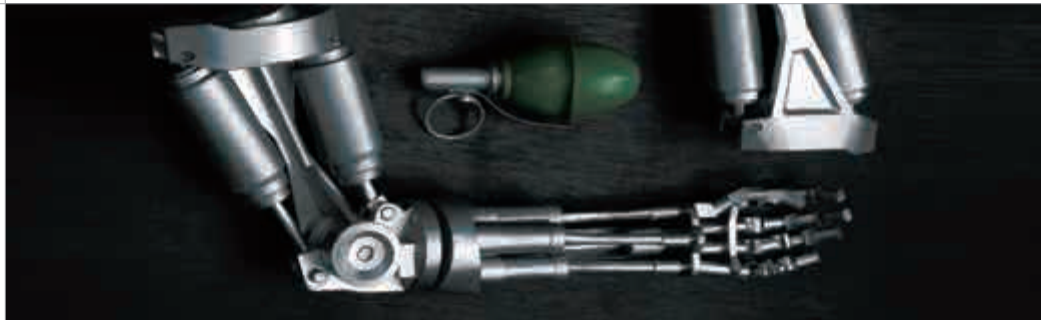


# 융합연구리뷰

## Convergence Research Review



로봇과 인간의 융합이 시작되다

착용형 로봇

-

융합연구와 경계사물 :

융합연구를 둘러싼 한국의 '사회-기술적 상상력'

## 목차

융합연구리뷰 | Convergence Research Review  
2016 December vol.2 no.12

---

### 03 편집자주

### 04 로봇과 인간의 융합이 시작되다

착용형 로봇

### 26 융합연구와 경계사물

융합연구를 둘러싼 한국의 '사회-기술적 상상력'

---



발행일 2016년 12월 5일

발행인 하성도

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터  
02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5  
tel. 02-958-4984 | <http://crpc.kist.re.kr>

편집 (주)디자인플럼 tel. 051-202-9201



| 편집자주 |

## 로봇과 인간의 융합이 시작되다

### 착용형 로봇

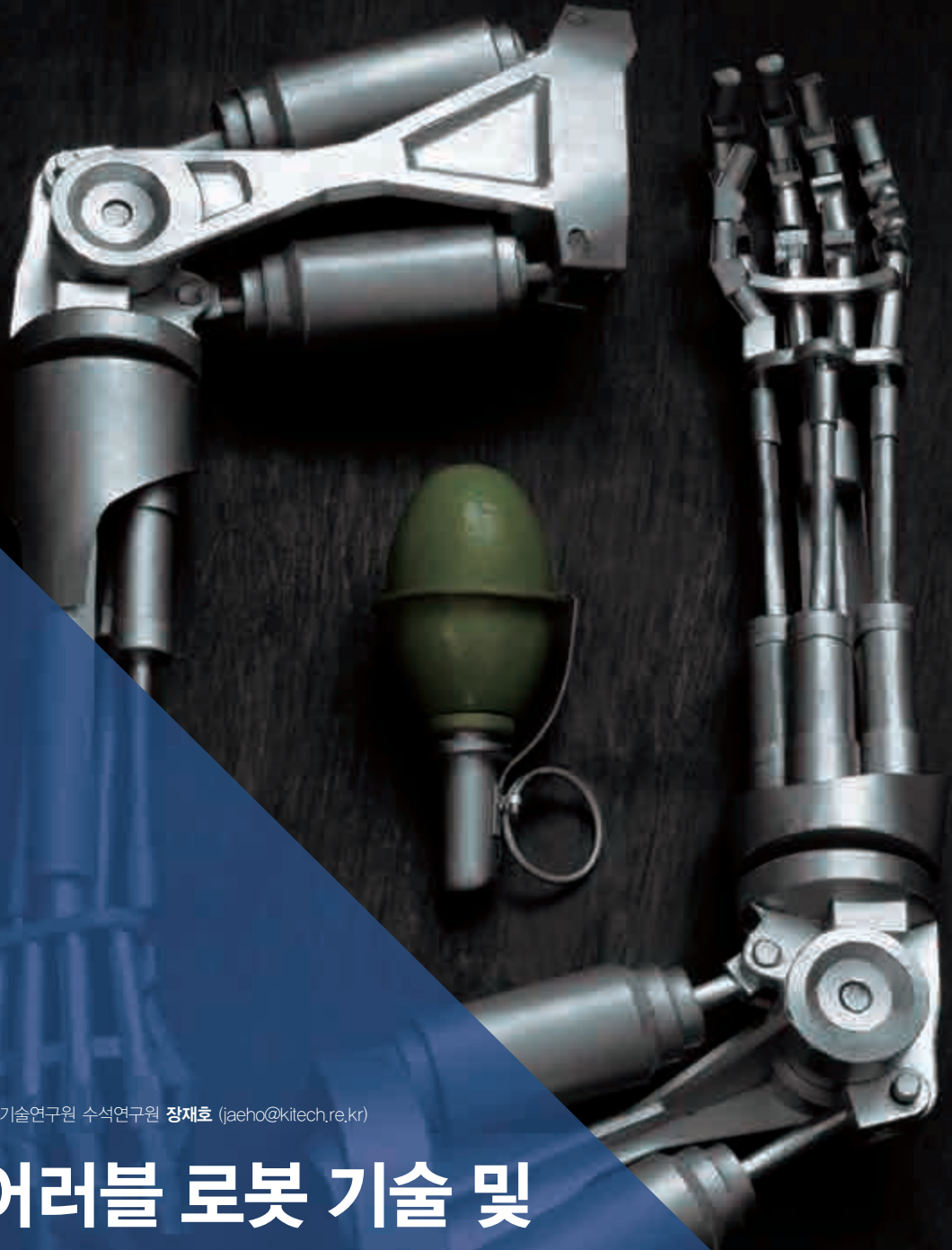
1970년대 급속도로 발전하는 전기/전자공학 기술을 바탕으로 기계공학과 융합을 통해 인류는 20세기 초부터 꿈꿔왔던 로봇을 현실에서 구현하기 시작하였다. 전기/전자와 기계의 융합을 통해 탄생된 로봇 기술은 지난 수 십년간 전세계적 산업의 트렌드를 바꾸어 왔으며, 과거에서뿐만이 아니라 앞으로도 이러한 로봇 기술은 인간의 많은 삶을 변화시킬 것임을 예고하고 있다. 하지만 이러한 로봇 기술에도 패러다임의 전환기가 도래하고 있다. 과거 20세기 로봇은 단순히 인간의 노동을 대체하는 수단에 불과하였던 반면, 21세기에 접어들며 점차 인간 그 자체를 대체하는 형태로 더욱 더 발전해 가고 있다. 선진국을 중심으로 고령화가 급속도로 진행됨에 따라 단순 노동 대체를 넘어 인간을 대체할 수 있는 휴머노이드 로봇이나 인공지능 기술의 발전이 그러한 대표적인 예라고 할 수 있다. 하지만 또 이와는 다르게 인간과 로봇의 융합이라는 관점으로 이 문제를 해결하려는 시도 또한 이루어지고 있다. 바로 착용형 로봇이 그것이다. 로봇으로 하여금 인간을 완전 대체하는 것이 아닌 인간과 로봇이 융합하여 여러 사람이 할 수 있는 일을 한 사람이 할 수 있게끔 한다든지, 일을 할 수 없는 사람이 일을 할 수 있게 한다는 새로운 개념의 로봇이 등장하고 있다.

이에 이번 호의 1부에서는 로봇 분야의 새로운 연구 분야로 자리를 잡아가고 있는 착용형 로봇의 현황과 가능성, 그리고 실질적으로 해당 로봇으로 형성된 시장 현황들을 살펴봄으로써 인간과 로봇의 융합이라는 새로운 개념의 착용형 로봇에 대한 새로운 융합연구들이 활발히 이루어지길 기대해 본다.

## 융합연구와 경계사물 :

### 융합연구를 둘러싼 한국의 ‘사회-기술적 상상력’

기술간의 융합을 넘어 분야간의 융합은 아직 갈 길이 먼 상황이다. 인문사회분야와 과학기술분야간의 융합연구 혹은 인문사회분야간의 융합연구는 주요 선진국들에 비해 우리나라는 아직 그 수준이 아주 미미한 단계이다. 이에 기술간의 융합연구를 넘어 진정한 융합연구의 확산을 위하여 새로운 정책 제안 및 아젠다 발굴이 필요하기에, 본 센터에서는 작년에 이어 올해에도 융합연구 정책 분야 학술연구의 장을 마련하고, 우수·신진 연구자의 참신한 융합연구정책 연구를 발굴하여 정책 및 전략 방향 수립에 반영할 수 있는 융합연구정책 Fellowship 프로그램을 운영하였다. 올해 6월부터 9월까지 총 4개월간 신진 연구자들이 수행한 연구 중 연구주제의 창의성 및 적절성, 연구내용 전개의 논리성과 일관성, 연구방법의 타당성 및 적절성, 연구자료의 신뢰성, 연구결과와의 활용성 및 기여도의 측면에서 우수한 연구 내용을 지난 vol.2 no.11에 이어 또 하나 소개하고자 한다. 융합연구의 촉진을 위한 핵심 요소 발굴을 위해 융합연구 관련 문헌에 대한 텍스트 마이닝을 수행하고, 사회기술적 상상과 과학기술사물 및 경계사물에 대한 개념 도입을 통해 융합연구 촉진을 위한 새로운 상상들이 만들어질 수 있는 프로세스를 제안하였다. 해당 내용을 당장 현장에 적용하기는 어려울 수 있으나 이러한 접근 방법을 통해 새로운 융합연구 아이디어가 많이 현장에서 나오길 기대해 본다.



▣ 한국생산기술연구원 수석연구원 **장재호** (jaeho@kitech.re.kr)

# 웨어러블 로봇 기술 및 시장 현황 분석

# 1. 웨어러블 로봇 기술 분석

웨어러블 로봇(Exoskeleton Robot)은 기술 분류기준으로 착용형 근력증강 로봇에 포함되며 착용형 근력증강 로봇은 인간의 힘을 증폭 또는 지원하기 위하여 신체의 외부에 부착하여 작업을 수행할 수 있는 외골격 형태의 로봇을 말한다. 인간의 몸에 착용되어 사용자의 동작의도 신호를 기반으로 액추에이터를 구동함으로써 팔, 다리의 근력을 지원 또는 증폭시켜 인간의 물리적인 작업 능력을 증대시키는 기능을 수행함이 그 목적이다. 착용자는 작은 힘으로 액추에이터에서 발생하는 큰 힘을 제어할 수 있어 무거운 물체를 작은 힘으로 쉽게 들어 올리거나, 유지하며 보행이 가능하며 지능형 로봇과는 다르게 인간의 인지 및 판단능력으로 학습 없이 직관적으로 로봇을 이용한 작업을 수행할 수 있다는 것이 특징이다.

웨어러블 로봇은 인간과 로봇의 상호 협력시스템을 통해 구동하기 때문에 인간의 지능과 인체 외부의 기계적 로봇시스템의 결합으로 구성되며, 착용자가 느끼는 피로도를 감소시켜줌으로써 이동성 및 고 중량물 운용 효율성을 증대시켜주는 시스템이다. 웨어러블 로봇은 사람이 활동하는 분야에 따라 다양한 분야에서 활용될 수 있는데 군용의 경우병사의 기동성 증대가 가능하고 산업용/재난대응용은 고중량물 취급 및 반복 작업의 작업성능 증대, 재활/의료용의 경우는 보행장애 환자들의 보행 및 재활 보조를 위해 활용될 수 있다. 각 분야에 적용이 가능한 시스템으로 그 목적에 따라 아래 그림과 같이 분류할 수 있다.

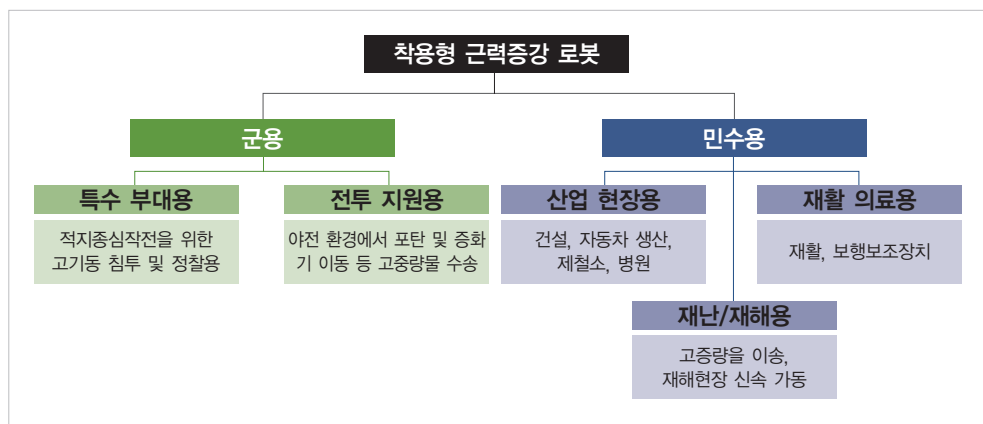


그림 1. 웨어러블 로봇의 분류 체계

웨어러블 로봇의 핵심기술은 통합개념분석 및 시험평가를 위한 시스템 통합 기술과 인체공학적인 관절메커니즘 및 소형/고출력 액추에이터 개발을 위한 구동/메커니즘 기술, 로봇을 착용한 상태에서 고속으로 보행하거나 재난현장에서 신속 임무 할당을 위한 인체-기계 연동제어 기술, 다양한 센서를 이용하여 착용자의 운동의도를 인식하기 위한 운동의도 인식/추정 기술 및 임무 지속성을 증대시키기 위한 휴대용 전원공급 기술 등이 주 포인트이다.

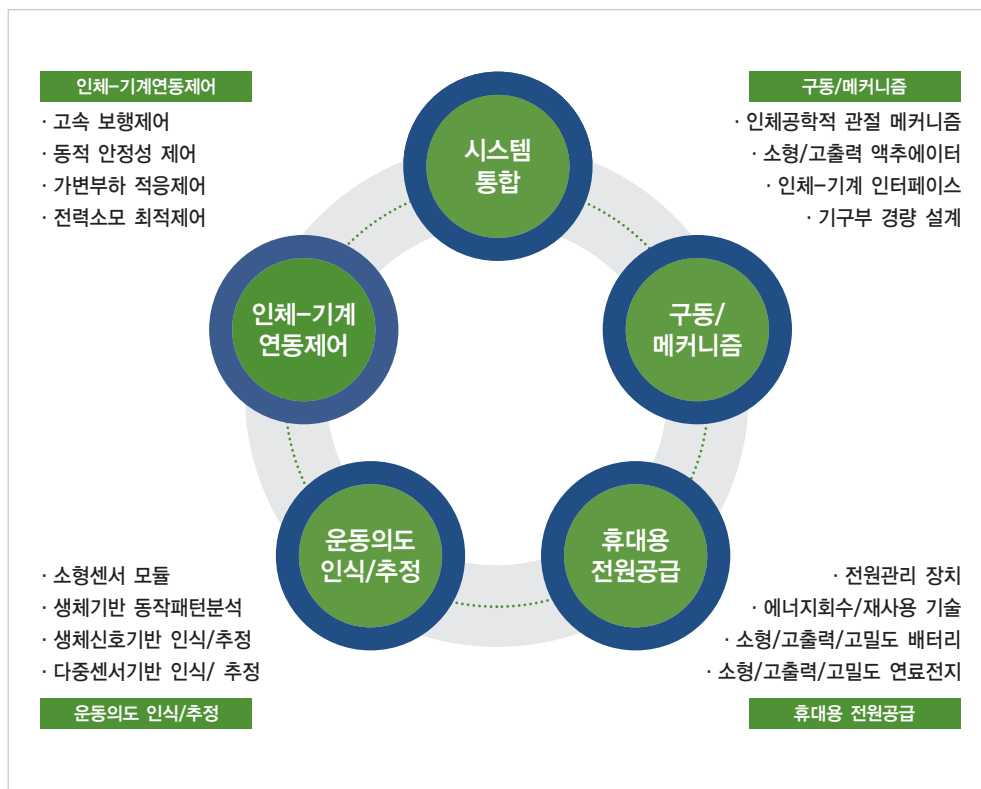


그림 2. 웨어러블 로봇의 기술구성



웨어러블 로봇의 역사를 되짚어 보면 세계 최초의 웨어러블 로봇은 군인을 위해 개발되었으나, 지금은 재활, 고령자 및 장애인 보조기구 등 의료·복지 분야에서 가장 폭넓게 활용되고 있으며, 기술개발에 따라 건설/산업, 국방 등 활용분야가 점차 확대되고 있는 추세이다.



그림 3. 웨어러블 로봇의 다양한 활용분야

각 분야별로 웨어러블 로봇의 활용 전망을 살펴보면 우선, 건설/산업 분야에서는 건설 및 산업 현장, 물류창고 등 인력을 활용하는 작업이 많으며, 계단을 오르거나 중량물을 실어 나르는 반복 작업이 많이 있다. 이런 작업환경에서 작업의 효율성 및 작업자의 근골격계 질환 예방을 위하여 근력증강이 가능한 웨어러블 로봇의 활용이 많을 것으로 전망된다.



그림 4. 건설/산업 분야 - 웨어러블로봇 활용 가능 작업(예)

국방 분야의 경우 중량물을 지고 있는 보병부대의 신속한 이동 및 장거리 행군 등에서 병사들의 피로도 감소 및 전투능력 향상을 위하여 웨어러블 로봇의 필요성이 증가하고 있으며 또한, 중량의 국방 장비의 정비 등을 위한 반복적인 중량물 이송 작업, 보급부대의 보급품 반복 이송 등 다양한 국방 분야에서 그 활용성이 높을 것으로 예상할 수 있다.



그림 5. 국방 분야 - 웨어러블로봇 활용 가능 작업(예)

의료/재활 분야에서는 근력이 약한 노인들의 근력 지원 또는 장애인의 재활에 사용할 수 있으며 노인들도 무거운 물건도 쉽게 들어 올릴 수 있는 작업이 가능하다. 또한, 반복적인 보행 훈련을 오랜 시간 할 수 있도록 하고, 환자의 관절각, 관절 토크 등의 상태를 정밀하게 모니터링 가능하기 때문에 재활분야에서의 활용성은 앞으로도 두드러질 전망이다.



그림 6. 의료·재활 분야 - 웨어러블로봇 활용 가능 작업(예)



웨어러블 로봇에 대한 국내외 기술개발 동향을 살펴보면 국내의 경우는 한양대학교의 한창수 교수 Lab의 HEXAR팀이 헥사시스템즈로 창업한 바 있으며 한양대학교 첨단로봇연구실에서 헥사 (HEXAR: Hanyang Exoskeletal Assistive Robot) 시스템을 개발, 상·하체가 분리/결합되는 모듈형 시스템을 고안하고 있다. 다양한 적용 분야를 고려한 광범위한 인체 근력지원 적용방안을 제안하였다.

제품명	특징	제품사진
CR50	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하지 근력증강용 외골격 로봇 시스템</li> <li>- 가반하중 40kg(등) / 자체중량 26kg</li> <li>- 자유도 : 수동 10DOF / 능동 4DOF</li> <li>- 소비전력 : 900W / 배터리 운용</li> </ul>	
WA20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노약자 등 하지 허약자를 위한 보행보조 기기</li> <li>- 자체중량 5.5kg (배터리 포함)</li> <li>- 자유도 : 수동 2DOF / 능동 2DOF</li> <li>- 소비전력 : 100W / 배터리 운용</li> </ul>	
HL35	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상지 근력증강용 외골격 로봇 시스템</li> <li>- 가반하중 40kg / 자체중량 26kg</li> <li>- 자유도 : 수동 2DOF / 능동 4DOF</li> <li>- 소비전력 : 1300W / 외부전원 사용</li> </ul>	

표 1. 헥사시스템즈의 개발품 사양

서강대학교 BioMechatronics Lab 노약자의 보행보조를 위한 서강대학교 SUBAR를 개발하였으며


제품명	특징	제품사진
<b>SUBAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노약자의 보행 보조를 위한 착용식 보행 보조 로봇을 제안</li> <li>- 하지 근력이 저하된 노약자의 기본 생활동작 (앉기, 서기, 걷기 등)을 보조</li> <li>- 보행 운동 능력 향상 및 치유를 돕기 위한 목적</li> <li>- 착용하는 로봇과 구동하는 로봇으로 구성</li> </ul>	

표 2. 서강대의 개발품 사양

한국생산기술연구원에서는 국내 최초의 유압식 구동기를 이용한 고출력 외골격 로봇 슈트를 개발하였고 현재까지도 꾸준한 기술개발과 로봇 제작 및 사용화에 힘쓰고 있다.




제품명	특징	제품사진
<b>Hyper-1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Super Soldier/Labor 구현을 위한 고출력 외골격 로봇 슈트 사업</li> <li>- 하지 근력증강용 외골격 로봇 시스템</li> <li>- 리니어 유압 액추에이터 구동</li> <li>- 가반하중 100kg(등) / 자체중량 300kg</li> <li>- 자유도 : 능동 6DOF</li> </ul>	
<b>Hyper-2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Super Soldier/Labor 구현을 위한 고출력 외골격 로봇 슈트 개발 사업</li> <li>- 하지 근력증강용 외골격 로봇 시스템</li> <li>- 리니어 유압 액추에이터 구동</li> <li>- 가반하중 80kg(등) / 자체중량 40kg</li> <li>- 자유도 : 능동 4DOF</li> </ul>	
<b>Robin-P1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노약자/장애인을 위한 근력보조 시스템 개발 사업</li> <li>- 척수환자용 보행 보조 로봇</li> <li>- 전기모터 구동</li> <li>- 자체중량 : 13.5kg / 17kg(배터리포함)</li> <li>- 발의 감압센서를 통해 무게 느낀 쪽 반대 발을 앞으로 움직이는 방식</li> <li>- 전자목발을 추가 개발 중. 환자 체중 중심 분석</li> </ul>	

표 3. 한국생산기술연구원의 개발품 사양

현대로템 주식회사는 산업용 하지 근력증강용 외골격 로봇을 개발 중에 있으며 세부사항은 아래와 같다.

제품명	특징	제품사진
산업용 유압식 하지 외골격 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지경부 '산업노동자원을 위한 착용식 근력증강 로봇 기술 개발' 과제</li> <li>- 유압식 외골격 로봇 하지부의 HILS 시제</li> <li>- 리니어/로터리 액추에이터 구동</li> <li>- 보행속도 : 1.8km/h</li> <li>- 가반하중 120kg(등) / 자체중량 51kg</li> <li>- 자유도 : 수동 6 DOF / 능동 6DOF</li> <li>- 외부 전원 / 유압 공급장치 사용</li> </ul>	
산업용 전기식 하지 외골격 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지경부 '산업노동자원을 위한 착용식 근력증강 로봇 기술 개발' 과제</li> <li>- 전기식 외골격 로봇 하지부의 HILS 시제</li> <li>- 전기 모터 구동 / 보행속도 : 1.8km/h</li> <li>- 가반하중 50kg(등) / 자체중량 30kg</li> <li>- 자유도 : 수동 4 DOF / 능동 8DOF</li> <li>- 외부 전원 사용</li> </ul>	

표 4. 현대로템의 개발품 사양

대우조선해양(DSME)에서도 착용형 웨어러블 로봇을 개발한 사례가 있는데 근력증강용 하반신형/전신형 착용로봇 개발하였고 사용자 의도파악, HRI 기술 및 로봇요소 기술 개발 중에 있다.


제품명	특징	제품사진
전기식/ 유압식 하반신 착용로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조선소 현장 작업용</li> <li>- 상지중량 30kg</li> <li>- 내부 전기모터 / 유압 공급장치 사용</li> </ul>	

표 5. 대우조선해양의 개발품 사양

NT리서치는 산업용 목적으로 착용로봇 연구 개발 중에 있고 모터기반 액추에이터의 상·하지가 모두 있는 웨어러블 로봇의 형태이다.


제품명	특징	제품사진
<b>RoboWear</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (주)NT리서치 사</li> <li>- RoboWear / 산업용</li> <li>- 기반하중 30kg</li> <li>- 근육경도 센서 방식</li> <li>- 상체 자유도 : 능동 4 DOF/ 수동 6 DOF</li> <li>- 하체 자유도 : 능동 4 DOF/ 수동 4 DOF</li> </ul>	

표 6. NT리서치의 개발품 사양

LIG넥스원은 자체 선행연구를 통해 유압식 외골격 로봇 개발하고 있으며 해당 기술을 토대로 산업용 상지 근력증강용 외골격 로봇을 개발중에 있다.


제품명	특징	제품사진
<b>LEXO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LIG 넥스원주관으로 고하중 휴대성에 따른 무게 증가와 산악 등 다양한 지형에서의 능력을 극대화시킨 근력증강 로봇을 개발</li> </ul>	

표 7. LIG넥스원의 개발품 사양

국의 기술개발은 미국, 일본의 기술 개발이 주축이며 미국은 국방용과 하지 마비환자의 재활 용으로 일본은 특수목적용, 산업용의 웨어러블 로봇 개발이 주축이다.

제품명	특징	제품사진
<b>HULC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lockheed Martin 社</li> <li>- Human Universal Load Carrier / 군용</li> <li>- 가반하중 90kg(등) / 자체중량 14~25kg</li> <li>- 연료전지(Protonex社)</li> <li>- 최대 속도 : 16km/h</li> <li>- 구동 : 리니어 액추에이터</li> <li>- 센서 : 압력 / 포스 / 가속도 / 경사계</li> <li>- 리프트 장치를 추가하여 중량물 이송</li> <li>- 최근 미해군 조전소에서 그라인딩 작업 등에 적용 및 평가 중</li> </ul>	
<b>Ekso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ekso Bionics 社 (전 Berkeley Bionics)</li> <li>- 기존 eLEGS를 발전시킨 모델</li> <li>- 휠체어 사용자들을 위한 보행 보조</li> <li>- 가반하중 100kg</li> <li>- 약 4시간 운영</li> <li>- 구동 : 4개의 전기 모터</li> <li>- 사용자 신장 범위 : 158 ~ 187 cm</li> </ul>	
<b>XOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raytheon-Sarcos 社</li> <li>- 상하지 일체형 / 군용</li> <li>- 가반하중 91kg / 자체중량 68kg</li> <li>- 엔진구동 / 약 24시간 운영</li> <li>- 구동 : 상,하지 30개의 유압구동 액추에이터</li> <li>- 센서 : Force sensor (6군데)</li> <li>- XOS 2 개발, 에너지 효율 50% 향상</li> <li>- 외골격 관련 특허 논문이 없었고 대부분 유압장치 및 구성 시스템에 관련된 특허 존재</li> </ul>	
<b>Robo Walker</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yobotics 社 (MIT Leg Laboratory에서 설립)</li> <li>- 민간 상용화 목표</li> <li>- 별도 상지 외골격은 지원하지 않음</li> <li>- 계단보행에 특화</li> </ul>	

표 8. 미국 개발품 사양

NT리서치는 산업용 목적으로 착용로봇 연구 개발 중에 있고 모터기반 액추에이터의 상·하지가 모두 있는 웨어러블 로봇의 형태이다.

제품명	특징	제품사진
<b>HAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cyberdyne 社</li> <li>- Hybrid Assistive Limb</li> <li>- 서기, 앉기, 보행, 계단승강, 중량물기반/운반</li> <li>- 크기 : 1,600 mm</li> <li>- 자체중량 : 15kg(하반신형), 25kg(전신형)</li> <li>- 동력원 : 100V 전지 / 2시간 40분 운영</li> <li>- 구동 : 전기 모터</li> <li>- 센서 : 신체 전기 신호 / 각도 센서</li> <li>- 재활, 재난 구조 등에 적용 (최근 60kg 방사능 보호 슈트 버전 발표)</li> </ul>	
<b>WAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Honda 社</li> <li>- Walking Assist Device</li> <li>- ASIMO 보행기술 기반</li> <li>- 골반관절 착용식 로봇</li> <li>- 노약자와 장애인 보행 보조</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Honda 社</li> <li>- Walking Assist Device</li> <li>- ASIMO 보행기술 기반</li> <li>- 반 좌식 신체 자중 지지용 근력증강로봇</li> <li>- 자동차 조립라인에 적용</li> </ul>	
<b>Toyota Partner Robots</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toyota 社</li> <li>- Independent Walk Assist (한발 보조 가능)</li> <li>- 노약자와 장애인 보행 보조(무릎 하중지지)</li> <li>- 크기 : 280W × 290D × 620H mm</li> <li>- 자체중량 : 3.5kg (다리부만)</li> <li>- 센서 : 대퇴부의 위치센서, 발의 로드 센서</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toyota 社</li> <li>- Walk Training Assist</li> <li>- Independent Walk Assist를 응용</li> <li>- 보행 모니터링을 통해 재활 훈련을 보조</li> <li>- 자체중량 : 4kg (다리부만)</li> <li>- 센서 : 대퇴부의 위치센서, 발의 로드 센서</li> </ul>	

표 9. 일본 개발품 사양



## 2. 웨어러블 로봇 시장 동향 분석

국내외 웨어러블 로봇 시장 동향을 분석해보면 전체 웨어러블 로봇 시장은 미국 국방부 판매 금액을 제외할 경우 2015년 기준 30백만 달러 규모 내외로 예상되고 있다.

출처 : Wintergreen Research, World Robotics, QYResearch

구분	2014		2015	
	판매금액	판매대수	판매금액	판매대수
Wintergreen Research	16.5	172	35.5	341.8
Radiant Insights(2015)	17	N/A	26	N/A
World Robotics	13.5	273	-	-
QYResearch	83.25	842	103.96	1,184

표 10. 세계 웨어러블 로봇 시장 규모

(단위: 백만달러)

웨어러블 로봇은 2015년 전 세계적으로 1,184대가 판매되었으며, 판매수입은 103.9백만달러 정도이다. 판매에 성공한 다양한 나라들이 많지만 이중 미국이 전체의 67.9%이상 차지한다.

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>판매대수(대)</b>	146	238	370	563	842	1,184
미국	131	201	294	427	572	769
EU	5	14	25	39	83	134
아시아	6	14	28	58	94	146
기타	4	9	23	39	93	135
<b>판매수입(백만달러)</b>	25.28	36.4	49.62	66.59	83.25	103.96
미국	23.95	33.45	44.34	58.38	68.93	84.52
EU	0.45	1.11	1.79	2.4	4.66	6.8
아시아	0.55	1.18	2.05	3.63	5.14	6.99
기타	0.34	0.66	1.43	2.19	4.51	5.65
<b>판매가격 평균(백만달러)</b>	17.31	15.3	13.41	11.83	9.89	8.78
미국	22.6	20.59	18.65	16.91	14.89	13.58
EU	16.2	14.43	12.9	11.45	10.27	9.33
아시아	10.67	9.83	8.32	7.2	6.31	5.52
기타	12.68	11	9.59	8.52	7.49	6.43

표 11. 국가별 전 세계 판매 대수 추이 및 전망

(단위: 대, %)

또한 웨어러블 로봇의 분야별로 따져봤을 때 2015년 기준 전신용이 65.41%( '15), 하체용이 26.65% 비율을 나타내고 5년간 증가추이는 하체용의 비율이 점차 높아지고 있으며, 전신용은 감소 추세이다.

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015
전신(Body)	80.83	78.99	77.11	72.83	70.65	65.41
하체(Lower)	13.69	13.45	15.47	18.96	21.51	26.65
상체(Upper)	2.53	2.62	2.85	3.02	3.46	3.77
기타(Other)	2.95	4.94	4.57	5.19	4.38	4.17
합계	100	100	100	100	100	100

표 12. 분야별 판매 현황 추이('10~'15)

(단위: %)

활용 용도측면에서는 재활 분야가 26.76%( '10)에서 51.53%( '15)로 증가하였고, 근력증강용은 비율이 점차 감소 추세를 나타낸다. (73.24% → 48.47%) 판매현황 추이로 볼 때 중장기적으로 재활 및 보행보조용 로봇이 전체 시장을 이끌 것으로 전망된다.

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015
재활	26.76	31.58	37.32	41.31	47.62	51.53
근력증강	73.24	68.42	62.68	58.69	52.38	48.47
합계	100	100	100	100	100	100

표 13. 용도별 판매 현황 추이('10~'15)

(단위: %)

세계 웨어러블 로봇 시장을 전망해볼 때 종합적인 의견은 Wintergreen Research 사에서는 2021년까지 21.2억달러 시장으로 연평균 100%이상 성장할 것이라 전망하고 있고

출처 : Wintergreen Research, World Robotics, QYResearch

구분	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	연평균성장률
Wintergreen Research	16.5	35.5	97.9	215.4	424.3	802	1,403.50	2,119.30	100%
Radiant Insights	17	26	39	59	90	137	210	-	52.30%

표 14. 세계 웨어러블 로봇 시장 규모 전망('14~'21)

(단위 : 백만달러)

World Robotics는 전문서비스의 'Powered human exoskeletons' 이라 분류하고 있으며, 전 세계 웨어러블 로봇 시장이 2014년 기준 연간 273대, 판매금액 기준 약 13.5백만 달러 규모로 15년에서 18년 3년간 3,000대 이상의 판매고를 달성할 것으로 전망하고 있다.

출처 : World Robotics, IFR, 2008~2014

구분	2013	2014	'15~'18 전망
판매대수(대)	160	273	3,000
판매금액(백만달러)	7.5	13.5	170

표 15. 전 세계 판매 대수 추이 및 전망 (단위: 대, %)

국내의 경우 웨어러블 로봇 시장 동향 분석해보면 종합적인 의견은 웨어러블 로봇 시장에 대한 객관적인 통계자료는 제시되고 있지는 않지만, 의료, 재활, 국방 등 관련 분야까지 확대하여 직간접 수요 시장 규모를 산출한다면 121억원('14년) 내외로 내다보고 있다. (로봇산업특수분류) 통계조사 분류 중 전문서비스용 로봇-기타 사회안전 및 극한 작업용 로봇, 의료로봇-재활훈련용 로봇, 로봇임베디드국방-웨어러블 로봇기반 전투복 등이 포함된다.

출처 : 로봇산업실태조사, 산업통상자원부 · 한국로봇산업진흥원 · 한국로봇산업협회, 2015

구분	로봇산업실태조사 분류		2012	2013	2014
전문 서비스용 로봇	사회안전 및 극한작업 로봇		93.47	37.5	39.4
	기타 사회안전 및 극한작업용 로봇		11.8	12.7	11
	의료로봇		31.02	88.04	220.4
	재활훈련용 로봇		16.7	19.9	20
개인서비스용 로봇	헬스케어로봇	개인재활훈련용 로봇 등	105.8	112.5	90
로봇 임베디드	로봇임베디드 국방	웨어러블 로봇기반 전투복	-	-	-

표 16. 국내 웨어러블 로봇 시장('12~'14) (단위 : 억원)

이렇게 시장성을 뛰고 있고 착용형 근력증강로봇을 생산 및 판매 중에 있는 주요 기업들을 8개사 내외로 판매가격 및 주력제품 현황으로 정리 하였으며 내용은 아래와 같다.

기업명	주력시장	주요제품	제품사진
<b>Sarcos</b> (미국)	<b>US Army</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 : 1983</li> <li>- 생산 공장 : 유타주</li> <li>- 주요제품 : Micro electromechanical systems, Medical microsystems, Powered exoskeleton</li> <li>- 주력시장 : US Army / Private</li> </ul>	
<b>Ekso Bionics</b> (미국)	<b>미국</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 : 2005</li> <li>- 생산 공장 : 캘리포니아주</li> <li>- 주요제품 : Powered exoskeleton</li> <li>- 주력시장 : 미국 / Public</li> </ul>	
<b>Lockheed Martin</b> (미국)	<b>US Army</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 : 1995</li> <li>- 주요제품 : Aerospace, defense, security and advanced technologies</li> <li>- 주력시장 : US army / Private</li> </ul>	
<b>AlterG</b> (미국)	<b>미국</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 : 2005</li> <li>- 생산 공장 : 캘리포니아주</li> <li>- 주요제품 : Medical device</li> <li>- 주력시장 : 미국/Public</li> </ul>	

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

기업명	주력시장	주요제품	제품사진
<b>Cyberdyne</b> (일본)	일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 : 2004</li> <li>- 생산 공장 : 스쿠바</li> <li>- 주요제품 : exoskeleton</li> <li>- 주력시장 : 일본 / Public</li> </ul>	
<b>Rex Bionics</b> (뉴질랜드)	뉴질랜드, 영국, 미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 : 2003</li> <li>- 생산 공장 : 오크랜드</li> <li>- 주요제품 : Robotic walking devices</li> <li>- 주력시장 : 영국, 미국 / public</li> </ul>	
<b>ReWalk Robotics</b> (이스라엘)	미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 : 2001</li> <li>- 주요제품 : 가정용 및 재활기관용 Powered exoskeleton(FDA승인)</li> <li>- 주력시장 : 미국 / Public</li> </ul>	
<b>Hocoma</b> (스위스)	유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설립 : 1996</li> <li>- 생산 공장 : 스위스</li> <li>- 주요제품 : Medical Device</li> <li>- 주력시장 : 유럽 / Private</li> </ul>	

표 17. 착용형 근력증강로봇 관련 주요기업 및 제품 현황

기업별 생산현황은 2015년 기준. 기업별 생산가능 대수, 생산대수, 판매수익 순으로 정리하였고 웨어러블 로봇 시장의 44%를 Sarcos가 점유하고 있음을 보여준다.

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

기업명	판매시작 (년도)	생산 가능대수 ('15년 기준)	생산대수 ('15년 기준)		매출액 (단위:백만달러)	대당 판매 수익 현황			
			대수	비율		대당 판매가 (단위: 만달러)	대당비용 (단위: 만달러)	대당이익 (단위: 만달러)	마진율 (단위:%)
Sarcos	2007	650	526	44.43%	65.01	12.36	7.04	5.32	43.04
Cyberdyne	2010	160	136	11.49%	6.57	4.83	2.34	2.49	51.57
Ekso Bionics	2010	120	102	8.61%	6.84	6.71	3.4	3.31	49.39
Rex Bionics	2010	120	97	8.19%	7.42	7.65	3.88	3.77	49.24
ReWalk Robotics	2010	145	108	9.12%	5.02	4.65	2.43	2.22	47.8
Lockheed Martin	2009	60	48	4.05%	5.67	11.82	6.96	4.86	41.1
AlterG	2009	90	73	6.17%	2.81	2.51	1.54	0.97	38.63
Hocomo	2011	30	21	1.77%	0.53	2.51	1.63	0.88	35.05

표 18. 주요 기업의 착용형 근력증강 로봇 판매 현황

그러나 생산대수, 판매수익관점에서 보면 Sarcos사는 지속적으로 증가하고 있으나, 전체 시장에서 차지하는 비율은 7~80%대에서 60%대로 감소 추세를 보인다.

Cyberdyne, Ekso Bionics, Rex Bionics, Rewalk Robotics 등 기업의 생산가능 대수는 지속 증가 추세를 나타내고 있다.

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

구분	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
Sarcos	140	71.80%	200	65.20%	280	59.40%	450	59.90%	530	48.40%	650	44.20%
Cyberdyne	7	3.60%	15	4.90%	35	7.40%	70	9.30%	110	10%	160	10.90%
Ekso Bionics	3	1.50%	7	2.30%	25	5.30%	35	4.70%	80	7.30%	120	8.20%
Rex Bionics	5	2.60%	10	3.40%	20	4.20%	30	4.10%	80	7.30%	120	8.20%
ReWalk Robotics	3	1.40%	8	2.60%	20	4.20%	35	4.70%	95	8.70%	145	9.90%
Lockheed Martin	6	3.20%	10	3.20%	15	3.20%	20	2.70%	40	3.70%	60	4.10%
AlterG	20	10.30%	30	9.80%	35	7.40%	50	6.60%	70	6.40%	90	6.10%
Hocomo	0	-%	5	1.60%	7	1.50%	11	1.40%	20	1.80%	30	2.00%
기타	11	5.60%	22	7.00%	35	7.40%	50	6.60%	70	6.40%	95	6.40%
총계	195	100%	307	100%	472	100%	751	100%	1,095	100%	1,470	100%

표 19. 주요기업의 착용형 근력증강로봇의 생산가능대수(Capacity)

(단위: %)



출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

구분	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
Sarcos	106	72.6%	163	68.5%	232	62.7%	338	60.0%	410	48.7%	526	44.4%
Cyberdyne	5	3.4%	12	5.0%	26	7.0%	54	9.6%	87	10.3%	136	11.5%
Ekso Bionics	2	1.4%	5	2.1%	17	4.6%	26	4.6%	64	7.6%	102	8.6%
Rex Bionics	3	2%	7	3%	15	4.0%	23	4.1%	58	6.9%	97	8.2%
ReWalk Robotics	2	1.4%	6	2.5%	14	3.8%	25	4.4%	74	8.8%	108	9.1%
Lockheed Martin	5	3.4%	7	2.9%	11	3.0%	15	2.7%	31	3.7%	48	4.1%
AlterG	15	10.3%	20	8.4%	26	7.0%	38	6.8%	52	6.2%	73	6.2%
Hocoma	0	-%	3	1.3%	5	1.4%	8	1.4%	14	1.7%	21	1.8%
기타	8	5.5%	15	6.3%	24	6.5%	36	6.4%	52	6.1%	73	6.1%
총계	146	100%	238	100%	370	100%	563	100%	842	100%	1,184	100%

표 20. 주요기업의 착용형 근력증강로봇의 생산대수(Production)

(단위: 대, %)

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

구분	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
Sarcos	21.51	85.1%	29.9	82.2%	38.7	62.7%	50.9	76.5%	55.3	66.4%	65.0	62.5%
Cyberdyne	0.47	1.8%	1.0	2.8%	1.9	7.0%	3.4	5.1%	4.8	5.8%	6.6	6.3%
Ekso Bionics	0.24	1%	0.5	1.4%	1.6	4.6%	2.2	3.3%	4.8	5.8%	6.8	6.6%
Rex Bionics	0.39	1.5%	0.8	2.2%	1.6	4.0%	2.1	3.2%	4.9	5.8%	7.4	7.1%
ReWalk Robotics	0.17	0.7%	0.5	1.3%	0.9	3.8%	1.5	2.3%	3.9	4.7%	5.0	4.8%
Lockheed Martin	0.96	3.8%	1.3	3.4%	1.7	3.0%	2.1	3.1%	3.9	4.6%	5.7	5.5%
AlterG	0.73	2.9%	0.9	2.6%	1.1	7.0%	1.6	2.4%	2.1	2.5%	2.8	2.7%
Hocoma	0	-%	0.1	0.3%	0.2	1.4%	0.3	0.4%	0.4	0.5%	0.5	0.5%
기타	0.81	3.2%	1.4	3.8%	1.9	6.5%	2.5	3.7%	3.2	3.9%	4.1	4%
총계	25.28	100%	36.4	100%	49.6	100%	66.6	100%	83.3	100%	103.9	100%

표 21. 주요기업의 착용형 근력증강로봇의 판매수익(Revenue)

(단위: 백만달러, %)

세계 웨어러블 로봇 기업의 생산 비용 및 수익구조 현황을 보면 평균 판매가격은 2010년 17.31만달러/대에서 2015년 8.78달러/대까지 가격이 인하되었으며, 수익구조 상 비용도 2010년 대비 50%대로 감소되었고 매출 총이익률은 평균 43% 정도이다.

\* 참고 : 국내 제조업 매출총이익률 22.1%('15년)

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015
판매가격	17.31	15.3	13.41	11.83	9.89	8.78
전년대비 비율	-	-11.63%	-12.33%	-11.76%	-16.45%	-11.19%
생산비용	9.97	8.76	7.71	6.88	5.49	4.92
전년대비	-	-12.15%	-12.05%	-10.74%	-20.21%	-10.44%
매출총이익(%)	42.38%	42.71%	42.53%	41.87%	44.48%	44.01%
전년대비	-	0.80%	-0.43%	-1.56%	6.25%	-1.06%

표 22. 주요기업의 착용형 근력증강로봇의 판매수익(Revenue)

(단위: 만달러)

웨어러블 로봇의 생산비용 구조는 전체 생산비용 중 원료비 비중이 70.1%로 가장 높으며 직접생산비용이 75.9%, 간접생산비용 2.6%으로 직간접 생산비가 80%내외를 차지한다.

출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, 2015.Aug

구분		2015
직접생산비용	원료	70.1
	직접노동	4.5
	기타 직접 비용	1.3
간접생산비용	간접재	2.1
	간접 노동	0.3
	기타 간접비용	0.2
감가상각		9.8
에너지 비용		8.2
기타 비용		3.5
합계		100

표 23. 착용형 근력증강로봇의 생산비용

(단위: %)

그렇다면 국내 기업들의 현 상황과 동향은 어떠할까?

국내 웨어러블 로봇 시장에서는 현재 국내 산·학·연에서 웨어러블 로봇 관련 연구개발을 활발히 진행하고 있으며, 일부 기업에서 상용화를 추진 중에 있는 상태이다. 일례로 대우조선해양은 전기식·유압식 착용형 로봇 개발 결과를 발표하였으며, 중량물 운반과 설치작업이 많은 조선소 현장에서 웨어러블 로봇을 적용하면 생산성이 획기적으로 향상될 것이라 전망하고 있다. 현대로템은 웨어러블 로봇을 신성장동력 사업으로 삼고 핵심 기술의 보완·발전에 박차를 가하고 있으며, 2016년 시장에 진출할 계획 중에 있다고 알려져 있다. 헥사시스템즈는 국방과 산업, 의료, 실버, 재난구조, 건설 등 6가지 분야에 적용 가능한 웨어러블 로봇인 '헥사(HEXAR)'를 만들어 상업화에 성공하였다.

웨어러블 로봇 분야의 전체 시장 규모 및 성장률 분석을 위해서는 우선 세계시장 규모 및 전망을 알아볼 필요가 있다. 요약하자면 세계 웨어러블 로봇 시장은 2016년부터 연평균 약 32.8%의 고성장을 실현할 것으로 전망되고 있으며 2016년 138백만 달러에서 연평균 성장률 약 32.8%로 성장하여 2021년 567 백만 달러에 달할 것으로 예측된다.

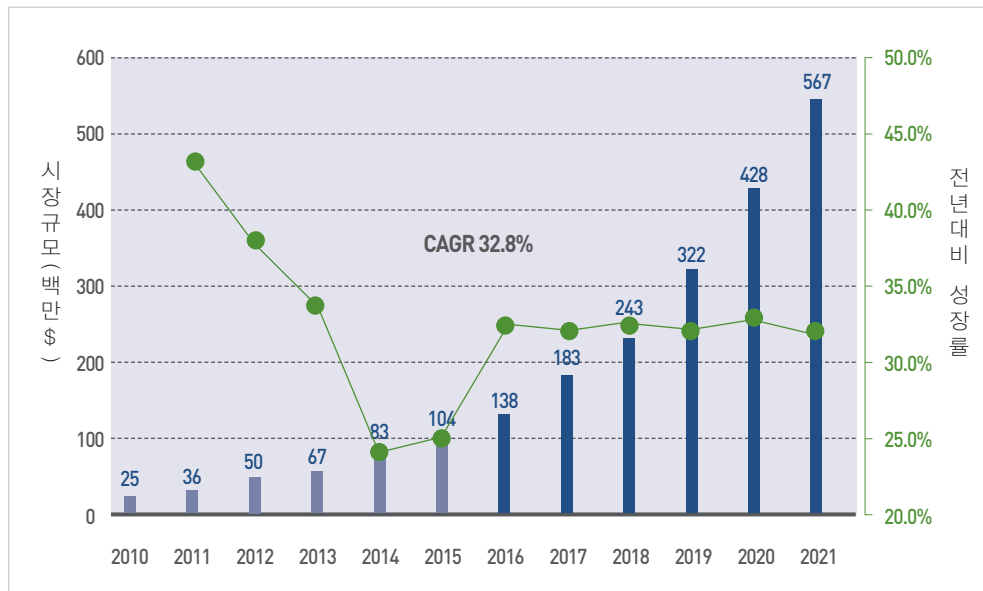


그림 7. 세계 웨어러블 로봇 시장 규모 및 전망

또한 웨어러블 로봇은 인간의 능력을 보완해주고 확장해준다는 점에서 일상생활의 활용도가 높을 것으로 보이고 있으며 이에 따라 웨어러블 로봇의 수요는 전 세계적으로 지속되어 웨어러블 로봇 시장이 계속 확대될 것으로 예상되고 있다.

16~21년 세계 평균 시장규모	'16~'21 연평균성장률(CAGR)
314 백만 달러	32.8%

표 24. 세계 웨어러블 로봇 평균 시장 규모(16~21)

국내에서의 웨어러블 로봇은 고도 기술 복지 사회에서 핵심적 역할을 하게 될 것으로 전망되며, 세계적으로 차세대 기술로서 관심이 증대되고 있는 첨단 기술 분야임에 많은 관심을 받고 있다. 인간과 로봇의 직접적 상호작용을 통해 다양한 어플리케이션으로의 활용이 가능한 웨어러블 로봇은 실제로 재활 및 재난 대응 분야에서 산업 현장에 이르기까지 다방면으로 연구가 진행중이며 국내에서도 웨어러블 로봇 연구가 한국생산기술연구원과 국방과학연구소 등을 중심으로 이루어지고 있다. 현재 군사용 목적뿐만 아니라 장애인들을 대상으로 한 상용화가 준비 중에 있으며 국내 웨어러블 로봇 시장규모는 현재 시작 단계라 거의 제로에 가깝지만 향후 2021년에는 936억원 규모로 크게 성장할 것으로 예상된다.

\*출처 : QYResearch Exoskeleton Research Center, Aug 2015, 비즈니스전략연구소(주) 재구성  
세계 웨어러블 로봇 시장규모에 세계 로봇 시장의 한국 점유율 15%를 적용하여 추정

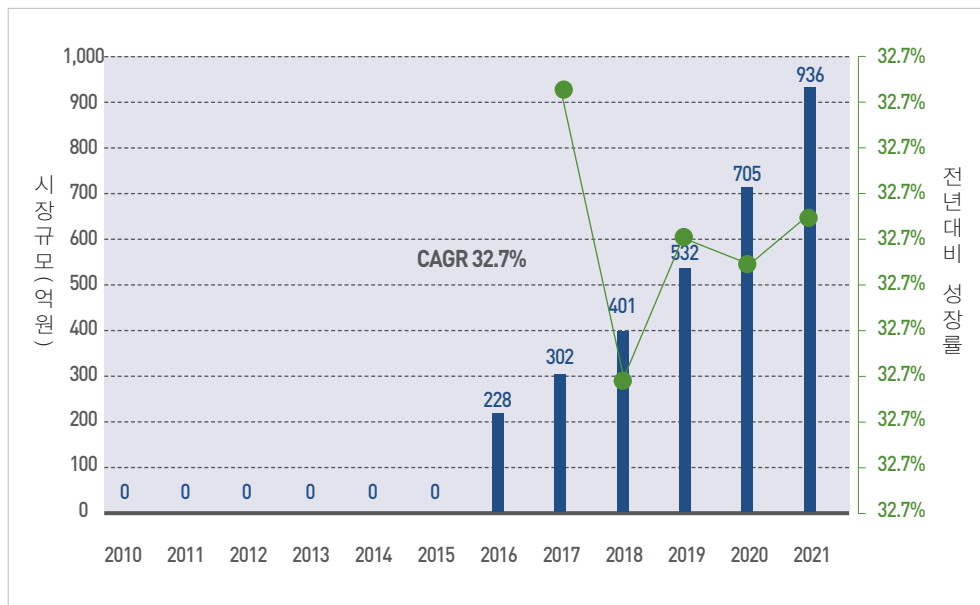


그림 8. 국내 웨어러블 로봇 시장 규모 및 전망

세계 로봇 시장에서 한국의 점유 비중이 점차 증대될 것으로 예상되나, 10년간 세계 시장에서 큰 변화가 없다고 가정하여 앞서 구한 세계 시장 규모에 한국의 점유율 15%를 적용하면 국내 시장 규모는 아래와 같이 산출된다.

출처 : World Robotics(2014)

구분	2009	2010	2011	2012	2013	연평균
세계시장	74,547	105,248	137,313	137,313	162,679	21.50%
국내시장	10,208	17,849	21,464	21,327	22,210	27.40%
비중	14%	17%	16%	16%	14%	15%

표 25. 국내외 로봇 시장 현황

(단위 : 억원)

국내의 경우 현대로템이 2016년 국내 기업 최초로 웨어러블 로봇을 상용화한다는 계획을 세우고 있어(현대로템 업계자료, 2014) 2016년부터 국내 웨어러블 시장이 본격적으로 형성될 것으로 분석되고 있으며 고령화 사회에서 노인들의 이동과 간병 등이 사회문제로 대두되고 있는 상황에서 웨어러블 로봇이 대안으로 떠오르고 있다. 또한 인간의 힘을 최대한 발휘할 필요가 있는 전쟁 이외에 건설, 농업 등 적용분야가 상당할 것으로 평가받고 있고 이에 따라 국내 웨어러블 로봇의 수요가 크게 증가되어 웨어러블 로봇의 시장은 향후에도 점차 크게 확대될 것으로 분석된다.

16~20년 국내 평균 시장규모	'16~' 20 연평균성장률(CAGR)
517억 원	32.7%

표 26. 국내 웨어러블 로봇 평균 시장 규모(16~20)



## 장재호 (Jang, Jae Ho)

- 학 력**
- 2003-2007 한양대학교 기계공학과 박사
  - 2001-2002 한양대학교 메카트로닉스 석사
  - 1995-2000 한양대학교 기계공학과 학사
- 경 력**
- 한국생산기술연구원 수석연구원
  - 주식회사 에프알티 대표이사
  - 한양대학교 BK21 사업단 박사후 연구원

# 융합연구와 경계사물: **융합연구를 둘러싼 한국의 '사회-기술적 상상력'**

✉ 카이스트 과학기술정책대학원 신유정 (ssinyou@gmail.com)





# 01 서론

## 1-1. 연구 배경 및 목적

“융합연구를 어떻게 하면 촉진시킬 수 있을까?”

최근 많은 정책 전문가들이 던지는 이 질문은 사실 “융합연구란 무엇인가?”라는 근본적인 논의와 밀접하게 연관되어 있다. 융합연구를 무엇이라 정의하느냐에 따라 이를 촉진시키는 정책적 수단들에 대한 생각 또한 달라질 수밖에 없다. 융합연구를 새로운 두 이질적인 학문이 만났을 때 일어나는 결합의 결과라 생각한다면, 전혀 접점이 없을 것 같은 두 영역에 연결고리를 만들어주는 장치들이 필요할 것이다. 이보다는 융합연구를 창조적인 개별 연구자가 서로 다른 지식들을 자신만의 방식으로 해석하는 과정에서 나오는 산출물이라고 생각한다면, 창의적 능력을 지닌 연구자들을 양성하는데 도움이 되는 수단들을 고려하게 될 것이다.

20세기 후반 들어 “융합연구”의 중요성이 본격적으로 과학기술정책계의 큰 화두로 떠오르면서 많은 연구자들이 이 개념을 정립하기 위해 많은 노력을 기울여 왔다. 하지만 현재까지도 “융합연구”는 단일한 의미로 사용되지 않으며, 국가에 따라, 분야에 따라, 시기에 따라 각각 다른 모습으로 통용되고 있다 (Rosenfield, 1992; Klein, 1996; Lattuca, 2003; Aboelela 외, 2007; Stokols 외, 2008).<sup>1)</sup> 미국 옥스퍼드에서 발간한 『The Oxford Handbook of Interdisciplinarity』에서 Julie Thompson Klein (2010)은 그간 통용되던 다양한 융합연구 개념들을 분석하고 아래와 같은 새로운 분류법을 제공하기도 하였다. 융합연구를 크게 다학제간 (Multidisciplinary, MD) 연구, 학제간 (Inter-disciplinary, ID) 연구, 초학제간 (Transdisciplinary, TD) 연구로 구분하고, 통합의 정도에 따라 학제간 연구의 다양한 유형을 제시하였다.

1) “융합”연구를 “학제간,” “다학제간” “초학제간” 연구로 구분되어 사용하기도 하며, “융합”과 비슷한 용어로 “통섭” “결합” “퓨전” 등의 용어가 사용되기도 한다. 하지만 다양한 용어간의 경계가 불분명하거나 한국에서는 “융합”이 이들을 포함하는 용어로 주로 사용되기에 본 글에서는 “융합”을 광의의 개념으로 사용하기로 한다.

\* Frodeman, Klein and Mitcham (2010, p. 16) 일부 재구성

플랫폼의 참여자	학제간 연구 (ID)	초학제간연구 (TD)
Partial Integration		Full Integration
Contextualizing ID		Conceptual ID
Auxiliary ID	Supplementary ID	Structural ID/Unifying ID
Composite ID	Generalizing ID	Integrative ID

표 1. 학제간 연구 유형

하지만 융합연구의 정의 및 유형에 대한 개념적인 연구는 많이 진행된 반면, 실제로 특정 지역 또는 영역에서 융합연구에 대한 개념이 어떻게 상정되고 있는지 분석한 연구는 드물다고 할 수 있다 (박기범 & 황정태, 2007; 엄용의 외, 2010; 홍성욱 외, 2012; 오현석 외 2012; 서동인 & 오현석, 2014; 백연정, 2016). 즉 융합연구의 보편적인 개념적 특성은 많은 조명을 받았지만, 한국이라는 나라에서 융합연구 개념이 논의되는 특징적인 양상 및 형태를 조명한 연구는 많지 않았다. 최근 황병상 외 (2016)가 『한국융합정책론: 융합기술과 산업융합』을 통하여, 한국에서 논의되고 있는 융합연구정책을 정책학적 관점에서 분석한 바 있으나, 이미 제도화된 주요 법률 및 국가계획을 위주로 분석함으로써 논의 양상 자체를 조명하는 데는 한계를 보였다.<sup>2)</sup>

본 연구는 “학술 연구”를 다양한 지적 상상력이 응집되고, 구체적인 실천의 장이 마련되는 중요한 공간으로 인식하고, 한국의 융합연구정책을 둘러싼 상상이 어떠한 방식으로 드러나는지 살펴보고자 한다. 이를 통하여 융합연구에 대한 한국의 “사회기술적 상상”을 진단하고자 하며, “경계사물”이라는 개념을 소개함으로써, 향후 대안적 상상을 논할 시발점을 제시하고자 한다. “사회기술적 상상”이란 특정 과학 기술을 둘러싸고 사회 내에서 집단적으로 상상되고, 제도적으로 정착화 되고, 공공연하게 실천되는 사고 형태를 일컫는다. 이는 단순히 담론으로 머무는 것이 아니라 “권력과 실천의 중추적인 저장고”로서 다양한 형태로 물질화되고 제도화 되는 것으로 조명 받았다 (Jasanoff and Kim, 2015). 이러한 맥락에서 상상력에 대한 다양한 상상은 궁극적으로 새로운 실천들을 야기하는 주 단초가 될 수 있다고 할 수 있다.

2) 황병상 외(2016)에서 연구 대상으로 삼은 국가계획 및 법률은 다음과 같은 것들을 포함하였다: (1) 국가융합기술 발전 기본방침, (2) 국가융합기술 발전 기본계획, (3) NBIC 국가융합기술지도, (4) 창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략, (5) 나노융합산업 발전전략, (6) IT 융합 확산전략, (7) 제 1차 산업 융합 발전 기본계획, (8) IT 융합 확산전략 (2013~2017), (9) 나노융합 확산전략, (10) 농식품 ICT 융복합 확산대책, (11) 정보통신 진흥 및 융합 활성화 기본계획, (12) 산업융합촉진법, (13) 정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법, (14) 농촌융복합산업 육성 및 지원에 관한 법률.

본 연구는 융합연구 “지원”에 대한 다양한 논의를 정성적, 정량적으로 분석함으로써, 한국의 융합연구에 대한 사회기술적 상상을 부분적으로 조명할 것이다. “지원정책”은 특정 정책적 목표를 달성하기 위해 활용되는 “정책 수단”의 중추적 요소이다 (노화준, 2012; 황병상 외 2016). 하지만 정책 수단은 단순히 정책 목표를 도구적으로 뒷받침 하는 하위 수단이 아니라, 정책 목표를 적극적으로 재형성시킬 수 있는 동적 장치이다. 이에 정책 수단에 대한 논의는 특정 정책에 상정되고 있는 가치의 양태를 드러내줄 뿐만 아니라, 향후 수단의 확장 또는 정정을 통해 형성될 수 있는 새로운 가치를 조명하기도 한다고 할 수 있다. 본 연구는 한국의 융합연구 정책 중 주로 논의되는 “지원정책”을 중심으로, 융합연구라는 개념 하에 놓여있는 정책적 가치들 및 대안적 가치들을 논의할 것이다.

## 1-2. 연구 설계 및 방법

본 연구는 크게 세 부분으로 나뉜다. 첫째로는 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 한국에서 논의되고 있는 융합연구 지원정책에 대한 지형도를 그릴 것이며, 둘째로는 이를 통해 본 한국의 융합연구에 대한 사회기술적 상상의 단면을 진단할 것이다. 마지막으로 “경계 사물”에 대한 체계적인 문헌 분석을 토대로, 추후 융합연구를 둘러싸고 대안적 상상을 펼칠 단초로, 사물에 대한 관심의 필요성을 제기할 것이다. 이를 도식화 한 연구 설계 모형은 그림 1과 같다.

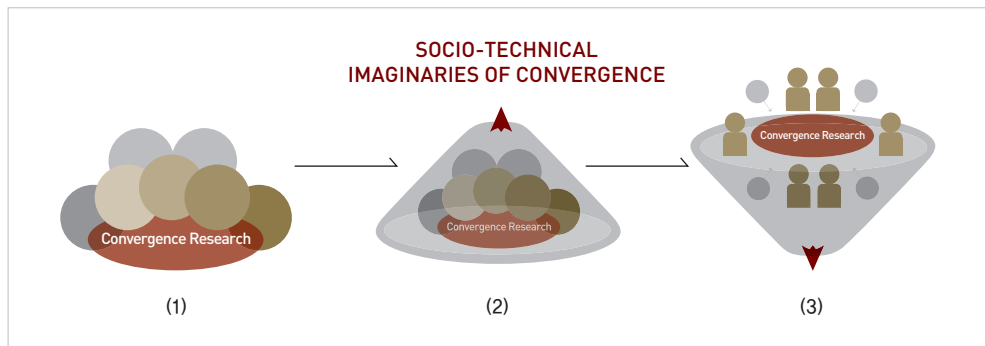


그림 1. 연구 설계 및 과정

본 연구는 텍스트 마이닝 기법을 통한 정량적인 분석과 함께, 이를 해석하고 그 의미를 도출함에 있어 다양한 정성적인 분석을 동시에 활용함으로써, 혼합적인 방법론(Mixed Methodology)를 취하였다. 이는 단순히 주어진 데이터를 가공하는데 그치지 않고 데이터가 함의하고 있는 의미를 도출해내기 위한 노력의 일환이었으며, 동시에 이를 통해 한국의 융합연구정책에 대한 현황 진단에 그치지 않고 발전적인 정책적 방향을 제안하기 위함이었다. 융합적인 접근법을 활용하여 한국의 융합연구정책을 진단하고 발전 방향을 모색하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

분석할 텍스트 데이터는 국내 대표 학술 데이터베이스인 누리미디어의 DBpia에서 “융합연구 지원”을 키워드로 활용하여 추출하였다. 자세한 키워드 및 탐색식은 다음 장에서 서술하였다. 총 722개의 텍스트 중 파일 변환 과정에서 인식 오류가 발생한 22개의 텍스트를 제거하고 700개의 텍스트를 대상으로 분석을 실시하였다. 일괄적으로 동일한 탐색식 하에 텍스트를 추출하였으나, 텍스트 안에 다양한 주제가 동시에 섞여 있을 수 있기 때문에, LDA (Latent Dirichlet allocation) 모델에 기반하여 토픽 분석을 실시하였다.

이를 토대로 융합연구 지원정책수단들을 통해 본 한국의 사회기술적 상상에 대해 논하였다. 이 상상이 타당한지 또는 정당한지에 대한 논의는 추후 연구로 남겨두고, 우선 그것의 형태가 무엇인지 어떤 가치들을 가정하고 있는지 그 정체를 밝히고자 한다. 즉 융합연구를 둘러싼 개념적 논의에 앞서 실제로 한국에서 어떠한 지향점과 방향성을 가지고 융합연구정책을 논하고 있는지 본 연구를 통해 밝혀보고자 한다. 또한 이를 통해 현재 상상의 모습과 한계를 파악하고 이를 보완할 방안으로 “경계 사물”에 대한 논의를 체계적으로 분석하고자 한다.

## 02 본론

### 2-1. “융합연구를 어떻게 촉진 시킬 것인가?”

#### : 텍스트 마이닝을 통해 본 한국의 융합연구지원정책 지형도

##### 2.1.1. 데이터 수집 및 전처리

자료의 수집을 위하여 웹 크롤링 기법을 활용하여 국내 대표 학술데이터베이스인 DBpia에서 1990년부터 현재까지 발간된 문헌 중 (1) 논문의 제목에 “융합” 또는 “학제간” 또는 “융합연구”라는 키워드가 들어간 문헌 중 동시에 (2) 논문의 제목, 목차, 초록에 “정책” 또는 “촉진” 또는 “활성화” 또는 “관리” 또는 “방안”이라는 키워드가 포함된 문헌을 추출하였다. 검색 자료 유형은 전자 저널 논문이었다. 다양한 융합정책 관련 문헌 중 한국이 주로 지원정책을 중심으로 융합연구정책을 논의해왔다는 점에 비추어 볼 때, 본 연구는 지원 정책을 중심으로 한국의 융합연구정책 지형도를 살펴보기로 한다.

본 연구는 학술 논문을 이론과 실재를 중개하는 대화의 창구라고 간주한다. 즉 모든 학술적 논의가 실제 정책 또는 사업으로 구체화 되는 것은 아니지만, 학술 논문은 관련 주제에 대한 다양한 논의 중 특정 형태의 논의를 적극적으로 특정 사회에 들여오으로써 그 대화의 방향과 성격을 규정짓는 역할을 한다. 때문에 학술 논문의 트렌드 분석은 특정 사회에 관련된 주제의 지적 지형도를 살필 수 있는 좋은 매개체 역할을 한다고 할 수 있다. 이에 더해 상상력을 진단한다고 했을 때 상상력의 결과로 나온 정책 또는 시행안들을 분석하는 것보다 관련 학술 논문을 분석하는 것이 더 풍부한 시사점을 이끌어 낼 수 있다고 할 수 있다.

따라서 설정한 탐색식을 바탕으로 학술데이터베이스에서 관련 문헌들을 추출하였고, 그 결과 총 722개의 논문이 수집되었다. 이를 ABBYY FineReader 프로그램을 활용하여 txt 파일 형식으로 변환하였으며, 이 과정에서 인식 오류가 발생한 22개의 문헌을 제외하고, 700개의 문헌을 분석 대상으로 삼았다. 한글 인코딩 문제를 미연에 방지하기 위하여 다양한 형식으로 파일을 미리 변환해 두었다. 모든 문헌이 웹 크롤링을 통하여 수집된 자료이기 때문에 마크업 기호, 저작권 안내, 발행처 정보, URL 등 불필요한 정보가 포함되어 있었다. DBpia에서 제공하는 문헌의 첫 페이지는 이러한 정보들로 채워져 있었는데 때문에 이를 전처리 과정에서 모두 제거하였다. 또한 문헌의 본문만을 추출하기 위하여 참고문헌 이후의 텍스트들 또한 모두 제거하였다. 그 외에 심볼 기호, 문장 기호, 숫자, 여유 공란 등을 모두 삭제하였으며, 영문은 모두 소문자화하고, 한문은 모두 한글로 변환하였다. 전처리를 거친 후 본문은 카이스트에서 개발한 TONK를 활용하여 형태소 분석을 실시하였다 (Moon, Alice and Kathleen, 2011).

### 2.1.2. 데이터 분석

기본적으로 1990년부터 2016년 7월 기준 현재까지 관련 문헌량의 변화 추이를 보면 그림 2와 같다. 2005년을 기점으로 2000년대 중반부터 관련 문헌이 급격하게 증가한 것을 확인할 수 있다. 2005년은 한국 정부가 미국과 유럽 등 다른 나라의 정책적 기조 흐름에 발맞추어 본격적으로 융합연구정책을 수립하기 시작한 해라고 할 수 있다. 2002년 미국은 『인간수행능력 향상을 위한 융합기술전략 (Converging Technologies for Improving Human Performance)』라는 보고서를 통해 네 가지 과학기술분야 - 나노기술(Nanotechnology), 생명공학기술(Biotechnology), 정보기술(Information Technology), 인지과학(Cognitive Science) - 간의 융합 연구의 중요성을 역설하였다. 이어 2004년에는 EU에서 『유럽 지식 사회 건설을 위한 융합기술전략 (Converging Technologies - Shaping the Future of European Societies)』이 발간이 되었다. 각 나라마다 융합 연구를 바라보는 시각과 소위 그 전략들은 차이점이 있지만 공통적으로 2000년대 중반 융합연구에 대한 담론을 증진시켰다는 점에서 두 보고서는 큰 주목을 받았다.



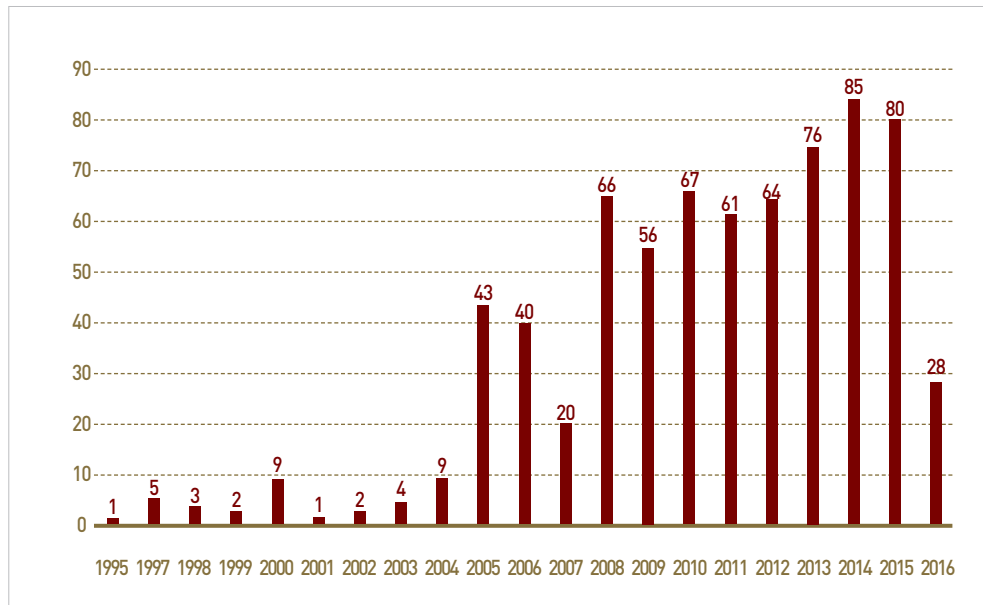


그림 2. 관련 문헌량 변화 추이

이후 한국에서는 2005년부터 관련 논의가 점차 확산되었고, 2006년 4월 과학기술관계 장관회의를 통해 융합연구 촉진을 위한 범 부처 5개년 종합발전계획을 수립하기로 결정하였다. 국가과학기술위원회를 통해 2007년 4월 기본 방침이 확정되었으며, 실무 추진위원회가 구성되어 『국가 융합기술발전 기본계획』을 2008년 11월 수립하였다. 그 이후 매년 융합기술 발전전략 시행계획이 수립되었으며, 국가적으로 융합연구정책을 지원할 융합연구정책센터 또한 설립되었다. 2008년 수립된 기본계획이 2013년에 종료 되면서 2014년부터는 새로이 『창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략』이 설립되었고, 이를 기반으로 오늘날까지도 다양한 융합연구정책들이 수립되고 있다. 이러한 맥락에서 그림 2는 2000년대 중반 융합연구를 둘러싼 한국의 정책적·제도적 변화를 반영하고 있다고 할 수 있다. 국내외에서 급증한 관련 담론이 다양한 정책적·제도적 변화를 낳기도 하였으며, 반대로 그러한 변화가 관련 담론이 더욱 더 확산되고 강화되는데 영향을 끼치기도 하였다. 최근에는 더 다양한 부처 또는 영역에서 구체적인 분야에서의 융합연구 촉진을 위한 활성화 방안을 제시하고 있다.

총 검색된 문헌 중 DBpia 기본분류에 따르면 사회과학 분야가 311개, 공학 분야가 272개, 복합학 분야가 81개, 예술 체육 분야가 36개, 인문학 분야가 17개, 그 외 분야가 5개였다.<sup>3)</sup> 본문을 추출한 700개의 문헌에 대해 주로 다루어진 주제들을 살피기 위하여 LDA 기반 토픽 모델을 활용하였다. 토픽 모델링 기법 중 하나인 LDA는 각 문서 내에 여러 주제들이 혼재되어 있다는 가정 하에, Dirichlet 분포를 이용하여 주어진 토픽들에 대한 문서들의 단어들을 분류하는 방법이다 (Mimno and McCallum 2008). 모델이 간편하며 데이터 차원을 축소하기에 유용하여 많은 연구자들에 의해 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구에서 사용한 데이터들은 일정한 탐색식 하에 일괄적으로 추출된 텍스트 문서들이지만 각 문헌에 다양한 주제들이 동시에 존재할 가능성이 있기에 융합연구지원정책이라는 구체적인 주제를 살피기 위하여 LDA를 기반으로 한 토픽 모델링을 실시하였다. 본 연구에서 설정한 LDA 샘플링 값은 400회이며, 쓰레드 수는 2, 총 토픽수는 10으로 설정하였다. 이러한 설정 값들은 추출된 텍스트 데이터를 통하여 여러 번 시행착오를 거쳐 얻어졌다.

고유명사 및 자립명사를 대상으로 분석한 결과는 표 2와 같다. 표 2는 각 주제별로 각 주제에 연관성이 높은 20개의 단어들을 그룹화 시켜 놓은 결과이다. 그룹화된 단어를 보기 앞서 추출된 주제들을 보면, 처음에 가정했던 대로 각 문서에는 다양한 주제들이 동시에 혼재되어 있었음을 알 수 있다. 관련 지원정책 또는 촉진정책뿐만 아니라 특정 분야에 대한 내용을 집중적으로 논의한 흐름이 있었으며, 지원정책을 이야기하는 동시에 규제정책 등을 논의한 사례들이 있었다. 본 연구의 연구범위는 지원 또는 촉진 정책을 통해 본 융합연구정책의 단면이기에 이에 집중하여 추후 분석을 실시하기로 하였다 (주제1~주제5).

3) DBpia 기본분류: (1) 인문학: 인문학일반, 역사학, 철학, 종교학/신학, 언어학, 문학, 한국어문학, 중국어문학, 일본어문학, 기타동양어문학, 영어문학, 프랑스어문학, 독일어문학, 스페인어문학, 러시아어문학, 서양고전어문학, 기타서양어문학; (2) 사회과학: 사회과학일반, 경제/경영학, 관광학, 교육학, 군사학, 문헌정보학, 민족학, 법학, 사회/사회복지학, 신문방송학, 심리과학, 정치외교학, 지리/지역학, 행정학; (3) 자연과학: 자연과학일반, 물리학, 생물학, 생활과학, 수학, 지구과학, 천문학, 통계학, 화학; (4) 공학: 공학일반, 건축공학, 기계공학, 산업공학, 원자력공학, 자원공학, 재료공학, 전기/제어계측공학, 전자/정보통신/컴퓨터공학, 조선/해양공학, 토목/환경공학, 화학/생물공학; (4) 의약학: 의학일반, 간호학, 수의학, 약학, 의학, 치의학, 한의학; (5) 농수해양학: 농수해양일반, 농학, 수산학, 식품과학, 임학, 조경학, 축산학, 해상운송학; (6) 예술체육: 예술체육일반, 건축, 디자인, 무용, 미술, 미용, 사진, 연극, 영화, 음악, 의상, 체육; (7) 복합학: 복합학일반, 감성과학, 과학기술학/기술정책, 뇌과학, 인지과학; (8) 교양: 교양일반, 자기계발

토픽ID	토픽
1	제품_기업_혁신_융합_지식_요소_사례_전략_그림_단계_분류_유형_자료_기능_수행_개념_소비자_시스템_활동_특징
2	시장_경쟁_모델_정책_가치_영향_제도_개념_국내_프로그램_확보_인하_정부_활성_차원_확대_진입_결합_측면_비용
3	추진_정책_과제_구축_전략_협력_기관_국가_계획_미래_사회_정부_운영_주요_현황_부문_혁신_연계_수립_핵심
4	교육_과학_프로그램_내용_지식_능력_이해_대학_해결_활동_교수_생활_영역_설계_요소_주제_경험_전문_사회_만들
5	융합_대학_창출_인력_국내_지식_현상_미래_결합_창조_바탕_정의_과학_기초_해외_영역_활성_교육_구분_주요
6	규제_통신_방송_정책_융합_서비스_경쟁_기관_시장_내용_논의_도입_사회_전송_진입_분리_국가_영역_정부_상황
7	시스템_관리_안전_그림_통신_시간_이동_위치_발생_표준_기능_상황_효율_내용_구축_운영_처리_장치_인식_구현
8	관계_논문_영역_행위_상호_자신_의미_다음_인간_이루어지_작용_형성_연결_존재_이론_한국_참여_관심_측면_설명
9	지역_기업_경제_경쟁_성장_생산_국가_증가_자원_시장_지속_활성_한국_공급_확대_확보_세계_제도_투자_정부
10	문화_사회_가치_개인_영역_정책_소통_전통_시대_집단_세계_참여_경제_현실_활동_차원_사람_매체_이해_강조

표 2. 토픽 분석 결과

### 2.1.3. 분석 결과

한국에서 융합을 지원할 때, 즉 여러 가지 융합연구 정책 사업들을 “추진”할 때, 어떤 키워드들이 연계하여 등장하는지 살펴보면 표 3과 같음을 알 수 있다. 표 3은 “추진” 관련한 주제에 있어 어떠한 단어들이 얼마나의 비중으로 나타났는지를 보여준다. 비중값은 수집된 단어들이 해당 토픽을 얼마나 비중있게 다루었는지를 수치로 낸 값이며, Term Score (TS)는 비중값을 재가공하여 만든 지표로 해당 단어가 토픽에 어느 정도 연관되어 있는지를 나타낸다.

표 3을 보면 한국에서 다양한 융합 관련 “정책” 또는 “과제”를 “추진”함에 있어, 가장 큰 주안점을 두는 부분은 다양한 “기관”들이 어떻게 하면 “협력”을 할 수 있는지, 그 “전략”을 짜고 관련 네트워크를 “구축”함에 있었음을 읽어낼 수 있다. 이 때 “국가” 또는 “정부”는 협력의 대상이 되기도 하고, 협력을 중재를 하는 매개자로 인식되기도 하였는데, 한 마디로 다양한 “부문”들의 현황을 파악하고, 이들을 “연계”하여 “혁신”을 이루어 내는 것이, 그 “핵심”으로 여겨졌다. 즉 어떻게 하면 다양한 사람들을 최대한 불러 모아 그들을 연결시킬 것인지 그것이 융합연구정책의 핵심 과제로 인식되고 있었다. 참고로 본 연구는 정량적인 분석이 가진 의미를 분석하기 위하여, 관련 주제를 다룬 문헌으로 추출된 문헌들을 직접 읽고 정성적인 분석을 같이 실시하였다.

단어	비중값	TS
추진	0.050505	0.378895
정책	0.048104	0.346212
과제	0.044621	0.382835
구축	0.037753	0.32882
전략	0.034895	0.308945
협력	0.029876	0.281067
기관	0.028363	0.223971
국가	0.027582	0.208511
계획	0.026165	0.204829
미래	0.02111	0.175813
사회	0.020714	0.131238
정부	0.020486	0.162128
운영	0.015851	0.105201
주요	0.01513	0.081219
현황	0.01453	0.090582
부문	0.014157	0.088589
혁신	0.014073	0.123052
연계	0.013989	0.075877
수립	0.013293	0.099085
핵심	0.013089	0.100604
인프라	0.012981	0.104476
경제	0.012909	0.089239
인력	0.012813	0.102742
육성	0.012392	0.101186

표 3. 토픽 ID 3: "추진"

단어	비중값	TS
융합	0.534392	5.846169
대학	0.027933	0.264342
창출	0.022204	0.156362
인력	0.017577	0.146501
국내	0.016254	0.10399
지식	0.012966	0.107799
현상	0.011966	0.080201
미래	0.011543	0.089164
결합	0.010407	0.073166
창조	0.010068	0.082649
바탕	0.010068	0.061454
정의	0.010051	0.047517
과학	0.008932	0.070324
기초	0.008712	0.059483
해외	0.00839	0.064726
영역	0.008	0.035324
활성	0.00756	0.04868
교육	0.007373	0.06679
구분	0.007153	0.018725
주요	0.007017	0.032277
기본	0.006729	0.030911
강화	0.00661	0.03554
조사	0.006407	0.040088
국가	0.006271	0.03812

표 4. 토픽 ID 5: "융합"

이렇게 다양한 사람들을 “융합”이라는 키워드를 중심으로 연결하기 위해서는 [표 4], “대학”에서 융합에 대한 가치를 충분히 교육받고, 관련 능력을 키워 온 “인력”들을 “창출”해 내는 것이 중요했다. 특정 “지식”을 지니고, “현상”을 볼 수 있는 통찰력을 갖추며, 이질적인 것을 “결합”할 수 있고, 이와 함께 탄탄한 “기초”를 “바탕으로, “창조”적인 무언가를 생산해 낼 수 있는 인재들이, 융합연구에 있어 중요한 행위자로 등장했다. 때문에 이들을 “교육”함에 있어 [표 5], 무슨 “프로그램”을 어떤 “내용”을 담아 활용할 것인지가 주요 과제로 등장하였고 융합연구를 수행한다는 것이 어떤 “지식”과 “능력”을 필요로 하는 것인지에 대한 논의가 많이 오고갔다. 주로 관련 문제를, 또는 이질적 사람들을 “이해”하는 것이 중요한 자질로 대두되었고, 이와 함께 문제를 “해결”하는 능력 또한 강조되었다. 따라서 이런 능력들을 각자 개인이 키울 수 있는 다양한 “활동”들이 제시되었다. 관련하여 실제 주어진 문제를 다양한 공학적 방법으로 풀게 하는 “설계”수업들이 많이 제시되었다.

단어	비중값	TS
교육	0.209275	2.595927
과학	0.051684	0.497635
프로그램	0.033661	0.255237
내용	0.031935	0.183681
지식	0.024708	0.221352
능력	0.024624	0.209048
이해	0.021882	0.164617
대학	0.020071	0.183314
해결	0.01953	0.132564
활동	0.016907	0.117517
교수	0.014791	0.106389
생활	0.014487	0.100216
영역	0.014233	0.071043
설계	0.013793	0.125543
요소	0.012134	0.070889
주제	0.011491	0.090643
경험	0.011423	0.08295
전문	0.011271	0.071666
사회	0.010256	0.057769
만들	0.00985	0.056471
기초	0.009376	0.064702
개념	0.009037	0.040112
표현	0.008868	0.052743

표 5. 토픽 ID 4: “교육”

단어	비중값	TS
제품	0.053522	0.605211
기업	0.042699	0.427831
혁신	0.038364	0.373913
융합	0.031014	0.251004
지식	0.023719	0.211524
요소	0.018751	0.117703
사례	0.01827	0.09984
전략	0.016872	0.13712
그림	0.016195	0.108717
단계	0.015868	0.104697
분류	0.014677	0.0973
유형	0.013137	0.109477
자료	0.012974	0.074539
기능	0.012526	0.067933
수행	0.011478	0.064103
개념	0.011194	0.052078
소비자	0.009719	0.073923
시스템	0.009708	0.083838
활동	0.009206	0.058395
특징	0.008933	0.061714
활성	0.008824	0.058187
개인	0.007863	0.04795
가치	0.007426	0.044445
정의	0.007175	0.031501

표 6. 토픽 ID 1: “제품”

단어	비중값	TS
시장	0.083884	0.785203
경쟁	0.04065	0.404253
모델	0.034085	0.279159
정책	0.025282	0.1657
가치	0.022592	0.160345
영상	0.016145	0.139615
제도	0.014615	0.102493
개념	0.01367	0.066331
국내	0.013335	0.082672
프로그램	0.012031	0.078851
확보	0.0108	0.0607
인하	0.010381	0.064061
정부	0.010261	0.074117
활성	0.010034	0.067457
지원	0.009855	0.049352
확대	0.009735	0.060103
진입	0.009137	0.071467
결합	0.009053	0.062389
측면	0.008934	0.053532
비용	0.008742	0.065184
전환	0.008061	0.054612
공급	0.007762	0.062927
제작	0.00775	0.055512

표 7. 토픽 ID 2: “시장”

이 외에도 융합연구와 관련하여 가장 많이 다루어진 주제로는 “제품” 개발 관련, “시장” 관련 키워드들이 있었다. 하지만 이 두 주제는 비단 융합 연구에만 해당되는 이야기라기보다는, 한국 과학기술 연구 전반에 걸쳐 항상 등장하는 키워드라고 할 수 있다. 어떤 기초 연구가 신제품 개발 또는 시장 경쟁력 확보로 이어질 것이라는 기대는, 선형 모델에 기반 한 과학연구에 대한 상상이 융합연구에 그대로 투영되고 있는 것이라 할 수 있다. 때문에 이러한 기대에 대한 분석은 이 보고서의 범위에서 벗어나 좀 더 거시적인 한국 과학기술정책의 패러다임을 분석해야 할 것으로 보인다. 우선 이 보고서에서는 융합연구를 둘러싸고 특징적으로 논의되는 키워드들을 중심으로 논의를 이어갈 것이지만, 이러한 과학기술 전반에 걸쳐 있는 한국의 상상력과 이를 연계하여 논의하는 것은 추후 후속 연구로 이루어져야 할 것으로 보인다. 분석된 결과를 자세히 살펴보기에 앞서 먼저 이렇게 텍스트 마이닝 기법을 통하여 한국의 사회기술적 상상을 논한다는 것의 의미에 대해 먼저 2.2.1에서 살펴보고자 하며, 2.2.2에서 위 연구 결과를 자세하게 논할 예정이다.

## 2-2. 융합연구와 한국의 사회기술적 상상

### 2.2.1. 텍스트 마이닝 분석의 의의 및 한계

사회기술적 상상(Sociotechnical Imaginaries)이란 특정 과학 기술을 둘러싸고 한 사회 내에서 집단적으로 상상되고, 제도적으로 정착화 되고, 공공연하게 실천되는 사고 형태를 일컫는다. 여기서 과학기술이란 그것이 발전 또는 진화하는 사회들과 괴리되어 존재하는 것이 아니라, 사회 내 다양한 가치 및 실천들과 맞물리며 공생산(Co-Production)되는 것으로, 과거와 현재 그리고 미래의 사회적 삶에 대한 집단적 상상력을 투영하고 있다고 할 수 있다. 이러한 상상은 “권력과 실천의 중추적인 저장고”로 실제로 관련 연구 또는 정책들을 특정 방향으로 형성하는 힘으로 여러 학자들에 의해 조명을 받은 바 있다 (Jasanoff and Kim, 2015).

예를 들어 Jasanoff와 김상현(2013)은 국가별로 상이하게 형성된 에너지 정책 기저에 놓인 각국의 사회기술적 상상을 연구한 바 있고, Bowman (2015)은 ICT 기술을 둘러싼 르완다 사회의 상상력 형성 및 영향을 분석한 바 있다. Barker (2015)는 1990년대 후반부터 2000년대 초반까지 인도네시아에서 어떻게 인터넷의 확산이 특정 정치적 이데올로기와 맞물려 일련의 실천들을 낳은 사회기술적 상상을 형성하였는지 살펴보고, Chen (2015)은 유전자 변형쌀이 21세기 발전된 중국을 상정하는데 어떠한 역할을 하였는지 연구하였다. 사회기술적 상상은 한 개인의 일시적인 상상력이라기보다는, 사회 속에서 특정 과학기술을 중심으로 독특하게 형성된 집단적 상상력을 일컬으며, 이것이 물질화 과정을 거쳐 다양한 제도 등으로 구체화 되며 다시 그 상상력을 강화 시킬 때 특정 사회기술적 상상이 형성되고 작동하고 있다고 말한다.

이러한 사회기술적 상상의 형성 및 실천을 연구하는 방안으로는 다양한 연구방법론이 있을 수 있겠으나, 주로 특정 과학기술을 중심으로 형성된 담론 또는 제도를 사회학적 방법론을 사용하여 연구하는 것이 대부분이다. 또는 인류학적 방법론을 사용하여 특정 집단 내에 구성된 상상력의 형태를 드러내 보이기도 한다. 즉 정성적인 방법을 사용하여 그 형성 및 실천

과정을 연구하는 것이 주를 이루고 있는데, 이 논문에서 수행한 바와 같이 정량적인 방법을 사용하여 이를 진단하려고 하는 시도는 극히 드물었다고 할 수 있다. 본 논문에서는 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 정량적인 분석을 시도하고자 하였으며, 이를 통해 추후 한국의 융합연구에 대한 사회기술적 상상에 대한 심도 있는 정성적인 분석과 함께 풍부한 논의를 이끌어 내는 계기를 마련하고자 하였다. 본 연구는 정량적인 분석을 통하여 사례를 임의적으로 선택하지 않고, 특정 주제를 둘러싼 집단적 상상력을 효과적으로 드러냈다는 점에서 큰 의의가 있다.

텍스트 마이닝이란 구조화되지 않은 대규모의 텍스트 집합으로부터 유용한 정보를 추출해 내는 과정으로, 정성적으로 분석하기 힘든 다량의 정보에서 지배적인 담론 또는 어휘들을 분석하는데 효과적이다. 때문에 집단적 상상력을 드러냄에 있어 텍스트 마이닝 기법은 다량의 정보를 한꺼번에 분석해낸다는 점에 있어 유용하다. 이를 통해 지배적인 담론 또는 언어의 형태를 손쉽게 드러낼 수 있을 것이며, 추후 이것이 실제로 활용되는 형태와 맥락은 추후 깊이 있는 정성적인 연구가 필요할 것이다. 언어는 “상상의 공동체”를 형성함에 있어 주 원동력 중 한 요소이다 (Anderson, 2006). 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 텍스트로 표현된 언어에서 드러나는 상상력의 형태를 효과적으로 분석할 수 있을 것이다.

하지만 본 논문에서 사용한 텍스트 마이닝 기법이 융합연구를 둘러싼 한국의 사회기술적 상상의 실체를 전부 드러내 보이지는 못하며 그 중 일부만을 조명할 것이다. 우선적으로 본 연구가 한국의 융합연구 “지원” 정책을 중심으로 분석을 실시했다는 점에서 그러하다. 한국의 경우 대부분의 과학기술정책이 주로 “지원” 정책을 중심으로 이루어져 있기에, “지원” 정책이 지배적인 담론을 이루고 있는 것은 사실이나, 점점 “지원” 정책 뿐만 아니라 “규제” 정책을 포함한 전체적인 과학기술 거버넌스 문제가 중요하게 대두되고 있다. 때문에 지원정책 뿐만 아니라 다양한 정책적 수단들을 통해 특정 과학기술에 대해 어떤 사회기술적 상상이 형성되고 실천되고 있는지 살펴볼 필요가 있다.

또한 본 연구는 텍스트로 표현된 언어를 통해 융합연구에 대한 한국의 상상력을 조명하는 것으로, 추후 본 연구와 함께 이러한 상상력이 실제로 어떤 제도들과 공-진화 하는지, 그럼으로 인하여 기존의 상상력이 어떻게 강화 또는 변형되는지 분석하는 연구가 뒤따라야 할



것이다. 이를 통해 실제로 “권력과 실천의 중추고”라고 불리는 특정 상상력이 어떠한 권력과 실천을 야기하는지 또는 어떠한 권력과 실천으로 인하여 형성되는지 그 원인과 결과를 밝히는 연구도 필요할 것으로 보인다 (Jasanoff and Kim, 2015). 본 연구가 사회기술적 상상이라는 개념적 틀을 활용하여 융합 연구 정책을 분석한 첫 사례이기에 추후 필요한 후속 연구들에 대한 아이디어를 제시하는 것도 큰 의의가 있다고 판단된다. 뿐만 아니라 도출된 결과를 분석하고 대안을 제시하기 전에 본 연구의 의의 및 한계를 정확하게 판단하는 것이 필요하다고 생각된다.

본 연구는 “학술 연구”를 다양한 지적 상상이 응집되고 구체적인 실천의 장을 마련하는 중요한 공간으로 인식하고 주 분석의 대상으로 삼았다. 즉 특정 주제에 관하여 국내외적으로 논의되고 있는 담론 중, 어떠한 논의를 국내에 적극적으로 소개할 것이며 변형하여 차용할 것인지, 이를 논하는 과정 및 결과가 다른 아닌 “학술 연구”라고 할 수 있다. 이를 통해 적극적으로 특정 상상력을 끌어옴으로써 또는 변형시키는 과정에서 새로이 그 상상력을 형성함으로써 국내의 지적 지형도를 형성한다고 할 수 있다. 때문에 근시일내에 실제 정책으로 이어지는지와 관계없이 그 상상력은 그 자체로 잠정적인 실천 방향을 결정짓는다는 점에 있어 큰 가치를 지닌다고 할 수 있다. 따라서 단순히 결과적으로 도출된 정책이나 법령을 분석하는 것을 넘어 기저에 놓여 있는 지적 저장고를 분석하는 것은 큰 의미가 있다.

그러나 본 연구에서는 특정 학술 데이터베이스만을 이용하여 한국에서의 논의를 분석하였기에 추후 더욱 다양한 학술 데이터베이스를 통하여 융합연구에 관련된 한국에서의 학술 연구들을 살펴볼 필요가 있다. 이런 연구 결과를 융합 연구를 둘러싼 다른 나라에서의 논의와 비교 분석하여 그 의미를 이끌어 낸다면 흥미로운 결과를 얻을 수 있을 것이다. 향후 융합연구를 둘러싼 한국의 사회기술적 상상을 전체적으로 조명하기 위해서는 본 연구와 함께 더욱 다양한 관점, 수단, 방법론 등을 통해 본 상상력의 단면이 모여야 할 것으로 보이며, 그러한 단면들이 모였을 때 비로소 한국의 융합연구에 대한 사회기술적 상상을 전체적으로 조망할 수 있을 것이다.

## 2.2.2. 과학기술연구와 과학기술사물

2.2.2에서는 2.2.1에서 제시한 본 연구의 의의와 한계에 대한 서술을 기반으로 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 도출한 결과를 분석하고 대안을 제시하고자 한다. 표 3과 함께 분석 결과 2.1.3에서 간단하게 명시하였듯이 한국에서 융합연구 관련 다양한 사업들을 “추진”함에 있어 가장 중요시 여기는 것은, 서로 다른 이질적인 행위자들을 유기적으로 연결시키는 것에 있음을 알 수 있다. 즉 융합연구를 그림 3과 같이 이질적 행위자들의 만남에 의해 촉발되는 창조적 결과물이라 상정하고, 이를 촉진시키기 위해 다양한 부문 또는 영역에서 활동하고 있는 연구자들을 연결시킬 방안을 찾고 있다. 그림 3은 융합 연구의 개념을 도식화한 것으로 마치 산소와 수소가 서로 화학적 결합을 통하여 물이 되어 새로운 가치를 내듯 서로 다른 지식 또는 행위자가 화학적 결합을 감행할 때 생각지 못한 새로운 가치가 산출 될 것임을 암시하고 있다.<sup>4)</sup> 한국과학기술한림원 (2010)은 비슷한 맥락에서 융합 연구를 “기존의 지식을 토대로 신선한 시각과 상상력을 통해 새로운 가치를 창출하는 것”이라 정의하였다. 『국가융합기술발전 기본계획(2009~2013)』은 “미래사회의 경제, 사회적 다양한 수요를 충족시키기 위해 과학, 기술, 문화 등이 창조적으로 결합하는 연구”를 융합 연구라 칭하고 있다.

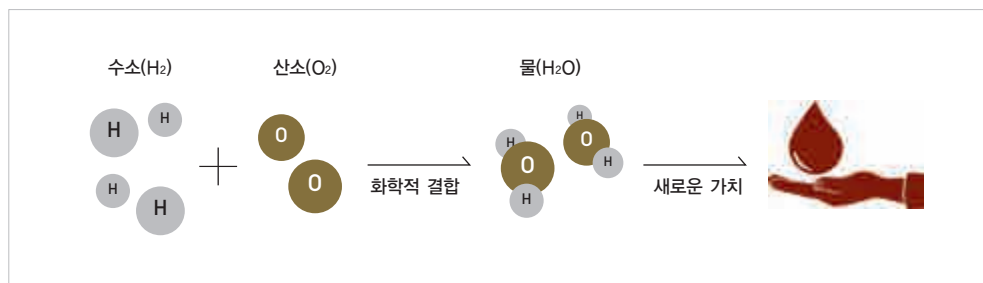


그림 3. 융합 연구의 개념

이에 융합연구 지원정책의 주요 과제는 어떤 서로 다른 이질적인 지식들을 어떻게 연결할 것인가에 귀결되고 있으며, 이를 저해하는 제도적 장치들을 완화하는 동시에 정책적 인센티브를 제공하는 데 많은 초점을 두고 있다.

4) 융합연구정책센터 홈페이지, <http://crpc.kist.re.kr/user/nd59489.do> (접근일: 2016년 11월 27일); 여기서 “화학적 결합”이란 단순히 서로 다른 이질적 물질이 물리적으로만 결합하여 물과 기름처럼 섞이지 않은 채 존재하는 것이 아니라, 완전한 결합을 통하여 전혀 새로운 물질을 산출해 내는 행위를 강조하는 것이다.

그 중 가장 중요한 과제로 현재 한국에서는 표 4와 함께 2.1.3에서 논의하였던 바와 같이 한 개인 또는 한 조직의 “융합”적 능력을 증진시키는 데 많은 논의가 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 즉 성공적인 융합연구를 수행함에 있어 한 연구자 또는 한 조직이 얼마나 이질적인 지식들을 창조적으로 수용하고 결합하는지에 많은 관심을 기울이고 있는데 이를 위하여 다양한 프로그램이나 교육 과정 등을 구상하고 있다. 예를 들어 최근 백연정 (2016) 연구에 따르면 한 융합연구팀을 일종의 다기능팀 (Multi-Functional Team)으로 분류하고 성공적인 운영의 조건으로 조직의 역할 및 리더의 역할을 지적하고 있다. 즉 성공적으로 융합연구를 하기 위해서는 “자유로운 의견 교환과 협력적 행동”이 중요한데 이를 위해서는 팀원들간의 커뮤니케이션이 중요하며 이를 잘 조율할 수 있는 리더의 역할이 중요하다는 것이다.

또한 과학기술정책연구원(2013)에서 수행된 『융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성분석』에 따르면 성공적인 융합연구팀을 운영하기 위한 필수조건으로 다섯 가지 능력의 중요성을 꼽고 있다: 지식 능력, 선택 능력, 조직 능력, 기술 능력, 학습 능력 등. 이에 따라 융합연구를 촉진함에 있어서 이러한 필수적인 “지식” 또는 “능력”을 한 기관 또는 한 개인이 갖추도록 하기 위해 다양한 정책적 노력들이 제안되었다. 이에 많은 연구들이 어떻게 하면 이러한 융합적 능력들을 함양 시킬 수 있을 것인지 관련 교육 프로그램이나 정책들을 고안해내는데 집중하였다. 예를 들어 강수현 외 (2010)는 그림 4와 같이 개인 역량융합의 매커니즘을 도식화하고, 개인이 새로운 지식을 자신의 지식과 조합(Combination)하고 내재화(Internalization)하고, 사회화(Socialization) 할 때 신기술이 어떻게 생산되는지 분석하였다. 이 과정에서 개인이 갖추어야 할 중요한 능력으로 팀원들과의 의사소통 능력 등을 꼽았다.

또한 박기문 외 (2014)는 융합연구를 수행함에 있어 융합인지능력, 융합수행능력, 융합태도 능력의 중요성을 검토하고 이를 융합인재교육의 핵심역량으로 지목하였다. 융합인지능력, 융합수행능력, 융합태도능력의 구체적인 정의와 요소들은 그림7에 제시되어 있다: (1) 융합인지능력: 창의적 사고, 비판적 사고, 융합지식 이해, (2) 융합수행능력: 문제해결, 의사소통, 협동, 융합도구 활용, (3) 융합태도 능력: 배려심, 책임감. 이처럼 기존 문헌에서는 융합연구를 수행함에 있어 필요한 자질들을 구체화하고 이를 프로그램화 하는데 많은 노력을 기울였고 그 결과 다양한 설계 프로그램, 창의 교과목 등이 개발되고 있다 (권성호 & 강경희, 2008; 김성원 외, 2012; 한국행정학회, 2007; 김희정 외, 2013). 이를 위한 특별한 학과 또는 대학원도 개설되고 있다 (윤치영, 2012).

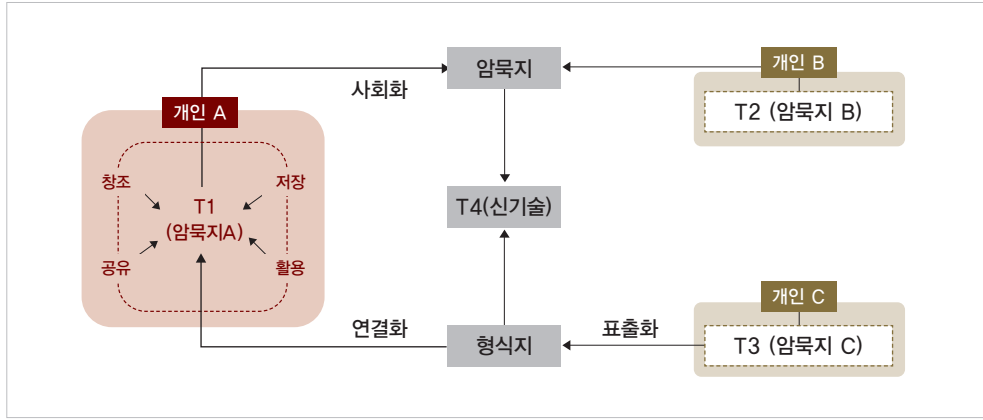


그림 4. 개인 역량융합의 매커니즘 (강수현 외, 2010)

대영역	중영역	정의	수정경과
융합 인지 능력	창의적 사고	문제 해결에 필요한 사실 정보와 가치를 인지하여 다양하고 독창적이며 응용한 기준이나 방법을 생각하는 능력	1~2차 수정
	비판적 사고	문제의 목적, 가설, 정보 등을 통해 일련의 분석적 정확성과 합리성을 가지고 다양한 관점에서 종합적으로 생각하는 능력	
	융합지식 이해	문제 상황에 관련한 교과 및 경험 등의 다양한 지식과 이들 간의 연관성 이해를 바탕으로 새로운 지식이나 가치를 창출하는 능력	1~3차 수정
융합 수행 능력	문제해결	통찰력 있는 문제 발견과 융합인지능력을 통하여 대안을 설계, 실행, 평가함으로써 문제를 효율적으로 해결하는 능력	
	의사소통	자신의 생각을 글이나 말로, 행동으로써 표현하고, 타인의 생각을 이해하는 일련의 소통하는 능력	
	협동	다른 사람과의 갈등관리, 대인관계 등 사회적 상호작용을 협조적으로 수행하는 능력	
융합 태도 능력	융합도구 활용	정보를 수집, 생산, 처리하기 위하여 언어, 상징, 문자, 디지털 기기 등 다양한 도구를 적절하고 효율적으로 활용하는 능력	1~2차 수정
	배려심	자식과 타인의 다양성을 이해하고 나아가 학문, 집단, 사회, 국가, 인류의 다양성을 인식하여 존중하는 능력	
	책임감	올바른 가치를 판단하고 실천하며, 자신의 능력을 조절하여 하고자 하는 임무를 완성하고자 하는 능력	

그림 5. 핵심역량: 융합인지능력, 융합수행능력, 융합태도능력 (박기문 외, 2014)

즉 융합 연구를 촉진함에 있어 한국은 - 어떻게 융합적 능력 및 자질을 갖춘 사람들을 길러 내어 그들을 유기적으로 연결시킬 것인가 - 이 질문에 초점을 맞추고 있으며, 이를 위하여 필요한 능력 또는 자질들을 도출해내고 이를 함양할 방안을 고민하고 있다고 할 수 있다.<sup>5)</sup>  
다시 말해 성공적인 융합 연구를 운영함에 있어 한 개인 또는 한 조직의 역량에 상당 부분 의존을 하고 있는 것이다.

하지만 융합 연구를 차치하고서라도 “과학 연구”라는 것을 수행함에 있어서 뛰어난 한 명의 천재 과학자 존재만으로는 충분치 않다고 하는 것이 오랜 과학사학계의 연구 결과라 할 수 있다. 즉 과학 연구는 뛰어난 과학자와 함께 그들 곁에서 연구를 수행하는 조력자들이 있으며, (Shapin, 1989; Schaffer, 2009; Conner, 2009), 이 못지않게 중요한 것이 그들의 사고 양상과 연구를 하는 방식에 지대한 영향을 미치는 물질문화(material culture)가 있다는 것이다 (Schaffer, 1989; Ophir and Shapin, 1991; Galison, 1997; Taub, 2011; Stevens, 2013); 이 외에도 과학 연구를 구성하는 다양한 사회적, 정치적, 문화적 요소들에 대해 많은 연구가 이루어져왔다. 본 연구에서는 한 개인의 능력 대신 다양한 사물의 역할에 새로운 관심을 둘 것을 주장할 것이다.

사물(object)들은 물질 문화를 이루는 중추적인 요소로 특정 사물들이 연구 공간 내에 어떠한 방식으로 배치되고 존재하느냐에 따라 그 공간 안에서 생활하는 연구자들의 사고 방식 및 행동 양식에 지대한 영향을 끼친다. 과학기술사회학자 Bruno Latour와 Steve Woolgar(1979)는 『Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts』를 통해 “현상은 철저하게 실험실 내부의 물질적 환경에 의해 구성”됨을 드러내었다. 또한 Gooding, Pinch and Schaffer(1989)는 『The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences』에서 “실험 공간 안에서 도구가 작동하는 방식”에 대해 심도 있게 연구하였다. 실험 공간에서의 사물의 역할뿐만 아니라 다양한 사회 영역에서의 사물의 힘을 조명한 Daston(2000)은 사물이란 “매혹, 연상, 끝없는 숙고의 대상”이며 “[사물]은 엄청난 수다를 불러일으킨다”고 말하였다.<sup>6)</sup>

5) 그리고 이러한 가치는 표 6과 표 7에서 알 수 있듯이 새로운 제품 또는 새로운 시장을 열 것이라 기대되고 있다.

6) 이에 막스플랑크에서는 역사 속 다양한 과학기술사물의 역할을 조명하는 프로젝트를 실시하였으며 국제적인 네트워크를 형성하여 관련 연구를 지원하고 있다: <http://scientificobjects.mpiwg-berlin.mpg.de/scientificobjectsPublic/index.html> (접근일: 2016년 11월 27일).

이러한 흐름에서 전치형 외(2014)는 “과학기술의 연구 및 교육 활동과 직·간접적으로 관련을 맺고 있는 다양한 사물”을 과학기술사물(科學技術事物)이라 정의하고, 이를 총 4가지 유형으로 분류한 바 있다: (1) 과학기술 연구의 소재가 되는 사물, (2) 과학기술 연구의 도구가 되는 사물, (3) 과학기술 연구의 결과가 되는 사물, (4) 과학기술 연구의 기반이 되는 사물. 첫 번째는 과학기술 연구의 소재가 되는 사물들로, 석주명의 나비 표본, 헬리코박터균, 아폴로 우주선이 가져온 월석, 공룡발자국 화석군이 이 유형에 포함 될 수 있다. 이 유형에는 자연에 존재하는 모든 대상들이 포함 될 것 같으나, 그렇지 않으며 연구의 소재로 “등장”하는데 필요한 다양한 작업들이 수반되어야 한다. 두 번째는 과학기술 연구의 도구가 되는 사물들이다. 실험실 혹은 연구 현장에서 사용되는 다양한 종류의 도구, 장치, 기계 등이 이 유형에 포함된다. 소백산천문대의 망원경, 허블망원경, 입자가속기, CT/PET/MRI 등의 영상 기기를 예로 들 수 있다.

과학기술 연구의 결과가 되는 사물들이 세 번째 유형이다. 흔히 과학기술사물이라고 하면 떠올릴 수 있는 것들로 연구 활동의 결과물로 산출된 고등훈련기 T-50, 포니 자동차, 축구 로봇, 금성 라디오 A-501, 복제양 돌리, 통일벼 등을 예로 들 수 있다. 네 번째 유형은 과학기술 연구의 기반이 되는 사물들로 연구를 함에 있어서 필요한 제도, 표준, 인프라 등과 관련된 사물들을 의미한다. 과학기술활동을 안정적으로 수행함에 있어 기반이 되는 사물들의 역할은 중요하다고 할 수 있으며, 연구 인프라로 활용되는 세종과학기지, 기준이 되는 길이 및 시간 측정 표준, 대중 잡지인 『과학조선』, 정책 보고서 『한국과학원의 설립에 관한 연구』 등이 이 유형에 포함될 수 있다.

이렇게 분류되는 여러 종류의 사물들은 연구자가 있는 연구실의 경계를 넘어 다양한 사회 영역에 존재하면서 서로 “대화”를 촉진시킴으로써 특정 형태의 네트워크를 형성하는데 일조한다. 즉 이러한 여러 과학기술사물들은 다양한 영역에 위치하여 독특한 물질 문화를 형성하며, 이를 기반으로 특정 연구를 수행할 수 있도록 하는 연구 환경을 구축하게 되는 것이다. 따라서 공간 내의 사람과 함께 사물에 대해 관심을 두는 것은 부분적으로 곧 연구 환경, 그 중에서도 그들의 사고와 행동 양식에 영향을 미치는, 물질 문화에 대해 관심을 가지는 것이라고 할 수 있다.

표 2를 보면 한국에서 융합연구 지원방안을 논함에 있어 융합연구를 할 수 있는 또는 하게끔 하는 연구자들의 “환경” 또는 “문화” 또는 “사물”의 역할에 대한 논의는 미비한 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 사물에 대한 관심을 융합연구에 대한 대안적 상상을 형성할 단초로 제시하고자 한다 [그림 6]. 여기서 대안적 상상이라고 함은 기존의 상상을 대체한다는 것이 아니라, 상호 보완할 수 있는 새로운 상상을 의미하는 것이다.

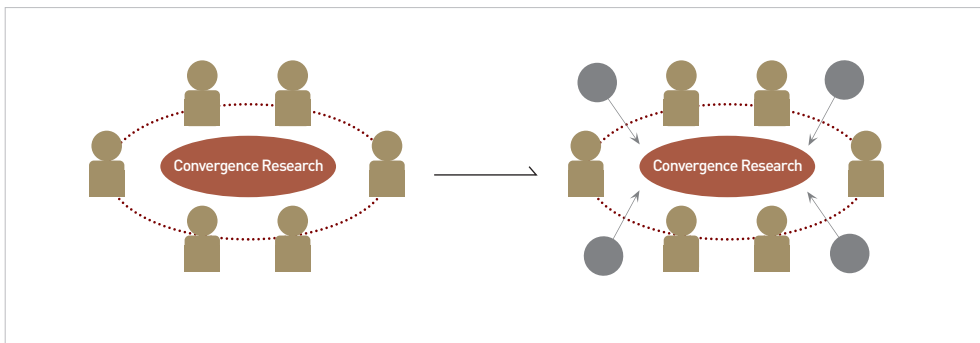


그림 6. 과학연구현장 속 사물에 대한 관심

### 2.2.3. 융합연구와 경계사물: 대안적 상상의 시발점

특정 사물이 모든 행위자에게 항상 동일한 형태로 작동되는 것은 아니다. 똑같은 사물이라도 행위자에 따라 상이하게 그 모습을 드러낼 수 있다. 이러한 속성을 가지는 사물들을 일컬어 특별하게 경계사물(Boundary Object)이라고 한다. 경계사물이란 여러 과학기술사물들 중 해석적 다의성을 지니며 “다양한 지역수요 및 환경에 유연하게 조응하며 동시에 이들을 하나의 정체성 하에 묶을 수 있는 견고함을 지닌 사물”들을 말한다 (Star and Griesemer, 1989). Star(1989)는 근대 뇌수술 기법을 창시한 19세기 영국 과학자들의 연구 과정을 분석함으로써, 다양한 배경의 연구자들이 어떻게 서로의 관점을 조율하며 연구를 진행해나갔는지 밝혔다. Star은 이 과정에서 연구의 소재로 사용된 “뇌,” 연구의 기반 사물 “도서관” 등이 그들의 협력에 어떠한 영향을 미쳤는지 조명하고, 이들을 특별히 “경계사물”이라 지칭하였다. 이후 Star은 Griesemer와 함께 미국 버클리에서 있는 Museum of Vertebrate Biology의 초기 역사(1907-1939)를 연구하면서 이 개념을 체계화하였다.

이후 경계사물은 이질적인 행위자들의 협력을 조율하는 매개체로 많은 학자의 관심을 받았다 (Bechky, 1999; Henderson, 1999; Krasten et al, 2001; Lutters and Ackerman, 2002; Frost et al, 2002; Larson, 2003; Subrahmanian et al, 2003; Sapsed and Salter, 2004; Panourgias et al, 2009; Beddoes et al, 2011; Paganucci et al, 2016). 기존의 연구들은 크게 (1) 공동 연구를 수행한 집단이나 기관을 심도 있게 분석함으로써 새로운 경계사물의 종류를 조명한 연구들과, (2) 사례분석을 통하여 경계사물이 서로 다른 행위자들을 조율하는 방식 및 행태를 분석한 연구들, (3) 이러한 연구들을 기반으로 공동 연구를 활성화하기 위한 새로운 프로그램 및 교육과정에 경계사물을 활용할 방법을 고안한 연구들로 나눌 수 있다. 여기서 공동 연구는 단순히 연구실 내에서 개인 연구자들 사이에 일어나는 공동 연구뿐만 아니라, 연구실과 기업 또는 연구실과 대학 등 다양한 조직 간에 이루어지는 교류 또한 포함하며, 더 나아가 연구과정에서 여러 지역사회 및 시민사회와의 협력 또한 포함된다.

이러한 다양한 사례연구를 통해서 현재 “경계사물 (Boundary Object)”에 대한 이론적인 논의 또한 계속되고 있는 추세이다. 이에 기존의 개념을 보완 발전시켜 “경계협상 사물 (Boundary Negotiating Object, BNA),” “중간사물 (Intermediary Object)” 등 여러 형태의 새로운 개념들이 제시되고 있다. 2016년 8월 기준, 경계사물(Boundary Object)과 융합(Interdisciplinary)을 키워드로 미국 미시건주에 본사를 두고 있는 Proquest 학술데이터베이스에 검색한 결과 약 700개가 넘는 관련 문헌이 검색된 것을 확인할 수 있었다. 이는 국내 학술데이터베이스 Dbpia에서 검색한 융합정책 관련 문헌의 전체에 해당하는 것으로,<sup>7)</sup> 현재 학계에서 활발하게 논의되고 있는 개념이 국내에는 전무하다는 것을 알 수 있다.<sup>8)</sup> 경계사물은 융합연구를 촉진, 조율, 확산하는 중요한 요소로 많은 주목을 받아왔다.

대표적으로 많이 논의되는 경계사물로는 실험쥐, 실험새, 실험기구, 연구노트, 지도, 도식도, 저장고, 도서관, 박물관, 엽서 등을 들 수 있다. 이를 과학기술사물 구분법을 하에 보면 크게 연구의 소재가 되는 실험 표본 또는 연구 목적 그 자체가 경계사물로 주목받고 있으며, 연구의 도구로 사용되는 다양한 실험 기구들 또는 연구의 과정에서 나오는 각종 실험 노트들, 도식도 등이 경계사물로 재조명되는 것을 알 수 있다.

7) 사실 관련 문헌의 양 자체는 중요하지 않을뿐더러 전체 문헌의 양 자체가 다르기 때문에 직접 비교하는 것은 무리가 있으나, 국내에 관련 논의가 미비하다는 점을 강조하기 위해 사용하였다.

8) 왜 관련 논의가 미비한 것인지 그 이유와 배경에 대해서는 추후 연구를 통해 심도 있게 밝혀야 할 것으로 보인다.



특정 연구의 결과로 나오는 과학기술사물 또한 주변의 다른 연구들을 촉발하게 하는 경계사물이 되며, 도서관·박물관, 학술 논문, 연구실 그 자체 등 연구의 기반이 되는 사물 또한 다양한 사람들을 연결시키는 경계사물이 된다. 경계사물에 대한 다양한 분류법이 있지만, 과학기술사물에 대한 확장된 분류체계는 경계사물을 바라보는 유용한 틀을 제공해준다.

과학기술사물 중 특정 사물들에 대해 “경계사물”이라는 새로운 이름을 붙여 조명하는 것은, 경계사물의 범위를 과학기술사물이라는 넓은 범위 중 일부 영역으로 한정 하고자 하는 것이 아니며, 경계사물이 지니는 가변적인 면모와 유동적인 모습을 더 드러내고자 하는 노력의 일환이다. 경계사물은 선형적으로 존재하는 것이 아니고, 항상 지속적으로 특정 경계에 각종 사물들을 위치시키고 유지시키는 노력이 수반될 때 존재한다. 즉 위에서 제시된 각종 경계사물에 대한 예시는 효과적인 경계사물이 될 수 있는 후보들일 뿐이며, 그 자체로 어디서든 지 유용한 경계사물이 될 것이라는 보장을 해 주지 않는다. 경계사물이 경계사물로 제 역할을 할 수 있게 하기 위해서는, 그들을 지속적으로 다양한 경계에 위치시키고 계속 이질적 집단을 움직일 수 있도록 관리하는 작업이 필요하다. 이에 똑같은 사물일지라도 어떤 상황에서는 경계사물로 작동할 수 있는 것이고, 어떤 상황에서는 그렇지 못하다. 경계사물은 한마디로 적극적으로 발굴하고, 개발하고, 관리해야하는 대상인 것이다.

이런 맥락에서 경계사물은 과학기술사물 중 일부만을 조명하기도 하지만 반대로 과학기술사물로는 쉬이 조명되지 못하는 다양한 사물들을 드러내기도 한다. 예를 들어 Paganucci (2016)는 다양한 사람들이 같이 연구를 진행함에 있어 “연구 계획서 (Research Proposal)” 자체가 얼마나 중요한 경계사물로 작동하는지 드러내었다. 연구 계획서는 다양한 분야에서 연구를 진행함에 있어 항상 사용되는 사물로 딱히 과학기술사물로 한정되어 조명된 바는 드물었다. 하지만 특정 과학기술 집단 내에 한 사물이 경계사물로 “작동”하고 있을 때, 이는 기존의 과학기술사물로 조명 받지 못했다 할지라도, 새로이 중요한 사물로 간주될 수 있는 것이다. 때문에 경계사물에 대한 논의는 기존 과학기술사물 논의에서와는 조금 다르게 일상적인 사물 또는 추상적인 개념들도 중요시 여기고 있는 것을 알 수 있다.

이에 몇몇 학자들은 서로 다른 영역에서 공통으로 그러나 상이하게 사용되고 있는 이론이나 수식, 개념, 도식도 등이 그 자체로 얼마나 중요한 경계사물이 될 수 있는지 조명하였다.

Panourgias et al (2009)는 영국의 GamesDevCo라는 게임개발회사를 연구하여, 컴퓨터 게임을 개발하는 데 있어 특정 스케치나 드로잉 등이 여러 게임 개발자, 예술가, 경영가 등의 경계들을 어떻게 넘나드는지 살펴보았다. 이를 통해 이러한 스케치나 드로잉을 담은 컨셉책은 더 나아가 얼마나 효과적으로 경계사물로 작동하는지 분석하였으며, 게임개발연구에서의 컨셉책 제작의 중요성에 대해 조명하였다. Beddoes et al (2011)은 실제로 융합연구에 있어 경계사물의 역할을 분석하기 위하여 미국 사우스웨스턴 대학교의 학생들을 대상으로 4주간의 실험을 진행하였고, 이를 토대로 화이트보드 및 화이트보드에 그려진 도식도들 뿐만 아니라 프레젠테이션 슬라이드, 특정 웹 홈페이지 등이 어떻게 경계사물로 활용되었는지 살펴보았다.

이러한 일상의 사물들은 이들을 특정 경계에 위치시키고 유지시키려는 노력이 수반될 때, 다양한 목소리를 내며 경계사물로 작동하게 된다. 이들을 새로이 발굴하고, 관리하고, 운영하는 것이 사물을 중심으로 한 융합 환경을 구축하는데 필수적인 요소인 것이다. Lee (2007)는 1년 여간의 미국 Natural History Museum에 대한 민속지학 연구를 통해 다양한 연구자들, 전시기획자들, 작가들, 건축가들, 큐레이터들, 사진가들이 얼마나 다양한 경계사물들을 사용하였으며 동시에 지속적으로 새로운 경계사물을 만들어냈는지 분석하였다. 그림 7은 다양한 문화권에 있는 동물들의 여러 모습을 사진 또는 조각으로 형상화한 사물들을 한 공간에 전시해 놓은 모습이다. 이는 당시 전시기획자에 의해 의도적으로 형성된 공간으로 여러 행위자들의 배경, 가치, 이념을 반영하는 사물들을 한 공간에 배치함으로써 그 공간 자체가 경계사물로 활동하게 만들었다고 할 수 있다. 촉박한 일정으로 인하여 몇몇의 반대를 무릅쓰고 제작된 이 공간은 사물들을 끌어옴과 동시에 그 공간 자체를 중요한 경계사물로 만든 사례로 주목 받았다.<sup>9)</sup>



그림 7. Sketch of Object Theater (Lee, 2007)

9) 그러나 저자는 사물의 중요성과 함께 다양한 행위자들이 사물의 중요성을 공감하는 과정 또한 중요시 다루었다.

Star (2016)은 사물의 작동 방식을 기준으로 경계사물을 그림 8과 같이 분류한 바 있다. 첫 번째 유형은 Repository형 경계사물로 이질적인 정보, 지식 혹은 행위자를 한 데 모아두는 형태를 의미한다. 도서관 또는 학술 데이터베이스가 대표적인 예로 이 경계사물은 특정 방식으로 정형화된 형태를 가진다. 두 번째 유형은 Platonic형 경계사물로 다양한 이질성을 그대로 받아들여 저장하기보다는 이들을 적정 수준으로 추상화하고 구체성을 떨어트리는 대신 범용성을 획득하는 사물들을 의미한다. 예를 들어 지도 또는 스케치, 다이어그램, 모델 사진 등이 이 유형에 속한다고 할 수 있다. 세 번째 유형은 동일한 형태의 가시적 경계를 부여하지만 그 경계 안에서 자료를 획득하는 다양한 방법을 허용하면서 이질성을 수집하는 사물들을 의미한다. 같은 공간 안에서 다양한 방식의 발굴 또는 채집 작업을 하는 경우가 이에 포함되며 동일한 표본을 가지고 다양한 작업을 진행하는 연구도 이에 포함된다고 할 수 있다. 마지막은 다양한 영역에서 공통으로 사용되는 사물들 또는 이를 위하여 새로이 개발된 정형화된 사물들을 뜻한다.

경계사물은 사물의 유형 또는 사물이 사용되는 형태, 사물이 작동하는 방식 등 다양한 기준에 따라 새로이 분류될 수 있을 것이다. 하지만 유의할 것은 “좋은” 경계사물은 선형적으로 존재하지 않으며, 다양한 사물에 대한 지속적인 관심을 바탕으로 특정 사물들이 여러 경계 속에서 작동할 수 있도록 해야 한다는 것이다. 이들이 특정 경계 속에서 다양한 행위자들과 결합할 때 경계사물은 비로소 힘을 지닐 것이며 그들은 경계사물로서 제 역할을 할 것이다. 추후 한국에서 경계사물로 작동할 수 있는 다양한 사물들을 발굴해내고 이 사물들이 작동하는 방식을 면밀히 관찰, 분석하는 연구가 뒤따라야 할 것으로 보인다.<sup>10)</sup> 이를 통해 사물들이 생명력을 지닐 때 다양한 사람들이 함께 새로운 연구를 수행하는 연구 환경이 구축될 것으로 보인다.

10) 관련하여 브라질에서 추진된 프로젝트가 눈에겨볼 만하다. 이 프로젝트는 다양한 경계사물들을 발굴하고, 새로운 연구 공간, 박물관, 정책을 고안해내는데 목적을 두고 있다: <http://www.boundaryobject.org/index.html> (접근일: 2016년 11월 27일).

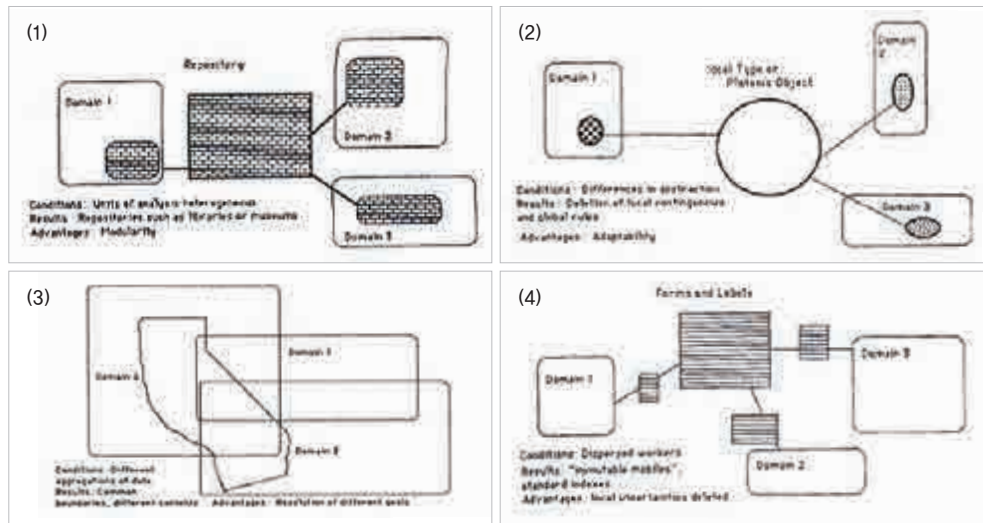


그림 8. 경계사물의 유형:

- (1) Repository,
- (2) Platonic Object,
- (3) Terrain with Coincident Boundaries,
- (4) Forms/Labels (Star, 2016)

## 03 결론

“융합연구를 어떻게 하면 촉진시킬 수 있을까?”

본 연구는 서두에 위 질문과 함께 융합연구에 대한 상상력의 역할 및 중요성에 대해 논하였다. 2000년대 들어 활발히 논의되고 있는 다양한 형태의 융합연구정책 및 관련 문건들은 융합연구에 대한 특정 상상력을 기반으로 형성되는 것이라고 할 수 있다. 그간 융합연구정책을 수립하기 위하여 다양한 과학기술 분야에서 어떠한 융합관련 연구들이 수행되고 있는지 조사된 바는 많지만, 융합연구정책 관련된 연구들 그 자체가 어떠한 방향으로 이루어지고 있는지 살펴본 사례는 많이 없었다. 즉 융합연구에 대한 관심은 지대하나, 융합연구 관련 연구에 대한 관심은 미비하다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 융합연구 지원정책을 중심으로 국내 학술데이터베이스의 문헌 분석을 통하여 융합연구를 둘러싸고 어떠한 사회기술적 상상이 형성되어 있는지 연구하였다. 본 연구는 학술 연구를 다양한 지적 상상력이 응집되고 구체적인 실천의 장을 마련하는 공간으로 “권력과 실천의 중추적인 저장고”가 형성되는 장소로 바라보았다. 텍스트 마이닝 기법을 통하여 700개의 관련 문헌을 분석한 결과, 한국에는 융합연구를 “추진”함에 있어 서로 다른 이질적 행위자들이 결집하고 연결되는 것을 중요시 여기고 있으며, 이러한 “융합”을 위해서 특히 강조되는 것은 다양한 “교육”프로그램 등을 통하여 한 개인 또는 조직의 융합적 능력·자질을 함양하는 것임을 확인할 수 있었다.

텍스트 마이닝 기법을 통하여 융합연구를 둘러싼 한국의 사회기술적 상상을 논하는 것의 의미 및 한계에 대해서는 2.2.1에 자세히 다루었으며 향후 이루어져야할 다양한 후속과제 또한 제시하였다. 또한 본 연구는 단순히 현황을 분석하는데 그치지 않고 대안적 상상을 논할 시발점을 제공함으로써 새로운 사회기술적 상상형성의 단초를 제공하였다. 기존의 융합연구를 둘러싼 한국의 사회기술적 상상이 개별 사람의 능력을 향상시키는데 초점을 두고 있다면, 본 연구에서는 다양한 환경 속 사물에 대한 관심을 바탕으로 경계사물의 역할에 주목할 것을 주장하였다. 다양한 경계사물을 지속적으로 발굴하고 개발하고 관리함으로써 본 연구는 궁극적으로 융합연구를 수행함에 있어 새로운 상상들이 촉발될 수 있을 것이라 기대한다.



## 신유정 (Shin, You-jung)

- 학 력**
- 2015 ~ KAIST 과학기술정책대학원 박사
  - 2013-2015 KAIST 과학기술정책대학원 석사
  - 2009-2013 KAIST 기계공학과 학사

## 참고자료

---

1. Aboelela, S. W., Larson, E., Bakken, S., Carrasquillo, O., Formicola, A., Glied, S. A. & Gebbie, K. M. (2007). Defining interdisciplinary research: Conclusions from a critical review of the literature. *Health services research*, 42(1p1), 329–346.
2. Anderson, B. (2006). *Imagined communities: Reflections on the origin and spread of nationalism*. Verso Books.
3. Barker, J. (2015). Guerilla Engineers: The Internet and the Politics of Freedom in Indonesia. In *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power* (pp. 199–218). University of Chicago Press.
4. Beddoes, K., Borrego, M. J., & Jesiek, B. K. (2011). Using boundary negotiating artifacts to investigate interdisciplinary and multidisciplinary teams. In *American Society for Engineering Education*. American Society for Engineering Education.
5. Bechky, B. A. (1999). *Crossing occupational boundaries: Communication and learning on a production floor* (Doctoral dissertation, Stanford University).
6. Bowman, W. (2015). Imagining a Modern Rwanda: Sociotechnical Imaginaries and the Formation of Austria's Technological Political Identity. In *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power* (pp. 79–102). University of Chicago Press.
7. Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford university press.
8. Chen, Nancy N. (2015). Consuming Biotechnology: Genetically Modified Rice in China. In *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power* (pp. 219–232). University of Chicago Press.
9. Conner, C. (2009). *A People's History of Science: Miners, Midwives, and Low Mechanics*. Nation books.
10. Daston, L. (2000). *Biographies of scientific objects*. University of Chicago Press.
11. Frodeman, R. (2010). *The Oxford handbook of interdisciplinarity*. Oxford University Press.
12. Frost, L., Reich, M. R., & Fujisaki, T. (2002). A partnership for ivermectin: social worlds and boundary objects. *Public-private partnerships for public health*, 87–113.
13. Gooding, D., & Pinch, T. (1989). *The uses of experiment: Studies in the natural sciences*. Cambridge University Press.
14. Henderson, K. (1999). *On line and on paper: Visual representations, visual culture, and computer graphics in design engineering*. Cambridge, MA: MIT press.

15. Stevens, H. (2013). *Life out of sequence: a data-driven history of bioinformatics*. University of Chicago Press
16. Jasanoff, S., Kim, S. H., & Sperling, S. (2007). *Sociotechnical imaginaries and science and technology policy: a cross-national comparison*. NSF Research Project, Harvard University.
17. Jasanoff, S., & Kim, S. H. (2013). Sociotechnical imaginaries and national energy policies. *Science as culture*, 22(2), 189–196.
18. Jasanoff, S., & Kim, S. H. (Eds.). (2015). *Dreamscapes of modernity: Sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*. University of Chicago Press.
19. Karsten, H., Lyytinen, K., Hurskainen, M., & Koskelainen, T. (2001). Crossing boundaries and conscripting participation: representing and integrating knowledge in a paper machinery project. *European Journal of Information Systems*, 10(2), 89–98.
20. Klein, J. T. (1996). *Crossing boundaries: Knowledge, disciplinarity, and inter-disciplinarity*. University of Virginia Press.
21. Larsson, A. (2003, November). Making sense of collaboration: the challenge of thinking together in global design teams. In *Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work* (pp. 153–160). ACM.
22. Latour, B., & Woolgar, S. (1979). *Laboratory life: The social construction of scientific facts*. Beverly Hills.
23. Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard university press.
24. Lattuca, L. R. (2003). Creating interdisciplinarity: Grounded definitions from college and university faculty. *History of Intellectual Culture*, 3(1), 1–20.
25. Lee, C. P. (2007). Boundary negotiating artifacts: Unbinding the routine of boundary objects and embracing chaos in collaborative work. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 16(3), 307–339.
26. Lutters, W. G., & Ackerman, M. S. (2002, November). Achieving safety: a field study of boundary objects in aircraft technical support. In *Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work* (pp. 266–275). ACM.
27. Moon, Il-Chul, Alice H. Oh, and Kathleen M. Carley. (2011). Analyzing Social Media in Escalating Crisis Situations. In *IEEE Intelligence and Security Informatics*. Beijing, China.
28. Ophir, A., & Shapin, S. (1991). The place of knowledge a methodological survey. *Science in context*, 4(01), 3–22.



## 참고자료

---

29. Galison, P. (1997). *Image and logic: A material culture of microphysics*. University of Chicago Press
  30. Paganucci, L. E. (2016). *Collaborative Development of an Interdisciplinary Scientific Research Proposal: Negotiation through Boundary Objects* (Doctoral dissertation, Old Dominion University)
  31. Panourgias, N. S., Nandhakumar, J., & Scaebrough, H. (2009). Objects and their participation in the interdisciplinary design and development of computer games. *European Conference on Information Systems (ECIS)*.
  32. Rosenfield, P. L. (1992). The potential of transdisciplinary research for sustaining and extending linkages between the health and social sciences. *Social science & medicine*, 35(11), 1343–1357.
  33. Sapsed, J., & Salter, A. (2004). Postcards from the edge: local communities, global programs and boundary objects. *Organization studies*, 25(9), 1515–1534.
  34. Schaffer, S. (1989). Glass works: Newton's prisms and the uses of experiment. *The uses of experiment: Studies in the natural sciences*, 67–104.
  35. Schaffer, S. (2009). Newton on the beach: The information order of *Principia mathematica*. *History of science*, 47(3), 243–276.
  36. Shapin, S. (1989). The invisible technician. *American scientist*, 77(6), 554–563.
  37. Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional ecology, translations' and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907–39. *Social studies of science*, 19(3), 387–420.
  38. Star, S. L. (1989). *Regions of the mind: Brain research and the quest for scientific certainty*. Stanford University Press
  39. Star, S. L. (2010). This is not a boundary object: Reflections on the origin of a concept. *Science, Technology & Human Values*, 35(5), 601–617.
  40. Star, S. L. (2016). The structure of ill-structured solutions: boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. In *Boundary Objects and Beyond: Working with Leigh Star* (pp. 243–261). MIT Press.
  41. Stokols, D., Misra, S., Moser, R. P., Hall, K. L., & Taylor, B. K. (2008). The ecology of team science: understanding contextual influences on transdisciplinary collaboration. *American journal of preventive medicine*, 35(2), S96–S115.
  42. Subrahmanian, E., Monarch, I., Konda, S., Granger, H., Milliken, R., & Westerberg, A. (2003). Boundary objects and prototypes at the interfaces of engineering design. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 12(2), 185–203.
  43. Taub, L. (2011). Introduction: Reengaging with instruments. *Isis*, 102(4), 689–696.
-

## 참고자료

---

44. 강수현, 이홍주, 임춘성 (2010). 융합기술 환경에서 기업성과 향상을 위한 개인역량요인 분석. 한국전자거래학회지, 15(3), 183-193.
45. 권성호, 강경희 (2008). 교양 교육에서의 융합적 교육과정으로의 접근 - 한양대 사례를 중심으로. 교양교육연구, 2(2), 7-24.
46. 김성원, 정영란, 우애자, 이현주 (2012). 융합인재교육(STEAM)을 위한 이론적 모형의 제안. 한국과학교육학회지, 32(2), 399-401.
47. 김희정, 오현석, 김도연 (2013). 융합인재 양성 교육과정의 설계원리 및 작동 메커니즘 분석. 아시아교육연구, 14(2), 75-107.
48. 노화준. (2012). 정책학원론: 복잡성과학의 융합학문적시각. 박영사.
49. 박기문, 최유현, 홍준희, 이규녀, 문성환, 태진미, 이정표, 민봉기, 노경숙 (2014). 융합인재교육의 핵심역량 구성 요인에 대한 타당성 연구. 한국기술교육학회지, 14(3), 214-234.
50. 박기범, 황정태 (2007). 융합 연구의 형성과 발전 과정의 고찰을 통한 국내 연구 현황 분석. 과학기술정책연구원 조사연구.
51. 백연정 (2016). 융합연구팀의 과제와 미래: 조직행위론적 접근. 대한경영학회지, 29(2), 237-264.
52. 서동인, 오현석 (2014). 과학기술분야 융합연구자의 교역시대 교류경험 및 의미. 아시아교육연구, 15(2), 111-140.
53. 엄용의 외 (2010). 우리나라 융합연구 패러다임의 정립에 관한 정책연구. 한국과학기술한림원.
54. 오현석, 배형준, 김도연 (2012). 과학기술분야 융합연구자의 융합연구 입문과 과정에 관한 연구. 아시아교육연구, 13(4), 297-335.
55. 윤치영 (2012). 융합교육을 위한 새로운 시도\_대전대학교 글로벌융합창의학부. 한국교양교육학회학술대회 자료집, 643-665.
56. 이광호, 김승현, 최종화, 서지영, 강지훈, 이아정 (2013). 융합연구사업의 실태조사와 연구개발특성분석. 과학기술정책연구원 조사연구.
57. 전치형, 김윤후, 신유정 (2014). 국가 과학기술사물 인증 타당성 조사 및 제도 운영 연구. 국립중앙과학관.
58. 최상민, 문태수 (2014). 기업의 융합성과향상을 위한 조직역량과 동적융합능력개발에 관한 연구. 한국경영학회 통합학술발표논문집, 2014, 3763-3773.
59. 한국행정학회 (2007). 융합연구 활성화를 위한 교육 혁신 및 제도적 개선 방안: 이공계 대학을 중심으로. 국가과학기술자문회의.
60. 홍성욱 외. (2012). 융합이란 무엇인가: 융합의 과거에서 미래를 성찰한다. 사이언스 북스.
61. 황병상, 고순주, 박종수 (2016). 한국융합정책론: 융합기술과 산업융합. 웅보출판사.



**융합연구정책센터**  
Convergence Research Policy Center

(02792) 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5 t. 02-958-4984