

# 스트레처블 태양광전지 분야 특허기반 기술경쟁력 연구



**유소진**  
고려대학교 에너지환경대학원  
에너지환경정책전공 석사과정  
재학중, 전) 삼성전자 연구원,  
현) 특허조사 연구원



**이재승**  
고려대학교 에너지환경대학원  
에너지환경정책전공 교수,  
고려대학교 국제대학원장 겸  
국제학부장

## Abstract

최근 유무기 하이브리드 전자소자의 발전과 더불어 스트레처블 태양광전지 기술이 개발되고 있다. 본 연구는 스트레처블 태양광전지에 대해 기술을 선도하는 국가나 기관을 파악하고 우리나라의 기술 수준은 어느 정도인지 분석하기 위하여, 특허 데이터를 기반으로 정량 분석을 수행하였다. 연구 결과, 스트레처블 태양광전지 기술은 전체 특허건수 1,747건 중에 48%를 차지하는 중국이 양적으로 우세한 것으로 나타났다. 피인용도지수와 시장확보지수가 월등히 높은 미국이 질적으로 우수한 것으로 나타났다. 또한 상위 주요출원인 1~2위로 선정된 일본 국적의 화학물질 제조기업이 재료분야에서 기술을 선도하는 것으로 나타났다. 우리나라는 양적인 면과 질적인 면에서 모두 두각을 나타내지 못하고 있으며, 기업체의 참여도 저조하여 상업화 단계로 발전하지 못한 것으로 분석되었다. 단, 스트레처블 태양광전지 기술의 성장단계가 성숙기 단계로 진입하고 있고 기술 독점 여부가 낮은 것으로 나타났기 때문에, 선택과 집중을 통한 전략적인 연구개발 계획을 수립한다면 기회가 있다고 판단된다.

**Key words:** 태양광전지, 신축성, 스트레처블, stretchable, solar cells, expansion and contraction

## 서론

현재 기후변화와 환경오염, 미세먼지 등의 문제가 대두되면서 화석연료를 대체할 신재생에너지에 대한 기대감이 더욱 커지고 있다. 신재생에너지는 신에너지와 재생에너지로 구분되며, 신에너지에는 수소에너지, 연료전지 등이 포함되고, 재생에너지에는 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 지열 등이 포함된다. 신재생에너지에 대한 연구개발은 지금도 활발하게 진행되고 있으며, 관련 시장도 점차 증대되고 있다.<sup>[1]</sup>

신재생에너지 중, 태양광전지는 얇고 가볍게 제작할 수 있어 어플리케이션의 종류가 다양하다. 이는 1세대 단결정 실리콘 태양광전지에서 현재 3세대 페로브스카이트 태양광전지까지 끊임없는 기술 혁신의 결과라고 할 수 있다. 3세대 페로브스카이트 태양광전지는 유무기 하이브리드 재료로 제작된 전자소자로, 유연성과 신축성이 특징이다.

유무기 하이브리드 전자소자 관련 기술은 디스플레이 분야에서 먼저 대두되었다. 디스플레이는 휴대할 수 있는 대형 화면을 추구하기 때문에 일찍부터 롤러블(Rollable)이나 스트레처블(Stretchable) 디스플레이에 대한 요구가 있었고, 이는 연구개발과 특허출원으로 이어졌다. 2019년도 특허청 발표에 따르면, 그림 1과 같이 스트레처블 디스플레이 특허가 크게 증가했다는 조사결과도 있다.<sup>[2]</sup>

그럼에도 불구하고 태양광전지 분야에서는 스트레처블 기술에 대한 동향분석 자료는 부족한 편이다. 이에 스트레처블 태양광전지와 관련된 특허기술을 조사하여 기술동향을 분석하는 연구가 필요하다고 판단하였다.

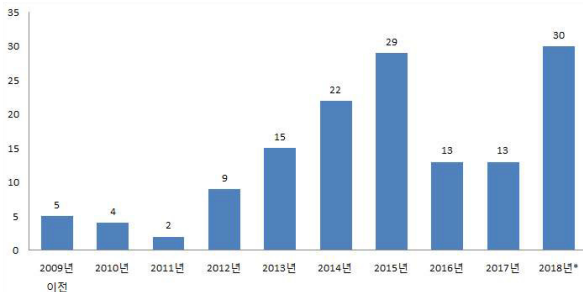


그림 1. 스트레처블 디스플레이 특허동향

본 연구의 목적은, 스트레처블 태양광전지 기술 특화를 조사하여 기술발전을 선도하는 국가와 기관은 어디인지 파악하고, 우리나라는 어느 정도 수준에 도달했는지 분석하는 것이다.

## 스트레처블 태양광전지 기술

### 페로브스카이트(Perovskite) 태양광전지

태양광전지는 태양에너지를 전기에너지로 변환하는 전자소자로, 1세대 결정질 실리콘 태양광전지부터 2세대 박막 태양광전지, 3세대 염료감응 및 유기, 페로브스카이트 태양광전지로 발전하고 있다.

페로브스카이트 태양광전지는 그림 2(좌)에서처럼, 전자전달체, 광흡수체, 홀전달체를 기반으로 구성된다. 광흡수체를 구성하는 물질이 페로브스카이트 물질이며, 그 결정구조는  $ABX_3$ (A와 B는 양이온, X는 음이온)의 화학식으로 나타낼 수 있다(그림 2(우)). 최근 태양광전지용 페로브스카이트 물질로는 A양이온 자리에 유기물이, B양이온 자리에 금속계열 무기물이, X음이온 자리에 할로젠 음이온이 구성된 유무기 하이브리드 물질이 관심을 받고 있다.<sup>[3]</sup>

### 스트레처블 전자소자의 발전

스트레처블 전자소자는 극한의 외력에도 그 특성을 잃어버리지 않고 동작할 수 있는 전자소자이다. 초기 유리기판에서 PET 및 PI와 같은 유연기판으로 발전하면서 유연기판에 소자를 올린 스트레처블 전자소자가 개발되었다.

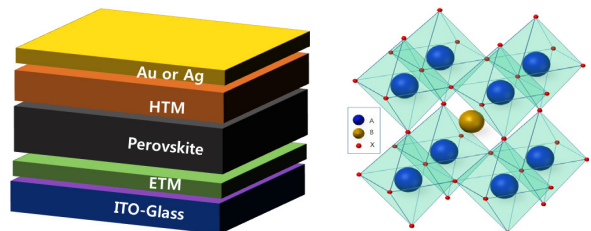


그림 2. 페로브스카이트 태양광전지(좌) 및 페로브스카이트 물질(우)의 구조

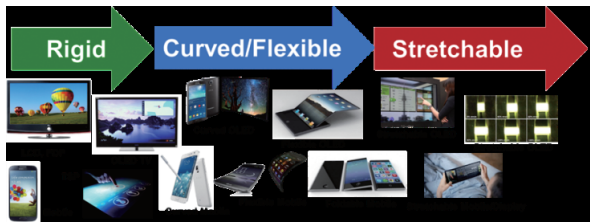


그림 3. 스트레처블 전자소자의 적용 제품

그림 3에서처럼 스트레처블 전자소자는 디스플레이부터 태양광전지, 에너지 하베스트, 의료기기 등 다양한 제품에 적용되어 제품의 특성을 향상시키고 있다.<sup>[4]</sup>

### 스트레처블 태양광전지 기술의 개발 동향

국내 기술개발 현황을 살펴보면, 다음과 같은 연구가 진행되고 있다.

KAIST 유승협 교수팀은 고유연성 고효율 태양전지 기술과 응용개발 연구 과제를 통해, 은 나노선을 이용한 신축성 투명전극 기술과 신축성 태양전지 제조를 위한 유기 박막 전사기술, spalling 공정을 이용한 저비용 고효율 유연 PV 기술, 유무기 하이브리드 금속 할로겐 화합물 기술 등 다양한 연구를 진행하였다(2014년).<sup>[5]</sup>

광주기술원 이종호 연구팀은 휴대용 전자기기 구동을 위한 고성능 신축성 화합물 반도체 태양전지 연구 과제를 통해, 수직형 유연성 박막 고효율 태양전지 기술 및 고성능 수직형 태양전지의 안정적 분리 및 전사기술을 개발하였다(2016년).<sup>[6]</sup>

고려대학교 전용석 교수팀은 쉽게 늘어나는 기판에 제조되는 고효율 유무기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지 연구 과제를 통해, 다공성 PDMS 유연기판과 고신축 그래핀 유연기판, 금 나노입자/그래핀 실을 개발에 성공하였고, 저온공정을 통한 고효율 페로브스카이트 태양전지 제조기술을 개발하였다(2019년).<sup>[7]</sup>

최근 국외 기술개발 현황을 살펴보면, 다음과 같은 연구가 진행되고 있다.

중국과학원 소속 Xiaotian Hu 연구팀은 brick-and-mortar 구조를 갖는 웨어러블 페로브스카이트 태양광전지

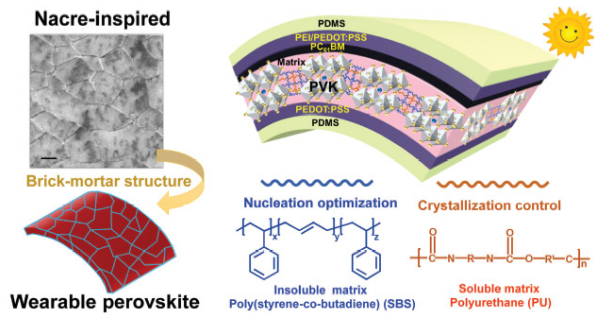


그림 4. Brick-mortar structure의 페로브스카이트 태양광전지 구조

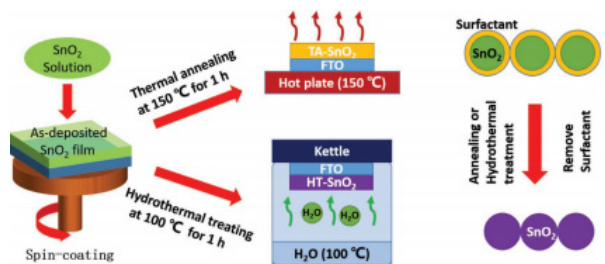


그림 5. 수열처리에 의한 전자수송층 형성과정

를 개발하였다(2018년).<sup>[8]</sup>

중국 SUSTech Academy 소속 Chang Liu 연구팀은 전자수송층 위에 hydrothermal 처리법을 이용하여 SnO2를 형성하여 17.3%의 고효율을 나타내는 플렉서블 페로브스카이트 태양광전지를 개발하였다(2019년).<sup>[9]</sup>

## 특허조사 개요

### 특허정보 분석 방법론 소개

특허의 기술정보를 검색하여 기술동향을 분석할 수 있고, 특허의 통계정보를 이용하여 기술경쟁력을 분석할 수 있다. 이러한 특허정보 분석은 기업이나 국가의 기술전략과 정책수립을 위한 의사결정 자료로 활용할 수 있다.<sup>[10]</sup>

통상적으로, 기술경쟁력 분석을 위해서 전문가 델파이 또는 FGI(Focus Group Interview)를 통해 정성적인 분석을 하지만, 이러한 방법은 전문가의 주관적인 의견이 반영된다는 문제가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 특허정보를 활용한 정량적인 분석이 이용되고 있다.<sup>[11]</sup>

**표 1. 특허정보 분석 항목**

	특허정보	특허분석 내용
양적 지표	연도별 출원건수	기술개발 활동에 대한 시계열적 분석
	국가별 출원점유율	기술개발 활동이 활발한 국가(특허청)를 분석
	국제분류코드 (IPC)	기술의 분류 분석
	주요출원인	기술개발 선도 기업 및 연구기관 등 상위출원인 분석
	기술성장단계	출원건수와 출원인수가 증가하는 추이를 따라 도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기, 회복기로 분석
질적 지표	집중률지수 (CRn)	주요출원인의 기술독점 여부에 따른 진입장벽 분석
	피인용도지수 (CPP)	피인용도가 높은 특허를 포함한 국가(특허청)를 분석
	시장확보력지수 (PFS)	패밀리건수가 높은 특허를 포함한 국가(특허청)를 분석

본 연구는 특허정보 분석 방법론을 통하여, 스트레처블 태양광전지 기술에 대한 기술동향과 기술경쟁력을 분석하였다(표 1).

### 스트레처블 태양광전지 특허조사 개요

스트레처블 태양광전지 기술의 특허를 조사하기 위하여, 표 2와 같이 특허 검색 조건 및 검색식을 작성하였다.

특허 검색 필드는 검색식에 포함된 키워드들이 조사되는 영역으로, 명칭 및 요약, 청구항으로 설정하였다. 출원 구간은 2001년부터 2020년으로 총 20년으로 하였으나, 특허는 출원 후 1년 6개월 뒤에 공개되기 때문에 2019년과 2020년 특허정보에는 미공개된 특허가 존재한다. 즉, 2019년과 2020년의 출원건수는 미공개 특허건수가 제외된 건수이기 때문에 실제보다 낮은 출원건수임을 유의해야 한다.

특허 검색 국가는 한국 및 일본, 미국, 유럽, PCT를 포함한 기본 5개 국가에, 태양광 산업이 발전한 중국을 추가하였다.

특허 검색식은 ‘태양광전지’에 대한 동의어를 포함하고, ‘신축성 및 유연성’ 관련 키워드를 ‘and 조합’으로 포함시켜 검색하였다.

**표 2. 특허 검색 조건 및 검색식**

특허 검색 조건 및 검색식
검색 필드 : 명칭, 요약, 청구항
출원 구간 : 2001년 1월 1일 ~ 2020년 12월 31일
검색 국가 : 한국, 일본, 미국, 유럽, 중국, PCT
키워드 : 태양전지, 태양광, 페로브스카이트, 신축성, 유연성, Perovskite-Solar, stretchble, flexible, bending
검색 DB : KEYWERT (유료 특허 DB)
key: ((페로브스카이트-태양전지* or Perovskite-Solar* or 태양광전지* or 태양전지* or 솔라셀* or 광전도셀* or 광전지* or 태양광모듈* or 태양광발전* or 광기전력셀* or 광기전력전지* or 태양열전지* or 광기전성셀* or 광전모듈* or 광기전력모듈* or 광기전셀* or 솔라모듈* or 태양광전지* or 광기전모듈* or 광전셀* or 솔라셀* or 태양열발전* or 솔라배터리* or ((페로브스카이트* or 페로브스카이트* or 태양* or 솔라* or 광전* or 태양광* or 광기전* or 솔라* or 광변환*) w/1 (전지* or 셀* or 모듈* or 발전* or 배터리*)) or 태양-전지* or 솔라-셀* or 광전도-셀* or 광-전지* or 태양광-모듈* or 태양광-발전* or 광기전력-셀* or 광기전력-전지* or 태양열-전지* or 광기전성-셀* or 광전-모듈* or 광기전력-모듈* or 광기전-셀* or 솔라-모듈* or 태양광-전지* or 광기전-모듈* or 광전-셀* or 솔라-셀* or 태양열-발전* or 솔라-배터리* or solarcell* or solar-battery* or solarmodule* or solarboard* or ((Perovskite* or solar* or photovoltaic*) w/1 (cell* or battery* or module* or board*)) or solar-cell* or solar-battery* or photovoltaic-cell* or solar-module* or solar-board*)) and key:(신축* or 신장* or 탄력* or 탄성* or elastic* or "expansion and contraction" or stretchable* or pre-stretch* or nanograt* or buckling* or origami* or intrinsic* or island* or 늘어나* or 수축* or 스트레처블* or 스트레처블* or 웨어러블* or 입는* or 착용* or werable* or bending* or 접는* or 구부러* or 벤딩* or 밴딩* or 플렉서블* or 플렉시블* or 가요* or 가요* or DUCTILITY* or 덕틸리티* or 덕틸리티* or 덕틸리티* or 연성* or 유연* or SOFTNESS* or 프랙* or 프랫* or 프랙* or 플렉* or 플렉서블* or 플랫* or 프래키시블* or 필렉시블* or 플렉시블* or 플렉시블* or 플렉시블* or 플렉시블* or flexible* or 플렉서블* or 휘어* or roll* or 롤투롤*) and ad)2000

**표 3. 특허 검색건수 및 유효건수**

구분	한국	일본	미국	유럽	중국	pct	총합계
검색 건수	436	380	391	142	2,603	245	4,197
유효 건수	267	175	224	81	841	159	1,747

검색은 ‘KEYWERT’라는 유료 특허사이트를 통해서 다운로드 받았고, 대상특허는 공개특허 및 등록특허로 하였다.

특허 조사를 통하여 도출된 검색 건수와 노이즈를 제거한 유효건수는 표 3과 같다. 특허 검색식으로 ‘KEYWERT’에서 조사된 검색건수는 총 4,197건이고, 스트레처블 태양광전지 기술과 관련성이 낮은 특허를 제외한 유효건수는 총 1,747건으로 도출되었다.

도출된 특허 유효건수에 대하여 특허정보 분석을 수행하였고 결론을 도출하였다.

## 특허 분석

### 연도별 출원동향 및 국가별 출원점유율

스트레처블 태양광전지 기술의 연도별 출원동향을 살펴보면 그림 6과 같다. 2001년부터 2009년까지 서서히 증가하다가 2010년부터 2012년까지는 큰 증가세를 보인다. 이후 감소하는 추세를 보였으나 2015년부터 최근까지 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고 및 경기 침체로 인해 2012년부터 일본의 특허출원은 감소추세를 보이는 것으로 추정된다.

국가별 출원점유율을 살펴보면 그림 6과 같다. 중국특허청(SIPO)이 48%로 가장 높고, 한국특허청(KIPO) 15%, 미국특허청(USPTO) 13%, 일본특허청(JPO) 10%, PCT국제특허(WIPO) 9%, 유럽특허청(EPO) 8% 순서로 점유하고 있는 것으로 나타났다. 중국은 2019년 이미 특허출원건수 세계 1위로 미국보다 많은 특허가 출원되는 나라이며, 특히 태양광 관련 산업이 발달하였기 때문에 출원점유율이 높은 것으로 판단된다.

### 주요 국제특허분류

#### (IPC, International Patent Classification)

스트레처블 태양광전지 기술의 주요 IPC를 살펴보면 표 4와 같다. 주요 IPC는 'H01'에 해당하는 전자소자 관련 특허가 전체 1,747건 중에서 1,325건으로 약 76%를 차지한다. 그 외에도 'H02' 전력발전 또는 변환기술, 'C08' 유기 고분자 화합물 관련 기술, 'B32' 적층체기술, 'C23' 금속재료 피복 또는 표면처리 기술이 포함된 것으로 나타났다. 이처럼 스트레처블 태양광전지 기술의 특허는 전자소자 기술을 중심으로 재료 및 공정기술이 융합된 것으로 보인다.

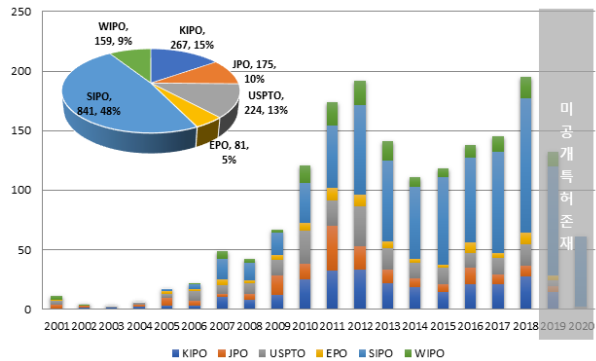


그림 6. 연도별 출원동향 및 국가별 출원점유율

표 4. 주요 IPC 분류

출원 IPC 분류		
IPC	건수	내용
H01	1,325	기본적인 전자소자 기술
H02	127	전력의 발전, 변환, 배전 기술
C08	32	유기 고분자 화합물; 그 제조 또는 화학적 처리; 그에 따른 조성물
B32	24	적층체
C23	19	금속재료의 피복; 금속 피복재료; 화학적 표면처리; 금속재료의 확산처리; 진공증착, 스퍼터링(SPUTTERING), 이온주입 또는 화학증착에 의한 피복 일반; 금속재료의 방식 또는 이물질 형성 방지 일반

### 주요출원인

스트레처블 태양광전지 기술의 특허를 출원한 주요출원인 상위 14위를 살펴보면 그림 7과 같다. 일본 국적의 SEKISUI CHEMICAL이 총 51건으로 주요출원인 1위이며, 일본 국적의 Sumitomo Electric Industries가 총 34건으로 2위로 나타났다. 스트레처블 태양광전지 기술에서 일본특허청의 출원점유율은 약 10%로 중국특허청이나 한국특허청에 비해 적은 편이었으나, 주요출원인 1위와 2위는 일본 국적의 기업으로 조사되었다. 이는 SEKISUI와 Sumitomo가 기술력을 바탕으로 여러나라에 패밀리 출원을 활발히 하고 있기 때문이다. 주요출원인 3위 CN ELECT TECH NO 18 RES INST와 4위 Shanghai Institute of Space Power-Sources는 중국 국적의 연구소로, 주로 자국에 출원한 것으로 나타났으며, 5위부터 13위는 중국과 미국 국적의 기업이나 연구기관인 것으로 나타났다.

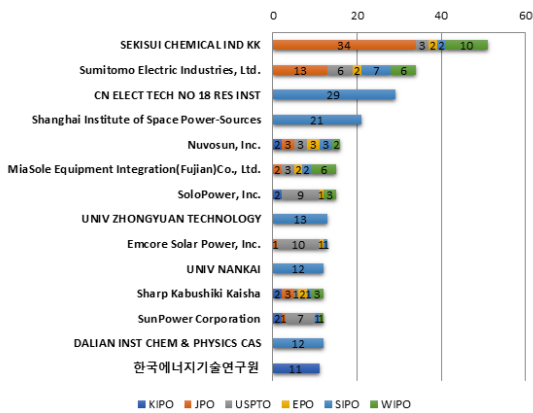


그림 7. 주요출원인 상위 14위

한국 국적의 출원인은 한국에너지기술연구원이 14위에 올라와 있으며 역시 자국을 중심으로 출원한 것으로 나타났다. 한국 국적의 기업의 특허출원이 저조한 것으로 나타나, 우리나라는 스트레처블 태양광전지 기술이 상업화 단계에 도달하지 못한 것으로 추정된다.

### 집중률지수(CRn)

스트레처블 태양광전지 기술의 기술독점여부를 살펴보면, 표 6과 같다. 기술독점을 분석하기 위하여 집중률 지수(CRn: concentrate Ratio n)방식을 활용하였고, 특허동향 조사에서 통상적으로 사용하는 CR4로 추정하였다.<sup>[12]</sup>

표 5. 기술독점 분석(CR4)에 따른 집중수준표

CR4 범위	집중 수준	
0이상~20미만	독과점 수준 낮음	매우 낮음 [시장진입 용이성 매우높음]
20이상~40미만		낮음 [시장진입 용이성 높음]
40이상~60미만		보통 [시장진입 용이성 보통]
60이상~80미만		높음 [시장진입 용이성 낮음]
80이상~100미만		매우 높음 [시장진입 용이성 매우낮음]

표 6. 기술독점 분석(CR4)

CR4	독과점 여부
7.7%	매우 낮음

CR4는 주요출원인 상위 4개사의 특허점유율을 합한 결과로, 총 1,747건 중에서 상위 4개사의 출원건수는 135건이며 CR4는 7.7%로 나타났다. 이는 특정 출원인의 기술독점이 매우 낮은 것을 의미하며, 기술 장벽이 높지 않고 경쟁사의 진입이 용이한 것을 의미한다.

### 기술 성장단계

스트레처블 태양광전지 기술의 출원건수와 출원인수 변화를 통해 기술성장단계를 분석하였다.<sup>[13]</sup>

각 구간은 4년씩으로 나누어 1구간(2003년~2006년), 2구간(2007년~2010년), 3구간(2011년~2014년), 4구간(2015년~2018년)으로 구분하였다. 각 구간의 출원건수와 출원인수의 증감을 통해 그림 8처럼 기술 성장단계 분석표와 비교하여 태동기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기, 회복기로 추정하였다.

스트레처블 태양광전지 기술의 기술성장단계는 그림 9와 같다. 1구간부터 2구간을 지나 3구간까지 출원건수와



그림 8. 기술 성장단계 분석표

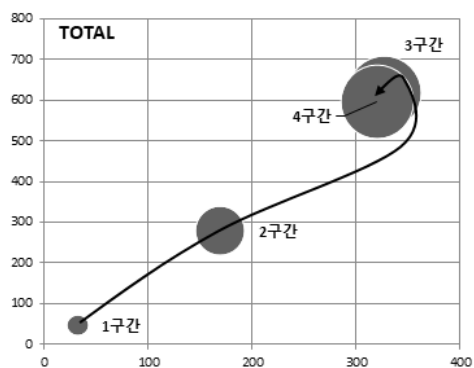


그림 9. 기술 성장 단계(6개 특허청 전체)



출원인수가 모두 증가하는 성장기 단계를 거쳤고, 3구간에서 4구간으로 가면서 출원건수와 출원인수가 모두 소폭 감소하는 것으로 나타나 성숙기로 접어드는 것으로 나타났다.

### 피인용도지수(CPP) 및 시장확보지수(PFS)

국가별 특허의 피인용도지수(CPP, Cites Per Patent) 및 시장확보지수(PFS, Patent Family Size)를 조사하였다. 피인용도지수는 특허의 인용수를 상대적으로 비교할 수 있어 기술성을 판단하는 지표로 활용되고 있고, 시장확보지수는 특허의 패밀리출원건수를 상대적으로 비교할 수 있어 시장성을 판단하는 지표로 활용되고 있다.<sup>[12]</sup>

스트레처블 태양광전지 기술의 피인용도지수와 시장확보지수를 살펴보면 그림 10과 같다. 미국특허청에 출원된 특허들은 피인용도지수가 높고 시장확보지수도 큰 것으로 나타나 기술성과 시장성이 모두 높은 기술을 포함하고 있는 것으로 나타났다. 미국특허청의 출원된 특허는 전체 1,747건 중에 224건으로 약 13%에 해당하지만 특허기술의 장벽이 높고 시장 경쟁이 치열한 것으로 분석된다.

그 외의 국가별 특허청은 상대적으로 편차는 있지만 크지 않고, 피인용도지수와 시장확보지수가 모두 낮은 편으로 분석되었다.

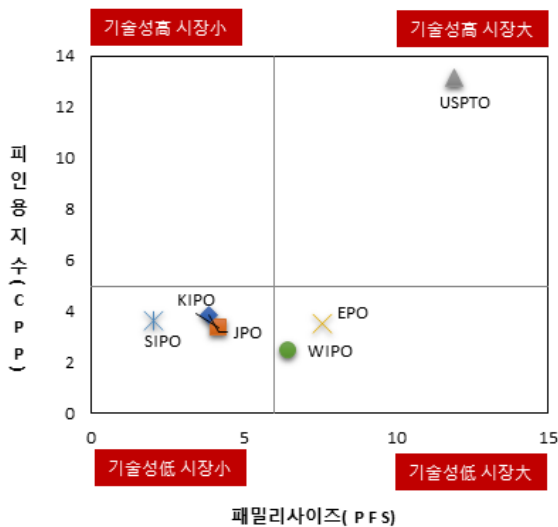


그림 10. 피인용도지수와 시장확보지수 분석

### 결론

본 연구는 스트레처블 태양광전지 기술 동향을 분석하고 우리나라의 연구개발 수준을 파악하기 위한 목적에 따라 수행되었으며, 연구에 대한 방법론으로 특허정보 분석을 실시하였다.

연구결과, 스트레처블 태양광전지의 특허기술에 대해 양적으로 우세한 국가는 중국이며 질적으로 우세한 국가는 미국으로 나타났다. 우리나라는 양적으로나 질적으로나 두각을 보이지 못하는 것으로 나타났다.

스트레처블 태양광전지 기술과 관련된 특허 총 1,747건 중에서 약 48%는 중국특허청(SIPO)에 출원된 것으로 나타났고 최근까지 꾸준히 증가하는 경향을 보이는 것도 중국특허청(SIPO)이다.

주요PC는 'H01'에 해당하는 전자소자 기술관련 특허가 1,325건(76%)으로 대부분을 차지하고 있으며, 그 외에 전력변환 기술, 유기 고분자 재료 기술, 적층체 기술, 피복재료 기술 등이 포함되어 있다.

주요출원인 상위 1~2위는 일본 국적의 화학물 제조사로, 재료 분야에 있어서 일본 기업이 우세한 것으로 나타났다. 상위 3~13위는 중국과 미국 국적의 기업 및 연구소이며, 상위 14위에 한국 국적의 연구소 한국에너지기술연구원 이 랭크되었다. 우리나라는 다른 국가에 비하여 기업의 출원이 저조한 것으로 나타나 다른 국가보다 상업화가 활발하지 못한 것으로 판단된다.

기술독점여부를 집중률지수(CR4)로 분석한 결과는 7.7%로 매우 낮은 것으로 나타났다. 이는 여러 기관이 혼재되어 경쟁하고 특정 기관의 독점력이 낮다는 것을 의미하기 때문에, 현재까지는 기술 진입 장벽이 높지 않은 상태로 판단된다.

기술 성장단계는 이전 구간(3구간, 2011~2014년)까지 출원건수와 출원인수가 모두 증가하는 상태였으나, 최근 구간(4구간 2015~2018년)에서 출원건수와 출원인수가 모두 소폭 감소하는 상태에 있어, 성장기 단계가 정체되고 성숙기로 진입하는 단계로 판단된다.

피인용도지수(CPP)와 시장확보지수(PFS)를 분석한 결과, 미국특허청에 출원된 특허가 기술성과 시장성이 모두 월등히 높은 것으로 나타났다. 미국은 전체 출원건수 중 약 13%를 점유하고 있어 양적으로 우세하지는 않지만, 피인용수와 패밀리출원수가 많은 특허들이 포함되어 질적으로 우수하다고 판단된다.

결론적으로, 스트레처블 태양광전지 기술은 양적인 면에서 중국이, 질적인 면에서 미국이, 일부 재료기술에 대해서 일본 국적 기업이 주도하고 있는 것으로 나타났다. 우리나라는 스트레처블 디스플레이 기술 분야에서 기술을 선도하고 있는 반면에, 스트레처블 태양광전지 기술 분야에서는 고전하는 것으로 보인다.

스트레처블 태양광전지 기술은 상위출원인의 기술독점력이 약하고 다수의 출원인이 경쟁하고 있으나 최근에 출원인수가 서서히 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 새로운 출원인이 유입되지 않고 기존 출원인 중 일부가 도태되는 것을 의미한다. 가까운 미래에 스트레처블 태양광전지 기술은 성숙기로 접어들고 기술장벽이 높아질 것으로 예측되므로, 현재는 연구개발에 대한 전략적 판단과 투자가 중요한 시기로 판단된다. 따라서 스트레처블 태양광전지 기술에 대하여 특정 분야를 선점할 수 있도록, 기술분류를 세분화하고 강점이 있는 분야에 집중적인 연구를 추진하는 전략이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 한국에너지공단, 2016, “신·재생에너지의 이해,” p.08.
- [2] 특허청, 2019, 보도자료 “디스플레이가 쪽쪽늘어나요!”.
- [3] 서형기, 2017, “페로브스카이트 구조를 이용한 새로운 패러다임의 태양전지”.
- [4] 이상목 외 2인, 2017, “차세대 스트레처블 전극의 기술 개발동향”.
- [5] 유승현, 2014, 연구보고서 “고유연성 고효율 태양전지 기술과 응용 개발”.
- [6] 이종호, 2016, 연구보고서 “휴대용 전자기기 구동을 위한 고성능 신축성 화합물 반도체 태양전지 개발”.
- [7] 전용석, 2019, 연구보고서 “쉽게 늘어나는 기판에 제조되는 고효율 유무기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지 개발”.
- [8] Xiaotian Hu 외 13인, 2018, “Nacre-inspired crystallization and elastic “brick-and-mortar” structure for a wearable perovskite solar module”.
- [9] Chang Liu 외 6명, 2019, “Hydrothermally Treated SnO<sub>2</sub> as the Electron Transport Layer in High-Efficiency Flexible Perovskite Solar Cells with a Certificated Efficiency of 17.3%”.
- [10] 김대기 외 2명, 2014, “특허정보를 활용한 에너지 하베스팅 기술의 기술경쟁력분석: 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국을 중심으로”, 기술혁신학회지 제17권 1호
- [11] 서규원, 2011, “특허지표를 활용한 기술수준평가 연구방법론의 개발 및 적용”, 이슈페이퍼, 한국과학기술기획평가원
- [12] 한국지식재산전략원, 2016, “정부 R&D 특허기술동향조사 사업 기본 분석 실무 자료집”, p.39, 44, 50.
- [13] 한국지식재산전략원, 2017, “정부 R&D 특허기술동향조사 가이드북”, p.33.