

Convergence Research Review

# 융합연구리뷰

국가연구개발사업 관점에서 본  
융합기술R&D 활성화 전략

융합연구 식별 방법에 대한 고찰  
: 국가연구개발사업을 중심으로

## 목차

융합연구리뷰 | Convergence Research Review  
2015 May vol.1 no.2

- 
- 03 편집자주
  - 04 국가연구개발사업 관점에서 본  
융합기술R&D 활성화 전략
  - 30 융합연구 식별 방법에 대한 고찰  
: 국가연구개발사업을 중심으로
- 

### 표지 이야기

다양한 분야가 한 데 어울려 묶이는  
융합트리 모식도 그림



## 융합연구정책센터 KIST

Convergence Research Policy Center

발행일 2015년 5월 6일

발행인 하성도

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터  
136-791 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5  
tel. 02-958-4984 | <http://crpc.kist.re.kr>

편집 (주)디자인플럼 tel. 051-202-9201



## | 편집자주 |

정보화시대를 지나면서 시대의 화두로 떠오른 '융합'. 이에 전세계 각국은 '융합' 분야에서 선도적인 위치를 확보하기 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 우리나라 또한 이러한 치열한 경쟁 속에서 R&D 분야를 중심으로 '융합'에 대한 지원을 충실히 수행하며, 일부의 평이기는 하지만 융합 R&D 분야에서 전세계를 선도해 나가는 역할을 수행하고 있다는 평을 듣고 있다.

하지만 내부적으로 자세히 살펴보면 진정한 '융합'을 통한 융합 R&D 지원은 먼 것처럼 보인다. 부처별 입무에 따른 칸막이, 기관별·연구자별 성과 경쟁 등으로 인한 구조적 문제와 연구자간 교류부족, 아이디어 도용 우려, 학문간 폐쇄적 문화 등의 융합 저해 요소가 만연해 있다. 또한 '융합'은 본디 환경문제 해결 등 목적을 달성하기 위해 자연스럽게 발생하는 현상인데, 기술 중심적 시각으로 융합 R&D 지원이 기술개발을 위한 제한적 융합에 한정되어 이루어지다 보니 그 결과물이 사업화 연계나 사회문제 해결 등으로 이어지지 못하고 있다.

이에 이번 호의 1부에서는 융합 R&D를 저해하는 요소를 발굴하여 이를 개선하고, R&D를 진행하는데 있어 좀 더 자연스러우면서도 광범위하게 분야별, 단계별, 주체별, 영역별 융합이 촉진될 수 있는 융합기술 R&D 활성화 방안에 대해 국가연구개발사업 관점에서 다뤄보고자 한다. 본 리뷰를 통해 융합 R&D의 개선 방향에 대한 공감대가 형성되어, 향후 현장에 있는 연구자들이 좀 더 활발한 융합 R&D를 진행하는데 도움이 되길 기대해 본다.

이어 2부에서는 기존 융합연구 식별 방법들을 분석해보고, 분석 결과를 바탕으로 새로운 융합연구를 식별하는 방법을 제시해 보고자 한다. 융합연구는 전세계적으로 활발히 이루어지고 있지만 명확히 융합연구가 무엇이라고 정의를 하여 분류하고, 이를 기반으로 분석을 수행하고 있는 나라는 없다. 융합연구를 선도해 나간다고 평가 받는 우리나라는 국가연구개발사업 중 융합기술사업이라 분류된 연구들을 기반으로 융합연구를 분류하여 정량적 분석을 수행하고 있으나, 이 또한 많은 한계를 내포하고 있다. 본 리뷰를 통해 명확한 융합연구 식별 방법에 대한 논의가 본격화되고, 향후 융합연구 지원 정책을 수정·보완하는데 융합연구 식별방법이 활용되어 우리나라가 융합연구 분야의 선도적 입지를 공고히 할 수 있는 기회가 되기를 기대해 본다.

# 국가연구개발사업 관점에서 본 융합기술R&D 활성화 전략

KIST 융합연구정책센터 류성한 연구원\_shryu@kist.re.kr





## 들어가면서

### 융합기술의 등장

우리에게 '융합'이라는 단어는 더 이상 낯설지 않다. 그 실체에 접근하는 방식은 다양각색이나 '융합'이 시대를 관통하는 무언가가 되었다는 점에서는 이견이 없을 것이다. 과학기술 분야의 '융합'도 전체의 흐름과 그 맥을 같이 한다. 과학혁명 이후 진행된 지식의 분절화와 각 분야의 전문화를 통해 성취한 과학기술의 진보가 20세기 후반에 이르러 한계 상황에 봉착하면서 연구자들에게는 새로운 돌파구가 필요했다. 결국 연구자들은 경계를 넘기 시작했다<sup>1)</sup>. 융합기술의 등장이다.

융합기술은 1980년대를 기점으로 정보기술(Information Technology, IT) 분야에서 이뤄진 일련의 혁신들을 그 시발점으로 볼 수 있다. 디지털 기술과 인터넷을 중심으로 컴퓨터, 통신, 방송 등을 하나로 연결한 융합제품과 서비스가 소개되기 시작한 것이다. 이후 생명공학(Bio Technology, BT) 분야에서 생물학, 물리학, 화학, 정보학, 윤리학 등의 융합을 통해 유전자 연구가 진일보하며 융합기술의 또 다른 기틀을 마련하였고 1990년대 말, 화학, 물리, 재료공학 등이 융합한 새로운 기술로서 미래 융합의 기반이 되는 나노기술(Nano Technology, NT)이 등장하면서 융합기술로의 본격적인 전환이 촉발되었다.

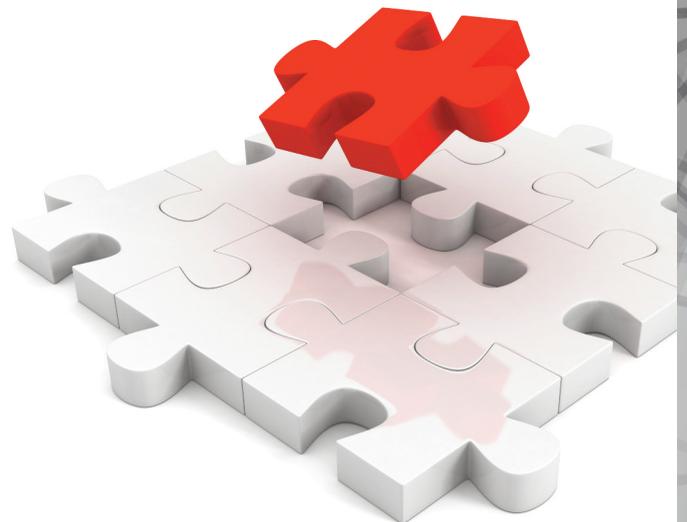
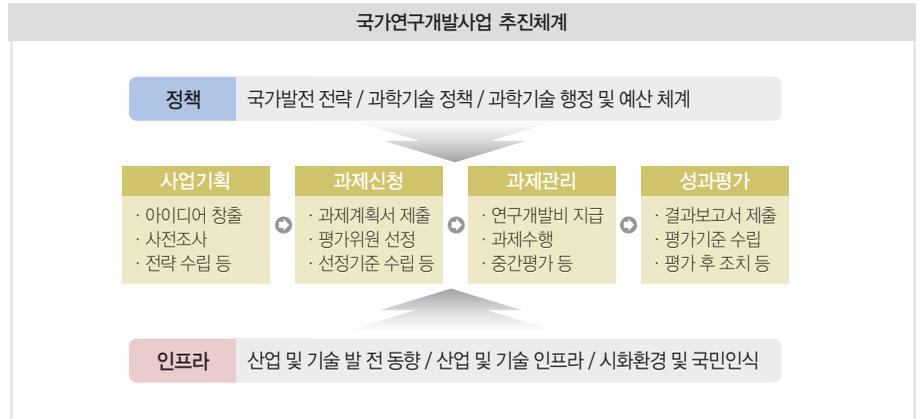
NT, BT, IT 등의 기반 기술 분야가 독립적으로 발전하던 초기 단계를 거쳐 나노기술에서 다루는 나노 단위의 물질을 생명공학 분야의 연구에 적용하거나 거대하고 복잡한 유전자 정보를 다루는 데에 적용기술을 사용할 수 있다는 인식이 등장하면서 융합기술의 영역은 급속도로 팽창한다. 여기에 인간 정신의 영역을 탐구하는 인지과학(Cognitive Science, CS) 분야가 fMRI와 같은 새로운 기기의 출현에 힘입어 크게 성장하며 2000년대 초반 미국을 중심으로 하는 NBIC 융합기술 패러다임<sup>2)</sup>이 탄생하게 된다.

1) 20세기 후반 이전, 더 나아가 과학혁명 이전 시대에도 과학기술 분야의 '융합' 사례들을 여럿 발견할 수 있지만, 그것은 지식체계 상의 한계에 기인한 것이라기보다는 뛰어난 개인의 창의성 발현으로 해석하는 것이 옳다.

2) 4가지 첨단기술(NT, BT, IT, CS) 간 상승적 결합(synergistic combine)을 통해 인간의 능력을 향상시키는 것을 그 목적으로 한다.



이를 위하여, 우선 융합기술의 개념을 정리하고, 융합기술에 대한 이해도를 높일 수 있는 각 유형별 융합기술의 특징과 대표 사례 소개한 다음 국내외 융합기술정책 동향 분석을 통해 융합기술 R&D 활성화를 위한 시사점을 정리했다. 정리한 융합기술의 개념, 국내외 융합기술정책 동향과 함께 전문가들을 대상으로 진행한 간담회 및 토론회 내용을 중심으로 융합기술R&D 활성화를 저해하는 요인들을 도출하였다. 저해 요인들에 대한 대응 전략을 국가연구개발사업 추진체계에 반영하여 융합기술R&D 활성화를 위한 핵심전략과 이 전략들을 실행하기 위한 실천과제들을 제시하면서, 본 리뷰를 마치고자 한다.



## 융합기술의 개념과 유형

### 융합기술의 개념과 특성

융합에 대한 개념적 범위는 분야에 따라 다양하지만 공통적으로 두 가지 특성을 공유하고 있다. 하나는 이종(異種) 간의 '화학적 결합'이 이루어진다는 것이고 또 다른 하나는 '새로운 가치'가 창출된다는 것이다. '화학적 결합'은 산소와 수소가 결합하여 물이 되는 것과 같이 둘 이상의 요소들이 서로 완벽히 녹아들어 어떤 부분도 떼어낼 수 없는 상태가 되는 것을 의미하며 개별 요소들의 '물리적 결합'인 복합에 비해 그 결합의 정도가 높다. 그러나 '화학적 결합'이 일어났다고 해도 '새로운 가치'가 창출되지 않으면 진정한 융합이라 할 수 없다. 기존의 한계를 극복하거나 문제를 해결하는 것 또는 새로운 영역을 개척하는 것 등이 '새로운 가치' 창출의 대표적인 사례이다.

이러한 융합의 개념에서 바라보면, 융합기술은 '기술적 융합'의 결과물로서 '가치 창출의 도구' 역할을 하는 기술로 설명할 수 있다. 여기에서 '기술적 융합'은 여러 기술의 혁신이 동시다발적으로 일어나면서 자연적 또는 의도적으로 결합하는 것을 가리키며 '가치 창출의 도구'는 융합기술이 어떠한 목적 달성을 위한 '수단'이 된다는 것을 의미한다. 이는 융합기술 자체가 목적이나 지향점이 될 수 없음을 뜻하는데 이점을 인식하는 것이 바로 융합기술R&D 활성화를 위한 출발점이다.

융합기술은 단일 분야 기술의 혁신인 첨단기술, 기존 기술 분야 간의 물리적 결합인 복합기술, 상황에 기반을 둔 기술적 활용인 적정기술 등과 대비되며 일반적으로 대규모의 재정적·시간적 투자가 필요하고 그 성과를 다양한 영역에서 활용할 수 있다는 특성을 지니고 있다.



## 융합기술의 유형

융합기술은 그 세부 특성에 따라 다섯 가지 유형으로 분류할 수 있다.

첫 번째 유형은 다른 분야의 아이디어 또는 방법론을 도입하는 경우다. 특정 기술 분야가 한계에 도달했을 때 이를 극복하기 위해 기술적 교류가 없었거나 적었던 분야를 활용하는 것이다. 이 때 다른 분야를 좁게 본다면 과학기술 분야 중심일 수 있으나 범위를 확장해 보면 인문사회 또는 예술 분야의 아이디어나 방법론도 활용될 수 있다. 이 유형의 대표적 사례로는 문어 다리의 원리를 적용한 수술용 로봇을 꼽을 수 있다. 기존 수술용 로봇기술 개발이 한계에 이르자 문어 다리 빨판의 생물학적 원리에 착안하여 움켜쥐는 힘을 조절할 수 있고 부드럽게 휘어지는 수술용 로봇기술을 개발한 것이다.

두 번째 유형은 과학기술의 다른 분야에 기술적 요소를 도입하는 것이다. 인문사회, 문화예술 등 과학기술의 활용이 적었던 분야의 문제 해결을 위해 이·공학적 방법론을 적용하는 경우다. 스포츠 분야에서 인간 한계의 극복을 위해 최첨단 과학기술을 도입하는 스포츠 과학이 대표적인 예다. 아이스 스케이팅 센서(Ice skating sensors)는 동작을 감지해 3D 그래픽으로 변환시켜주는 센서를 통해 효과적인 스케이팅 기술 분석이 가능하도록 도와주는 기술로 선수들의 점프 및 스피ن 습득 능력 향상에 큰 도움을 준다.

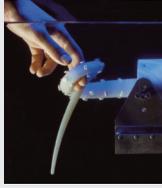
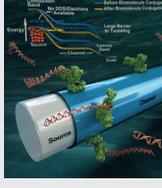
세 번째 유형은 특정 기술 분야의 산출물을 타 기술 분야의 투입요소로 활용하는 것이다. 선행 기술 개발의 결과를 후행 기술 개발에 투입하는 것으로 선행 및 후행 기술개발의 결과물 모두를 융합 기술로 볼 수 있다. 예를 들어, 유전자, 암세포, 환경호르몬 등 특정 물질의 존재 여부를 감지할 수 있는 바이오 센서를 나노 스케일로 소형화한 나노바이오 센서(Nano-Bio sensor)는 각종 부품을 나노미터 수준에서 결합하는 기술이 투입요소로 활용된 융합기술이다. 이 융합기술은 질병진단을 목적으로 의료분야에서 주로 활용되고 있으며 환경, 식품 분야 등에서도 활용 가능성이 무궁무진하다.

네 번째 유형은 둘 이상의 이종 요소기술들이 유기적으로 결합하여 새로운 기술을 구성하는 것이다. 이 유형의 융합기술은 요소기술별로 병렬 개발 후에 별도의 통합 과정이 필요하다. 스마트 자동차 기술이 대표적인 사례로 기계 중심의 전통적인 자동차 기술에 전기전자, 정보통신 기술 등을 접목하여 자동차의 내·외부 상황을 실시간으로 인식하고 다양한 안전·편의 기능을 제공할 수 있다. 요소기술들의 특성이 어느 정도 유지되며 결합하는 형태이기 때문에 다양한 조합과 활용이 가능하다는 특징을 지니고 있다.

마지막 유형은 둘 이상의 기술 분야가 공통의 목표 달성을 위해 수렴하는 경우다. 기술 간 경계가 허물어지면서 각 영역들이 결합하여 새로운 기술 영역이 창출되는 것이다. 인간의 두뇌와 컴퓨터를 직접 연결해 뇌파를 통해 컴퓨터를 제어하는 기술인 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface)가 대표적인 예로 신경공학을 중심으로 인지과학, 의공학, 전기·전자, 정보통신기술 등이 융합하여 의료적인 목적 외에 교육, 마케팅, 차세대 인터페이스 등 여러 분야에서 활용되고 있다.

지금까지 다섯 가지 유형의 융합기술을 살펴본 바, 그 성격에 따라 고유의 특성을 지니고 있음을 확인하였다. 기술 간 결합의 정도나 범위의 차이는 존재하지만, 융합을 통해 새로운 가치를 창출한다는 점에서는 동일한 목적을 갖고 있다는 것도 주지의 사실이다. 따라서 융합기술R&D의 활성화를 위해서는 유형별 융합기술에 따른 맞춤형 전략과 함께 융합기술R&D 전반을 위한 거시적 관점의 방안도 필요할 것이다.

융합기술 유형과 대표 사례

유형	대표 사례
1. 타 분야의 아이디어 또는 방법론 도입	<p><b>문어 다리의 원리를 적용한 수술용 로봇</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (바이오닉 로봇 융합기술) 다양한 생명체의 행위 원리를 이해하고 이를 모사 및 구현하는 기술</li> <li>- 기존 수술용 로봇기술의 한계 ⇒ 문어 다리 빨판의 생물학적 원리에 착안 ⇒ 움켜쥐는 힘을 조절할 수 있고 부드럽게 휘어지는 수술용 로봇기술 개발 착수</li> </ul> 
2. 과학기술 외 분야에 기술적 요소 도입	<p><b>아이스 스케이팅 센서</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (스포츠과학기술) 스포츠 분야에서 인간 한계 극복을 위해 최첨단 과학기술을 도입</li> <li>- 동작을 감지해 3D 그래픽으로 변환해주는 센서 장착 ⇒ 효과적인 스케이팅 기술 분석 가능 ⇒ 선수들의 점프, 스피ن 습득 능력 극대화</li> </ul> 
3. 특정 기술 분야의 산출물을 he 기술 분야의 투입요소로 활용	<p><b>나노바이오 센서</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유전자, 암세포, 환경호르몬 등 특정 물질의 존재 여부를 감지할 수 있는 바이오센서를 나노 스케일로 소형화하는 기술</li> <li>- 각종 센서와 회로를 나노미터 수준에서 결합하는 나노기술을 나노바이오센서 개발의 투입요소로 활용</li> <li>- 질병진단 중심의 의료분야 외 환경, 식품 분야에서 활용 가능</li> </ul> 
4. 둘 이상의 요소기술들을 유기적으로 결합	<p><b>스마트 자동차 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기계 중심의 자동차 기술에 차세대 전기전자, 정보통신, 기능제어 기술을 접목하여 자동차의 내외부 상황을 실시간 인식, 고안전·고편의 기능을 제공하는 기술</li> <li>- 기계, 전기전자, 정보통신 등 요소기술들의 특성이 어느 정도 유지되면서 유기적으로 결합</li> </ul> 
5. 둘 이상의 기술 분야가 공동의 목표 달성을 위해 협력	<p><b>뇌-컴퓨터 인터페이스</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인간의 두뇌와 컴퓨터를 직접 연결해 뇌파를 통해 컴퓨터를 제어하는 인터페이스 기술</li> <li>- 신경공학을 중심으로 인지과학, 의공학, 전기·전자, 정보통신 기술 등이 의료적인 목적 달성을 위해 융합</li> <li>- 교육, 마케팅, 차세대 인터페이스 분야에도 활용 가능</li> </ul> 

## 국내외 융합기술 정책 동향

### 융합기술 정책의 태동과 발전

융합기술 정책의 시작은 2003년 미국의 'NBIC 보고서'<sup>4)</sup>로 볼 수 있다. 국립과학재단(NSF)의 지원으로 작성된 이 보고서에서 융합기술은 4개 NBIC 분야(NT, BT, IT, CS)의 기술 간 또는 기술 내 상승적 결합을 통해 인간의 수행능력을 향상시키는 기술로 정의된다. 'NBIC 보고서'의 영향을 받은 2004년 EU의 'CTEKS 보고서'<sup>5)</sup>에서는 NT, BT, IT 기술 분야 이외에 인문사회 영역을 포함한 포괄적 의미의 융합기술을 제시하였다. 일본은 '제2기 과학기술기본계획('01~'05)'에서 IT, BT, NT, ET를 4대 전략 분야로 선정하였으며 융합을 기존 기술의 한계를 극복하기 위한 가장 중요한 수단으로 제시하였다.

이와 같이 초기의 융합기술이 인간 기능의 향상 또는 기술의 한계 극복에 초점을 맞추고 있었다면 최근 들어서는 미국, EU, 일본 모두가 융합기술이 각 나라가 직면한 사회·경제 문제의 해결을 위한 돌파구 역할을 해줄 것으로 기대하고 있다. 미국은 2012년 사회적 문제 해결과 이를 통한 인류 진보를 추구하는 '제2차 NBIC 전략'을 수립하였으며 융합기술을 통해 신성장 분야를 창출하고 글로벌 이슈를 해결함으로써 미국의 경제적 리더십과 신뢰도를 회복하고자 하고 있다. 금융 위기의 여파로 경제 침체에 빠져 있는 EU는 핵심 R&D 프로그램인 'Horizon2020('14~'20)'을 통해 미국과의 경제력 격차 해소와 국제사회에서의 영향력 회복을 목표로 신성장 동력 확보를 위한 융합기술에 투자하고 있다. 일본은 '제4기 과학기술기본계획('11~'15)' 수립을 통해 지진 등의 자연재해에 대한 해결 방안 모색, 주력 기술 분야의 기반 안정화, 신산업 창출을 통한 고용증대 등을 위해 융합기술에 투자하고 있다.

### 미국의 융합기술정책

미국의 융합기술R&D는 정책과 사업을 특별히 구분하지 않고 국가적 차원의 이슈들을 범부처적으로 해결하는 정책·사업 일치형으로 진행되는데 흔히 이니셔티브(Initiative)로 표현된다. 이는 우리나라의 '기본계획' 또는 '발전전략'과 유사하나, 세부적인 사항은 배제하고 큰 전략 방향성만 제시한다는 점에서 차이가 있다. 미국의 융합기술R&D 사업들은 중앙 집권적 실행기구 없이 개별적으로 기획되나 앞서 말한 이니셔티브와 같은 큰 미션 하에 각 사업들이 초점을 맞추는 방식으로 진행된다. 미국은 융합기술R&D에 민간 기업의 투자가 많고 매년 의회와의 협상을 통해 예산을 결정하기 때문에 현안에 대한 대응력과 유연성이 높은 특징을 지니고 있으며 우수한 연구인력, 최대 규모의 R&D 투자 등을 바탕으로 미래유망 융합기술 분야를 선도하고 우수한 성과를 창출하고 있는 것으로 평가할 수 있다.

4) Converging Technologies for Improving Human Performance: Nano, Bio, Information Technology and Cognitive Science

5) Converging Technologies Shaping the Future of European Society

## EU의 융합기술정책

EU의 R&D사업은 유럽위원회 연구국<sup>6)</sup>이 담당하는 'EU 사업' 과 각 회원국에서 관리하는 '회원국 사업' 으로 분리 운영되고 있다. 유럽위원회 연구국은 EU 정책 목표에 대한 기여도, 연구역량, 부가가치 등을 고려해 우선투자 분야를 선정하는 임무를 담당하고 있으며 핵심 R&D지원 프로그램인 Framework Programme<sup>7)</sup>을 통해 'EU 사업' 을 관리하고 있다. 융합기술R&D사업의 경우 연구 분야가 설정되고 이에 맞게 주제 범위가 제한되는 '테마형 사업' 과 연구기관 재량에 맡기는 '비테마형 사업' 으로 구분된다. 테마형 사업은 글로벌 트렌드나 국가적 특수성 등에 따라 국가별로 차이가 있다. '비테마형 사업' 은 분야 제한 없이 연구기관에 일정금액의 자금이 배분되어 기관 재량에 따라 연구가 수행된다.

## 일본의 융합기술정책

일본의 과학기술정책은 문부과학성(기초연구)을 중심으로 경제산업성(응용 및 산업연구), 총무성, 후생노동성, 농림수산성, 국토교통성, 환경성 등의 7개 부처가 주로 참여하고 있다. 일본은 중앙부처가 지방의 관할 자치단체까지 관리하는 대표적인 피라미드형 행정 시스템을 갖고 있는데 이로 인한 문제점을 해소하기 위해 범정부기관인 종합과학기술회의의 주도로 과학기술연계시책군<sup>8)</sup> 사업을 운영하고 있다. 약 70%의 정부R&D 예산이 문부과학성에 집중되어 있으며 융합기술정책 또한 문부과학성이 담당하는 과학기술기본계획에 포함되며 타 부처들이 세부 정책에 참여하는 형태로 추진된다.



6) European Commission Directorate for Research

7) 'Horizon2020('14~'20)' 이 Framework Programme의 8기 프로그램이다.

8) 각 부처 시책을 관통하는 국가·사회적 이슈를 고려하여 관계 부처의 제휴 아래 추진해야 할 연구 주제를 선정한다.

## 우리나라의 융합기술정책 추진 현황

우리나라의 융합기술정책은 2008년 舊교육과학기술부가 중심이 되어 수립한 범부처 '국가융합기술 발전 기본계획('09~'13)' 을 그 시작으로 한다. 창조적 원천융합기술 확보, 산업 고도화를 통한 신성장동력 창출을 목표로 하는 1차 기본계획을 통해 융합기술 발전을 위한 기반을 마련하였으며 2012년, 산업융합 촉진과 기반 조성을 통해 산업경쟁력을 강화하기 위한 '산업융합발전 기본계획('13~'18)'<sup>9)</sup>이 수립되었다. 곧 이어 '국가융합기술 발전 기본계획의 후속 계획으로 '창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략('14~'18)'<sup>10)</sup>이 수립되었으며 이를 통해 원천융합기술 확보뿐만 아니라 기술이전, 산업화 등 기술 개발 수단계에서의 성과 창출을 위한 노력을 기울이고 있다.

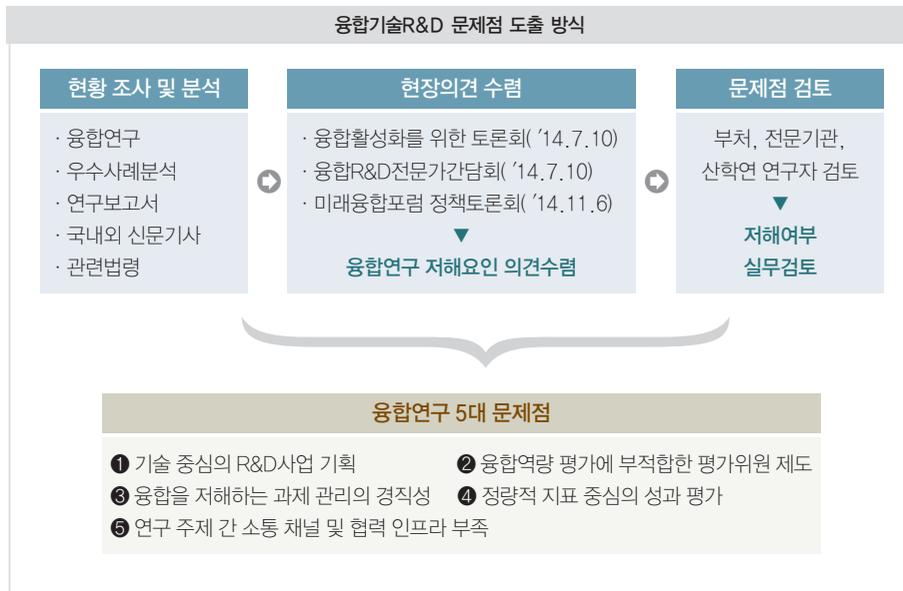
창조경제실현을 위한 융합기술 발전전략 수립 방향			
비교영역	국가융합기술발전기본계획		창조경제실현을 위한 융합기술발전전략
1 가치측면	경제문제	가치의 확대 ?? ?	경제문제+국민행복
2 범위측면	융합기술에 대한 초기 개념 및 정립화	구체화 ?? ?	5대 기술미래상 15대 국가전략융합기술 선정
3 투자영역	융합기술전반에 대한 투자	집중화 ?? ?	선정된 융합기술을 중심으로 집중투자 및 육성
4 전략방향	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술한계의 돌파를 위한 원천 융합기술개발</li> <li>- 융합기술을 통한 신산업 창출과 기존산업고도화</li> <li>- 학제간 융합연구 확대</li> </ul>	문제해결중심 ?? ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사회문제 해결을 위한 융합기술개발</li> <li>- 산업화 촉진을 통한 실용화 가능성 증대</li> <li>- 인문학과 과학의 융합확대</li> </ul>
	1기(2009~2013)		2기(2014~2018)

9) 산업융합촉진법('11년)에 근거. 산업융합은 산업 간, 기술과 산업 간, 기술 간의 창의적 결합과 복합화를 통해 기존 산업을 혁신하거나 새로운 사회적 시장적 가치가 있는 산업을 창출하는 활동으로서 산업화(downstream) 부분에 초점을 두고 있다.  
10) 인간능력 향상, 경제성장, 사회문제해결 등을 목적으로 新기술간 또는 新기술과 기존 산업 학문 간 융합을 통해 창출되는 새로운 기술을 대상으로 하고 원천기술개발(upstream)과 산업화(downstream) 전 범위를 포괄한다.

## 現 융합기술R&D의 문제점 분석

지금까지 융합기술의 등장 배경과 그 중요성, 그리고 국내외 융합기술정책의 동향을 살펴본 바, 융합기술을 통한 신성장동력 창출과 사회문제 해결을 위해서는 정부의 적극적 역할이 필요함을 확인하였다. 이번 장에서는 국가연구개발사업으로 수행되는 융합기술R&D의 현황 및 현장 의견 분석을 통해 융합기술R&D 활성화를 저해하는 문제점들을 찾아보고자 한다.

이를 위해, 관련 정책연구 보고서와 우수 융합기술R&D 사례 등의 기초 자료 분석과 함께 현장 의견 수렴을 위한 전문가 간담회 및 정책 토론회를 진행하였다. 융합기술R&D에 직접 참여하는 연구자들을 물론 정책전문가, 언론인 등이 참여하여 다양한 시각에서 융합기술R&D 활성화를 저해하는 요인들에 대한 의견을 제시하였으며 각 의견들은 유관부처, 전문기관 등을 통해 검토 과정을 거쳤다. 그리고 최종 분석을 통해 아래와 같은 5대 문제점이 도출되었다.



## 주요 문제점 및 원인 분석

### 1 기술 중심의 R&D사업 기획

(현장의견) 정부R&D사업은 기술 중심으로 수행되기 때문에 타 분야, 특히 인문사회 분야의 전문가들이 참여하기 어렵습니다. 또 기술적 배경이 비슷한 연구자들 사이에서 연구 주제 모방의 위험이 있기 때문에 본인의 아이디어 공개를 꺼리는 경향이 있습니다. (융합R&D전문가간담회, '14.7.10)

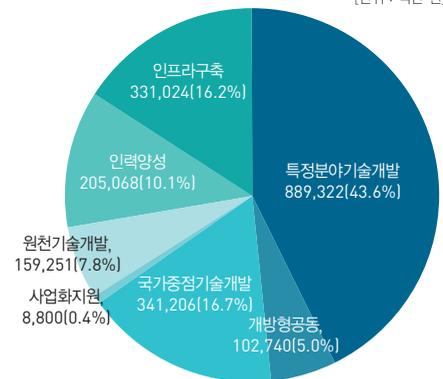
#### 기술 중심의 사업 기획으로 성과 활용 어려움

첫 번째 문제점은 기술 중심으로 진행되는 사업기획이다. R&D사업에서의 첫 단추를 사업기획이라 했을 때 이것을 잘 끼우지 못하면 연구 과정과 결과 모두에서 만족할만한 성과를 기대하기가 어렵다. '국가융합기술 발전 시행계획(13년 기준)' 대상 사업<sup>11)</sup>의 유형을 분류해보면 특정분야기술개발, 원천기술개발, 국가중점기술개발 등 개별 기술 개발을 목적으로 하는 사업들이 융합기술R&D사업의 약 73%(투자금액 기준)를 차지하고 있다. 그 외 사업들이 인력양성, 인프라 구축 등과 관련된 사업이라는 점을 감안하면 대부분의 사업들이 개별기술 개발에 집중되어 있는 셈이다.

이처럼 기술 중심으로 사업이 기획되면 연구과제의 성과지표가 임무수행의 달성도(예: 실질적인 문제해결)보다는 특정 기술의 수준 향상도(예: 최고 기술 보유국 대비 기술 수준)로 설정되기 때문에 연구자 입장에서는 목적이나 활용도를 떠나 기술 개발 자체에만 집중하게 된다. 또 다른 문제점은 이와 같은 방식이 연구자 간 협력을 저해한다는 것이다. 연구 주제 모방의 위험으로 인해 기술적 배경이 유사한 연구자들 간의 아이디어 공유가 어려워질 뿐 아니라 기술관련 지식에 익숙하지 않은 산업계나 인문사회 분야 전문가들의 참여 또한 차단되기 때문이다.

융합기술R&D 유형 분류('13년)

[단위 : 백만 원]



11) '국가융합기술 발전 기본계획' ('09~'13)의 6대 추진전략 실현을 위한 11개 부처 68개 사업

## 단기간에 이루어지는 사업 추진

이러한 현상은 단기간에 이루어지는 사업기획 프로세스에 기인하는 바가 크다. 원천기술개발을 목적으로 하는 일반적인 국가연구개발사업의 추진절차를 보면 기술수요조사 이후, 중점기술 도출에서 제안요청서(Request for Proposal, RFP) 확정까지 걸리는 시간이 짧아 다양한 분야의 목소리를 담아내기에는 턱없이 부족하다. 일부 대형 사업의 경우 3개월 내외의 사전기획을 통해 최종 제안요청서를 도출하는 등 상황이 개선되고 있으나 아직 그 비중이 높지 않다.

융합기술R&D 주제를 발굴하기 위해서는 각 부문의 전문가들이 모여서 함께 협력해야 하는데 기술 중심으로 구성된 연구자 커뮤니티 환경에서는 그런 시간적·제도적 여유를 갖기 어렵다. 융합기술R&D사업에 참여하고자 하는 많은 연구자들은 진정한 융합 주제를 발굴하기 보다는 타 기술 분야의 방법론 등을 단순 차용하여 연구의 일부분을 수행하거나 형식적인 협력 구도로 주제를 설정하고 있는데 이를 진정한 의미의 융합기술R&D라 보기 어렵다.

원천기술개발사업 사업 추진 절차



## 2 융합역량 평가에 부적합한 평가위원 제도

### 과학기술계 대학 교수 위주의 평가위원

현재의 평가위원 제도는 단일 분야의 기술개발사업의 평가에 적합한 형태, 즉 대학교수들로 대표되는 해당 기술 분야의 전문가들 중심으로 평가위원단이 구성되는 방식이다. 한국연구재단이 관리하는 평가전문가 그룹 중 89%가 대학 소속으로 연구소(4.3%)와 산업계(7.7%) 대비 절대적인 우위를 점하고 있다<sup>12)</sup>. 실제로 과제 선정과 평가에 참여한 평가위원 비중도 크게 다르지 않다. 대학 소속의 평가위원이 차지하는 비중은 '09년 59.4%에서 '14년 69.0%로 증가한 반면, 같은 기간 산업계 평가위원의 비중은 11.8%에서 4.7%로 감소했다.

한국연구재단 추진 연구개발사업 평가위원 주제별 비중 추이

	2009		2010		2011		2012		2013		2014	
학	171	59.4%	154	54.8%	211	58.3%	294	59.6%	190	71.4%	265	69.0%
연	75	26.0%	95	33.8%	113	31.2%	158	32.0%	55	20.7%	87	22.7%
산	34	11.8%	27	9.6%	29	8.0%	31	6.3%	13	4.9%	18	4.7%
기타	8	2.8%	5	1.8%	9	2.5%	10	2.0%	8	3.0%	14	3.6%
합계	288	100.0%	281	100.0%	362	100.0%	493	100.0%	266	100.0%	384	100.0%

출처: 한국연구재단 제공

이러한 평가위원 구성은 융합기술R&D의 연구 주제와 이를 수행할 연구자의 역량을 판단하기에는 부족함이 크다. 융합기술R&D의 특성 상, 여러 분야의 기술 간 협력은 물론 산업적, 사회적 영향력을 고려하여 평가를 수행해야 하는데, 타 분야(산업계, 인문사회, 문화예술 등) 전문가들의 참여가 제한적이기 때문이다.

12) 2014년 기준, 평가전문가 후보군 101,782명은 대학 소속 90,615명(89.0%), 연구소 소속 4,396명(4.3%), 산업계 소속은 6,798명(6.7%)으로 구성되어 있다. (출처: 한국연구재단 제공)

### 3 융합을 저해하는 과제 관리의 경직성

(현장의견) 행정적 업무 부담을 최소한으로 하고 연구비 집행에 대해서도 과도한 규제를 삼가야 한다. 연구비 부정사용이 있다면 사후 철저히 처벌하되 불신에 기초한 행정적 낭비를 최소화해야 한다. (융합R&D전문가 간담회, '14.7.10)

#### 목표·계획 변경의 경직성으로 새로운 발견의 활용 어려움

세 번째 문제점은 과제 관리 제도의 경직성이다. 과제 제안 단계에서 설정한 연구 목표와 계획 변경은 중요 관리·감사 대상으로 전문기관에 의해 엄격히 관리되고 있어 변경이 쉽지 않다. 융합기술R&D는 확실성이 낮은 고위험 연구를 수행하기 때문에 예상치 못한 중요한 발견을 하는 경우가 종종 발생한다. 그러나 연구 목표와 계획의 변경이 어려운 경우, 새로운 발견에 신속하게 대응하고 이를 활용하는 것이 쉽지 않다. 현재 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제10조에 '과제목표의 중간수정 가능'이 명시되어 있으나 가이드라인이 부재한 상황으로 이를 해결하기 위해서는 연구 목표 변경을 위한 명확한 가이드라인 제시가 필요하다.

#### 감독형 과제관리 제도로 연구자 자율성 저해

현재의 정부R&D사업 체계 하에서는 중간평가<sup>13)</sup>는 단계적 관리의 일환으로 당초 설정된 연구계획 대비 진행 과정을 점검하는 목적으로 진행된다. 각 단계별로 좋은 평가를 받아야만 계속 지원을 받을 수 있고, 향후 다른 과제에 지원할 때 좋은 점수를 얻을 수 있기 때문에 연구자 입장에서는 큰 부담을 받게 된다. 특히 다양한 분야의 연구자들이 참여하는 융합기술R&D는 시간적·공간적 제약 사항으로 인해 이와 같은 행정적 업무 부담이 배가된다. 연구비 집행도 마찬가지로 상황이다. 정부의 연구개발사업 관리 개선 노력<sup>14)</sup>에 따라 연구비 사용에 관한 규제가 일부 완화되기는 했으나, 여전히 연구비 집행이나 정산에 투입되는 과도한 재정적·시간적 자원이 연구 참여자 간의 협력과 소통, 그리고 연구 집중에 방해하고 있다.

### 4 정량적 지표 중심의 성과 평가

(현장의견) 한국에서 논문 등 정량적 성과를 신경 쓰지 않고 연구를 하는 것은 어려운 일이다. 융합연구의 확대를 위해서는 정량적 기준을 벗어난 질적·탄력적 기준이 필요하다. (미래융합포럼 간담회, '14.11.6)

#### 논문·특허 등 활용이 고려되지 않은 지표 중심 평가

융합기술R&D사업을 포함한 대부분의 정부R&D사업들이 성과 평가의 용이성을 위해 쉽게 측정할 수 있는 정량적 성과지표를 사용하고 있다. 기초·원천연구의 경우 논문 게재 건수, 특허 등록·출원 건수 등의 과학적·기술적 성과지표를 중심으로, 산업기술개발연구의 경우 기술계약, 매출액 등의 경제적 성과지표를 중심으로 성과 목표를 점검하고 있다. 정부는 사업 유형에 따라

13) 당초 설정된 연구계획 대비 진행과정을 점검하고 연구진행 과정에서 장·단점을 체계적으로 점검하여 수행중인 연구의 개선을 위한 정보를 제공하는 것이 본연의 목적이다.

14) 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 개정안 시행 (2014.8.8)

차별화된 성과 평가 기준을 적용하고자 노력 중이나 여전히 정량적 지표를 기반으로 하는 평가 프레임은 변하지 않고 있다. 또한 여러 분야의 연구자들이 참여하는 융합기술R&D의 경우 단기적 성과 도출이 현실적으로 어려움에도 불구하고 실제로는 이를 요구하는 사업들이 많고 게다가 논문을 게재했다 하더라도 저자 수가 많아 개인 평가 시 우수한 결과를 얻는데도 불리하기 때문에 융합기술R&D를 기피하는 경향이 짙어지고 있다.

이와 같이 정량적, 단기적 평가가 중심이 되는 경우 연구자 입장에서는 성과 달성에 대한 부담으로 인해 사회적·경제적으로 파급력은 있으나 단기적 성과를 거두기 어렵고 실패 가능성이 높은 연구 주제를 기피하게 된다. 이러한 연구 문화를 개선하고 연구자들의 도전적 연구를 지원하기 위해 성실실패제도를 도입했으나 실효성에 대한 의문이 제기되고 있는 상황이다<sup>15)</sup>.

## 5 연구 주체 간 소통 채널 및 협력 인프라 부족

(현장의견) 연구자의 커뮤니티가 대부분 기술 분야로 구성되어 있어, 다른 분야에서 어떤 연구를 수행하고 있는지 파악하기 어렵고 상이한 전공분야 연구자들이 공통의 관심사로 같이 모여 의논할 수 있는 기회 자체가 매우 적다. (융합R&D전문가 간담회, '14.7.10)

### 다른 분야 연구자와의 소통 기회 미흡

연구 수행 주체 간 소통 채널의 부족은 많은 연구자들이 지적하는 문제점이다. 융합기술R&D를 저해하는 요인에 대한 설문조사 결과를 살펴보면 '상호 이해부족(55.6%)'이 가장 큰 원인으로 조사되었다<sup>16)</sup>. 특정 기술 중심의 연구자 커뮤니티로 인해 타 분야 연구자들과 교류 기회가 적고, 다른 분야에서 어떤 연구를 수행하고 있는지 파악하기 어렵기 때문에 융합기술R&D에 참여하고자 하는 연구자들이 함께 연구를 진행할 타 분야의 전문가를 모색하기가 어렵다. 또 찾는다 하더라도 해당 연구자를 검출할 수 있는 시스템이 없고, 겨우 팀을 꾸려 연구를 수행하는 경우에도 상호 간 이해력 부족으로 소통과 협업에 한계가 존재한다.

### 부처 간 협력 체계 미비

현재 다양한 방식의 융합기술R&D사업이 진행되고 있으나, 각 부처가 다양한 목적과 관점에서 개별적으로 운영하는 것이 대부분이며 부처 간 협력을 통한 연구의 경우 실제 수행되는 내용을 살펴보면 이전부터 있었던 기관 간 협동 연구 또는 대형 사업에서의 역할분담 형태에 그치고 있다. 소수의 다부처 협력 사업<sup>17)</sup>의 경우에도 부처별 예산 분배를 통해 독립적으로 사업을 운영하고 있는 경우가 대부분이다. 이는 부처 간 간막이 등 폐쇄적 문화로 인해 통합적·체계적 연구 지원이 어렵기 때문에 중복적인 예산 투입과 성과 창출의 비효율성을 야기한다.

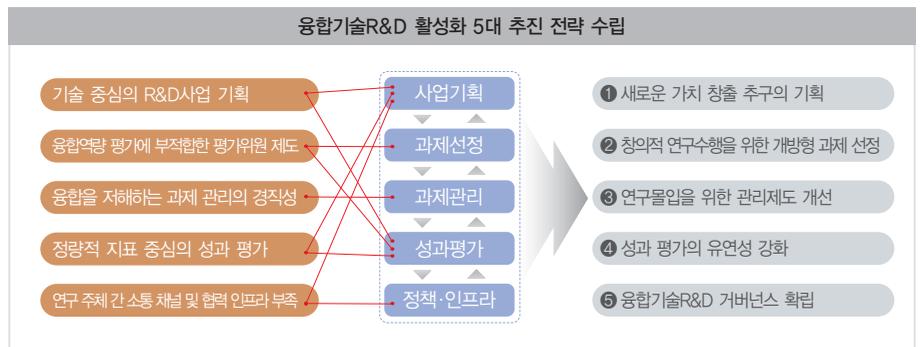
15) 성실실패제도는 연구 목표를 달성하지 못했더라도 성실히 연구를 수행하였고 연구과정이 다른 연구에 도움이 되고 시사하는 점이 있다고 판단될 경우 이를 용인하는 제도로 도입되었으나 최근 5년간 이를 인정받은 과제수는 50개에 불과 (14년 기준 과제수 1,661개) (출처: 한국연구재단 제공)

16) 융합연구 저해요인에 대한 설문조사 결과 '상호 이해부족(55.6%)'이 가장 큰 원인으로 조사되었고 뒤를 이어 '유형에 편승하는 분위기(20.4%)', '연구방향 혼란(11.1%)' 등의 순으로 나타났다. (출처: 융합기술의 미래전망, STEPI, 2010)

17) 현재 수행 중인 미래부 기초원천연구정책관 소관 다부처 협력사업은 총 4개로 유전체사업, 범부처전주기신약개발사업, 나노융합2020사업, 민군기술협력사업 등이다.

## 융합기술R&D 활성화를 위한 5대 추진 전략

앞서 융합기술R&D를 수행하는 연구자들과 전문가들의 의견을 중심으로 융합기술R&D 활성화를 저해하는 주요 문제점들을 분석하였다. 이번 장에서는 각 문제점들의 해소방안을 국가연구개발사업 추진체계에 반영, 융합기술R&D 활성화를 위한 5대 추진 전략을 도출하였다. 5대 추진 전략은 사업기획을 시작으로, 과제선정, 과제관리, 성과평가, 그리고 정책·인프라의 체계에 따라 제시된 만큼 서로 연계되어 시너지를 창출하고 실제 정부R&D사업에 직접적으로 활용될 수 있도록 수립되었다.



## 사업기획 새로운 가치 창출 추구의 기획

### 목적 중심의 사업기획

융합기술R&D의 가치를 제고하기 위해서는 기존 기술 중심의 사업기획을 탈피하고 목적 중심의 가치 창출형 사업기획을 추구해야 한다. 기술난제 해결, 신산업 창출, 사회문제 해결 등 뚜렷한 연구 목적을 설정하고 이에 따른 사업 기획을 통해 목적 달성을 위한 구체적인 방안이 도출될 수 있어야 한다. 이와 관련해서는 현재 다부처 공동기획으로 진행 중인 '사회문제해결형 R&D 다부처 협력 공동시범사업'을 참고할만하다.

대국민 설문조사와 전문가 조사, 워크숍을 통해 우리 사회에서 가장 시급한 4개의 사회문제를 도출하고, 이 중 과학기술 기여도 등을 고려 3개의 연구 주제를 확정하여 시범사업을 운영 중에 있으며, 해당 과제를 통해 개발된 기술들은 실질적인 사회문제 해결에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사회문제 해결을 위한 융합기술R&D사업

관련 사회문제	노인성 질환 	인터넷·게임 중독 	성범죄 	보육·육아 
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전문가(인문사회·과학기술 전문가 10명)조사 및 워크숍 실시, 현재 우리 사회에서 가장 시급한 4개 분야 사회문제 도출</li> <li>• 과학기술 기여도 고려, 보육·육아 분야를 제외한 3개분야 사업 발굴</li> <li>• 기획 단계에서부터 법·제도 개선, 사업화 및 서비스 전달체계, 정부 주도 시장창출 방안 등에 대해 종합적 사전 조사 실시</li> </ul>			
'14년 시범사업 (3개)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Active Aging을 위한 고령자 자립생활 지원(국토부, 복지부, 산업부)</li> <li>• 인터넷·게임 디톡스(Detox) 사업(문화부, 미래부, 복지부, 산업부, 여가부)</li> <li>• 성범죄예방 사회안전망 구축(국토부, 미래부, 복지부, 산업부, 안행부)</li> </ul>			

연구 성과의 수요자를 특정하고 해당 수요자들의 관점에서 예상되는 연구 성과의 활용 방안을 도출하는 방안도 고려해볼만 하다. 연구자들이 과제를 제안 시, 연구개발의 결과물을 어떻게 활용할 수 있을지에 대한 사회적 활용 로드맵을 명시하도록 하는 것이다. 사회적 활용 로드맵은 예상 수요자는 물론, 사업의 주제에 따라 최소 1~2년(단기수요, 산업화)에서 최대 4~5년(장기수요, 사회문제해결) 이상의 중장기적 기술 활용 방안을 포함하도록 한다.

사회적 활용 로드맵 (예사: 적조 저감 기술)

항목	주요내용
예상수요자	적조 문제가 발생한 지자체 관할 구역 내 사회적 기업
추진방안	적조 조기경보 시스템을 사회적 기업에 5년간 무상 지원
단계별 로드맵	문제발생 지역중심 시범적용(3년 내) → 사회전반 확대 적용(5년 후)

## 경쟁 시스템과 혼합형 기획을 통한 사업기획의 완성도 제고

연구 주제와 관련된 전문가와 기관들이 참여하여 사업기획의 완성도를 높이기 위해서는 충분한 시간을 확보하는 것이 필수적으로 요구된다. 사전 기획 단계에서부터 경쟁 시스템을 도입하는 것이 한 방법이다. 두 팀 이상의 연구진들이 일정 기간(예: 6개월) 동안 기획 연구를 실시하고 경쟁 평가를 통해 최종 사업기획안을 선정하는 것이다<sup>18)</sup>. 미래융합기술파이오니어 사업의 경우, 복수의 연구자들이 6개월의 기획연구를 수행하며 사업의 가능성을 타진하고 경쟁을 통해 사업 완성도를 제고하고 있다. 미국의 국방고등연구기획국(DARPA)도 신규 대형융합사업의 과제기획에 2배수 이상의 후보자들을 선발하는 경쟁기획 방식을 운영하고 있다<sup>19)</sup>.

일반적으로 하향식(Top-down)이나 상향식(Bottom-up) 중 하나로 진행되는 사업 추진체계의 단점을 보완하기 위해 혼합 기획 방식을 적용하는 것도 좋은 접근 방식이 될 수 있다. 연구기획단이 각 분야 전문가들의 의견을 반영하여 우리 사회에 필요한 연구 주제를 포괄적으로 제시하면 연구자들이 참여하는 워크숍을 통해 연구 아이디어를 구체화하는 것이다. 이와 관련해서는 영국 공학·자연과학연구회<sup>20)</sup>의 아이디어 팩토리(Ideas Factory) 사례를 참고할만 하다. 이 프로그램은 통상의 연구 환경에서 착안하기 어려운 혁신적 연구주제 발굴을 위해 샌드피트(Sandpit) 워크숍을 진행, 이를 통해 세부 과제를 기획하고 연구자를 선정하고 있다.

융합기술R&D 주제발굴 사례: 英 Ideas Factory

기관명	공학·자연과학연구회(EPSCRC)	프로그램명	Ideas Factory
예산	• 샌드피트 운영(약 6만 파운드), 과제당 연구비(약 100~400만 파운드)		
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공학·자연과학연구회(EPSCRC)에서 통상의 연구환경에서 착안하기 어려운 고도로 혁신적 연구주제 발굴을 위해 '04년부터 실시</li> <li>* EPSCRC : Engineering &amp; Physical Sciences Research Council</li> <li>• 샌드피트 워크숍 : 특정한 주제에 대한 다양한 의견들이 개진되는 토론의 장으로, 이를 통해 프로젝트 기획·연구자 선정</li> </ul>		

18) 연구개발과제 경쟁기획 제도 도입가능 근거: 국가연구개발사업 공동관리규정 제7조 제11항에 따르면, 경쟁이나 상호보완이 필요한 경우에 한해 연구개발과제의 중복성을 판단하지 않는다고 명시하고 있다.

19) 美 국방고등연구기획국(DARPA)의 경쟁형 R&D는 단계별(과제기획·원천연구·응용연구) 중간평가를 실시하여 최초 5배수, 최종 2배수의 후보를 선발한다.

20) EPSCRC : Engineering and Physical Sciences Research Council

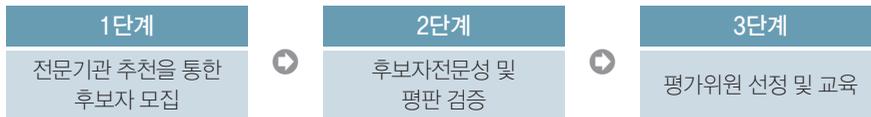
## 과제선정 창의적 연구수행을 위한 개방형 과제 선정

### 사업별 목적에 따라 외부 전문가를 평가위원으로 활용

창의적 융합기술R&D 수행을 위해서는 현재의 과학기술 중심의 연구 네트워크를 탈피하고 인문 사회 전문가 등이 참여하는 범 분야 연구 네트워크를 구축해야 한다. 첫 걸음은 사업별 목적에 따라 평가위원 후보단 이외의 외부 전문가를 평가위원으로 선발하는 것이다. 예를 들어, 사회문제 해결형 연구과제 선정에는 인문사회 전문가, 신산업 창출형 연구과제에는 산업계 전문가가 참여하는 방식이다. 현재 국가연구개발사업 처리규정<sup>21)</sup>에 의해 평가위원 후보단 이외의 전문가를 평가위원으로 선정할 수 있는 것을 대형 R&D사업의 경우, 의무사항으로 변경하는 것도 하나의 방안이 될 수 있다.

외부전문가 선발을 위해서는 철저한 검증이 필요하다. 공모 방식으로 진행하기보다는 해당 분야의 전문가관(장)의 추천을 통해 후보자들을 모집하고 후보자의 전문성과 평판에 대한 내부 검증 프로세스를 거쳐 최종 평가위원을 선발하는 것이다. 또 선발된 외부 전문가는 과제 평가를 위한 교육에 필수적으로 참여하도록 한다.

#### 외부전문가 평가위원 선정 절차(예시)



대형 융합기술R&D사업의 경우 세계 최고의 전문가들로 구성된 ‘(가칭)융합연구평가단’을 한시적으로 운영할 수 있다. 해외 협력연구기관과 재외과학자단체와의 협력을 통해 해외 전문가를 초빙하면 전문성확보는 물론이고 대형 과제 선정 시 항상 이슈가 되는 공정성 문제를 해결할 수 있다. 미국의 대표적 민간의학 연구소인 하워드휴즈의학연구소<sup>22)</sup>는 1990년 미국에서 가장 창의적이고 뛰어난 의학 분야 연구자를 지원하기 위한 Investigator Program을 도입했는데 이 프로그램의 차별점 중 하나가 바로 세계 최고 수준의 평가위원 선정이다. 노벨상 후보자급이나 국립과학아카데미 회원들로 평가위원회를 구성하여 잠재력 있는 연구자를 선발했는데 현재까지 300명 이상의 연구자를 지원해 17명의 노벨상 수상자와 172명의 국립과학아카데미 회원을 배출하였다.

21) 평가위원은 평가위원 후보단 중에서 선정하는 것을 원칙으로 하나 연구개발과제의 특성에 따라 필요한 경우, 국외전문가 포함 외부 전문가를 평가위원으로 선정할 수 있다. (미래부 소관 연구개발사업 처리규정 제17조제12항)

22) HHMI: Howard Hughes Medical Institute.

### 융합역량 평가를 위한 심층적 선정 방식 도입

과제 선정 단계에서는 융합역량 평가를 위한 심층적 선정 방식의 도입이 필요하다. 현재 국가연구개발사업의 과제 선정은 대부분이 1시간 내외의 발표 및 질의응답으로 진행되기 때문에 평가위원들이 형식적이고 온정적으로 평가를 하는 경향이 있다. 이를 극복하기 위해서는 평가위원 대상의 교육을 강화하고 충분한 평가시간을 보장해야 한다. 융합기술의 특성 상 연구 과제의 목적과 예상 성과에 대한 심도 있는 이해가 필수적이기 때문이다.

제안서를 에세이 형식으로 간소화하고 대신 융합 역량과 기대 성과를 가능할 수 있는 심층면접을 도입하는 것도 하나의 대안이 될 수 있다. 이와 관련해서 미국 국립보건원(NIH)의 'Director's Pioneer Award' 를 참고할만하다. 'Director's Pioneer Award' 는 고위험 혁신 연구를 촉진하기 위해 연간 50만 달러를 5년간 지원하는 개인 단위의 펀딩 프로그램으로 원장 직속 체제로 운영된다. 추천을 통해 압축된 후보자들이 간소화된 연구 제안서를 제출하고 이를 바탕으로 3일간의 심층면접을 진행한 뒤 선정위원회의 추천을 토대로 원장이 최종 결정을 내리는 방식으로 진행된다.

#### \* 美 NIH의 'Director's Pioneer Award' 선정 절차



이와 같은 방식을 도입할 경우 평가의 공정성 확보가 매우 중요한데, 모든 평가위원들이 평점 부여 사유를 공개하도록 하고 평가위원 사전접촉 행위에 대한 강력한 제재가 이루어져야 한다. 이와 함께 평가위원에 대한 평가를 수행하여 선정절차 상의 전문성, 성실성, 투명성 등을 복합적으로 판단하고, 이 결과를 향후 평가위원 선발에 반영할 수 있도록 해야 한다.



## 과제관리 연구 몰입을 위한 관리제도 개선

### 연구목표 변경제도의 현실적 적용 필요

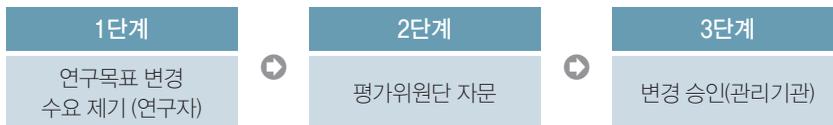
1985년에 설립된 대표적 융합연구소인 MIT 미디어랩은 '계획된 우연적 발견'이라는 개념을 연구에 도입, 도전적인 연구 프로젝트 중 발견한 우연한 결과물들을 활용하여 훌륭한 성과를 내는 것으로 명성이 높다.

#### \* MIT 미디어랩의 계획된 우연적 발견

- 인문예술과 과학기술간 융합 촉진을 통한 창의적 아이디어 중심의 융합 R&D 구현
- 40여명의 교수급 연구진 + 100여명의 과학자 + 80여명의 행정·기술직, 수행 프로젝트 350여 개 → 연구진이 여러 프로젝트를 동시 수행하여 프로젝트 간 영감을 주거나 융합적 사고 유도
- 기존의 연구 관행을 파괴하며 하나의 분명한 목적의식을 지닌 도전적인 연구 프로젝트를 통해 '계획된 우연적 발견'의 과정을 추구
  - 새로운 형식의 약기 개발 프로젝트의 결과물인 하이퍼첼로(Hypercello)에 장착된 각종 센서들이 자동차 에어백 장치 감지 시스템, 의료 연구를 위한 무선 보행 분석 장비, 야구팀 선수들의 동작 분석 등에 활용
  - 유아의 언어 습득 과정을 연구하기 위해 개발한 오디오 비디오 홈 레코딩 시스템인 스피츠(Speech-chome)이 은행의 직원과 고객 간 상호작용 분석, 발달 장애아들의 치료 기술에 적용

이와 같이, 다양한 분야의 지식과 기술들이 결합하는 융합기술R&D는 연구 수행 중 예상치 못한 난제를 맞닥뜨리거나 기대치 못한 훌륭한 결과물을 얻게 되는 경우가 종종 발생한다. 그러나 현재의 경직된 과제 관리 제도 하에서는 이러한 상황에 유연하게 대응하기가 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 본격적인 '무빙타깃제도' 도입을 통해 연구목표 변경의 가능성과 우연한 발견을 성과로 연결시킬 수 있는 길을 열어주어야 한다. 예를 들어, 과제 선정에 참여했던 평가위원단의 자문을 바탕으로 연구관리 기관이 승인을 해주는 방식을 고려해볼 수 있겠다.

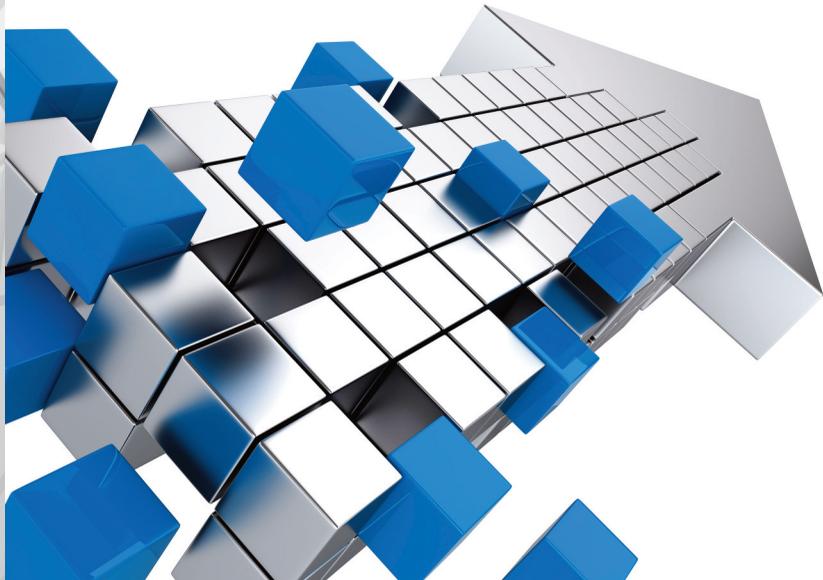
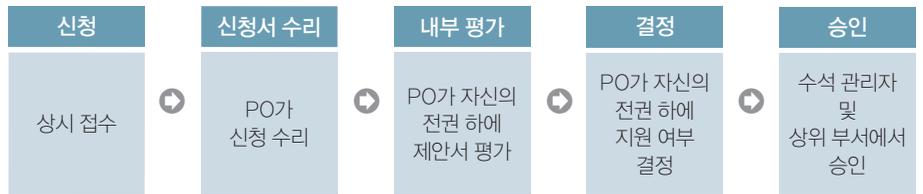
#### 연구목표 변경 절차 제안(예시)



## 탄력적 연구비 관리를 통한 연구 몰입도 제고

연구 목표 변경의 필요성과 동일한 이유로 구체적인 전략 목표와 성과 목표가 설정된 사업이라면 탄력적 과제 관리 제도를 도입하여 연구비를 유연하게 조정할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 현재는 연구책임자가 제안시점에 연차별 연구비를 확정해야 하지만 앞으로는 예비 예산 확보를 통해 연구 목표 및 계획 변경에 따른 추가 연구비를 지원할 수 있어야 한다. 미국 국립과학재단이 1990년에 시작한 Small Grant for Exploratory Research(SGER)를 참고할 만하다. 이는 새로운 아이디어에 기반을 두거나 실패 위험이 높은 고위험 연구에 별도의 전문가 평가 과정 없이 프로그램 관리자(Program Officer, PO)의 역량으로 담당 프로그램 예산의 최대 5%까지 선정·지원할 수 있도록 하는 프로그램으로 시의적절한 주제에 연구비를 투입할 수 있는 유연성을 제공한다.

### \* 국립과학재단의 Small Grant for Exploratory Research



## 성과평가 성과 평가의 유연성 강화

### 성과평가 기준 및 방식의 유연성 강화

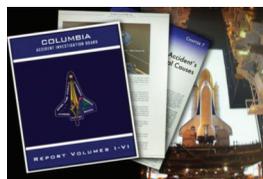
융합기술R&D는 도전적 성격 때문에 실패 가능성이 더 높을 뿐만 아니라 여러 분야의 연구자들이 참여하기 때문에 연구 실패 시 '낙인효과'에 대한 우려가 일반 연구에 비해 더 크다. 이를 해소하기 위해서는 현재 정부R&D사업의 평가에 적용하고 있는 상대평가<sup>23)</sup>에 의한 무조건적 실패 판정을 지양하고 목표 달성 여부를 중심으로 하는 질적 성과 지표를 도입하는 것이 필요하다. 특별히 중간평가에서의 실패 판정은 단기적 성과 창출이 어려운 융합기술R&D를 연구자들이 회피하는 결과를 야기하므로 평가를 공개 세미나 방식으로 대체하여 관리·감독의 목적보다는 연구 개선을 위한 기회로 삼는 방안도 고려할만 하다. 실제로 미국의 대규모 연구과제(예: 美 HHMI의 Investigator Program, NSF의 SGER 등)의 경우, 중간 평가를 해당 분야의 전문가 등을 대상으로 하는 세미나로 같음하는 경우가 있다. 최종 과제 평가 시에도 목표 달성 여부에 대해 무조건적 기준을 적용하기 보다는 연구수행 방법의 적절성과 성실성 등을 고려하여 통합적인 판정 기준 수립이 필요하다.

### 성실실패제도의 확대와 후속연구 기회 부여

성과목표 달성을 실패했을 경우 성실실패제도와 같은 별도의 평가 기준 적용을 확대하는 노력도 필요하다. 현재의 성실실패제도는 세부과제 단위에서 성실실패의 판정이 이루어지고 있으나, 융합연구의 경우 세부과제가 협력하여 목표를 달성하거나 연구 성과들이 연계되는 경우가 많으므로 전체적인 사업 관점에서 성실실패 여부를 평가하는 체계가 필요하다. 또 연구 실패 내용의 체계적 분석을 통해 새로운 발견의 가능성이 있는 경우 후속 연구 기회를 부여하는 방식도 도전적, 창의적 융합기술R&D 활성화에 큰 도움이 될 것이다. 미 항공우주국(NASA)의 연구 실패 활용 사례는 많은 시사점을 준다. 2003년 우주왕복선 콜럼비아호의 폭발사고 직후, 독립 조사팀 및 위원회를 조직, 집중적인 조사를 통해 사고의 원인을 밝히는 보고서를 작성하고 이를 기반으로 대응책을 강구하여 2005년 디스커버리호가 성공적으로 임무를 완수하는 데에 중요한 역할 해냈다.

#### \*미 항공우주국(NASA)의 연구 실패 활용

- 2003년 우주왕복선 콜럼비아호의 폭발사고 직후 독립조사팀 및 위원회를 조직하여 30,000건이 넘는 문건조사, 200명 이상의 공식 인터뷰 진행
- 6권 4,000쪽에 이르는 조사보고서를 발간, 이를 근거로 대응책을 개발한 끝에 조사 기간 동안 유예했던 우주왕복선 프로그램을 재기
- 2005년 디스커버리호가 성공적으로 임무를 완수함에 따라 우주개발사업의 지속적 추진 가능



23) 단계·연차 평가의 경우 상대평가이므로 B등급 이상을 부여받았더라도 하위 10~20%(사업별 상이) 과제가 탈락하게 됨

**정책 · 인프라** 융합기술R&D 거버넌스 확립

마지막으로 정책 · 인프라 관점에서는 범국가적 융합기술R&D 거버넌스 확립이 필수적으로 요청된다. 이를 위해서 범부처 공동연구 추진 및 역할 분담, 또는 중복되는 연구 분야의 조정을 위한 융합기술R&D 협의체의 설치가 선행되어야 한다. 정부R&D사업을 주도적으로 수행하는 미래부를 간사기관으로 하고 산업부, 복지부 등의 정부 부처와 융합연구정책센터, 산업융합센터 등의 관련 연구기관 등이 참여하는 방식이 적합하다. 이와 함께 미래부 포함 각 부처의 R&D총괄 과장들과 민간 전문가들로 구성된 협의체 산하 위원회를 조직하여 정부R&D사업의 연계, 협업, 조정을 관장하도록 하는 것도 하나의 방안이다.

이와 관련해서는 영국 연구위원회에서 운영하는 융합연구 프로그램인 다부처 연구프로그램<sup>24)</sup>을 참고할만하다. 영국 연구위원회는 이 프로그램을 통해 6개의 미래유망 연구분야<sup>25)</sup>를 선정하고 2개 이상의 하위위원회들이 참여할 수 있는 공동 연구사업 기획과 함께 컨트롤 타워 역할을 수행하고 있다. 이와 더불어 원활한 융합기술R&D의 수행을 위한 연구 지원 및 성과 평가 개혁을 주도하고 있다. 일본의 과학기술연계시책군 사업도 눈여겨볼 필요가 있다. 과학기술정책들의 불필요한 중복을 피하고 부처 간 제휴 강화를 위한 목적으로 2005년 시작된 이 사업은 범정부기관인 종합과학기술회의에서 운영하고 있으며 국가 · 사회적 이슈 등을 고려하여 각 부처의 정책 방향을 관통하는 연구주제를 선정, 부처 간 협력을 통해 추진하고 있다. 현재는 14개의 연구 주제<sup>26)</sup>로 운영되고 있으며 이와는 별도로 종료된 프로젝트의 후속 연구들을 진행하고 있다.

해외 융합기술R&D 거버넌스 사례: 영국 연구위원회

기관명	영국 연구위원회 (Research Councils UK)	프로그램명	Cross-Council Research Program
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 영국 연구위원회가 운영하는 융합연구 프로그램으로 연구위원회가 관련 위원회 간 공동사업의 컨트롤 타워 역할 수행</li> <li>• 6개의 미래유망 연구분야를 선정하고 2개 이상의 하위위원회들이 공동으로 참여할 수 있는 연구사업 기획</li> <li>• 과학기술과 혁신의 연계 강화를 위해 융합연구에 대한 지원과 보상을 증가시키기 위한 연구 지원 및 성과 평가 개혁을 주도</li> </ul>		
6대 미래유망 연구분야			

24) Cross-Council Research Program (Research Councils UK)

25) Digital Economy, Energy, Global Food Security, Global Uncertainty, Living with Environmental Change, Lifelong Health&Wellbeing

26) 포스트게놈, 유비쿼터스 네트워크, 차세대 로봇, 바이오메스, 수소연료전지, 나노-바이오 기술 등

## 결론

우리사회가 당면한 경제적·사회적 문제를 완벽하게 해결할 수 있는 만능열쇠는 이 세상에 존재하지 않는다. 다만, 우리가 융합기술에 기대하는 것은 급속도로 변화하는 미래사회의 문제 해결을 위한 실마리로서의 역할이다. 이런 기대를 품고, 본 리뷰는 실제 연구 및 정책 현장에서의 목소리를 중심으로 융합기술R&D의 활성화를 저해하는 문제점을 정리하고 이를 해결하기 위한 전략 방안을 제시하였다.

현황조사와 현장의견 수렴 등을 통해 융합기술R&D의 활성화를 저해하는 요소들을 분석한 결과, 단기간에 이루어지는 사업 추진으로 인한 기술 중심의 R&D사업 기획, 대학교수 중심의 구성으로 융합역량 평가에 부적합한 평가위원 제도, 융합기술R&D의 시간적·공간적 제약에 대한 고려가 부족하고 오히려 융합을 저해하는 과제 관리의 경직성, 성과 목표 달성에 대한 부담을 지우는 정량적 지표 중심의 성과 평가, 연구 주체 간 소통 채널 및 협력 인프라 부족 등 5개 문제점이 도출되었다.

각 문제점을 해결하기 위한 전략 방안은 국가연구개발사업의 추진체계를 기반으로 국내외 우수사례들을 반영하여 수립하였다. 목적 중심의 사업 기획과 완성도 제고를 통한 새로운 가치 창출 추구의 기획, 외부전문가 활용과 심층적 선정 방식 도입을 중심으로 하는 개방형 과제 선정, 연구목표 변경 제도의 현실적 적용과 탄력적 연구비 관리로 연구몰입을 지원하는 과제 관리, 평가 기준 및 방식의 유연성 확보와 성실실패제도의 확장을 통한 성과 평가의 유연성 강화, 융합기술R&D 거버넌스의 확립의 5대 추진 전략은 서로 연계되어 시너지를 창출할 뿐만 아니라 새로운 정부R&D 사업에 직접 활용이 가능하리라 기대한다.

융합기술R&D의 사업기획부터 성과평가에 이르기까지, 또 추진체계를 아우르는 정책·인프라 현황을 조사하면서 우리나라 융합기술의 한계와 희망을 함께 볼 수 있었다. 미국, EU, 일본 등의 선진국들이 융합역량확보에 대한 필요성을 앞서 깨우치고 국가 차원의 지원을 서둘러 시작하였기 때문에 우리나라의 융합기술 저변이 상대적으로 미약한 것은 인정할 수밖에 없는 사실이다. 하지만 우리나라도 2008년 「국가융합기술 발전 기본계획(’09~’13)」을 시작으로 「산업융합 발전 기본계획(’13~’17)」, 「창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(’14~’18)」 등을 통해 국가 차원의 융합기술 전략을 수립하고 융합역량 강화와 원천 융합기술 확보를 위한 파격적인 투자를 진행하고 있다. 지금까지의 국가 융합기술 전략이 방향 설정과 양적 성장에 중점을 두었다면, 앞으로는 질적인 성장과 함께 성과 창출을 위해 힘을 쏟아 부어야 한다. 정부를 비롯하여 산업계, 학계, 출연(연) 등이 협력하여 새로운 융합의 모델을 그려나가야 할 시점인 것이다. 이런 차원에서 본 리뷰에서 제시한 전략 방안들이 융합기술R&D의 활성화를 위해 작은 도움이 될 수 있기를 바란다.

## 참고문헌

---

1. 박기범, 황정태(2007), 융합 연구의 형성과 발전 과정의 고찰을 통한 국내 연구 현황 분석(조사연구2007-04), 과학기술정책연구원.
2. 성지은, 박인용(2013), 저성장에 대응하는 주요국의 혁신정책 변화 분석 (STEPI Issues & Policy), 과학기술정책연구원.
3. 송위진 외(2013), 사회문제 해결형 연구개발사업 발전방안 연구(정책연구 2013-11), 과학기술정책연구원.
4. 엄용의 외(2010), 우리나라 융합연구 패러다임의 정립에 관한 정책연구 (연구보고서 68), 한국과학기술한림원.
5. 이광호 외(2013), 융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성 분석(정책연구 2013-09), 과학기술정책연구원.
6. 전희성 외(2013), 해외 주요국의 연구기획 및 관리제도 벤치마킹 연구, 한국과학기술기획평가원.
7. 조현대 외(2011), 다부처 R&D 사업 기획 및 추진 방안(정책연구 2011-18), 과학기술정책연구원.
8. 최현철 외(2012), 융합연구 활성화를 위한 신규과제 발굴, 전문가 DB구축 및 과제평가 시스템 수립을 위한 기획연구, 한국연구재단.
9. Nordmann, Alfred(2004), *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*, European Commission.
10. Roco, M. C., & Bainbridge, W. S.(2002), *Converging Technologies for Improving Human*
11. Roco, M. C., Bainbridge, W. S., Tonn, B., & Whitesides, G.(2013), *Converging knowledge, technology and society: beyond convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies*, Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.

# 융합연구 식별 방법에 대한 고찰

## : 국가연구개발사업을 중심으로

KIST 융합연구정책센터  
이남우 연구원\_thistree83@kist.re.kr





## 서론

전통적인 현대과학기술 연구 시스템은 특정 분야에 대한 깊은 이해를 추구하는 방향으로 구축되었다. 연구 분야는 더욱 세분화되었고, 그러한 세분화된 연구 분야에 대한 전문 지식을 효과적으로 습득할 수 있는 수업과 체제로 교육 체계가 구성되게 되었으며, 연구 지원 시스템 또한 세분화된 연구 분야에 맞춰 이루어졌다. 하지만 근래에 들어 분야 간의 교류와 소통을 통해 기존의 연구를 통해 풀지 못하였던 문제들에 대한 혁신적인 해법들이 나오거나, 새로운 연구 분야나 지식이 창출되거나, 사회적 문제 해결을 위한 기술개발이 가능해지면서 연구 분야 간의 교류와 소통은 전통적인 현대과학기술 연구 시스템의 진화를 유도하고 있다. 1990년대 들어와서는 이러한 연구 분야 간의 교류와 소통 움직임을 ‘융합(Convergence)’이라 명명하며, 많은 과학기술자들이 보다 활발히 이를 연구개발에 적용하기 시작하였다.

연구자들 사이의 작은 움직임으로 시작되었던 융합연구는 미국립과학재단(NSF, National Science Foundation)과 美상무부(DOC, Department of Commerce)의 지원에 의해 작성된 2002년 ‘Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information technology and Cognitive Science(이하 NBIC)’ 보고서로 인하여 국가적 관심사로 급부상하게 되었다. 미국에서는 이 보고서를 근거로 하여 융합연구에 대한 국가 정책적 지원 시스템이 마련되었고, 융합연구에 대하여 연간 1,300억 달러 규모의 투자 또한 이루어지게 되었다. 이로부터 2년 뒤인 2004년, 융합연구의 범위를 인문·사회과학 분야로까지 확장시킨 ‘Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies(CTEKS)’라는 보고서가 유럽연합에 의해 작성되었다. 이 보고서에 의해 융합연구의 범위는 거의 모든 분야로 확장되게 되었으며, 유럽연합에서는 이 보고서를 근거로 하여 융합연구에 7년간 727억 6000만 유로 규모의 투자를 수행하였다.

이러한 세계적 흐름에 맞춰 우리나라에서도 2007년 ‘국가융합기술 발전 기본방침’을 결정하고, 2009년 ‘국가융합기술 발전 기본계획(’09~’13)’, 2014년 ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략’을 수립하며, 융합연구에 대한 지속적인 정책적 지원을 수행하고 있다.

연구자들 사이의 교류와 협력으로 출발하였던 융합은 최근에는 국가 경쟁력을 좌우하는 핵심요인이 되었다. 이러한 인식의 근거는 바로 초창기 연구자들 사이의 작은 움직임으로 시작되었던 융합 연구의 결과물들이 컴퓨터, 스마트폰, 이동통신, 인터넷 등과 같은 현대 사회의 필수적인 요소들로 발전하였고, 뇌과학이나 헬스케어와 같은 새로운 학문 분야 혹은 산업 시장들이 만들어졌기 때문이다. 하지만 귀납적으로 이러한 몇 가지 사례들만을 바탕으로 융합연구가 미래의 국가 경쟁력을 확보하는데 있어 핵심적인 요인이라는 결론을 도출한 것에 문제는 없을까? 실제로 일부 과학기술자들과 사회과학자들은 과거 미국의 항공우주산업 투자나 암정복을 위한 바이오분야 산업 투자와 같이 투자 대비 연구 결과물이 부족하였던 사례 등을 근거로 뚜렷한 정량적 근거 없이 ‘융합연구=대박’ 식의 현재 국가차원의 융합연구 투자 확대에 우려를 표명하고 있기도 하다.

실제로 우리나라에서 수립한 ‘국가융합기술 발전 기본계획’, ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략’에서 언급한 융합연구 지원 필요성 및 근거 또한 융합연구가 전 세계적인 시대의 흐름이라는 것이 전부이다. 이는 우리나라뿐 아니라, 미국의 NBIC와 유럽연합의 CTEKS 보고서에서도 마찬가지로 나타나고 있다. 융합연구의 필요성을 설명하는 부분이 보고서에 있기는 하지만 이 또한 융합연구가 인간의 생활을 좀 더 풍요롭게 해 줄 것이라는 전문가들의 막연한 전망만 있을 뿐 구체적인 근거자료는 없다. 2013년 미국의 World technology Evaluation Center에서 발간한 “Convergence of Knowledge, Technology and Society—Beyond Convergence of Nano—Bio—Info—Cognitive Technologies(이하 NBIC2)” 보고서에는 지난 10여 년간의 융합연구 추진 결과 분석과 함께 융합연구 동향 등을 바탕으로 향후 융합연구의 방향, 필요성 등을 제시하고 있다. 하지만 이 또한 정성적인 분석 결과들과 예측들을 바탕으로 융합연구가 여전히 가능성이 높다고만 언급하고 있을 뿐이다.

그나마 우리나라에서는 2009년부터 매년 융합연구 시행계획을 작성하여, 매년 융합연구 지원에 대한 정부의 정책 점검 및 이를 바탕으로 한 융합연구 성과에 대한 정량 분석을 수행해 오고 있다. 그 결과 융합연구개발사업을 통한 연구 성과가 非융합연구개발사업에 비해 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었고, 이를 바탕으로 지속적인 융합연구 지원을 확대해 나가고 있다.



하지만 이 또한 국가 R&D 정책상의 융합기술개발사업을 중심으로 정량 분석이 이루어졌기 때문에, 실질적인 융합연구 지원에 대한 현황 및 결과 분석과는 다르다. 실제로 융합기술개발사업을 과제 수준에서 살펴보면 실질적으로 융합연구라고 보기 어려운 과제들이 상당 수 존재한다. '14년 KIST 융합연구정책센터에서 2012년도 미래창조과학부 연구개발사업 과제(18,972개)<sup>1)</sup>에 대하여 개별과제단위로 조사를 수행하여 분석한 결과, 융합 R&D 사업의 세부 과제이면서 융합연구로 분류되지 않거나, 일반 R&D 사업(융합기술 R&D 사업을 제외한 나머지)에 속해있는 과제 중 상당수가 융합연구로 분류되는 것으로 나타났다. 이렇듯 융합연구에 대한 명확한 분류 방법이 존재하지 않음으로 인해, 지금까지의 융합연구에 대한 정책적인 지원을 통한 융합연구 활성화 정도나 성과를 분석하고, 이를 바탕으로 정책을 수정·보완해 나가는 작업에 큰 어려움이 따르고 있다. 또한 앞에서 언급한 융합연구의 필요성에 대한 의문에 대응하는 것도, 그리고 향후 융합연구 지원에 대한 근거를 확보하는 것도 어려운 상황이다.

이에 본 리뷰에서는 융합연구 지원 정책을 통한 융합연구 활성화 및 성과 분석을 보다 면밀하게 수행하고 이를 바탕으로 실질적이고 효율적인 융합연구 지원 정책을 만들어 나가기 위하여, 과제 단위에서의 융합연구과제를 판별할 수 있는 새로운 방법을 제시하고자 한다. 이를 위하여, 우선 융합의 정의 및 융합연구의 개념에 대해 알아보고, 기존의 융합연구 식별 방법들에 대한 분석을 수행하고, 이들의 한계를 극복할 수 있는 식별 방법을 만든 후 기존의 방법에 의한 분석결과와의 비교 분석을 수행하여, 새로운 식별 방법의 활용 가능성을 타진해 보고자 한다.

<sup>1)</sup>정책및연구기획과제, 인력양성지원사업, 연구장비 시설 구축 등의 연구개발사업 과제 제외

## 융합의 정의<sup>12</sup>

융합연구과제를 선별하기 위해서는 우선 R&D에 있어서 융합에 대한 명확한 정의가 필요하다. ‘융합(Convergence)’이라는 단어 자체는 오래 전부터 존재한 단어이고, 그렇기 때문에 단어 자체의 의미는 그 사전적 정의로 명확하다고 할 수 있다. 하지만, 이것이 R&D와 연결되어 사용되면서부터 그 의미가 굉장히 다양한 의미를 가지게 되었다(표1).

표1. 다양한 융합의 정의

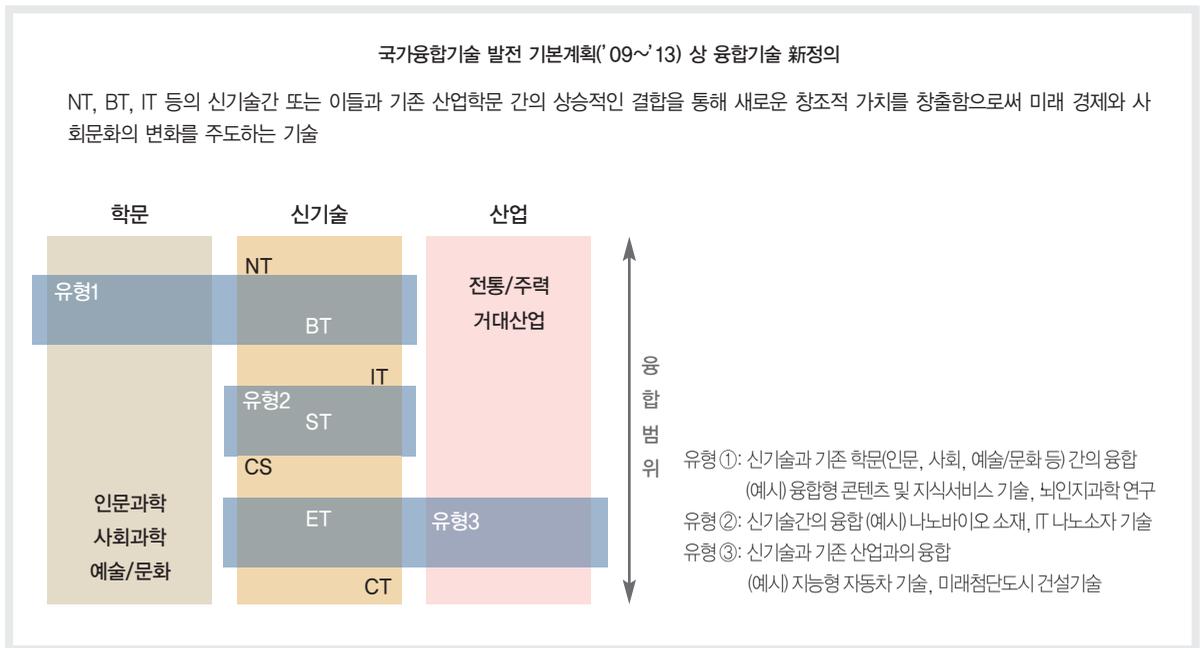
정의	주체
• 여러 가지 방향의 것들이 궁극적으로 한 방향으로 모이는 것 (come together from different directions so as eventually to meet)	(해외) 옥스퍼드 사전 <sup>3</sup>
• 서로 구분되어 있던 기술, 산업 또는 장치들이 하나의 것으로 합쳐지는 것 (the merging of distinct technologies, industries, or devices into a unified whole)	(해외) 웹스터 온라인 사전 <sup>4</sup>
• 산업간 경계와 시장에 대한 진입장벽이 낮아짐에 따라 여러 시장이 하나로 합쳐지는 것 (Merging of hitherto separated markets, removing entry barriers across industry boundaries)	(해외) Lind ('04) <sup>5</sup>
• 기존 산업의 기술, 제품, 서비스를 창의적으로 재조합하면서 새로운 가치와 시장을 창출하는 활동	(국내) 지식경제부 (송정환, 이낙규)('09)
• 2개 이상의 상이한 요소들이 하나의 요소로 수렴되면서 시너지를 내는 경제, 사회적 현상, 결합이 진행된 정도에 따라 패키지, 하이브리드, 퓨전으로 구분하고 이를 포괄하는 용어	(국내) 한국생산기술연구원 ( '11)
• 둘 이상이 녹아서 하나로 되는 것, 즉 화학적 합침 cf) 통합 : 둘 이상을 하나로 모아서 다스림, 즉 물리적 합침 통섭 : 둘이 합쳐서 새로운 주체가 탄생하는 과정, 즉 생물학적 합침	최재천('07) <sup>6</sup>
• 독립적으로 존재하던 개체들(예 : 학문, 기술, 산업, 제품, 서비스, 문화 등)의 화학적 결합을 통해 가치가 더 커진 새로운 개체를 창조하는 활동 - 세상에 없는 개체를 창조하는 활동이라기보다는 이미 존재하는 개체들을 창의적으로 연결하는 활동 - 투입요소들이 갖고 있던 가치를 합친 것보다 훨씬 더 큰 가치를 갖는 결과를 만들어 내는 활동	김덕현 ('14)

1963년 The Journal of Economic History에서 Nathan Rosenberg가 Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840-1910에서 산업계에서의 융합을 이야기 하며 ‘Technological Convergence’라고 나온 것이 융합을 기술적 관점에서 접근한 시초라 알려져 있다. 그 당시 Rosenberg는 여러 산업분야에서 제품을 생산해 내는데 있어 구멍 뚫기(drilling), 그라인딩(grinding), 연마(polishing) 등의 기술이 공통적으로 활용되는 과정을 기술적 융합이라고 칭했다<sup>7</sup>. 이후 Sahal(1985)과 Dosi(1988)에 의해 산업 연관 기술의 융합이라는 개념이 좀 더 다듬어져 어떠한 기술 패러다임이 다양한 산업에 영향을 끼치고, 혁신을 가져오는 것을 기술적 융합이라 정의하였다. 이후 이러한 기술 융합의 대표적인 사례로 컴퓨터나 통신, 가전산업에 많은 영향을 끼친 반도체와 같은 디지털 전자 기술들이 언급되어 왔다<sup>8</sup>.

하지만 이는 산업적인 측면에서 기술적 융합에 대해 정의한 내용이기 때문에 R&D 에서의 융합연구과제를 분류하는데 적용하기에는 무리가 있다. 또한 융합의 정의가 하나의 기술이 다양한 분야에 적용되던 것을 의미하던 것에서 서로 다른 분야의 것들을 서로 같이 활용하는 것(다학문간, Multi-Disciplinary)으로, 더 나아가 근본적으로 다른 분야의 사람들이 각 분야의 모든 것을 공유하며 같이 고민하는 것(학제간, Inter-Disciplinary)으로 시대가 지남에 따라 변하고 있기 때문에, 현재의 융합연구를 정의하는데 이를 적용하기에는 큰 무리가 있다.

또 다른 문제는 바로 앞에서 언급한 것처럼 융합이라는 말의 의미가 R&D에서 활용되기 시작하면서 그 개념이 점점 다양한 의미를 지닌 포괄적인 단어로 변해가고 있다는 것이다. 국가나 지역, 문화권 별로 별도의 개념으로 진화하고 있는데다 독립적으로 발전되어 온 지식/학문 분야와 산업에 따라서도 서로 다른 해석과 의미를 부여하고 있기 때문이다. 융합을 의미하는 단어도 한글로는 융합, 통합, 통섭 등으로, 영어로는 Convergence, Fusion, Integrated, Hybrid, Consilience 등이 활용되고 있기에 이러한 의미를 명확히 하는데 한계를 지니고 있다. 이에 국내외의 여러 연구자들에 의하여 융합, 통합, 통섭에 대한 개념을 구분하여 제시하려는 시도는 이루어지고 있으나<sup>9</sup> 아직 학술적, 사회적 합의는 도출되지 못한 상황이다.

이러한 융합의 의미 차이는 융합기술에 대한 정의 차이로 이어졌다. 미국의 경우, NBIC(NT, BT, IT, CS) 기술 간 또는 기술 내 상승적 결합을 통한 산출물로서 인간의 수행능력과 사회적 부가가치를 향상시킬 수 있는 기술('NBIC2 보고서')이라고 정의한 반면, 유럽의 경우, 공통 목표 추구를 위한 기반기술 및 지식체계로서 NT, BT, IT 이외에 인문사회 영역 간 융합을 포괄한 폭넓은 개념의 기술(CTEKS 보고서)이라 정의하였다<sup>10,11,12</sup>. 이에 우리나라는 '국가융합기술 발전 기본계획('09~'13)'에서는 융합기술에 대한 정의를 다음과 같이 내리며, 과학기술의 발달에 따라 기술의 융합 형태가 다양화되고 있고, 기술융합화의 확산 추세에 따른 정의 재정립이 필요한 만큼 융합기술에 대한 신축적 정의가 필요하다고 언급하고 있다<sup>13</sup>.



## 융합연구의 개념과 구분

융합과 융합기술에 대해서는 다양한 정의를 내리고 있기는 하지만 그들의 공통적인 부분과 특별한 부분을 면밀히 분석하여 보면, 융합연구에 대한 개념은 다음의 두 가지 관점의 개념으로 접근할 수 있다는 것을 알 수 있다.

(결과론적 관점) 융합기술분야를 대상으로 연구를 수행하는 것  
(방법론적 관점) 공통의 주제에 대하여 서로 다른 분야가 협력하여 연구를 수행하는 것

위의 두 가지 관점을 좀 더 개별적으로 자세히 살펴보자.

결과론적 관점에서의 융합연구개념은 기술적인 관점에서 접근한 결과로 NBIC로 대표되는 신기술을 중심으로 이러한 신기술과 다른 분야간의 융합(국가융합기술 발전 기본계획 상 융합기술의 유형 ①, ②, ③)으로 인해 발생된, 기존 기술 분류 체계에서 정의되지 못하는 영역에 대한 연구를 의미한다. 하지만 이러한 관점으로 융합연구를 설명할 경우에는 단순히 신기술이 다른 분야에서 단순 활용되는 경우도 융합연구로 구분되어, 새로운 가치를 창출하거나 풀지 못하던 문제를 해결하는 등의 본질적 변화를 수반한다는 융합의 본래 취지가 무색해질 수 있다. 예를 들어, 차량용 조립 로봇을 만들던 기술로 전자 제품 제작용 로봇을 만드는 것을 융합연구라고 하지는 않기 때문이다.)

방법론적 관점에서의 융합연구개념은 연구분야적 관점에서 접근한 결과로 학문적 배경이 다른 복수의 분야가 협력하는 연구를 의미한다. 그렇기 때문에 학문 분야간의 관계와 협력 형태 등에 따라 복수학제 연구(Multi-disciplinary research, (ex) 신약개발), 학제간 연구(Inter-disciplinary research, (ex) 로봇공학), 다학제간(Cross-disciplinary research, (ex) 생체모사공학), 초학제간 연구(Trans-disciplinary research, (ex) 합성생물학) 등으로 구분될 수 있다<sup>14</sup>. 하지만 이러한 관점으로 융합연구를 설명할 경우에는 단순한 분야간 협력을 융합연구로 보게 되기 때문에, 이미 과거의 융합을 통해 독자적인 분야로 성장한 분야에 대한 연구나 근접한 분야이지만 학문 분야가 다르게 되어 있는 분야들간의 협력연구도 융합연구로 분류하게 되어, 시대적 변화와 학문 분야의 발전 역사를 반영하지 못한다는 한계가 존재한다. 생화학이나 의공학과 같이 하나의 독립적인 분야로 성장한 분야의 연구를 생물학과 화학의 융합, 의학과 공학의 융합이라고 보는 것이나 화학과 화학공학과 같이 근접분야의 협력 연구를 지금의 시점에서 융합연구라 이야기 하기는 어렵기 때문이다.

그렇다면 융합과 융합기술의 다양한 정의로부터 도출된 이 두 관점을 동시에 만족하면서, 각 관점에서 내포하고 있는 한계를 극복할 수 있는 통합된 융합연구의 개념은 어떻게 정의할 수 있을까? 본 리뷰에서는 결과론적 관점과 방법론적 관점의 분석 결과를 바탕으로 다음과 같은 융합연구의 개념을 제시하고자 한다.

### 융합연구 정의

어떠한 문제 해결, 신기술 개발 또는 기존 기술/연구분야 분류체계에서 정의하지 못하는 분야를 개척하기 위하여 기존의 혹은 대다수의 연구개발 접근방식과는 다른 다양한 분야간의 소통·협력을 통해 이루어지는 연구

즉, 어떠한 문제를 해결하거나 신기술 개발을 한다거나 기존 기술/연구분야 분류체계에 정의하지 못하는 분야를 개척한다거나 하는 특정한 목적을 가지고(결과론적 관점), 다양한 학문 분야간의 협력 공동 연구 중 기존부터 활발한 공동 연구를 수행하던 연구분야간 협력 연구가 아닌 새로운 분야간의 협력 공동 연구(방법론적 관점)를 융합연구라 정의할 수 있다.

## 융합연구 지원

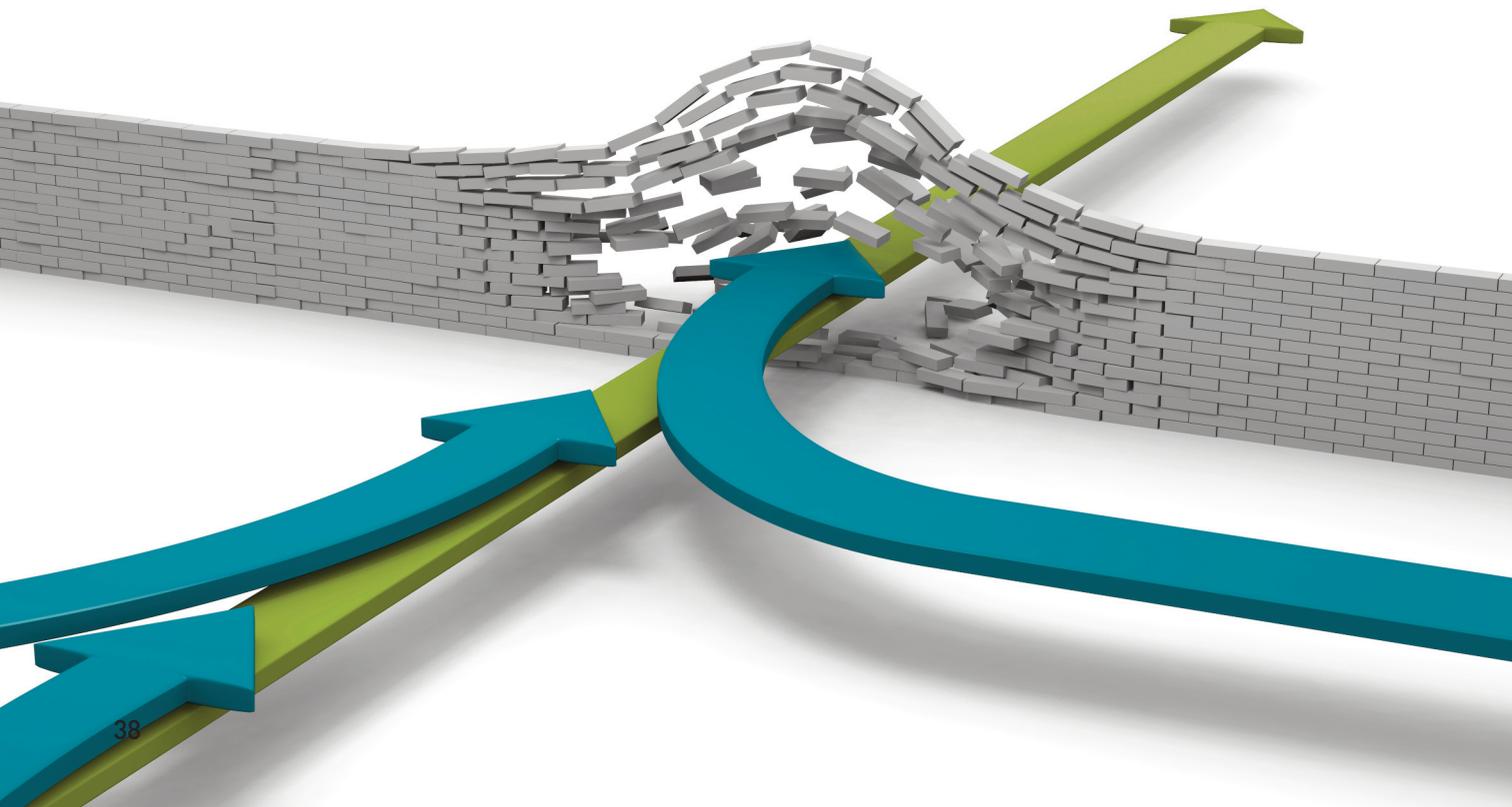
융합이 21세기 경제 및 사회 전반의 핵심 의제로 부상한 것은 과학기술 분야에서의 탁월한 효과 때문은 아니다. 20세기 후반 정보화 혁명으로 인해 세계는 산업혁명 이후로 또 다른 큰 경제적 사회적 변화를 겪게 되었으며, 이를 통해 글로벌 경제의 확산 및 지식기반경제사회가 구축되었다. 이러한 상황 속에서 세계는 정보화 혁명과 같은 또 다른 성장을 가져올 수 있는 요소를 찾게 되었고, 그것이 바로 ‘융합’ 이었다.

17세기 이전까지는 모든 학문이 자연철학의 범주에 포함되어 하나의 학문으로 발전되었지만, 산업혁명 이후 이러한 학문들은 세분화·전문화 되었고, 이를 바탕으로 인류는 발전을 거듭해 올 수 있었다. 하지만 20세기 후반 정보화 혁명으로 이루어진 글로벌 경제의 확산과 지식기반경제사회가 도래하면서 기존의 세분화된 학문으로는 해결할 수 없는 거시적인 현상의 문제들(환경, 에너지·자원, 글로벌 금융 위기 등)이 발생하기 시작하였다. 하지만 오랜 세월 세분화된 분야에서 전문화된 사람들간의 소통은 어려워졌고, 이로 인해 이러한 거시적 현상의 문제들에 대한 대응이 적절하게 이루어지지 못하였다. 따라서 이러한 거시적 문제의 해결과 정보화 혁명을 이어나갈 새로운 성장동력을 찾기 위해 융합이라는 개념이 경제 및 사회 전반에 나서게 되었으며, 세계 각국은 이러한 기존 학문·산업·기술 간의 융합에 대한 전략적 지원을 확대해 나가고 있다.

이러한 융합에 대한 지원은 R&D 분야에서 뚜렷하게 나타나고 있으며, 해외의 경우에는 정책·사업단위로 융합연구 지원을 수행하고 있다. 미국에서는 이니셔티브(Initiative)라는 방식을 통해 융합연구를 지원하고 있다. 이니셔티브를 통해 국가적 문제를 다양한 관점에서 해결하기 위해 관련 부처 및 기관들이 다양한 방식으로 해결해 나갈 수 있는 근거 및 장을 마련해 주고 있다. 유럽은 공동 연구 프로그램(framework program)을 만들어 EU 내 학교, 연구기관간의 다국가·다기관 공동·융합연구를 지원하고 있다. 이를 통해 신성장동력 발굴과 함께 사회문제 해결을 위한 정책 마련을 바탕으로 보다 장기적인 관점에서의 지속가능한 발전과 사회통합 및 발전의 원동력 제공을 달성하고자 하고 있다(표 2).

표 2. 해외 융합연구 지원 정책 및 사업<sup>15)</sup>

분류	지원 정책/사업
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>· AMP(Advanced Manufacturing Partnership)</li> <li>· BDI(National Big Data R&amp;D Initiative)</li> <li>· BRAIN Initiative (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies)</li> <li>· CEMI(Clean Energy Manufacturing Initiative)</li> <li>· MGI(Materials Genome Initiative)</li> <li>· NNI(National Nanotechnology Initiative)</li> <li>· NRI(National Robotics Initiative)</li> <li>· SunShot(SunShot Initiative)</li> </ul>
EU	<p><b>정책</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· FP8(8th Framework Programme for Research and Tehcnological Development)</li> </ul> <p><b>사업</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· NEST(New and Emerging Science and Technology)</li> <li>· FET(Future Emerging Technologies)</li> <li>· ICT PSP(ICT Policy Support)</li> <li>· EGVI(European Green Vehicles Initiative)</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>· IBBE(Industrial Biotechnology and Bioenergy)</li> <li>· HIR(Health Informatics Research)</li> <li>· DHG(Discipline Hopping Grant)</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>· FONA(Framework Programme Research for Sustainable Development)</li> </ul>



하지만 이러한 지원 대상이 모두 융합연구인지는 의문이 남는다. 전세계적 융합연구 지원 정책 또는 사업을 구체적으로 살펴보면, 어떠한 문제를 해결하거나 신기술 개발을 한다거나 기존 기술/연구분야 분류체계로 정의하지 못하는 분야를 개척하는 등의 결과론적 관점에서의 융합연구 조건과 학문적 배경이 다른 복수의 연구 분야가 협력을 하는 방법론적 관점에서의 융합연구 조건은 만족하고 있다. 하지만, 이 두 조건을 동시에 만족시키는 사업은 얼마나 되는지 확인하기 쉽지 않다. 즉, 융합연구 지원 R&D 사업을 통한 모든 연구 내용이 융합연구라고 이야기하기는 어렵다는 것이다. 융합연구 활성화를 위한 기반 조성 과정이나 융합 관련 연구소 지원 자체를 융합연구라 볼 수는 없다. 물론 이러한 사업들을 통해 보다 더 많은 융합연구가 이루어질 환경이 만들어지고, 융합연구를 수행할 인력이 길러져 결과적으로는 융합연구에 도움이 된다고 말할 수는 있지만, 그 자체를 융합연구로 보기는 어렵다.

## 융합연구 식별 방법

그렇다면 유일하게 융합연구에 대한 정량적 분석을 수행하는 우리나라에서는 융합연구 수행 여부를 어떠한 기준으로 분석하고 있을까? 본 장에서는 우리나라에서 발행되는 융합 연구 분석 보고서들의 융합연구 식별 방법에 대해 알아보고, 이들의 한계점들을 극복할 수 있는 새로운 융합연구 식별 방법을 제시하고자 한다.

### 국가융합기술발전 시행계획<sup>6)</sup>

정부에서는 매년 융합기술의 육성·추진을 위해 범부처 시행계획을 수립하여 왔으며, 그 세부 내용으로 융합기술 R&D 투자 실적을 분석하여 왔다. 시행계획에서 선정한 융합기술 R&D 사업<sup>2)</sup>을 바탕으로 각 부처별 사업담당자로부터 자료를 취합하여 연도별, 부처별, 전략별 투자 현황을 분석하고 있다.

본 식별 방법은 국가에서 선정한 국가 융합기술 R&D 사업을 기반으로 분류하였기 때문에, 거시적인 관점에서의 융합연구 지원 규모를 파악하고, 실질적인 전략별 정책의 효과를 확인할 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다. 하지만 정책의 직접적인 효과를 분석하는 데에는 효과적이지만 인프라 구축이나 인력양성과 같은 간접적인 효과를 가져오는 정책들에 대한 효과를 분석하는 데에는 한계가 따른다. 또한 앞서 언급한 것처럼 융합연구 지원 R&D 사업에 대한 분석은 가능하지만 이를 통한 실질적인 융합연구(결과론적 관점과 방법론적 관점을 동시에 만족하며, 사업 내 연구 과제가 융합연구 개념을 만족하는지)에 대한 분석은 불가능하다는 한계가 존재한다.

<sup>2)</sup>매년 융합기술 R&D 사업 수는 새로이 시작되는 사업과 종료되는 사업으로 인하여, '09년에 71개, '10년 66개, '11년 76개, '12년 66개, '13년 68개로 변화함

### 국가연구개발사업 조사분석 보고서<sup>17</sup>

한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 매년 발행하는 국가연구개발사업 조사분석 보고서에서는 2009년부터 융합분야 과제라 하여 융합연구를 분류하고, 이에 대한 분석을 수행하여 왔다. 과학기술표준분류를 기준으로 2개 이상의 과학기술표준분류(대분류 기준)에 해당하는 과제를 융합분야 과제라 분류하였으며, 이에 대한 융합분야 과제 R&D 투자 금액은 과제별 과학기술표준분류 연구분야 2, 3의 비중과 연구비의 곱으로 계산하여 분석하였다.

#### 국가연구개발사업 조사분석 보고서 상의 식별 방법

과제 A, B, C가 아래와 같이 있을 때,  
 A는 과학기술표준분류를 기준으로 1분야에만 해당하므로 융합분야 과제가 아님.  
 B, C는 과학기술표준분류를 기준으로 각각 2분야와 3분야에 해당하고, 연구분야의 대분야가 각각 NA, NB, NC로 다르기 때문에므로 융합분야 과제로 분류됨.  
 이에 대한 융합분야 과제 투자 금액 계산은 과제 B, C의 전체 연구비가 아닌 2, 3분야 비율과 연구비의 곱으로 나타내어 B과제 30,000 (30% x 100,000), C과제 50,000((30%+20%) x 100,000)으로계산함

과제	사업명	과학기술표준분류 연구분야 1	연구분야 비중 1	과학기술표준분류 연구분야 2	연구분야 비중 2	과학기술표준분류 연구분야 3	연구분야 비중 3	연구비	
A	가	NA03	100	-	-	-	-	100,000	융합연구투자 <b>80,000</b> 30,000(과제 B) + 50,000(과제 C)
B	나	NA04	70	NC01	30	-	-	100,000	
C	다	NA07	50	NA03	30	NC02	20	100,000	

본 식별 방법은 전체적인 융합연구의 투자 규모 또는 분야별 융합연구 비율의 증감 정도를 도출하여 거시적인 관점에서의 융합연구 분석이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 개별적 과제 단위의 융합연구 분석(연구과제 건수, 연구개발 단계, 연구 수행 주체 등)에 활용하기에는 무리가 따른다. 본 방법에 따라 분류된 융합분야 과제는 전체 과제의 70~80%를 차지하고 있어, 분석 과정에서 융합연구 투자 규모와 분석 변수 간의 상관관계를 찾아내기 어렵고, 융합연구와 일반 연구간의 연구 방법 차이에 의한 연구 결과 차이 분석 등 실제 융합연구의 현황, 특성, 동향 등을 분석하기에도 어려움이 따른다.

또한 본 분류 방법은 융합연구의 방법론적 관점은 충실하게 충족하였지만, 어떠한 문제를 해결하거나 신기술 개발을 한다거나 기존 기술/연구분야 분류체계로 정의하지 못하는 분야를 개척하는 등의 결과론적 관점에서의 융합연구 고려가 결여되어 있다는 한계를 지니고 있다.

### 융합연구사용의 실태조사와 연구개발 특성 분석<sup>15</sup>

과학기술정책연구원(STEPI)에서는 2013년 ‘융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성 분석’을 통해 2009년부터 2012년까지의 융합연구사업의 실태 분석을 수행하였다. 여기서는 국가 융합기술 발전 기본계획과 산업융합발전기본계획을 바탕으로 선정한 융합연구사업 59개를 바탕으로, 이에 속하는 과제를 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 상에서 찾아 융합연구과제라 분류하고, 이를 바탕으로 융합연구의 연도별 투자특성(투자액 추이 및 증가율, 과제 수행 기간 및 과제당 지원금액, 지원주체 및 수행주체, 기술특성 및 연구목적)분석을 수행하였다.

#### 융합연구사용 실태조사와 연구개발 특성 분석 보고서상의 식별 방법

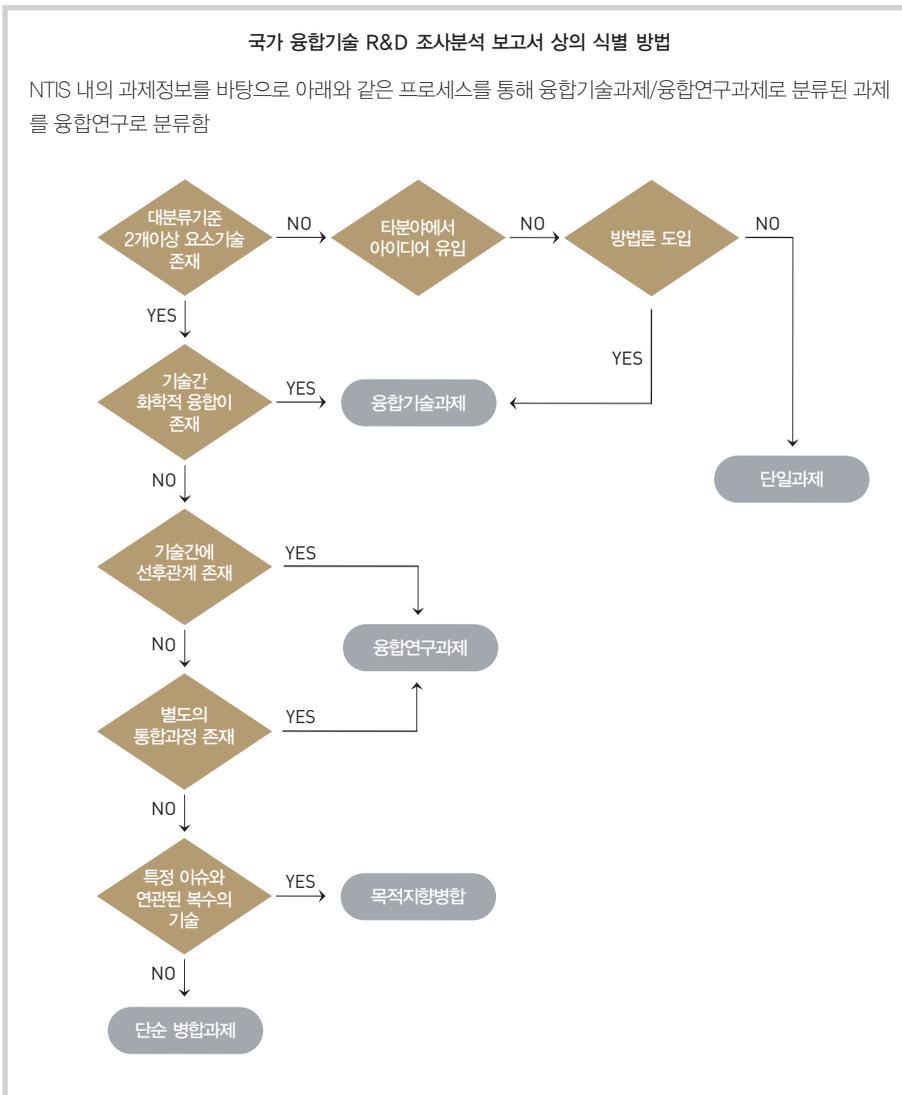
과제 A, B, C가 아래와 같이 있고, ‘가’ 사업과 ‘다’ 사업이 융합연구사업일 때, A, C는 융합연구로 분류되어 투자 특성 분석의 근거자료로 활용됨.

과제	사업명	과학기술 표준분류 연구분야 1	연구분야 비중 1	과학기술 표준분류 연구분야 2	연구분야 비중 2	과학기술 표준분류 연구분야 3	연구분야 비중 3	연구비	
A	가	NA03	100	-	-	-	-	100,000	→ 융합연구투자 과제 A, C 융합연구투자 200,000
B	나	NA04	70	NC01	30	-	-	100,000	
C	다	NA07	50	NA03	30	NC02	20	100,000	

본 식별 방법은 NTIS 상의 정보를 기반으로 정부 정책 기반 융합연구사업 내 과제 단위의 분석까지 가능하기 때문에 거시적 관점과 미시적 관점에서의 융합연구 지원 규모 및 특성을 동시에 파악할 수 있다는데 큰 장점이 있다. 하지만 융합연구사업을 선정하는 과정에서 정부의 시행계획과는 미세하게 다르다는 점과 시행계획 상의 식별 방법과 마찬가지로 융합연구 지원 사업에서 수행하는 모든 과제를 융합연구로 보게 되어 실질적인 융합연구에 대한 분석은 어렵다는 근본적인 한계를 여전히 가지고 있다.

### 국가 융합기술 R&D 조사방식<sup>18</sup>

융합연구정책센터(CRPC)에서는 2014년 ‘국가 융합기술 R&D 조사분석’을 통해 2012년 미래창조과학부(구 교육과학기술부) 주요연구개발사업과제 중 총 2,133 개의 융합연구과제<sup>3)</sup>를 분류하고, 이를 바탕으로 융합연구 투자현황 분석을 수행하였다. 융합연구 식별을 위하여 융합연구과제 분류 프로세스를 만들고, 미래창조과학부연구개발사업과제 18,972개에 대한 NTIS 정보를 바탕으로 전문가들의 2회에 걸친 선정 작업을 통해 융합연구과제를 분류한 후, 융합연구에 대한 투자현황 분석을 수행하였다.



<sup>3)</sup> 정책 및 연구기획과제, 인력양성지원사업, 연구장비 시설 구축 등의 연구개발사업을 제외한 총 18,972개(연구비 2조 2,541억 원)의 과제

본 식별 방법은 NTIS 상의 정보를 기반으로 미래창조과학부 과제 18,972개에 대하여 전수조사를 실시하였기 때문에 과제 단위의 실질적인 융합연구 수행 여부를 판단할 수 있고, 이를 통한 개별적 융합연구 분석은 물론 거시적 융합연구 분석까지 모두 가능하다는 큰 장점을 가지고 있다. 하지만 정량적인 프로세스가 아닌 전문가 위원들을 통한 정성적인 프로세스를 통해 융합연구를 선정하였기 때문에 전문가 개개인의 주관이 개입될 수 밖에 없고, 전수조사로 인해 전체 국가연구개발사업에 대해 이를 확대·적용하기 어렵다는 한계가 있다.

지금까지 살펴본 기존 융합연구 분류 방법에 대해 간략히 정리하면 다음과 같다.

표3. 기존 융합연구 분류 방법 장·단점

구분	장점	단점
국가융합기술 발전시행계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>거시적 융합연구 지원 규모 파악 가능</li> <li>전략별 정책 효과 확인 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정책의 간접적 효과 확인 어려움</li> <li>결과론적 관점의 분류로 인한 실질적인 융합연구 분석 어려움</li> </ul>
국가연구개발사업 조사분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>거시적 융합연구 분석 가능</li> <li>분야별 융합연구 비율 증감 파악 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개별적 융합연구 분석 어려움</li> <li>방법론적 관점의 분류로 인한 실질적인 융합연구 분석 어려움</li> </ul>
융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>거시적, 미시적 융합연구 분석 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시행계획과는 다른 융합연구사업</li> <li>융합연구사업 내 모든 과제를 융합연구로 보는 근본적 한계 내제</li> </ul>
국가융합기술 R&D 조사분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>실질적 융합연구 분석 가능</li> <li>거시적, 미시적 융합연구 분석 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>융합연구 선정 과정 주관 개입 우려</li> <li>전수조사 과정으로 인한 확장 한계</li> </ul>

그렇다면 이러한 기존의 융합연구 식별 방법의 단점을 극복할 수 있는 새로운 식별 방법을 고안하기 위해서는 어떠한 사항들이 고려되어야 할까? 기존의 방법들의 장·단점을 바탕으로 고려해 보았을 때 새로운 융합연구 식별 방법은 다음의 사항들을 만족해야 한다.

- 가) 과제 단위의 미시적 융합연구 분석이 가능해야 한다. 그래야만 융합연구의 방법론이나 융합연구 과정 등 연구 자체를 분석할 때 의미 있는 결과를 가져올 수 있기 때문이다.
- 나) NTIS상에서 제공하는 정보를 바탕으로 융합연구를 분류할 수 있어야 한다. 연구자는 물론 해당 과제·사업 관리자에게 추가적인 부담을 주거나, 그들의 주관에 의해 융합연구가 분류되지 않도록, 기존에 존재하던 정보를 바탕으로 분류할 때에만 과거부터 현재까지의 분석이 가능해지고, 앞으로도 활용할 수 있기 때문이다.
- 다) 정량적 지표를 바탕으로 융합연구를 분류할 수 있어야 한다. 융합연구를 분류하는 과정에서 전문가의 주관 개입 없이 과제에 대한 정보를 바탕으로 정량적 분석을 수행하여야만 객관적인 융합연구 식별과 이를 바탕으로 한 객관적인 융합연구 분석이 가능해 질 수 있기 때문이다.
- 라) 시대적 변화에 따른 융합연구 기준의 변화를 반영할 수 있어야 한다. 과거에는 융합연구로 여겨지던 연구 분야들이 시간이 지남에 따라 하나의 새로운 학문체계에 자리를 잡으면서 방법론적인 관점에서는 더 이상 융합연구로 볼 수 없는 것들도 자동적으로 반영할 수 있어야 장기적으로 일관되게 활용할 수 있기 때문이다.

이러한 조건을 만족시키기 위한 새로운 분류 방법을 찾기 위해, 우선 NTIS상에서 제공하는 정보들을 살펴보면 다음과 같다.

• 사업부처	• 연구수행주체	• NTRM분류
• 사업명	• 지역	• 기술수명주기
• 사업성격	• 연구개발단계	• 세부과제성격
• 과제번호	• 연구개발성격	• 연구비
• 과제명	• 과학기술표준분류연구분야	• 참여연구원
• 과제수행기관	• 연구분야비중	• 과제책임자
• 과제관리기관	• 6T분야	

융합연구 정의를 고려하였을 때, 이 정보들 중 융합연구 정의를 기반으로 융합연구 선별에 활용할 수 있는 정보는 6T분야/NTRM분류, 과학기술표준분류연구분야/연구분야비중이다. 융합연구 정의의 내용 중 '어떠한 문제 해결, 신기술 개발 또는 기존 기술/연구분야 분류체계'는 6T분야/NTRM분류 정보를 기반으로 표현할 수 있고, '기존의 혹은 대다수의 연구개발 접근방식과는 다른 다양한 분야간의 소통·협력을 통해 이루어지는 연구'는 과학기술표준분류연구분야/연구분야비중 정보와 6T분야/NTRM분류의 상관관계로 표현할 수 있기 때문이다.

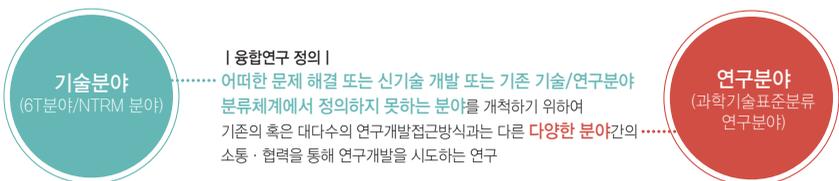


그림 1. 융합연구 정의와 NTIS 정보 연결

실제로 2013년 융합연구정책센터에서 수행한 융합연구 활성화 기반 구축 연구-융합연구 분석체계 연구 내용을 살펴보면, 6T분야와 과학기술표준분류연구분야의 관계를 바탕으로 연구분야별 융합연구지수를 도출하여 국가 R&D 전체의 연구분야별 전반적인 융합연구 수행 정도를 분석한 내용이 있기 때문에(아래 그림 참조)<sup>18</sup>, 이를 과제 단위에서 적용할 수 있다면 과제 단위에서의 융합 연구 정도 분석에 활용할 수 있을 것이다.

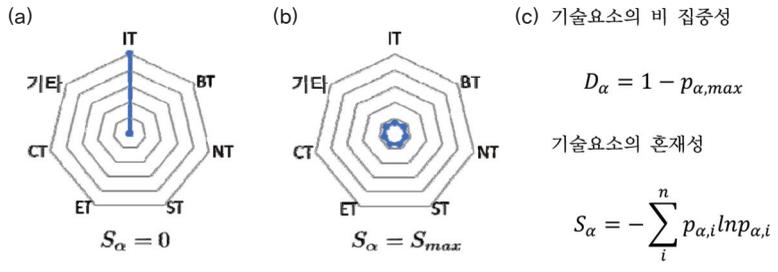


그림 2. 융합성이 (a)최소인 경우( $S_{\alpha}=0$ ),와 (b)최대인 경우( $S_{\alpha}=S_{max}$ )의 p-다이아그램 패턴. (c) 요소기술비집중도 및 혼재도

그렇다면 융합연구 정의를 바탕으로 과제 단위에서 6T/NTRM 분야(기술분야)와 국가과학기술표준분류연구분야(연구분야)간의 상관관계를 바탕으로 융합연구지수라는 것을 만들어 정량적 지표로 활용한다면 어떨까? 또한 이러한 융합연구지수를 바탕으로 융합연구 여부를 판단하는 기준지수를 만들어 낸다면 과제 단위로 융합연구를 분석할 수 있고, NTIS 상의 정보를 바탕으로 정량적인 지표를 만들어 내어 분석이 가능해진다. 더불어 융합연구 여부를 판단하는 기준지수를 시대에 따라 일정한 기준에 의해 변화시킴으로써 시대적 변화에 따른 융합연구 기준의 변화를 반영할 수 있기 때문에 기존의 융합연구 분류 방법의 단점을 극복할 수 있다.

## 新 융합연구 식별 방법 제안

본 리뷰에서 새로이 제안하는 新 융합연구 식별 방법은 앞에서 언급한 아이디어처럼 기술분야와 연구분야간의 상관관계를 바탕으로 산출한 지수, 융합연구지수를 과제별로 산출하고, 융합연구 지수의 값에 따라 융합연구를 분류하는 방법이다. 이를 위하여 우선 해당년도의 모든 과제정보를 기반으로 기술분야-연구분야의 상관관계를 도출하고, 과제별 연구분야의 비중을 바탕으로 연구과제-연구분야의 상관관계를 도출한 다음, 마지막으로 기술분야-연구과제의 상관관계를 수치화하여 과제별 융합연구지수를 산출하였다.

기술분야를 표현할 수 있는 NTRM분야와 6T분야 중 일부 과제에는 정보가 없는 NTRM분야는 활용할 수가 없기에 모든 과제가 정보를 가지고 있는 6T분야(총 7개, BT, CT, ET, IT, NT, ST, 기타)<sup>4)</sup>를 채택하여 활용하였다. 연구분야인 국가과학기술표준분류연구분야의 경우 대분류, 중분류, 소분류 중 항목의 범위와 수가 적절한 중분류(374개('12기준))<sup>5)</sup>를 채택하여 활용하였다.



<sup>4)</sup>미래유망 신기술(6T) 분류 : 생명공학기술(BT), 문화기술(CT), 환경기술(ET), 정보기술(IT), 나노기술(NT), 우주항공기술(ST), 미래유망 신기술 분류에 속하지 않는 연구(기타)

<sup>5)</sup>'09년 기준의 중분류(369개)로 표시된 2009~2012년도 국가연구개발사업은 중분류간 비교분석을 통해 '12년 기준으로 변환함.

## 융합연구지수<sup>6)</sup> 구하기( $P_{i,x}$ )

기술분야  $i$ 를 개발하기 위해 연구분야  $a$ 가 활용되는 정도를  $n_{i,a}$ 라 하면, 기술분야가  $i$ 일 때, 연구분야  $a$ 가 활용되는 정도는

$$p_{i,a} = \frac{n_{i,a}}{\sum n_i} \quad \text{식 (1)}$$

로 표현할 수 있다. 이를 과제 정보를 바탕으로 구현하면 아래 예제와 같이 표현된다.

과제	과학기술 표준분류 연구분야 1		과학기술 표준분류 연구분야 2		과학기술 표준분류 연구분야 3		6T
	연구분야 비중 1	연구분야 비중 2	연구분야 비중 3	연구분야 비중 3	연구분야 비중 3		
A	NA03	100	-	-	-	-	BT
B	NA04	70	NC01	30	-	-	BT
C	NA07	50	NA03	30	NC02	20	BT

	BT
NA03	1.3
NB04	0.7
NB07	0.5
NC01	0.3
NC02	0.2
합계	3

$$n_{BT,NB04} = 0.7$$

$$p_{BT,NB04} = \frac{0.7}{3} = 0.233$$

즉, 이러한 방식으로 우리는 모든 기술분야-연구분야 조합에 따라  $p$ 값이 구할 수 있게 된다.

연구분야(a)-연구과제(x)의 관계는 과제별 연구분야와 연구분야의 비중의 조합으로 표현할 수 있다. 한 과제당 연구분야는 최대 3가지까지 기입할 수 있고, 기입된 분야의 비중 또한 기입하도록 되어 있기 때문에, 연구과제  $x$ 는 연구분야  $a$ 와 연구분야의 비중  $x_a$  곱의 합, 즉

$$X = a_1 \times X_{a1} + a_2 \times X_{a2} + a_3 \times X_{a3} \quad \text{식 (2)}$$

로 표현할 수 있다. 이를 과제 정보를 바탕으로 표현하면 아래 예제와 같이 표현된다.

과제	과학기술 표준분류 연구분야 1	연구분야 비중 1	과학기술 표준분류 연구분야 2	연구분야 비중 2	과학기술 표준분류 연구분야 3	연구분야 비중 3	6T
A	NA03	100	-	-	-	-	BT
B	NA04	70	NC01	30	-	-	BT
C	NA07	50	NA03	30	NC02	20	BT

(A)=(NA03)x1  
 (B)=(NB04)x0.7+(NC01)x0.3  
 (C)=(NB07)x0.5+(NA03)x0.3+(NC02)x0.2

즉, 이러한 방식을 통해 모든 과제는 연구분야와 연구분야비중의 조합으로 표현할 수 있다.

마지막으로 기술분야(i)-연구과제(x)의 관계는 앞에서 도출한 두 관계의 식을 활용하여 도출할 수 있다. 즉 기술분야  $i$ 를 개발하기 위하여 연구과제  $x$ 의 상관관계를  $p_{i,x}$ 라 한다면,

$$P_{i,x} = p_{i,a1} \times X_{a1} + p_{i,a2} \times X_{a2} + p_{i,a3} \times X_{a3} \quad \text{식 (3)}$$

라고 표현할 수 있고, 이를 과제 정보를 바탕으로 표현하면 아래 예제와 같이 표현된다.

과제	과학기술 표준분류 연구분야 1	연구분야 비중 1	과학기술 표준분류 연구분야 2	연구분야 비중 2	과학기술 표준분류 연구분야 3	연구분야 비중 3	6T
A	NA03	100	-	-	-	-	BT
B	NA04	70	NC01	30	-	-	BT
C	NA07	50	NA03	30	NC02	20	BT

$$P_{BT,A} = p_{BT,NA03} \times 1 = 0.433 \times 1 = \mathbf{0.433}$$

$$P_{BT,B} = p_{BT,NB04} \times 0.7 + p_{BT,NC01} \times 0.3 = 0.233 \times 0.7 + 0.1 \times 0.3 = \mathbf{0.193}$$

$$P_{BT,C} = p_{BT,NB07} \times 0.5 + p_{BT,NA03} \times 0.3 + p_{BT,NC02} \times 0.2 = 0.167 \times 0.5 + 0.433 \times 0.3 + 0.0667 \times 0.2 = \mathbf{0.0443}$$

<sup>6)</sup> 여기서 언급한 융합연구지수는 융합연구 정도를 나타내는 수치를 가리키는 것으로 '융합 지수 산출 방법(출원번호 10-2011-0043316)'에서의 융합 지수와는 아무런 관계가 없다.

즉, 위 예제에서 A라는 과제가 BT 기술 개발과의 상관관계가 0.433이고, B 과제와 C 과제는 각각 0.193과 0.0443이므로, A 과제를 수행하는데 활용된 연구분야들은 BT 기술 개발에 이미 많은 활용이 이루어지고 있다는 의미이고, 반대로 C 과제를 수행하는데 활용된 연구분야들은 BT 기술 개발에 많이 활용되지 않았다는 의미이다.

다시 융합연구의 정의로 돌아가 생각해 보면, '기존의 혹은 대다수의 연구개발 접근방식과는 다른'이라는 문구의 관점에서 살펴보면 A과제 보다는 C과제가 보다 융합연구에 가까운 연구라 말할 수 있다. 즉,  $p_{ix}$ 의 값이 작을수록, i라는 기술개발을 위하여 x라는 연구과제가 기존의 혹은 대다수의 연구개발 접근방식과는 다른 방식으로 연구를 수행하는 융합연구라고 판별할 수 있다.

### 융합연구 기준 지수( $P_{i,c}$ )

그렇다면  $p_{ix}$ 의 값이 어느 정도로 작아야 i라는 기술을 개발하는데 있어 x라는 과제가 융합연구라고 말할 수 있는 것일까?

'융합이 잘되고 있다'는 말은 다르게 생각해 보면, '어떠한 연구개발을 수행하는데 관련된 연구분야들이 편중되지 않고 고르게 활용되고 있다'는 말과 같다고 볼 수 있다. 그림 3을 가지고 이야기를 해 보자. 기술 개발을 위해 특정 연구 분야가 주를 이루는 (a) 보다는 다양한 연구분야가 고르게 활용되는 (b)의 경우가 보다 더 융합연구가 활발히 이루어지고 있다고 이야기 할 수 있다. 즉, i라는 기술 개발을 위하여 활용되는 연구분야 a의 수를  $n(a)$ 라고 할 때,  $p_{ix}$ (i라는 기술개발을 위해 x라는 과제가 활용되는 정도)가

$$\frac{1}{n(a)} = p_{i,c} \tag{식 4}$$

수준이라고 한다면 융합이 잘되고 있다고 말할 수 있다.

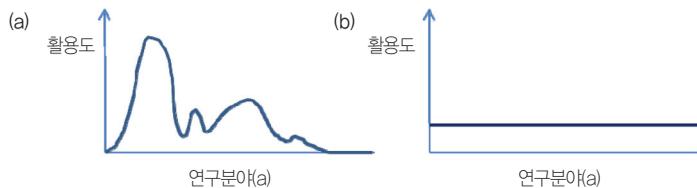


그림 3. 연구분야-활용도 분포 예시

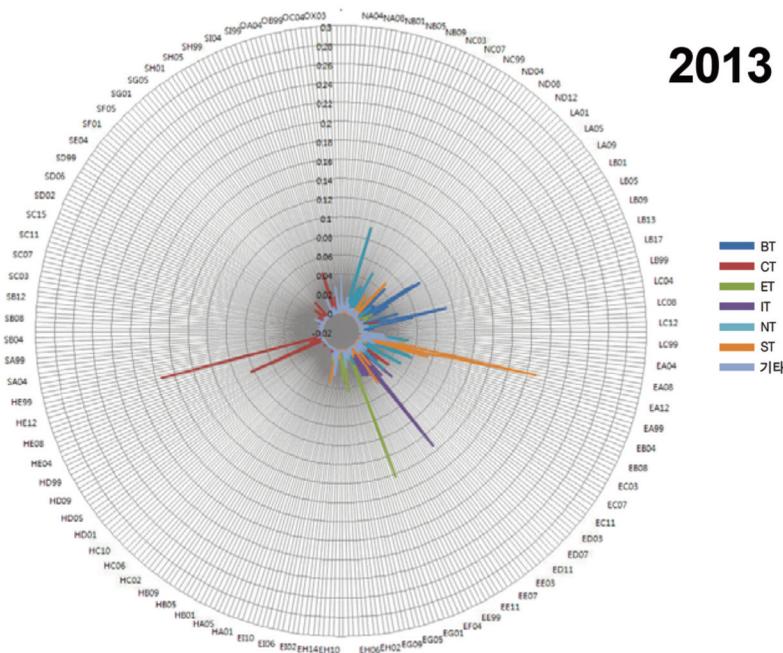
$p_{i,c}$ 의 경우 해마다 전체 과제들의 정보를 바탕으로 새로이 산출되는 수치이기 때문에 시대적 융합연구의 기준변화를 반영해야 한다는 조건 또한 충족하므로 융합연구 판별 기준으로 적합하다.

## 新 융합연구 식별 방법을 통한 국가 R&D 사업 분석 결과

본 리뷰에서 제안한 새로운 융합연구 식별 방법에 따라 '09~'13까지의 전체 국가 R&D 사업에 대한 분석을 아래와 같이 수행하여 보았다.

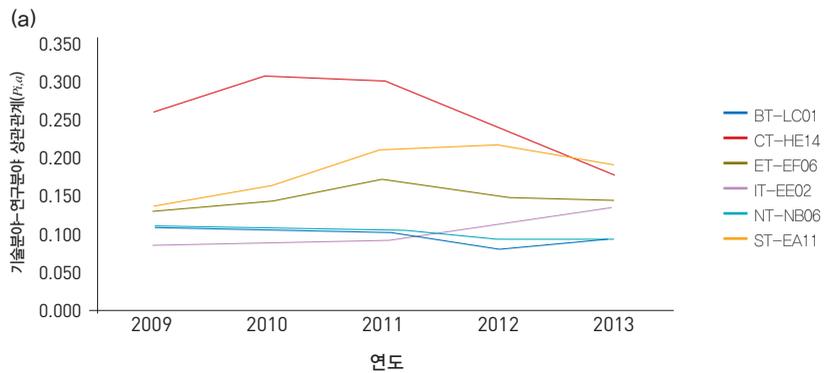
### 기술분야(i)-연구분야(a) 상관관계( $P_{i,a}$ )

식(1)을 활용, 전체 국가연구개발사업 6T 기술분야 개발을 위한 국가과학기술분류연구분야 중분류 별 기여하는 정도를 구하여 분석해 보면 그림 4와 같은 결과를 얻을 수 있다. 그래프에서 기술분야별로 높은 피크(peak)를 갖는 연구분야가 존재하는 것을 볼 수 있는데, 이는 대다수의 기술개발이 특정 연구분야를 기반으로 수행되고 있음을 의미한다. 하지만 시간이 지남에 따라 그래프에서 나타나는 각 피크의 절대적인 수치는 줄어드는 반면(그림 5(a)), 그 수는 증가하는데(그림 5(b)), 이는 기술개발을 위해 활용되는 연구분야 편중 현상이 줄어들고, 다양한 연구분야들이 활용되고 있음을 의미한다. 실제로 각 기술에서 가장 높은 피크를 갖는 연구분야의 기술분야-연구분야 상관관계 변화를 살펴보면 CT와 BT, NT의 경우 그 값이 정도의 차이는 있지만 떨어지고 있다. ST의 경우에는 규모가 크고 목적성이 뚜렷한 우주기술 개발 특성으로 인해 상관관계 수치가 올라간 것으로 해석된다. ET는 상관관계 수치가 올라가다 내려갔는데, 이는 지난 정권의 녹색기술 관심 증대로 인한 결과이다. 마지막으로 IT의 경우에는 다른 기술들과는 반대로 꾸준히 상관관계 수치가 올라가는 것을 관찰할 수 있는데, 이는 최근 실용화 위주의 연구 흐름이 반영된 결과이다.



\*원 주위에 표시된 코드는 국가과학기술표준분류연구분야 중분류 코드임

그림 4. 2013년 전체 국가 연구개발사업 기술분야-연구분야 상관관계



\*각 기술분야별 가장 높은 기술분야-연구분야 상관관계 지수('09년 기준)를 가진 연구분야를 기준으로 조사

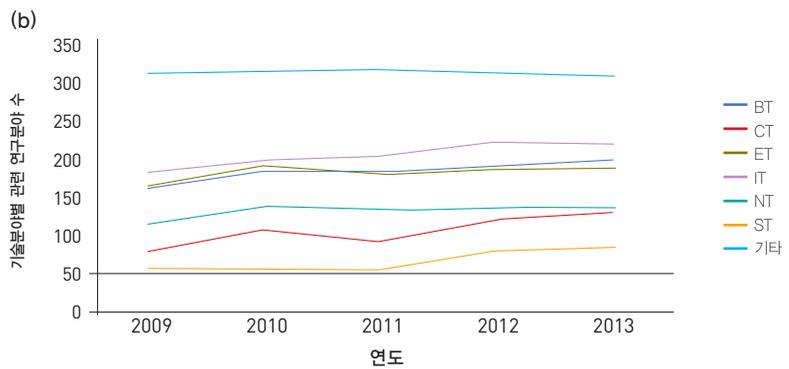


그림 5. (a) 2009-2013년 기술분야-연구분야 상관관계() 최대 피크(peak) 절대수치 변화  
(b) 2009-2013년 기술분야-연구분야 상관관계 피크(peak) 개수 변화

### 기술분야(i)-연구과제(x) 상관관계(P<sub>i,x</sub>)

앞에서 구한 기술분야-연구분야 상관관계  $P_{i,a}$  값을 활용하여, 식 (3)을 기반으로 과제별 융합연구 지수  $P_{i,x}$ 를 구하고, 융합연구지수별 연구과제 건수를 분석해보면 그림 6과 같은 결과를 얻을 수 있다. 기술분야 i에 따라 융합연구 기준 지수  $P_{i,c}$ 가 달라지기 때문에, 아래의 그래프를 통해 실제 융합연구 과제 수의 변화에 대해 이야기를 하기는 어려운 측면이 있으나 거시적 관점에서의 융합연구 지수와 연구과제 수를 바탕으로 융합도와 연구활성도는 분석 가능하다.

전반적으로 2009년 대비 2013년 그래프의 오른쪽에 점들이 많아지는 것을 확인할 수 있었으며, 오른쪽 상단에도 점들이 많아진 모습을 볼 수 있었다. 이는 과제들의 융합도가 점점 높아지고 있음과 함께 그 연구활성도 또한 늘어나고 있다는 것을 보여준다. 즉 융합연구 성격의 과제 수가 많아지고 있다는 의미이다. BT의 경우 2009년 대비 2013년 가장 많은 점들이 위쪽으로 이동하는 경향을 보였으며, 이와 함께 오른쪽으로 이동하는 점들도 많이 발견할 수 있다. 이는, BT 분야에서 2009년 대비 2013년에 더 많은 연구가 이루어지고 있으며 융합연구 또한 상당히 활발히 이루어지고 있음을 의미한다. 한편, 과거 융합연구의 바람을 일으킨 IT의 경우 이미 그 분야들이 새로운 학문으로 자리잡은 효과로 인하여 시간이 지남에 따라 점점 융합도가 낮은 연구과제의 수가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

- 융합연구 식별 방법에 대한 고찰  
 : 국가연구개발사업을 중심으로

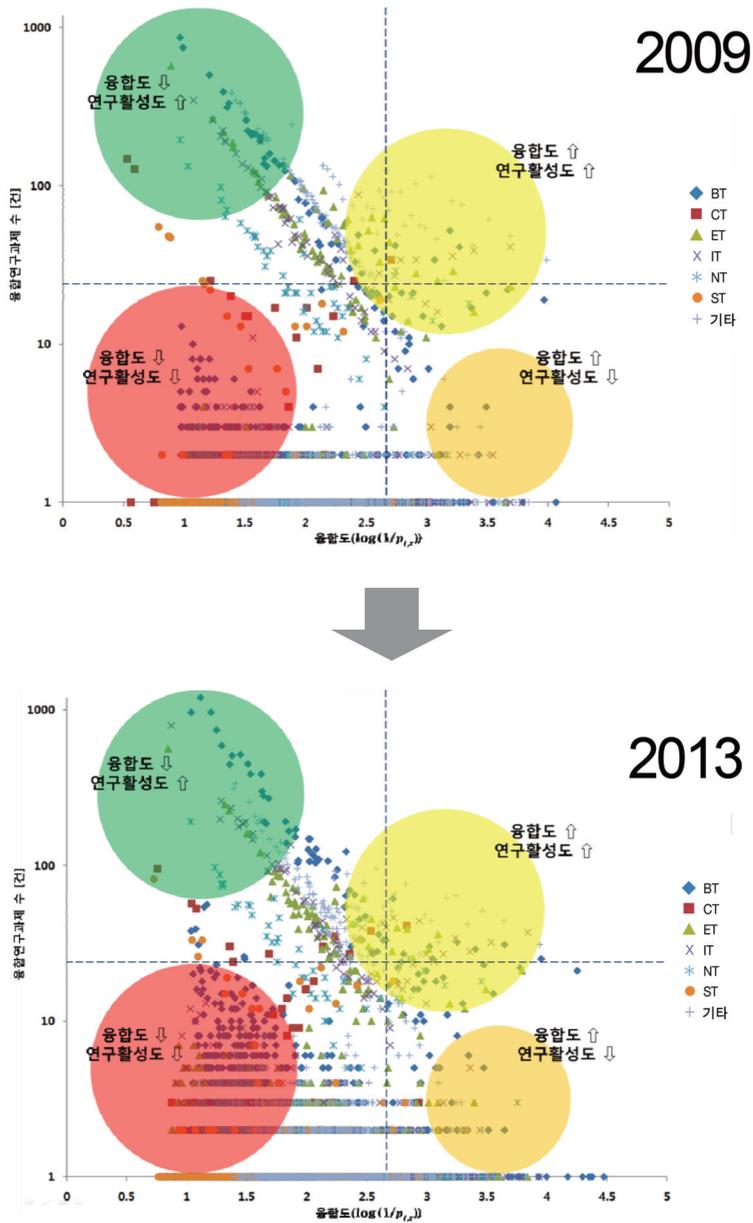


그림 6. 2009, 2013년도 전체 국가 연구개발사업 기술분야-연구과제 상관관계

## 융합연구 기준 지수( $P_{i,c}$ )

융합연구 기준 지수 산출을 위하여 기술 분야(i)별 연구분야(a) 수  $n_i(a)$ 를 구해보면 다음과 같다. 기타를 제외한 모든 기술 분야에서 관련된 연구분야가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이 또한 앞의 결과들과 마찬가지로 간접적으로나마 융합연구 활성화가 진행 중이라는 지표로 볼 수 있다.

표 4. 연도별/기술분야별 관련 연구분야 수( $n_{i,(a)}$ )

(단위 : 건)

년도	BT	CT	ET	IT	NT	ST	기타	전체
2009	161	76	162	180	113	55	309	317
2010	182	104	189	196	136	60	312	323
2011	180	91	178	202	131	56	313	326
2012	191	119	185	219	136	77	308	325
2013	197	128	187	216	134	82	306	329

기술분야별 연구분야 수를 바탕으로 융합연구 기준 지수  $p_{i,c}$ 를 구해보면, 아래와 같다. 연구분야의 수가 변화하는 만큼 융합연구의 기준 지수도 변화함으로 인해 융합연구의 기준이 일정하지 않고 변하는 것을 볼 수 있다. 대다수의 기술분야의 연구 분야수가 증가한 만큼 융합연구의 기준 지수는 낮아져 이를 통해 좀 더 '기존의 혹은 대다수의 연구개발 접근방식과는 다른 다양한 분야간의 소통·협력을 통해 연구개발을 시도하는 연구'를 찾아낼 수 있을 것으로 기대된다.

표 5. 연도별/기술분야별 융합연구 기준 지수( $p_{i,c}$ )

년도	BT	CT	ET	IT	NT	ST	기타
2009	0.00621	0.0132	0.00617	0.00556	0.00885	0.0182	0.00324
2010	0.00549	0.00962	0.00529	0.00510	0.00735	0.0167	0.00321
2011	0.00556	0.0110	0.00562	0.00495	0.00763	0.0179	0.00320
2012	0.00524	0.00840	0.00541	0.00457	0.00735	0.0130	0.00325
2013	0.00508	0.00781	0.00535	0.00463	0.00746	0.0122	0.00327

## 융합연구과제 식별 결과

융합연구 기준 지수를 바탕으로 국가 R&D 사업 전체 연구과제를 대상으로 융합연구과제를 분류한 결과는 다음과 같다.

표 6. 연도별/기술분야별 융합연구 과제 수 및 비율

(단위 : 건 (%))

년도	BT	CT	ET	IT	NT	ST	기타	전체
2009	1,143 (12.30)	120 (23.67)	1,112 (22.64)	706 (14.46)	356 (16.03)	100 (24.45)	1,963 (20.21)	5,500 (13.90)
2010	1,397 (12.60)	140 (28.87)	1,199 (21.54)	793 (14.00)	422 (17.75)	91 (20.04)	1,688 (21.43)	5,730 (14.60)
2011	1,442 (12.31)	117 (26.83)	1,162 (21.62)	879 (14.82)	425 (17.68)	90 (19.61)	1,601 (20.50)	5,716 (13.73)
2012	1,845 (10.62)	169 (25.04)	1,261 (19.51)	905 (13.90)	379 (14.03)	116 (22.26)	1,736 (20.96)	6,411 (12.84)
2013	1,814 (10.18)	200 (29.24)	1,114 (18.02)	945 (13.71)	409 (14.43)	143 (27.24)	1,674 (19.23)	6,299 (12.38)

그림 7. 연도별/기술분야별 융합연구 과제 수 변화

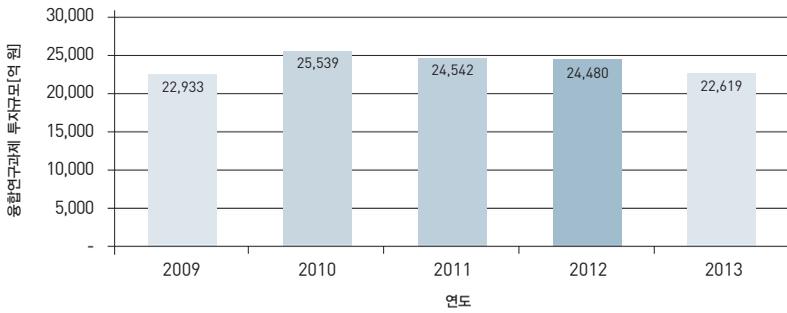
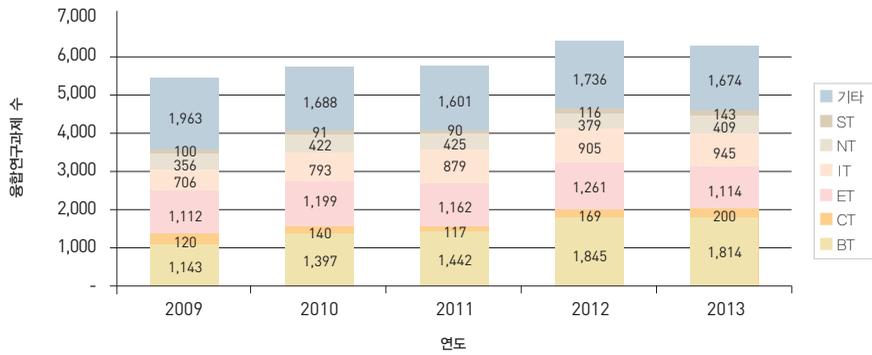


그림 7. 연도별 융합연구 투자규모 변화

융합연구과제 수는 5,500개('09)에서 6,299개('13)로 증가하였으나, 전체 연구과제 수 대비 그 비율은 13.90%('09)에서 12.38%('13)로 낮아졌음을 확인할 수 있다. 또한 전체 융합연구과제 투자규모 또한 2조 2,933억원에서 2조 2,619억원으로 줄어든 것으로 분석되었다.

기술분야별로는 기타를 제외하고 거의 모든 분야에서 과제 수는 증가 추세를 보였으나, 융합연구 비율은 CT와 ST를 제외하고는 다 감소한 것으로 나타났다. ST의 경우 앞의 기술분야-연구분야 분석 결과와 같이 해석하여 보면, 일부 분야를 중심으로 연구가 이루어지고 있기는 하지만 그 외의 분야에서 다양한 융합연구를 시도하고 있다는 사실을 알 수 있으며, CT의 경우 전반적으로 다양한 분야에서 융합연구의 시도가 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다. 다른 기술분야의 경우 과거 융합연구라고 볼 수 있던 연구과제들이 점점 대중화되면서 더 이상 융합연구로 볼 수 없게 되는 경우들이 많아진 대신에 더 다양한 분야를 활용한 융합연구를 시도하려는 움직임이 동시에 나타나므로 인해 비록 융합연구 비율은 감소하였지만 융합연구 과제 수는 증가하는 모습이 나타났다.

전체 연구과제 수는 증가했음에도 불구하고 연구투자비가 줄어든 부분은 매우 흥미로운 부분인데, 그 이유는 지금까지의 대다수의 융합연구 분석에서는 융합연구의 과제당 연구투자 규모가 항상 일반 연구보다 높았기 때문이다. 하지만 본 분석에서는 그렇게 나오지 않았는데 이는 융합연구의 시대적 흐름에 따른 기준 변화가 반영된 결과이다. 2009년에는 융합연구라고 볼 수 있던 것들이 2013년에는 더 이상 융합연구라고 볼 수 없게 되는 경우가 존재하기 때문에, 일반적으로 도입기의 연구보다는 발전기의 연구에 더 많은 연구 투자가 이루어진다는 사실을 감안하면 이러한 문제가 설명된다. 즉, 본 융합연구 식별 방법으로 분류된 융합연구의 경우, 새로운 시도가 융합연구 분류의 중요한 식별기준 중의 하나이기 때문에 연구과제당 투자 규모가 작아 이러한 결과가 나온 것이다.

## 기존 융합연구 식별 방법을 통한 분석 결과와의 비교

기존의 국가융합기술 발전 시행계획, 국가연구개발사업 조사분석 보고서, 융합연구사업의 실태 조사와 연구개발 특성 분석, 국가융합기술 R&D 조사분석 상의 융합연구 분석 결과와 각각 비교해 보면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

## 국가융합기술 발전 시행계획 vs 新 융합연구 분석 결과

매년 발행되는 국가융합기술 발전 시행계획(이하 시행계획) 중 2013년에 작성된 융합연구 분석 결과와 비교해 보면 다음과 같이 나타난다.

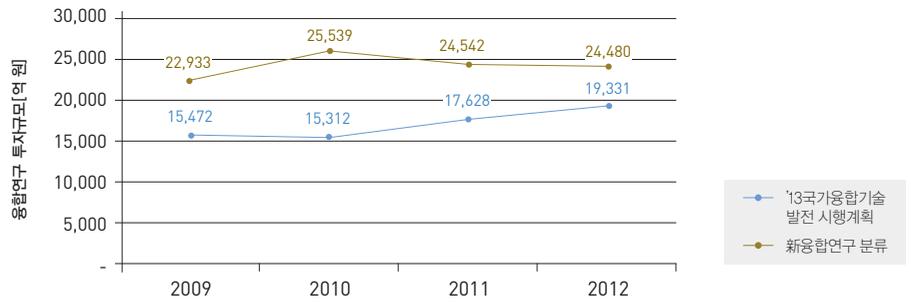


그림 8. 국가융합기술 발전 시행계획 상의 융합연구 식별 방법과 新 융합연구 식별 방법에 의해 분류된 융합연구 전체 투자 규모 비교

시행계획 상에는 꾸준히 융합연구에 대한 투자 규모가 증가하고 있다고 나온 반면, 新 융합연구 분석 결과에서는 융합연구의 투자 규모는 큰 증가 없이 일정하게 유지되고 있는 것으로 나타나고 있다. 이는 우선 시행계획 상의 융합연구 식별 방법이 융합연구 사업으로 분류된 모든 연구과제를 융합연구로 분류하고 있기 때문에, 실질적인 융합연구 여부를 판단할 수 없다는 점과 융합연구 사업이 시대적 융합연구의 변화를 반영하지 못한 결과이다.

절대적인 연구비 투자 금액이 新 융합연구 분석 결과에서 더 높게 나타난 것은 그만큼 일반적인 연구 지원 사업을 통해 수행되는 융합연구가 상당히 많고, 이는 시행계획 상의 식별 방식으로는 이러한 연구계에서 자연스럽게 이루어지고 있는 융합연구에 대한 통계적 분석이 불가능하다는 의미이다.

## 국가연구개발사업 조사분석 보고서 vs 新 융합연구 분석 결과

KISTEP에서 매년 발행하는 가(이하 조사분석 보고서) 중 2014년에 작성된 융합연구 분석 결과와 비교해 보면 다음과 같이 나타난다.

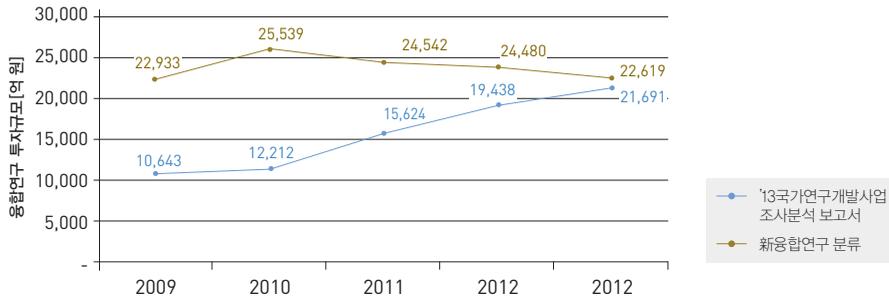


그림 9. 국가연구개발사업 조사분석 보고서 상의 융합연구 식별 방법과 新 융합연구 식별 방법에 의해 분류된 융합연구 전체 투자 규모 비교

앞의 시행계획 분석 결과 비교와 마찬가지로 조사분석 보고서 상에는 꾸준히 융합연구에 대한 투자 규모가 크게 증가하고 있다고 나온 반면, 新 융합연구 분석 결과에서는 융합연구 투자 규모에 큰 변화가 없는 것으로 나타나고 있다. 이는 조사분석 보고서 상의 식별 방법은 연구분야 비중의 다양성을 기반으로 융합연구 규모를 파악하고 있기 때문에, 상당수의 연구 과제가 복수 연구분야를 선택하는 최근의 연구 흐름이 반영되어 급격하게 증가된 것으로 해석된다. 또한 복수 연구분야를 선택하기는 하였지만 2분야, 3분야의 비중을 높게 두지 않음으로 인해 융합연구 규모가 축소되거나, 융합연구로 볼 수 있는 과제들임에도 불구하고 복수 연구분야 선택이 되지 않은 것들로 인해 과거의 많은 융합연구들이 통계적으로 잡히지 않은 것도 그 원인으로 해석된다.



## 융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성 분석 vs 新 융합연구 분석 결과

STEDI에서 2013년 발간한 융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성 분석(이하 실태조사)의 융합연구 분석 결과와 비교해 보면 다음과 같이 나타난다.

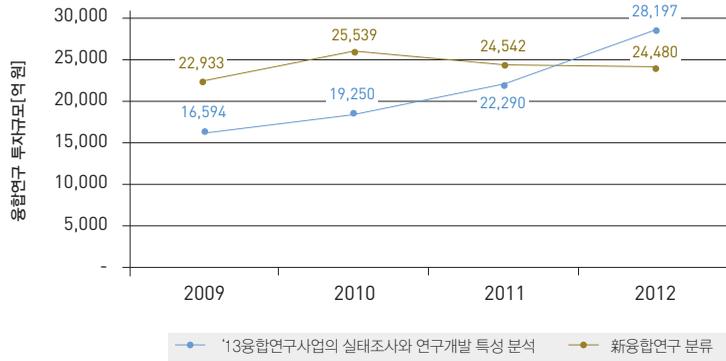


그림 10. 융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성 분석 상의 분류 방법과 新 융합연구 분류 방법에 의해 분류된 융합연구 전체 투자 규모 비교

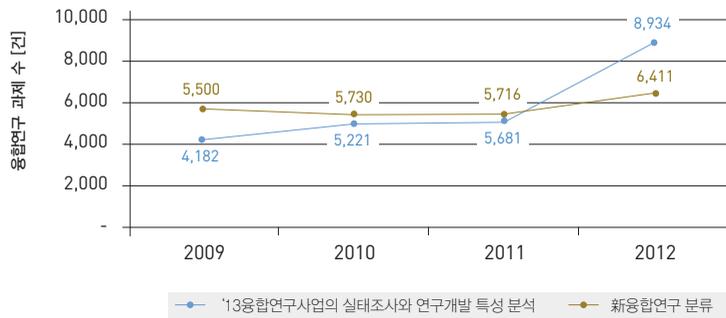


그림 11. 융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성 분석 상의 식별 방법과 新 융합연구 식별 방법에 의해 분류된 융합연구 과제 수 비교

앞의 비교 결과들과 마찬가지로, 실태조사 분석 결과에서도 매해 융합연구에 대한 투자 규모는 물론 융합연구 과제 수가 증가하는 것으로 나타나고 있다. 융합연구 과제 수의 경우 新 융합연구 분석 결과에서도 증가하고 있는 것으로 나타나고 있기는 하지만 그 증가 추세에서 많은 차이가 발생하고 있다. 이는 新 융합연구 분석에서는 시대적 흐름에 따라 하나의 독립적 연구분야로 자리잡은 연구에 대해서는 융합연구로 보지 않은 반면, 실태조사에서는 시대적 흐름에 관계없이 특정 사업에 속한 모든 과제를 융합연구로 보았기 때문에 발생한 차이이다.

여기서 재미난 점은 시행계획과 마찬가지로 실태조사의 경우에도 융합연구 사업을 바탕으로 분석을 수행하였지만 연구 투자 규모에서 큰 차이가 나타나고 있다는 점이다. 이는 앞서서도 언급하였던 융합연구 사업 선정과정에서의 차이 때문이지만, 절대적인 투자 규모의 차이뿐 아니라 그 증가 추이에서도 많은 차이가 나타나고 있기 때문에 이러한 점이 바로 사업 단위로 융합연구를 분석하였을 때의 큰 한계가 여실히 드러난 부분이다.

## 국가 융합기술 R&D 조사분석 vs 新 융합연구 분석 결과

CRPC에서 2012년 미래창조과학부 과제를 대상으로 분석한 국가 융합기술 R&D 조사분석(이하 조사분석)의 융합연구 분석 결과와 비교해 보면 다음과 같이 나타난다.

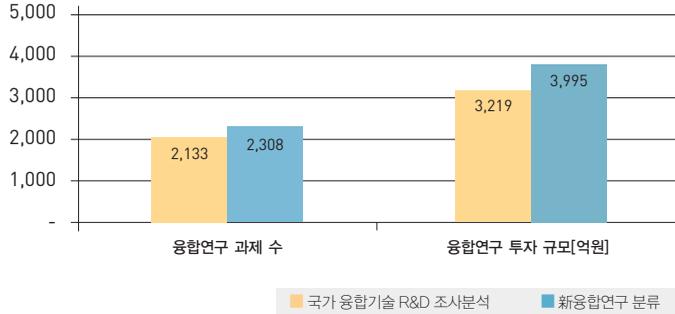
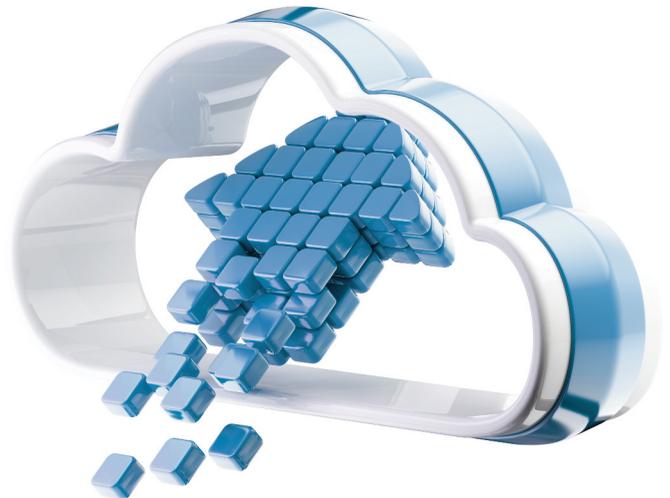


그림 12. 국가 융합기술 R&D 조사분석 상의 식별 방법과 新 융합연구 식별 방법에 의해 분류된 융합연구 전체 투자 규모 및 연구과제 수 비교

앞의 비교 결과들과는 다르게 과제 수와 투자 규모 모두 비슷한 수치를 보이고 있으나, 연도별 결과 비교를 할 수 없기 때문에 종합 분석 비교만으로는 유사성을 확인할 수 없다. 이에 과제 단위에서 비교 분석을 수행한 결과, 두 식별 방법에서 동일하게 융합연구라고 분류한 과제는 440건 (20.6%)에 불과하였다. 즉, 두 방법으로 선정한 융합연구가 거의 다르다는 것이다. 그 원인을 분석해 보면 新 융합연구 식별에서는 ‘기존의 혹은 대다수의 연구개발 접근방식과는 다른’이라는 부분에 좀 더 초점을 맞추어 융합연구를 선정하였기 때문에, 일반적으로 서로 다른 분야가 융합을 하고 있는 것처럼 보이더라도 이미 그 분야에 대한 연구가 많이 이루어졌다면 융합연구로 보지 않아 조사분석 상에서 분류한 많은 융합연구가 융합연구로 분류되지 않았다. 반면 조사분석 상에서 선정한 융합연구의 경우, 선정 프로세스가 존재하기는 하였지만 전문가 위원들의 개별적인 판단에 의해 선정이 이루어졌기 때문에, 연구요약서 상에 융합적 성격의 내용이 충실히 반영되지 못한 과제들이 융합연구에 선정되지 못함으로 인해 新 융합연구 식별 방법을 통해 분류된 상당수의 융합연구가 일반연구로 분류되었다.



## 결론

세계적인 미래학자 앨빈토플러(Alvin Toffler)는 '한국은 BT와 IT와 같은 첨단기술융합이 융합을 바탕으로 새로운 시장을 창출해야 하며, 한국의 미래는 융합기술에 달려있다'고 2001년 방한 당시 이야기한 바 있다. 이러한 앨빈토플러의 이야기는 단순히 한국뿐만이 아닌 전세계로 확대되며, 융합은 시대적 흐름이 되었다. 이에 전세계 선진국들은 다양한 정책과 사업을 바탕으로 융합에 대한 지원을 수행하여 오고 있으며, 그 중심에는 새로운 융합 기술 창출 및 다양한 분야의 융합 연구가 있다.

하지만 전세계적으로도 융합의 정의에 대한 확실한 사회적 합의가 이루어지지 않은 상태에서 융합연구에 대한 많은 정책적 지원이 이루어지다 보니, 정책 시행 현황 및 결과 분석이 제대로 이루어지지 않았고, 이로 인해 융합연구에 대한 정책적 지원에 많은 우려의 목소리가 발생하기도 하였다. 우리나라는 다른 선진국보다도 더욱더 적극적으로 융합기술을 중심으로 융합연구에 대한 많은 지원을 수행하고 있다. 그로 인해 융합연구의 정책적인 부분에서는 오히려 다른 선진국보다 앞서 있다는 평가를 받기도 한다. 하지만 우리나라 또한 융합연구에 대한 사회적 합의가 이루어지지 않은 채 정책적인 지원을 수행하여, 각 기관마다 융합연구에 대한 분석 결과가 다르게 보고하고 있으며, 이로 인해 융합연구 지원 정책에 대한 평가 및 수정·보완이 쉽지 않다.

본 리뷰에서 제시한 新 융합연구 식별 방법은 기존의 식별 방법들과는 다르게 사업 단위의 분류가 아닌 과제 단위의 분석을 통한 방법으로 실질적인 융합연구를 분류해 낼 수 있으며, 분류한 융합연구에 대하여 미시적, 거시적 관점의 융합연구 전반에 대한 분석이 가능하다. 더구나 실질적인 융합연구를 분류해 내는데 있어 전문가 집단을 활용하지 않고, 국가과학기술정보서비스 내의 정보를 활용한 객관적인 분석 방법이기 때문에 이를 바탕으로 연도별 융합연구 추이 변화 분석도 효율적으로 수행이 가능하다. 마지막으로 기존의 식별 방법으로는 구분해 낼 수 없었던, 융합을 통해 새로운 연구분야 혹은 방법으로 자리잡은 연구들을 분류과정에서 자동적으로 수행할 수 있게 됨으로써 시대적 흐름에 따른 융합연구의 변화 모습도 담아낼 수 있다는 큰 장점이 있다.

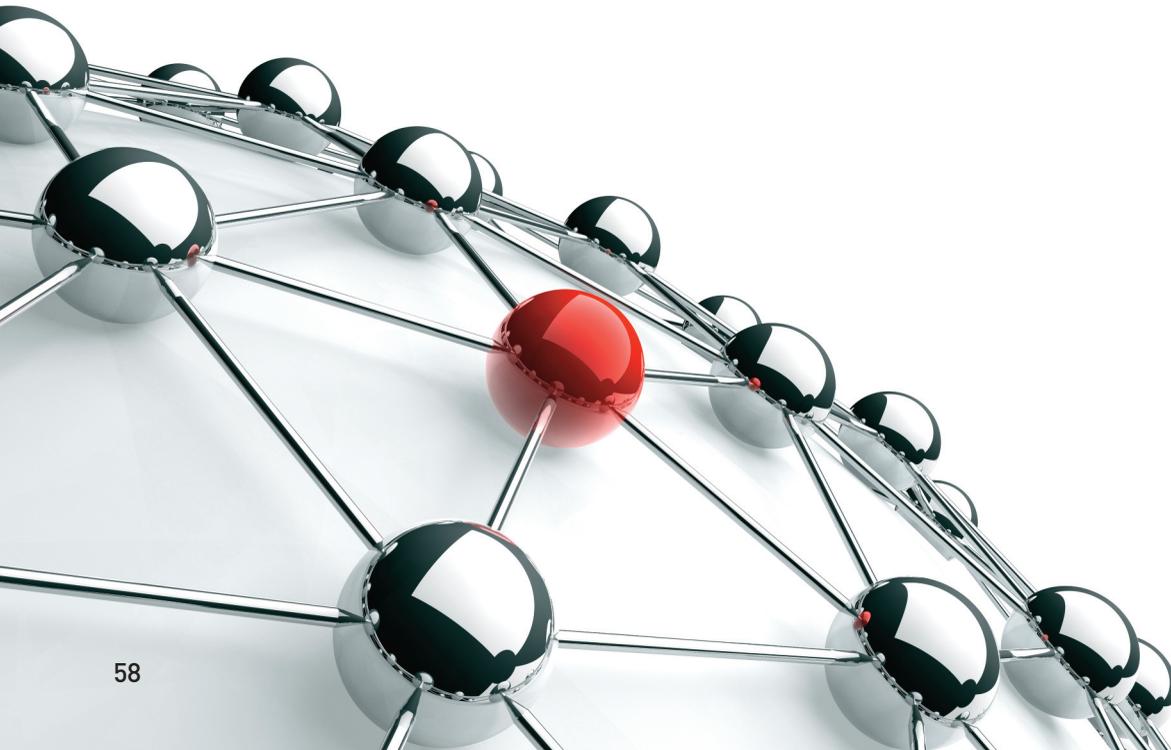
하지만 이러한 新 융합연구 식별 방법은 본 리뷰에서 제시한 융합연구의 정의, '어떠한 문제 해결, 신기술 개발 또는 기존 기술/연구분야 분류체계에서 정의하지 못하는 분야를 개척하기 위하여 기존의 혹은 대다수의 연구개발 접근방식과는 다른 다양한 분야간의 소통·협력을 통해 이루어지는 연구'에 기반하고 있기 때문에, 이에 대한 사회적 합의가 도출되지 않는다면 활용되기 어렵다는 태생적 한계를 가지고 있다. 또한 기존 융합연구 식별 방법과는 그 분석결과가 많이 다른 것으로 나타났기 때문에 그 이유에 대한 좀 더 면밀한 분석이 필요하다.

표 7. 新 융합연구 식별 방법의 장·단점

<b>장점</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제 단위 분석을 통한 실질적 융합연구 분류 가능</li> <li>• 미시적, 거시적 관점의 융합연구 분석 가능</li> <li>• 정량적 데이터를 근거로 한 객관적·효율적 분류 및 분석 가능</li> <li>• 시대적 흐름에 따른 융합연구의 변화 분류 과정에 반영 가능</li> </ul>
<b>단점</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 융합연구 정의에 대한 사회적 미합의로 인한 태생적 한계 보유</li> <li>• 기존 융합연구 분류 방법에 의한 분석 결과와의 큰 차이</li> </ul>

그럼에도 불구하고, 앞서 이야기한 것처럼 현존하는 어떠한 방법보다도 객관적인 방법으로 면밀하게 융합연구를 분류해 낼 수 있고, 무엇보다도 시대적 흐름에 따른 융합연구의 변화 양상을 반영할 수 있기 때문에 본 식별 방법을 기반으로 추가 보완·수정을 수행한다면, 향후 융합연구 정책을 분석, 수정·보완하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다.

융합연구에 대한 선도적인 정책을 수행한다고 평가 받는 대한민국이 이러한 융합연구 식별 방법에 대한 고찰과 그 분석 결과를 바탕으로 융합 정책을 다듬어 나가 향후 전세계 융합을 선도해 나가는 리더로 더욱더 활약하기를 기대해 본다.



## 참고문헌

---

1. 윤태성(2013), 지식 비즈니스가 뜬다, 매일경제신문사.
2. 김덕현(2014), 융합비즈니스, 비즈프레스.
3. <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/converge>
4. <http://www.merriam-webster.com/dictionary/convergence>
5. Jonas Lind(2004), Convergence: history of term usage and lessons for firm strategists. Center for Information and Communications Research, Stockholm School of Economics, Working Paper.
6. 최재천(2007), 지식의 통섭, 이음.
7. Nathan Rosenberg(1963), Tehnologicalhange in the Mahine Tool Industry, 1840~1910. The Journal of Eonomi History, 23, pp 414-443.
8. Christensen, J. F., &Maskell, P. (Eds.)(2003), Theindustrialdynamicsofthe-newdigitaleconomy, EdwardElgarPublishing.
9. 홍성욱 외(2012). 융합학문, 어디로 가고 있나?, 서울대학교출판문화원.
10. Mihail C. Roco and William Sims Bainbridge(2002), Converging Technologiesfor Improving Human PerformanceNANOTECHNOLOGY, BIOTECHNOLOGY, IN-FORMATION TECHNOLOGY AND COGNITIVESCIENCE, NSF/DOC-sponsored report.
11. Mihail C., Roco, Willian S. Bainbridge, Bruce Tonn and George Whitesides(2013), Convergence of Knowledge, Technology, and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Techonologies, World Technology Evaluation Center.
12. Alfred Nordmann, Rapporteur(2004), Converging Tehcnologies? Shaping the Future of European Societies, European, Commission Research.
13. 국가과학기술위원회(2008), 국가융합기술 발전 기본계획('09~'13)(안).
14. ESF Members Organisation forum on Peer review(2011), European Peer Reivew Guide-Integrating Policies and Practices into Coherent Procedures, European Science Foundation.
15. 이광호 외(2013), 융합연구산업의 실태조사와 연구개발 특성 분석, 과학기술정책연구원.
16. 국가과학기술심의회(2013), 2013년도 국가융합기술 발전 시행계획.
17. 한국과학기술기획평가원(2014), 2013년도 국가연구개발사업 조사·분석 보고서.
18. 융합연구정책센터(2014), 국가 융합기술 R&D 조사분석.
19. 융합연구정책센터(2014), 융합연구 활성화 기반 구축 연구-융합연구 분석체계 연구.



융합기술 R&D 활성화 전략  
융합연구 식별 방법