 소자 접속 공정의 개발은 기존의 ECA를 대체할 수 있는 정밀 전자 기기 산업의 핵심 기술일 뿐만 아니라, 웨어러블 디바이스 및 유연 에너지기기 등의 미래 산업을 위한 기반 기술로서 큰 잠재력을 지닐 것으로 기대됨

다. 선도 기관·기업·국가 등

1) 차세대 공작기계 기술

- 가) 독일의 ABB 로봇에서는 산업용 로봇에 스핀들을 장착 드릴가공, 디버링 가공에 투입하고 있음
- 나) 일본에서는 금형 형합 공정 시 광명단분포와 가공지정량관계 연구를 지속했음

2) 차세대 금형가공 기술

- 가) 보잉, 벤츠 등 선진 기술을 보유한 기업에서는 MachPro를 도입한 가공 공정 최적화를 수행해오고 있음
- 나) 독일, 미국에서는 공정 최적화를 위한 다양한 수학적 모델이 다시 설계되고 있음

3) 차세대 설계 기술

- 가) 구미의 여러 선진국에서는 Highly Accelerated Life Testing (HALT)와 High Accelerated Stress Screening (HASS)와 같은 초 가속 피로 시험에 대한 연구를

지속적으로 진행하고 있으며 다양한 온도 환경이 구현 가능한 피로 시험 장비들이 이미 개발되어 상용화 되어 있음. 대표적인 시험 장비 제작 업체는 Cincinnati Sub Zero사 (CSZ, 미국) 가 있음

- 나) 기 설치된 설비의 원활한 유지 보수를 위하여 다양한 비파괴 검사 장비들이 개발 및 연구되고 있으며 이러한 시스템을 활용한 진단 서비스 관련 사업 영역도 확대되고 있음. 대표적으로 General Electric사 (GE, 미국) 는 다양한 비파괴 진단 장비를 개발 및 판매함은 물론 이를 이용한 진단 서비스를 함께 운영하여 수익을 창출하고 있음

4) 차세대 생산 기술

- 가) 선진국에는 Thingiverse는 2008년에 세워진 대표적 3D 프린팅 온라인 커뮤니티이며, 아티스트, 디자이너, 엔지니어 개인들이 창작한 3D 모델링 디자인을 쉽게 공유할 수 있는 서비스를 제공함 (General Public Use Licences)
- 나) 일본의 3D-CADDATA는 Thngiverse와 유사한 온라인 커뮤니티로서 디자인 파일과 의견을 공유하고, 하이퀄리티 디자인 파일의 유료판매/구매가 가능, Facebook 등 소셜미디어와 연동, 3D data를 가정용 프린터로 출력가능하도록 최적화하여, 이용편의성 증대함

5) 초정밀 이송 기술

- 가) 전세계적으로 산업용 정밀 이송 장치에 대한 수요가 늘어남에 따라 ABB(세계시장 점유율 18%), 디엠테크놀로지, 뉴로메카와 같은 국내외 기업을 필두로 많은 기술이 개발되었지만 여전히 표면 손상, 전기적 대전과 같은 한계점들이 제시되고 있음

6) 차세대 소자 제조기술

- 가) 소자 접속 공정의 핵심 장비 및 소재는 일본 기업들로부터의 수입에 의존하고 있으며 최근 일본의 수출 규제에 따른 결과로, 효율적이면서도 높은 신뢰성의 소자 접속 공정, 장비 및 소재의 원천 기술 개발은 국가적인 과제로 부상함

3. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

1) 차세대 공작기계 기술

- 가) 중대형 금형의 주요 후방산업인 자동차 시장의 경우, 자율주행차 시대의 도래에 따라 향후 10년 간 60조원의 국내민간투자가 계획되어 있고, 이에 발맞춰 차체 금형 개발에 대한 수요 급증함
- 나) 우리나라 공작기계 시장의 침체를 개선하고, 고부가가치 산업으로의 확장을 통해 글로벌 경쟁력 확보하고 있음

- 다) 세계적으로 점유율을 높여가고 있는 한국의 산업용 로봇 분야에도 기폭제가 될 것으로 기대됨
- 2) 차세대 금형가공 기술
- 가) 본 산업의 경우 주문생산 수주 방식으로 일관된 계획 생산이 불가하고 다품종 소량 생산이 어렵다는 점, 금형 가공 분야 관련 인원이 지속적으로 감소하며 금형 수출량이 지속적으로 감소하고 있음
- 나) 금형의 부가가치를 올리기 위한 스마트 자동화 및 최적화 기술개발이 매우 시급한 과제로 떠오르고 있음
- 3) 차세대 설계 기술
- 가) 최근 고장 없는 기계, 설비의 강건화가 생산 기술의 핵심으로 대두되고 있으며 이에 따라 무결점 설비 생산을 위한 요소 부품의 설계 및 제조, 고장에 대한 예지, 보전 강화 기술 등에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있음. 특히 대기업과 중소기업 간 기술 격차 극복 및 상생을 위한 연구 개발의 지원 및 표준화를 위한 노력이 시급함
- 나) 강건 생산 설계 및 시스템의 경우 타 산업으로의 파급 효과가 매우 큰 미래 선도형 고부가가치 산업군이며, 따라서 미래 신성장 동력산업의 원천임
- 다) 강건 설비는 제조업 전반에서 필수적으로 요구되며, 다양한 분야에 활용되어 다수의 일자리를 창출 할 수 있을 것으로 예상 됨. 더불어 국내뿐만 아니라 요소 부품 및 강건 설비의 수출 증대, 기반 기술의 해외 이전을 통한 국가 경쟁력 제고에도 지대한 파급이 예상되므로 이를 위를 활용하기 위한 체계적 관리 시스템의 구축 및 활용이 필요함
- 4) 차세대 생산 기술
- 가) H/W 뿐만 아니라, 사용자의 이용편의성이 S/W 개발이 중요하며, 3D 모델의 공유, 거래, 지적재산권보호 등을 위한 플랫폼 개발이 필수적임
- 나) Support의 제거 후 Blowing이나 Blasting의 기계적인 표면 조도 개질 방안을 적용하는 데에 그치고 있으며 단순히 Dimensional tolerance를 확보할 수 있는 방안 외에 고품질의 제품 후처리 공정을 위한 방안의 연구는 전무한 것으로 사료됨
- 다) 단순프린팅부터 부가가치 서비스까지 Coverage확대: 프린팅서비스+디자인 컨설팅을 포함



출처: 한국 생산제조기술의 경쟁력 강화 보고서.

[그림 VI-3] Prosumer manufacturing 제품의 응용 예시

5) 초정밀 이송 기술

- 가) 새로운 초정밀 비손상/비오염 이송 조립 기술의 확보를 통한 공정 효율 증대 및 비용 감소가 가능할 것으로 기대됨
- 나) 유연 디스플레이, 전기자동차와 같은 차세대 첨단 산업에 적용가능한 정밀 이송 조립 원천기술 확보로 해당 분야의 국가적 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대됨
- 다) 정밀 이송 조립을 위한 이송 그리퍼에 대한 세계 시장은 2024년까지 연 평균 16.9%의 빠른 성장률로 증가할 것으로 전망됨 (2018년, Markets and Markets)

6) 차세대 소자 제조기술

- 가) 기존의 TCB 장비를 이용한 복잡한 소자간 접속 공정의 대체를 통하여 대폭적인 공정 효율 증대 및 비용 감소가 가능할 것으로 기대됨
- 나) 현재 전자기기 제조용 장비 분야의 시장 선도국가인 일본과의 심각한 무역적자를 해소할 수 있을 것으로 기대됨
- 다) 더 나아가 스마트 소자 접속 공정 및 장비에 대한 원천기술 확보로 차세대 IT기기 산업의 국가적 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대됨

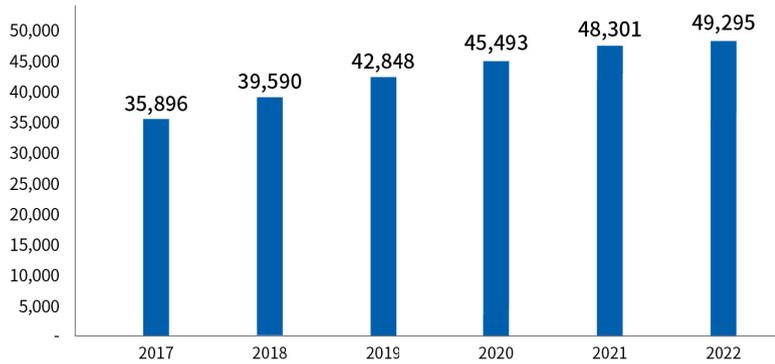
나. 시장 분석

1) 차세대 공작기계 기술

- 가) 국내 공작기계 생산 기준 5.5조원('17년)으로 세계 6위권을 기록하고 있고, 연평균 약 10% 이상의 높은 성장을 하고 있으며, 절삭가공 장비와 시스템 패키지 요소가 크게 성장을 하고 있음
- 나) 전체 시장에서 소재의 기초가공, 일반 범용 장비가 대부분을 차지하고 있으며 High-End

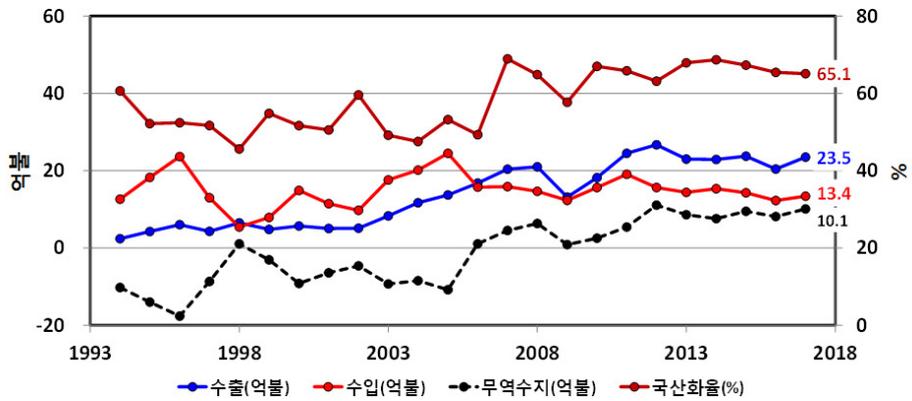
장비인 핵심 부품(엔진, 특수합금 등)의 가공에 사용되는 장비는 여전히 해외 의존도가 높음

- 다) 국내 제조업용 로봇은 전체 로봇 시장규모에 3위에 해당되며, 시장 확대 규모는 17년 대비 22년 1조 3398억원 증가 예상됨



출처: 한국산업 마케팅 연구소.

[그림 VI-4] 국내 제조업용 로봇 산업 전망



[그림 VI-5] 공작기계 관련 수출입 및 국산화율 변화

2) 차세대 금형가공 기술

- 가) 한국 금형 산업은 세계 생산량이 6.1%로 5위를 차지하며 수출로는 세계 2위로 29억 달러의 수출액을 보이고 있음
- 나) 자동차 경량화 추세에 따라 탄소섬유 등 플라스틱 신소재 사용 증가에 따른 자동차 플라스틱 금형시장은 상승세임

3) 차세대 설계 기술

- 가) 국내의 기계항공 산업은 자동차, 반도체, 항공 사업 등의 성장으로 관련 생산시스템의

수요가 많으나 베어링 등의 요소부품을 사오거나 차세대 설계 기술이 주요 선진국에 비해 미흡함으로 관련기술의 수요로 직결되지 않고 있음

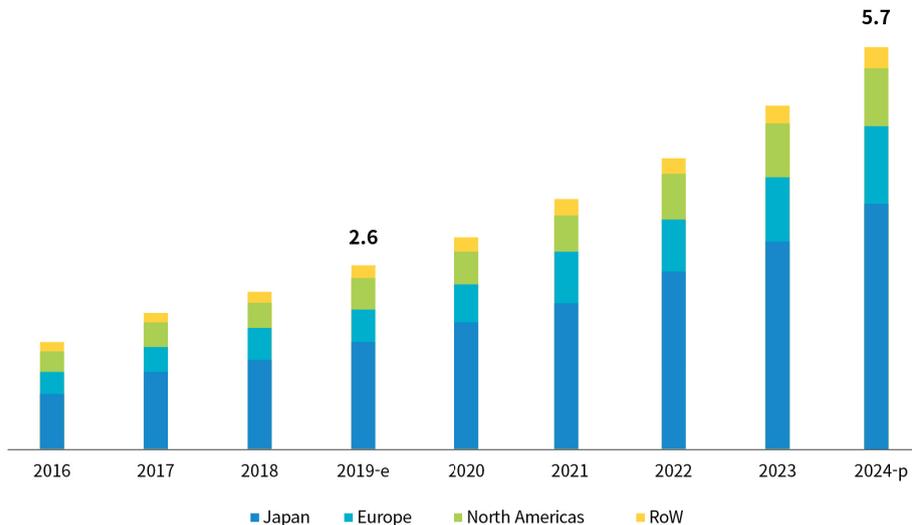
- 나) 기계항공 분야의 생산시스템에 높은 수입의존도의 이유로는 국산 장비에 대한 수요자들의 낮은 신뢰도 때문임
- 다) 차세대 설계 기술에 요소 기술인 해석 및 설계 플랫폼은 관련 기업의 기계성능 및 신뢰도를 높이는 계기가 될 수 있을거라 판단됨

4) 차세대 생산 기술

- 가) 대표적인 프로슈머용 제조기기인 3D 프린터 세계시장이 2021년 10.8억 달러이고 청년창업 상품이 소비될 제품들의 세계시장: 의료기기 - 2013년 3천억 달러 이상, 모바일기기 - 2014년 360조 이상, 자동차 튜닝 시장 - 100조원 이상임
- 나) 선순환적 생태계가 온라인+오프라인에 형성 → 시장의 5%인 25조 정도를 점하게 되고, 2.5만개 이상 일자리를 창출할 것임

5) 초정밀 이송 기술

- 가) 제조업용 로봇에 대한 세계 시장은 2019년 기준 전년대비 10% 증가했으며, 2025년까지 300억 달러 규모로 빠르게 증가할 것으로 전망됨 (2019년, 후지경제)
- 나) Micro LED의 정밀 이송 조립 기반의 디스플레이 세계시장은 2025년도까지 50배 증가할 것으로 예상됨 (2016년, Yale 경제 연구소)



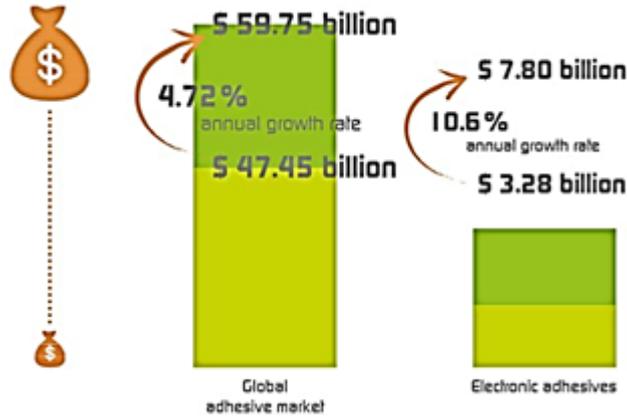
[그림 VI-6] 이송 그리퍼에 대한 세계시장 전망 그래프 (2018)

6) 차세대 소자 제조기술

- 가) 전도성 접착 필름 세계시장은 연평균 10.6%의 성장률과 함께 2022년에 약 78억 달러 (약 9조 원)에 달하는 규모로 성장할 것으로 예상됨
- 나) 반도체 제조용 장비 및 반도체 제조용 장비 부품에 대한 한국의 대일본 무역 적자액은

무려 57억6100만 달러에 육박할 뿐만 아니라, 일본에서 수입해온 국내 반도체 업체의 전자기기 제조용 접착기는 60%의 비중을 차지함

- 다) 국내 기업이 ECA 및 전도성 입자 제조에 대한 국산화를 시도하고 있지만 아직 상용화 단계에는 미치지 못하였으며, 현재 ACF 세계시장의 99%를 일본 기업인 세키스이 및 니폰케미칼에서 독점하고 있음



출처: Global Research Markets and Markets
[그림 VI-7] ECA 세계 시장 규모

4. 핵심 전략기술 및 로드맵

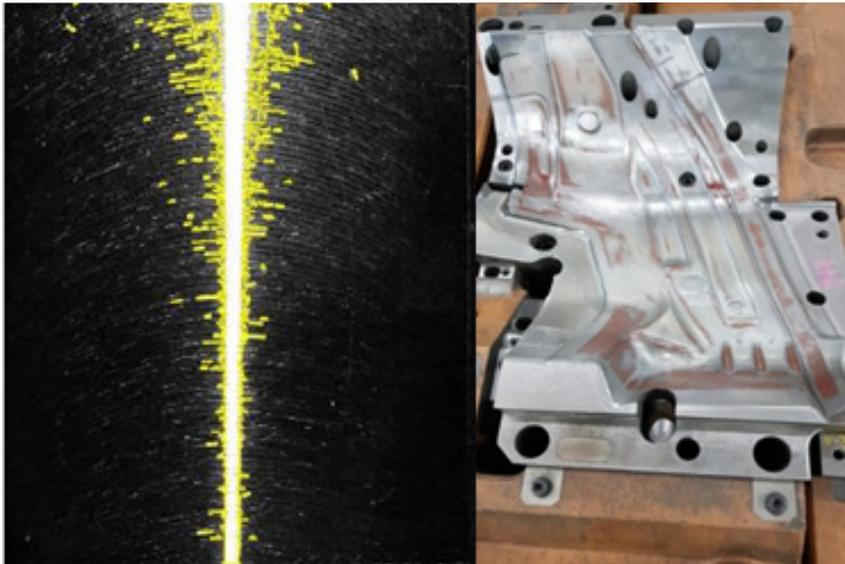
가. 기술 개발 목표 및 전략

- 1) 국내의 기계항공분야의 경우 과거 "Fast Follower"로서 생산구조를 노동집약에서 기술 집약, 지식기반으로 지속적 발전시켜오며 주력 산업분야 발전의 핵심기반기술 역할을 해왔으나, 기술적 원천성은 선진국에 비해 상대적으로 부족한 것이 현실임
- 2) 국내의 기계항공분야 분야에 창조적 미래전략 수립을 통한 창의적이고 체계적인 R&BD 및 중소·중소기업들과 공동 연구를 중장기적으로 수행할 필요가 있음
- 3) 따라서, 기계항공관련 기술분야에서 철저한 포지셔닝 분석과 미래기술 예측을 통해 신기술과 글로벌 제품 경쟁력을 확보 및 4대 과기원과 공동연구가 가능한 (1) 금형 사강 가공 및 장비 기술, (2)금형 가공 최적화 및 모니터링 기술, (3)신뢰성 높은 강건 생산 설계 및 시스템 기술, (4)고객수용 맞춤형 생산 및 표면처리기술, (5)초정밀 비손상/비오염 유연생산 및 제조 장비 기술, (6) 스마트 소자 필름용 소자 제조장비기술들을 선정함

나. 전략 기술 후보

1) 금형 사상 가공 및 장비 기술

- 가) 금형사상공정을 로봇가공 기반 3축 CNC 갠트리제어와 독립된 매니플레이터 통합제어 기술
- 나) 매니플레이터의 톨마크제거 및 형상수정가공 최적화를 위한 CPS 기반 시뮬레이터 개발
- 다) 공구마크제거 가공제어 기술
- 라) 형합공정의 국부 면적 정밀 치수보정작업을 위한 가공제어 기술
- 마) 사상가공진행상태의 온머신 측정기술
- 바) 금형형합(스탬핑)공정에서 상하금형의 접촉일치상태를 나타내는 광명단분포의 이미지 처리기술
- 사) 광스캔 반사광 촬영영상의 컬러 값을 이용한 미세 톨마크 정보의 산출기술



[그림 VI-8] 금형 가공시 톨마크 및 가공량 검출 기술 개발

2) 금형 가공 최적화 및 모니터링 기술

- 가) 복잡한 형상금형의 가공시간 단축을 위한 최적화 프로그램 개발
- 나) 실제 가공기계의 동적 특성을 반영한 가공안정선도 도출관련 알고리즘 개발
- 다) 금형재료 및 공구종류에 따른 가공력 상수 및 재료상수 도출 공정 수립 및 DB화
- 라) 금형 가공 중 채터현상을 방지하기 위한 가공 전 시뮬레이션 기술 개발 및 시스템 통합화
- 마) 실제 기계 조건이 반영된 최적화 과정을 통한 안정된 가공 조건 변경 기술

3) 신뢰성 높은 강건 생산 설계 및 시스템 기술

- 가) 생산 시스템 요소 부품 신뢰성 향상을 위해서 핵심 요소 부품 (베어링, 모터, 스피들) 강건화 설계 및 제작 및 평가 기술 개발
- 나) 시스템단위 강건 설계 기술 구축을 위해서 다중물리 기반 복합 강건 설계 기술, 강건 설계를 위한 정밀 제어 기술 및 노후 설비 개선/보완 기술 개발
- 다) 상태 기반 진단 처치 기술 및 유지/보수 비용 절감을 위해서 ICT 기반 통합 상태 진단 및 관리, 고장 예측 원천 기술 개발하고 예측 기반 유지 보수 및 자가 보전 기술 및 상태 진단 핵심 모듈 및 장비 개발
- 라) 권역별 신뢰성 통합 관리 센터 및 시스템 구축을 위해서 권역별 요소 부품 신뢰성 인증, 기업 훈련 및 지원 시스템 체계 구축

4) 고객 수요 맞춤형 생산 및 표면처리 기술

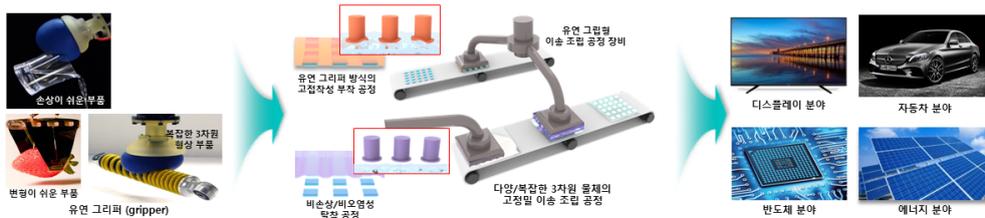
- 가) 프로슈머 네트워크 시스템 (PNS) 을 위해 설계, 해석, 디자인, 마케팅 등의 전문가 커뮤니티 구성하고 문서교환, 간단 설계, 해석 디자인 등이 가능한 ICT/모바일 SW 플랫폼 구축하고 이를 기반으로 개인, 창업자, 중소기업, 대기업으로 이어지는 순환적 온라인 커뮤니티 용 플랫폼 구축
- 나) 프로슈머 지원 센터 (PSC) 위해서 오프라인 상에 프로슈머 지원 센터를 구축하여 Table-top형 공정 셋업하고 각 가정, 기업, 혹은 실험실의 3D 프린팅, 스캐너와 연동한 CAE, 전/후처리, 측정 등의 지원으로 가시화, 제품화, 고품위화 관련 플랫폼 개발
- 다) 다양한 소재 및 제품 형상에 적용 가능한 품질에 가장 큰 영향을 미치는 제품 표면의 Crack, Pore 등의 Defects 제거를 통한 Defect-free 3D Printed parts 후처리 공정 기술개발



[그림 VI-9] 고객 수요 맞춤형 생산 및 표면처리 기술

5) 초정밀 비손상/비오염 유연생산 및 제조장비 기술

- 가) 유연 그립 방식(soft-grip)을 기반으로 하여 기존의 정밀 이송 조립 방식이 이송할 수 없는 다양한 굴곡 및 복잡한 형상을 지닌 3차원 물체, 손상이 쉬운 박막형 기판, 또는 각종 마이크로 디바이스를 높은 정밀도로 손상없이 이송 조립 가능한 기술
- 나) 전기/유압/공기압 기반 유연 그립퍼(soft-gripper)와 능동적으로 접촉력의 조절이 가능한 미세접착구조 및 기능성 유연 소재를 융합한 새로운 초정밀 이송 조립 기술
- 다) 미세접착구조의 고접착성/비손상성/비오염성을 기반으로 하여 이송 및 공정 중 열, 습도 등 다양한 환경에 노출 시에도 높은 부착력 유지 및 제어가 가능한 기술
- 라) 목표 위치로 이송 후, 압력, 전기, 열, 등을 이용하여 빠르고 손상/오염 없이 정밀하게 능동 제어 기술



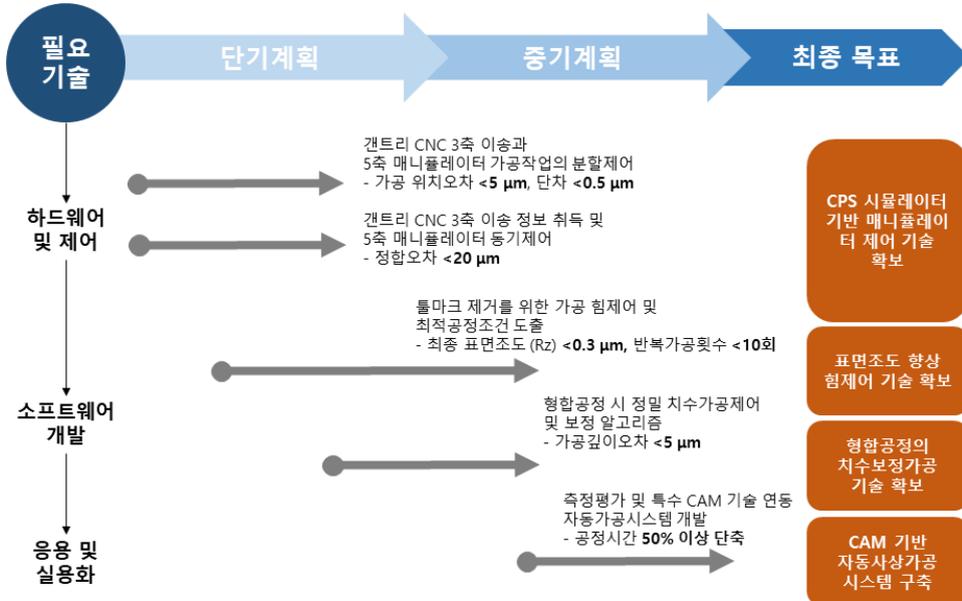
[그림 VI-10] 초정밀 비손상/비오염 유연 생산 및 제조 장비 기술 개요

6) 스마트 소자 필름용 소자 제조장비 기술

- 가) 전자 소자 및 기판의 단자 간 접속을 위한 TCB (thermo-compression bonding) 공정을 대체하는 차세대 소자 접속 공정 기술
- 나) 전도성/자가접착성/비손상성/유연성을 가지는 스마트 소자 접속 필름을 활용한 저온/저압 소자 접속 공정 및 장비 기술
- 다) 자가접착(기계적 인터페이스)을 통한 소자-단자 간 안정적인 전기적 접속(전기적 연결)을 위한 자연모사 자가접착 구조와 전도성 나노 소재 기반 기능성 전극 구조를 통합한 스마트 접속 필름을 까다로운 공정 조건 없이, 균일하고 안정적인 등방/이방성 소자 접속을 이룰 수 있는 높은 신뢰도의 공정기술

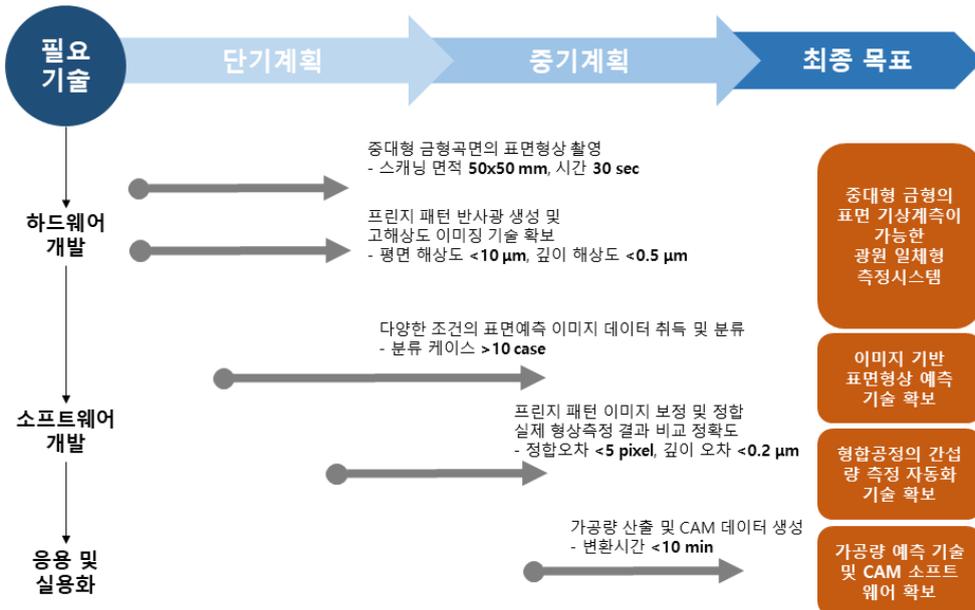
다. 계열 기술 개발 마일스톤 - 로드맵

1) 차세대 공작기계 분야



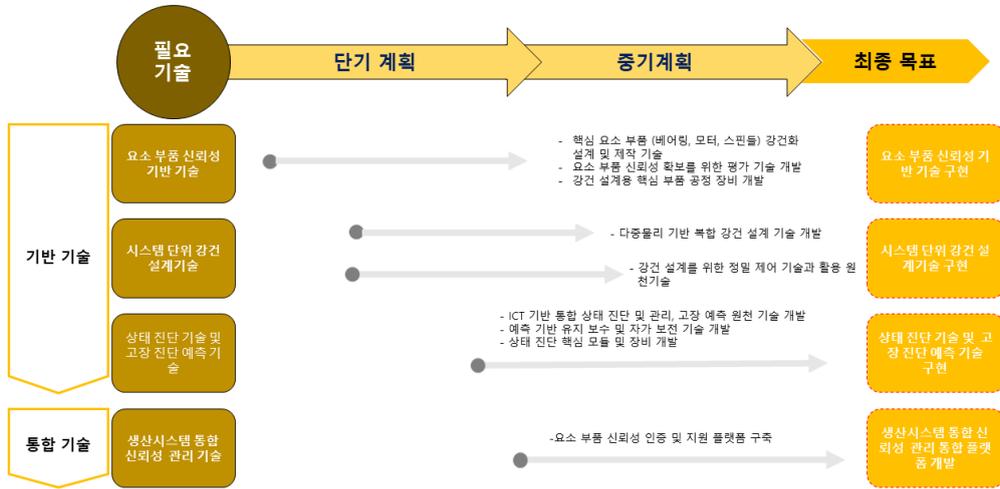
[그림 VI-11] 금형 사상 가공 및 장비 기술 로드맵

2) 차세대 금형기술 분야



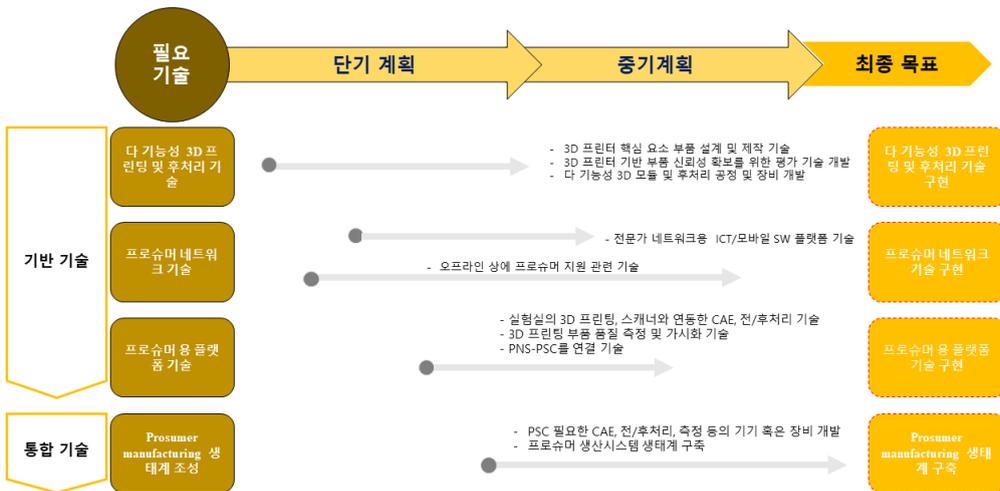
[그림 VI-12] 금형 가공 최적화 및 모니터링 기술 로드맵

3) 차세대 설계기술 분야



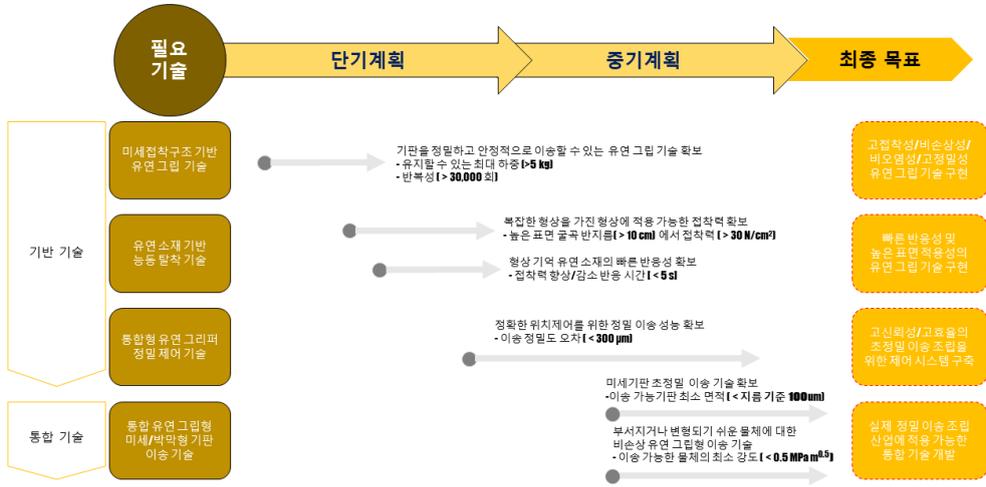
[그림 VI-13] 신뢰성 높은 강건 생산 설계 및 시스템 기술 로드맵

4) 차세대 생산 분야



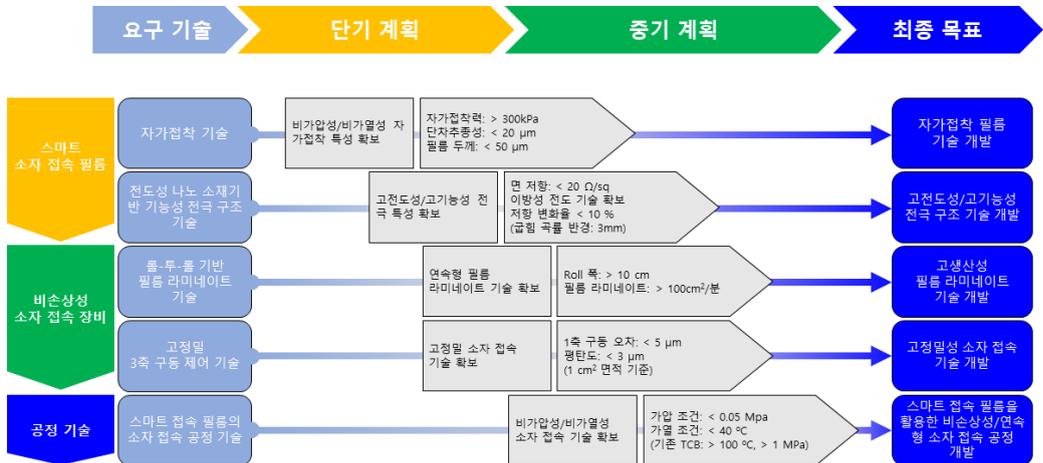
[그림 VI-14] 고객 수요 맞춤형 생산 및 표면처리 기술 로드맵

5) 차세대 초정밀 이송 분야



[그림 VI-15] 초정밀 비손상/비오염 유연 생산 및 제조 장비 기술 로드맵

6) 차세대 소자 제조 분야



[그림 VI-16] 스마트 소자 필름용 소자 제조 장비 기술 로드맵

라. 기술별 수요 중소·중견 수요 기업 후보 및 의견

- 1) 중소·중견기업 기업의 기술수요가 높은 분야를 반영하여 중소·중견기업의 기술혁신 및 글로벌 역량 향상에 실질적으로 도움이 되도록 중소기업 기술로드맵을 보완해 나갈 예정이다
- 2) 향후 중소·벤처기업부 R&D사업과의 연계를 지속 강화하여 중소·중견기업의 글로벌 기술 경쟁력 확보 지원 및 신성장동력 분야 선정 같은 연구 전략적 방향성을 제고에 기여 할 예정이다

마. 기술별 4대 과기원 연구개발 교수 후보

- 1) 차세대 공작기계분야 : 금형 사상 가공 및 장비 기술
(GIST 이선규 교수, UNIST 김덕영 교수)
- 2) 차세대 금형 기술분야 : 금형 가공 최적화 및 모니터링 기술
(KAIST 오일권 교수, GIST 이선규 교수, UNIST 박형욱 교수)
- 3) 차세대 설계 기술분야 : 신뢰성 높은 강건 생산 설계 및 시스템 기술
(KAIST 이익진 교수, UNIST 정하영 교수, UNIST 박형욱 교수)
- 4) 차세대 생산 분야 : 고객 수요 맞춤형 생산 및 표면처리 기술
(KAIST 윤용진 교수, KAIST 김영진 교수, UNIST 김남훈 교수, GIST 이용구 교수)
- 5) 차세대 초정밀 이송 분야 : 초정밀 비손상/비오염 유연 생산 및 제조 장비 기술
(UNIST 정훈의 교수, DGIST 장경인 교수)
- 6) 차세대 소자 제조 분야 : 초정밀 비손상/비오염 유연 생산 및 제조 장비 기술
(KAIST 김영진 교수, KAIST 박인규 교수, UNIST 정훈의 교수)

참고문헌

- 한국공작기계산업협회 (2018), **공작기계산업협회 공작기계산업통계연보.**
- 한국산업마케팅연구소 (2018), **2018 로봇산업 분야별 시장동향과 유망 기술 개발 및 기업 현황.**
- 한국생산제조시스템학회 (2014), **한국생산제조기술의 경쟁력 강화를 위한 창조적 미래전략 보고서.**
- Floridan Guldner (2015), *Market dynamics Behind Industry 4.0 and IoT.*
- Market and Market (2018), *Global Robotics Industry Report.*
- Market and Market (2019), *Electrically Conductive Adhesives Market Report.*



중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology Advancement Roadmap



VII

설문조사 결과 및 제언

A large circular graphic composed of several concentric white lines. Five white circular icons are placed around the inner circle: a person with a gear, a person with a magnifying glass, a handshake, a person with a gear, and a person with a gear. The text is centered within the innermost circle.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology
Advancement Roadmap

Ⅶ. 중소기업 기술혁신 전략 로드맵 설문조사 결과 및 제언

1. 설문 조사의 목적 및 조사 프로세스

가. 조사의 목적

- 1) 국내 중소·중견기업의 글로벌 경쟁력 강화를 위해, 기업의 기술개발 협력을 통한 4대 과기원의 역할을 모색하고자 함
- 2) 설문조사의 자료는 기업체의 인식이나 인지를 기반으로 하며, 기술적, 과학적 사실과 다를 수도 있음. 4개 과기대 엔지니어들이 선정한 후보 기술에 대하여 혁신 기술 수요기업이 중요시 여기는 기술을 파악함
- 3) “중소기업 기술혁신전략 로드맵” 수립에 도움이 될 자료를 제공하고자 함

나. 응답자 선정 기준

- 1) 국내 중소·중견기업 종사자를 대상으로 응답자가 높은 이해도를 가지고 있는 세부기술에 한정하여 설문을 진행함(분과별 세부기술에 대한 이해도를 ‘모른다’, ‘잘 모르는 편이다’, ‘잘 아는 편이다’, ‘잘 안다’로 질문하고 ‘잘 아는 편이다’ 이상으로 응답한 사람을 대상으로 설문을 진행함)
- 2) 본 설문은 목적이 “중소기업 기술혁신 전략 로드맵”을 수립하는 것이기 때문에 ‘소기업’, ‘중소기업’, ‘중견기업’, ‘대기업’ 중 ‘소기업’, ‘중소기업’, ‘중견기업’에 해당하는 설문 참여기업을 대상으로 설문을 진행함



[그림 VII-1] 설문 프로세스

2. 설문 응답 정보

가. 온라인 설문을 위한 메일 발송 및 설문 응답 정보

1) 총 1,094명의 설문 응답을 바탕으로 분석을 진행함

〈표 VII-1〉 설문 메일 발송 및 설문 응답 정보

설문 메일 발송 정보	통	설문 응답 정보	명
발송 메일	62,500	설문 참여 인원	11,656
발송 완료 메일	60,325	설문 대상이 아닌 인원	10,548
수신 확인 메일	15,194	응답 완료 인원	1,108
		개인정보 미동의 인원	14
		실제 분석 인원	1,094

나. 설문 응답기업 정보

1) 분과별 응답기업 규모

- 가) 설문 응답기업의 규모를 확인하기 위하여, 설문 참여자에게 ‘소기업’, ‘중소기업’, ‘중견기업’, ‘대기업’ 중 어디에 속하는지 질문하였으며, 본 설문에서는 ‘소기업’, ‘중소기업’, ‘중견기업’에 해당하는 응답기업을 대상으로 설문을 실시함
- 나) 본 설문에 참여한 1,094개의 응답기업 중, 소기업으로 분류된 기업은 213개사, 중소기업으로 분류된 기업은 597개사, 중견기업으로 분류된 기업은 284개사임

〈표 VII-2〉 분과별 응답기업 규모 (빈도수)

분과 \ 기업 규모	소기업	중소기업	중견기업	전체
ICT/SW	51	130	47	228
첨단소재부품	38	127	53	218
기계항공	32	118	65	215
공정장비	44	109	62	215
바이오-헬스	48	113	57	218
전체	213	597	284	1,094

2) 응답기업 산업 정보

- 가) 설문에 참여한 응답자가 소속하고 있는 기업의 산업을 확인하기 위하여 각 응답자들에게 소속 기업의 산업 구분에 대한 설문을 진행하였으며, 이에 대한 답변은 중복응답을 허용함
- 나) 본 설문에 참여한 응답기업의 대부분이 제조기업에 해당하였으며, 제조기업이 아니더라도 본 설문에서 분석하고자 하는 기술에 대한 이해도가 높은 응답자의 경우에는 설문을 진행함

〈표 VII-3〉 응답기업 산업 정보 (중복 응답 가능)

산업 구분	빈도수
(C10) 식료품 제조업	90
(C11) 음료 제조업	40
(C12) 담배 제조업	11
(C13) 섬유제품 제조업; 의복제외	21
(C14) 의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	18
(C15) 가죽, 가방 및 신발 제조업	15
(C16) 목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	18
(C17) 펄프, 종이 및 종이제품 제조업	15
(C18) 인쇄 및 기록매체 복제업	22
(C19) 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	6
(C20) 화학물질 및 화학제품 제조업'의약품 제외	56
(C21) 의료용 물질 및 의약품 제조업	48
(C22) 고무 및 플라스틱제품 제조업	15
(C23) 비금속 광물제품 제조업	13
(C24) 1차 금속 제조업	63
(C25) 금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	62
(C26) 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	99
(C27) 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	74
(C28) 전기장비 제조업	77
(C29) 기타 기계 및 장비 제조업	69
(C30) 자동차 및 트레일러 제조업	38
(C31) 기타 운송장비 제조업	18
(C32) 가구 제조업	30
(C33) 기타 제품 제조업	95
(C34) 산업용 기계 및 장비 수리업	40
(J582) 소프트웨어 개발 및 공급업	102
(J62) 컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	97
기타	194

다. 설문을 실시한 분과별 세부기술 정보

1) ICT/SW분과

가) ICT/SW분과에서는 중소·중견기업 적합 수요기술로 저가형 라이더 기술, 개인 맞춤형 추천기술, 자연어 처리 기술, 대화형 UI기술, AR/VR 기술을 선정함

〈표 VII-4〉 ICT/SW분과 선정 세부기술 설명

기술명	기술 설명
저가형 라이더 기술	LiDar에서 취득한 3차원 깊이 정보를 그에 대응되는 카메라 영상 정보를 이용하여 보정하는 기술
개인 맞춤형 추천 기술	사용자로부터 수집한 각종 프로파일 정보를 토대로, 개인의 취향에 맞는 콘텐츠 등을 자동으로 추천하는 기술
자연어 처리 기술	이종/동종 분야간 정보들과 모델 간 유사도 기반 관련 지식 추정을 통해 스스로 학습하고 신속하게 서비스하는 기술
대화형 UI기술	서비스를 제공받거나 제공하기 위해 필요한 일체의 인터랙션을 일반 사람의 자연어 대화 수준을 통해 수행하는 기술
AR/VR기술	AR/VR 환경에서 제공되는 시각 및 청각 정보에 대응하여 적절한 촉각 정보를 제공해 사용자의 경험을 극대화하는 기술

2) 첨단소재부품분과

가) 첨단소재부품분과에서는 중소·중견기업 적합 수요기술로 고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술, 차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술, 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술을 선정함

〈표 VII-5〉 첨단소재부품분과 선정 세부기술 설명

기술명	기술 설명
고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술	소자 내에 있는 나이트라이드를 선택적으로 식각하기 위해서 인산공정이 필요한데 향후 선택비가 더욱 우수한 인산공정 개발이 중요함
차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술	고유전막으로 ZAT(ZrO2/AI2O3/TiO2) 제안되고 있으며, 이를 실제 공정으로 구현할 수 있는 박막제조 공정기술이 개발되어야 함
배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	이차전지 전해질(액체전해질의 고성능 첨가제/겔형 고분자 고체전해질/전고상 고분자 전해질), 리튬이온전지 활물질(고용량 니켈계 양극재/실리콘계 음극재/복합체전극)

3) 기계항공분과

- 가) 기계항공분과에서는 중소·중견기업 적합 수요기술로 초정밀 이송 기술, 차세대 소자 제조 기술, 차세대 금형 기술, 차세대 공작기계 기술, 차세대 설계기술, 차세대 생산 기술을 선정함

〈표 VII-6〉 기계항공분과 선정 세부기술 설명

기술명	기술 설명
초정밀 이송 기술	유연 그립 방식을 기반으로 하여 3차원 복잡한 형상 디바이스를 높은 정밀도로 손상 없이 이송 조립 가능한 기술
차세대 소자 제조 기술	다 기능성 스마트 소자 접속 필름을 활용한 저온 및 저압 소자 접속 공정 및 장비 기술
차세대 금형 기술	실제 기계 조건이 반영된 최적화된 금형 가공 기술 및 모니터링 기술
차세대 공작기계 기술	로봇 가공 기반 금형 가공시 3축 CNC 갠트리 제어와 독립된 매니퓰레이터 통합 제어 기술 및 장비 기술
차세대 설계기술	외부 노이즈(환경)에 강하고 내/외부 인자의 영향을 덜 받는 최적의 생산 설비 설계 및 시스템 기술
차세대 생산기술	단지성의 설계/해석/개선 작업이 바탕으로 제조 및 상품화 관련 기술

4) 공정장비분과

- 가) 공정장비분과에서는 중소·중견기업 적합 수요기술로 나노스케일 표면처리 기술, 수소 저장 및 운송 기술을 선정함

〈표 VII-7〉 공정장비분과 선정 세부기술 설명

기술명	기술 설명
나노스케일 표면처리 기술	반도체 공정 중 필요한 도핑, 결정화, 증착 등에 필요한 표면 처리 기술
수소 저장 및 운송 기술	수소 경제로의 전환에 핵심 요소인 수소의 물리-화학적 저장 및 운송 기술

5) 바이오-스마트헬스분과

- 가) 공정장비분과에서는 중소·중견기업 적합 수요기술로 3D자기장 정밀제어 시스템, 바이오 시뮬러 기술, 뇌질환 진단기술, 유전체/오믹스 통합 분석기술, 약물평가 시스템을 선정함

〈표 VII-8〉 바이오-스마트헬스분과 선정 세부기술 설명

기술명	기술 설명
3D자기장 정밀제어 시스템	일반 약물치료는 신체 내 부작용인 약물유해반응에 관한 보고 건수가 증가하고 있음. 이러한 기존의 치료법들의 한계를 극복하고자 최소 침습 기반 정밀 진단 및 표적 지향성 정밀치료에 대한 필요가 급증하고 있음
바이오 시뮬러 기술	국내 제약산업은 일부 합성기술을 제외하고는 세계적인 기술수준에 미치지 못하여 주로 선진 제약사의 특허가 만료된 오리지널 의약품에 대한 제네릭 의약품을 생산, 판매하는 수준이며, 오리지널 제품의 수입 판매에 의존하는 등 내수중심의 시장이 형성되어 있음
뇌질환 진단기술	전 세계적으로 고령화 및 만성질환의 증가로 인해 인공지능을 접목한 의료 빅데이터 기반의 스마트 헬스케어 시장 규모는 급격하게 성장 하고 있음. 특히, 우울증 또는 치매 등의 뇌-질환 조기진단을 위한 생체신호의 바이오 마커를 활용한 조기진단법 개발의 중요성이 강조되고 있음
유전체/오믹스 통합 분석기술	정밀의료, 개인 건강관리 등 의료 패러다임의 변화로 인해 유전체 정보의 중요성에 대한 인식이 제고되었고, 유전체 정보에 대한 개인의 접근성이 높아짐에 따라 다양한 활용 가능성이 존재함. 통합 유전체 플랫폼 기술은 유전체 데이터 분석 뿐 아니라 의료 현장에서의 활용 및 인공지능 신약 개발 등 정밀 의료의 다양한 분야에 활용 될 수 있는 중요한 기반 기술을 제공함으로써 산업적 활용도는 대폭 증가할 전망임
약물평가 시스템	기존의 2D 세포 배양 및 동물 실험 기반 약물 평가 시스템은 인간 신체 내 생리학적 환경을 반영하지 못하여 신체 내 약물 효과를 정확히 예측하기 어려움. 또한 개인마다 다른 세포 및 조직 특성을 반영하지 못하여 동일 약물에 대해 각기 다른 치료 효과를 나타내며, 심지어 부작용을 동반함. 이를 해결하기 위해 신체 내 장기 및 생리학적 환경을 모사한 3D 장기 모델 기반 신체 모사 칩 개발을 통해 약물 등과 같은 외부 물질의 신체 내에서의 안정성 및 효능을 보다 정확하게 예측할 수 있는 차세대 약물 평가 시스템을 개발함

3. 4대 과기원 추천 유망 기술을 중요하게 인식하며, 과기원과 협력하려는 의도가 높은 중소·중견기업 파악

가. 분석의 목적 및 의미

- 1) 4대 과기원의 제안 기술들이 글로벌 경쟁력을 가질 수 있는 국내 중소·중견기업과의 협력을 통하여 시장에서 성과를 내기 위한 수준으로 인식되느냐를 파악하기 위함
- 2) 국내 중소·중견기업이 제안 기술들을 중요하고 시급하다고 인식하면서, 스스로도 필요한 수준의 준비(높은 수준의 기술 개발 및 사업시작)를 마친 상태여야 협력이 가능함
- 3) 다수의 국내 중소·중견기업들이 최고수준의 4대 과기원과의 협력을 오히려 회피하는 경향이 있으므로, 같이 협력하고자 의향을 가진 기업들의 존재가 중요
- 4) 이상의 조건에 맞는 국내 중소·중견기업들이 존재한다면 과기원 제안 기술들의 정책적 타당성을 높여 줌

나. 설문 내용 및 분석 방법

- 1) 각 분과별로 선정한 세부기술들에 대한 기술 개발 단계, 4대 과기원과의 협력 필요성, 중요성 인식을 고려하였을 때, 설문 응답기업 중 4대 과기원이 우선적으로 지원해야 응답기업을 분석함
 - 가) 각 분과에서 선정한 세부기술에 대한 응답기업의 기술 개발 단계를 분석하기 위하여 ‘00기술에 대한 귀사의 현재 기술 개발 현황은 어느 단계입니까?’와 같은 질문을 실시하였으며, 이에 대한 답을 ‘기초 연구 단계’, ‘실험 단계’, ‘시작품 단계’, ‘제품화 단계’, ‘사업화 단계’ 중 선택할 수 있도록 함
 - 나) 분과별로 선정한 세부기술을 개발하는데 응답기업이 4대 과기원과 협력하고자 하는 의사 및 필요성의 정도를 측정하기 위하여 ‘00기술 개발을 바탕으로 글로벌 경쟁력을 함양하기 위하여 4대 과기원과 협력이 필요하다고 생각하십니까?’ 이라는 질문을 7점 척도(1점-그렇지 않음, 7점-그러함)로 실시함
 - 다) 분과별로 선정한 세부기술 개발에 대한 응답기업의 중요성 인식 정도를 측정하기 위하여 ‘귀사는 지금 현재 00기술의 중요성이 어느 정도인 것으로 파악하십니까?’ 및 ‘귀사는 [3년 이내/5년 이내] 00기술의 중요성이 어느 정도 일 것으로 예상하십니까?’와 같은 질문을 7점척도(1점-매우 낮음, 7점-매우 높음)로 실시함
- 2) 기술 개발 단계가 **시작품 단계** 이상인 경우, 4대 과기원과의 협력 필요성을 7점 만점에서 **6점 이상**으로 높게 인식하면서, 각 세부기술에 대한 중요성 인식이 7점 만점에서 **6점 이상**인 경우에 한정하여 **목표 중소·중견기업의 존재여부 파악**

다. 분석 결과

- 1) 4대 과기원에서 제안한 21개 기술 전부 최소 1개 이상의 응답기업(국내 중소·중견기업)이 본 분석의 조건을 모두 만족하였음. 따라서 제안된 모든 기술은 국내 중소·중견기업과 4대 과기원의 협력 대상이 될 수 있을 것으로 판단됨
- 2) 그러나, 정책 결정시 정책의 우선순위가 필요하다면 조건을 좀 더 강화하여 기술 지원의 우선순위를 정할 수 있음

〈표 VII-9〉 설문 응답기업 중 4대 과기원 우선 지원 기업의 세부기술별 현황

분과	세부기술	기술 개발 단계 및 협력 필요성이 높고						전체 설문 응답자
		단기 중요성 높음		중기 중요성 높음		장기 중요성 높음		
		n	%	n	%	n	%	
ICT /SW	저가형 라이더 기술	4	6.3	4	6.3	4	6.3	63
	개인 맞춤형 추천 기술	4	2.3	5	2.8	6	3.4	176
	자연어 처리 기술	2	2.8	1	1.4	1	1.4	71
	대화형 UI기술	6	4.2	6	4.2	6	4.2	142
	AR/VR기술	10	7.9	8	6.3	8	6.3	127
첨단 소재 부품	고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술	3	2.8	5	4.6	4	3.7	109
	차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술	5	3.9	3	2.3	3	2.3	128
	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	3	1.7	3	1.7	2	1.1	174
기계 항공	초정밀 이송 기술	6	7.6	8	10.1	8	10.1	79
	차세대 소자 제조기술	4	4.0	3	3.0	4	4.0	99
	차세대 금형 기술	8	5.9	9	6.6	10	7.4	136
	차세대 공작 기계 기술	3	3.1	2	2.0	3	3.1	98
	차세대 설계 기술	4	3.4	3	2.6	2	1.7	116
	차세대 생산 기술	5	3.7	6	4.4	5	3.7	135

분과	세부기술	기술 개발 단계 및 협력 필요성이 높고						전체 설문 응답자
		단기 중요성 높음		중기 중요성 높음		장기 중요성 높음		
		n	%	n	%	n	%	
공정 장비	나노스케일 표면처리 기술	8	4.7	10	5.9	9	5.3	170
	수소 저장 및 운송 기술	7	4.8	9	6.2	10	6.8	146
바이오 -스마트 헬스	3D자기장 정밀제어 시스템	1	1.0	1	1.0	1	1.0	103
	바이오 시밀러 기술	2	1.6	2	1.6	3	2.4	124
	뇌질환 진단기술	2	1.8	3	2.7	3	2.7	112
	유전체/오믹스 통합 분석기술	5	5.0	5	5.0	5	5.0	100
	약물평가 시스템	3	2.4	2	1.6	2	1.6	124

4. 분과별 세부기술에 대한 응답기업의 기술개발 단계

가. 설문 내용 및 분석 방법

- 1) 각 분과에서 선정한 세부기술에 대한 응답기업의 기술 개발 단계를 분석하기 위하여 ‘00 기술에 대한 귀사의 현재 기술 개발 현황은 어느 단계입니까?’와 같은 질문을 실시하였으며, 이에 대한 답을 ‘기초 연구 단계’, ‘실험 단계’, ‘시작품 단계’, ‘제품화 단계’, ‘사업화 단계’ 중 선택할 수 있도록 함
- 2) 빈도수의 측면에서 세부기술에 대한 응답기업은 기술개발 단계를 분석함

나. 분석 결과

- 1) ICT/SW분과
 - 가) 개인 맞춤형 추천 기술, 자연어 처리 기술, 대화형 UI기술, AR/VR기술의 경우, 기초 연구 단계에 속한 응답기업의 수가 가장 많은 것으로 분석됨
 - 나) 저가형 라이터 기술의 경우, 실험 단계에 속한 응답기업의 수가 가장 많은 것으로 분석됨
 - 다) ICT/SW분과에서 선정한 세부기술에 대하여 사업화 단계에 돌입한 응답기업의 수가 가장 적은 것으로 분석됨

〈표 VII-10〉 응답기업의 세부기술 개발 단계, ICT/SW분과 (빈도수)

세부기술	개발 단계	기초 연구 단계	실험 단계	시작품 단계	제품화 단계	사업화 단계	전체
저가형 라이다 기술		16	21	14	11	1	63
개인 맞춤형 추천 기술		95	40	29	8	4	176
자연어 처리 기술		31	17	14	7	2	71
대화형 UI기술		84	30	14	7	7	142
AR/VR기술		64	23	21	10	9	127

2) 첨단소재부품분과

- 가) 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술의 경우에는 기초 연구 단계에 머무른 응답기업의 수가 가장 많은 것으로 분석됨
- 나) 고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술과 차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술의 경우, 실험 단계에 돌입한 응답기업의 수가 가장 많은 것으로 분석됨
- 다) 첨단소재부품분과에서 선발한 세부기술의 경우에는 사업화 단계에 돌입한 응답기업의 수가 매우 적은 것으로 분석됨

〈표 VII-11〉 응답기업의 세부기술 개발 단계, 첨단소재부품분과 (빈도수)

세부기술	개발 단계	기초 연구 단계	실험 단계	시작품 단계	제품화 단계	사업화 단계	전체
고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술		29	42	26	10	2	109
차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술		42	48	28	9	1	128
배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술		71	47	40	14	2	174

3) 기계항공분과

- 가) 기계항공분과에서 선발한 세부기술에 대한 응답기업의 기술개발 단계는 대부분이 기초 연구 단계에 머물고 있는 것으로 확인됨
- 나) 기계항공분과에서 선발한 세부기술이 사업화 단계에 돌입한 응답기업의 수는 극히 적은 것으로 분석됨

〈표 VII-12〉 응답기업의 세부기술 개발 단계, 첨단소재부품분과 (빈도수)

세부기술 \ 개발 단계	기초 연구 단계	실험 단계	시작품 단계	제품화 단계	사업화 단계	전체
초정밀 이송 기술	18	22	20	15	4	79
차세대 소자 제조 기술	31	28	22	11	7	99
차세대 금형 기술	45	35	27	18	11	136
차세대 공작기계 기술	38	30	18	10	2	98
차세대 설계기술	37	33	29	13	4	116
차세대 생산기술	51	34	37	9	4	135

4) 공정장비분과

- 가) 공정장비분과에서 선발한 세부기술에 대한 응답기업의 기술개발 단계는 대부분이 기초 연구 단계 혹은 실험 단계인 것으로 확인됨
- 나) 공정장비분과에서 선발한 세부기술이 사업화 단계에 돌입한 응답기업의 수는 극히 적은 것으로 분석됨

〈표 VII-13〉 응답기업의 세부기술 개발 단계, 공정장비 (빈도수)

세부기술 \ 개발 단계	기초 연구 단계	실험 단계	시작품 단계	제품화 단계	사업화 단계	전체
나노스케일 표면처리 기술	47	48	45	20	10	170
수소 저장 및 운송 기술	52	37	37	18	2	146

5) 바이오-스마트헬스분과

- 가) 바이오-스마트헬스분과에서 선발한 세부기술에 대한 응답기업의 기술개발 단계는 대부분이 기초연구 단계에 머물고 있는 것으로 확인됨
- 나) 바이오-스마트헬스분과에서 선발한 세부기술이 사업화 단계에 돌입한 응답기업의 수는 극히 적은 것으로 분석됨

〈표 VII-14〉 응답기업의 세부기술 개발 단계, 바이오-스마트헬스분과 (빈도수)

세부기술	개발 단계	기초 연구 단계	실험 단계	시작품 단계	제품화 단계	사업화 단계	전체
3D자기장 정밀제어 시스템		38	35	22	6	2	103
바이오 시뮬러 기술		56	36	25	6	1	124
뇌질환 진단기술		53	31	16	9	3	112
유전체/오믹스 통합 분석기술		43	28	20	6	3	100
약물평가 시스템		62	35	15	8	4	124

5. 분과별 세부기술에 대한 응답기업의 인지된 기술 격차

가. 설문 내용 및 분석 방법

- 1) 분과별 세부기술에 대하여 응답기업이 글로벌 1위 기업과 기술 격차를 어느 정도로 인지하고 있는지 분석함⁵³⁾
- 2) 글로벌 1위 기업과의 기술 격차를 분석하기 위하여 ‘00기술에 대한 귀사의 현재 기술 수준은 글로벌 1위 기업과 비교하였을 때, 어느 수준입니까?’와 같은 질문을 제시하였으며, 이에 대한 답변을 ‘글로벌 1위 기업과 00년 수준’ 및 ‘글로벌 1위 기업의 00% 수준’와 같은 형식으로 받음

53) 본 분석에서는 이상점으로 인한 결과의 불확실성을 줄이기 위하여 평균값이 아닌 중위값을 바탕으로 응답기업이 인지하고 있는 기술 격차를 분석함

나. 분석 결과

1) ICT/SW분과

- 가) 저가형 라이더 기술의 기술격차가 글로벌 1위 기업과 4년 및 30% 수준으로 기간 및 %의 측면에서 모두 가장 적은 것으로 분석됨
- 나) 대화형 UI기술의 기술격차는 글로벌 1위 기업과 6년 및 10% 수준으로 기간 및 %의 측면에서 모두 가장 큰 것으로 분석됨

〈표 VII-15〉 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, ICT/SW분과 (중위값)

	년	%
저가형 라이더 기술	4.00	30.00
개인 맞춤형 추천 기술	5.00	10.00
자연어 처리 기술	5.00	15.00
대화형 UI기술	6.00	10.00
AR/VR기술	5.00	10.00

2) 첨단소재부품분과

- 가) 고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술의 기술격차는 글로벌 1위 기업의 30% 수준으로 %의 측면에서 가장 적은 것으로 분석됨
- 나) 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술의 기술격차는 글로벌 1위 기업의 20% 수준으로 %의 측면에서 가장 큰 것으로 분석됨

〈표 VII-16〉 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, 첨단소재부품분과 (중위값)

	년	%
고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술	5.00	30.00
차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술	5.00	28.00
배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	5.00	20.00

3) 기계항공분과

- 가) 기간의 측면에서는 차세대 소자 제조 기술이 글로벌 1위 기업과 4년 차이로 가장 적은 것으로 분석되는 반면, %의 측면에서는 차세대 이송기술의 기술격차가 글로벌 1위 기업의 40% 수준으로 가장 적은 것으로 분석됨
- 나) %의 측면에서 차세대 금형 기술 및 차세대 동작기계 기술의 기술격차는 글로벌 1위 기업과 20% 수준으로 가장 큰 것으로 분석됨

〈표 VII-17〉 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, 기계항공분과 (중위값)

	년	%
초정밀 이송 기술	5.00	40.00
차세대 소자 제조 기술	4.00	30.00
차세대 금형 기술	5.00	20.00
차세대 공작기계 기술	5.00	20.00
차세대 설계기술	5.00	27.50
차세대 생산 기술	5.00	20.00

4) 공정장비분과

- 가) %의 측면에서 나노스케일 표면처리 기술의 기술격차는 글로벌 1위 기업과 30% 수준으로 가장 작은 것으로 분석됨
- 나) %의 측면에서 수소 저장 및 운송 기술의 기술격차는 글로벌 1위 기업과 20% 수준으로 가장 큰 것으로 분석됨

〈표 VII-18〉 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, ICT/SW분과 (중위값)

	년	%
나노스케일 표면처리 기술	5.00	30.00
수소 저장 및 운송 기술	5.00	20.00

5) 바이오-스마트헬스분과

- 가) 바이오-스마트헬스분과가 선정한 세부기술의 기술격차는 기간과 %의 측면에서 모두 큰 차이가 없음

〈표 VII-19〉 글로벌 1위 기업과의 기술 격차, ICT/SW분과 (중위값)

	년	%
3D자기장 정밀제어 시스템	5.00	20.00
바이오 시밀러 기술	5.00	20.00
뇌질환 진단기술	5.00	20.00
유전체/오믹스 통합 분석기술	5.00	20.00
약물평가 시스템	5.00	20.00

6. 4대 과기원 선정기술 개발을 통한 글로벌 경쟁력 향상

가. 설문 내용 및 분석 방법

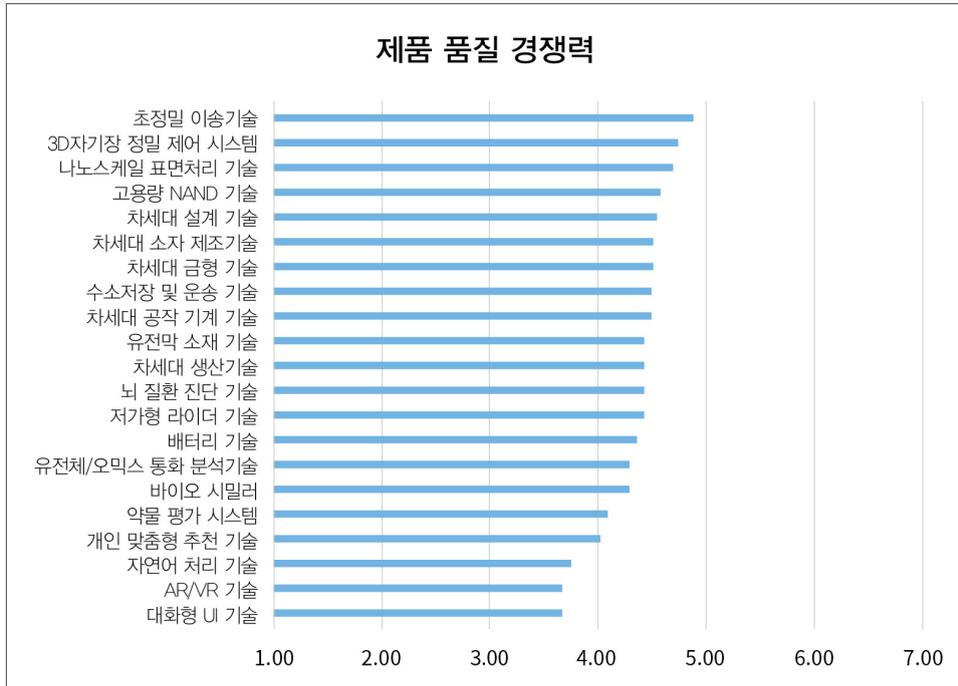
- 1) 분과별로 선정된 중소·중견기업 적합기술을 개발하였을 때, 응답기업이 예상하는 글로벌 경쟁력 향상의 정도를 제품 품질 및 가격 경쟁력 향상의 측면에서 분석함
- 2) 분과별로 선정된 세부기술의 개발을 통하여, 응답기업이 예상하는 글로벌 제품 [품질/가격] 경쟁력 향상의 정도를 측정하기 위하여 ‘00기술을 개발하였을 때, 글로벌 시장에서의 귀사 제품의 [품질/가격] 경쟁력 향상을 어느 정도 기대하십니까?’이라는 질문을 실시함
- 3) 설문은 7점 척도(1점-매우 낮음, 7점-매우 높음)를 통하여 진행되었으며, 각 질문에 대한 평균값을 바탕으로 세부기술 개발을 통한 글로벌 경쟁력 향상 정도를 분석함

나. 분석 결과

〈표 VII-20〉 4대 과기원 선정기술 개발을 통한 글로벌 경쟁력 향상 (평균)

분과	세부기술	제품 품질 경쟁력	제품 가격 경쟁력
ICT/SW	저가형 라이더 기술	4.43	4.65
	개인 맞춤형 추천 기술	4.03	4.12
	자연어 처리 기술	3.77	3.97
	대화형 UI기술	3.67	3.68
	AR/VR기술	3.67	3.90
첨단소재 부품	고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술	4.60	4.84
	차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술	4.45	4.73
	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	4.39	4.51
기계항공	초정밀 이송 기술	4.89	4.95
	차세대 소자 제조기술	4.53	4.64
	차세대 금형 기술	4.52	4.57
	차세대 공작 기계 기술	4.50	4.55
	차세대 설계 기술	4.56	4.58
	차세대 생산 기술	4.45	4.45
공정장비	나노스케일 표면처리 기술	4.72	4.77
	수소 저장 및 운송 기술	4.50	4.79
바이오-스 마트 헬스	3D자기장 정밀제어 시스템	4.79	4.91
	바이오 시밀러 기술	4.31	4.48
	뇌질환 진단기술	4.45	4.47
	유전체/오믹스 통합 분석기술	4.33	4.44
	약물평가 시스템	4.13	4.25

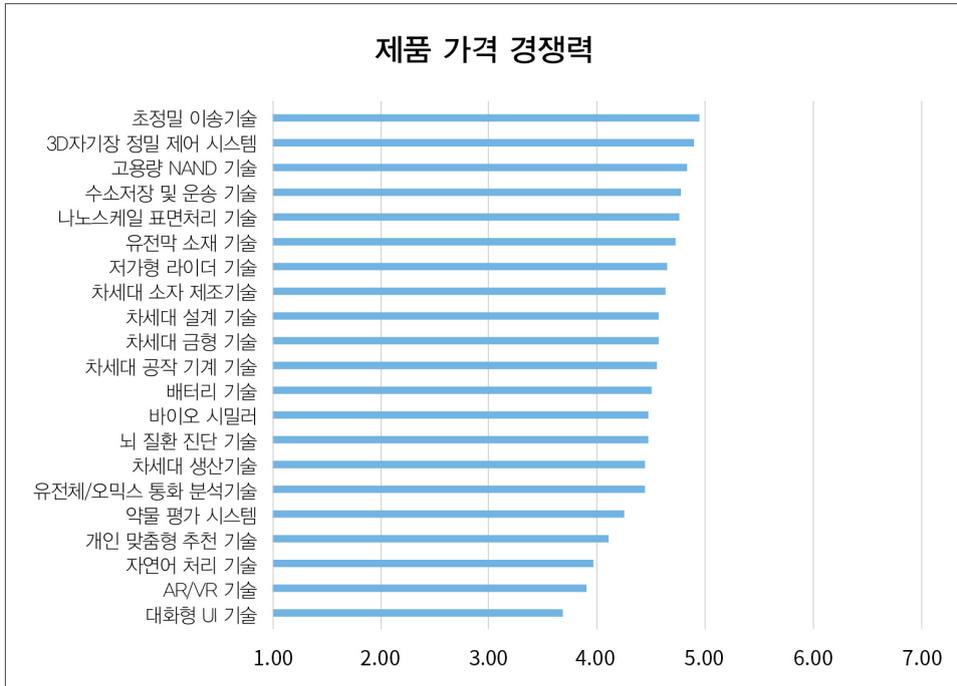
1) 4대 과기원 선정기술 개발을 통하여 예상되는 글로벌 제품 품질 경쟁력의 향상



[그림 VII-2] 세부기술 개발을 통한 제품 품질 경쟁력 향상

- 가) 4대 과기원 선정기술 개발을 통하여 기대되는 글로벌 경쟁력 향상을 제품 품질 경쟁력의 측면에서 분석한 결과, 기계항공분과에서 선정한 초정밀 이송기술이 7점 만점에 평균 4.89점으로 가장 높은 기대를 받고 있는 것으로 분석되며, 바이오-스마트헬스분과의 3D자기장 정밀제어 시스템(4.79점), 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술(4.72점), 고용량 NAND를 구현하기 위한 식각기술(4.60점), 기계항공분과의 차세대 설계기술(4.56점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 나) 4대 과기원 선정기술 개발을 통하여 기대되는 글로벌 경쟁력 향상을 제품 품질 경쟁력의 측면에서 분석한 결과, ICT/SW분과의 대화형 UI기술과 AR/VR기술이 각각 7점 만점에 평균 3.67점으로 가장 낮은 기대를 받고 있는 것으로 분석되었으며, ICT/SW분과의 자연어 처리 기술(3.77점), 개인맞춤형 추천 기술(4.03점), 바이오-스마트헬스분과의 약물평가 시스템(4.13점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

2) 4대 과기원 선정기술 개발을 통하여 기대되는 글로벌 제품 가격 경쟁력의 향상



[그림 VII-3] 세부기술 개발을 통한 제품 가격 경쟁력 향상

- 가) 4대 과기원 선정기술 개발을 통하여 기대되는 글로벌 경쟁력 향상을 제품 가격 경쟁력의 측면에서 분석한 결과, 기계항공분과에서 선정한 초정밀 이송기술이 7점 만점에 평균 4.95점으로 가장 높은 기대를 받고 있는 것으로 분석되며, 바이오-스마트헬스분과의 3D자기장 정밀제어 시스템(4.91점), 첨단소재부품분과의 고용량 NAND를 구현하기 위한 식각기술(4.84점), 공정장비분과의 수소저장 및 운송 기술(4.79점), 나노스케일 표면처리 기술(4.77점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 나) 4대 과기원 선정기술 개발을 통하여 기대되는 글로벌 경쟁력 향상을 제품 가격 경쟁력의 측면에서 분석한 결과, ICT/SW분과의 대화형 UI기술이 7점 만점에 평균 3.68점으로 가장 낮은 기대를 받고 있는 것으로 분석되었으며, ICT/SW분과의 AR/VR기술(3.90점), 자연어 처리 기술(3.97점), 개인맞춤형 추천 기술(4.12점), 바이오-스마트헬스분과의 약물평가 시스템(4.25점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

다. 응답기업의 규모에 따른 비교 분석

1) 분석 방법

가) t-test을 통하여 중견기업인 응답기업과 중견기업이 아닌 응답기업이 4대 과기원 선정 기술 개발을 통해 기대하는 글로벌 경쟁력 향상의 차이를 비교 분석함

2) 분석 결과

가) 기계항공분과의 차세대 금형 기술, 공정장비분과의 수소 저장 및 운송 기술, 바이오-스마트헬스분과의 유전/오믹스 통합 분석-기반 정밀의료 기술의 경우에는 기업의 규모가 비교적 큰 기업에게 글로벌 제품 품질 경쟁력 함양의 측면에서 더욱 적합한 것으로 분석됨

〈표 VII-21〉 4대 과기원 선정기술 개발을 통한 제품 품질 경쟁력 향상 인식 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
기계항공	차세대 금형 기술	중소기업 (n=93)	4.33 (1.455)	-2.291 (.024)*
		중견기업 (n=43)	4.93 (1.316)	
공정장비	수소 저장 및 운송 기술	중소기업 (n=102)	4.30 (1.454)	-2.267 (.009)*
		중견기업 (n=44)	4.95 (1.120)	
바이오-스마트헬스	유전체/오믹스 통합 분석-기반 정밀의료 기술	중소기업 (n=70)	4.10 (1.515)	-2.461 (.016)*
		중견기업 (n=30)	4.87 (1.196)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

나) 공정장비분과의 수소 저장 및 운송 기술, 바이오-스마트헬스분과의 유전/오믹스 통합 분석-기반 정밀의료 기술의 경우에는 기업의 규모가 비교적 큰 기업에게 글로벌 제품 가격 경쟁력 함양의 측면에서 더욱 적합한 것으로 분석됨

〈표 VII-22〉 4대 과기원 선정기술 개발을 통한 제품 가격 경쟁력 향상 인식 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
공정장비	수소 저장 및 운송 기술	중소기업 (n=102)	4.60 (1.537)	-2.392 (.018)
		중견기업 (n=44)	5.23 (1.255)	
바이오-스마트헬 스	유전체/오믹스 통합 분석-기반 정밀의료 기술	중소기업 (n=70)	4.24 (1.429)	-2.100 (.038)
		중견기업 (n=30)	4.90 (1.447)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

7. 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 지원의 필요성 및 방향성

가. 설문 내용 및 분석 방법

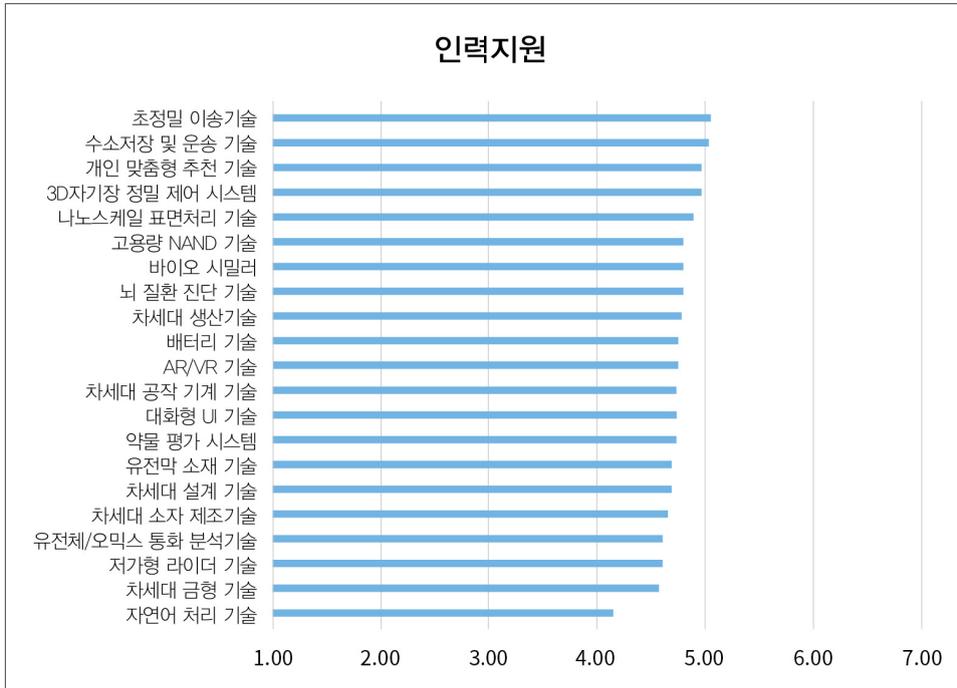
- 1) 분과별로 선정한 세부기술을 개발하는데 요구되는 지원의 필요성 및 방향성을 인력, 인프라, 기술협력, 마케팅의 측면에서 분석함
- 2) 분과별로 선정한 세부기술의 개발하는데 요구되는 지원의 필요성 및 방향성을 측정하기 위하여 '00기술의 개발을 바탕으로 귀사가 글로벌 경쟁력을 함양하는데 있어 필요로 하는 [인력/인프라/기술협력/마케팅] 지원의 수준은 어느 정도 인니까?'이라는 질문을 실시함
- 3) 설문은 7점 척도(1점-독자해결가능, 4점-일부지원필요, 7점-전적지원필요)를 통하여 진행되었으며, 각 질문에 대한 평균값을 바탕으로 세부기술 개발을 위한 지원의 필요성 및 방향성을 분석함

나. 분석 결과

〈표 VII-23〉 4대 과기원 선정기술개발을 위한 지원의 필요성 및 방향성 (평균)

분과	세부기술	인력	인프라	기술 협력	마케팅
ICT/SW	저가형 라이더 기술	4.63	4.92	5.14	4.89
	개인 맞춤형 추천 기술	4.95	4.94	5.03	4.91
	자연어 처리 기술	4.17	4.25	4.44	4.31
	대화형 UI기술	4.76	4.76	4.79	4.78
	AR/VR기술	4.78	4.82	4.94	4.90
첨단소재 부품	고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술	4.83	4.93	5.04	5.17
	차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술	4.72	4.84	4.94	4.97
	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	4.78	4.83	4.97	4.97
기계항공	초정밀 이송 기술	5.08	5.13	5.04	5.04
	차세대 소자 제조기술	4.68	4.81	4.99	4.83
	차세대 금형 기술	4.61	4.74	4.77	4.79
	차세대 공작 기계 기술	4.77	4.92	4.97	4.96
	차세대 설계 기술	4.72	4.84	4.84	4.78
	차세대 생산 기술	4.81	4.73	4.79	4.79
공정장비	나노스케일 표면처리 기술	4.92	5.07	5.03	5.09
	수소 저장 및 운송 기술	5.03	5.08	5.19	5.07
바이오- 스마트 헬스	3D자기장 정밀제어 시스템	4.95	5.01	5.03	5.04
	바이오 시뮬러 기술	4.82	4.94	5.02	4.88
	뇌질환 진단기술	4.82	4.83	4.69	4.77
	유전체/오믹스 통합 분석기술	4.64	4.84	4.82	4.80
	약물평가 시스템	4.76	4.75	4.92	4.94

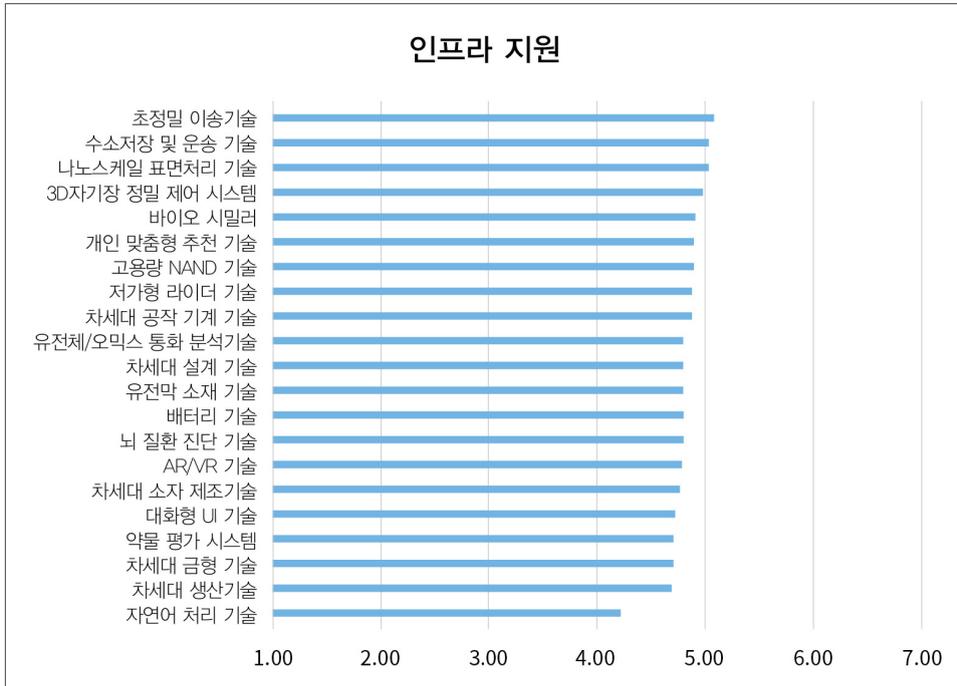
1) 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 인력 지원의 필요성



[그림 VII-4] 세부기술개발을 위한 인력 지원의 필요성

- 가) 각 분과에서 선정한 세부기술들에 대한 인력 지원 필요성의 평균이 모두 7점 만점에 4점을 넘는 것으로 분석되었으며, 이를 통하여 세부기술의 개발을 기반으로 글로벌 경쟁력을 함양하는데 있어 인력 지원이 필요한 것으로 분석됨
- 나) 세부기술 개발을 위해 요구되는 인력 지원의 정도에 대하여 분석한 결과, 기계항공 분과에서 선정한 초정밀 이송기술이 7점 만점에 평균 5.08점으로 가장 높은 요구를 보이고 있는 것으로 분석되며, 공정장비분과의 수소 저장 및 운송 기술(5.03점), ICT/SW분과의 개인 맞춤형 추천 기술(4.95점), 바이오-스마트헬스분과의 3D자기장 정밀제어 시스템(4.95점), 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술(4.92점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 다) 세부기술 개발을 위해 요구되는 인력 지원의 정도에 대하여 분석한 결과, ICT/SW 분과의 자연어 처리 기술이 7점 만점에 평균 4.17점으로 가장 낮은 요구를 보이는 것으로 분석되며, 기계항공분과의 차세대 금형기술(4.61점), ICT/SW분과의 저가형 라이더 기술(4.63점), 바이오-스마트헬스분과의 유전체/오믹스 통합 분석기술(4.64점), 기계항공분과의 차세대 소자 제조기술(4.68점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

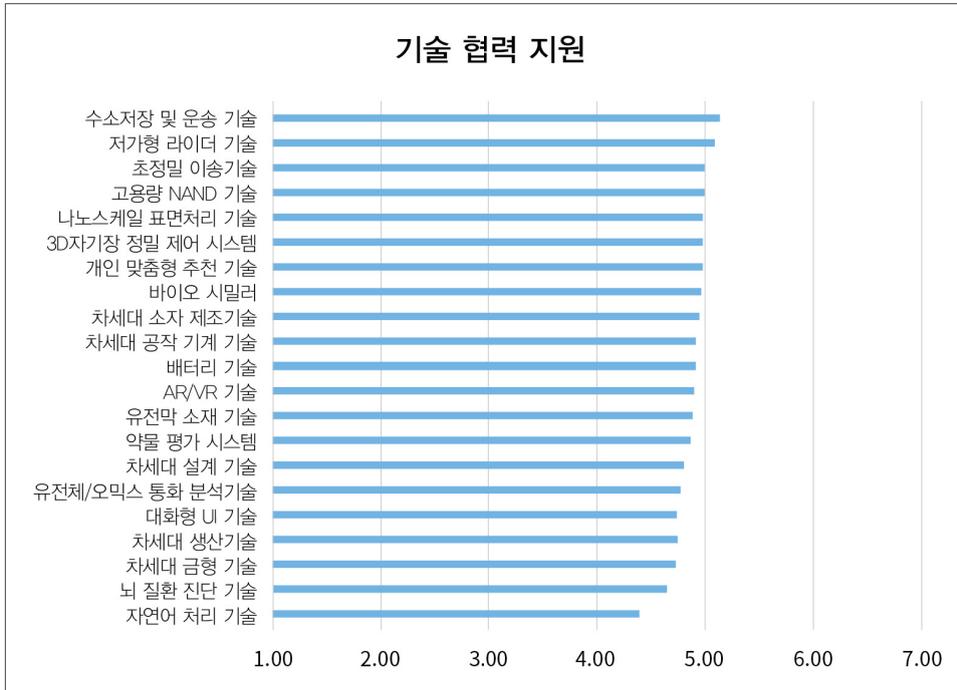
2) 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 인프라 지원의 필요성



[그림 VII-5] 세부기술개발을 위한 인프라 지원의 필요성

- 가) 각 분과에서 선정한 세부기술들에 대한 인프라 지원 필요성의 평균이 모두 7점 만점에 4점을 넘는 것으로 분석되었으며, 이를 통하여 세부기술의 개발을 기반으로 글로벌 경쟁력을 함양하는데 있어 인프라 지원이 필요한 것으로 분석됨
- 나) 세부기술 개발을 위해 요구되는 인프라 지원의 정도에 대하여 분석한 결과, 기계항공 분과에서 선정한 초정밀 이송기술이 7점 만점에 평균 5.13점으로 가장 높은 요구를 보이고 있는 것으로 분석되며, 공정장비분과의 수소 저장 및 운송 기술(5.08점), 나노스케일 표면처리 기술(5.07점), 바이오-스마트헬스분과의 3D자기장 정밀제어 시스템(5.01점), 바이오 시밀러 기술(4.94점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 다) 세부기술 개발을 위해 요구되는 인프라 지원의 정도에 대하여 분석한 결과, ICT/SW 분과의 자연어 처리 기술이 7점 만점에 평균 4.25점으로 가장 낮은 요구를 보이고 있는 것으로 분석되며, 기계항공분과의 차세대 생산 기술(4.73점), 차세대 금형 기술(4.74점), 바이오-스마트헬스분과의 약물평가시스템(4.75점), ICT/SW분과의 대화형 UI기술(4.76점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

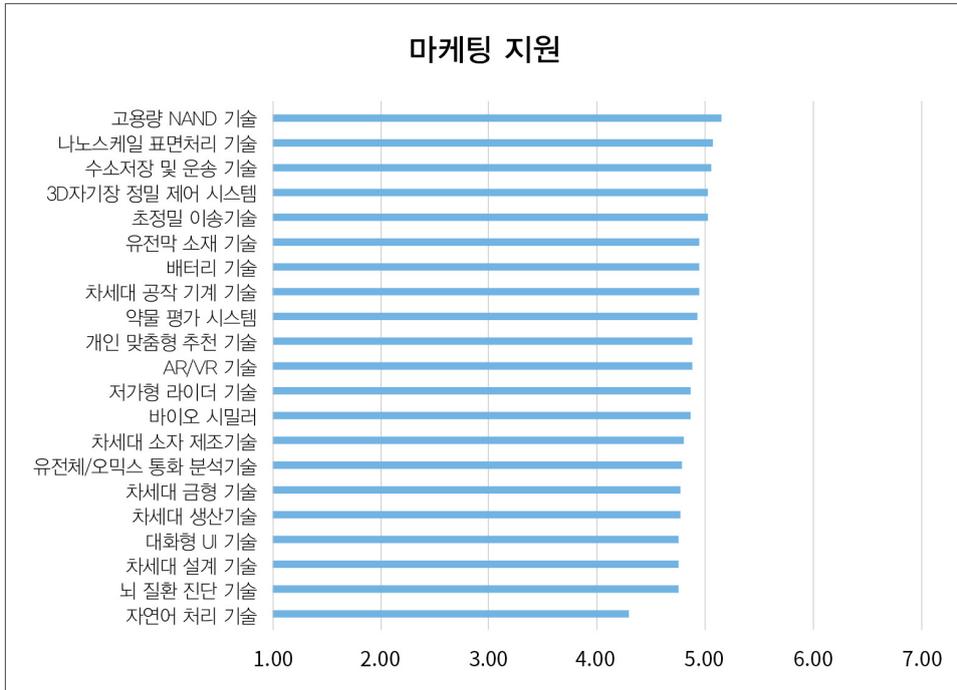
3) 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 기술협력 지원의 필요성



[그림 VII-6] 세부기술개발을 위한 기술협력 지원의 필요성

- 가) 각 분과에서 선정한 세부기술들에 대한 기술협력 지원 필요성의 평균이 모두 7점 만점에 4점을 넘는 것으로 분석되었으며, 이를 통하여 세부기술의 개발을 기반으로 글로벌 경쟁력을 함양하는데 있어 기술협력 지원이 필요한 것으로 분석됨
- 나) 세부기술 개발을 위해 요구되는 기술협력 지원의 정도에 대하여 분석한 결과, 공정장비분과에서 선정한 수소 저장 및 운송 기술이 7점 만점에 평균 5.19점으로 가장 높은 요구를 보이고 있는 것으로 분석되며, ICT/SW분과의 저가형 라이다 기술(5.14점), 기계항공분과의 초정밀 이송 기술(5.04점), 첨단소재부품분과의 고용량 NAND을 위한 식각기술(5.04점), 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술(5.03점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 다) 세부기술 개발을 위해 요구되는 기술협력 지원의 정도에 대하여 분석한 결과, ICT/SW 분과의 자연어 처리 기술이 7점 만점에 평균 4.44점으로 가장 낮은 요구를 보이고 있는 것으로 분석되며, 바이오-스마트헬스분과의 뇌질환 진단 기술(4.69점), 기계항공분과의 차세대 금형 기술(4.77점), 차세대 생산 기술(4.79점), ICT/SW분과의 대화형 UI기술(4.79점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

4) 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 마케팅 지원의 필요성



[그림 VII-7] 세부기술개발을 위한 마케팅 지원의 필요성

- 가) 각 분과에서 선정한 세부기술들에 대한 마케팅 지원 필요성의 평균이 모두 7점 만점에 4점을 넘는 것으로 분석되었으며, 이를 통하여 세부기술의 개발을 기반으로 글로벌 경쟁력을 함양하는데 있어 마케팅 지원이 필요한 것으로 분석됨
- 나) 세부기술 개발을 위해 요구되는 마케팅 지원의 정도에 대하여 분석한 결과, 첨단소재 부품분과의 고용량 NAND을 위한 식각기술이 7점 만점에 평균 5.17점으로 가장 높은 요구를 보이고 있는 것으로 분석되며, 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술 (5.09점), 수소 저장 및 운송 기술(5.07점), 바이오-스마트헬스분과의 3D자기장 정밀 제어 시스템(4.95점), 기계항공분과의 초정밀 이송 기술(5.04점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 다) 세부기술 개발을 위해 요구되는 마케팅 지원의 정도에 대하여 분석한 결과, ICT/SW 분과의 자연어 처리 기술이 7점 만점에 평균 4.31점으로 가장 낮은 요구를 보이고 있는 것으로 분석되며, 바이오-스마트헬스분과의 뇌질환 진단 기술(4.77점), 기계항공 분과의 차세대 설계 기술(4.78점), ICT/SW분과의 대화형 UI기술(4.78점), 기계항공분과의 차세대 생산 기술(4.79점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

다. 응답기업의 규모에 따른 비교 분석

1) 분석 방법

가) t-test을 통하여 비교적 규모가 큰 중견기업과 상대적으로 규모가 작은 중소기업이 필요로 하는 지원의 차이를 비교 분석함

2) 분석 결과

가) 첨단 소재부품분과의 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술의 경우에는 기업의 규모가 비교적 작은 기업이 인력 지원을 더욱 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-24〉 기술개발을 위한 인력 지원의 필요성 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
첨단소재부품	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	중소기업 (n=128)	4.94 (1.300)	2.469 (.015)*
		중견기업 (n=46)	4.35 (1.609)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

나) 첨단소재부품분과의 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술의 경우에는 기업의 규모가 비교적 작은 기업이 인프라 지원을 더욱 필요로 하는 반면, 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술의 경우에는 기업의 규모가 비교적 큰 기업이 인프라 지원을 더욱 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-25〉 기술개발을 위한 인프라 지원의 필요성 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
첨단소재부품	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	중소기업 (n=128)	5.04 (1.325)	3.231 (.001)*
		중견기업 (n=46)	4.26 (1.598)	
공정장비	나노스케일 표면처리 기술	중소기업 (n=120)	4.94 (1.305)	-2.108 (.037)*
		중견기업 (n=50)	5.38 (1.04)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

다) 첨단소재부품분과의 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술의 경우, 기업의 규모가 비교적 작은 기업이 기술협력 지원을 더욱 요구하는 것으로 분석됨

〈표 VII-26〉 기술개발을 위한 기술협력 지원의 필요성 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
첨단소재부품	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	중소기업 (n=128)	5.16 (1.321)	3.104 (.002)*
		중견기업 (n=46)	4.41 (1.627)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

라) ICT/SW분과의 저가형 라이다 기술의 경우 기업의 규모가 비교적 큰 기업이 마케팅 지원을 더욱 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-27〉 기술개발을 위한 마케팅 지원의 필요성 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
ICT/SW	저가형 라이다 기술	중소기업 (n=45)	4.64 (1.282)	-2.435 (.018)*
		중견기업 (n=18)	5.50 (1.200)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

라. 응답기업의 기술 개발 단계에 따른 비교 분석

1) 분석 방법

가) t-test을 통하여 기술 개발 단계가 시작품 단계 이상인 기업과 시작품 단계에 미치지 못한 기업이 필요로 하는 지원의 차이를 비교 분석함

2) 분석 결과

가) 바이오-스마트헬스분과의 중소기업 대상 바이오 시밀러 기술 신약개발 경쟁력 강화 기술의 경우, 기술 개발이 어느 정도 진행된 기업이 인력 지원을 더욱 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-28〉 기술개발을 위한 인력 지원의 필요성 비교 (기술 개발 단계)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
바이오-스마트헬스	중소기업 대상 바이오 시밀러 기술 신약개발 경쟁력 강화 기술	시작품 단계 미만 (n=92)	4.66 (1.353)	-2.382 (.019)*
		시작품 단계 이상 (n=32)	5.28 (.958)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

나) ICT/SW분과의 저가형 라이더 기술의 경우, 기술 개발이 어느 정도 진행된 기업이 기술협력 지원을 더욱 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-29〉 기술개발을 위한 기술협력 지원의 필요성 비교 (기술 개발 단계)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
ICT/SW	저가형 라이더 기술	시작품 단계 미만 (n=37)	4.89 (1.197)	-2.049 (.045)*
		시작품 단계 이상 (n=26)	5.50 (1.105)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

다) 첨단 소재부품분과의 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술의 경우, 기술 개발이 어느 정도 진행된 기업이 마케팅 지원을 더욱 요구하는 것으로 분석됨

〈표 VII-30〉 기술개발을 위한 마케팅 지원의 필요성 비교 (기술 개발 단계)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
첨단소재부품	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	시작품 단계 미만 (n=118)	4.84 (1.541)	-2.009 (.046)*
		시작품 단계 이상 (n=56)	5.23 (1.009)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

8. 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 협력 필요성

가. 설문 내용 및 분석 방법

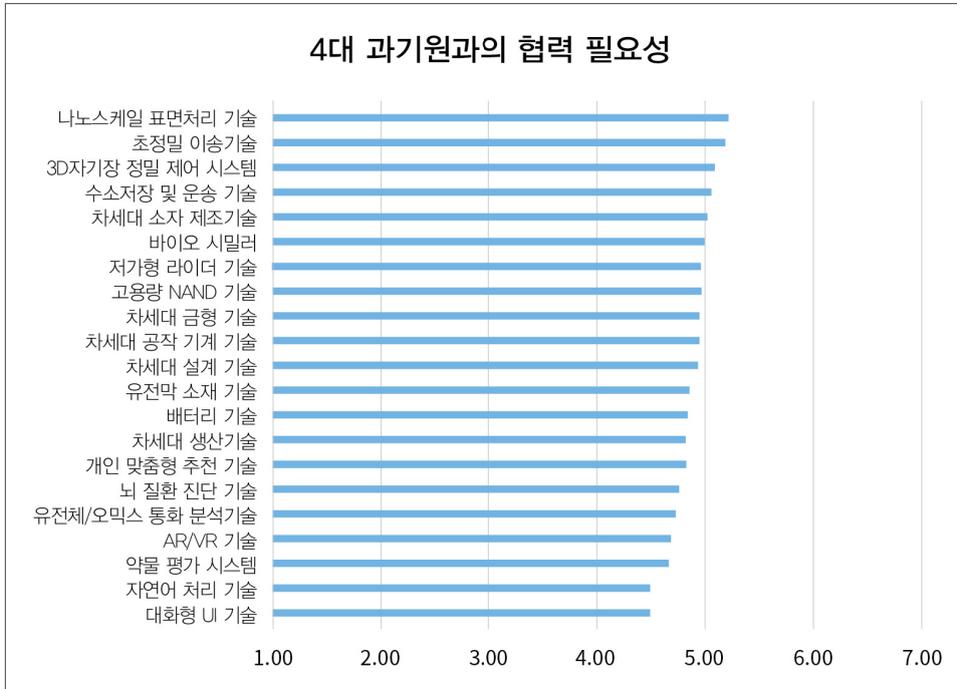
- 1) 분과별로 선정된 세부기술을 개발하는데 있어 응답기업이 4대 과기원과 협력하고자 하는 의사 및 필요성을 분석함
- 2) 분과별로 선정된 세부기술을 개발하는데 응답기업이 4대 과기원과 협력하고자 하는 의사 및 필요성의 정도를 측정하기 위하여 '00기술 개발을 바탕으로 글로벌 경쟁력을 함양하기 위하여 4대 과기대와 협력이 필요하다고 생각하십니까?'이라는 질문을 실시함
- 3) 설문은 7점 척도(1점-그렇지 않음, 7점-그러함)를 통하여 진행되었으며, 각 질문에 대한 평균값을 바탕으로 4대 과기원과의 협력 필요성을 분석함

나. 분석 결과

〈표 VII-31〉 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 협력 필요성 (평균)

분과	세부기술	4대 과기원과의 협력 필요성
ICT/SW	저가형 라이더 기술	5.03
	개인 맞춤형 추천 기술	4.88
	자연어 처리 기술	4.55
	대화형 UI기술	4.54
	AR/VR기술	4.73
첨단소재 부품	고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술	5.03
	차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술	4.91
	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	4.90
기계항공	초정밀 이송 기술	5.24
	차세대 소자 제조기술	5.09
	차세대 금형 기술	5.01
	차세대 공작 기계 기술	5.01
	차세대 설계 기술	5.00
	차세대 생산 기술	4.89
공정장비	나노스케일 표면처리 기술	5.28
	수소 저장 및 운송 기술	5.12
바이오- 스마트 헬스	3D자기장 정밀제어 시스템	5.15
	바이오 시밀러 기술	5.06
	뇌질환 진단기술	4.82
	유전체/오믹스 통합 분석기술	4.78
	약물평가 시스템	4.73

1) 4대 과기원 선정기술 개발을 위한 협력 필요성



[그림 VII-8] 세부기술 개발을 위한 4대 과기원과의 협력 필요성

- 가) 각 분과에서 선정한 세부기술들에 대한 4대 과기원과의 협력 필요성의 평균이 모두 7점 만점에 4점을 넘는 것으로 분석되었으며, 이를 통하여 세부기술의 개발을 기반으로 글로벌 경쟁력을 함양하는데 있어 4대 과기원과의 협력이 필요한 것으로 분석됨
- 나) 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술이 7점 만점에 5.28점으로 4대 과기원과의 협력에 있어서 가장 높은 필요성을 보이고 있는 것으로 분석되었으며, 기계항공분과의 초정밀 이송 기술(5.24점), 바이오-스마트헬스분과의 3D자기장 정밀제어 시스템 (5.15점), 공정장비분과의 수소 저장 및 운송 기술(5.12점), 기계항공분과의 차세대 소자 제조기술(5.09점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 다) ICT/SW분과의 대화형 UI기술이 7점 만점에 평균 4.54점으로 4대 과기원과의 협력에 있어서 가장 낮은 필요성 보이고 있는 것으로 분석되며, ICT/SW분과의 자연어 처리 기술(4.55점), 바이오-스마트헬스분과의 약물평가 시스템(4.73점), ICT/SW분과의 AR/VR기술(4.73점), 바이오-스마트헬스분과의 유전체/오믹스 통합 분석기술(4.78 점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

다. 응답기업의 규모에 따른 비교 분석

1) 분석 방법

가) t-test을 통하여 비교적 규모가 큰 중견기업과 작은 중소기업이 4대 과기원과의 협력에 있어 취하고 있는 입장의 차이를 비교 분석함

2) 분석 결과

가) 첨단 소재부품분과의 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술의 경우, 기업의 규모가 상대적으로 작은 기업이 4대 과기원과의 협력에 더욱 긍정적인 입장을 취하고 있는 것으로 분석됨

〈표 VII-32〉 4대 과기원과의 협력 필요성 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
첨단소재부품	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	중소기업 (n=128)	5.04 (1.394)	2.063 (.040)*
		중견기업 (n=46)	4.52 (1.616)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

라. 응답기업의 기술 개발 단계에 따른 비교 분석

1) 분석 방법

가) t-test을 통하여 기술 개발 단계가 시작품 단계 이상인 기업과 시작품 단계에 미치지 못한 기업이 느끼는 4대 과기원과의 협력 필요성의 차이를 비교 분석함

2) 분석 결과

가) 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술 및 바이오-스마트헬스분과의 중소기업 대상 바이오 시뮬러 기술 신약개발 경쟁력 강화 기술의 경우, 기술 개발이 어느 정도 진행된 기업이 4대 과기원과 더욱 협력하고자 하는데 있어 더욱 적극적인 입장을 취하고 있는 것으로 분석됨

〈표 VII-33〉 4대 과기원과의 협력 필요성 비교 (기술 개발 단계)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
공정장비	나노스케일 표면처리 기술	시작품 단계 미만 (n=95)	5.06 (1.358)	-2.294 (.028)*
		시작품 단계 이상 (n=75)	5.52 (1.044)	
바이오-스마트헬 스	중소기업 대상 바이오 시밀러 기술 신약개발 경쟁력 강화 기술	시작품 단계 미만 (n=92)	4.91 (1.480)	-2.077 (.040)*
		시작품 단계 이상 (n=32)	5.50 (1.016)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

9. 4대 과기원 선정기술에 대한 중요성 인식

가. 설문 내용 및 분석 방법

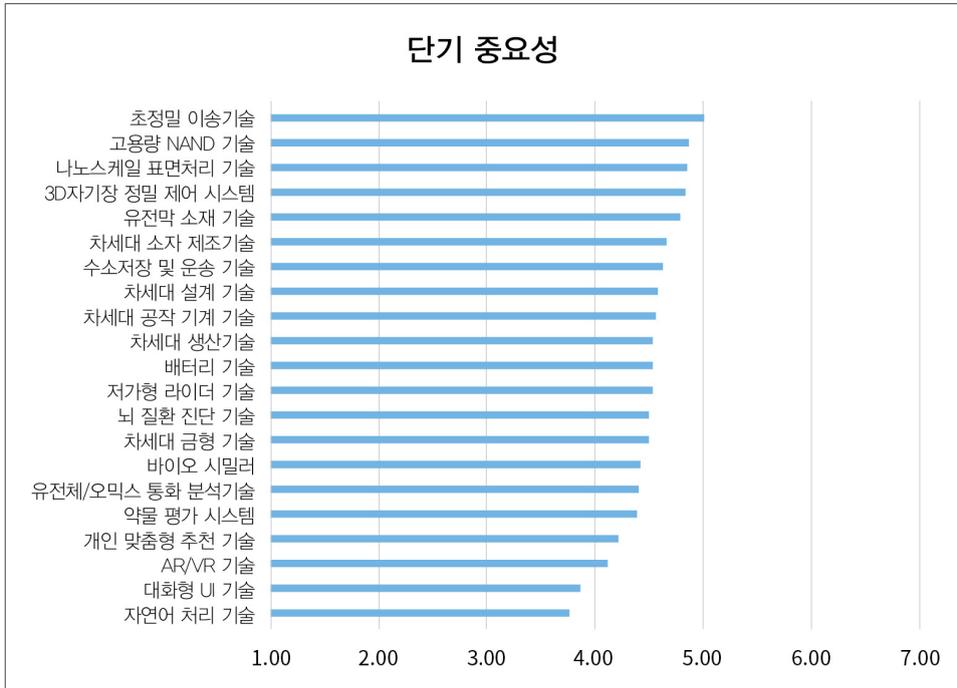
- 1) 분과별로 선정한 세부기술에 대하여 응답기업이 인식하고 있는 기술의 중요성을 단기(현재), 중기(3년 이내), 장기(5년 이내)로 구분하여 분석함
- 2) 분과별로 선정한 세부기술 개발에 대한 응답기업의 중요성 인식 정도를 측정하기 위하여 '귀사는 지금 현재 00기술의 중요성이 어느 정도인 것으로 파악하십니까?' 및 '귀사는 [3년 이내/5년 이내] 00기술의 중요성이 어느 정도 일 것으로 예상하십니까?'와 같은 질문을 실시함
- 3) 설문은 7점 척도(1점-매우 낮음, 7점-매우 높음)를 통하여 진행되었으며, 각 질문에 대한 평균값을 바탕으로 세부기술에 대한 응답기업의 중요성 인식을 분석함

나. 분석 결과

〈표 VII-34〉 4대 과기원 선정기술에 대한 응답기업의 중요성 인식 (평균)

분과	세부기술	단기 중요성	중기 중요성	장기 중요성
ICT/SW	저가형 라이더 기술	4.54	5.06	5.06
	개인 맞춤형 추천 기술	4.23	4.61	4.86
	자연어 처리 기술	3.77	4.08	4.34
	대화형 UI기술	3.88	4.13	4.20
	AR/VR기술	4.13	4.32	4.46
첨단소재 부품	고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술	4.87	4.97	5.01
	차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술	4.80	4.87	4.87
	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	4.54	4.75	4.87
기계항공	초정밀 이송 기술	5.03	5.18	5.32
	차세대 소자 제조기술	4.67	4.92	4.97
	차세대 금형 기술	4.51	4.74	4.84
	차세대 공작 기계 기술	4.57	4.60	4.71
	차세대 설계 기술	4.59	4.76	4.87
	차세대 생산 기술	4.54	4.78	4.87
공정장비	나노스케일 표면처리 기술	4.86	4.99	5.13
	수소 저장 및 운송 기술	4.64	4.93	4.99
바이오- 스마트 헬스	3D자기장 정밀제어 시스템	4.85	4.85	5.16
	바이오 시밀러 기술	4.43	4.60	4.67
	뇌질환 진단기술	4.52	4.58	4.68
	유전체/오믹스 통합 분석기술	4.41	4.61	4.68
	약물평가 시스템	4.40	4.60	4.64

1) 4대 과기원 선정기술에 대한 단기 중요성 인식

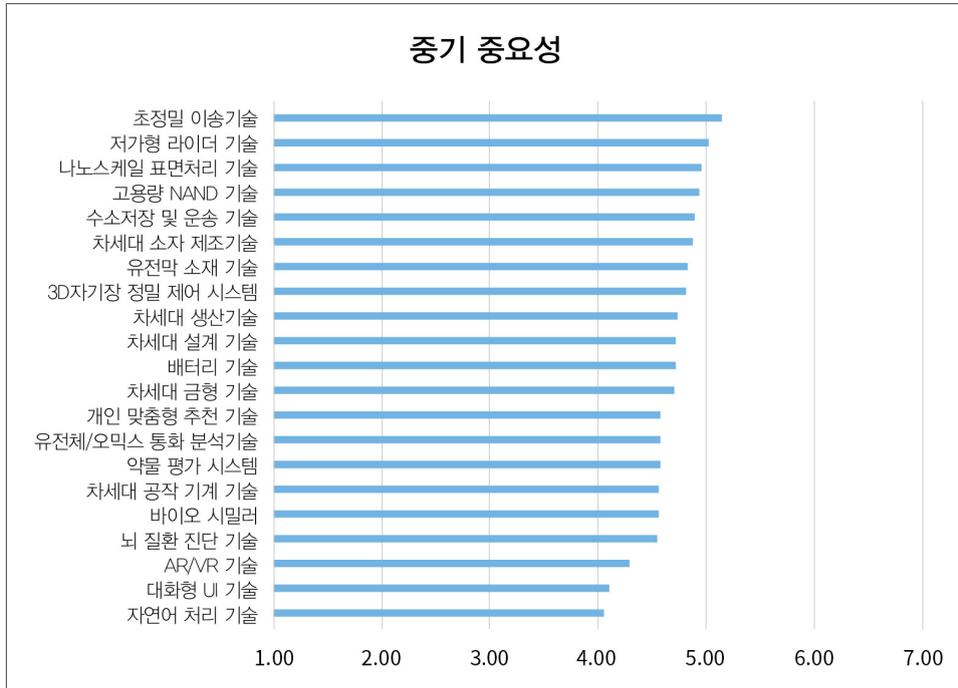


[그림 VII-9] 세부기술에 대한 응답기업의 단기 중요성 인식

가) 기계항공분과의 초정밀 이송 기술이 7점 만점에 5.03점으로 단기 중요성에 대한 인식이 가장 높은 것으로 분석되었으며, 첨단소재부품분과의 고용량 NAND을 위한 식각 기술(4.87점), 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술(4.86점), 바이오-스마트헬스분과의 3D자기장 정밀제어 시스템(4.85점), 첨단소재부품분과의 유전막 소재 기술(4.80점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

나) ICT/SW분과의 자연어 처리 기술이 7점 만점에 평균 3.77점으로 단기 중요성에 대한 인식이 가장 낮은 것으로 분석되며, ICT/SW분과의 대화형 UI기술(3.88점), AR/VR기술(4.13점), 개인 맞춤형 추천 기술(4.23점), 바이오-스마트헬스분과의 약물평가 시스템(4.40점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

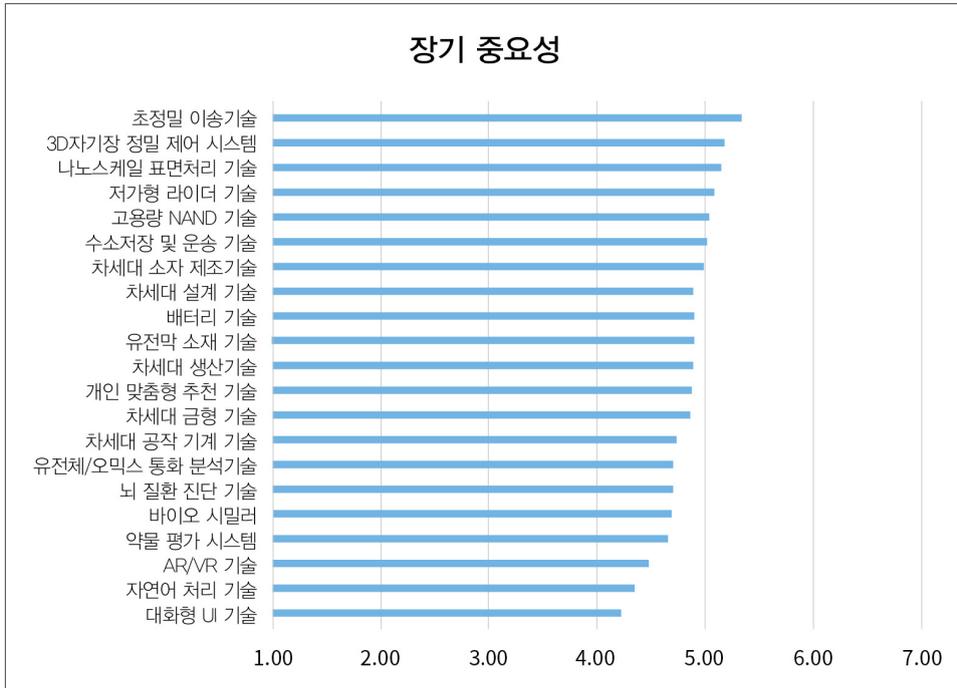
2) 4대 과기원 선정기술에 대한 중기 중요성 인식



[그림 VII-10] 세부기술에 대한 응답기업의 중기 중요성 인식

- 가) 각 분과에서 선정된 세부기술들에 대한 중기 중요성 인식의 평균이 모두 7점 만점에 4점을 넘는 것으로 분석되므로, 해당 세부기술 개발에 대한 중기 중요성을 응답기업이 인식하고 있는 것으로 분석됨
- 나) 기계항공분과의 초정밀 이송 기술이 7점 만점에 5.18점으로 중기 중요성에 대한 인식이 가장 높은 것으로 분석되었으며, ICT/SW분과의 저가형 라이더 기술(5.06점), 공정 장비분과의 나노스케일 표면처리 기술(4.99점), 첨단소재부품분과의 고용량 NAND 을 위한 식각 기술(4.97점), 공정장비분과의 수소 저장 및 운송 기술(4.93점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 다) ICT/SW분과의 자연어 처리 기술이 7점 만점에 평균 4.08점으로 중기 중요성에 대한 인식이 가장 낮은 것으로 분석되며, ICT/SW분과의 대화형 UI기술(4.13점), AR/VR기술(4.32점), 바이오-스마트헬스분과의 뇌질환 진단기술(4.58점), 바이오 시밀러 기술(4.60점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

3) 4대 과기원 선정기술에 대한 장기 중요성 인식



[그림 VII-11] 세부기술에 대한 응답기업의 장기 중요성 인식

- 가) 각 분과에서 선정된 세부기술들에 대한 장기 중요성 인식의 평균이 모두 7점 만점에 4점을 넘는 것으로 분석되므로, 해당 세부기술 개발에 대한 장기 중요성을 응답기업이 인식하고 있는 것으로 분석됨
- 나) 기계항공분과의 초정밀 이송 기술이 7점 만점에 5.33점으로 장기 중요성에 대한 인식이 가장 높은 것으로 분석되었으며, 바이오-스마트헬스분과의 3D자기장 정밀제어 시스템 (5.16점), 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술(5.13점), ICT/SW분과의 저가형 라이더 기술(5.06점), 첨단소재부품분과의 고용량 NAND을 위한 식각 기술(5.01점) 이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨
- 다) ICT/SW분과의 대화형 UI기술이 7점 만점에 평균 4.20점으로 장기 중요성에 대한 인식이 가장 낮은 것으로 분석되며, ICT/SW분과의 자연어 처리기술(4.34점), AR/VR기술(4.46점), 바이오-스마트헬스분과의 약물평가 시스템(4.46점), 바이오 시뮬러 기술(4.67점)이 그 뒤를 따르고 있는 것으로 분석됨

다. 응답기업의 규모에 따른 비교 분석

1) 분석 방법

가) t-test을 통하여 비교적 규모가 큰 중견기업과 상대적으로 규모가 작은 중소기업이 세부기술에 대하여 느끼는 중요성의 차이를 비교 분석함

2) 분석 결과

가) 기계항공분과의 차세대 금형 기술 및 바이오-스마트헬스분과의 중소기업 대상 바이오 시뮬러 기술 신약개발 경쟁력 강화 기술 모두 상대적으로 규모가 큰 중견기업이 해당 기술에 대한 단기적 중요성을 더욱 높게 평가하고 있는 것으로 분석됨

〈표 VII-35〉 단기 중요성 인식 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
기계항공	차세대 금형 기술	중소기업 (n=93)	4.27 (1.490)	-2.981 (.003)*
		중견기업 (n=43)	5.05 (1.234)	
바이오-스마트헬스	중소기업 대상 바이오 시뮬러 기술 신약개발 경쟁력 강화 기술	중소기업 (n=91)	4.27 (1.507)	-1.987 (.049)*
		중견기업 (n=33)	4.85 (1.460)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

나) 기계항공분과의 차세대 금형 기술에 대하여 상대적으로 규모가 큰 중견기업이 해당 기술에 대한 단기적 중요성을 더욱 높게 평가하고 있는 것으로 분석됨

〈표 VII-36〉 장기 중요성 인식 비교 (기업 규모)

분과	세부기술	기업 구분	평균 (표준편차)	t-value (p-value)
기계항공	차세대 금형 기술	중소기업 (n=93)	4.62 (1.628)	-2.424 (.017)*
		중견기업 (n=43)	5.30 (1.245)	

*. p<.05; **. p<.001; ***. p<.0001

10. 설문조사 결과 요약 및 시사점 도출

가. 제안 기술 중요성을 인식하고 과기원과의 기술협력 의향이 높은 수요기업 존재

- 1) 4대 과기원이 국내 중소·중견기업의 글로벌 경쟁력 함양을 도모하기 위해서는 글로벌 성장 가능성이 있으면서도 4대 과기원과 협력을 희망하는 국내 중소·중견기업에 대한 선택적인 지원이 요구됨
- 가) 4대 과기원이 분야별로 선별한 세부기술을 바탕으로 국내 중소·중견기업의 글로벌 경쟁력 함양을 도모하기 위해서는 해당 세부기술에 대한 중요성을 인지하고 있는 수요기업을 선별적으로 지원할 필요가 있음
- 나) 4대 과기원이 국내 중소·중견기업의 글로벌 경쟁력 강화를 지원하기 위해서는 4대 과기원과 협력을 희망하는 수요기업을 우선적으로 지원해야 함
- 다) 4대 과기원이 기술혁신을 바탕으로 국내 중소·중견기업의 글로벌 경쟁력 향상을 꾀하기 위해서는 해당 기술에 대하여 일정 수준 이상의 개발 수준 혹은 기술 역량을 보유하고 있는 기업은 선택적으로 지원해야 함
- 라) 현재 제안된 기술에 대하여 기술 개발 및 중요성 인식, 높은 협력의향을 가진 중소기업들이 존재하는 것으로 파악되어 제안된 21개 기술협력 사업이 가능한 것으로 판단됨

〈표 VII-37〉 응답기업 중 4대 과기원 우선 지원 기업의 분과별 비율 (%)

분과	높은 기술 개발 단계 & 높은 협력 필요성		
	& 높은 단기 중요성	& 높은 중기 중요성	& 높은 장기 중요성
ICT/SW	4.70	4.20	4.32
첨단소재부품	2.80	2.87	2.37
기계항공	4.62	4.78	5.00
공정장비	4.75	6.05	6.05
바이오-스마트헬스	2.36	2.38	2.54

- 2) 4대 과기원이 국내 중소·중견기업의 글로벌 경쟁력 함양을 위해 단기, 중기, 장기적으로 우선 지원해야 하는 분야가 상이하므로 각 분야에 대한 단기, 중기, 장기 중요성을 고려한 지원 방안이 요구됨
- 가) 공정장비분과와 ICT/SW분과의 경우에는 설문 응답기업 중 4대 과기원이 단기적으로 우선 지원해야 수요기업의 비율이 가장 높은 것으로 분석됨
- 나) 공정장비분과와 기계항공분과의 경우, 설문 응답 기업 중 4대 과기원이 중기 및 장기적으로 우선 지원해야 하는 수요기업의 비율이 가장 높은 것으로 분석됨

- 다) 한편, ICT/SW분과와 첨단소재부품분과의 경우 4대 과기원이 단기적으로 우선 지원해야 하는 수요기업의 비율이 장기적으로 우선 지원해야 하는 수요기업의 비율에 비해 높은 경향을 보임
- 라) 반면, 공정장비분과, 기계항공분과 및 바이오-스마트헬스분과의 경우에는 단기적으로 우선 지원해야 하는 수요기업의 비율에 비해 장기적으로 우선 지원해야 하는 수요기업의 비율이 높은 경향을 보임

나. 세부기술별 지원의 방향성 차이를 고려한 글로벌 경쟁력 강화 방안 모색

- 1) 각 분과에서 선정된 세부기술은 지원의 필요성 및 방향성에 그 차이가 존재하므로 이를 고려한 국내 중소·중견기업의 글로벌 경쟁력 강화 방안을 모색해야 함
- 가) 기계항공분과의 차세대 생산 기술은 다른 지원들에 비해 인력 지원을 가장 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-38〉 인력 지원을 가장 필요로 하는 세부기술 (평균, 7점 만점)

분과	세부기술	인력	인프라	기술협력	마케팅
기계항공	차세대 생산 기술	4.81	4.73	4.79	4.79

- 나) 기계항공분과의 초정밀 이송 기술, 차세대 생산기술; 바이오-스마트헬스분과의 뇌질환 진단기술, 유전체/오믹스 통합 분석기술은 다른 지원들에 비해 인프라 지원을 가장 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-39〉 인프라 지원을 가장 필요로 하는 세부기술 (평균, 7점 만점)

분과	세부기술	인력	인프라	기술협력	마케팅
기계항공	초정밀 이송 기술	5.08	5.13	5.04	5.04
	차세대 설계 기술	4.72	4.84	4.84	4.78
바이오-스마트 헬스	뇌질환 진단기술	4.82	4.83	4.69	4.77
	유전체/오믹스 통합 분석기술	4.64	4.84	4.82	4.80

- 다) ICT/SW분과의 저가형 라이터 기술, 개인 맞춤형 추천 기술, 자연어 처리 기술, 대화형 UI기술; 첨단소재부품분과의 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술; 기계항공분과의 차세대 소자 제조기술, 차세대 설계기술; 공정장비분과의 수소 저장 및 운송 기술; 바이오-스마트헬스분과의 바이오 시뮬러 기술은 다른 지원들에 비해 기술협력 지원을 가장 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-40〉 기술협력 지원을 가장 필요로 하는 세부기술 (평균, 7점 만점)

분과	세부기술	인력	인프라	기술협력	마케팅
ICT/SW	저가형 라이더 기술	4.63	4.92	5.14	4.89
	개인 맞춤형 추천 기술	4.95	4.94	5.03	4.91
	자연어 처리 기술	4.17	4.25	4.44	4.31
	대화형 UI기술	4.76	4.76	4.79	4.78
	AR/VR기술	4.78	4.82	4.94	4.90
첨단소재 부품	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	4.78	4.83	4.97	4.97
기계항공	차세대 소자 제조기술	4.68	4.81	4.99	4.83
	차세대 공작 기계 기술	4.77	4.92	4.97	4.96
	차세대 설계 기술	4.72	4.84	4.84	4.78
공정장비	수소 저장 및 운송 기술	5.03	5.08	5.19	5.07
바이오- 스마트 헬스	바이오 시밀러 기술	4.82	4.94	5.02	4.88

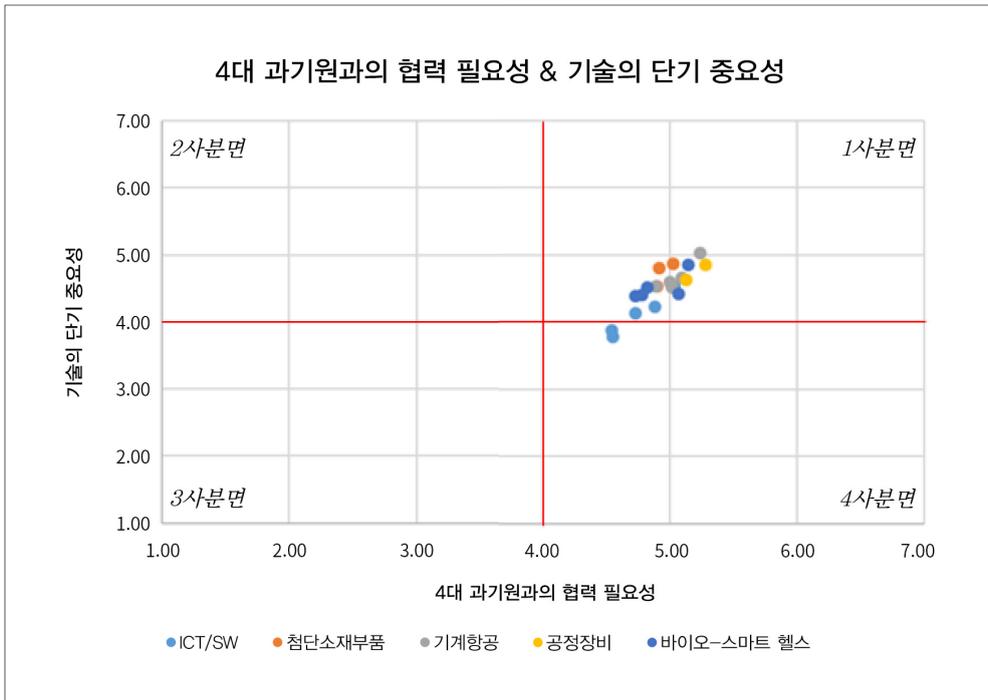
라) 첨단소재부품분과의 고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술, 차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재 기술, 배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술; 기계항공분과의 차세대 금형 기술; 공정장비분과의 나노스케일 표면처리 기술; 바이오-스마트헬스분과의 약물평가 시스템은 다른 지원들에 비해 마케팅 지원을 가장 필요로 하는 것으로 분석됨

〈표 VII-41〉 마케팅 지원을 가장 필요로 하는 세부기술 (평균, 7점 만점)

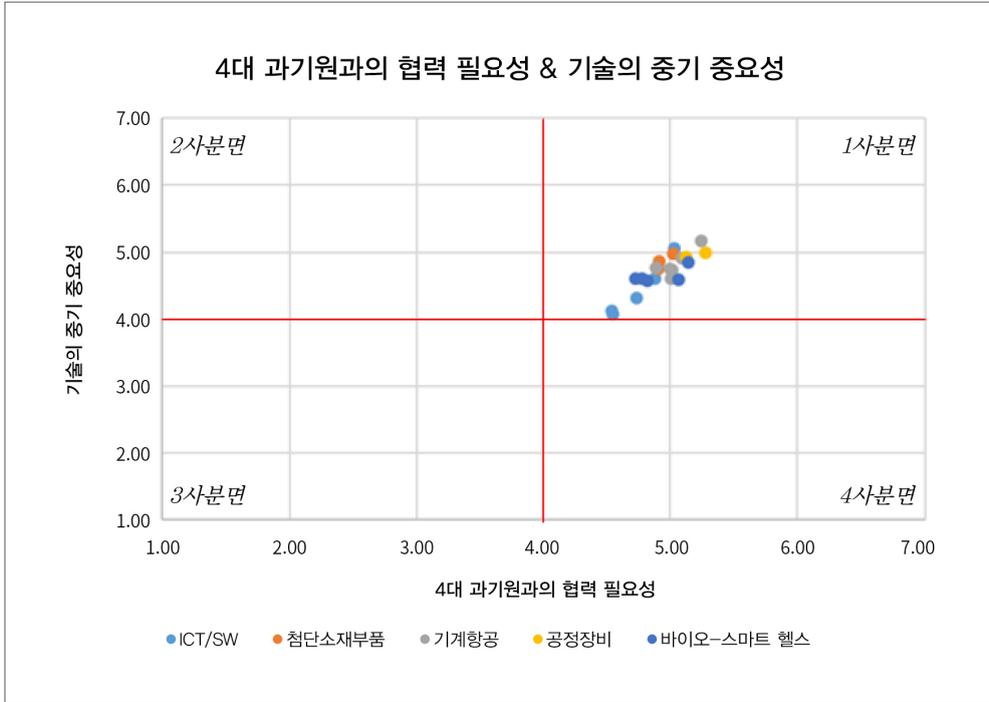
분과	세부기술	인력	인프라	기술협력	마케팅
첨단소재 부품	고용량 NAND를 구현하기 위한 식각 기술	4.83	4.93	5.04	5.17
	차세대 DRAM (DDR5 PMIC) 내에 들어가는 유전막 소재기술	4.72	4.84	4.94	4.97
	배터리 전극 소재 및 고체 전해질 기술	4.78	4.83	4.97	4.97
기계항공	차세대 금형 기술	4.61	4.74	4.77	4.79
공정장비	나노스케일 표면처리 기술	4.92	5.07	5.03	5.09
바이오- 스마트 헬스	3D자기장 정밀제어 시스템	4.95	5.01	5.03	5.04
	약물평가 시스템	4.76	4.75	4.92	4.94

다. 4대 과기원 기술의 높은 기술 중요성 및 협력 필요성

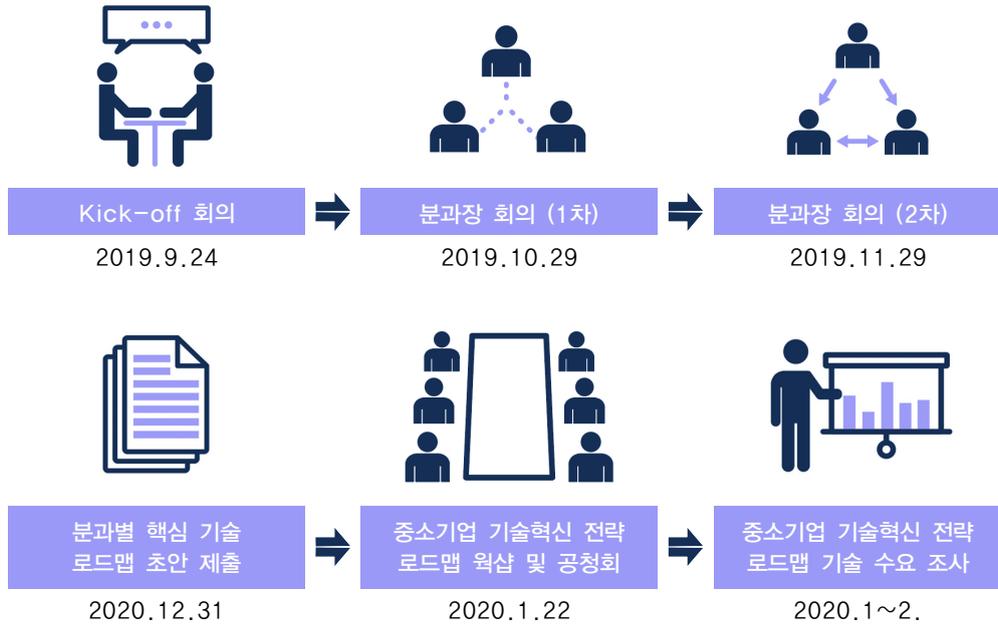
- 1) 각 분과별로 선정한 세부기술들은 국내 중소·중견기업에게 중요하게 인식되면서 4대 과기원과의 협력 필요성이 높음
 - 가) 분과별로 선정한 세부기술에 대하여 응답기업이 인식하고 있는 기술의 중요성과 4대 과기원과의 협력필요성을 기준으로 분산형 그래프를 작성하였을 때, 대다수의 기술들이 1사분면에 위치하고 있는 것으로 분석됨
 - 나) 분과별로 선정한 세부기술들이 1사분면에 위치하고 있다는 것은 국내 중소·중견기업이 해당 세부기술에 대하여 중요성을 높게 인식하고 있으며, 해당 세부기술 개발을 통하여 글로벌 경쟁력을 함양하기 위하여 4대 과기원과 협력 필요성을 인지하고 있다는 것을 의미함
- 2) 각 분과별로 선정한 세부기술들은 장기적인 관점에서 국내 중소·중견기업의 글로벌 경쟁력 함양을 지원해야 함
 - 가) 4대 과기원 선정기술에 대하여 응답기업이 인식하고 있는 기술의 중요성은 단기 중요성 보다는 중기 중요성의 정도가 더욱 큰 것을 확인함
 - 나) 아울러, 4대 과기원 선정기술에 대하여 응답기업이 인식하고 있는 기술의 중요성은 중기 중요성보다는 장기 중요성의 정도가 더 큰 것으로 확인됨



[그림 VII-12] 기술 개발의 협력 필요성 및 단기 중요성에 따른 세부기술의 중요도 분석



“중소기업 기술혁신 전략 로드맵” 추진 경과



총괄 분과

연구총괄

이태억(KAIST 산업및시스템 공학과)

참여연구진

김민정(KAIST, 과기원 공동사무국)

김형욱(KAIST 산업및시스템 공학과 박사과정)

이민호(KAIST 산업및시스템 공학과 박사과정)

기술수요 조사

이의훈(KAIST 기술경영학부)

선용욱(KAIST 기술경영학부 박사과정)

첨단소재 분과

분과장

홍승범(KAIST 신소재공학과)

참여연구진

김일두(KAIST 신소재공학과)

조은애(KAIST 신소재공학과)

김경민(KAIST 신소재공학과)

강기범(KAIST 신소재공학과)

이병훈(GIST 신소재공학부)

조지영(GIST 신소재공학부)

이용민(DGIST 에너지공학전공)

이준희(UNIST 에너지및화학공학부)

조욱(UNIST 반도체재료공학)

김현지(KAIST 신소재공학과 석사과정)

김재운(KAIST 신소재공학과 석사과정)

공정장비 분과

분과장

배태현(KAIST 생명화학공학과)

참여연구진

권혁준(DGIST 정보통신융합전공)

이예찬(KAIST 생명화학공학과 석사과정)

바이오 및 헬스케어 분과

분과장

오용석(DGIST 뇌인지과학)

의료기술 및 장비

최홍수(DGIST 로봇공학) 대표집필

김진영(DGIST-ETH 마이크로로봇 연구센터)

장재은(DGIST 정보통신공학)

단백질 신약

문제일(DGIST 뇌인지과학) 대표집필

이승진(이화여자대학교)

허성오(한림대학교)

장근아(가천대학교)

유전체 분석 및 활용

오용석(DGIST 뇌인지과학) 대표집필

김종경(DGIST 뉴바이올로지)

김민식(DGIST 뉴바이올로지)

최한경(DGIST 뇌인지과학)

구자욱(한국뇌연구원 뇌질환연구부)

장진혁(DGIST 뇌인지과학)

의료기술 및 장비

최지웅(DGIST 정보통신공학) 대표집필

배현민(KAIST 전기및전자공학부)

ICT/SW 분과

분과장

안창욱(GIST AI대학원)

참여연구진

김강일(GIST AI대학원)

박건혁(GIST AI대학원)

전해곤(GIST AI대학원)

김경중(GIST 융합기술원)

홍진혁(GIST 융합기술원)

기계항공 분과

분과장

박형욱(UNIST 기계항공및원자력공학부)

참여연구진

정훈의(UNIST 기계항공및원자력공학부)

이선규(GIST 기계공학부)

오일권(KAIST 기계공학과)

제조 자동화 및 지능화 분과

분과장

장영재(KAIST 산업및시스템 공학과)

참여연구진

김덕영(UNIST 기계공학과)

권혁상(GIST 의생명공학과)

최지환(DGIST 정보통신융합전공)

* 본 분과 연구내용은 본 보고서에 포함하지 않았음.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 추진위원회

이태억 위원장(KAIST, 산업및시스템 공학과)
권순용 위원(UNIST, 신소재공학부) (가나다 순)
권혁준 위원(DGIST, 정보통신융합전공)
문재균 위원(KAIST, 전기및전자공학부, 소재부품장비 기술자문단)
박성규 위원(GIST, 생명과학부)
박형욱 위원(UNIST, 기계항공 및 원자력공학부)
배태현 위원(KAIST, 생명화학공학과)
백정민 위원(UNIST, 신소재공학부)
장경인 위원(DGIST, 로봇공학전공)
장영재 위원(KAIST, 산업 및 시스템 공학과)
정현정 위원(KAIST, 나노과학기술대학원)
조창희 위원(DGIST, 신물질과학전공)
안창욱 위원(GIST, 전기전자컴퓨터공학부)
오용석 위원(DGIST, 뇌인지과학전공)
윤명한 위원(GIST, 신소재공학부)
이재영 위원(GIST, 지구환경공학부)
이재우 위원(KAIST, 생명화학공학과, 소재부품장비 기술자문단)
이익진 위원(KAIST, 기계공학과)
이익훈 위원(KAIST, 기술경영학부)
최성울 위원(KAIST, 전기및전자공학부, 소재부품장비 기술자문단장)
홍승범 위원(KAIST, 신소재공학과)
김민정 간사(KAIST, 과기원 공동사무국)

주관 : 4대 과기원 공동사무국

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology Advancement Roadmap

발행처 4대 과기원 공동사무국
발행일 2020년 4월 24일
주소 34141 대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원
전화 042-350-1142
홈페이지 www.kaist.ac.kr

인쇄 에스와이커뮤니케이션즈
등록 제2020-1호
ISBN 979-11-970135-0-8

비매품/무료

본 책의 내용에 대한 무단 전재 및 복제를 금합니다.
본 책의 내용을 인용할 시에는 반드시 출처를 표기합니다.

중소기업 기술혁신 전략 로드맵 2020

SMB-STAR

Small & Medium Business -
Strategic Technology Advancement Roadmap

비매품/무료



ISBN 979-11-970135-0-8