

**과학기술과 인문사회간의 융합연구 촉진을
위한 기반체제 연구**

**Foundation Study to Promote Convergence
Research between Science · Technology
and Human · Society**

2014. 9

요약문

- 본 연구의 1부에서는 융합연구 분석체계를 정립하기 위한 융합지수를 개발하고 융합성 평가표를 작성하였으며, 주요 융합기술 사례로 지능형 로봇 기술과 플렉서블 IT기술을 선정하여 논문·특허·전문가 설문조사 등의 심층분석 시행
- ‘융합성’은 ‘타 기술과 융합하려는 성질, 또는 특정 기술 분야가 지향하는 목적을 위해 다양한 하위 요소 기술들을 병합·흡수하려는 성질’로, ‘융합지수’는 ‘기술 요소의 혼재성평가를 통한 융합성의 계량치’로 정의
- 국가 연구개발 사업 기술군의 융합성 계량 방법(융합지수) 개발을 위해, 국가과학기술표준분류(과학분야) 중분류기술 207개와 국가과학기술지도 중분류기술 99개의 융합성 정도를 분석하여 융합지수를 도출하고 융합성 평가표 작성
- 지능형 로봇 기술(엔터테인먼트·가사지원 로봇, 의료용·재활 로봇, 제조·산업용 로봇, 군사용·극한 로봇)과 플렉서블 IT소재 기술(플렉서블 디스플레이, 플렉서블 태양전지, 플렉서블 소자, E-섬유)의 기술현황 및 국가경쟁력을 심층분석
- 본 연구의 2부에서는 사회문제를 해결하기 위한 과학기술과 인문사회간의 융합 방법을 고찰하였으며, 이에 그 이론적 틀인 사회-기술 시스템론(STS)의 의미를 검토하고 한국의 의료융합에 이를 적용하여 함의점을 모색
- 사회문제가 복잡해짐에 따라 기술획득을 넘어 문제를 정의하는 과정에서부터 R&D, 법과 제도의 수립, 실용화, 전달체계 효율화, 서비스 시스템 확립 등 총체적인 프레임워크의 확립 필요
 - STS 접근법의 활용을 통해 문제해결을 위한 기술의 개발과 획득을 넘어 사회시스템 전반의 변화를 추구
- STS 접근은 다층적 접근, 전략적 니치, 전환관리를 방법론으로 하는 이론틀
 - 다층적 접근: 환경변화(거시), 사회기술체계(중간), 니치(미시)의 세 수준을 다층적으로 분석
 - 전략적 니치: 니치의 심화, 확장, 확대를 통해, 혁신을 위한 니치가 사회에 착근하도록 지원
 - 전환관리: 다양한 행위자의 참여와 이해관계 조율, 수요자 전달체계 효율화 등 STS 전환 실현 설계
- STS를 한국 의료융합에 적용하여 사례연구 시행
 - 환경: 전지구적 차원에서 중요성을 더해가는 빅데이터 패러다임에 대응하고

- 있으며, 사회적으로는 의료산업구조의 고도화 필요성에 대한 공감대 형성
- 사회기술체제: 이해관계자들의 불만, 재정부담 누적, 도덕적 해이 등 여러 행위자들과 현행 제도간 갈등이 증대되는 상황이므로, 제도 개선 및 행위자간 신뢰성 확보 필요
 - 니치: ICT의 발달로 인해 의료융합과 관련된 기술적 니치들은 활발히 개발 중이므로, 핵심기술 개발 및 기술과 서비스간 연계 필요
- 사회문제 해결을 위해 국가 융합연구정책에서 고려해야 할 사안 제언
- 사회문제 정의, 법과 제도 마련, 실용화, 서비스 체계 구축, 전달과정 효율화 등의 사안들을 개별 차원이 아닌 사회시스템 차원에서 고려
 - 기술개발 뿐 아니라 평가, 참여, 전달체계 등 모든 단계에서 사회적 부문과 기술의 연계 추구
 - 과학기술계 뿐 아니라 인문사회과학자, 시민단체, 기타 이해관계자 등 다학제적 기획 참여 확대
 - 논문특허기술수준 등을 보는 기존 평가기준에서 벗어나, 사회투자 대비 성취한 수익의 관점에서 성과지표를 작성하고 평가하는 방식 확대
 - 정부부처와 산학연 등 다양한 행위주체가 네트워크로 연계된 융합연구 생태계 조성을 위해 노력

목차

과학기술과 인문사회간의 융합연구 촉진을 위한 기반체제 연구

<제목 차례>

제1부. 융합연구 분석체제 연구	1
1. 序: 연구 추진 개요	1
가. 연구 개발의 필요성	1
나. ‘융합지수’의 정의 및 기능	3
2. 융합지수의 개발	3
가. 다중 기술 분류체계에 의한 기술군의 기술 요소 분석	3
나. 융합 지수	6
다. 융합성 평가표	7
3. 국내연구개발사업 기술 분야의 융합성 현황 평가	8
가. NTRM(중분류)별 융합성 현황 평가	8
나. 국가 과학기술 표준분류(중분류)별 융합성 현황 평가	23
4. 주요 전략융합기술 심층 분석	54
가. 분석 개요	54
나. ‘지능형 로봇’ 기술현황 분석	60
다. ‘플렉서블 IT 소재’ 기술현황 분석	85
5. 結: 연구의 요약 및 결론	113
제2부. 사회문제 해결을 위한 과학기술과 인문사회 융합 연구	116
1. 序: 개념 고찰과 선행 작업의 검토	116
가. 융합기술의 개념 및 필요성	116
나. 현재까지의 융합정책 추진현황 및 시사점	125
다. 사회적 문제해결을 위한 한국형 융합 개념	136
2. 사회·기술시스템론의 이론과 실천	138
가. 사회문제 해결형 혁신과 사회·기술시스템론	138
나. 사회·기술시스템론의 구성	139
다. 사회·기술시스템론의 실천방법론: 전환관리론	150
라. 사회·기술시스템론에 입각한 정책 사례	154
마. 시스템 전환을 위한 연구 주제와 분석 방법론	160
3. 사회문제 해결을 위한 융합기술 정책의 해외 동향 및 사례	173
가. 미국의 동향 및 사례 연구	173

나. EU의 동향 및 사례 연구	178
다. 일본의 동향 및 사례 연구	192
4. 한국적 융합 사례 연구: 의료융합(u-healthcare)을 중심으로	199
가. 의료산업과 ICT와의 융합	199
나. 의료융합 부상의 원인	208
다. 사회-기술 시스템 관점에서의 의료융합 현황	216
라. 의료융합 촉진을 위한 혁신정책 추진 방안	226
5. 結: 사회문제 해결을 위한 국가 융합연구사업의 향후 과제	234
가. 사회문제 해결형 국가 융합연구사업의 수요 증가	235
나. 사회문제 해결형 국가 융합연구사업의 특징	237
다. 사회문제 해결형 국가 융합연구사업의 문제점	241
라. 사회문제 해결형 국가 융합연구사업의 향후 발전방안	243
<참고문헌>	247

〈표 차례〉

<표 I -1> 융합 지수의 정의와 기능	3
<표 I -2> 국가연구개발사업 주요 분류체계	4
<표 I -3> NTRM-6T 2중 분류체계에 의한 특정 기술군의 6T 기술요소 분포의 예	5
<표 I -4> 융합성 평가표의 예	8
<표 I -5> NTRM 중분류 99개 기술의 융합성 평가표	9
<표 I -6> 국가과학기술 표준분류(과학기술 분야) 중분류 207개 분야의 융합성 평가표	24
<표 I -7> 지능형 로봇 기술의 분류	55
<표 I -8> 플렉서블 IT소재 기술의 분류	55
<표 I -9> 기술 현황 조사 · 분석 방법	56
<표 I -10> 논문분석 기준표	57
<표 I -11> 특허 분석 기준표	57
<표 I -12> “지능형 로봇” 기술 수준 설문평가 응답자 분포	58
<표 I -13> “플렉서블 IT소재” 기술 수준 설문평가 응답자 분포	59
<표 I -14> 관련 항목별 세부 설문 내용	59
<표 I -15> 지능형 로봇 기술의 중분류별 검색식	60
<표 I -16> 지능형 로봇기술의 중분류별 · 국가별 유효 학술논문편수	61
<표 I -17> 지능형 로봇 기술의 중분류별 검색식	66
<표 I -18> 지능형 로봇 기술의 기술시장별 · 중분류별 · 유효특허건수	67
<표 I -19> 지능형 로봇기술 중분류별·연구단계별 최고기술 보유국 평가 결과	75
<표 I -20> 지능형 로봇기술 중분류별·연구단계별·국가별 상대적 기술수준 평가 결과	77
<표 I -21> 지능형 로봇기술 중분류별 전 세계적 기술수준 발전단계	79
<표 I -22> 지능형 로봇기술 중분류 및 연구단계별 한국의 연구 인프라 수준 평가 결과	80
<표 I -23> 지능형 로봇기술 중분류 및 연구주체별 한국의 연구 인프라 수준 평가 결과	81
<표 I -24> 지능형 로봇기술 중분류별 기술 수준 향상을 위한 정부의 정책 우선순위 평가 결과	82
<표 I -25> 지능형 로봇기술 중분류별 6T 기술요소 설문 평가에 따른 융합성 평가표	83
<표 I -26> 지능형 로봇기술 중분류별 향후 기대되는 미래융합 기술 일람	85
<표 I -27> 플렉서블 IT 소재 기술의 중분류별 검색식	85
<표 I -28> 플렉서블 IT 소재기술의 중분류별·국가별 유효 학술논문편수	86
<표 I -29> 플렉서블 IT 소재기술의 중분류별 검색식	92
<표 I -30> 플렉서블 IT소재 기술의 기술시장별·중분류별 유효특허건수	93
<표 I -31> 플렉서블 IT 소재 기술 중분류별·연구단계별 최고기술 보유국 평가 결과	103
<표 I -32> 플렉서블 IT 소재 기술 중분류별·연구단계별·국가별 상대적 기술수준 평가 결과	104
<표 I -33> 플렉서블 IT소재 기술 중분류별 전 세계적 기술수준 발전단계	106
<표 I -34> 플렉서블 IT소재 기술 중분류 및 연구단계별 한국의 연구 인프라 수준 평가 결과	107
<표 I -35> 플렉서블 IT기술 중분류 및 연구주체별 한국의 연구 인프라 수준 평가 결과	109
<표 I -36> 플렉서블 IT소재 기술 정부의 정책 우선순위 평가 결과	110
<표 I -37> 지능형 로봇기술 중분류별 6T 기술요소 설문 평가에 따른 융합성 평가표	111
<표 I -38> 플렉서블 IT소재 중분류별 향후 기대되는 미래융합 기술 일람	113
<표 II-1> 분야별 융합의 예	115
<표 II-2> 미국 NBIC2 목차	120

<표 II-3> 융합특성의 발전	120
<표 II-4> NBIC2 융합의 세 가지 국면	121
<표 II-5> 사회문제-기술연계 예시	127
<표 II-6> 10대 사회문제	128
<표 II-7> 30개 주요 사회문제	128
<표 II-8> 10대 실천과제	128
<표 II-9> 국가계획별 사회문제와 실천과제	132
<표 II-10> 사회적 문제해결을 위한 국가 융합정책 및 사업 개괄	134
<표 II-11> 사회문제의 정의	136
<표 II-12> 전통적인 혁신 프로젝트와 니치 프로젝트의 비교	144
<표 II-13> 전환관리의 주요 요소(농식품 시스템 전환 사례)	150
<표 II-14> 플랫폼, 전략적 비전, 전환경로	154
<표 II-15> '에너지 전환'의 거버넌스	155
<표 II-16> 시스템 구조적 요소들	161
<표 II-17> 시스템적 문제에 대응한 정책방향	162
<표 II-18> 비전/기대 평가표	167
<표 II-19> 행위자 그룹 정리표	168
<표 II-20> 네트워크 점검표	168
<표 II-21> 거시환경 점검표	168
<표 II-22> 사회·기술체제 점검표	169
<표 II-23> 사회·기술체제 혁신 점수	169
<표 II-24> 학습활동 분석표	170
<표 II-25> 학습측면 분석표	170
<표 II-26> 융합기술 정책의 해외 동향 및 사례	171
<표 II-27> 연구성과로서 상업화에 성공한 사례(Spin-off 방식)	175
<표 II-28> 부서별 RAPID 평균 수행기간 및 대표 사례	176
<표 II-29> 상호협력 연구프로그램 투자 현황	177
<표 II-30> Horizon2020 투자 예산 (2013년 물가기준)	179
<표 II-31> ESTEEM의 6단계 과정	181
<표 II-32> RRI의 논의 영역	182
<표 II-33> 에너지시스템의 사회적 재현과 에너지시민	184
<표 II-34> 영국 에너지협동조합의 사례 요약	185
<표 II-35> 영국 에너지협동조합의 사례 요약 자료	185
<표 II-36> 농산물-식품시스템과 관련한 거시적 환경	186
<표 II-37> 플랑드르 지역의 농산물-식품시스템 제도레짐: 쟁점 (Hotspots)	186
<표 II-38> 쟁점에 대응하는 니치레짐	187
<표 II-39> 바이오연료 개발에 관한 EU국가간 비교	188
<표 II-40> 바이오연료 개발과 관련한 정책적 영향 요약	189
<표 II-41> 국가별 전기자동차 정책	189
<표 II-42> 니치전략 수행과 관련한 장애요인 분석	190
<표 II-43> 중장기 과제의 목표 및 주요 내용	191
<표 II-44> 과학기술이노베이션종합전략의 개요	192
<표 II-45> 과학기술이노베이션에 적합한 환경창출	193
<표 II-46> 의료융합 관련 용어의 개념 비교	198

<표 II-47> 의료융합 분류	200
<표 II-48> 의료융합(u-healthcare)에 기여하는 기술분류 체계	204
<표 II-49> 의료융합(u-healthcare) 관련 주요 R&D 사업 현황	205
<표 II-50> 의료융합(u-healthcare) 시범사업 현황	206
<표 II-51> 의료융합(u-healthcare) 시범사업에 활용된 장비	207
<표 II-52> 의료시스템의 유형별 특징	209
<표 II-53> 헬스케어 패러다임의 시대 구분	211
<표 II-54> 의료융합 관련 의료법	218
<표 II-55> 의료융합 관련 주요 H/W 기술수준 비교	232
<표 II-56> 사회문제 해결형 R&D 세부 유형분류 및 정의	233
<표 II-57> 종합실천계획 과제별 주관부처와 협력부처 현황	236
<표 II-58> 비타민 프로젝트 세부과제 및 관련부처	237

<그림 차례>

<그림 I -1> 요소 기술 분포의 예	2
<그림 I -2> 기술별 p-다이아그램의 예 (광통신 기술, 착용형 컴퓨터, 게임엔진 및 기반기술)	5
<그림 I -3> 정부연구비 분율과 연구자 집단 설문에 의한 기술요소 분포 측정치의 비교	6
<그림 I -4> 융합성이 최소인 경우($S_{\alpha} = 0$)와 최대인 경우($S_{\alpha} = S_{\max}$)의 p-다이아그램 패턴	7
<그림 I -5> D 인덱스, S 인덱스 평가에 의한 융합성 상위 10개 NTRM 중분류 기술	8
<그림 I -6> D 인덱스, S 인덱스 평가에 의한 융합성 상위 20개 국가과학기술표준분류 중분류 기술	24
<그림 I -7> 지능형 로봇기술의 중분류별 점유율 및 연도별 학술논문 동향	61
<그림 I -8> 지능형 로봇기술의 국가별·중분류별·연도별 학술논문 현황	62
<그림 I -9> 지능형 로봇기술의 국가별·중분류별 학술논문편수	63
<그림 I -10> 지능형 로봇기술의 국가별·중분류별 피인용 횟수	64
<그림 I -11> 지능형 로봇기술의 국가별·중분류별 h-index	64
<그림 I -12> 지능형 로봇기술의 중분류별 상위 10위 학술 연구기관	65
<그림 I -13> 지능형 로봇기술의 연도별 특허 출원건수	68
<그림 I -14> 지능형 로봇기술의 국가별·연도별 및 자국·외국인별 특허출원 현황	69
<그림 I -15> 지능형 로봇기술의 전체 및 국가별 기술시장 성장단계	70
<그림 I -16> 지능형 로봇기술의 기술 시장 및 출원인 국적별 세부기술 집중도 현황	72
<그림 I -17> 지능형 로봇기술 분야의 주요 출원인	73
<그림 I -18> 지능형 로봇기술 중분류 기술별 주요 출원인 상위 10위	74
<그림 I -19> 최고기술 보유국 평가를 위한 인터넷 설문 화면	75
<그림 I -20> 최고기술 보유국 대비 주요국 기술 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면	76
<그림 I -21> 지능형 로봇기술 중분류별·연구단계별·국가별 상대적 기술수준 버블그래프	78
<그림 I -22> 전 세계적 기술수준 발전단계 평가를 위한 인터넷 설문 화면	79
<그림 I -23> 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면 ..	80
<그림 I -24> 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면 ..	81
<그림 I -25> 기술 수준 향상을 위한 정부의 정책 우선순위 평가를 위한 인터넷 설문 화면	82
<그림 I -26> 6T 기술 요소 평가를 위한 인터넷 설문 화면	83
<그림 I -27> 미래유망 융합기술 제시의 인터넷 설문 화면	85
<그림 I -28> 플렉서블 IT 소재 기술의 중분류별 점유율 및 연도별 학술논문 동향	86
<그림 I -29> 플렉서블 IT 소재 기술의 국가별·중분류별·연도별 학술논문 현황색	88
<그림 I -30> 플렉서블 IT 기술의 국가별·중분류별 학술논문편수	89
<그림 I -31> 플렉서블 IT 기술의 국가별·중분류별 피인용 횟수	90
<그림 I -32> 플렉서블 IT 기술의 국가별·중분류별 h-index	90
<그림 I -33> 플렉서블 IT 소재 기술의 중분류별 상위 10위 학술 연구기관	91
<그림 I -34> 플렉서블 IT소재 기술의 연도별 특허 출원건수	94
<그림 I -35> 플렉서블IT소재 기술의 국가별·연도별 및 자국·외국인별 특허출원 현황	95
<그림 I -36> 플렉서블 IT 소재 기술의 전체 및 국가별 기술시장 성장단계	97
<그림 I -37> 플렉서블 IT소재 기술의 기술 시장 및 출원인 국적별 세부기술 집중도 현황	99
<그림 I -38> 플렉서블 IT 소재 기술의 주요 출원인	100
<그림 I -39> 플렉서블 IT 소재 중분류 기술별 주요 출원인 상위 10위	101
<그림 I -40> 최고기술 보유국 평가를 위한 인터넷 설문 화면	102
<그림 I -41> 최고기술 보유국 대비 주요국 기술 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면	104

<그림 I -42> 플렉서블 IT소재 중분류별·연구단계별·국가별 상대적 기술수준 버블그래프	105
<그림 I -43> 전 세계적 기술수준 발전단계 평가를 위한 인터넷 설문 화면	106
<그림 I -44> 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면	107
<그림 I -45> 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면	108
<그림 I -46> 기술 수준 향상을 위한 정부의 정책 우선순위 평가를 위한 인터넷 설문 화면	110
<그림 I -47> 6T 기술 요소 평가를 위한 인터넷 설문 화면	111
<그림 I -48> 미래유망 융합기술 제시의 인터넷 설문 화면	112
<그림 II -1> NBIC 개념도	114
<그림 II -2> RISTEX 조직도	116
<그림 II -3> 소시오-테크 모형	117
<그림 II -4> NBIC에서 NBIC2로	119
<그림 II -5> NBIC2 구성 요소	121
<그림 II -6> NBIC2 기초도구	121
<그림 II -7> NBIC2 인간 척도 플랫폼	122
<그림 II -8> NBIC2 지구 척도 플랫폼	122
<그림 II -9> NBIC2 사회 척도 플랫폼	123
<그림 II -10> NBIC2 NBIC2 비전	123
<그림 II -11> 융합의 세 유형	125
<그림 II -12> 사회문제 후보군	126
<그림 II -13> 2015년도 정부연구개발 투자방향 중점 투자 분야	133
<그림 II -14> 사회·기술시스템 예시	138
<그림 II -15> 지속가능성과 시스템 혁신의 필요성	139
<그림 II -16> 시스템 전환 vs 시스템 최적화	140
<그림 II -17> 시스템 전환의 효과와 초기 성과창출의 어려움	141
<그림 II -18> 정책통합의 특성	142
<그림 II -19> 다층적 모델	143
<그림 II -20> 거시환경, 사회·기술체제, 그리고 니치	143
<그림 II -21> 다층적 관점에서 본 사회·기술시스템의 전환	145
<그림 II -22> 전략적 니치 관리의 과정	145
<그림 II -23> 니치에서 프로젝트의 심화, 확장, 확대 학습	147
<그림 II -24> 전환관리의 단계	149
<그림 II -25> 전환관리의 전개과정	152
<그림 II -26> 에너지 전환과정	154
<그림 II -27> 에너지 전환의 거버넌스 구조	156
<그림 II -28> 전환관리에 필요한 활동과 연구영역	159
<그림 II -29> 백캐스팅	164
<그림 II -30> 도시 근교농업의 전환 이미지	165
<그림 II -31> 전환실험의 기능과 의의	167
<그림 II -32> 3단계의 전략적 연구계획 흐름도	173
<그림 II -33> 구글어스에서 조회되는 드라이브캡 솔루션 예시	173
<그림 II -34> PerMMa 작동 시현	174
<그림 II -35> 좌석코치를 적용한 휠체어	174
<그림 II -36> 감지 지원기술을 활용한 사례 (PAT)	174
<그림 II -37> 미래유망기술 (FET) 부문의 투자 영역	178

<그림 II-38> 공동체에너지의 유형 구성	183
<그림 II-39> 핀란드 수송유형별 점유율	188
<그림 II-40> RISTEX 조직도	194
<그림 II-41> 연구개발활동의 5단계 절차도	195
<그림 II-42> 연구개발 성과실증 구현지원 프로그램의 개요	197
<그림 II-43> 의료융합(u-healthcare) 서비스의 기본 개념	199
<그림 II-44> 의료서비스의 기본적인 공급가치사슬 구조	201
<그림 II-45> 의료융합 서비스(u-healthcare)의 공급가치사슬 구조	202
<그림 II-46> GDP 대비 국민의료비 추이	208
<그림 II-47> 의료산업 생태계 모형	213
<그림 II-48> 의료산업의 신규 혁신원천으로서의 의료·건강 정보	214
<그림 II-49> 의료융합(u-healthcare) 서비스 전달 구조	222
<그림 II-50> 분야별 빅 데이터 활용 가치	223
<그림 II-51> 다층구조관점(MLP)에서의 의료융합의 진전 상황	225
<그림 II-52> 융합연구 성공을 위해 필요한 요소(5점 스케일)	234
<그림 II-53> 융합연구 활성화를 위한 정부 정책지원 분야	234
<그림 II-54> 융합연구 활성화를 위한 정부 학제지원 분야	235
<그림 II-55> 예시: 고령자의 생활 불편을 해결하기 위한 부처 간 연계방안	236

제1부. 융합연구 분석체계 연구

1. 序: 연구 추진 개요

가. 연구 개발의 필요성

(1) 국가 연구개발 사업 기술 분야의 융합성¹⁾ 파악

- 창조경제 실현을 위한 창의적 융합 기술의 창출·확보를 위해 국가연구개발 사업 과학기술 분야들의 융합성 현황²⁾ 파악의 필요성 대두
 - 융합성이 높은 기술 분야들을 선별하고 이에 대한 국가 R&D 사업의 전체적인 포지셔닝을 진단함으로써 융합 과학기술 정책의 성과를 점검

○ 국가 연구개발사업 분류체계 상의 기술군들의 융합성을 평가하는 시스템 필요

- 분류 체계상의 기술군들의 융합성 평가에 의한 계량적 융합성 현황 데이터가 요구됨

(2) 계량화를 통한 융합성 평가의 간편화 및 객관화

○ 기술 융합성을 측정할 수 있는 계량 평가 방법의 개발 필요

- 개발하려는 계량 평가방법은 기존 국가 과학기술 분류체계 기술군의 데이터³⁾를 활용한 형태의 방법이 바람직하며, 평가 과정은 간단해야 함

○ 정량적 기준에 의한 기술 융합성 측정으로 평가의 객관화 도모

- 개발하려는 계량 평가방법은 평가주체의 정성적 기준에 의한 자의성을 배제할 수 있는 방법이어야 하며, 현황 파악을 위한 정량적 정보를 제공하는 방법이어야 함

나. ‘융합지수’의 정의 및 기능

(1) 융합지수의 정의

○ 전술한 융합성 계량 평가방법 개발의 결과물을 ‘융합지수’라고 명명하고 ‘어떤 기술이 타 기술과 융·복합이 일어날 가능성 정도를 나타내는 수치’라고 정의

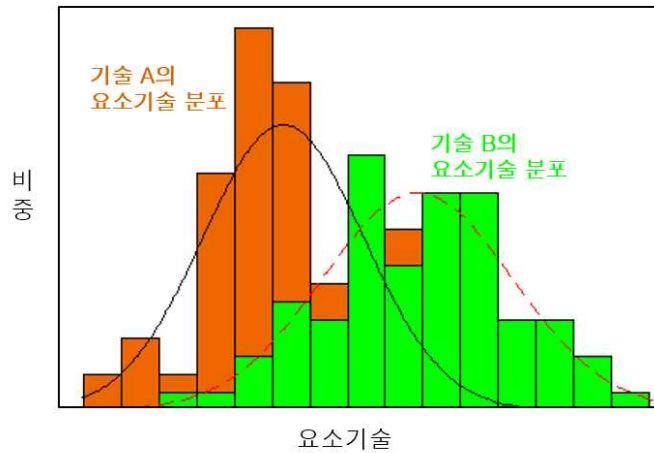
- 다양한 기술과의 융합하려는 성질의 척도로 해석
- 어떤 두 기술의 융합성을 나타내는 쌍(pair)의 성질이 아니라, 어떤 특정 기술의 (그 기

1) 타 기술과 융합하려는 성질, 또는 특정 기술 분야가 지향하는 목적을 위해 다양한 하위 요소 기술들을 병합·흡수하려는 성질로 정의될 수 있으며 융합성이 높은 기술은 학문·기술간의 교류가 빈번함

2) 과학 기술은 학문적 발전, 기술혁신에 의해 타 기술과의 상보(相補) 또는 위화(違和) 상태가 달라지므로, 기술의 융합성은 시간에 따라 변화할 수 있는 성질로 파악될 수 있음. 예를 들면 과거 범용성 플라스틱 소재나 섬유 소재에 주로 응용이 한정되었던 고분자 합성 분야는 전도성 고분자, 발광 고분자 등, 기능성 고분자 합성기술의 발달로 OLED, OPV, E-섬유 등 기술 융합형 신소재 연구로 발전성이 확대됨

3) 국가과학기술정보서비스(NTIS) 제공하는 국가 R&D 통계 현황 데이터베이스

- 술을 제외한) 타 기술과의 융합성을 나타내는 해당 기술 자체(intrinsic)의 성질임에 유의
- 해당 기술 분야를 구성하는 기술 요소의 다양성 및 분산 정도를 나타냄
 - 아래의 분포 예에서 기술 분야 A는 기술 분야 B 보다 구성 요소의 다양성 또는 분산이 크며 따라서 기술 분야 B가 기술 분야 A보다 기술 융·복합의 개연성이 큼



<그림 I -1> 요소 기술 분포의 예

- 기술을 구성하는 요소의 다양성을 나타내는 수식적 표현에 의해서 정의될 수 있으며, 본 연구에서는 그 계량적 정의로서 D-index와 S-index를 제안
 - D-index와 S-index는 기술 구성 요소의 다양성 및 분배 상태의 함수로 표현될 수 있는 양으로서, D-index는 구성 요소의 비집중성(Decentralization)⁴⁾으로부터, S-index는 열역학에서 상태의 무질서도⁵⁾를 나타내는 척도로서 사용되는 개념인 엔트로피(기호: S)로부터 개념 차용

(2) 융합지수의 기능

- ‘융합지수’는 국가 과학기술 분류체계 상의 중·소분류 단위 기술군의 기술 융합성을 평가하여 국가 연구개발 사업의 융합 기술 현황 및 발전 가능성을 조감할 수 있는 데이터로 활용될 수 있음
 - 유망 융합기술 분야 선별의 기준 정립, 융합기술 현황 평가의 정량적 준거 제공
 - 융합기술의 구성요소, 융합성의 연도별 변화 분석을 통하여 특정 기술군의 융합성 발전 추세 등, 기술 융합의 동적 경로 분석에 활용

4) 어떤 기술이 특정 요소 기술에 집중되지 않으려는 성질로서, 예를 들면 어떤 요소 기술 ‘가’와 요소기술 ‘나’가 각각 60%, 40%의 비중으로 구성되는 기술 ‘A’의 경우와, 요소기술 ‘가’와 요소기술 ‘나’가 각각 50%의 비중으로 구성되는 기술 B의 경우, 기술 B는 기술 A보다 비집중적이라 말할 수 있음

5) 본 연구에 적용되는 개념으로서는 구성 요소의 다양성, 혼재성으로 해석될 수 있음

<표 I -1> 융합 지수의 정의와 기능

		정 의	기능	
융 합 지 수	정성적 정의	어떤 기술이 타 기술과 기술 융·복합이 일어날 가능성 정도를 나타내는 수치	<ul style="list-style-type: none"> - 유망 융합기술 분야 선별의 정량적 준거 제공 - 융합 기술 현황 평가 - 융합기술의 구성요소 분석·평가 - 융합기술의 융합성 변화·추세 분석 	
		다양한 기술과 융합하려는 성질의 척도		
	계량적 정의 ⁶⁾	D-index		구성 요소기술의 비집중도
		S-index		구성 요소기술의 혼재도

2. 융합지수의 개발

가. 다중 기술 분류체계에 의한 기술군의 기술 요소 분석

(1) 기술요소 분포 ($p_{\alpha,i}$)

○ n 개의 기술 요소 i 로 ($i = 1, 2, \dots, n$) 구성되있는 특정 기술군 α 의 기술요소 분포를 $p_{\alpha,i}$ 로 표현하고 이의 계량화를 통해 융합지수 개발을 수행

- 기술 α 의 기술요소 비중을 나타내는 $p_{\alpha,i}$ 의 측량에는 분류 체계별로 국가 과학기술 정보 통계현황을 제공하고 있는 국가과학기술정보서비스(NTIS)의 데이터베이스를 활용할 수 있어야 하며, 따라서 기술 α , 기술요소 i 모두 속성에 맞는 분류체계가 요구됨
- 기술군 α 는 분류 방식, 분류 세밀도에 따라 융합지수의 정보성 및 유용성이 달라질 수 있으므로 적절한 기술 분류 체계방식이 요구됨
- 기술요소 i 는 기술군 α 가 목표하는 학문 또는 기술의 완성도를 이루기 위한 기술 방법 적 속성을 가지므로 방법적 속성의 분류체계가 요구됨

(2) 국가 과학기술 분류체계의 활용한 기술요소 분포 계량화

○ 기존 국가 과학기술 분류 체계상의 다양한 분류 방식을 이용하여 기술군 α , 기술요소 i 정의를 위한 최적의 분류체계를 검토

6) D-index, S-index의 구체적 수식 표현은 5절 2. 나.에 기술

〈표 I -2〉 국가연구개발사업 주요 분류체계

분류체계	분류 방식	분류 개수	
산업기술분류	산업분야별 분류	대분류	7
		중분류	65
		소분류	547
국가과학기술표준분류 ⁷⁾ (과학기술 분야)	과학기술분야 분류체계	대분류	16
		중분류	207
		소분류	1,648
미래유망 신기술(6T)	정보통신(IT), 생명(BT), 나노(NT), 우주항공(ST), 환경(ET), 문화콘텐츠(CT)의 6T 기술별 분류	대분류	7
		중분류	15
		소분류	88
국가과학기술지도(NTRM) ⁸⁾	국가경쟁력 확보를 위한 핵심기술 (2008~2012)	대분류	5
		중분류	99
		소분류	-
국가중점과학기술 ⁹⁾	국가경쟁력 확보를 위한 핵심기술 (2013~2017)	대분류	5
		중분류	120
		소분류	-
녹색기술 ¹⁰⁾ 분류	녹색기술 정의에 의한 분류	대분류	6
		중분류	14
		소분류	57

- 분류 체계, 분류 세밀도(대분류, 중분류, 소분류)에 따른 다각 분석을 통하여 기술군 α , 기술요소 i 에 관한 최적 분류체계 조합을 검토

○ 국가기술지도(NTRM), 국가과학기술표준 분류(과학기술 분야), 미래유망 신기술(6T) 분류 체계를 활용하여 기술군의 기술요소 분포($p_{\alpha,i}$)를 계량화

- 기술군 α 의 분류체계는 목적 지향적 기술 분류 속성을 갖는 국가기술지도(NTRM) 분류 체계와 과학기술 학문 분야에 대한 분류 속성을 갖는 국가과학기술표준분류 체계를 활용
- 기술군 α 의 분류를 위한 세밀도로서 국가기술지도(NTRM) 분류에서는 중분류(99개) 체계를, 국가과학기술표준분류에서는 중분류(207개) 체계를 이용
- 기술요소 i 의 분류 체계는 방법 기술적인 분류 속성을 주로 갖는 미래유망 신기술(6T) 분류 체계를 활용
- 기술요소 i 의 분류를 위한 세밀도로서 미래유망 신기술(6T) 대분류(7개) 체계를 이용
- 기술군 α 의 기술요소 i 의 비중 $p_{\alpha,i}$ 는 2중 분류 체계에 따른 해당 기술 (α, i)의 정부 연구비 투자액 데이터를 이용하여 투자액 분율로 정량화

7) 연구분야, 적용분야의 2차원 분류체계로 구성되어 있으며, 이 중 연구 분야는 과학기술분야(자연/생명/인공물)와 인문사회 분야(인간/사회/인간과학과 기술)의 2개 분야, 적용분야는 공공과 산업의 2개 분야로 나뉨

8) 2013년도부터 국가중점과학기술분류로 대체됨

9) 2013년도부터 기존 국가과학기술지도(NTRM) 분류를 대체함

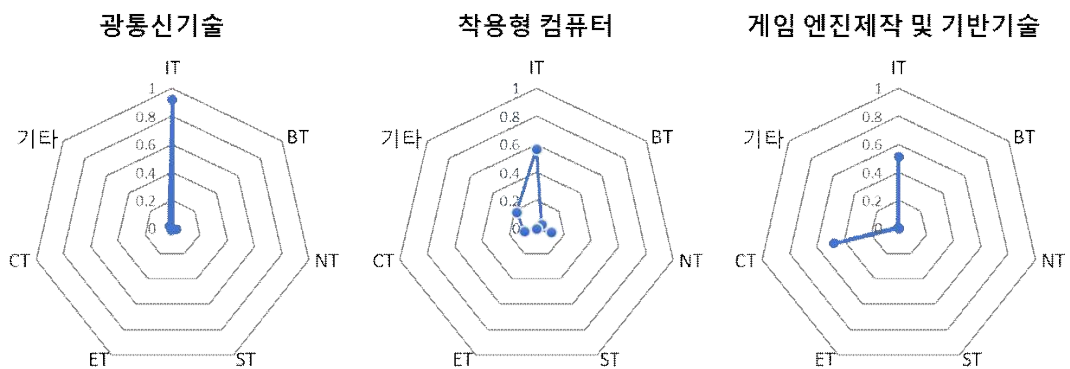
10) '에너지 위기', '자원고갈', '기후변화', '환경오염'의 4가지 문제를 극복하는 데 효과가 큰 기술

〈표 I -3〉 NTRM-6T 2중 분류체계에 의한 특정 기술군의 6T 기술요소 분포의 예
(α =착용형 컴퓨터)

기술군 α (NTRM 중분류 코드)	기술요소 i (6T 대분류 코드)	정부 연구비 ¹¹⁾ (백만원)	기술요소분포 ($p_{\alpha,i}$)
착용형 컴퓨터 (010600)	IT (010000)	13,213	0.567
	BT (020000)	1,120	0.048
	NT (030000)	2,531	0.108
	ST (040000)	0	0.000
	ET (050000)	0	0.000
	CT (060000)	2,167	0.093
	기타 (070000)	4,282	0.184

(3) 기술요소 분포 다이어그램 (p-다이어그램)

○ 기술군 α (NTRM 또는 국가과학기술표준분류 체계상의 중분류 기술)의 6T 기술 요소 분포($p_{\alpha,i}$)를 다각 방사형 다이어그램(이하 p-다이어그램으로 명명함)으로 나타내어, 기술군 α 의 요소 기술의 구성과 특정 기술 요소 편중 상황을 파악할 수 있음



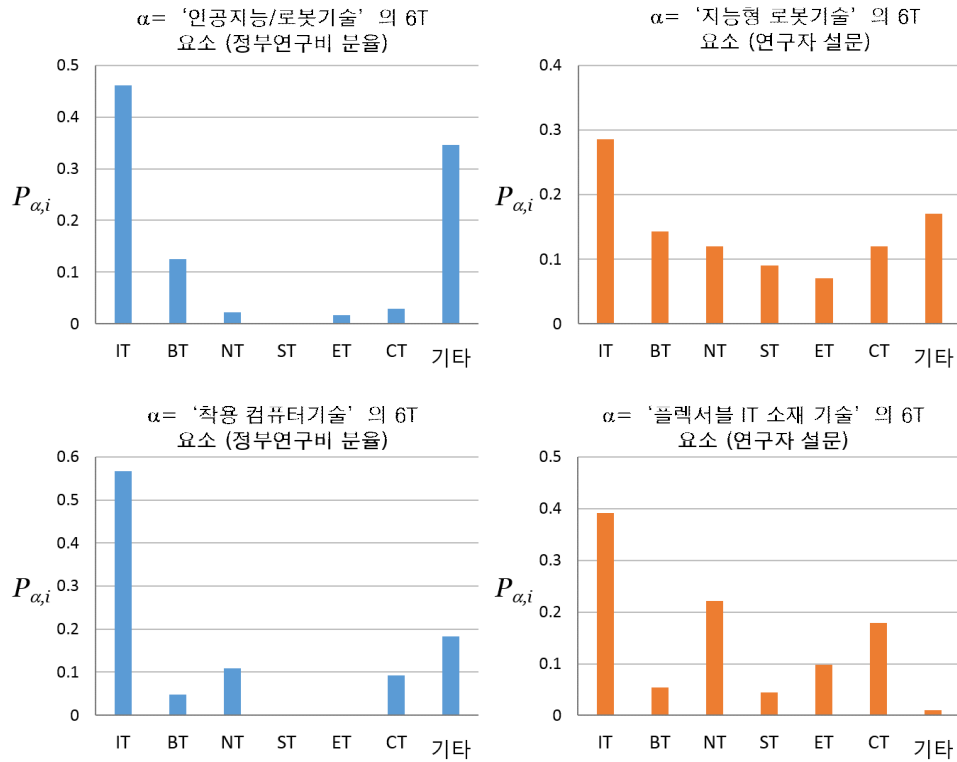
〈그림 I -2〉 기술별 p-다이어그램의 예 (광통신 기술, 착용형 컴퓨터, 게임엔진 및 기반기술)

- 상기의 p-다이어그램의 예에서 ‘광통신 기술’은 IT-기술 요소에 매우 편중된 형태의, 기술 융합성이 적은 기술 분야로 해석될 수 있으며 ‘게임 엔진제작 및 기반기술’은 IT와 CT의 융합형 기술로 해석됨

(4) 전문가 설문 조사에 의한 타당성 분석

○ 전문적인 방법에 의한 기술요소 분포 ($p_{\alpha,i}$)의 측정과 해당 분야 전문가 집단의 설문평가에 의한 기술 요소 분포를 비교하여 본 연구에서 제안하고 있는 방법의 타당성을 분석

11) 2012년도 기준



〈그림 1-3〉 정부연구비 분율과 연구자 집단 설문에 의한 기술요소 분포 측정치의 비교

- 기술군 α는 5절 4. 나.와 다.에서 다루고 있는 기술 수준 설문 조사의 대상 분야인 '지능형 로봇기술'¹²⁾ 분야, '플렉서블 IT 소재'¹³⁾ 분야와 기술 유사성이 높은 '인공지능/로봇기술'(NTRM 중분류 코드: 012300)과 '착용형 컴퓨터기술'(NTRM 중분류 코드: 010600)을 선택
- 본 연구에서 제안하고 있는 정부연구비 분율에 의한 측정과 연구자 설문 분석에 의한 측정의 결과가 정성적으로 유사한 분포를 보임

나. 융합 지수

(1) D 인덱스 (요소기술 비집중도: D_α)

○ n 개의 기술 요소 i 로 ($i = 1, 2, \dots, n$) 구성되었는 특정 기술 α 의 기술요소 분포 $p_{\alpha,i}$ 에서 최대치의 $p_{\alpha,i}$ 를 $p_{\alpha,max}$ 라 할 때, 어떤 특정 기술 α 의 D-index (D_α)는 다음과 같이 정의됨

$$D_\alpha = 1 - p_{\alpha,max} \quad (1)$$

- 기술 요소의 비집중성(decentralization)을 나타내는 계량적 융합성 표현으로서 특정 요

12) 지능형 로봇기술 분야에 대한 기술수준 설문 조사의 설문 항목 중의 하나로서 한국로봇학회, 한국로봇산업협회 회원을 대상 (응답: 37)으로 「'지능형 로봇기술' 분야를 6T기술로 분류/분석했을 때 6T요소를 백분율로 입력」의 설문을 실시

13) 플렉서블 IT 소재 분야에 대한 기술수준 설문 조사의 설문 항목 중의 하나로서 한국광전자학회 회원 및 관련 분야 산학연 전문가를 대상(응답: 78)으로 「'플렉서블 IT 소재' 분야를 6T기술로 분류/분석했을 때 6T요소를 백분율로 입력」의 설문을 실시

소기술에 의존하지 않을수록 기술 융합성이 크다는 것을 함의

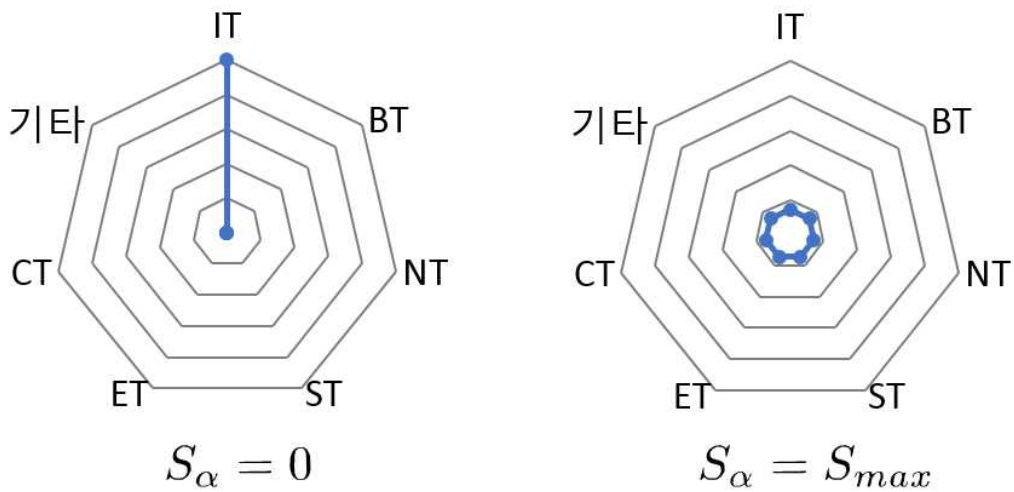
- 기술 요소의 i 의 분류를 6T 분류체계를 따를 경우 D_α 는 최소치 0과 최대치 $D_{max}=0.8571$ 사이의 값을 가짐¹⁴⁾

(2) S 인덱스 (요소기술 혼재도: S_α)

○ n 개의 기술 요소 i 로 ($i=1,2,\dots,n$) 구성되있는 특정 기술 α 의 기술요소 분포 $p_{\alpha,i}$ 라 할 때, 어떤 특정 기술 α 의 S-index (S_α)는 다음과 같이 정의됨

$$S_\alpha = - \sum_i^n p_{\alpha,i} \ln p_{\alpha,i} \quad (2)$$

- 기술 요소의 혼재성(mixing)을 나타내는 계량적 융합성 표현으로서 요소기술이 다양하게 존재할수록 기술 융합성이 크다는 것을 함의¹⁵⁾
- 기술 요소의 i 의 분류를 6T 분류체계를 따를 경우 S_α 는 최소치 0과 최대치 $S_{max}=1.946$ 사이의 값을 가짐¹⁶⁾
- S-index가 최대치를 갖는 경우($S_\alpha = S_{max}$)는 중심대칭의 폐각형 형태의 p-다이아그램을 보이며, 이때 기술 α 는 기술 종류와 상관없이 타 기술과 융·복합하려는 활성이 최대인 상태로 해석



<그림 1-4> 융합성이 최소인 경우($S_\alpha = 0$)와 최대인 경우($S_\alpha = S_{max}$)의 p-다이아그램 패턴

다. 융합성 평가표

○ 본 연구에서는 i) 기술 분류체계, ii) 기술요소 분포($p_{\alpha,i}$), iii) p-다이아그램, iv) 융합지수

14) $0 \leq D_\alpha \leq 6/7$

15) 혼재성의 척도 S 인덱스는 비집중성의 척도 D 인덱스와 정성적 경향이 비슷하나 S 인덱스는 D 인덱스에 비해 기술 요소의 다양성에 더 민감한 측정량을 가짐

16) $0 \leq S_\alpha \leq -\ln(1/7)$

(D 인덱스, S 인덱스)로 구성되는 융합성 평가 정보를 나열한 표를 “융합성 평가표”라 명명, 다음과 같은 형식의 표를 제안 (기술군이 융합성 최대, 융합성 최소 경우의 예)

<표 I -4> 융합성 평가표의 예

대분류	중분류(α)	6T(i)	$p_{\alpha,i}$	p-다이아그램	융합지수	
대분류기술 I	중분류기술 A (융합성 최대 기술 예시)	IT	1/7		D_{α}/D_{max}	1.0
		BT	1/7			
		NT	1/7		S_{α}/S_{max}	1.0
		ST	1/7			
		ET	1/7			
		CT	1/7			
		기타	1/7			
대분류기술 I	중분류기술 B (융합성 최소 기술 예시)	IT	1		D_{α}/D_{max}	0.0
		BT	0			
		NT	0		S_{α}/S_{max}	0.0
		ST	0			
		ET	0			
		CT	0			
		기타	0			

3. 국가연구개발사업 기술 분야의 융합성 현황 평가

가. NTRM(중분류)별 융합성 현황 평가

(1) 융합성 상위 NTRM 중분류 기술

○ 국가과학기술지도(NTRM) 중분류 기술 99개의 융합 지수를 평가한 결과¹⁷⁾, 중분류 기술 중에서 융합지수가 높은 상위 10개(상위 약 10%) 기술은 다음과 같음¹⁸⁾



<그림 I -5> D 인덱스, S 인덱스 평가에 의한 융합성 상위 10개 NTRM 중분류 기술

17) $p_{\alpha,i}$ 의 평가는 2012년도 정부 연구비 기준으로 측정

18) 융합성이 높은 중분류 기술은 그 기술군이 갖는 공통적 기술 목표 달성을 위해 다양한 기술 요소의 활용·조합의 가능성이 높은 상태의 중분류 기술이라는 것을 의미하지만, 그 기술군에 속하는 세부 개별 기술과제들이 모두 융합성이 높은 기술이라는 것을 의미하지는 않음

- 기술 비집중성을 나타내는 D 인덱스와 기술 혼재성을 나타내는 S 인덱스가 유사한 융합성 평가 경향을 보임
- 융합지수 상위 10개 중분류 기술에는 기능성 소재 기술들이 (고기능 세라믹 소재, 고기능 고분자 소재, 고기능 금속 소재, 고성능 복합기능 섬유소재) 다수 포함되어 있어, 소재 과학을 중심으로 소재의 특정 기능성을 이용한 융합형 응용 기술들이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음¹⁹⁾
- 융합지수 평가는 2012년도 정부 연구개발비 기준으로 2012년 시점의 융합성 현황을 나타내는 것으로서 기술의 진보, 응용 방법의 혁신 등에 의해 융합성이 크게 변화할 수 있음

(2) 융합성 평가표

○ NTRM-6T 2중 분류체계에 의한 NTRM 중분류 기술(α) 전 99개의 6T 기술요소(i) 분포 ($p_{\alpha,i}$), p-다이아그램, 융합지수를 계량 평가하여 NTRM 중분류 기술 융합성 평가표를 다음과 같이 작성함

<표 I -5> NTRM 중분류 99개 기술의 융합성 평가표

대분류	중분류(α)	6T(i)	$p_{\alpha,i}$	p-다이아그램	융합지수	
정보지식 지능화사회 구현	광통신기술	IT	0.9185		D_{α}/D_{max}	0.0950
		BT	0.0008			
		NT	0.0284		S_{α}/S_{max}	0.2013
		ST	0.0097			
		ET	0.0149			
		CT	0.0000			
		기타	0.0277			
정보지식 지능화사회 구현	초고속 무선 멀티미디어기술 / 4G이동통신기술	IT	0.9841		D_{α}/D_{max}	0.0186
		BT	0.0002			
		NT	0.0037		S_{α}/S_{max}	0.0526
		ST	0.0052			
		ET	0.0000			
		CT	0.0009			
		기타	0.0059			
정보지식 지능화사회 구현	이동 멀티미디어 컨텐츠기술	IT	0.7834		D_{α}/D_{max}	0.2527
		BT	0.0000			
		NT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.3405
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.1411			
		기타	0.0755			
정보지식 지능화사회 구현	반도체·나노 신소재기술	IT	0.6332		D_{α}/D_{max}	0.4279
		BT	0.0060			
		NT	0.2972		S_{α}/S_{max}	0.4624
		ST	0.0000			

19) 플렉서블 전자(flexible electronics) 재료, 플렉서블 태양전지 등, 다기능성 소재류

		ET	0.0316			
		CT	0.0000			
		기타	0.0320			
정보지식 지능화사회 구현	지능네트워크기 술	IT	0.9346		D_a/D_{max}	0.0763
		BT	0.0010			
		NT	0.0000		S_a/S_{max}	0.1694
		ST	0.0287			
		ET	0.0150			
		CT	0.0103			
		기타	0.0103			
정보지식 지능화사회 구현	착용형 컴퓨터 기술	IT	0.5668		D_a/D_{max}	0.5054
		BT	0.0480			
		NT	0.1086		S_a/S_{max}	0.6376
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0929			
		기타	0.1837			
정보지식 지능화사회 구현	고성능 정보처리.저장 장치 기술	IT	0.9402		D_a/D_{max}	0.0697
		BT	0.0059			
		NT	0.0391		S_a/S_{max}	0.1470
		ST	0.0011			
		ET	0.0016			
		CT	0.0000			
		기타	0.0121			
정보지식 지능화사회 구현	유무선 통합시스템 기술	IT	0.9381		D_a/D_{max}	0.0722
		BT	0.0000			
		NT	0.0000		S_a/S_{max}	0.1440
		ST	0.0000			
		ET	0.0435			
		CT	0.0048			
		기타	0.0135			
정보지식 지능화사회 구현	디지털 신호처리기술	IT	0.9724		D_a/D_{max}	0.0322
		BT	0.0022			
		NT	0.0000		S_a/S_{max}	0.0783
		ST	0.0025			
		ET	0.0006			
		CT	0.0023			
		기타	0.0200			
정보지식 지능화사회 구현	디지털 방송기술	IT	0.9174		D_a/D_{max}	0.0964
		BT	0.0000			
		NT	0.0000		S_a/S_{max}	0.1920
		ST	0.0236			
		ET	0.0000			
		CT	0.0365			
		기타	0.0225			
정보지식	전자상거래	IT	0.8469		D_a/D_{max}	0.1786

지능화사회 구현	시스템 기술	BT	0.1104		S_a/S_{max}	0.2666
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0427			
		기타	0.0000			
정보지식 지능화사회 구현	전자금융기술	IT	0.8145		D_a/D_{max}	0.2164
		BT	0.0383			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0131			
정보지식 지능화사회 구현	차세대 정보시스템 기술	IT	0.9205		D_a/D_{max}	0.0927
		BT	0.0240			
		NT	0.0074			
		ST	0.0142			
		ET	0.0004			
		CT	0.0020			
정보지식 지능화사회 구현	소프트웨어 표준화 및 설계와 재이용 기술	IT	0.9212		D_a/D_{max}	0.0920
		BT	0.0011			
		NT	0.0006			
		ST	0.0486			
		ET	0.0000			
		CT	0.0017			
정보지식 지능화사회 구현	정보검색 및 DBMS기술	IT	0.8878		D_a/D_{max}	0.1309
		BT	0.0725			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0089			
		CT	0.0137			
정보지식 지능화사회 구현	디지털 정보디자인기술	IT	0.5574		D_a/D_{max}	0.5164
		BT	0.0122			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0127			
		CT	0.3154			
정보지식 지능화사회 구현	정보보호기술	IT	0.9543		D_a/D_{max}	0.0533
		BT	0.0002			
		NT	0.0004			
		ST	0.0000			
		ET	0.0064			
		CT	0.0239			
정보지식	영화.영상.디지	IT	0.3000		D_a/D_{max}	0.3705

지능화사회 구현	텔미디어 표준화기술	BT	0.0108		S_a/S_{max}	0.3640
		NT	0.0000			
		ST	0.0016			
		ET	0.0000			
		CT	0.6825			
		기타	0.0052			
정보지식 지능화사회 구현	디지털 콘텐츠 저작도구	IT	0.3741		D_a/D_{max}	0.4520
		BT	0.0029			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.6126			
정보지식 지능화사회 구현	게임 엔진제작 및 기반기술	IT	0.5129		D_a/D_{max}	0.5683
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.4771			
정보지식 지능화사회 구현	사이버 커뮤니케이션기술	IT	0.7484		D_a/D_{max}	0.2935
		BT	0.0264			
		NT	0.0000			
		ST	0.0097			
		ET	0.0000			
		CT	0.1874			
정보지식 지능화사회 구현	문화원형 복원기술	IT	0.4369		D_a/D_{max}	0.6569
		BT	0.1500			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0187			
		CT	0.2739			
정보지식 지능화사회 구현	인공지능.지능로봇 기술	IT	0.4621		D_a/D_{max}	0.6276
		BT	0.1249			
		NT	0.0215			
		ST	0.0005			
		ET	0.0168			
		CT	0.0284			
정보지식 지능화사회 구현	MEMS기술	IT	0.6076		D_a/D_{max}	0.4577
		BT	0.0424			
		NT	0.2078			
		ST	0.0125			
		ET	0.0673			
		CT	0.0000			
정보지식	홈 네트워크기술	IT	0.9794		D_a/D_{max}	0.0240

지능화사회 구현		BT	0.0051		S_a/S_{max}	0.0606
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0021			
		CT	0.0000			
		기타	0.0134			
정보지식 지능화사회 구현	가전기기 지능화기술	IT	0.9027		D_a/D_{max}	0.1135
		BT	0.0089			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0133			
		CT	0.0297			
정보지식 지능화사회 구현	차세대 디스플레이기술	IT	0.8785		D_a/D_{max}	0.1418
		BT	0.0059			
		NT	0.0795			
		ST	0.0000			
		ET	0.0086			
		CT	0.0067			
정보지식 지능화사회 구현	생체진단기술	IT	0.2733		D_a/D_{max}	0.3806
		BT	0.6737			
		NT	0.0348			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	초고속 분석시스템 기술	IT	0.0664		D_a/D_{max}	0.1982
		BT	0.8302			
		NT	0.0858			
		ST	0.0000			
		ET	0.0013			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	Target 인식 타당성검증 기술	IT	0.0003		D_a/D_{max}	0.0197
		BT	0.9832			
		NT	0.0030			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	선도물질도출 기술	IT	0.0007		D_a/D_{max}	0.0634
		BT	0.9456			
		NT	0.0295			
		ST	0.0000			
		ET	0.0013			
		CT	0.0003			
건강한	선도물질 최적화	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.0330

생명사회 지향	기술	BT	0.9717		S_a/S_{max}	0.0790
		NT	0.0177			
		ST	0.0000			
		ET	0.0030			
		CT	0.0000			
		기타	0.0075			
건강한 생명사회 지향	후보물질 도출기술	IT	0.0005		D_a/D_{max}	0.0313
		BT	0.9732			
		NT	0.0106			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	대량생산공정 기술	IT	0.0211		D_a/D_{max}	0.1632
		BT	0.8601			
		NT	0.0442			
		ST	0.0000			
		ET	0.0073			
		CT	0.0010			
건강한 생명사회 지향	제제화 기술	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.0284
		BT	0.9757			
		NT	0.0138			
		ST	0.0000			
		ET	0.0051			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	약물전달시스템 기술	IT	0.0038		D_a/D_{max}	0.1675
		BT	0.8564			
		NT	0.1331			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	안전성 및 약효 분석·평가 기술	IT	0.0036		D_a/D_{max}	0.0458
		BT	0.9608			
		NT	0.0168			
		ST	0.0000			
		ET	0.0158			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	임상시험기술	IT	0.0153		D_a/D_{max}	0.0297
		BT	0.9745			
		NT	0.0034			
		ST	0.0000			
		ET	0.0013			
		CT	0.0004			
건강한	생체신호처리기	IT	0.0492		D_a/D_{max}	0.0950

생명사회 지향	술	BT	0.9186		S_a/S_{max}	0.1885
		NT	0.0186			
		ST	0.0000			
		ET	0.0038			
		CT	0.0000			
		기타	0.0098			
건강한 생명사회 지향	생체영상처리기술	IT	0.0824		D_a/D_{max}	0.1879
		BT	0.8389			
		NT	0.0325			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0006			
건강한 생명사회 지향	바이오 칩 / 센서기술	IT	0.0387		D_a/D_{max}	0.2501
		BT	0.7857			
		NT	0.1591			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0009			
건강한 생명사회 지향	생체재료기술	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.0970
		BT	0.9168			
		NT	0.0609			
		ST	0.0000			
		ET	0.0077			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	즐기세 포배양기술	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.0095
		BT	0.9919			
		NT	0.0017			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	유전자조작.전달 기술	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.0199
		BT	0.9829			
		NT	0.0064			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
건강한 생명사회 지향	생체기능 모니터링 기술	IT	0.0539		D_a/D_{max}	0.1305
		BT	0.8882			
		NT	0.0158			
		ST	0.0000			
		ET	0.0006			
		CT	0.0144			
건강한	생체정보	IT	0.0489		D_a/D_{max}	0.1084

생명사회 지향	생성·저장기술	BT	0.9071		S_a/S_{max}	0.2112
		NT	0.0205			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0022			
		기타	0.0213			
건강한 생명사회 지향	생체정보 분석·활용기술	IT	0.1109		D_a/D_{max}	0.1769
		BT	0.8484			
		NT	0.0056		S_a/S_{max}	0.2912
		ST	0.0006			
		ET	0.0115			
		CT	0.0047			
		기타	0.0183			
환경 / 에너 지 프론티어 진흥	대기오염물질 저감 및 제거기술	IT	0.0373		D_a/D_{max}	0.1505
		BT	0.0147			
		NT	0.0565		S_a/S_{max}	0.2824
		ST	0.0006			
		ET	0.8710			
		CT	0.0000			
		기타	0.0200			
환경 / 에너 지 프론티어 진흥	수질관리 및 수자원 확보기술	IT	0.0650		D_a/D_{max}	0.3489
		BT	0.1112			
		NT	0.0783		S_a/S_{max}	0.5234
		ST	0.0024			
		ET	0.7009			
		CT	0.0000			
		기타	0.0423			
환경 / 에너 지 프론티어 진흥	폐기물 저감 및 재활용기술	IT	0.0045		D_a/D_{max}	0.2716
		BT	0.0425			
		NT	0.0365		S_a/S_{max}	0.4038
		ST	0.0024			
		ET	0.7672			
		CT	0.0011			
		기타	0.1456			
환경 / 에너 지 프론티어 진흥	환경친화적인 소재·제품 및 공정기술	IT	0.0311		D_a/D_{max}	0.4467
		BT	0.0907			
		NT	0.1019		S_a/S_{max}	0.6045
		ST	0.0009			
		ET	0.6171			
		CT	0.0049			
		기타	0.1535			
환경 / 에너 지 프론티어 진흥	생태계, 오염토양, 지하수 복원기술	IT	0.0340		D_a/D_{max}	0.3923
		BT	0.2441			
		NT	0.0121		S_a/S_{max}	0.4849
		ST	0.0057			
		ET	0.6637			
		CT	0.0000			
		기타	0.0404			
환경 / 에너	해양오염 평가	IT	0.1590		D_a/D_{max}	0.4271

지 프론티어 진흥	및 저감기술	BT	0.0596		S_a/S_{max}	0.5447
		NT	0.0070			
		ST	0.0000			
		ET	0.6339			
		CT	0.0000			
		기타	0.1405			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	위해성 관리를 통한 환경보건기술	IT	0.0285		D_a/D_{max}	0.6686
		BT	0.2763			
		NT	0.0213			
		ST	0.0018			
		ET	0.4269			
		CT	0.0026			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	자연재해 예측 및 저감기술	IT	0.1027		D_a/D_{max}	0.5973
		BT	0.0882			
		NT	0.0007			
		ST	0.0329			
		ET	0.4880			
		CT	0.0003			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	기상조절기술	IT	0.0119		D_a/D_{max}	0.6572
		BT	0.0755			
		NT	0.0239			
		ST	0.0497			
		ET	0.4367			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	연료전지기술	IT	0.0032		D_a/D_{max}	0.0340
		BT	0.0045			
		NT	0.0120			
		ST	0.0010			
		ET	0.9708			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	수소에너지기술	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.2941
		BT	0.0301			
		NT	0.0349			
		ST	0.0051			
		ET	0.7479			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	소형 열병합발전 시스템기술	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.0596
		BT	0.0000			
		NT	0.0396			
		ST	0.0000			
		ET	0.9489			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	에너지 소재기술	기타	0.0115		S_a/S_{max}	0.1176
		IT	0.0402			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	에너지 소재기술	IT	0.0402		D_a/D_{max}	0.3021

지 프론티어 진흥		BT	0.0077		S_a/S_{max}	0.4480
		NT	0.1270			
		ST	0.0030			
		ET	0.7410			
		CT	0.0000			
		기타	0.0811			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	에너지 절약형 반응 및 분리공정기술	IT	0.0171		D_a/D_{max}	0.2490
		BT	0.0087			
		NT	0.1073			
		ST	0.0018			
		ET	0.7866			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	미활용에너지이 용 기술	IT	0.0324		D_a/D_{max}	0.1040
		BT	0.0024			
		NT	0.0021			
		ST	0.0024			
		ET	0.9109			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	바이오에너지기 술	IT	0.0006		D_a/D_{max}	0.2755
		BT	0.2086			
		NT	0.0090			
		ST	0.0056			
		ET	0.7639			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	미래형.일체형원 자로기술	IT	0.0038		D_a/D_{max}	0.3998
		BT	0.0000			
		NT	0.0022			
		ST	0.0000			
		ET	0.3367			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	태양에너지기술	IT	0.0102		D_a/D_{max}	0.1342
		BT	0.0075			
		NT	0.0697			
		ST	0.0013			
		ET	0.8850			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	2차 전지기술	IT	0.0294		D_a/D_{max}	0.1350
		BT	0.0000			
		NT	0.0358			
		ST	0.0005			
		ET	0.8843			
		CT	0.0000			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	풍력에너지 기술	IT	0.0410		D_a/D_{max}	0.0622
		기타	0.0500			

지 프론티어 진흥		BT	0.0000		S_a/S_{max}	0.1254
		NT	0.0000			
		ST	0.0030			
		ET	0.9466			
		CT	0.0000			
		기타	0.0093			
환경 / 에너지 프론티어 진흥	고신뢰성 전력시스템 기술	IT	0.1843		D_a/D_{max}	0.5422
		BT	0.0002			
		NT	0.0013			
		ST	0.0003			
		ET	0.5353			
		CT	0.0000			
		기타	0.2786			
기반주력산 업 가치창출	차세대 자동차기술(지능 형.하이브리드. 연료 전지 자동차) 기술	IT	0.1796		D_a/D_{max}	0.6246
		BT	0.0005			
		NT	0.0099			
		ST	0.0009			
		ET	0.3445			
		CT	0.0000			
기타	0.4646					
기반주력산 업 가치창출	고부가가치 선박기술	IT	0.1659		D_a/D_{max}	0.3701
		BT	0.0000			
		NT	0.0014			
		ST	0.0010			
		ET	0.1453			
		CT	0.0036			
기타	0.6828					
기반주력산 업 가치창출	해양구조물 및 장비기술	IT	0.0793		D_a/D_{max}	0.5248
		BT	0.0344			
		NT	0.0004			
		ST	0.0005			
		ET	0.3348			
		CT	0.0003			
기타	0.5502					
기반주력산 업 가치창출	한국형 고속전철 및 첨단 경전철 기술	IT	0.3809		D_a/D_{max}	0.5310
		BT	0.0005			
		NT	0.0000			
		ST	0.0003			
		ET	0.0735			
		CT	0.0000			
기타	0.5448					
기반주력산 업 가치창출	통합 물류수송시스템 구축기술	IT	0.1766		D_a/D_{max}	0.3399
		BT	0.0222			
		NT	0.0110			
		ST	0.0710			
		ET	0.0049			
		CT	0.0057			
기타	0.7087					
기반주력산	지능형 교통	IT	0.6211		D_a/D_{max}	0.4420

업 가치 창출	시스템 (ITS) 기술	BT	0.0012		S_a/S_{max}	0.4317
		NT	0.0029			
		ST	0.0321			
		ET	0.0036			
		CT	0.0040			
		기타	0.3350			
기반주력산업 가치 창출	첨단 SOC 인프라 건설기술	IT	0.1609		D_a/D_{max}	0.2719
		BT	0.0000			
		NT	0.0088			
		ST	0.0000			
		ET	0.0634			
		CT	0.0000			
		기타	0.7669			
기반주력산업 가치 창출	건설정보화 기술	IT	0.4762		D_a/D_{max}	0.6111
		BT	0.0043			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.1692			
		CT	0.0059			
		기타	0.3445			
기반주력산업 가치 창출	인간친화형 고기능 건축기술	IT	0.0936		D_a/D_{max}	0.3786
		BT	0.0000			
		NT	0.0026			
		ST	0.0000			
		ET	0.2176			
		CT	0.0107			
		기타	0.6755			
기반주력산업 가치 창출	기존건물 수명연장기술	IT	0.0978		D_a/D_{max}	0.6167
		BT	0.1588			
		NT	0.0491			
		ST	0.0000			
		ET	0.1962			
		CT	0.0267			
		기타	0.4714			
기반주력산업 가치 창출	청정해양에너지 개발기술	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.2129
		BT	0.0085			
		NT	0.0184			
		ST	0.0000			
		ET	0.8175			
		CT	0.0000			
		기타	0.1555			
기반주력산업 가치 창출	지능형 생산시스템 기술	IT	0.2992		D_a/D_{max}	0.7218
		BT	0.0508			
		NT	0.1539			
		ST	0.0130			
		ET	0.0988			
		CT	0.0030			
		기타	0.3813			
기반주력산업	청정생산시스템	IT	0.0875		D_a/D_{max}	0.4829

업 가치 창출	기술	BT	0.0836		S_a/S_{max}	0.6508
		NT	0.0867			
		ST	0.0000			
		ET	0.5861			
		CT	0.0077			
		기타	0.1484			
기반주력산업 가치 창출	초정밀 가공시스템기술	IT	0.3253		D_a/D_{max}	0.7871
		BT	0.0279			
		NT	0.2174			
		ST	0.0612			
		ET	0.0825			
		CT	0.0005			
기타	0.2852					
기반주력산업 가치 창출	초미세 장비 및 공정기술	IT	0.2694		D_a/D_{max}	0.5400
		BT	0.0640			
		NT	0.5372			
		ST	0.0041			
		ET	0.0142			
		CT	0.0000			
기타	0.1111					
기반주력산업 가치 창출	나노 소재·소자기술	IT	0.0543		D_a/D_{max}	0.1672
		BT	0.0156			
		NT	0.8567			
		ST	0.0346			
		ET	0.0074			
		CT	0.0000			
기타	0.0314					
기반주력산업 가치 창출	고기능 금속소재기술	IT	0.1293		D_a/D_{max}	0.6337
		BT	0.0103			
		NT	0.1024			
		ST	0.0094			
		ET	0.2902			
		CT	0.0017			
기타	0.4568					
기반주력산업 가치 창출	고기능 세라믹 소재기술	IT	0.2599		D_a/D_{max}	0.8097
		BT	0.0100			
		NT	0.2995			
		ST	0.0297			
		ET	0.0848			
		CT	0.0100			
기타	0.3060					
기반주력산업 가치 창출	고기능성 고분자 소재기술	IT	0.1807		D_a/D_{max}	0.7378
		BT	0.0360			
		NT	0.3676			
		ST	0.0076			
		ET	0.1671			
		CT	0.0195			
기타	0.2216					
기반주력산업	고성능 복합기능	IT	0.0402		D_a/D_{max}	0.6059

업 가치 창출	섬유소재기술	BT	0.0803		S_a/S_{max}	0.7649
		NT	0.1597			
		ST	0.0234			
		ET	0.1824			
		CT	0.0333			
		기타	0.4807			
국가안전 및 위상 제고	위성체 개발기술	IT	0.0008		D_a/D_{max}	0.0555
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.9525			
		ET	0.0022			
		CT	0.0000			
국가안전 및 위상 제고	위성 탑재체 기술	IT	0.0476		D_a/D_{max}	0.2312
		BT	0.0012			
		NT	0.0000			
		ST	0.8018			
		ET	0.0006			
		CT	0.0000			
국가안전 및 위상 제고	저궤도 위성 발사체 개발기술	IT	0.0000		D_a/D_{max}	0.0000
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	1.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
국가안전 및 위상 제고	액체추진기관 개발기술	IT	0.0025		D_a/D_{max}	0.5137
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.5597			
		ET	0.4378			
		CT	0.0000			
국가안전 및 위상 제고	무인 비행체 및 시스템 기술	IT	0.1150		D_a/D_{max}	0.1600
		BT	0.0008			
		NT	0.0000			
		ST	0.8629			
		ET	0.0048			
		CT	0.0026			
국가안전 및 위상 제고	차세대 회전익기체계 및 서브 시스템 기술	IT	0.0247		D_a/D_{max}	0.0530
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.9545			
		ET	0.0186			
		CT	0.0000			
국가안전 및 위상 제고	고품질 다수확	IT	0.0139		D_a/D_{max}	0.0563
		기타	0.0022			

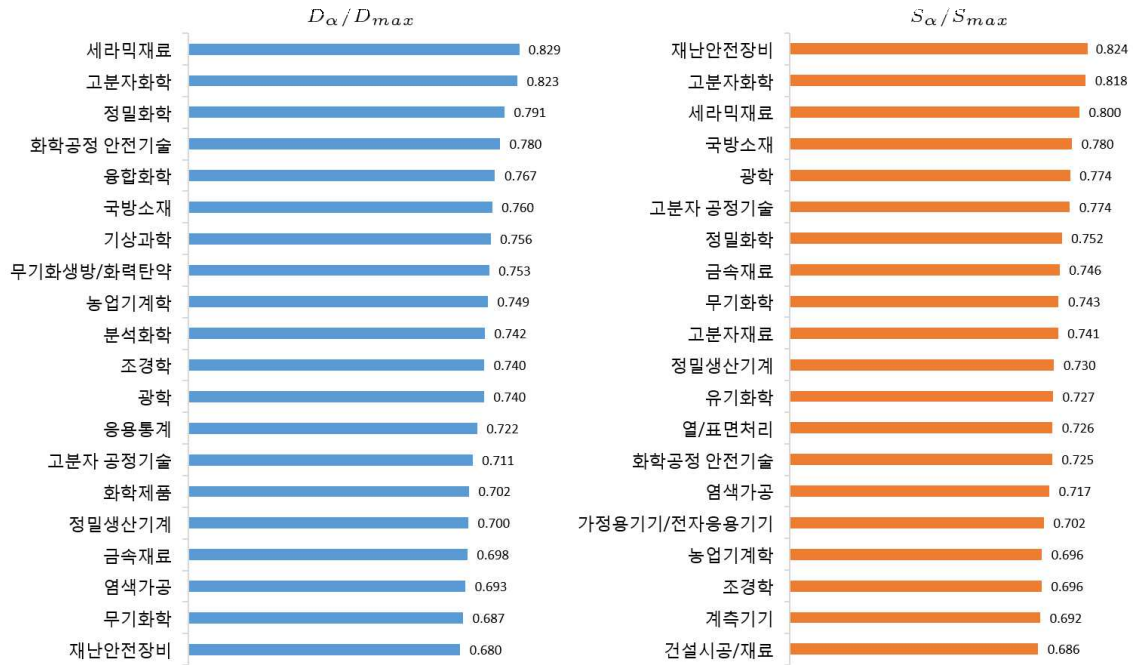
위상 제고	작물 생산기술	BT	0.9517		S_a/S_{max}	0.1234
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0280			
		CT	0.0003			
		기타	0.0061			
국가안전 및 위상 제고	BT 활용 고부가 농.수.축산물 개발기술	IT	0.0006		D_a/D_{max}	0.0059
		BT	0.9950			
		NT	0.0027			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
국가안전 및 위상 제고	고기능성 식품의 생산.가공.보존 기술	IT	0.0158		D_a/D_{max}	0.0732
		BT	0.9373			
		NT	0.0009			
		ST	0.0000			
		ET	0.0051			
		CT	0.0098			
국가안전 및 위상 제고	친환경 수산 증양식 개발.응용기술	IT	0.0005		D_a/D_{max}	0.2120
		BT	0.8183			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.1487			
		CT	0.0000			
국가안전 및 위상 제고	유용 동식물 자원보전 및 이용기술	IT	0.0056		D_a/D_{max}	0.0529
		BT	0.9546			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0279			
		CT	0.0024			
		기타	0.0094		S_a/S_{max}	0.1191

나. 국가 과학기술 표준분류(중분류)별 융합성 현황 평가

(1) 융합성 상위 국가과학기술 표준분류 중분류 기술

○ 국가과학기술 표준분류(과학기술 분야) 중분류 학문·기술 분야 207개의 융합 지수를 평가한 결과²⁰⁾, 중분류 분야 중에서 융합지수가 높은 상위 20개(상위 약 10%) 분야는 다음과 같음

20) $p_{\alpha,i}$ 의 평가는 2012년도 정부 연구비 기준으로 측정



<그림 I -6> D 인덱스, S 인덱스 평가에 의한 융합성 상위 20개 국가과학기술표준분류 중분류 기술

- 기술 비집중성을 나타내는 D 인덱스와 기술 혼재성을 나타내는 S 인덱스가 유사한 융합성 평가 경향을 보임
- 상위 20개 중분류 분야에는 재료·소재분야(세라믹 재료, 고분자 재료, 국방소재, 금속재료, 건설시공/재료)와 화학분야(고분자화학, 정밀화학, 융합화학, 무기화학, 유기화학, 분석화학)가 다수 포함되어 있어, 재료·화학을 중심으로 한 융합형 응용 기술들이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음

(2) 융합지수 평가표

○ 국가과학기술 표준분류(과학기술 분야)-6T 2중 분류체계에 의한 국가과학기술 표준분류 중분류 분야(α) 207개의 6T 기술요소(i) 분포($p_{\alpha,i}$), p-다이아그램, 융합지수를 계량 평가하여 국가과학기술 표준분류 중분류 기술 융합성 평가표를 다음과 같이 작성함

<표 I -6> 국가과학기술 표준분류(과학기술 분야) 중분류 207개 분야의 융합성 평가표

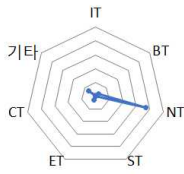
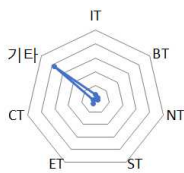
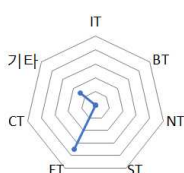
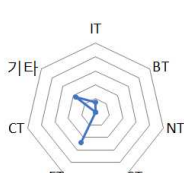
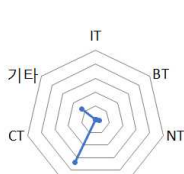
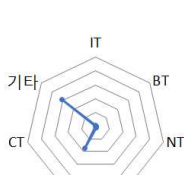
대분류	중분류(α)	6T(i)	$p_{\alpha,i}$	p-다이아그램	융합지수	
수학	대수학	IT	0.0249		D_{α}/D_{max}	0.0337
		BT	0.0040			
		NT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.0732
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.9711			

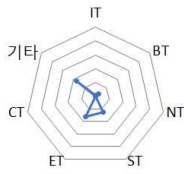
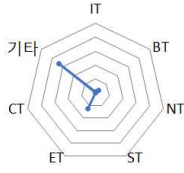
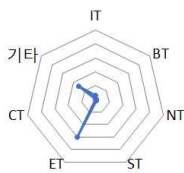
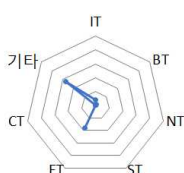
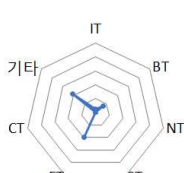
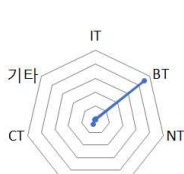
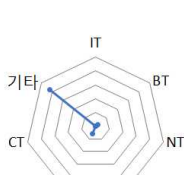
수학	해석학	IT	0.0327		D_{α}/D_{max}	0.0547
		BT	0.0062		S_{α}/S_{max}	0.1186
		NT	0.0000			
		ST	0.0070			
		ET	0.0000			
		CT	0.0011			
		기타	0.9531			
수학	위상수학	IT	0.0374		D_{α}/D_{max}	0.0437
		BT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.0820
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.9626			
수학	기하학	IT	0.0286		D_{α}/D_{max}	0.0333
		BT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.0666
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.9714			
수학	응용수학	IT	0.2865		D_{α}/D_{max}	0.5383
		BT	0.1316		S_{α}/S_{max}	0.5887
		NT	0.0132			
		ST	0.0123			
		ET	0.0166			
		CT	0.0011			
		기타	0.5386			
수학	이산/정보수학	IT	0.6241		D_{α}/D_{max}	0.4385
		BT	0.0061		S_{α}/S_{max}	0.4153
		NT	0.0347			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.3351			
수학	추론/계산	IT	0.0270		D_{α}/D_{max}	0.0631
		BT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.1310
		NT	0.0000			
		ST	0.0019			
		ET	0.0252			
		CT	0.0000			
		기타	0.9459			
수학	모형/자료분석	IT	0.1234		D_{α}/D_{max}	0.1941
		BT	0.0330		S_{α}/S_{max}	0.2950
		NT	0.0000			
		ST	0.0023			
		ET	0.0078			
		CT	0.0000			
		기타	0.8336			
수학	응용통계	IT	0.1743		D_{α}/D_{max}	0.7224

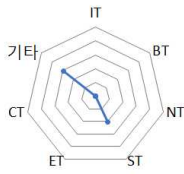
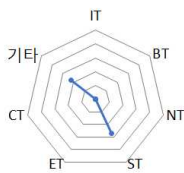
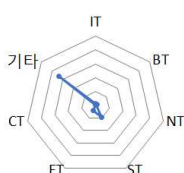
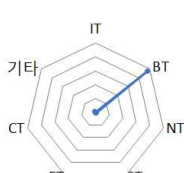
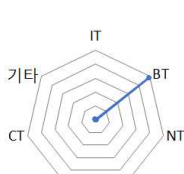
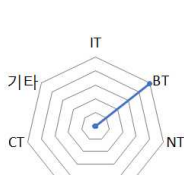
		BT	0.3808		S_{α}/S_{max}	0.6412
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0837			
		CT	0.0000			
		기타	0.3611			
		수학	확률/확률과정			
BT	0.0000					
NT	0.0000					
ST	0.0000					
ET	0.0000					
CT	0.0000					
기타	0.9038					
수학	기타 수학	IT	0.0917		D_{α}/D_{max}	0.1146
		BT	0.0016			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0049			
		기타	0.9018			
물리학	입자/장물리	IT	0.0163		D_{α}/D_{max}	0.0300
		BT	0.0023			
		NT	0.0022			
		ST	0.0042			
		ET	0.0007			
		CT	0.0000			
		기타	0.9743			
물리학	통계물리	IT	0.0772		D_{α}/D_{max}	0.4831
		BT	0.2747			
		NT	0.0462			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0159			
		기타	0.5859			
물리학	원자핵물리	IT	0.0004		D_{α}/D_{max}	0.0523
		BT	0.0066			
		NT	0.0014			
		ST	0.0000			
		ET	0.0364			
		CT	0.0000			
		기타	0.9551			
물리학	유체/플라즈마	IT	0.0129		D_{α}/D_{max}	0.2933
		BT	0.0086			
		NT	0.0122			
		ST	0.1307			
		ET	0.7486			
		CT	0.0000			
		기타	0.0870			
물리학	광학	IT	0.1898		D_{α}/D_{max}	0.7399

		BT	0.1021		S_{α}/S_{max}	0.7745
		NT	0.2796			
		ST	0.0350			
		ET	0.0183			
		CT	0.0094			
		기타	0.3658			
		물리학	응집물질물리			
BT	0.0362					
NT	0.4668					
ST	0.0074					
ET	0.0454					
CT	0.0000					
기타	0.3528					
물리학	원자/분자물리	IT	0.0301		D_{α}/D_{max}	0.1319
		BT	0.0042			
		NT	0.0733			
		ST	0.0000			
		ET	0.0054			
		CT	0.0000			
		기타	0.8869			
물리학	천체물리	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.5556
		BT	0.1547			
		NT	0.0000			
		ST	0.3215			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.5238			
물리학	복합물리	IT	0.0460		D_{α}/D_{max}	0.5676
		BT	0.3304			
		NT	0.0891			
		ST	0.0000			
		ET	0.0196			
		CT	0.0014			
		기타	0.5135			
물리학	기타 물리학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.3560
		BT	0.0020			
		NT	0.2844			
		ST	0.0000			
		ET	0.0187			
		CT	0.0000			
		기타	0.6949			
화학	물리화학	IT	0.0250		D_{α}/D_{max}	0.5171
		BT	0.1763			
		NT	0.5568			
		ST	0.0014			
		ET	0.0836			
		CT	0.0000			
		기타	0.1569			
화학	유기화학	IT	0.0589		D_{α}/D_{max}	0.6327

		BT	0.4577		S_{α}/S_{max}	0.7273
		NT	0.1771			
		ST	0.0026			
		ET	0.1273			
		CT	0.0000			
		기타	0.1763			
		화학	무기화학			
BT	0.0733					
NT	0.4109					
ST	0.0023					
ET	0.2301					
CT	0.0000					
기타	0.1905					
화학	분석화학	IT	0.0047		D_{α}/D_{max}	0.7417
		BT	0.3642			
		NT	0.1789			
		ST	0.0000			
		ET	0.3208			
		CT	0.0000			
		기타	0.1314			
화학	고분자화학	IT	0.1775		D_{α}/D_{max}	0.8232
		BT	0.0578			
		NT	0.2452			
		ST	0.0106			
		ET	0.2944			
		CT	0.0086			
		기타	0.2058			
화학	생화학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.1576
		BT	0.8649			
		NT	0.0160			
		ST	0.0000			
		ET	0.0148			
		CT	0.0000			
		기타	0.1043			
화학	광화학	IT	0.0426		D_{α}/D_{max}	0.4273
		BT	0.0406			
		NT	0.6338			
		ST	0.0049			
		ET	0.2571			
		CT	0.0000			
		기타	0.0211			
화학	전기화학	IT	0.0233		D_{α}/D_{max}	0.4162
		BT	0.0337			
		NT	0.2606			
		ST	0.0021			
		ET	0.6433			
		CT	0.0000			
		기타	0.0370			
화학	나노화학	IT	0.0112		D_{α}/D_{max}	0.3013

		BT	0.0622		S_{α}/S_{max}	0.4578
		NT	0.7418			
		ST	0.0013			
		ET	0.0515			
		CT	0.0039			
		기타	0.1282			
		화학	융합화학			
BT	0.3422					
NT	0.3377					
ST	0.0000					
ET	0.2725					
CT	0.0110					
기타	0.0238					
화학	기타 화학	IT	0.0651		D_{α}/D_{max}	0.2869
		BT	0.0463			
		NT	0.0323			
		ST	0.0000			
		ET	0.0703			
		CT	0.0320			
		기타	0.7541			
지구과학(지구/대기/해양/천문)	지질과학	IT	0.0040		D_{α}/D_{max}	0.3506
		BT	0.0041			
		NT	0.0033			
		ST	0.0000			
		ET	0.6995			
		CT	0.0054			
		기타	0.2838			
지구과학(지구/대기/해양/천문)	지구물리학	IT	0.1508		D_{α}/D_{max}	0.5981
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0018			
		ET	0.4873			
		CT	0.0000			
		기타	0.3601			
지구과학(지구/대기/해양/천문)	지구화학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.3749
		BT	0.0143			
		NT	0.0511			
		ST	0.0000			
		ET	0.6786			
		CT	0.0000			
		기타	0.2560			
지구과학(지구/대기/해양/천문)	대기과학	IT	0.0149		D_{α}/D_{max}	0.4504
		BT	0.0073			
		NT	0.0000			
		ST	0.0165			
		ET	0.3473			
		CT	0.0000			
		기타	0.6140			
지구과학(지구	기상과학	IT	0.0156		D_{α}/D_{max}	0.7563

/대기/해양/천문)		BT	0.0628		S_{α}/S_{max}	0.6798
		NT	0.0000			
		ST	0.2504			
		ET	0.3187			
		CT	0.0008			
		기타	0.3517			
지구과학(지구/대기/해양/천문)	기후학	IT	0.0097		D_{α}/D_{max}	0.3795
		BT	0.0618			
		NT	0.0000			
		ST	0.0015			
		ET	0.2523			
		CT	0.0000			
기타	0.6747					
지구과학(지구/대기/해양/천문)	자연재해 분석/예측	IT	0.0561		D_{α}/D_{max}	0.4678
		BT	0.0133			
		NT	0.0000			
		ST	0.0197			
		ET	0.5990			
		CT	0.0000			
기타	0.3118					
지구과학(지구/대기/해양/천문)	해양과학	IT	0.0816		D_{α}/D_{max}	0.5286
		BT	0.0150			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.3565			
		CT	0.0000			
기타	0.5469					
지구과학(지구/대기/해양/천문)	해양자원	IT	0.0455		D_{α}/D_{max}	0.6730
		BT	0.1406			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.3907			
		CT	0.0000			
기타	0.4232					
지구과학(지구/대기/해양/천문)	해양생명	IT	0.0164		D_{α}/D_{max}	0.1137
		BT	0.9026			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0669			
		CT	0.0000			
기타	0.0142					
지구과학(지구/대기/해양/천문)	극지과학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.1843
		BT	0.0451			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.1128			
		CT	0.0000			
기타	0.8420					
지구과학(지구	천문학	IT	0.0016		D_{α}/D_{max}	0.4757

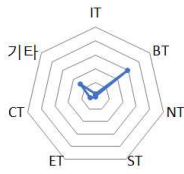
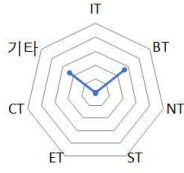
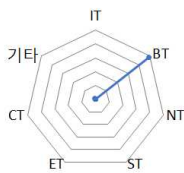
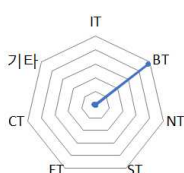
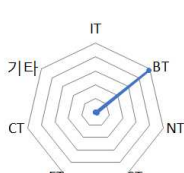
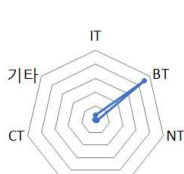

/대기/해양/천문)		BT	0.0008		S_{α}/S_{max}	0.3582
		NT	0.0000			
		ST	0.4048			
		ET	0.0000			
		CT	0.0006			
		기타	0.5922			
		지구과학(지구/대기/해양/천문)	우주과학			
BT	0.0098					
NT	0.0113					
ST	0.9359					
ET	0.0038					
CT	0.0000					
기타	0.0337					
지구과학(지구/대기/해양/천문)	천문우주 관측기술	IT	0.0084		D_{α}/D_{max}	0.5360
		BT	0.0003			
		NT	0.0000			
		ST	0.5406			
		ET	0.0005			
		CT	0.0000			
		기타	0.4501			
지구과학(지구/대기/해양/천문)	기타 지구과학	IT	0.0259		D_{α}/D_{max}	0.3892
		BT	0.0294			
		NT	0.0070			
		ST	0.1894			
		ET	0.0819			
		CT	0.0000			
		기타	0.6664			
생명과학	분자세포 생물학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.0508
		BT	0.9564			
		NT	0.0156			
		ST	0.0000			
		ET	0.0100			
		CT	0.0000			
		기타	0.0179			
생명과학	유전학/유전공학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.0312
		BT	0.9732			
		NT	0.0057			
		ST	0.0000			
		ET	0.0009			
		CT	0.0000			
		기타	0.0201			
생명과학	발생/신경생물학	IT	0.0003		D_{α}/D_{max}	0.0106
		BT	0.9910			
		NT	0.0001			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.0086			
생명과학	면역학/생리학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.0055

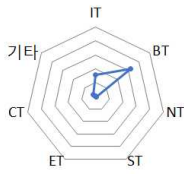
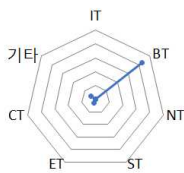
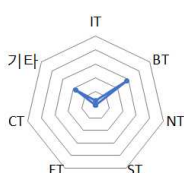
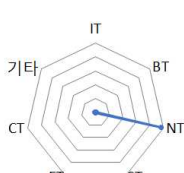
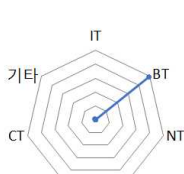
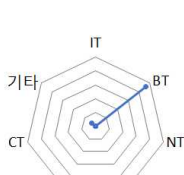
		BT	0.9953		S_{α}/S_{max}	0.0171
		NT	0.0021			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.0026			
		생명과학	분류/생태/환경 생물학			
BT	0.8903					
NT	0.0000					
ST	0.0005					
ET	0.0816					
CT	0.0005					
기타	0.0248					
생명과학	생화학/구조생 물학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.0084
		BT	0.9928			
		NT	0.0010			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.0062			
생명과학	융합바이오	IT	0.0280		D_{α}/D_{max}	0.2555
		BT	0.7810			
		NT	0.0881			
		ST	0.0000			
		ET	0.0069			
		CT	0.0001			
		기타	0.0959			
생명과학	생물공학	IT	0.0018		D_{α}/D_{max}	0.0817
		BT	0.9300			
		NT	0.0072			
		ST	0.0000			
		ET	0.0486			
		CT	0.0000			
		기타	0.0124			
생명과학	산업바이오	IT	0.0009		D_{α}/D_{max}	0.0776
		BT	0.9335			
		NT	0.0015			
		ST	0.0000			
		ET	0.0345			
		CT	0.0000			
		기타	0.0296			
생명과학	바이오공정/기 기	IT	0.0033		D_{α}/D_{max}	0.1026
		BT	0.9121			
		NT	0.0277			
		ST	0.0000			
		ET	0.0361			
		CT	0.0097			
		기타	0.0112			
생명과학	생물위해성	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.2072

		BT	0.8224		S_{α}/S_{max}	0.3366
		NT	0.0390			
		ST	0.0000			
		ET	0.0563			
		CT	0.0000			
		기타	0.0823			
		생명과학	기타 생명과학			
BT	0.7915					
NT	0.0136					
ST	0.0000					
ET	0.0007					
CT	0.0000					
기타	0.1802					
농림수산식품	식량작물과학	IT	0.0006		D_{α}/D_{max}	0.1346
		BT	0.8846			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0070			
		CT	0.0000			
		기타	0.1077			
농림수산식품	원예작물과학	IT	0.0129		D_{α}/D_{max}	0.0581
		BT	0.9502			
		NT	0.0031			
		ST	0.0000			
		ET	0.0287			
		CT	0.0043			
		기타	0.0009			
농림수산식품	농생물학	IT	0.0021		D_{α}/D_{max}	0.0300
		BT	0.9743			
		NT	0.0035			
		ST	0.0000			
		ET	0.0182			
		CT	0.0000			
		기타	0.0020			
농림수산식품	농화학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.2157
		BT	0.8151			
		NT	0.0019			
		ST	0.0000			
		ET	0.1784			
		CT	0.0000			
		기타	0.0046			
농림수산식품	농업생태환경	IT	0.0222		D_{α}/D_{max}	0.5782
		BT	0.4176			
		NT	0.0020			
		ST	0.0000			
		ET	0.5044			
		CT	0.0182			
		기타	0.0355			
농림수산식품	동물자원과학	IT	0.0080		D_{α}/D_{max}	0.1922

		BT	0.8353		S_{α}/S_{max}	0.2751
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0180			
		CT	0.0000			
		기타	0.1387			
		농림수산식품	수의과학			
BT	0.9806					
NT	0.0024					
ST	0.0000					
ET	0.0077					
CT	0.0000					
기타	0.0083					
농림수산식품	농업기계학	IT	0.2598		D_{α}/D_{max}	0.7492
		BT	0.3578			
		NT	0.0000			
		ST	0.0014			
		ET	0.1628			
		CT	0.0000			
		기타	0.2182			
농림수산식품	농업토목학	IT	0.1412		D_{α}/D_{max}	0.6065
		BT	0.4801			
		NT	0.0115			
		ST	0.0000			
		ET	0.3210			
		CT	0.0332			
		기타	0.0129			
농림수산식품	산림자원학	IT	0.0166		D_{α}/D_{max}	0.4126
		BT	0.6463			
		NT	0.0000			
		ST	0.0011			
		ET	0.2966			
		CT	0.0029			
		기타	0.0365			
농림수산식품	조경학	IT	0.2468		D_{α}/D_{max}	0.7404
		BT	0.3654			
		NT	0.0000			
		ST	0.0100			
		ET	0.3080			
		CT	0.0448			
		기타	0.0251			
농림수산식품	임산공학	IT	0.0068		D_{α}/D_{max}	0.4523
		BT	0.6123			
		NT	0.0178			
		ST	0.0000			
		ET	0.2205			
		CT	0.0274			
		기타	0.1153			
농림수산식품	수산양식	IT	0.0046		D_{α}/D_{max}	0.5775

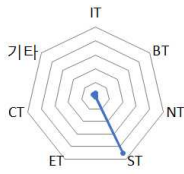
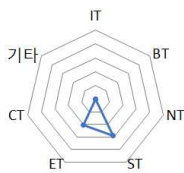
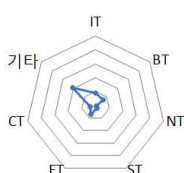
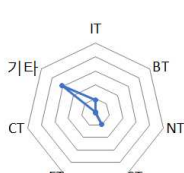
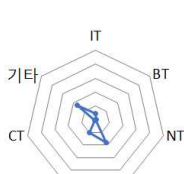

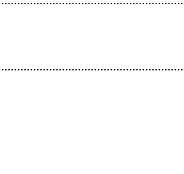
		BT	0.5050		S_{α}/S_{max}	0.4478
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0458			
		CT	0.0000			
		기타	0.4445			
		농림수산식품	수산자원/어장 환경			
BT	0.7247					
NT	0.0000					
ST	0.0000					
ET	0.2714					
CT	0.0000					
기타	0.0039					
농림수산식품	어업생산/이용 가공	IT	0.0198		D_{α}/D_{max}	0.1723
		BT	0.8523			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0861			
		CT	0.0000			
		기타	0.0417			
농림수산식품	농수축산물 위생/품질관리	IT	0.0128		D_{α}/D_{max}	0.0617
		BT	0.9471			
		NT	0.0042			
		ST	0.0000			
		ET	0.0088			
		CT	0.0000			
		기타	0.0271			
농림수산식품	식품과학	IT	0.0006		D_{α}/D_{max}	0.1115
		BT	0.9044			
		NT	0.0063			
		ST	0.0000			
		ET	0.0113			
		CT	0.0005			
		기타	0.0769			
농림수산식품	식품영양과학	IT	0.0021		D_{α}/D_{max}	0.0248
		BT	0.9787			
		NT	0.0042			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0029			
		기타	0.0121			
농림수산식품	식품조리/외식/ 식생활개선	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.4312
		BT	0.6304			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0064			
		CT	0.2876			
		기타	0.0757			
농림수산식품	농림수산식품	IT	0.0410		D_{α}/D_{max}	0.4727

	경영/정보 등	BT	0.5949		S_{α}/S_{max}	0.5254
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0057			
		CT	0.0760			
		기타	0.2824			
농림수산물	기타 농림수산물	IT	0.0008		D_{α}/D_{max}	0.5518
		BT	0.5270			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0024			
		CT	0.0000			
		기타	0.4698			
보건의료	의생명과학	IT	0.0016		D_{α}/D_{max}	0.0280
		BT	0.9760			
		NT	0.0031			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.0193			
보건의료	임상의학	IT	0.0121		D_{α}/D_{max}	0.0453
		BT	0.9612			
		NT	0.0010			
		ST	0.0000			
		ET	0.0002			
		CT	0.0014			
		기타	0.0241			
보건의료	의약품/의약품 개발	IT	0.0013		D_{α}/D_{max}	0.0305
		BT	0.9739			
		NT	0.0181			
		ST	0.0000			
		ET	0.0001			
		CT	0.0000			
		기타	0.0067			
보건의료	치료/진단기기	IT	0.0655		D_{α}/D_{max}	0.1220
		BT	0.8954			
		NT	0.0220			
		ST	0.0000			
		ET	0.0023			
		CT	0.0001			
		기타	0.0147			
보건의료	기능복원/보조/ 복지기기	IT	0.0948		D_{α}/D_{max}	0.1728
		BT	0.8519			
		NT	0.0160			
		ST	0.0000			
		ET	0.0210			
		CT	0.0008			
		기타	0.0155			
보건의료	의료정보/시스	IT	0.3079		D_{α}/D_{max}	0.4163

	템	BT	0.6432		S_{α}/S_{max}	0.4217
		NT	0.0097			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0004			
		기타	0.0388			
		보건의료	한의과학			
BT	0.9347					
NT	0.0000					
ST	0.0000					
ET	0.0000					
CT	0.0007					
기타	0.0564					
보건의료	보건학	IT	0.0040		D_{α}/D_{max}	0.1709
		BT	0.8535			
		NT	0.0009			
		ST	0.0005			
		ET	0.0583			
		CT	0.0000			
		기타	0.0827			
보건의료	간호과학	IT	0.0678		D_{α}/D_{max}	0.4978
		BT	0.5733			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.3589			
보건의료	치의과학	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.0405
		BT	0.0147			
		NT	0.9652			
		ST	0.0078			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.0123			
보건의료	식품안전관리	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.0214
		BT	0.9816			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.0184			
보건의료	영양관리	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.0884
		BT	0.9242			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.0758			
보건의료	의약품안전관리	IT	0.0040		D_{α}/D_{max}	0.0047

		BT	0.9960		S_{α}/S_{max}	0.0135
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0000			
		기타	0.0000			
		보건의료	의료기기안전관리			
BT	0.9537					
NT	0.0000					
ST	0.0000					
ET	0.0362					
CT	0.0023					
기타	0.0078					
보건의료	독성/안전성관리 기반기술	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.0584
		BT	0.9499			
		NT	0.0463			
		ST	0.0000			
		ET	0.0014			
		CT	0.0000			
		기타	0.0024			
보건의료	기타 보건의료	IT	0.0375		D_{α}/D_{max}	0.3290
		BT	0.7180			
		NT	0.0013			
		ST	0.0000			
		ET	0.0029			
		CT	0.0048			
		기타	0.2356			
기계	측정표준/시험 평가기술	IT	0.0323		D_{α}/D_{max}	0.4941
		BT	0.1135			
		NT	0.0668			
		ST	0.0409			
		ET	0.1698			
		CT	0.0002			
		기타	0.5765			
기계	생산기반기술	IT	0.2108		D_{α}/D_{max}	0.5101
		BT	0.0193			
		NT	0.0616			
		ST	0.0171			
		ET	0.1101			
		CT	0.0184			
		기타	0.5628			
기계	요소부품	IT	0.0509		D_{α}/D_{max}	0.3115
		BT	0.0053			
		NT	0.0344			
		ST	0.0315			
		ET	0.1441			
		CT	0.0008			
		기타	0.7330			
기계	정밀생산기계	IT	0.1689		D_{α}/D_{max}	0.7004

		BT	0.0300		S_{α}/S_{max}	0.7300
		NT	0.1994			
		ST	0.0005			
		ET	0.2015			
		CT	0.0000			
		기타	0.3997			
		기계	로봇/자동화기계			
BT	0.0562					
NT	0.0144					
ST	0.0207					
ET	0.0490					
CT	0.0093					
기타	0.5799					
기계	나노/마이크로 기계시스템	IT	0.1273		D_{α}/D_{max}	0.3953
		BT	0.0846			
		NT	0.6611			
		ST	0.0049			
		ET	0.0554			
		CT	0.0002			
		기타	0.0666			
기계	에너지/환경기계시스템	IT	0.0318		D_{α}/D_{max}	0.2720
		BT	0.0043			
		NT	0.0139			
		ST	0.0076			
		ET	0.7669			
		CT	0.0005			
		기타	0.1750			
기계	산업/일반기계	IT	0.0841		D_{α}/D_{max}	0.4150
		BT	0.0244			
		NT	0.0338			
		ST	0.0012			
		ET	0.2092			
		CT	0.0028			
		기타	0.6443			
기계	자동차/철도차량	IT	0.1587		D_{α}/D_{max}	0.6567
		BT	0.0019			
		NT	0.0095			
		ST	0.0016			
		ET	0.3911			
		CT	0.0001			
		기타	0.4371			
기계	조선/해양시스템	IT	0.0854		D_{α}/D_{max}	0.3918
		BT	0.0037			
		NT	0.0002			
		ST	0.0001			
		ET	0.2458			
		CT	0.0007			
		기타	0.6642			
기계	항공시스템	IT	0.0466		D_{α}/D_{max}	0.1120

		BT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.2087
		NT	0.0003			
		ST	0.9040			
		ET	0.0069			
		CT	0.0002			
		기타	0.0419			
		기계	우주발사체			
BT	0.0000					
NT	0.0000					
ST	0.9883					
ET	0.0117					
CT	0.0000					
기타	0.0000					
기계	인공위성	IT	0.0020		D_{α}/D_{max}	0.4856
		BT	0.0007			
		NT	0.0000			
		ST	0.5838			
		ET	0.4079			
		CT	0.0000			
		기타	0.0056			
기계	재난안전장비	IT	0.1743		D_{α}/D_{max}	0.6799
		BT	0.1354			
		NT	0.0127			
		ST	0.0411			
		ET	0.1398			
		CT	0.0795			
		기타	0.4172			
기계	국방플랫폼	IT	0.1829		D_{α}/D_{max}	0.4456
		BT	0.0000			
		NT	0.0001			
		ST	0.1955			
		ET	0.0034			
		CT	0.0001			
		기타	0.6181			
기계	기타 기계	IT	0.0875		D_{α}/D_{max}	0.7523
		BT	0.0121			
		NT	0.0000			
		ST	0.3551			
		ET	0.1964			
		CT	0.0140			
		기타	0.3349			
재료	금속재료	IT	0.0836		D_{α}/D_{max}	0.6981
		BT	0.0310			
		NT	0.1266			
		ST	0.0429			
		ET	0.4017			
		CT	0.0014			
재료	세라믹재료	기타	0.3130		S_{α}/S_{max}	0.7456
		IT	0.1569			

		BT	0.0257		S_{α}/S_{max}	0.8000
		NT	0.2891			
		ST	0.0229			
		ET	0.2571			
		CT	0.0069			
		기타	0.2414			
		재료	고분자재료			
BT	0.0587					
NT	0.4361					
ST	0.0050					
ET	0.2341					
CT	0.0020					
기타	0.1303					
재료	주조/용접/접합	IT	0.0634		D_{α}/D_{max}	0.3700
		BT	0.0151			
		NT	0.0234			
		ST	0.0125			
		ET	0.2027			
		CT	0.0000			
		기타	0.6828			
재료	소성가공/분말	IT	0.0191		D_{α}/D_{max}	0.5868
		BT	0.0233			
		NT	0.2234			
		ST	0.0170			
		ET	0.2189			
		CT	0.0011			
		기타	0.4971			
재료	열/표면처리	IT	0.1494		D_{α}/D_{max}	0.6606
		BT	0.0150			
		NT	0.2212			
		ST	0.0186			
		ET	0.1621			
		CT	0.0000			
		기타	0.4337			
재료	분석/물성평가 기술	IT	0.0253		D_{α}/D_{max}	0.4216
		BT	0.0065			
		NT	0.2036			
		ST	0.0031			
		ET	0.1229			
		CT	0.0000			
		기타	0.6386			
재료	국방소재	IT	0.1141		D_{α}/D_{max}	0.7601
		BT	0.0036			
		NT	0.3485			
		ST	0.1007			
		ET	0.1663			
		CT	0.0000			
		기타	0.2669			
재료	기타재료	IT	0.0725		D_{α}/D_{max}	0.6660

		BT	0.0180		S_{α}/S_{max}	0.6502
		NT	0.4292			
		ST	0.0027			
		ET	0.1014			
		CT	0.0044			
		기타	0.3718			
화공	화학공정	IT	0.0159		D_{α}/D_{max}	0.3814
		BT	0.0144			
		NT	0.0752			
		ST	0.0000			
		ET	0.6731			
		CT	0.0000			
기타	0.2213					
화공	나노화학공정기술	IT	0.0443		D_{α}/D_{max}	0.2455
		BT	0.0156			
		NT	0.7895			
		ST	0.0006			
		ET	0.1231			
		CT	0.0000			
기타	0.0269					
화공	고분자공정기술	IT	0.0489		D_{α}/D_{max}	0.7112
		BT	0.1278			
		NT	0.3904			
		ST	0.0147			
		ET	0.2092			
		CT	0.0020			
기타	0.2070					
화공	생물화학공정기술	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.4175
		BT	0.6421			
		NT	0.0792			
		ST	0.0000			
		ET	0.2495			
		CT	0.0000			
기타	0.0292					
화공	정밀화학	IT	0.0501		D_{α}/D_{max}	0.7907
		BT	0.0837			
		NT	0.3222			
		ST	0.0000			
		ET	0.2745			
		CT	0.0068			
기타	0.2627					
화공	화학제품	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.7022
		BT	0.0203			
		NT	0.1724			
		ST	0.0000			
		ET	0.3981			
		CT	0.0390			
기타	0.3701					
화공	섬유제조	IT	0.0206		D_{α}/D_{max}	0.5616

		BT	0.0668		S_{α}/S_{max}	0.6396
		NT	0.0866			
		ST	0.0000			
		ET	0.2892			
		CT	0.0181			
		기타	0.5187			
		화공	염색가공			
BT	0.0343					
NT	0.0430					
ST	0.0000					
ET	0.4058					
CT	0.0275					
기타	0.2930					
화공	섬유제품	IT	0.0832		D_{α}/D_{max}	0.5064
		BT	0.0269			
		NT	0.0692			
		ST	0.0000			
		ET	0.1886			
		CT	0.0662			
		기타	0.5659			
화공	화학공정안전기술	IT	0.0344		D_{α}/D_{max}	0.7798
		BT	0.2302			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.3316			
		CT	0.0987			
		기타	0.3051			
화공	무기화생방/화학탄약	IT	0.3260		D_{α}/D_{max}	0.7525
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0134			
		ET	0.3056			
		CT	0.0000			
		기타	0.3550			
화공	기타화공	IT	0.1391		D_{α}/D_{max}	0.4508
		BT	0.0767			
		NT	0.0770			
		ST	0.0116			
		ET	0.0795			
		CT	0.0024			
		기타	0.6136			
전기/전자	광응용기기	IT	0.5689		D_{α}/D_{max}	0.5029
		BT	0.0479			
		NT	0.1230			
		ST	0.0008			
		ET	0.0914			
		CT	0.0000			
		기타	0.1680			
전기/전자	반도체장비	IT	0.5989		D_{α}/D_{max}	0.4679

		BT	0.0011		S_{α}/S_{max}	0.5546
		NT	0.2161			
		ST	0.0000			
		ET	0.0700			
		CT	0.0000			
		기타	0.1139			
		전기/전자	충전기기			
BT	0.0013					
NT	0.0185					
ST	0.0004					
ET	0.3631					
CT	0.0000					
기타	0.4199					
전기/전자	반도체소자/시스템	IT	0.7332		D_{α}/D_{max}	0.3112
		BT	0.0051			
		NT	0.1450			
		ST	0.0216			
		ET	0.0627			
		CT	0.0026			
		기타	0.0298			
전기/전자	전기전자부품	IT	0.5791		D_{α}/D_{max}	0.4911
		BT	0.0137			
		NT	0.1229			
		ST	0.0062			
		ET	0.0990			
		CT	0.0004			
		기타	0.1788			
전기/전자	가정용기기/전자응용기기	IT	0.4273		D_{α}/D_{max}	0.6681
		BT	0.0112			
		NT	0.0644			
		ST	0.0000			
		ET	0.2626			
		CT	0.0275			
		기타	0.2071			
전기/전자	계측기기	IT	0.4907		D_{α}/D_{max}	0.5942
		BT	0.0542			
		NT	0.0360			
		ST	0.0103			
		ET	0.2339			
		CT	0.0064			
		기타	0.1685			
전기/전자	영상/음향기기	IT	0.8589		D_{α}/D_{max}	0.1646
		BT	0.0081			
		NT	0.0106			
		ST	0.0000			
		ET	0.0089			
		CT	0.0165			
		기타	0.0971			
전기/전자	전자	IT	0.1176		D_{α}/D_{max}	0.3183

		BT	0.0022		S_{α}/S_{max}	0.4501
		NT	0.1145			
		ST	0.0012			
		ET	0.7271			
		CT	0.0000			
		기타	0.0374			
		전기/전자	디스플레이			
BT	0.0152					
NT	0.0331					
ST	0.0017					
ET	0.0186					
CT	0.0090					
기타	0.0596					
전기/전자	무기센서및제어	IT	0.7515		D_{α}/D_{max}	0.2899
		BT	0.0023			
		NT	0.0033			
		ST	0.0195			
		ET	0.0139			
		CT	0.0003			
		기타	0.2094			
전기/전자	기타전기/전자	IT	0.1075		D_{α}/D_{max}	0.1907
		BT	0.0046			
		NT	0.0148			
		ST	0.0001			
		ET	0.0351			
		CT	0.0013			
		기타	0.8366			
정보/통신	정보이론	IT	0.8847		D_{α}/D_{max}	0.1345
		BT	0.0233			
		NT	0.0012			
		ST	0.0000			
		ET	0.0014			
		CT	0.0341			
		기타	0.0554			
정보/통신	소프트웨어	IT	0.9076		D_{α}/D_{max}	0.1078
		BT	0.0028			
		NT	0.0016			
		ST	0.0052			
		ET	0.0102			
		CT	0.0300			
		기타	0.0426			
정보/통신	정보보호	IT	0.9756		D_{α}/D_{max}	0.0285
		BT	0.0000			
		NT	0.0023			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0005			
		기타	0.0217			
정보/통신	광대역통합망	IT	0.9704		D_{α}/D_{max}	0.0345

		BT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.0723
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0021			
		CT	0.0000			
		기타	0.0275			
		정보/통신	위성/전파			
BT	0.0000					
NT	0.0000					
ST	0.5247					
ET	0.0092					
CT	0.0000					
기타	0.0372					
정보/통신	이동통신	IT	0.9851		D_{α}/D_{max}	0.0174
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0001			
		CT	0.0000			
		기타	0.0148			
정보/통신	디지털방송	IT	0.8440		D_{α}/D_{max}	0.1820
		BT	0.0006			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0000			
		CT	0.0387			
		기타	0.1167			
정보/통신	홈네트워크	IT	0.9615		D_{α}/D_{max}	0.0450
		BT	0.0070			
		NT	0.0063			
		ST	0.0000			
		ET	0.0073			
		CT	0.0000			
		기타	0.0180			
정보/통신	RFID/USN	IT	0.8619		D_{α}/D_{max}	0.1611
		BT	0.0595			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0346			
		CT	0.0001			
		기타	0.0439			
정보/통신	U-컴퓨팅	IT	0.9719		D_{α}/D_{max}	0.0328
		BT	0.0082			
		NT	0.0000			
		ST	0.0025			
		ET	0.0007			
		CT	0.0127			
		기타	0.0039			
정보/통신	정보통신모듈/	IT	0.9420		D_{α}/D_{max}	0.0676

	부품	BT	0.0237		S_{α}/S_{max}	0.1574
		NT	0.0086			
		ST	0.0038			
		ET	0.0036			
		CT	0.0019			
		기타	0.0164			
		정보/통신	ITS/텔레매틱스			
BT	0.0000					
NT	0.0000					
ST	0.0000					
ET	0.0000					
CT	0.0000					
기타	0.0228					
정보/통신	재난정보관리	IT	0.6079		D_{α}/D_{max}	0.4575
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.2750			
		ET	0.0744			
		CT	0.0033			
		기타	0.0394			
정보/통신	국방정보통신	IT	0.9090		D_{α}/D_{max}	0.1062
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0604			
		ET	0.0000			
		CT	0.0059			
		기타	0.0248			
정보/통신	기타정보/통신	IT	0.6399		D_{α}/D_{max}	0.4201
		BT	0.0159			
		NT	0.0067			
		ST	0.0345			
		ET	0.0043			
		CT	0.0135			
		기타	0.2852			
에너지/자원	온실가스처리	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.2287
		BT	0.0082			
		NT	0.0083			
		ST	0.0001			
		ET	0.8040			
		CT	0.0000			
		기타	0.1794			
에너지/자원	자원탐사/개발/활용	IT	0.0001		D_{α}/D_{max}	0.3384
		BT	0.0000			
		NT	0.0305			
		ST	0.0000			
		ET	0.7099			
		CT	0.0000			
		기타	0.2595			
에너지/자원	수화력발전	IT	0.0004		D_{α}/D_{max}	0.0210

		BT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.0508
		NT	0.0023			
		ST	0.0000			
		ET	0.9820			
		CT	0.0000			
		기타	0.0153			
		에너지/자원	송-배전계통			
BT	0.0000					
NT	0.0181					
ST	0.0000					
ET	0.8416					
CT	0.0000					
기타	0.0638					
에너지/자원	전력IT	IT	0.3525		D_{α}/D_{max}	0.4404
		BT	0.0012			
		NT	0.0018			
		ST	0.0000			
		ET	0.6225			
		CT	0.0000			
		기타	0.0220			
에너지/자원	신재생에너지	IT	0.0048		D_{α}/D_{max}	0.0625
		BT	0.0095			
		NT	0.0229			
		ST	0.0005			
		ET	0.9465			
		CT	0.0000			
		기타	0.0159			
에너지/자원	기타에너지/자원	IT	0.0319		D_{α}/D_{max}	0.3947
		BT	0.0045			
		NT	0.0114			
		ST	0.0049			
		ET	0.6617			
		CT	0.0047			
		기타	0.2809			
원자력	원자로노심기술	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.3440
		BT	0.0000			
		NT	0.0043			
		ST	0.0000			
		ET	0.2906			
		CT	0.0000			
		기타	0.7051			
원자력	원자로계통/핵심기기기술	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.5303
		BT	0.0000			
		NT	0.0019			
		ST	0.0000			
		ET	0.4527			
		CT	0.0000			
		기타	0.5454			
원자력	원자력계측/제	IT	0.2111		D_{α}/D_{max}	0.4934

	여기술	BT	0.0012		S_{α}/S_{max}	0.5109
		NT	0.0023			
		ST	0.0000			
		ET	0.2084			
		CT	0.0000			
		기타	0.5771			
		원자력	원자력안전기술			
BT	0.0287					
NT	0.0036					
ST	0.0000					
ET	0.1366					
CT	0.0000					
기타	0.8014					
원자력	핵연료/원자력 소재	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.2478
		BT	0.0000			
		NT	0.0346			
		ST	0.0000			
		ET	0.1778			
		CT	0.0000			
		기타	0.7876			
원자력	핵연료주기/방 사성폐기물관리 기술	IT	0.0048		D_{α}/D_{max}	0.4818
		BT	0.0000			
		NT	0.0058			
		ST	0.0000			
		ET	0.4023			
		CT	0.0000			
		기타	0.5871			
원자력	방사선기술	IT	0.0436		D_{α}/D_{max}	0.6575
		BT	0.3757			
		NT	0.0889			
		ST	0.0072			
		ET	0.0482			
		CT	0.0000			
		기타	0.4364			
원자력	원자력기반/첨 단기술	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.4548
		BT	0.0084			
		NT	0.0064			
		ST	0.0000			
		ET	0.3750			
		CT	0.0000			
		기타	0.6101			
원자력	원전건설/운영 기술	IT	0.0218		D_{α}/D_{max}	0.0849
		BT	0.0000			
		NT	0.0005			
		ST	0.0000			
		ET	0.0505			
		CT	0.0000			
		기타	0.9272			
원자력	핵융합	IT	0.0130		D_{α}/D_{max}	0.1910

		BT	0.0000		S_{α}/S_{max}	0.2524
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.1507			
		CT	0.0000			
		기타	0.8363			
		원자력	기타원자력			
BT	0.0014					
NT	0.0002					
ST	0.0012					
ET	0.1197					
CT	0.0000					
기타	0.8428					
환경	대기질 관리	IT	0.0611		D_{α}/D_{max}	0.3565
		BT	0.0351			
		NT	0.2060			
		ST	0.0000			
		ET	0.6944			
		CT	0.0000			
		기타	0.0034			
환경	물관리	IT	0.0768		D_{α}/D_{max}	0.3454
		BT	0.1488			
		NT	0.0578			
		ST	0.0074			
		ET	0.7040			
		CT	0.0000			
		기타	0.0051			
환경	토양/지하수 복원/관리	IT	0.0123		D_{α}/D_{max}	0.3634
		BT	0.2514			
		NT	0.0188			
		ST	0.0050			
		ET	0.6885			
		CT	0.0000			
		기타	0.0240			
환경	생태계 복원/관리	IT	0.0193		D_{α}/D_{max}	0.5327
		BT	0.3800			
		NT	0.0000			
		ST	0.0041			
		ET	0.5434			
		CT	0.0083			
		기타	0.0448			
환경	소음/진동관리	IT	0.0250		D_{α}/D_{max}	0.3519
		BT	0.0000			
		NT	0.0063			
		ST	0.0728			
		ET	0.6983			
		CT	0.0000			
		기타	0.1975			
환경	해양환경	IT	0.0000		D_{α}/D_{max}	0.1666

		BT	0.0418		S_{α}/S_{max}	0.2898
		NT	0.0016			
		ST	0.0710			
		ET	0.8572			
		CT	0.0000			
		기타	0.0284			
		환경	폐기물관리/자원순환			
BT	0.0833					
NT	0.1055					
ST	0.0033					
ET	0.7539					
CT	0.0000					
기타	0.0314					
환경	위해성평가/관리	IT	0.0206		S_{α}/S_{max}	0.5947
		BT	0.2534			
		NT	0.1063			
		ST	0.0019			
		ET	0.5644			
		CT	0.0000			
		기타	0.0535			
환경	환경보건	IT	0.0248		D_{α}/D_{max}	0.3759
		BT	0.2426			
		NT	0.0025			
		ST	0.0021			
		ET	0.6778			
		CT	0.0000			
		기타	0.0502			
환경	환경예측/감시/평가	IT	0.0102		D_{α}/D_{max}	0.1373
		BT	0.0650			
		NT	0.0058			
		ST	0.0022			
		ET	0.8823			
		CT	0.0000			
		기타	0.0344			
환경	친환경소재/제품	IT	0.0018		S_{α}/S_{max}	0.6249
		BT	0.2160			
		NT	0.2165			
		ST	0.0000			
		ET	0.5031			
		CT	0.0076			
		기타	0.0550			
환경	친환경공정	IT	0.0054		D_{α}/D_{max}	0.1994
		BT	0.0574			
		NT	0.0493			
		ST	0.0000			
		ET	0.8291			
		CT	0.0000			
		기타	0.0589			
환경	측정분석장비/	IT	0.0938		D_{α}/D_{max}	0.3556

	장치	BT	0.0366		S_{α}/S_{max}	0.5606
		NT	0.0528			
		ST	0.0676			
		ET	0.6952			
		CT	0.0000			
		기타	0.0540			
		환경	청정생산/설비			
BT	0.0077					
NT	0.0097					
ST	0.0000					
ET	0.6263					
CT	0.0000					
기타	0.1465					
환경	작업환경기술	IT	0.0032		D_{α}/D_{max}	0.2317
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.8014			
		CT	0.0000			
		기타	0.1955			
환경	기타환경	IT	0.0232		D_{α}/D_{max}	0.4539
		BT	0.0175			
		NT	0.0036			
		ST	0.0002			
		ET	0.6110			
		CT	0.0000			
		기타	0.3446			
건설/교통	국토정책/계획	IT	0.3882		D_{α}/D_{max}	0.6375
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.1409			
		CT	0.0172			
		기타	0.4536			
건설/교통	국토공간개발기술	IT	0.4256		D_{α}/D_{max}	0.6701
		BT	0.0612			
		NT	0.0000			
		ST	0.0024			
		ET	0.2374			
		CT	0.0108			
		기타	0.2625			
건설/교통	시설물설계/해석기술	IT	0.1036		D_{α}/D_{max}	0.3961
		BT	0.0086			
		NT	0.0020			
		ST	0.0000			
		ET	0.2195			
		CT	0.0058			
		기타	0.6605			
건설/교통	건설시공/재료	IT	0.0641		D_{α}/D_{max}	0.6642

		BT	0.0062		S_{α}/S_{max}	0.6860
		NT	0.0433			
		ST	0.0002			
		ET	0.3295			
		CT	0.1260			
		기타	0.4307			
		건설/교통	도로교통기술			
BT	0.0000					
NT	0.0000					
ST	0.2695					
ET	0.0058					
CT	0.0019					
기타	0.5136					
건설/교통	철도교통기술	IT	0.0596		S_{α}/S_{max}	0.5473
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0259			
		CT	0.0015			
		기타	0.9130			
건설/교통	항공교통기술	IT	0.0335		D_{α}/D_{max}	0.1015
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.9495			
		ET	0.0011			
		CT	0.0023			
		기타	0.9130			
건설/교통	해양안전/교통 기술	IT	0.0335		S_{α}/S_{max}	0.1827
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.9495			
		ET	0.0011			
		CT	0.0023			
		기타	0.9130			
건설/교통	해양안전/교통 기술	IT	0.6461		D_{α}/D_{max}	0.0590
		BT	0.0609			
		NT	0.0000			
		ST	0.0700			
		ET	0.1345			
		CT	0.0140			
		기타	0.9130			
건설/교통	수공시스템기술	IT	0.0861		S_{α}/S_{max}	0.1248
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0030			
		ET	0.4131			
		CT	0.0000			
		기타	0.9130			
건설/교통	수공시스템기술	IT	0.0861		D_{α}/D_{max}	0.4129
		BT	0.0000			
		NT	0.0000			
		ST	0.0030			
		ET	0.4131			
		CT	0.0000			
		기타	0.9130			
건설/교통	물류기술	IT	0.1272		S_{α}/S_{max}	0.5971
		BT	0.0035			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0052			
		CT	0.0000			
		기타	0.9130			
건설/교통	물류기술	IT	0.1272		D_{α}/D_{max}	0.5859
		BT	0.0035			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0052			
		CT	0.0000			
		기타	0.9130			
건설/교통	물류기술	IT	0.1272		S_{α}/S_{max}	0.4837
		BT	0.0035			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0052			
		CT	0.0000			
		기타	0.9130			
건설/교통	물류기술	IT	0.1272		D_{α}/D_{max}	0.1586
		BT	0.0035			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0052			
		CT	0.0000			
		기타	0.9130			
건설/교통	물류기술	IT	0.1272		S_{α}/S_{max}	0.2239
		BT	0.0035			
		NT	0.0000			
		ST	0.0000			
		ET	0.0052			
		CT	0.0000			
		기타	0.9130			

건설/교통	시설물안전/유 지관리기술	IT	0.1168		D_{α}/D_{max}	0.1804					
		BT	0.0011			S_{α}/S_{max}	0.2714				
		NT	0.0013				D_{α}/D_{max}	0.3422			
		ST	0.0000					S_{α}/S_{max}	0.4165		
		ET	0.0354						D_{α}/D_{max}	0.1166	
		CT	0.0001							S_{α}/S_{max}	0.2259
		기타	0.8454								
건설/교통	건설환경설비기 술	IT	0.0595		D_{α}/D_{max}	0.3422					
		BT	0.0014			S_{α}/S_{max}	0.4165				
		NT	0.0053				D_{α}/D_{max}	0.1166			
		ST	0.0000					S_{α}/S_{max}	0.2259		
		ET	0.7067						D_{α}/D_{max}	0.1166	
		CT	0.0050							S_{α}/S_{max}	0.2259
		기타	0.2222								
건설/교통	기타건설/교통	IT	0.0399		D_{α}/D_{max}	0.1166					
		BT	0.0186			S_{α}/S_{max}	0.2259				
		NT	0.0001				D_{α}/D_{max}	0.1166			
		ST	0.0000					S_{α}/S_{max}	0.2259		
		ET	0.0389						D_{α}/D_{max}	0.1166	
		CT	0.0024							S_{α}/S_{max}	0.2259
		기타	0.9000								

4. 주요 전략융합기술 심층 분석

가. 분석 개요

(1) 분석 대상 및 방법

○ 본 분석은 2014년도 '창조경제실현을 위한 융합기술 발전전략(2014)'에 의해 15대 국가전략 융합 기술로 심의/선정된 '융합서비스로봇(세부기술:지능형 로봇)'과 '차세대 다기능소재(세부기술: 플렉서블 IT소재)'의 기술 현황을 파악하기 위한 조사·분석임

- 차후의 15대 국가 전략융합기술 전반에 대한 기술 현황 조사·분석의 선행 예비 조사·분석의 성격을 가짐
- 해당 기술 분야의 논문, 특허, 기술 수준의 동향을 파악함으로써, R&D 투자의 타당성을 판단하고 융합기술 정책·기획 방향 설정에 필요한 기초자료를 제공하는데 그 의미가 있음

○ '지능형 로봇'기술 분야는 '엔터테인먼트·가사지원 로봇', '의료용·재활 로봇', '제조·산업용 로봇' 그리고 '군사용·극한환경 로봇'의 중분류로 나눌 수 있으며 각 중분류의 기술 정의는 다음과 같음

<표 I -7> 지능형 로봇 기술의 분류

대분류	중분류	기술 정의
지능형 로봇	엔터테인먼트·가사지원 로봇	[엔터테인먼트 로봇] 휴먼-로봇 상호작용을 통해 친근감을 주고 일상생활에서 공존할 수 있는 지능형 로봇류 [가사지원 로봇] 가사업무 등, 사용자의 웰빙에 필요한 작업이나 서비스를 제공하는 지능형 로봇류
	의료용·재활 로봇	[의료용 로봇] 휴먼-로봇 상호작용을 통해 친근감을 주고 일상생활에서 공존할 수 있는 지능형 로봇류 [재활 로봇] 가사업무 등, 사용자의 웰빙에 필요한 작업이나 서비스를 제공하는 지능형 로봇류
	제조·산업용 로봇	제조·산업 현장에서 인간-로봇 또는 로봇-로봇 간의 협조작업을 극대화하여 제조작업 효율성 향상을 수행할 수 있는 지능형 로봇, 네트워크 로봇류
	군사용·극한환경 로봇	[군사용 로봇] 인간을 대신하거나 보조하여, 군사작전을 수행할 수 있는 지능형 로봇류 [극한환경 로봇] 우주, 해저, 방사능 오염지역, 화산, 지하 등 인간이 접근하기 불가능한 환경에서 자원 조사, 건설, 구조 등, 극한 환경 작업을 수행하는 지능형 로봇류

- ‘플렉서블 IT소재’기술 분야는‘플렉서블 디스플레이’, ‘플렉서블 태양전지’, ‘플렉서블 소자’ 그리고 ‘E-섬유’의 중분류로 나눌 수 있으며 각 중분류의 기술 정의는 다음과 같음

<표 I -8> 플렉서블 IT소재 기술의 분류

대분류	중분류	기술 정의
플렉서블 IT 소재	플렉서블 디스플레이	유연 재료 또는 프린팅 등 유연소재/소자 기술에 기반하여 유연성 기능이 추가된 디스플레이 기술
	플렉서블 태양전지	유연 재료 또는 프린팅 등 유연소재/소자 기술에 기반하여 유연성 기능이 추가된 태양전지 기술
	플렉서블 소자 (센서, 트랜지스터, 메모리)	유연 재료 또는 프린팅 등, 유연소재/소자 기술에 기반하여 유연성 기능이 추가된 전자소자 기술
	E-섬유	디스플레이, 태양전지, 센서, 배터리, 등 광전자 기능이 추가된 스마트형 섬유 및 직물 기술

- 본 심층 분석은 해당 기술의 논문, 특허, 기술 수준 현황의 조사·분석으로 구성
- 논문, 특허 현황은 해당 분석의 검색 DB에 의해 조사·분석함
 - 기술수준 현황은 해당 분야의 산·학·연 연구자 집단을 대상으로 한 설문 조사에 의해 조사·분석함

〈표 I -9〉 기술 현황 조사·분석 방법

분석 종류	조사·분석 도구	조사·분석 내용
논문 분석	논문검색 DB (Scopus)	국가별·연도별·중분류별 논문 및 영향력 현황, 주요 연구기관 현황
특허 분석	특허검색 DB (Winterlips, Focust)	기술시장별·기술보유국별·연도별·중분류별 특허 및 현황, 기술시장의 성장단계 분석, 주요 출원인 현황
기술수준 분석	연구자 집단 설문 조사	한국과 주요 경쟁국의 연구 단계별 기술 및 연구인프라 수준

(2) 논문 분석

- 논문 분석은 해당 연구·기술 분야의 학술 논문 통계를 통해 학문적 성과 현황을 파악하는 분석 방법
 - 논문 검색용 DB 서비스를 통한 해당 분야, 해당 기간 등의 논문 서지정보에 따른 논문 편수나 인용·피인용 횟수 등의 평가에 의해 학문 또는 관련 기술의 시간적·국제적 발전 경로나 추세를 분석
 - 기술권리 속성의 특허나 시장성, 수요성의 현황 분석보다 분석요인의 발생-정보화의 지연시차가 짧기 때문에 최첨단(state of the art) 기술 및 잠재 기술의 현황파악이 가능
- 본 논문 분석에서는 1970년 1월부터 2014년 08월까지 출판되었거나 출판 예정(Article in press)인 Article 논문, Review 논문을 대상으로 한국, 미국, 일본, 중국, 유럽, 기타국의 논문 게재 현황 및 영향력 분석을 수행
 - 게재 연도별, 저자의 국적 및 소속 연구기관별, 중분류 기술별로 분류하여 각 부문별 논문편수, 점유율 등으로 구분하여 분석을 수행
 - 논문의 피인용 횟수 및 h-index²¹⁾ 조사를 통해 국가별, 연구기관별, 중분류 기술별 연구 영향력을 분석함

21) 연구 집단의 논문 생산성과 영향력을 동시에 나타내는 지표로서 조사 대상의 연구 집단이 h개의 논문이 h회 인용되고, 나머지 논문들은 h번 미만 인용되었다면, 그 연구집단의 h-index는 h로 평가

〈표 I -10〉 논문분석 기준표

자료 구분	국 가	분석구간	논문 검색 Data Base
논문저널 (Article, Article in Press, Review)	한국	1970.01~ 2014.08	Scopus
	미국		
	일본		
	중국		
	유럽 ²²⁾		
	기타		

(3) 특허 분석

- 특허 분석은 해당 분야 발명·기술들의 특허 정보 서지사항과 기술적 사항을 파악하는 분석 방법
 - 특허 검색용 DB 서비스를 통한 특허 서지정보에 따른 특허건수 등의 평가에 의해 기술 권리 정보를 분석
 - 특히 융합기술 등 첨단기술에 관련하여, 기술혁신을 유발하는 주요 핵심 기술의 기술 보유 현황(국가, 회사 등)을 판단할 수 있는 기본 정보로 이용 가능
- 본 특허 분석에서는 1970년 1월부터 2014년 08월까지 출원 공개된 한국, 미국, 일본, 중국, 유럽, PCT 공개특허와 출원 등록된 미국 등록특허를 분석 대상으로 정량 분석을 수행
 - 유효 검색 특허를 출원 연도별, 기술 시장별, 출원인별, 중분류 기술별로 분류하여 각 부문별 특허건수, 점유율 및 증가율 등을 통해 해당 분야의 특허 동향을 분석
 - 기술 시장별 내/외국인 출원 현황과 출원인 국적을 구분하여 조사하여 각국의 기술 시장 현황과 기술보유 현황을 2원 분석함

〈표 I -11〉 특허 분석 기준표

자료 구분	국 가	분석구간	특허검색 Data Base
공개/등록특허 (공개일 기준)	한국	1970.01 ~ 2014.08	Winterlips, FOCUST
	미국		
	일본		
	중국		
	유럽		
	PCT ²³⁾		

(4) 기술 수준 분석

- 기술 수준 분석은 해당 연구·기술 분야의 기술 수준 국제비교를 통해 우리나라의 현재 기

22) EU 28개국으로 한정

23) 특허협력조약 (PCT: Patent Cooperation Treaty)에 의해 출원된 특허

술 수준을 진단하고 과학기술 정책의 성과를 점검하는 분석

○ 본 연구에서는 기술 수준 분석의 방법으로 전문가 설문에 의한 평가 방법을 채택하고 2개 대분류 분야(지능형 로봇기술, 플렉서블 IT 소재 기술)의 산·학·연 전문가를 대상으로 설문 조사를 수행

- 2개 대분류 분야의 기술 수준 설문 평가에 각각 37명(지능형 로봇기술), 78명(플렉서블 IT소재 기술)이 참여했으며 각 대분류 분야별 설문 참여 전문가의 소속기관, 경력, 응답 분야의 분포는 다음 표와 같음

〈표 1-12〉 “지능형 로봇” 기술 수준 설문평가 응답자 분포

구 분		응답수	백분율 (%)
소속기관	산업계	7	18.9
	학계	21	56.8
	연구계	8	21.6
	기타	1	2.7
	전체	37	100.0
연구경력	5년 미만	2	5.4
	5~10년 미만	1	2.7
	10~15년 미만	6	16.2
	15~20년 미만	1	2.7
	20년 이상	27	73.0
	전체	37	100.0
응답분야	엔터테인먼트·가사지원 로봇	16	43.2
	의료용·재활 로봇	5	13.5
	제조·산업용 로봇	8	21.6
	군사용·극한환경 로봇	8	21.6
	전체	37	100.0

<표 I -13> “플렉서블 IT소재” 기술 수준 설문평가 응답자 분포

구 분		응답수	백분율 (%)
소속기관	산업계	17	21.8
	학계	32	41.0
	연구계	29	37.2
	기타	0	0.0
	전체	78	100.0
연구경력	5년 미만	2	2.6
	5~10년 미만	7	9.0
	10~15년 미만	5	6.4
	15~20년 미만	27	34.6
	20년 이상	37	47.4
	전체	78	100.0
응답분야	플렉서블 디스플레이	30	38.5
	플렉서블 태양전지	31	39.7
	플렉서블 소자 (센서, 트랜지스터, 메모리)	13	16.7
	E-섬유	4	5.1
	전체	78	100.0

○ 본 기술수준 분석을 위한 전문가 설문 조사의 설문 문항은 크게, i) 기술 수준 현황, ii) 연구인프라 수준 현황, iii) 기술 수준 향상 방안, iv) 융합 관련의 4대 항목으로 분류할 수 있으며 각 항목에 따른 세부 설문 내용은 다음과 같음

<표 I -14> 관련 항목별 세부 설문 내용

관련 항목	설문 내용	응답 형태
i) 기술 수준	연구 단계별 (기초연구, 응용연구개발) 최고기술 보유국	한국/중국/일본/미국/EU/기타국 중에서 택일 또는 복수 선택
	연구 단계별 (기초연구, 응용연구개발), 국가별, 최고기술보유국 대비 상대적 기술 수준	최고 기술국 100% 대비 백분율 응답 (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%)
	해당 분야의 기술수준 주기상의 발전 단계	숫자 입력 (개발기: 0~20, 도입기: 20~40, 성장기: 40~60, 성숙기: 60~80, 쇠퇴기: 80~100)
ii) 연구 인프라 수준	연구 단계별 (기초연구, 응용연구개발) 최고 기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준	최고 기술국 100% 대비 백분율 응답 (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%)
	연구 주체별 (산업계, 연구계, 학계) 최고 기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준	최고 기술국 100% 대비 백분율 응답 (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%)
iii) 기술수준 향상 방안	해당 분야의 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 중점 추진 정책	국내협력촉진/국제협력촉진/인력양성 및 유치/연구 인프라 구축/법·제도 개선/연구비 확대 중에서 백분율로 입력
iv) 융합 관련	해당 분야의 6T 요소 분석	6T 기술별로 백분율 응답
	해당 분야의 미래유망 융합기술	주관식 입력

나. '지능형 로봇'기술현황 분석

(1) 논문 분석

○ 본 논문 분석에서 작성한 '지능형 로봇'기술 분야의 중분류별 검색식은 다음과 같음

<표 I -15> 지능형 로봇 기술의 중분류별 검색식

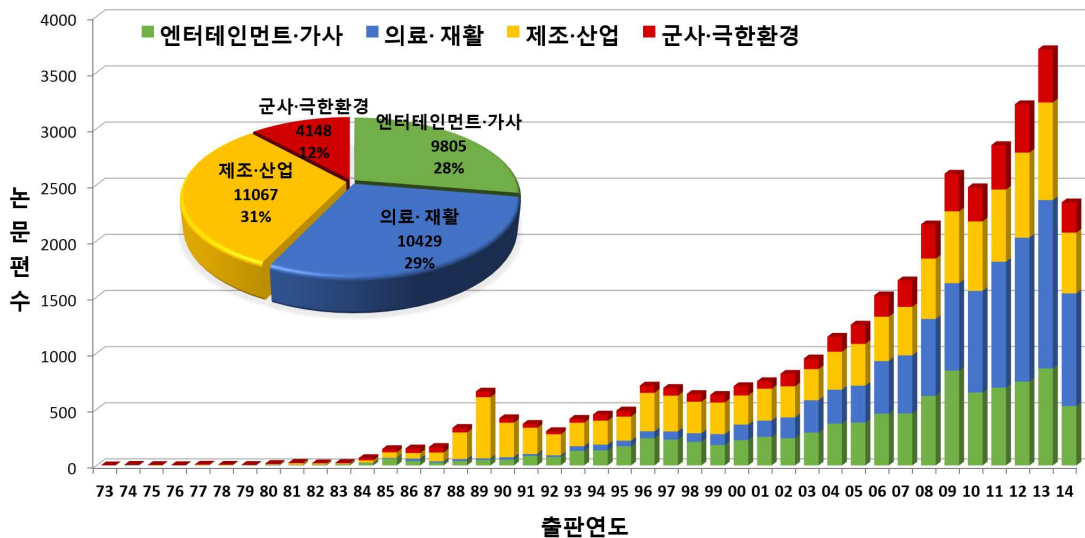
중분류	검색식 및 검색건수
엔터테인먼트 · 가사지원 로봇	TITLE-ABS-KEY((music* OR sound* OR song* OR movie* OR film* OR video* OR entertainment* OR content* OR image* OR multimedia* OR media* OR games* OR recreation* OR emotional* OR feel* OR learn* OR tutor* OR education* OR teach* OR clean*) W/10 (robot*)) AND NOT TITLE-ABS-KEY(surgery OR surgical OR surg* OR treat* OR cure* OR industry* OR industrial OR test OR check OR medical OR clinic* OR health OR rehab* OR semiconduct*)
의료용 · 재활 로봇	TITLE-ABS-KEY((exercise* OR health* OR blood OR medica* OR care* OR elder* OR seniors* OR meal* OR diet* OR dementia* OR solitary OR disorder* OR wheelchair*OR electrocardiography OR bio* OR muscle* OR surg* OR diagnosis* OR rehab* OR (body PRE/1 signal) OR treat* OR assist* OR medicine* OR food* OR meal*) AND (robot*))
제조 · 산업용 로봇	TITLE-ABS-KEY((industrial OR industry OR factory OR plant OR automatic OR distribut*) AND (robot*)) AND NOT TITLE-ABS-KEY(surgery OR surgical OR surg* OR treat* OR cure* OR test OR check OR medical OR clinic* OR health OR rehab* OR music* OR sound* OR song* OR movie* OR film* OR video* OR entertainment* OR content* OR image* OR multimedia* OR media* OR games* OR recreation* OR emotional* OR feel* OR learn* OR tutor* OR education* OR teach* OR clean*)
군사용 · 극한 환경 로봇	TITLE-ABS-KEY((military OR (extreme near2 environment*) OR disaster* OR catastrophe OR calamity OR earthquake OR fire OR (national PRE/1 defence) OR rescue OR save OR help) AND (robot*))

○ **유효논문편수:** 검색식 및 노이즈 제거 작업을 통한 '지능형 로봇'기술 분야의 국가별·중분류별 유효 학술논문 편수는 다음과 같이 산출됨

〈표 I -16〉 지능형 로봇기술의 중분류별·국가별 유효 학술논문편수

중분류	한국	미 국	일본	유럽 ²⁴⁾	중국	기타	합계
엔터테인먼트·가사지원 로봇	384	1,927	1,274	2,638	1,541	2,041	9,805
의료용·재활 로봇	437	4,334	521	3,095	383	1,659	10,429
제조·산업용 로봇	372	2,569	976	3,140	1,618	2,392	11,067
군사용·극한환경 로봇	132	1,185	375	1,099	489	868	4,148
합계	1,325	10,015	3,146	9,972	4,031	6,960	35,449

○ 연도별 전체 논문 동향: 하기의 그림은 지능형 로봇 기술의 연도별·중분류별(엔터테인먼트·가사지원 로봇, 의료용·재활 로봇, 제조·산업용 로봇, 군사용·극한환경 로봇) 학술논문 편수를 시계열적으로 표현한 그래프로서 해당분야의 연도 및 중분류에 따른 학문적 활성화 경과를 나타냄



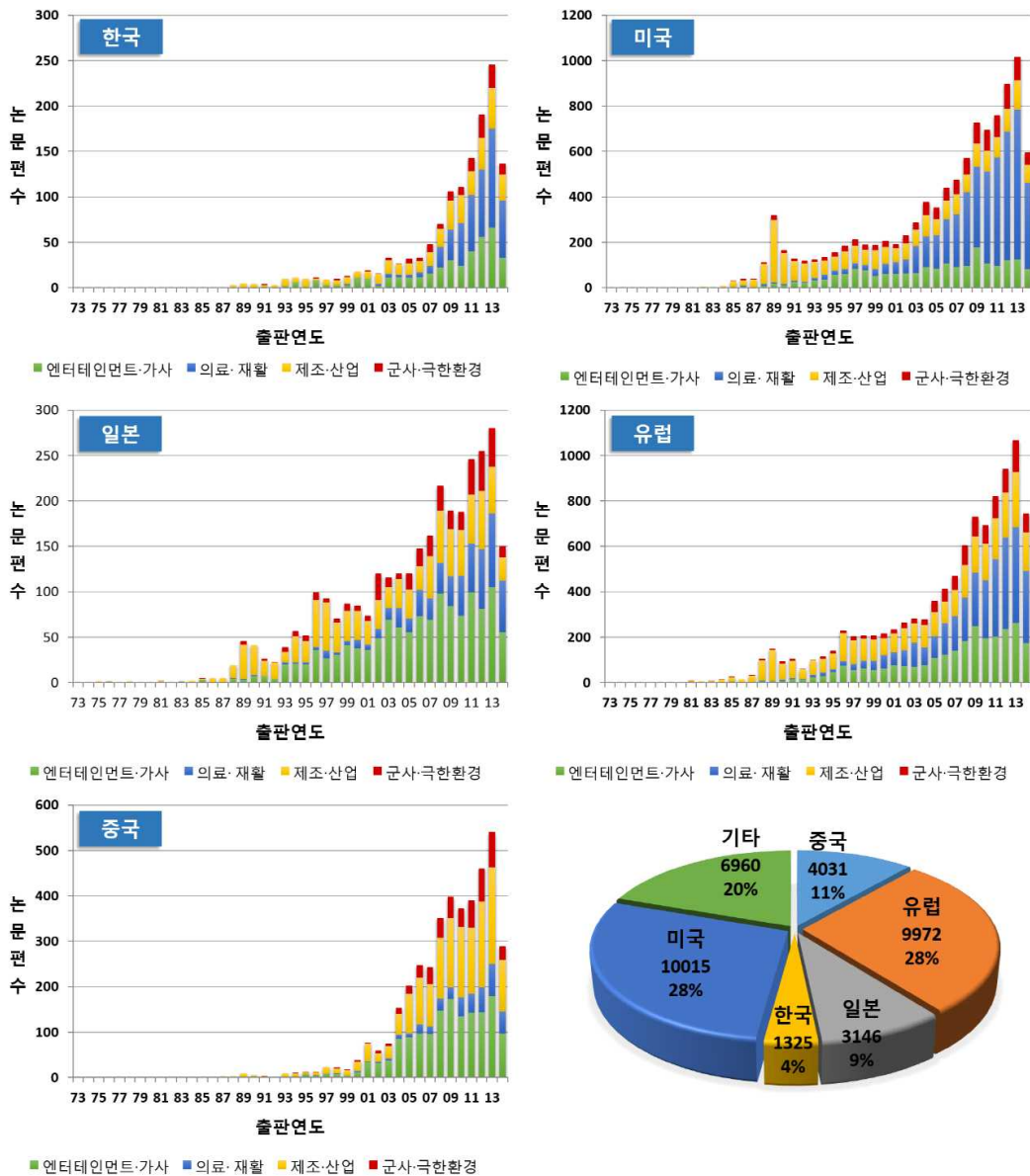
〈그림 I -7〉 지능형 로봇기술의 중분류별 점유율 및 연도별 학술논문 동향

- 학술 논문 출간의 연도별 빈도수 곡선으로부터 지능형 로봇기술은 70 ~ 80년대 학문 태동기를 거쳐, 논문 게재수가 급격히 상승하고 있는 2000년대 중반이후부터 학문적 성장기에 진입했다고 판단됨
- 초기 로봇기술의 연구는 제조·산업용 로봇에 집중되었으나 2000년대 중반 이후 수술용 로봇 등 의료 서비스에 관련된 로봇이 실용화되면서 의료용·재활 로봇 분야로 연구 집중도가 전이됨
- 전체 출원 건수 및 점유율에서는 제조·산업용 로봇 분야가 11,067편(31%)으로 가장 높은 점유율을 차지하는 것으로 조사되었으며, 그 뒤를 이어 의료용·재활 로봇 (10,429편,

24) EU 28개국으로 한정

29%), 엔터테인먼트·가사지원 로봇(9,805건, 28%), 군사·재난구조용 로봇(4,148편, 12%)의 순으로 점유율을 차지

○ 주요국 연도별 논문 현황: 하기의 그림은 주요 국가별로 지능형 로봇 기술의 학술논문 게재 빈도를 연도별로 나타낸 그래프로서 각 국가의 학문적 활성도를 동향을 전체 로봇 분야 및 중분류 분야별로 판단할 수 있음

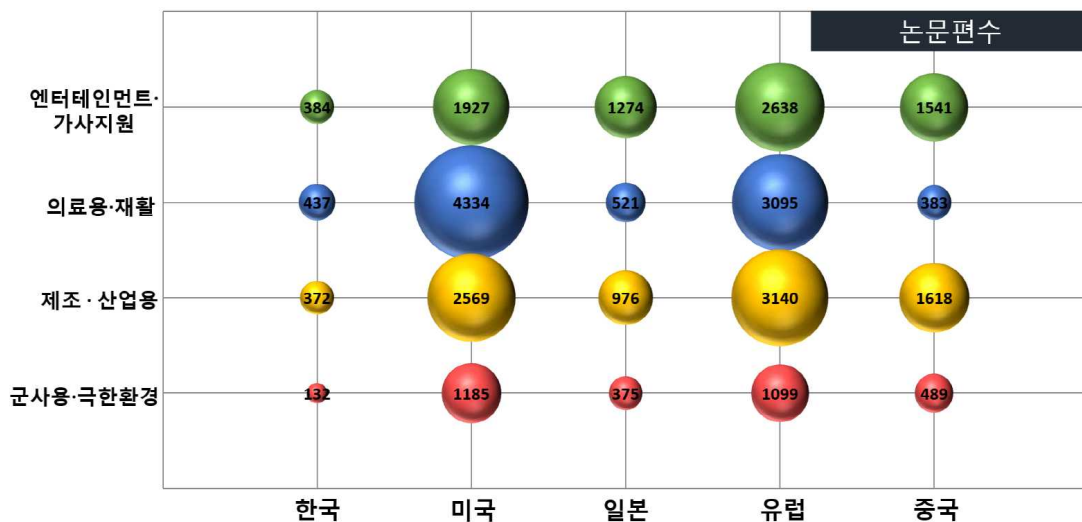


<그림 I -8> 지능형 로봇기술의 국가별·중분류별·연도별 학술논문 현황

- 주요 국가별로 미국과 유럽이 유효논문 35,449편 중에서 각각 10,015편, 9,972편으로 가장 활발한 학술 연구 활동을 보이고 있으며, 그 뒤를 이어 중국(4,031편), 일본(3,146편), 한국 (1,325편)의 순으로서 한국은 상대적으로 학술논문의 양적 성과가 저조함

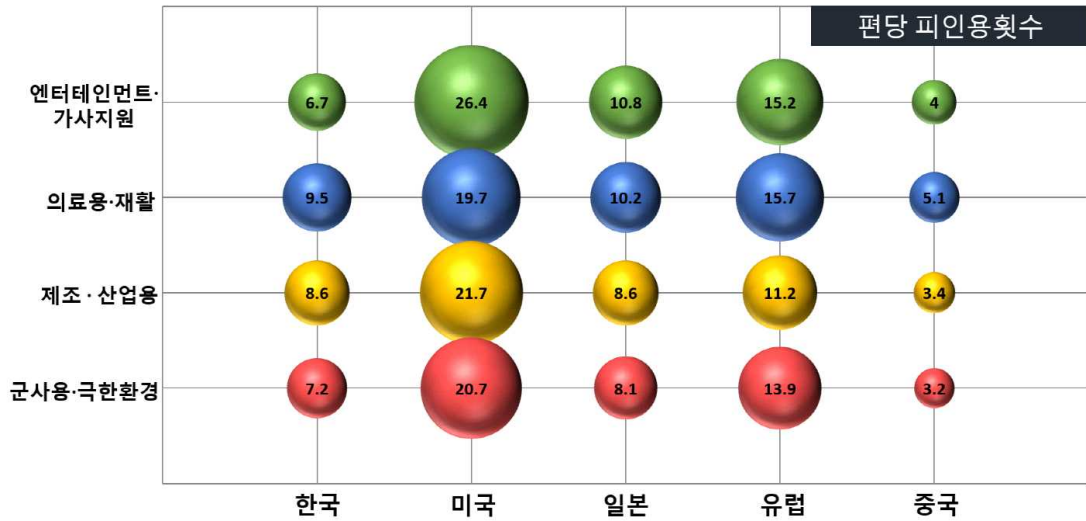
- [한국] 주요 기술국에 비해 전반적으로 논문 편수는 적으나 2005년경을 기점으로 엔터테인먼트·가사지원 로봇, 의료용·재활 로봇 분야에 연구 집중이 이루어지고 있음
- [미국] 1990년대 제조·산업용 로봇 분야 연구 위주에서 2000년경을 기점으로 의료용·재활 로봇 분야로 연구 집중이 이동했으며 현재까지 의료용·재활 로봇 분야 전체 학술 논문의 40% 정도를 차지하고 있음
- [일본] 1990년대 주로 엔터테인먼트·가사지원 로봇 분야와 제조·산업용 로봇 분야에 학술 연구 집중이 되어왔으며 2005년 이후로 의료용·재활 로봇 분야에도 학술 성과가 점차 증가하고 있음
- [유럽] 미국과 함께 지능형 로봇 분야에서 학술 연구가 가장 활발한 국가로서, 엔터테인먼트·가사지원 로봇, 의료용·재활 로봇, 제조·산업용 로봇, 군사용·극한환경 로봇 모두에서 고른 연구 집중도를 보이고 있음
- [중국] 최근 10년간 제조 산업 발달에 따른 연구 집중의 결과로 주로 제조·산업용 로봇 분야의 연구 성과가 다수를 차지하며 상대적으로 의료용·재활 로봇 분야는 연구 성과가 적음

○ 국가별·중분류 기술별 학술 논문의 양적 및 질적 평가: 하기의 그림은 국가별·중분류별 학술논문 게재 편수, 편당 피인용 횟수, h-index²⁵⁾를 각각 버블그래프로 나타냄

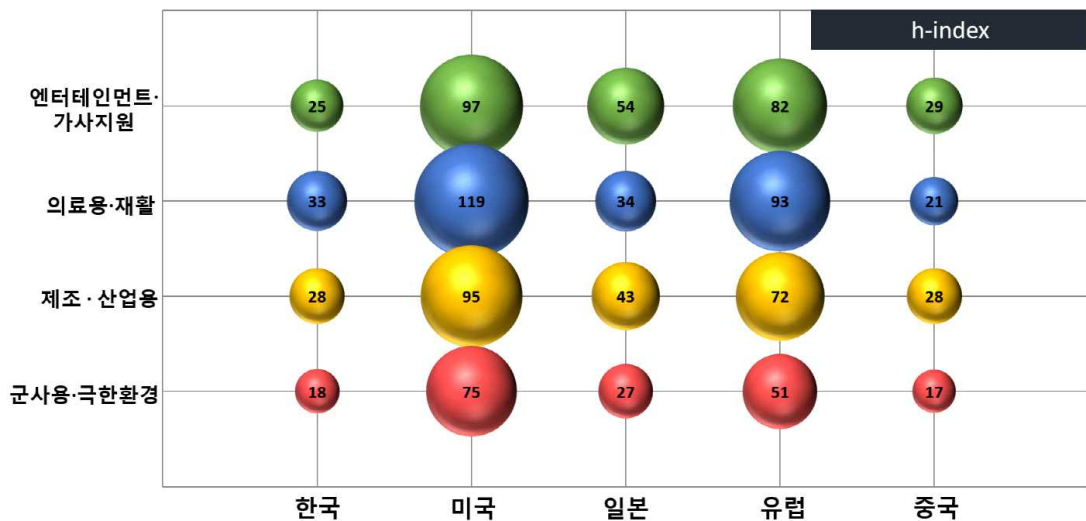


<그림 I -9> 지능형 로봇기술의 국가별·중분류별 학술논문편수

25) 연구 집단의 학술 논문 생산성과 학술적 영향력을 알아보기 위한 지표로서 조사 대상의 연구 집단이 h개의 논문이 h회 인용되고, 나머지 논문들은 h번 미만 인용되었다면, 그 연구집단의 h-index는 h로 평가



<그림 I -10> 지능형 로봇기술의 국가별·중분류별 피인용 횟수

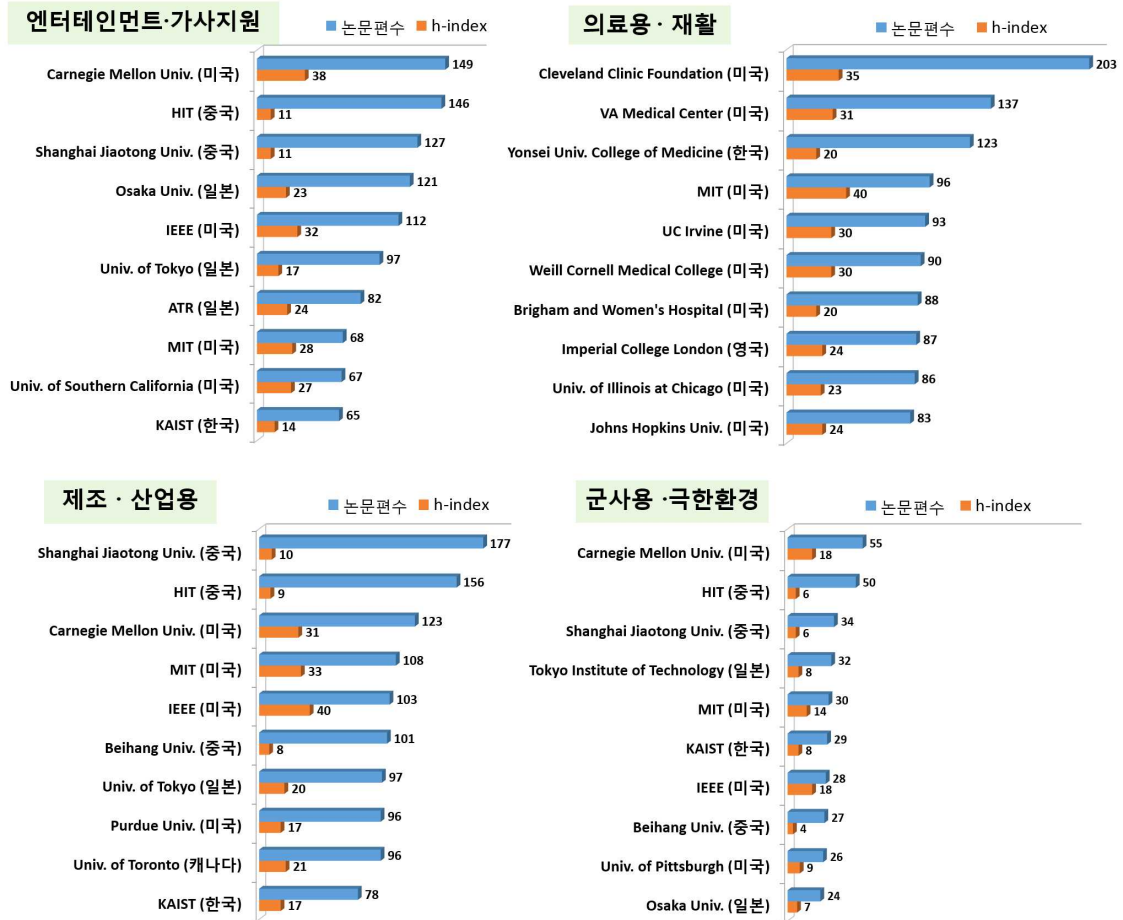


<그림 I -11> 지능형 로봇기술의 국가별·중분류별 h-index

- 주요 국가 중 학술 논문 편수가 제일 많은 미국이 편당 피인용 횟수 또한 중분류 분야 모두에서 가장 높게 나타났으며 중국은 양적으로는 미국, 유럽에 이어 세 번째로 많은 논문 편수에도 불구하고 편당 피인용 횟수에서는 3~5회 정도로 제일 적은 것으로 평가됨
- 논문의 생산성 및 영향력을 동시에 나타내는 평가척도인 h-index는 미국, 유럽, 일본의 순으로 평가되었으며 하위 그룹인 한국과 중국은 비슷한 정도로 평가됨 (논문의 영향력 면에서는 한국이 우위, 논문 게재수 면에서는 중국이 우위)
- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] h-index 평가에 의한 한국의 학술연구 활동 및 영향력 은 최선진국(미국)의 26% 수준, 유럽, 일본, 중국 대비는 각각 30%, 46%, 86% 수준으로 평가됨

- [의료용·재활 로봇] h-index 평가에 의한 한국의 학술연구 활동도 및 영향력 정도는 최선진국(미국)의 28% 수준, 유럽, 일본, 중국 대비는 각각 35%, 97%, 157% 수준으로 평가됨
- [제조·산업용 로봇] h-index 평가에 의한 한국의 학술연구 활동도 및 영향력 정도는 최선진국(미국)의 29% 수준, 유럽, 일본, 중국 대비는 각각 39%, 65%, 100% 수준으로 평가됨
- [군사용·극한환경 로봇] h-index 평가에 의한 한국의 학술연구 활동도 및 영향력 정도는 최선진국(미국)의 24% 수준, 유럽, 일본, 중국 대비는 각각 35%, 67%, 105% 수준으로 평가됨

○ 주요 연구기관 분석: 하기의 그림은 지능형 로봇기술의 중분류 분야별로 최다 논문 상위 10위까지의 연구기관과 이들 연구 기관의 h-index를 나타냄



<그림 I-12> 지능형 로봇기술의 중분류별 상위 10위 학술 연구기관

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 최다논문 상위 10개 중 미국이 4개, 일본이 3개, 중국이 2개, 한국이 1개 연구기관인 것으로 조사되었으며 한국 연구기관은 KAIST가 10위에 랭크됨

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 연구 영향력의 척도인 h-index에서는 미국의 Carnegie Mellon 대학이 38로서 가장 높았고 미국의 IEEE (32), MIT (28)의 순서로 랭크됨
- [의료용·재활 로봇] 최다논문 상위 10개 중 미국이 8개, 한국이 1개, 영국이 1개 연구기관인 것으로 조사되었으며 한국 연구기관은 연세대학교가 3위에 랭크됨²⁶⁾
- [의료용·재활 로봇] 연구 영향력의 척도인 h-index에서는 미국의 MIT가 40으로서 가장 높았고 미국의 Cleveland Clinic Foundation (35), VA Medical Center (31)의 순서로 랭크됨
- [제조·산업용 로봇] 최다논문 상위 10개 중 미국이 4개, 중국이 3개, 일본이 1개, 캐나다 1개, 한국이 1개 연구기관인 것으로 조사되었으며 한국 연구기관은 KAIST가 10위에 랭크됨
- [제조·산업용 로봇] 연구 영향력의 척도인 h-index에서는 미국의 IEEE가 40으로서 가장 높았으며 미국의 MIT(33), Carnegie Mellon 대학(31)의 순서로 랭크됨
- [군사용·극한환경 로봇] 최다논문 상위 10개 중 미국이 4개, 중국이 3개, 일본이 2개, 한국이 1개 연구기관인 것으로 조사되었으며 한국 연구기관은 KAIST가 6위에 랭크됨
- [군사용·극한환경 로봇] 연구 영향력의 척도인 h-index에서는 미국의 Carnegie Mellon 대학과 IEEE가 18로서 가장 높았으며 미국의 MIT(14), Pittsburgh 대학(9)의 순서로 랭크됨

(2) 특허 분석

○ 본 특허 분석에서 작성한 ‘지능형 로봇’기술 분야의 중분류별 검색식은 다음과 같음

<표 I -17> 지능형 로봇 기술의 중분류별 검색식

중분류	검색식 및 검색건수
엔터테인먼트·가사지원 로봇	((로봇* or 로보* or 로보트* or 로버트* or 로보오트* or 로보웃* or robot*)).TI. AND (((음악* or 음원* or 뮤직* or 노래* or 영화* or 엔터테인먼트* or 무비* or 필름* or 동영상* or 영상* or 콘텐츠* or 콘텐츠* or 콘텐츠* or 콘텐츠* or 사진* or 화상* or 정지영상* or 이미지* or 멀티미디어* or 미디어* or 게임* or 오락* or 감정* or 감성* or 학습* or 교육* or 청소* or 가사* or music* or sound* or song* or movie* or film* or video* or entertainment* or content* or image* or multimedia* or media* or games* or recreation* or emotional* or feel* or learn* or tutor* or education* or teach* or clean*) near2 (로봇* or 로보* or 로보트* or 로버트* or 로보오트* or 로보웃* or robot*)) not (수술 surgery surgical 치료 treat* cure* 산업 industry* 검사 test check 시술 의료 medical health 재활 rehabilitation 반도체 semiconduct* 생체)).AB.
의료용·재활 로봇	((로봇* or 로보* or 로보트* or 로버트* or 로보오트* or 로보웃* or robot*)).TI. AND ((헬스* or 운동* or 건강* or 혈당* or 혈압* or 맥박*

26) 의료용·재활 로봇 분야의 상위 학술 연구기관에 의학, 병원 등의 의료기관이 다수 랭크된 것은 해당연구 대다수가 로봇 개발과 의료기관의 협력연구에 따른 결과로 해석되며, 수술용 로봇을 이용한 임상 연구도 큰 부분을 차지함

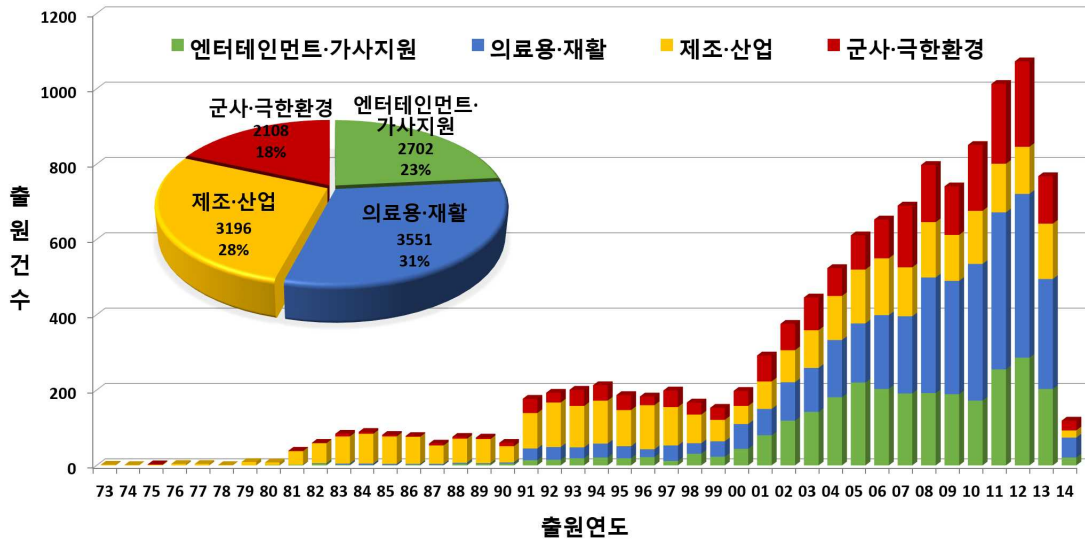
	or 생체* or 약* or 노인* or 노약자* or 경로자* or 식사* or 식단* or 다이어트* or 음식* or 노인* or 노약* or 치료* or 장애* or 휠체어* or 진찰* or 혈액* or 검진* or 매디컬* or 메디컬* or 메디칼* or 심전도* or 바이오* or 생체* or 진단* or 수술* or 재활* or 진료* or exercise* or health* or blood or medica* or care* or elder* or seniors* or meal* or diet* or dementia* or solitary or disorder* or wheelchair* or electrocardiography or bio* or muscle* or surgical or diagnosis* or rehab* or (body adj signal) or treat* or assist* or medicine* or food* or meal*) and (로봇* or 로보* or 로보트* or 로버트* or 로보오트* or 로보웃* or robot*)).AB.
제조·산업용 로봇	((로봇* or 로보* or 로보트* or 로버트* or 로보오트* or 로보웃* or robot*)).TI. AND (((로봇* or 로보* or 로보트* or 로버트* or 로보오트* or 로보웃* or robot*) near (산업 industrial industry 공장 factory plant 자동화 automatic 물류 distribut* 무인)) not (수술 surgery surgical 치료 treat* cure* 시술 의료 medical health 재활 rehabilitation 생체 건강 헬스 health)).AB.)
군사용·극한 환경 로봇	((로봇* or 로보* or 로보트* or 로버트* or 로보오트* or 로보웃* or robot*)).TI. AND (((로봇* or 로보* or 로보트* or 로버트* or 로보오트* or 로보웃* or robot*) and (군사 군용 military 극한 (extreme near2 environment*) 재난 재해 disaster* catastrophe calamity earthquake fire 국방 (national adj defence) 구조 rescue save help))).AB.

○ 유효특허건수: 검색식 및 노이즈 제거 작업을 통한 '지능형 로봇' 기술 분야의 기술시장별·중분류별 유효 특허 건수는 다음과 같이 산출됨

<표 I -18> 지능형 로봇기술의 기술시장별·중분류별·유효특허건수

중분류	한국 (KIPO)	미 국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (SIPO)	P C T (WO)	합계
엔터테인먼트·가사지원 로봇	1,031	509	354	228	467	113	2,702
의료용·재활 로봇	979	576	773	126	827	270	3,551
제조·산업 용 로봇	263	684	907	461	489	392	3,196
군사용·극 한환경 로봇	438	428	694	103	350	95	2,108
합계	2,711	2,197	2,728	918	2,133	870	11,557

○ 연도별 전체 특허 동향: 하기의 그림은 출원연도(등록연도)에 따라 특허출원건수를 시계열적으로 표현한 선형그래프로써 지능형 로봇 기술의 연도별·중분류별 특허 현황을 나타냄²⁷⁾



<그림 I -13> 지능형 로봇기술의 연도별 특허 출원건수

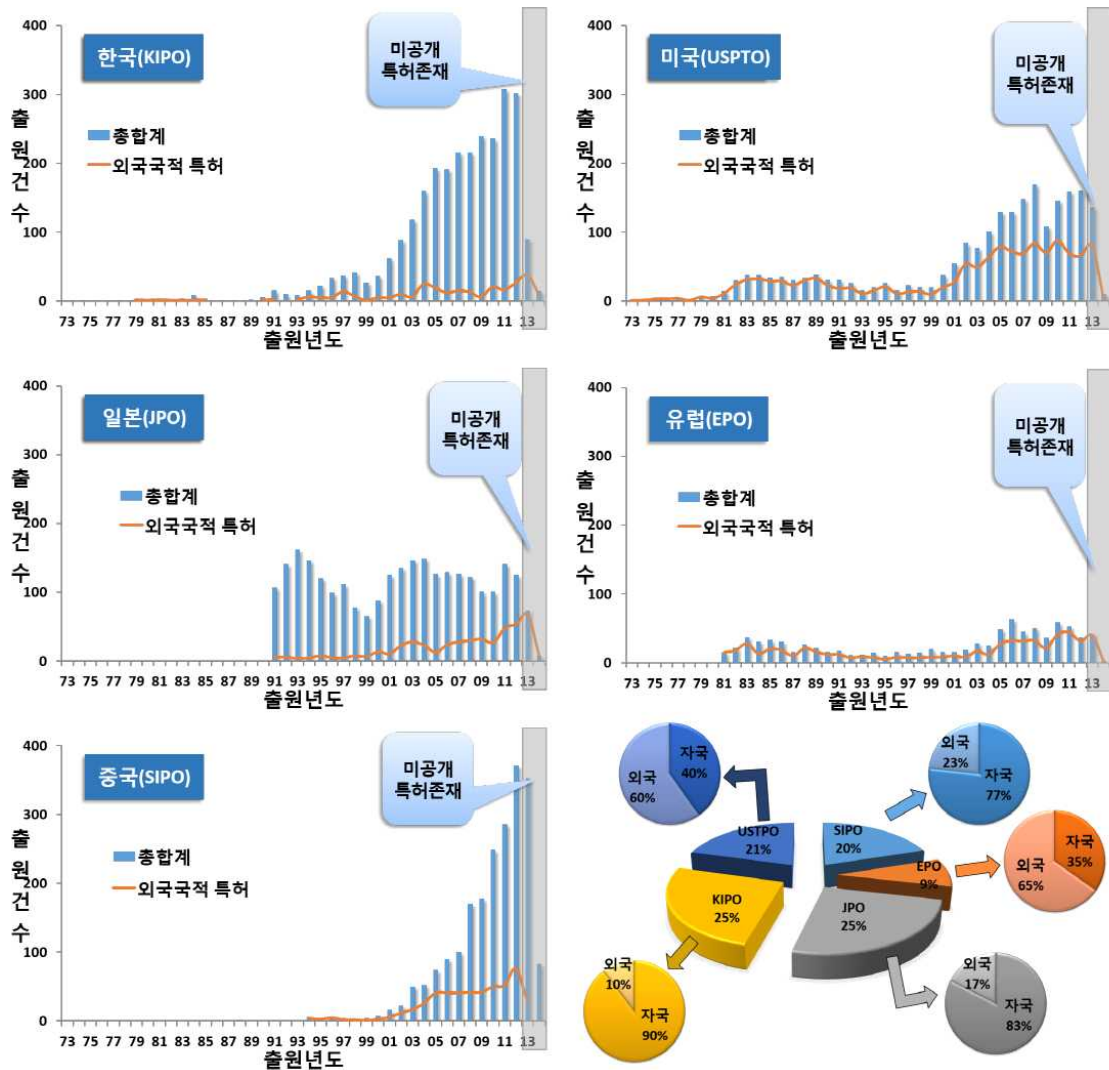
- 80년대 초반부터 해당 기술에 대한 특허 출원이 점차 나타나고 있으며, 2000년대 초반부터 특허 출원이 급격히 상승함
- 엔터테인먼트·가사지원 로봇, 의료용·재활 로봇, 군사용·극한환경 로봇 분야는 2000년대에 들어서면서부터 특허 출원 활동이 급증하는 것으로 나타났고, 제조·산업용 로봇 분야는 80년대 이후 출원건수가 감소와 증가의 반복적인 추이를 보이고 있으며, 제조·산업용 로봇과 군사·재난구조용 분야 보다 엔터테인먼트·가사지원 로봇 및 의료용·재활 로봇 분야의 특허 출원 활동이 상대적으로 더 활발한 것으로 나타남
- 의료용·재활 로봇 분야가 3,551건으로 31%의 점유율을 차지하는 것으로 나타났고, 그 뒤를 이어 제조·산업용 로봇(3,196건 28%), 엔터테인먼트·가사지원 로봇(2,702건, 23%), 군사용·극한환경 로봇(2,108건, 18%)의 순으로 점유율이 나타남

○ 주요 기술시장국 연도별 내·외국인 특허출원현황: 하기의 그림은 특허출원국가²⁸⁾별로 총 특허출원 건수(막대그래프)와 비자국민 국적의 특허 건수를 분포(실선)를 출원연도(등록연도)에 대해 나타낸 그래프로서, 특정시장에서의 출원활동과 내·외국인²⁹⁾의 특허출원 비중의 추이를 표시함

27) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상, 전체 데이터에 반영되지 못하기 때문에 최근연도의 출원건수가 감소하는 것으로 나타나지만, 실제로 출원건수가 감소한 것으로 분석되는 것은 아님

28) 특허가 출원된 특허청이 소재하고 있는 국가

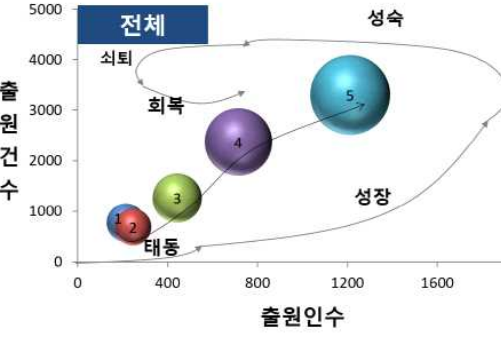
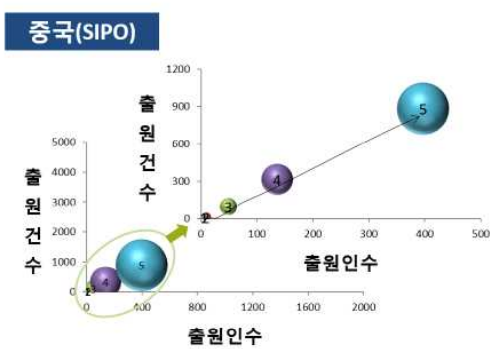
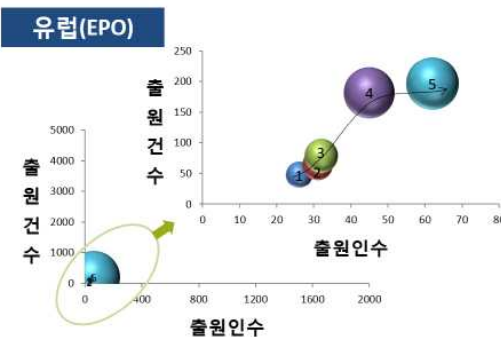
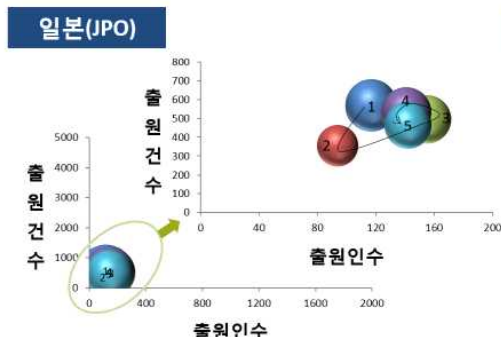
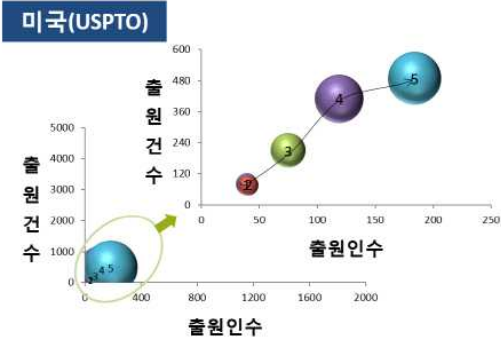
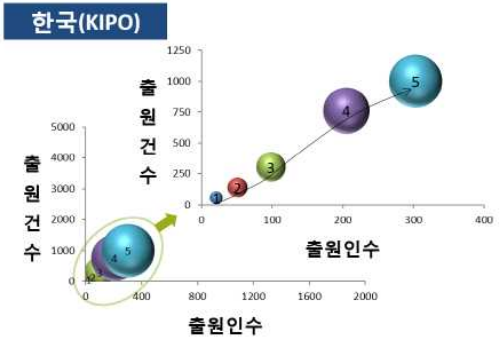
29) 출원인국적은 특허출원국가에 관계없이 출원된 특허기술을 보유하고 있는 자의 국적으로, 기술보유국을 의미



<그림 1-14> 지능형 로봇기술의 국가별·연도별 및 자국·외국인별 특허출원 현황

- 일본 특허청(JPO)이 유효특허 11,557건 중에서 2,728건으로 가장 많은 특허 출원 건수를 보이고 있으며, 그 뒤를 이어 한국(2,711건), 미국(2,197건), 중국(2,133건), 유럽(918건)의 순으로 지능형 로봇 분야에 대한 출원이 활발히 이루어지고 있는 것으로 나타남
- 주요 시장국 중 미국, 유럽 시장을 제외한 한국, 일본, 중국 등의 아시아 지역 시장에 대한 특허 출원 활동이 가장 활발한 것으로 나타남
- 미국, 유럽에 비해 한국, 일본, 중국에서는 내국인에 대한 특허 출원 활동의 비중이 큰 것으로 나타남
- 논문 분석 결과와 비교했을 때 한국은 학술 논문보다는 특허 출원 활동이, 유럽은 특허 출원보다는 학술 논문 위주의 연구 활동이 더 활발함

○ 기술 시장 성장단계 분석: 하기의 그림은 지능형 로봇 기술 분야에서 조사 기간을 5개 출원구간으로 구분하여 출원건수(특허건수)와 출원인수(특허권자수)를 2차원 버블차트로 구현한 그래프로써 버블의 크기는 출원인수(특허권자수)를 나타냄³⁰⁾



<그림 I -15> 지능형 로봇기술의 전체 및 국가별 기술시장 성장단계

- 지능형 로봇 분야의 전체 및 해당 국가의 기술위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로, 전체

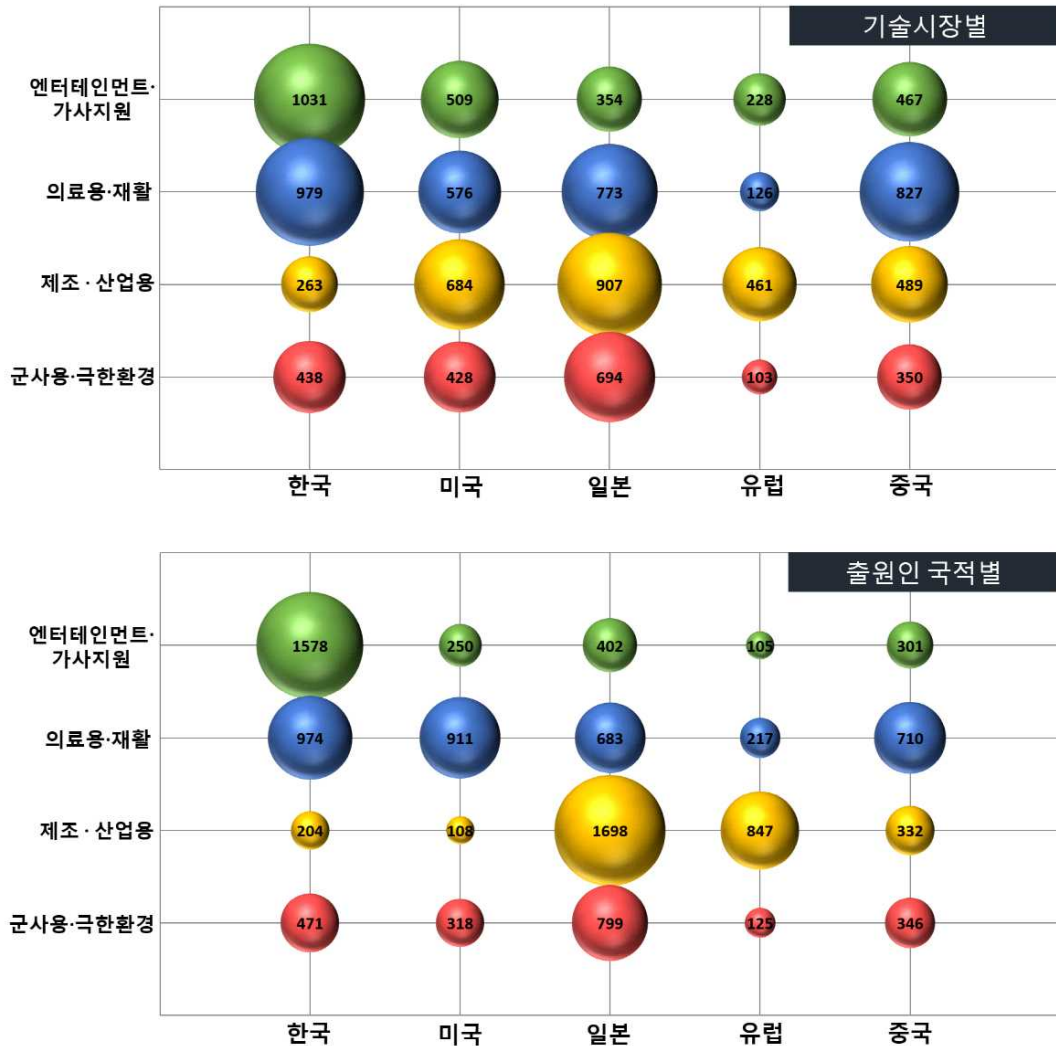
30) 조사대상기간은 20년(1992~2011년)으로 설정하였으며, 기간을 5개 구간으로 나누었고, 각 구간은 1구간(1992-1995년), 2구간(1996-1999년), 3구간(2000-2003년), 4구간(2004-2007년), 5구간(2008-2011년)으로 나누었음

출원 중 최근 출원 동향을 5개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타냄

- 출원건수 증가는 기술개발의 활동정도를, 출원인수의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것을 나타내며, 출원인수-출원건수 그래프 형태에 따라 기술 시장의 성장단계³¹⁾를 태동기, 성숙기, 쇠퇴기, 회복기 단계로 분석될 수 있음
- 지능형 로봇기술의 기술 위치는 전체적으로 1구간(1992-1995년), 2구간(1996-1999년)에서 출원인수와 출원건수가 약간 감소하였으나, 그 이후 3구간(2000-2003년), 4구간(2004-2007년), 5구간(2008-2011년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하고 있어 이 시기에 급격한 기술 개발이 이루어진 것으로 분석되며, 기술시장의 성장단계 구분으로서 성장기에 해당하는 것으로 판단됨
- 일본을 제외한 한국, 중국, 미국, 유럽 모두 출원 인수 및 출원 건수가 계속적으로 증가하고 있어 위에 나열한 국가들의 특허 기술 위치는 전체적인 특허의 기술 위치와 유사하게 진행되고 있으나(성장기 기술), 일본은 출원 인수 및 출원 건수의 증가와 감소가 반복적으로 나타나고 있어 성숙기의 특성을 보이고 있음

○ 기술시장별 출원인 국적별 중분류 기술의 점유율 현황: 하기의 그림은 기술시장(특허청) 및 출원인 국적별로 데이터를 기준으로 지능형 로봇 기술의 중분류 기술별 집중도를 버블그래프로 나타냄

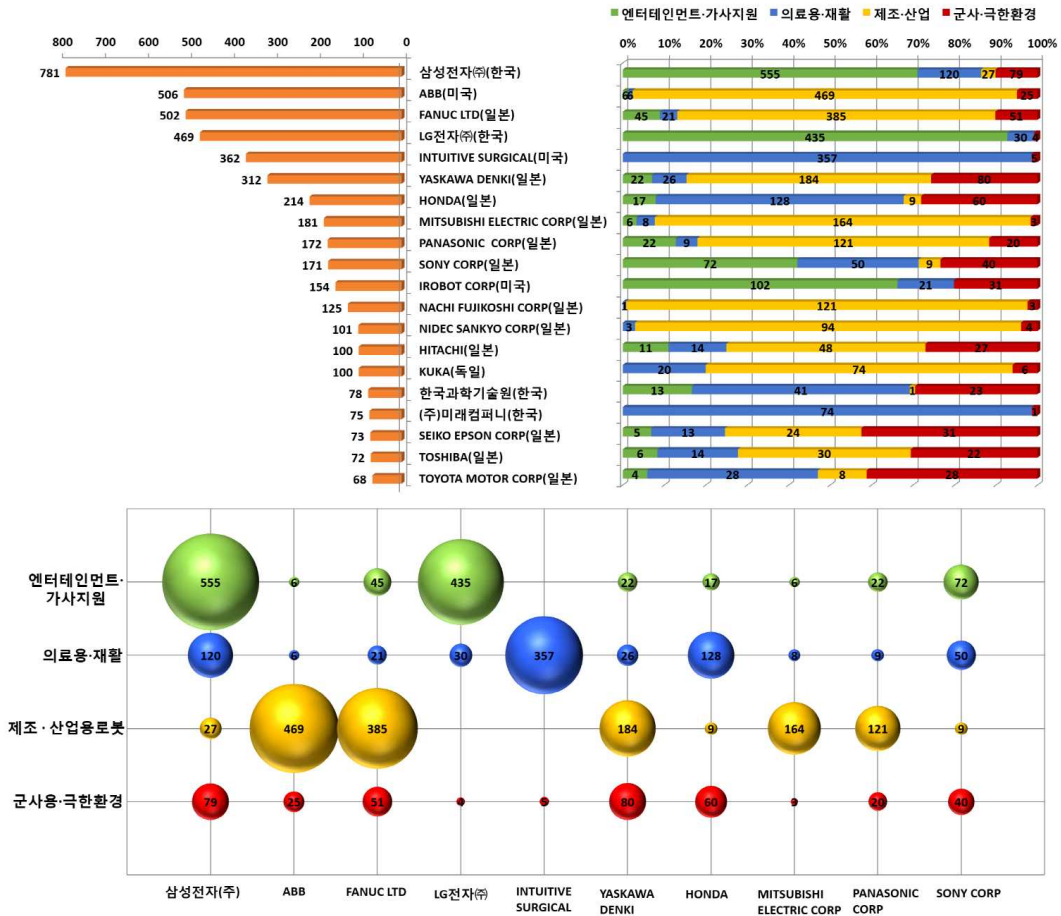
31) 태동기 단계는 출원인과 출원건수가 비례하여 증가되는 단계, 성숙기 단계는 출원건수 및 출원인의 증가율이 감소하면서 시장 진입자들이 빠져나가는 단계, 쇠퇴기 단계는 출원건수 및 출원건수가 감소하여 해당기술의 시장이 위축되는 단계, 회복기 단계는 출원인 및 출원건수가 재차 증가하는 단계로서 시장이 재형성되는 단계



〈그림 I -16〉 지능형 로봇기술의 기술 시장 및 출원인 국적별 세부기술 집중도 현황

- [한국] 기술시장(특허청) 및 기술보유(출원인 국적)으로 분류한 출원 동향으로부터 한국은 주로 의료용·재활 로봇 로봇 분야 및 엔터테인먼트·가사지원 로봇 분야에서 활발한 특허 출원 활동을 보이는 것으로 나타났으며, 이것은 학술 논문 출판 현황과 일치함
- [미국] 기술 시장의 경우 모든 기술 분야에서 고른 특허 출원 활동을 보이고 있으나 기술 보유 상황은 의료용·재활 로봇 로봇 분야에 집중되어 있음
- [일본] 기술 시장의 경우에는 모든 기술 분야에서 고른 특허 출원 활동을 보이고 있으나, 기술 보유 측면에서 제조·산업용 로봇 분야에서 상대적으로 활발한 특허 활동을 보임
- [유럽] 다른 주요국에 비해 상대적으로 특허 출원 활동이 저조한 편이나 제조·산업용 로봇 분야에서 상대적으로 특허 출원 활동이 집중되어 있음
- [중국] 기술 시장 및 기술 보유 측면 모두 의료용·재활 로봇 로봇 분야에서 상대적으로 활발한 특허 출원 활동을 보이는 것으로 나타남

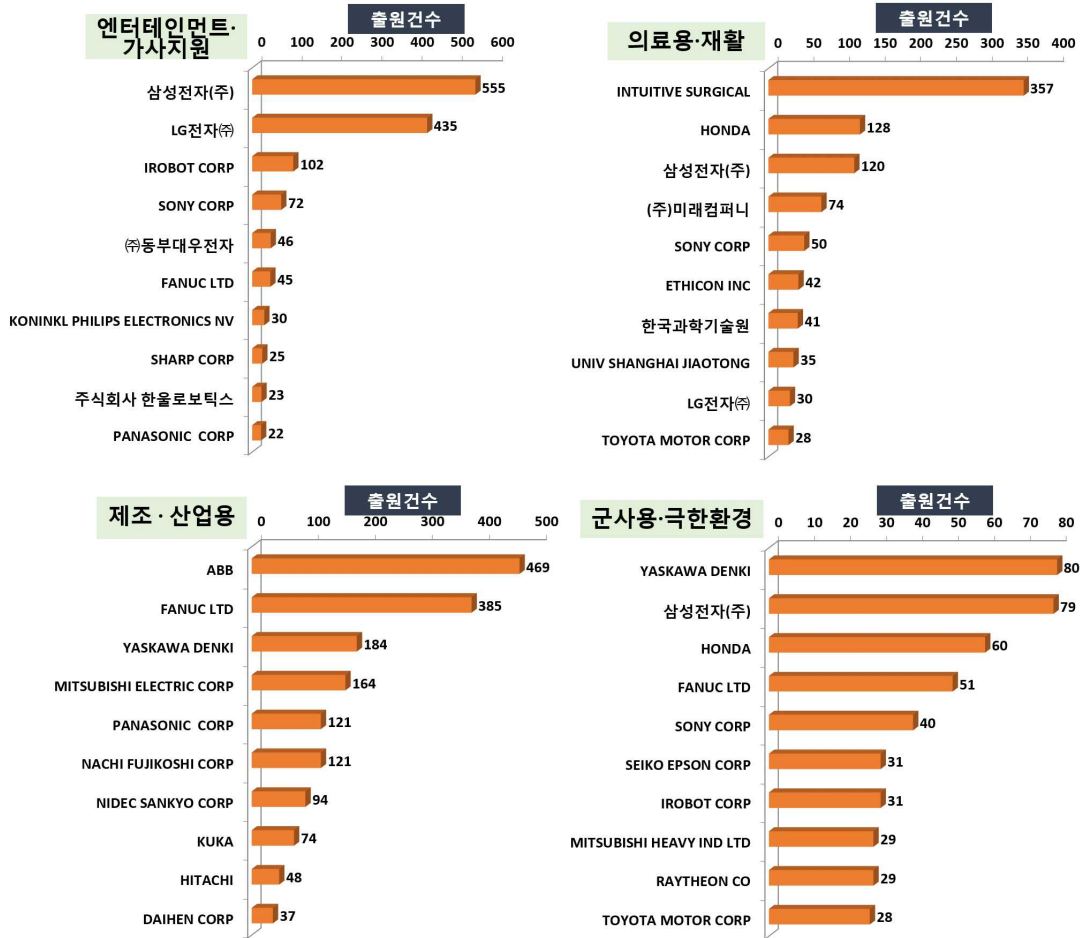
○ 주요 출원인 분석 (전체 분석): 하기의 그림에서 지능형 로봇기술 분야의 다출원인의 특허 건수와 이들 다출원인의 중분류 기술별 특허집중도를 나타냄



<그림 I -17> 지능형 로봇기술 분야의 주요 출원인

- 전체 특허의 다출원인 통계로부터, 한국의 삼성전자(주)가 781건으로 가장 많은 출원 건수를 보였고, 그 다음으로 미국의 ABB가 506건, 일본의 FANUC LTD가 502건, 한국의 LG전자(주)가 469건, 미국의 INTUITIVE SURGICAL가 362건 등으로 나타남
- 일본 출원인은 상위 20위 출원인 중 12개로 차지했고, 한국 출원인은 삼성전자(주), LG전자(주), 한국과학기술원, (주)미래컴퍼니의 4개가 20위안에 랭크됨
- 각국의 최다출원인으로서, 한국에서는 삼성전자(주), 미국에서는 INTUITIVE SURGICAL, 일본의 경우에는 FANUC LTD, 유럽에서는 KUKA가 가장 많은 출원건수를 보임

○ 주요 출원인 분석 (세부기술 분석): 하기의 그림에서 지능형 로봇기술의 중분류 기술별 다출원인을 상위 10위까지 막대그래프로 나타냄



〈그림 I -18〉 지능형 로봇기술 중분류 기술별 주요 출원인 상위 10위

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 상위 10개 중 한국이 5개 기업, 일본이 5개 기업인 것으로 조사됨
- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 한국의 삼성전자(주)가 555건으로 가장 많은 특허 출원 건수를 보이면서 주요 출원인으로 조사되었고, 그 다음으로는 한국의 LG전자(주) (435건), 한국의 IROBOT CORP(102건)와 일본의 SONY CORP(72건) 등의 순서로 랭크됨
- [의료용·재활 로봇] 상위 10개 중 미국이 1개 기업, 일본이 3개 기업, 한국이 4개, 중국이 2개 기업인 것으로 조사됨
- [의료용·재활 로봇] 미국의 INTUITIVE SURGICAL가 357건으로 가장 많은 특허 출원 건수를 보이면서 주요 출원인으로 조사되었고, 그 다음으로는 일본의 HONDA(128건), 한국의 삼성전자(주)(120건)와 한국의 (주)미래컴퍼니 (74건)등의 순서로 랭크됨
- [제조·산업용 로봇] 상위 10개 중 미국이 2개 기업, 일본이 7개 기업, 독일이 1개 기업인 것으로 조사됨
- [제조·산업용 로봇] ABB사가 469건으로 가장 많은 특허 출원 출원 건수를 보이면서 주요 출원인으로 조사되었고, 그 다음으로는 일본의 FAUNC LTD (385건), 일본의

YASKAWA DENKI(184건)와 MITSUBISHI (164건)등의 순서로 랭크됨

- [군사용·극한환경 로봇] 상위 10개 중 일본이 7개 기업, 한국이 2개 기업, 중국이 1개 기업인 것으로 조사됨
- [군사용·극한환경 로봇] 일본의 YASKAWA DENKI가 80건으로 가장 많은 특허 출원 출원 건수를 보이면서 주요 출원인으로 조사되었고, 그 다음으로는 한국의 삼성전자(주) (79 건), 일본의 HONDA(60건)와 FANUC LTD (51건)등의 순서로 랭크됨

(3) 기술수준 분석

○ 지능형 로봇 기술 분야의 i) 기술 수준, ii) 연구 인프라 수준, iii) 기술 수준 향상 방안 , iv) 융합 관련 항목에 대한 설문 평가를 실시

○ [기술수준: 최고기술 보유국] 지능형 로봇기술 분야의 최고기술 보유국 평가를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「상기의 분야는 귀하께서 선택하신 지능형 로봇 기술의 응용 분야입니다. 귀하의 경험과 지식에 비추었을 때, 선택하신 분야의 연구 단계별 최고기술 보유국을 선택 해주십시오. 단, 최고기술보유국이 복수개인 경우, 모두 선택해주시고, 최고기술보유국이 5개국 중에 없는 경우 기타란에 국가를 입력해주시시오. 」

STEP 3 응답 기술 선택 [엔터테인먼트 로봇]

3-1 상기의 분야는 귀하께서 선택하신 '지능형 로봇 기술'의 응용 분야입니다. 귀하의 경험과 지식에 비추었을 때, 선택하신 분야의 연구 단계별 최고기술 보유국을 선택해주시시오.
 단, 최고기술보유국이 복수개인 경우 모두 선택해주시고, 최고기술보유국이 5개국 중에 없는 경우 기타란에 국가를 입력해주시시오.

기초연구 ^[1]						응용 연구 개발 ^[2]					
한국	중국	일본	미국	EU	기타	한국	중국	일본	미국	EU	기타
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	111	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	111

[1] 기초연구: 응용 연구 개발에 기초, 기반이 되는 이론적 또는 실험적 선행 연구
 [2] 응용 연구 개발: 기초연구의 결과로 얻어진 지식을 이용하여 1) 새로운 제품 및 장치를 생산하거나, 2) 이미 생산 또는 설치된 제품을 개선하기 위한 연구

<그림 I -19> 최고기술 보유국 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I -19> 지능형 로봇기술 중분류별·연구단계별 최고기술 보유국 평가 결과

중분류	기초 연구	응용연구·개발
	최고기술보유국	최고기술보유국
엔터테인먼트·가사지원 로봇	일본	일본
의료용·재활 로봇	미국	미국
제조·산업용 로봇	미국	일본
군사용·극한환경 로봇	미국	미국
지능형 로봇기술 평균	미국	미국

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 기초 연구 단계와 응용연구·개발 단계 모두 최고기술 보유국은 일본으로 조사됨
- [의료용·재활 로봇] 기초 연구 단계와 응용연구·개발 단계 모두 최고기술 보유국은 미국으로 조사됨
- [제조·산업용 로봇] 기초 연구 단계의 최고기술 보유국은 미국, 응용연구·개발 단계의 최고기술 보유국은 일본으로 조사됨
- [군사용·극한환경 로봇] 기초 연구 단계와 응용연구·개발 단계 모두 최고기술 보유국은 미국으로 조사됨
- [지능형 로봇기술 전반] 지능형 로봇기술 전반의 평균적 기술 수준에서 기초 연구 단계와 응용연구·개발 단계 모두 최고기술 보유국은 미국으로 조사됨

○ [기술수준: 최고기술 보유국 대비 주요국 기술 수준] 주요국의 지능형 로봇기술 분야 기술 수준 상대평가³²⁾를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「귀하께서 선택하신 분야의 연구 단계별, 최고기술 보유국(100%) 대비 상대적 기술 수준을 국가별로 입력해주시시오. (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%) 」

3-2 선택하신 분야의 연구 단계별, 최고기술 보유국(100%) 대비 상대적 기술 수준을 국가별로 입력해주시시오.
(최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~40%)

국가	기초연구			국가	응용 연구 개발		
	기술수준	최고기술 보유국 대비 상대적 기술수준	최고기술 보유국과 기술격차		기술수준	최고기술 보유국 대비 상대적 기술수준	최고기술 보유국과 기술격차
한국	선도	81%	0년	한국	추격	61%	0년
중국	선도	81%	0년	중국	선도	81%	0년
일본	선도	81%	0년	일본	최고	100%	년
미국	최고	100%	년	미국	선도	81%	0년
EU	선도	81%	0년	EU	선도	81%	0년

<그림 I -20> 최고기술 보유국 대비 주요국 기술 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면

32) ① 최고기술 (세계최고기술), ② 선도기술 (기술 분야 선도), ③ 추격기술 (선진기술 모방), ④ 후발 (선진기술 도입적용 가능), ⑤ 낙후 (연구개발 능력 취약)의 5개 수준으로 나눌 수 있으며 기술 수준 백분율로는 최고기술이 100%, 선도기술이 81~99%, 추격기술이 61~80%, 후발기술이 41~60%, 낙후기술이 0~20% 범위대를 각각 갖는 것으로 정의

<표 I -20> 지능형 로봇기술 중분류별·연구단계별·국가별 상대적 기술수준 평가 결과 (백분율)

중분류	기초 연구					응용연구·개발				
	한국	미국	일본	EU	중국	한국	미국	일본	EU	중국
엔터테인먼트·가사지원 로봇	75.1	97.6	98.1	88.4	52.8	80.1	96.0	98.6	84.5	55.6
의료용·재활 로봇	75.2	100	88.6	95.0	56.0	77.8	100	89.2	94.2	57.4
제조·산업용 로봇	76.3	98.3	95.6	94.1	58.4	84.4	95	98.6	96.3	66.9
군사용·극한환경 로봇	72.3	100	83.3	92.2	67.7	75.8	100	83.9	89.9	74.5
지능형 로봇기술 평균	74.7	98.6	93.5	91.3	57.6	79.8	97.2	94.1	89.5	62.4

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 일본의 뒤를 이어 미국(선도), EU(선도), 한국(추격), 중국(후발)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 일본의 뒤를 이어 미국(선도), EU(선도), 한국(선도), 중국(후발)의 순으로 조사됨
- [의료용·재활 로봇] 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 EU(선도), 일본(선도), 한국(추격), 중국(후발)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 EU(선도), 일본(선도), 한국(추격), 중국(후발)의 순으로 조사됨
- [제조·산업용 로봇] 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 일본(선도), EU(선도), 한국(추격), 중국(후발)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 일본의 뒤를 이어 EU(선도), 미국(선도), 한국(선도), 중국(추격)의 순으로 조사됨
- [군사용·극한환경 로봇] 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 EU(선도), 일본(선도), 한국(추격), 중국(추격)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 EU(선도), 일본(선도), 한국(추격), 중국(추격)의 순으로 조사됨
- [지능형 로봇기술 전반] 지능형 로봇기술 전반의 평균적 기술 수준은 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 일본(선도), EU(선도), 한국(추격), 중국(후발)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 일본(선도), EU(선도), 한국(추격), 중국(추격)의 순으로 조사됨



〈그림 1-21〉 지능형 로봇기술 중분류별·연구단계별·국가별 상대적 기술수준 버블그래프

○ [기술수준: 전 세계적 기술수준 발전단계] 지능형 로봇기술 분야의 전 세계적 기술수준 발전단계³³⁾ 평가를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「전세계적인 기술발전 추세를 감안했을 때 선택하신 분야의 기술수명 주기상 발전단계를 선택해주시요. 」

33) ① 개발기 (기술이 처음 시장에 진입하기 전의 연구개발 단계), ② 도입기 (기술이 개발되어 시장 진입을 시도하는 단계), ③ 성장기 (기술이 본격적으로 상용화되는 단계), ④ 성숙기 (기술의 적용이 확대되어 다양한 분야에서 응용되거나 원형 기술이 진화되는 단계), ⑤ 쇠퇴기 (기술의 우수성 또는 필요성이 하락하여 가치가 하락하는 단계)의 5개 발전단계로 나눌 수 있으며 발전단계 백분율로는 개발기가 0~20%, 도입기가 20~40%, 성장기가 40~60%, 성숙기가 60~80%, 쇠퇴기가 80~100% 범위대를 각각 갖는 것으로 정의

3-3 전세계적인 기술발전 추세를 감안했을 때 선택하신 분야의 기술수명 주기상 발전단계를 선택해주시시오.
(아래의 바를 움직여서 선택해 주십시오.)

선택값 : 23

개발기	도입기	성장기	성숙기	쇠퇴기
기술이 처음 시장에 진입하기 전의 연구개발 단 계 (이론적 실현 가능성 타 진, 등)	기술이 개발되어 시장 진입 을 시도하는 단계 (기술적 실용성, 경제성 검 토 단계)	기술이 본격적으로 상용화되는 단계	기술의 적용이 확대되어 다양한 분야에서 응용되거나 원형 기술이 전환되는 단계	기술의 우수성 또는 필요성이 하락하여 가치가 하락하는 단계

〈그림 I -22〉 전 세계적 기술수준 발전단계 평가를 위한 인터넷 설문 화면

〈표 I -21〉 지능형 로봇기술 중분류별 전 세계적 기술수준 발전단계 (수치는 발전단계 백분율 값)

중분류	개발기 (0 ~ 20)	도입기 (20 ~ 40)	성장기 (40 ~ 60)	성숙기 (60 ~ 80)	쇠퇴기 (80 ~ 100)
엔터테인먼트· 가사지원 로봇			42.0		
의료용·재활 로봇			46.0		
제조·산업용 로봇				69.4	
군사용·극한환경 로봇		39.4			
지능형 로봇기술 평균			48.2		

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 42.0으로서 도입기를 막 벗어난 성장기에 있는 기술 분야로 조사됨
- [의료용·재활 로봇] 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 46.0으로서 성장기에 있는 기술 분야로 조사됨
- [제조·산업용 로봇] 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 69.4로서 성숙기에 접어든 기술 분야로 조사됨
- [군사용·극한환경 로봇] 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 39.4으로서 곧 성장기에 진입될 도입기 기술 분야로 조사됨
- [지능형 로봇기술 전반] 지능형 로봇기술 전반의 평균적 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 48.2으로서 성장기에 있는 기술 분야로 조사됨

○ [연구 인프라 수준: 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준] 지능형 로봇기술 분야의 연구단계별 한국의 연구 인프라³⁴⁾ 수준 평가³⁵⁾를 위한 세부 설문 내용과 평가

34) 연구 수행의 기반을 제공하는 연구장비 시설의 첨단성, 유지보수 체계의 우수성, 사용 체계의 용이성 등, 효율적 연구 수행에 중요한 연구 제 장비 및 관리체계

35) ① 최고 (세계최고 연구인프라), ② 선도 (선진 연구인프라), ③ 추격 (선진 연구인프라 모방), ④ 후발 (선진 연구인프라 도입 가능), ⑤ 낙후 (연구인프라 기반 취약)의 5개 수준으로 나눌 수 있으며 기술 수준 백분율로는 ‘최고’가 100%, ‘선도’가 81-99%, ‘추격’이 61-80%, ‘후발’이 41-60%, ‘낙후’가 0-20% 범위대를 각각 갖는 것으로 정의

결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「선택하신 분야에 있어서, 우리나라의 각 연구단계별 연구수행에 필요한 연구 인프라 수준을 최고기술국 인프라 수준에 대비하여 평가해주시오. (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%) 」

3-6 선택하신 분야에 있어서, 우리나라의 각 연구단계별 연구수행에 필요한 연구인프라 수준을 최고기술국 인프라 수준에 대비하여 평가해주시오.
(최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~40%)

최고기술보장국의 기초 연구인프라(a) 구축 수준 대비 우리나라의 인프라 구축 수준		최고기술보장국의 응용연구·개발 인프라(a) 구축 수준 대비 우리나라의 인프라 구축 수준	
우리나라의 인프라 수준	추격	우리나라의 인프라 수준	선도
우리나라의 상대적 구축수준	60%	우리나라의 상대적 구축수준	80%

[a] 연구 인프라: 연구 수행의 기반을 제공하는 연구장비 시설의 질양상, 유지보수 체계의 우수성, 사용 체계의 용이성 등, 효율적 연구 수행에 중요한 연구자 장비 및 관리체계

<그림 1-23> 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 1-22> 지능형 로봇기술 중분류 및 연구단계별 한국의 연구 인프라 수준 평가 결과 (백분율)

중분류	기초 연구	응용연구·개발
엔터테인먼트·가사지원 로봇	73.4	80.9
의료용·재활 로봇	82.0	84.2
제조·산업용 로봇	81.9	85.0
군사용·극한환경 로봇	75.4	78.2
지능형 로봇기술 평균	76.8	81.6

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계에서 추격 수준(선진 연구인프라 모방), 응용연구·개발 단계에서는 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨
- [의료용·재활 로봇] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계, 응용연구·개발 단계 모두에서 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨
- [제조·산업용 로봇] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계, 응용연구·개발 단계 모두에서 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨
- [군사용·극한환경 로봇] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계, 응용연구·개발 단계 모두에서 추격 수준(선진 연구인프라 모방)으로 조사됨
- [지능형 로봇기술 전반] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 지능형 로봇기술 전반의 평균적 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계에서 추격 수준(선진 연구인프라 모방), 응용연구·개발 단계에서는 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨

○ [연구 인프라 수준: 연구주체별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준] 지능형 로봇 기술 분야의 연구주체별 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「선택하신 분야에 있어서, 최고기술을 보유하고 있는 해외 연구주체 대비 우리나라 연구주체의 상대적 연구인프라 수준을 선택해주십시오. (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%)」

3-7 선택하신 분야에 있어서, 최고기술을 보유하고 있는 해외 연구주체 대비 우리나라 연구주체의 상대적 연구인프라 수준을 선택해주십시오.
(최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~40%)

산업계 (대기업 및 중소기업)		연구계 (국공립 연구소 및 정부출연연구소 등)		학계 (대학 및 대학원)	
최고기술 기업이 속한 국가	한국	최고기술 연구계가 속한 국가	중국	최고기술 학계가 속한 국가	한국
우리나라 기업의 기술수준	최 고	우리나라 연구계의 기술수준	선도	우리나라 학계의 기술수준	최 고
최고 대비 상대적 기술수준	100%	최고 대비 상대적 기술수준	86%	최고 대비 상대적 기술수준	100%

<그림 I-24> 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I-23> 지능형 로봇기술 중분류 및 연구주체별 한국의 연구 인프라 수준 평가 결과 (백분율)

중분류	산업계	연구계	학계
엔터테인먼트·가사지원 로봇	74.1	72.5	72.9
의료용·재활 로봇	62.4	70.0	76.0
제조·산업용 로봇	78.8	75.4	78.0
군사용·극한환경 로봇	73.2	78.4	80.1
지능형 로봇기술 평균	73.3	74.1	76.0

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 산업계, 연구계, 학계 모두 추격 수준(선진 연구인프라 모방)으로 조사됨
- [의료용·재활 로봇] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 산업계, 연구계, 학계 모두 추격 수준(선진 연구인프라 모방)이나, 학계가 연구 인프라 수준이 산업계, 연구계 보다 더 높은 것으로 조사되었으며, 이는 한국의 의료용·재활 로봇 기술 분야가 의과대학, 의공학계 등 학계를 중심으로 활발하다는 것을 함의
- [제조·산업용 로봇] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 산업계, 연구계, 학계 모두 추격 수준(선진 연구인프라 모방)으로 조사됨

- [군사용·극한환경 로봇] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 산업계가 추격 수준(선진 연구인프라 모방), 연구계와 학계는 선도 수준(선진 연구인프라)에 가깝거나 선도 수준으로 조사되었으며, 이는 군사용·극한환경 로봇 기술 분야가 기술 수준 발전 단계상 아직 도입기에 머물러 있기 때문인 것으로 해석됨
- [지능형 로봇기술 전반] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 지능형 로봇기술 전반의 평균적 연구 인프라 수준은 산업계, 연구계, 학계 모두 추격 수준(선진 연구인프라 모방)으로 조사됨

○ [기술 수준 향상방안] 지능형 로봇기술 분야의 기술 수준 향상을 위한 정부의 정책 우선순위 평가를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「선택하신 분야의 기술 수준 향상을 위해 향후 5년간 정부가 중점적으로 추진해야 할 정책을 2개를 선택하고 상대적 시급도³⁶⁾를 평가해주시시오.」

4-1 선택하신 분야의 기술 수준 향상을 위해 향후 5년간 정부가 중점적으로 추진해야 할 정책을 2개를 선택하고 상대적 시급도를 평가해주시시오.
(상대적 시급도의 합은 10입니다.)

구분	국내협력촉진	국제협력촉진	인력양성 및 유치	인프라 구축	법, 제도 개선	연구비 확대	합계
중점추진 정책	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
상대적 시급도	7		3				

<그림 I -25> 기술 수준 향상을 위한 정부의 정책 우선순위 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I -24> 지능형 로봇기술 중분류별 기술 수준 향상을 위한 정부의 정책 우선순위 평가 결과

중분류	국내협력 촉진	국제협력 촉진	인력양성 및 유치	연구 인프라 구축	법제도 개선	연구비 확대
엔터테인먼트·가사지원 로봇	5.1	5.3	5.0	4.9	-	4.9
의료용·재활 로봇	3.0	4.0	5.5	5.0	3.0	6.0
제조·산업용 로봇	5.3	-	4.8	4.3	-	5.5
군사용·극한환경 로봇	5.5	4.3	4.0	-	5.0	5.4
지능형 로봇기술 평균	5.1	4.8	4.9	4.7	4.3	5.3

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘국제협력촉진’으로 조사됨
- [의료용·재활 로봇] 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘연구비 확대’로 조사됨

36) 시급도는 1 ~ 10 범위의 숫자로 상대적 우선순위를 평가. 시급도가 클수록 우선적으로 추진해야할 방안

- [제조·산업용 로봇] 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘연구비 확대’로 조사됨
- [군사용·극한환경 로봇] 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘국내협력 촉진’으로 조사됨
- [지능형 로봇기술 전반] 지능형 로봇기술 전반에 대해, 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘연구비 확대’로 조사됨

○ [융합 관련] 지능형 로봇기술 분야의 6T 기술 요소를 평가하기 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음 (6T 요소 설문 평가를 통해 p-다이아그램 및 D-인덱스, S-인덱스를 평가함)

- [설문문항] 「선택하신 분야를 6T기술로 분류/분석했을 때 6T 요소를 백분율로 입력해주시시오.」

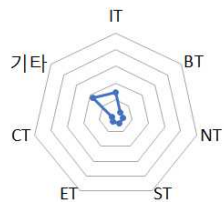

3-5 선택하신 분야를 6T기술로 분류/분석했을 때 6T 요소를 백분율로 입력해주시시오.
(요소 기술의 합은 100%입니다.)

IT	BT	NT	ET	ST	CT	기타	합계
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
<input type="text"/> %	100 %	<input type="text"/> %	<input type="text"/> %	<input type="text"/> %	<input type="text"/> %	<input type="text"/> %	%

<그림 I -26> 6T 기술 요소 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I -25> 지능형 로봇기술 중분류별 6T 기술요소 설문 평가에 따른 융합성 평가표

중분류(α)	6T(i)	$p_{\alpha,i}$	p-다이아그램	융합지수	
엔터테인먼트·가사 지원 로봇	IT	0.2980		D_{α}/D_{max}	0.8190
	BT	0.0919		S_{α}/S_{max}	0.9405
	NT	0.0589			
	ST	0.1372			
	ET	0.1060			
	CT	0.1313			
	기타	0.1767			
의료용·재활 로봇	IT	0.2683		D_{α}/D_{max}	0.8588
	BT	0.1220		S_{α}/S_{max}	0.8068
	NT	0.1524			
	ST	0.0000			
	ET	0.0000			
	CT	0.2134			
	기타	0.2439			
제조·산업용 로봇	IT	0.2812		D_{α}/D_{max}	0.6490
	BT	0.0627			
	NT	0.0460			
	ST	0.0277			

	ET	0.0693		S_{α}/S_{max}	0.7718
	CT	0.0693			
	기타	0.4437			
군사용·극한환경 로봇	IT	0.2838		D_{α}/D_{max}	0.7593
	BT	0.0671			
	NT	0.0891			
	ST	0.0968		S_{α}/S_{max}	0.8589
	ET	0.0695			
	CT	0.0445			
	기타	0.3492			
지능형 로봇기술 평균	IT	0.2695		D_{α}/D_{max}	0.8319
	BT	0.0812			
	NT	0.0724			
	ST	0.0917		S_{α}/S_{max}	0.9146
	ET	0.0823			
	CT	0.1158			
	기타	0.2870			

- [엔터테인먼트·가사지원 로봇] 중심 대칭(centrosymmetric)이 양호한 형태의 폐각형을 형성하는 전형적인 융합 기술 패턴의 p-다이어그램을 보이고 있으며, 비중은 크지 않으나 IT 기반 기술로 파악됨
- [의료용·재활 로봇] 전형적인 융합 기술 패턴의 p-다이어그램을 보이고 있으나, ET와 ST에 의존성이 거의 없는 IT 기반 기술로 파악됨
- [제조·산업용 로봇] 중심 대칭이 많이 치우친 패턴의 p-다이어그램을 보이고 있으며, 지능형 융합 기술 소분류 중 가장 융합성이 작은 기술 분야로 파악됨 (D 인덱스와 S 인덱스 모두 0.8 이하)
- [군사용·극한환경 로봇] 중심 대칭이 다소 치우친 패턴의 p-다이어그램을 보이고 있으며, 제조·산업용 로봇의 경우와 유사한 패턴을 보임
- [지능형 로봇기술 전반] 주로 IT와 6T 이외의 기타 기술이 조합된 형태의 융합성이 높은 기술군으로 파악됨 (D 인덱스= 0.832, S 인덱스= 0.915)

○ [융합 관련] 지능형 로봇기술 분야의 향후 기대되는 미래유망 융합로봇기술³⁷⁾을 주관식 문항으로 응답받았으며, 그 응답 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「지능형 로봇기술 분야에서 향후 기대되는 미래유망 융합기술을 제시해주시

37) 로봇공학과 로봇공학 이외의 기술이 융복합하여 산업경제적 가치/과급성이 촉발되거나 증대될 것으로 예상되는 미래기술

시오.]

4-3 “지능형 로봇기술” 분야에서 향후 기대되는 미래융합 기술¹⁴⁾을 제시해주세요.

나노

[4] 미래융합 융합기술: 로봇공학과 로봇공학 이외의 기술이 융복합하여 산업 경제적 가치/파급성이 촉발되거나 중대될 것으로 예상되는 미래기술

<그림 I -27> 미래융합 융합기술 제시의 인터넷 설문 화면

<표 I -26> 지능형 로봇기술 중분류별 향후 기대되는 미래융합 기술 일람

중분류	기대되는 미래융합기술
엔터테인먼트·가사지원 로봇	홍보/판매/복지 로봇, 조정가능한 로봇에서 계획의 의한 로봇, 시행착오 등을 통해 학습할 수 있는 로봇, 심리치료, 특수치료와 로봇기술과 접목한 치료 로봇 기술, 인간-로봇-로봇간 사회적 네트워크 기술, 클라우드 컴퓨팅, 장애인 또는 부진아를 위한 엔터테인먼트 로봇, 상황인식 및 센서기술, 인공생명 기술, 기기간 정보 공유 및 조작을 위한 사물인터넷기술, 설계기술, 클라우드 컴퓨팅, 인공지능 및 인간-로봇 상호작용기술
의료용·재활 로봇	마이크로 의료 로봇, 감성을 통한 치료용 로봇, 실버 로봇 등, 진단 및 재활 기술과 융합한 가정용 보조 운동 로봇, 재활의료 및 임상, 수술로봇, 원격진료/치료, 햅틱기술 기반 HRI(Human-Robot Interaction), 햅틱기술 기반 audiovisual media
제조·산업용 로봇	IoT(Internet of Things), 헬스케어 분야 관련 기술, 환경 분야 적용 로봇, IT 기술과 접목한 무인화 공장, HRI, Haptic, Skill learning, Demo-based teaching
군사용·극한환경 로봇	국방용 인지기술 및 신호처리기술, 나노공학 기반 국방용 로봇, 군의 전술교리 + 로봇 공학+디자인+화학공학+신소재 공학+원격제어가 반영된 형태의 융합 로봇, 원격제어, HRI, 로봇운용기술

다. ‘플렉서블 IT 소재’기술현황 분석

(1) 논문 분석

○ 본 논문 분석에서 작성한 ‘플렉서블 IT 소재’기술 분야의 중분류별 검색식은 다음과 같음

<표 I -27> 플렉서블 IT 소재 기술의 중분류별 검색식

중분류	검색식 및 검색건수
플렉서블 디스플레이	TITLE-ABS-KEY((flex* OR pliable* OR bendable* OR curv* OR folderble* OR conformable*) AND (display* OR imag* OR TV* OR LCD OR LED OR OLED))
플렉서블 태양전지	TITLE-ABS-KEY((flex* OR pliable* OR bendable* OR curv* OR folderble* OR conformable*) AND ((solar* AND cell*) OR photovoltaic* OR OPV OR DSS OR (organic AND photovoltaic*) OR OPV))

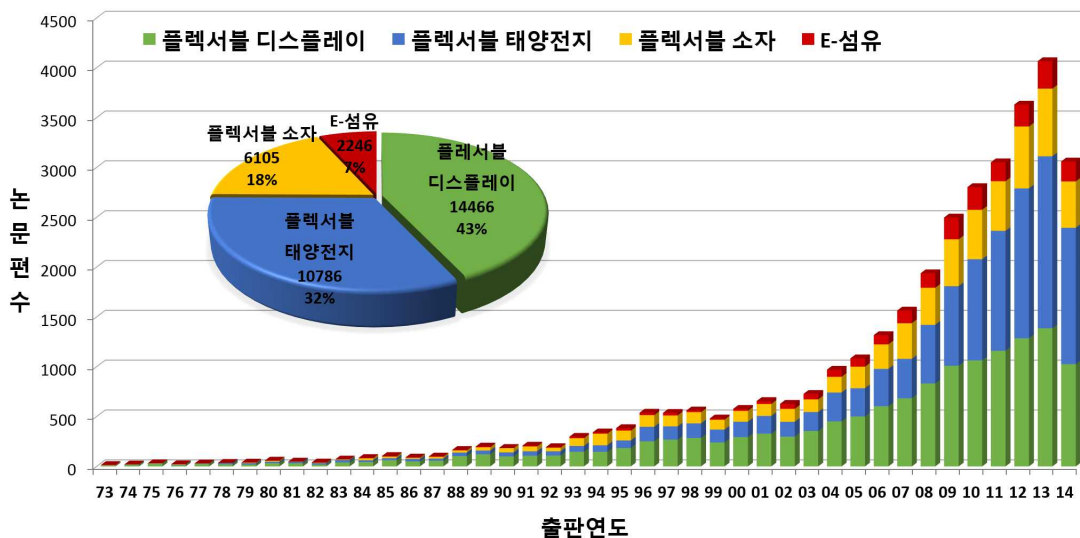
플렉서블 소자	TITLE-ABS-KEY((flex* OR pliab* OR bendabl* OR curv* OR folderble* OR conformable*) AND (sens* OR transist* OR memory OR semiconductor OR TFT OR OTFT OR FET OR OFET)) AND NOT TITLE-ABS-KEY((solar* PRE/1 cell*) OR photovoltaic* OR display*)
E-섬유	TITLE-ABS-KEY(fibertronics* OR e-textile* OR ((smart OR electric* OR electronic* OR intelligent OR conducting OR sensing OR sensor) W/3 (textile OR textiles OR fabrics OR fabric OR wear*)))

○ **유효논문편수:** 검색식 및 노이즈 제거 작업을 통한 '플렉서블 IT 소재' 기술 분야의 국가별·중분류별 유효 학술논문 편수는 다음과 같이 산출됨

〈표 I -28〉 플렉서블 IT 소재기술의 중분류별·국가별 유효 학술논문편수

중분류	한국	미 국	일본	유럽 ³⁸⁾	중국	기타	합계
플렉서블 디스플레이	600	3,636	1,011	3,809	2,355	3,055	14,466
플렉서블 태양전지	848	2,318	703	2,810	1,654	2,453	10,786
플렉서블 소자	339	1,311	537	1,514	1,157	1,247	6,105
E-섬유	112	329	114	744	291	656	2,246
합계	1,899	7,594	2,365	8,877	5,457	7,411	33,603

○ **연도별 전체 논문 동향:** 하기의 그림은 플렉서블 IT 소재의 연도별·중분류별(플렉서블 디스플레이, 플렉서블 태양전지, 플렉서블 소자, 플렉서블 소자) 학술논문 편수를 시계열적으로 표현한 그래프로서 해당분야의 연도 및 중분류에 따른 학문적 활성화 경과를 나타냄

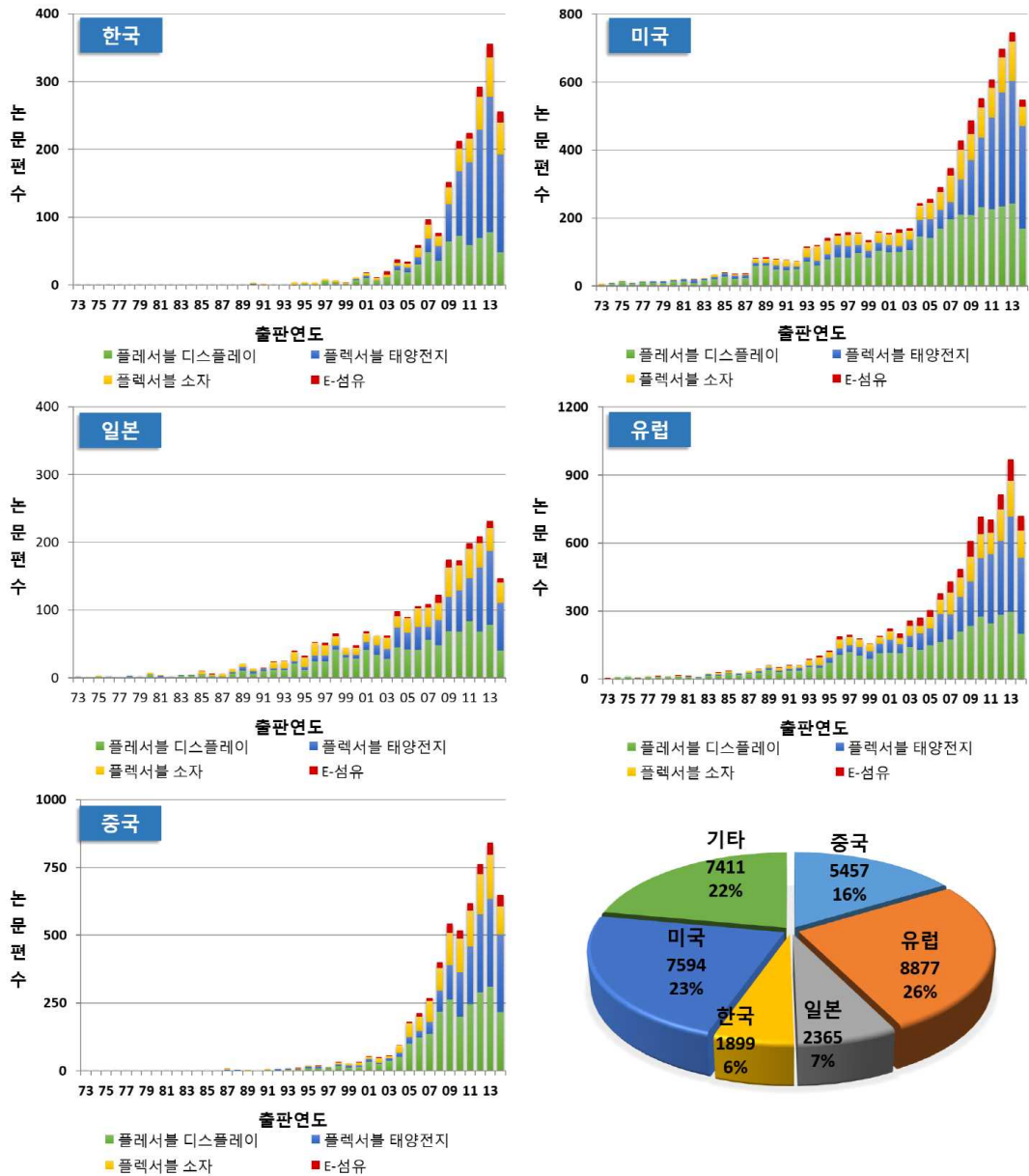


〈그림 I -28〉 플렉서블 IT 소재 기술의 중분류별 점유율 및 연도별 학술논문 동향

38) EU 28개국으로 한정

- 학술 논문 출간의 연도별 빈도수 곡선으로부터 플렉서블 IT 소재 기술 분야는 70 ~ 80년대 학문 태동기를 거쳐, 논문 게재수가 급격히 상승하고 있는 2000년대 중반이후부터 학문적 성장기에 진입했다고 판단됨
- 2000대 중·후반 이후 OLED, OPV, OTFT 등 유기재료 기반의 전자 소재에 대한 학술 연구 급증이 플렉서블 IT 전자 소재 분야 활발한 학술활동의 주요 원인으로 분석됨
- 전체 출원 건수 및 점유율에서는, 플렉서블 디스플레이 분야가 14,466편(43%)으로 가장 높은 점유율을 차지하는 것으로 조사되었고, 그 뒤를 이어 플렉서블 태양전지 (10786편, 32%), 플렉서블 소자 (6,105건, 18%), E-섬유(2,246편, 7%)의 순으로 점유율이 조사됨

○ **주요국 연도별 논문 현황:** 하기의 그림은 주요 국가별로 플렉서블 IT 소재 기술의 학술논문 게재 빈도를 연도별로 나타낸 그래프로서 각 국가의 학문적 활성도를 동향을 전체 플렉서블 IT 소재 분야 및 중분류 분야별로 판단할 수 있음



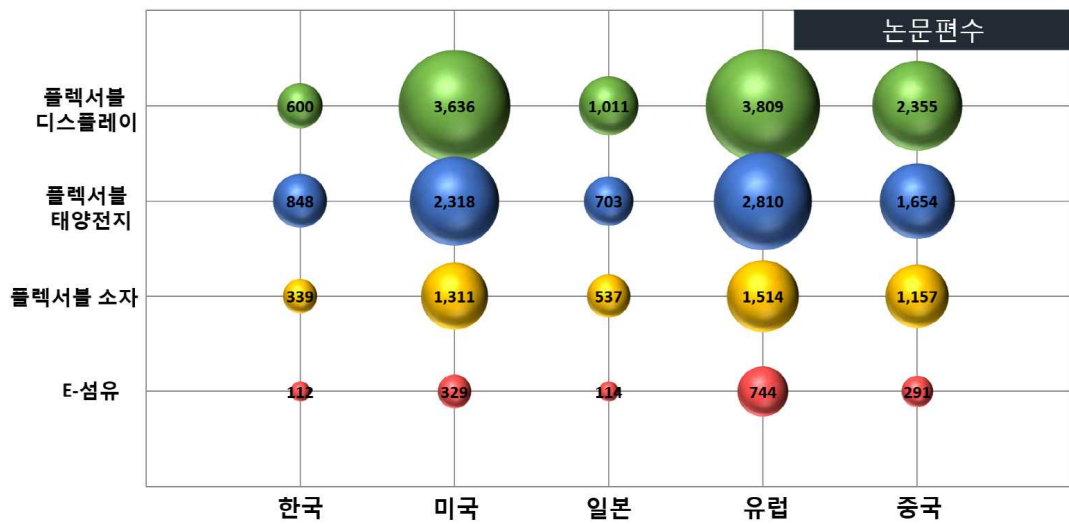
<그림 1 -29> 플렉서블 IT 소재 기술의 국가별 · 중분류별 · 연도별 학술논문 현황

- 주요 국가별로 유럽과 미국이 유효논문 33,603편 중에서 각각 8,877편, 7,594편으로 가장 활발한 학술 연구 활동을 보이고 있으며, 그 뒤를 이어 중국(5,457편), 일본(2,365편), 한국 (1,899편)의 순으로서 조사됨
- [한국] 주요 기술국에 비해 논문 편수는 제일 적으나 약 2009년경을 기점으로 플렉서블 태양전지 분야에서 학술논문 편수의 증가가 두드러짐
- [미국] 플렉서블 IT 소재 분야에서 유럽 다음으로 가장 학술논문 저작 활동이 많은 국가로서 해당 분야 전체 논문 수의 약 23% 정도를 점유
- [일본] 플렉서블 IT 소재 분야에서 유럽, 미국과 더불어 오래 전부터 학술 활동 성과물이 발견되는 국가로서 최근에는 학술 논문편수 연도별 증가폭이 같은 아시아권의 한국, 중국

에 비해 작아지고 있는 추세임

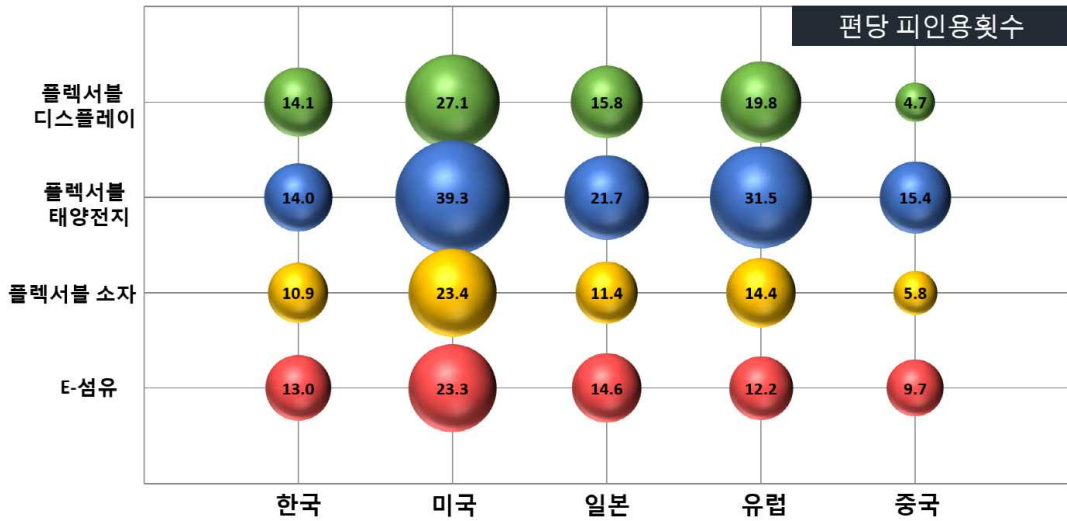
- [유럽] 미국과 함께 플렉서블 IT 소재 분야에서 학술 연구 논문이 가장 많이 게재되고 있는 지역으로서, 타 국가에 비해 중분류 기술 분야 모두에서 대체적으로 높은 연구 집중도를 보이고 있음
- [중국] 약 2005년경을 기점으로 플렉서블 디스플레이, 플렉서블 태양전지 분야의 학술논문 편수의 증가가 두드러지며 양적으로는 유럽, 미국 다음의 학술 연구 성과물을 생산하고 있음

○ 국가별·중분류 기술별 학술 논문의 양적 및 질적 평가: 하기의 그림은 국가별·중분류별 학술논문 게재 편수, 편당 피인용 횟수, h-index³⁹⁾를 각각 버블그래프로 나타냄

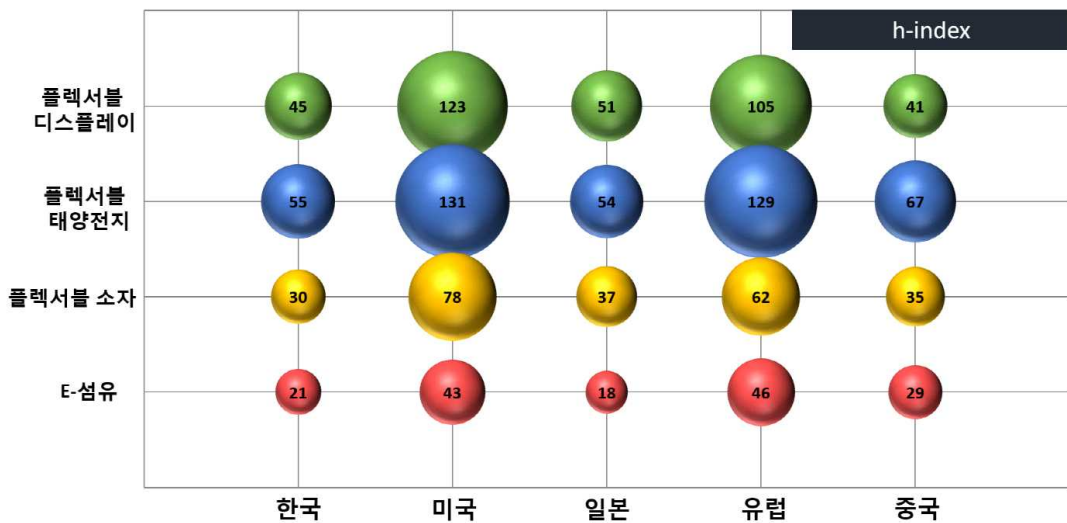


<그림 I -30> 플렉서블 IT 기술의 국가별·중분류별 학술논문편수

39) 연구 집단의 학술 논문 생산성과 학술적 영향력을 알아보기 위한 지표로서 조사 대상의 연구 집단이 h개의 논문이 h회 인용되고, 나머지 논문들은 h번 미만 인용되었다면, 그 연구집단의 h-index는 h로 평가



<그림 I -31> 플렉서블 IT 기술의 국가별·중분류별 피인용 횟수



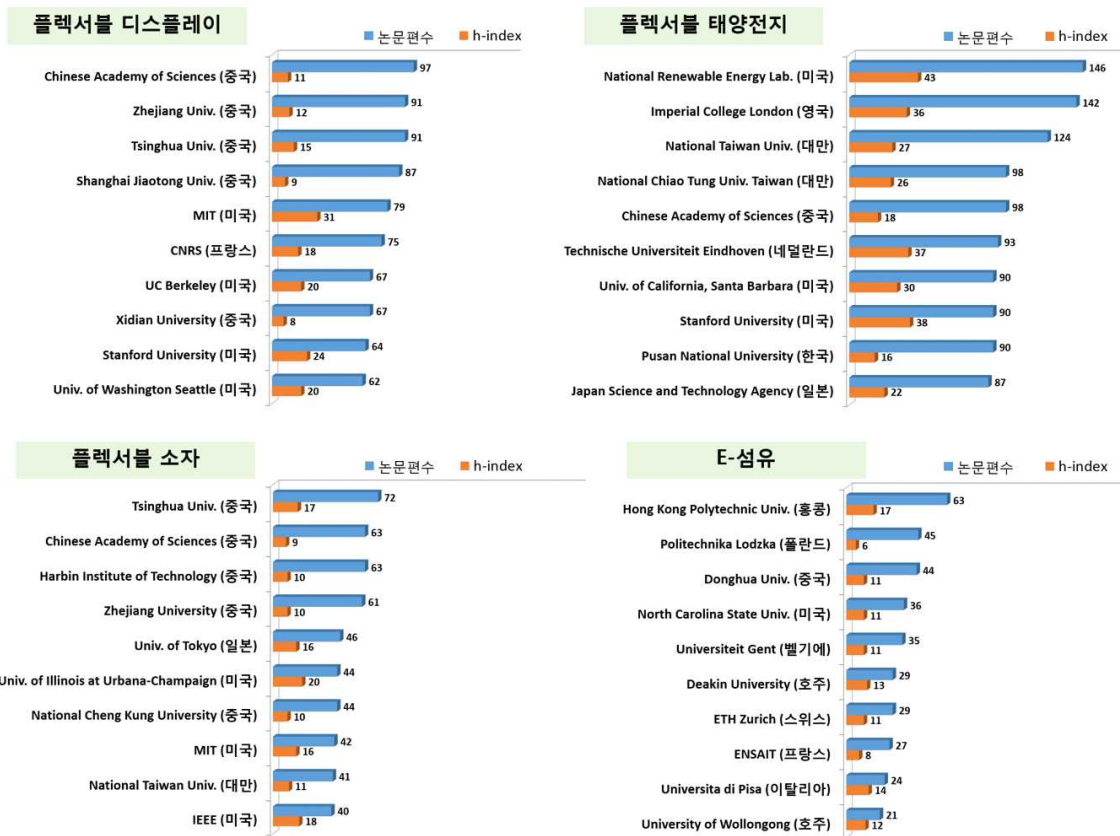
<그림 I -32> 플렉서블 IT 기술의 국가별·중분류별 h-index

- 주요 국가 중 미국이 중분류 분야 모두에서 편당 피인용 횟수가 가장 높았으며 중국은 양적으로는 미국, 유럽에 이어 세 번째로 많은 논문 편수에도 불구하고 편당 피인용 횟수는 대체로 낮았으나 플렉서블 태양전지 분야에서는 피인용 횟수가 일본, 한국 수준과 비슷하게 조사됨
- 논문의 생산성 및 영향력을 동시에 나타내는 평가척도인 h-index로 분석된 플렉서블 IT 소재 기술 분야의 상대적 학술 연구 수준은 미국과 유럽이 크게 앞서고 있는 가운데, 한국, 일본, 중국이 비슷한 정도로 평가됨
- [플렉서블 디스플레이] h-index 평가에 의한 한국의 학술연구 활동 및 영향력은 최선진국(미국)의 37% 수준, 유럽, 일본, 중국 대비는 각각 43%, 88%, 110% 수준으로 평가됨
- [플렉서블 태양전지] h-index 평가에 의한 한국의 학술연구 활동도 및 영향력 정도는

최선진국(미국)의 41% 수준, 유럽, 일본, 중국 대비는 각각 43%, 102%, 82% 수준으로 평가됨

- [플렉서블 소자] h-index 평가에 의한 한국의 학술연구 활동도 및 영향력 정도는 최선진국(미국)의 38% 수준, 유럽, 일본, 중국 대비는 각각 48%, 81%, 86% 수준으로 평가됨
- [E-섬유] h-index 평가에 의한 한국의 학술연구 활동도 및 영향력 정도는 최선진국(유럽)의 46% 수준, 미국, 일본, 중국 대비는 각각 49%, 117%, 72% 수준으로 평가됨

○ 주요 연구기관 분석: 하기의 그림은 플렉서블 IT 소재 기술의 중분류 분야별로 최다 논문 상위 10위까지의 연구기관과 이들 연구 기관의 h-index를 나타냄



<그림 I -33> 플렉서블 IT 소재 기술의 중분류별 상위 10위 학술 연구기관

- [플렉서블 디스플레이] 최다논문 상위 10개 중 중국이 5개, 미국이 4개, 유럽이 1개 연구기관인 것으로 조사되었으며 한국 최다논문 연구기관은 서울대가 14위에 랭크됨
- [플렉서블 디스플레이] 연구 영향력의 척도인 h-index에서는 미국의 MIT 대학이 31로서 가장 높았고 미국의 Stanford University(24), UC Berkeley(20)의 순서로 랭크됨
- [플렉서블 태양전지] 최다논문 상위 10개 중 미국이 3개, 유럽이 2개, 대만이 2개, 한국, 일본, 중국이 각 1개 연구기관인 것으로 조사되었으며 한국 최다논문 연구기관은 부산대학교가 9위에 랭크됨

- [플렉서블 태양전지] 연구 영향력의 척도인 h-index에서는 미국의 National Renewable Energy Laboratory가 43으로서 가장 높았고 미국의 Stanford University(38), 영국의 Imperial College London(36)의 순서로 랭크됨
- [플렉서블 소자] 최다논문 상위 10개 중 중국이 5개, 미국이 3개, 일본, 대만이 각 1개 연구기관인 것으로 조사되었으며 한국 최다논문 연구기관은 서울대가 11위에 랭크됨
- [플렉서블 소자] 연구 영향력의 척도인 h-index에서는 미국의 University of illinois at Urbana-Champaign가 20으로서 가장 높았으며 미국의 IEEE(18), 일본의 University of Tokyo(16)의 순서로 랭크됨
- [E-섬유] 최다논문 상위 10개 중 유럽이 5개, 호주가 2개, 미국, 중국, 홍콩이 각 1개 연구기관인 것으로 조사되었으며 한국 최다논문 연구기관은 연세대가 17위에 랭크됨
- [E-섬유] 연구 영향력의 척도인 h-index에서는 홍콩의 Hong Kong Polytechnic University가 17로서 가장 높았으며 이탈리아의 Universita di Pisa(14), 호주의 Deakin University(13)의 순서로 랭크됨

(2) 특허 분석

○ 본 특허 분석에서 작성한 ‘플렉서블 IT 소재’기술 분야의 중분류별 검색식은 다음과 같음

<표 I -29> 플렉서블IT 소재기술의 중분류별 검색식

중분류	검색식 및 검색건수
플렉서블 디스플레이	((프렉서* 프렉서* 플렉서* 플렉서* 플렉시* 플렉시* 신축* 가요* 유연* 접을* 접힘* 구부* 굽힘* 연성* flex* pliabl* bendabl* curv* folderble* conformable*) adj (디스플레이* 영상* 이미지* 화상* 모니터* 텔레비* 액정* 엘이디* display* imag* TV* LCD LED OLED)) and (기판* 전극* 음극* 양극* 패널* 판넬* 파넬* 판넬* 팬넬* 팬날* 팬넬* substrat* PCB electrod* panel* pannel*)
플렉서블 태양전지	((프렉서* 프렉서* 플렉서* 플렉서* 플렉시* 플렉시* 신축* 가요* 유연* 접을* 접힘* 구부* 굽힘* 연성* flex* pliabl* bendabl* folderble* conformable*) and (((태양* 솔라* solar*) adj (전지* 셀* cell*)) 태양전지)) and (기판* 전극* 음극* 양극* 패널* 판넬* 파넬* 판넬* 팬넬* 팬날* 팬넬* substrat* PCB electrod* panel* pannel*)
플렉서블 소자	((프렉서* 프렉서* 플렉서* 플렉서* 플렉시* 플렉시* 신축* 가요* 유연* 접을* 접힘* 구부* 굽힘* 연성* flex* pliabl* bendabl* folderble* conformable*) near2 (센서* 센싱* 트랜지스터* 트랜지스터* 메모리* 반도체 sens* transist* memory* semiconductor)) and (기판* 전극* 음극* 양극* 패널* 판넬* 파넬* 판넬* 팬넬* 팬날* 팬넬* substrat* PCB electrod* panel* pannel*) and (화학* 바이오* 촉각* 유기* 무기* 산화* 전도* 고분자* 폴리머* 그래핀* 그래핀* 나노* chemi* bio* touch* tactil* organi* inorgani* oxidat* conducti* macromolecul* polymer* graphen* nano*)
E-섬유	((전자섬유* 전기섬유* 스마트섬유* 전자의류* 전기의류* 스마트의류* 전자

의복* 전기의복* 스마트의복* 전자옷* 전기옷* 스마트옷* 전자직물* 전기직물* 스마트직물* 전자옷감* 전기옷감* 스마트옷감* fibertronics* e-textile* ((전자* 전기* 스마트* electric* electro* smart*) near (섬유* 패브릭* 페브릭* 텍스타일* 텍스타일* 직물* 의류* 옷감* fabrics* textile* wear*)) and (나노* 그래핀* 그라핀* 전도* 고분자* 폴리머* 전해* 유기* nano* graphen* conduct* macromolecul* polymer* eletrol* organ* LLZO LAGP CNT)))

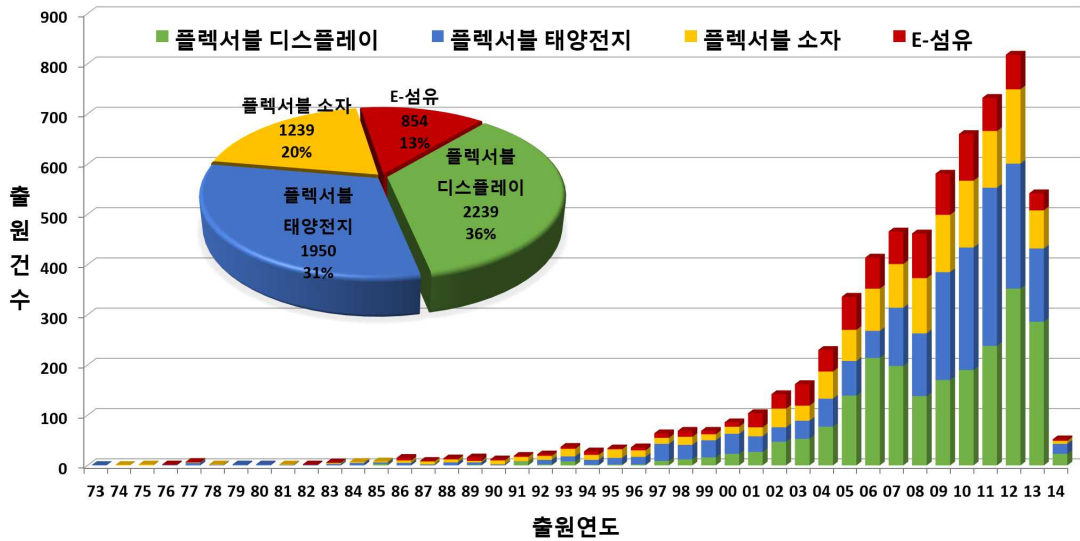
○ **유효특허건수:** 검색식 및 노이즈 제거 작업을 통한 '플렉서블 IT소재' 기술 분야의 기술시장 (특허청)별·중분류별 유효 특허건수는 다음과 같이 산출됨

<표 I -30> 플렉서블IT소재 기술의 기술시장별·중분류별 유효특허건수

중분류	한국 (KIPO)	미 국 (USPTO)	일본 (JPO)	중국 (SIPO)	유럽 (EPO)	P C T (WO)	합계
플렉서블 디스플레이	663	626	179	530	86	155	2,239
플렉서블 태양전지	254	507	449	545	59	136	1,950
플렉서블 소자	186	527	106	257	58	105	1,239
E-섬유	411	164	66	111	28	74	854
합계	1,514	1,824	800	1,443	231	470	6,282

- 기술시장별로 미국특허청(USPTO)이 유효특허 6,282건 중에서 1,824건으로 가장 많은 특허 출원 건수를 보이고 있으며, 그 뒤를 이어 한국(1,514건), 중국(1,443건), 일본(800건), 유럽(231건)의 순으로 해당 분야에 대한 출원이 활발히 이루어지고 있는 것으로 나타남

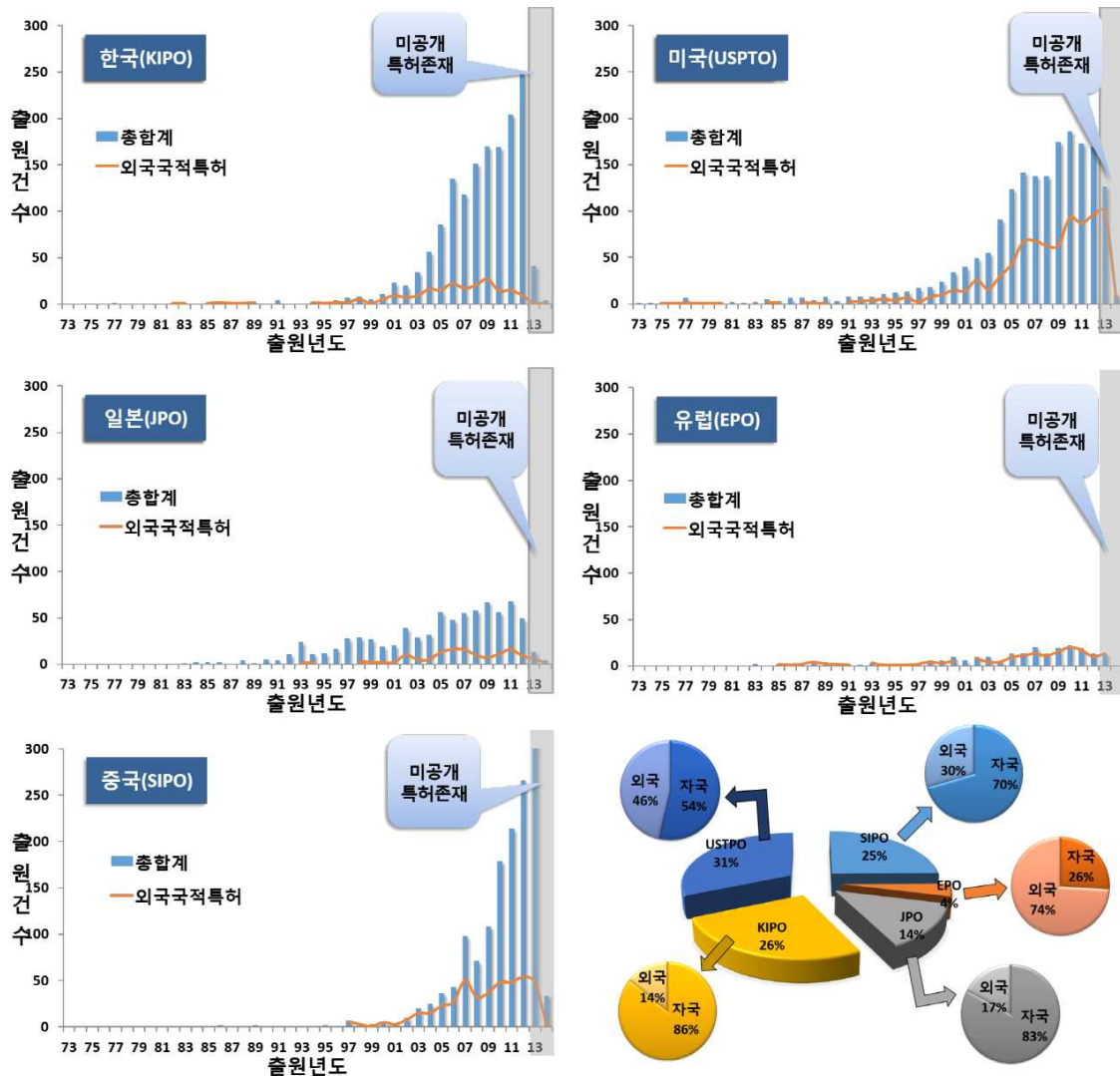
○ **주요 시장국 연도별 전체 특허 동향:** 하기의 그림은 출원연도(등록연도)에 따라 특허출원 건수를 시계열적으로 표현한 선형그래프로써 플렉서블 IT 소재 기술의 연도별 특허 현황을 나타냄



<그림 I -34> 플렉서블 IT소재 기술의 연도별 특허 출원건수

- 플렉서블 디스플레이 및 플렉서블 태양전지 분야에 대한 출원 비중이 가장 높은 것으로 조사되었으며, 플렉서블 IT에 대한 4가지 중분류 모두 2000년대에 들어서면서부터 특허 출원 활동이 급증하는 것을 확인할 수 있음
- 기술별 점유율을 살펴보면, 플렉서블 디스플레이 분야가 2239건으로 36%의 점유율을 차지하고 있고, 그 다음으로 플렉서블 태양전지 분야가 1950건으로 31%, 플렉서블 소자 분야가 1239건으로 20%, E-섬유 분야가 854건으로 13%의 점유율을 차지하고 있음
- 2006년경을 기점으로 이후 플렉서블 태양전지 분야의 특허 출원 비율이 높아진 것은 신 재생 에너지 분야의 필요성에 대한 인식으로 해당 분야의 시장 확대가 일어나고 있음을 함의

○ 주요 시장국 연도별 내·외국인 특허출원현황: 하기의 그림은 특허출원국가별로 총 특허출원 건수(막대그래프)와 비자국민 국적의 특허 건수를 분포(실선)를 출원연도(등록연도)에 대해 나타낸 그래프로써, 플렉서블 IT 소재분야의 특정시장에서의 출원활동과 내·외국인의 특허출원비중의 추이를 표시함



<그림 1-35> 플렉서블IT소재 기술의 국가별·연도별 및 자국·외국인별 특허출원 현황

- [USPTO] 1997년부터 지속적으로 출원이 유지되고 있으며, 2000년대 중반부터 출원 건수가 급증함
- [KIPO] 2000년대 초반까지는 출원이 거의 없으나, 2005년을 기점으로 출원이 급격히 증가하여, 현재는 가장 관련 출원이 활발하게 진행되고 있는 기술 시장임
- [KIPO] 2000년대 초반부터 출원이 급증하고 있으며 다수의 국내출원을 바탕으로 해외 출원을 시도하고 있으며 상대적으로 낮은 외국인 출원비율을 고려할 때, 외국기술에 대한 의존도가 낮으며, 플렉서블 IT분야에 대한 독자적인 기술력을 갖춘 것으로 판단됨
- [SIPO] 2005년경까지 관련 출원이 거의 없었으나, 2000년대 후반부터 급격하게 관련 출원이 증가하여 2013년에는 조사 국가 중에서 최다인 305개의 특허가 출원되었음
- [JPO] 1990년대부터 지속적으로 특허가 출원되고 있으나 한국, 중국, 미국 등과 같은 특허출원 건수의 급격한 증가는 발견되지 않음
- [JPO] 관련 기술에 대한 외국인의 출원 비율이 낮고 일본 국적의 출원인의 해외 출원 비율이 높다는 것을 고려할 때, 일본은 플렉서블 IT 분야에 대한 외국기술의 의존도가 낮음

며, 독자적인 기술을 갖춘 것으로 판단됨

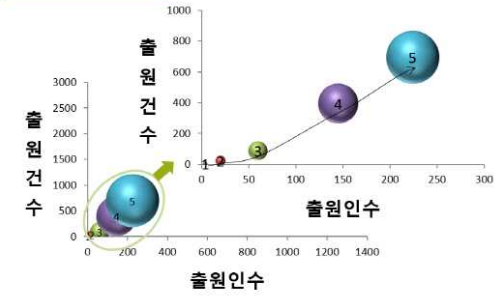
- [EPO] 한국, 일본, 미국 등과 비교할 때 가장 낮은 출원 건수를 보이고 있음
- 미국, 중국 등 넓은 시장을 가지고 있는 국가에서는 외국인의 출원비율이 높으며, 한국, 일본 등 수출 위주의 국가에서는 내국인의 출원비율이 높음

○ 기술 시장 성장단계 분석: 하기의 그림은 플렉서블 IT 소재 기술 분야에서 조사 기간을 5개 출원구간으로 구분하여 출원건수(특허건수)와 출원인수(특허권자수)를 2차원 버블차트로 구현한 그래프로서 버블의 크기는 출원인수(특허권자수)를 나타냄⁴⁰⁾

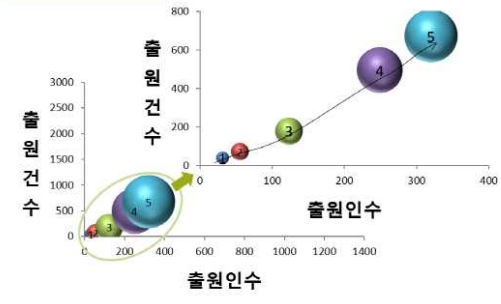
40) 조사대상기간은 20년(1992~2011년)으로 설정하였으며, 기간을 5개 구간으로 나누었고, 각 구간은 1구간(1992-1995년), 2구간(1996-1999년), 3구간(2000-2003년), 4구간(2004-2007년), 5구간(2008-2011년)으로 나누었음



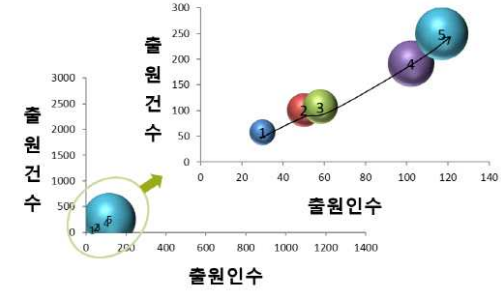
한국(KIPO)



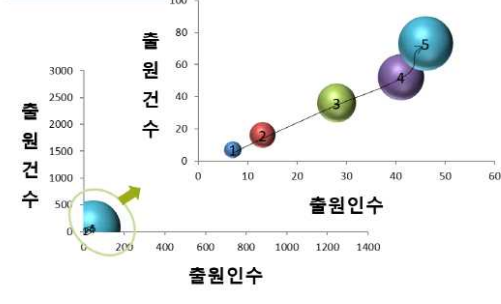
미국(USPTO)



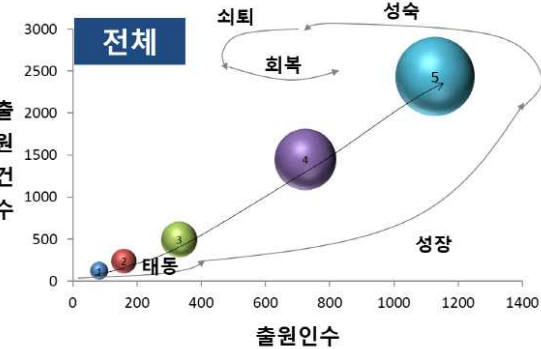
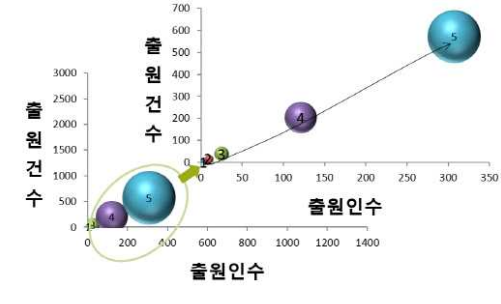
일본(JPO)



유럽(EPO)



중국(SIPO)



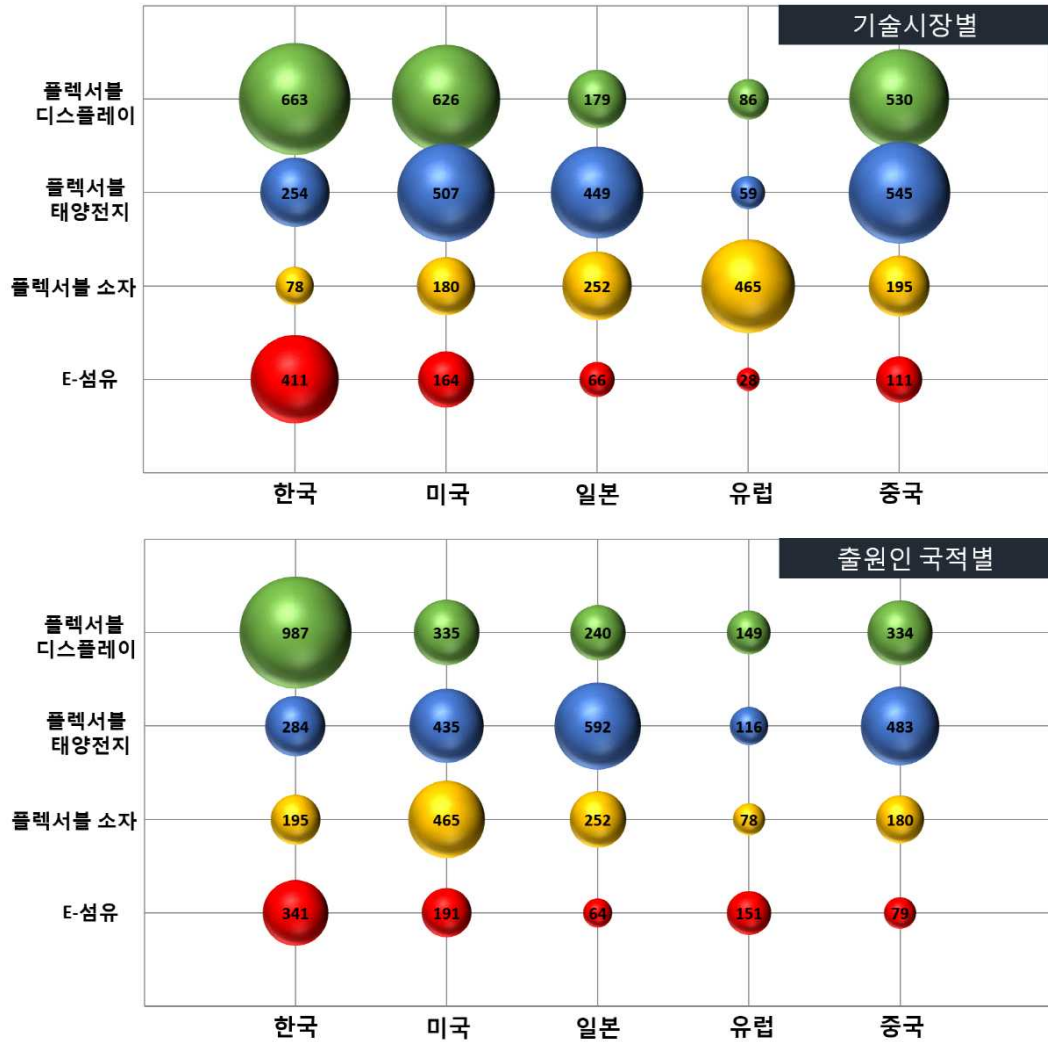
〈그림 I -36〉 플렉서블 IT 소재 기술의 전체 및 국가별 기술시장 성장단계

- 포트폴리오로 나타낸 전체특허의 기술 위치는 전체적으로 1구간(1992년~1995년), 2구간(1996년~1999년), 3구간(2000년~2003년), 4구간(2004년~2007년), 5구간(2008년~2011년)

까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계에 있으며, 특히 3구간(2000년~2003년)에서 4구간(2004년~2007년), 4구간(2004년~2007년)에서 5구간(2008년~2011년)사이에서 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하고 있어 이 시기에 급격한 기술 개발이 이루어진 것으로 분석되며, 현재까지 계속적으로 기술개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨

- 한국, 미국, 일본, 유럽 및 중국의 특허 기술 위치 모두 전체적인 특허의 기술 위치와 유사하게 진행되고 있으며, 현재 성장기 또는 성숙기 단계에 있는 것으로 나타나고 있음
- [KIPO] 1구간(1992년~1995년)에서 3구간(2008년~2011년)사이의 태동단계를 거친 후, 3구간(2000년~2003년)부터 5구간(2008년~2011년)까지 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하는 성장 단계에 있음
- [KIPO] 4구간(2000년~2003년) 및 5구간(2008년~2011년)에서는 급격한 기술 개발이 이루어진 것으로 분석됨
- [USPTO] 1구간(1992년~1995년), 2구간(1996년~1999년)의 태동단계를 거친 후, 3구간(2000년~2003년)부터 5구간(2008년~2011년)까지 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하는 성장 단계에 있음
- [USPTO] 4구간에서 출원인 수 및 출원건수가 급격히 증가하였으나, 이후 5구간에서는 상대적으로 출원인수 및 출원 건 수의 증가 비율이 떨어지고 있는 패턴으로서 성장단계가 끝나고 성숙단계로 진입할 것으로 예상됨
- [JPO] 1구간(1992년~1995년), 2구간(1996년~1999년)의 태동 단계를 거친 후, 3구간(2000년~2003년)에서 4구간(2004년~2007년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 증가하는 성장 단계를 보이고 있으며, 5구간(2008년~2011년)에서는 출원인의 수가 오히려 감소하는 경향을 보이고 있으므로 점차 성숙 단계로 진입하고 있음
- [SIPO] 1구간(1992년~1995년), 2구간(1996년~1999년), 3구간(2000년~2003년)의 태동 단계를 거친 이후에, 4구간(2004년~2007년) 및 5구간(2008년~2011년)에서 급속하게 특허출원건수와 출원인의 수가 증가하고 있는 양상을 보여, 해당 구간에서 기술개발 빈도가 크게 증가하는 형태의 성장 단계의 패턴을 보이고 있음
- [EPO] 특허출원 건수가 적어 정확한 판단이 곤란하나, 1구간(1992년~1995년) 및 2구간(1996년~1999년)의 태동 단계 이후, 4구간(2004년~2007년)까지 성장단계를 지속하고 있으며 5구간(2008년~2011년)에서도 성장을 계속하고 있으나, 상대적으로 출원인의 증가 비율이 낮기 때문에 앞으로 성숙단계로 진입할 가능성이 높을 것으로 예상됨

○ 기술시장별 중분류 기술의 점유율 현황: 하기의 그림은 기술시장(특허청) 및 출원인 국적 별로 데이터를 기준으로 플렉서블 IT 소재 기술의 중분류 기술별 집중도를 버블그래프로 나타냄

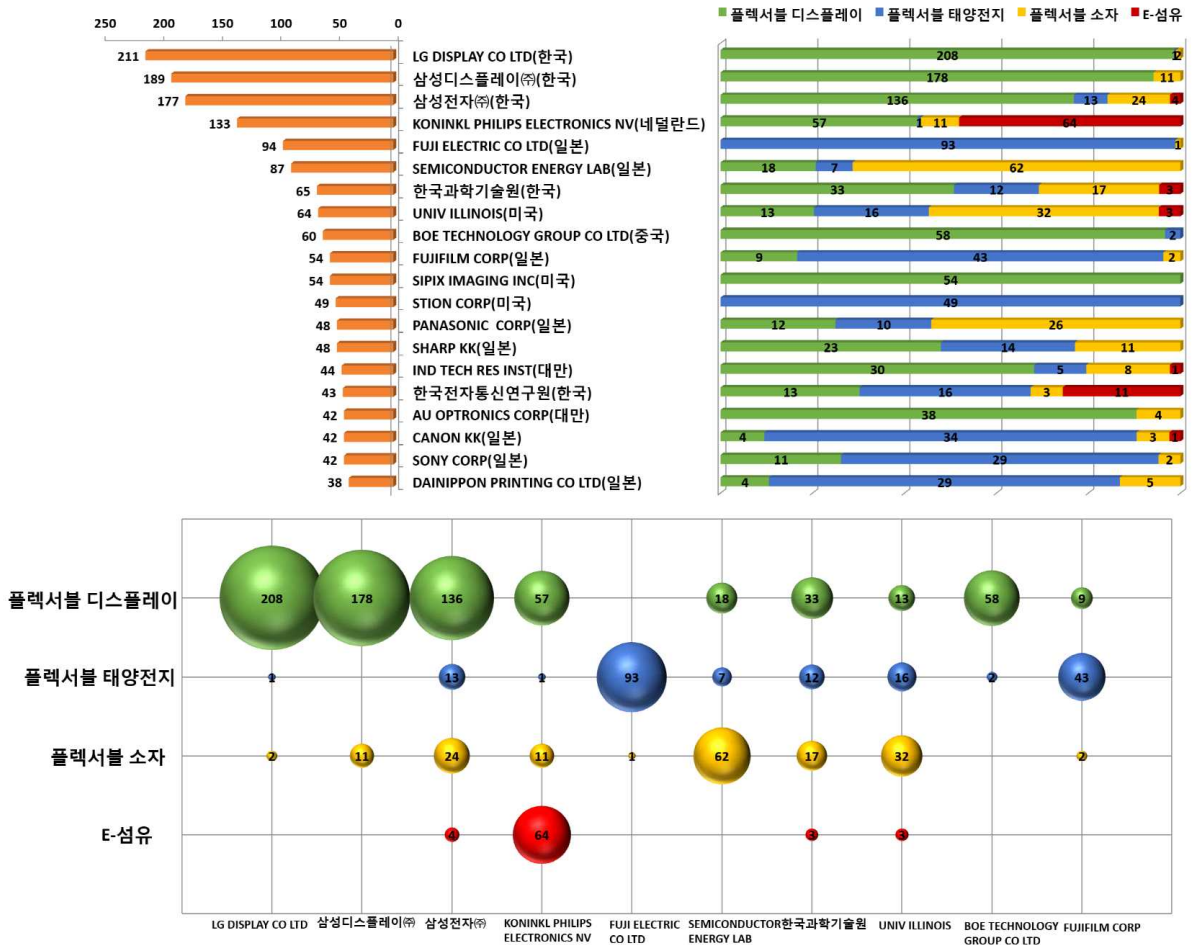


<그림 I -37> 플렉서블 IT소재 기술의 기술 시장 및 출원인 국적별 세부기술 집중도 현황

- 전체적으로 모든 분야에서 미국이 가장 활발한 특허 출원 활동을 보이는 것으로 나타났고, 그 다음으로 한국과 중국, 일본의 순으로 조사됨
- **[한국]** 기술시장(특허청) 및 기술보유(출원인 국적) 측면 모두에서, 플렉서블 디스플레이 및 E-섬유 관련 특허출원이 가장 활발하게 이루어지고 있으나, 상대적으로 플렉서블 태양전지나 플렉서블 소자에 대한 출원이 저조함
- **[미국]** 기술시장(특허청) 및 기술보유(출원인 국적)측면 모두, 중분류 기술 전분야에서 고른 특허 출원 활동을 보이고 있음
- **[일본]** 플렉서블 디스플레이보다 플렉서블 태양전지 분야에 대한 기술시장이 크고 기술개발 또한 활발하게 이루어지고 있는 것으로 보이며, 플렉서블 소자나 E-섬유에 대한 출원은 상대적으로 저조한 것으로 나타남
- **[중국]** 전체적으로 세부기술 분야에 대하여 고르게 특허출원이 진행되고 있으며, 특히 플렉서블 디스플레이, 플렉서블 태양전지 분야에서는 출원활동이 활발함

- [유럽] 다른 나라에 비해 상대적으로 특허 출원 활동이 저조하나 상대적으로 E-섬유 분야에서 기술 개발(기술 보유)이 활발함

○ 주요 출원인 분석 (전체 분석): 하기의 그림에서 플렉서블 IT 소재 분야의 상위 20위까지의 다출원인의 특허건수와 이들 상위 20위 다출원인의 중분류 기술별 특허집중도를 나타냄



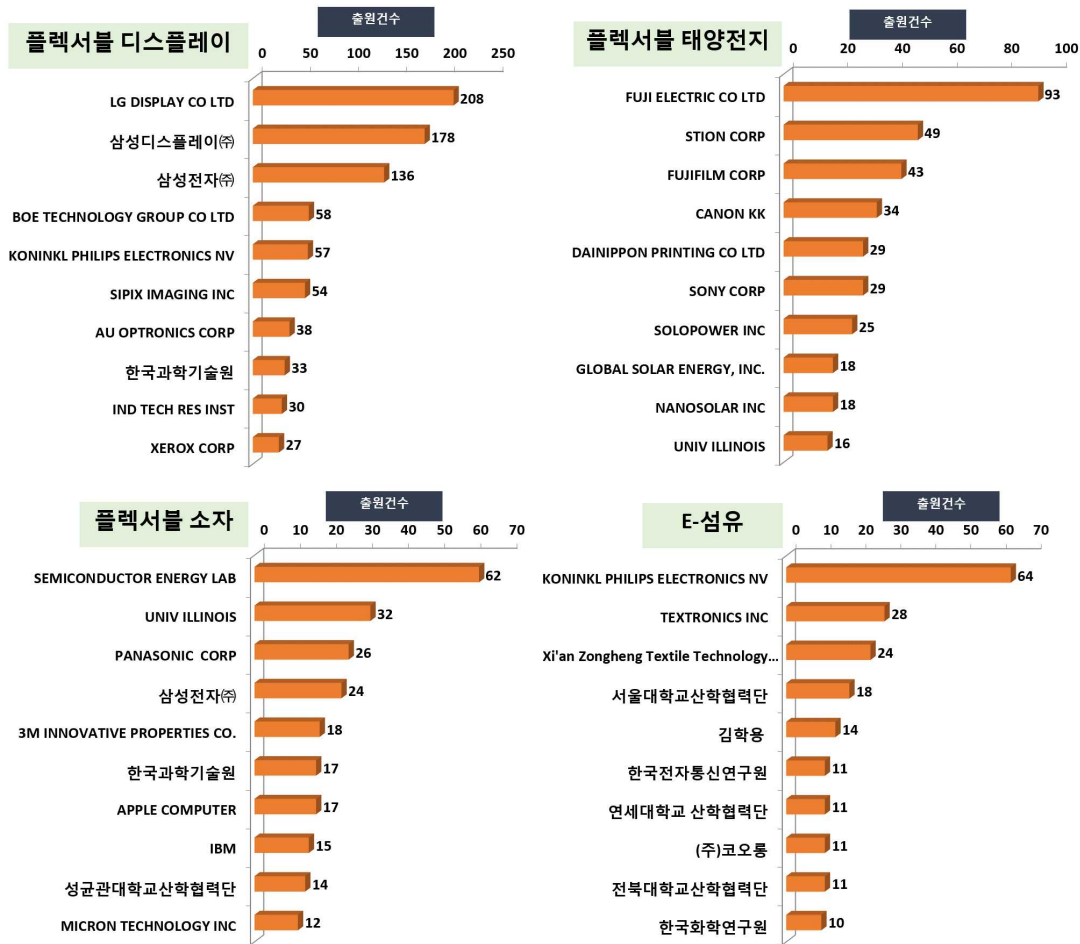
<그림 1-38> 플렉서블 IT 소재 기술의 주요 출원인

- 전체 특허의 다출원인 통계로부터, 한국의 LG DISPLAY CO LTD가 211건으로 가장 많은 출원 건수를 보였고, 그 다음으로 삼성디스플레이(주)가 189건, 삼성전자(주)가 177건, 네덜란드의 KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV가 133건, 일본의 FUJI ELECTRIC CO LTD가 93건의 출원 건수를 나타냄
- LG DISPLAY CO LTD, 삼성디스플레이, 삼성전자 등의 상위 출원인들은 디스플레이 개발업체로서, 대부분 플렉서블 디스플레이 분야에 대한 특허출원을 집중하고 있으며, FUJI ELECTRIC CO LTD, STION CORP 등은 플렉서블 태양전지 분야에 대한 특허출원에 집중하여 출원하고 있음
- 한국과학기술원, UNIV ILLINOIS, 한국전자통신연구원 등의 연구기관 등에서는 플렉서블

IT의 다양한 분야에 대하여 고르게 특허출원을 진행함

- 각 국의 최다출원인으로서, 한국에서는 LG DISPLAY CO LTD, 미국에서는 삼성디스플레이(주), 일본의 경우에는 FUJI ELECTRIC CO LTD, 유럽에서는 삼성전자(주), 중국에서는 BOE TECHNOLOGY GROUP CO LTD이 가장 많은 출원건수를 보임

○ 주요 출원인 분석 (세부기술 분석): 하기의 그림에서 플렉서블 IT 소재 분야의 중분류 기술별 다출원인을 상위 10위까지 막대그래프로 나타남



<그림 I -39> 플렉서블 IT 소재 중분류 기술별 주요 출원인 상위 10위

- [플렉서블 디스플레이] LG DISPLAY CO LTD, 삼성디스플레이(주) 및 삼성전자(주)가 각각 208건, 178건 136건을 출원한 다출원인에 해당하며, 이외에도 58건을 출원한 BOE TECHNOLOGY GROUP CO LTD 등의 중국 기업과, 57건을 출원한 KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV 등의 네덜란드 기업이 포함됨
- [플렉서블 태양전지] 대부분이 일본 및 미국 기업이며, 상위 10개의 주요출원인 중에서 일본이 5개(FUJI ELECTRIC CO LTD, FUJIFILM CORP, CANNON KK, DAINIPPON PRINTING CO LTD, SONY CORP), 미국이 5개(STION CORP, SOLOPOWER INC,

GLOBAL SOLAR ENERGY, INC., NANOSOLAR INC, UNIV ILLINOIS)를 각각 차지하고 있음

- [플렉서블 소재] 일본의 SEMICONDUCTOR ENERGY LAB이 62건으로 가장 많은 특허를 출원하고 있으며, 그 다음으로는 미국의 UNIV ILLINOIS (32건), 일본의 PANASONIC CORP (26건), 한국의 삼성전자(주) (24건) 등의 순으로 랭크됨
- [E-섬유] KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV (64건), 미국의 TEXTRONICS INC (28건), 중국의 Xi'an Zongheng Textile Technology (24건)의 순으로 다출원하고 있으며 한국의 경우, 서울대학교 산학협력단, 개인출원인인 김학용, 한국전자통신연구원 등을 비롯하여 다양한 출원인이 E-섬유 관련 특허출원을 진행하고 있음

(3) 기술수준 분석

○ 플렉서블 IT 소재 기술 분야의 i) 기술 수준, ii) 연구 인프라 수준, iii) 기술 수준 향상 방안, iv) 융합 관련 항목에 대한 설문 평가를 실시

○ [기술수준: 최고기술 보유국] 플렉서블 IT 소재 기술 분야의 최고기술 보유국 평가를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「상기의 분야는 귀하께서 선택하신 플렉서블 IT 소재 기술의 응용 분야입니다. 귀하의 경험과 지식에 비추었을 때, 선택하신 분야의 연구 단계별 최고기술 보유국을 선택해주시시오. 단, 최고기술보유국이 복수개인 경우, 모두 선택해주시고, 최고기술보유국이 5개국 중에 없는 경우 기타란에 국가를 입력해주시시오. 」

STEP 3 응답 기술 선택 [플렉서블 디스플레이]

3-1 상기의 분야는 귀하께서 선택하신 "플렉서블 IT소재"의 기술 분야입니다. 귀하의 경험과 지식에 비추었을 때, 선택하신 분야의 연구 단계별 최고기술 보유국을 선택해주시시오.
 단, 최고기술보유국이 복수개인 경우 모두 선택해주시고, 최고기술보유국이 5개국 중에 없는 경우 기타란에 국가를 입력해주시시오.

기초연구 ^[1]						응용 연구 개발 ^[2]					
한국	중국	일본	미국	EU	기타	한국	중국	일본	미국	EU	기타
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

[1] 기초연구: 응용 연구 개발에 기초, 기반이 되는 이론적 또는 실험적 성형 연구
 [2] 응용 연구 개발: 기초연구의 결과로 얻어진 지식을 이용하여 i) 새로운 제품 및 장치를 생산하거나, ii) 이미 생산 또는 설치된 제품을 개선하기 위한 연구

〈그림 I -40〉 최고기술 보유국 평가를 위한 인터넷 설문 화면

〈표 I -31〉 플렉서블 IT 소재 기술 중분류별·연구단계별 최고기술 보유국 평가 결과

중분류	기초 연구	응용연구·개발
	최고기술보유국	최고기술보유국
플렉서블 디스플레이	일본	일본
플렉서블 태양전지	EU	일본
플렉서블 소자	미국	미국
E-섬유	미국	미국
플렉서블 IT소재 기술 평균	미국	일본

- [플렉서블 디스플레이] 기초 연구 단계와 응용연구·개발 단계 모두 최고기술 보유국은 일본으로 조사됨
- [플렉서블 태양전지] 기초 연구 단계의 최고기술 보유국은 EU, 응용연구·개발 단계의 최고기술 보유국은 일본으로 조사됨
- [플렉서블 소자] 기초 연구 단계와 응용연구·개발 단계 모두 최고기술 보유국은 미국으로 조사됨
- [E-섬유] 기초 연구 단계와 응용연구·개발 단계 모두 최고기술 보유국은 미국으로 조사됨
- [플렉서블 IT소재 기술 전반] 기초 연구 단계의 최고기술 보유국은 미국, 응용연구·개발 단계의 최고기술 보유국은 일본으로 조사됨

○ [기술수준: 최고기술 보유국 대비 주요국 기술 수준] 주요국의 플렉서블 IT 소재 기술 분야 기술 수준 상대평가⁴¹⁾를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「귀하께서 선택하신 분야의 연구 단계별, 최고기술 보유국(100%) 대비 상대적 기술 수준을 국가별로 입력해주시시오. (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%) 」

41) ① 최고기술 (세계최고기술), ② 선도기술 (기술 분야 선도), ③ 추격기술 (선진기술 모방), ④ 후발 (선진기술 도입적용 가능), ⑤ 낙후 (연구개발 능력 취약)의 5개 수준으로 나눌 수 있으며 기술 수준 백분율로는 최고기술이 100%, 선도기술이 81~99%, 추격기술이 61~80%, 후발기술이 41~60%, 낙후기술이 0~20% 범위대를 각각 갖는 것으로 정의

3-2 선택하신 분야의 연구 단계별, 최고기술 보유국(100%) 대비 상대적 기술 수준을 국가별로 입력해주시오.
(최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~40%)

국가	기초연구			국가	응용 연구 개발		
	기술수준	최고기술 보유국 대비 상대적 기술수준	최고기술 보유국과 기술격차		기술수준	최고기술 보유국 대비 상대적 기술수준	최고기술 보유국과 기술격차
한국	선도	81%	0년	한국	추격	61%	0년
중국	선도	81%	0년	중국	선도	81%	0년
일본	선도	81%	0년	일본	최고	100%	0년
미국	최고	100%	0년	미국	선도	81%	0년
EU	선도	81%	0년	EU	선도	81%	0년

<그림 I -41> 최고기술 보유국 대비 주요국 기술 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I -32> 플렉서블 IT 소재 기술 중분류별 · 연구단계별 · 국가별 상대적 기술수준 평가 결과
(백분율)

중분류	기초 연구					응용연구 · 개발				
	한국	미국	일본	EU	중국	한국	미국	일본	EU	중국
플렉서블 디스플레이	83.7	94.7	96.1	89.4	64.4	90.1	92.0	93.7	85.4	67.6
플렉서블 태양전지	76.0	94.6	95.2	95.6	71.5	78.5	93.5	96.2	94.2	73.3
플렉서블 소자	81.6	96.2	92.6	86.5	70.2	83.8	95.8	94.2	87.3	69.6
E-섬유	80.0	100	94.8	85.8	74.5	80.0	100	89.8	85.0	71.3
플렉서블 IT소재 평균	80.1	95.2	95.1	91.2	68.7	83.9	93.6	94.6	89.2	70.4

- [플렉서블 디스플레이] 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 일본의 뒤를 이어 미국(선도), EU(선도), 한국(선도), 중국(추격)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 일본의 뒤를 이어 미국(선도), 한국(선도), EU(선도), 중국(추격)의 순으로 조사됨
- [플렉서블 태양전지] 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 EU의 뒤를 이어 일본(선도), 미국(선도), 한국(추격), 중국(추격)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 일본의 뒤를 이어 EU(선도), 미국(선도), 한국(추격), 중국(추격)의 순으로 조사됨
- [플렉서블 소자] 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 일본(선도), EU(선도), 한국(선도), 중국(추격)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 일본(선도), EU(선도), 한국(선도), 중국(추격)의 순으로 조사됨
- [E-섬유] 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 일본(선도), EU(선도),

한국(선도), 중국(추격)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 일본(선도), EU(선도), 한국(선도), 중국(추격)의 순으로 조사됨

- [플렉서블 IT소재 기술 전반] 플렉서블 IT소재 기술 전반의 평균적 기술 수준은 기초 연구 단계에서는 최고 기술국인 미국의 뒤를 이어 일본(선도), EU(선도), 한국(선도), 중국(추격)의 순으로, 응용연구·개발 단계에서는 최고 기술국인 일본의 뒤를 이어 미국(선도), EU(선도), 한국(선도), 중국(추격)의 순으로 조사됨



<그림 I -42> 플렉서블 IT소재 중분류별·연구단계별·국가별 상대적 기술수준 버블그래프

○ [기술수준: 전 세계적 기술수준 발전단계] 플렉서블 IT소재 기술 분야의 전 세계적 기술수준 발전단계⁴²⁾ 평가를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「전세계적인 기술발전 추세를 감안했을 때 선택하신 분야의 기술수명 주기상 발전단계를 선택해주시오. 」

3-3 전세계적인 기술발전 추세를 감안했을 때 선택하신 분야의 기술수명 주기상 발전단계를 선택해주시오.
(아래의 바를 움직여서 선택해 주십시오.)

선택값 : 23

개 발 기	도 입 기	성 장 기	성 숙 기	쇠퇴 기
기술이 처음 시장에 진입하기 전의 연구개발 단계 (이론적 실현 가능성 탐, 등)	기술이 개발되어 시장 진입을 시도하는 단계 (기술적 실용성, 경제성 검토 단계)	기술이 본격적으로 상용화되는 단계	기술의 적용이 확대되어 다양한 분야에서 응용되거나 원형 기술이 진화되는 단계	기술의 우수성 또는 필요성이 하락하여 가치가 하락하는 단계

<그림 I -43> 전 세계적 기술수준 발전단계 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I -33> 플렉서블 IT소재 기술 중분류별 전 세계적 기술수준 발전단계 (수치는 발전단계 백분율 값)

중분류	개발기 (0 ~ 20)	도입기 (20 ~ 40)	성장기 (40 ~ 60)	성숙기 (60 ~ 80)	쇠퇴기 (80 ~ 100)
플렉서블 디스플레이		35.6			
플렉서블 태양전지		28.2			
플렉서블 소자		34.1			
E-섬유		22.8			
플렉서블 IT소재 평균		31.7			

- [플렉서블 디스플레이] 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 35.6으로서 도입기에 있는 기술 분야로 조사됨
- [플렉서블 태양전지] 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 28.2로서 도입기에 있는 기술 분야로 조사됨
- [플렉서블 소자] 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 34.1로서 도입기에 있는 기술 분야로 조사됨
- [E-섬유] 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 22.8로서 이제 막 개발기를 벗어나 도입기에 접어든 기술 분야로 조사됨
- [플렉서블 IT소재 기술 전반] 플렉서블 IT소재 전반의 평균적 기술수준 발전단계의 백분율 평가는 31.7으로서 도입기에 있는 기술 분야로 조사됨

42) ① 개발기 (기술이 처음 시장에 진입하기 전의 연구개발 단계), ② 도입기 (기술이 개발되어 시장 진입을 시도하는 단계), ③ 성장기 (기술이 본격적으로 상용화되는 단계), ④ 성숙기 (기술의 적용이 확대되어 다양한 분야에서 응용되거나 원형 기술이 진화되는 단계), ⑤ 쇠퇴기 (기술의 우수성 또는 필요성이 하락하여 가치가 하락하는 단계)의 5개 발전단계로 나눌 수 있으며 발전단계 백분율로는 개발기가 0-20%, 도입기가 20-40%, 성장기가 40-60%, 성숙기가 60-80%, 쇠퇴기가 80-100% 범위대를 각각 갖는 것으로 정의

○ [연구 인프라 수준: 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준] 플렉서블 IT소재 기술 분야의 연구단계별 한국의 연구 인프라⁴³⁾ 수준 평가⁴⁴⁾를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「선택하신 분야에 있어서, 우리나라의 각 연구단계별 연구수행에 필요한 연구 인프라 수준을 최고기술국 인프라 수준에 대비하여 평가해주시오. (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%) 」

3-6 선택하신 분야에 있어서, 우리나라의 각 연구단계별 연구수행에 필요한 연구인프라 수준을 최고기술국 인프라 수준에 대비하여 평가해주시오.
(최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~40%)

최고기술보장국의 기초 연구인프라(a) 구축 수준 대비 우리나라의 인프라 구축 수준		최고기술보장국의 응용연구·개발 인프라(a) 구축 수준 대비 우리나라의 인프라 구축 수준	
우리나라의 인프라 수준	추격	우리나라의 인프라 수준	선도
우리나라의 상대적 구축수준	82%	우리나라의 상대적 구축수준	88%

[a] 연구 인프라: 연구 수행의 기반을 제공하는 연구장비 시설의 첨단성, 유지보수 체계의 우수성, 사용 체계의 용이성 등, 효율적 연구 수행에 중요한 연구자 장비 및 관리체계

<그림 I-44> 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I-34> 플렉서블 IT소재 기술 중분류 및 연구단계별 한국의 연구 인프라 수준 평가 결과 (백분율)

중분류	기초 연구	응용연구·개발
플렉서블 디스플레이	82.7	90.3
플렉서블 태양전지	77.3	77.7
플렉서블 소자	83.8	85.0
E-섬유	83.8	83.7
플렉서블 IT소재 평균	80.8	83.9

- [플렉서블 디스플레이] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계, 응용연구·개발 단계 모두에서 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사되었으며 특히 응용연구·개발 단계에서의 연구 인프라 수준은 백분율 90.3의 고수치로서 해당 분야의 세계적 기업들인 삼성 디스플레이, LG디스플레이 등의 기업 연구 인프라 수준이 반영된 결과로 분석됨

43) 연구 수행의 기반을 제공하는 연구장비 시설의 첨단성, 유지보수 체계의 우수성, 사용 체계의 용이성 등, 효율적 연구 수행에 중요한 연구 제 장비 및 관리체계

44) ① 최고 (세계최고 연구인프라), ② 선도 (선진 연구인프라), ③ 추격 (선진 연구인프라 모방), ④ 후발 (선진 연구인프라 도입 가능), ⑤ 낙후 (연구인프라 기반 취약)의 5개 수준으로 나눌 수 있으며 기술 수준 백분율로는 ‘최고’가 100%, ‘선도’가 81~99%, ‘추격’이 61~80%, ‘후발’이 41~60%, ‘낙후’가 0~20% 범위대를 각각 갖는 것으로 정의

- [플렉서블 태양전지] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계, 응용연구·개발 단계 모두에서 추격 수준(선진 연구인프라 모방)으로 조사됨
- [플렉서블 소재] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계, 응용연구·개발 단계 모두에서 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨
- [E-섬유] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계, 응용연구·개발 단계 모두에서 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨
- [플렉서블 IT소재 기술 전반] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 플렉서블 IT소재 기술 전반의 평균적 연구 인프라 수준은 기초 연구 단계, 응용연구·개발 단계 모두에서 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨

○ [연구 인프라 수준: 연구주체별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준] 플렉서블 IT소재 분야의 연구주체별 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「선택하신 분야에 있어서, 최고기술을 보유하고 있는 해외 연구주체 대비 우리나라 연구주체의 상대적 연구인프라 수준을 선택해주시시오. (최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~20%)」

3-7 선택하신 분야에 있어서, 최고기술을 보유하고 있는 해외 연구주체 대비 우리나라 연구주체의 상대적 연구인프라 수준을 선택해주시시오.
(최고: 100%; 선도: 81~99%; 추격: 61~80%; 후발: 41~60%; 낙후: 0~40%)

산업계 (대기업 및 중소기업)		연구계 (국립 연구소 및 정부출연연구소 등)		학계 (대학 및 대학원)	
최고기술 기업이 속한 국가	한국	최고기술 연구계가 속한 국가	중국	최고기술 학계가 속한 국가	한국
우리나라 기업의 기술수준	최 고	우리나라 연구계의 기술수준	선 도	우리나라 학계의 기술수준	최 고
최고 대비 상대적 기술수준	100%	최고 대비 상대적 기술수준	96%	최고 대비 상대적 기술수준	100%

<그림 I -45> 연구단계별 최고기술국 대비 한국의 연구 인프라 수준 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I -35> 플렉서블 IT기술 중분류 및 연구주체별 한국의 연구 인프라 수준 평가 결과 (백분율)

중분류	산업계	연구계	학계
플렉서블 디스플레이	86.5	82.1	81.1
플렉서블 태양전지	78.1	80.7	79.3
플렉서블 소자	86.4	82.6	80.0
E-섬유	83.8	81.3	81.3
플렉서블 IT소재 평균	83.0	81.6	80.2

- [플렉서블 디스플레이] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 산업계, 연구계, 학계 모두 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사되었으며 연구주체 수준의 순서는 산업계, 연구계, 학계의 순으로 조사됨
 - [플렉서블 태양전지] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 산업계와 학계는 추격 수준(선진 연구인프라 모방), 연구계는 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사되었으나 세 주체 모두 수준 경계치인 80.0 근처의 값으로서 큰 차이는 없는 것으로 판단됨
 - [플렉서블 소자] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 산업계, 연구계, 학계 모두 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨
 - [E-섬유] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 연구 인프라 수준은 산업계, 연구계, 학계 모두 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨
 - [플렉서블 IT소재 기술 전반] 최고기술국 연구 인프라 수준 대비, 한국의 플렉서블 IT소재 기술 전반의 평균적 연구 인프라 수준은 산업계, 연구계, 학계 모두 선도 수준(선진 연구인프라)으로 조사됨
- [기술 수준 향상방안] 플렉서블 IT소재 기술 분야의 기술 수준 향상을 위한 정부의 정책 우선순위 평가를 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음
- [설문문항] 「선택하신 분야의 기술 수준 향상을 위해 향후 5년간 정부가 중점적으로 추진해야 할 정책을 2개를 선택하고 상대적 시급도⁴⁵⁾를 평가해주시시오.」

45) 시급도는 1 ~ 10 범위의 숫자로 상대적 우선순위를 평가. 시급도가 클수록 우선적으로 추진해야할 방안

4-1 선택하신 분야의 기술 수준 향상을 위해 향후 5년간 정부가 중점적으로 추진해야 할 정책을 2개를 선택하고 상대적 시급도를 평가해주시요.
(상대적 시급도의 합은 10입니다.)

구분	국내협력촉진	국제협력촉진	인력양성 및 유치	인프라 구축	법, 제도 개선	연구비 확대	합계
중점추진 정책	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
상대적 시급도	7		3				

<그림 I -46> 기술 수준 향상을 위한 정부의 정책 우선순위 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I -36> 플렉서블 IT소재 기술 정부의 정책 우선순위 평가 결과

중분류	국내협력 촉진	국제협력 촉진	인력양성 및 유치	연구 인프라 구축	법제도 개선	연구비 확대
플렉서블 디스플레이	4.3	4.5	4.4	5.0	5.0	5.5
플렉서블 태양전지	3.3	5.0	5.0	4.9	4.0	5.9
플렉서블 소자	4.1	6.0	5.3	5.0	3.0	5.8
E-섬유	-	-	5.0	4.0	-	5.5
플렉서블 IT소재 평균	3.9	5.3	4.9	4.9	4.0	5.7

- [플렉서블 디스플레이] 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘연구비 확대’로 조사됨
 - [플렉서블 태양전지] 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘연구비 확대’로 조사됨
 - [플렉서블 소자] 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘국제협력촉진’으로 조사됨
 - [E-섬유] 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘연구비 확대’로 조사됨
 - [플렉서블 IT소재 기술 전반] 플렉서블 IT소재 기술 전반에 대해, 기술 수준 향상을 위해 정부가 해야 할 최우선 정책은 ‘연구비 확대’로 조사됨
- [융합 관련] 플렉서블 IT소재 기술 분야의 6T 기술 요소를 평가하기 위한 세부 설문 내용과 평가 결과는 다음과 같음 (6T 요소 설문 평가를 통해 p-다이아그램 및 D-인덱스, S-인덱스를 평가함)
- [설문문항] 「선택하신 분야를 6T기술로 분류/분석했을 때 6T 요소를 백분율로 입력해주시요.»

3-5 선택하신 분야를 6T기술로 분류/분석했을 때 6T 요소를 백분율로 입력해주시시오.
(요소 기술의 합은 100%입니다.)

IT <input type="checkbox"/>	BT <input checked="" type="checkbox"/>	NT <input type="checkbox"/>	ET <input type="checkbox"/>	ST <input type="checkbox"/>	CT <input type="checkbox"/>	기타 <input type="text"/>	합계 %
<input type="text"/> %	100 %	<input type="text"/> %	<input type="text"/> %	<input type="text"/> %	<input type="text"/> %	<input type="text"/> %	%

<그림 I-47> 6T 기술 요소 평가를 위한 인터넷 설문 화면

<표 I-37> 지능형 로봇기술 중분류별 6T 기술요소 설문 평가에 따른 융합성 평가표

중분류(α)	6T(i)	$p_{\alpha,i}$	p-다이아그램	융합지수	
플렉서블 디스플레이	IT	0.3011		D_{α}/D_{max}	0.8154
	BT	0.0797		S_{α}/S_{max}	0.9218
	NT	0.1869			
	ST	0.0797			
	ET	0.1136			
	CT	0.0531			
	기타	0.1859			
플렉서블 태양전지	IT	0.1351		D_{α}/D_{max}	0.8662
	BT	0.1002		S_{α}/S_{max}	0.9348
	NT	0.2576			
	ST	0.0572			
	ET	0.2169			
	CT	0.0612			
	기타	0.1717			
플렉서블 소자	IT	0.3176		D_{α}/D_{max}	0.7962
	BT	0.1740		S_{α}/S_{max}	0.8057
	NT	0.2843			
	ST	0.0363			
	ET	0.1392			
	CT	0.0486			
	기타	0.0000			
E-섬유	IT	0.3336		D_{α}/D_{max}	0.7501
	BT	0.0357		S_{α}/S_{max}	0.6750
	NT	0.3571			
	ST	0.0000			
	ET	0.2379			
	CT	0.0357			
	기타	0.0000			
플렉서블 IT소재 평균	IT	0.2319		D_{α}/D_{max}	0.8962
	BT	0.1000		S_{α}/S_{max}	0.9335
	NT	0.2189			
	ST	0.0541			
	ET	0.1686			
	CT	0.0508			

	기타	0.1757		
--	----	--------	--	--

- [플렉서블 디스플레이] 중심에 작은 폐각형을 형성하는 전형적인 융합 기술 패턴의 p-다이어그램을 보이고 있으며, IT를 기반으로 NT와 기타 기술의 융·복합 기술로 파악됨
- [플렉서블 태양전지] 중심에 작은 폐각형을 형성하는 전형적인 융합 기술 패턴의 p-다이어그램을 보이고 있으며, IT, ET, NT의 융·복합 기술로 파악됨
- [플렉서블 소자, E-섬유] 설문 응답수가 적은 이유로 평가 신뢰도가 떨어지나 대체로 IT, NT, ET의 융복합 기술로 파악됨
- [플렉서블 IT소재 기술 전반] 주로 IT와 NT, ET, 6T 이외의 기타 기술이 조합된 형태의 융합성이 높은 기술군으로 파악됨 (D 인덱스= 0.896, S 인덱스= 0.934)

○ [융합 관련] 플렉서블 IT소재 기술 분야의 미래유망 융합기술⁴⁶⁾을 주관식 문항으로 응답 받았으며, 그 응답 결과는 다음과 같음

- [설문문항] 「플렉서블 IT소재 기술 분야에서 향후 기대되는 미래유망 융합기술을 제시해 주십시오.」

4.3 "플렉서블 IT소재" 기술 분야에서 향후 기대되는 미래유망 융합기술⁴⁶⁾을 제시해주시요.

[46] 미래유망 융합기술: 로봇공학과 로봇공학 이외의 기술이 융복합하여 산업경제적 가치/파급성이 촉발되거나 증대될 것으로 예상되는 미래기술

〈그림 I -48〉 미래유망 융합기술 제시의 인터넷 설문 화면

46) IT, 소재/소자 기술 등이 융복합하여 산업경제적 가치/파급성이 촉발되거나 증대될 것으로 예상되는 미래기술

<표 I -38> 플렉서블 IT소재 중분류별 향후 기대되는 미래융합 기술 일람

중분류	기대되는 미래융합기술
플렉서블 디스플레이	플렉서블 BLU, 투명 디스플레이 및 옥외 digital signage, 로봇기술과 디스플레이 기술 융합, Wearable Computer, Roll to Roll Process, 유기발광 및 유기반도체 재료 및 신제조 공정, 헬스 모니터링, 기능성 스포츠 제품, 그래핀 기술을 응용 활용한 디스플레이 기술, Rollable Tablet PC, Wearable display를 통한 감성·건강체크, 나노센서 기반 바이오-환경 감지 및 제어 기술, Stretchable IT 기술, 플렉서블 디바이스용 도전성 잉크 및 기판 소재, OLED 청색 인광소재, 디스플레이 광학
플렉서블 태양전지	웨어러블 장치와 결합된 태양전지, 실내 조명을 위한 전력지원 장치, Wearable 광전소자기술 (플렉서블 태양전지, LED, LD 등), Built-in PV, Wearable 태양전지, 건설/건축분야용 태양전지, 자동차 전기동력 보조, IT 기기 보조전원용 태양전지, 웨어러블 소재/소자, 플렉서블 발전 시스템 (태양전지, 열전, 압전, 정전기, 생체에너지 융합)+플렉서블 디스플레이+무선IT (의료진단, 검진 포함)의 융합시스템의 개발, 디자인과의 융합, 나노융합 에너지 소재, 신재생에너지 분야
플렉서블 소자	플렉서블 센서·플렉서블 디스플레이와 연계된 유비쿼터스 PC, 전도성 기판, wearable electronics 와 융합, 가볍고 유연한 멀티 기능성 소재 공학과 교육·문화 산업과의 융합, 인체 건강정보 센싱 기술, 대면적 생산이 가능한 인쇄전자 공정, 프린팅기술에 의한 유기반도체 재료, 촉각센서, Mobile 기기 및 항공·위성관련 융합기술, 플렉서블 디스플레이와 결합한 기술, 보건/의료용 센서기술, 고이동도 유기반도체 소재 개발, 유기반도체 재료, 전도성 고분자, 플렉시블 메모리를 탑재한 플렉시블 태블릿 PC
E-섬유	3D프린팅 기반 에너지 및 전자소자 기술분야, 웨어러블 소재/소자, Wearable Electronics 기술, Wearable display를 통한 감성·건강체크, 나노센서 기반 바이오-환경 감지 및 제어 기술, Stretchable IT 기술

5. 結: 연구의 요약 및 결론

가. 융합 연구 분석체계

(1) 융합성 계량화 방법(융합지수)

- 본 연구에서는 계량화에 의한 융합성 평가 방법을 개발하여, 그 개발물인 융합지수를 통해 신융합 기술의 태동 가능성이 높은 국가 R&D 사업 기술 분야들을 파악하고자 함
- 다차원 분류체계를 이용한 비집중도 (D 인덱스), 혼재도 (S 인덱스)에 의한 평가 방법은 계량 방법적 측면에서 간편성, 객관성을 부여
- 유망 융합 기술 분야 선별을 위한 계량적 방법으로서 활용하기 위해서는 분류체계의

다차원 수, 분류 세밀도에 대한 조정 및 검증 등, 후속 보강 연구가 필요

- 본 연구에서 이용한 국가과학기술지도 (NTRM) 중분류 - 미래유망 신기술(6T) 대분류 또는 국가과학기술표준분류 중분류 - 미래유망 신기술(6T) 대분류의 2차원 분류 방식에 의한 융합 지수 평가 방법은 국가 융합 기술의 거시적 현황을 파악하는데 유리하나, 유망 융합기술 선별에 이용하기에는 분류 세밀도가 다소 크다는 견해 존재
- 방법적 기술 분류 체계로 사용한 미래유망 신기술 (6T) 대분류 7개 항목을 중분류 (15개) 또는 소분류(88개)로 대체하는 방법, 학문·기술 분류 체계로 사용하고 있는 국가과학기술표준분류 중분류 207 분야를 소분류(1,648개)로 대체하는 방법 등 대안연구 필요
- 요소기술 비집중도 (D 인덱스), 요소기술 혼재도 (D 인덱스) 측량을 위한 기술요소 분포 평가는 지능형 로봇기술, 플렉서블 IT 심층분석 연구에서 시도한 전문가 설문 조사에 의한 평가 방법으로 대체하는 방법도 대안 평가로서 유력

(2) 융합성 평가표

- 본 연구에서 국가 R&D 사업 기술 분야의 융합 현황을 파악하기 위해 제안한 융합성 평가표는 융합성 계량 평가인 융합 지수를 비롯해 해당 기술 분야의 기술요소 분포 현황을 파악을 가능케 함
 - i) 기술 분류체계, ii) 기술요소 분포($p_{\alpha,i}$), iii) p-다이아그램, iv) 융합지수로 구성되어있는 융합성 평가표를 통해 융합성과 기술 요소 구성을 분석함으로써 해당 학문·기술의 기술 융합 방향성 및 진행을 가능케 하는 데이터로서 활용 가능
 - 본 연구에서 평가, 완성한 국가과학기술지도 (NTRM) 중분류별, 국가과학기술표준분류 중분류별 융합성 평가표는 산업기술분류 체계 등, 타 분류체계에도 확대·적용하여 국가 R&D 사업의 융합기술에 관한 총괄적 현황 자료로 활용이 가능
- 융합성 평가표 활용의 효용성 및 정보성 향상을 위해 p-다이아그램 및 융합 지수의 연도별 변화, 융합 연구 성과 분석 등, 향후 보완 연구 필요
 - 특히 p-다이아그램 및 융합지수의 연도별 변화는 융합성표에 추가될 경우 해당 학문·기술 분야의 융합 진화 과정을 추적할 수 있는 자료로서 활용을 기대

나. 주요 전략융합기술 심층 분석

(1) 주요 국가 전략융합기술의 기술 현황 분석

- 본 연구에서는 「창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략('14)」상의 15대 국가전략 융합기술 중 2개의 전략 기술을 선택하여 논문·특허·전문가 기술수준 설문조사로 구성되는 기술 현황 분석을 수행함
 - 차후의 15대 국가 전략융합기술 전반에 대한 기술 현황 분석의 선행 예비 조사·분석 결과로서 활용 가능

- 조사 대상으로서 15대 전략융합 기술 중 ‘융합서비스 로봇 기술’ 과 ‘차세대 다기능 소재 기술’ 분야의 세부 기술 분야인 ‘지능형 로봇 기술’ (① 엔터테인먼트·가사 지원 로봇, ② 의료용·재활 로봇, ③ 제조·산업용 로봇, ④ 군사용·극한 로봇), ‘플렉서블 IT소재 기술’ (① 플렉서블 디스플레이, ② 플렉서블 태양전지, ③ 플렉서블 소자 (메모리, 트랜지스터, 센서), ④ E-섬유)에 대한 기술 현황 분석을 수행
- 해당 융합기술 분야의 기술현황 및 한국, 미국, 일본 유럽 중국의 주요 5개국의 국가 경쟁력 분석을 수행

(2) ‘지능형 로봇’ 기술 현황 분석

- 논문, 특허, 전문가 설문조사 분석을 통한 지능형 로봇 기술의 학문·기술 수준은 미국과 일본이 세계 최고 수준으로 조사되었으며, 한국은 세계 최고 수준의 약 70 ~ 80% 수준으로 평가됨
 - 논문 생산성 및 영향력 분석으로부터 지능형 로봇 기술 분야의 학술연구 수준은 미국, 유럽, 일본의 순으로 평가되었으며 하위 그룹인 한국과 중국은 비슷한 정도로 평가됨 (논문의 영향력 면에서는 한국이 우위, 논문 게재수 면에서는 중국이 우위)
 - 특허 출원 분석으로부터 지능형 로봇 기술 분야의 특허 활동 수준은 일본, 한국, 미국, 중국, 유럽의 순으로 조사됨 (아시아권 국가가 특허 활동이 활발한 것은 매우 높은 자국 특허의 분율에 기인)
 - 기술 수준 전문가 설문 분석으로부터 해당 분야 전문가들이 체감하는 지능형 로봇 기술 분야의 상대적 기술수준은 미국과 일본이 최고 기술, 유럽이 최고 기술에 근접한 선도 기술, 한국은 선도 기술에 근접한 추격기술, 중국은 추격 기술로 조사됨

(3) ‘플렉서블 IT 소재’ 기술 현황 분석

- 논문, 특허, 전문가 설문조사 분석을 통한 플렉서블 IT 소재 기술의 학문·기술 수준은 미국과 일본이 세계 최고 수준으로 조사되었으며, 한국은 세계 최고 수준의 약 80 ~ 90% 수준으로 평가됨
 - 논문 생산성 및 영향력 분석으로부터 플렉서블 IT 소재 기술 분야의 상대적 학술 연구 수준은 미국과 유럽이 크게 앞서고 있는 가운데, 한국, 일본, 중국이 비슷한 정도로 평가됨
 - 특허 출원 분석으로부터 플렉서블 IT 소재 기술 분야의 특허 활동 수준은 한국, 미국, 일본, 중국, 유럽의 순으로 조사됨 (아시아권 국가가 특허 활동이 활발한 것은 매우 높은 자국 특허의 분율에 기인)
 - 기술 수준 전문가 설문 분석으로부터 해당 분야 전문가들이 체감하는 플렉서블 IT 소재 기술 분야의 상대적 기술수준은 미국과 일본이 최고 기술, 유럽이 최고 기술에 근접한 선도 기술, 한국은 선도 기술, 중국은 추격 기술로 조사됨

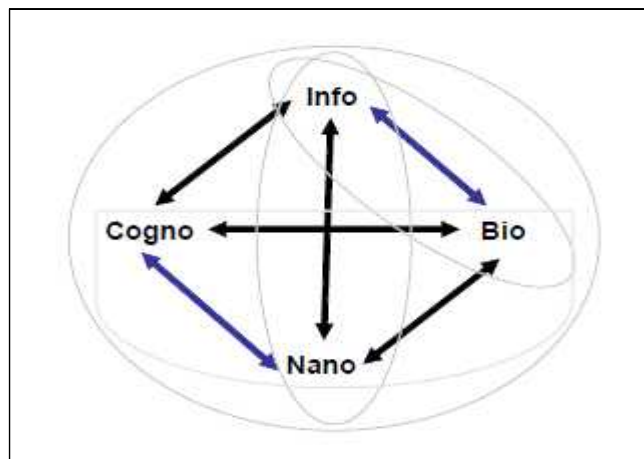
제2부. 사회문제 해결을 위한 과학기술과 인문사회 융합 연구

1. 序: 개념 고찰과 선행 작업의 검토

가. 융합기술의 개념 및 필요성

(1) 융합기술(converging technology) 개념

- 융합기술은 최근 과학기술정책의 영역에서 큰 화두가 되는 용어
 - 컴퓨터와 미디어 산업의 결합 등 단순히 이질적인 분야의 결합을 뜻하던 과거와는 달리, ‘융합’은 다양한 영역에서의 시너지 혹은 퓨전을 의미
 - 나노과학과 여러 기술, 바이오기술과 생명과학, 정보기술과 통신기술, 인지과학과 신경기술 등과 같은 광범위한 영역의 융합이 중요시되는 추세
 - 따라서 융합기술은 모든 과학과 공학에 영향을 줄 미래가치적 개념으로 인식
- 융합기술이 과학기술 정책의 차원에서 집대성된 것은 2001년 미국에서 나온 ‘NBIC’ 개념
 - 로코(Mihail C. Roco)와 베인브리지(William S. Bainbridge)는 “Converging Technologies for Improving Human Performance”라는 보고서 초안을 통해 융합기술 개념을 집대성한 NNIC 개념 발표
 - 나노(Nano), 바이오(Bio), 정보(Info), 인지(Cogno)의 앞글자를 딴 것으로, “인간의 수행 능력을 증진시키는” 것을 가장 큰 목적으로 설정



<그림 II -1> NBIC 개념도

- 특히 “인간 향상”, 즉 인간 능력의 기술적 증대와 인간 육체 및 정신의 변모를 중시
- 융합이 이미 일어나고 있거나 즉시 필요한 분야로 ①인간의 인지와 의사소통의 확대, ②

인간의 건강과 육체적 능력의 향상, ③집단과 사회의 산출 제고, ④국가안보, ⑤과학과 교육의 통합의 5개 분야를 선정

- 9.11 테러 직후에 나온 보고서에서 국가안보와 과학기술과의 관계에 대해 강조하여 의구심을 자아냈지만, 여타의 개념은 세계적인 호응 도출

○ 2004년 EU 고위급 전문가 그룹 회의에서 “Foresighting the New Technology Wave” 라는 주제로 융합기술 논의 시작

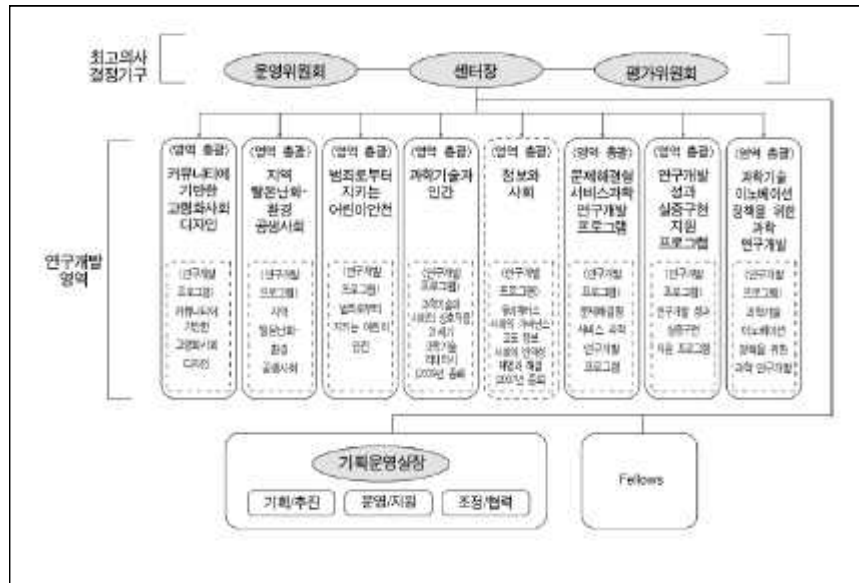
- 전문가 그룹에서는 개별적인 인간 존재의 향상에 더 강력히 초점을 맞춤으로써, 미국의 NBIC과는 다른 방식으로 기술 융합에 접근할 것을 권고
- 미국은 나노 과학을 중심축으로 하여 새로운 과학적 통합을 추구한 반면, EU는 학제간 협력의 특별한 주제를 정하고, 이에 따른 특정한 조건과 문제점을 분석
- 전문가 그룹 회의의 결과 탄생한 것이 “Converging Technologies for the European Knowledge Society(CTEKS)”로서 융합기술은 사회적 필요·수요에 대응해야 함을 주창
- CTEKS는 융합기술을 IT, NT, BT, CS의 가능성을 열어주는 기술과 지식체계로 정의하고, 이에 환경과학, 시스템이론, 사회과학, 인문학까지 포함하여 폭넓게 융합을 인식
- CTEKS에서는 특히 보건, 교육, ICT 인프라, 환경, 에너지의 5개 분야에서 융합을 통해 발전을 이루어야 함을 강조

<표 II -1> 분야별 융합의 예

분야	융합의 예
보건	빠른 검사와 조기 진단을 위한 ‘랩온어칩(lab-on-a-chip) 기술/ 환자로부터 뇌신호를 받아 이를 감각정보로 전환시키는 지능형 인공기관
교육	가시적인 지식 공간/ 학습객체와 지능형 주변 환경
ICT 인프라	오염주체를 경고하고 알레르기 유발 물질의 분포를 알려주는 센서를 통한 환경 감시/ 식량의 생산·구매·소비 유형, 개인의 건강상태 및 다이어트 계획, 조연을 함으로써 비만과 싸우게 도와주는 의료전문가에 대한 정보의 통합/ 통합적인 하이브리드 운송체계, 증가하는 교통량과 GDP 성장의 탈동조화/ 자연어 프로세싱
환경	-
에너지	신에너지의 운반과 저장형태, 자연을 닮은 재생에너지를 탐구하는 신에너지원/ 태양광, 수소, 지열, 태양열 에너지 연구자들과 지질학자, 지리학자, 인류학자, 경제학자 등과의 협업/ 지능형 주거, 생체모방기술, 지능형 물질 내부에서 태양광 통합/ 정보 및 규제체제와 환경 센서의 결합

○ 일본은 현대사회가 안고 있는 여러 문제를 과학기술을 통해 해결하기 위해 ‘사회기술’ 개념을 도입하고, 2005년 사회기술연구개발센터(RISTEX) 설립

- 일본이 사회적으로 직면한 문제를 분석하여 과학기술 발달과 교육, 사회적 위험, 도시와 지방의 빈부 격차, 고령화, 삶의 질, 과학기술 인재 육성, 범죄, 노동 등의 주제로 분류



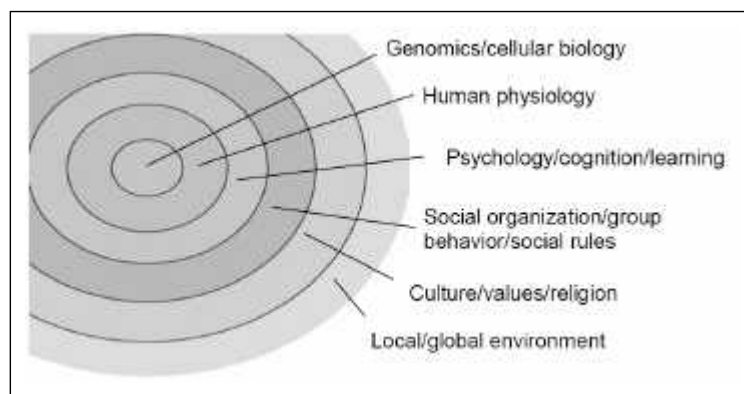
〈그림 II -2〉 RISTEX 조직도

- 단기적으로 가장 시급하게 해결해야 할 문제로 고령화 사회(초고령화 사회에 대응하기 위한 새로운 지역 사회 시스템), 교육(현대 사회 환경에 대응하기 위한 과학적 접근 교육), 식생활(먹거리 위험)의 3개 분야 선정
- 주제별로 프로젝트에 착수하여, 한 프로젝트 당 20여명의 연구원이 투입되어 연구개발 수행 및 전문가 네트워크 구축
- 사회문제 해결을 위해 대학, 연구기관과 같은 학계의 연구자뿐만 아니라 기업, 지자체 등과 같은 다양한 참여자가 연구기획에 참여
- 과학기술 분야 전문가들이 중심이 되는 형태라서 인문사회예술과의 융합이 잘 이루어지고 있다고는 보기 어렵지만, 사회문제 해결을 위해 폭넓은 학문의 융합연구를 수행하고 있다는 것이 의의

(2) 과학기술과 인문사회과학의 융합에 대한 연구현황

- 미국의 생물학자 에드워드 윌슨은 1998년 그의 저서 “통섭: 지식의 대통합”에서 자연과학과 인문사회과학의 통합에 관해 논의
 - 윌슨은 세상은 질서정연하며, 적은 수의 자연법칙으로 모든 것이 설명가능하다고 단언
 - 이러한 점은 자연과학 뿐 아니라 인문학과 사회과학에도 해당되며, 모든 사회적·문화적 발전은 자연법칙이 규명되는 순간 자명해지고 예측가능해진다고 주장
 - “별의 탄생부터 사회제도의 작동까지 모든 실재하는 현상은, 그 과정이 얼마나 길고 고통스럽던지, 궁극적으로는 물리법칙으로 환원되는 물질적 과정에 기반을 두고 있다. 이러한 생각을 지지하는 생물학자들의 결론은 인류는 공통의 혈통 면에서 다른 모든 생명의 형태와 유사하다는 것이다.”

- 월슨은 사회과학이 인간의 행태를 설명하고 예측할 수 있는 방법론 개발에 성공적이지 못했으며, 인간문화를 다루는 학문들은 공식적인 패러다임과 엄정한 방법론을 결여하고 있다고 주장
 - 이에 따라 문화에 대한 새로운 접근법은 생물학적 비유와 정보과학의 방법론에 기반을 두고 발전해야 한다고 강조
 - NBIC 보고서 작성을 주도한 베인브리지와 로코 역시 2004년 "Survey of NBIC Applications" 보고서를 통해 월슨의 통섭 개념의 중요성 언급
- 요나스(Gerold Yonas)와 턴리(Jessica Glicken Turnley)는 “Socio-Tech: The Predictive Science of Societal Behaviour”라는 2003년 저서에서 자연과학과 행태과학을 연결하는 ‘소시오-테크’ 개념을 제시
- 자연과학과 사회과학은 개인 및 사회의 행태를 묘사·예측하기 위해 결합되어야 함을 강조
 - 자연과학의 최소 단위에서의 이해는 다른 영역으로 전환될 수 있고, 결과적으로 인간의 행태와 사회의 발전을 충분히 묘사하고 가능한 예측을 할 수 있도록 활용될 수 있다는 것이 요나스와 턴리의 주장
 - 유전체학(genomics)과 생리학(physiology)에서 시작하여 사회적 행태까지 발전하는 모형인 ‘소시오-테크’를 제안
 - 유전체학/세포생물학-인간 생리학-심리학/인지/학습-사회조직/집단행태/사회적 규칙-문화/가치/종교-지역적/전지구적 환경



<그림 II -3> 소시오-테크 모형

- ‘소시오-테크’의 정의는 ‘과학기술의 도구와 접근법을 사용하여 생명, 사회, 행태과학의 데이터를 축적, 조작, 통합’하는 것
 - 생명과학, 심리학 등의 행태과학, 인지과학, 기타 사회과학 등으로부터 정보를 모아 융합하는 것을 의미
- 정보의 수집 및 분석방법은 나노기술, 공학, 정보과학 등의 영역의 새로운 도구들에 의

해 중요하게 증가하고 있는 추세

- 또한 행위자 기반 시뮬레이션, 유전적 알고리즘 모형, 진화하는 컴퓨터 기술, 뇌기계 인터페이스 등으로 인해 데이터를 수집하고 결과를 분석하는 다양한 방법이 개발되는 중

- 요나스와 턴리는 이러한 지식의 통합을 통해 행태를 예측하는 능력을 증진시킬 수 있으며, 이에 따라 사회에 해로운 행태를 사전에 금지하고, 사회적 선을 야기하는 행태를 장려할 수 있다고 주장

○ 영국의 진화생물학자 도킨스(Richard Dawkins)가 창안한 '밈(meme)'은 자연과학의 접근법이 문화 및 사회적 현상에 유추 가능함을 보여주는 개념

- 밈은 생물학적 유전체학의 '유전자(gene)'에서 유추한 것으로, 문화적 변이, 선택, 진화의 기초를 이루는 문화의 요소
- 밈은 학습을 통해 한 개인으로부터 다른 개인에게 이전되며, 개인이 이렇게 획득한 특성은 다음 세대로 전달
 - 밈은 유전자보다 더 빠르게 진화하는 특성을 보유
- 인류학자들은 인간 유전자 안에 신념 및 행태의 차이를 유발하는 문화적 요소가 있는지, 혹은 모든 인류에게 적용 가능한 공통의 요인을 상이한 문화적 맥락에서 어떻게 보유하고 있는지를 연구
- 문화 연구와 생물정보학의 유사성이 점점 높아지는 추세

(3) 사회적 문제해결을 위한 NBIC2 융합 개념의 발전

○ 2013년 과거의 NBIC 융합을 보완하여 새로운 융합 개념을 담은 보고서가 미국에서 출간(이하 'NBIC2'라고 지칭)

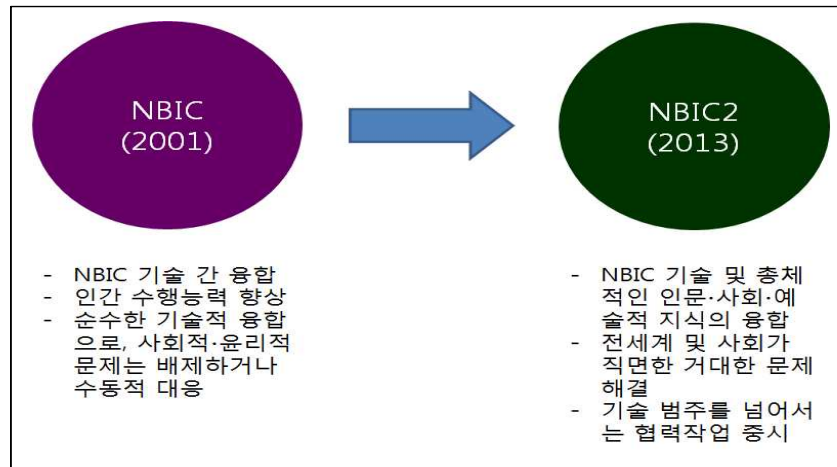
- World Technology Evaluation Center, "Convergence of Knowledge, Technology, and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies" (July 2013).
- 로코와 베인브릿지는 나노, 바이오, 정보, 인지의 NBIC 기술들 간 융합만을 강조했던 2001년 보고서를 보완하여, 사회와 개인의 문제 해결을 위해 다양한 분야의 지식, 기술, 정책적 융합의 필요성을 제시
- 융합 기반의 제시(기술 분야, 개인 분야, 전지구적 분야)→연구방법→분야별 융합 사례(5개)→함의 및 결론의 형태로 구성

○ NBIC2에서는 종래의 과학기술 융합 범주를 넘어, 과학기술이 지식 및 사회와 융합되는 총체적인 관점으로 융합 개념을 확대

- 사회의 가치증대 및 더 좋은 결정을 위해서는 이러한 확장형 융합이 필요함을 역설
- 지식의 폭발적인 증가에 비해 사회경제적인 발전 정도는 상대적으로 낮으므로, 그 차이가 갈수록 벌어지는 문제가 생기며, 이를 해결하기 위해서는 융합적인 접근이 주효함을 주장

○ NBIC2는 NBIC에서 한걸음 더 나아가, 융합에 있어 사회문제 해결과 기술 융합을 넘어서는 총체적인 지식의 활용을 강조

- NBIC: 개인적 수행능력의 증진을 위한 융합 → NBIC2: 사회문제 해결을 위한 융합
- NBIC: NBIC 기술간 융합 → NBIC2: NBIC 기술간 융합을 넘어 문제 해결을 위한 총체적인 지식 활용
- NBIC2는 새로운 융합 방향에 대한 비전의 제시를 목적으로 하는 문건이므로, 구체적 계획이나 정책적인 시행방법에 대해서는 다루고 있지 않음



<그림 II-4> NBIC에서 NBIC2로

〈표 II -2〉 미국 NBIC2 목차

1. 융합 기반: 기초과학과 기술적 수단
2. 융합 기반: 인간 척도(Human-Scale) 융합과 삶의 질
3. 융합 기반: 지구 척도(Earth-Scale) 시스템
4. 융합 개선 및 증진의 방법론
5. 사례: 건강과 육체적 잠재력(건강)
(1) 비전
(2) 과거의 성과와 현재의 상태
(3) 미래의 목표
(4) 필요한 인프라
(5) 결론과 우선순위
(6) R&D의 사회적 영향력
(7) 성공사례와 융합 패러다임의 변환
(8) 국제적 관점
(9) 참고문헌
6. 사례: 인지와 의사소통, 그리고 인지사회의 출현(인지)
7. 사례: 제조업을 포함한 사회의 집단 산출물(제조)
8. 사례: 사람과 물질적 인프라(교육)
9. 사례: 지식의 융합과 지속가능한 사회를 위한 기술(환경·에너지)
10. 융합기술의 혁신·책임·거버넌스

- NBIC2 보고서에서는 나노기술에 의한 융합과 NBIC 융합의 시대를 거쳐 현재 NBIC2 융합의 시대에 진입했음을 선언
- 1990년대 말부터 2000년대 초까지는 나노단위의 새로운 지식을 기초로 하여 나노기술이 재료분야에서의 통합적인 기술영역을 창출: 나노기술에 의한 융합
 - 2000년대에는 나노-바이오-정보-인지의 융합이 수직적·수평적으로 통합된 다양한 신기술의 기초도구로 기능: NBIC 융합
 - 2010년대에 들어와서 지식-기술-사회의 융합이 지식, 기술, 인간행태, 그리고 사회에서의 통합적인 인간의 활동이 되어, 사회의 가치 및 수요를 충족시키는 목적용 도구로 사용: NBIC2 융합

〈표 II -3〉 융합특성의 발전

시기	중심개념	특징
1990년대말~ 2000년대초	나노기술	· 물질계의 모든 원리 및 기술을 나노기술을 중심으로 통합
2000년대초~ 2010년대	NBIC	· 나노, 바이오, 정보, 인지의 기초기술 전 분야 융합
2010년대 이후	NBIC2	· 지식-기술-사회를 아우르는 총체적 시각의 융합(CKTS) · 기술(NBIC), 인간, 지구, 사회를 모두 고려하여 핵심적인 융합 플랫폼 구축

〈표 II -4〉 NBIC2 융합의 세 가지 국면

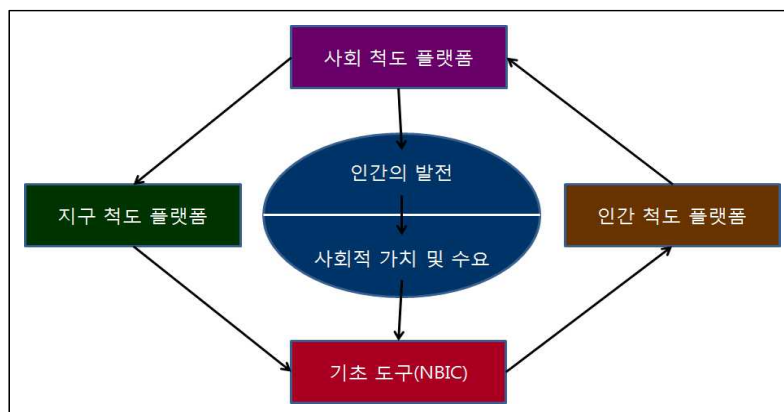
시기	국면	특징
2001~2010	반응적 융합	· 우연적 · 사전에 결정된 목표를 달성하기 위해 협업자들 간 혹은 개별 영역 간 임시 협력
2011~2020	주도적 융합	· 체계적, 포괄적 · 분명한 결정을 통해 융합을 추구 · NBIC2의 단기적 미래 모습
2020 이후	시스템 융합	· 총체적 · 다영역적인 상위수준의 목적, 융합으로부터의 투입 · 거버넌스 조직화

- NBIC과 NBIC2의 연구책임자 베인브릿지는 융합기술의 비전을 제시하면서 미래에는 자연 과학과 사회과학이 융합되어 큰 파급력을 갖게 될 것을 예견
 - “과학은 다양한 규모로, 체제와 환경 사이에서 복잡한 체제의 행태를 이해하고 예측함에 있어 큰 진전을 이룰 것이다.”
 - “사회행태를 예측하는 학문은 우리로 하여금 사회적으로 파괴적인 사건들을 더 폭넓게 이해할 수 있도록 해주고, 해로운 일들이 발생하기 전에 이를 완화하거나 예방하는 전략을 세울 수 있게 해 줄 것이다.”
 - “대단히 효율적인 연구 도구들을 사용하여 DNA, 단백질, 세포, 기관, 그리고 전체로서의 사회로부터 전에는 알려져 있지 않던 생물학적 정보를 추출할 수 있을 것이다.”
 - “일반인이나 정책결정자는 그들의 삶을 이루어지게 하고, 더 나은 조정, 창조, 일상적인 결정을 가능하도록 하는 인지, 사회, 생물학적 힘에 대해 엄청난 지식을 갖게 될 것이다.”

(4) NBIC2 개념의 모형화

○ NBIC2 구성 요소

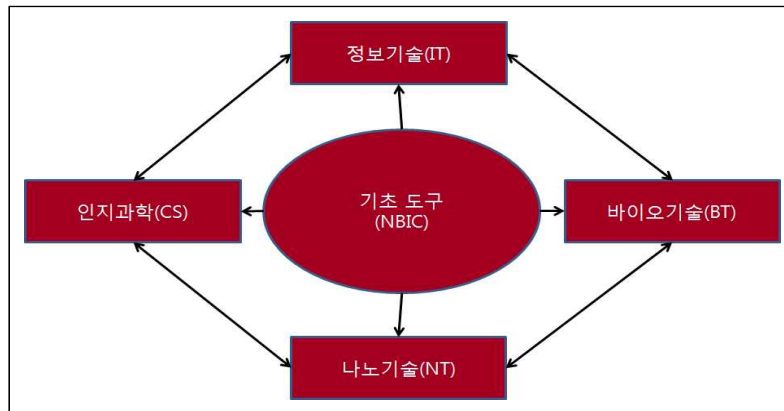
- NBIC2는 인간의 발전과 사회적 가치 및 수요를 둘러싼 4개의 플랫폼으로 구성



〈그림 II -5〉 NBIC2 구성 요소

○ 기초도구(NBIC)

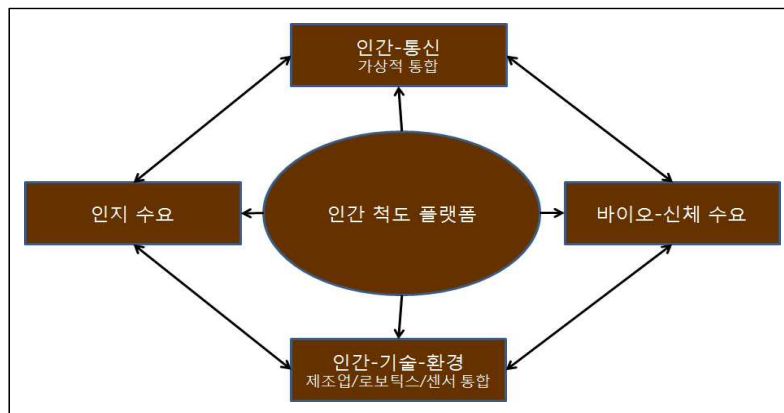
- 기초 도구는 NBIC의 4개 기술로 구성



<그림 II-6> NBIC2 기초도구

○ 인간 척도 플랫폼

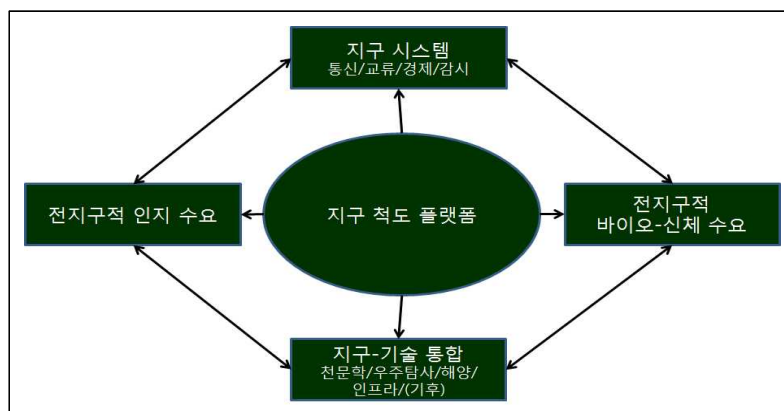
- 인간-기술-환경, 바이오, 인지, 통신의 네 요소로 구성



<그림 II-7> NBIC2 인간 척도 플랫폼

○ 지구 척도 플랫폼

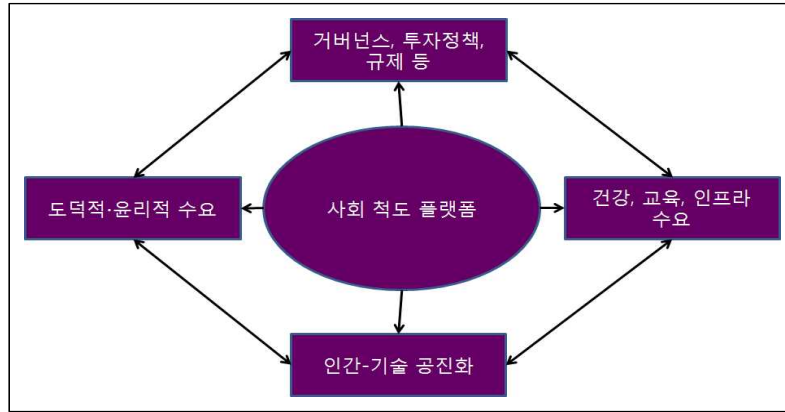
- 지구-기술 통합, 바이오, 지구 시스템, 인지의 네 요소로 구성



<그림 II-8> NBIC2 지구 척도 플랫폼

○ 사회 척도 플랫폼

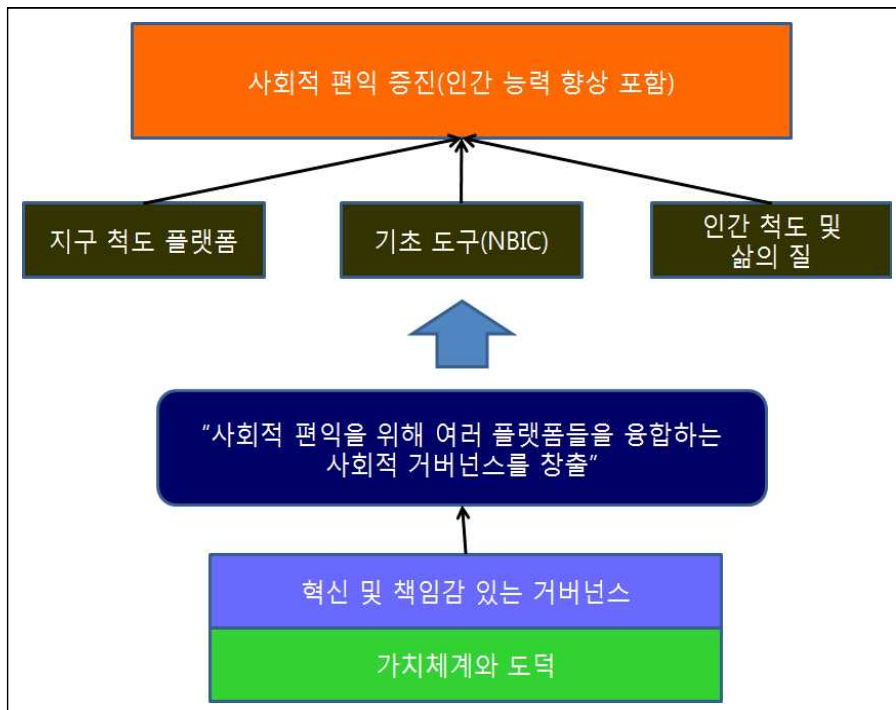
- 인간-기술 공진화, 사회 수요, 사회 제도, 사회 윤리의 네 요소로 구성



<그림 II -9> NBIC2 사회 척도 플랫폼

○ NBIC2 비전

- NBIC2는 혁신 및 책임감 있는 거버넌스와 사회의 가치체계 및 도덕에 기반을 두고 사회적 편익을 위해 여러 플랫폼들을 융합하는 사회적 거버넌스를 창출
- 지구 척도, 인간 척도, 기초 도구 등의 플랫폼을 융합하여 사회적 편익 증진



<그림 II -10> NBIC2 NBIC2 비전

나. 현재까지의 융합정책 추진현황 및 시사점

(1) 한국 융합기술정책의 시작

□ ‘국가 융합기술발전 기본방침’(교육인적자원부, 2007)

○ ‘국가 융합기술발전 기본방침’에서의 융합기술 개념(교육인적자원부 외, 2007)

- ‘IT, BT, NT 등의 첨단 신기술간 상승적 결합을 통해 미래 사회 및 국가 공통의 목표 달성을 위한 과학기술적 한계를 극복함으로써 경제와 사회의 변화를 주도하는 기술’로 정의
- 국내 과학기술의 역량과 경제·사회적 관심을 고려하여 IT, BT, NT 등의 융합 위주로 설정
- ET, ST, CT는 그 자체만으로도 타 기술 분야와의 융합성이 강하므로 IT, BT, NT 등과의 융합에 의해 탄생·활용되는 기술 분야에 한하여 융합기술의 범주에 포함
- CS의 경우, 미국, 유럽 등에서는 이미 30여 년 전부터 중요 과학기술로 인정되어 연구를 활발히 진행해 오고 있고, 우리나라에서는 BT 분야의 첨단 뇌과학 분야에 포함하여 연구가 진행되고 있는 실정

□ ‘제1차 국가융합기술 발전 기본계획(‘09~‘13)’(교육과학기술부, 2008)

○ 2008년 ‘제1차 국가융합기술 발전 기본계획(‘09~‘13)’ 수립에 따라 새롭게 융합기술의 개념 정의(교육과학기술부 외, 2008)

- ‘NT, BT, IT 등 신기술간 또는 이들과 기존 제품·산업·학문·문화간의 상승적인 조합·결합을 통해 경제·사회적 파급 및 미래 수요 충족을 위한 창조적 가치를 창출하는 기술’로 융합을 정의
- 국내외에서 통용하고 있는 사항을 반영할 수 있도록 ‘융합기술’의 개념·정의 확대
 - 기존 ‘융합기술’ 개념은 신기술간의 결합으로 한정되어 과학, 기술, 문화 등과의 창조적 융합이 강조되는 경제·사회 요구에 적합하지 않음을 인식

○ ‘제1차 국가융합기술 발전 기본계획(‘09~‘13)’에서는 부처별 융합기술 추진계획·현황, 국내 과학기술 역량, 경제·사회적 관심 등을 고려하여 융합기술을 세 가지 유형으로 분류

【유형1】 신기술과 기존 학문(인문, 사회, 예술/문화 등) 간의 융합

(예시) 융합형 콘텐츠 및 지식서비스 기술, 뇌·인지과학 연구 신기술간의 융합

- 이종 신기술 또는 신기술과 학문이 결합하여 새로운 융합기술을 창출하는 원천기술 창조형

- 융합기술을 촉진하기 위한 의도적이고 미래 지향적인 유형으로 중장기적 관점에서 접근이 필요
- 대표적 정부사업: 미래유망파이오니아사업(교과부), 교과부의 기초연구사업 중 융합기술 분야 과제 등

【유형2】 신기술간의 융합

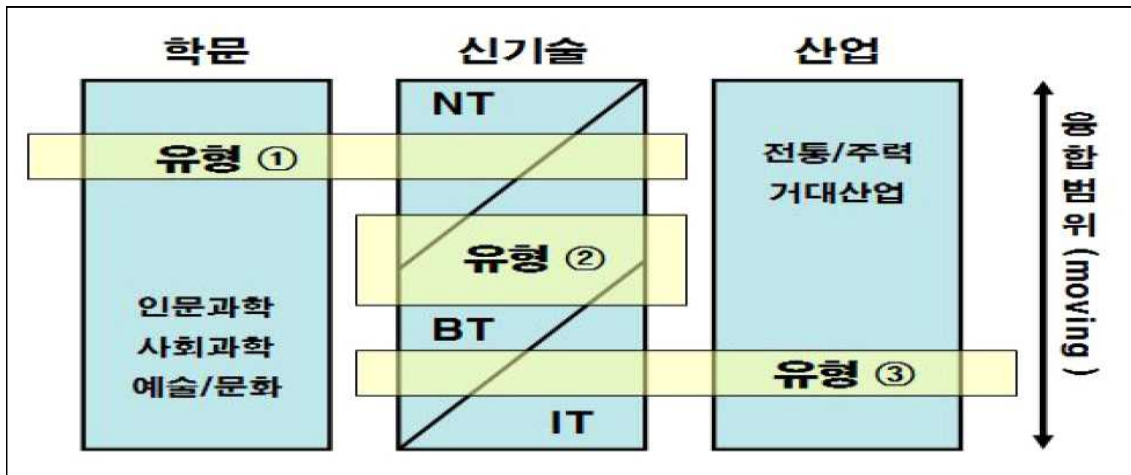
(예시) 나노바이오 소재, IT 나노소자 기술

- 경제·사회적 수요에 따른 신산업·서비스 구현을 위해 이종 신기술들이 결합하는 신산업 창출형
- 구현될 신산업·서비스의 조기 창출을 위해 부처간 연계 및 제도 개선 등 범정부적 추진전략 마련이 필요
- 대표적 정부사업: 휴머노이드 로봇(지경부), u-Health(지경부·복지부) 등

【유형3】 신기술과 기존 산업과의 융합

(예시) 지능형 자동차 기술, 미래첨단도시 건설기술

- 기존·전통산업의 고도화를 위해 신기술과 산업이 결합하여 융합기술을 창출하는 산업 고도화형
- 개별 부처가 소관 산업별 R&D 특성을 고려한 맞춤형 추진전략을 마련
- 대표적 정부사업: 미래형 자동차(지경부), u-시티(국토부) 등



<그림 II -11> 융합의 세 유형

(2) 사회적 문제해결을 위한 한국의 융합기술전략 개괄

- '신과학기술 프로그램 추진전략(안): 더 행복한 대한민국'(국가과학기술위원회, 2012)

- 국가과학기술위원회는 ‘신과학기술 프로그램 추진전략(안): 더 행복한 대한민국’이라는 사회문제 해결을 위한 과학기술 프로그램 제시(2012. 12. 27.)
 - 경제발전 수단으로서의 과학기술 인식을 뛰어넘어, 다차원적 융합을 통해 사회적 문제를 해결하고 삶의 질을 향상시키는 과학기술을 표방
 - ‘사회적 과학기술’ 개념을 제시하여, 환경, 안전, 건강 등의 사회문제를 해결하고 인간 중심의 가치를 창출하는 융합적 과학기술을 목표화
- 추진전략(안)에서는 전문가 조사와 국민설문 등을 거쳐 시급성, 주요 파급효과(삶의 질 향상 기여도, 일자리 창출, 신시장 창출 등)를 기준으로 우리나라의 사회문제를 세 분야에서 11개 발굴
 - 일탈행위(범죄, 청소년, 중독), 불평등(소수집단, 지역·계층간 격차, 교육), 사회변화(가족, 도시, 생활안전, 환경, 질병·건강)
 - 이 중 R&D를 통해 해결할 수 있는 가능성이 높은 분야는 주로 사회변화 부문(도시, 생활안전, 환경, 질병·건강)이며, 중독문제와 지역·계층간 격차문제도 많이 해당



<그림 II-12> 사회문제 후보군

*주: 음영처리한 부분은 사회문제 해결을 위해 연구개발의 기여도가 상대적으로 낮을 것으로 판단되는 분야

*자료: 국가과학기술위원회(2012), 「신과학기술 프로그램 추진전략(안): 더 행복한 대한민국」, p. 3.

○ 추진전략(안)은 크게 7단계로 구분

- 국과위: ①중점추진 사회문제 선정, ②사전기획연구
- 관계부처 공동추진단/협의체: ③종합계획 수립(상세기획연구 포함), ④기술타당성 및 예비타당성 조사, ⑤예산신청, ⑥사업집행·관리, ⑦사업평가 및 사회문제 해결 시스템 구축
- 시민참여형 사회문제 선정, 개방적 토론회 솔루션 기획, 문제해결형 사업 수행체계 구축, 실사구시형 평가·관리, 사회문제 해결의 시스템화를 통해 국민 행복과 직결된 사회문제를 해결하기 위한 프로그램 수립
- 사회문제와 기술을 연계하여 기술-법-제도-인프라의 구비를 통한 사회문제 해결 제안

<표 II -5> 사회문제-기술연계 예시

분야	사회문제	기술	법·제도	인프라
식품안전 관리	· 잔류농약 · 식품위생 확보	· 위해인자 모니터링 기술 · 미생물 위험성 평가 기술 · 위해인자 분석·평가 기술 · 위생관리 기술	· 유해물질 안전기준 강화 · 식품유통 관리제도 정비	· 식품유통 모니터링 시스템
사회적 약자 지원	· 신체활동제한 · 고품질 의료서비스 제공 미흡	· 보행 보조 로봇 기술 · 원격 진료 시스템 기술 · 바이오 칩 기술	· 보행 보조 로봇 안전기준 마련 · 원격 의료행위를 위한 의료법 정비	· 도로 내 보행지원 편의시설 확충 · 의료정보 보안시스템 구축
재난재해 대응	· 태풍, 홍수, 가뭄 등에 따른 피해 증가	· 태풍재해정보시스템 · 우수 저류·침투시스템 · 인명구조 로봇기술	· 지역 특성을 반영한 방재 정책 수립 · 재해방송의 제도화 · 방재훈련 내실화 방안 마련	· 자연재해 방재교육시스템 구축 · 지역별 대피소 마련
신종 감염병	· 가축전염병 대응	· 전염병 재난 정보화 기술 · 가축전염병 확산 추정 기술 · 현장용 신속 감염병 진단 모듈 개발 기술 · 농축수산자원 질병 예방 치료 기술	· 가축전염병 대응 매뉴얼 정비 · 가축전염병 발병 의무신고제도 정비	· 전국 가축전염병 모니터링 시스템 구축 · 지역 내 가축전염병 발병 여부 실시간 점검시스템 구축

*자료: 국가과학기술위원회(2012), 「신과학기술 프로그램 추진전략(안): 더 행복한 대한민국」, p. 17.

□ ‘과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천계획(안)’(국가과학기술심의회, 2013)

○ 국가과학기술심의회에서는 사회문제 해결형 과학기술 지원정책을 제시한 ‘과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천계획(안)’ 발표(2013. 12. 19.)

- 과학기술의 사회적 역할 강화를 통한 국민행복 증진과 삶의 질 향상을 위해 중기 비전 및 목표와 전략로드맵, 실천과제 등을 제시

○ 종합실천계획(안)에서는 전문가 의견, 삶의 질 통계지표 등과의 연계성을 고려하여 10대 사회문제, 30개 주요 사회문제, 10대 실천과제를 제시

- 한국이 당면한 사회문제를 10대 세부분야로 분류

〈표 II -6〉 10대 사회문제

대분류	세부분류
지속가능한 활력사회	건강, 환경, 문화여가
걱정없는 안심사회	생활안전, 재난재해, 에너지, 주거·교통
더불어사는 어울림사회	가족, 교육, 사회통합

- 10대 세부분야별 주요 사회문제의 내용을 검토하여 30개 주요 사회문제 도출

〈표 II -7〉 30개 주요 사회문제

10대 사회문제	30개 주요 사회문제
건강	퇴행성 뇌·신경질환, 중독·우울장애, 만성질환, 희귀난치성 질환
환경	생활폐기물, 실내 공기오염, 수질오염, 환경호르몬
문화	문화소외, 문화·여가공간 미비
생활안전	성범죄, 먹거리안전, 사이버범죄, 가정 안전사고
재난재해	기상재해, 화학사고, 감염병, 방사능오염
에너지	전력수급, 에너지빈곤
주거교통	불량·노후 주택, 교통혼잡, 교통안전
가족	노인소외·자살, 가정폭력
교육	학교폭력, 교육격차
사회통합	의료격차, 정보격차, 취약계층 생활불편

- 30개의 주요 사회문제를 해결할 10대 실천과제 제시

〈표 II -8〉 10대 실천과제

과제명	2018년 목표	관련부처	사회문제
모바일 결제사기 대응 및 빅데이터 개인정보 보호	· '15년, 악성 앱 탐지율 90% 달성 · 개인정보 노출에 의한 사회적·경제적 손실 감소	미래부, 안행부	사이버 범죄
유해물질 및 위·변조로부터 안전한 먹거리	· 환경 유래 유해물질로부터 안전한 먹거리 확보 · 위·변조 농수산물 판별 성능 향상	식약처, 환경부, 농림부, 농진청, 해수부	먹거리 안전
녹조로부터 안전한 상수 공급	· 녹조 예측 정확도 향상· 고도화: 61%('12)→80%('17) · 녹조 대발생에도 '안전한 먹는 물'의 '비용 효과적 공급' 시스템 개발	환경부, 미래부, 국토부	수질오염
방사능피해 예측·저감 기반 구축	· 방사능오염 감시·확산·예측을 과학적으로 평가·전달하여 막연한 불안감을 해소하고 방사능 제거 기술 효율 향상	미래부, 산업부, 해수부, 원자력안전위원회	방사능 오염

○ 2014년 4월, 동 계획에 의거하여 미래창조과학부는 환경부 등과 협업하여 '사회문제 해결형 기술개발사업' 신규과제 선정(2014. 4. 23.)

- 2개 사업에 대해 3년간 약 170억원 지원
- 신규과제는 식수원 녹조와 미세먼지의 2개 분야
 - 녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급체계 구축을 위한 녹조 대응 사업: 정수장 취수구 주변의 녹조 모니터링 시스템 개발, 정수처리공정 개발(연구책임자는 KIST의 이상협 박사)
 - 초미세먼지 피해저감 사업: 저가용 정화소개 개발, 인체 위해성 변화를 실시간으로 분석하는 기술 개발(연구책임자는 GIST 박기홍 교수)
- 2개 사업은 과학기술을 중심으로 다양한 정책수단을 종합적으로 연계하여 사회적 문제를 해결할 것을 목표화
 - 범부처 협업을 통해 공동으로 문제에 대응
 - 기술개발 이외에도 법·제도 개선, 정책 수립, 서비스 전달 등 종합적인 해결책을 마련할 것을 추진
- ‘창조 비타민 프로젝트 추진계획(안)’(관계부처합동, 2013)
- 미래창조과학부와 수요부처 간 협업 사업으로 2013년 11월 12일 ‘창조 비타민 프로젝트 추진계획(안)’ 발표
 - 과학·ICT를 융합하여 해당산업의 고도화 및 현안해결을 지원하고자 하는 목적의 융합 프로젝트
 - 미래부가 축이 되어 여타 부처와 수요 기반으로 협업하는 다부처 사업으로 추진
 - 국가 최상위의 프로젝트로서, 미래부 내외의 다양한 유관사업을 연계
 - 파급분야가 큰 중점분야(sweet spot)를 골라서 과학·ICT의 접목을 우선 추진하고, 사회 전반에 단계적으로 확대
 - 정책, 법, 제도 개선 등의 지원체제 정비 수반
 - 2013년도 약 200억원, 2014년도 이후 연간 600억원(23개 과제) 이상 투입
- 성격에 따라 7개의 분야 선정
 - 과학·ICT 활용도가 높아 비타민 추가처방으로 조기에 고도화 가능 분야 → 농/축/수산/식품(비타민 A, F), 문화/관광(비타민 C, T)
 - 현재는 과학·ICT 활용도가 낮으나 비타민 집중처방으로 전략산업화 필요 분야 → 보건/의료(비타민 H, W), 교육/학습(비타민 L), 주력 전통사업 등(비타민 M, E)
 - 비타민 신규처방을 통한 사회 현안 및 문제 해결 수요가 높은 분야 → 재난안전/SOC(비타민 S, I), 소상공업/창업(비타민 B)

○ 7대 중점분야 및 분야별 추진방향

① 농축수산물(비타민 A, F) - 농식품부, 해수부, 식약처 등

- 현황: 다수 시범사업에도 수익성(규모의 경제) 미흡, 생산 편중 문제
- 계획: 스마트 팜 팩토리·스마트 양식장 등으로 기업형 농어업 지원, 부패·마약류 등을 우선대상으로 RFID 기반 투명한 유통관리 확대

② 문화관광(비타민 C, T) - 문화부, 문화재청 등

- 현황: 분야별 정보화 진전에도 신기술·서비스 연계, 글로벌화 미흡
- 계획: '내손안의 고궁·박물관' 등 증강·가상현실 기반 체험서비스 확충, 외국인대상 스마트 관광서비스로 전시·컨벤션 등 MICE* 동반발전
 - MICE : Meeting, Incentive, Conference, Exhibition(회의·의료 관광 등 포함)

③ 보건의료(비타민 H, W) - 복지부 등

- 현황: 법상 금지되는 원격진료·정부예산사업 위주로 시장창출에 한계
- 계획: 제약이 덜한 원격건강관리(운동·식이)에서 상용화모델 실증 및 건강정보 공유·활용 지원으로 재정부담 완화, 신수종산업화 기여

④ 주력 제조업(비타민 M, E) - 산업부 등

- 현황: 국내 제조업 생산성 하락, 차세대 주요기술의 외산 문제 심각
- 계획: 무인차·웨어러블기기·3D프린팅·에너지절감시스템의 핵심부품 국산 R&D, 패션산업 등에 실시간 정보공유체계로 공정·물류 혁신

⑤ 교육학습(비타민 L) - 교육부 등

- 현황: 디지털 교재 부족 및 현장활용 미미, 온라인 평생학습 기반 미비
- 계획: 오픈코스웨어* 확충, 학사행정 지원에서 스마트 러닝 중심 스마트 캠퍼스 구축, 게임형 학습(G-learning) 및 e-트레이닝 활성화
 - 온라인 강의 공유 등 일종의 지식나눔 프로그램, TED·Khan Academy 등이 대표적

⑥ 소상공업공업창업(비타민 B) - 중기청 등

- 현황: 신기술이 대기업 중심으로 확산되며 중소·소상공업 경쟁력 약화
- 계획: 빅데이터 기반 상권분석·점포평가로 창업실패 예방, 클라우드 기반 경영 지원·스마트워크를 통한 협업 촉진으로 지속가능성장에 기여

⑦ 재해재난SOC(비타민 S, I) - 국토부, 안행부 등

- 현황: 정보수집 위주 투자에서 안전지원 서비스 제공으로 고도화
- 계획: NFC 기반 안심귀가(대중교통 적용) 등 시민참여형 생활안전서비스 기반 구축, 센싱정보 통합공유체계로 국가 전반의 안전관리 효율화

□ '창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(안)'(국가과학기술심의회, 2014)

○ 박근혜 정부의 국가융합기술 발전 기본계획이라고 할 수 있는 '창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(안)'에서는 제1차 기본계획의 미흡한 점을 보완하여 사회문제 해결을 위한 과학기술과 인문사회예술과의 융합 강조

- 5대 전략으로 ①미래 유망 원천융합기술 개발 및 기술사업화 촉진, ②사회적 문제해결을 위한 융합기술 연구 본격 추진, ③인문학과 과학의 융합 확대, ④창의적 융합인재 양성, ⑤융합인프라 고도화를 제시
- 이 중 특히 ②와 ③은 과학기술과 인문사회예술의 다학제적 융합을 통해 사회적 문제를 해결하기 위한 전략
 - '한국형 NBIC2의 모색'이라는 목적의식과 의도를 담고 있는 계획

○ 발전전략(안)의 두 번째 전략인 '사회적 문제해결을 위한 융합기술 연구 본격 추진'은 사회이슈 해결형 R&D 확대와 통합형 문제해결 추진을 표방

- 융합기술을 통해 건강, 환경, 안전 등 사회문제를 해결하려는 의도
- 기술, 법·제도, 인프라의 적절한 조화를 통해 통합형으로 사회문제 해결을 유도
- 구체적인 시행지침으로 적정기술 개발 확대(적정기술 개발, 사회적 기업 R&D 지원, 국제협력 등), 글로벌 이슈 대응 국제 공동연구 강화(온실가스, 황사, 적조, 나노안전성 등에 대한 국제협력)를 제시

○ 발전전략(안)의 세 번째 전략인 '인문학과 과학의 융합 확대'는 인문학적 지식을 바탕으로 인간감성 및 행동을 반영한 창의적 융합기술 개발을 목표화

- 구체적 연구개발 방안으로 (가칭) 휴먼융합 프로젝트(지능형 인터랙티브 기술, 감성인지 및 처리기술, 서비스 로봇기술 등 과학기술을 위한 인문학), 과학기술에 의한 인문학 발전(금속공학이나 물리학의 기술을 이용하여 고대사 연구 진흥 등)의 두 가지 틀을 마련
- 과학기술 분야 정부출연(연)과 경제인문사회 분야 정부출연(연)이 공동으로 사회적 난제를 해결하기 위한 연구과제 수행
- R&D 기획단계부터 인문사회예술 전문가들을 참여시켜 휴먼 인터페이스 충분히 반영
- 대표적인 융합기술들이 안전성, 생명존엄, 프라이버시 등에 미치는 영향평가 추진

- 박근혜 정부 출범 이후 국가 차원에서 계획되어 온 3개의 사회문제 해결형 과학기술정책은 사회문제 분류와 실천과제의 도출에서 유사성 보유

〈표 II -9〉 국가계획별 사회문제와 실천과제

	신과학기술 프로그램 추진전략(안)	과학기술 기반 사회문제 해결 종합 실천계획(안)	창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(안)
사회문제 분류	10대 사회문제(범죄, 청소년, 중독, 소수집단, 지역·계층간 격차, 교육, 가족, 도시, 생활안전, 환경, 질병·건강)	10대 사회문제(건강, 환경, 문화여가, 생활안전, 재난재해, 에너지, 주거·교통, 가족, 교육, 사회통합)	환경, 안전, 건강
실천과제 영역	도시, 생활안전, 환경, 질병·건강, 중독의 5개 분야는 특히 R&D를 통해 해결 가능	건강(만성질환), 환경(생활폐기물, 수질 오염, 환경호르몬), 생활안전(먹거리 안전, 사이버 범죄), 재난재해(기상재해, 감염병, 방사능 오염), 주거·교통(교통혼잡)의 5개 분야에서 10대 실천과제 도출	적정기술 개발, 환경(온실가스, 황사, 적조), 안전(나노안전성) 영역에서의 시행지침 예시

- ‘신과학기술프로그램 추진전략(안)’에서는 도시, 생활안전, 환경, 질병·건강, 중독 분야 중시
- ‘과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천계획(안)’에서는 건강, 환경, 생활안전, 재난재해, 주거·교통 분야 중시
- ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(안)’에서는 환경, 안전, 건강 분야 중시
- 따라서 여러 국가계획들이 규정한 한국의 사회적 문제는 크게 환경(도시 포함), 안전(재난재해 포함), 건강(중독 포함)의 3개 대분류에 포함될 수 있음을 확인

□ ‘2015년도 정부연구개발 투자방향 및 기준’(국가과학기술심의회, 2014)

- 미래창조과학부는 국가과학기술심의회 운영위원회를 열어 2015년도 정부연구개발 투자방향 및 기준을 심의·의결(2014. 4. 10.)
 - ‘과학기술을 통한 경제혁신’이라는 목표를 달성하기 위하여, 3개의 기본방향 설정
 - 3개의 기본방향은 ①과학기술을 연계하여 경제부흥을 견인, ②사회문제 해결을 통한 국민행복 제고, ③경제사회 성장을 위한 과학기술기본역량 강화
 - 이를 실현하기 위한 중점 투자 분야는 9개로 제시

중점 투자 분야	
1. 창조경제 성과창출	① 미래 경제도약을 견인하는 먹거리 창출 ② 벤처·창업 촉진 및 중소·중견기업 기술역량강화 ③ 정부 R&D 성과의 사업화 촉진
2. 국민행복 제고	④ 건강한 삶의 증진 ⑤ 지속가능한 청정사회 구현 ⑥ 걱정 없는 안전사회 구축
3. 혁신역량 및 기반 강화	⑦ 기초연구 및 융합연구 확대 ⑧ 창의적 과학기술인재 육성 ⑨ 과학기술 혁신기반 체계 구축

〈그림 II-13〉 2015년도 정부연구개발 투자방향 중점 투자 분야

- 중점 투자 분야 중 ‘국민행복 제고’에 해당하는 것이 사회적 문제 해결을 위한 중점 투자 영역(건강, 환경·에너지, 안전)
 - ‘건강한 삶의 증진’은 BT, ICT, NT 융합기술을 바탕으로 개인 맞춤형 진단·치료기술 개발, 고령자 및 장애인을 위한 기술개발, 건강수명 연장을 위한 건강관리기술 개발 지원 →건강 분야
 - ‘지속가능한 청정사회 구현’은 에너지 복지 및 전력 수급 안정화를 위한 고효율·저소비화 에너지 기술개발, 생활환경 유해인자 대응기술 및 환경오염 저감·관리기술 지원→환경·에너지 분야
 - ‘걱정없는 안전사회 구축’은 재난재해, 생활 안전·안심 관련 문제 해결을 위한 전주기 재난대응 시스템 구축, 정보보호·사이버보안기술개발 지원→안전 분야

- 중점 투자 분야 중 ‘기초연구 및 융합연구 확대’는 사회적 문제 해결을 위한 융합기술 개발에 대한 정부의 의지를 담고 있음
 - 국가 지식기반 강화를 위해 기초연구 투자 확대 및 미래수요 대응 융합기술 개발 강화로 창의적·도전적 융합연구 촉진
 - 사회문제 해결 등을 위한 연구단계 및 분야 간 전주기적 다부처 공동기획사업 지원 확대

<표 II -10> 사회적 문제해결을 위한 국가 융합정책 및 사업 개괄

-
- ① 2007 교육부: 국가 융합기술발전 기본방침
 - IT, BT, NT 등의 기술적 융합만을 강조

 - ② 2008 교과부: 제1차 국가융합기술발전 기본계획('09~' 13)
 - 6대 전략, 16개 실천과제를 제시하여 원천융합기술 수준을 증진시키는데 기여
 - 사회문제 해결을 위한 기술개발 미흡

 - ③ 2012 국과위: 신과학기술 프로그램 추진전략(안)
 - 한국의 사회문제를 3개 분야에서 11개 발굴
 - 기술을 활용하여 사회문제를 해결할 것을 요청했으나, 사회문제의 규명과 제시에 중점

 - ④ 2013 국과심: 과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천계획
 - 10대 사회문제, 30개 주요 사회문제, 10대 실천과제를 제시
 - 기존 경제성장에 치중하던 과학기술 패러다임을 사회문제 해결까지 확장하려는 의도
 - '사회문제 해결형 기술개발사업' 으로 2014년 4월 식수원 확보, 미세먼지의 2개 분야 지원 확정('14~' 16년의 3년간 약 170억원)
 - 계획실천의 시작 단계라서 아직 성과가 나오지 않은 상황

 - ⑤ 2013 미래부 주도 관계부처협동: 창조 비타민 프로젝트 추진계획(안)
 - 과학기술과 ICT를 기존산업 및 사회이슈에 접목
 - 각 부처가 협력하여 다양한 사회문제를 해결하고 연관산업 고도화
 - ①농/축/수산/식품, ②문화/관광, ③보건/의료, ④주력 전통사업, ⑤소상공업/창업, ⑥교육/학습, ⑦재해재난SOC의 7대 중점분야 선정
 - '14년부터 연간 600억원이 투입되는 대규모 국가사업

 - ⑥ 2014 국과심: 창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(안)
 - 15대 국가전략 융합기술과 5대 확보전략 마련
 - 사회적 문제해결을 위한 융합기술 연구, 인문학과 과학의 융합 확대를 목표로 제시
 - 개별전략별 추진방안은 '14년부터 착수가 이루어질 예정

 - ⑦ 2014 미래부: 2015년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)
 - 창조경제 성과창출, 국민행복 제고,혁신역량 및 기반 강화의 3개 중점 투자 분야 설정
 - 건강, 환경·에너지, 안전 분야를 중시하고, 융합연구 확대를 목표로 함
 - 정부 투자의 비전을 제시한 것으로, 구체적인 사업은 시행되지 않은 상황
-

다. 사회적 문제해결을 위한 한국형 융합 개념

- 2008년 수립된 제1차 '국가융합기술 발전 기본계획('09~'13)'은 개념적으로 미국의 NBIC 틀에서 크게 벗어나지 않았음
 - 미국 NBIC은 융합연구 대상 범위를 NBIC 융합으로 한정했으며, 융합을 인간의 수행 능력 향상을 위해 4개의 첨단기술 간 이루어지는 상승적 결합으로 정의
 - 융합이 단지 기술들 간의 측면에 한정되어 있으며, 사회적 문제보다는 인간 개인의 수행 능력에 초점
 - 한국의 제1차 기본계획에서는 신기술과 기존 학문(유형1), NT-BT-IT 등 신기술간(융합 2), 신기술과 산업(유형3)의 세 가지 융합 유형을 제시했으나, 사실상의 정책적 타겟은 유형2에 집중되어 추진

- 인지(CS) 분야는 바이오(BT)의 첨단 뇌과학 분야에 포함시켜 규정
 - 이후 2010년 구 교육과학기술부에서 발표한 'NBIC 국가융합기술지도'에서도 바이오·의료, 에너지·환경, 정보통신을 원천융합기술 3대 분야로 지정하여, NT-BT-IT-ET의 기술 간 융합 중점 추진
- 미국에서도 NBIC이 갖는 기술중심적·개인중심적 한계를 뛰어넘기 위해 2013년 NBIC2를 발표
- 기존의 NBIC 기술들 간 융합의 범주를 넘어, 기술을 비롯한 인류의 총체적인 지식이 사회적 문제를 해결하기 위해 융합하는 것으로 개념을 확대
 - NBIC 기술, 인간 차원(정보통신, 인지, 생물학적 요구, 로봇틱스 등의 융합), 지구 차원(지구 시스템, 천문학, 우주탐사, 해양, 대기과학 등의 융합), 사회 차원(거버넌스, 투자정책, 규제, 윤리, 건강, 교육 등의 융합)의 융합을 통해 인류가 직면하고 있는 문제를 해결하고자 하는 기획
 - 사회적 문제의 영역으로 건강, 인지, 제조, 교육, 환경·에너지의 5개 분야를 선정하여 각 분야에서 현황, 비전, 인프라, R&D 전략 등을 제시
 - 하지만 NBIC2는 보다 포괄적인 융합 비전 제시의 차원에서는 큰 의미를 지니지만, 구체적인 행동계획과 정책시행 방법에 대해서는 침묵하고 있다는 면에서 한계를 지님
- 2014년 수립된 '창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(안)'에서는 제1차 국가융합기술 발전 기본계획의 문제점으로 다음의 세 가지를 지적
- 첫째, 사회문제 해결을 위한 기술개발 미흡: 기술의 시장규모와 성공가능성(특허소유, 투자실적 등) 등 경제성 위주로 기술개발을 한 결과, 건강·안전 등 인간중심의 사회문제 해결을 위한 기술개발에 소홀
 - 둘째, 기초·원천기술 실용화 연계부족: 그간 기초·원천기술 자체의 우수성 확보(상위 논문 게재 등)를 중시해 실용화·사업화 연계에 소홀하여, 신산업 창출 및 기존 산업 고도화에 한계 노정
 - 셋째, 부처간 협력 미흡: 그간 부처간 분업(소관분야 R&D는 해당 부처가 추진, 치고·원천과 응용·개발의 분리)이 강조되어 효과적인 R&D에 한계 노정
 - 발전전략(안)에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 '사회적 문제해결을 위한 융합기술 연구 본격추진'과 '인문학과 과학의 융합 확대'를 5대 국가전략 융합기술 개발전략으로 채택
- 1차 융합 기본계획의 문제점과 NBIC2의 한계를 극복하는 포괄적이고도 구체적인 융합 모델의 모색이 필요
- 이하에서 살펴볼 사회·기술시스템론 관점을 국가 융합기술정책에 도입할 것을 제안

3. 사회·기술시스템론의 이론과 실천⁴⁷⁾

가. 사회문제 해결형 혁신과 사회·기술시스템론

(1) 사회문제 해결을 위한 혁신의 등장

- 새로운 사회문제가 부상하면서 경쟁력 강화를 위한 ‘산업혁신’을 넘어 사회문제 해결을 위한 ‘사회적 혁신(societal innovation)’이 요구되는 상황
 - 보건·복지, 안전, 환경, 에너지 영역에서 기술혁신을 통해 사회문제 해결을 위한 혁신정책이 필요
- 기술이 가져올 수 있는 사회적·환경적 문제와 리스크를 사전에 대비하는 접근 필요
 - 기술 사용과정에서 발생할 수 있는 프라이버시 침해, 환경오염, 도시재난 등과 같은 기술리스크에 대한 사전적·사후적 대응 방안이 필요
- 사회문제 해결형 혁신은 사회·기술적 측면을 동시에 고려하는 접근을 요구

<표 II -11> 사회문제의 정의

- | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">· 사회문제는 개인이 아니라 여러 사람에게 집합적으로 문제가 되는 것· 사회문제가 발생하면 개인이나 국가가 그것을 해결하기 위한 행동을 수행함. 사회문제는 사회적으로 관심을 갖고 해결해야 할 공적인 문제· 사회문제에는 도시, 노동, 빈곤, 범죄, 환경, 인구, 보건의료, 가족, 여성, 청소년, 노인문제 등이 있음· 사회적 난제는 해결하기 어렵고 지속적으로 남아있는 사회문제(persistent societal problem)임 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

(2) 장기적인 사회·기술시스템 전환 관점에서의 접근

- 기후변화, 저출산·고령화, 에너지·환경문제, 양극화에 대응하기 위해서는 대중적인 접근을 넘어 ‘시스템 혁신’을 필요로 함
 - 이들 사회적 난제는 여러 다양한 요인들이 결합된 복잡한 문제로서 개별 제도와 기술의 개선이 아니라 사회·기술시스템 전체의 혁신을 필요로 함
 - 한 번의 충격형 정책이 아니라 지속적으로 새로운 시스템을 모색해가는 접근이 필요
- 이를 위해서는 장기적 시야에서 사회·기술시스템 전환(system transition)을 추진하는 새로운 접근을 요구

47) 이 장은 과학기술정책연구원(STEPI) 송위진 박사가 책임 집필한 원고를 기반으로 했다.

- 경제성장을 넘어 경제·환경·사회통합이 균형을 이루는 지속가능한 발전을 지향하는 관점
 - 기술혁신을 넘어 제도, 하부구조, 문화 등 ‘시스템 전체의 혁신’을 이끌어내기 위한 정책과 방법론
 - 20-30년 걸리는 장기적인 시스템 전환을 현재의 연구개발사업 및 정책과 연결시켜 장기 전환과 중·단기 사업을 연계하는 접근
- 사회·기술시스템론은 혁신연구의 새로운 경향으로서 지속가능한 시스템으로의 전환을 지향하는 논의 필요
 - 이 장에서는 전환에 대한 논의와 함께 기존에 수행되던 사업에 새로운 의미를 부여하여 전환과정에 합류하게 하는(transitioning) 접근을 취함

나. 사회·기술시스템론의 구성

(1) 사회·기술시스템론의 기본 관점

□ 사회·기술시스템론의 개요

- 사회·기술시스템이라는 개념을 사용하는 다양한 이론이 있음(예: 조직이론에서의 타비스톡 연구, MIS에서의 사회·기술시스템론 등)
- 이 글에서 다루는 사회·기술시스템론은 기술사회학, 기술사, 혁신연구, 조직이론에 바탕해서 과학기술과 사회의 상호작용, 시스템적 관점을 통합한 연구를 지칭
 - Geels⁴⁸⁾를 위시한 네덜란드 연구자들을 통해 발전된 연구 프로그램으로서 다양한 이론적 전통을 통합하고 현실 정책과 상호작용하면서 발전하고 있는 논의임
 - 30년 정도의 장기에 걸쳐 시스템 혁신 과정을 시야에 두면서 새로운 사회·기술시스템(예: 지속가능한 사회·기술시스템)으로의 전환을 지향
- 혁신연구를 주도해온 혁신체제론이 혁신의 공급에 초점을 맞추어서 논의를 전개했다면 사회·기술시스템론은 이를 보완하여 혁신의 사용 측면, 사회적 측면을 중요한 요소로 설정
 - 혁신체제론의 경제중심적 측면을 보완하면서 사회적 측면까지도 분석에 포괄하면서 새로

48) F. Geels(2004a), "From Sectoral Systems of Innovation to Socio-technical Systems Insights about Dynamics and Change from Sociology and Institutional theory", *Research Policy*, Vol. 33, No. 6~7; F. Geels(2004b), "Understanding System Innovations: a critical literature review and a conceptual synthesis", Elzen, et al (ed). (2004). *System Innovation and the Transition to Sustainability*, Edward Elgar.

- 은 혁신이론으로 부상
- 최종 사용자, 사회적 제도도 중요한 고려요소가 됨
- ‘지속가능한 사회·기술시스템으로의 전환(sustainability transition)’과 같은 가치지향을 명확히 제시함으로써 시스템의 지향점에 대해 독립적인 접근을 취한 혁신체제론과 차별화됨
- 이런 가치지향성과 사회문제 해결 지향성 때문에 정책 부문과도 상호작용 활발

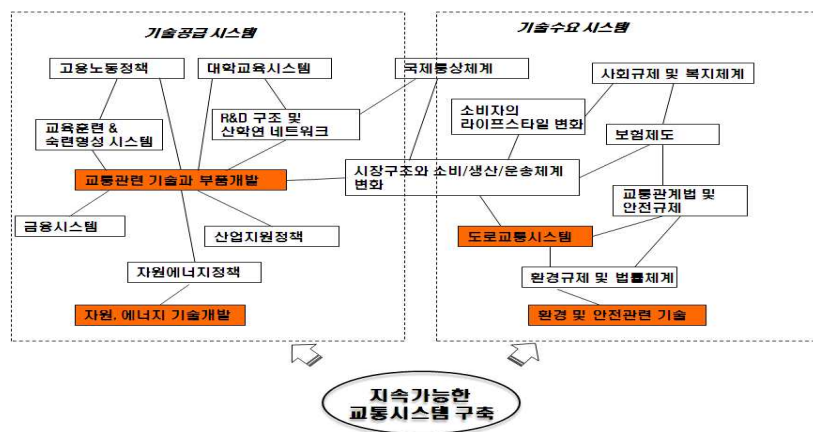
□ 사회·기술시스템으로서의 기술에 대한 인식

○ 그 동안의 논의는 사회와 기술을 분리해서 양자 간에 인과관계를 설정

- 기술결정론: 과학기술은 자체의 발전 논리에 따라 발전하고 그 효과에 의해 사회가 변화한다는 관점(증기기관 → 자본주의)
- 사회결정론: 사회는 그 자체의 발전 논리가 있고 이에 따라 기술도 변화(테일러주의적 노사관계 → 탈속련화를 초래하는 기술혁신)

○ 사회·기술시스템론은 사회와 기술은 서로 분리되어 존재할 수 없는, 상대편을 전제로 하는 사회·기술시스템으로 존재한다고 파악

- 사회과학자들이 독립변수로 강조해왔던 사회는 사회·기술시스템으로 존재하고 또 공학자들이 강조해왔던 기술도 사회·기술시스템으로 존재한다고 파악하면서 사회와 기술을 통합적 관점에서 접근
- 사회와 기술이 서로 보완성 또는 정합성을 지니면서 시스템을 구성하기 때문에 세계는 사회·기술시스템으로 구성되어 있다고 파악

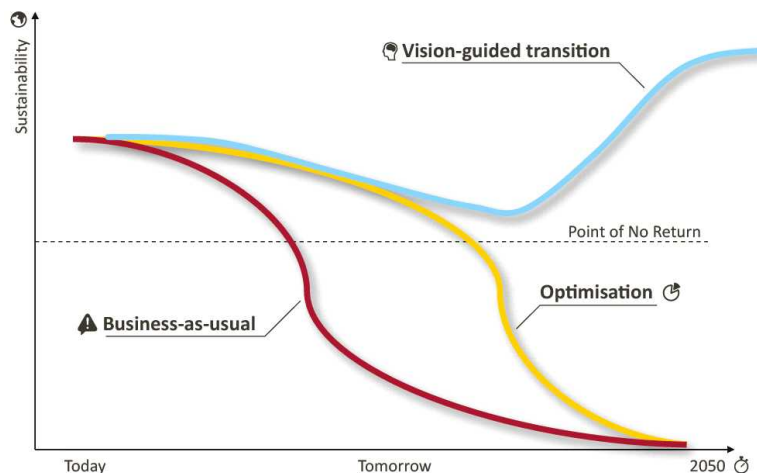


<그림 II-14> 사회·기술시스템 예시

자료: 송위진·성지은(2013), 『사회문제 해결을 위한 과학기술혁신정책』 (서울: 한울아카데미).

□ 지속가능한 전환이라는 가치지향·정책지향성을 지님

- 현재 사회·기술시스템의 문제를 지적하고 새로운 시스템으로의 전환을 주장
 - ‘지속가능한 사회·기술시스템’으로의 전환이 비전이며 이를 실현하기 위한 프로그램 개발
 - 시스템 발전의 지향점이 다소 모호한 혁신체제론과 차별화되는 실천지향적 논의를 전개
 - 현재의 시스템으로는 에너지·농업·주거·보건의료 등에서 나타나고 있는 사회적 문제를 해결할 수 없기 때문에 각 영역별로 시스템 차원의 혁신(system innovation)이 필요
 - 현 시스템에서의 문제해결은 대증적(對症的)인 접근이 될 가능성이 높고 오히려 사회적 난제를 심화시킬 수 있음
 - 에너지 전환 정책, 보건의료 시스템 전환 정책, 농업시스템 전환 정책 등 다양한 실천 분야와 연계를 맺으면서 논의를 발전시키고 있음

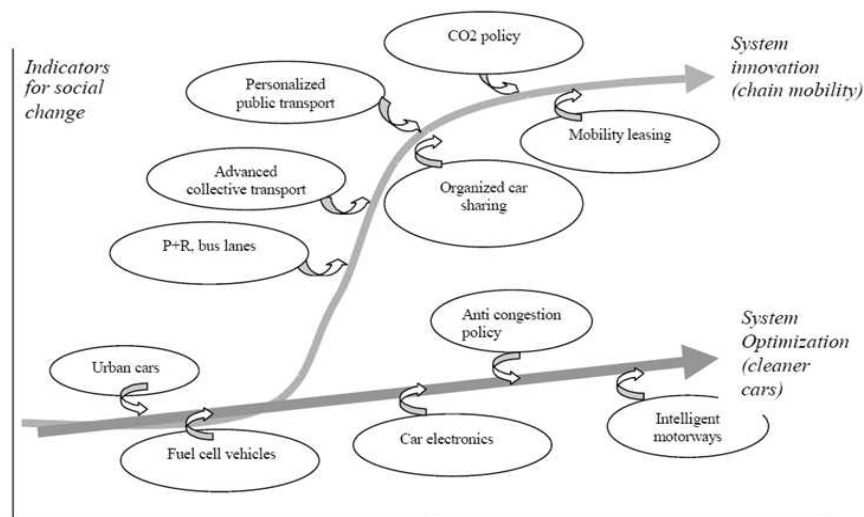


〈그림 II-15〉 지속가능성과 시스템 혁신의 필요성

자료: VITO(2012), *Transition in Research, Research in Transition*.

- 장기적 차원에서 시스템 전환을 염두에 두면서 그것을 구현하기 위한 중·단기 프로그램을 설계·추진하여 장기정책과 중·단기정책의 통합성을 향상시키기 위해 노력
- ‘전환관리(transition management)’라는 구체적인 실천방법론 제시
 - 다양한 이해 당사자의 참여를 통해 전환의 비전 설정 → 시스템 분석 → 전환 전략 도출 및 전환주체 형성 → 전환실험 기획 및 실행 → 모니터링·평가가 수행
- 시스템 전환에 입각한 장기 비전 제시
- 기존 장기비전의 특성
 - 그동안 제시된 장기비전은 미래 사회의 바람직한 가치와 그것을 구현하는데 필요한 미래 요소 기술을 제시하는 방식을 취하면서 전망을 제시

- 미래의 시나리오가 제시되지만 추상적인 미래 사회의 모습과 기술을 병렬하는 방식의 논의 전개 → 사회와 기술 각 요소간의 다양한 상호작용에 대한 폭넓은 인식이 부족
- 현 사회·기술시스템의 최적화나 시스템 개선의 차원에서 논의를 전개함으로써 시스템 전환에 대한 상상력이 부족한 경우가 많음
 - 예: 현재의 자동차 중심 교통체계와 개인소유 중심의 사용방식을 염두에 둔 장기비전 vs 자동차만이 아니라 공공교통수단, 공동사용에 입각한 교통체계 장기비전

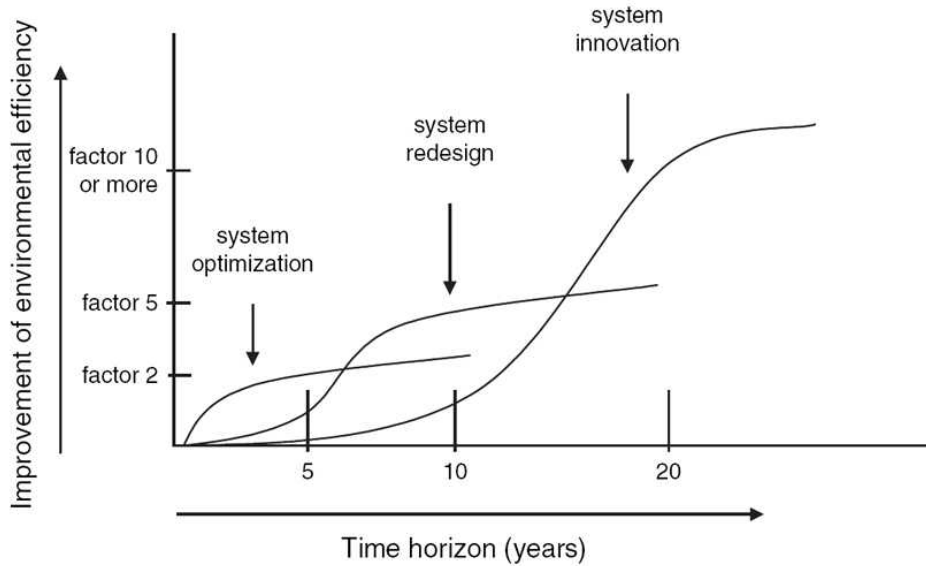


〈그림 II -16〉 시스템 전환 vs 시스템 최적화

자료: R. Kemp and J. Rotmans(2005), "The Management of the Co-evolution of Technical, Environmental and Social System" In Weber, M. and Hemmelskamp, J.(2005). *Towards Environmental Innovation Systems*, Springer.

○ 사회·기술시스템론에 입각한 장기비전

- 사회·기술시스템론에 입각한 장기비전은 기존 사회·기술시스템이 지닌 한계를 넘어서기 위해 새로운 시스템 형성을 주장
 - 미래의 사회 구성요소와 기술이 형성하는 관계를 중심으로 하는 장기비전 제시가 이루어지면서 더 다양하고 복잡한 상호작용을 장기비전에서 논의됨
- 새로운 사회·기술시스템으로의 전환은 기존 시스템의 최적화, 시스템의 개선을 획기적으로 넘어서는 높은 성과와 새로운 가치관을 제시
 - 시스템 전환 시 그 효과는 시스템 최적화 때보다 수배에 이른다고 파악
 - 초기 10여 년 동안 성과의 개선 정도는 시스템 최적화보다 못할 수 있기 때문에 그에 대한 대응이 필요(시스템 최적화 그래프 밑에 있는 시스템 전환 그래프)



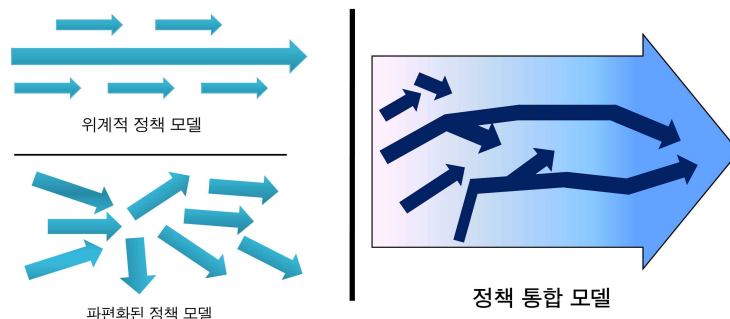
<그림 II -17> 시스템 전환의 효과와 초기 성과창출의 어려움

자료: R. Kemp and J. Shot(1998), "Regime Shifts to Sustainability Through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management", *Technology analysis & strategic management*, Vol. 10, No. 2.

□ 시민사회와 이해당사자의 참여 강조

- 기존 혁신정책의 틀에서는 사용자인 시민사회의 참여를 수용할 수 있는 공간이 부족
 - 전략기술 획득에 초점이 맞추어져 있기 때문에 과학기술 전문가의 관점에서 성장성이나 중요성이 큰 기술을 선정하고 개발하는 접근을 취함
 - 전략기술에 대한 사회·경제적 수요 파악도 과학기술 전문가가 주도하여 중요도를 파악하는 접근을 취함
- 사회·기술시스템론은 수요 측면을 보완하는 논의이기 때문에 사용자와 관련된 요소들을 중요하게 고려
 - 사용자의 행동에 대한 이해와 함께 사용자들의 소비 및 사용활동에 영향을 미칠 수 있는 표준문제·안전문제·인증문제 등을 중요한 요소로 설정
- 사회·기술시스템의 지향점을 설정하고 그것을 달성하기 위한 여러 프로그램을 운영하는 과정에서 다양한 이해당사자의 참여가 보장되는 거버넌스를 강조
 - 아무리 좋은 기술일지라도 사회적 착근을 고려하지 않으면 시스템을 형성할 수 없다는 점을 지적하면서 참여형 의사결정 구조를 주장
 - 기술공급자와 시민사회의 이해갈등이 일어날 수 있기 때문에 이것을 거버넌스형 의사결정 구조를 통해 조정해나가는 방안에 대한 논의가 이루어짐

- 관련 부처 간 정책통합적 (policy integration) 접근을 요구
- 시스템 전환은 기술·사회·문화·제도 전반에 걸쳐 많은 변화가 수행되며, 다양한 영역의 부처에 영향을 미치기 때문에 이들간의 조정을 필요로 함
- 정책통합은 각 부문 정책의 자율성과 독자성을 유지하면서도 개별 정책을 같은 방향으로 재배열하거나 전체 목표에 부합되도록 유도하는 일련의 정책적 노력
- 정책통합은 각기 다른 논리에 따라 전개되는 정책들을 대상으로 각 부처들이 수공할 수 있는 공동의 목표와 지식기반을 형성해서 정책조정을 수행하는 활동
- 정책통합은 정책조정 of 새로운 접근방식이라고 할 수 있으며 일회적으로 끝나는 활동이 아니라 서로 다른 분야 정책의 통합을 달성하기 위한 일련의 과정
- 정책통합적 접근을 취하면, 정책들은 공통의 비전하에 보완성을 지니면서, 정책 군집 (policy cluster)이나 패키지 정책으로 발전



<그림 II-18> 정책통합의 특성

자료: 송위진·성지은(2013), 『사회문제 해결을 위한 과학기술혁신정책』 (서울: 한울아카데미).

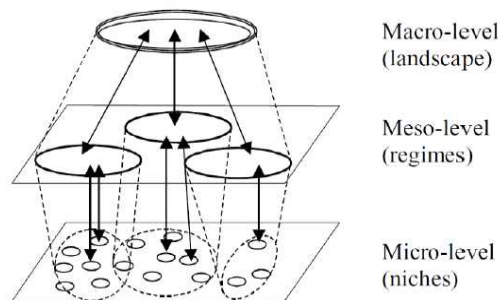
(2) 사회·기술시스템론의 이론적 기반: 다층적 접근과 전략적 니치관리

- 이들 논의는 혁신연구, 조직이론, 기술사, 구성주의적 과학기술학(STS)에서 유래

□ 다층적 접근

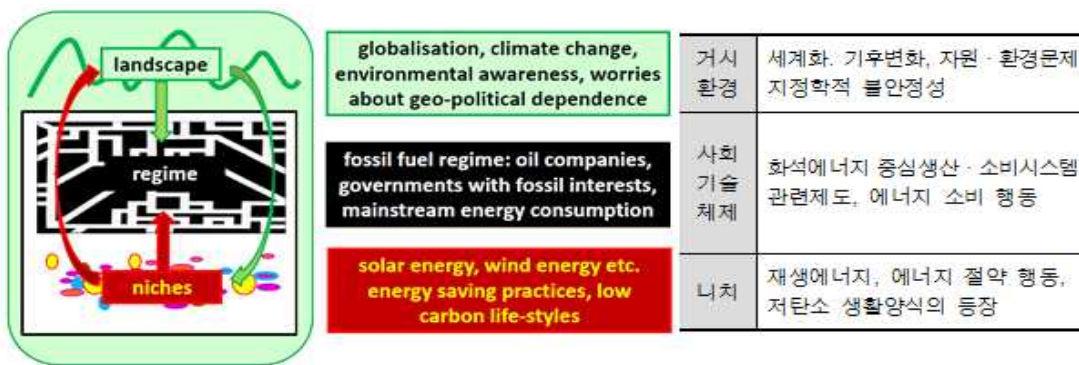
- 다층적 접근은 사회·기술시스템의 전환 과정을 분석하는 틀

- 새로운 사회.기술시스템의 등장과 확산은 거시환경, 사회.기술체제, 니치의 세 가지 ‘차원’(levels)의 상호작용을 통하여 이루어짐
- 거시환경 변화를 통해 나타난 기회를 효과적으로 활용하는 새로운 사회.기술니치가 발전하면서, 기존의 사회.기술체제를 혁신하고 대체하는 과정을 논의



〈그림 II -19〉 다층적 모델

자료: F. Geels(2004a), "From Sectoral Systems of Innovation to Socio-technical Systems Insights about Dynamics and Change from Sociology and Institutional theory", *Research Policy*, Vol. 33, No. 6~7.



〈그림 II -20〉 거시환경, 사회·기술체제, 그리고 니치

자료: Avelino and Grin(2014). "Beyond Deconstruction. A Reconstructivist Perspective on Sustainability Transition Governance"

- (주요 개념) 거시환경
 - ‘거시환경(landscape)’은 기후변화, 고령화, 세계화 등과 같이 사회적.정치적.문화적 변화의 장기적 추세를 지칭
 - 거시환경 변화는 다음 차원인 ‘사회.기술체제’에 대한 변화 압력이 됨
- (주요 개념) 사회·기술체제

- ‘사회.기술체제(socio-technical regimes)’는 특정 사회적 기능이 수행되는 사회.기술적 조건, 관행, 제도, 규범으로 구성
- 사회적 기능별로 사회.기술체제가 존재: 한 사회 내에는 농식품 사회.기술체제, 보건.의료 사회.기술체제, 에너지 사회.기술체제, 주거 사회.기술체제가 존재하며 이 사회.기술체제의 상호작용을 통해 사회의 재생산이 이루어짐
- 사회.기술체제는 과거의 필요에 따라 발전해 왔으며 안정성을 지님. 그 결과 사회.기술체제 내에서 이루어지는 혁신 대부분은 ‘점진적’이며, 현존기술의 파괴보다는 최적화를 지향
- 예시: 화석연료 중심의 에너지 생산.공급.활용시스템, 생활방식, 규제, 제도, 지식생산시스템, 교육제도 등으로 구성된 현재의 사회.기술체제
- 현 사회.기술체제는 지속가능한 대안적 기술들에 대한 장애물이 될 수 있음. 따라서 현재의 사회.기술체제에 대한 비판적 분석, 혁신적 대안들을 도출하기 위한 ‘기존의 틀 벗어내기’가 중요

○ (주요 개념) 니치

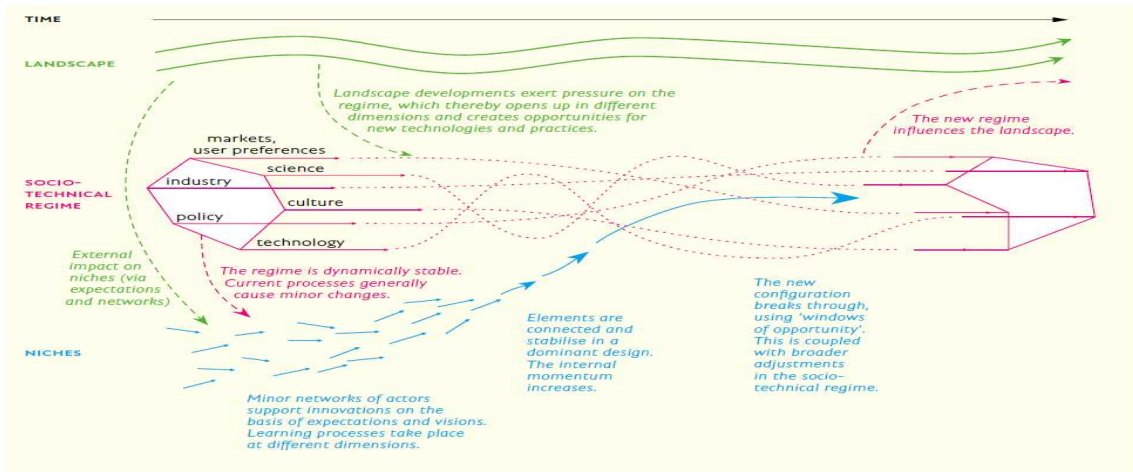
- ‘니치(niches)’란 널리 확산되고 채택되면 획기적인 결과를 가져올 수 있는 혁신(니치프로젝트 또는 전환실험)을 수행하는 소규모 ‘공간’을 말함
- 이 공간에서 이루어지는 혁신(예: 재생에너지 관련 사회.기술혁신)은 현재의 지배적인 사회.기술체제(예: 고탄소시스템으로 구성된 에너지 사회.기술체제)의 선택압력으로부터 보호됨
- 이러한 보호를 통해 혁신들은 불충분한 기술적 성능이나 낮은 경제적 성과에도 불구하고 더 발전될 수 있음
- 백열전구 사례: 백열전구는 원래 세계박람회의 특제품이었고, 공장과 소수의 도시 상점 진열장에 국한되어 사용되었음. 그러나 후에 가정과 도로에서 널리 사용됨
- 도심부의 전기 택시를 위한 하부구조의 변화 사례: 도심부에서는 단거리 운행을 하기 때문에 전기자동차를 효과적으로 활용할 수 있음. 주행거리 제약이 크게 문제가 되지 않기 때문임. 이는 향후 교통시스템 전체를 변화시킬 수 있는 잠재력을 지님

<표 II-12> 전통적인 혁신 프로젝트와 니치 프로젝트의 비교

	전통적인 혁신 프로젝트	니치 프로젝트 (전환실험)
목적	<ul style="list-style-type: none"> • 문제에 대한 해결책 개발 • 새로운 시장 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 지속가능한 발전이나 저탄소경제와 같은 사회적 도전과제 해결에 기여
혁신의 성격과 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 제품이나 공정에 대한 혁신·적응·개선 • 혁신은 기존의 관행, 조직, 문화, 금융 제도, 법률 제도 등(‘사회·기술체제’)의 큰 변화를 필요로 하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 혁신 목표가 급진적이며, 기존의 관행, 조직, 문화, 금융제도, 법률제도 등(사회·기술체제)의 시스템 변화를 지향
시간	<ul style="list-style-type: none"> • 2-5년 	<ul style="list-style-type: none"> • 니치 프로젝트 수행을 넘어서는 중장기적 시각

□ 사회·기술시스템의 변화: 지배적인 사회-기술레짐의 전환 과정

- 거시환경 변화(예: 세계화의 급속한 진전, 기후변화의 심화)로 인해 열리는 기회의 공간을 새로운 사회·기술시스템 형성 주체(니치에서 활동하는 혁신주체)들이 효과적으로 활용해서 기존 사회·기술레짐을 해체하고 재구성하는 활동

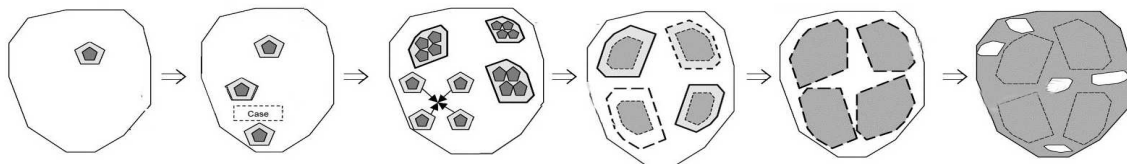


〈그림 II -21〉 다층적 관점에서 본 사회·기술시스템의 전환

자료: E. Mathijs, F. Nevens, and P. I. Vandenbroeck(2012), *Transition to Sustainable Agro-food System in Flanders: A System Analysis*, MIRA-AMS Topic Report.

□ 전략적 니치관리

- 새로운 사회·기술시스템의 맹아를 담은 니치를 전략적으로 관리해야만 시스템 전환이 이루어질 수 있음
 - 핵심적 이슈는 새로운 사회·기술의 실험이 이루어지는 니치들을 강력하게 만들어서 시스템 혁신을 위한 기반을 확보하는 것임



〈그림 II -22〉 전략적 니치 관리의 과정

자료: P. Ieromonachou, et al.(2004), "Adapting Strategic Niche Management for evaluating radical transport policies--the case of the Durham Road Access Charging Scheme", *International Journal of Transport Management*, Vol. 2, No. 2에서 수정

- 자동차 사회의 등장, 에너지시스템의 발전과 같은 시스템 혁신에 대한 역사적인 연구는 니치의 성공적인 발전을 위한 조건들을 통찰하게 함. 새로운 사회·기술시스템의 등장을 촉발하는 조건들은 다음과 같음
 - 거시환경으로부터 충분한 변화압력이 있을 때
 - 기존 사회·기술체제가 거시환경 변화로 인해 나타난 문제를 더 이상 해결할 수 없고 불안정해질 때
 - 니치에서 이루어진 혁신이 존재하며 충분히 발전했을 때
- 새로운 사회·기술시스템의 정당성 확보를 위한 노력 + 네트워크 형성 + 사회·기술시스템에 대한 학습을 통해 니치의 전략적 관리가 이루어짐

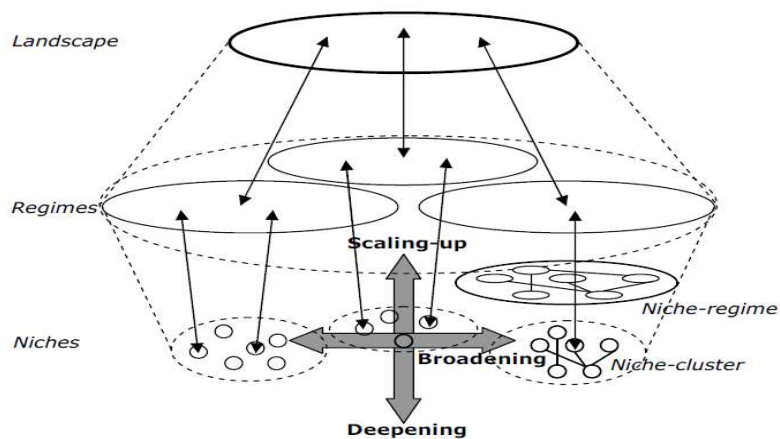
□ 니치와 기대관리

- 시스템 전환에서 사회·기술혁신을 수행하는 주체들의 기대(expectations)가 중요
- 기대는 사회적 행동의 원동력
 - 구체적인 내용을 갖추고 많은 사람들에게 의해서 표현될 때 기대는 새로운 사회·기술혁신에 정당성을 부여하는 기능을 가짐
 - 기대는 미래의 불확실성을 줄여주기 때문에 사람들을 움직이게 하고 자원을 동원할 수 있게 함
 - 기대형성은 새로운 사회·기술의 영역을 확장하는 담론 차원의 정치활동이라고도 할 수 있음
- 지속가능한 혁신을 주도하는 혁신가들은 새로운 사회·기술에 대한 기대를 확장하고 사회적 수용성을 향상시키기 위한 ‘기대 관리(expectation management)’ 활동을 수행해야 함
 - ‘사회·기술체제’의 문제들과 ‘거시환경’의 압력을 배경으로 지속가능한 대안을 추구하는 자신의 기대와 이해관계를 분명히 표현하고 의견을 조율하는 활동이 필요

□ 니치에서의 학습

- 니치실험을 통한 학습, 다른 영역에서 진행되는 니치실험에 대한 학습은 시스템 전환을 위한 기반이 될 수 있음
- 학습 유형

- 심화(deepening)학습: 사회.기술체제와 거시환경의 관점에서 본 니치실험의 맥락, 니치가 새로운 사회.기술체제로 변화하기 위한 요인 등을 학습
 - 예: 에너지 자립마을의 기획과 구현
- 확장(broadening)학습: 여러 공간과 영역에서 이루어지고 있는 다른 니치실험들에 대한 학습, 여러 니치실험들이 추진되는 맥락에 대한 학습, 각 니치들을 어떻게 연결할 것인가에 관한 학습
 - 예: 교통, 농식품, 주거분야에서 수행되는 저탄소 전환실험의 학습 및 연계
- 확대(scaling up)학습: 니치들이 사회.기술체제에 어떻게 영향을 미쳐 주류의 관행으로 발전할 수 있는가에 관한 학습



<그림 II -23> 니치에서 프로젝트의 심화, 확장, 확대 학습

자료: Bosch and Rotmans(2008)

□ 니치와 새로운 사회·기술의 보호

○ 니치실험이 사회에 착근할 수 있도록 기존 사회.기술체제의 선택압력으로부터 보호하는 것이 필요

○ 니치의 보호 방식

- 재정적 측면: 보조금 지급
- 지리적 측면: 특정한 구체적 장소를 설정하여 시범사업 시행 등
- 제도적 측면: 규제 적용의 면제
- 사회인식적 측면: 사회적 정당성을 확보할 수 있는 매력적 비전 제시
- 정치적 측면: 정부 부처들의 지원 약속 도출
- 문화적 측면: 환경운동가의 지지와 같은 문화적 자산의 확보

다. 사회·기술시스템론의 실천방법론: 전환관리론

- 현실적 전환 실천을 위한 전환관리(transition management)론 활용
- 시스템 전환을 실현하기 위한 비전·전략·과제를 도출하는 과정 설계와 실천 방법론을 제시
 - 이해 당사자의 참여, 공유된 비전, 전환주체 형성 및 전환실험 수행을 위한 과정과 각 활동 내용에 대한 방침 제시
- 고령친화형 사회·기술시스템으로의 전환을 위한 실천 과정과 필요한 활동들이 다루어질 수 있음

(1) 전환관리론

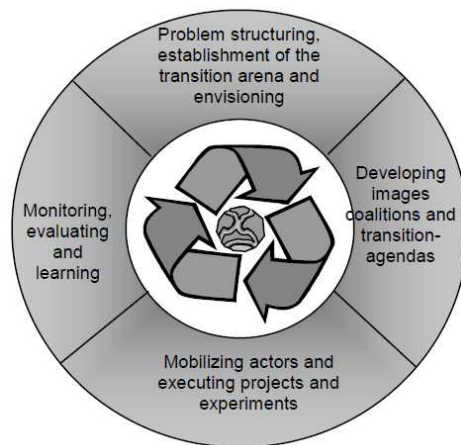
- 전환관리론의 의의
- 전환관리론(TM: transition management)은 여러 이론들의 지식과 실천 경험을 통합한 시스템 전환 방법론임
 - 복잡성이론(complexity theory)과 생태시스템, 거버넌스 연구를 기반으로 하고 있음
 - 다층적 접근, 전략적 니치관리론, 성찰적 모니터링 이론을 활용
- 장기적인 시스템 전환을 체계적으로 파악하고 관리하는 관점을 제공
- 전환관리와 거버넌스
- 전환관리론은 지속가능하지 않은 현재의 시스템을 지속가능한 시스템으로 전환하는 방법에 초점을 맞춤
- 거버넌스형 의사결정을 강조
 - 전환의 목표를 도출하고 그것을 달성하기 위한 실천 활동을 수행하는 과정에서 다양한 행위자들의 서로 다른 이해와 전망을 조정하는 방법
 - 국가나 기업과 같은 특정 행위자가 전환의 방향을 정하고 이끌어가는 방식이 아니라 다양한 행위자들이 숙의와 제휴를 통해 전환을 진행시키는 방법을 제시

○ 거버넌스를 4개로 유형화

- 전략적(strategic): 장기적 시각에서 사회문제 구조화, 대안적 미래비전 창출과 관련된 거시 환경 전망
- 전술적(tactical): 사회.기술시스템의 구성요소인 제도, 규제, 물리적 하부구조, 금융 하부구조의 형성과 해체에 관련된 활동
- 운영적(operational): 단기적인 일상적 결정, 행동과 관련된 니치 수준의 활동
- 성찰적(reflexive): 여러 수준에서 전개되는 활동의 상황, 각 활동의 상호작용에 대한 평가.연구를 통하여 문제와 대안을 지속적으로 구조화.재해석

○ 4개의 거버넌스에 입각한 전환관리 요소와 활동

- 전략적 거버넌스: 주요 이해당사자들로 구성된 전환협의체(transition arenas)형성 → 문제구조화.비전형성
- 전술적 거버넌스: 새로운 행위자들을 포함한 전환동맹(transition coalitions) 형성 → 전환의제 도출, 담론 확산
- 운영적 거버넌스: 전환실험과 행동의 실행
- 성찰적 거버넌스: 모니터링과 평가



<그림 II -24> 전환관리의 단계

자료: D. Loorbach(2007), *Transition Management: New Mode of Governance for Sustainable Development*. Netherlands.

□ 전환관리의 요소와 핵심활동, 성과물

<표 II -13> 전환관리의 주요 요소(농식품 시스템 전환 사례)

Agro-Food System Transition		
주요 요소	활동	주요 성과물
1. 준비와 탐색	A. 전환관리 총괄관리팀 형성 (transition team 형성)	· 전환관리 총괄관리팀 형성
	B. 프로세스 디자인	· 전환의 진행과정 및 시간표 작성 · 각 단계별로 필요한 분석 수단 개발 - 시스템 분석수단 - 주요 행위자 분석 및 갈등 요인 분석 등
	C. 시스템 분석	· 전환대상 설정 - 농식품시스템(생산-유통-소비) · 시스템 분석 - 농식품시스템의 현황 분석 - 비전을 둘러싼 논쟁 분석(안전·안정적 식품공급, 자원순환 등)
	D. 주요 행위자 분석	· 전체 과정의 주요행위자 및 이해관계 분석
	E. 모니터링체계 수립	· 전환 프로젝트 모니터링 체계 수립
2. 문제 구조화/ 비전 제시	A. 전환협의체 형성 (Transition Arena)	· 시스템 전환에 대한 의지와 비전을 가지고 있는 선도 행위자로 구성된 네트워크 형성 - 총괄위원회로서의 전환협의체 - 연구자, 정책경험자, 현장 경험 많은 실무자, 과학기술 담당자, 총괄관리팀으로 구성
	B. 문제 구조화*	· 공동의 문제인식 형성과 변화 이슈 도출 - 농식품시스템 현황 분석자료, 발전 전망 논쟁 자료를 바탕으로 문제 구체화 - 주요 변화 요소 도출
	C. 우선순위 선정*	· 지속가능한 전환을 위한 가치 기준의 우선순위 형성
	D. 비전 형성*	· 공유된 비전 형성
3. 백캐스팅/ 전환경로 형성/ 어젠다 설정	A. 참여적 백캐스팅과 전환 경로의 정의*	· 비전 달성을 위한 백캐스팅과 전환경로 (transition pathway) 제시 - 예: 로컬푸드(local food) 전환경로/도농 자원순환 경로 등
	B. 어젠다 형성과 행동방향 제시*	· 각 전환경로별로 주요 어젠다 형성 및 행동방향 제시 - 전환경로별 플랫폼(분과위원회) 형성 - 주요 의제 및 시범사업 내용 설정
4. 전환실험과 실행	A. 비전, 경로, 의제에 대한 서사 확산	· 대중의 인식 제고 및 참여 확대 - 전환비전-경로-의제-행동을 통해 나타나는 효과에 대한 서사(narrative) 정리 및 확산
	B. 이해당사자 연합 형성 및 네트워크 확대	· 네트워크 확대 및 전환실험 포트폴리오 구성 - 전환실험 상세 설계
	C. 전환 실험 수행, 정책과 프로젝트 수행	· 전환실험 수행
5. 모니터링과 평가	A. 방법과 프로세스에 대한 참여 평가*	· 방법론 변화 및 교훈 획득
	B. 비전과 전략 성찰	· 비전 조정과 전략변화
	C. 인터뷰 모니터링	· 학습과 프로세스에 대한 성찰

참조: *가 붙은 활동은 참여적 과정

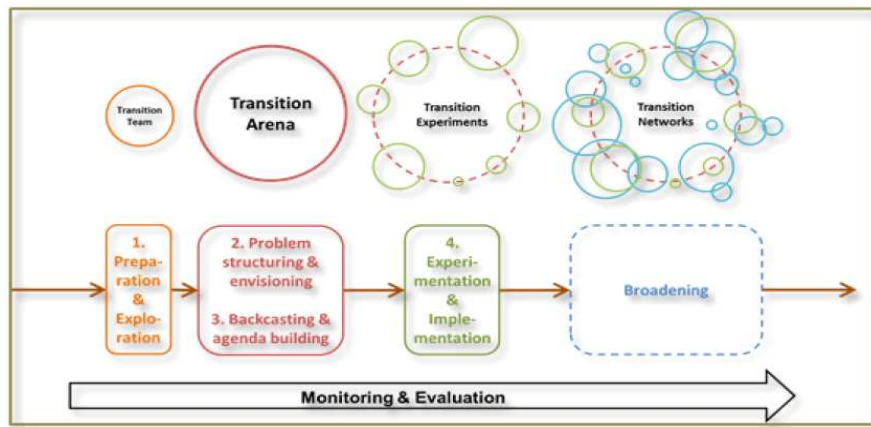
○ 단계 1: 준비와 탐색(Preparation & Exploration)

- 전환관리 프로세스를 이끌어 나갈 전환관리 총괄관리팀(T-team)의 구성
 - 다양한 현장 전문가와 변화 지향적인 관료 등이 참여
 - 전환 프로세스의 초점과 목적, 공간과 시간의 경계들을 결정
 - 장기적 관점에서 프로세스 디자인이 이루어지며 시스템 분석(system analysis)을 통해 통합적 시각을 갖춤
 - 현재 시스템의 특성과 상호작용, 당면한 문제를 파악하고, 참여자들은 각 요소들의 상호연결을 이해하는 시각을 지니게 됨
 - 행위자 분석을 통해 전환협의체(transition arena)에서 활동할 행위자들을 선택
 - 모니터링과 평가 체계 구축
- 단계 2: 문제의 구조화와 비전 제시(Problem structuring & Envisioning)
- 전환관리 영역을 정하고 선도그룹을 중심으로 한 전환협의체 형성
 - 혁신 경험을 가진 선구자들과 기존 사회.기술체제의 의사결정자들이 함께 포함됨
 - 비전 형성, 의사소통, 네트워크의 관점에서 각 주체의 역할/역량을 확인
 - 사회적 지위와 네트워크를 가진 사람들이 전환영역에 충분히 포함되도록 함. 이들은 전환비전을 공공 의제로서 주목받도록 할 수 있음
 - 참여 그룹이 구성되고 문제 인식의 공유가 이루어지고 주요 변화 주제(topic)에 대한 정의가 이루어짐
 - 공유된 문제 인식을 통해 전환에 대한 가이드라인과 우선순위가 선정되고, 참여자들 간의 비전이 공유됨
- 단계 3: 백캐스팅과 의제 설정(Backcasting, Pathways & Agenda Building)
- 공공부문, 민간기업, 시민사회가 참여한 백캐스팅 분석의 수행과 전환 경로의 정의
 - 백캐스팅은 도달해야 할 비전을 정의하고 그로부터 역으로 실행해야 하는 활동을 역으로 도출하는 활동
 - 전환 경로는 전망된 미래를 달성하기 위해 역으로 도출한 실현 가능한 경로이며, 단기적이고 중기적인 목표를 포함
 - 백캐스팅 분석의 최종안에 대한 피드백을 통해 공동 행동 의제가 정의되고 다양한 행위자들의 정책과 관심, 동기들이 구체적으로 드러남
 - 도출된 결과들은 앞으로의 행동과 실험을 위한 나침반으로 활용되며, 다음 단계 네트워크 형성을 지원
- 단계 4: 실험과 실행(Experimenting & Implementing)
- 전환관리 영역에 대한 서사(narrative)를 통해 프로젝트의 진행과정과 의의를 알림으로써 프로젝트 외부 행위자들의 지지를 획득

- 이는 프로젝트 효과를 입증하여 대중적인 인식을 넓혀 다양한 주체들의 참여를 확대
- 하위 그룹들을 참여시켜 네트워크가 확장되며, 이를 통해 참여자들 간의 연합이 형성
- 전환 실험 수행
 - 전환 실험이 성공하면, 이를 곧 다른 맥락과 범위, 수준에서도 동일하게 반복하여 수행

○ 단계 5: 모니터링과 평가(Monitoring & Evaluation)

- 모니터링과 평가는 전환 과정에서 발생하는 행위자들의 활동에 대한 통찰을 제공
- 이 과정을 통해 전환 프로세스가 향상되고, 학습이 이루어지며, 여러 전환실험들 간의 경험 공유



<그림 II -25> 전환관리의 전개과정

자료: Rooda et al(2012), Rauschmayer et al(2013), *Towards a Governance of Sustainability Transition*, InContext, EU

라. 사회·기술시스템론에 입각한 정책 사례

(1) 네덜란드의 ‘에너지 전환’ 정책

□ 에너지 전환의 개요⁴⁹⁾

○ 네덜란드 경제부는 2004년 Innovation in Energy Policy - Energy Transition: State

49) ‘에너지 전환’ 정책은 정권이 교체되면서 2011년 기술개발 측면이 강화된 Top Sector Energy 사업으로 내용이 바뀌었다. 그렇지만 기획과정 포함 10년 정도 추진된 이 정책은 현실에서 시스템 전환을 실험해 본 시도로서 여러 분야에 많은 영감을 주고 있다. 혁신정책 커뮤니티에 정책을 대중화하는 역할을 담당하고 있는 OECD도 최근 System Innovation이라는 시스템 전환 관련 프로젝트를 추진하고 있다.

of Affairs and Way Ahead 라는 문건을 발표하면서, 지속가능한 사회로의 전환을 위해 '에너지 전환'이라는 시스템 전환 전략을 제시

- '에너지 전환' 정책은 명시적으로 '사회·기술시스템'의 전환을 논의
 - 지속가능한 시스템을 구축하기 위해서는 새로운 에너지 기술만이 아니라 그것이 생산되고 활용되는 사회시스템의 변화가 수반되어야 함을 지적
 - 전환의 과정은 한 세대 이상의 시간이 걸릴 것이라는 것을 적시

- 초창기에 소규모 정책으로 출발했던 '에너지 전환'은 이제는 에너지 정책의 새로운 모델로 부상하고 있으며, 교통 분야, 농업 분야에서도 역할 모델이 됨

- '에너지 전환'은 1) 장기적인 관점에 기반한 정책형성, 2) 이해당사자들의 참여가 이루어지는 거버넌스, 3) 단기정책에 대한 실험적 접근을 내용으로 함

- '에너지 전환'의 구조

- '에너지 전환'의 비전은 2000년 11월에 발간된 "Energy and Society in 2050"이라는 시나리오 보고서에 근거
 - 국내외의 다양한 이해관계자와 전문가가 참여한 이 보고서는 시스템 변화의 4가지 시나리오를 제시하고 다양한 의견들을 청취한 뒤 새로운 에너지 정책의 기본 방향 제시

- '에너지 전환'은 장기비전 → 중기 전략적 비전 → 전환경로 → 전환실험의 구조로 정책이 구성
 - 2004년 시나리오 보고서를 토대로 발간된 '에너지 전환'은 각 플랫폼 단위로 20년 이후에 달성할 수 있는 '전략적 비전(strategic vision)'을 제시
 - 이를 달성하기 위한 수단으로 '전환 경로(transition path)'와 각각의 경로를 구체화하는 '전환 실험(transition experiments)'을 제시
 - 이 정책과정은 한 방향으로 진행되는 것이 아니고 협의를 통해 계속 조정되는 특성을 지님
 - 이미 결정된 미래 목표를 달성하기 위해 정책을 위계적으로 집행하는 것이 아니라 구체적인 현실과의 상호작용을 통해 미래의 가능성을 탐구해나감



<그림 II -26> 에너지 전환과정

자료: D. Loorbach(2007), *Transition Management: New Mode of Governance for Sustainable Development*. Netherlands.

○ ‘플랫폼’ 조직의 구성

- 플랫폼은 각 분야별로 정부와 산·학·연·시민사회 대표자 10~15명으로 구성된 조직으로서 전략적 비전, 전환 경로, 전환 실험을 기획하고 의결
- 플랫폼은 에너지 사슬 효율성, 바이오매스, 새로운 가스, 지속가능한 전력, 지속가능한 교통, 건조환경(Built Environment), 에너지 생산온실 등 7개로 구성되어 있음(Kemp et al, 2007)

<표 II -14> 플랫폼, 전략적 비전, 전환경로

플랫폼	전략적 비전	전환경로
새로운 가스	· 유럽에서 가장 지속가능한 천연가스 국가	· 분권화된 발전 · 녹색가스수소 · 청정화석연료
지속가능한 교통	· 신규차량의 온실가스 배출을 현재의 1/2 수준 (2015년) · 모든 차량의 온실가스 배출을 현재의 1/3 수준 (2030년)	· 하이브리드카 · 바이오디젤 · 수소자동차 · 지능형교통시스템
녹색 자원	· 2030년까지 에너지 자원의 30%를 녹색 자원으로 충당	· 바이오매스 생산 · 바이오매스 수입선 확보 · 바이오매스 생산의 효율화 · 합성 천연가스 · 지속가능한 화학
에너지 연쇄 효율성	· 2030년까지 생산과정의 효율성을 20~30% 향상	· 폐기물관리 최적화 · 정밀 농업 · 복수의 교통시스템 · 공정 효율화 · 벌크생산물의 처리 · 폐기물의 재순환 · 소규모 열병합 발전 · 에너지 효율적 제지
지속가능한 전력	· 보다 지속가능한 전력	· 재생가능한 에너지원 · 탄소 저장 및 열병합발전 · 전력 기반시설 · 전력소비절약
건조환경	· 에너지효율성을 높이고 새로운 혁신을 장려	· 건조환경의 에너지효율성 개선 · 혁신의 장려와 적용 · 제도적 장벽의 제거

자료: 송위진 외(2008: 136)에서 일부 수정

□ ‘에너지 전환’의 거버넌스

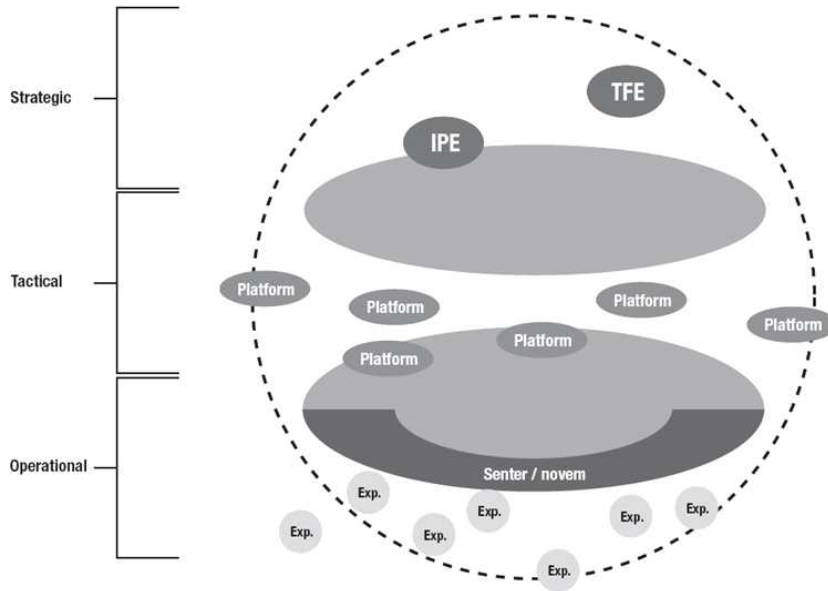
- ‘에너지 전환’은 정부와 민간이 공동 협력의 장을 형성해서 정책을 추진해가는 거버넌스를 구성
- ‘에너지 전환’은 2005년 정부와 산·학·연·시민사회 17명의 위원이 참여하는 ‘에너지 전환 태스크포스(TFE)’를 구성
 - ‘에너지 전환’의 자문 및 모니터링 기구로서 활동
 - 2006년 ‘에너지 전환’이 좀 더 구체화된 실행 계획인 More With Energy: Opportunities for the Netherlands를 작성해서 제출
- ‘에너지 전환’에는 여러 부처가 참여하기 때문에 부처간 정책조정을 위해 부처간 사무국(IPE)을 설치 운영
 - 외무부, 경제부, 재정부, 농업부, 환경부, 교통부 등 6개 부처 30여 명의 공무원이 참여

<표 II -15> ‘에너지 전환’ 의 거버넌스

수준	정책결정 기구	정책의 내용
전략적 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 전환 태스크 포스(TFE) <ul style="list-style-type: none"> - 산·학·연·시민사회 대표 참여 • 관련 부처 간 사무국(IPE) <ul style="list-style-type: none"> - 관련 6개 부처 참여 	에너지 전환의 장기 비전, 계획 작성
전술적 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 분야별 ‘플랫폼(Platform)’ <ul style="list-style-type: none"> - 산·학·연·시민사회 대표 참여 	분야별 전략적 비전 작성 전환경로 제시 전환실험 선정
운영	<ul style="list-style-type: none"> • 관리기구: SenterNovem • 전환 실험 수행: 기업컨소시엄 	전환실험 관리 및 지원

자료: Loorbach(2007: 270)에서 정리.

- 에너지 전환 태스크포스(TFE)와 부처간 사무국(IPE)이 전략적 수준에서 정책을 결정하는 기구라고 한다면, 플랫폼은 전환경로와 전환 실험을 기획·심의
 - 플랫폼 위원장은 전문성에 의거해서 경제부가 선정하고 15명 정도의 플랫폼의 위원은 위원장이 위촉
 - 각 플랫폼에서는 여러 개의 전환경로가 설정되고 각 전환경로에 따라 또 수 개의 전환 실험이 추진
 - 전환경로와 전환 실험이 기획될 때, 서로 다른 입장에 있는 기업, NGO, 정부가 다양한 토론을 거침



<그림 II -27> 에너지 전환의 거버넌스 구조

자료: Loorbach(2007: 270)

□ 전환실험과 실험을 통한 학습

○ ‘에너지 전환’은 ‘실험을 통한 학습(learning-by-experiment)’을 통해 정책을 개선해나가는 진화적 접근을 취함⁵⁰⁾

- 환경에 대한 합리적 분석에 입각한 정책결정과 집행이라는 합리적 의사결정 모델을 따르지 않음
- 일정한 검토과정을 거친 안을 실험해보고 결과의 피드백을 통해 학습을 수행한 후 또 다른 실험을 시행하는 틀을 지님

○ 전환실험

- 전환실험의 목표는 새로운 에너지 시스템이 특정한 맥락에서 어떻게 작동하고, 또 관련된 주변 환경이 새로운 에너지 시스템에 어떻게 반응하는가를 관찰하는 것
- 전환실험은 프로젝트 형식으로 3~4년 동안 추진. 여기에 참여하는 주요 주체는 기업 컨소시엄. 이들은 자신들이 수행하는 프로젝트들이 어떻게 새로운 에너지 시스템에 대한 ‘학습’에 기여할 것인지에 대한 안을 제시해야 함

○ 학습의 촉진

- 다양한 프로젝트들이 진행되면서 각 프로젝트의 경험을 공유하고 네트워크를 형성하기 위한 학습 네트워크 조직 형성

50) 이 실험은 장기 비전과 중기 전략적 비전에 의해 방향이 설정된다. 방향성이 있어야만 실험을 통한 효과적인 학습이 이루어질 수 있다.

- 2005년 CCT(Competence Center for Transitions)가 설립되어 전환실험을 추진하는 과정에서 축적된 정보와 지식을 공유하는 장이 마련
- 프로젝트가 일회성 사업으로 끝나는 것이 아니기 때문에 성공하든 실패하든 그 과정에서 창출된 지식을 공유할 수 있는 공간형성
- 혁신정책 연구자 네트워크(Knowledge Network on System Innovation)도 여기에 참여하여 연구를 통해 전환 실험의 학습경험을 체계화하고 공무원에 조언을 하는 역할을 수행함으로써 이론과 실천이 조우(Kemp et al, 2007).

(2) VITO, 과학기술연구기관의 전환연구

□ 사회·기술시스템 전환과 과학기술연구기관

- 사회·기술시스템 전환의 의의와 중요성이 논의되면서, 연구기관에서도 조직의 목표가 지속가능한 사회·기술시스템으로의 전환이라는 것을 명확히하고 이를 위해 연구소를 재구조화하는 노력 수행
- 초학제적 융합연구, 실천연구를 위한 연구소 혁신 활동 수행

□ VITO의 전환

- 벨기에 플랑드르에 위치한 VITO(the Flemish Institute for Technological Research)⁵¹⁾는 사회·기술시스템 전환을 목표로 설정하고 이를 위한 연구수행 전략을 제시
 - 일반적으로 연구소들은 세계 최고 수준의 연구성과나 기업 혁신활동 지원을 핵심적인 목표로 제시하는데 VITO는 지속가능한 전환을 자신들의 임무로 재정립하고 그 영역에서 선두주자가 되는 것을 지향
 - VITO는 2012년 현재 연 예산 1억 2,600만 유로(약 1,800억 원), 직원 700명 규모의 독립연구소
 - 예산의 63%는 산업 계약연구, 10%는 정부 계약연구, 27%는 정부 그랜트(grant)로부터
 - VITO는 연구소의 비전 재정립 작업을 추진하여 2012년 『Transition in Research, Research in Transition』이라는 비전 보고서를 제출
 - 사회적 난제에 대응하기 위해서는 지속가능한 사회·기술시스템의 전환이 이루어져야 하고 이 전환과정에 연구를 통해 기여하는 것을 자신들의 목표로 제시

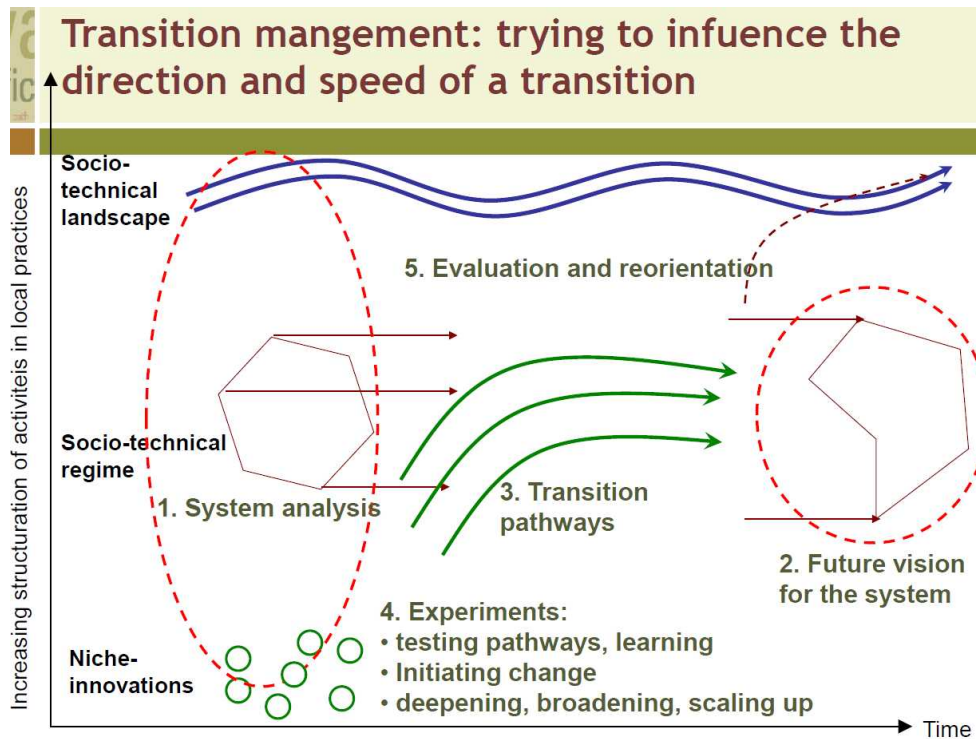
51) 유럽 대학과 연구소를 대상으로 한 유럽 연구능력순위(European Research Ranking)에 따르면 VITO는 유럽 전체에서 67위, 벨기에에서 3위에 속하는 연구기관이다(<http://www.researchranking.org>).

- 새로운 목표를 구현하기 위해 연구추진 체제의 전환(internal transition)을 추진
 - 사회·기술시스템 전환을 위해서는 새로운 방식의 연구문제 설정, 연구수행 체제, 평가 활동이 필요하기 때문(VITO, 2012b).
- 연구소 혁신을 위해 시스템적 사고, 학제적·초학제적 연구, 실천형 연구(action research)를 제시
 - 사회·기술전환론에서 논의한 바와 같이 기술만을 고려하는 것이 아니라 사회·기술시스템을 통합적으로 접근해야 함을 강조
 - 통합적 연구를 위해 타 연구분야와의 학제적 연구가 필요하며 더 나아가 기업, 시민사회, 정부와 같은 다른 혁신주체들을 참여시키는 초학제적 연구(trans-disciplinary research)가 요구된다고 주장
 - 문제해결을 위해 새로운 기술이나 접근방법을 개발하여 현장에서 직접 적용하여 효과를 알아보는 실천형 연구를 수행해야 함을 역설(VITO, 2012a).
 - VITO는 현재 기후변화, 식량안보, 자원고갈, 지속가능한 에너지 공급, 고령화를 사회적 난제로 정의하고 이에 대응하기 위해 5개 연구프로그램을 배치하면서 사회·기술시스템 전환과 연구를 연계

마. 시스템 전환을 위한 연구 주제와 분석 방법론

(1) 연구의 개요

- 전환관리와 관련하여 연구가 필요한 주제와 분석 방법에 대해 논의
- 고령화에 대응하기 위해 고령친화 사회·기술시스템으로의 전환을 염두에 둔 접근을 취함
- 이 주제들에 대한 연구는 전환관리 활동에 필요한 지식과 정보를 제공
 - 전환관리를 위한 사전 기획·조정 연구 역할을 수행



<그림 II -28> 전환관리에 필요한 활동과 연구영역

자료: Erik Pardis et al(2010), *Plan C: Developing ELM as a Transition Experiment: Context, Framing, Methodology, Questions.*

- 고령화는 보건·의료, 사회서비스, 교통, 주거, 식품, 노동 등 여러 분야에 영향을 미치기 때문에 세부 분야별로 전환관리적 접근이 필요
- 고령화로 인해 나타나는 사회문제를 각 영역별로 정의하고 그에 대한 대응방안 제시
- 시스템 전환이라는 장기적 관점과 중·단기 프로젝트를 연계
- 고령친화형 사회·기술시스템으로의 전환관리를 할 때 필요한 연구 주제
 - 사회·기술시스템 분석 연구
 - 예: 고령친화성 관점에서 보건·의료 사회·기술시스템의 시스템 분석
 - 장기비전 연구 및 백캐스팅
 - 예: 보건·의료서비스를 대상으로 고령친화형 사회·기술시스템의 비전 도출 및 백캐스팅
 - 전환경로 연구 및 의제 연구
 - 고령친화형 시스템으로의 전환을 위한 전환경로 연구

- 관련 기술·서비스·제도에 입각한 경로 제시
- 의제 관련 연구
- 전환실험 기획
 - 전환실험 기획
 - 기존 정책 및 사업과 연계 방안
- 초학제적 연구(trans-disciplinary research)의 성격
- 과학기술분야간, 과학기술과 인문사회 분야간의 융합연구가 필요
- 또 전문 지식분야와 현장 지식의 연계와 융합이 필요
- 연구 추진과 성과 활용에서 이해 당사자의 참여가 필요
- 시스템 전환의 핵심요소는 참여적 과정임
 - 이해 당사자의 참여와 숙의를 통해 비전을 공유하고 전환을 추진하는 주체들의 네트워크가 형성됨
- 연구는 참여적 과정을 통해 진행되고 또 연구결과는 참여적 과정을 촉진시킴

(2) 시스템 분석 연구의 구성

- 고령화 대응이라는 측면에서 현재 보건·의료시스템의 현황과 문제점을 분석하는 연구
- 현 보건·의료시스템을 고령화 대응이라는 관점에서 평가하고 시스템적 문제를 해결하기 위한 방안 제시 방법론
- 다양한 방식으로 시스템 분석이 이루어질 수 있음
 - 농식품시스템에 대한 분석 사례연구는 E. Mathijs, F. Nevens, and P. I. Vandenbroeck(2012), *Transition to Sustainable Agro-food System in Flanders: A System Analysis*, MIRA-AMS Topic Report 가 대표적
- 시스템 구조 분석

○ 고령친화성의 관점에서 보건·의료 사회·기술시스템 구조적 특성 분석

〈표 II -16〉 시스템 구조적 요소들

구조적 요소들	하위범주
행위자들	<ul style="list-style-type: none"> • 시민사회 • 기업: 신규기업, 중소기업, 대기업, 다국적기업 • 지식기관: 대학, 기술연구소, 연구센터, 학교 • 정부 • NGO • 제3자: 법률조직, 금융조직/은행, 중간조직, 지식브로커, 컨설턴트
제도	<ul style="list-style-type: none"> • 경성(Hard) 제도: 규칙, 법률, 규제, 지침 • 연성(Soft) 제도: 관습, 공통의 습관, 루틴, 기존 관행, 전통, 행위 패턴, 규범, 기대
상호작용	<ul style="list-style-type: none"> • 네트워크 수준 • 개별적 상호작용 수준
하부구조	<ul style="list-style-type: none"> • 물리적 하부구조: 인공물, 도구, 기계, 도로, 건물, 네트워크, 교량, 항만 • 지식 하부구조: 지식, 전문성, 노하우, 전략적 정보·지식창출 활동 • 금융 하부구조: 보조금, 금융 프로그램, 교부금

○ 주요 질문

- 모든 유의미한 행위자들이 포함되어 있는가?
- 이 행위자들은 고령친화형 시스템에 긍정적인가, 부정적인가?
- 이 행위자들은 혁신 능력을 갖고 있는가?
- 모든 관련 제도들이 포함되어 있으며, 이 제도들은 고령친화형 시스템을 지지하고 있는가?
- 어떤 상호작용이 이루어지는가? 상호작용은 다른 행위자 그룹과 쌍방향으로 이루어지는가 아니면 특정 행위자 그룹 내부에서만 이루어지는가?
- 하부구조는 고령친화형 시스템의 창출을 지지할 만큼 충분히 발전되어 있는가, 아니면 특정 요소를 결여하고 있는가?

□ 고령친화형 시스템 발전을 제약하는 시스템 문제 파악

○ 어떤 유형의 시스템 문제들이 고령친화형 시스템의 발전을 제약하는지 확인

○ 행위자 문제의 두 가지 유형

- 존재 유무: 앞에서 제시한 행위자 범주에 속하는 행위자의 부재
- 역량 문제: 가용 자원을 이용하고 자신의 필요를 확인·표현하며 비전과 전략을 개발·실천하는 역량의 부족

○ 제도 문제(경성제도와 연성제도의) 두 가지 유형

- 존재 유무: 특정 제도가 없는 경우
 - 수준과 능력문제: 제도의 질적 수준/역량에 문제가 있는 경우
 - 제도적 경직성 문제는 기득권자들에게 유리하고 혁신가에는 불리하게 작용
 - 제도적 취약성 문제는 새로운 기술이나 개발을 지원하는 제도가 약하기 때문에 혁신을 방해하는 문제
- 상호작용 문제는 두 가지 유형: 이 문제는 논자에 따라서는 ‘고착’(Lock-In) 문제, 네트워크 문제, 불균형한 탐색-이용의 문제
- 상호작용의 존재 여부: 행위자들 사이의 인식 차이, 신뢰의 부족 때문에 상호작용 부재. 취약
 - 질적 수준: 상호작용의 질적 수준/강도의 문제
 - 강한 네트워크 문제
 - 근시안적 편협함: 현존하는 제도적 틀을 선호하여 외부 집단에 개방을 막는 내향적 경향
 - 기존 행위자들의 강력한 참여
 - 약한 네트워크는 강한 네트워크의 경직성을 약화시키는데 유용
 - 자산의 특수성 때문에 발생하는 지배적 파트너에 대한 의존
 - 취약한 네트워크 문제: 행위자들 사이의 취약한 연계성 때문에 상호작용적 학습과 혁신 제약
- 하부구조 문제: 물리적 구조와 지식·금융 하부구조의 문제를 말함
- 존재 유무: 특정 유형의 하부구조가 없는 경우
 - 질적 수준: 하부구조가 부적절하거나 기능 불량인 경우

□ 시스템 문제 해결을 위한 정책방향 도출

- 고령친화형 시스템을 발전시키기 위한 정책방향(‘시스템적 수단의 목적’) 도출

<표 II -17> 시스템적 문제에 대응한 정책방향

시스템적 문제	문제의 유형	시스템적 수단의 목적
행위자 문제	존재 유무	관련된 행위자들의 참여를 촉진하고 조직화 (1)
	역량 수준	행위자 역량 개발을 위한 공간을 창출 (2)
상호작용 문제	존재 유무	상호작용이 일어나도록 촉진함 (3)
	질적 수준	너무 강력하거나 너무 취약한 네트워크의 개선 (4)
제도적 문제	존재 유무	경성제도와 연성제도가 존재하도록 함 (5)
	역량 수준	너무 취약하거나 너무 강한 제도를 방지함 (6)
하부구조 문제	존재 유무	물리적 구조, 지식·금융 하부구조의 촉진 (7)
	질적 수준	하부구조의 적절한 질적 수준을 확보(8)

(3) 시스템 전환론에 바탕한 장기비전 형성 연구의 구성

□ 비전 형성과 백캐스팅은 시스템 전환 활동의 첫 걸음

○ 비전은 시스템 전환의 길잡이 역할을 하며 기존 관행의 덫에 빠지지 않도록 함. 또한 여러 주체들을 동원하는 힘으로도 작용

○ 비전 형성(visioning)은 백캐스팅(backcasting)과 결합되어 전환 의제 및 전환경로를 규정

□ 비전 형성과 백캐스팅 사례: 네덜란드의 단백질식품

○ 네덜란드에서 비전 형성과 백캐스팅을 토대로 최초로 수행된 사업은 '지속가능한 기술개발프로그램'(DTO)이었음

- 첫 번째 작업은 지속가능한 전환이 필요한 영역의 발견임. 에너지소비와 온실가스 배출이 큰 육류의 생산·소비 감축을 우선적으로 해결해야할 문제로 파악

- 이해관계자들이 모여 2040년까지 육류의 40%를 단백질 식품으로 대체한다는 비전을 형성했음. 그리고 백캐스팅을 통해 이 목표를 달성하기 위한 기술·지식·제도혁신 과제 확인

- 기술적 측면에 초점을 맞추어 7개의 대안이 도출되었고, 이 대안들은 전환 프로그램으로 발전

- 그 결과 소비자 수요에 대한 연구가 이루어졌고 단백질 식품의 시제품도 만들어짐

□ 사회적 기능 선택

○ 비전 형성의 대상이 되는 주택, 교통, 식품생산, 물 관리 등과 같은 사회적 기능(social function)을 선택

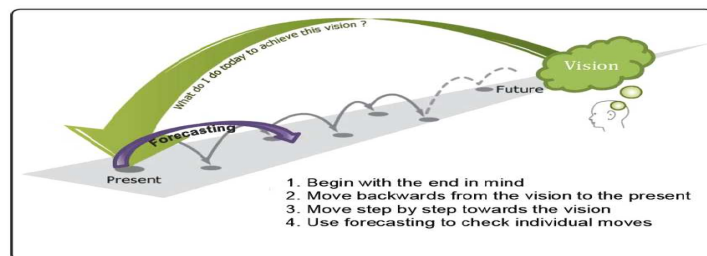
○ 지역, 구역, 집합건물과 같은 물리적 환경을 선택하는 것도 가능

- 더 나아가 가치사슬에서 특정 과정을 선택할 수도 있음

○ 비전 형성이 진행되면서 사회적 기능을 더 정교화·세분화 할 수 있음

□ 비전 형성

- 미래(예: 2050년)의 지속가능한 사회에서 자녀나 손자가 접하게 될 사회적 활동(지역의 교통, 주택, 또는 식품생산)의 비전을 제시
- 비전의 이미지를 가능한 한 구체화
 - 도달하고자 하는 미래 사회.기술시스템에서는 언제 어떻게 사람과 재화가 한 지역에서 다른 지역으로 이동하는가(교통의 경우). 건물은 어떤 모습으로 어떻게 모여 있고, 어떤 환경에 놓여 있는가 등을 고려
- 참여자들의 전망과 아이디어를 모아 비전을 이미지화
- 미래 사회·기술시스템이 충족해야할 기준 논의
- 이 시스템 혁신을 통해 어떠한 사회적 난제가 해결되는가?
- 이 난제는 사회의 다른 기능들과 어떤 상호연관이 있는가?
- 이 비전은 미래의 사회.기술시스템에 대해 어떤 기준들을 제시하고 있는가? 온실가스 배출 감축, 안전기준, 접근가능성, 적정가격 등과 같은 기준 제시
- 백캐스팅 수행
- 제시된 비전을 달성하기 위해 앞으로 해야 할 일이 무엇인가를 역산을 통해 규정
 - 30년 뒤에 구현할 사회.기술시스템의 모습 → 15년 뒤에 구현할 사회.기술시스템 → 5년 뒤에 구현할 사회.기술시스템 → 현재 해결해야할 사회적 문제
 - 이 단계별로 해결해야할 문제는 기술적 과제인가? 대중들은 만들어진 미래 비전을 수용할 것인가? 재정적 문제점은 없는가를 검토
 - 기술지식, 금융제도, 일하는 방식.규칙.문화.하부구조 등의 변화를 포함



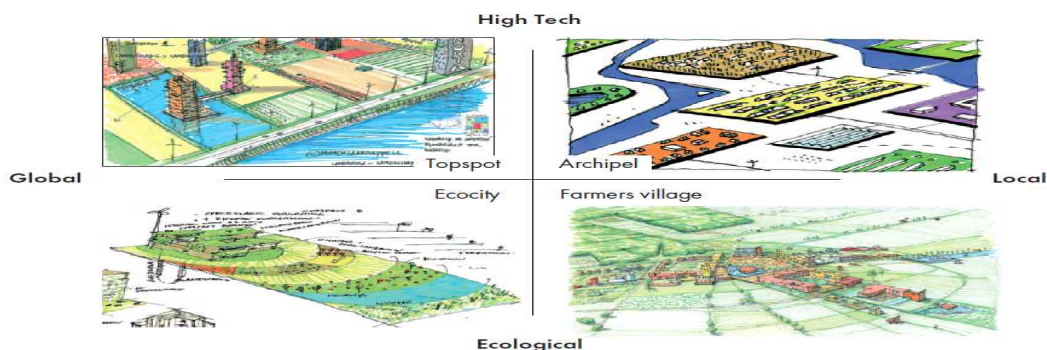
<그림 II -29> 백캐스팅

자료: L. Sterrenberg, J. Andringa, D. Loorbach, R. Raven and A. Wicczorek(2013), "Low-carbon Transition through

- 비전 형성과 백캐스팅이 이루어진 후에는 그 결과를 검토하기 위하여 포캐스팅 (forecasting)이 이루어지기도 함
- 흥미 있는 실험들의 확인
- 비전 구현에 공헌할 수 있는 관련 실험과 사례 탐색

(4) 문제 구조화 및 전환경로 연구의 구성

- 시스템 분석과 비전 형성/백캐스팅 후 시스템 전환을 위한 전환경로 도출 작업을 수행
- 기존 수행한 전략 도출 연구와 유사하나 문제해결을 위한 전환 비전과 백캐스팅 결과에 입각해서 전개되기 때문에 기존과는 다른 새로운 연구임
- 지향하는 시스템 전환 비전을 달성하기 위한 시나리오 작성
- 비전과 백캐스팅을 통해 도출된 중간 목표를 달성하기 위한 시나리오 작성
 - 기존 시나리오 작성법을 활용
 - 고품친화형 사회·기술시스템의 이미지를 작성
 - 예시: 도시 근교 농업지역의 시스템 전환 지향점에 대한 4개의 시나리오
 - Global vs Local, 첨단도시 vs 생태도시의 축으로 4개의 시나리오 작성



<그림 II -30> 도시 근교농업의 전환 이미지

자료: K. Poppe, C. Termeer and M. Slingerland(2009), *Transitions towards Sustainable Agriculture and Food Chains in Peri-urban Areas*. Wageningen Academic Publishers.

- 고령친화형 시스템도 유사한 범주에 따라 유형화 가능
 - Global vs Local, 첨단기술 중심 vs 공동체 중심

□ 복수의 시나리오에 대한 우선순위의 선정

- 정치·경제적 요인을 고려해 각 시나리오에 대한 우선순위 선정
- 이를 바탕으로 그 지역과 영역에 맞는 전환궤적을 선택

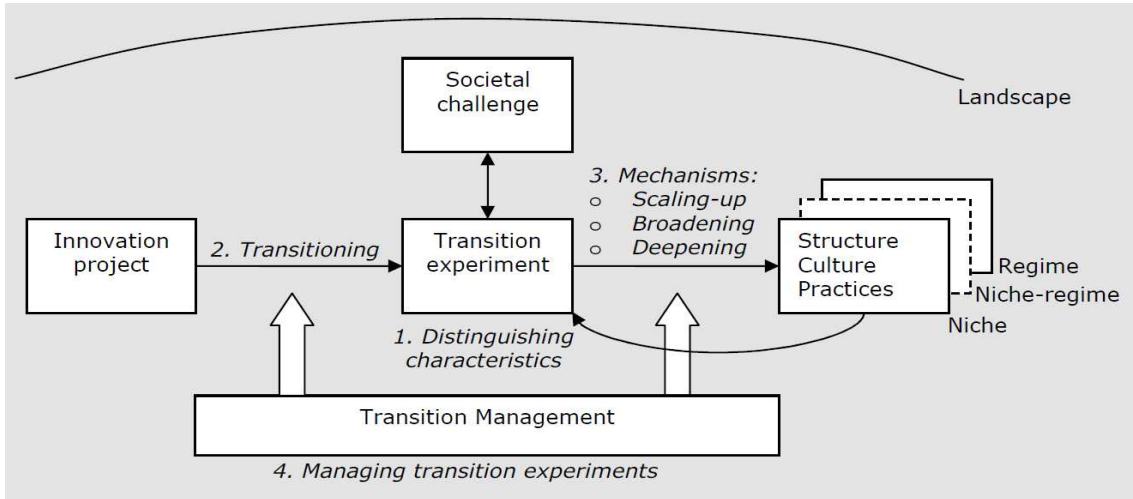
(5) 전환실험 기획연구의 구성

□ 다층적 접근·전략적 니치관리론의 관점에서 전환실험의 기획·분석방법론

- 고령친화적인 사회·기술시스템을 형성하는 전환실험 프로젝트를 정의하고 그것이 갖는 특성과 가능성을 분석
- 관련기술과 사회시스템을 동시에 형성하는 전환실험 프로젝트 기획시 고려해야할 요소에 대한 체크리스트 제공
- 기존 기술개발 프로젝트 기획과 유사하나 시스템 전환 비전을 명확히 하고 있고 제도적, 조직적 측면을 고려하고 있기 때문에 차이가 있음

□ 전환실험의 의의

- 사회문제에 대응하는 구체적인 실행 프로젝트으로서 전환관리의 집행 단계
- 전환실험 프로젝트를 통해 새로운 사회·기술시스템 니치를 심화·확산·확대 가능
- 기존 R&D 프로젝트를 전환실험화(transitioning) 과정을 통해 전환실험 프로젝트로 변환



〈그림 II -31〉 전환실험의 기능과 의의

자료: Suzanne van den Bosch(2010), *Transition Experiments: Exploring Societal Changes towards Sustainability*, Erasmus University.

□ 전환실험의 정의

○ 전환실험 프로젝트의 목적과 정의 서술

- 보건·의료분야에서 고령화에 대응하기 위한 사회·기술시스템의 실험
- 관련 기술과 제도적 특성 서술

□ 비전 분석

○ 전환실험 프로젝트 비전 제시시 고려사항

- 중장기 비전이 존재하는가?
- 이 비전은 얼마나 혁신적인가, 통상적 사업과 얼마나 다른가?
- 비전이 다른 사람들에게 쉽게 전달될 수 있는 호소력이 있는가?
- 비전은 관련된 지속가능한 혁신의 비(非)기술적 측면들(사회·문화, 제도, 금융적 측면)에 주의를 기울이고 있는가?
- 이 비전은 널리 확산되어 공유되고 있는가? 주요 이해관계자들을 포함한 많은 사람들이 공유하고 있는가?

〈표 II -18〉 비전/기대 평가표

비전/기대의 여러 측면들	평가
• 중장기 비전이 있는가?	
• 비전이 얼마나 혁신적인가?	
• 비전이 호소력이 있고 다른 사람에게 쉽게 전달할 수 있는가?	
• 비전에 비(非)기술적 측면들이 포함되어 있는가?	
• 비전이 확산되어 공유되고 있는가?	

행위자 분석 및 점검

전환실험 프로젝트 관련 행위자 정리

<표 II -19> 행위자 그룹 정리표

행위자 그룹	전환 프로젝트 네트워크에 존재하는가? 예 또는 아니오?
• 금융 행위자	
• 공급자	
• 사용자	
• 생산자	
• NGO	
• 공공기관	
• 연구 네트워크의 관련 행위자	
• 기타	

- 전환실험 프로젝트 관련 사회 네트워크의 특성 평가
- 네트워크에 빠져 있는 중요한 행위자가 있는가?
- 네트워크에 포함된 행위자들이 필요한 자원을 제공할 수 있는가?
- 어느 특정 행위자 그룹이나 사회집단의 큰 저항을 예상하고 있는가? 그 그룹이나 집단은 프로젝트에 영향을 미칠만한 힘이 있는가?

<표 II -20> 네트워크 점검표

네트워크의 질적 측면	평가
• 중요한 행위자들이 빠져 있는가?	
• 행위자들은 필요한 자원을 제공할 수 있는가?	
• 큰 저항이 예상되는가?	

거시환경(landscape)과 사회·기술체제 분석

전환실험 프로젝트와 관계된 거시환경(landscape)의 분석

- ‘거시환경’의 전개 상황들을 정리하고 그 특성을 설명
- 거시환경 전개 상황이 프로젝트를 지지하는가 아니면 방해하는가? 등을 파악

<표 II -21> 거시환경 점검표

거시환경의 전개 상황	당신의 프로젝트를 지지하는가, 중립적인가, 방해하는가?

- 전환실험 프로젝트와 관련된 사회·기술체제의 특성 분석
 - 전환실험 프로젝트가 지향하는 사회·기술체제를 확정
 - 전환실험 프로젝트가 추구하는 사회·기술시스템이 현재 지배적인 사회·기술체제와 다른가, 다르다면 얼마나 다른가를 검토
 - 전환실험 프로젝트는 하나 이상의 사회·기술체제와 연관되는 경우가 있으므로, 프로젝트와 관련된 중요한 사회·기술체제를 파악하고 그 결과를 표에 기록
 - 저탄소 전환 프로젝트는 교통 사회·기술체제, 에너지 사회·기술체제, 농식품 사회·기술체제, 주거 사회·기술체제 등과 관계되어 있음

〈표 II-22〉 사회·기술체제 점검표

사회·기술체제 1	지배적인 사회·기술체제와 다른가? 예 또는 아니오
<ul style="list-style-type: none"> • 문화적 측면(규범, 기대되는 행위, 과학적 지식), 루틴 • 규칙과 규제, 금융제도 등 • 하부구조 	

- 시스템이 구현되는 가치사슬을 그리고 관련된 이슈 정리

- 전환실험 프로젝트의 성공 가능성에 대한 평가: 사회·기술체제의 획기적 혁신이 일어날 가능성이 있는가?

〈표 II-23〉 사회·기술체제 혁신 점수

사회·기술체제의 획기적 혁신	점수
사회·기술체제의 획기적 혁신의 가능성/기회는?	

학습활동 분석

- 전환실험 프로젝트를 통한 학습의 전망
 - 전환실험 프로젝트를 추진하면서 새로운 혁신공동체(새로운 사회·기술시스템의 맹아를 지지하는 공동체)가 획득할 수 있는 기술적 측면, 문화, 정책, 시장, 새로운 금융제도, 법률적 조건에 대한 지식을 확인
 - 이들에 대한 학습을 통해 얻을 수 있는 통찰력을 기록

〈표 II -24〉 학습활동 분석표

학습의 대상이 되는 측면들	학습 효과가 있을 경우, 더 구체적으로 서술함
• 기술적 측면	
• 문화적 측면	
• 시장	
• 금융제도	
• 법률적 조건	

○ 학습시스템 분석

- 프로젝트 추진 시 전환실험 혁신공동체가 지식을 공유하고 학습할 수 있는 학습과정이 조직화(예컨대, 워크숍, 강연, 출판물 발간 등)되어 있는가?
- 다른 행위자들도 학습과정에 참여하고 있는가?
- ‘우리가 올바른 일을 하고 있는가?’에 대하여 때때로 논의하는 성찰적 학습이 이루어지는가?

〈표 II -25〉 학습측면 분석표

학습의 여러 측면들	점수
• 학습과정이 조직화되어 있는가?	
• 다른 행위자들이 참여하고 있는가?	
• 우리가 ‘올바른 일’ 을 하고 있는가를 때때로 논의하는가?	

□ 요약과 후속조치

○ 전환실험 프로젝트를 시각적으로 요약·평가하고 후속 조치 도출

- 비전의 성숙도, 사회적 네트워크의 형성 정도, 학습시스템의 구축 정도, 실험성공의 가능성을 표시
- 이를 통해 프로젝트의 취약한 영역 파악
- 거시환경의 전개상황을 고려하여 호소력 있는 프로젝트 틀 제시
- 중요한 다른 행위자들의 연계.제휴를 통해 공유된 비전 개발
- 사회.기술체제 차원의 잠재적 장애물과 기회에 대처하기 위한 아이디어를 개발
- 보호받는 공간 확보
 - 지배적인 사회.기술체제로부터의 ‘보호’(shielding): 보호받을 수 있는 유리한 지리적 장소나 제도적 위치를 선택하는 시범사업 실시
 - 자원 획득(‘육성’ nurturing): 새로운 니치 실험을 발전시킬 수 있는 보조금 확보
 - 전환 공동체의 사회.기술체제 변화활동 촉구(‘권한강화’ empowering)

4. 사회문제 해결을 위한 융합기술 정책의 해외 동향 및 사례

- 성장과 삶의 질을 함께 중시하는 방향으로 연구개발의 패러다임이 확장
 - 미래사회의 혁신을 주도하고 보다 지속가능한 삶을 위한 창의적, 인간중심적, 융·복합적 과학기술의 필요성 대두
 - ‘사회문제를 해결하고 인간 중심의 가치를 창출하는 나눔의 과학기술’로 사회적 과학기술을 정의

- 선진 해외 동향, 제도 및 구체적 사례를 미국, EU, 일본으로 구분, 정리
 - 사회문제 해결을 위한 구체적인 구현조직에 대한 소개
 - 사회문제 해결을 위한 국가 R&D 융합기술 관련 제도
 - EU의 경우 사회기술시스템에 의거한 구체적인 구현사례 내용을 요약

〈표 II -26〉 융합기술 정책의 해외 동향 및 사례

구분	구현 방법/조직	관련 제도	구현 사례(EU)
미국	삶의질기술센터 (QoLT)	긴급대응연구에 대한 지원체계 (RAPID)	(영) 에너지시스템 및 공동체에너지 전략
EU	ESTEEM방법론 / 책임부여연구혁신(RIR)	제7차FP / Horizon2020	(벨) 지속가능한 농산물-식품시스템 전환 (핀) 지속가능성 전환을 위한 교통체계 대안
일본	사회기술연구개발센터 (RISTEX)	이노베이션25 / 과학기술이노베이션종합전략	

가. 미국의 동향 및 사례 연구

(1) 구현 방법/조직: 삶의질기술센터 (QoLT, Quality of Life Technology)⁵²⁾

- 개인(가정), 커뮤니티, 사회 범주에서 삶의 질 관련 기술을 적극적으로 연구
 - 미국과학재단의 재정지원을 기반으로 2006년 카네기멜론대학과 피츠버그대학 협력으로 설립
 - 새로운 지능형기술이 제조, 무기, 우주, 오락 등 다양한 분야에 활발하게 적용되고 있지만 정작 인간의 건강과 관련한 삶의질 개선에의 적용은 미진한 실정
 - 노인과 장애인 대상 기술 개발에 집중 투자하고 있으며, 실효성있는 기술개발을 위해 사용자에게 체험기회 부여
 - 일상 생활에서의 니즈와 활동과 관련하여 특히 인간-시스템간의 상호작용을 강조
 - QoLT센터에서의 연구체계는 기존의 추동연구영역 (Thrust Research) - 새로운 삶의질

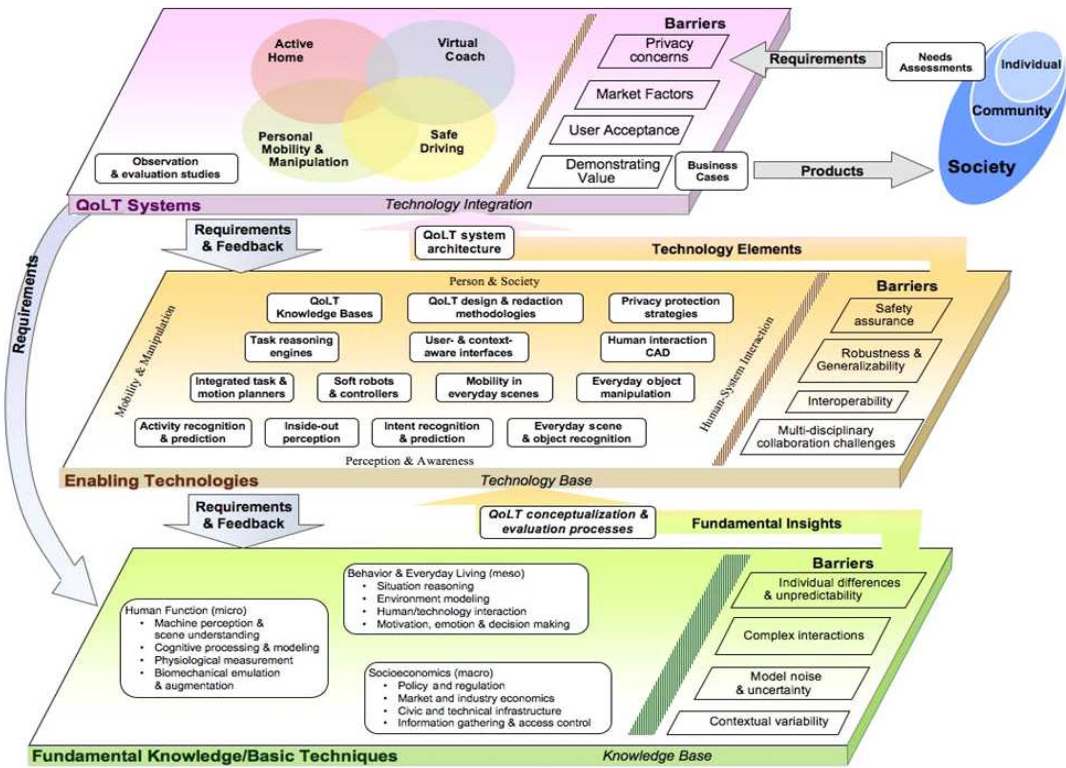
52) 미국 카네기멜론대학의 QoLT센터 홈페이지 (www.cmu.edu/qolt) 내용을 부분 발췌해서 번역후 재인용함.

향상 테스트베드 시스템 (QoLT system) - 다면효과적인 노력활동 (Cross-cutting Efforts)이라는 3가지 상호작용을 추구하며, 이와 관련한 구체적인 프로젝트들을 발굴 지원

- 인간의 능력을 증대시킬 수 있는 기존의 추동연구영역(Thrust Research)으로서 현재 4 가지 영역 클러스터를 설정해서 연구 진행
 - 개인과 사회 추동기술 (PST, Person and Society Thrust)
 - 인지 및 자각 추동기술 (PAT, Perception and Awareness Thrust)
 - 인간시스템간의 상호작용 추동기술 (HSIT, Human System Interaction Thrust)
 - 이동성 및 작동 추동기술 (MoMAT, Mobility and Manipulation Thrust)

- 추동연구영역의 기술을 통합시스템화하고 새로운 기술 및 지식을 창출하는 삶의질기술 테스트베드 시스템 (QoLT Testbed System)은 아래 4가지 분야에서 프로토타입 형태로 구현
 - 개인용 차세대 지원로봇 (QoLTbots): 인간을 지원하고 능력을 확대시키는 차세대 로봇 기술
 - 가상코치 (VC, Vitrual Coaches): 어디서든, 무엇을 하든 항상 인간의 인지 및 사고 추론을 지원
 - 안전한 이동/운전 지원기술 (SD, Safe Driving): 노약자 및 장애인의 보다 안전한 운전을 지원하는 기술
 - 가정/지역 단위의 건강 및 웰니스 향상기술 (HCHW, Home and Community Health & Wellness): 인간의 물리적, 정신적, 정서적 상태를 지원하는 지각 환경 기술

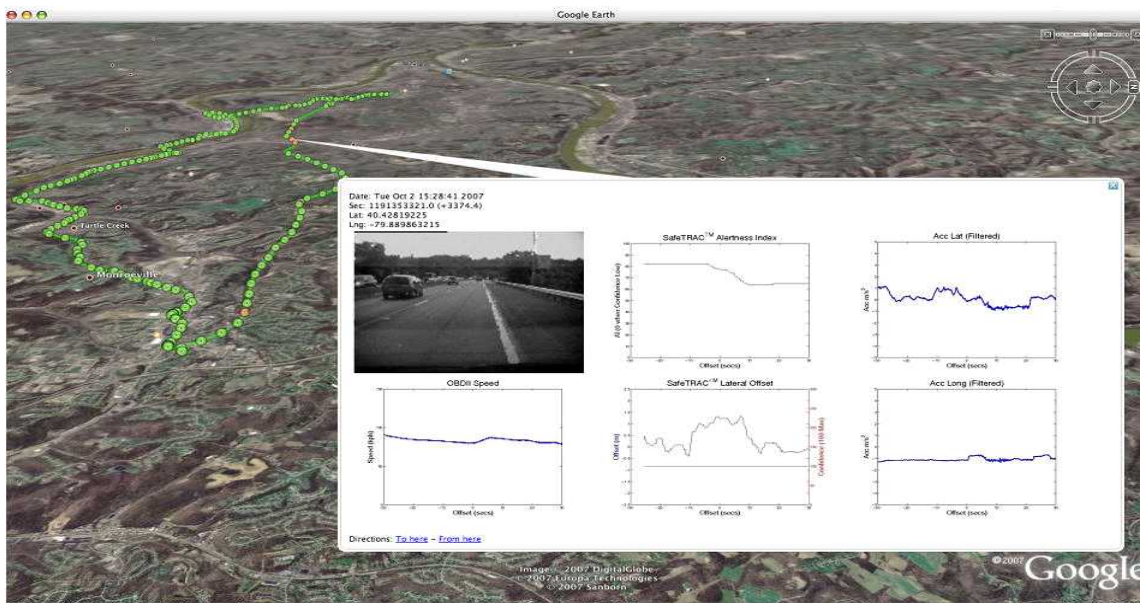
- 연구의 성과 (기술, 시스템)가 인간의 실제 환경조건에서 실제 사용가능하며 (Natural Environment Testbeds), 센서데이터의 축적 및 학습알고리즘을 지속적으로 제공 가능한 (Grand Challenge) 다면효과적인 노력활동 (Cross-cutting Efforts)과 관련한 연구 전개



<그림 II-32> 3단계의 전략적 연구계획 흐름도

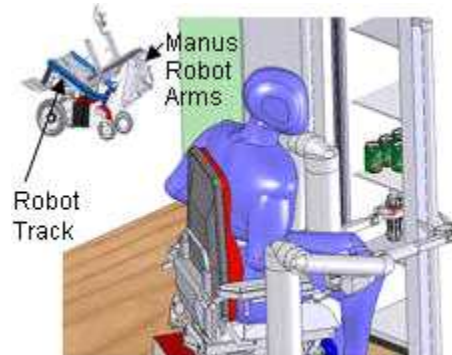
○ 삶의질 기술과 관련한 대표적인 연구프로젝트 사례로 다음과 같음

- 드라이브캡 (SD): 저코스트의 감지기술을 활용, 운전지체자의 안전한 운전을 위한 정확, 저코스트, 실시간의 정보를 제공 (노령, 지체부자유 운전자를 위한 솔루션으로서 자동차 정보 및 사고 감지 내용이 자동으로 구글어스에 통합됨)



<그림 II-33> 구글어스에서 조회되는 드라이브캡 솔루션 예시

- 이동 및 조작 관련 개인적 지원기기 (PerMMA, Personal Mobility and Manipulation Appliance) (QoLTbots): 인간이 움직이는 장소, 방향에 따라 이동 및 조작이 보다 용이하게 인지, 명령을 지원해 주는 솔루션



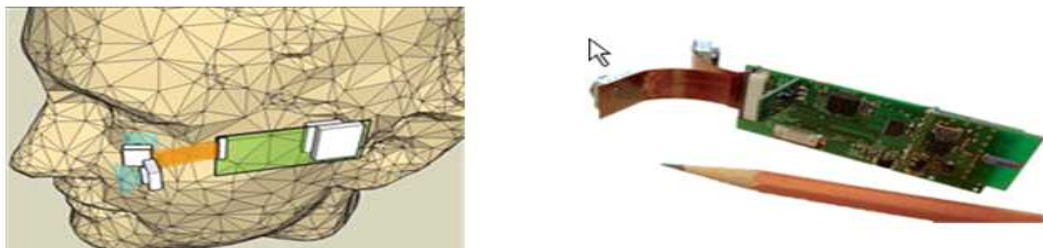
<그림 II-34> PerMMa 작동 시현

- 좌석 코치 (Seating Coach) (VC): 앉는 행동을 감지, 분석, 적절한 지도를 제공해서, 안전하게 휠체어를 사용할 수 있게 하는 솔루션



<그림 II-35> 좌석코치를 적용한 휠체어

- 감지 지원 (Sensing) (PAT): 환경 및 사용자의 행동에 대한 축적된 경험 데이터를 기초로 마치 사용자 본인과 같이 인지하는 기술 (First-person sensing)



<그림 II-36> 감지 지원기술을 활용한 사례 (PAT)

- 연구성과로서 상업화에 성공한 사례로서 스핀오프방식으로 사업을 하는 대표적인 기업리 스트는 아래 표와 같음

〈표 II -27〉 연구성과로서 상업화에 성공한 사례(Spin-off 방식)

회사명	사업내용	설립일
	Navity (http://www.forceofnavity.com): 드라이버의 운전능력을 정량화하고, 운전면허 자격 부여결정을 지원하는 감지기술	2013년8월
	PeekaBuy (http://www.peekabuy.com) 이미지형태의 제품 권장사항을 기계적으로 인지하고 컴퓨터 인식을 제어하는 빅데이터 기술	2013년1월
	PHRQL (http://phrql.com) 스마트폰 이용자가 자신의 건강을 점검, 관리, 유지하도록 유도하는 사회적 인센티브 제공 솔루션	2011년12월
	Origami Robotics (http://romibo.com) 검사, 교육, 오락 등 다양한 사회적 활동을 도모하는 DIY 로봇 제작키트	2011년11월
	Tiramisu Transit, LLC (http://www.tiramisutransit.com) 스마트폰 클라우드소싱 기능에 의한 실시간 버스 추적 솔루션	2010년12월
	Lean&Zoom, LLC (http://www.leanandzoomllc.com) 눈과 목의 부담을 줄여주는 자동증강 소프트웨어	2010년10월
	First Person Vision, LLC (http://www.firstpersonvision.com) 훈련, 보안, 기억 지원용 인사이드-아웃 시각장비	2010년8월
	Rubitection (http://www.rubitection.com) 초기 육상 감지 및 관리를 위한 의료장비	2010년가을
	NavPrescience, Inc. (http://www.navprescience.com) 학습, 예측적인 GPS 네비게이션 시스템	2009년6월

(2) 관련제도: 긴급대응연구에 대한 지원체계 (RAPID, Grants for Rapid Response Research)⁵³⁾

- 미국의 학술지원단체인 NSF의 연구 지원 체계 중 하나로 긴급히 해결해야 할 문제에 관한 연구들을 지원
 - 주로 데이터, 시설, 특정 장비 등의 이용에 제약이 있는 상황에서 긴급히 해결해야 할 필요가 있는 문제를 취급
 - 자연재해, 인재, 이와 유사한 예측 불가능한 사건들에 관한 빠른 대응이 필요한 문제를

53) 강남준, 2012. 「글로벌·사회적 문제해결형 융합연구 사업모델 수립에 관한 연구」 한국연구재단 정책연구보고서 요약·제구성.

다른 연구를 지원

- 프로젝트 제안서는 2~5페이지 분량에 불과하며, 제안한 프로젝트의 연구가 왜 시급을 요하는 지, RAPID 지원이 제안한 프로젝트를 지원하는데 왜 가장 적절한 방안인 지에 대한 명료한 설명이 제안서에 포함되어야 함.
 - 오직 NSF 내부에서 지원여부를 검토 (외부 평가위원 배제)
 - 1년 동안 최대 지원 예산규모는 20만불 수준

〈표 II -28〉 부서별 RAPID 평균 수행기간 및 대표 사례

분과 및 부서명	평균수행기간	연구주제 예시
BIO	22개월	거대 범람원의 복구: 미시시피강 제방파괴의 물리적, 생태적 대응
CISE	20개월	소셜미디어에 의한 지진 피해 평가
EHR	13개월	STEM교육에서의 수중로봇연구: 해양고고학에서의 시간별 탐색
ENG	17개월	워싱턴DC 2011 지진 때의 행태와 피해간의 토양구조적 상호작용 효과에 대한 연구
GEO	16개월	캘리포니아 해변의 무척추동물 몰사에 대한 생태, 유전적 복구
MPS	17개월	멕시코만 기름유출 오염에 대한 나노소재의 효과적 처방
O/D (OCI포함)	11개월	디지털 스토리텔링을 통한 계산사고 향상: 기름유출에 대처
OPP	11개월	Sitca 소리과학센터에서의 고래 골격 판독
SBE	19개월	2011 이집트, 튀니지, 모로코 선거에서의 소셜네트워크와 변화
전체 평균	17개월	

참고: 강남준외(2012) 재인용

나. EU의 동향 및 사례 연구

(1) 관련제도 1: 제7차 Framework Programme ('07~'13)⁵⁴⁾

- FP7 (7th Framework Programme for research and Technological Development)은 유럽의 경쟁력 강화와 삶의 질 향상에 기여하기 위하여 2007년에 EU에서 개시, 4개의 프로그램으로 구성
 - 상호협력 연구프로그램 (Cooperation)
 - 기초 프론티어 연구프로그램 (Idea)
 - 연구자 지원프로그램 (People)
 - 연구역량 강화프로그램 (Capacities)
- 상호협력 연구프로그램 (Cooperation)에서 EU 차원의 다자간 공동기술개발 프로그램, 삶

54) FP7 홈페이지 (www.ec.europa.eu/fp7)의 내용을 참고, 요약, 인용

의 질 관련 예산이 69.1% (368억유로)를 차지

- 주된 연구 영역은 다음 표와 같음.

〈표 II -29〉 상호협력 연구프로그램 투자 현황

연구영역	투자금액 (백만유로)	비중
건강	6,050	18.8%
음식, 농업, 수산물 및 바이오기술	1,935	6.0%
정보 통신 기술	9,110	28.2%
나노과학, 나노기술, 신소재 및 새로운 생산기술	3,500	10.8%
에너지	2,300	7.1%
환경 (기후변화 포함)	1,800	5.6%
수송 (항공기술 포함)	4,180	13.0%
사회-경제 과학 및 인문학	610	1.9%
우주	1,430	4.4%
보안	1,350	4.2%
합계	32,265	100.0%

- 사회속의 과학 (Science in Society) 프로그램을 통해 연구기획 및 정책방향 설정에 시민단체, 산업계 및 기타 이해당사자들의 참여 장려
- 2013년말 현재 완료된 전체 FP7 프로젝트는 8,394건 (총 22,652건)
- 에너지 (139건), 환경 (176건), 핵분열/융합 (50건), 건강 (354건), 정보통신기술 (1,079건), 공동기술추구(JTI, Joint Technology initiatives) (193건), 지식기반 바이오경제 (KBBE, Knowledge-Based Bio-Economy) (149건), 나노기술 (303건), 보안 (82건), 사회속의 과학 (100건), 중소기업 (473건), 우주 (72건), 사회-경제과학/인문학 (137건), 수송 (303건) 등⁵⁵⁾

(2) 관련제도 2: Horizon 2020 (2014~2020)⁵⁶⁾

- Horizon2020 (The New EU Framework Programme for Research and Development)은 새로운 성장과 일자리 창출 견인을 위한 다양한 연구혁신 프로그램들을 추진
 - 연구와 혁신의 연계체제로서 다음 3가지 우선순위 투자 영역을 설정 - ①뛰어난 과학수준 (Excellent science), ②경쟁력있는 산업력 (Competitive industries), ③더 나은 사회 (Better Society)

55) FP7 개별프로젝트별 데이터는 EU 공개DB사이트를 참고 (<https://open-data.europa.eu/en/data>)

56) Horizon2020 홈페이지 (www.ec.europa.eu/horizon2020)의 내용을 참고, 요약, 인용

- 뛰어난 과학수준 (Excellent science) 영역에서 미래 유망기술 (FET, Future & Emerging Technologies) 포트폴리오로 총 12개의 과학기술 분야로 설정
 - 인공지능 및 인지 (AI & Cognition)
 - 바이오 및 뉴로-정보통신 (Bio- & Neuro-ICT)
 - 복잡계 (Complexity)
 - 컴퓨터과학 (Computer Science)
 - 계산 아키텍처 (Computing Architectures)
 - 녹색 ICT 및 네트워크 (Green Computing & Networking)
 - 휴먼-컴퓨터 상호작용 (Human-Computer Interaction)
 - 정보 및 모델링 (Information & Modeling)
 - 실행 및 커뮤니티 구현 (Practices & Communities)
 - 쿼텀 및 광기술 (Quantum & Photonics)
 - 로보틱스 (Robotics)
 - 파격적인 기기 개발 (Unconventional Devices)



<그림 II -37> 미래유망기술 (FET) 부문의 투자 영역

- 구현가능기술 및 산업분야 리더십 기술 (Industrial Leadership in Enabling and Industrial Technologies)에서는 다음 세 가지 기술분야를 설정
 - 정보통신기술 (ICT)
 - 나노기술, 첨단신소재, 첨단 제조공정기술, 바이오기술 (Nanotechnologies, Advanced Materials, Advanced Manufacturing and Processing, and Biotechnology)

- 우주 (Space)
- 사회적 문제해결을 위한 기술개발 분야 (Societal Challenges)는 다음과 같음
 - 건강, 인구학적 변화 및 웰빙 (Health, Demographic Change and Wellbeing)
 - 음식 안보, 지속가능한 농수산림, 해양/내륙 물 연구, 바이오경제 (Food Security, Sustainable Agriculture and Forestry, Marine, Maritime and Inland Water Research and the Bioeconomy)
 - 안전, 클린, 효율적인 에너지 (Secure, Clean and Efficient Energy)
 - 스마트, 그린, 통합적인 수송 (Smart, Green and Integrated Transport)
 - 기후변화 대응, 환경, 자원의 효율적 사용 (Climate Action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials)
 - 변화속의 유럽 - 포괄적, 혁신적, 반영적 사회 (Europe in a changing world - Inclusive, innovative and reflective societies)
 - 안전 사회 - 유럽 및 시민의 자유와 안전 보호 (Secure societies - Protecting freedom and security of Europe and its citizens)
- Horizon2020의 전체 예산은 786억 유로이며, 이중 사회적 문제해결이 297억, 뛰어난 과학기술이 244억, 산업 리더십기술이 170억 유로를 배정받아 전체 예산의 약 90%를 차지 (EU Book Store: <https://bookshop.europa.eu/en/home/>)

<표 II -30> Horizon2020 투자 예산 (2013년 물가기준)

프로그램명	예산 (십억 유로)	비중
사회적 문제해결 (Societal challenge)	29.7	37.8%
뛰어난 과학기술 (Excellent science)	24.4	31.0%
산업 리더십기술 (Industrial leadership)	17.0	21.6%
유럽혁신기술연구소 (Europe Institute of Innovation and Technology)	2.7	3.4%
원자력, 핵융합기술 (Euratom) (2014-2018)	1.6	2.0%
기타	3.2	4.1%
합계	78.6	100.0%

(3) 구현 방법/조직 1: ESTEEM방법론 (문제해결형 연구개발)⁵⁷⁾

- 기술 혁신의 사회적 수용성을 촉진하기 위한 방법론적 도구로서 ‘ESTEEM’(Engage Stakeholders through a systematic toolbox to Manage new energy projects)을

57)송위진, 성지은, 장영배. 2011. 「사회문제 해결을 위한 과학기술-인문사회 융합방안」 과학기술정책연구원 ‘제4장 기술의 사회적 수용촉진과 ESTEEM방법론’의 내용을 참조, 재인용

개발

- 2006~2008년 동안 새로운 기술 프로젝트의 핵심적인 행위자들을 대상으로 수용성을 향상시키기 위한 의사소통의 전략 도구를 개발하는 ‘Create Acceptance 연구를 지원하였으며, 그 결과물 중 하나가 바로 ESTEEM 방법론임
 - ESTEEM의 두 가지 목적은 다음과 같음
 - 첫째, 기술 프로젝트의 책임자와 관련 이해당사자(NGO, 정책결정자, 지역시민 사회 등) 사이의 의사소통을 시작하거나 개선
 - 둘째, 최종적으로는 해당 기술 프로젝트의 사회적 수용도를 개선하기 위해 프로젝트 책임자가 취할 수 있는 미래 행동계획을 개발
- 이해관계자들의 참여를 통해 지속가능한 에너지 기술 프로젝트의 사회적 수용도를 높이기 위한 체계적 도구로서 시작된 ESTEEM 방법론은 6단계의 접근법으로 구성

〈표 II -31〉 ESTEEM의 6단계 과정

단계	핵심 목표와 주요 내용
1. 프로젝트의 역사, 맥락과 행위자들	<p>목표: 역사적·사회정치적 맥락에서 프로젝트에 대한 정보를 기록하고 수집하는 단계</p> <p>방식: 인터뷰, 문서 작성</p> <p>내용: 컨설턴트와 프로젝트 책임자는 프로젝트의 서사 작성, 맥락 분석, 결정적 순간 파악, 행위자 파악 활동을 공동 수행함.</p>
2. 비전형성	<p>목표: 프로젝트 책임자와 주요 이해관계자들의 비전·기대를 대비해 의견의 일치와 불일치를 파악하고 잠재적 갈등을 확인하는 단계</p> <p>방식: 인터뷰, 문서 작성</p> <p>내용: ① 프로젝트 책임자가 현재의 사회적 네트워크 지도와 향후 10년 후의 미래사회 네트워크 지도를 작성함. 이런 미래 비전은 지역신문에 실릴 가상의 신문기사 형태로 프로젝트 발전과정을 성찰적으로 검토함. ② 컨설턴트는 프로젝트 책임자의 비전을 선정된 이해관계자들에게 보내고, 이해관계자들은 그 비전에 대한 의견 일치와 불일치를 밝히며 각자의 비전을 이야기함. ③ 인터뷰 후에 컨설턴트는 이해관계자의 비전과 사회적 네트워크 지도를 작성해 검토 과정을 거쳐 다양한 미래 비전을 정리함.</p>
3. 갈등관계에 있는 쟁점들의 확인	<p>목표: 여러 기대와 비전을 대비해 의견 수렴과 불일치 지점을 분석하고 프로젝트에 대한 합의점/불일치점을 파악하는 단계</p> <p>방식: 인터뷰, 문서 작성</p> <p>내용: ① 컨설턴트는 갈등하는 쟁점들을 표로 작성하여 프로젝트 책임자와 논의·검토함. ② 프로젝트 책임자는 여러 쟁점들의 순위를 정해 표와 그래프로 제시하여 중요도와 긴급성에 대한 생각을 보여줌.</p>
4. 대안들의 포트폴리오 구성	<p>목표: 쟁점들에 대한 다양한 해결책을 검토해 프로젝트 사회적 수용을 개선할 방법을 찾는, 프로젝트 자체나 프로젝트 내 맥락의 수정 여부를 탐색해나가는 단계</p> <p>방식: 인터뷰, 문서 작성</p> <p>내용: 컨설턴트와 프로젝트 책임자는 잠재적 해결책을 확인하는데 두 개의 수단을 사용함. '쟁점-해결책 표'는 각각의 쟁점에 대해 여러 유형의 해결책들을 고려해볼 수 있는 구조화된 방법이고, '해결책 순위 표'는 서로 다른 해결책들의 순위를 결정하는 방법.</p>
5. 합의를 통한 개선방안 도출	<p>목표: 더 많은 이해관계자들에게 개방해 확인된 쟁점과 해결책들을 확장된 틀에서 논의하는 단계</p> <p>방식: 워크숍(20~30명의 이해관계자가 참여하여 상호작용하는 워크숍)</p> <p>내용: ① 개방적으로 설계된 워크숍에서 쟁점들과 해결책들에 대한 의견 교환, 투표, 새로운 쟁점과 해결책을 제기함. ② 컨설턴트는 워크숍 결과 보고서를 작성해 모든 참가자들에게 보냄.</p>
6. 행동계획 확인	<p>목표: 프로젝트의 사회적 수용도를 높이기 위한 행동과 계획을 다루는 단계</p> <p>방식: 인터뷰, 문서 작성</p> <p>내용: ① 컨설턴트는 4단계의 결과(프로젝트 책임자가 확인한 해결책)와 5단계의 결과(이해관계자들이 확인한 해결책)를 비교함. 일반적으로 두 결과에서 동시에 언급된 해결책들과 이해관계자들이 언급한 해결책이 추가적인 노력 대상이 됨. ② 컨설턴트는 프로젝트 책임자와 협력하여 행동계획(단기 행동계획, 중장기 협력계획, 모니터링 계획, 의사소통 계획 등)을 도출함.</p>

자료: 송위진, 성지은, 홍성주, 한재각, 박진희. 2012 「사회문제 해결형 혁신정책의 주요 이슈와 대응」 STEPI에서 재인용.

(4) 구현 방법/조직 2: 책임부여연구혁신 (RRI)⁵⁸⁾

- 책임부여연구혁신 (RIR, Responsible Research and Innovation)은 네덜란드, 독일, 영국 등에서 나노기술, 유전체학, 합성생물학, 지구공학과 같이 새롭게 등장하는 과학기술 분야를 중심으로 논의가 시작된 방법론 및 구현조직으로서, 사회에 책임질 수 있는 연구 및 혁신을 강조
- 나노, 지구공학 등 신기술을 통한 사회문제 해결을 활성화하고, 기술 때문에 발생하는 사회적·윤리적 문제를 고려하여, 연구혁신활동의 경제적·사회적 혜택을 극대화하고 일반대중

58) 송위진, 성지은, 임홍탁, 장영배. 2013 「사회문제 해결형 연구개발사업 발전방안 연구」 과학기술정책연구원 부분 인용

으로부터 신뢰성을 확보하는 것이 목표

- 연구중심의 사회·기술기획에 구체적인 모델을 제시
- 과학기술혁신의 사회적 편익을 높이고 혁신 과정상에 일어날 수 있는 의도하지 않은 효과에 대응

<표 II -32> RRI의 논의 영역

전지구적인 경향			
<input type="checkbox"/> 기후변화, 환경 및 지속가능성 <input type="checkbox"/> 급속하게 증가하는 에너지 수요 <input type="checkbox"/> 자원 제약 <input type="checkbox"/> 경제활동의 중심 변화 <input type="checkbox"/> 식량, 영양, 보건에 대한 수요 증가		<input type="checkbox"/> 물 부족 및 불공평한 분배 심화 <input type="checkbox"/> 기업의 글로벌 시민정신 <input type="checkbox"/> 기술계의 사회적 삶 <input type="checkbox"/> 인구 구성 및 이동변화	
기술혁신			
백신 첨단 센서 차세대 전자공학 에너지생산방식 개선 식품 보존 개선 스마트 의약품 담수화 강한 경량 소재 교통관리 자동화	탄소 분리 토양 관리 효율적인 자원 사용 기후 통제 복원력있는 농작물 토양 생산성 제고 관개 열 절연체 배처리 개선	스마트 그리드 스마트 물질 하의상달식 제조 재생에너지원 몰입형 통신 고가치 농작물 질병관리 첨단 인공기관 효율적 자원 추출	건강 진단학 개선 고전도성 물질 원자력 안전 제고 대체 물질 표적 살충제 바이오 연료 물 분리 지속가능 생산공정 물수원지 정수처리
기술 플랫폼			
나노기술 지구공학 인지 기술	합성 생물학 로봇 공학 컴퓨터 화학	IT 생명기술 인공지능	바이오 인터페이스 Web 2.0 데이터 인터페이스

참고: 송위진외(2013) 재인용

- RRI는 사회적·윤리적·환경적 이슈를 고려하고 의도하지 못한 결과에 대응하기 위해 유연하고 수용력 있는 선제적(anticipatory) 거버넌스 구축을 지향
 - 혁신활동이 매우 복잡하고 급진적 성격을 띠고, 그 파급효과 또한 전 세계에 걸쳐 나타나면서 의도치 않는 결과에 대한 관리의 필요성이 증가
 - 과학기술혁신의 목표에 대한 통합적 관점을 제시함으로써 성장과 관련된 경제적 목표와 지속가능한 발전, 안전 등 사회적 목표 간의 조화, 더 나아가 사회적·윤리적 결과를 고려
 - 대표적인 RRI의 사례는 책임지는 혁신 프로젝트(MVI, 네델란드), 나노위원회 사업(독일), RRI 프레임워크 실증사업(영국 EPSRC), SPICE 지구공학적인 연구 프로젝트(영국) 등

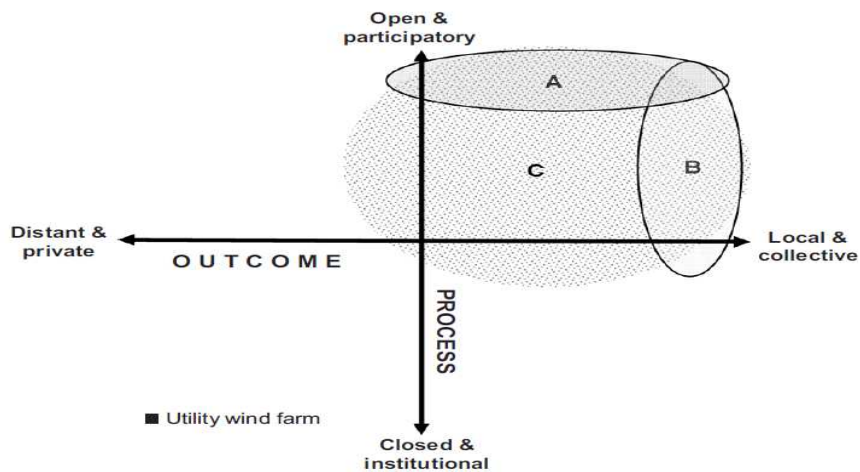
(5) 사회기술시스템론에 의한 EU사례 모음

영국의 에너지시스템 및 공동체에너지 전략 (에너지협동조합)⁵⁹⁾

59) 본 사례는 STEPI가 진행중인 「사회문제 해결을 위한 사용자 참여형 혁신 활성화방안」(연구책임자: 송위진)의 중간성과물인 한제각, 이정필. 2014. 「영국 에너지전환과 공동체에너지의 의의」 과학기술정책연구원 Working paper를 부분 발췌 및 요약.

- 에너지시스템을 지속가능한 방향으로 전환하려면 중앙집중적인 에너지시스템을 지역분산 형태로 변화시켜야 한다는 관점에서 지역에너지 (local energy), 공동체에너지 (Community energy) 개념이 등장
 - 경제적 편익, 환경적 효과뿐만 아니라 나아가 공동체 정신 회복이라는 사회적 효과까지 목표로 하는 지속가능한 에너지시스템을 지향
 - 계획에서 실행과 관리에 이르기까지 지역 공동체 성원들이 참여하는 새로운 에너지시스템 구축 모델로서 지역에서 활용할 수 있는 자원에 기반하고, 에너지 설비 등은 지역에서 소유하는 방식을 취함

- 공동체에너지를 1)개발과정이 얼마나 개방적이고 주민참여가 이루어졌느냐는 관점에서의 “과정의 차원”과 2)개발 성과를 누가 향유하느냐는 관점에서의 “결과의 차원”으로 구분해서 분석
 - 공동체에너지는 개발 과정이 개방적이고 참여적이며 개발의 이익이 지역 주민들에게 집합적으로 귀속되는 경우로 정의되며, 그림의 우상분면에 해당
 - 그림의 A유형은 공동체 구성원의 참여, 소유 그리고 역량 형성이 강조되는 에너지협동조합의 형태, B유형은 재생에너지 확대, 경제적 효과 등 성과와 그 배분에 초점을 맞춘 공공부문 파트너십/지역에너지공기업의 형태, C유형은 공동체에너지의 다양성과 유연성을 강조해 보다 실용적이고 포괄적인 입장을 대변하는 사회적기업의 형태를 보유



<그림 II -38> 공동체에너지의 유형 구성

자료: Walker & Devine-Wright(2008), "Community Renewable Energy", p. 498.

- 재생가능에너지 계획과 프로젝트에 대한 시민참여가 기획, 결정, 운영, 재정 측면에서 강화될수록 사회적 수용성이 높아지고, 에너지전환에 효과적이라는 맥락에서 에너지시민조합 (Energy Citizenship) 형성

〈표 II -33〉 에너지시스템의 사회적 재현과 에너지시민

구분	경성에너지시스템	연성에너지시스템
기술	집중형, 대규모, 자동적, 연결하고 잊어버림(plug in and forget), 경성에너지, 기술적 접근	지역분산형, 소규모, 사용자 참여, 연성에너지, 사회기술적 접근
환경	탄화수소 기술 사용 지속(예: 청정석탄, 탄소포집 저장), 신규 핵발전 지지	재생가능에너지 사용, 폐기물 소각과 탄화수소와 같은 약한 녹색 에너지 자원 회피, 신규 핵발전 반대
거버넌스	하향식 제도, 사기업 주도, 배제적 대의민주주의, 전문가 지식 중요	지방/지역의 제도적 역할을 보장하는 상향식 제도, 지역사회 협동조합과 민간협력체계, 포괄적 참여민주주의, 시민지식 중요
인간 (에너지 시민)	결핍 상태의 소비자, 무지하고 게으르고 수동적인 존재, 개인으로 고립되어 있고 자기 이해와 개인 효용을 극대화하고 이기적인 가치를 추구, 타율적 성향	적극적인 소비자시민, 의식 있고 동기를 갖고 적극적인 참여적 존재, 사회에 속해 있고 생물권 등의 가치를 중시하는 이타적 성향

자료: Devine-Wright(2007), "Energy Citizenship" p. 79, 글의 의도에 맞게 일부 용어 수정

- 에너지거버넌스의 변화와 함께 2000년대에 들어서, 저탄소경제창출 (에너지백서, 2003), 기후변화법 (2008), 저탄소전환계획 (2009) 등의 일련한 정책에서 연성에너지시스템으로의 전환을 도모
 - 동 시스템 전환의 니치전략으로 에너지공동체 (구체적인 예로는 에너지협동조합) 도모
 - 에너지공동체에서는 에너지 생산, 에너지 이용의 절감, 에너지 구매, 에너지 수요 관리의 네 개 분야에 공통적으로 적용되는 파트너십의 강화, 역량 확충, 그리고 영향 평가의 필요성을 강조
 - 개별적인 분야에 고유한 문제에 대해 세부적인 정책도 제시

〈표 II -34〉 영국 에너지협동조합의 사례 요약

시기	거시환경	에너지시스템	니치(공동체에너지)
1950~1980	냉전, 복지국가, 석유파동	국영 시스템 석탄, 핵에너지 중심	대안기술운동 전개
1980~1990	신자유주의 세계화, 보수당의 대처주의, 체르노빌 사고	석탄산업 구조조정, 천연가스로 전환	대안기술운동 정체
1990~2000	탈냉전, 노동당의 제3의 길/지역개발재생, 기후변화, 글로벌라이제이션	(약한) 생태적 근대화, 에너지 시스템 민영화	공동체에너지 부흥, 에너지협동조합 탄생
2000~현재	세계적 경제 위기, 에너지/기후변화 위기, 후쿠시마 사고, 보수연정의 큰 사회론	저탄소 경제 전환, 공동체 에너지 일부 제도화	공동체에너지 담론정책 활성화 초기 단계

- 영국의 에너지협동조합은 새로운 에너지시민의식을 발현
 - 새롭고 능동적인 에너지시민의식을 형성하는 데 필요한 정보와 교육을 제공
 - 지역주민의 일상적인 경험으로부터 공동체에너지에 관한 신뢰할 만한 해석을 제시
 - 지역주민들이 평등하게 참여하여 그 지역에서의 에너지의 생산과 소비 방식에 대해서 성찰
 - 보다 지속가능하고 지역 공동체에게 친화적으로 변화시킬 수 있을지 토론하는 사회적 학

습의 기회를 제공

<표 II -35> 영국 에너지협동조합의 사례 요약 자료

구분	오베스코	케어	리버 베인 수력	젠	밸리 윈드
상태	2007년 준비, 성장	2004년 준비~	2007년 준비, 성장	2011년 준비, 성장	2007년 준비~
위치	이스트서섹스, 루이스	웨스트웨일즈, 카디건	노스요크셔, 베인브리지	서퍽, 네이랜드	웨스트요크셔, 마스덴
형태	IPS	IPS	IPS	IPS	IPS(협동조합)
에너지	태양광 98kW	풍력 2.4MW(2기) 목표	소수력 45kW	태양광 15kW	풍력 6MW(3기) 목표
조합	250명	500명 목표 (지역 외 개방)	194명 (지역 외 개방)	34명	250명(현재)
소요/출자	약 £30만/약 £30만	£200만/£50만 (목표)	£45만/£20만	약 £4만/약 £4만	£1000만/£600만 (목표)
판매	Good Energy	-	Good Energy	British Gas	-
네트 워크	전환마을 루이스, h2ope, 지자체, 은행	Cwm Arian/Community Action Plan, Dulas, 중앙정부와 지방정부, 협동조합은행	Carnegie UK, Yorkshire Dales River Trust, h2ope, 은행	전환마을 네이랜드, 학교, 지자체	CO2Sense, Energy4All, Friends of Valley Wind, 은행
미래	태양광, 풍력	-	소수력, 태양광	태양광	-

자료: Rebecca Willis. and Jenny Willis (2012), "Co-operative Renewable Energy in the UK: A Guide to This Growing Sector." The Co-operative Group.Co-operatives UK. 에서 요약 및 재구성

□ 플랑드르 지역의 지속가능한 농산물-식품시스템으로의 전환 사례⁶⁰⁾

- Mathijs와 2인(2012)은 플랑드르 지역에서의 지속가능한 농산물-식품시스템 (Agro-Food system) 발전을 MLP 방식의 전환이론에 의해서 사례연구를 진행
 - 플랑드르 지역의 지속가능한 발전을 저해하는 여러 도전이슈들이 복잡성을 띄고 있는 바, 동 문제의 해결을 위해서는 시스템접근방식이 필요
 - 농산물-식품시스템과 관련해서 기존시스템에 강력한 압력을 행사하는 10개의 거시적 환경 (Landscape), 현행 지배적인 구조인 9개의 쟁점(Hotspots)으로서 제도 레짐 (Regime), 쟁점에 대응하는 사회적 변화노력으로써 도시농업(Urban agriculture), 유기농 (Organic agriculture), 식생활 변화 (Eating differently), 새로운 생산 패러다임 (New production paradigm)이라는 4개의 니치전략 (Niche regime)로 방법론을 구성

60) 본 사례는 Mathijs, E., F.Nevens and P.Vandenbroeck, 2012. 「Transition to a sustainable agro-food system in Flanders: a system analysis」 MIRA-AMS 2012 Topic Report 내용을 부분 발췌 및 요약한 내용임

〈표 II -36〉 농산물-식품시스템과 관련한 거시적 환경

전세계 인구 및 경제성장은 지속적인 증가세에 있다	The world's population and prosperity are on the rise
글로벌화는 지속적으로 진행된다: 세계는 하나의 빌리지로 되고 있다	Globalisation is here to stay: the world is becoming a 'village'
지역 인구 (EU 플랑드르)는 점점 노령화되고 있다	The local population (EU, Flanders) is ageing
세계, 그리고 플랑드르도 갈수록 도시화되어 간다	The world and Flanders are urbanising
기후가 변하고 있다: 적응 및 경감	The climate is changing: adapting and mitigating
천연자원의 고갈은 갈수록 현저히 나타나고 있다	The scarcity of natural resources is becoming tangible
소비자의 가치 및 윤리적 견해가 변하고 있다	Values and ethical stances of consumers are changing
'다른 성장' 개념에 대한 찬반논쟁이 갈수록 커지고 있다	'Other growth' is increasingly becoming a point of debate
기근 및 불평등이 주된 글로벌 이슈로 남아 있다	Hunger and inequality remain major global concerns
디지털 혁명이 지속적으로 진행된다	The digital revolution is here to stay

〈표 II -37〉 플랑드르 지역의 농산물-식품시스템 제도레짐: 쟁점 (Hotspots)

분류	주요 쟁점	
경제적 추동 (Economic motor)	풍족한, 안전한, 그리고 건강한 식품이 생산되고 있으나, 여전히 식품과 관련한 건강문제들은 산재해 있다	Sufficient, safe and healthy food is produced, but still there are food-related health problems
	공산품 형태의 풍족한 식품을 즐기고 있지만, 동시에 더 많은 식품의 낭비, 식품 원재료의 수요 급증, 환경적인 폐해 문제가 존재한다	Sufficient tailor-made food, but at the same time much loss of food, high demand for raw materials and significant environmental impacts
	비식품자원에서의 생산이 기회가 될 수 있으나 또한 현재의 가용자원을 대응하는 문제가 있다	Non-food applications are an opportunity but also put pressure on the available resources
생태적 폐해 (Ecological damping)	전문화가 효율성 제고의 효과가 있으나 이는 시스템 운영상의 비용 대가를 치루고 있다	Specialisation for the benefit of efficiency but at the expense of system operation
	천연자원의 투입은 생산을 증대시키나 그로 인해 자원은 점점 고갈된다	Input of natural resources increases production but these resources are becoming increasingly scarce
사회적 폐해 (Social damping)	지구환경체제는 방출원을 흡수하지만 그 처리능력에는 제한이 있다. 만약 그 능력을 초과하면 필요한 자원의 질에는 엄청난 위기를 가져올 수 있다	The environment absorbs emissions, but if the carrying capacity is exceeded, the quality of the necessary resources may be jeopardised
	농산물-식품시스템은 사회적자본에 기초에 의해서 이루어지지만 동시에 사회적자본의 손실을 가져올 수 있다	The agro-food system builds on social capital but at the same time threatens to lose it
기술에 기초한 최적화 (Technology-based lubrication)	(기술적)혁신은 현행 시스템을 최적화하지만, 아직 어떠한 혁신적 시스템 사양은 만들어지지 않았다	(Technological) innovation optimises the current system but has not as yet designed any innovative system configurations
시스템은 열려있다 (The system is open)	오픈시스템은 많은 이점을 제공하지만 동시에 사회적, 생태적인 영향 전이를 야기시킬 수 있다	An open system offers many advantages but also leads to shifting of the social and ecological impacts

〈표 II -38〉 쟁점에 대응하는 니치레짐

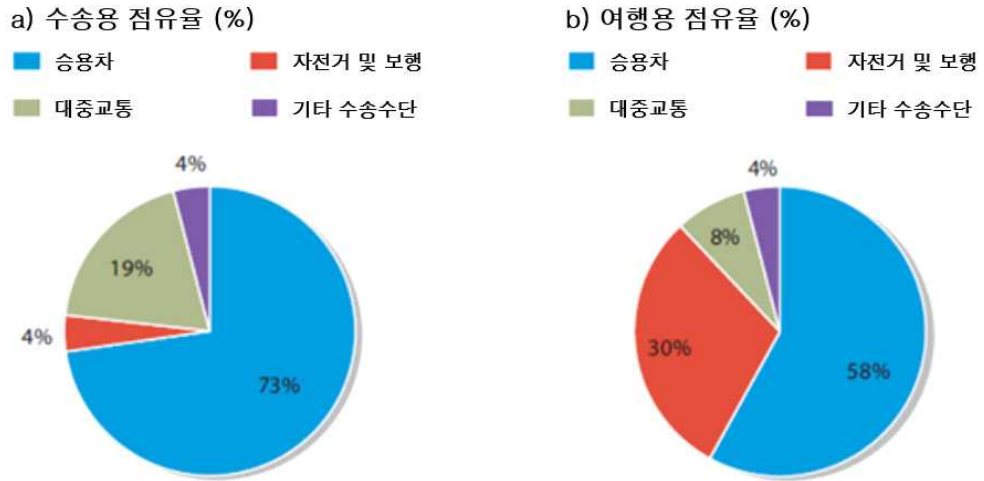
니치레짐	니치	
도시농업 (Urban agriculture)	도시 공간의 기능성을 확산	Extending the functionality of urban space
	최소한 공간면적에서의 집약적 생산방식을 추구	Intensive production units with minimal spatial footprint
	유통단계의 최단화	Short chains
	농업의 기능성 다양성 추구	Functional broadening of agriculture
	생태시스템 서비스 및 폐쇄형 사이클의 제공자로서의 농업 역할을 정립	Agriculture as a provider of ecosystem services and closed-loop cycles
유기농 (Organic agriculture)		
식생활 변화 (Eating differently)	동물성 단백질의 경감	Reduction of animal proteins
	슬로우 푸드	Slow food
	사전 사양화된 푸드	Customisable food
새로운 생산 패러다임 (New production paradigm)	산업 생태관점에서의 생산	Industrial ecology
	바이오 기초의 경제	Bio-based economy
	미래 제조공장의 모델	Factory of the future
	상호간의 생산	Peer-to-peer production

□ 지속가능성 전환을 위한 핀란드 교통체제 대안 사례연구⁶¹⁾

○ 교통체계에서의 거시적 환경 (Landscape)

- 수송용에너지로서 오일의 의존도가 절대적 (EU 96%)
- 기후변화문제와 관련, GHG 배출경감 의무이행 노력이 필수적
- 핀란드 GHG 배출의 20%가 교통/수송부문에서 발생하며, 도로용 교통/수송이 전체 교통/수송의 90%를 차지
- 긴(Long distances) 지형형태와 추운 겨울이라는 핀란드 특성이 에너지의 소비 증대를 야기
- 핀란드 인구의 2/3가 전국토의 5%에 밀집되어 있으며, 자동차 이용거리의 64%가 10km 미만 (승용차의 경우 평균 1~3km의 이동거리)

61) 핀란드 기술·혁신 투자청 (Tekes - the Finnish Funding Agency for Technology and Innovation)에서 지원하는 FIPTrans (Future Innovation and Technology Policy for Sustainable System-level Transitions) 프로젝트의 연구결과 - Temmes, A., V.Virkamaki, P.Kivimaa, P.Upham, M.Hilden and R.Lovio, 2014. 「Innovation policy options for sustainability transitions in Finnish transport」 Tekes REVIEW 306/2014 보고서를 요약



<그림 II -39> 핀란드 수송유형별 점유율

○ 교통체계에서의 교통정책 - 레짐 (Regime)

- EU, 정부, 지자체의 교통 정책 및 전략

- 현행 핀란드 교통정책의 목표는 “ 수송관련 배출 경감 및 지속가능한 발전을 도모하며, 핀란드 경제와 국민의 니즈에 부합되는 유연하고 안전한 이동성 제공”
- 주요 국가 정책 실행방안은 연료 및 자동차 배출에 대한 규제, 바이오연료, 연료 및 자동차에 대한 세제, 대중교통 및 출장에 대한 보조금 등

- 다른 정책 (혁신정책, 에너지정책, 재정정책, 산업정책, 환경정책, 국토토지이용정책 등) 이 교통정책에 미치는 영향

○ 교통체계에서의 니치전략 (Niches)

① 바이오연료의 육성 (풍부한 산림자원 및 글로벌 최고의 기술수준 보유)

<표 II -39> 바이오연료 개발에 관한 EU국가간 비교

비교국가	초기 지역적 동기요인	경쟁력 보유 기술	제품	협력산업군
덴마크	수입에너지 쇼크를 겪은 후 자국 에너지원의 개발 필요가 대두	바이오기술	농산물 잔여물에서 에탄올 추출	효소생산업체, 바이오 에너지기업체
핀란드	풍부한 삼림자원을 활용한 바이오에너지의 개발 필요가 대두	목재를 활용한 기술, HVO-공정	폐기물에서의 에탄올, 팜오일 및 잔여물에서의 HVO디젤	정유업, 삼림업, 폐기물 처리업체
프랑스	여유 농산물을 활용처 개발이 필요		설탕에서 에탄올 및 ETBE 추출, 오일씨에서 FAME 추출	과당, 효소제조업, 정유업 및 농산물업체

<표 II -40> 바이오연료 개발과 관련한 정책적 영향 요약

정책	목표	기대가능 효과
1980년부터 지속적인 바이오에너지 투자 재원(Tekes) 마련	에너지 자급자족 및 지역 고용, 경제적 자립 추구	기술적 노하우
EU 바이오연료지침 2003 (EU Biofuel directive 2003)	기후변화 경감 및 수입에너지 의존도 축소	바이오연료에 대한 수요창출
EU 재생에너지지침 2009 - 지속가능개념 포함 (EU RES directive 2009)	기후변화 경감 및 수입에너지 의존도 축소	농작물을 자원으로 하지 않는 바이오연료 수요창출
수송용연료의 20% 목표설정 (핀란드 바이오연료)	기후변화 경감	완성품 바이오연료에 대한 수요 창출
바이오연료 지속가능성 기준 (2012년 제안)	바이오연료의 의도치않은 결과 통제, 기후여파의 조절	농작물에 의한 바이오연료 제한 및 폐기물 기초 바이오연료의 시장 창출

② 전기자동차의 육성

- 완성차 제작 및 자동차 부품 (배터리 등) 제조에서의 성장이 미진한 핀란드에서 전기자동차 육성에 대한 득실 논란이 존재
- 17개 핀란드 에너지회사들이 Liikennevirta Oy라는 전기자동차 충전운영회사를 설립하고, 동사가 2013년 Virta Ltd라는 충전네트워크 회사를 설립 운영

<표 II -41> 국가별 전기자동차 정책

국가	육성방안
노르웨이	자동차세 면세, 버스전용차선 이용 허용, 주차장 사용 무료
스페인	CO2 배출권의 거래, 전국적인 충전네트워크 구성, 대중교통용 차량에의 보조금 지원
영국	초저배출자동차 (Ultra Low Emission Vehicle) 전략을 통해 충전네트워크, 구입보조금, 연구개발 지원 등을 제공 (전기차 뿐만 아니라 연료전지차, 배출경감 내연기관차 연구에도 지원)

③ 끊임없는 이동성: 대중, 연계교통의 개선

- ICT 및 저배출자동차 기술과 연계, 도시용 대중교통 체제 개선에 주력
 - Katsuplus (<https://katsuplus.fi/tour>): 헬싱키 교통수단으로서 출발전 10분내 이동통신단말기로 픽업 요청하는 버스 서비스
 - 스마트카드 티켓팅 시스템, 모바일여행정보시스템, 여정계획시스템 (Reittiopas.fi)
- 다른 EU국가들의 개선 정책
 - 전용버스차선 (Nantes, Eindhoven)
 - 도시 중심부에 환경 또는 저배출존 지정 (Prague, Stockholm, Berlin)
 - 에코드라이브 프로그램 (네덜란드)
 - 스마트 티켓팅 시스템
 - 다양한 일정계획 및 여행정보시스템 (독일, 영국)

④ 자전거 및 걷기 권장

- 핀란드 교통수단으로서의 자전거 보급 육성
 - 전국민 자전거 보유 캠페인 (1965, JOPO 자전거 보급)
 - 창업기업 Pelago (<http://pelagobicycles.com>) 고품질 고가의 자전거 제조
 - 헬싱키 시 차원의 자전거 보급 노력이 전국적으로 확산 (헬싱키 자전거 브랜딩화, 자전거 사용인프라 구축, 시 전역에 걸친 자전거 통신, 마케팅, 공유 시스템 등)
- 걷기 이동의 권장 육성
 - 환경 NGO인 DODO에 의한 대도시 자전거, 걷기 통신 및 사고지원 서비스 (<http://tavarafillari.fi/>, 타이거맨 <http://finderbase.com/en/>)

⑤ 교통수단에 의한 이동수요 억제 정책

- 집에서의 근무 (Working from Home) 제도로써 출퇴근 시간 조정 및 재택근무 연장 유도
- 가상오피스 제도 권장 (Business Center Papula, www.bcpapula.fi)
- 비즈니스 미팅파크 (27시간 365일 운영되는 회의장, 근무공간 제공 서비스, Business Meeting Park, <http://meetingpark.fi>)
- 기타 다양한 업무공간 제공 서비스 (Mietoinen <http://www.mietoinen.fi/tyotila>, Hub Helsinki <http://helsinki.the-hub.net>)

〈표 II -42〉 니치전략 수행과 관련한 장애요인 분석

기술/서비스 혁신	장애요인	장애요인의 속성	혁신 관련 문제점
무인자동차	자동차 운전을 책임지는 자가 있어야만 하며, 자동차 스스로 구동될 수 없다는 법적 구속	법규: 자동차법 1090 (2002)	핀란드 내에서는 자동차 제조업체가 무인자동차를 테스트할 수 없음
전기자동차	운전학교의 교육에서는 반드시 클러치가 있어야만 한다고 법적 구속	법규	운전학교에서는 전기자동차를 사용할 수 없으며, 따라서 피교육자가 전기자동차에 익숙해 질 수 없음
전기자동차	법인차량에 대한 조세가치	재무	법인차량으로 사용되는 전기자동차는 추가과제로 이익 감소
차량의 공동사용	별도의 운전면허가 필요, 과세	법규 및 재무	순수 여부를 보장하지 못함
개인차량의 렌트	보험 조건	재무	개인차량보유자한테 과도한 보험료 청구 및 기타 재무적인 제약요건 존재
저비용 버스운행 (Onnibus)	버스 및 합승차 운영에 대한 오래된 법규적용	법규 및 실행 (매표 및 정보시스템 운영상의 문제)	독점노선을 운영하는 버스업체에서의 혁신 동기 부재

다. 일본의 동향 및 사례 연구

(1) 관련제도 1: 이노베이션 25 (2007~2025)⁶²⁾

- ‘이노베이션 25’는 아베총리의 연설 (’06.9.29, 제165회 국회)중에 포함된 정권공약의 하나로 일본의 성장에 공헌할 수 있는 혁신 창조를 위한 장기적인 전략 지침⁶³⁾
- 2025년 일본사회의 5대 목표를 제시하고, 달성을 위해 국민 개개인이 과학기술 분야의 혁신을 체감할 수 있는 장기발전 전략 ‘Innovation 25’ 추진
 - 다양한 요소기술의 개발과 융합, 융합기술의 실증연구를 통한 실효성 검증, 사회에 정착시키는 데 필요한 제도적 시스템 구축 마련
 - ①생애 건강한 사회형성, ②안전·안심 사회형성, ③다양한 인생을 보낼 수 있는 사회형성, ④세계적 이슈해결에 공헌하는 사회형성, ⑤ 세계에 열린 사회를 2025년 5대 사회 목표로 설정

〈표 II -43〉 중장기 과제의 목표 및 주요 내용

중장기 목표	주요 내용
1) 생애 건강한 사회형성	①정보통신기술 발전에 동반한 사회제도 개정 ②치료중심의 의료시스템에서 예방·건강증진 중심의 보건의료시스템으로 전환 ③생명윤리·안전성과 의료기술 촉진정책의 조화
2) 안전·안심 사회형성	①지능형 교통시스템(ITS)의 도입·보급을 위한 이용환경 정비 ②새로운 차량 등의 보급 촉진을 위한 환경정비 ③고도의 보호기술 도입을 위한 제도 구축
3) 다양한 인생을 보낼 수 있는 사회형성	①건강수명 연장에 동반한 제도의 재검토 ②Telework 정착화를 위한 관련제도 구축 ③자원봉사 활동, 사회공헌 활동, 사회사업의 활성화
4) 세계적 이슈해결에 공헌하는 사회형성	①실효성있는 온난화 대책의 국제적 대응책 추진 ②저탄소 사회 구축을 향한 국내의 적극적 대응 ③일본 정보를 해외에 전달하는 체제 정비 ④해외에서 일하는 일본인을 지원하는 구조 만들기
5) 세계에 열린 사회	①세계에서 통용되는 고도 인재수용 가속 추진 ②국제 지적재산전략·국제 표준화 활동 추진
6) 공통적 과제	①암호기술, 개인인증기술 등의 고도화에 동반하는 관련 제도 구축 ②정보검색 기술 발전에 동반하는 관련 제도 검토 ③유비쿼터스 네트워크 및 민수용 로봇의 본격 보급을 향한 환경 정비 ④신기술 등의 보급 촉진을 위한 국민합의 형성 ⑤최첨단 과학기술 분야의 국제 규정 수립 ⑥도주제 등 국가와 지방의 역할과 권한의 명확화 ⑦규제 등의 지속적 재검토

참고: 최두원의 (2007) 보고서 재인용

62) 일본은 정책의 지향점으로 과학기술의 사회 환원을 강조하고 있으며, 현재의 일본 과학기술정책은 <http://www8.cao.go.jp/cstp/stmain.html> 참고

63) 차두원, 손병호. 2007. 「일본 Innovation25 최종보고서 분석 및 시사점」 한국과학기술기획평가원 재인용

(2) 관련제도 2: 과학기술이노베이션종합전략(신차원일본창조예의 도전) (2013~2030)⁶⁴⁾

- 2007년 제정된 ‘이노베이션 25’ 이후의 국내외 급격한 환경변화에 따라 제4기 과학기술 기본계획에 의거, 과학기술이노베이션종합전략을 마련
 - 리만사태 및 구주재정위기 등의 경제적 혼란
 - 동일본대진재의 발생 등의 돌발적 사정 발생
 - 환경문제 등 지구 규모의 과제 심각화
 - 아시아를 비롯한 신흥제국의 급속한 대두
 - 자원에너지의 국제적 획득경쟁 심화와 가격의 급등, 이에 따른 엔고의 급격한 진행 등
- 과학기술이노베이션 정책 운영상 필요한 6원칙을 정책서 서두에서 강조
 - 원칙 1: 시간축과 목표를 명확히 한 전략을 수립할 것
 - 원칙 2: 과학기술이노베이션 전체를 아우르는 포괄적 정책운영을 수행할 것
 - 원칙 3: 상류부터 하류부문까지 연구개발 전단계를 반영한 일관된 정책을 수행할 것
 - 원칙 4: 주어진 역할분담을 명시하고, 산학관이 상호협력해서 수행할 것
 - 원칙 5: 다양한 정책수단들간의 연계 제휴를 도모하여, 조합 수행할 것
 - 원칙 6: 예산과 직결된 연간 프로세스에 따라, 정책의 평가 및 피드백을 행할 것

〈표 II -44〉 과학기술이노베이션종합전략의 개요

5대 과제	중점적 과제	주된 실행방안
클린으로 경제적 에너지시스템 실현	- 클린에너지 공급의 안정화 및 저코스트화 신기술에 의한 에너지효율 향상 및 소비경감 등	- 부유식 해상풍력발전, 화력발전의 고효율화 혁신적 디바이스의 개발
국제사회를 선도하는 건강장수사회의 실현	건강수명의 연장 차세대를 담당할 후세대의 건강 및 성장 등	혁신적 예방, 진단, 치료법 등의 개발 BMI, 재택의료, 간병관련기기의 개발
세계를 선도하는 차세대 인프라 정비	인프라의 안전·안심 확보 충격흡수가 가능한 방재·감재기능의 강화 등	인프라 점검·진료기술의 개발 내진성 등의 강화기술 개발
지역자원을 강점으로 활용하는 지역경제의 재생	과학기술 이노베이션 활용에 따른 농림수산업 강화 지역발 이노베이션 창출을 위한 기구 구성 등	IT, 로봇 기술 등에 의한 생산시스템의 고도화 생산기술 등을 활용한 산업경쟁력의 부양 등
동일본대지진재난으로 부터의 조기 부흥 재생	주민 건강을 재해로부터 지키고, 노약자 건강회복 가능한 사회 실현 지역산업으로부터의 신비지니스 모델의 전개 등	재난민에 대한 신속하고 확실한 의료 제공 및 건강의 유지 경쟁력 제고한 농림수산업의 재생 등

- 성공적인 과학기술이노베이션을 위한 환경창출을 위한 중점적 과제 및 중점적 검토사항은 아래 표와 같음

64) 2013년 6월 7일자 ‘과학기술이노베이션종합전략-신차원일본창조예의 도전’ 라는 일본 각의결정서의 내용을 요약, 인용

〈표 II -45〉 과학기술이노베이션에 적합한 환경창출

중점적 과제	중점적 검토사항
이노베이션의 맹아를 육성하라	(1) 기업·대학·연구개발법인에 다양한 인재들이 리더십을 발휘할 수 있는 환경의 구축 (2) 대학·연구개발법인을 국제적 이노베이션 허브가 되도록 강화 (3) 경쟁적 자금제도의 재구축
이노베이션 시스템을 구동하라	(4) 산학관 및 정부부처간의 연대제휴 강화 (5) 인재유동화의 촉진 (6) 연구지원체제의 충실화
이노베이션을 結實되도록 하라	(7) 신규사업 지향적인 기업의 활성화 (8) 규제개혁의 촉진 (9) 국제표준화·지적재산전략의 강화

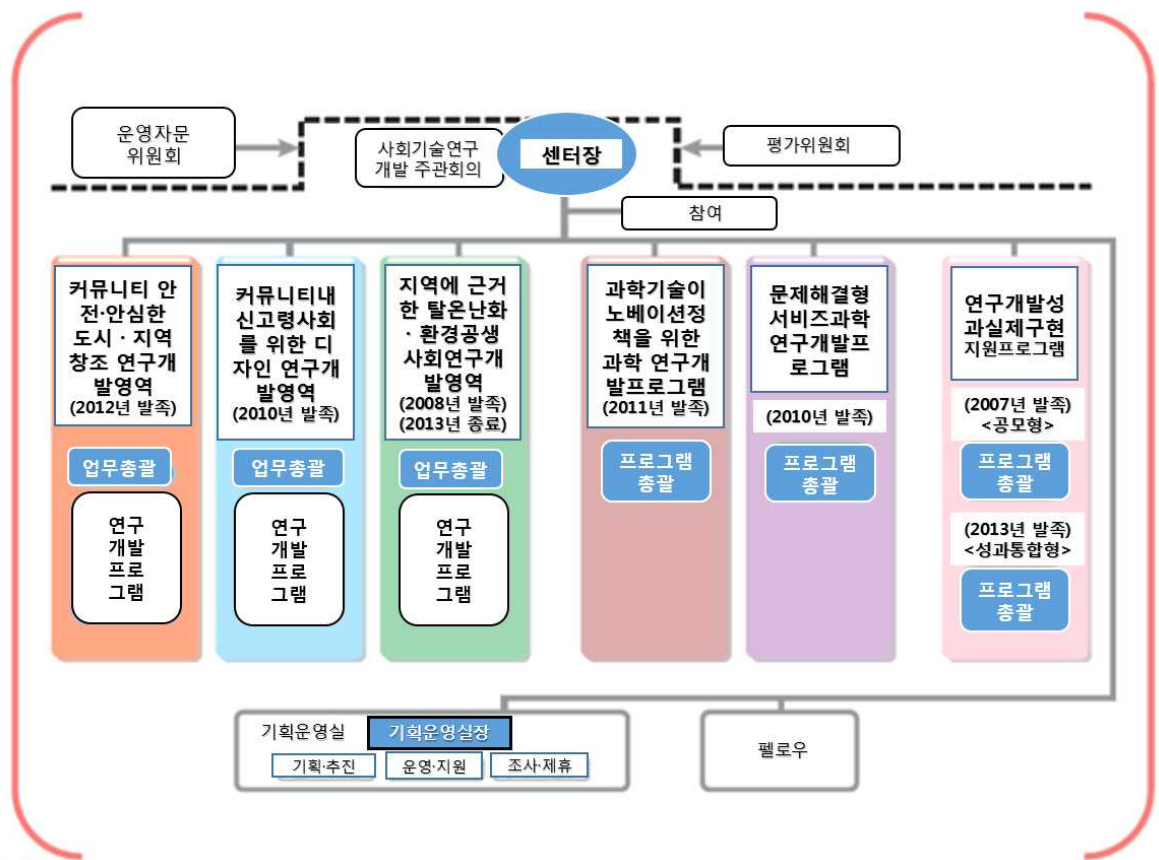
(3) 구현 방법/조직: 사회기술연구개발센터 (RISTEX)⁶⁵⁾

- 사회기술연구개발센터(RISTEX, Research Institute of Science and Technology for Society)은 과학기술진흥기구의 조직으로서 과학기술진흥사업단과 일본원자력연구소가 합동으로 2001년에 설립한 ‘사회기술연구시스템’이 확대 발전함
- 사회기술연구개발센터(RISTEX)를 설치하여 사회적 공익적 가치를 창출하는 연구개발 프로그램 운영
 - 사회의 구체적인 문제의 해결에 기여하는 연구개발 활동을 통해, 새로운 사회적·공공적 가치를 창출하는 것을 목적으로 설립
 - 5년 이내 실증 및 구체적 성과 획득에 초점을 두고 있으며 산·학·시민 등 이해당사자들의 협력을 중시
- 종래의 학문분야·영역별 연구개발이 아니라 사회문제를 출발점으로 구성된 ‘문제해결형’ 연구개발을 추진
 - 새로운 연구개발영역·연구개발프로그램의 발굴과 형성에서부터 연구개발 사업운영의 추진·지원, 연구개발성과를 사회에 환원하기 위한 지원에 이르기까지, 기존의 연구개발사업과는 다른 독특한 활동을 전개
 - 구체적 지역이나 커뮤니티를 대상으로 실천되어지며, 연구자는 자치체나 지역·NPO의 개인, 기업가 및 다양한 관계자와 협력으로 그 지역 특유의 개성을 지니고, 자연과학·인문·사회과학의 지식과 경험을 통합해서 연구개발을 실시

65) 사회기술연구개발센터 홈페이지(www.ristex.jp) 및 송위진, 성지은, 장영배. 2011. 「사회문제 해결을 위한 과학기술-인문사회 융합방안」 STEPI의 ‘제5장 사회문제 해결형 연구개발을 위한 사회기술연구개발센터 사업’의 일부 내용을 인용, 요약함

○ RISTEX가 중시하는 연구개발의 종류

- 사회의 구체적 문제를 해결하기 위한 연구개발
- 종래의 개별분야로는 대응할 수 없는 문제에 대하여, 인문, 사회과학, 자연과학을 망라한 과학적 식견을 이용하여 방법론을 구축하고 현장 실천을 하며 현재의 상황을 변화시키려 하는, 분야 횡단형 연구개발
- 연구자뿐 아니라 현장의 상황과 문제를 잘 알고 있는 여러 입장의 '이해관계자들'과 제휴하여 구체적인 현장에서 사회실험을 실시하여 문제해결에 기여하는 새로운 성과를 창출하는 연구개발
- 연구개발로 얻어진 구체적인 성과를 사회에 환원하고 실용화(실행)하는 것을 강하게 의식한 연구개발



<그림 II -40> RISTEX 조직도

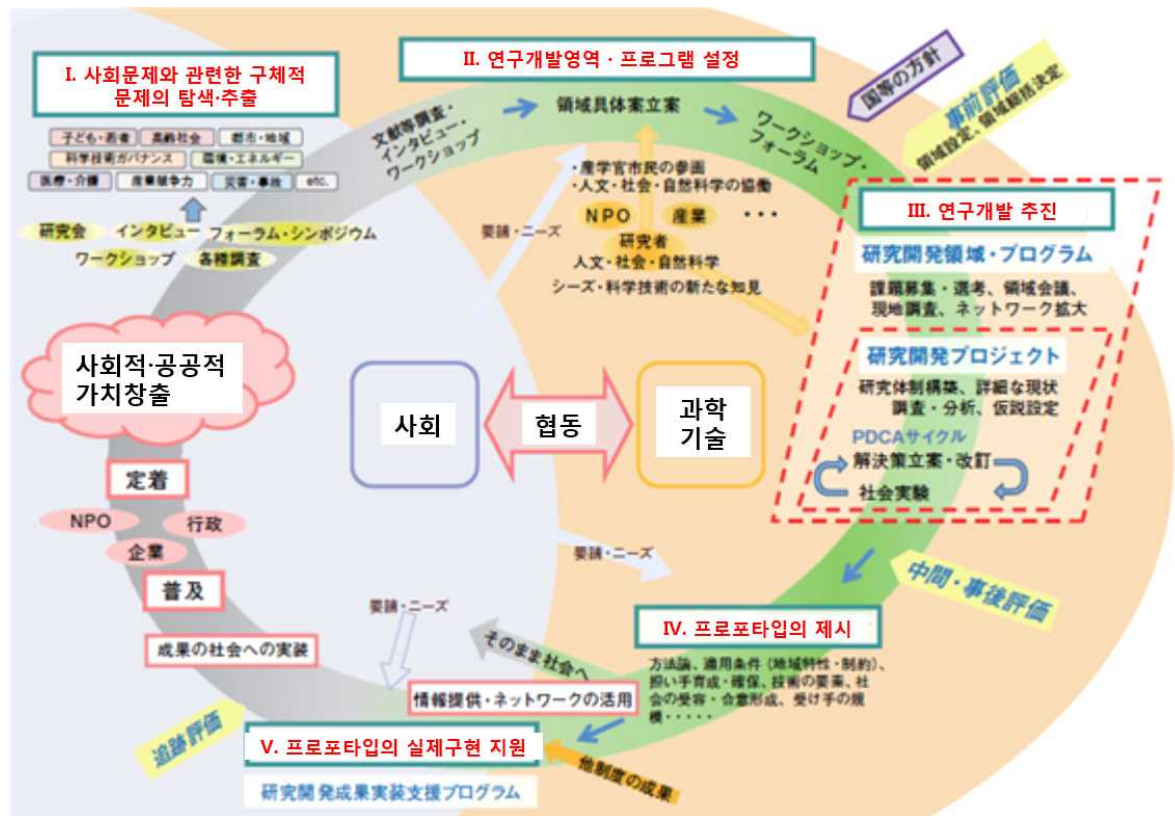
참고: RISTEX 홈페이지

○ RISTEX 연구개발사업 운영의 특징

- 과학자연구자와 사회의 새로운 제휴관계 모색
- 광범위한 의견청취에 근거한 R&D영역의 설정과 인적 네트워크의 확대
- 연구개발프로젝트의 개입적 매니지먼트 방식
- 실천중시의 연구과제 평가와 연구개발성과의 사회적 실행과 보급을 추구

○ RISTEX의 연구개발활동은 다음의 5단계의 절차로 추진

- 1단계: 연구개발의 대상인 사회문제의 발굴: 사회에 존재하는 또는 발현할 것으로 생각되는 문제군에 대해서 전문가관계자를 초청해서 조사검토를 시행, 구체적인 문제로 등록
- 2단계: 연구개발영역·프로그램의 설정: 센터가 행하는 연구개발활동에 따라 문제해결에 기여할 것으로 예상되는 분야에 연구개발영역·프로그램을 설정
- 3단계: 연구개발의 추진: 영역·프로그램의 운영책임자가 명확한 연구개발목표를 설정하고 연구개발프로젝트의 제안모집을 실시, 채택된 복수의 프로젝트에 대한 연구개발을 추진함. 성과가 실제 사회문제 해결에 기여하도록 과제의 설정, 연구개발의 실시, 평가의 전단계에서 관계자 모두의 참여·기회를 추구
- 4단계: 연구개발성과를 사회에 환원하기 위한 프로토타입의 제시
- 5단계: 성과를 사회에 적용·정착하기 위한 실제구현 지원



<그림 II-41> 연구개발활동의 5단계 절차도
(참고) RISTEX 브로셔에 수록된 그림을 재인용

○ RISTEX 연구프로그램 중 현재 실행종료과제들은 아래 연구 분류에 속한 특정주제로 수행되었음

- 연구개발성과 구현지원 프로그램
- ‘지역적 탈온난화 환경·공생사회’ 연구개발 영역

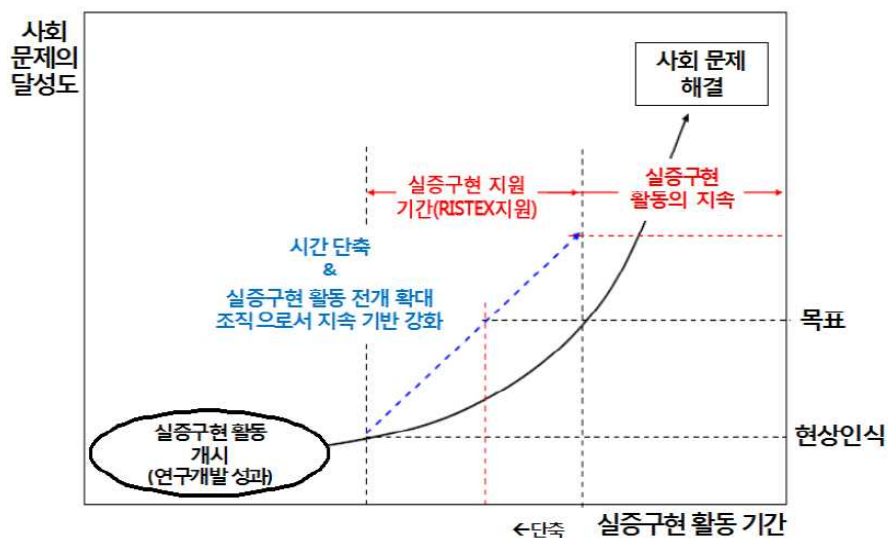
- ‘범죄로 부터의 어린이 안전 보호’ 연구개발 영역
- ‘과학기술과 인간’ - 과학기술과 사회의 상호작용 연구개발 영역
- ‘과학기술과 인간’ - 21세기 과학기술의 문해력 (Literacy) 연구개발 영역
- ‘정보와 사회’ - 유비쿼터스 사회의 거버넌스 연구개발 영역
- ‘뇌과학과 사회’ - 뇌과학 및 교육 연구개발 영역
- ‘순환형 사회’ 연구 영역
- ‘사회시스템-사회기술론’ 연구 영역
- ‘안전·안심’ 연구개발 영역

○ RISTEX 프로그램은 산학관 협력방식과 학제간 협력을 통한 연구개발 추진을 도모, 연구 개발의 다양성을 추구

- 대학, 연구기관의 연구개발자, NPO법인, 민간기업, 지자체 등 현장에 밀접한 다양한 관계자의 참여가 적극적으로 이루어짐
- 각 분야의 현장 관계자들과의 지속적 인터뷰 및 피드백을 통해 다양한 의견을 반영

○ 사회기술의 연구개발 및 실증보급의 이원화 문제를 보완하기 위해 연구개발 성과에 대한 독립적인 실증, 구현 지원 프로그램을 운영

- 실증구현 지원프로그램은 사회문제 해결을 목적으로 정부의 공적 연구개발 자금을 통해 얻어진 연구개발 성과의 사회 환원을 지원하는 과정
- 사회기술의 전체적인 과정 활동의 조직적 기반을 마련
- 담당 주체가 조기에 사회문제 해결 목표에 도달할 수 있도록 지원, 현실사회 과제에의 실질적 기여를 도모



<그림 II-42> 연구개발 성과실증 구현지원 프로그램의 개요

자료: 송위진, 성지은, 장영배. 2011. 「사회문제 해결을 위한 과학기술-인문사회 융합방안」 과학기술정책연구원. 재인용

5. 한국적 융합사례 연구: 의료융합(u-healthcare)을 중심으로⁶⁶⁾

가. 의료산업과 ICT와의 융합

(1) 의료융합의 개념 및 특성

□ 의료융합(u-healthcare)의 개념

- u-healthcare가 가장 광의의 개념으로 사용되고 있으며, 특히 기존 치료 중심의 의료서비스가 건강관리까지 확장된 개념임
 - 의료융합 관련 용어의 개념을 비교할 때, 초기에는 주로 의료서비스가 공간적으로 분리되어 있는 상황을 정보통신기술을 활용하여 극복하는 개념으로 사용되었음
 - 이후, ICT 분야에서 시·공간을 초월하는 유비쿼터스(ubiquitous) 개념이 등장하면서, 이와 의료·건강관리가 결합된 개념으로 적용범주가 확장됨

<표 II -46> 의료융합 관련 용어의 개념 비교

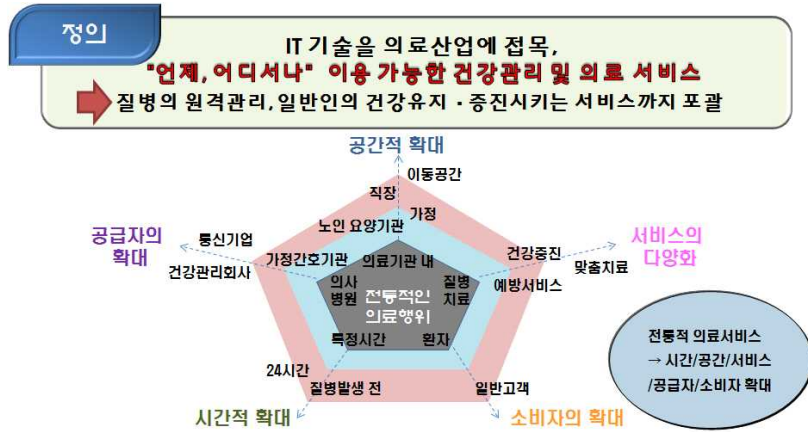
용어	개념	특징
tele-medicine	공간적으로 분리되어 있는 상황에서 각종 정보를 ICT 네트워크와 기기를 활용하여 진단, 처방 등을 수행하는 의료행위	주로 전통적 의료서비스의 공간적 확대 개념으로 사용 세계보건기구(WHO) 정의
tele-health	ICT를 활용하여 원격에서 건강관리 (healthcare)와 관련한 정보를 주고받거나 서비스를 제공·활용하는 것 tele-medicine에 비해 예방적 관리를 포괄하는 측면에서 확장된 개념	원격진료와 더불어 스포츠, 건강관리 서비스까지 포괄하는 개념으로 사용 Wikipedia 정의
e-health	ICT를 활용하여 보건·의료서비스의 접근성 및 효율을 증진하는 것을 의미 광의의 개념으로는 서비스 제공에 다양한 정보통신을 활용하는 것을 포함하지만, 협의의 개념으로는 m-health에 대비되는 유선통신만을 사용하는 것에 국한함	u-health가 등장하기 전까지 가장 폭넓은 정의로 활용 Wikipedia 정의
u-health	ICT와 의료·건강관리의 융합과 더불어 이와 관계된 정보의 폭넓은 활용과 응용을 모두 포괄하는 개념 e-health의 개념을 보다 적극적으로 발전시킨 개념으로, 위에서 언급한 용어의 범주를 모두 포괄하고 있음	국내에서 u-Korea 전략이 수립된 이후 u-health의 개념 활용이 대폭 증가

- 기존 의료서비스와 정보통신기술이 융합하여 의료 및 건강관리 서비스에 대한 접근성, 편의성, 연계성 등을 향상시킨 새로운 형태의 서비스
 - 서비스의 시·공간적 범위 확대 : 병원 내부에서 수행되는 치료 중심에서 발병 이전의 건강관리와 병원 외부에서의 건강관리까지 시·공간적 범위가 확대
 - 서비스 공급자 및 형태의 다양화 : 의사가 주도하는 질병 치료(cure) 중심에서 다양한 의료/통신/건강관리 주체로 서비스 공급자가 다원화되고, 서비스 형태도 질병 치료와 더

66) 이 장은 과학기술정책연구원(STEPI) 이광호 박사가 책임 집필한 원고를 기반으로 했다.

불어 건강관리(care), 예방, 맞춤치료 등으로 다양화

- 서비스 수요자의 확대 : 서비스 수요자가 환자와 더불어 일반인까지 확대되며, 의료서비스 공급자도 각종 의료 및 건강관리 정보의 수요자로 확대



<그림 II -43> 의료융합(u-healthcare) 서비스의 기본 개념

자료: 김석화(산업융합 옴부즈만 포럼 발표자료, 2012) 일부 수정

□ 의료융합(u-healthcare)의 유형 및 특징

○ 의료융합은 제공되는 서비스의 내용 및 서비스 대상에 따라 다음과 같은 세 가지 유형으로 분류가 가능

○ u-medical

- 질병 치료 위주의 전통적 의료서비스가 ICT와 융합한 분야로 주로 고위험군 환자나 만성질환자 등을 대상으로 원격진료 및 치료가 주된 서비스임
- 특히 급증하고 있는 만성질환자(2010년 7백만 명 → 2014년 1천만 명)는 정부의 의료재정 부담을 증가시키기 때문에, 당뇨병 등 주요 만성질환자를 대상으로 한 기술과 서비스가 적극적으로 개발되고 있음
- 하지만, u-medical 서비스가 활성화되는데 있어서 의료법, 의료기기법, 약사법 등에서 이를 제한하는 법적 조항이 많아 산업화에 어려움을 겪고 있음

○ u-wellness

- 일반인을 대상으로 한 건강증진이나 건강관리 서비스를 ICT를 활용하여 제공하는 것으로, 치료보다는 예방·관리에 중점을 두고 있음
- 국민소득 증대에 따라 건강관리와 복지에 대한 수요가 늘면서 많은 기업들이 동 분야에 참여하고 있으며, 다양한 기술과 서비스 및 비즈니스 모델 등이 출현하고 있음
- 산업부가 최근 u-wellness 분야를 적극적으로 육성하려는 것은 u-medical 분야가 의료

계의 반발에 의해 현실화시키는 것이 어려운 반면, 동 분야는 의료법 등의 직접적 제한 요소가 상대적으로 적기 때문임

○ u-silver

- 고령층(일반적으로 65세 이상을 지칭)을 대상으로 질환 진단·치료와 일상생활에서의 건강관리 등을 ICT를 활용하여 종합적으로 지원하는 서비스임
- 고령층은 다른 계층에 비해 질환도 복합질환이 많고 의료서비스에 대한 접근성이 현저하게 떨어지기 때문에 맞춤형 서비스를 제공하는 것이 특징적임
- 특히 우리나라는 고령화 속도가 매우 빠르기 때문에 해당 수요자가 급증할 전망이며, 이들에 대한 적절한 관리가 경제·사회적으로도 의미가 크며, 정부의 재정적자 부담을 덜어주는 효과도 큼
- 하지만, ICT 활용에 대한 고령층의 UX(user experience), UI(user interface)가 취약한 점과 비용 부담 등은 추가적으로 해결할 문제임

<표 II -47> 의료융합 분류

유형	서비스 내용	서비스 대상	관련 법규
U-medical	• 질환 진단, 치료제공, 관리 및 진료환경 지원서비스를 제공(치료 위주)	환자 (고위험군)	• 의료법 • 의료기기법 • 약사법 • 국민건강보험법
U-wellness	• 건강증진 및 건강환경 지원 서비스를 제공하는 영역으로 예방 차원의 건강관리 서비스(건강관리 위주)	일반인 (건강군, 위험군)	• 국민건강관리법 (제정 추진 중)
U-silver	• 질환진단과 치료제공 및 관리는 물론 안전관리와 독립생활 지원 서비스(요양 위주)	65세 이상 고령자 (건강군, 위험군, 고위험군)	• 의료법 • 노인장기요양보험법

자료: u-health 신산업 창출을 위한 사업화 전략 연구(한국보건산업진흥원, 2010)

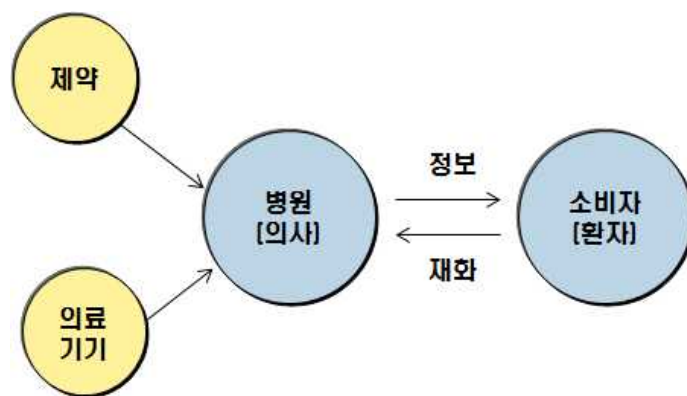
(2) 의료융합 진화의 핵심 : ‘게임의 법칙’의 변화

□ 기존 의료서비스와 의료융합(u-healthcare) 서비스의 비교

○ 기존 의료서비스 : 의사와 환자 간 극단적 ‘정보 비대칭성’이 가치를 창출

- 의료서비스의 본질은 의사와 환자 간의 정보와 재화의 교환이며, 이때 양자가 갖는 극단적 정보 비대칭성(information asymmetry)과 정보대상이 생명이라는 점은 역사적으로 의료서비스에 높은 가치를 부여하여 왔음
- 이러한 극단적 정보 비대칭성은 의료서비스를 서비스 공급자인 의사가 주도하게 만드는 근본적 원인으로 작용하며, 의료기술의 발달과 의사·병원의 증가에도 불구하고 환자가 오히려 증가하는 이유임
- 의료서비스가 여타 서비스와 달리 소비자인 환자가 필요로 하는 재화인 의료기기와 제약도 의사를 통해서만 공급될 수 있는 구조임

- 특히 의사는 오랜 훈련과 임상을 통해 획득한 암묵지를 바탕으로 진료에 대한 독점적 권한을 부여받고 있으며, 진단과 치료에 필요한 의료기와 약품의 활용 여부를 결정할 수 있는 권리를 보장받고 있음
- 이러한 정보 비대칭성과 독점적 권한은 리베이트, 과잉진료 등 모럴 해저드와 시장실패⁶⁷⁾를 초래할 수 있는 가능성이 높으므로, 현대 의료시스템에서는 국가가 간여하여 이를 조정하는 역할을 수행하고 있음
- 의료서비스에 대한 신뢰성 문제를 해결하기 위해, 제3자인 정부가 의료보험제도 및 복잡하고 체계적인 인허가제도를 구축하여 일종의 체제(regime)를 형성하고 있는 것이 현대 의료시스템의 특징임



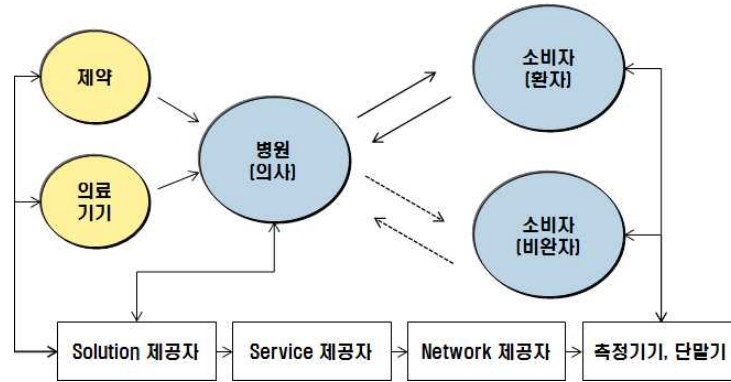
<그림 II-44> 의료서비스의 기본적인 공급가치사슬 구조

○ 의료융합(u-healthcare) 서비스 : 정보 거래 방식 및 형태의 다양화

- 기존 의료서비스에 ICT가 융합된 의료융합(u-healthcare) 서비스가 현재 대두되고 있는데, 이는 단순히 서비스의 시·공간적 확대뿐만 아니라 비즈니스 모델의 근본적인 변화를 의미함
- 즉, 기존 의료서비스의 공급가치사슬 구조에 solution, service, network, 측정·단말기 등의 ICT 가치사슬이 접목되면서, 전반적인 구조와 ‘게임의 법칙’ 변화가 발생하고 있음
- 먼저 소비자 영역은 종래 환자 중심에서 비환자 영역까지 확대되어 서비스 대상자가 큰 폭으로 확대되며, 소비자는 일방적인 정보 수요자의 역할에서 벗어나 자신의 진료기록, 생체정보, 건강관리기록 등의 정보 제공자의 역할도 갖게 됨
- 독점적 정보 제공자였던 의사도 ICT solution 제공자를 통해 다른 분야 혹은 확대된 진료·건강관리 정보를 획득하는 정보 수요자로서의 역할을 갖게 됨
- 또한 기존 의료서비스에서는 치료 중심이었기 때문에 의사를 통해서만 재화와 서비스를 공급할 수 있었던 의료기와 제약 관련 기업들도 ICT 업체와 직접 정보를 주고받을 수

67) 노벨경제학상을 수상한 케네스 애로우(Kenneth J. Arrow)는 의료서비스가 갖고 있는 극단적 정보 비대칭성이 시장 참여 주체의 모럴 해저드를 발생시키며, 이로 인해 정상적인 수요-공급 관계가 이루어지지 않아 시장실패 가능성이 높다고 주장하였다.

- 있으며, ICT 업체를 통해 비환자인 소비자에게 공급할 수 있는 채널을 구축할 수 있음
- 결론적으로 기존 의료서비스의 독점적 정보 비대칭성이 와해되어 새로운 비즈니스 모델들이 출현할 수 있는 환경이 조성되고, 이로 인해 의료융합 서비스에 참여하고 있는 각 주체들의 역할이 재조정됨('게임의 법칙'의 변화)



<그림 II -45> 의료융합 서비스(u-healthcare)의 공급가치사슬 구조

□ 공급가치사슬 구조 변화의 특징 및 영향

○ 기존 의료서비스의 비즈니스 모델 변화

- 일방향적 정보전달에 의한 가치창출이 기본 비즈니스 모델이었다면, 정보 공급자와 수요자의 역할이 쌍방향적으로 변화되고, 정보 자체의 내용도 치료정보 (medical record)에서 건강정보(healthcare record)로 확대되며, 소비자의 생애정보(life record)와 결합될 때 더 큰 영향력을 발휘하게 됨
- 제공되는 정보를 생산·관리·유통·확산하는 단계에서 ICT를 활용한 정보전달 수단과 시스템이 결합됨으로써 다양한 가치창출이 발생하게 됨
- 특히 수요자 입장에서는 정보 제공자가 다원화됨으로써 선택권이 확대되며, 치료 이전에 예방과 관리를 받을 수 있어 궁극적으로 질병에 대한 위험과 비용을 줄일 수 있음

○ 신규 비즈니스 모델의 출현

- 기존 의료서비스가 병원을 중심으로 하는 국부적인 비즈니스 모델들이 생성·발전하였다면, 의료융합 서비스에서는 병원 이외의 주체들에 의한 다양한 신규 비즈니스 모델들이 출현될 수 있음
- 가장 먼저 서비스 대상자들로부터 생체·건강 관련 정보⁶⁸⁾를 취득하기 위한 센서와 단말기 등 하드웨어의 수요가 발생하며, 병원 내부와 외부 양쪽에서 이를 활용하는 비즈니스 모델이 생성됨

68) 현재는 주로 체온, 심박, 혈당, 혈압, 체성분 등과 같은 기초적 생체정보 수집에 머물러 있지만, 체외 진단 기기의 발달로 앞으로는 더욱 다양한 정보 취득이 가능해 질 것이다.

- 다양한 생체·건강 정보를 해석하고 가공하는 각종 SW와 플랫폼의 개발이 뒤따르고, 특히 Big Data 처리와 관련한 새로운 비즈니스 모델은 글로벌 선도기업들에 의해 현재 진행 중임
- 특정 질환을 대상으로 한 치료가 아니라, 환자 혹은 비환자의 전반적인 건강상태와 경제적 여건을 고려한 맞춤형 치료가 새로운 비즈니스 모델로 제시될 가능성이 높음

○ 전환 과정에서의 제도 변화 요구 증대

- 기존 의료서비스에서의 의료정보의 거래나 전송 등은 의료법 등 기존 제도 내에서 규정되어 운영되고 있으나, 의료융합 서비스에서는 정보 거래의 내용 및 형식이 근본적으로 바뀔에 따라 기존 제도와 충돌이 예상됨⁶⁹⁾
- 원격진료나 의료정보 혹은 나아가 생체·건강 정보의 제공범위를 어디까지 허용할 것인지와 이와 관련된 정보의 보안성도 중요한 이슈로 부각되고 있음
- 또한 현행 의료서비스는 국민의료보험체계 내에서 정부관리 하에 수행되고 있지만, 치료 이외의 건강관리 분야가 국민의료보험체제로 편입 가능한지에 대한 논란이 제기될 수 있음
- 의료융합 서비스 관련 다양한 비즈니스 모델들에 대한 비용지불 방식에 있어서도 정부, 소비자, 기업 등 어느 주체가 얼마만큼의 비용을 부담해야 하는 지도 문제임
- 제공되는 서비스에 대해 국민의료보험공단이 지불해야 하는 수가도 기존 체계와의 차별성 및 형평성을 어떻게 조정할 것인지도 또 다른 문제임

69) 대표적인 사례로 몇 년전 출시된 당뇨폰을 들 수 있다. 휴대폰에 삽입된 칩으로 환자가 자가 당뇨측정을 하고 이를 의사에게 전송할 수 있는 혁신적인 기기로 평가받았으나, 의료법 상 환자와 의사 간 의료정보 교환은 불법이기 때문에 허가를 받지 못했다.

(3) 관련 기술개발 및 정부사업 현황

□ 의료융합(u-healthcare) 관련 기술의 유형

- 미국 SANDIA 연구소가 1999년에 발표한 의료융합(u-healthcare) 서비스 구현에 필요한 핵심기술은 이하의 표에 나타난 것과 같음
 - 당시로서도 적시된 모든 기술은 현재 기술수준으로서도 구현이 가능하지만, 보다 사용자 친화적으로 서비스가 구현되기 위해서는 편의성이 증진될 필요성이 있다고 보고함

〈표 II -48〉 의료융합(u-healthcare)에 기여하는 기술분류 체계

분류기술	기술(Technology)
Medical sensor & device	<ul style="list-style-type: none"> - Wearable devices with integrated sensors, comm, and processing - Smart, Self-aware sensors / Low-power sensors - Remote, no -contact sensors / Self-calibrating sensors - Non-invasive, light-weight sensors for continuous data acquisition - Battery technology / Small Sensors / Light-based sensors
Communications	<ul style="list-style-type: none"> - Home-based repeater networks (Gateway) - Body LANs that unite autonomous sensors and wearable devices - Low-power telemetry technology / High-bandwidth infrastructure - Data/voice synchronization technology - Fast, effective compression/decompression algorithms and chips - Patient locator technology / Body LANs that unite autonomous sensors and wearable device
Processing	<ul style="list-style-type: none"> - Automated diagnosis algorithms - On-chip / on-device decision support tools - Trend data analysis tools - Information reduction and interpretation tool to avoid physician information overload - Advanced bio-signal filtering (e.g., signal extraction) and waveform analysis tools - New Health/Wellness Indexes
Patient Records	<ul style="list-style-type: none"> - Distributed electronic patient record (EPR) repositories - Wearable/Portable device for storing EPR information - EPR software in the home - Portable device for storing personal EMR information - Data mining and search engines
Security & Standards	<ul style="list-style-type: none"> - Owner-aware sensors : New biometric algorithms - Health database with role-based permissions - Information architectures - Storages, Messaging & Clinical Documentation (HL7) - Security (HIPAA*) - Medical Device Description (IEEE 1073)
User Interface	<ul style="list-style-type: none"> - Voice Recognition/Synthesis - User friendly interactive interface / Schedule Management

자료 : 한국보건사회연구원(2011), u-healthcare 현황과 정책과제

- 의료융합 서비스 구현을 위해 필요한 기술유형은 다음과 같음
 - 센서 및 단말기 기술 : 센서가 부착된 착용기기, 스마트 센서, 통신용 경량센서, 배터리 기술 등
 - 통신기술 : gateway 기술, 저전력 계측기술, 음성인식기술, 통신정보 알고리즘화 기술

등

- 정보처리기술 : 자동진단 알고리즘, 데이터 분석처리 기술, 생체신호처리 기술 등
- 환자기록 처리기술 : 전자 환자기록처리 기술, 착용형 정보처리 기술, 데이터 마이닝 및 검색기술 등
- 보안 및 표준화 기술 : 정보접근권한 부여 기술, 보안기술, 정보표준화 기술 등
- 사용자 편의기술(user interface) : 음성인식 및 합성기술, 사용자 친화형 상호작용 기술, 스케줄 관리 기술 등

□ 의료융합(u-healthcare) 관련 기술개발을 위한 정부 R&D 사업 현황

- 의료융합 관련 기술개발은 미래부와 산업부가 주도하고 있으며, 미래부는 주로 기초·원천 기술 개발 위주로, 산업부는 기기·장비 개발 위주로 진행
 - 미래부의 대표적 관련 사업으로는 공공복지안전연구사업, 바이오·의료기술개발사업, 미래 유망융합기술파이오니어사업 등이 있으며, 타 사업 내 세부과제에도 원격의료와 건강관리 서비스와 관련된 과제들이 다수 포함되어 있음
 - 산업부의 대표적 사업으로는 핵심의료기기제품화 및 인증평가기술개발사업, 글로벌전문 기술개발사업, 신성장동력장비경쟁력 강화사업 등이 있으며, 대부분 첨단 의료기기 개발에 초점이 맞춰져 있음
- 의료융합 관련 기술개발과 관련한 정확한 통계는 집계되고 있지 않지만, 주로 진단기기, 치료기기, 센서기기 및 고령·재활기기 개발에 집중되어 있음
 - 진단·치료·센서 기기 관련 과제들은 현재 사용되고 있는 장비의 업그레이드나 새로운 성능을 갖는 첨단제품 및 첨단기술을 개발하는 것으로 구성되어 있음
 - 대부분의 사업 및 과제가 기술개발에 초점을 두고 있어, 기술의 최종수요자에게 전달되는 서비스와 연계되어 있지 않으며, 지자체가 주도하는 시범사업과도 연계되지 못하고 있음

〈표 II -49〉 의료융합(u-healthcare) 관련 주요 R&D 사업 현황

개발분야	사업명	기간	총 예산
진단기기	차세대 의료용 영상진단기기 기술개발 등 7건	2005~2014	269억원
치료기기	강력집속 초음파를 이용한 암치료장비 개발 등 3건	2007~2012	124억원
센서기기	마이크로-나노 생체지표 측정센서 개발 등 3건	2007~2012	161억원

자료: 임팩트, 2012 스마트케어, U헬스케어 서비스 실태와 참여업체 동향(2012)

□ 의료융합(u-healthcare) 관련 시범사업 현황

<표 II -5> 의료융합(u-healthcare) 시범사업 현황(현재 진행 중)

NO	지역	서비스명	주관기관	추진년도	서비스유형
1	강원	만성질환 원격관리 시스템	강원도청	2007	원격진료
2	경상	원격영상 진료서비스	경상북도청	2009	원격진료
3	전라	예방적 건강관리서비스	전라남도청	2010	건강관리
4	충청	usn기반 원격건강 모니터링시스템	충청남도청	2009	원격진료
5	경상	웨어러블 컴퓨팅 기반의 u-Health	대구시청	2006	원격모니터링, 건강관리
6	충청	지역사회 서비스 투자 사업	대전시청	2010	건강관리
7	경상	방문간호 u-Health 사업	부산시청	2009	건강관리
8	서울	2010 서울 u-Healthcare	서울시청	2010	원격진료, 건강관리
9	충청	원격건강관리서비스	서산시청	2010	원격모니터링, 원격진료, 원격방문간호, 건강관리
10	경기	u-방문간호 및 건강포털 구축사업	성남시청	2010	건강관리
11	경기	u-Health 시스템을 이용한 지역주민 대사증후군 관리	양평군청	2010	건강관리
12	전라	원격헬스케어 버시브	신안군청	2007	원격진료
13	충청	독거노인 응급안전돌봄사업	부여군청	2009	기타 서비스
14	서울	건강관리서비스	강동구청	2010	원격모니터링, 원격진료, 건강관리
15	서울	건강관리서비스	강북구청	2010	건강관리
16	서울	노인종합복지관과 보건소 치매센터 간 원격치매상담	강서구청	2010	원격모니터링, 원격진료
17	서울	DrUB	구로구청	2009	원격진료, 건강관리
18	서울	건강관리서비스	송파구청	2010	건강관리
19	서울	원격 화상 진료사업	강남구보건소	2003	원격진료
20	서울	u-Health 마을건강센터	마포구보건소	2009	건강관리
21	전라	화상원격진료	전남 고흥군보건소	2006	원격진료
22	제주	원격화상시스템(응급의료)구축	제주소방본부	2009	기타 서비스
23	경기	u-만성질환관리시스템	화성시보건소	2010	원격모니터링, 원격방문관리, 건강관리
24	기타	원격응급의료서비스	해양경찰청	2010	원격응급의료
25	기타	남극세종기지대원 u-Health케어 사업	고대안암병원	2008	기타 서비스
26	기타	심전도 원격판독 서비스 원격영상의료 서비스	계명대 동산의료원	2007/2008	원격응급의료, 원격모니터링, 원격진료
27	기타	의사결정시스템을 이용한 노인당뇨병 환자의 지능형 u-Health 케어 시스템	분당서울대병원	2009	원격모니터링, 건강관리
28	기타	u-Health 당뇨관리 서비스	서울아산병원	2010	원격모니터링
29	기타	Dreamcare TV	비트컴퓨터	2009	건강관리
30	기타	리본 서비스	유라클	2005	건강관리

주) 5, 12, 21은 서비스 중지기관, 분석에는 포함

- 현재까지 전국적 단위에서의 시범사업 추진은 없으며, 지자체 단위의 시범사업이 추진되었거나 추진 중에 있음
- 의료법 상 제한 때문에 지역 차원에서의 시범사업이 진행되고 있으며, 2007년~2010년 7월 기간 동안 진행된 시범사업은 총 42개임

- 이 중 현재 사업이 진행 중인 것은 27개이며, 나머지 15개 사업은 법적제한, 예산부족⁷⁰⁾ 등의 이유로 시범사업이 중단된 상태임
 - 대부분의 사업이 지자체가 주관하여 지역 내 보건소나 지정병원을 중심으로 서비스를 제공하고 있음
- 의료융합 서비스 제공에 있어 기술적 문제보다는 예산부족과 이해관계자 갈등이 위험요인인 것으로 분석됨
- 제공되는 서비스가 초보적 단계의 영상진료와 건강관리 서비스 제공 수준에 머물고 있어서 첨단기술의 활용이 없기 때문에 기술적 요소는 장애요인으로 부각되지 않음
 - 예산부족과 서비스 참여주체나 지역 내 의사들의 반발로 시범사업이 원활히 진행되지 않은 경우가 있음

<표 II -51> 의료융합(u-healthcare) 시범사업에 활용된 장비

분야	장비(모델명)	측정항목	사용기관
원격의료	당화혈색소 (인포피아 Easy Alc)	당뇨수치 측정	경북도청 등 4개 기관
	전자청진기 (GS 테크놀로지 JABES)	심폐음 측정	강원도청 등 5개 기관
	의료용 광원장치(썬텍 DCS-104T)	의료용 내시경	충남도청 등 2개 기관
	혈압, 혈당, 체지방계(엘바이오 WebDoc-LX361)	혈압, 맥박, 혈당, 체지방계	서울시청 등 3개 기관
	휴대용 PC(삼성 Q1 umpc)	방문간호 시 사용	서울시청 등 3개 기관
건강관리	체성분분석기(TANITA BC501)	체지방량, 기초대사량, 근육량 등	전남도청 등 5개 기관
	체 성분 분석기 (바이오 스페이스 inbody-IHU070B)	체지방량, 기초대사량, 근육량 등	대전시청 등 3개 기관
	혈압계(TANITA BP300)	혈압, 맥박	전남도청 등 5개 기관
	혈압계(AND UA-767PBT)	혈압, 맥박	대전시청 등 2개 기관
	혈당계(Gluco Dr.plus)	혈당	대전시청 등 3개 기관
	3D 신체활동계 (TANITA FB723)	도보량, 소비칼로리	전남도청 등 5개 기관

나. 의료융합 부상의 원인

(1) 거시적 환경변화

의료시스템 전반의 환경 변화

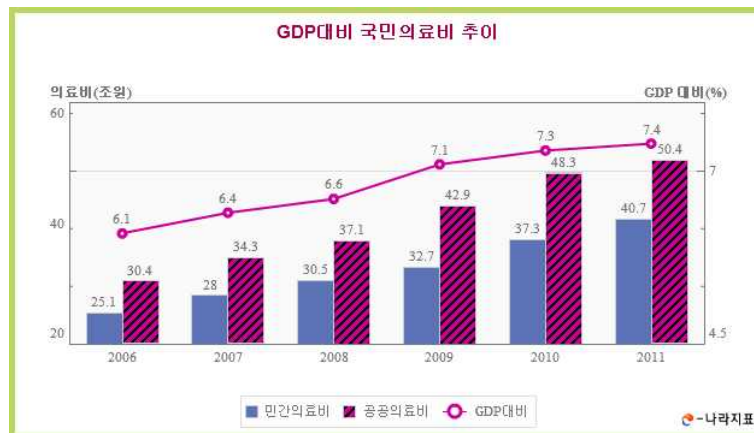
○ 의료서비스의 초점이 치료(cure) 중심에서 관리(care) 중심으로 전환

70) 원격진료 실시를 위한 인프라 구축 비용, 참여인력의 인건비나 사업자체의 운영비 등이 부족한 경우가 많으며, 이는 지자체가 갖는 한계라 할 수 있다.

- 치료 과정에서 환자가 겪는 고통 및 의료서비스에 대한 접근성 등 치료 중심의 의료서비스가 갖는 근본적 한계를 극복하기 위해, 발병 이전 건강관리에 대한 중요성이 강조되고 있음
- 선진국을 비롯한 주요국에서는 인구고령화와 만성질환자의 증가 등으로 인해 정부와 사회가 부담하는 경제적 비용이 지속적으로 증가하는 추이에 있음
- 2010년 기준, OECD 가입국의 GDP 대비 국민의료비 총 지출 비중은 평균 9.5%에 달함 (미국 17.6%, 프랑스 11.6%, 독일 11.6% 등)

○ 우리나라는 빠른 고령화 진전과 이에 따른 사회·경제적 부담의 급증이 더욱 심각한 상황임

- 우리나라의 경우, GDP 대비 국민의료비 총 지출 비중은 2000년 4.5%, 2006년 6.1%, 2008년 6.6%, 2011년 7.4% 등으로 아직까지 OECD 평균보다는 낮으나, 증가속도는 매우 빠른 편임



<그림 II -46> GDP 대비 국민의료비 추이

자료 : e-나라지표

- 더구나 우리나라의 고령화 진전속도는 세계최고 수준으로 2000년에 65세 이상 인구비율이 7% 이상인 고령화사회로 접어들었으며, 2026년에는 고령인구 비중이 20% 이상인 초고령화사회로 진입할 것으로 예상됨
- 고령인구 비중의 증가는 각종 만성질환자의 동반증가를 의미하며, 노동인구가 부담해야 할 의료비가 가파르게 증가하고 이로 인한 사회전반의 활력이 저하됨을 의미함
- 또한 사회적 양극화로 인해 고령층의 소득·자산이 감소하여 각종 의료비용 지불여력이 감소함에 따라 정부가 부담해야 할 경제적비용이 급증할 것으로 예측됨

□ 현행 의료시스템의 구조적 한계 봉착

- 현재 의료시스템은 국가별로 상이한 체계를 가지고 있으나, 기본적으로 정부가 서비스 공급자와 수요자 간 분쟁을 줄이고 위험을 줄이기 위해 개입하고 있는 형태임
 - 현대 의학의 발달과 더불어 각국 정부는 의료시스템 전반을 설계하고 조정하는 역할을 수행하고 있으며, 각종 인·허가 제도를 통해 양질의 서비스와 접근성을 높이고 있음
 - 의료시스템이 갖고 있는 구조적 특징인 ‘정보비대칭성’으로 인한 각종 부작용을 방지하고, 국민건강을 증진시키기 위해 각국의 환경에 맞는 의료시스템을 발전시켜 옴
 - 각국의 의료시스템은 정부의 개입 정도와 방법에 따라 분류가능하며, 미국은 정부 개입이 최소화된 경우로 분류됨
 - 각국의 의료시스템은 의료보험체계의 형태와 정부 개입 정도에 따라 다음과 같은 유형으로 개략적인 분류가 가능하며, 각각의 특징은 아래 <표 II 52>에 정리함

<표 II -52> 의료시스템의 유형별 특징

유형	해당 국가	의료보험체계	특징
시장주도형	미국	민간 의료보험 위주	높은 서비스 수준 의료접근성 취약
절충형	유럽	국가 의료보험 + 민간 의료보험	예방 위주의 서비스(주치의 제도) 서비스 질 저하 우려
사회주의형	사회주의 국가	국가 의료보험 체계	정부의 통제·관리 서비스 수준의 하향 평준화

- 우리나라의 의료시스템은 ‘국민건강보험체계’를 중심으로 구축되어 있으며, 세계에서 가장 선진화된 시스템이라는 평가에도 불구하고 현재 구조적 모순점이 나타나고 있음
 - 의료서비스 공급자인 의사는 저가 수가에 대한 불만과 의료사고에 대한 부담을 크게 느끼고 있으며, 정부의 일방적인 정책결정에도 큰 우려를 나타내고 있음
 - 의료서비스 수요자인 환자는 긴 대기 시간 대비 짧은 진료 시간 등 의료서비스 질에 대한 불만과 더불어, 의료서비스 자체가 공급자 위주로 제공되는 것에 대해 많은 불편을 느끼고 있음
 - 정부는 의료보험 재정적자가 누적⁷¹⁾되어 재정적 부담을 느끼고 있으며, 잦은 의료파업과 국민의 의료정책에 대한 불만 등으로 인한 의료시스템 관리에 어려움을 겪고 있음

□ 정부의 정책적 관심 고조와 반발

- 정부는 의료산업을 신성장동력으로 간주하여 정책적으로 육성시키려 하고 있음
 - 의료산업은 제조업 대비 부가가치 창출 정도가 3배 이상이며, 1.8배나 높은 산업파급효

71) 2010년 기준 건강보험 재정적자는 1조 3000억원 적자였지만, 2011년~2013년은 연속 3년 흑자를 기록하였다. 이는 재정적자를 우려한 정부가 보험료 수입을 늘린 반면, 의료급여비 지출은 줄였기 때문이다. 하지만, 장기적으로 건강보험 재정적자는 고령화에 따라 크게 늘어 2040년 경에는 수십 조에 이를 것으로 많은 전문가들이 예측하고 있다.

과를 갖고 있음

- 또한 의료산업이 1조원 성장할 때 2.5만개의 일자리가 창출될 수 있어, 고용이 중요한 정부 입장에서는 매우 매력적인 산업임
- ICT 인프라가 발달되어 있고, 국내 의료계의 높은 서비스 수준을 감안할 때 이를 연계 시킬 경우 새로운 성장동력 창출이 가능할 것으로 예측됨
- 이에 따라 정부는 의료기기 클러스터 육성, 바이오단지 조성, 첨단의료복합단지 지정, 경제자유구역 내 영리병원 허용 등 의료산업 육성을 위한 다각도의 노력을 전개하고 있음

○ 정부의 이러한 정책적 접근에 대해 많은 비판이 제기되고 있음

- 정부의 의료산업 육성 추진에 대해 의료계와 시민단체 등에서 국민의료보험체계의 부실화 등을 이유로 많은 비판을 제기하고 있음
- 특히 현재 의료산업이 양극화되어 있는 상황에서 산업육성을 위한 지원이 일부 주체에 국한될 경우, 국민의료보험체계가 붕괴될 수 있음을 지적하고 있음
- 공적 서비스 성격이 강한 의료서비스에 민간 영리 목적이 추가될 경우, 미국처럼 의료접근성이 저하될 것이라는 우려가 많음

(2) 소비자 수요변화

□ 의료서비스의 질적 수준 제고 및 범위 확대 요구

- 소비자가 환자 중심에서 비환자까지 확대됨에 따라 치료 위주의 단순 진료에서 삶의 질 수준을 제고하는 서비스까지 수요 범위가 확대됨
- 역사적으로 살펴보면, 공중보건시대에는 전염병 예방과 의사에 대한 접근성 강화 등이 주요 수요였다면, 20세기에는 체계화된 의료서비스에 의해 질병 치료가 주요 수요였음
- 향후에는 치료보다는 예방 및 건강관리를 통해 고통스러운 치료과정을 줄이고 개인의 복지향상을 위해 스포츠, 엔터테인먼트 등 다른 서비스와의 연계를 통한 서비스 범주 확대 요구가 증가할 것임

〈표 II -53〉 헬스케어 패러다임의 시대 구분

구분	공중보건의 시대	질병치료의 시대	건강수명의 시대
시 대	18~20세기 초	20세기 초~말	21세기 이후
대표적 기술혁신	인두접종 개발	페니실린 발견	인간 지놈 프로젝트
목 적	전염병의 예방과 확산 방지	질병의 치료·치유	질병 예방 및 관리를 통해 건강강한 삶 영위
주요지표	전염병 사망률	기대수명, 중대질병 사망률	건강수명, 의료비 절감
공급자	국 가	제약·의료기기, 회사	기존 공급자+IT, 전자, 건설, 자동차 회사 등
수요자	국 민	환자	환자+정상인
헬스케어 산업의 주요 변화	<ul style="list-style-type: none"> • 예방 접종, 상하수도 보급 • 청진기, 엑스레이 발명 • 의사 양성체제 확립 	<ul style="list-style-type: none"> • 제약/기기/병원 산업화 • 신약 및 치료법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 유전자 조기 진단 • 맞춤 치료제 등장 • 유헬스의 보급

자료: 삼성경제연구소(2012), “헬스케어 3.0 건강수명 시대의 도래”

- 단순한 비용절감 차원을 벗어나 선택권 확대, 대기시간 단축 등 서비스 자체의 질적 수준 제고 요구가 증가
 - 현재 국민들은 국민의료보험체계에 의해 주요국 대비 저렴한 비용과 높은 의료접근성을 누리고 있으나, 점차 비용 이외의 서비스 수준 제고를 요구하고 있음
 - 공급자 중심의 의료서비스보다는 소비자가 원하는 의료서비스를 선택할 수 있고, 특히 대형병원에서의 짧은 진료시간 대비 오랜 대기시간 등 경제적 비용 이외의 질적부분에 대한 수요가 높아지고 있음

- 복지 관점에서의 의료서비스 확대 요구

- 의료서비스에 대한 인식이 거래 관점에서 복지 관점으로 전환
 - 의료서비스를 시장에서 거래되는 서비스로 인식하기 보다는 국민의 기본권 차원에서 인식하는 경향이 강해졌으며, 기본권 강화 측면에서 서비스 제공 수준과 범위 확대를 요구하고 있음
 - 이에 따라 보편적 권리로서의 의료서비스와 더불어 나아가 국민 건강관리 증진 차원에서 정부 및 지자체에서 기본적으로 다양하고 편리한 서비스를 제공해야 한다는 인식이 강화 됨

- 소외계층 및 만성·응급 환자에 대한 복지 차원의 서비스 확대 요구
 - 고령층, 섬 및 오지 주민, 이주 노동자 등 의료접근성이 취약한 계층에 대해서도 국가가 일정 수준 이상의 의료서비스를 보장해야 한다는 공감대가 형성
 - 만성·응급 환자 및 장애인에 대해서도 의료적 치료행위와 더불어 인간존엄성을 지킬 수 있는 적절한 수준의 사회적 관리 서비스를 제공할 것을 요구하고 있음

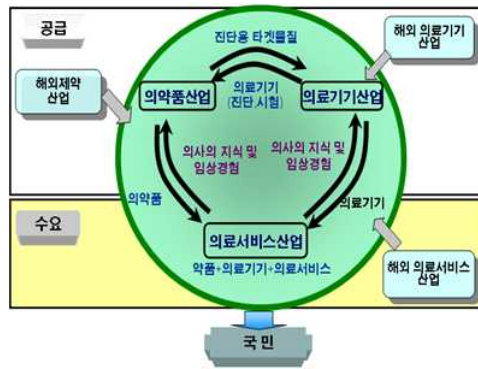
□ 정보통신기술 활용에 대한 기대감 고조

- ICT 관련 제품과 서비스에 대한 활용 경험을 바탕으로 의료융합 서비스에 대한 기대감이 높아지고 있음
 - 현재 일부 계층을 제외한 대다수 의료서비스 수요자들은 각종 ICT 기기 및 서비스에 대한 사용 경험(UX: user experience)을 바탕으로, ICT가 융합된 의료서비스에 대한 기대감이 높은 상황임
 - 또한 의료정보의 개방 및 호환을 통한 서비스 수요자의 정보 접근성 강화와 정보 활용에 대한 수요가 높아지고 있으며, ICT 서비스의 편의성과 만족감을 의료융합 서비스에 대해서도 기대하고 있음
- 수요자가 스스로 질병 예방과 건강관리를 할 수 있는 제품 및 서비스에 대한 기대감도 커지고 있음
 - 각종 스포츠, 건강관리, 엔터테인먼트 등과 건강관리 서비스가 결합된 형태의 서비스에 대한 수요가 높아지고 있으며, 최근에는 스마트폰 앱을 통한 서비스가 상용화되면서 이에 대한 기대감이 높아지고 있음
 - 또한 질병 예방과 건강관리를 자발적으로 수행하는 것에 대한 편의성과 더불어 비용절감적인 측면에서도 선호하는 경향이 나타나고 있음

(3) 신규 혁신원천의 등장 및 융합

□ 의료서비스의 혁신원천

- 의료산업의 생태계 구조적인 측면에서 살펴보면, 의료산업의 혁신원천은 크게 의약품, 의료기기, 의료서비스 등으로 나눌 수 있음
 - 의료산업 생태계 내에서 의약품과 의료기기는 의료서비스에 필요한 물질적 재화를 공급하는 역할을 담당하고 있으며, 현대의학은 이들의 혁신에 의해 급격한 발전을 거듭해 왔음
 - 또한 주로 의사에 의해 공급되는 의료서비스는 역사적으로 오랜 기간의 임상경험에 의해 체득된 것으로, 새로운 의약품 및 의료기기의 활용을 검증하는 역할도 동시에 갖고 있음



<그림 II-47> 의료산업 생태계 모형

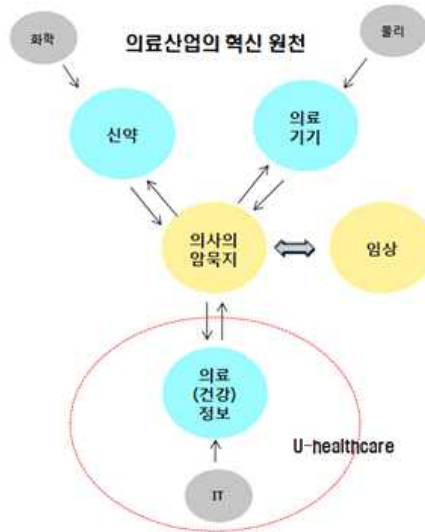
자료: 최윤희 외 (2006), '첨단의료복합단지 조성을 위한 추진모형설정 및 기본계획 수립 연구결과', 산업연구원

- 의료산업 생태계 내에서 의료서비스 부문은 공급자와 수요자 역할을 동시에 갖고 있으며, 최종적으로 소비자에게 각종 재화와 서비스를 독점적으로 공급하는 역할을 수행하고 있음
 - 현대의학이 이전 의학과 구분되는 가장 큰 특징 중 하나는, 임상이 과학적으로 체계화된 것으로, 새로운 의약품과 의료기기도 임상을 통한 검증이 없으면 소비자에게 전달되지 못함
 - 이는 무분별한 의약품과 의료기기 공급이 갖는 부작용이 개인의 생명뿐만 아니라 경제·사회적으로 큰 손실을 가져오기 때문에 정부가 주도하여 의료시스템을 정착시킨 결과임

□ 신규 혁신원천의 부상 : 의료 및 건강 정보

- 의료정보 및 건강정보가 신규 혁신원천으로 부상함
 - 산업구조 변화 원인 중 하나는 새로운 혁신원천의 등장으로 새로운 가치창출은 물론, 기존 재화와 서비스의 전달구조와 수익창출에도 영향을 미침
 - 의료 및 건강정보는 그 자체로도 의사의 암묵지 축적⁷²⁾과 활용에 큰 영향을 줄 수 있지만, 이와는 별도로 독립적으로 활용될 수 있는 특징을 가짐
 - 이는 의료서비스의 본질이 정보 비대칭성의 거래에 기인하고 있기 때문이며, 다양한 채널을 통해 수집된 의료·건강 정보는 막대한 경제적 가치를 갖고 있음

72) 현재 병원 내에서 진행되고 있는 전자의료정보(EMR; Electronic Medical Record)시스템 구축으로 인해 의사 업무 수행의 효율성이 높아졌을 뿐만 아니라, 병원 내 자원의 효율적 활용성도 제고되었다.



<그림 II-48> 의료산업의 신규 혁신원천으로서의 의료·건강 정보

- 의료·건강정보가 더 큰 가치를 갖기 위해서는 의사의 암묵지와 상호작용과 정보보안이 필수적임
 - 의료정보의 경우, 소비자에게 전달되는 정보는 높은 수준의 신뢰성을 요구하는데, 이를 위해서는 의사의 암묵지와 결합과 체계적인 검증과정이 동반되어야 함
 - 의료·건강정보가 그 자체로 거래되는 것은 새로운 비즈니스 모델의 출현을 의미하지만, 무분별한 정보 확산은 오히려 더 큰 피해를 초래할 수 있음
 - 개인 의료·건강정보의 유출은 정부가 관리하는 국가의료보험체계의 근간을 취약하게 만들 가능성이 높고, 개인의 사생활 침해 및 범죄에의 악용 등 부작용이 발생할 개연성이 높음

다. 사회-기술 시스템 관점에서의 의료융합 현황

(1) 기술-제도 충돌

□ 원격진료의 주체, 범위 및 책임소재

- 의료융합의 대표적 서비스인 원격진료와 관련하여 관련 기술은 개발된 상황이나, 기존 제도와의 충돌로 시행되고 있지 못함
 - 현재 의료융합의 대표적 서비스인 원격진료와 관련하여 정부는 2002년 의료법 개정을 통해 합법적 운영 기반을 구축하였으나, 세부 조항에서는 본격적인 서비스를 제한하는 요소가 남아있는 상황임
 - 수차례 의료법 개정을 통한 원격진료의 본격적 시행을 시도하고 있지만, 의료계와 시민단체의 강력한 반발이 진행 중에 있으며, 이로 인해 국회통과 여부가 불확실한 상황
 - 의료법 제34조에서는 의료정보 교환을 의사와 의사간에만 허용하고 있어 환자와 의사간 정보 교환은 불법임⁷³⁾(당뇨폰, nike-pod 등이 국내에서 허용되고 있지 않은 이유임)
 - 의료법 제29조에서는 원격진료를 위한 독립적 시설공간을 의무화하고 있어 방문진료 시 원격의료기기의 활용이나 응급이송환자에 대한 원격진료를 원천적으로 제한
 - 이러한 법률적 제한요건 때문에, 보건복지부와 지자체가 시행하는 시범사업에서는 아주 기초적인 원격진료만 시행중

- 일반적인 건강증진, 예방·관리 활동에 있어 ICT를 융합한 서비스에 대해 비의료인의 참여와 활동이 제한
 - 의료법 제27조에 의하면, 일반적인 건강관리나 예방 등에 있어서도 비의료인의 참여를 포괄적으로 제한하고 있음
 - 치료 목적 이외의 서비스에 대해서도 포괄적 제한조치는 관련 서비스 비즈니스 모델의 생존을 어렵게 만들고 있으며, 의료인 채용에 따른 추가 비용이 발생하게 만들

- 원격진료 시 발생하는 의료사고에 대한 책임 문제와 의료보험수가 문제가 의료인의 참여를 어렵게 만들고 있음
 - 의료법 제34조는 원격진료 시 의료기기의 오작동이나 오진에 의해 발생하는 의료사고의 책임을 전적으로 의료기관이나 담당의사에게 부가하고 있음
 - 국민건강보험법 제4조에서는 원격의료와 관련한 의료수가에 대해 별도의 규정을 두고 있지 않아 '동일질환-동일수가'원칙이 그대로 적용되어, 의료인이 부담이 큰 원격진료에 참

73) 미국, 일본, 호주 등은 의료정보 교환의 폭을 우리나라보다 비교적 폭넓게 허용하고 있으며, 이를 보완하기 위한 부분 면허제도 등을 도입·시행하고 있다.

여할 유인(motivation)이 적음⁷⁴⁾

○ 원격진료에 연계된 의약품 처방 및 판매에 대한 제한

- 약사법 제44조에서는 처방 조제약에 대해 원격 조제·판매·배송 등을 원칙적으로 제한하고 있어, 원격진료 이후 투약을 어렵게 만들어 원격진료의 효용성을 저하
- 미국 등 선진국에서는 만성질환자의 반복적 투약에 대해서 원격처방이 가능하도록 허용하고 있는데 비해, 우리나라는 반복 투약에 대해서도 병원 진료 및 처방을 일일이 받아야 하는 상황

□ 의료정보의 활용 및 시스템화

○ 현행 의료법 상 유·무선 통신을 통한 의료정보의 유통은 제한적임

- 의료법 제20조에 의하면, 의료정보의 유통은 인편 혹은 마이크로필름, 광디스크 등과 같은 실물이 있는 기록매체에 한정하고 있어, 유무선통신을 통한 정보활용이 원천적으로 차단되어 있음
- 의료법 제21조에 의해, 오프라인 상에서 제3자에 의한 대리열람은 가능하도록 되어 있으나, 유무선통신을 통한 본인 열람은 원천적으로 차단되어 있음
- 우리나라는 세계에서 가장 발달한 ICT 인프라를 보유하고 있음에도 불구하고, 타병원이나 상급병원으로 진료기록을 가져갈 때 추가적인 비용과 노력이 소모됨

○ 환자 의료정보의 클라우딩(clouding) 서비스 활용 시 제반 문제가 제기되고 있음

- 의료법 제23조에 따라, 의료정보 중 전자의무기록(EMR; Electronic Medical Record)은 반드시 병원 내에 두도록 하고 있어, 무선통신을 활용한 클라우딩(clouding) 서비스는 원천적으로 불가능함
- 현재 국내외에서 의료정보화가 급진전됨에 따라 의료정보시스템에 대한 의존도가 증가하고 있지만, 의료·건강 정보의 보호·보안·교류·활용 등에 대한 세부적 내용이 법적으로 규정되어 있지 않은 상황임

□ 의료정보의 저작권 및 공공성

○ 환자 의료정보의 소유권 및 활용권에 대한 명확한 법적 근거가 없음

- 환자 개인의 의료정보의 소유권과 활용권에 대해 명확한 법적 근거가 없는 상황이며, 의사의 진료나 의료기기 활용 등에 의해 부가된 2차 가공정보에 대해서도 명확한 법적 근

74) 국내 의료진의 평균 대면진료 시간은 3분 안팎인데 비해 시범사업에서 원격진료에 소요되는 시간은 평균 30분 정도로, 현행 의료수가체계에 따르면 의사가 받을 수 있는 소득은 10%에 불과하다.

거가 없음

- 2차 가공정보의 소유·활용권이 환자개인, 보호자, 1·2차기록 생성자 중 누구에게 있는가에 대해 향후 법적 공방이 있을 개연성이 높음

○ 개인 의료정보의 공익적 목적에의 활용에 대한 제도적 기반이 부실함

- 현재 국민의료보험공단이 수집하고 있는 개인 의료정보기록도 큰 가치가 있지만, 개인의 인적사항과 신체·건강정보가 결합된 2차 정보는 Big Data로 의학 및 의료산업 발전에 있어 더욱 큰 가치를 갖게 됨
- 이러한 Big Data에 대한 접근 및 활용 권한을 누구에게 어디까지 줄 것인지에 대한 명확한 가이드라인이 없어, 향후 마찰이 예상됨
- 또한 개인 사생활 침해 논란과 더불어 개인 의료정보 유출의 피해에 대한 처벌 및 보상 체계가 현재까지 불명확한 상황임

□ 의료융합(u-healthcare) 제품에 대한 제한

○ 의료기기의 범위가 포괄적이어서 융합제품의 시장 진입을 저해

- 의료기기법 제2조와 제6조 등에서 의료기기의 범위가 매우 포괄적으로 되어 있어, 단순 건강관리·예방용 기기에 대해서도 엄격한 제조허가 및 승인이 필요함
- 예를 들어 무선 심박계, 무선 당뇨측정기, u-healthwear 등 건강관리에 가까운 제품도 엄격한 임상시험을 통과해야 하기 때문에, 영세한 중소기업이 시장진입에 어려움을 겪고 있음

○ 의료기기와 건강관리기기와 차별성 및 신뢰성 문제가 부각

- 의료기기법 제15조와 제16조에서는 의료기기의 유통, 수리는 별도의 요건을 갖춰 신고해야 하기 때문에, ICT 융합제품의 경우 통신상의 문제가 발생해도 일반 통신유통망이나 A/S망의 활용이 불가능함
- 또한 유사한 기능을 갖춘 기기가 의료진과 일반인에 의해 각각 사용될 경우, 법적용을 어떻게 달리하고, 제품의 신뢰성을 확보할 것인가도 중요한 문제로 부각되고 있음

<표 II -54> 의료융합 관련 의료법

분야	관련법령	주요 내용
원격 진료/ 원격처방	의료법 제34조	• 의사/의사 간 원격진료 만 허용, 의사/환자 간 불허 • 원격의료 사고에 대한 보장보험 미비와 의료진 오진이나 의료기기 오작동에 대한 책임이 의료기관이나 현지의사에게 전적으로 부가되어 의료진/의료기관이 거부감이 큼
	의료법 시행규칙 제29조	• 원격진료를 위한 시설공간 의무화, 방문/이동현장(응급상황)에서의 원격진료 불허
	약사법 제44조	• 처방 조제약에 대한 원격 조제, 판매, 배송 등이 원천적으로 불가
	의료법 제27조	• 비의료인의 일반적 건강관리, 예방 등과 관련한 사업활동에 대한 포괄적 제한
의료/건강 정보 활용	의료법 제23조, 의료법 시행규칙 제16조	• 전자의무기록(EMR; Eletronic Medical Record) 반드시 병원 내에 두도록 하고 있어 ASP(Application Service Provider) 등 서비스 활성화에 제약이 많고 U-clouding서비스는 원천적으로 불가
	의료법 제20조	• 의료정보의 유통은 인편 또는 마이크로필름이나 광디스크 등 기록매체에 의해서만 가능하여 유무선통신에 의한 활용을 제한
	의료법 제21조	• 건강/의료 정보에 대한 보호, 보안, 교류, 활용 등에 대한 내용이 아직 법규로 보장되고 있지 않아 개인 건강/의료 정보에 기반한 서비스 실시가 불투명하고, 오프라인 상의 제3자 대리열람은 인정하나 유무선 통신을 통한 열람은 불허
IT 헬스 융합 의료기기	의료기기법 제2조, 제6조, 의료기기법시행규칙 제24조의 2	• 의료기기의 범위가 폭넓게 정의되어 있어 단순 건강관리, 예방용 기기 등도 엄격한 제조허가 및 승인 필요 • IT융합 헬스기기의 경우에 통신방식의 변경 시에도 제조품목허가를 받거나 신고를 해야 해 추가적인 비용 및 시간 부담 발생
	의료기기법 제15조, 제16조	• 의료기기의 유통, 수리는 별도의 요건을 갖춰 신고하도록 되어 있어, IT 헬스 융합제품의 경우 일반 통신유통망이나 A/S망 활용이 불가능
의료보험 체계	국민건강보험법 제4조	• 국민건강보험, 손해보험 등 각종 의료보험에서 원격진료 행위에 대해 수가 인정되지 않아 수비자 부담이 증가되고 관련 서비스 활성화가 저해

자료: 국가법령정보센터의 각 법률 조항 중 U-healthcare 관련 조항을 정리 분석한 것임

(2) 제도-주체 갈등

□ 의료계

- 원격진료 허용과 관련한 의료법 개정에 대해 의료계는 대부분 반발하고 있으나, 주체 간 상당한 이견이 존재
 - 의사들의 최대 조직인 대한의사협회(의협)는 원격진료의 안전성, 책임문제, 중소병원의 경영난 등의 이유를 들어 강력하게 반대하고 있음
 - 전국총의사협의회, 개원의협의회 등 각종 의사단체들은 원격진료가 시기상조고 산업자본이 경영을 지배하게 되어 국가의료보험체계가 붕괴할 가능성이 높다는 이유로 역시 반대의견을 내고 있음
 - 대형병원들은 원격진료 도입에 적극적으로 임하고 있는데, 이는 ICT 인프라가 잘 구축되고 다양한 서비스를 제공할 여건이 되는 이들 병원이 관련 시장에서 주도권을 확보할 가능성이 높기 때문

- 원격진료 등 의료융합 서비스에 대한 필요성은 인정하나, 새로운 제도 도입 이전에 인프라 구축 및 지원제도 보완이 선결되어야 함을 주장
 - 원격진료 도입 반대에 있는 의료계는 의료융합 서비스 자체의 필요성은 인정하고 있으나, 무리한 도입 시 중소병원의 도산, 무분별한 영리행위 추구, 원격진료 자체의 불안정성 등을 이유로 반대하고 있음
 - 특히 원격진료 시행에 앞서 전국적 차원에서의 시범사업 시행과 의료보험수가 문제, 책임소재 문제 등을 선결할 것을 주문하고 있음

□ 산업계

- ICT 관련 업체는 의료법 개정을 가장 강력하게 요구하고 있으나, 의료계의 반발로 다른 대안을 모색 중
 - 원격진료 관련 비즈니스 모델 개발을 주도해 온 ICT 업체는 원격진료 허용을 가장 강력하게 요구하였지만, 의료계 반발로 난항을 겪자 관련 사업을 포기하거나 해외시장 공략 등 다른 대안을 모색 중임
 - 특히 이들 선도 ICT 업체들은 의료계의 의견을 수용하기 위해 국내 주요 대형병원과 합작법인을 설립하여 본격적 시장진입에 대비하고 있으며, 일부 기업은 중동국가로의 진출을 모색하고 있음
- 의료기기 및 건강관리기기 업체는 자사의 이해관계에 따라 다른 반응을 보임
 - 기존 의료기기 및 건강관리기기 업체는 시장에서 확보된 지위를 충분히 활용하기 위해 ICT 의료융합 제품의 출시를 반대하고 있는 입장임
 - 신규로 ICT 의료융합 제품을 개발하고 있는 업체는 관련 의료법 및 의료기기법 개정과 법적요건 완화를 강력하게 요구하고 있음

□ 일반시민 및 시민단체

- 일반시민은 의료융합 서비스에 대한 기대감이 높고 원격진료 등의 전반적 확대를 요구하고 있음
 - 일반시민들은 원격진료 도입에 대해 기본적으로 찬성하는 비중이 높지만, 안전성과 보안성 유지를 전제로 확대해 나가는 것을 바라고 있음
 - 2011년 산업연구원의 조사⁷⁵⁾에 따르면, 응답자의 61.2%가 원격진료 허용에 찬성하였으며, 서비스 분야를 만성질환에서 일반질환으로 확대하는 것에도 70% 이상이 찬성하였음

75) 고대영, 조한승, 강민성, 「u-health 서비스 수요분석 및 시장 활성화 방안」, 산업연구원, 2010.

- 시민단체는 의료융합 서비스 취지에는 공감하나 급격한 산업화에는 부정적인 입장을 취하고 있음
 - 보건의료단체연합, 참여연대 등 각종 시민단체들은 원격진료가 의료 소외계층에 대한 복지확대 차원의 취지에는 공감하고 있으나, 급격한 산업화에 대해서는 부정적 입장을 확고하게 나타내고 있음
 - 원격진료의 안전성, 보험, 책임문제 등을 선결하지 않고 제도를 도입하는 것에 분명히 반대를 표하고 있으며, 특히 원격진료 허용이 병원민영화와 민간의료보험체계에 도입으로 이어져 현행 국민의료보험체계를 붕괴시킬 가능성에 대해 우려를 나타내고 있음

□ 정부

- 산업부는 의료융합(u-healthcare) 분야를 신성장동력화하기 위해 가장 적극적으로 의료법 개정예에 나서고 있으나, 의료계의 반발로 대안을 모색 중
 - 의료융합이 갖고 있는 높은 산업적 가치와 고용효과 등을 고려하여, 산업부가 정부부처 중 가장 강력하게 의료법 개정을 요구하여 왔음
 - 하지만, 수차례의 시도가 무산되면서, 의료법의 직접적 규제대상이 되는 u-medical 분야를 제외한 u-wellness와 u-silver 분야의 신성장동력화를 추진하고 있는 중임
- 보건복지부는 의료융합(u-healthcare) 분야를 소외계층에 대한 복지차원에서 접근하고 있으며, 관련 시범사업도 같은 맥락에서 전개
 - 보건복지부는 의료융합 서비스를 성장동력의 관점보다는 경제·지역적 소외계층에 대한 복지확대 관점으로 접근하고 있으며, 지자체와 연계한 다수의 시범사업을 수행하고 있음
 - 의료법 개정에는 공감하고 있지만, 의료계의 반발을 고려하여 신중히 접근하는 양상을 보이고 있으며, 대신 국민건강의 전반적 증진을 위한 ‘국민건강관리서비스법(가칭)’제정에 나서고 있음
- 지자체는 지역주민의 의료서비스에 대한 접근성 강화와 건강관리 증진을 위해 시범사업을 다수 수행하고 있으나, 효과와 지속성에는 한계를 보임
 - 지자체가 민선으로 전환되면서, 지자체장들이 의료융합 서비스 시범사업에 적극적으로 나서고 있어, 현재 전국적으로 40여개의 시범사업이 진행되었거나 종료된 상황⁷⁶⁾임
 - 지자체의 예산이 한계가 있고 중앙정부로부터의 예산지원을 못 받는 경우, 단발성 시범사업으로 종료되는 경우가 많아 본격적인 서비스 확대는 어려운 상황임

76) 보건산업진흥원(2011)에 따르면 2007년~2010년 10월 기간 동안 의료융합(u-healthcare) 서비스를 제공하였거나 제공 중인 사업은 총 42개 사업이다.

(3) 주체-기술의 단절

□ 의료융합(u-healthcare) 서비스 추진 체계

○ 중앙정부

- 미래부는 기초·원천기술 중심의 R&D, 산업부는 상용화를 위한 응용개발 중심의 R&D와 비즈니스 모델 개발, 복지부는 보건의료 차원에서의 시스템 설계와 정책·제도 부분을 각각 담당
- 기술표준원은 보건의료 정보 표준화, 식약청은 의료기기의 인허가, 방송통신위원회는 관련 정보통신 및 주파수 관리를 각각 담당

○ 지자체

- 실무적 차원에서 지역 내 사업관리와 예산지원을 담당하고 있으며, 지역 내 의료기관, 공공기관, 기업 등과의 연계를 총괄
- 따라서 대부분의 시범사업은 지자체 주도로 시행되고 있으며, 시범사업의 목적과 내용에 따라 참여기관과 대상자가 달라짐

○ 현재 의료융합 전반을 조정하는 기관(부처)는 없는 상황으로 각 부처와 지자체가 고유 역할에 따라 서로 다른 사업을 진행하고 있음

- 미래부와 산업부는 R&D 담당 부처로 의료기기, 정보기기, SW 등을 개발하는 사업과 과제를 추진하고 있으나, 사업·과제의 수요자는 관련 기업이나 병원(의사)임
- 복지부는 의료융합 서비스도 기존 의료서비스의 연장선상에서 접근하고 있어 주로 취약계층에 대한 지원 관점으로 접근
- 반면 지자체는 지역 내 주민의 편의와 복지를 제고하기 위해 대면서비스를 제공하고 있으나, 혁신적인 기술의 적용·확산과는 거리가 있음

□ 취약한 의료융합(u-healthcare) 관련 서비스-기술 연계 구조

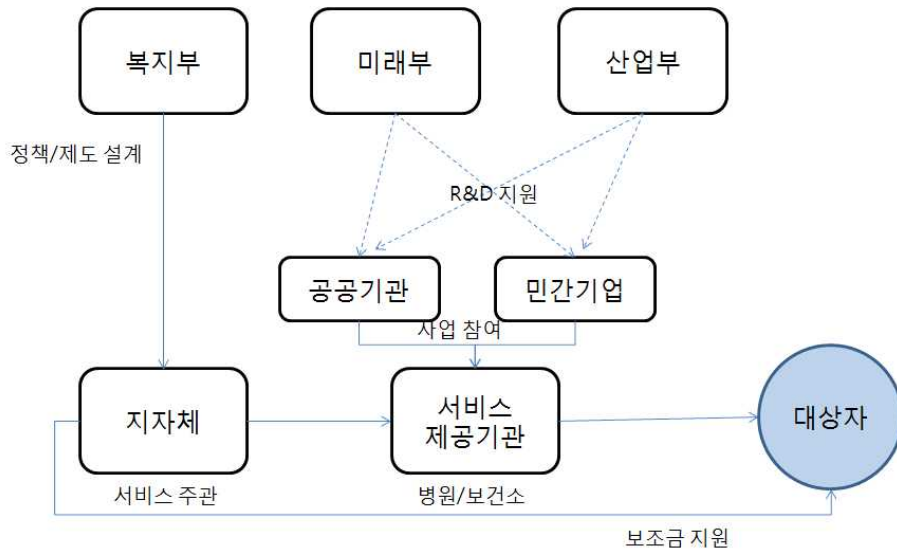
○ 정책·제도 및 사업구조의 설계

- 복지부가 전체 사업구조 설계를 담당하고 있으며, 지자체는 시범사업의 주관기관으로 서비스 대상, 참여기관 등을 결정하고 필요 예산을 투입
- 서비스 대상자가 취약계층인 경우가 많아 이들에 대한 보조금도 바우처 형태로 지원되며, 서비스 제공기관은 지역 내 의료기관이나 보건소에 근무하는 의료진⁷⁷⁾, 영양사, 운

77) 시범사업에 참여하는 의사는 대부분 외래진료를 병행하는 형태로 몰입도가 적고 동기유인이 잘 되지 않

동처방사 등으로 구성됨

- 전체 의료융합 서비스 전달구조에서 가장 큰 문제는 미래부와 산업부가 지원하는 R&D가 최종수요자까지 전달되지 못하는 점임
 - 미래부와 산업부 지원 과제는 주로 첨단바이오와 의료기기 및 신약개발에 집중되어 있어, R&D 성과의 수요자는 의사나 관련 기업임
 - 이들에 의해 추가 사업화된 성과가 최종수요자인 서비스 대상자에게 전달되기까지는 오랜 시간과 각종 인·허가 및 국민의료보험심사를 거쳐야 함
 - 지금까지 수행된 관련 시범사업에서 미래부와 산업부가 수행한 관련 R&D 성과가 활용된 경우는 거의 없음
 - 실제 시범사업에서 활용되는 기기들은 첨단고가 장비보다는 기본적 ICT 인프라와 당뇨 측정기, 전자청진기, 혈압·혈당·체지방계 등임



<그림 II -49> 의료융합(u-healthcare) 서비스 전달 구조

(4) 다층구조관점(MLP)에서의 해석

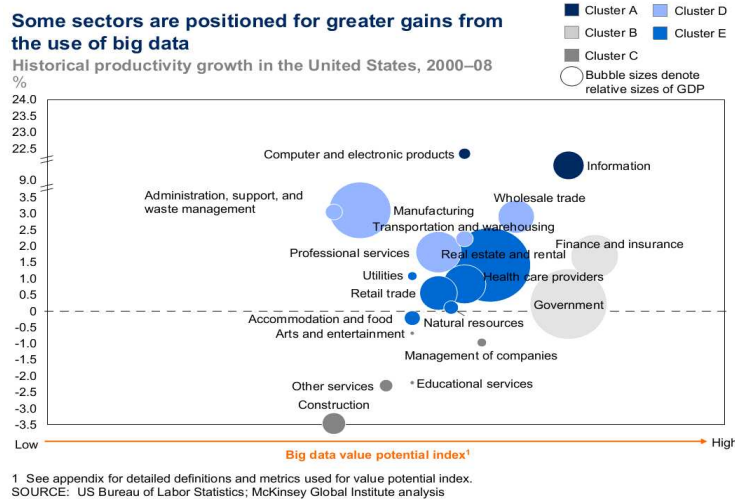
□ 사회-기술 지형(socio-technical landscape) 변화의 큰 흐름은 우호적

○ 빅 데이터(big data)를 중심으로 한 초연결망사회의 구축이 진전 중임

- IT 시장 전문조사업체인 가트너(Gartner)는 빅 데이터의 활용이 새로운 시장창출과 함께 사회구조를 변혁시키는 원인을 제공할 것으로 예측함

는다는 지적이 많다.

- 미래사회에서 빅 데이터의 구축 및 활용이 큰 의미를 갖고 있으며, 의료정보는 이 중에서도 매우 큰 활용가치를 갖고 있는 것으로 분석됨
- 의료정보(medical record)에 이어 건강관리 기록(healthcare record)은 더 큰 부가가치를 가지며, 향후 생애기록(life record)로 진전됨에 있어서 중요한 역할을 담당할 것임
- 맥킨지가 제시한 분야별 빅데이터 활용가치로 의료융합(healthcare) 분야가 타 분야보다 상대적으로 더 큰 가치를 창출할 것으로 예측



<그림 II -50> 분야별 빅 데이터 활용 가치

자료: 양혜영(2012), '빅데이터를 활용한 기술기획 방법론', 한국과학기술기획평가원 ; McKinsey Global Institute(2011)를 재 인용

- 개인의 복지수요 확대와 정부 의료재정 부담 완화 등이 의료융합을 진전시키는 동인으로 작용
 - 다른 거시적 지형변화로는 개인의 복지수요가 급증함에 따라 복지수요를 충족시키기 위한 수단으로서 의료융합 서비스 수요가 동반하여 증가할 것임
 - 고령화 및 잠재성장률 저하로 정부의 의료재정이 취약해 지는 상황은, 정부가 의료융합 서비스에 적극적으로 나서게 하는 요인이 되고 있음
- 사회-기술 체제(socio-technical regime)의 전환 과정
 - 기존 의료체제는 거시적 지형변화와 구조적 한계로 인해 다음 단계로의 전환을 요구받고 있음
 - 기존 의료체제는 과학기술, 시장, 보험, 정책 등 다양한 구성요소들이 유기적으로 결합되어, 현재까지 유효하게 작동되고 있음

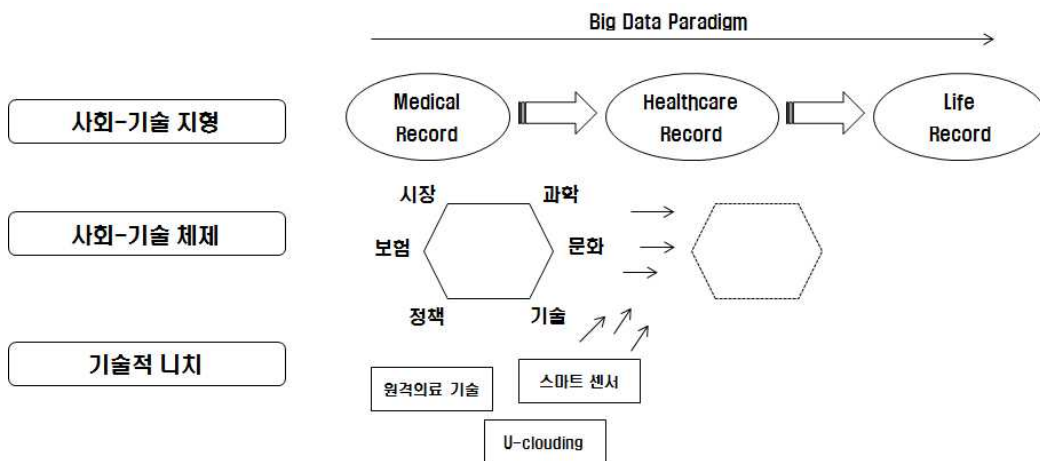
- ICT의 비약적 발전과 더불어 기존 체제 내부의 구조적 모순(참여주체의 불만, 재정부담 누적, 각종 모럴 해저드 발생 등) 누적은 체제의 전환을 요구하고 있음
- 체제 전환 과정 중에 의료서비스의 근본적인 비즈니스 모델의 변화가 수반되고 있으나 마찰이 발생
 - 기존 의료서비스가 갖고 있는 의사와 환자 간 정보 비대칭성 거래방식은 ICT와의 융합에 의해 쌍방향적 정보 교환이라는 근본적인 변화를 맞게 됨
 - 이러한 체제 전환은 기존체제가 갖고 있는 관성 때문에 기술-제도-주체 간 마찰과 갈등을 일으킬 수밖에 없음
- 기술적 니치(technological niches)의 확산 및 체제와의 충돌
 - 관련 기술적 니치의 개발은 활발히 진행 중에 있으나 모두가 체제에 흡수되고 있지는 못함
 - 처음 기대와 달리 개발된 많은 기술들이 사회-기술 체제 내에 흡수되지 못하고 탈락하거나 채택이 보류된 상황임
 - 원격진료 기술, 의료정보 호환기술, u-clouding 기술 등은 기술적 불확실성이 많이 해소되어 시장진입을 시도하고 있으나 기존 체제와의 마찰 때문에 진전이 답보된 상황
 - 기업의 기술개발 속도는 빠른 반면에 제도와의 정합성 구현에는 시간이 소요됨
 - 의료산업의 근본적 특징인 까다로운 인허가도 기술의 가치와 효용성 입증에 많은 시간이 걸리게 하여, 일반적 ICT 산업과는 다른 양상을 나타냄
 - 일반적 시장에서의 자유경쟁에 의해 기술이 채택되는 것이 아니라 의료분야에서는 사회적 합의과정이 필수적이므로 기존 산업정책과는 차별화된 접근관점이 필요함
- 우리나라 의료융합(u-healthcare)의 진전 상황
 - 사회-기술 지형 측면
 - 글로벌 빅 데이터 흐름에 늦은 감은 있지만, 정부와 민간 모두 이에 대응하기 위해 노력중이어서 우호적 환경이 조성되고 있음
 - 복지수요 확대와 정부의 의료재정 부담 완화 노력으로 의료산업구조 고도화에 대한 공감대가 형성되어 있음
 - 사회-기술 체제 측면
 - 체제 전환에 있어서 제도와 주체 간 갈등이 심화되고 있어, 이를 보완하기 위한 제도개

선과 더불어 주체 간 신뢰성 확보가 시급한 상황임

- 주체 간 낮은 신뢰성과 갈등구조는 기술적 니치의 체제 접근을 가로막고 있어 혁신적 기술이 개발되어도 사장될 가능성이 높음

○ 기술적 니치 측면

- 발달된 ICT 인프라와 유무선통신기술 및 하드웨어기술 등으로 인해 원격진료, 의료정보 활용, u-clouding 등과 같은 기술적 니치들은 활발하게 개발되어 체제에 근접 중
- 완결된 공급가치사슬구조를 구축하기 위해서는 센서, 데이터처리 등과 관련한 핵심기술 개발과 개발된 기술이 서비스와 연계되는 구조를 구축해야 하는 과제를 안고 있음



<그림 II -51> 다층구조관점(MLP)에서의 의료융합의 진전 상황

라. 의료융합 촉진을 위한 혁신정책 추진 방안

(1) 새로운 관점에서의 정책설계

□ 신성장동력 육성보다는 의료개혁 관점에서 접근 필요

○ 지금까지 정부의 의료융합 분야 육성 추진은 주로 신성장동력 관점에서 추진하여 주체와 제도 간 갈등을 유발

- 정부의 의료융합 분야 육성추진은 의료융합의 경제적 부가가치 창출 논리가 우선시 되어, 정부와 의료계의 갈등을 유발
- 예를 들어, 원격진료의 경우에도 원격진료가 시행됨으로써 관련 주체 중 누가 얼마만큼의 이득과 편리함을 얻고, 반대로 누가 얼마나 비용과 책임을 지는 지가 명확하지 않아 분란을 야기

- 의료융합은 일반 산업정책 보다 상위의 정책목표인 국민복지와 연계된 의료개혁의 관점에서 접근하는 것이 바람직
 - 의료융합 분야는 일반 산업과 달리 수요자가 전(全)국민이므로 국민복지 증진이라는 상위 정책목표 달성을 위한 수단으로 접근하는 것이 국민적 지지를 확보할 수 있음
 - 현행 의료시스템의 구조적 한계 극복과 국민 의료복지 확대를 위해 의료서비스와 ICT의 융합이 필요함을 이해시키고, 여타 다른 정책적 수단과 함께 의료개혁을 추진하기 위한 수단임을 강조하는 것이 바람직함

- 의료융합에 대한 국민적 공감대 형성과 접근성 제고 이후 본격적인 성장동력화 추진이 순리적
 - 정부가 추진하는 의료융합이 현행 의료서비스의 구조적 한계를 극복할 수 있음을 각종 시범사업 등을 통해 먼저 증명하는 것이 필요하며, 국민적 공감대 형성과 수용성(public acceptance)이 제고되면 이후 다양한 비즈니스 모델이 파생될 수 있는 기반이 구축될 것임
 - 의료융합 분야의 신성장동력화는 그 이후에 제도적 틀을 갖춰 추진하는 것이 순리적이며, 그래야만 혁신적 의료융합 서비스가 제도와 주체 간 마찰없이 발전할 수 있음

□ 의료융합의 혁신특성을 고려한 사회-기술 시스템 관점의 정책설계

- 의료융합은 기존 의료서비스의 본질적 특성과 함께 ICT의 도구적 특성을 모두 보유
 - 의료융합은 기존 의료서비스의 진화된 형태이기 때문에, 의료서비스가 갖는 정보비대칭성의 특성이 여전히 남아 있으며, 특히 의사의 전문가로서의 권위는 어떠한 형태로든 남아있을 것으로 예측됨
 - 왜냐하면, 특히 의학적 전문지식은 암묵지의 특성을 갖고 있고 역사적으로 의사의 권위에 대한 환자의 신뢰는 매우 두텁게 형성되어 있기 때문임
 - ICT가 융합됨에 따라 형식화할 수 있는 정보는 소비자에게 공개되어 소비자의 각종 의료·건강정보에 대한 접근성과 활용성은 크게 증진될 것으로 예상됨
 - 다양한 혁신주체에 의해 생성되는 정보들 중 기존 의료서비스의 제도들 안에서 제한받지 않는 정보는 그 자체로 기존 ICT의 가치사슬구조에서 다양한 경로를 통해 소비자에게 전달될 것임
- 의료융합은 체제(regime)적 특성을 갖는 대표적인 사회-기술 시스템으로 정책설계 시 사회구조 변화 등 다차원적 고려가 요구됨
 - 의료융합은 어떠한 형태로든 기존 의료시스템의 구조적 변화를 촉진시키며, 변화과정 중

- 에 의료서비스 뿐만 아니라 각종 제도, 문화, 정책, 기술 등을 함께 변화시킬 것임
- 의료융합 서비스의 수요자도 과거와는 달리 각종 경로를 통해 정보를 전달받을 수 있는 역량을 보유하고 있기 때문에 현재보다는 정보전달 메커니즘이 쌍방향적으로 구성될 가능성이 높음
- 제반 사회구조가 빠르게 변화하고 있어 현재 시점에서 의료융합 서비스를 활성화시키는 전략도 필요하지만, 미래사회 변화를 예측하고 이에 대응하는 정책수립이 요구됨
- 예를 들어, 고령층에 대한 의료융합 서비스는 현재 시점에서 제공되는 것과 현재 청장년층이 고령화되었을 때 제공되어야 하는 서비스의 형태는 분명히 달라져야 하며, 이를 위해서는 사용자 기반(user-based)의 인터페이스 설계와 DB가 구축되어야 함

(2) 기술-제도-주체 간 정합성 및 신뢰성 제고

□ 충분한 타당성 검토 후 단계적 제도개선

○ 의료융합과 관련한 제도개선은 충분한 타당성 검토가 필수적

- 사회-기술 체제적 측면에서 살펴볼 때, 기술과 제도에 관련된 주체 간 상호작용에서 충돌이 일어나고 있는데, 이는 기존 의료시스템의 체제적 관성에 익숙해진 의료서비스 공급자가 새로운 기술을 수용하지 못하기 때문임
- 특히 의료계는 본격적인 의료융합 서비스 도입 이전에 서비스의 안전성에 대한 검증을 요구하고 있으며, 책임성 및 의료수가 등과 관련한 제도개선을 요구하고 있음
- 수요자 측면에서도 의료융합에 대한 기대감은 높지만, 개별 의료융합 서비스에 대한 만족감과 지불의사에 대해서는 충분한 조사가 필요한 상황임
- 따라서 의료융합 서비스를 전면적으로 도입하기 이전에, 각 개별 서비스에 대한 충분한 타당성 검토와 더불어 참여주체의 의견을 종합·조정하는 절차가 반드시 필요
- 타당성 검토에 있어서는 경제적 편익과 더불어 의료융합 서비스에 대한 접근성, 안전성, 안정성, 신뢰성 등을 다양한 측면에서 분석하는 것이 요구됨

○ 의료융합의 정착을 위해서는 단계적 제도개선이 바람직

- 의료융합이 국가의료보험체계를 손상시키지 않는 범위에서 정착하기 위해서는 각종 보험제도, 인프라, 의료기기 및 의약품 관련 제도 등이 단계적으로 개선되어야 함
- 특히 논란이 되고 있는 원격진료와 관련해서는 원격진료에 참여하는 의료진에 대한 충분한 유인(motivation)을 제공해야 관련 서비스의 확산과 발전을 기대할 수 있음
- 예를 들어, 원격진료와 관련한 면허제도 등을 신설⁷⁸⁾하여 의료진의 자격요건을 강화함

78) 미국, 일본, 캐나다, 호주 등은 원격진료와 관련한 별도의 면허를 발급하거나 대학(원)에 교육과정을 두고 있다.

로써 원격진료 분야가 새로운 의료분야로 정착할 수 있는 기반을 구축해 주는 것이 바람직함

- 원격진료의 의료수가 산정에 있어서 기존 '동일진료 동일수가'원칙에 예외조항을 두어 의료진의 수입손실을 보장해 주는 것도 초기에는 필요하며, 만성질환자나 재진환자에 대한 의약품의 배송과 관련해서도 관련 규정을 개정하여 서비스 병행 필요

□ 중앙정부 차원의 시범사업 실시 및 참여자 경험의 DB화

○ 의료융합 서비스의 실증을 위한 중앙정부 차원의 시범사업 실시

- 현재 의료융합과 관련한 시범사업은 다수 진행 중에 있으나, 대부분 지자체가 주도하고 있어 연속성에 한계를 가지고 있음
- 지자체는 예산 및 참여인력의 한계 때문에 매우 초보적 형태의 원격진료나 건강관리 중심의 시범사업을 운영하고 있으며, 서비스 대상도 제한적임
- 제도와 주체 간 상호 신뢰성 확보를 위해서는 다양한 형태의 시범사업들이 추진될 필요가 있는데, 이를 위해서는 중앙정부 차원의 안정적 재원확보가 선행되어야 하며, 체계적 로드맵 하에 단계적으로 확대·실시하는 것이 바람직함
- 중앙정부 차원에서 실시되는 시범사업은 실제 서비스 구현 시 발생하는 문제점을 사전에 파악하고, 서비스 대상자의 수용성을 제고시킬 수 있음

○ 시범사업 결과로 얻어진 참여자 경험의 DB화

- 각 시범사업에 참여하는 서비스 공급자(의료진, 건강관리인력, ICT 업체, 관리기관 등)와 서비스 대상자(질환별 환자, 지역주민, 건강관리 대상자 등)에 대한 각종 의료·건강관리 기록 등을 전산화하여 DB로 구축하는 것이 필요함
- 구축된 DB는 인구학적 특성과 더불어 다른 DB와 연동되어 더욱 큰 가치를 가질 수 있으며, 특히 의료융합 서비스의 품질과 안전성을 검증하는 근거로 활용될 수 있음
- 본격적인 의료융합 서비스의 확산과 신규 비즈니스 모델 설계를 위해서는 익명으로 처리된 DB가 반드시 필요하며, 서비스 구현 시 발생하는 제반 문제에 대해서도 발생원인, 처리절차, 대응결과 등을 체계적 DB로 구축하는 것이 요구됨

□ 단계적 정보호환 플랫폼의 구축

○ 의료융합이 실질적으로 활성화되는데 가장 큰 장애요인 중 하나는 정보호환 문제로, 향후

- 관련 규제개선이 되어도 서비스 확산을 저해할 가능성이 큼
- 현재 의료융합 관련 정보체계는 추진주체나 기업별로 각기 다른 시스템을 사용하고 있어, 수집된 정보의 가공 및 이용에 있어 어려움을 주고 있음

- 정보화가 파편적으로 진행될 경우, 본격적으로 시장이 형성될 때 다국적 대기업의 빅데이터에 흡수될 가능성이 큼
- 먼저 병원 간 정보호환을 위한 의료정보체계의 표준화의 시작이 필요함
 - 현재 우리나라는 병원 내에서의 의료정보화는 세계적 수준으로 EMR을 중심으로 잘 구축되어 있지만, 병원 간 의료정보 호환은 매우 취약함
 - 따라서 정부가 주도하여 표준화된 의료정보체계를 구축하고 이를 3차-2차-1차 의료기관 순으로 순차적으로 확대해 나가는 것이 필요함
 - 이때 가장 중요한 것은 환자의 의무기록과 건강기록이 포함된 정보에 대해서 보안성을 강화하는 것으로, 익명으로 처리할 수 있는 암호화 기술개발도 병행되어야 함
- 이후 민간 부문에 있어서 시장 활성화를 위한 표준화가 순차적으로 진행되는 것이 바람직함
 - 현재 의료정보시스템을 구축하고 있는 기업마다 다른 정보구축체계, 정보전송 방법, OS, 용어 및 코드 등을 일관된 체계로 표준화하고 확산하는 것이 필요함
 - 민간 부문에서의 표준화는 각종 기기·제품 간의 호환성, 확장성 등을 제고시켜 실질적으로 의료융합 관련 정보의 확산을 촉진시킬 것임
 - 의료융합 관련 정보의 표준화 및 정보처리 플랫폼의 구축은 의료융합 시스템 내 참여주체의 활용성 제고뿐만 아니라, 관련 시장의 선점과 국내업체의 경쟁력 제고에도 결정적 기여를 할 수 있음

(3) 범부처 통합/연계 정책 및 R&D 사업 추진

□ 의료융합 추진을 위한 범부처 협의기구의 설립

- 기술개발부터 실증사업 실시까지 정책의 연계성을 높이기 위한 범부처 협의기구 설립
 - 현재 의료융합과 관련한 기술개발은 미래부와 산업부가, 정책설계는 복지부, 표준화는 기술표준원, 시범사업은 지자체 등이 각각 분담하여 추진하고 있으나, 일관된 정책추진 체계가 없어 정책성과 제고가 어려운 상황임
 - 이를 극복하기 위해, 관련 부처가 모두 참여하는 범부처 협의기구를 상위부처에 신설하여, 정책, 사업, 인프라, 제도 등을 총괄·조정하는 것이 필요함
- 범부처 협의기구의 정책조정을 통한 의료융합 정책의 정합성 및 효과성 제고
 - 의료융합 범부처 협의기구는 의료융합의 체계적 발전을 위한 정책 로드맵을 작성하고, 부처 간 협력이 필요한 부분에 대해서는 정책조정 역할을 수행하는 것이 요구됨

- 이러한 정책조정을 통해 부처별로 산발적으로 진행되는 각종 의료융합 관련 사업과 인프라의 효율성을 높이고, 부문별 정책의 충돌을 방지하며 단계적 시범사업 실시와 정보교환 플랫폼의 구축 등을 체계적으로 추진할 수 있음
- 또한 현재 문제로 지적되고 있는 분산적 기술개발을 보다 수요자 지향적으로 추진할 수 있는 제도적 기반을 마련하고, 이를 기존 사업이나 신규 사업에 반영시킬 수 있음

□ 범부처 통합/연계 R&D 사업 추진

○ 분절화된 각종 R&D 사업의 효율성·효과성 제고를 위한 범부처 신규 R&D 사업 추진

- 서비스 대상자인 전체 국민이 공감할 수 있는 시범사업의 운용과 이에 필요한 기술개발이 긴밀한 연계성을 갖도록 하기 위해, 의료융합 관련 신규 R&D 사업의 기획 및 추진 필요
- 의료융합 서비스의 구체적 적용 대상과 범위를 고려한 시범사업 운영에 있어서 필요한 요소기술 개발을 기획단계에서부터 연구자, 기업, 시범사업 참여자 등이 함께 참여하여 설계하는 것이 바람직함
- 범부처 R&D 사업의 추진을 효율적으로 관리하기 위한 독립적 사업단을 구성하고 여기에 각 부처가 역할에 맞는 예산지원과 기술개발 목표를 설정하는 것이 필요
- 개발된 기술의 검증과 표준화도 R&D 사업 내에 포함시켜 기술개발 성과의 빠른 적용과 확산을 유도

○ 기존 관련 R&D 사업성과의 활용 및 확산을 위한 사업 간 연계구조 강화

- 현재 부처별로 분산되어 추진되고 있는 의료융합 관련 기존 R&D 사업들을 검토하여, 개발 중인 기술과 확보된 기술개발 성과를 타 부처 사업과 연계할 수 있는 제도적 기반과 채널을 구축하는 것이 요구됨
- 특히 연계된 성과가 적용 가능성이 높은 경우, 추가적인 기술개발이 가능하도록 기존 사업에서의 예산확대를 유도하는 것이 바람직함(반대로 연계성이 낮고 단발적 기술개발인 경우 단계적으로 예산축소)

□ 한국형 Innovation Pathway 프로그램의 실시

○ 의료융합 관련 혁신적 기기의 활용성 제고를 위한 인허가 절차의 개선

- 의료융합과 관련한 신기술·신제품이 빠르게 등장하고 있지만, 의료법이나 의료기기법 등 관련 제도에 묶여 사장되는 경우가 빈번하게 발생⁷⁹⁾하고 있음

79) 기술개발 단계에서도 각종 인허가 때문에 시간과 자금이 추가적으로 소요되며, 개발 후에도 효능 및 효과 검증을 위한 각종 임상이나 실증을 거쳐야 하므로 관련 기업에게는 큰 부담이다.

- 이는 의료분야의 특성 상 엄격한 인허가 제도를 운영하고 있기 때문인데, 재정기반이 취약한 중소기업의 혁신성고가 사장되지 않기 위해서는 제도적 보완책 마련이 시급함
 - 특히 글로벌 대기업에 비해 경쟁력이 취약한 국내 중소·벤처기업의 경우 이러한 어려움을 호소하는 경우가 많아, 건강한 생태계 구축을 위해서는 관련 제도개선이 필요함
- 해외에서 추진 중인 Innovation Pathway 프로그램에 대한 벤치마킹을 통한 ‘한국형 Innovation Pathway’ 프로그램의 실시
- 미국 FDA 산하 CDRH(Center for Devices and Radiological Health)는 Innovation Pathway 프로그램을 통해 기존 의료기기에 대한 인허가 절차를 대폭 줄여 인허가 받는 시간을 기존 대비 절반으로 줄이고 있음
 - CDRH는 현재 연간 3,000대 이상의 혁신적 의료기기에 대한 허가를 내주는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 통해 벤처기업의 기술개발 및 사업화를 간접적으로 지원하는 효과⁸⁰⁾를 보고 있음
 - FDA는 최근 아이폰과 아이패드와 같은 ICT기기에서 활용되는 어플리케이션에 대한 규제안을 신설하여, 각종 의료앱 등이 활발하게 개발·거래될 수 있는 제도적 기반을 마련하였으며, 실제 활용이 증가되고 있음
 - 이러한 해외의 혁신적 프로그램을 벤치마킹하여, 국내에서도 관련 의료융합 기기의 인허가 절차를 개선할 수 있는 ‘한국형 Innovation Pathway’ 프로그램의 실시가 필요
 - 이를 위해서는 관련 전문가 위원회를 구성하여 도입방법과 타당성 등을 검토한 후 부작용이 적은 기기부터 시작하여 점차 적용범위를 확대해 나가는 것이 바람직함

(4) 수요지향적 중장기 R&D 강화 및 원천기술 개발

□ 수요지향적 R&D 강화를 위한 Top-down 기획 확대

- 의료융합의 성공적 정착을 위해서는 정책목표 달성을 위한 R&D 사업의 Top-down 기획의 확대가 필요
- 현재 여러 부처에서 추진되고 있는 관련 R&D 사업 중 다수는 Bottom-up 방식의 기획에 의해 실제 현장의 수요와는 거리가 먼 기초·원천 성격의 과제임
 - 물론 기초·원천 과제의 추진도 중요하지만, 문제는 현장수요형 R&D 과제의 비중이 너무 적고 많은 기초·원천 과제가 응용·개발로 이어지지 못하고 사장되는 것임
 - 따라서 의료융합 서비스 구현을 위해 필요한 핵심기술에 대한 파악과 더불어 이를 구체적으로 개발하기 위한 Top-down 기획의 확대가 필요함

80) 승인 절차 간소화에 따라 미국 내 의료기기 업체에 대한 투자증대, 기술개발 확대, 취업률 증가 등을 기대하고 있다.

- 범부처 R&D 사업 기획 시 Top-down 기획의 강화와 다양한 이해관계자의 참여가 필요
 - 이를 위해서는 가장 먼저 관련 사업과 과제에 대한 통계구축이 선행되어야 하며, 사업 기획 시 수요 부처 관계자 및 전문가의 참여가 필수적임
 - 범부처 R&D 사업의 평가에 있어서도 기술수준의 평가와 더불어 실제 현장 사용주체로부터의 직접적 평가를 병행하고, 평가 결과를 피드백시켜 다시 기술개발에 반영하도록 하는 것이 바람직함

□ 산업 내 가치사슬구조 연계 강화를 위한 핵심기술 개발과 표준화 추진

- 의료융합의 가치사슬구조 측면에서 핵심기술 부분이 매우 취약한 상황이므로 이를 극복할 수 있는 R&D 주제 선정과 중장기적 지원이 필요
 - 현재 의료융합과 관련한 H/W 기술수준은 경쟁국 대비 격차가 있으며, 특히 각종 의료·건강정보를 수집하는 센서 관련 기술은 열악한 상황임
 - 서비스 구현에 필요한 핵심 센서 등은 거의 수입에 의존하고 있는 상황이고 취합된 정보를 처리하는 플랫폼 기술수준도 취약하여, 의료융합 서비스가 본격화될 경우 고부가가치 영역을 글로벌 대기업이 잠식할 위험이 큼
 - 따라서 전체 의료융합 관련 산업의 가치사슬구조를 조사·분석하여 각 단계별로 요구되는 기술과 국내역량을 가늠하여 연계고리가 약한 부분에 대해 중장기적 R&D 사업을 추진하는 것이 필요

<표 II -55> 의료융합 관련 주요 H/W 기술수준 비교

세부분야	기술 상대수준	기술 상대수준				기술격차(년)
		미국	EU	일본	한국	
U-메디칼	• 바이오센서 기술	100	90	80	80	2
U-실버	• 현장진단기기 기술	100	90	80	80	2
U-웰니스	• 생체신호 측정기술	100	90	90	90	1

자료: 보건산업진흥원(2009)

- 관련 기술의 표준화를 신속하게 추진하여 기술개발의 불확실성을 제거
 - 현재 기술표준원을 중심으로 의료정보의 표준화가 진행되고 있지만, 선진국에 비해 표준화 수준은 매우 낮은 상황임
 - 기술의 표준화가 더딜 경우 의료·건강정보의 상호호환 및 시스템 간 연동을 어렵게 만들어 기술개발 성과의 확산을 제한시킴
 - 관련 핵심기술에 대한 표준화 가이드라인을 신속히 제정하고, 표준화된 기술을 사용하는 주체에 대해 인센티브를 부여하는 등 표준화 성과의 신속한 확산 노력 필요

6. 結: 사회문제 해결을 위한 국가 융합연구사업의 향후 과제

가. 사회문제 해결형 국가 융합연구사업의 수요 증가

(1) 사회문제 해결형 융합기술에 대한 국가적 필요성 부상

- 과학기술을 통한 사회문제 해결에 대한 요구가 증가함에 따라, 융합기술을 이용하여 사회문제를 해결하는 사회문제 해결형 R&D의 필요성이 증대
 - 과거 과학기술은 주로 경제성장과 국가경쟁력을 이끄는 동력으로 여겨졌으나, 최근 들어 과학기술의 가장 중요한 역할이 ‘삶의 질 향상’으로 여겨지는 추세
 - 2012년 2월 KIST 설문에서 응답자의 60.2%가 국가 핵심전략기술 선정 기준으로 ‘삶의 질 향상’을 선택
 - 공급자 중심에서 수요자 참여형으로, R&D부서 중심에서 R&D부서와 정책부서의 협업으로, 논문·특허 등 연구 산출물 중심에서 사회문제 해결로 R&D의 역할 변환 중
- 미래창조과학부의 조사에 따르면 사회문제 해결형 R&D는 3개 유형으로 분류 가능
 - 지속가능한 활력사회를 위한 R&D: 개개인의 건강하고 쾌적한 생활 영위와 더불어 즐겁고 윤택한 일상생활의 향유에 기여하기 위한 R&D
 - 걱정없는 안심사회를 위한 R&D: 일상생활에서 발생가능한 다양한 위험에서 국민의 안전을 도모하고 편안한 생활을 유지하는데 기여하는 R&D
 - 더불어 사는 어울림사회를 위한 R&D: 취약계층을 지원하고 사회구성원들 간의 갈등문제를 해결·개선하여 사회통합을 도모하는 데 기여하는 R&D

<표 II -56> 사회문제 해결형 R&D 세부 유형분류 및 정의

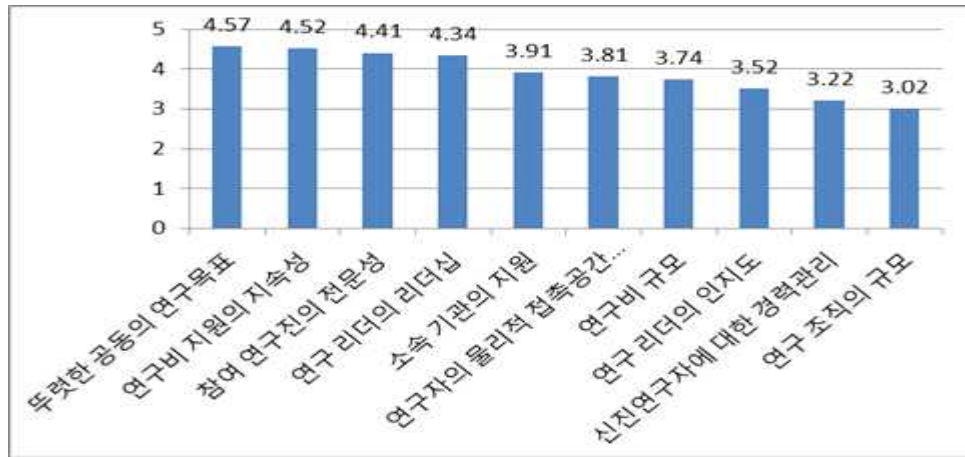
대분류	세부분류	정의
지속가능한 활력사회	건강	건강한 삶 지속을 위한 신체적·정신적 기능 개선과, 질환환자들의 질병진단 및 치료·치유를 위한 R&D
	환경	환경유해인자와 오염원의 규명·제거, 오염 예방 및 복구를 위한 R&D
	문화/여가	문화·예술·컨텐츠와 같은 문화산업에 첨단기술을 융합, 새로운 가치를 창출하여 문화 향유권을 확대하거나, 일상생활의 활력·재충전을 지원하기 위한 R&D
걱정없는 안심사회	생활안전	폭력과 같은 범죄나 불량식품과 같은 먹거리 불안 등 개인의 일상생활을 위협하는 불안요소를 해소하기 위한 예측·예방·대응기술 개발 R&D
	재난/재해	자연재해 및 인적·사회적 재난으로 발생하는 광범위한 인명, 재산 피해를 예측·예방·대응하기 위한 R&D
	에너지 주거/교통	일상생활에 불편이 없도록 안정된 에너지를 제공하기 위한 에너지 생산 및 관리기술 R&D 주거 및 교통 인프라 등의 생활공간에서 발생하는 불편 및 위험을 해소하고 편의를 증진시켜주는 관련 R&D
더불어 사는 어울림사회	가족/공동체	가족 기능 및 구성원 간 관계의 안정적 유지, 공동체 내 구성원 간 정서적·경제적·사회적 지원 기반 마련 및 돌봄 지원을 위한 R&D
	교육	계층간 균등한 교육기회 제공 및 학습기회의 확대, 지식·정보에의 접근성 보장 등을 위한 R&D
	사회통합	사회 구성원 간 격차해소 및 취약계층의 사회참여 촉진 지원을 위한 공공서비스 지원 R&D

자료: 미래창조과학부(2013) 『사회문제 해결형 R&D 범부처 실태조사 추진계획(안)』

(2) 국가 융합연구사업의 활성화를 위해 필요한 요인 분석⁸¹⁾

○ 융합기술 R&D 성공을 위해 필요한 요소

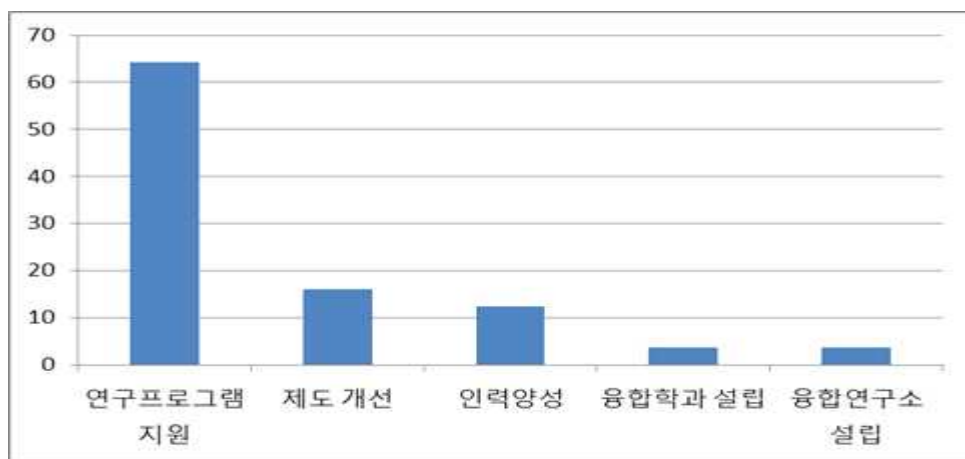
- 융합기술 R&D가 성공하기 위해서는 뚜렷한 공동의 연구목표, 연구비 지원의 지속성, 참여 연구진의 전문성, 연구 리더의 리더십 등이 중요한 요인으로 나타남
- 연구 조직의 규모, 신진연구자에 대한 경력관리, 연구 리더의 인지도 등은 상대적으로 R&D의 성공에 미치는 중요성이 낮다고 인식됨



<그림 II -52> 융합연구 성공을 위해 필요한 요소(5점 스케일)

○ 융합기술 활성화를 위한 정부의 정책지원 분야

- 융합연구의 활성화를 위해 정부가 가장 우선적으로 지원해야 할 방법은 연구프로그램 지원으로 나타남
- 제도 개선, 인력양성, 융합학과 및 융합연구소의 설립은 필요성이 거의 없다고 인식하고 있음

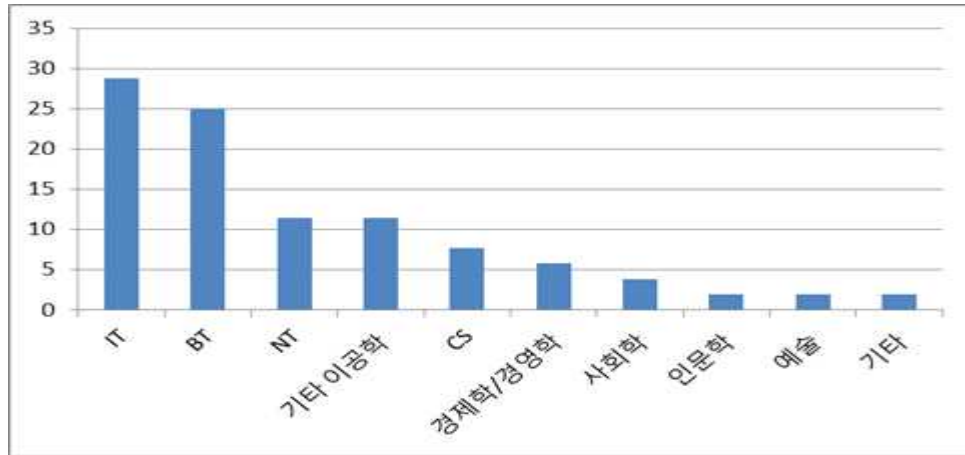


<그림 II -53> 융합연구 활성화를 위한 정부 정책지원 분야(%)

81) 송종국(2010), “융합기술의 미래전망: 전문가 설문조사 결과” 『Issue & Policy』 서울: 과학기술정책연구원, pp. 4-7.

○ 융합기술 활성화를 위한 정부의 학제지원 분야

- 정부가 지원해야 할 가장 중요한 학제분야는 IT로 나타났고, BT와 NT가 그 뒤를 이음
- 예술, 인문학, 사회학, 경제학/경영학 등에 대한 지원은 상대적으로 중요하지 않다는 인식이 드러남



<그림 II -54> 융합연구 활성화를 위한 정부 학제지원 분야(%)

○ 이상의 2010년 설문조사 결과는 연구자들 스스로도 융합연구의 발전에 대해 포괄적으로 인식하지 못하고 있음을 보여줌

- 융합연구 활성화를 위한 정부 정책지원 분야에서 제도개선 부문에 대한 인식 부족
- 융합연구 활성화를 위한 정부 학제지원 분야에서 과학기술 외의 부문에 대한 지원 인식 부족
- 융합연구에서 주된 초점이 되는 것은 기술개발에 대한 지원과 기술의 획득이라는 생각과, 융합은 IT, BT, NT 등 기술들 간의 결합이라고만 인식하고 있다는 점이 드러남
- 이후 추진된 여러 사회문제 해결형 국가사업과 국가 융합연구사업이 상대적으로 취약성을 드러낸 부분 역시, 사회와 기술에 대한 시스템적인 관점과 학제간 융합에 대한 실천 전략이었다고 평가됨

나. 사회문제 해결형 국가 융합연구사업의 특징

(1) 다부처 협업과 다양한 행위자 참여

○ 최근 사회문제 해결형 국가 융합연구사업은 모두 미래부 주관으로 다부처 협업의 형태로 진행

- 가장 대표적인 사회문제 해결형 융합연구사업인 “과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천 계획”과 “창조 비타민 프로젝트”가 모두 다부처 협업의 형태

○ “과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천계획”의 다부처 협력

- 사회문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 여러 부처가 R&D와 관련 제도, 정책 등을 연계하는 협력이 필요하다는 문제 의식 견지
- 지금까지 부처별로 분산중인 R&D, 정책, 사업⁸²⁾ 등을 연계·조정할 제도적 수단이나 체계가 부재했다는 필요성 제기
- 시급히 해결해야 하는 11개 핵심 사회문제와 실천과제를 도출하고, 다부처공동기술협력 특별위원회의 심의를 거쳐 과제별 주관/협력부처 선정

<표 II -57> 종합실천계획 과제별 주관부처와 협력부처 현황

사회문제	과제명	참여부처(가나다순)	
		주관	협력
사이버범죄	빅데이터 개인정보 보호 및 모바일 경제사기 대응	미래부	안행부
먹거리안전	유해물질 및 위·변조로부터 안전한 먹거리	식약처	농식품부, 농진청, 환경부, 해수부
수질오염	녹조로부터 안전한 상수 공급	환경부	국토부, 미래부
방사능오염	방사능피해 예측·저감 기반 구축	미래부	산업부, 식약처, 원안위, 해수부
감염병	감염병 위기로부터 조기감시 및 대응 기반 확보	복지부	농식품부, 미래부, 환경부
만성질환	심노혈관질환 예방과 극복	복지부	식약처
환경호르몬	환경호르몬 통합위해관리 및 대체소재 개발	환경부	미래부, 식약처
생활폐기물	음식물쓰레기 수거·처리 개선	환경부	국토부, 농진청, 미래부
교통혼잡	스마트신호운영시스템 개발·구축	국토부	경찰청
기상재해	건강·안전 피해유발 기상 관측·예측·대응 기술 개발	기상청	미래부, 환경부
재난안심	재난피해자 안심서비스 구축	안행부	국토부, 농진청, 방재청, 복지부, 산림청, 환경부

- 부처 선정 이후 참여부처 공동으로 사전기획연구를 수행하여, 사회문제 해결을 위한 솔루션 방향 도출 및 부처합동 추진체계 수립
- 개별 부처 단위의 독자적 R&D 방식의 한계를 극복하고, 관련부처 상호보완적으로 연계하는 협업체계 마련



<그림 II -55> 예시: 고령자의 생활 불편을 해결하기 위한 부처 간 연계방안

- 사전기획연구를 바탕으로 과제별 상세 공동기획연구를 수행중이며, 연구개발 상세기획 및 제도개선기획 추진 예정

82) 국민편익증진기술개발사업(산업부, '13년 99.6억원), 공공복지안전연구사업(미래부, '13년 147.7억원)

○ “창조 비타민 프로젝트”의 다부처 협력

- 그간의 방식을 반성하는 장에서 “부처 간 협력구조 미형성으로, 다양한 정책이 수립되었으나 특정부문에 대한 계획들이 분산 수립되며 성과 거양에 다소 미흡”했다고 지적
- 2013년 10월부터 해당부처와 공동으로 과제 기획·발굴 및 전문가 의견수렴을 진행
- 약 170여개 과제 풀을 심층 검토하여, 비타민 성격 부합성, 사회적·산업적 파급효과 등을 종합적으로 고려해 1차 과제 23개(600억원 규모)를 선정
- 23개 과제들은 수요맞춤형으로, 단기 시범사업, 신기술 적용·확산산업, 중장기 기술개발사업 등 다양한 방식 망라
- 부처 간 협력을 위해 미래부가 플랫폼이 되고, 수요부처가 주관 및 협업을 하는 형태로 출연(연) 및 지자체 등과 함께 사업을 시행하여 성과 도출 및 확산에 주력
- 2014년 중 추가적으로 2차 과제가 도출될 예정이며, 이는 융합신산업 창출을 통한 창업 및 일자리 확대에 초점을 맞춰 상향식 공모 및 하향식 기획의 두 가지 방식으로 진행
- 비타민으로서의 대표성과 상징성을 지니는 대형 flagship 프로젝트 발굴이 2차 과제 선정의 주된 초점이며, 향후 3년간 120여개 규모의 과제 추진 계획 중

<표 II -58> 비타민 프로젝트 세부과제 및 관련부처

분야	세부과제	관련부처
농축수산물	농업재해 걱정없는 ‘미(米)리알림’, 친환경·고효율 시설원에 삼중발전·제어 기술 개발, 제값주고 제값받는 농산물 산지 직거래 서비스, 바다 위의 냉장고와 스마트 컨테이너, 수상로봇 이용 해파리 퇴치의 5개 과제	농식품부, 농진청, 해수부 등
문화관광교육학습	IoT 기반 내 손안의 관광, 네트워크형 원격 스마트 과학교실의 2개 과제	문화재청, 교육부 등
보건의료	한국형 연제, 어디서나 My 병원(산재병원 대상 시범), 마약류 의약품 지키미 서비스의 2개 과제	고용부, 식약처 등
주력 전통사업	차세대 향해 안전 e-Navigation, 건설비용 저감을 위한 3D기반의 건축 구조를 최적화 서비스, e-Building care 서비스, 새는 전기요금 잡아주는 상수도 펌프 관리, 민고 찾는 착한 주유소의 5개 과제	해수부, 국토부, 환경부, 순천시 등
소상공업창업	e-특허 하나로 서비스, 클라우드 산업 활성화를 위한 개방형 클라우드 플랫폼 개발, 전통 재래시장 원터치 쇼핑, 3D 프린팅 기반 창업 아이디어 발전소의 4개 과제	특허청, 안행부, 우정사업본부, 부산시 등
재해재난SOC	국민건강보호를 위한 초미세먼지 피해 저감, 국토환경 모니터링 서비스, 녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급, 실시간 네트워크 위협 탐지 및 관리 기반 기술 개발, 지능형 CCTV 통합 플랫폼 개발의 5개 과제	환경부, 국방부, 안행부 등

○ 다부처 협업을 넘어서 기획 단계부터 사회의 다양한 행위자가 참여하여 비전을 공유해가는 사회·기술시스템론의 시각을 도입하는 것이 필요

- 다부처 협업과 다양한 행위자 참여의 시도는 사회·기술시스템론의 관점을 국가 융합기술 연구에 일부 도입한 것으로 해석 가능
- 사회·기술시스템론은 기획 단계부터 다양한 행위자의 시각을 조합할 것을 요구
- 사회·기술시스템론의 사회문제 설정이란, 과학기술계가 주도해 왔던 문제 정의를 기준을 벗어나 사용자와 서비스 제공자, 수요부처가 공통적으로 해결하기 원하는 과제를 선택하

는 작업

- 기획 단계부터 과학기술자, 인문사회과학자, 시민사회조직이 모두 참여하여 사회문제, 기술적 대안, 이해당사자들의 이해상충 부분, 제도적 개선 방향 등을 포괄적으로 검토하는 절차상의 요건이 구비되어야 할 것

(2) 사회문제 해결의 시스템화: 법·제도 개선과 수요자 중심의 관점 도입

○ 법·제도 개선 규정

- “신과학기술 프로그램 추진전략”에서는 ‘제도개선 등 정책 부서가 함께 기술기획 뿐 아니라 제도기획을 함께 추진’하고, ‘사업화 장애요인 등 제도 정비 지원 및 시장 창출 방안을 마련’한다고 규정
- “과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천계획”에서는 ‘다양한 정책 수단을 종합적으로 연계’하여 기술개발 외에 ‘법·제도개선, 정책수립’등을 병행할 것을 명시
- “창조 비타민 프로젝트”의 추진전략중 하나로 ‘법제도 개선을 병행함으로써 사업성과의 제도화까지 One-stop으로 지원’한다고 명시
 - 예: 마약류에 RFID 시범적용 후 ‘부착의무화’ 법개정 등
- “융합기술 발전전략”에서는 ‘융합기술 관련 정의, 기본계획, 시행계획, 기술영향평가, 기술수준평가, 전문인력양성, 기술사업화 등의 법률적 뒷받침을 위해 과학기술기본법 제17조를 보완’할 것을 규정

○ 다양한 참여자의 확보와 수요자 전달체계 확립 규정

- “신과학기술 프로그램 추진전략”에서는 ‘수요자 중심의 상시적인 사전기획 기능을 강화’하고, ‘국민, 인문사회학자, 경제학자, 과학기술자 등 다양한 주체의 의견이 조화된 사회문제를 설정’하며, ‘서비스 전달 및 공급 체계를 지원’할 것을 규정
- “과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천계획”에서는 ‘기존 또는 신규 R&D 과제에 대해 전략로드맵에 따라 R&D 결과가 수요자에게 전달되고 산업·일자리로 연결’되도록 종합적인 행동계획을 수립할 것을 명시
- “창조 비타민 프로젝트”에서는 ‘종래의 공급자 위주-거대계획 방식을 지양하고 미래부와 수요부처간 긴밀한 협업’ 하에, ‘성과물을 바탕으로 보급형 모델화 및 공동활용 인프라 구축’을 규정

○ 의도한 바와 같이 기술의 개발·획득을 넘어서는 사회시스템 차원의 고려가 이루어지고 있는지에 대한 모니터링 필요

- 대부분의 사회문제 해결형 융합연구 과제가 시행초기라서 평가하기에는 이른 상황
- 거의 모든 사업의 연구책임자가 과학기술자로 이루어져 있기 때문에, 인문사회계 전문가들과의 학제간 융합, 기술개발을 넘어서는 사회시스템적인 고려, 다양한 행위자들의 이

해관계 조정 등이 관건이 될 것으로 전망

다. 사회문제 해결형 국가 융합연구사업의 문제점

(1) 융합기술 생태계의 부재

- 사회문제 해결형 융합연구사업은 기술과 서비스의 개발 뿐 아니라 사회문제 해결형 혁신 활동을 효과적으로 수행할 수 있는 생태계 형성을 염두에 두어야 함
 - 혁신활동의 기반과 요소기술이 확보되었다면 다음 단계는 기술개발을 넘어 혁신주체의 행동을 바꾸고 혁신을 지속적으로 추진할 수 있게 하는 혁신체제의 형성에 있음
 - 생태계 형성을 고려한 사회문제 해결형 융합연구사업의 추진과 생태계 강화를 위한 하부구조의 구축이 모두 필요한 상황
 - 사업의 기획, 추진, 실증화, 평가의 모든 단계에서 기술개발 뿐 아니라 종합적인 융합 생태계 구축을 고려해야 함

- 융합기술 생태계라고 부를만한 국가 차원의 네트워크 기반이 조성되지 못한 상황에서 개별 사업으로는 큰 효과를 거두기 어려움
 - 다양한 정부 부처들이 각각의 융합기술관련 프로그램을 지원하여 시너지 효과가 이루어지지 않고 있음
 - 각 정부부처별로 자체 융합 R&D 계획에 따라 부처 특성에 맞는 사업을 추진해 오음
 - 우리나라의 융합 산업은 전문인력이 부족하고 산학간 협력체제 구축에도 난항을 겪고 있음
 - 사회적 경제조직은 사회적 혁신의 핵심주체가 될 수 있으나, 현재 사회문제 해결형 R&D 사업의 성과를 사회서비스와 연결하여 구현할 수 있는 사회적 경제조직은 대단히 취약한 상황
 - 영리기업은 사회서비스 영역과 시장에 큰 관심을 두고 있지 않아 혁신능력이 낮음

(2) 사회문제 해결형 융합연구사업의 경험 부족

- 사회문제 해결형 국가 융합연구사업은 대부분 시행 초기단계에 있어, 적절한 방향에도 불구하고 시행의 면에서 많은 미비점이 있는 상태
 - 문제 해결을 필요로 하는 사회 부문과 이를 해결해야 하는 융합기술 연구 부문의 상호소통이 부족하여 충분한 문제 파악과 의견 수렴이 이루어지지 않고 있음
 - 해결해야 하는 사회문제를 구체화시키고 문제의 원인을 규명하는 작업이 아직 초기단계에 있는 상황
 - 사회문제 조사 및 정보구축이 체계적으로 이루어지지 않아 해결해야 할 문제를 정확히 파악하고 이에 대한 기술적 대응책을 강구하는 것이 난해

- 수요자의 범주 규정과 개발된 기술의 사용자 전달 방법에 대한 시스템적인 발전이 이루어지지 않고 있으며, 사회문제 해결형 융합연구사업 역시 기술개발에 주된 초점이 맞춰져 있어 공급자 위주의 사업으로 진행
- 연구 참여자의 다양성이 확보되지 않고 있어 학제간 연구수행이 이루어지지 않고 있음
 - 사회문제 해결과 기술개발을 통합적 관점에서 볼 수 있는 융합형 전문가와 전문 연구조직이 부족하여 사업 기획시 기술개발에만 초점이 맞춰지는 경우가 다수
 - 사회문제 해결형 국가 융합연구사업에는 과학기술 전문가와 경영 전문가 이외에도 각종 사회과학(심리학, 사회학, 정책학), 법학, 그리고 인문계열의 전문가 참여가 필요
 - 학제간 협력사업을 표방하지만 실제로는 과학기술 전문가 위주의 기술개발이 연구 수행의 대부분을 차지하며, 학제간 연구수행은 수사적 차원에 머무름
 - 대규모의 다부처 협력사업이 시행되고 있으나, 상시적으로 갈등을 조정하고 합의를 도출할 범부처 상설협의체의 설립 및 원활한 운영에 이르지 못하고 있는 상태
 - 국내 융합기술 연구개발은 부처별, 기술 분야별, R&D 단계별, 수행주체별로 각각 단절된 모습

(3) 융합 부문에서 선진국 대비 기술·시장 격차 존재

- 기초·원천 과학기술의 부족으로 인해 융합 부문에서 선진국과의 격차 존재
 - 초기단계의 국내 융합기술은 선진국 대비 50~80% 수준
 - 융합기술은 주로 기초연구 분야를 기반으로 하는 만큼 R&D가 중요하지만, 이에 대한 투자는 적은 편
 - OECD 분석에 따르면 '07년 한국 NT 분야 공공 R&D 투자는 2.8억달러로 미국(14.3억달러), 일본(6.7억달러), EU(5.3억달러) 등 선진국과 비교시 절대적으로 낮은 상황
- 국가 융합연구의 중심이 되는 부문인 IT와 다른 부문의 융합을 위한 기반 미비
 - 제품경쟁력 강화와 제조업의 고부가가치화 등을 위해 제조업의 IT 기반 융합이 필수조건으로 대두된 상태
 - IT와 타 산업 간 융합을 촉진할 수 있는 산업생태계(법, 제도, 문화 등)가 미흡하고, 융합신제품에 대한 시험인증시스템, 테스트베드, 표준, 데이터 등 융합인프라가 없어 상용화에 한계 노정
 - 산업 간 협력기반이 미흡하고, 시험인증통계 등 융합인프라가 부족하여 국내 IT융합시장 형성 지연
- 새로운 융합산업 및 융합시장의 창출을 위한 융합기술개발사업의 부족
 - 현재의 융합 R&D 사업들은 기술개발, 인프라 조성, 기술개발 자금 지원에 중점을 둠

- 새로운 산업과 시장의 창출을 위한 표준 마련, 규제 시행, 보조금 지원 등 구체적인 제도혁신의 면은 상대적으로 부족
- 산업경쟁력이 약한 분야의 기술개발을 지원하여 사업화로 연결하거나, 새로운 기술혁신 주체(벤처)를 지원하는 정책이 미흡
- 융합 신기술 연구와 융합연구 벤처를 활용한 혁신보다는, 기존 기술의 개량 및 기존 기업의 혁신을 촉진하는 정책이 주를 이룸
- 융합 신산업은 시장으로 활성화되기까지 불확실성 요인이 편재되어 있고, 기존 주력 산업들의 융합은 시간이 많이 소모되므로 정부주도의 R&D가 특히 중요

라. 사회문제 해결형 국가 융합연구사업의 향후 발전방안

(1) 국가 융합연구사업에 사회·기술시스템론 관점을 도입 및 내재화

- 과학기술자 등 기존의 주요 기술개발 행위자들이 지닌 기술개발 중심의 R&D 프레임을 사회문제 해결 중심으로 전환할 것이 요구됨
 - 사회문제를 해결하기 위한 기술개발에는 강점을 보이지만, 기술 획득 이후 종합적으로 어떻게 사회문제를 해결할지에 대한 논의는 미흡
 - 복잡한 사회문제 해결을 위해 기술개발을 넘어 문제의 정의, R&D, 법·정책·제도의 마련, 실용화, 서비스 체계 구축, 전달과정 효율화 등 시스템 전체를 아우르는 사회·기술시스템론의 통합적 프레임 확립 필요
- 연구, 평가, 참여, 전달 등 기술개발 이외의 면에서 종합적인 시스템 전환이 필요
 - 사회문제가 복잡해짐에 따라 과학기술 분야 간의 융합연구와 더불어 과학기술과 인문사회 분야를 포괄하는 다학제적 연구의 필요성 증대
 - 사회문제 해결형 R&D 활동의 성과는 논문·특허 등 기존의 기준에 따라 판단할 것이 아니라, 사회문제를 실제로 얼마나 해결했는지에 초점을 두어야 함
 - 다양한 이해당사자의 참여와 최종수요자에게의 전달이 중요하며, 이를 원활히 하기 위해 전문가와 사용자 간 이루어지는 공동의 인식 공유 및 학습효과를 중시해야 할 것

(2) 인프라와 평가체제 등 연구 기반의 확충 및 개선

- 글로벌 융합기술 시장을 선점하기 위해 한국이 취약점을 보이는 연구 인프라에 많은 투자 필요
 - 우리나라의 융합기술 개발체제는 인프라를 갖춘 시스템적 접근에 기반을 둔 선진국형이 정착되지 않고 있는 상황
 - 융합기술 연구 인프라의 구축이 요구되며, 이를 위해 첨단기술과 현장의 필요성을 반영한 융합기술을 확산시키고, 연구개발 단계별 전략에 따른 정책지원 필요

- 융합기술의 발전에 따른 새로운 국면의 도래와, 급변하는 인간의 생활환경, 기업환경, 사회환경 등 사회·기술시스템론 관점에서 융합기술 연구개발 인프라를 수립
- 단기적으로는 기존 제품과 신제품의 특성을 고려한 융합형 기술을 개발하여 기술 확장
- 중장기적으로는 첨단기술과 수요를 융합한 융합형 기술로 전환하여 융합기술 시장에 진출

○ 사회문제 해결형 융합연구개발 성과에 대한 평가체제 개선

- 기존의 과학기술 연구개발과 평가지표를 달리하는, 사회문제 해결형 융합연구개발 사업만의 평가체제의 확립이 필요
- 논문, 특허, 기술수준 등의 혁신지표보다는 대상으로 하는 사회문제의 해결 정도, 수요자의 만족도, 참여 행위자의 다양성, 전달체계의 효율성 등을 중심으로 하는 지표 마련 필요
 - 영국 정부 제3섹터실(Office of Third Sector)의 ‘사회투자수익(social return on investment)’ 개념을 참조하여, R&D의 사회적 공헌에 대한 한국적 평가 지표를 개발해야 할 것
- 단기 사업의 종료 후에도 후속연구사업에 그 성과를 충분히 반영하고 미비점을 보완하는 피드백에 신경을 써서, 문제해결 융합연구의 지속성을 장기적으로 확보
- 연구 수행의 결과 사회문제 해결에 기여한 부분에 대해 적절히 보상할 수 있는 보상체계의 개선 필요
- 사회·기술시스템론의 관점에서 기술의 연구개발 뿐 아니라 사회 전체의 시스템 전환을 일으킬 수 있는 정책, 법, 제도 변화의 방법에 대한 고려가 기획부터 평가 단계에 이르기까지 상존해야 함

(3) 융합연구 생태계 조성을 위한 노력

○ 연구 지원 및 수행의 네트워크 형성을 지원하여 융합연구 생태계 조성

- 산·학·연 전체가 참여하는 네트워크를 조성하고, 민간에 연계하여 융합연구 생태계를 수립해야 할 것
- 물리적 하부구조에 의한 네트워크 뿐 아니라, 제도적 지원, 행위자 간 문화적·간접적 네트워크의 형성 필요
- 기존 산업 간 융합과 신기술 간 융합을 통한 신시장·신산업 창출, 2차 산업과 3차 산업 간의 융합을 통한 신시장·신산업 창출 등 포괄적인 시각에서 융합신산업 창출전략 수립

○ 정부, 산업계, 학계, 연구기관, 시민단체 등 다양한 행위주체가 연계된 시스템 구성

- 부처간, 사업간 공동 연계 사업을 추진하여 중장기적인 후속연구지원체계를 확립
- 정부는 산학협력의 DB 구축을 지원하고, 이를 정부부처와 출연연(연)의 DB와 연계하여

- 융합연구개발의 통합 DB를 국가적 차원에서 생성
 - 대학과 민간연구원이 이루어낸 연구의 성과를 원활히 상업화시킬 수 있도록, 국가 차원에서 정보를 취합·지원할 수 있는 기관 수립 필요
 - 국가 차원에서 기존의 R&D 단계를 수정하여, 사업화·상용화·보급·확산을 포함한 연계형 R&D 과정을 구축하고, 고객 창조 R&D 융합기술 시스템을 정립
- 국가적 차원에서 장기적인 시각과 목적의식을 갖고 우리 사회의 문제를 해결할 수 있는 융합연구개발을 지속적으로 지원
 - 현재 사회문제 해결형 국가 융합연구개발 사업은 3~5년 정도의 단기적 시한을 두고 사회적 문제를 해결할 수 있는 기술적인 솔루션 개발에 주된 초점을 맞추고 있는 상황
 - 시급한 문제에 대해서는 단기적 해결을 위한 사업추진이 필요하나, 중장기적인 관점에서 근본적인 사회문제를 분석하고 선도적·사전예방적으로 해결할 수 있는 방식 병행 필요
 - 융합이 가능한 영역을 조기에 발굴하고, 필요한 정책을 사전에 진단하여 성과를 낼 수 있는 사회문제 해결형 융합 정책·프로그램·계획 마련
 - 정부부처와 출연(연)의 임무에 사회문제 해결형 융합연구개발이라는 시각을 내재화시키는 방안 모색
 - 각 연구원별로 독립적인 연구가 이루어지는 출연(연) 체제를 더 융합적인 개방 R&D 체제로 혁신하고, 이를 지원하는 제도 및 분위기의 조성 과 투자 확대 추진
 - 정부는 공공조달사업과 시범사업 등의 시행을 통해 연구 인프라를 활성화시키고, 초기시장의 형성에 기여

\

참 고 문 헌

1. 국문자료

- 강남준. 2008. 「과학기술과 인문사회과학의 융합연구 활성화 방안」. 교육과학기술부 수탁연구.
- 강남중. 2012. 「글로벌·사회적 문제해결형 융합연구 사업모델 수립에 관한 연구」. 한국연구재단 정책연구보고서
- 고대영, 조한승, 강민성. 2010. 「u-health 서비스 수요분석 및 시장 활성화 방안」. 산업연구원 국가과학기술위원회. 2012. 「신과학기술 프로그램 추진전략(안): 더 행복한 대한민국」
- 김석화. 2012. 「산업융합 옴부즈만 포럼 발표자료」
- 미래창조과학부. 2013. 「사회문제 해결형 R&D 범부처 실태조사 추진계획(안)」
- 삼성경제연구소. 2012. 「헬스케어 3.0 건강수명 시대의 도래」
- 송위진, 성지은. 2013. 「사회문제 해결을 위한 과학기술혁신정책」. 서울: 한올아카데미
- 송위진, 성지은, 장영배. 2011. 「사회문제 해결을 위한 과학기술-인문사회 융합방안」. 과학기술정책연구원
- 송위진, 성지은, 홍성주, 한재각, 박진희. 2012. 「사회문제 해결형 혁신정책의 주요 이슈와 대응」. 과학기술정책연구원
- 송위진, 성지은, 임혹탄, 장영배. 2013. 「사회문제 해결형 연구개발사업 발전방안 연구」. 과학기술정책연구원
- 송종국. 2010. 「Issues&Policy 2010 융합기술의 미래전망: 전문가 설문조사 결과」. 과학기술정책연구원
- 양혜영. 2012. 「빅데이터를 활용한 기술기획 방법론」. 한국과학기술기획평가원
- 임팩트. 2012. 「2012 스마트케어, U헬스케어 서비스 실태와 참여업체 동향」
- 차두원, 손병호. 2007. 「일본 Innovation25 최종보고서 분석 및 시사점」. 한국과학기술기획평가원.
- 최윤희 외. 2006. 「첨단의료복합단지 조성을 위한 추진모형설정 및 기본계획 수립 연구결과」. 산업연구원.
- 한국보건사회연구원. 2011. 「u-healthcare 현황과 정책과제」.
- 한국보건산업진흥원. 2010. 「u-health 신산업 창출을 위한 사업화 전략 연구」.
- 한재각, 이정필. 2014. 「영국 에너지전환과 공동체에너지의 의의」. 과학기술정책연구원

2. 영문자료

- Avelino, Flor and John Grin.. 2014. "Beyond Deconstruction. A Reconstructivist Perspective on Sustainability Transition Governance" The Paper for 5th International Sustainability Transitions Conference.
- Devine-Wright. Patrick. 2007. "Energy Citizenship: Psychological Aspects of Evolution in Sustainable Energy Technologies." In *Framing the Present, Shaping the Future: Contemporary Governance of Sustainable Technologies*, Earthscan,
- Elzen, et al (ed). 2004. "System Innovation and the Transition to Sustainability". Edward Elgar.
- Geels, Frank W. 2004. "From Sectoral Systems of Innovation to Soci-technical Systems Insights about Dynamics and Change from Sociology and Institutional Theory". *Research Policy*. 33(6~7).
- Geels, Frank W. 2004. "Understanding System Innovations: A Critical Literature Review and a Conceptual Synthesis". In Boelie Elzen, Frank W. Geels and Ken Green (eds.). *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*.
- Ieromonachou, Petros, et al. 2004. "Adapting Strategic Niche Management for Evaluation Radical Transport Policies: The Case of the Durham Road Access Charging Scheme", *International Journal of Transport Management*, Vol. 2, No. 2.
- Kemp, Rene and Rotmans, Jan. 2005. "The Management of the Co-evolution of Technical, Environmental and Social System" In Weber, M. and Hemmelskamp, J. 2005. "Towards Environmental Innovation Systems". Springer.
- Kemp, Rene and Schot, Johan. 1998, "Ragime Shifts to Sustainability Through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management" *Technology Analysis & Strategic Management*. 10(2).
- Loorbach, Derk. 2007. "Transition Management: New Mode of Governance for Sustainable Development".
- Mathijs, Erik., Nevens, Frank., and Vandenbroeck, Philippe. 2012. "Transition to Sustainable Agro-food System in Flanders: A system Analysis". MIRA-AMS Topic Report.
- Paredis, Erik et al. 2010. "Plan C: Developing ELFM as a Transition Experiment" Context, Framing, Methodology, Questions"
- Poppe, Krijn J, Termeer, Katrien and Slingerland, Maja. 2009. "Transitions towards Sustainable Agriculture and Food Chains in Peri-urban Areas. Wageningen Academic Publishers.
- Roorda et al. Rauschmayer et al. 2012, 2013. "Towards a Governance of Sustainability Transition", InContest, EU
- Sterrenberg, Lydia, Andringa, Jose, Loordach, Derk, Raven, Rob, and Wieczorek, Anna J.. 2013. "Low-carbon Transition through System Innovation: Theoretical Notions and Application". Pioneers into Practice Mentoring Programme 2013.
- Suzanne van den Bosch. 2010. "Transition Experiments: Exploring Societal Changer

towards Sustainability”. Erasmus University.

Temmes, Armi., Virkamaki, Venla., Kivimaa, Paula., Paul, Upham., Hilden, Mikael., and Lovio, Raimo. 2014. “Innovation Policy Options for Sustainability Transitions in Finnish Transport“ Takes REVIEW 306/2014.

VITO. 2012. “Transition in Research in Transition”.

Walker, G and Patrick Devine-Wright. 2008. “Community Renewable Energy: What Should It Mean?” *Energy Policy*, 36(2).

Willis, Rebecca and Willis., Jenny. 2012. “Co-operative Renewable Energy in the UK: A Guide to This Growing Sector”. The Co-operative Group • Co-operatives UK.