



# 특허 및 국가연구개발 현황 분석을 통한 전고체전지용 고체 전해질 R&D 방향성 연구

박정호<sup>a</sup>, 유혁상<sup>a</sup>, 김창훈<sup>b,\*</sup>, 이철주<sup>c</sup>, 오광석<sup>d</sup>, 임병직<sup>e</sup>

## R&D Strategy Direction in Solid Electrolytes for Solid-state Batteries by Analyzing Patent Indexes and National R&D Projects

Jeongho Park<sup>a</sup>, Hyeoksang Yu<sup>a</sup>, Chang Hoon Kim<sup>b,\*</sup>, Cheol-Ju Lee<sup>c</sup>, Gwangseok Oh<sup>d</sup>, Byung jick Lim<sup>e</sup>

<sup>a</sup> IP-R&D Strategy Team, Korea Intellectual Property Strategy Agency (KISTA)

<sup>b</sup> Industrial Academic Cooperation Group, Gangneung-Wonju National University

<sup>c</sup> Office of Strategy Planning, Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT)

<sup>d</sup> LIB Materials Development Division, POSCO Holdings

<sup>e</sup> Chemical Material Engineering Department, Hanyang University ERICA

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 8 October 2024  
Revised 13 November 2024  
Accepted 15 November 2024

#### Keywords:

Patent index analysis  
Patent data  
Solid electrolyte  
Solid-state batteries  
National R&D  
NTIS

### ABSTRACT

This study analyzed the patent indicators, technology market, and concentration related to the solid electrolyte technology and compared them with national R&D project outcomes. Solid electrolytes, a core component of secondary batteries, are among the 38 future-leading technologies identified by national R&D initiatives. By examining patent indicators alongside trends in R&D projects, this study aimed to provide insights into the direction of national R&D strategies for the solid electrolyte technology. The patent analysis revealed that Korea's technology and market indexes of patents in this field are comparatively lower than those of leading nations, whereas the patent concentration index suggested moderate competition within the market. An analysis of the national R&D projects indicated that the Korean government primarily supports basic and developmental research in this sector. Thus, we recommend an expanded focus on both basic and applied research in solid electrolytes to enhance the country's industrial competitiveness.

## 1. 서론

최근 전 세계적으로 유행했던 코로나19 팬데믹, 장기화 되고 있는 국가 간 전쟁 및 기술패권 경쟁의 심화로 인해 전 세계 많은 국가들이 불안정한 산업 공급망 문제를 겪고 있다. 우리나라 정부는 글로벌 산업공급망을 안정화 하고 초격차 기술을 확보하기 위하여 소재·부품·장비 품목에 대해서 정부 R&D를 집중적으로 지원하고 있다. 본 논문에서는 국가적 차원에서 지원하고 있는 미래 선도 소재·부품·

장비 품목에 대한 국내 산업의 현황과 경쟁력을 파악하기 위해 특허 정보를 활용한 기술력, 시장력, 집중력을 분석하였다. 더 나아가 특허분석의 결과물과 함께 국가 R&D 지원 현황을 비교 분석하여 향후 지원방향에 대한 시사점을 도출해 보고자 한다.

연구의 대상은 국가에서 추진하고 있는 소재·부품·장비 R&D 중에서 신산업 창출을 견인하는 미래선도 품목으로 최근 이차전지 기술 분야에서 가장 주목받고 있는 소재 기술 중 하나인 전고체전지용 고체전해질을 선정하였다. 전고체 전지는 액체 상태의 전해

\* Corresponding author. Tel.: +82-33-760-8259

E-mail address: kimch@gwnu.ac.kr (Chang Hoon Kim).

질을 사용하는 리튬이온전지와 달리 고체 상태의 전해질인 고체 전해질을 사용한다. 전고체전지용 고체전해질은 리튬이온전지내 양극과 음극 사이의 액체 유기 전해액과 분리막을 대체하는 고체 상태의 이온전도 물질을 지칭한다<sup>[1]</sup>.

전고체전지용 고체전해질의 개발 필요성을 살펴보면 우선 안전성 측면에서 가연성 액체로 되어 있는 기존 리튬이온전지의 전해질을 고체 전해질로 바꾸면 온도 변화와 외부 충격에 따른 화재 또는 폭발 위험이 현저하게 감소하게 된다. 또한 에너지 밀도의 향상이라는 효과도 가져오는데 i) 기존에 화재와 폭발의 위험 때문에 사용하지 못했던 리튬금속(흑연의 10배 용량)을 음극 활물질로 사용 가능하고, ii) 온도 변화와 외부 충격 등에 대비한 안전장치 및 분리막이 필요 없으며, iii) 적층 형태로 셀의 구성함으로써 동일한 크기로 고용량 배터리 구현이 가능하게 된다<sup>[2]</sup>.

국내의 기술개발 동향을 살펴보면 미국은 전고체 전지를 주요 사업으로 수행 중인 퀀텀스케이프, 솔리드파워, 솔리드 에너지 시스템, Applied Materials와 같은 신생 기업들을 주축으로 세계 각국 기업들의 투자를 받아 전고체 전지 기술을 개발 중이다. 일본은 도요타, 닛산, 혼다와 같은 대기업을 주축으로 중소 및 중견기업까지 전고체 전지 관련 산업 생태계가 균형 있게 구축되어 있으며, 특허건 수 기준으로 세계 1위를 차지하고 있다<sup>[3]</sup>. 중국은 일본과 한국에 비해 전고체 전지 개발 속도는 느리나 가격 경쟁력이 높으며 최근 CATL, 동풍자동차, 화웨이, 샤오미, 웨이러신 에너지 등을 중심으로 중국내에서 공격적인 투자를 진행 중이다. 마지막으로 EU는 BMW, 폭스바겐 등 완성차 기업에서 전고체 전지 관련 연구개발을 주도적으로 수행하고 있으며 자체적으로 R&D를 수행하기보다 스타트업에 투자 중이다. 한국의 경우 대기업(삼성SDI, SK온, LG에너지솔루션, 현대자동차)은 전고체 전지 셀 또는 완성품 위주로 연구개발하고 있으며, 중소기업(동화일렉트로라이트, 씨아이에스, 티디엘, 이수화학, 일진머티리얼즈)은 고체전해질 원료의 대량생산 기술 확보, 생산 공정 개선 등 핵심·요소 기술을 중점적으로 개발하고 있다.

전고체 전지의 주요 시장은 우선 고급형 전기차 분야가 될 것으로 예상되며 이외에도 소형가전기기와 ESS 등에도 활발하게 적용될 것으로 예상된다. SNE Research는 전차 배터리 시장에서 전고체 배터리의 비중을 '23년 1%(2 GWh) 수준에서 '27년 3% (58 GWh), '30년 4%(160 GWh), '35년에는 13%(1,413 GWh) 수준에 이를 것으로 전망하고 있다<sup>[4]</sup>.

전고체 전지에 사용되는 고체전해질은 소재의 종류에 따라 크게 황화물계(sulfide), 산화물계(oxide), 고분자계(polymer)로 구분되는데 i) 황화물계 전해질은 전극과 전해질 간의 계면을 넓게 형성할 수 있어 리튬 이온전도도가 높은 특징을 가지고 온도안정성 또한 우수하며, ii) 산화물계 전해질은 황화물계보다는 리튬 이온

전도도가 낮은 편이지만 전기화학적 안정성이 우수하나 생산 용이성이 타 전해질 대비 낮으며, iii) 고분자계 전해질은 기존 액체 전해질 기술과 유사해 활용도가 높고 제조 공정도 유사하여 비용 경쟁력을 갖추었으나 온도안정성과 내연성이 타 고체전해질 대비 낮은 편이다<sup>[5]</sup>.

황화물계(sulfide), 산화물계(oxide), 고분자계(polymer) 고체 전해질 중 황화물계 전해질은 습도에 취약하여 H<sub>2</sub>S(황화수소) 등 가스를 발생시키나, 이온전도도와 온도 안정성이 타 고체전해질 대비 우수하여 전반적으로 셀 성능이 우수한 것으로 평가되어 가장 활발히 연구와 상용화가 진행되고 있다<sup>[6]</sup>.

본 논문에서는 전고체전지용 고체 전해질 분야에 대한 국내의 R&D 역량 및 정책적 지원방향에 대한 시사점의 도출을 위해 특허정보의 분석을 통해 기술력, 시장력, 집중력 지수를 도출하였다. 나아가 이러한 특허지수 분석 결과를 우리나라 국가 R&D 과제의 지원현황에 대입하여 정책적 방향성을 파악하였다. 이 논문에서의 특허정보 분석은 전고체전지용 고체 전해질 분야에 대한 특허지표를 중심으로 국내의 기술력을 파악하는 동시에 시장성의 정보도 함께 분석하였다. 또한 특허의 집중도도 함께 분석하여 국내 기업의 강점 및 약점을 알아보고 이 분야의 국가 R&D의 집중도를 파악하여 정부 지원의 R&D방향성을 연구하였다.

## 2. 선행 연구

유망기술 및 R&D 방향성 제시를 위해 국가 R&D 투자정보와 특허정보는 매우 중요한 정보원(information-source)으로 활용되어 왔다. 그간 다양한 기술 분야에서 국가 R&D의 투자 규모, 연구개발 단계, 부처별 지원 현황 등에 대한 종합 분석을 통해 정책적 시사점 및 국가연구개발 지원의 방향성을 도출하고자 하는 연구가 있어 왔으며, 몇몇 기술 분야의 경우 R&D 정보뿐만 아니라 특허정보도 활용하여 종합적으로 연구하여 향후 R&D 방향성을 제시하는 연구도 이뤄졌다<sup>[7-10]</sup>.

본 연구에서도 전고체전지용 고체 전해질 기술 분야에 대한 특허정보와 국가 R&D 투자정보를 종합적으로 분석하되 특허정보를 먼저 분석하여 전반적인 기술현황과 우리나라의 기술 경쟁력을 파악한 후 국가 R&D 투자 방향의 적정여부를 판단하고자 한다.

## 3. 연구의 범위 및 분석 방법

### 3.1 연구 범위

리튬계차세대이차전지 특허기술 분석을 위해 아래 Table 1과 같이 특허정보 검색 DB(WINTELIIPS)를 사용하여 2005년 1월부터 2022년 10월까지 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국 주요 5개 특

**Table 1 The scope of patent search**

Type	Patent office	Data base	Search period	Search range
Publicized or registered patent	KIPO	WINTELIPS	2005. 1. 1. ~ 2022. 10. 31.	Publicized or registered patents
	USPTO			
	JPO			
	EPO			
	SIPO			

**Table 2 The technology classification**

Category	Type	Technical details
Solid electrolyte (A)	Wet synthesis for high ion-conductive solid electrolyte (AA)	Wet synthesis of solid electrolyte for electrode application
	New composition of sulfide-based solid electrolyte (AB)	Design and manufacturing technology for sulfide-based solid electrolytes that can secure original patents
	Cathode composite with solid electrolyte for High-performance (AC)	Cathode composite technology for all-solid-state batteries where the solid electrolyte is efficiently combined to enhance electrode performance
	Mass-production technology for solid electrolytes (AD)	Mass production technology for commercialization to generate new market for solid electrolytes and all-solid-state batteries
	Raw material technology for solid electrolytes with low-cost (AE)	Raw material technology of solid electrolytes with considering commercialization of solid electrolytes and all-solid-state batteries
	Thin membrane of solid electrolyte with high mechanical properties (AF)	Manufacturing technology of thin film for using solid electrolytes as separators
Anode technology for lithium-metal battery (B)	Environment-friendly lithium ingot technology for Lithium Batteries (BA)	Manufacturing technology for lithium ingots used in lithium metal electrode production
	Anode composite with Carbon-Metal for all-solid-state batteries (BB)	Manufacturing technology for carbon-metal composite anodes for all-solid-state batteries
	Ultra-thin anode electrode technology for lithium metal batteries (BC)	Manufacturing technology for ultra-thin anode electrodes for lithium metal batteries

Cathode technology for lithium-sulfur battery (C)	Sulfur composite technology for sulfur utilization rate of over 1000 mAh/g (CA)	Technology for manufacturing sulfur composites with high electrochemical activity from various sulfur raw materials
	Sulfur-carbon composite cathode technology with high energy density (CB)	Cathode manufacturing technology for high energy density electrodes by sulfur-carbon composite high technology
All-solid-state battery (D)	All-solid-state battery for cell technology with 100 cm <sup>2</sup> (DA)	Manufacturing technology for all-solid-state single cells with a larger area scale.
	Cell assembling equipment for manufacturing All-solid-state battery (DB)	Cell assembling equipment technology specialized for all-solid-state batteries, such as atmosphere control and constant pressure pressurization
	All-solid-state battery cell and module technology with 350 Wh/kg class (DC)	Manufacturing technology for modules with 12 V class through serialization all-solid-state battery cells with high energy density

허청에 공개 및 등록된 특허를 대상으로 검색 범위를 확정하여 연구하였다.

리튬계차세대이차전지 기술 분야에 대한 연구에 앞서 기술 체계 확정을 위해 기술전문가 협의를 통해 크게 4개의 기술, 14개 세부 기술분류체계로 확정하였다. 그리고 1차 가검색을 통해 기술별 추가 핵심 키워드 도출 및 세부 기술별 분류 기준을 명확히 하였다 (Table 2). 이를 토대로 최종 검색식을 확정하고 추가로 특허 IPC 분류 코드를 적용하여 연구하고자 하는 기술 분야를 한정하여 결과를 도출했다.

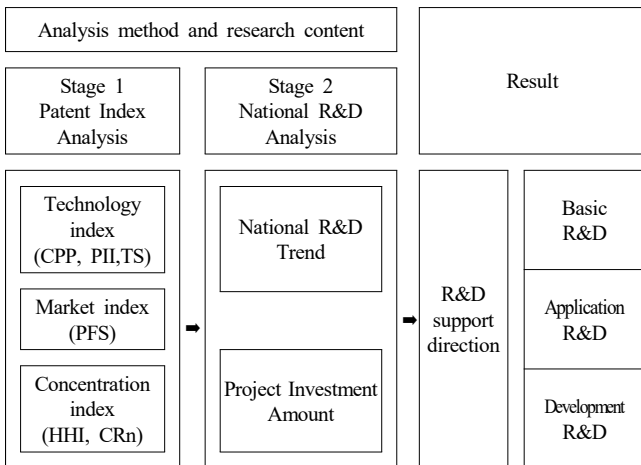
마지막으로 도출된 특허 정보의 노이즈를 제거한 결과 주요 5개 특허청에서 총 3,260건의 유효 특허 정보를 최종 분석 범위로 확정하여 연구하였다(Table 3).

최종 확정된 기술분류체계 중 이번 연구에서는 고체 전해질 기술과 그에 해당하는 6개 세부 기술에 대해서 집중적으로 연구를 진행하였다.

R&D 정보 기반 연구를 위해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에 수록된 국가 R&D 과제 중 최근 10년간 전고체 전지 관련 과제의 지원현황을 연구하였다. 2023년 9월 16일 기준으로 최근 10년간(2014.1.1 ~ 2023.12.31) 전고체 전지 관련 키워드(전고체, 전고상, 솔리드, solid) 및 전지관련 키워드(전지, 이차전지, 배터리, 충전지, 축전지, battery, rechargeable)를 사용하여 NTIS에서 2,360개 과제를 1차 추출하였고 이 중 전고체 전지와 무관한 과제(일차전지, 태양전지, 커패시터, 연료전지 등)를 제거하여 최

**Table 3 Effective patents for major patent offices**

Category	Type	KR	US	JP	EP	SI	Total
A	AA	69	43	40	21	95	268
	AB	87	103	139	54	97	480
	AC	38	71	62	24	153	348
	AD	30	27	56	12	32	157
	AE	28	33	71	24	88	244
	AF	46	73	98	29	134	380
B	BA	15	24	15	14	39	107
	BB	24	31	39	17	75	186
	BC	34	20	34	15	60	163
C	CA	47	31	16	19	177	290
	CB	16	19	8	10	68	121
D	DA	36	53	48	26	66	229
	DB	15	26	42	7	28	118
	DC	31	18	65	5	50	169
SUM		516	572	733	277	1,162	3,260

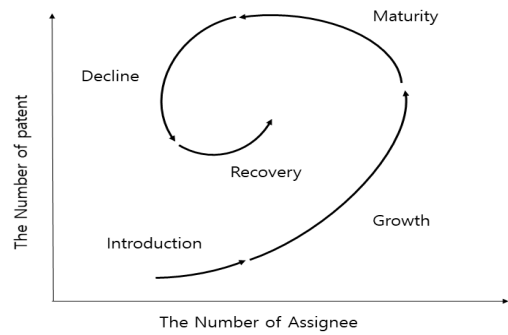


**Fig. 1 The research framework**

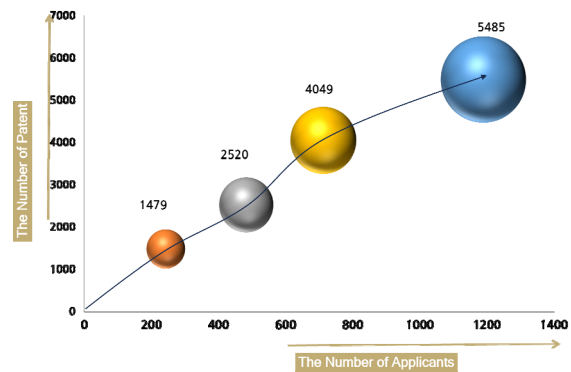
총 689개 과제를 분석 대상으로 확정하였다. 참고로 연구에 활용된 과제의 특성(필드) 값은 ‘기준년도’, ‘연구수행주체코드’, ‘신규/계속과제 여부’, ‘키워드’, ‘정부투자연구비’, ‘사업명’, ‘연구개발 단계’ 등 이다.

**3.2 연구 방법**

본 연구는 특허정보와 R&D정보 기반의 프레임워크로 연구를 하였다(Fig. 1)<sup>[11]</sup>. 연구 프레임워크의 1단계로 최종 확정된 고체 전해질 기술과 그에 해당하는 6개 세부 기술의 유효특허에 대해서 Fig. 2와 같이 기술 성장단계를 살펴보고 특허지표를 적용하여 연구를 진행하였다<sup>[12,13]</sup>. 3개의 특허지표를 활용하였으며 기술력 지표(CPP, PII, TS), 시장력지표(PFS), 집중력지표(HHI, CRn)



**Fig. 2 The explanation of patent growth stages**



**Fig. 3 The growth stage of patent technology**

이다<sup>[14,15]</sup>.

2단계는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 데이터를 중심으로 해당 기술의 국가 R&D 현황을 연구하였다.

마지막 3단계에서는 1단계의 특허지표에 대한 결론을 2단계인 국가 R&D 현황분석에 적용하여 전고체전지용 고체 전해질 기술에 대한 우리나라의 연구개발 지원 방향에 대한 의미 있는 시사점을 도출하였다.

**4. 분석 결과**

**4.1 특허 분석 결과**

전고체전지용 고체 전해질 기술 분야 전체에 대한 특허데이터 정량분석을 통한 기술의 성장단계를 살펴보기 위해 2005년부터 2020년까지 전세계 주요 4개 특허청의 데이터에서 특허의 출원건수와 출원인수를 4개 연도기간으로 구분하여 좌표를 분석해 보았다.

Fig. 3에서와 같이 분석 결과 해당 기술 분야는 출원건수와 출원인수가 모두 급격히 성장하는 성장기의 양상을 보이고 있음을 알 수 있었다. 특히 제1기에서 제3기의 기간에 비해 최근인 제4기(2017년~2020년) 기간에 출원건수와 출원인수가 급격히 증가하고 있는 것으로 분석된다. 즉, 전고체전지용 고체 전해질 기술 분야

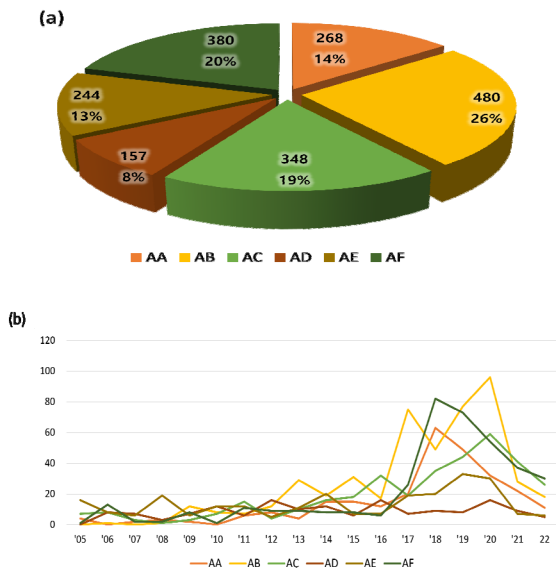


Fig. 4 The patent application trends for technology groups

에 해당하는 전세계 시장에서 다수의 주요 플레이어들이 기술발전에 참여하고 있고 새로운 플레이어의 참여도 가능한 기술의 성장 단계에 와있다는 것을 의미한다.

① 기술력과 시장력 분석 결과

전고체전지용 고체 전해질 기술 분야에 대해 중분류별 특허출원 건수를 확인해 보기 위해 Fig. 4의 (a)와 같이 6개의 소분류로 나누어 분석하였다.

그 분석 결과 특허 전체 출원 건수 대비 고이온전도도 고체 전해질 습식제조기술(AA)이 14%, 황화물계 신규조성 고체전해질 기술(AB)이 26%, 고체전해질복합 고성능 양극기술(AC)이 19%, 고체전해질 대량생산기술(AD)이 8%, 고체전해질용 저가화 원료 기술(AE)이 13%, 고강도 박형 고체전해질막기술(AF)이 20%로 파악되었다. 특히 황화물계 신규조성 고체전해질, 고강도 박형 고체전해질막, 고체전해질복합 고성능 양극기술에 대해서는 특허로 권리화하려는 추세가 강하다는 것을 분석 할 수 있다. Fig. 4의 (b)에서 보면 연도별 특허 출원 추세 결과 여섯 개 기술 분야가 2018년부터 급격히 출원이 증가하고 있는 양상을 보이고 있는데, 이는 전고체전지용 고체 전해질 기술 분야의 미래 R&D 기술적 트렌드의 관심도가 높으며 급격한 성장하고 있는 분야라는 것을 파악할 수 있다.

본 논문에서는 전고체전지용 고체 전해질 기술의 주요 핵심요소 기술을 포함하고 있는 6개의 소분류 기술 분야에 대해 출원 및 등록된 특허를 중심으로 각국의 기술력과 시장력에 해당하는 특허지표를 분석하여 향후 국가 R&D의 방향성을 도출해 보고자 한다.

특허분석 지표에 대한 분석은 기술력과 시장력 분석을 위한 것이고, 기술 관련 시장이 넓고 특허출원이 가장 활발한 미국특허청

Table 4 Technology and market indexes of patent solid electrolyte (A)

National	US registered patent	CPP	PII	TS	PFS
JP	109	7.6	0.9	92.7	0.9
KR	29	1.6	0.2	5.0	0.6
US	17	32.9	3.7	62.7	2.5
CN	4	0.5	0.1	0.2	0.6
DE	3	3.7	0.4	1.2	1.1
TW	1	0.0	0.0	0.0	0.9
AT	1	19.0	2.1	2.1	1.7

Table 5 Technology and market indexes of patent wet synthesis for high ion-conductive solid electrolyte (AA)

National	US registered patent	CPP	PII	TS	PFS
KR	9	1.1	1.1	10.0	0.6
JP	9	1.0	1.0	9.0	1.3
CN	1	1.0	1.0	1.0	0.5
DE	1	0.0	0.0	0.0	1.5

Table 6 Technology and market indexes of patent New composition of sulfide-based solid electrolyte (AB)

National	US registered patent	CPP	PII	TS	PFS
JP	47	9.0	1.2	55.5	1.1
KR	9	0.4	0.1	0.5	0.6

데이터를 활용하였다. 특허 기술력 지수는 CPP, PII, TS를 사용하였고, 시장력 지수는 PFS를 산출하여 비교 분석하였다. 먼저 피인용도지수(CPP)는 등록된 특허가 후속특허에 얼마나 인용되고 있는지의 횟수를 파악하는 것으로 기술력이 좋은 등록특허가 얼마나 많은가를 보여주는 지표이다.

먼저 특허 기술력 지수를 분석하기 위해서는 CPP, PII, TS를 통해 국가간 기술력을 분석하였다. 해당 기술분야에 있어 중분류인 고체 전해질 분야의 기술력지수중 CPP에 있어 출원수가 유의미한 국가 중 미국이 32.9로 가장 높았고, 일본이 7.6을 차지하였고, 한국은 1.6, 0.2로 낮은편이다 (Table 4). PII는 출원인 국적의 피인용도지수를 전체 CPP 값으로 나눈 것인데 미국이 3.7, 일본이 0.9를 차지하였고, 한국은 1.6으로 여전히 낮은 편이다. PII 지수에 특허건수를 곱하여 산출한 기술력지수인 TS에서는 일본이 92.7, 미국이 62.7로 파악되었고, 한국은 5.0으로 이들 국가에 비해 낮은 것으로 판단된다.

기술의 분야를 소분류 기술로 세분화하고 특허의 기술력지수 및 시장성지수를 분석하였다(Table 5, 6, 7, 8, 9, 10). 특허 지표가 가장 유의미한 분야로 황화물계 신규조성 고체전해질(AB), 고체

**Table 7 Technology and market indexes of patent Cathode composite with solid electrolyte for High-performance (AC)**

National	US registered patent	CPP	PII	TS	PFS
JP	25	5.3	1.1	27.2	1.1
US	6	1.7	0.3	2.0	0.6
KR	3	6.3	1.3	3.9	1.0
DE	1	9.0	1.8	1.8	1.2

**Table 8 Technology and market indexes of patent Mass-production technology for solid electrolytes (AD)**

National	US registered patent	CPP	PII	TS	PFS
JP	6	12.0	0.4	2.3	1.3
KR	5	2.0	0.1	0.3	0.7
US	3	131.3	4.1	12.4	0.9
TW	1	0.0	0.0	0.0	1.3

**Table 9 Technology and market indexes of patent Raw material technology for solid electrolytes with low-cost (AE)**

National	US registered patent	CPP	PII	TS	PFS
JP	13	10.1	1.2	15.2	0.9
US	1	2.0	0.2	0.2	1.1
KR	1	0.0	0.0	0.0	0.8
CN	1	1.0	0.1	0.1	0.5
AT	1	19.0	2.2	2.2	2.1
DE	1	2.0	0.2	0.2	1.8

**Table 10 Technology and market indexes of patent Thin membrane of solid electrolyte with high mechanical properties (AF)**

National	US registered patent	CPP	PII	TS	PFS
JP	9	6.3	0.6	5.4	0.3
US	7	21.9	2.1	14.4	2.2
CN	2	0.0	0.0	0.0	0.4
KR	2	1.0	0.1	0.2	0.4

전해질복합 고성능 양극기술(AC)고강도 박형 고체전해질막(AF) 등을 국가별로 함께 분석하면 다음과 같다. 먼저 특허의 기술력 지수인 CPP와 PI 지수에 있어서는 AB분야는 일본, AC분야는 한국, AF분야는 미국이 우위에 있는 것으로 보인다. 하지만 특허건수를 고려하여 산출한 TS 지수를 보면 AB와 AC분야 모두 일본이 높고, AF 분야는 미국이 높으며, 한국의 기술력 지수와 격차가 있다고 분석된다.

이에 반해 동일 특허를 몇 개의 국가에 패밀리로 출원하였는가

를 판단하는 지표인 시장력 지수 PFS에서는 전고체전지용 고체 전해질 미국이 2.5로 앞서고 있으며, 한국은 0.6으로 상대적으로 낮았다(Table 4). 이 중에서 주력분야 소분류 기술에서는 AB와 AC기술분야는 일본, AF기술분야는 미국이 우위에 있지만 한국이 해외 시장력을 어느 정도 구축해가고 있는 것으로 분석되어진다 (Table 6, 7, 10).

이상의 특허 데이터를 기준으로 한 기술력 및 시장력 분석을 통해 전고체전지용 고체 전해질기술 분야에 있어 한국의 기술 및 시장 경쟁력은 다음과 같이 파악할 수 있다. 먼저 원천특허의 의미가 있는 피인용도지수와 특허건수를 함께 고려한 기술력지수 등에서 모두 상위의 일본과 미국에 비해 기술력 격차가 다소 크다고 판단할 수 있다. 다만 소기술 분야 중 고체전해질복합 고성능 양극기술(AC) 분야에 있어서 CPP지수가 상대적으로 높게 나와서 이러한 분야의 한국 출원인 특허가 주요 원천급 기술로 인정받고 있다고 분석된다. 또한 시장력지수에 있어서도 미국과 일본의 특허에 비해 격차가 있는 것으로 판단된다. 다만 주력분야 소분류 기술에서 해외 시장력이 그렇게 간극이 크지 않은 것으로 판단된다.

따라서 한국의 경우 향후 기술력 및 시장력이 부족한 부분인 전고체전지용 고체 전해질기술 분야에 대한 원천기술 기반의 소재부품장비에 대한 기술 확보 및 지원이 시급한 것으로 판단된다. 특히 고체전해질복합 고성능 양극기술 분야 등 주력할 수 있는 세부 주력기술분야에 대한 집중적인 기술력 고도화와 시장 확대에 대한 강화를 위한 국가 R&D 차원의 지원이 필요하다고 판단된다.

## ② 특허기술 집중력 분석 결과

전고체전지용 고체 전해질 기술 분야의 특허기술에 대해 출원인의 집중력 지수를 CRn과 HHI 지수를 통하여 분석해 보았다. 집중력 지수는 기업을 중심으로 한 출원인들이 기술을 개발하여 시장에 진출하고자 할 때의 경쟁력이나 장벽도를 판단할 수 있는 중요한 지표가 될 수 있다.

먼저 집중력지수로 CR4를 분석하였는데, 이 지표는 상위 출원인 1위부터 4위까지의 특허 점유율을 분석하여 해당 분야의 시장 독과점 수준을 평가하고자 한 것이다. 그 결과 전고체전지용 고체 전해질 기술 분야는 31.2로 전체 특허 중 상위 4개 출원인의 독과점 수준이 어느 정도 존재하고 있음을 판단할 수 있다(Table 11). 이 중 소분류 기술로 보면 황화물계 신규조성 고체전해질(AB), 고체전해질 대량생산(AD), 고강도 박형 고체전해질막(AF) 분야는 상위 4개 출원인의 독과점 수준이 상당히 높은 것으로 파악된다. 다만 한국의 출원인의 기술력지수가 경쟁력이 있었던 고체전해질복합 고성능 양극(AC) 분야는 CR4 지수가 24.1로 상대적으로 독과점 수준이 높지 않은 분야로 분석될 수 있다.

허핀달-허쉬만지수(HHI)는 각 기술 분야의 전체 출원 건수 중

**Table 11 Concentration indexes of patent**

Category	CR4	HHI	Competition strength	Concentration level	Total
A	31.2	770.08	Buyer oriented high competition	Low [Easy to market entry]	Less competition market

**Table 12 Concentration indexes of patent**

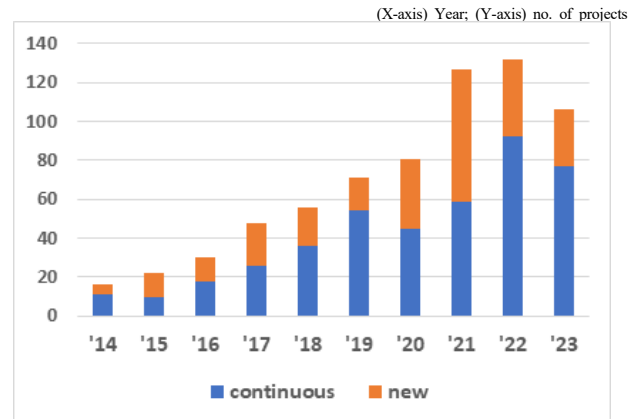
Type	CR4	HHI	Competition strength	Concentration level	Total
AA	29.9	412.3	Buyer oriented high competition	Low [Easy to market entry]	Less competition market
AB	67.3	1,469.5	Government oriented competition	Normal [Average to market entry]	Competition market
AC	24.1	318.3	Buyer oriented high competition	Low [Easy to market entry]	Less competition market
AD	49.7	992.2	Buyer oriented high competition	Low [Easy to market entry]	Less competition market
AE	15.6	193.6	Buyer oriented high competition	Low [Easy to market entry]	Less competition market
AF	42.9	1,234.6	Government oriented competition	Normal [Average to market entry]	Competition market

각 출원인의 출원 건수에 백분율을 제공한 총합으로 산업의 집중도를 측정하는 방법이다. HHI 지수의 결과는 전고체전지용 고체 전해질은 전체적으로 770.08로 집중화 정도에 있어 경쟁이 아주 심하지는 않은 것으로 파악된다(Table 11). 다만 황화물계 신규조성 고체전해질(AB)과 고강도 박형 고체전해질막(AF) 분야는 집중력지수가 높은 편으로 경쟁시장으로 분류되어 신규 기업의 시장 진입이 용이하지 않은 것으로 판단된다(Table 12).

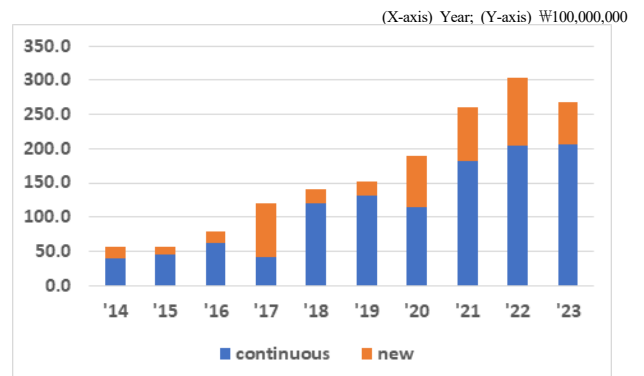
이상의 분석을 토대로 특허 지표를 통한 전고체전지용 고체 전해질 기술 분야 시장의 현황 및 한국 기업의 특허수준 및 향후 R&D 방향성을 분석할 수 있었다. 해당 분야의 시장은 아직까지는 최근 급부상하는 성장 단계의 기술이며, 집중화 정도가 어느 정도 높은 시장으로 판단된다. 따라서 전고체전지용 고체 전해질 기술에 대한 국가 R&D 정책은 원천 기술력을 확보하고 다양한 응용 시스템으로의 개발 및 적용하여 시장에 대응해야 할 것으로 사료된다.

**4.2 국가 R&D 분석 결과**

전고체 전지에 대한 국가 R&D 지원 현황을 파악하기 위해서 앞장에서 상술한 NTIS를 활용한 과제 추출 방법에 따라 동 분야에



**Fig. 5 Trend of national R&D project**



**Fig. 6 Trend of national R&D funding**

**Table 13 Support amount of national R&D per projects**

Year	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	Sum
Funding amount (₩0.1 billion) (A)	57.0	56.6	78.6	120.5	139.9	151.4	189.5	259.9	303.4	267.8	1,624.6
No. of projects (B)	16	22	30	48	56	71	81	127	132	106	689
A / B	3.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.1	2.3	2.0	2.3	2.5	2.4

서 최종 689개 R&D 과제(신규과제 기준으로는 261개 과제)를 추출하였고 이를 분석한 결과는 다음과 같다.

먼저 연도별 과제 건수 및 지원 금액 현황은 다음과 같다. 전고체 전지 분야 국가 연구개발 과제 건수는 지속적으로 증가 추세에 있고 신규과제 비중 또한 '20년 이후부터 매우 높은 것으로 확인된다(Fig. 5, 6).

참고로 '23년의 경우 지원과제 수와 금액이 감소한 것처럼 보일 수 있으나 이는 본 데이터 측정 시점이 '23년 9월 16일이므로 이후 연말까지 추가 지원의 여지가 있기 때문이다.

과제당 연간 정부출연금은 평균 2.4억 원이며 매년 이와 유사한 규모의 비교적 소액 과제 위주로 지원되고 있음이 확인된다(Table 13).

국내 다수 정부 부처들은 각 부처 고유의 목적을 달성하기 위하

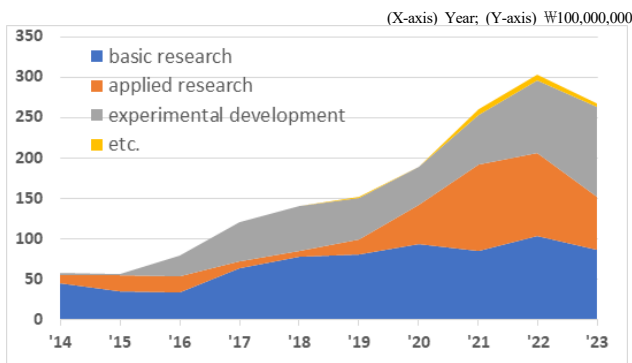


Fig. 7 The trends of national R&D stages

여 국가연구개발과제를 지원하고 있는데, 동 분야에 대해 지난 10년간 가장 많은 정부출연금을 지원한 정부 부처는 과기정통부(舊 미래창조부 포함)로서 668.9억 원(41.2%)을 지원했고 산업부도 비슷한 수준인 645.6억 원(39.7%)을 지원하였다. 세 번째로 가장 많은 정부 출연금을 지원한 중소벤처기업부(舊 중기청 포함)는 111.1억 원(6.8%)을 지원하였는데 특이한 것은 중소벤처기업부는 '20년 전까지는 매년 10억 원 이내로 지원하다가 '21년부터 매년 20억 원이 넘는 금액을 지원하고 있다. 네 번째와 다섯 번째 지원 순위는 교육부와 기재부가 각각 78.2억 원(4.8%), 64.7억 원(3.98%)이며 상위 5개 부처의 지원액이 전체 지원 비중 중 96.5%에 달한다.

마지막으로 동 분야의 연도별 연구개발 단계별 지원 현황을 살펴보면 기초연구 금액도 10년 전에 비하면 2배 증가하였으나 비교적 완만한 증가세를 보이는 반면에 응용 또는 개발연구는 '19년부터 급격하게 증가함을 확인할 수 있다(Fig. 7).

## 5. 결론

본 논문에서는 소재·부품·장비 산업분야의 미래선도품목 중 전고체전지용 고체 전해질 기술 분야에 대한 특허 데이터의 기술력, 시장력, 집중력 지수 등을 통해 한국의 이 분야 R&D 역량을 분석하였다. 또한 이 분석 결과를 중심으로 우리나라의 국가 R&D 지원 현황을 분석하고, 시사점을 도출하고자 하였다.

전고체전지용 고체 전해질 기술 분야의 주요 핵심요소 기술에 대한 특허 분석의 결과는 다음과 같다. 먼저 특허 데이터를 통한 기술력 지수(TS)에 있어서는 한국은 선도국가인 미국과 일본에 비해 원천급 기술에 대한 기술격차가 나는 것으로 판단된다. 다만 상세 기술 분야 중 고체전해질복합 고성능 양극 기술 등과 같이 우리 국가가 기술력 편차가 크지 않은 분야가 있다고 분석된다.

특허 데이터를 통한 시장력 지수에 있어서도 미국과 일본이 다

양한 특허청에서 권리를 확보하고 있고, 한국은 경쟁력이 상대적으로 미흡한 것으로 분석되었다. 따라서 한국은 전세계 시장에서의 응용 기술의 시장화 및 권리화를 위해 전고체전지용 고체 전해질 기술에 대한 경쟁력을 키울 수 있는 정책적인 지원이 필요해 보인다.

종합적으로 한국은 전고체전지용 고체 전해질 분야의 기술력과 시장력을 키울 수 있는 원천기술의 확보 및 권리화에 국가적 차원의 지원 필요성하다는 시사점을 보여준다. 더구나 집중력 지수인 CRn과 HHI 지수에 의하면 세계 시장은 소수의 기업에 의한 과점 현상이 보이며, 몇몇 세부기술분야는 경쟁이 심화되고 있음을 보여주고 있다. 따라서 우리나라는 정책적으로 이 분야에 있어 원천 기술기반의 소재부품장비 기반의 R&D 기술확보와 지원이 시급하다고 분석할 수 있다.

한편 동 분야의 국가 R&D 지원 현황을 종합하여 살펴보면 다음과 같다. 동 분야 국가연구개발 지원은 지속적으로 증가하여 10년 전 대비 전체 과제수는 약 6배, 출연금 총액은 5배 이상 증가하였음을 확인할 수 있었다. 특히 20년부터 신규과제 건수가 크게 증가하였고 최근 전고체 전지를 사업 내용에 포함한 '친환경 모빌리티용 차세대 이차전지 기술개발 사업' 이 예비타당성 조사를 통과하여 동 기술 분야의 향후 지원 규모는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

연구개발 단계별 지원 현황을 살펴보면 기초 기술에 대한 R&D 지원이 지속적으로 증가하는 한편 응용과 개발연구는 현저히 증가 추세를 보이는데 흥미로운 것은 중소벤처기업부의 R&D 지원이 과거 5년 대비 최근 5년이 2배 이상 급증한 것으로 보아 실제 시장에서 동 기술의 상용화가 임박했음을 유추할 수 있다.

마지막으로 현재는 과기부와 산업부가 동 분야 R&D를 경쟁적으로 지원하고 있음이 확인된다. 지원 금액과 과제수도 두 개 부처가 비슷하고 연구개발 단계별 차별화된 지원도 다소 부족하다. 예를 들어 최근 10년간 동 분야에서 과기부의 응용 또는 개발연구 지원 비중은 과기부 전체 지원액 중 37.4%에 달하고 반대로 산업부의 기초연구 지원 비중도 산업부 전체 지원액 중 31.1%에 달한다. 동 분야가 기술의 성숙도가 전반적으로 높아짐에 따라 향후에는 과기부는 기초연구 비중을, 산업부는 응용 또는 개발 연구의 비중을 각각 높여가는 것이 중복지원을 지양하고 산업기술 R&D 현장의 혼선을 줄이는 차원에서 바람직할 것이다.

본 연구의 한계점으로는 소재·부품·장비 산업분야의 미래선도품목 38개 중목 중 하나인 전고체전지용 고체 전해질 기술 분야에 국한되어 연구되었다는 것이다. 향후에 다른 분야에 대해서도 특허 지표 분석 및 국가 R&D 지원 현황에 대한 분석으로 국가적인 R&D의 역량 파악 및 방향성을 비교 분석할 필요가 있다고 판단된다.



## References

- [1] Kim, G. S., 2017, Trends in Research and Development of Solid Electrolytes and All-solid-state Batteries to Improve the Safety of High-energy Secondary Batteries, *Electrical & Electronic Materials*, 30:7 20-31.
- [2] Kim, D. H., Lee, Y. H., Yoon, J. M., Park, C. M., 2023, Recent progress in all-solid-state Li-ion battery anodes, *Ceramist*, 26:2 240-264, <https://doi.org/10.31613/ceramist.2023.26.2.07>.
- [3] Hankyung, 2022, viewed 6 November 2024, Japan Dominates Car Battery Technology...Sweeps Top 1-3 Patents, <<https://www.hankyung.com/article/2022070739371>>.
- [4] SNE Research, 2022, viewed 6 November 2024, Solid State Electrolyte Technology Trend & Market Outlook (~2030), <[https://www.sneresearch.com/en/business/report\\_view/131/page/0?#ac\\_id](https://www.sneresearch.com/en/business/report_view/131/page/0?#ac_id)>.
- [5] Lee, K. S., Park J. W., 2022, All-solid-state battery, *Technology Trend Brief*, 1-36, <<https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE11530834>>.
- [6] Sung, J., Heo, J., Kim, D. H., Jo, S., Ha, Y. C., Kim, D., Ahn, S., Park, J. W., 2024, Recent Advances in All-solid-state Batteries for Commercialization, *Mat. Chem. Front.*, 8 1861-1887, <https://doi.org/10.1039/D3QM01171B>.
- [7] Son, B. H., Yang, H. S., 2000, Analysis and Policy Implication of National R&D Project Investment, *Journal of Technology Innovation*, 8:2 67-96, <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE09631631>.
- [8] Kim, Y. J., Jung, U., Jeong, S. K., 2009, A Study on the Status and Supporting Strategy of National R&D Programs related to the Convergence Technology, *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 12:2 413-429.
- [9] Lee, J. W., Kim, M. K., Lim, J. S., Bae, S. H., 2019, Analysis of R&D Program Status in Spatial Information Field using National R&D Information on NTIS Services, *J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng.*, 28:6 358-367, <https://doi.org/10.7735/ksmte.2019.28.6.358>.
- [10] Kim, A., Lee, S., Kim, Y.-S., 2023, Analysis of National R&D Projects Related to Herbal Medicine (2002-2022), *Herbal Formula Science*, 31:2 81-98, <https://doi.org/10.14374/HFS.2023.31.2.81>.
- [11] Park, J. H., Yu, H. S., Kim, C. H., Lee, C. J., Woo, C. H., Lim, B. J., 2022, R&D Strategy Direction in High-Precision Mobile Radar Industry by Analyzing Patent Indexes and National R&D Projects, *J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng.*, 31:5 330-337, <https://doi.org/10.7735/ksmte.2022.31.5.330>.
- [12] Park, J. H., Yu, H. S., Kim, C. H., Lee, C. J., Hwang, S. H., Lim, B. J., 2023, R&D Strategy Direction in Terabit Optical Communication Components by Analyzing Patent Indexes and National R&D Projects, *J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng.*, 32:6 389-397, <https://doi.org/10.7735/ksmte.2023.32.6.389>.
- [13] Oh, J. M., Jung, T. H., 2021, Research on the Relationship between Technology Cycle Time and Technology Lifespan - Focusing on the Patents from National R&D Projects in Korea -, *Technology Management*, 6:4 57-75, <https://doi.org/10.33443/tm.2021.6.4.57>.
- [14] Korea Institute of Intellectual Property, 2010, viewed 23 Sep. 2022, Development and Application of Indicators for Intellectual Property(IP) Competitiveness, <<https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=29595>>.
- [15] Kim, S. H., 2021, A Study on the Patent Competitiveness of Companies using Patent Indicators, Doctorate Dissertation, Seoul National University of Science and Technology, Republic of Korea.



**Jeongho Park**

Expert Adviser in Korea Intellectual Property Strategy Agency(KISTA).  
His research interest is Intellectual Property Strategy Analysis.  
E-mail: jhopark@kista.re.kr



**Hyeoksang Yu**

Senior Researcher in Korea Intellectual Property Strategy Agency(KISTA).  
His research interest is Intellectual Property.  
E-mail: yhs@kista.re.kr



**Chang Hoon Kim**

Professor in the Industry Academy Cooperation Group, Gangneung-Wonju National University.  
His research interest is R&BD(Research and Business Development).  
E-mail: kimch@gwnu.ac.kr



**Cheol-Ju Lee**

Senior Researcher in Korea Evaluation  
Institute of Industrial Technology(KEIT).

His research interests are Discovery of  
Promising Technologies and Technology  
Policy.

E-mail: LCJ08@keit.re.kr



**Gwangseok Oh**

LIB Material Development Division in  
POSCO Holdings.

His research interests are Research &  
Development of Lithium Ion Batteries.

E-mail: gwangsuk621@posco-inc.com



**Byung jick Lim**

Professor in the Industry-University  
Collaboration Center, Hanyang University  
ERICA.

His research interest is Chemical Engineering.

E-mail: bjl580811@hanyang.ac.kr