

# 연구장비 네트워크 분석을 통한 융합R&D 정책 연구

조형례\*

## 논문 요약

본 연구에서는 4차 산업혁명에서 가장 중요하게 대두될 수 있는 융합R&D정책에 대해 소셜 네트워크 분석을 통해 새로운 대안을 제시하려고 한다. 연구장비, 연구성과의 자료들을 활용하여 연구장비 네트워크 분석을 실시하여 융합R&D의 특성 및 구조분석을 실시하며, 연구장비 공동활용 및 다학제 협력연구를 통해 창출될 수 있는 새로운 융합R&D정책에 대한 접근을 시도하려고 한다. 나아가, 연구개발과 사업화 사이에서 더욱 중요한 역할을 할 수 있는 분석과학기술에 대한 정책적 플랫폼 구축관점 대한 시사점을 찾아내려고 한다. 이를 위해 계량적 접근과 비계량적 접근을 동시에 활용하여 연구주제에 대한 타당성을 확보할 것이며, 앞으로 미래산업 및 유망기술에 대한 전략적 선별에 있어 일부 근거를 제시해줄 수 있을 것이다. 이러한 연구결과를 통해 우리나라 기초과학 및 기초과학인프라에 대한 발전적 정책방안과 융합연구 및 융합연구의 사업화에 대한 정책적 관점을 제시하도록 한다. 분석자료는 한국기초과학지원연구원(KBSI) 현황자료를 중심으로 살펴보고, 분석방법은 소셜네트워크분석(SNA:Socail Network Analysis)을 활용한다.

Keyword : 융합R&D정책, 연구장비 네트워크, 분석과학기술플랫폼

\* 한국기초과학지원연구원(KBSI) 정책실 선임기술원, chrrutc@kbsi.re.kr

## I. 서론

전 세계가 4차 산업혁명시대 도래에 따른 환경변화에 대응하기 위해 다양한 혁신을 꾀하고 있다. 4차 산업혁명을 이끌어 나갈 수 있는 핵심기술인 인공지능, 빅데이터 분석, 첨단 로봇, 바이오·나노 융합기술, 사물인터넷(IoT) 등을 확보하고, 제조업에서 서비스업, 과학기술과 인문분야까지의 융합을 이끌어내려고 다양한 혁신주체들의 소통을 촉진하는 정책을 도입하고 있다.

기술혁신을 둘러싼 급격한 환경변화에 대처하기 위해서는 새롭게 부각되는 기술에 대해 적극적으로 대처하고, 변화과정에서 요구되는 혁신동인을 잘 찾아서 적용해야 한다. 4차 산업혁명에 대응하기 위한 우리나라의 과학기술 수준은 아직 미비한 점이 많다. 그 중에서도 기초과학 및 기초과학인프라는 선진국에 비해 질적인 수준에서 부족한 점이 있다. 기초과학은 기술혁신 과정에 있어서 매우 중요한 역할을 한다. 연구 과정에서 많은 지식을 창출하며 새로운 가능성을 탐색하는 자원을 축적할 수 있고, 새로운 지식에 대한 탐색과정에서 새로운 접근방식을 발견해 또 다른 혁신을 이끌어내는 동인이 되는 많은 기회를 담고 있는 것이다(정근모 외, 1996).

기초과학이 발달하고 경제적 발전으로 연계되려면 응용기술 및 지원인프라와의 조화가 필수적이다. 예를 들어, 과학기술의 혁명은 종종 연구장비 및 측정분야 등에 의해서 큰 발전을 이루게 된다. 현미경은 세포를 자세하게 연구할 수 있도록 함으로써 생물학 분야의 큰 진전을 이룰 수 있게 하였고, 전자현미경은 물리학 진보에 큰 영향을 끼쳤다. 소재나 가공 기술의 발달은 연구장비의 정밀성과 효율성을 향상 시키 기초과학의 진보를 빠르게 도울 수 있고, 건축공학 및 인프라 기술의 발전은 거대과학 분야의 진보를 효과적으로 지원할 수 있다. 따라서 기초과학을 통해 경제 발전 및 사회적 문제 해결 등에 다가가려면 첨단 장비의 개발 및 인프라 구축은 매우 중요할 것이다.

뿐만 아니라 새로운 과학기술 역량수준을 높이려면 새로운 분석기술 및 분석장비 개발이 중요하며, 독자적인 연구데이터를 창출하여 기초과학 및 과학기술의 진보를 빠르게 앞당길 수 있는 것이다. 특히, 최근 사회 전반적으로 빅데이터를 통한 분석 플랫폼이 더욱 필요해지게 되면서 재난재해, 질병, 기후변화, 전쟁, 에너지 등 다양한 국가·사회 문제 해결에 있어서 관련 연구성과와 상용화가 중요해졌다. 해당 분야들의 산업적 발전과 폭넓은 상용화를 위해서는 이를 뒷받침해주는 과학실험장비, 계산환경, 분석과학 플랫폼 등이 더욱 필요하다고 볼 수 있다.

본 연구는 이러한 국가·사회적 환경변화에 대응하면서 우리나라 과학기술 발전과 경제적 도약에 있어서 기초과학인프라에 대한 정책적 시사점을 제시하려고 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 연구장비 개념과 현황

과학기술 활동은 상부구조와 하부구조로 나눌 수 있다. 상부구조는 지식창출, 지식활용에 대한 전반적인 활동을 모두 포함하며, 하부구조는 연구인력, 교육, 과학기술 활동을 지원하는 제도 및 인프라, 시설 등이 포함된다. 이러한 과학기술 하부구조는 연구개발 활동의 효율성을 높이고 생산성, 경제성을 창출하는 중요한 역할을 하게 되며, 지적재산, 연구개발 지원조직, 표준, 연구개발 정보, 장비 및 시설 등이 더욱 중요하게 대두되고 있다.

인프라(Infrastructure)는 특정 목적을 달성하기 위해 필요한 기반시설을 의미하며, ‘과학기술인프라’는 과학기술 창출의 기반이 되는 지원체계를 말하는 것으로 연구시설·장비, 연구자원, 연구정보 등을 포함하는 개념이다. 특히 연구시설·장비는 연구자원과 연구정보를 포괄하는 핵심인프라 자원으로선 선진국에서도 전략적으로 확충하여 운영하는 자원이다.

Tassey(1991)는 선진국가의 정부는 선진화된 경쟁적 경제를 지탱하는 다양한 기술 하부구조(technology infrastructure)를 제공하는 대단히 중요한 역할을 부여받고 있다는 점을 강조한다. 그 중에서도 대형 연구시설·장비의 경우는 국가단위에서 관리하며, 그 투자규모가 크고 국가적 전략을 반영해야 하는 중장기적인 성격을 가지고 있기 때문에 전략적인 관점을 가지는 것이 중요하다. 권기현 등(2006)은 과학기술 인프라 구축을 통해서 효율적인 연구활동 수행 및 새로운 성장동력을 확보하기 위해서는 대형 연구시설 및 장비가 중요한 역할을 한다고 강조하였다. 우리나라와 같은 경제규모와 R&D규모를 고려해볼 때, 국가차원에서 전략적인 평가모형 및 투자전략을 구축하는 것은 앞으로 더욱 중요해질 것으로 보인다.

German Science and Council(2003)은 대형연구시설의 과학기술적 발전가능성, 기술혁신 가능성, 관련기관의 과학기술 역량, 사용자 수용성, 연구의 중요도를 R&D측면에서의 평가기준으로 삼고, 정책적 관점으로는 과학기술적 잠재성, 정책목표 수행가능성, 과학적 개념의 실현가능성, 과학적 발전가능성을 강조하였다. 미국 NSF(National Science Foundation)는 해당 연구분야 연구자를 대상으로 대형연구시설의 과학적 장점과 잠재성, 기술적 준비성, 대형연구시설 제안자의 신뢰성과 관리운영 능력을 포함하며, 그 밖에 연관분야와의 과학적 균형, 기관차원에서 발전의 효과성, 학제간 연구수요의 대응성, 타기관과의 관계 및 책임성, 교육성, 발전 준비성 등을 강조하였다.

우리나라에서는 1980년대부터 연구시설·장비에 대해 정책적으로 적극적인 정부의 개입이 시작되었고, 우리나라의 과학기술역량 수준이 높아지면서 연구시설·장

비에 대한 비중이 다른 투입자원보다 높아지기 시작했다. 그러나 우리나라의 과학 기술 하부구조는 선진국에 비해 취약한 편이며, 투자 대비 성과효율성이 낮다고 볼 수 있다. 그래서 정부는 기초연구의 목표·전략성을 강화시키고, 미래 핵심기술\* 확보를 위한 유망분야 지원을 집중 투자하며, 이를 위해 최첨단 연구시설·장비를 확보하고, 창의적 연구성과를 낼 수 있는 질적 수준 중심의 평가제도를 강화시키려고 노력하고 있다.

과학장비는 크게 임상용 분석기와 연구(분석)장비<sup>1)</sup>로 나뉘는데, 연구(분석)장비 시장규모는 '12년 39.3억 달러 규모인 약 4.3조 원이며 '16년 약 46.5억 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다. 새로운 에너지자원 생산에 대한 수요증가로 인해 원소분석과 분리분석의 수요가 증가할 것으로 예측되며, 개발도상국이 성장을 주도할 것으로 전망된다.

우리나라의 분석장비의 무역규모는 지속해서 증가하고 있으나, 여전히 수입에 크게 의존하고 있다. '크로마토그래프와 전기영동장치', '분광계·분광광도계 및 분광사진기' 분야에서 수입특화 경향이 특히나 심하다. 분석장비 공공시장은 미국, 일본, 독일 소속기업의 지배구조가 강하며, 실험용 분석장비 분야는 바이오 분야의 기술발전과 성장으로 수요 증가가 예측된다. 연구장비 국산화에 대한 정책적 니즈가 더욱 커지면서 장비개발과 국산장비활용 등에 대한 관련정책 지원 및 시범사업 등이 확대되고 있다. 2015년, 「국가연구시설장비의 투자효율화 및 공동활용 촉진방안(안)」에서 '추진기반 강화'의 세부추진과제로서 '연구장비 국산화'를 제시하고 있다.

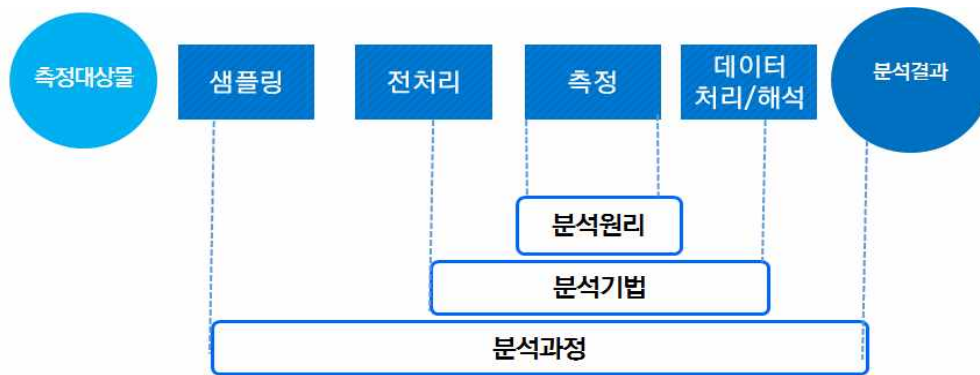
## 2. 분석과학기술

전 세계적으로 급속한 기술발전과 사회변화에 대한 대응방안으로 분석과학기술의 필요가 더욱 증대되고 있다. 더욱 높은 수준의 기반기술(분석, 감지, 가공 등)을 요하고 있으며, 사회문제 해결에 신속한 대응이 가능한 분석기술 니즈가 더욱 크게 늘어나고 있다. Abelson(1999)은 과학지식에서 대부분의 중요한 발전은 실험기법의 향상으로 이루어진다고 언급하였다. 과학자들에 의해 개발된 장비는 과학기술의 새로운 발견을 이끌고 있다. 새로운 실험기법 또는 기법의 향상은 과학기술에서 풍요로운 프론티어를 지속적으로 발견할 수 있도록 하는 전제조건이다.

분석과학기술은 그 범위로 볼 때, 기반과학(Fundamental insights of basic science), 분석기술 또는 분석장비 개발, 산업과 기초과학에 적용까지 포함될 수 있다.

---

1) 분석장비는 '실험용 분석장비, 공정용 분석장비, 의료용 분석장비'로 나뉘며, 실험용 분석장비 시장이 가장 큰 비중을 차지하고 있음



참조: KBSI(2016)

〈그림 1〉 분석과학R&D의 범위

기반과학(Fundamental insights of basic sciences)인 화학, 물리, 바이오 등 기초과학 분야의 방법론 연구로부터 시작하여 여러 분야로 적용되는 구조로 방법론 연구의 파급효과가 상당히 크며, 분석기술 개발과 분석장비 개발로 구성되며, 각각의 범위는 다음과 같다(KBSI, 2016).

분석기술에는 분석원리(Analytical Principles), 분석기법, 분석조자, 분석절차 등의 개선 및 개발 등이 포함되며, 분석절차는 〈그림 1〉과 같은 과정을 거친다. 예를 들어, 〈표 1〉과 같이 분석화학은 국가과학기술 표준분류에 따른다면 분석원리와 응용 분야를 혼용하여 분류된다.

〈표 1〉 분석화학의 기술분류체계

NC0401. 분리분석화학	NC0406. 질량분석학
NC0402. 분광분석화학	NC0407. 화학기기학
NC0403. 표면분석화학	NC0408. 생분석화학
NC0404. 구조분석화학	NC0409. 마이크로칩 화학분석
NC0405. 환경분석화학	NC0499. 달리 분류되지 않는 분석화학

자료 : 국가과학기술표준분류체계 (2015)

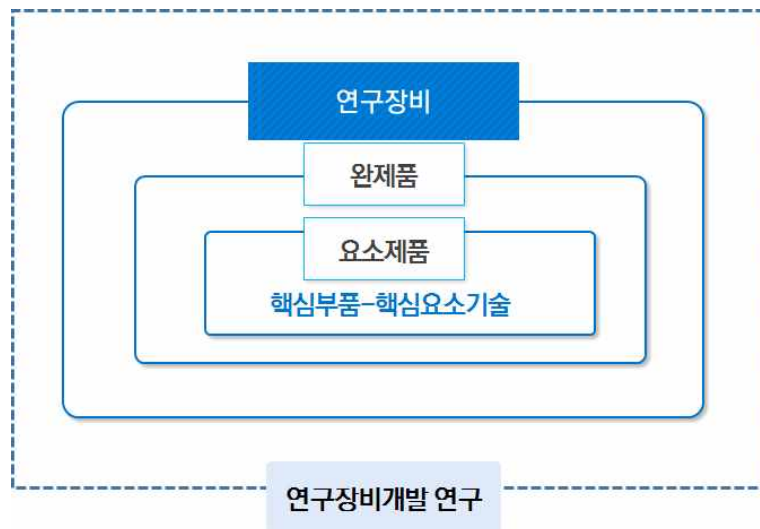
또한 분석기술을 다음과 같이 분석원리를 기준으로 3대 대분류, 6개 세분류로 구분할 수도 있다(technovio, 2013).

〈표 2〉 Technavio사의 분석원리에 따른 분석기술 분류

분석원리(대분류)	분석원리(세분류)
분리분석	크로마토그래피
	전기영동
분자분석	분광분석
	질량분석
원소분석	표면분석
	원자분광분석

참고: technavio(2013)

분석장비는 물질의 구성, 성질, 구조, 상태 등을 정성적·정량적으로 측정하기 위한 기기 또는 장치를 의미하며, 분석산업은 분석장비 완제품 및 부분품의 제조·개발까지 포함된다. 전승준 외(2005)는 과학기기산업은 과학기기가 학문적, 기술적 연구의 핵심적인 요소로 부각되면서 전자공학, 기계공학, 전산학 등의 공학과 물리학, 화학 등의 기초과학이 통합되는 과정을 겪게 되었고, 국가나 사회, 산업에 필요한 여러가지 과학기기의 개발이 이루어져왔다고 언급하고 있다. 이러한 과학기기산업은 기초과학, 공학, 전산학 등 학제간 교류, 공동연구 등을 통해서 발전될 수 있으며, 새로운 산업과 시장을 창출할 수 있는 발판이 되고 있다고 강조했다.



자료 : NFEC(2014) 기초연구 인프라 정의·범위 및 중요성, PRISM POLISSUE.

〈그림 2〉 분석장비의 R&D 범위

분석과학기술 전체 부문에 있어서 중요한 역할을 하는 분석기술은 <표 3>과 같이 분석원리에 있어서는 질량분석법, 기능분석법, 전자기/광분석 등이 여러 R&D에 걸쳐서 사용되고 있음을 알 수 있다. 연구분야에 따라서 여러 가지 분석원리가 적용될 수도 있기 때문에 분석장비 및 시설의 연계, 공동활용, 자문 및 공동연구 등이 필수적이라고 할 수 있다.

〈표 3〉 R&D분야에 따른 대표적 분석원리

분석원리 응용분야	분포분석	구조분석	질량분석	기능분석	전자기 /광분석	공통분석
ICT				0	0	
에너지		0	0	0	0	0
환경	0		0		0	
바이오		0	0	0		0
안전						0

참조: KBSI(2015)

분석기술법은 R&D분야에 따라서 다르며, 크로마토그래피, 질량분석, 전기영동 등이 여러 분야에 걸쳐 많이 쓰이고 있다. 특히, 바이오, 의료 분야에서는 분석법이 많이 요구되며, 다양한 수요에 대응하고 있어 융합에 적극적인 모습을 보이고 있다.

〈표 4〉 R&D분야에 따른 대표적 분석기술법

	크로마토그래피	질량분석	표면분석	고감도분석	전자기/광분석	성분동시분석	전기영동	뇌기능이미징	개체영상분석	분자분광분석	주사프로브현미경	투과전자현미경	라만분광법	초고속시간분해분광기
ICT					0									
에너지·자원	0	0												
환경	0	0		0		0	0							
바이오	0	0	0				0							
의료	0	0					0	0	0	0				
물리·화학		0	0				0				0	0	0	

참조: KBSI(2015)

ICT분야는 센서를 통해서 물리적·화학적 성질을 도출하고 파악하여 IT 네트워크를 통해 처리하는 데이터 기반의 기술이 중요하며, 빅데이터 처리기술이 더욱 요구되어지게 되어 stream Data(끊임없이 발생하는 데이터)처리, M2M(Machine-to-Machine), IoT(Internet-of-Things) 등의 기술이 부각되고 있다. 이러한 기술은 분석기술의 한 부분으로 과학연구 및 과학장비개발, 과학기기간 연계를 효율화시킬 수 있다.

### 3. 융합R&D와 플랫폼

융합은 ‘기술, 제품, 서비스 및 산업차원에서 발생하는 디지털 확산이 산업과 소비자, 생산자의 행태와 문화, 관행 등을 변화시키는 현상으로 정의할 수 있다(신동희, 2011). 최근에는 단순히 산업뿐 아니라 학문과 학문, 학문과 기술, 기술과 사회까지 연결되어 파생되는 현상까지도 포함하며, 서로 다른 가치사슬을 구성하는 프로세스간의 결합을 통해 새로운 서비스를 창출하여 디지털화, 네트워크 고도화, 신기술 통합, 영역확대 등을 통해서 새로운 기술, 가치, 시장을 만들어내는 새로운 혁신의 과정을 수반한다고 볼 수 있다. 국가융합기술 발전 기본계획(’09~’13)에서는 융합기술이란 IT, BT, NT 등의 신기술간 또는 이들간 기존 산업·학문 간의 결합을 통해 이전에 없던 새로운 가치를 창출하여 미래 경제, 사회, 문화의 변화를 이끄는 기술이라고 정의하고 있다.

박기범·황정태(2007)의 연구에서는 융합연구는 분야 간 서로 지식의 필요에 의해서도 발생되는데, 그 과정에서 한 쪽에서 기술혁신의 새로운 결과물들이 나올 경우에, 타 영역과 구별되는 독자적 연구영역이 나오면서 구분이 되는 학제나 연구가 등장할 수 있다고 밝혔다.

김홍영 외(2015)는 융합연구가 ‘목적’ 지향적인 성격이 강하기 때문에 융합을 어떻게 바라보는지에 따라 정책의 방향성이 달라질 수 있다고 언급하였다. 융합이 몇 가지 기술영역만으로 정의할 수 없는 복잡한 구조 내에서 존재한다고 논의하며, 기술간의 연결, 혁신주체간의 연결 등 다양한 차원에서의 연결이 필요하다고 주장하였다. 이들은 융합에 대한 구조분석을 위해 소셜네트워크 분석을 통해 살펴보았다. 분석결과, 공동연구과제의 융합R&D빈도를 볼 때, 생명기술분야의 융합빈도가 높은 편이며, 5년간(’09~’13) 연결정도가 높은 기술은 신재생에너지, 융합바이오, 소프트웨어, 고분자재료, 금속재료 등이었으며, 융합R&D 빈도 자체가 높은 기술은 의생명과학, 임상의학, 분자세포생물학, 식품과학, 식품영양과학기술 분야 등이 있다고 밝혔다. 또한 융합관련 정책들이 산학연 연구수행 주제간 협력, 기초/응용/개발 등 연구단계간 관계, 기획에서 사업화까지 전주기 연계를 통한 활성화 등을 강조하였다. 특히, 산학연 공동연구 활성화를 위해서는 융합연구가 진행될 수 있도록 물리적 거리와 제도적 환경의 장애를 극복할 수 있도록 환경조성이 필요하며, 서로 다른 분야 간의 횡적으로 네트워킹할 수 있는 여건을 지원해야 한다고 언급하였다.

조형례(2016)는 융합R&D정책기획을 위해서는 정책역량, 경제성, 사업성, 연구역량, 산업플랫폼 역량이 필요하다고 언급하였으며, 나아가 융합R&D사업화를 위해서는 요소기술에서부터 융합기술, 융합과제, 융합기능, 융합제품, 융합혁신시스템의 요소들 간 관계의 자동 조정이 가능한 플랫폼<sup>2)</sup>과 목적지향적 혁신시스템이 필요하다

2) 플랫폼은 수요와 공급을 이어주는 장으로서 네트워크 경제를 창출하는 핵심장(場)이며, 시장조정자를 만들어내고 공통적인 협력의 룰을 만들어낼 수 있는 비즈니스에 있어서 가치사슬의 핵심이라고 할 수 있다(Boudreau, 2010; Eisenmann, 2007; 최병삼, 2010, 2011).



고 주장하였다.

### III. 연구방법론

#### 1. 연구방법론

본 연구에서는 융합R&D정책을 연구장비 네트워크 관점에서 보려고 하며, 이에 적합한 소셜 네트워크 분석(SNA: Social Network Analysis)을 사용하여 분석하도록 한다. 소셜 네트워크는 개인, 조직, 집단 등이 상호교류 관계를 맺어가며 형성되는 것을 총체적으로 포함하는 개념이다. 네트워크 이론은 그래프 이론으로부터 출발되었다. 그래프는 특정 집합의 원소 쌍 사이의 관계를 표현하는 수학적 모델링을 기본으로 하며, 노드(node)들과 이것들을 연결하는 링크(link)들로 표현되는 것을 소셜네트워크 분석은 사회적 관계에 의해서 형성된 사회구조 내 개인, 조직이 맺고 있는 다양한 관계에 대해서 분석하는 것을 말한다.

〈표 5〉 소셜 네트워크 분석의 분석지표

구분	분석지표 종류	개념
네트워크 구조 분석지표	네트워크 크기	네트워크를 구성하고 있는 노드들의 수
	네트워크 밀도	가능한 총 관계 수 중에서 실제로 맺어진 관계의 수의 비율
	연결정도	해당 노드에 직접 연결되어 있는 노드들의 개수, 또는 링크의 개수
	연결거리	두 개의 특정 노드들 사이에 존재하는 다양한 연결경로 중에서 가장 적은 수의 링크 단계를 거치는 경로
중심성 분석지표	연결정도 중심성	네트워크 내에서 한 노드에 연결되어 있는 노드들의 합
	근접 중심성 (인접 중심성)	한 노드가 다른 노드에 얼마만큼 가깝게 있는가를 표현하는 개념
	매개 중심성	해당 노드와 나머지 노드들 간의 연결거리를 이용하여 계산

일반적으로 이러한 네트워크는 행위자(Actor) 사이들 간의 관계나 연결, 상호작용 등에 의해서 표현될 수 있다. 이러한 소셜네트워크 분석은 몇 가지 속성을 가지고 표현할 수 있으며, 네트워크 밀집도, 네트워크 중심성, 연결성, 근접성, 매개성 등이

해당된다. 소셜네트워크 분석에서 쓰이는 중심성은 해당 네트워크 내에서 한 노드 (node)가 가지는 영향력을 나타내는 개념으로 전체 네트워크에서 중요한 역할을 하는 것을 구분해볼 수 있다.

## 2. 분석범위 및 대상

대상 장비는 KBSI 성과관리시스템 제공자료 기준 184종 중 이용자 지원 현황 DB에 지원 실적이 등록된 166종<sup>3)</sup>을 선정하였다. 대상기간은 연구장비 특성 분석 기간은 연구장비 관련 구축·운영 및 연구성과 실적이 확보된 최근 10년('06~'15)을 기준으로 하였다. 수집자료는 KBSI 연구장비의 특성 분석 수행을 위한 수집자료 항목은 연구장비의 연도별 정량적 특성을 도출할 수 있는 항목을 선정하였다. 장비현황 내 분석항목으로 구축대수 및 구축비용을 선정하였다. 이용자 지원 현황 내 분석항목으로 지원건수, 이용수수료, 이용자 지역, 활용기술분야, 이용자 소속기관 유형을 선정하였다.

소셜 네트워크 분석을 진행하기 위해서는 수집된 연구장비 활용 데이터를 관계형 데이터로 변환시키게 된다. 동일 이용자가 A, B, C 장비를 사용하였다면, A, B, C 장비는 서로 연결되어 있다는 것을 의미한다.

〈표 6〉 연구장비 소셜 네트워크 분석지표 및 분석내용

이용코드	분석지표	분석내용
구조적 특성	노드 수	연구장비의 수
	링크 수	연구장비간 총 연계 빈도
	밀도	연구장비간 연결 빈도
	평균연결	연구장비간 평균 연계 빈도
	평균연결거리	연구장비간 평균 연계 단계
지위적 특성	연결중심성	가장 많은 연결을 가지는 연구장비
	근접중심성	가장 중앙에 위치하는 연구장비
	매개중심성	연구장비 사이에서 매개역할을 하는 장비

## IV. 분석결과

본 연구에서는 소셜 네트워크 분석을 사용하여 연구장비 네트워크의 구조 및 특성을 파악해보고자 하였다. KBSI는 연구시설·장비 및 분석과학기술 관련 연구개발,

3) 연구장비의 종이란 KBSI에서 연구장비를 등록 및 관리하는 기기코드의 기준으로 연구장비의 기능 및 성능에 따라 분류하는 체계이다.

연구지원 및 공동연구를 하는 정부출연연구기관으로 연구시설·장비 및 분석과학기술에 대한 대표성을 가지고 있으며, 전국적인 단위로 있고 모든 분야를 포함하는 연구지원을 하고 있기 때문에 본 연구주제에 대한 시의적절한 연구대상이라고 사료된다.

분석결과, 연구장비 네트워크 구조적 특성을 살펴볼 때, 연구장비 수의 증가로 네트워크 밀도와 평균연결거리 등이 다소 감소하였으나, 타 장비와 연결되지 않고 단독으로 이용되는 장비 비율이 대폭 감소한 것으로 나타나, 각 연구장비간 연계성은 높아지고 있는 것으로 분석된다.

연구장비간 평균 연결 링크 수는 2007년 4.096개에서 2011년에 5.622개로 증가하였다가, 2015년에는 5.380개로 다소 감소하였다. 연구장비간 평균 연결 링크 수는 2007년 4.096개에서 2011년에 5.622개로 증가하였다가, 2015년에는 5.380개로 다소 감소하였으며, 다른 연구장비와 함께 사용되지 않고 단독적으로 사용되는 연구장비는 2007년 36개에서 2011년 31개, 2015년 24개로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 전체 연구장비에서 단독사용 장비비율도 2007년 31.6%에서 2011년 20.9%, 2015년 13.0%로 대폭 감소하고 있다.

〈표 7〉 KBSI 연구장비 네트워크 구조적 특성('07~'15)

구 분	2007년	2011년	2015년
분석 노드 수(분석 장비 수)	114	148	184
연결된 링크 수(A)	467	832	990
가능한 총 링크 수(B)	6,441	10,878	16,836
네트워크 밀도(A/B)	0.073	0.076	0.059
평균 연결 (장비별 연결된 장비 수 평균)	4.096	5.622	5.380
평균 연결거리 (링크된 장비 연결단계)	2.203	2.193	2.484

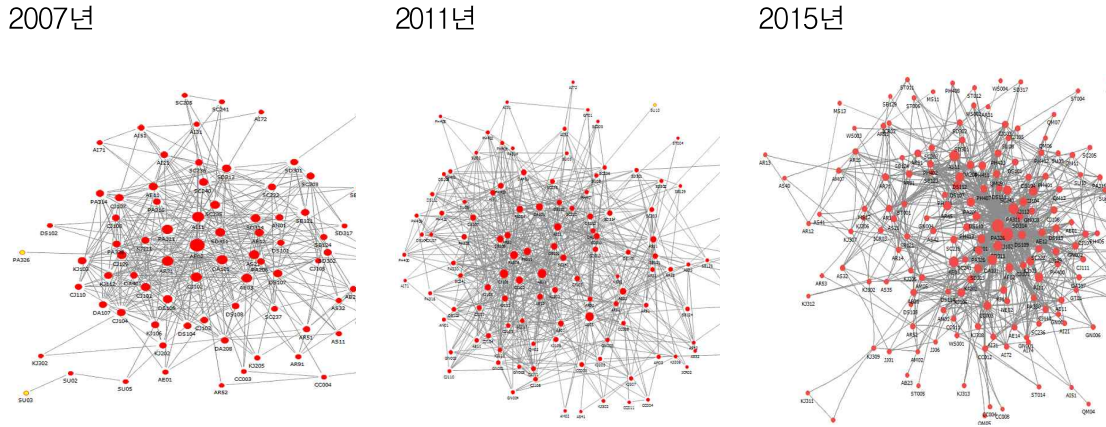
참고: KBSI(2016)

또한 KBSI 연구장비 네트워크 지위적 특성 분석을 살펴볼 때, 184종 연구장비를 대상으로 네트워크 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성을 통해 우수한 연구장비군을 살펴볼 수 있었다.

먼저, 연구장비 네트워크 구조분석을 위한 네트워크 지위적 특성을 보도록 한다. 2015년의 현황을 보면 먼저 연결중심성에 대해서는 평균 연결중심성은 0.107, 표준편차는 0.116으로 나타난다. 연결중심성이 가장 높은 연구장비는 ‘각분해능 X-선 광전자 분광기’로 분석되었다. 근접중심성에 대해서는 일부 연구장비들을 제외하고 연구장비들간의 근접도가 상당히 높은 것으로 나타나며, 평균 근접중심성은 0.311, 표준편차는 0.129로 나타났다. 근접중심성이 가장 높은 연구장비는 ‘입자 및 동공 크기 분석장치’로 분석되었다. 매개중심성에 대해서는 일부 연구장비만 중심

2017 한국기술혁신학회 춘계학술대회

수에 위치하고 대부분의 연구장비는 주변부에 위치하고 있는 것으로 나타났으며, 평균 매개중심성은 0.006, 표준편차는 0.011으로 나타났다. 매개중심성이 가장 높은 연구장비는 ‘생물전용 투과전자현미경’으로 분석되었다.



참고: KBSI(2016)

〈그림 3〉 KBSI 연구장비 네트워크 구조적 특성('07~'15)

근접중심성이 높다는 것은 연구장비들간의 연결거리가 짧다는 것을 의미하며, 활용도 차원에서 서로 밀접한 관계를 가지고 있다고 볼 수 있다. 근접중심성이 좋은 장비는 2007년 ‘전계방출형 투과전자현미경’, ‘유도결합 플라즈마 시스템’, ‘400MHZ 고체상태 핵자기 공명 분광기’ 등이 높았으며, 2011년에는 ‘전계방출형 투과전자현미경’, ‘유도결합 플라즈마 시스템’, ‘메트릭스 보조레이저탈착 질량분석기 이미징 시스템’ 등이 근접중심성이 높았으며, 2015년에는 ‘입자 및 동공 크기 분석장치’, ‘각분해능 X선 광전자 분광기’, ‘생물전용 투과전자현미경’ 등이 높게 나타났다.

〈표 8〉 2015년 연구장비 중 연결중심성이 높은 상위 10개 연구장비

순 위	기기 코드	약어	한글명	중심성 지수	유형
1	PA326	AR XPS	각분해능 X-선 광전자 분광기	1.191	XPS
2	AI11	ICP System	유도결합 플라즈마 시스템	1.115	미량원소분석
3	CJ102	PSA system	입자 및 동공 크기 분석장치	0.951	기타
4	PA311	XPS	X-선 광전자분광 시스템	0.940	XPS
5	DA101	XRD	X-선 회절분석기(대구센터)	0.885	XRD

참고: KBSI(2016)

〈표 9〉 2015년 연구장비 중 근접중심성이 높은 상위 10개 연구장비

순 위	기기 코드	약어	한글명	중심성 지수	유형
1	CJ102	PSA system	입자 및 동공 크기 분석장치	0.969	기타
1	PA326	AR XPS	각분해능 X-선 광전자 분광기	0.969	XPS
3	AE03	Bio-TEM	생물전용 투과전자현미경	0.918	전자현미경
4	DA101	XRD	X-선 회절분석기(대구센터)	0.894	XRD
5	PA311	XPS	X-선 광전자분광 시스템	0.891	XPS

참고: KBSI(2016)

〈표 10〉 2015년 연구장비 중 매개중심성이 높은 상위 10개 연구장비

순 위	기기 코드	약어	한글명	중심성 지수	유형
1	AE03	Bio-TEM	생물전용 투과전자현미경	0.071	전자현미경
2	CJ102	PSA system	입자 및 동공 크기 분석장치	0.057	기타
3	AS11	HR-ESI MS	고분해능 전기분무 이온화 탄뎀질량분석기	0.057	질량분석
4	PA326	AR XPS	각분해능 X-선 광전자 분광기	0.055	XPS
5	KJ106	FE-SEM	전계방출 주사전자현미경	0.040	전자현미경

참고: KBSI(2016)

전년도를 걸러서 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성이 높아지는 장비들은 어느 정도 공통적인 장비들로 볼 수 있다. 매개중심성은 해당 연구장비가 다른 연구장비들간의 연결관계에서 중재자 역할정도가 높다는 것을 의미한다. 전년도를 걸러서 매개중심성이 높은 장비는 ‘유도결합 플라즈마 시스템’, ‘각분해능 X선 광전자 분광기’, ‘생물전용 투과전자현미경’, ‘입자 및 동공 크기 분석장치’, ‘전계방출형 투과전자현미경’ 이었다.

근접중심성은 연구장비간 활용도 차원에서 밀접한 관계를 가지고 있는 것을 볼 수 있는 지표로 근접중심성이 높은 장비인 유도결합플라즈마시스템, X선 회절분석기, X선 광전자분광 시스템, 입자 및 동공크기 분석장치 등이다.

연결중심성은 해당 연구장비가 다른 장비들과 함께 사용되는 경우가 많다는 것을 의미하며, 연결중심성이 높은 장비들은 ‘유도결합 플라즈마 시스템’, ‘X선 회절분석기’, ‘환경방사능측정시스템’, ‘X선 광전자분광시스템’ 등이었다.

네트워크 분석결과 우수한 성과를 보이는 장비들은 최근 국가·사회적 수요가 높아지고 있는 부분이나 R&D에 있어서 필수적인 분석이 필요한 장비들이 대부분이었으며, 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성이 우수한 장비군이 거의 비슷한 특징을 보였다. 근접중심성과 매개중심성이 우수한 장비는 비슷하게 나타나며, 이는 공동활용 장비의 활용도 차원에서 밀접하면 매개의 역할을 하는 특징도 동시에 지니고 있을 경우가 많다고 볼 수 있다.

<표 8>, <표 9>, <표10>와 같이 네트워크 분석결과가 우수한 장비들의 장비군은 종류는 XPS, XRD, 전자현미경, 질량분석기 등이 해당된다.

- :중요도 지속유지 장비
- :중요도 감소 장비
- :신규 우수장비

순위	약어	한글명	순위	약어	한글명	순위	약어	한글명
1	ICP System	유도결합 플라즈마 시스템	1	Micro-XPS	차세대 광전자 분광분석기	1	AR XPS	각분해능 X-선 광전자 분광기
2	XRD	X-선 회절분석기(대구센티)	2	ICP System	유도결합 플라즈마 시스템	2	ICP System	유도결합 플라즈마 시스템
3	FE-TEM/STEM	전계방출형 투과전자현미경	3	FE-TEM/STEM	전계방출형 투과전자현미경	3	PSA system	임자 및 동공 크기 분석장치
4	ERMS	환경방사능 측정 시스템	4	MP-XRD	다목적 X-선 회절분석기(대구센티)	4	XPS	X-선 광전자 분광 시스템
5	MP-XRD	다목적 X-선 회절분석기(대구센티)	5	XRD	X-선 회절분석기(대구센티)	5	XRD	X-선 회절분석기(대구센티)
6	FE-SEM	전계방출 주사전자현미경	5	AR XPS	각분해능 X-선 광전자 분광기	6	HR-ESI MS	고분해능 전기분무 이온화 질량 분석기
7	ICP-AES	유도결합 플라즈마 방출분광기	7	ERMS	환경방사능 측정 시스템	7	ICP-AES	유도결합 플라즈마 방출분광기
8	XPS	X-선 광전자 분광 시스템	7	ICP-AES	유도결합 플라즈마 방출분광기	8	ERMS	환경방사능 측정 시스템
9	400MHz SS NMR	400MHz 고해상도 핵자기 공명 분광기	9	Bio-TEM	생물전용 투과전자현미경	9	HR-MS(A)	고분해능 질량분석기(A)
10	Bio-TEM	생물전용 투과전자현미경	10	XPS	X-선 광전자 분광 시스템	9	MP-XRD	다목적 X-선 회절분석기(대구센티)

참고: KBSI(2016)

<그림 4> KBSI 공동활용 연구장비 네트워크 지위적 특성 분석

XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy)는 시료 표면의 정성, 정량 분석 및 화학적 구조 변화를 분석하는 장비로 시료의 표면 산화도 비교 분석 및 오염원(불순물) 존재 여부를 분석한다. 전자현미경은 전자빔을 이용해 세포나 조직 등의 의·생물 시료뿐 아니라 반도체나 고분자와 같은 재료 시료의 표면과 내부 구조, 물체를 구성하는 원소 분포와 원자들의 배열상태 등을 매우 높은 배율과 해상도로 관찰하는 장치이다. 전자현미경은 나노분말, 반도체 등 무기물과 세포, 바이러스, 단백질 등 유기물 분석에 널리 활용할 수 있다. 전자현미경은 다른 어떤 장비보다도 활용분야가 광범위하다.

질량분석기를 활용하면 최소한의 시료로부터 찾고자 하는 단백질, 지질, 당질 등의 생체고분자들을 분석할 수 있다. 질량 분석기가 분류하지 못 하는 아주 미세한 작은 원소를 ‘유도 결합 플라즈마’ 라는 방법을 이용하여 끝끝내 분류해내는 것이 바로 ‘유도결합플라즈마질량분석기’ 다. XRD는 X-선을 이용한 결정학적 물질구조 분석은 물리학, 화학, 반도체, 금속, 신소재 및 생물학분야 등에서 광범위하게 응용되고 있으며, X-선과 물질과의 산란, 회절, 반사, 흡수 등의 상호작용으로부터 다양한 물질상태에 대한 결정학적 정보 및 물질구조 규명에 활용되고 있다. 이밖에도 NMR은 용액상태에서 생체고분자물질의 3차원 구조를 연구하는 유일한 방법이며 가장 직접적이고 일반적인 도구로써, 단백질의 3차원 구조를 파악할 수 있어 골격 구조가 어떤지, 표면에서 어느 부위가 울퉁불퉁한지 알 수 있다. 액체 NMR은 유기합

성물, 천연물, 신약 개발, 단백질 분석 등의 분야에서는 강력한 분석도구로 사용되고 있다.

본 연구에서는 네트워크 지위적 특성이 우수하게 나타난 장비 중 일부장비만 그 활용의 특징을 살펴봄으로 네트워크 분석결과에 대한 정성적 근거를 확인하도록 한다. 먼저, 유도결합 플라즈마 시스템은 원소 농도 및 극미량 원소 분석, 동위원소 측정에 대한 연구지원을 하는 분석장비로 중금속 오염, 식품 및 음용수, 지질 시료의 함량 및 농도 등의 측정이 가능하다. 지원 기술분야는 BT, ET, NT, CT 등이 모두 해당되며, 특히 바이오 및 환경분야의 연구지원이 더욱 늘어나고 있다.

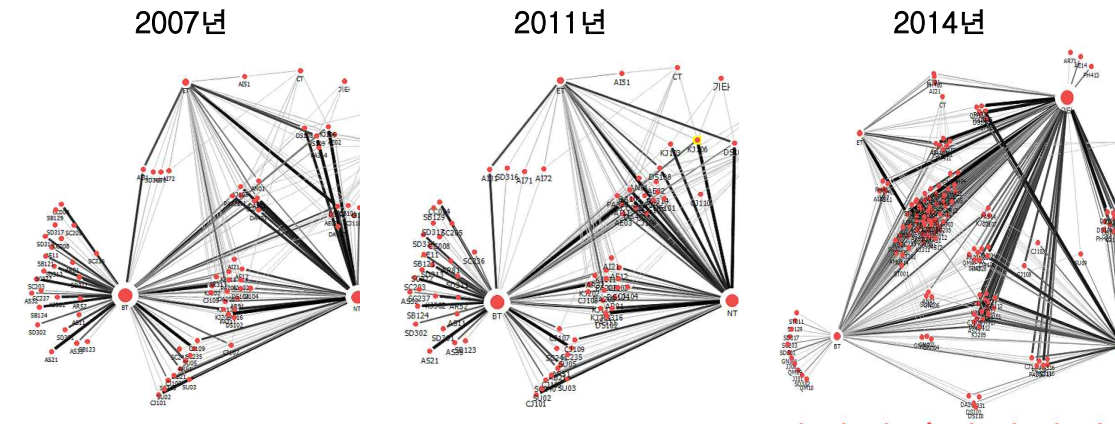
전계방출형 투과전자현미경은 시료의 표면·단면 형상 및 구조 분석의 연구지원을 목적으로 하는 장비로 나노입자에 대한 형상 및 결정구조를 연구하는 정도였으나 최근 2차 전지 촉매제 및 태양광 전극소재, 디스플레이, 효소 등의 결정구조 분석에 대한 의뢰가 높아지고 있다. 고분해능 X선 회절분석기는 기본적으로 재료 결정분석의 연구지원을 목적으로 하며, 지원기술분야는 NT, BT, ET, IT이다. 재료 결정분석의 특성상 NT분야의 수요가 많으며, 최근 광물 및 금속, 화합물 관련 재료 결정분석 의뢰가 높다.

생물전용 투과전자현미경은 생물·단백질·고분자등의 재료시편 관찰에 대한 연구지원을 목적으로 하며, 지원기술분야는 NT, BT, ET, IT이며, 조영제 및 세포생물학, 나노소재(단백질+소재) 등의 융복합 연구에 대한 의뢰가 높은 편이다. 해당 장비를 통해서도 지속적으로 축적된 연구지원 역량인 높아 바이오분야에 첨단 연구 및 상용화에 효과적인 발판이 되며, 최근에는 세포구조 분석, 나노소재 개발(단백질과 유기물 결합) 등 융합연구 비중이 높아지고 있고, 세포생물학 중심에서 섬유, 목재, 타이어, 반도체 등으로 장비 활용도가 매우 다양해지고 있다. 융합연구 비중이 높아지는 만큼 뇌과학, 광학, 전자까지 포함하는 융합현미경에 대한 수요가 높아질 것으로 예상된다.

〈표 11〉 KBSI 연구장비의 연구분야 융합 활용 추이 비교

구 분		2007년	2011년	2014년
분석 대상 장비수		114	148	184
특화분야 연구장비	장비 수(개)	29	50	26
	장비 비중(%)	25.4	33.8	14.1
융합분야 연구장비	장비 수(개)	52	71	135
	장비 비중(%)	45.6	48.0	73.4
활용유형 미확인 장비	장비 수(개)	33	27	23
	장비 비중(%)	28.9	18.2	12.5

참고: KBSI(2016)



참고: KBSI(2016)

〈그림 5〉 KBSI 연구장비의 연구분야 융합 활용 추이 비교

〈그림 5〉과 같이 '07년에서 '15년까지 특정분야에만 활용되는 연구장비의 비중이 감소하고, 다양한 연구분야에 활용되는 연구장비 비중이 증가하는 등 연구분야에 대한 공동활용 연구장비의 융합활용 확대에 기여하였다.

특화분야 연구장비는 전체 장비에서 차지하는 비중이 2007년 25.4%에서 2014년 14.1%로 감소하였으며, 융합분야 연구장비는 전체 장비에서 차지하는 비중이 2007년 45.6%에서 2015년 73.4%로 증가하였다.

〈표 12〉 주요 연도별 융합활용 분야 추이 비교

구 분	2007년	2011년	2015년
SIMS	5	8	10
열자기물성	8	10	10
미량원소분석	11	11	11
질량분석	11	9	10
XRD	10	11	11
동위원소분석	4	7	8
광학영상 및 바이오	9	11	11
전자현미경	11	11	11
액체 NMR	11	9	10
고체NMR 및 EPR	9	10	11
XPS	10	10	10
평균	9.0	9.7	10.3

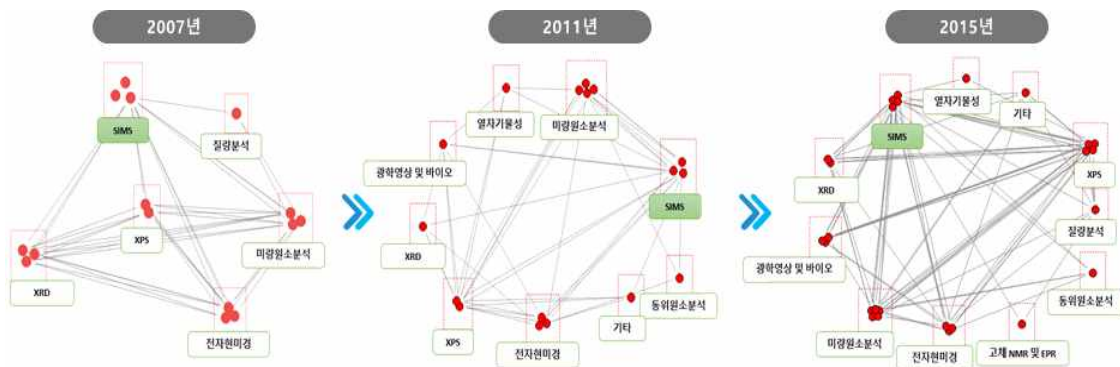
참고: KBSI(2016)

평균 융합활용 분야가 2007년 9.0개 분야에서 2011년 9.7개 분야, 2015년 10.3개 분야로 나타나, 11개 활용분야별 연구장비 그룹간의 융합활용이 확대되고 있는 것으로 나타나, 연구장비 활용용도에 대한 공동활용 연구장비의 융합활용 확대에 기



여한 것으로 나타났다. 타 분야 장비와 융합활용되는 장비 수의 평균이 2007년 33.1개 장비에서 2011년 51.5개 장비, 2015년 57.6개 장비로 증가하고 있어, 11개 활용분야별 연구장비 그룹간의 융합활용이 확대되고 있음을 뒷받침 하고 있다.

<그림 6>과 같이 함께 활용되는 연구장비 분야가 ‘07년 5개 장비군에서 ’ 15년 10개 장비군으로 확대되고 있으며, 같이 활용되는 타 분야 장비 수도 ‘07년 12개 장비에서 ’ 15년 23개 장비로, 활용용도 분야간 융합활용이 확대되는 장비군이 늘어나고 있다.



참고: KBSI(2016)

<그림 6> KBSI 공동활용 연구장비 융합활용 현황 : 연구장비 활용용도(SIMS 장비군 사례)

<그림 6>과 같이 SIMS 장비군 사례를 보면, SIMS는 융합연구과제 비중이 높아지면서 기업의 연구지원 비중이 높아지고 있는 상황이며, 해당 분야의 연구수행을 위해 상용장비를 개조·최적화시켜 운영하여 성과를 창출하는 점이 중요해지고 있다. 부속장비인 시료체인저를 700MHz 장비에 장착하여 24개의 시료를 한 번에 돌릴 수가 있으며, 시료가 많은 이용자의 만족도가 높아지고 이용빈도 증가하고 있다. SIMS 장비군은 XPS 장비군과 높은 밀접한 연계성을 가지며, 미량원소분석(특히, 유도결합 플라즈마 분광기), 전자현미경 등의 장비군과 밀접한 연관성을 갖고 있는 것으로 나타난다.

장비 간에는 이러한 연결관계에 있는 경우가 상당히 많다. NMR은 CD, MARS, MS 간의 연계성이 매우 좋아서, 한 명의 사용자가 4개의 장비를 패키지로 쓰는 경우 많음. 이러한 분석 패키지 개발을 통해 이용자 수요 진작 및 KBSI 장비운영 활성화 가능하다. 이러한 장비군 간의 연결성 및 매개성을 잘 살펴보면, 향후 장비 구축 및 인력 배치 시 활용될 수 있다.

## V. 결론 및 시사점

분석과학기술은 기초과학을 비롯하여 다양한 산업과 사회문제에 응용할 수 있는

기반과학이라고 할 수 있다. 연구실의 실험에 한정되어 있는 것이 아니라 물질의 구성과 속성을 측정하는 모든 수요에서부터 삶에 있어서 작은 수요도 해결할 수 있는 폭넓은 기술적 기반이 되는 것이다. 응용, 개발단계에 있어서 혁신을 위한 기반을 제공하고, 다양한 R&D분야를 연계할 수 있는 플랫폼 역할도 할 수 있다.

본 연구에서는 융합R&D정책 활성화 및 융합R&D사업화를 위한 분석과학플랫폼 구축 필요함을 연구장비 네트워크 및 분석과학 전반을 통해 살펴보았다.

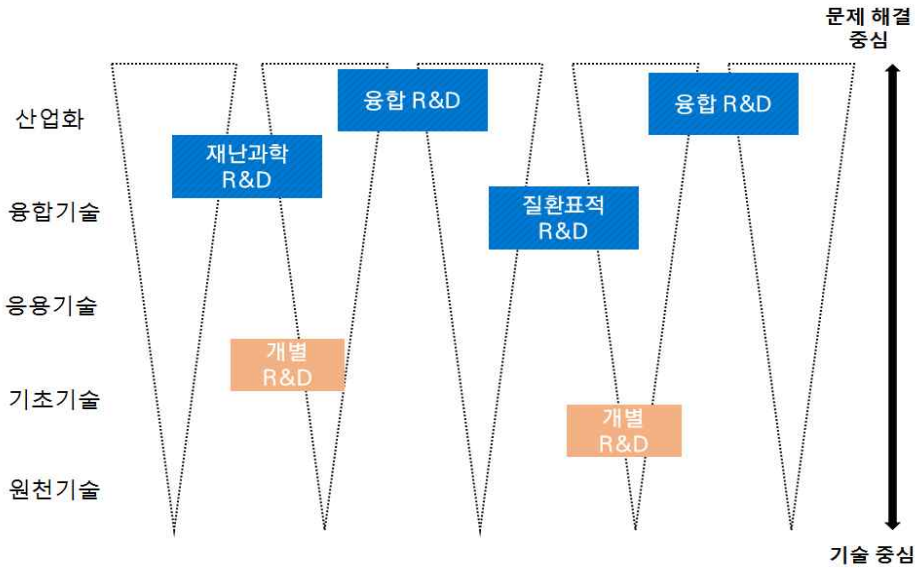
먼저, 융합R&D정책을 위한 연구장비 연계 및 융합기술기반 장비개발이 필요하다. 이종장비 간 연계·결합을 통한 융합연구를 지원할 수 있는 원스탑서비스 제공이 필요하고, 융복합 연구를 지원할 수 있는 장비결합(예: SEM+OM, TEM+OM 등)을 개발할 필요가 있다고 보인다. 대형장비 간 집적화를 통한 심층연구 분석지원에 대한 전문성 강화가 요구되며, 대형장비와 중소형장비, 중소형장비와 중소형장비 간 네트워크체계 구축을 통한 융합연구 지원 및 장비운영 효율성 제고가 필요하다.

둘째, 연구장비 유형 간 네트워크 연계성 분석 강화가 필요하다. 11개 종으로 살펴본 연구장비 유형 간의 네트워크 분석결과를 살펴보면, SIMS 장비군의 경우를 예로 볼 때, XPS 장비군과 높은 밀접한 연계성을 가지며, 미량원소분석(특히, 유도결합 플라즈마 분광기), 전자현미경 등의 장비군과 밀접한 연관성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 연구장비 간에도 이와 같은 예가 대부분인 경우가 많다. NMR은 CD, MARS, MS 간의 연계성이 매우 좋아서, 한 명의 사용자가 4개의 장비를 패키지로 쓰는 경우 많다. 이러한 분석 패키지 개발을 통해 이용자 수요 진작 및 연구장비 운영 활성화가 가능할 것으로 보인다. 이러한 장비군 간의 연결성 및 매개성을 잘 살펴보면, 향후 장비 구축 및 인력 배치 시 유용한 참고자료로 활용될 수 있으며, 이용자 중심의 장비 간 소셜네트워크 분석을 실시하면, 연구장비 지원서비스를 제공하는 출연연 간의 비교(동종장비 비교) 가능하다. 이를 통한 기관별 성과창출 성공·실패 요인을 파악할 수 있을 것이다.

셋째, 수요자 기반 기초과학 인프라 구축을 위한 문제해결형 분석과학플랫폼 구축이 필요하다. 기초과학 10대 장비(XPS, XPD, TEM 등) 및 중대형 장비 중 이용수요가 높은 소모성 부품 및 요소기술 개발은 우리나라 기초과학 발전에 매우 중요하다. 소모성 부품 및 핵심요소기술 개발은 연구장비 유지보수시간 및 비용 단축, 외화손실 절감, 국내 중소기업 육성이 가능할 것이다. 이러한 점은 우리나라 과학기술 발전의 든든한 뿌리가 될 수 있을 것이다. 연구장비 개발까지는 외산장비와의 기술 격차가 높아서 쉽지 않지만, 매년 50대 이상 구매하는 외산 상용장비에 대한 국산화는 우리나라 기초과학 발전 및 중소기업 육성 및 고용창출의 근간이 되는 사업일 것이다.

분산연계형 데이터 분석 플랫폼은 데이터를 매개로 한 학문 분야 간 융합 연구도 가능하게 할 것이며, 데이터에 기반해 국가 재난 예측 및 대응도 과학적으로 이루어 질 수 있을 것이다. 분석과학플랫폼을 중심으로 분석과학기술의 개발, 공급, 이용, 확산과 관련된 이해관계자들을 네트워크 시키고, 기술혁신이 일어나 경제·사회

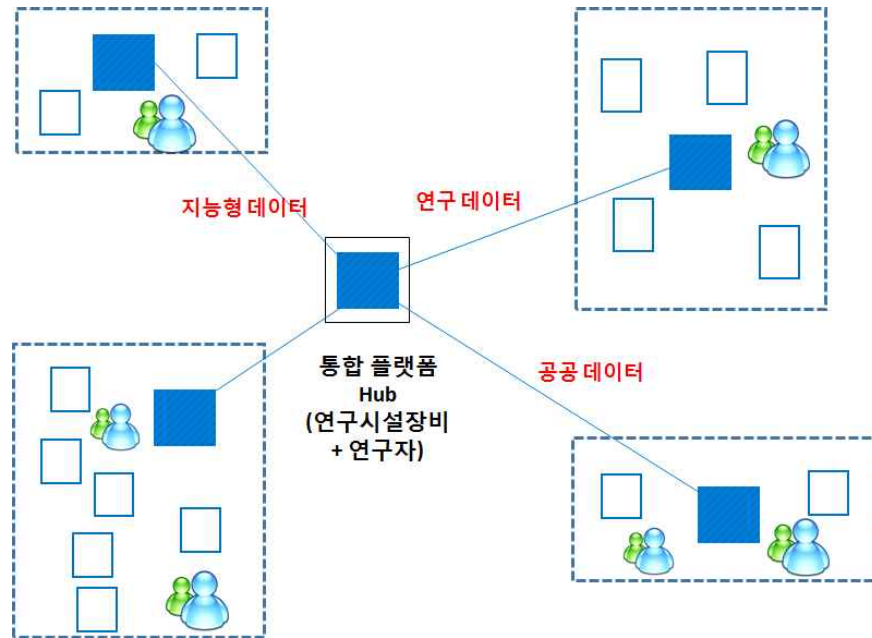
적으로 파급효과가 나타나도록 효율적 환경조건을 만들어주는 것이 필요할 것이다. 새로운 기술을 미해결문제에 적용할 수 있도록 정책방향을 제시해줄 필요가 있으며, 분석장애를 신속하게 해결하는 협력적 매커니즘을 가지도록 산학연 지원체계 중심이 있어야 할 것이다.



〈그림 7〉 문제해결 중심 분석과학플랫폼 구축

넷째, 연구시설·장비, 연구자, ICT기술과 데이터기반 기술의 연계를 통한 기초과학 지원 통합플랫폼 구축이 필요하다. 분산된 연구시설·장비를 제약없이 사용할 수 있는 오픈랩이 필요하게 되며, 분야의 특성에 따라 연구데이터를 공유하고 통합하여 관리하는 플랫폼도 더욱 중요하게 된다. 이러한 플랫폼이 구축되면 공용자원의 제품·서비스화가 가속화되고, 효율화되게 된다. 특히, 재난·안전·치안 등 각종 사회문제에 대한 예측 및 빠른 대응이 가능하게 되는 국가·사회문제 플랫폼 구축도 가능하게 된다.

그동안 연구자와 연구시설·장비의 연계, 연구장비 간 연계 등과 함께 고려된 융합R&D 연구는 고려되지 않았다. 이는 기술이라는 걸모습만 고려하고, 실제 기술을 둘러싼 요소들을 충분히 고려하지 않았기 때문이다. 또한 이러한 플랫폼이 구축된 생태계가 지능형 인프라를 기반으로 발전한다면 초연결성 중심의 새로운 R&D 기획과 전략이 나올 것이며, 통합 플랫폼을 구축하기 위해 새로운 제도 구축을 둘러싼 갈등도 생겨날 것이다. 나아가, R&D가 수요자를 중심으로 한 방향성을 더욱 추구하게 되면서 연구에 있어서 공급에서 수요까지 전주기적인 연계방향을 더욱 강화시켜야 할 것이다. 특히, 앞으로 융합R&D기획 및 사업화를 위해서는 대상 시장 및 서비스를 중심으로 해당 수요에 맞는 R&D를 연계하고, 융합연구가 가능한 연구시설·장비를 구축 및 지원하는 것이 필요하다. 시스템간 연결기술인 플랫폼 요소기술을 확보하고, 통합 플랫폼을 정의하여 중심시스템과 주변시스템에 대한 확인 및 전략 수립이 필요하다.



〈그림 9〉 분석과학플랫폼 구축을 위한 통합플랫폼

마지막으로 기초과학인프라를 전주기적 혁신생태계 관점에서 보는 분석과학플랫폼 구축이 필요하다. 분석과학R&D는 플랫폼 구축을 위한 핵심 분석기술, 분석장비 개발기술 등이 포함된 부문으로 가장 중요한 기반이 된다. 이러한 분석과학 R&D를 기반으로 분석장비 개발, 생산, 판매 생태계를 활성화해 신산업 육성 및 새로운 과학의 진보를 이끌어내야 할 것이다. 분석과학의 연구성과는 관련 산업 및 연구분야의 시험·평가·인증 부분에 지원서비스를 향상시킬 수 있고, 해당 서비스관련 기술, 표준화, 제도구축 등과 함께 발전시켜나가야 한다.

융합연구지원을 위한 새로운 분석기술을 개발하고, 이용수요가 높아지는 분야에 대한 핵심요소기술 및 연구장비개발을 중점적으로 지원할 수 있는 제도 및 산업생태계가 구축되어야 하며, 분석데이터와 연구시설·장비, 지원인력 등을 공유하여 환경변화에 발 빠르게 대응하고, 분석과학플랫폼의 첨단화, 효율화, 신속화 등을 이끌어낼 산학연 기반 분석혁신시스템이 필요할 것이다. 최근, 오픈랩, 리빙랩 등을 통한 분석지원서비스의 고도화, 현장화가 그러한 예이다.

과학기술 융합이 가속화됨에 따라서 이러한 미래지향적 연구부문을 위한 장비개발도 고려하며, 향후 연구장비 개발의 미래방향을 준비해야 할 것이다. 이미 기존 연구장비로 포화된 시장을 노리는 것이 아니라 새롭게 대두되는 연구분야 및 전략 분야에 초점을 맞추고, 과학기술 영역 내에서 다른 분야와의 협력연구를 통해서 장기적으로 경쟁력을 갖추도록 노력해야 할 것이다. 더불어 거대과학분야에 대한 연구장비 개발 및 사업화는 무엇보다도 신중을 기해야 하며, 정기적인 로드맵을 가지고 국제협력전략을 세워야 할 것이다.

## 참고 문헌

- 국가과학기술심의회(2015), 「국가연구시설장비의 투자효율화 및 공동활용 촉진방안 (안)」.
- 권기현 외(2006), “과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 투자우선순위 분석”, 「한국정책과학학회보」, 제10권, 제1호, pp. 101-123.
- 권기현·차용진·이홍재 (2007), 과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비 평가모형 분석, 「기술혁신학회지」, 제10권, 제1호, pp. 121-142.
- 김홍영·박소희 (2015), “융합R&D추진현황 분석 및 활성화 방안”, 「연구보고 2015-024」, KISTEP.
- 날리지웍스(2015), 「분석기술 장비개발 로드맵 수립 기획연구」, 한국기초과학지원 연구원.
- 미래창조과학부(2015), 「2015년 융합기술 발전전략 시행계획(안)」.
- 박기범·황정태(2007), 「융합연구의 형성과 발전과정의 고찰을 통한 국내 연구현황 분석」, 한국과학기술정책연구원.
- 석영철·김윤경(1998), “기술하부구조: 중요성과 정책적 함의”, 「기술혁신학회지」, 제1권 1호, pp. 9-22.
- 에이탑 컨설팅(2016), 「연구장비 네트워크 특성 및 구조분석」, 한국기초과학지원 연구원.
- 이공래(1996), “국가과학기술혁신을 위한 중간진입전략“, 「동향연구」, 과학기술정책연구원.
- 전승준 외(2005), 「산·학·연 협력을 통한 과학기기 및 첨단기기 산업육성 방안」, 한국기초과학지원연구원.
- 정근모·이공래(1996), 「중간진입전략」, 나남출판.
- 조형례 (2016), “융합R&D사업화를 위한 정책 프레임워크 및 지표개발: 전기자동차 산업사례를 중심으로”, 「융합연구리뷰」, Vol. 2, NO. 11
- 최병삼(2011), “플랫폼의 일반적 정의가 기업의 경제적, 전략적 의사결정에 미치는 효과에 대한 연구”, 「상업교육연구」, 제25권, 제3호.
- 최병삼(2012), “가치창출 틀 플랫폼, 다원화 혁명 이끈다”, 『DBR: Platform Leadership』, Issue2, No. 103.
- 한국연구재단(2010), 「기초연구성과의 체계적 확산을 위한 개방형 혁신체계 구축방안」, 교육과학기술부.
- NFEC(2011), 「주요 선진국의 연구시설·장비 정책 동향」, NFEC Research, 제 10호.
- Boudreau, K. (2010), “Open Platform Strategies and Innovation: Granting Access versus Devolving Control“, *Management Science*, 56(10), 1849-1872.

- Eisenmann, T. R. (2007), “Managing Networked Business: Course Overview for Educators” , *Working Paper* , Harvard Business School, October.
- German Science Council. (2003), *Statement on Nine Large-scale Facilities for Basic Scientific Research and on the Development of Investment Planning for Large-scale Facilities*.
- National Science Foundation. (2004), *Setting Priority for Large Research Facilities Projects supported by the National Science Foundation*, Washington D.C.: The National Academies Press.
- Stanley, W. and Faust, K. (1994), *Social Network Analysis: Methods and Applications*, New York: Cambridge University Press.
- Tassey, G. (1991), “The Function of Technology Infrastructure in a Competitive Economy” , *Research Policy*, Vol. 20, pp. 345-361.
- TechNavio(2013), *Signals and Systems Telecom*.