

신산업 글로벌 공동연구 활동도 분석 및 활성화 방안 연구 - 바이오, 디스플레이 분야를 중심으로 -

유화선*, 김윤명**

I. 서론

2015년 OECD 30개국을 대상으로 실시한 국가과학기술혁신역량평가¹⁾ 결과, 우리나라는 미국, 스위스, 일본, 독일에 이어 전년 대비 2계단 상승한 5위를 기록할 정도로 우수한 역량을 보이고 있다. 또한 GDP 대비 국가연구개발 투자규모도 이스라엘에 이어 2위를 기록하여 정부의 연구개발 역량 혁신의지도 매우 높은 편이다.

하지만 최근 산업기술 발전속도가 빨라지고, 기술 및 산업의 융합화가 확산되면서 생산 및 판매부문의 글로벌화가 R&D까지 범위가 확대되어 전세계적으로 기술개발의 국제협력 필요성이 확산되고 있으며, 연구개발의 위험성·불확실성이 높아지는 현상에 대응하기 위해 주요국을 중심으로 빠른 기술발전과 기술 간 융합 확산에 대응하기 위한 개방·융합형 4세대 R&D로 전환하는 추세는 점차 활발해짐에도 불구하고, 우리나라는 연구개발 주체의 폐쇄성 등으로 인해 국가 간 공동연구 활동도가 매우 미흡한 편이다.

2015년 국가과학기술혁신역량평가에서 국제적 네트워크 구축을 통한 지식과 기술의 교류 수준을 파악한 국제협력 항목²⁾에서도 우리나라의 국제협력 항목지수는 0.182로 연구원 1인당 국제공동특허 수가 전년도 17위에서 2015년 14위로 3단계 상승한데 기인하여 전년 대비 1계단 상승하였으나 OECD 30개국 중 16위에 머무르는 것으로 나타났다.

이 수치는 동 부문 1위를 차지한 룩셈부르크(2,000)의 1/10에도 미치지 못하는 수치이며, 2위, 3위, 4위를 차지하고 있는 스위스(0.895점), 아일랜드(0.666점), 스웨덴(0.413점)과 비교해도 매우 저조한 활동도를 보이고 있다.

국제협력 항목지수 0.182는 OECD 국가의 국제협력 항목지수 평균 수치인 0.282에 비해 서도 낮은 값이며 국제협력 상위 3개국에 대한 상대수준에서도 평균 9.1% 수준에 불과한 수준이어서 심각성을 더해주고 있다.

* 유화선, (주)더비엔아이, 선임연구원, 010-2705-5607, sunyh@the-bni.com,

** 김윤명, (주)더비엔아이, 대표이사, 010-5764-3388, ymkim0422@the-bni.com

1) 미래창조과학부와 한국과학기술기획평가원은 「국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률」 제 11조(국가과학기술혁신역량평가)에 근거하여 OECD 국가를 대상으로 매년 국가 과학기술혁신역량 평가를 실시하고 있으며, 이를 통해 우리나라의 과학기술혁신역량 수준을 종합적으로 진단하고 강점과 약점을 도출하고 있다.

2) 국제 공동연구를 통해 산출된 특허 수, 해외에 투자한 금액과 외국인이 국내에 투자한 금액 등의 지표로 측정

[표 1] 국제협력 항목 지표별 순위 및 수치

항목	지표	한국순위(년)					한국 상대수준	상위3국
		'11	'12	'13	'14	'15		
국제 협력	연구원 1인당 국제공동특허 수	13	14	16	17	1.4	7.5%	룩셈부르크, 아일랜드, 스위스
	GDP 대비 (해외투자·외국인 투자) 비중	19	18	23	16	17	10.7%	룩셈부르크, 아일랜드, 스위스
	소 계	15	16	19	17	16	9.1%	룩셈부르크, 아일랜드, 스위스

국제공동연구의 활성화도를 보여주는 지표인 연구원 1인 당 국제공동특허 수 부문에서 우리나라는 '15년 기준 14위를 기록하여 전년 대비 3계단 상승하였으나, 건 수 상으로는 0.000516건으로 1위를 기록한 룩셈부르크 0.006883건에 비해 1/13.4에 불과하여 국제공동연구 활동도가 매우 낮은 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 네트워크 분석을 활용하여 우리나라 주요 산업별 국가, 기관, 연구자 별 국제공동연구에 대한 현황 및 활동도를 조사·분석 하였다. 조사·분석 결과를 기반으로 산업별 국제공동연구 우수 국가, 기관, 연구자를 탐색하고 우리나라의 산업별 국제공동연구 현재 포지셔닝을 파악하고 국내 우수 기관 및 연구자 발굴과 각 기관 및 연구자의 국제공동연구 위치를 파악해본다.

또한 각 산업별 국가 간, 기관 간, 연구자 간 공동연구 네트워크 현황을 분석하여 국제공동연구별 1차 우수 그룹(Primary Group)과 2차 우수 그룹(Secondary Group), 3차 우수 그룹(Tertiary Group)을 발굴하였다.

그리고 각 우수 그룹별 차별화 된 국제공동연구 그룹으로의 편입전략을 탐색하고, 각 산업별 우리나라가 협력해야 할 적정 그룹은 무엇인지에 대해 판단하였다.

즉 우리나라와 해외 주요국의 국제공동연구 현황을 중심으로 국가별 국제공동연구에 대한 활동도, 활성화 추이, 연구 성과, 핵심 연구그룹 등에 대한 비교·분석을 통해 정확한 진단을 수행한 후, 이를 기반으로 향후 우리나라 연구주체의 연구개발 개방화, 국제공동연구 활성화 등에 대한 발전방안을 고찰하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 선행연구 탐색

국제 공동연구의 중요성이 커짐에 따라 공동연구 현황을 파악하고자 하는 연구는 증가하고 있으나, 네트워크 분석을 활용하여 국내 주요 산업별 국가, 기관, 연구자별 국제공동연구에 대한 활동도를 분석하고 미래 전략적 협력대상 국가를 발굴하는 관련 연구는 미흡한 실정이다.

윤문섭 등(2004)는 지식맵 작성을 통한 네트워크 분석 방법론을 활용하여 OLED 분야와 Biochip 분야에 대한 국제공동연구 현황을 분석하였으며, 김태희(2012)는 국가연구개발사업

의 지원을 받는 기초 및 원천단계의 연구과제를 대상으로 국제공동연구 성과를 제고할 수 있는 방안을 검토하기 위해 단계별 분석방법을 달리하였다. 1단계에서는 질적 접근과 양적 접근을 포함한 혼합적 접근방법을 실시하였다. 2단계에서는 1단계에서 도출된 결과를 토대로 국제공동연구 성과를 제고할 수 있는 방안을 자료포락 분석법을 통해 분석하였다.

박일수 외(2012)는 중소기업과 정부출연(연)이 수행한 공동연구개발 과제의 성과에 영향을 주는 요인들을 연구책임자의 역량과 파트너십 통합, 공동연구경험 등을 중심으로 분석하기 위해 중소기업 공동연구개발 지원 정부출연연구기관인 K 연구원과 공동연구 프로젝트를 수행한 중소기업에 대해 설문조사를 실시하였다.

이준영 외(2012)는 국제 공동연구 논문과 국내 공동연구 논문 간 피인용도 차이는 기관별로도 유의미하게 발생할 수 있음을 인지하고, 이에 대한 분석을 위해 인용영향력 증분(Incremental Citation Impact, ICI) 지표를 적용하여 기초기술연구회 소관 개별 연구기관별로 국제 공동연구 논문과 국내 공동연구 논문의 ICI 지표 값의 차이 및 결과 분석을 실시하였다.

한혁 외(2013)은 한국전자통신학회 논문지를 통해서 나타나는 공동연구 네트워크가 어떤 구조를 보이는지 규명하기 위해 공동연구 논문지에 게재된 논문의 저자들을 12개의 서브 네트워크로 구성하여 분석하였다.

선행연구에서는 주로 공동연구 논문을 질적 또는 양적 분석을 통해 국제공동연구에 대한 성과 제고방안을 다루고 있으며, 본 연구에서는 KDD/KM 기법을 활용하여 우리 산업분야별 국제공동연구의 정확한 위치 및 국제 공동연구 전략적 대상의 선제적 발굴 등의 활성화를 위한 방안에 대해 다루고자 한다.

2. KDD/KM 기법을 활용한 국제공동연구 분석 프로세스

KDD/KM³⁾ 방법론은 정형데이터, 비정형 데이터 등 대량의 빅데이터로부터 마이닝 기반의 분석을 통해 유용한 지식을 발견하고 이를 시각화(visualization)하는데 활용되는 정량적 분석기반의 방법론을 의미한다. 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 2000년대초부터 미래 유망기술분야를 발굴하고 선제적인 대응을 통한 기술 및 산업분야의 경쟁우위 선점을 위해 2000년대 초부터 KDD/KM을 본격적으로 도입하였다.

미국은 RADAR(CMU, SRI)의 인공지능분석에 의한 Hot spot knowledge 도출, CREA(TPAC, NSF, SPRU)의 미·영 전략적 S&T 연구영역 발굴, NRL Kostoff의 미래 전략분야 도출연구 등을 다양한 연구를 수행해 왔으며, 유럽도 Mapping Excellence in Science&Technology across Europe(CWTS, FhG-ISI)의 생명과학, 나노분야 연구활동 mapping 및 연구성과 비교 측정, WISER(SPRU, SCIT, NIWI, CINDOC)의 웹기반 S&T 지표개발/구축 등 다양한 연구의 선구자적 역할을 담당해 왔다. 이 밖에도 일본, 중국 등도 KDD/KM을 활용한 과학기술 분야의 전략적 고도화에 힘쓰는 등 2000년대 초부터 선진각국이 국가역량을 집중해 오고 있다.

국내는 선진국에 비해 상대적으로 미흡한 수준의 연구활동이 이루어졌는데 초기 KAIST와 POSTECH는 국내 연구자 활동도 및 우수성을 SCI 논문성적을 중심으로 분석하였다. 이후 STEPI, KISTI, IITP 등에서 다양하고 심층적인 방법론과 지표를 활용한 연구가 이루어

3) KDD:Knowledge Discovery in Database, KM:Knowledge Map

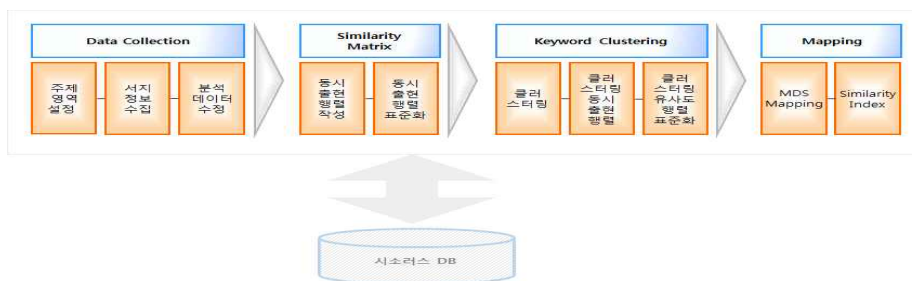
졌다.

과학 및 산업의 융복합화 심화에 따라 각 분야가 서로 복잡하고 다양하게 관련되어 있으므로 이전에는 관련성이 없는 별개영역으로 분류되어 왔던 분야에 대해서도 동향이나 실태를 파악하고, 자신의 영역이나 분야와의 상호연관성 및 관련 정보를 탐색해야 할 필요성이 점차 증대되고 있다.

이러한 분석은 기존에는 전문가위원회(Peer Review)에서 대부분의 니즈를 충족시켜 왔으나 전문가는 자신의 전공영역 내에서만 전문성을 지닌다는 한계점이 있으므로 나무뿐만이 아닌 숲 전체를 보며 보다 정확하고 미래지향적인 판단을 내릴 수 있는 근거를 제공할 수 있는 분석방법론의 필요성이 급격히 대두되었는데 이에 적합한 방법론 중의 하나가 바로 KDD/KM 방법론이다.

KDD/KM은 대량의 데이터에서 상호 연관성이 높은 서지정보 내에는 이를 나타내는 핵심 키워드가 동시에 출현하거나(Co-word), 동시 인용되는(Co-citation) 경우가 자주 발생한다는 전제조건 내에서 이들 상호 간의 관계에 대한 다양한 의미(meaning)을 해석해 내는 Tool이다. 특히 시계열분석을 통해 이러한 상호 연관성에 대한 생성-변화-확산 등에 대해 과학 및 기술의 흐름, 미래 유망성에 대한 예측이 가능하다.

동시출현 키워드 분석방식은 일반적으로 방대한 양의 서지사항을 분석하는 방식에 적용되며 서지정보 간 핵심 키워드 또는 키워드 간 네트워크의 허브키워드 등을 측정하여 특정분야 또는 기술에서 유망한 이슈키워드를 찾아내는 기법이다. 이 때 적용되는 정량적 측정요소는 분석목적에 따라 다소 상이하지만 일반적으로 키워드의 출현빈도 추이, 연관키워드 추이, 초출 키워드 출현 및 빈도성장 추이, 키워드 간 연관도 측정, 최소신장트리 기법 적용 등을 들 수 있다.



[그림 1] 연관 키워드 기법(Co-word) 분석 프로세스

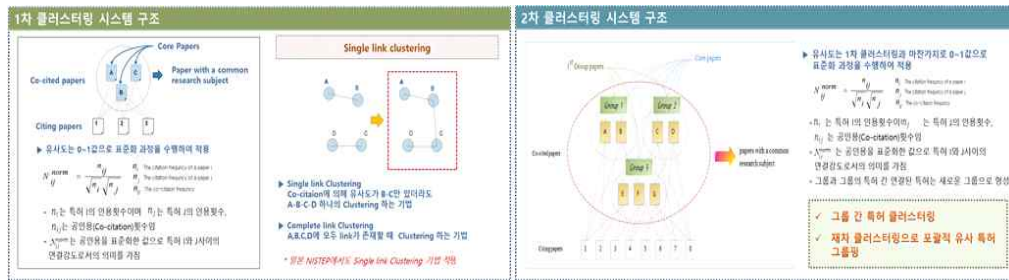
동시출현 키워드기법의 분석 프로세스는 크게 데이터 수집-유사도 행렬 구축-키워드 클러스터링-맵핑 등의 네 가지 순서로 진행되며, 데이터 수집 단계에서는 주제영역 설정 및 신뢰도가 확보된 데이터를 수집하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서는 데이터 마이닝을 위한 정확한 검색키워드 설정 및 유효 데이터만을 DB로 구축하기 위한 필터링 과정도 반드시 이루어져야 한다.

동시출현 유사도 행렬 구축과 클러스터링 단계에서는 핵심 키워드 간 유사행렬/표준화 및 키워드 클러스터링/표준화 과정을 거쳐야 하는데 키워드 클러스터링 과정에서는 최소신장트리 기법을 적용하여 클러스터링하며, 마지막 과정인 매핑은 Linear manifold learning으로 알려져 있는 다차원 척도법(multidimensional Scaling; MDS)을 활용하여 추진한다.

동시 인용(Co-citation) 분석방법은 복수 또는 다수의 관계자들이 관련 분야 및 기술에 대

한 연구개발 추진 시, 특정분야 또는 문서를 공통으로 동시인용하거나, 연구자 간 연구성과에 대해 인용과 피인용의 상호작용을 이루는 서지정보를 활용하여 핵심 키워드 간 유사도 계수를 적용한 유사도를 측정하고, 유사도 기준으로 클러스터링을 수행함으로써 해당 분야에 대한 유망성과 유망기술을 발굴한다.

이를 통해 핵심 분야 및 기술에 대한 다양한 측정이 가능할 뿐만 아니라 연구자 간, 기관 간, 국가 간 협력 네트워크 분석(협력 네트워크 맵) 및 특정분야 및 기술에 대한 중심 연구자, 중심 기관, 중심 국가 등을 파악하는데도 매우 유용하다.



[그림 2] 동시인용기법(Co-citation) 1차, 2차 클러스터링 체계도

III. 연구방법론

1. KDD/KM Co-author 방식을 활용한 국제공동연구 분석

가. Co-author 기법을 활용한 국제공동연구 현황 분석

국가별, 연구자 간 국제공동연구 현황을 분석하기 위해서 KDD/KM 기법의 공동연구자 분석(Co-author analysis)네트워크 기법을 활용하고자 한다. 동 방법론의 활용을 통해서 국가 간, 기관 간, 연구자 간 국제공동연구에 대한 현황 및 활동도, 핵심 국가, 기관, 연구자 그룹의 도출 및 공동연구 네트워크 분석 등이 가능한 체계적이고 다양한 지표를 통해 분석의 깊이를 달리할 수 있는 폭 넓은 활용범위를 지닌 연구방법론이다. 본 연구방법론의 간략한 이론은 다음과 같다.

* 공동 연구자 분석 : 다음의 공식을 활용하여 특정분야의 주요 연구자 간 공동 연구현황 분석을 통해 협력네트워크 도출

$$\text{공동연구 활성화(매칭비율)공식} : \frac{\text{공동연구논문건수}}{\sqrt{A\text{논문건수} \times B\text{논문건수}}}$$

A연구기관	A기관국적	A논문수	B연구기관	B기관국적	B논문수	AB동시논문	활성도
Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	Kyung Hee university	South Korea	36	17	0.4271
Kyung Hee university	South Korea	36	Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	17	0.4271
Graduate School of Hanyang univer	South Korea	16	Hanyang university	South Korea	72	16	0.4714
Hanyang university	South Korea	72	Graduate School of Hanyang universi	South Korea	16	16	0.4714
H-Plus Eco Ltd.	South Korea	9	Yonsei university	South Korea	48	8	0.3849
Chonnam National university	South Korea	20	Technology university	Australia	9	8	0.5963
Technology university	Australia	9	Chonnam National university	South Korea	20	8	0.5963
Yonsei university	South Korea	48	H-Plus Eco Ltd.	South Korea	9	8	0.3849
Kwangwoon university	South Korea	16	National Institute of Environmental Re	South Korea	18	7	0.4125
National Institute of Environmental I	South Korea	18	Kwangwoon university	South Korea	16	7	0.4125
National Institute of Environmental I	South Korea	18	Seoul National university	South Korea	75	7	0.1905
Seoul National university	South Korea	75	National Institute of Environmental Re	South Korea	18	7	0.1905
Science and Technology university	South Korea	15	Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	6	0.2335
Seoul National university	South Korea	75	Konkuk university	South Korea	22	6	0.1477
Kyungpook National university	South Korea	21	Abdul Wali Khan university	Pakistan	6	6	0.5345
Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	Science and Technology university	South Korea	15	6	0.2335
Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	Hanyang university	South Korea	72	6	0.1066
Korea university	South Korea	38	Water Research center	South Korea	12	6	0.2810
Abdul Wali Khan university	Pakistan	6	Kyungpook National university	South Korea	21	6	0.5345
Hanyang university	South Korea	72	Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	6	0.1066
Gwangju Institute of Science and Te	South Korea	32	Sustainable Water Resource Technolo	South Korea	6	6	0.4330
konkuk university	South Korea	22	Seoul National university	South Korea	75	6	0.1477
Sustainable Water Resource Technol	South Korea	6	Gwangju Institute of Science and Tecl	South Korea	32	6	0.4330
Water Research center	South Korea	12	Korea university	South Korea	38	6	0.2810
Hanyang university	South Korea	72	Genocheck Co.	South Korea	5	5	0.2635
Abdul Wali Khan university	Pakistan	6	Kyungpook National university	Pakistan	5	5	0.9129
GenoCheck Co.	South Korea	5	Hanyang university	South Korea	72	5	0.2635
Dong-Eui university	South Korea	5	Sejong university	South Korea	9	5	0.7454
Kyung Hee university	South Korea	36	Science and Technology university	South Korea	15	5	0.2152
Kyungpook National university	Pakistan	5	Abdul Wali Khan university	Pakistan	6	5	0.9129
Science and Technology university	South Korea	15	Kyung Hee university	South Korea	36	5	0.2152
Sejong university	South Korea	9	Dong-Eui university	South Korea	5	5	0.7454
Seoul National university	South Korea	75	Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	4	0.0696
Seoul National university	South Korea	75	Kwangwoon university	South Korea	16	4	0.1155
Seoul National university	South Korea	75	Yonsei university	South Korea	48	4	0.0667
Soongsil university	South Korea	5	Konkuk university	South Korea	22	4	0.3814
Pusan National university	South Korea	43	Gwangju Institute of Science and Tecl	South Korea	32	4	0.1078

[그림 3] 공동연구자 분석(Co-author analysis)네트워크 예시

나. 연구활용 데이터 및 DB 구축 방안

본 연구에 활용할 SCI 논문 DB는 SCOPUS 논문 DB를 활용하여 분석하고자 하는 대상 SCI 논문의 서지사항 전체를 다운로드하고 DB화할 예정이다. 3대 세부분야에 대한 분석대상 SCI 논문 DB는 다음과 같은 단계별 과정을 거쳐 구축하고자 한다.

step 1. 분야별 키워드 기반 검색식 작성 및 분석 지표 선정

step 2. 분야별 검색식 기반 DB 구축 → SCOPUS 활용; 서지사항 전체 다운로드 및 DB 구축



step 3. 데이터마이닝 및 각 분석지표 데이터 추출

* 논문 분석 필드

-[Authors] : 연구자명, -[Title] : 논문주제, -[Abstract] : 초록, -[Cited by] : 피인용수

-[Affiliations] : 연구기관 정보(기관명, 기관주소, 기관국적)

-[Authors with affiliations]

: 연구자 정보(연구자명, 연구자 주소, 연구자 국적, 연구기관명, 연구기관 주소, 연구기관 국적)

-[Author Keywords]: 연구자 키워드, -[Index Keywords]: 주요 키워드, -[References]: 인용 논문 정보

* 논문 분석 지표

- co-author, co-affiliation : 공동 연구자(국가), 공동 기관(국가) 분석(본 연구 적용)

- co-word : Author Keywords, Index Keywords를 대상으로 공동 키워드 분석

- co-citation : References정보를 대상으로 공인용 클러스터링 분석

2. 연구 대상 및 범위

본 연구를 위한 분석 대상 및 범위로써 우선 분석대상 분야는 국제공동연구의 미래지향성을 고려한 분석을 진행하기 위해 유망신산업 분야를 대상으로 하고, 신산업 분야를 대표하는 디스플레이 분야를 선정하고 세부분야로는 OLED 분야를 대상으로 하였다.

연구대상의 분석 데이터 유형은 다양한 주체의 연구활동도를 살펴보기 위하여 SCI급 논문으로 선정하였으며, 연구대상의 시간적 범위는 현시점에서의 현황과 시계열적 변화를 동시에 살펴보기 위하여 최근 7년 간('10~'16년) 3대 세부분야 관련 논문성과를 모두 대상으로 하였다.

또한 시계열적 변화를 좀 더 명확히 탐색하기 위하여 7년을 두 개의 구간(1구간: 2010년~2012년, 2구간: 2013년~2016년)으로 분리하여 구간1에서 구간2로의 변화를 살펴보았다.

공간적 범위(연구대상 국가)는 '15년 국가과학기술혁신역량평가 결과를 기준으로 한국과 국제공동연구 상위 10개국(룩셈부르크, 스위스, 아일랜드, 스웨덴, 네덜란드, 덴마크, 미국, 일본, 프랑스, 오스트리아), 논문 활동도가 높은 독일, 중국 등을 포함한 13개국을 중심으로 분석하되 분야별 상위 국가를 우선적으로 분석하였다.

IV. 조사·분석 결과

1. KDD/KM Co-author 분석을 위한 검색 키워드 및 검색식 설정

논문 서지정보를 기반으로 한 국가별, 기관별, 연구자 간 국제공동연구 현황 분석을 위해 디스플레이 분야에 대한 검색식을 구성하였다. 3대 산업 분야의 모든 세부분야에 대한 조사·분석이 현실적으로 불가능하기 때문에 각 분야별 가장 핫이슈로 부각되고 있는 2개의 세부분야에 대해 조사·분석을 수행하였으며, 세부분야별로 검색식을 구성하였다.

검색식은 1단계로 각 세부분야를 대표하는 '대표 키워드'를 구성하고, 이를 기반으로 Text mining을 통한 논문 소스를 추출한 후, 본 소스를 중심으로 2단계 키워드를 구성하였

다. 각 단계별 검색 키워드에 대해서는 분야별 전문가의 검증을 거친 후, 최종 확정하였다. 검색식은 분석 범위 내 데이터 추출을 유도하기 위해 대표키워드 추출 후 2차 키워드를 매우 specific하게 작성하였으며(추출된 논문 수 조정) OLED 분야 대표 검색식은 [표 2]와 같다.

[표 2] 디스플레이 산업 대표 검색키워드 현황

신산업분야	세부분야	검색식
디스플레이	OLED	TITLE("DISPLAY"AND("OLED" OR "organic light emitting diode" OR "Organic Electro Luminescence")) OR ABS("DISPLAY" AND ("OLED" OR "organic light emitting diode" OR "Organic Electro Luminescence"))

2. OLED 조사 · 분석 결과

가. 국가별 공동연구 현황

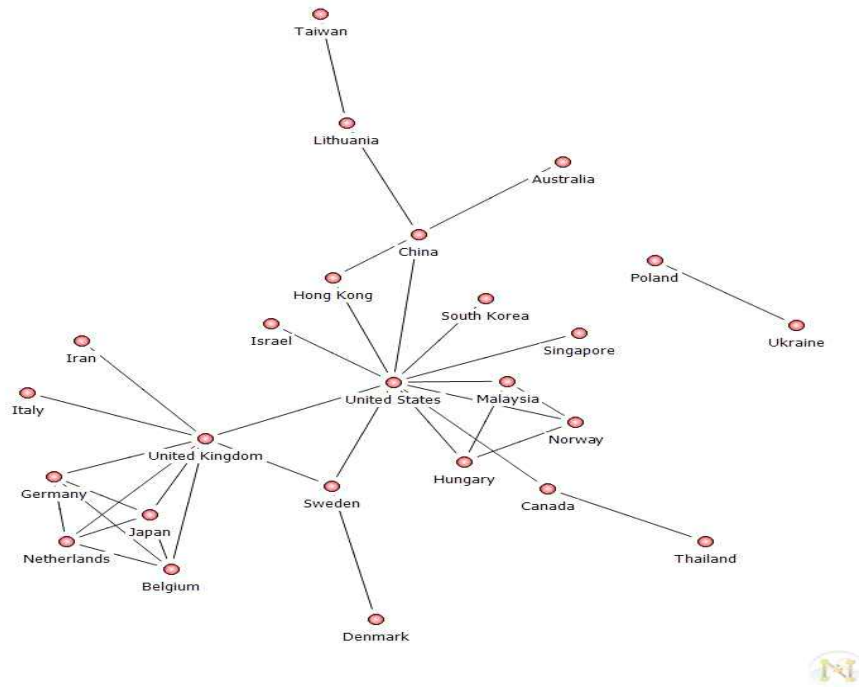
논문 분석결과, 1구간에서 OLED 관련 연구활동도가 가장 우수한 국가는 한국인 것으로 나타났다. 동 기간에 한국은 137건의 논문 실적을 기록해 상위 20개국 논문 실적 608건의 22.5%를 차지하였다. 그 다음으로는 중국(118건), 미국(89건), 일본(81건), 대만(57건) 등이 각각 2위~5위를 기록하였다.

[표 3] 1구간 OLED 상위 20개국

순 위	국 가	논문 수
1	South Korea	137
2	China	118
3	United States	89
4	Japan	81
5	Taiwan	57
6	Germany	33
7	United Kingdom	20
8	Canada	9
9	India	9
10	Netherlands	8
11	Singapore	7
12	Hong Kong	7
13	Spain	6
14	Portugal	5
15	Australia	5
16	Belgium	5
17	France	3
18	Greece	3
19	Iran	3
20	Malaysia	3
	합 계	608

1 구간에 대한 OLED 분야 국가 간 공동연구 네트워크 현황을 살펴보면, 초기 네트워크 형성구조인 소수 국가 간 협력 네트워크가 형성된 것을 알 수 있다. 특이한 사항은 연구논문 활동도에서는 한국이 가장 우수한 연구활동도를 보이고 있음에도 불구하고 국제공동연구

네트워크에서는 미국과 영국이 중심이며, 한국은 변방에 위치해 있는 것으로 나타났다. OLED 초기 연구단계에서 저분자 영역에 대한 연구로 폐쇄적인 국제협력을 유지하던 일본도 최근에는 독일, 영국, 네덜란드 등과 활발한 연구활동을 보이는 것으로 나타났다.



[그림 4] 1구간 OLED 분야 국가 간 공동연구 네트워크 현황

2구간에서 OLED 관련 연구활동도가 가장 우수한 국가는 1구간과 달리 중국이 한국을 제치고 1위로 부상하였으며, 이러한 현상이 각 산업분야에 고르게 발생하는 원인은 중국의 모든 산업분야 육성을 위한 집중 투자에 기인한 것으로 판단된다. 상위 20개국 중 1위~10위까지의 국가는 1구간과 동일한 것으로 나타나 핵심국가의 경쟁력이 지속되고 있다.

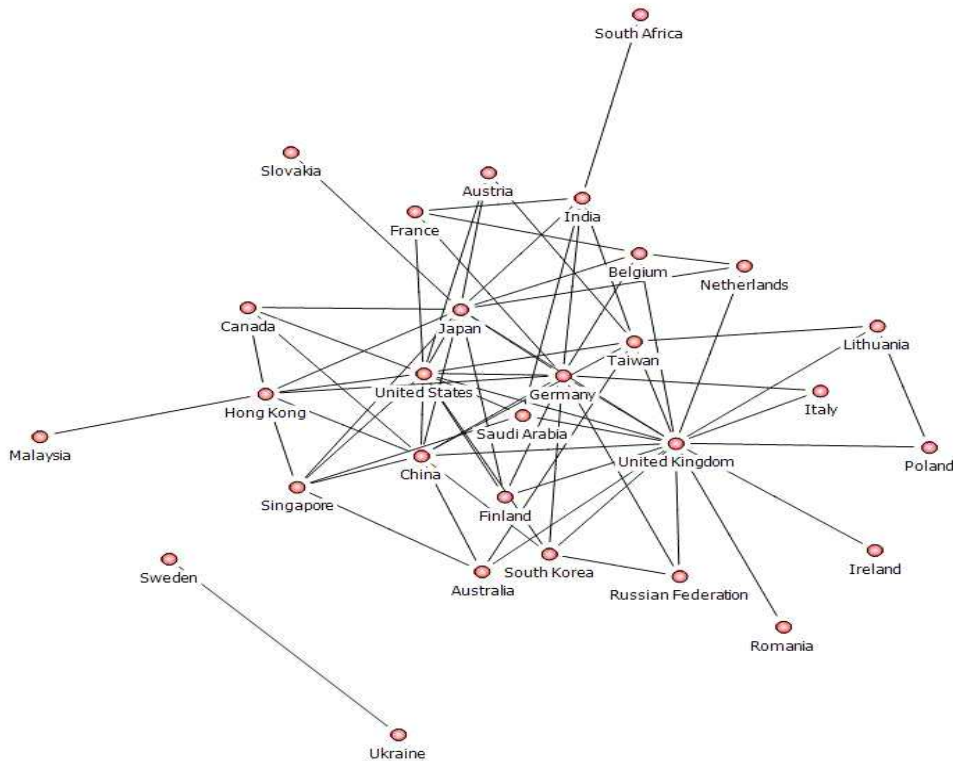
[표 4] 2구간 OLED 상위 20개국

순 위	국 가	논문 수
1	China	206
2	South Korea	182
3	Japan	122
4	United States	99
5	Taiwan	92
6	Germany	44
7	United Kingdom	38
8	India	26
9	Canada	23
10	Hong Kong	22
11	Australia	10
12	Belgium	8
13	Finland	8
14	France	8
15	Netherlands	8

16	Singapore	8
17	Saudi Arabia	4
18	Italy	4
19	Russian Federation	3
20	Lithuania	3
합 계		918

2구간에 대한 OLED 분야 국가 간 공동연구 네트워크 현황을 살펴보면, 1구간에 비해 공동연구 협력 네트워크가 점차 활성화 되고 있는 것을 알 수 있다. 미국과 일본의 협력관계가 다양해지고 강화되었으며, 독일이 공동연구의 중심으로 전략적 포지셔닝이 이동되었다.

한국은 1구간에 비해 공동연구 국가가 증가하였으나, 여전히 공동연구 협력 네트워크 상에서는 변방에 위치해 있는 것을 알 수 있다.



[그림 5] 2구간 OLED 분야 국가 간 공동연구 네트워크 현황

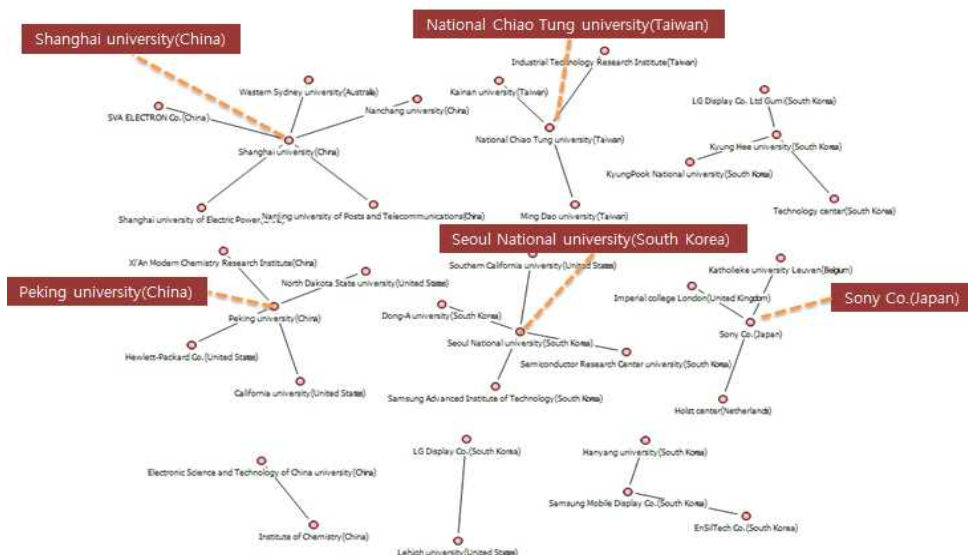
나. 기관 간 공동연구 현황

OLED 분야 기관에 대한 공동연구 현황 분석결과, 1구간에서 OLED 관련 연구활동도가 가장 우수한 기관은 삼성 디스플레이(20건)인 것을 나타냈다. 그 다음으로는 소니(일본), 한양대(한국), 상하이대(중국), 서울대(한국) 순으로 2위~5위를 차지해, 한국의 기관이 3개를 차지하고 있었다. 상위 20개 기관의 국적분포를 살펴보면 한국 6개, 중국 5개, 일본 3개, 미국 3개, 대만 3개 등으로 5개국에 집중되어 있는 것으로 나타났다.

[표 5] 1구간 OLED 상위 20개 기관

순 위	기 관	논문 수
1	Samsung Mobile Display Co.(South Korea)	20
2	Sony Co.(Japan)	18
3	Hanyang university(South Korea)	17
4	Shanghai university(China)	13
5	Seoul National university(South Korea)	11
6	Electronic Science and Technology of China university(China)	8
7	LG Display Co.(South Korea)	8
8	Kyung Hee university(South Korea)	8
9	National Chiao Tung university(Taiwan)	8
10	Peking university(China)	8
11	NHK Science and Technology Research Laboratories(Japan)	7
12	National Taiwan university(Taiwan)	7
13	Princeton university(United States)	7
14	Nanjing university of Posts and Telecommunications(China)	7
15	National Cheng Kung university(Taiwan)	7
16	California university(United States)	6
17	Semiconductor Energy Laboratory Co.(Japan)	6
18	Southern California university(United States)	6
19	SungKyunKwan university(South Korea)	6
20	Tsinghua university(China)	6
합 계		184

1 구간에 대한 OLED 분야 기관 간 공동연구 네트워크 현황을 살펴보면, 1구간 국가 간 공동연구 협력 네트워크의 현황과 유사하게 핵심적인 기관이 출현하지 않고 소규모의 그룹 내에서 3~4개의 기관이 공동연구를 수행하고 있는 것으로 나타났다. 이는 본격적인 협력네트워크가 형성되었다기 보다는 필요한 공동연구 니즈 발생 시, 협력관계를 유지하는 단계인 것으로 판단된다.



[그림 6] 1구간 OLED 분야 기관 간 공동연구 협력 네트워크 현황

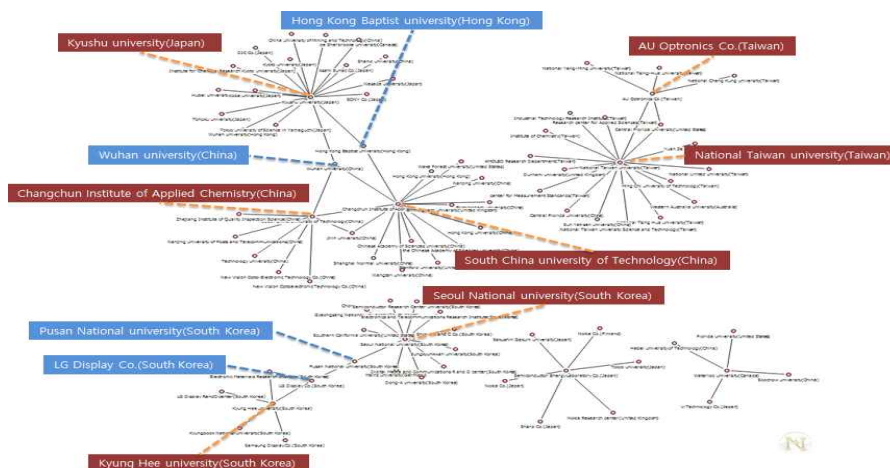
2구간에 대한 OLED 분야 기관에 대한 공동연구 현황 분석결과, 1구간 연구활동도와는 달리 일본의 Semiconductor Energy Laboratory Co.가 가장 우수한 연구활동을 하고 있는

것으로 조사되었다. 한국, 중국, 일본의 강세가 여전히 지속되고 강화되고 있는 반면에, 미국의 기관은 1개도 포함되어 있지 않아 연구활동도가 급격히 감소한 것으로 보인다. 한국은 상위 20개 기관에 6개가 포함되어 1구간과 같은 기관 수를 보였으나, 1구간에서 1위를 기록한 삼성모바일은 6건으로 순위가 40위권 가까이 급격히 감소하였다.

[표 6] 2구간 OLED 상위 20개 기관

순 위	기 관	논문 수
1	Semiconductor Energy Laboratory Co.(Japan)	35
2	LG Display Co.(South Korea)	23
3	Kyushu university(Japan)	19
4	AU Optronics Co.(Taiwan)	18
5	Kyung Hee university(South Korea)	17
6	South China university of Technology(China)	16
7	Seoul National university(South Korea)	15
8	National Taiwan university(Taiwan)	15
9	Waterloo university(Canada)	14
10	Yuan Ze university(Taiwan)	13
11	Shanghai Jiao Tong university(China)	13
12	Korea university(South Korea)	13
13	Jilin university(China)	13
14	Hanyang university(South Korea)	13
15	Changchun Institute of Applied Chemistry(China)	13
16	Hongik university(South Korea)	12
17	Soochow university(China)	12
18	Sungkyunkwan university(South Korea)	12
19	Yonsei university(South Korea)	11
20	National Chiao Tung university(Taiwan)	11
합 계		308

2 구간에 대한 OLED 분야 기관 간 공동연구 네트워크 현황을 살펴보면, 1구간이 초기적인 협력네트워크 형성단계였다면, 2구간은 본격적인 협력네트워크가 체계화되었으며, 그룹간 순위도 형성된 것으로 보인다. 이를 근거로 추정할 때, OLED 분야는 다양한 기관으로의 협력관계 확대보다는 상위 기관이 서로 교환하며 그룹을 형성하고 있는 것으로 나타나 동분야의 글로벌 협력관계를 형성할 만한 기관이 소수인 것을 알 수 있다.



[그림 7] 2구간 OLED 분야 기관 간 공동연구 협력 네트워크 현황

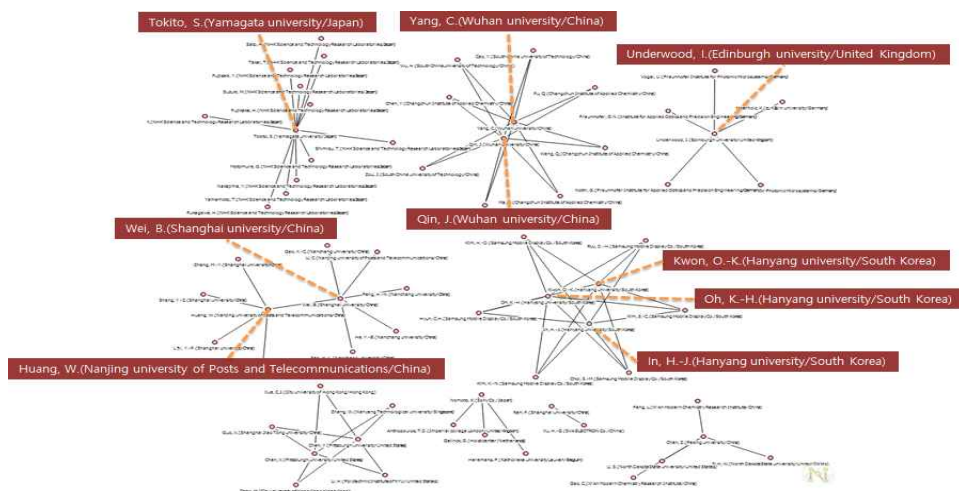
다. 연구자 간 공동연구 현황

OLED 분야 연구자에 대한 공동연구 현황 분석결과, 1구간에서 OLED 관련 연구활동도는 1위~3위까지 모두 한국 연구자인 것으로 나타났다. 하지만 분야를 대표할 핵심적인 연구자는 아직 형성되지는 않고 OLED의 강한 경쟁력을 보유한 국가의 연구자들이 상대적으로 활발한 연구활동도를 보이고 있다.

[표 7] 1구간 OLED 상위 20개 연구자

순 위	연구자	논문 수
1	Kwon, O.-K.(Hanyang university/South Korea)	15
2	Kim, S.S.(Samsung Mobile Display Co./South Korea)	12
3	In, H.-J.(Hanyang university/South Korea)	11
4	Sasaoka, T.(Sony Co./Japan)	9
5	Arai, T.(Sony Co./Japan)	8
6	Nomoto, K.(Sony Co./Japan)	8
7	Motomura, G.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
8	Nakajima, Y.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
9	Oh, K.-H.(Hanyang university/South Korea)	7
10	Lin, C.-L.(National Cheng Kung university/Taiwan)	7
11	Fujikake, H.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
12	Fujisaki, Y.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
13	Fukagawa, H.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
14	Sato, H.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
15	Sturm, J.C.(Princeton university/United States)	7
16	Suzuki, M.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
17	Takei, T.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
18	Yamamoto, T.(NHK Science and Technology Research Laboratories/Japan)	7
19	Yamazaki, S.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	6
20	Wagner, S.(Princeton university/United States)	6
합 계		159

1 구간에 대한 OLED 분야 연구자 간 공동연구 네트워크 현황을 살펴보면, 체계적인 다양한 공동연구 그룹이 형성되어지는 것으로 보여지나, 공동연구자 간 국적이 대부분 자국의 연구자와의 공동협력이 대부분으로 실질적인 국제공동연구 형성은 아직 미흡한 단계인 것으로 판단된다.



[그림 8] 1구간 OLED 분야 연구자 공동연구 협력 네트워크 현황

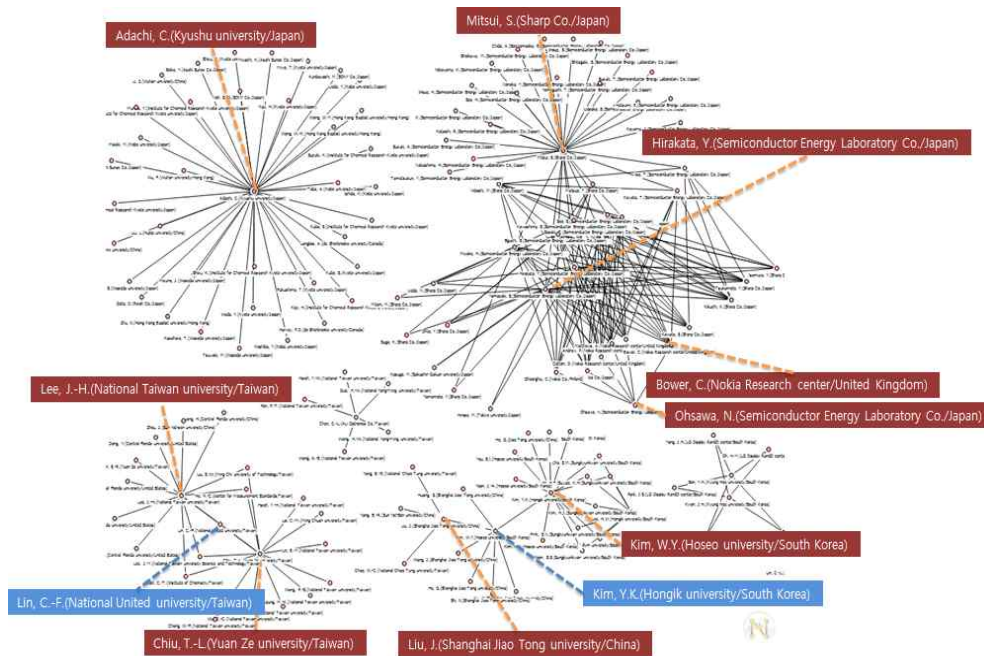
2구간에 대한 OLED 분야 연구자에 대한 공동연구 현황 분석결과, 1구간 연구활동도와는 달리 일본 연구자의 약진이 두드러졌다. 상위 연구자 20인 중 1위~7위까지를 모두 일본 소속 연구자가 차지했으며, 11명이 일본 소속 연구자인 것으로 나타났다. 한국은 상위 20인 연구자 중 3명이 포함되어 1구간의 4명과 비슷하였으나 전반적인 순위는 하락한 것으로 나타났다.

[표 8] 2구간 OLED 상위 20개 연구자

순 위	연구자	논문 수
1	Yamazaki, S.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	30
2	Hirakata, Y.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	24
3	Miyake, H.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	17
4	Adachi, C.(Kyushu university/Japan)	15
5	Eguchi, S.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	13
6	Seo, S.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	12
7	Kawashima, S.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	10
8	Ahn, B.-C.(LG Display Co./South Korea)	9
9	Chen, C.-C.(AU Optronics Co./Taiwan)	9
10	Sasaki, T.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	9
11	Li, Y.-Q.(Soochow university/China)	9
12	Lin, C.-L.(National Cheng Kung university/Taiwan)	9
13	Liu, J.(Shanghai Jiao Tong university/China)	9
14	Ohsawa, N.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	8
15	Tang, J.-X.(Soochow university/China)	8
16	Kim, Y.K.(Hongik university/South Korea)	8
17	Kwon, O.-K.(Hanyang university/South Korea)	8
18	He, G.(Shanghai Jiao Tong university/China)	8
19	Ikeda, H.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	8
20	Isa, T.(Semiconductor Energy Laboratory Co./Japan)	7
합 계		230

2 구간에 대한 OLED 분야 연구자 간 공동연구 네트워크 현황을 살펴보면, 1구간이 초기적인 협력네트워크 형성단계였다면, 2구간은 본격적인 협력네트워크가 체계화되었으며, 그룹 간 순위도 형성된 것으로 보인다. 연구자 연구활동도의 결과와 마찬가지로 제 1그룹의 중심을 이끄는 연구자는 일본 소속 연구자인 것으로 나타나 일본의 OLED 분야 경쟁력이 급격히 상승한 것으로 판단된다.

반면에 한국은 소규모 제 3그룹을 형성하고 있으나, 대부분 자국의 연구자와의 공동연구에 머무르고 있는 것으로 나타났다.



[그림 9] 2구간 OLED 분야 연구자 공동연구 협력 네트워크 현황

V. 결론 및 시사점

우리나라는 미국, 스위스, 일본, 독일에 이어 5위를 기록할 정도로 우수한 연구활동 역량을 보이고 있다. 또한 GDP 대비 국가연구개발 투자규모도 이스라엘에 이어 2위를 기록하여 정부의 연구개발 역량 혁신의지도 매우 높은 편이다.

하지만 최근 과학기술의 융·복합 및 다양화가 가속화 되고 연구개발의 위험성·불확실성이 높아지는 현상에 대응하기 위해 국가 간 공동협력 강화가 점차 활발해짐에도 불구하고, 우리나라는 국가 간 공동연구 활동도가 매우 미흡한 편이다.

따라서 KDD/KM 방법론을 활용하여 신산업 분야인 OLED 분야에 대한 국제 공동연구 네트워크 현황분석을 추진하였다. 이를 통해 각 관련 분야 내에서 우리나라의 국제 공동연구에 대한 현황 및 전략적 포지셔닝에 대해 알아보았다. 이에 대한 시계열적 변화를 동시에 살펴보기 위해서 분석 구간을 1구간(2010년~2012년)과 2구간(2013년~2016년)으로 나누어 분석하였다.

분석결과, 우리나라는 디스플레이 OLED 분야에서 우수한 연구활동도를 보이고 있는 것으로 나타나 양적인 측면에서의 연구 우수성은 높은 것으로 판단되었다. 하지만 각 분야별 국가, 기관, 연구자 간 국제공동연구 네트워크 현황의 결과에서는 우수한 연구활동도에도 불구하고 매우 저조한 네트워크 참여도를 보이고 있는 것으로 나타났다.

미국, 일본, 독일, 중국 등 글로벌 선진국들이 1구간에 비해 2구간에서 국제공동연구 협력 네트워크를 강화해 나가고 있는 반면에, 우리나라는 여전히 공동 네트워크 상에서 변방에 위치해 있거나 자국 내 연구자와의 공동연구에 치중해 있는 것을 알 수 있었다.

따라서 급속히 진행되고 있는 융복합화와 다양성에 대한 적시적 대응과 연구규모의 거대

성과 불확실성, 위험성이 점차 증대되고 있는 추세에 대한 선제적 대응을 위한 가장 효율적인 방안인 국제협력을 활성화하기 위해서는 기존의 폐쇄적 연구개발 체제를 과감히 탈피하고 개방적 체계를 구축해 나가기 위해 공공 R&D 분야에서부터 이를 시작해 나가야 할 것이다.

국제공동연구를 점진적으로 확대 및 활성화하기 위해서는 우리의 내부 기술수준 및 연구역량에 적합하고 제 1그룹과 협력관계를 형성하고 있는 공동연구 대상을 발굴하여 1차적인 협력관계를 형성해 나가고, 이를 기반으로 중장기적으로 제 1그룹과의 협력관계를 구축해 나가는 우회전략도 고려해야 할 것이다.

또한 협력 대상 발굴 및 기회창출을 위한 수동적인 전략보다는 선제적으로 협력대상을 발굴하기 위한 체계적인 발굴 시스템 및 정보구축도 활발히 추진해 나가야 할 것이다.

참고문헌

- 윤문섭 외. 2004. 신기술 연구기획 사전 타당성분석을 위한 지식맵(Knowledge Map) 작성 방법론 개발 및 활용방안. 과학기술정책연구원. 3(28)
- 김태희. 2012. 국가연구개발사업을 통한 국제공동연구 성과 제고 방안에 대한 연구-기초 및 원천분야를 중심으로. 기술혁신학회. 15(2). pp 400-420
- 박일수 외. 2012. 산·연 협력 공동연구개발 과제의 성과 결정요인에 관한 연구. 15(4). pp 783-814
- 이준영 외. 2012. 국제공동연구의 인용영향력에 대한 연구-기초기술연구회 13개 출연연구기관을 대상으로. 한국전자통신학회. 7(6). pp 1353-1362
- 한혁 외. 2013. 한국전자통신학회 논문지에 나타난 공동연구 네트워크의 구조에 관한 연구. 한국전자통신학회 논문지. 8(5). pp 671-678