

2024년도 2차
에너지기술개발사업
연구개발과제기획보고서

신재생에너지핵심기술개발
- 태양광 -

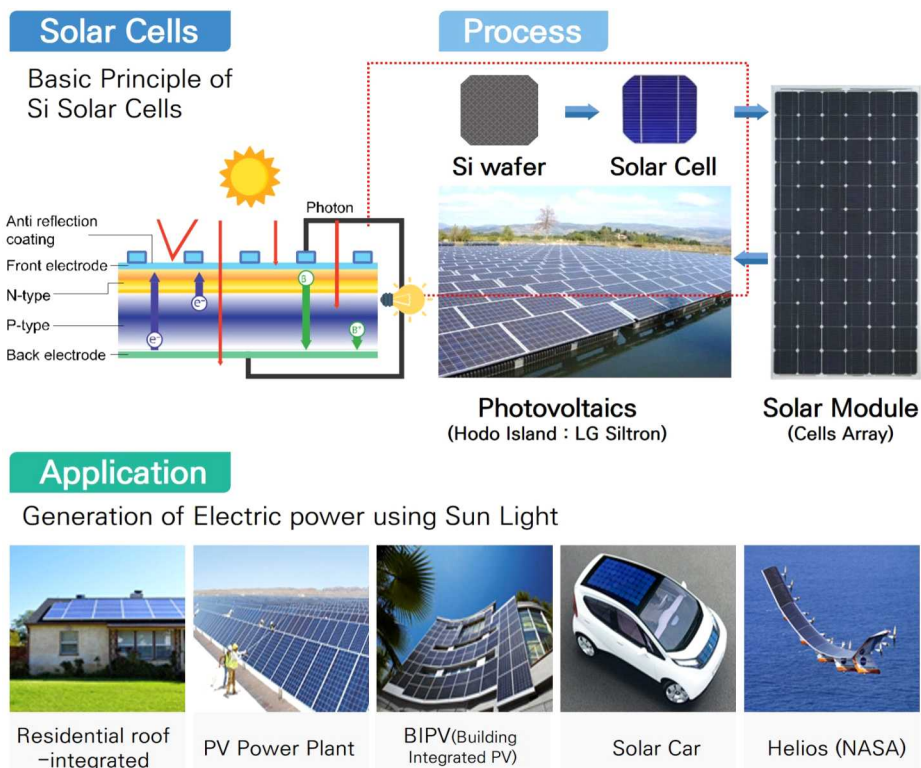
목 차

I . 동향분석	1
1. 개 요	
2. 산업·기술동향	
3. 특허동향	
4. 표준화동향	
5. 정부R&D 지원현황	
6. 시사점	
II . 기획대상연구개발과제 도출	32
1. 연구개발과제기획방향	
2. 개발위험 관리방안	
3. 기획연구개발과제 기술개요서(연구개발과제기획이력서)	

1. 개요

□ 개념

- 태양광 발전 시스템은 태양광을 흡수하여 광기전력 효과를 통해 전기를 생산하는 장치로, 태양전지(셀), 모듈, 인버터, BOS 등으로 구성
- 태양광 산업은 소재/셀/모듈 및 태양광 발전 시스템과 직접적으로 관련된 분야뿐만 아니라 장비·설계·시공·운영·모니터링 등 태양광 발전 시스템 기반 기술을 포함한 종합엔지니어링 기술 산업임



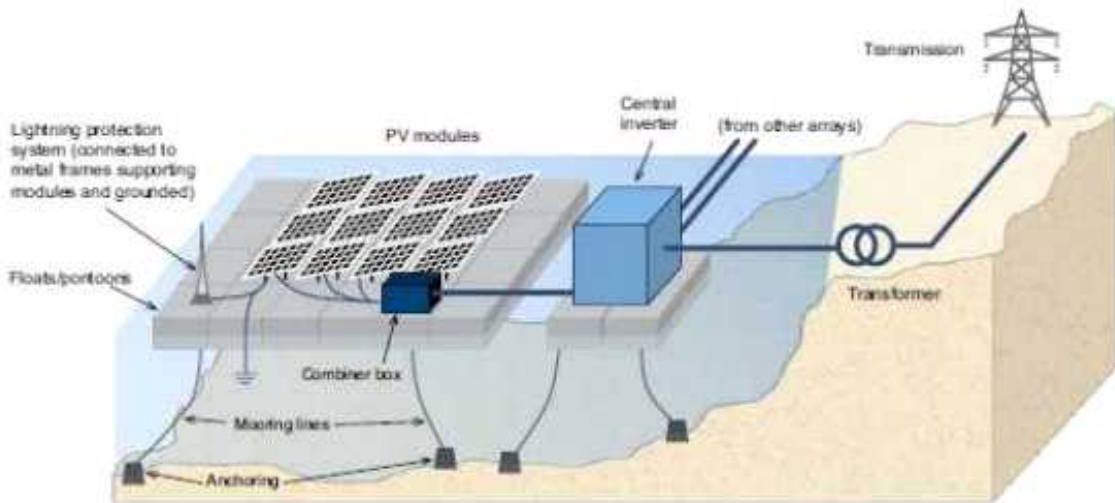
- 동 사업은 태양광 발전 시스템을 구성하는 소재-부품-장비-시스템 등의 성능을 개선하고 가격을 낮추는 데 필요한 기술과 태양광 발전 시스템을 활용한 에너지 융합기술을 개발하는 것을 목표로 함
- 「태양광 R&D 혁신전략(20.9)」과 「탄소중립 에너지기술 로드맵(21.12)」에 근거, 고효율·신시장·단가저감·순환경제·수용성제고 분야 집중 투자

- 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지는 결정질 실리콘 태양전지 위에 페로브스카이트 박막을 적층하여 다양한 파장의 태양광 이용률을 극대화함
 - 국내외 태양전지 제조기업들은 기존 실리콘 산업 인프라를 최대한 활용할 수 있는 탠덤 태양전지를 차세대 전지 중 가장 유망한 후보로 전망
- 전세계적으로 인정받는 태양광 효율측정 기관은 6~7개소로, 국내 기업과 연구기관이 개발한 차세대 태양전지·모듈을 해외 기관에 의뢰 중

< 글로벌 주요 태양광 효율측정기관 >

국가	기관명	국가	기관명
미국	National Renewable Energy Laboratory (NREL)	이탈리아	European Solar Test Installation (ESTI)
독일	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE)	일본	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
	Institute for Solar Energy Research in Hamelin (ISFH)	중국	National PV Industry Measurement and Testing Center (NPVM)

- 부유식 수상 태양광 발전 시스템은 내륙의 저수지, 하천, 댐 등에 설치된 시스템으로, 태양광 모듈이 설치된 부력체, 계류장치, 부유식 변전소, 케이블 등으로 구성
 - 수상 태양광은 공유수면을 사용하기 때문에 토지비용이 면제되고 수력 발전소와 연계하면 계통 구축 비용 절감할 수 있는 장점이 존재
 - 설치 환경에 따라 다르지만, 수면 냉각 효과로 인해 수상 태양광이 육상 태양광보다 5~15%가량 효율이 높은 것으로 알려져 있음



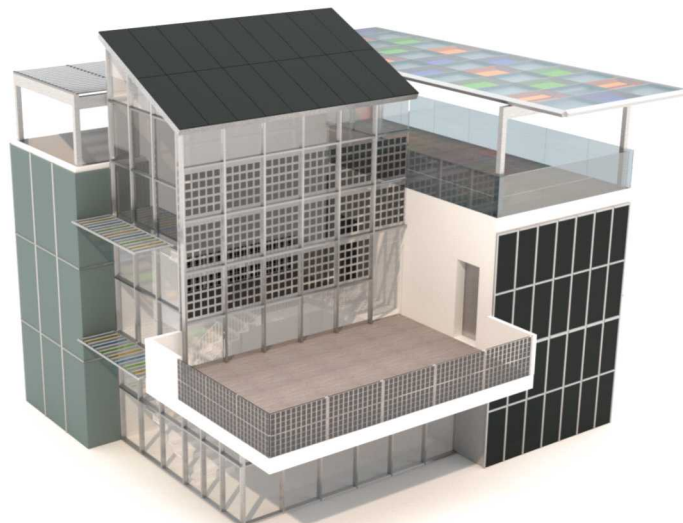
[그림] 부유식 수상 태양광 시스템 및 부유식변전소 구성

- 영농형 태양광발전은 일반 태양광과 달리 농지에서 태양광발전을 하면서 농기계 등을 활용해 농사를 병행할 수 있도록 하는 방식
 - 일반적으로 영농형 태양광은 논, 밭 등 경작지 상부에 모듈을 설치하는 방식(루프탑형)을 뜻하나, 최근 농지 경계면 또는 작물 사이에 모듈을 수직으로 설치하는 형태(펜스형)가 유망 기술로 떠오름



[그림] 작물 위 고정식 루프탑형(좌)과 작물 간 수직 펜스형(우) 태양광 시스템
(출처 : 한화솔루션(한화큐셀), 그랜드썬기술단)

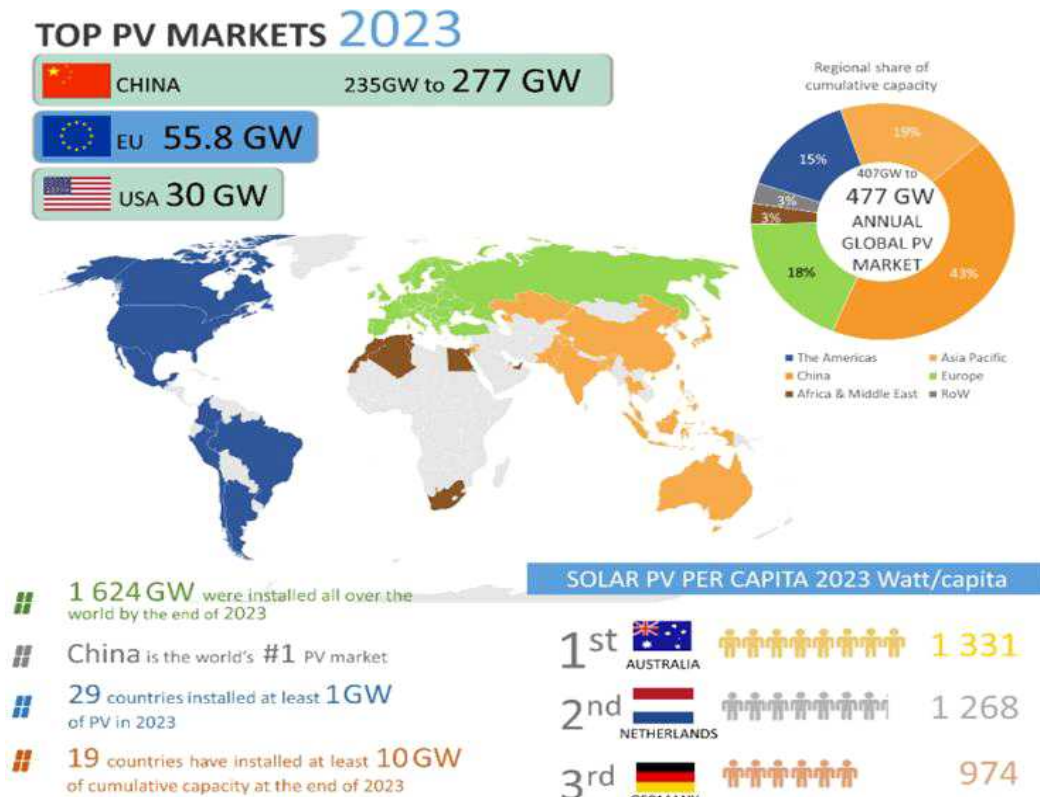
- 건물 일체형 태양광 발전(Building Integrated Photovoltaics; BIPV) 시스템은 지붕이나 외벽, 창호 등 다양한 건물 부위에 일반 건축외장재를 대체하며, 기존 건축 자재와 동일한 기능 및 편의성을 제공하고 건물에서 사용하는 전력 관련 비용을 절감할 수 있는 장점이 있음
 - BIPV 시스템은 우리나라의 제한적인 태양광 발전 시스템 설치면적과 자연훼손의 문제를 해결하며, 탄소중립 실현과 제로에너지건축물 조성에 중요한 역할을 할 수 있음



[그림] 건물 일체형 태양광 발전(BIPV) 시스템 개념도

□ 주요이슈

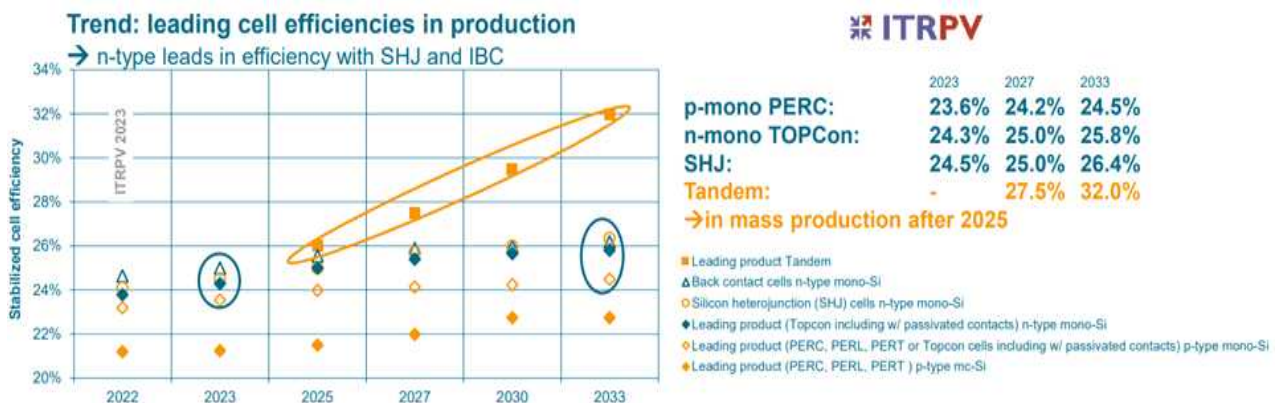
- '23년 글로벌 태양광 신규 설치 용량은 전년(236GW) 대비 크게 증가한 407~446GW로 분석되었으며, 누적 보급 용량은 약 1,624GW를 기록
 - * 신규 설치 용량(GW) : ('20) 146 → ('21) 175 → ('22) 236 → ('23분석) 407~446



[그림] 2023년 글로벌 태양광 시장 이정표
(출처 : IEA PVPs, 2024)

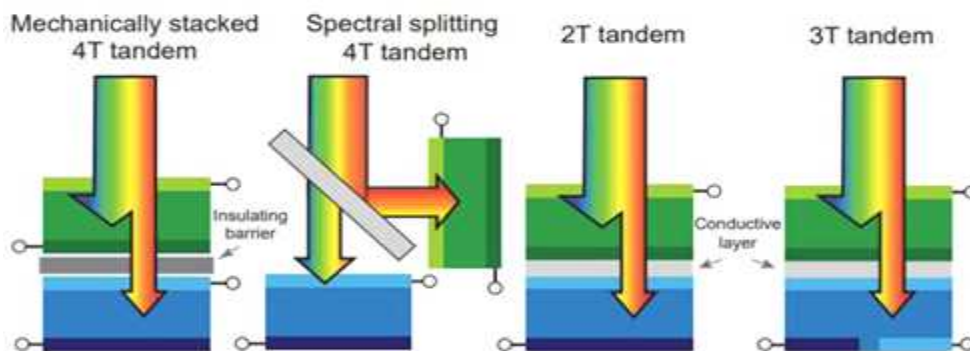
- '23년 국내 태양광 신규 설치량 약 3.1GW(잠정치)로, '20년(4.7GW)을 정점으로 감소 추세이나 매년 약 3GW 내외 지속 보급 중
 - * 국내 신규 설치 용량(GW) : ('19) 3.9 → ('20) 4.7 → ('21) 3.9 → ('22) 3.1 → ('23잠정) 3.1
- 지속되는 기후 위기와 우크라이나-러시아 전쟁 등 국제적 이슈로 인해 세계 각국은 탄소배출량 저감과 단기적인 에너지 자립도 확보를 위해 재생에너지로의 전환 정책을 빠르게 추진 중
- 전통적인 에너지원들의 급작스러운 LCOE 상승과 각국의 재생에너지 지원 정책으로 인해 글로벌 태양광 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 공급자가 태양광 모듈의 가격을 결정할 수 있는 환경으로 변모하고 있음
- 미국의 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act) 통과에 따라 태양광 수요 지원과 생산설비 확보로 미국 내 태양광 수요가 대폭 확대될 전망

- 유럽은 최근 급등한 에너지 비용을 낮추고 러시아산 석유·가스에 대한 의존도에서 독립하기 위해 재생에너지 비중을 확대하는 'REpowerEU' 계획을 발표하고, 관련 산업 지원을 위한 그린딜 산업 계획(Green Deal Industrial Plan)과 넷제로 산업법(Net Zero Industrial Act)을 제안하여 유럽 내 태양광 생산설비 투자 점차 증가 중
- '22년 소면적 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 효율 30%를 돌파한 후 '23년 33.9%를 달성하며 기술개발 가속화
- 獨 ITRPV는 탠덤 태양전지 양산 시기를 '26년에서 '25년으로 앞당겨 전망



[그림] 태양전지 기술별 양산효율 전망
 (출처 : ITRPV 2023)

- 美 NREL은 4단자(4T) 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 모듈은 2T 탠덤 태양전지와 다르게 별도의 전류정합(Current Matching) 설계가 필요 없기 때문에 탠덤 모듈 초기 시장형성에 기여할 수 있다고 주장
- 4단자(4T) 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 모듈 구성은 상부 모듈과 하부 모듈을 각각 별개의 공정으로 제작한 뒤 광학적으로 중첩시켜 동작하는 형태



[그림] 단자별 탠덤 태양전지의 구조
 (출처 : NREL, 2024.)

- 국내 기업 및 연구기관이 개발한 태양전지와 모듈을 해외 기관에 의뢰하는 시간·비용 손실로 R&D 경쟁력 저하 우려
 - 차세대 페로브스카이트 및 탠덤 태양전지 공인 효율 측정은 美 NREL에 의존 중이며, 소요되는 비용은 샘플당 2~3개월, 기간은 200~400만원 수준
- 유럽, 미국 등에서 보고되는 연구에 적용되는 소재는 태양전지 성능 기반의 소재(전구체)가 아니고 화학회사에서 제조된 소재를 사용 중으로, 태양전지 성능에 격차가 크고 소재의 안정적 공급이 어려워 특정 기업 독점 발생
- 수상 태양광이 육상 태양광 대비하여 LCOE가 25.5%가량 낮다는 연구결과 존재(인도네시아 자바지역 기준)
 - 수면 냉각효과로 인해 수상 태양광 모듈 온도를 낮춰, 육상 태양광 대비 5~15%가량 효율이 높게 운영 가능

구분	연간 온도분포(°C)	연간 전력생산량(GWh/year)	LCOE(Cents/kWh)
수상 태양광	16~24	1.439	9.81
육상 태양광	25~35	1.408	13.18

(출처 : AP Sukarso and KN Kim, Energies 2020)

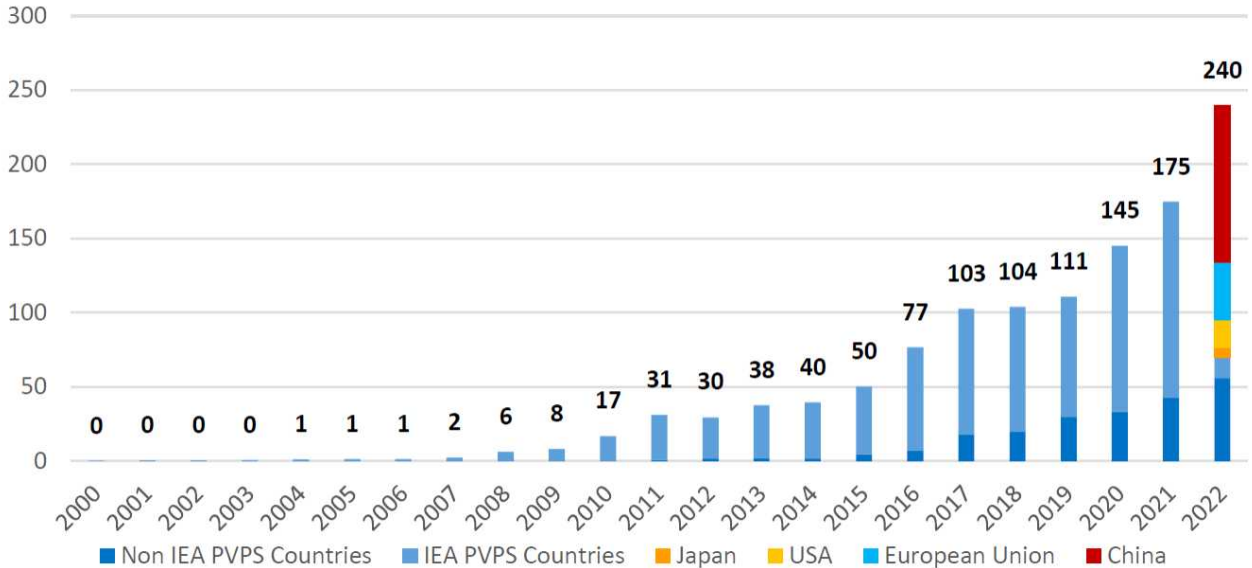
- 국내 건국대 연구 결과에서도 이론적 시뮬레이션과 합천댐 수상 태양광 실증을 통해 수면 냉각 효과에 의한 발전량 개선을 확인
- 수상 태양광 발전소 구성 시 육상의 메인 변전소(154kVA) 중심으로 배전용 부유식 변전소(22.9kVA)를 태양광 모듈과 근거리에 설치하면 전력변환 효율 개선과 경제성 확보 가능
- 수상 태양광 전기설비는 시공 후 전기사업법에 의한 사용전검사를 받아야 하나 현재 수상 전기설 포함 부유식 변전시설에 관한 사용전점검 규정이 부재하여 사업추진이 어려움
 - * (관계법령 ①) 한국에너지공단 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」 별표 1 공급인증서 발급대상 설비 기준 (3)수상태양광 시설 기준
 - * (관계법령 ②) 「전기사업법」 제63조(사용전검사), 「전기사업법 시행규칙」 제31조 (사용전검사의 대상·기준 및 절차 등), 「사업용전기설비의 검사업무 처리규정」
- 농식품부는 농촌 태양광 활성화를 위해 염해농지 일시사용 허가기간 연장(8~23년), 농지전용 면적 제한 완화(1~3 ha), 태양광 농지 보전부담금 50% 감면(18.2~19.12) 등의 지원 정책을 실시하였으나, 일부 난개발과 주민 수용성 저하 등 부작용 발생

- 농촌 주민은 투자에 소극적, 재생에너지사업에 대한 경험 및 전문성 부족 등으로 태양광 설치과정에 소외, 발전수익은 외지인이 독점
 - 대규모 염해간척농지에 태양광 설치로 임차농 경작권 상실 및 주변 농지 임대료 상승 등 지주-임차농간 갈등 발생
- 건물 벽면과 지붕에 설치되는 BIPV의 경우에는 불량발생 시 교체가 용이하지 않기 때문에 건물 수명주기에 대응할 수 있는 내구성과 안전성 확보 필요
- 건물 수명주기(50년)와 모듈 수명(20~25년 보증)의 미스매치가 해소되면 건물형 태양광 보급 활성화에 크게 기여 가능

2. 산업·기술 동향

□ 해외 동향

- 전 세계적인 탄소중립 정책과 에너지 안보 강화 기조에 따라 태양광 보급 확산 지속, '22년 태양광 신규 보급 용량 240GW를 달성하여 누적 보급 용량 1.2TW 돌파



[그림] 연도별 태양광 신규 보급 용량(GWp)
(출처 : IEA PVPs, 2023)

- 현재 태양광 산업의 주류 기술인 PERC 태양전지는 효율 한계치에 도달함에 따라 기존의 결정질 실리콘 산업을 활용하는 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양광 기술개발 및 투자가 확대되고 있음
 - 美 DOE는 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 개발을 위해 MIT와 CU Boulder에 각각 900만 불 지원 발표
- 지속적인 차세대 태양전지 기술에 대한 투자로 인해 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 R&D 성과가 연이어 발표되는 중
 - 소면적에서는 '22.12월 獨 베를린공대(HZB)가 32.5%, '23.5월 사우디아라비아 KAUST가 33.7%를 기록하였으며, 中 Longi Solar가 '23.11월 33.9% 효율을 발표하며 세계 최고효율 갱신
 - 獨 Oxford PV는 M4 웨이퍼 기반 28.6%, M6 기반 26.8% 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지를 발표함

- 현재까지 페로브스카이트 단일 접합 태양전지 기술은 용액공정 위주였으나 점차 건식공정 기술개발 확대 중, 상용 규모의 대면적 탠덤 태양전지 제조공정 및 설비 개발은 완료되지 않은 상태임
- 최근 중국과 인도를 중심으로 영농형 태양광에 대한 연구개발과 실증을 확대하고 있으나 표준 및 시공 기준에 대한 공식적인 발표는 부재
 - 中 중앙정부의 적극적인 지원책에 힘입어 '13년 영농형 태양광 보급을 시작하여 '16년부터 보급을 확대, 서부지역에 구축되었으며 농민보다는 에너지 설비회사에서 집중으로 설비 구축 중임
 - * 50MW 이상 설비가 전체 구축된 태양광의 70% 차지
 - 인도는 정부 주도로, 300kW 이내 규모 기초연구, 1MW급 정부 실증사업, 1MW 이상의 상업화 사업으로 구분하여 추진 중
- 유럽, 일본 등에서는 영농형 태양광 수용성 개선을 위한 다양한 비즈니스 모델 개발과 제도적 지원방안 마련 중
 - 유럽 태양광 관련 협회 SolarPower Europe(SPE)에서는 영농형 태양광의 주요 비즈니스 모델과 장점을 조명하는 모범 사례 가이드라인(agrisolar best practice guidelines) 발표
 - 日에서는 '03년 첫 프로토타입을 설치, '13년 3월 농림수산성의 지침에 따라 농용지구역에 일시사용허가 형태로 조건부 설치 허가를 통한 확산되었으며, NEDO에서는 '21년 영농형 태양광의 안전 확보용 설치 가이드라인(지침) 제정
 - * 일본의 영농형 태양광 대부분은 50~200kW의 소규모 발전소가 주를 이루나, 1MW 이상 대규모 영농형 태양광도 운영되고 있으며, 대상 작물은 벼와 밭작물이 대부분임
 - * 일본의 일시전용허가는 2,653건('20년 3월말 기준 누계)으로 전년 대비 661건 증가, '19년 3월 기준 일시전용허가는 약 3,000~3,500건, 2023년은 약 4,000~5,000건
 - 獨은 영농형 태양광 수용성 확보를 위해서 농업용 품질 보증을 위한 테스트 절차 등 설치 가이드라인(지침) 제정(DIN SPEC 917434: 2021-5)
 - 佛 환경 및 에너지 관리청(ADEME)은 영농형 태양광 발전을 명확하게 정의하려는 목적으로 영농형 태양광 발전에 대한 새로운 가이드라인 게재
 - 利 재생에너지협회인 ANIE Rinnovabili, Italia Solare 및 Elettricità Futura는 영농형 태양광 시스템 대한 일련의 표준을 정의하는 공동 입장 문서 발표, 작물 위 루프탑 방식과 작물 사이 설치 방식 등 2가지 범주로 구분

- SolarPower Europe은 '23년 발표한 부유식 수상 태양광발전 가이드라인 (Floating PV; Best Practice Guidelines)에 따르면, '22년 글로벌 부유식 수상 태양광 신규설치용량은 2.3GW로 전년대비 68% 성장, 누적설치용량 5.7GW
 - Frost & Sullivan이 발표한 보고서*에서는 부유식 수상 태양광이 재생에너지를 생산하면서 증발로부터 물을 절약하고 토지를 절약하는 장점으로 향후 주요 시장에서 게임체인저가 될 수 있다고 전망
 - * Technological Advancements in Floating Solar Technologies('22.2)
 - 우드맥킨지 분석에 따르면 부유식 수상 태양광 시장은 '21년 대비 '22년 150% 성장하였고 '26년 이후 매년 6GW 이상 보급 전망, IEA PVPS가 전망한 '30년 글로벌 부유식 수상 누적설치용량은 60GW로, 보급잠재량은 3-7TW 수준
- 해외 대형 수상형 태양광 발전소에는 케이블 사용을 줄여 LCOE를 저감할 목적으로 부유식 변전소가 대부분 적용되어 있음
 - * DC 케이블 AC 케이블로 대체 시 전체 설치비용의 약 15% 비용 절감 기대
 - * 태양광 모듈과 변전 설비간 거리를 줄여 전압강하에 의한 전력손실 감소



(싱가폴)



(태국)

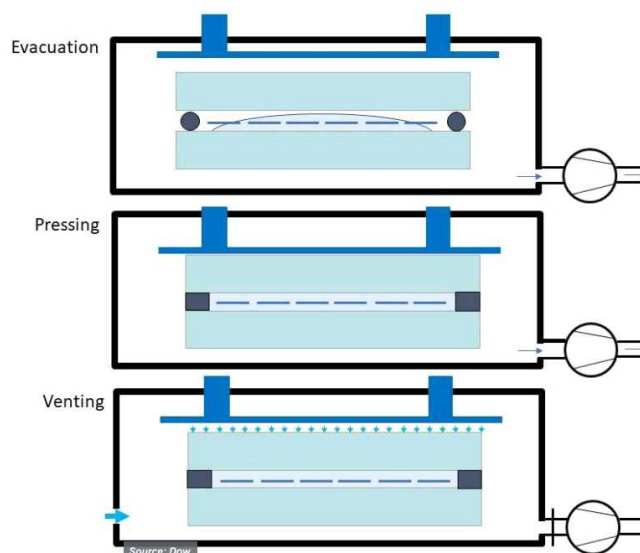


(네덜란드)

[그림] 부유식 수상 변전소 적용 사례

- 결정질 실리콘 태양광 모듈 수명은 태양광 소재 및 기후 환경에 영향
 - 유럽 최초의 계통연결 태양광 프로젝트인 스위스의 TISO 10kW 발전소에 대한 최근 연구에서 봉지재(encapsulant) 등 소재 선택에 따른 장기 옥외성능에 대한 영향 발표. 35년간의 옥외 운영 결과, 일부 모듈은 출력 감소율이 20% 미만 이었는데, 황변의 차이로부터 봉지재 선택이 성능 저하의 주요 원인으로 결론
 - CEA(Clean Energy Associates)의 최신보고서(Solar PV Module Quality Risks)는, 8년간 16개국 148개 현장에서 300,000장 이상의 모듈에 대한 EL 테스트 실시 결과 미세균열 최근 급증(+47%) 발표, 진행성 불량으로 발전 우려
 - 해당 현장의 모듈 55% 속에 존재하지 않는 원치 않는 물질이나 잔해가 발견됨

- GCube Insurance의 최신보고서(Hail No!)에 따르면 '18~'23년 우박 피해 보험청구액은 건당 평균 약 5,840만\$로, 기후변화로 인한 우박피해가 태양광 발전에 심각한 위협이 될 수 있다고 경고
 - * 전체 청구 건수의 1.4%에 불과하지만 발생 비용의 54.2%차지
- 대면적 모듈의 LCOE 감소를 위해 얇고 깨지기 쉬운 유리를 적용하는 것이 주요 원인이며, 우박 위협에 취약한 위치에 설치되어 재정 건전성 손상
- Maxeon Solar의 경우에는 '22년부터 n형 IBC 후면전극 태양광 모듈 제품의 품질·전력 성능·서비스를 포괄하여 40년 보증
 - * 모듈은 작동 첫해 동안 2% 이내의 출력감소 및 향후 39년간 경년열화 0.25%/year 보증(즉, 40년 초기출력의 88% 이상 보증)
- n형 모듈의 시장 점유율이 증가하면서 출력보증은 25년 간 초기출력의 85% 이상, 제품(하자)보증은 12년 이상 제공하는 것이 보편적임
- 美 화학회사 Dow는 실리콘 실란트(sealant) 제품 구성을 확장하여 태양광 모듈 조립 및 BIPV 설치 재료를 위한 신제품 생산라인에 추가
 - 장수명(50년 주장) 건물형 태양광(BIPV) 모듈 봉지용 실리콘(silicone) 봉지재와 투명 가장자리 실란트(edge sealant) 개발 및 생산확장 추진 중



[그림] DOW의 실리콘 봉지재용 상온 압착 라미네이터 구조 및 동작 원리

□ 국내 동향

- Solar Power Europe(2022.03) 보고서에 따르면, 국내는 '26년까지 지속적으로 연간 17%씩 태양광 시장이 확대될 것으로 전망
- '22년 국내 태양광 보급은 전년 대비 감소한 3.0GW로 집계, '23년에도 15% 감소한 2.7GW 수준으로 예상(수출입은행, 2023년 상반기 태양광산업 동향)
- 고려대학교와 한국화학연구원에서 용액공정을 이용한 소면적 페로브스카이트 태양전지로 25% 이상의 고효율 태양전지를 발표한 이래 '22.12월 UNIST에서 효율 25.8%로 최고효율을 자체 갱신함
- 한화솔루션은 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 효율 29.3% 달성을 발표하였으며, 향후 양산을 목표로 탠덤 태양전지 및 모듈 파일럿 라인 구축 계획을 발표
- 한국에너지기술연구원과 한국산업기술시험원은 정부 지원을 통해 M12 웨이퍼 면적까지 측정이 가능한 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 효율측정 시스템 구축
 - 해외 선도 시험기관과의 상호 비교측정을 통해 개발된 측정기술의 신뢰성 검증완료(효율 측정결과의 불일치도 $\pm 1.5\%$ 이내 달성), 해외 시험기관 대비 탠덤 태양전지 효율 측정단가 60% 이하 수준 및 3주 이내 대응 확보
- 농지법 개정('19.7) 이후 염해간척농지*에 한해 제한적으로 23년간 일시사용허가로 태양광 사업 진행할 수 있으나, 다른 농지는 일시사용허가 기간이 8년으로 제한되어 경제성을 확보할 수 없는 상황
 - * 공유수면 매립 토지로 90% 이상 면적이 염도 5.5dS/m 이상의 생산성 낮은 토지
 - '17~'22년 농지에 설치된 태양광은 '농지전용(상대농지)'이 대부분(97%)이며, '20년 이후 일시사용허가를 이용한 염해간척농지 태양광도 일부 추진 중

< 기존 농지에 대한 태양광 사업 입지규제 >

농지 구분	총 면적	농지전용 가능 여부	일시사용허가 기간
농업진흥구역 (절대농지)	67만ha	불가	8년(실증연구 한정)
염해간척농지	2.6만ha	불가	23년
농업진흥구역외 (상대농지)	88만ha	가능	8년(개정 예정)

* 전체 농지는 155만ha(155억m²)로 절대농지와 상대농지로 구분

- 농식품부는 농업진흥구역 외 농지에 한해 일시사용허가를 23년으로 연장하는 「영농형 태양광 도입전략(24.4)」을 발표하고, '25년까지 법적 근거 마련 추진
- 우리나라에서는 수상형 태양광 설치 시 결정질 실리콘 모듈 성능 표준 (KS C 8561)에 따른 “고내구성·친환경 태양광발전 모듈” 설치를 의무화 하여, 납 함량 기준 등 환경성을 강화함
 - * (관계법령) 한국에너지공단 「신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침」 별표 1 신·재생에너지 설비 원별 시공기준 2. 태양광설비 시공기준
- 수상 태양광 전기설비는 시공 후 전기사업법에 의한 사용전검사를 받아야 하나 현재 수상 전기설 포함 부유식 변전시설에 관한 사용전검사 규정이 부재
 - * (관계법령 ①) 한국에너지공단 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙」 별표 1 공급인증서 발급대상 설비 기준 (3)수상태양광 시설 기준
 - * (관계법령 ②) 「전기사업법」 제63조(사용전검사), 「전기사업법 시행규칙」 제31조 (사용전검사의 대상·기준 및 절차 등), 「사업용전기설비의 검사업무 처리규정」
- 산업부 BIPV 산업생태계 활성화 방안 ('22 10. 발표)에 따라서 R&D 사업화 성과 제고를 위한 시장창출형 기술혁신 지원 중

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

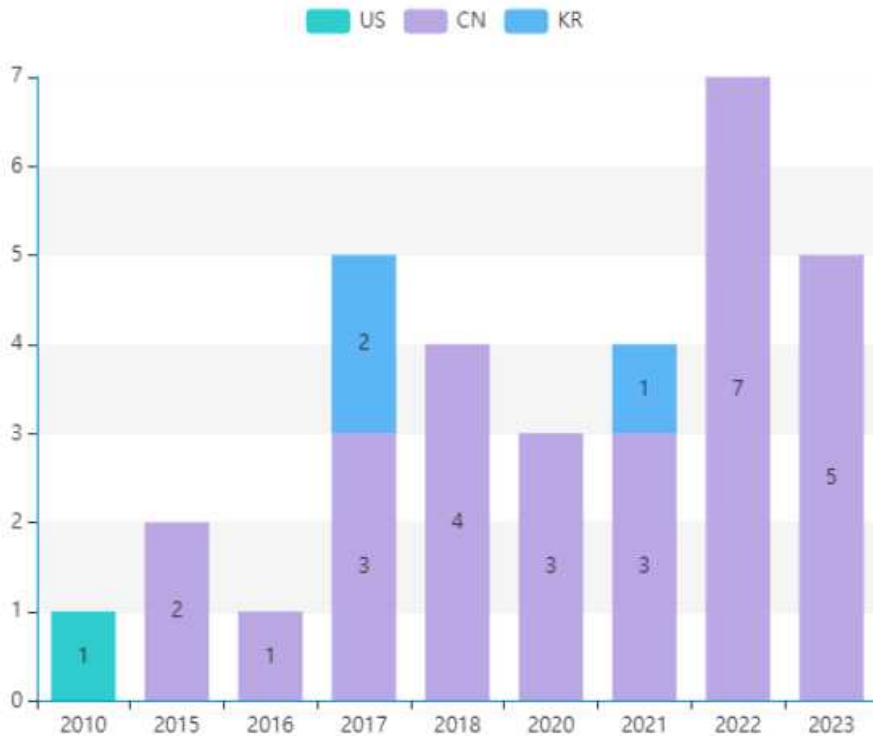
- 영농형 태양광은 발전업과 농업이 결합된 기술로 다양한 법·제도와 안전성·환경성·경제성을 고려하여 추진되어야 함
 - 농기계 운영과 설하중/내풍압 등을 고려한 구조물과 침수 시 절연성 등 전기 안전 확보 방안, 주요 소재 등 환경성 점검 요구됨(KS 인증 확보 방안 필요)
- 부유식 변전소 기술개발 결과의 실증 추진을 위해서는 기 구축된 수상 태양광 발전시설을 우선 활용해야하며, 안전기준이 부재한 상태에서 실증 시스템의 계통연계를 위해서는 「산업융합촉진법」에 따른 산업융합 규제샌드박스를 통해 “실증을 위한 규제특례”를 받아야 함
- 수상 태양광용 부유식 변전소 개발 과제는 수상 태양광 설비에 접지 및 수중 케이블에 의한 감전 및 설치 시 넘어짐, 이동, 계류 장치 설치 등의 위험성 다수 존재하여 별도의 안전관리방안을 마련하여 관리해야 함
- 태양광 실증 시스템 설치업체(하도급사 포함)는 전기공사 자격증 보유 필수

3. 특허 동향

(1) 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 효율측정 기술 고도화

□ 국내외 트렌드

- 전 세계적으로 중국(87.5%), 한국(9.4%), 미국(3.1%) 순으로 특허 출원 비중 차지



□ 해외 동향

- (중국) 페로브스카이트 태양전지 성능 측정 장치, 성능 측정 방법 관련 특허가 다수 출원
 - * 페로브스카이트 태양전지 성능 측정 장치(14건), 페로브스카이트 태양전지 성능 측정 방법(5건) 순
- (미국) 단접합과 탠덤 접합 태양광 전지 시험장치의 시뮬레이터에 사용되는 캘리브레이션 방법에 관하여 1건의 출원 있음
- (유럽) 유럽의 출원건은 조사되지 않았음
- (일본) 일본의 출원건은 조사되지 않았음

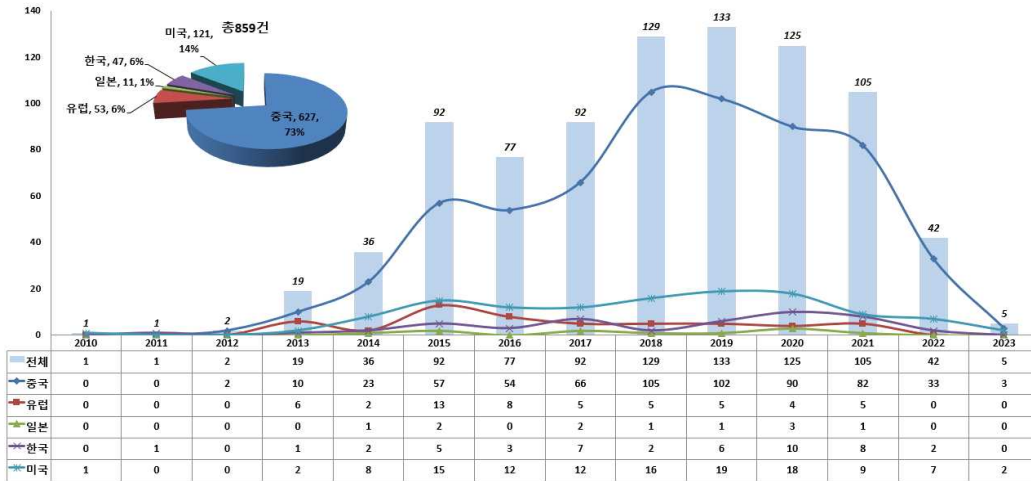
□ 국내 동향

- 페로브스카이트 태양전지의 양자효율 측정장치 및 그 제어방법에 관한 출원과 페로브스카이트 광전자 디바이스들의 자동화된 성능 평가를 위한 시스템 및 방법에 관한 출원이 각각 1건 있음

(2) 건식공정 적용 탠덤 상부셀용 핵심소재 기술개발

□ 국내외 트렌드

- 전 세계적으로 중국(73%), 미국(14%), 유럽(6%) 순으로 특허 출원 비중 차지



□ 해외 동향

- (중국) 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 또는 이들 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 기술, 재료선택 기술, 액체 증착을 사용하는 기술, 유기 반도체와 무기 반도체 사이의 이종 접합을 포함하는 기술, 광전지 [PV] 장치기술 관련 특허가 다수 출원
 - * 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 또는 이들 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 기술(233건), 재료선택 기술(33건), 액체 증착을 사용하는 기술(22건), 유기 반도체와 무기 반도체 사이의 이종 접합을 포함하는 기술(18건), 광전지 [PV] 장치기술(15건) 순
- (미국) 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 또는 이들 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 기술, 능동 부분으로서 유기 재료를 이용하거나 능동 부분으로서 유기 재료와 다른 재료와의 조합을 이용하는 고체 장치 기술, 감광장치기술, 납 화합물 기술, 반도체 장치 또는 고체 장치 또는 그러한 부품의 제조 또는 처리에 특별히 적용되는 방법 또는 장비기술 관련 특허가 다수 출원
 - * 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 또는 이들 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 기술(17건), 능동 부분으로서 유기 재료를 이용하거나 능동 부분으로서 유기 재료와 다른 재료와의 조합을 이용하는 고체 장치 기술(16건), 감광장치기술(15건), 납 화합물 기술(4건), 반도체 장치 또는 고체 장치 또는 그러한 부품의 제조 또는 처리에 특별히 적용되는 방법 또는 장비기술(4건) 순

- (유럽) 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 또는 이들 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 기술, 페라이트 (ferrite)를 기재로 하는 기술, 후처리 기술, 화합물·혼합물 또는 고용체의 증착기술, 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 것에 특별히 적용되는 구성부품을 가지는 기술, 능동 부분으로서 유기 재료를 이용하거나 능동 부분으로서 유기 재료와 다른 재료와의 조합을 이용하는 고체 장치 기술 관련 특허가 다수 출원
- * 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 또는 이들 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 기술(14건), 페라이트 (ferrite)를 기재로 하는 기술(2건), 후처리 기술(2건), 화합물·혼합물 또는 고용체의 증착기술(2건), 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 것에 특별히 적용되는 구성부품을 가지는 기술(2건), 능동 부분으로서 유기 재료를 이용하거나 능동 부분으로서 유기 재료와 다른 재료와의 조합을 이용하는 고체 장치 기술(2건) 순

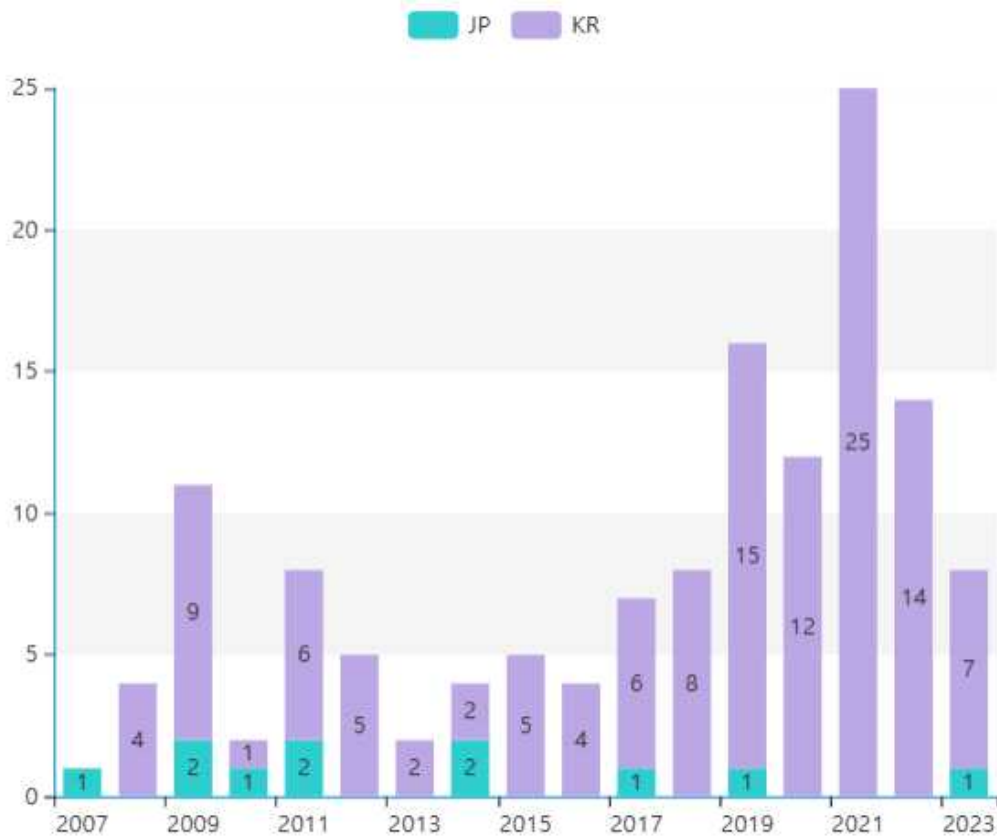
□ 국내 동향

- 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 또는 이들 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 기술, 피복기술, 납 화합물 기술, 피복재료 기술, 금속질재료 이외의 무기질재료의 증착에 특징이 있는 기술 관련 특허가 다수 출원
- * 복사선 에너지를 전기적 에너지로 변환하든지 또는 이들 복사선에 의해 전기적 에너지를 제어하는 기술(4건), 피복기술(3건), 납 화합물 기술(2건), 피복재료기술(2건), 금속질재료 이외의 무기질재료의 증착에 특징이 있는 기술(2건) 순

(3) 건물 수명주기를 고려한 장수명 BIPV 모듈 개발

□ 국내외 트렌드

- 전 세계적으로 한국(89%), 일본(11%) 순으로 특허 출원 비중 차지



□ 해외 동향

- (일본) 건물 일체형 태양광 발전 지붕, 태양전지 모듈용의 암색 봉지재 시트 관련 특허가 다수 출원됨
 - * 발전 지붕(3건), 밀봉재 시트(2건), 건물 일체형 태양광 발전시스템용 접속 모듈(2건) 순
- (미국) 미국의 출원건은 조사되지 않았음
- (유럽) 유럽의 출원건은 조사되지 않았음

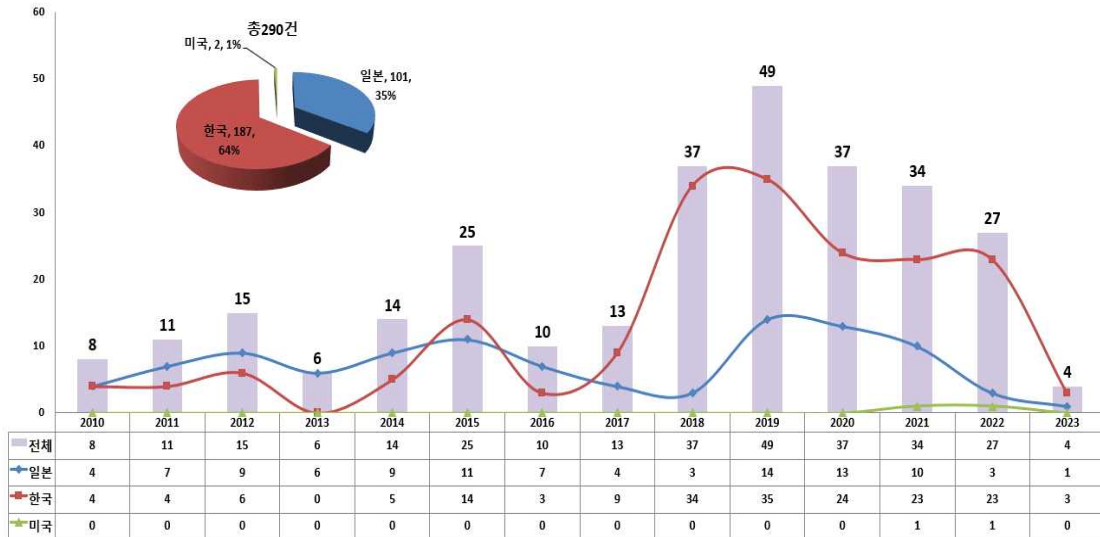
□ 국내 동향

- 건물 일체형 태양광 발전 시스템, 건물 일체형 태양광 발전에 대한 모니터링 시스템, 건물 일체형 태양광 발전 지붕, 외장재, 건물 일체형 태양광 모듈, 건물 일체형 태양광 발전설비의 냉각 장치 등에 관한 특허가 다수 출원됨
 - * 발전 지붕(33건), 발전 모듈(25건), 발전장치/시스템(16건), 외장재(8건), 발전 모니터링(5건) 순

(4) 유희부지 적용 영농형 태양광 표준모델에 대한 실증연구 및 시공기준 개발

□ 국내외 트렌드

- 전 세계적으로 한국(64%), 일본(35%), 미국(1%) 순으로 특허 출원 비중 차지



□ 해외 동향

- (일본) 온실기술, 온도조절 또는 관수 장치기술, 채광기술, PV 모듈 또는 단일 PV 전지의 어레이 기술, 무토재배(수경재배등) 기술 관련 특허가 다수 출원
 - * 온실기술(11건), 온도조절 또는 관수 장치기술(6건), 채광기술(5건), PV 모듈 또는 단일 PV 전지의 어레이 기술(5건), 무토재배(수경재배등) 기술(4건) 순
- (미국) 추적(tracking)기술, 태양 추적 기술 관련 특허가 다수 출원
 - * 추적(tracking)기술(1건), 태양 추적 기술(1건) 순
- (유럽) 유럽의 출원건은 조사되지 않았음

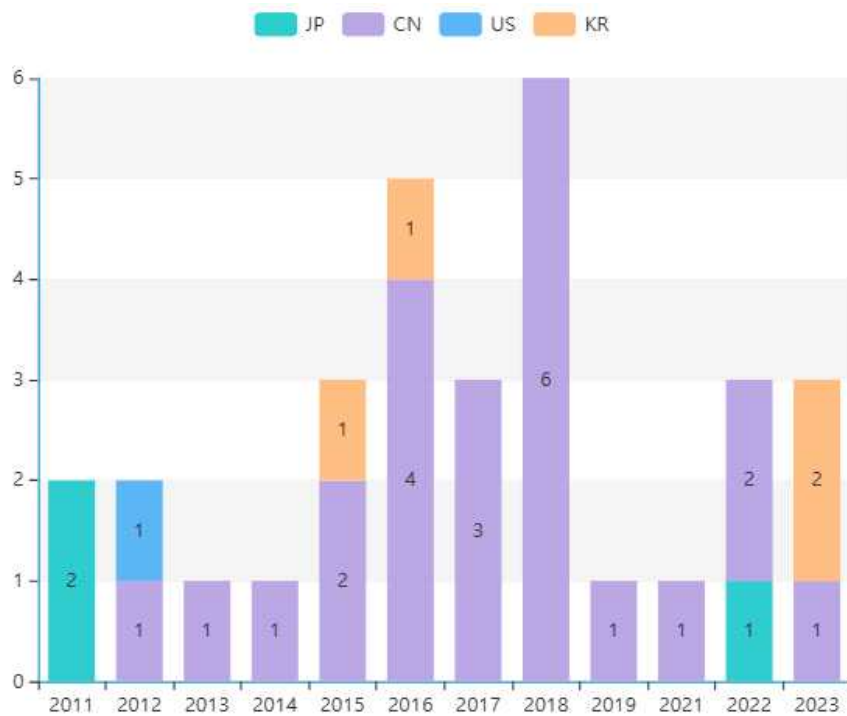
□ 국내 동향

- 이동 또는 조절가능한 지지 구조물 기술, 프레임 구조기술, 바닥에 직접적으로 고정된 지지 구조기술, 온도조절 또는 관수 장치기술, 온실기술 관련 특허가 다수 출원
 - * 이동 또는 조절가능한 지지 구조물 기술(25건), 프레임 구조기술(19건), 바닥에 직접적으로 고정된 지지 구조기술(14건), 온도조절 또는 관수 장치기술(12건), 온실기술(8건) 순

(5) 수출용 LCOE 경쟁력 확보를 위한 MW급 수상 태양광 부유식 발전소기술 개발 및 트랙레코드 확보

□ 국내외 트렌드

- 전 세계적으로 중국(77.5%), 한국(10%), 일본(7.5%), 미국(5%) 순으로 특허 출원 비중 차이



□ 해외 동향

- (중국) 다중 에너지 집적형 자기 발전 플랫폼, 회전식 태양 에너지 전환기, 다수의 태양광 패널을 탑재한 바지선, 피수 선택적 그라운드를 가진 단일 기둥의 소스 회로 컨버터에 대한 광기전성 바이폴러 관련 특허 등이 다수 출원됨
 - * 자기 발전 플랫폼(3건), 재생 가능 에너지 바지선(3건), 특수 로봇 장치(3건) 순
- (미국) 다수의 태양광 패널을 탑재한 바지선, 회전식 태양광 에너지 전환기 관련 특허가 각각 1건씩 출원됨
- (일본) 압력 부하 장치를 가지는 천칭 사용한 중력 발전장치와 연결하는 하이브리드 발전장치에 관한 특허가 출원됨

□ 국내 동향

- 추적식 수상 태양광 발전장치에 관한 특허가 1건 출원됨

4. 표준화 동향

□ 해외 동향

○ 전반적 동향

- 현재 태양광 분야 국제 표준화는 주로 전기기술 분야 국제표준기구인 International Electrotechnical Commission(IEC) 산하의 82번 Technical committee(TC)를 통해서 이루어지고 있음
- IEC TC82내에는 용어 및 정의(WG1), 측정원리 및 비집광형 모듈(WG2), 시스템과 주변장치(WG3&6), 집광형 모듈(WG7), 셀(WG8), 지지 구조체(WG9) 등의 Working Group이 구성되어 분업 및 협업하여 태양광 국제표준화를 추진하고 있음
- IEC에서는 현재 산업화가 완전히 이루어져 있고, 표준에 대한 수요가 많은 기술 분야에 대해서만 국제표준(International Standard, IS)을 제정하고 있으며, 아직까지 산업화가 완벽하지 않거나, 수요가 적은 분야는 국제표준 이전 단계인 기술 규격(Technical Specification, TS) 또는 기술보고서(Technical Report, TR) 형태의 가이드 문서를 제작하여 발표하고 있음
- 태양광발전 소자의 발전성능 측정 : 태양광발전 소자의 기본적인 발전 성능 평가 기준은 IEC 60891 및 60904 시리즈 표준으로 정립이 되어 가고 있음. 60904 시리즈 표준에서는 태양광발전 소자의 IV 특성곡선 및 분광응답도 측정 원리, 그리고 이러한 측정을 위해 요구되는 각종 시험 장비 및 기준 태양전지(reference solar cell)의 요구조건 등을 다루고 있으며, 지난 2017년에는 다중접합 소자의 IV 특성곡선 및 분광응답도 측정 원리가 정식으로 시리즈 표준에 포함되었음. 또한 최근에는 양면형 태양광발전 소자의 IV 특성곡선 측정법(TS 60904-1-2: 2019), 태양광 모듈에 대한 전계발광(electroluminescence; EL) 측정 방법(TS 60904-13:2018), 그리고 생산라인에서의 모듈 출력 평가 방법(TR 60904-14:2020) 등이 TR 및 TS 문서로 포함되었으며, 이 문서들은 수년간의 시범 사용기간을 거친 후 정식 표준으로의 편입 여부가 결정될 예정임
- 기타 집광형 태양광발전 소자의 발전성능 측정을 위한 평행 빔(collimated beam) 솔라시뮬레이터의 성능 요구조건 또한 60904 시리즈 편입을 전제로

표준화가 진행되고 있음

- 태양광발전 소자에 대한 기타 분석법 : 태양광발전 소자의 발전성능 측정 이외에, 개발, 생산 및 설치 현장에서의 요구도가 높은 적외선 열화상(infrared thermography) 측정이나, PID(potential induced degradation) 측정, LID(light induced degradation) 측정, 그리고 LeTID(light and elevated temperature induced degradation) 측정 등과 같은 기타 분석법들 또한 표준화가 완료되었거나 진행되고 있으며, 이 중에서 PID 측정의 경우 태양광 모듈 성능인증을 위한 표준인 IEC 61215 최신판 (61215-1:2021)에 내구성 시험 항목으로 추가되었음
- 언급된 분석법들에 대한 현재까지 표준화 진행 상황은 아래와 같음
 - a. 태양광 모듈 및 발전소에 대한 야외 적외선 열화상 측정(IEC TS 62446-3:2017)
 - b. 결정질 실리콘 태양광 모듈에 대한 PID 측정(IEC TS 62804-1 :2015 & TS 62804-1-1:2020)
 - c. 박막 태양광 모듈에 대한 PID 측정(IEC TS 62804-2:2022)
 - d. 결정질 실리콘 셀에 대한 LID 측정(IEC 63202-1:2019)
 - e. 결정질 실리콘 셀 및 모듈에 대한 LeTID 측정(IEC TS 63202-4 :2022 & TS 63342:2022)
- 태양광 모듈 성능인증 : 태양광 모듈에 대한 발전 및 내구성능 평가 표준인 IEC 61215시리즈 표준이 2021년 개정되어 IEC TS 62782:2016의 동적 기계적 하중 시험(dynamic mechanical load testing), IEC TS 62804-1:2015 & 62804-2:2022의 PID 열화 시험 및 IEC TS 62915:2018의 재시험 형식승인과 안전요건 시험방법 등이 추가되었으며, 유연 태양전지 및 양면형 모듈 관련 시험들이 포함되었고, Nominal Module Operating Test(NMOT) 측정 및 관련 성능시험은 삭제되었음
- 태양광 모듈 안전성 인증 : 태양광 모듈에 대한 안전성평가표준인 IEC 61730시리즈 표준의 2판(2nd edition)이 2016년 발간되었으며, 2판에서는 보다 높은 모듈 안전성을 확보하기 위하여 기존 1판 보다 전반적으로 시험이 강화되었음
- 부품 시험평가 : IEC 62788시리즈를 통하여 태양광 모듈의 부품과 소재로 사용되는 고분자기반 전면재료, 봉지재, edge seal 물질들의 열적, 기계적,

전기적 내구성 및 내후성을 평가하고, 이를 통해 부품의 성능과 안전성을 강화하려는 표준들이 개발되고 있음. 이 분야 표준 개발에는 국외 유명 소재 기업의 참여도가 높음. 아울러 최근에는 결정질 실리콘 셀 제조용 웨이퍼에 대한 전기적 요구조건 또한 표준화가 진행 중임(IEC TS 63371-1 Ed.1 진행 중)

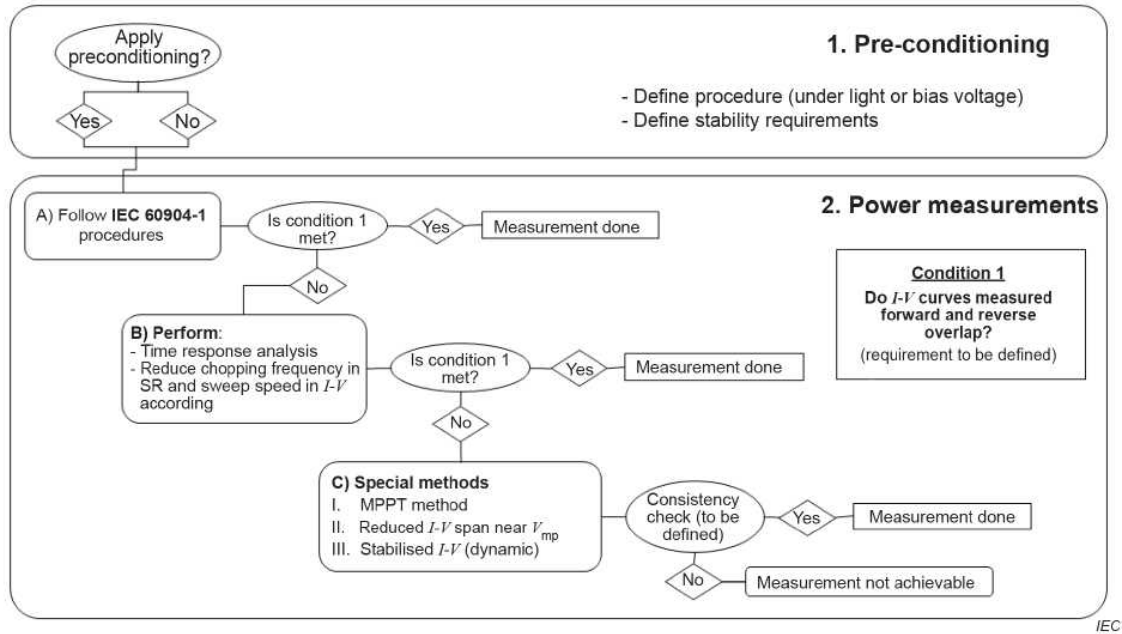
- 소형 태양광 모듈: 휴대용, 모바일용, 차량 부착용 중/단기 수명의 태양 전지 모듈의 성능인증을 위해 2021년에 IEC TS 63163:2021 (Terrestrial photovoltaic (PV) modules for consumer products - Design qualification and type approval) 이 개발 완료되었음
- BIPV : 건물적용 태양광 모듈 및 시스템과 관련하여 2020년에 IEC 63092-1:2020(모듈)와 IEC 63092-2:2020(시스템) 표준 개발이 완료되었음
- 태양광 모듈 관련 기타 표준화 이슈 사항 : 최근 차량에 직접화된 VIPV(Vehicle Integrated PV) 태양광 모듈의 출시가 점차 늘어남에 따라, 곡면형 태양광 소자(curved PV devices)의 발전성능 측정 방법에 대한 표준화 요구가 점점 커지고 있으며, 이에 대한 표준화가 논의되고 있음
- 태양광발전 시스템 : 태양광발전 시스템과 관련한 표준화는 아래의 분야들을 중심으로 이루어지고 있음
 - a. 피뢰시스템 : 건물 태양광을 직격뢰, 유도뢰, 간접뢰로부터 보호
 - b. 신뢰성향상 : 태양광 시스템의 강력한 신뢰성을 위한 로드맵 수립
 - c. 신뢰성절차 : 성능, 이윤 창출, 사고사례 분석 및 보안을 위한 세부 가이드라인 수립
 - d. 시스템 모니터링 : 모니터링 기기와 계량법, 양면형 태양광, 센서 제원 추가
 - e. 시운전 : 시운전 절차, 필요문서, 검사방법 표준화
 - f. 설계요건 : 양면형 태양광 반영, 기존 표준과의 부합화 및 안전 강화
 - g. 특수설비용 태양광 : 건축물 내 특수설비용 태양광 요구사항 반영
 - h. 누적 발전량 평가 : 일반적인 야외발전소용 단면 태양광발전 모듈의 설치 환경에 따른 누적 발전량 평가(energy rating) 방법이 IEC 61853 시리즈로 표준화 되어있음. IEC 61853 시리즈 표준은 1편 - 4편까지 총 4편으로 구성되어 있으며, 이 중에서 61853-1 및 61853-2는 누적 발전량 평가를 위한 모듈의 기본적 출력 특성, 태양광의 입사각도, 모듈의 동작 온도

및 분광응답도 등을 측정하는 방법을 다루고 있고, 61853-3과 61853-4는 발전량 평가를 위한 수학적 모델 및 표준 기후 데이터 세트 등을 제시하고 있음. 이러한 IEC 61853 시리즈 표준의 누적 발전량 평가 방법론은 현재 다양한 상용 태양광 발전량 예측 소프트웨어들의 기본 틀이 되고 있으나, 아직까지 양면 모듈이나 BIPV 모듈 등에 대해서는 고려하고 있지 않기 때문에, 이에 대한 요구가 점점 커지고 있는 상황임

- 태양광발전 시스템 관련 기타 표준화 이슈 사항 : 교류 계통 연결 특성, 전계 발광시험 진단법, 플러그형 발전기, 수상 태양광, 태양광 구조물, 전자기적합성(EMC), 저압 태양광 시스템, 하이브리드 스위칭, 모듈 세정, PID(Potential Induced Degradation) 예방, IV곡선 추적 등

○ 탠덤 태양전지용 페로브스카이트

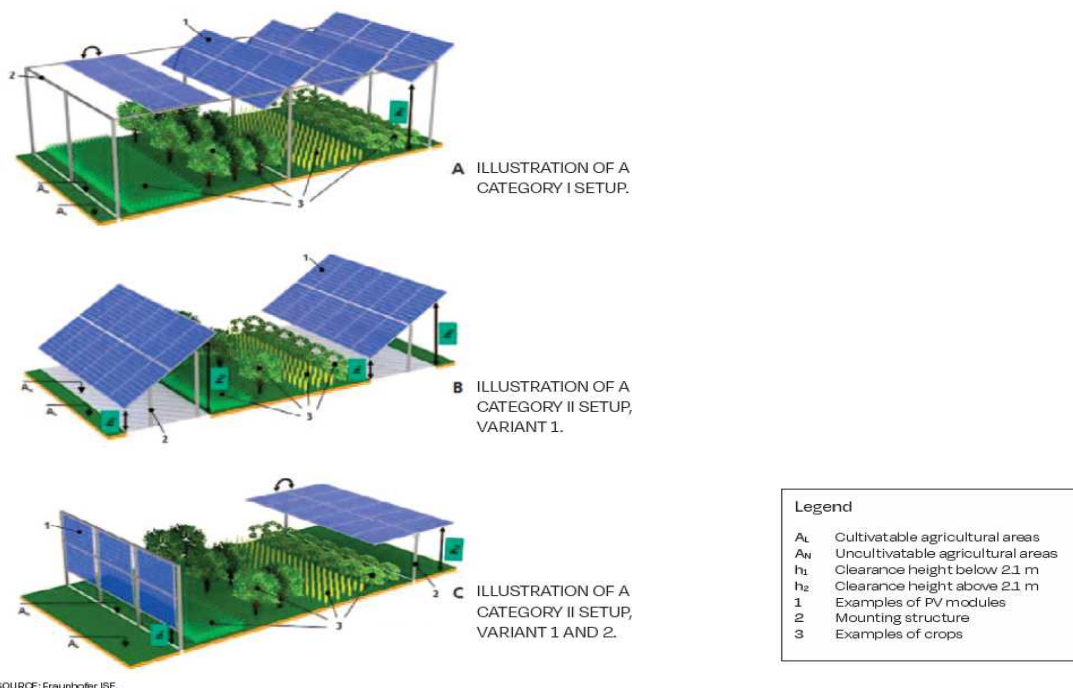
- 차세대 페로브스카이트 태양전지 장비 및 제조 기술의 경우, 셀 제조 기술 자체는 기관이나 기업의 고유 지재권이 인정되는 분야이기 때문에 표준화가 어려우나, 소자의 발전성을 측정하는 부분에 대해서는 IEC 내에서 국제 표준화의 움직임이 있음
- 현재 IEC에서는 실리콘 및 III-V족 탠덤 태양전지의 IV 특성곡선과 분광응답도를 측정하는 방법에 대한 국제 표준화를 완료한 상태이며 (IEC 60904-1-1:2017과 60904-8-1:2017), 페로브스카이트 태양전지의 발전 성능 측정과 관련해서는 지난 2016년부터 IEC TC82 WG2 회의에서 신규 프로젝트가 시작되었음
- 신규로 시작된 페로브스카이트 태양전지 발전성능 측정 관련 프로젝트는, 아직 페로브스카이트 태양전지가 연구개발 단계에 있는 점을 감안하여, 정식 표준 대신 기술보고서인 TR을 만드는 것을 목표로 하였으며, 약 3년간 관련 학계와 연구계의 다양한 의견을 수렴하여 지난 2019년 IEC TR 63228:2019 (Measurement protocols for photovoltaic devices based on organic, dye-sensitized or perovskite materials)를 발표하였음
- 그러나 이 TR 단계 문서에 제시된 “페로브스카이트 태양전지를 준-안정상태(quasi steady state)에서 측정하기 위한 기준조건”에 대해서는 아직까지 논쟁의 여지가 있는 상황이며, 앞으로 페로브스카이트 태양전지 기술이 완성되어 감에 따라, 이 부분에 대해서 수정/보완이 필요한 상황임



[그림] IEC TR 63228 문서에 제시된 페로브스카이트 태양전지 소자의 광변환 효율 권장 측정 절차

- 언급된 페로브스카이트 태양전지 발전성능 측정 관련 TR 문서는 향후 수정/보완을 거쳐 TS 단계의 문서로 업그레이드될 예정이며, TS 문서가 발표된 이후에는 약 2-3년의 시범 사용기간을 거쳐 정식으로 국제표준이 될 수 있는 자격을 부여받게 됨
- 한편, 페로브스카이트 단일 접합 태양광 모듈 및 페로브스카이트 상부셀 기반의 탠덤 태양전지 모듈에 대한 내구성인증이나 안정성인증과 관련된 표준화는 (아직까지 페로브스카이트 태양전지 기술이 산업화 이전 단계에 있기 때문에) 진행된 바가 없음. 다만 향후 페로브스카이트 태양전지 기술이 성숙되면, 기존의 결정질 실리콘 모듈 및 박막 모듈에 적용되던 IEC 61215 시리즈와 IEC 61730 시리즈 표준에 제시된 것과 유사한 수준의 시험을 요구받게 될 것으로 예상됨
- 영농형 태양광 시스템 및 관련 시공기준
 - 최근 같은 땅에서 태양광 발전 및 농업 생산을 함께 수행하는 영농형 태양광(Agri-photovoltaics 또는 Agrivoltaics)에 대한 관심이 점차 증가하면서, 최적 설계, 모범 사례, 그리고 태양광 발전 시스템 설계와 농업 생산량의 상관관계 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음
 - 그러나 이러한 영농형 태양광 분야는 아직까지 완숙한 산업으로 진행되지 않았기 때문에, 관련한 국제 표준이 존재하지는 않음

- 다만, 독일이나 이탈리아 등 유럽의 몇몇 국가에서는 그동안의 연구 결과를 바탕으로 자국의 국내 표준(독일, DIN-SPEC 91434:2021, Agri-photovoltaic systems - Requirements for primary agricultural use) 이나 기술 가이드라인(이탈리아, 2022년, Agri-PV Technical Guidelines)을 발표한 경우가 있으며, 유럽의 대규모 태양광 산업 협회인 “SolarPower Europe”은 영농형 태양광 분야의 유럽 내 프로젝트 개발자, 과학기술 연구 기관, 그리고 정책 입안자들을 지원하기 위한 영농형 태양광 시스템 설치 가이드라인 2판(Agrisolar - Best practice guidelines Version 2)을 2023년에 발간



[그림] SolarPower Europe에서 발간한 설치 가이드라인에 포함되어있는 영농형 태양광 시스템 설치예시

- 이러한 개별국가 표준이나 가이드라인 문서들은 영농형 태양광 시스템의 설계, 모듈 설치방법, 토지 이용, 관개 방법, 그리고 시스템 유지 보수 방안 등을 주로 다루고 있으며, 향후 영농형 태양광 분야의 국제 표준화 과정에서 초안으로 활용될 것으로 예상됨
- 건물형 태양광 시스템 관련 기술
- 지난 2016년 유럽에서 지붕 태양광 기술과 기타 건물형 태양광(BIPV) 기술의 요구조건을 통합하여 EN 50583-1:2016 (BIPV 모듈) 과 EN 50583-2:2016 (BIPV 시스템) 표준이 발간되었으며, 뒤이어 2020년에는 관련 내용들을 좀 더 세분화하고 보완하여 IEC 63092-1:2020

(Photovoltaics in buildings - Part 1: Requirements for building-integrated photovoltaic modules) 및 IEC 63092-2:2020 (Photovoltaics in buildings - Part 2: Requirements for building-integrated photovoltaic systems)으로 국제 표준화가 되었음

- 위에서 언급한 두 가지 국제표준 중에서 IEC 63092-1:2020은 BIPV 모듈 자체가 갖추어야 할 발전장치로서의 전기적 내구성과 건축물 구성품으로서의 내구성 및 안정성 요구조건 등을 정리한 것이고, IEC 63092-2:2020은 BIPV 시스템이 갖추어야 할 요구사항을 정리한 것임
- Category A: Sloping, roof-integrated, not accessible from within the building;
- Category B: Sloping, roof-integrated, accessible from within the building;
- Category C: Non-sloping, (vertically) envelope-integrated, not accessible from within the building;
- Category D: Non-sloping, (vertically) envelope-integrated, accessible from within the building;
- Category E: Externally integrated, accessible or not accessible from within the building.

[그림] IEC 63092-2에 제시된 BIPV 분류기준

- 이와 함께 2021년에는 IEC TR 63226:2021 (Managing fire risk related to photovoltaic (PV) systems on buildings)을 통해 BIPV 시스템과 관련된 화재위험 관리방안이 TR 문서로 발간되었음
- 한편, 건물형 태양광 시스템에 필요한 인버터 및 모듈수준 전력전자 장치(MLPE)의 안전성 요구조건은 어느 정도 국제 표준화가 진행되어 있음
- 언급된 내용을 담고 있는 표준은 IEC 62109 시리즈 표준으로서, IEC 62109 시리즈 표준은 ① IEC 62109-1:2010 (Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements; 태양광 발전 시스템용 전력변환장치의 안전성 일반 요구사항), ② IEC 62109-2:2011 (Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters; 인버터에 대한 특정 요구사항), ③ IEC 62109-3:2020 (Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 3: Particular requirements for electronic devices in combination with photovoltaic elements; 모듈과 붙어있는 전자 장치에 대한 특정 요구사항) 등으로 구성되어

있으며, 이 중에서 특히 IEC 62109-3:2020은 모듈에 부착하여 사용하는 소규모 전력변환 장치에 대한 포괄적인 안전 요구사항을 다루고 있음

○ 수상형 태양광 시스템 기술

- 국제적으로 관련 표준은 아래와 같이 일부 국가 및 단체에서 자체적으로 운영하는 시스템 설치 가이드 라인 혹은 일부 구성제품에 대한 표준을 제외하고 전무한 상태이며, 싱가포르 SERIS의 주도로 IEC TC82에서 국제표준을 제정(NP:Floatvoltaics)하려고 하는 움직임 있음

국가 및 단체	표준명	표준번호
Singapore	Floating photovoltaic power plants - Design guidelines and recommendations	TR 100:2022 IEC TS 62738:2018, MOD
DNV	Design, development and operation of floating solar photovoltaic systems	DNV-RP-0584
TÜV	Requirements for materials used in and construction of floating bodies	TÜV Rheinland 2 PfG 2731/02.20
	Requirements for cables with improved water resistance for installation in floating photovoltaic systems	TÜV Rheinland 2PfG 2750/09.20

□ 국내 동향

○ 전반적 동향

- 큰 틀에서는 IEC와의 부합화를 따르고 있으나, 국내의 여건에 맞는 차별화된 표준화로 국내시장을 넘어서 국제표준을 선도하려는 기반이 다져지고 있음
- 현재 국내의 태양광 표준은 양면형 태양광 표준 IEC 부합화 및 고도화, KS C 8567 태양광 접속함 표준 고도화, KS C 8565 대용량태양광 인버터 인증영역 확대, 수상 태양광 및 영농형 태양광 확대·보급을 위한 KS C 8561 고내구성·친환경 태양광, KS C 8577 건물일체형 태양광(BIPV) 표준 고도화의 형태로 관련 연구 및 표준화가 이루어지고 있음
- 태양광 인버터 250kW 초과 제품은 수요처별 의뢰시험이 통용되고 있으나, KS인증제도 편입 예정
- 2020년 KS 8561 표준의 개정을 통하여 태양광 모듈의 최소 효율 등급을 적용하여 17.5% 이상의 모듈 효율에 대한 인증을 부여하기 시작하였음

○ 탠덤 태양전지용 페로브스카이트

- 차세대 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 측정에 대한 국내 표준은 아직 없는 실정이며, 그 바탕이 되는 탠덤 태양전지 측정이나 페로브스카이트 태양전지 측정에 대한 표준 또한 국내에는 없는 상황임
- 2020년 산업부 과제로 “차세대 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 효율측정 기술 국산화 개발” 연구가 진행 중이며 그 결과를 바탕으로 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 측정에 대한 KS 표준(안)을 만들고 있음
- 소재/장비/공정 기술은 기업활동 일부로서, 표준화 동향 없음
- 탠덤 태양전지의 효율 향상 및 안정성 확보에 따라 향후 1~2년 내 국내 산업체에서 표준 및 인증제도에 대한 요구가 나타날 것으로 예상됨

○ 영농형 태양광 시스템 및 관련 시공기준

- 아직까지 국내에서는 영농형 태양광 기술에 대한 표준화가 이루어진 것이 없으며, 2010년대 후반부터 진행되었던 여러 실증과제들을 통해서 영농형 태양광 표준화를 위한 기반 데이터들을 수집하고 있는 중임
- 현재 해외에서는 영농형 태양광에 대한 표준화 시도가 활발하게 진행되고 있는 만큼, 국내에서도 유럽의 개별 국가표준이나 설치 가이드라인 문서 등을 참고하여 국내 실정에 맞는 표준안을 만들어 가야 할 때라고 생각됨

○ 건물형 태양광 시스템 기술

- 2023년 11월 국내에서도 건물형 태양광발전(BIPV) 모듈 및 시스템 요구사항에 대한 IEC 표준 부합화가 이루어 졌으며, 이에 따라 KS C IEC 63092-1 (건물의 태양광 발전 - 제1부: 건물 일체형 태양광 발전 모듈 요구사항) 및 KS C IEC 63092-2 (건물의 태양광 발전 - 제2부: 건물 일체형 태양광 발전 시스템 요구사항) 등이 제정되었음
- 이로서, 기존에 있던 KS C 8577 (건물일체형 태양광 모듈(BIPV) - 성능평가 요구사항)과 합하여, 지붕에 설치하는 태양광 모듈 및 지붕 태양광 시스템에 대한 성능 및 안전성인증체계가 국내에서도 어느 정도 갖추어 졌다고 볼 수 있음

- 또한, 마찬가지로 2023년 11월에 IEC 표준에 부합화한 KS C IEC 62109-3 (태양광 발전 시스템용 전력변환장치의 안전성 - 제3부: 태양광 발전 요소와 결합된 전자 장치에 대한 특정 요구사항)이 제정됨에 따라, 기존에 있던 KS C IEC 62109-1 및 KS C IEC 62109-2를 포함하여 인버터 및 모듈수준 전력전자 장치(MLPE)에 대한 안전성 요구조건 역시 국내에서 인증이 가능하게 되었음

○ 수상형 태양광 시스템 기술

- 수상 태양광 시스템 관련 표준은 2020년 '고내구성 친환경 모듈'로 구분하여 KSC 8561에 개정 발표된 수상태양광 모듈이 유일하며, 이 외 구성제품에 대한 표준은 전무한 상태임. 또한 한국에너지공단 '신재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침' 중 시공기준과 한국전기안전공사 사용 전 검사 규정에 일부 수상 태양광 내용 반영한 정도로 운영하고 있음

국가 및 단체	표준명	표준번호
국가표준(KS)	결정질 실리콘 태양광발전 모듈(성능)	KSC 8561
한국에너지공단	신재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침	-
한국전기안전공사	사용 전 검사 규정	-

5. 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

- 신재생에너지핵심기술개발사업 태양광 분야 투자 동향
 - '14~'23년 최근 10년간 6,588억원이 지원되었고, '23년에도 약 657억원 지원하여 지속적으로 태양광 R&D 투자 중

< 신재생에너지핵심기술개발사업의 태양광 분야 지원 내역 >

지원연도	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	합계
예산 (억원)	597	513	558	593	672	729	717	798	754	657	6,588

□ 기술개발 현황

- 정부·민간의 지속적인 기술개발 노력을 통해 세계수준의 태양광 모듈 기술을 확보하였으나, 중국의 대규모 저가제품 공세에 따른 시장 위기를 극복하고자 태양광 모듈의 효율향상과 단가저감 기술 등 산업경쟁력 강화를 위한 기술개발 과제를 집중 지원 중
 - 현 시장 주력제품인 결정질 실리콘 분야 고효율, 단가저감, 소재장비 등 기술 경쟁력 강화를 위한 R&D 추진
 - 신소재 기반 차세대 태양광 모듈, 적용처 다변화를 통한 고부가 태양광 등 신시장 진입을 위한 R&D 추진
 - 국내 태양광 보급시장 활성화를 위한 제도개선 연계 실증 및 태양광 산업 순환경제 구축 재활용·재사용 관련 R&D 지원
- **(탄소중립 에너지기술로드맵)** '21년 12월 탄소중립 실현을 위해서, 태양광 R&D 혁신전략을 기반으로 합리적인 규제개선과 계통 유연성 확보 기술 개발을 포함하는 중장기 로드맵 발표(산업부)
- **(탄소중립 기술혁신 전략로드맵)** '23년 12월 친환경 에너지 전환을 위한 차세대 태양광 기술경쟁력 확보를 위해 초고효율 태양전지, 사용처 다변형 태양광, 폐모듈 재사용·재활용 3대 전략방향을 포함하는 로드맵 발표(과기정통부)

6. 시사점

- 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 조기상용화를 위한 소재 부품 핵심기술 개발 및 기술기반 확보 필요
 - 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 양산 기반 기술이 전무한 상태에서 차세대 태양전지 산업을 선도하기 위한 핵심 소재·부품·장비 개발 필요
 - 탠덤 태양전지 전용 소재의 부재로 국내 연구 활성화 및 기술 선도를 위해서는 페로브스카이트 태양전지 특화된 소재(전구체) 선점 및 양산이 절실
 - 국내 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양광 기술개발이 점차 증가하고 있어 국내 효율 측정기술 확보 필요
 - 프라운호퍼(독일), NREL(미국) 등과 같은 세계 수준의 성능·효율 측정기관을 육성하여, R&D 개발품의 효율 측정 비용과 기간을 축소 필요
- RE100 및 NDC 달성을 위해 필요한 국내 영농형·수상형 태양광 규제 개선 및 건물형 태양광 소재부품 핵심기술 개발 필요
 - 영농형 태양광 안전성/경제성 확보 및 유지보수를 위해 표준모델 및 시공 기준 개발을 통하여 체계적인 확산이 필요
 - 국내 영농형 태양광 확대에 대응하여 정부 주도의 태양광 대표 표준모델 개발 및 실증연구와 시공기준 마련이 요구됨
 - 미국이나 동남아 등 수상 태양광 보급잠재량이 높은 나라들에 수출하기 위해서는 국내 대규모 실증을 통한 트랙레코드 확보를 통한 LCOE 감소 필수
 - 건물 벽면과 지붕에 설치되는 BIPV의 경우에는 불량발생 시 교체가 용이하지 않기 때문에 건물 수명주기(50년 이상) 대응할 수 있는 내구성과 안전성 확보 필요

II.

기획대상연구개발과제 도출

1. 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

- 태양광 산업경쟁력 강화와 NDC·RE100 목표 달성에 기여하기 위한 고효율, 단가저감, 신시장 창출, 수용성, 순환경제 기술개발 지원

□ 신규 예산 지원 계획안

(단위 : 억원)

구 분	원천기술	혁신제품형	계
지정공모	-	-	-
품목지정	-	84	84
자유공모	-	-	-
계	-	84	84

□ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 효율측정 기술 고도화	페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 효율측정 기술 고도화	<input type="checkbox"/> 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> ○ (새정부 국정과제) 태양광·풍력 산업 고도화 ○ (소부장 미래선도품목) 그린 에너지 건식공정용 페로브스카이트 소재 (과기혁신본부 요청) <input type="checkbox"/> 산업기술 R&BD전략 <ul style="list-style-type: none"> ○ 태양광 R&D 혁신전략 “고효율 태양전지 개발” ○ 탄소중립 R&D 로드맵 “고효율 태양전지” ○ 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 “초고효율 태양전지” ○ 태양광 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵 “초고효율 태양전지” <ul style="list-style-type: none"> - 페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 ○ 신재생(태양광) 패키지모델 “산업생태계 활성화” <ul style="list-style-type: none"> - (산업 기반 강화) 공동 R&D 센터 <input type="checkbox"/> 기술수요조사명 <ul style="list-style-type: none"> ○ 페로브스카이트 기반 차세대 탠덤 태양전지 광변환효율 측정기술 고도화 및 대면적 페로브스카이트 모듈 광변환효율 측정기술 개발

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
건식공정 적용 탠덤 상부셀용 핵심소재 기술개발	건식공정 적용 탠덤 상부셀용 핵심소재 기술개발	<input type="checkbox"/> 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> ○ (새정부 국정과제) 태양광·풍력 산업 고도화 ○ (신성장 4.0 전략) (에너지 신기술) 태양광 탠덤 셀 기술 ○ (한국형 탄소중립 100대 핵심 기술) (신격차) 초고효율 태양전지 <input type="checkbox"/> 산업기술 R&BD전략 <ul style="list-style-type: none"> ○ (태양광 R&D 혁신전략) 고효율 태양전지 개발 ○ (탄소중립 R&D 로드맵) 고효율 태양전지 ○ (새정부 에너지정책 방향) 태양광 탠덤 셀 등 차세대 기술 조기 상용화 ○ (재생에너지 정책 개선방안) (태양광 산업생태계 경쟁력 강화) 차세대 기술(탠덤 셀) 세계 최초 상용화 <input type="checkbox"/> 기술수요조사명 <ul style="list-style-type: none"> ○ Perovskite-Si 태양전지 제조용 ALD·CVD·Evaporation 장비 개발 ○ M10급 고재료효율 및 고생산성 페로브스카이트 태양전지 진공 증착기 개발 ○ 전 공정 진공 건식 증착 사용 대면적(M6급) 페로브스카이트 태양전지 모듈(셀) 제작 기술 ○ 페로브스카이트 기반 이중접합 태양전지용 봉지막 양산 소재·공정 개발
건물 수명주기를 고려한 장수명 BIPV 모듈 개발	건물 수명주기를 고려한 장수명 BIPV 모듈 개발	<input type="checkbox"/> 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> ○ (BIPV 산업생태계 활성화 방안) 장기신뢰성을 확보하는 BIPV 모듈·소재를 개발하여 유지보수·교체 비용 저감 지원 ○ (탄소중립 R&D 로드맵) BIPV 모듈 수명 ('21) 25년 → ('26) 28년 → ('50) 50년 ○ 건물형 태양광은 정부 2030 NDC 정책달성을 위한 필수요소로 제로에너지건축물, 탄소중립 시티, RE100 등 정부 에너지정책사업 적용가능 핵심 사업 <input type="checkbox"/> 산업기술 R&BD전략(핵심기술테마명) <ul style="list-style-type: none"> ○ 태양광 R&D 혁신전략 “신시장·신기술 창출” ○ 탄소중립 R&D 로드맵 “사용처 다변화 기술” ○ 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 “사용처 다변형 태양광시스템” ○ 태양광 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵 “사용처 다변형 태양광” <ul style="list-style-type: none"> - 건물형 태양광 ○ 신재생(태양광) 패키지모델 “고부가가치 시장창출” <ul style="list-style-type: none"> - (건물형 태양광) 심미성 강화, 전기적 성능/안전 확보

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
수출용 LCOE 경쟁력 확보를 위한 MW급 수상 태양광 부유식 변전소 기술개발 및 트랙레코드 확보	수출 경쟁력 확보를 위한 MW급 저가 수상 태양광 부유식 변전소 기술개발 및 트랙레코드 확보	<input type="checkbox"/> 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> ○ (태양광R&D혁신전략) 해외 보급잠재량이 높은 신시장인 수상 태양광 시스템의 LCOE 경쟁력 확보 ○ (탄소중립 R&D 로드맵) NDC 달성을 위한 사용처다변화, 수상 부유식 태양광 수출경쟁력 제고를 위한 기술개발 및 트랙레코드 확보 ○ 재생에너지 수출경쟁력 확보 <input type="checkbox"/> 산업기술 R&BD전략(핵심기술테마명) <ul style="list-style-type: none"> ○ 태양광 R&D 혁신전략 “신시장·신기술 창출” ○ 탄소중립 R&D 로드맵 “사용처 다변화 기술” ○ 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 “사용처 다변형 태양광시스템” ○ 태양광 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵 “사용처 다변형 태양광” <ul style="list-style-type: none"> - 수상형 태양광 ○ 신재생(태양광) 패키지모델 “고부가가치 시장 창출” <ul style="list-style-type: none"> - (영농형 및 수상/해상 태양광) 수상 태양광 성능개선 <input type="checkbox"/> 기술수요조사명 <ul style="list-style-type: none"> ○ 수상형 태양광 발전효율 향상을 위한 부유식 특고압 변전소 개발
유휴부지 적용 영농형 태양광 표준모델에 대한 실증연구 및 시공기준 개발	친환경 영농형 태양광 표준모델 설계 및 실증	<input type="checkbox"/> 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> ○ (새정부 국정과제) 태양광·풍력 산업 고도화 ○ (한국형 탄소중립 100대 핵심 기술) (신격차) 사용처 다변형 태양광시스템 <input type="checkbox"/> 산업기술 R&BD전략 <ul style="list-style-type: none"> ○ (태양광 R&D 혁신전략) 신시장 창출 ○ (탄소중립 R&D 로드맵) 사용처 다변화 ○ (새정부 에너지정책 방향) 新시장 맞춤형 지원제도 마련 ○ (재생에너지 정책 개선방안) 합리적이고 실현가능한 재생에너지 확대 <input type="checkbox"/> 기술수요조사명 <ul style="list-style-type: none"> ○ 영농형 태양광발전 구조물 활용 노지 스마트팜 패키지기술 실증 및 설계·시공기준 표준화

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

연구개발과제(품목)명		지식재산권				표준	인증
		등록특허		소프트웨어	기타		
기획대상 주제명	기획대상 연구개발과제 (품목)명	해외	국내				
페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 효율측정 기술 고도화	페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 효율측정 기술 고도화	○	○	○	×	○	○
건식공정 적용 탠덤 상부셀용 핵심소재 기술개발	건식공정 적용 탠덤 상부셀용 핵심소재 기술개발	△	○	×	×	△	×
건물 수명주기를 고려한 장수명 BIPV 모듈 개발	건물 수명주기를 고려한 장수명 BIPV 모듈 개발	△	○	△	×	△	△
수출용 LCOE 경쟁력 확보를 위한 MW급 수상 태양광 부유식 변전소 기술개발 및 트랙레코드 확보	수출 경쟁력 확보를 위한 MW급 저가 수상 태양광 부유식 변전소 기술개발 및 트랙레코드 확보	△	○	△	×	△	△
유휴부지 적용 영농형 태양광 표준모델에 대한 실증연구 및 시공기준 개발	친환경 영농형 태양광 표준모델 설계 및 실증	△	○	△	×	△	△

2. 개발위험 관리방안

□ 기술개발 위험요인

- 그간 지속적인 정부연구개발사업 지원으로 축적된 관련 선행연구개발 결과를 활용하여 기술개발 계획을 수립하여야 함
- 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지의 양산기술은 아직 완전히 정립되지 않은 R&D단계에 있어 원활한 과제수행을 위해 필요한 R&D 장비와 기타 소재 개발도 가능하도록 연구 자율성 부여
- 페로브스카이트 태양전지 양산을 위해 필요한 흡광소재과 전하수송층의 전구체는 설계/합성뿐 아니라, 일정 수준 성능 확보를 목표로 R&D 진행 필요
- 연구개발 목표달성도 평가를 위해 개발한 소재로 제작한 페로브스카이트 단일접합 태양전지의 초기효율, 탠덤 태양전지 초기효율, 대면적 박막 균일도 등을 연차별 정량목표로 제시해야 함
 - * 기수행된 탠덤 태양전지 개발 과제는 M6 이상 면적 탠덤 초기효율 26% 이상 달성 목표
- 개발한 태양전지는 효율검증의 신뢰성 제고를 위하여 산업부 지원으로 국내공인시험 개발 중인 KIER나 KTL에서 효율 검증하고 NREL 등 국제 공인 검증기관의 교차검증 필수
- 페로브스카이트 상부셀의 측정 결과 왜곡 방지가 가능한 준안정상태 IV 특성곡선 측정기술(MPPT, reduced IV span, dynamic IV 측정법 중에서 최소 1종) 필수
 - * 기수행된 탠덤 태양전지 개발 과제는 M6 이상 면적 탠덤 초기효율 26% 이상 달성 목표
- 연구개발 목표달성도 평가를 위해 개발한 소재로 제작한 페로브스카이트 단일접합 태양전지의 초기효율, 탠덤 태양전지 초기효율, 대면적 박막 균일도 등을 연차별 정량목표로 제시해야 함
 - * 기수행된 탠덤 태양전지 개발 과제는 M6 이상 면적 탠덤 초기효율 26% 이상 달성 목표
- 개발한 태양전지는 효율검증의 신뢰성 제고를 위하여 산업부 지원으로 국내공인시험 개발 중인 KIER나 KTL에서 효율 검증하고 NREL 등 국제 공인 검증기관의 교차검증 필수

- 영농형 태양광 표준모델 시공기준(안), 농가 맞춤형 O&M 교육자료, 정책 제언, LCOE 분석 등 수행을 위한 관련 역량 보유 필요
- 영농형 태양광발전 시스템 표준모델은 범용의 소재와 부품을 적용하여 제작해야 하며, 모듈 설계 및 설하중과 풍하중 등을 고려한 구조설계 및 CFD 내풍압 시뮬레이션 결과 사전 제시 필수
- 농기계 운영침수 대비 안전경제성경관 친화성(펜스 높이)을 고려한 구조물과 펜스 설계 적용 필요
- 수상 태양광 부유식 변전소 관련 공신력 있는 가이드라인, 기술기준(안), 안전 기준(안), 시험기준(안) 등의 개발을 위해서 유관기관을 포함한 관련 전문가로 구성된 전문위원회 운영 필요
- 수상 태양광 부유식 변전소 실증과제 주관기관은 기축 시스템 적용을 우선적으로 검토해야 하며, 안전기준이 부재한 상태에서 실증 시스템의 계통연계를 위해서 「산업융합촉진법」에 따른 산업융합 규제샌드박스를 통해 “실증을 위한 규제특례”를 받아야 함
- 수상 태양광용 부유식 변전소 개발 과제는 수상 태양광 설비에 접지 및 수중 케이블에 의한 감전 및 설치 시 넘어짐, 이동, 계류 장치 설치 등의 위험성 다수 존재하여 안전관리형 연구개발과제로 지정
- 태양광 실증 시스템 설치업체(하도급사 포함)는 전기공사 자격증 보유 필수

□ 사업화 애로사항

- 혁신제품형 연구개발과제 목표는 상용제품과 경쟁가능한 성능을 목표로 설정해야 하며, 국산화 전략 및 전략특허 확보 방안 제시 필요
- 개발된 기술이 실제 산업계에 파급될 수 있도록 국가기술표준원, 한국에너지공단 등 관련 정책·제도·표준 관련 유관기관과 협력 필요
- 규제개선을 위한 실증과제는 과제 목적에서 벗어난 원천 및 응용 연구 내용을 지양하며, 개발되거나 개조된 모듈은 일반적인 모듈 제조사가 제작할 수 있어야 함(모듈 개발/개조 시 KS C 8561 인증 및 시험성적서 확보 필수)

- 태양광 시스템을 설치하는 경우, 사업용 태양광 발전설비는 「전기사업법」 제7조에 따른 전기사업허가, 같은법 제61조에 따른 공사계획인가 또는 신고를 완료하고, 전기설비를 사용하기 전 「전기사업법」 제63조에 따라 사용전검사를 합격하여야 하며, 사용전검사 기준은 「전기사업법」시행규칙 제31조제3항에 따라 ①전기설비 공사계획 인가 또는 신고, ②전기설비 기술기준, ③「전기설비 검사 및 점검 방법·절차 등에 관한 고시」에 적합하여야 함
- 영농형 태양광을 농지에 설치하는 경우, 「농지법」 제36조제2항에 따라 ‘타용도일시사용협의’ 대상으로, 해당 업무는 실증대상지 시·군 농지 부서로 에너지발전허가 부서 등 주인허가 부서에서 협의 요청 필요하며, 「농지법 시행령」 제38조제1항제2호나목, 제2항제2호나목에 따라 최초 최대 5년, 연장 최대 3년까지 일시사용 가능

□ 사회환경 위험요인

- 페로브스카이트 탠덤 태양전지에 필수적으로 사용되어야 하는 납(Pb)은 장기적으로 모듈 폐기 시 오염물질로 작용할 가능성이 있어 제거하거나 향후 폐기 방법에 대한 기술개발 혹은 제도 정비 필요함
- 영농형 태양광 설치 및 장기간 운영 시 토지오염 방지를 위한 고내구성·친환경 무연 모듈 개발과 시멘트를 사용하지 않는 친환경 구조물 설치 기술 및 케이블 매설 방법 적용 필요
- 실증 시스템 설치·운영·유지관리 중 발생할 수 있는 다양한 위험요소를 사전에 고려하여 강화된 안전 관리 대책 마련 필요
- 영농형 태양광 사업시에 이해당사자간의 갈등구조 이해를 시도하고 우려를 해결해야 하며, 환경오염 및 경관훼손에 대한 지역주민과 정보공유가 중요
- 영농형 태양광 설비 도입 및 확산에 따른 수용성 향상, 농지 내 토양 오염 방지, 감전 등 대책 마련 필요
- 수상 태양광 부유식 변전소 실증과정에서 감전 등 안전사고 방지를 위해 강화된 연구개발과제 안전관리 방안 필요

□ 기술영향 검토

- 고효율 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양광 조기상용화를 통해 탄소중립 달성 가능성을 높일 수 있으며, 관련 기술 분야의 고급 인력 양성 및 일자리 확보 가능
- 2030 NDC 및 RE100 실현을 위한 영농형 태양광의 확산과 수상 태양광 LCOE 저감, 건물형 태양광 산업 활성화 가능

3. 기획연구개발과제 RFP / 기술개요서(연구개발과제기획이력서)

[품목지정공모 (기술개요서)]

품목명 : 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 효율측정 기술 고도화	41
품목명 : 건식공정 적용 탠덤 상부셀용 핵심소재 기술개발	42
품목명 : 건물 수명주기를 고려한 장수명 BIPV 모듈 개발	43
품목명 : 수출 경쟁력 확보를 위한 MW급 저가 수상 태양광 부유식 변전소 기술개발 및 트랙레코드 확보(병렬형)	44
품목명 : 친환경 영농형 태양광 표준모델 설계 및 실증(병렬형)	48

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-신재생-태양광-품목-1	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제유형	<input checked="" type="checkbox"/> 원천기술 <input type="checkbox"/> 혁신제품		신재생에너지	-
해당여부	<input checked="" type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input type="checkbox"/> 안전관리형과제 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 R&D <input type="checkbox"/> 통합형 <input type="checkbox"/> 초격차 <input type="checkbox"/> 실증형			
R&D 자율성트랙	<input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)			
품목명	페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 모듈 효율측정 기술 고도화 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 6단계)			
1. 개념 및 개발내용				
<input type="checkbox"/> 개념				
<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계최고 수준의 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 효율측정 기술 고도화 및 모듈 효율측정 기술 확보 				
* 핵심목표 : 국내의 효율 교차측정 불일치도 ±3% 이내 (세계최고 수준)				
<input type="checkbox"/> 개발내용				
<ul style="list-style-type: none"> ○ 2T, 3T, 4T 구조별 탠덤 태양전지 효율측정 기술 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 탠덤 태양전지 초기효율 및 안정화효율 측정 고도화 - 탠덤 태양전지 IV 특성곡선 측정 고도화 - 국내 KOLAS 시험인증 체계구축 등 측정 및 교정절차서 개발 등 신뢰성 확보방안 제시 ○ 탠덤 태양전지 성능평가 기술의 신뢰성 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 국제공인 신뢰성을 확보한 해외 선도 시험기관과의 성능평가 상호비교 시험수행 - 복수 국내 시험기관이 참여하여 효율 교차 평가 ○ 탠덤 태양광 모듈 효율측정 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> - LED 플래셔(flasher) 등 광원 검토, 대면적(1.6m² 이상) 모듈 광조사 면적 제안 - 검교정(calibration) 방안 및 신뢰성 확보방안 제시 ○ 국내 및 국제표준화 대응 <ul style="list-style-type: none"> - 국제표준화 대응(향후 국내 표준화 대응) 연계·공조 방안 제시 				
연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수 - 모듈 효율측정 면적 및 신뢰도, 표준화연계 방안				
<input type="checkbox"/> 개발위험 극복방안				
<ul style="list-style-type: none"> - 페로브스카이트 상부셀의 측정 결과 왜곡 방지가 가능한 준안정상태 IV 특성곡선 측정기술(MPPT, reduced IV span, dynamic IV 측정법 중에서 최소 1종) 필수 - 기업 공동활용 연구센터에 구축하여 공인효율 성능시험 서비스 제공 추진 				
<input type="checkbox"/> 안전관리 사항 : 해당없음				
2. 지원 필요성				
<input type="checkbox"/> 지원 필요성				
<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) 프라운호퍼(독일), NREL(미국) 등과 같은 세계 수준의 성능·효율 측정 기관 육성하여 측정 비용·기간 축소로 우리 기업의 R&D 효율 제고와 탠덤 모듈 조기상용화에 기여 <ul style="list-style-type: none"> - 독일 프라운호퍼 ISE 연구소 정부지원을 통해서 독일 Wavelabs를 통해서 탠덤 모듈 효율 측정 장비 개발 및 구축 				
<input type="checkbox"/> 활용분야				
○ 차세대 태양전지 및 모듈 R&D				
3. 지원기간/예산/추진체계				
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 36개월 이내 ○ 정부지원연구개발비 : '24년 13억원 이내(총 정부출연금 45억원 이내) ○ 주관연구개발기관 : 대학, 연구소(기업참여 필수) ○ 기술료 징수여부 : 징수 ○ 기타사항 : <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발기관별 기존과제와의 차별성과 사업화성과 기여방안 제시 - 기관별(대학은 연구실별) 연구개발계획서 1건 제출로 제한(사전 지원제외 가능), 단 수요기업은 복수지원 가능 				

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-신재생-태양광-품목-2	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		신재생에너지	-
해당여부	<input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input type="checkbox"/> 안전관리형과제 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 R&D <input type="checkbox"/> 통합형 <input type="checkbox"/> 초격차 <input type="checkbox"/> 실증형			
R&D 자율성트랙	<input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)			
품목명	건식공정 적용 탠덤 상부셀용 핵심소재 기술개발 (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 6단계)			
1. 개념 및 개발내용				
<input type="checkbox"/> 개념				
○ 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양전지 상용화를 위한 상부셀 건식공정용 핵심소재 개발				
* 핵심목표 : 초기효율 ≥ 26% + 면적 M6 이상 탠덤 태양전지 양산용 소재개발(세계최초)				
<input type="checkbox"/> 개발내용				
○ 건식공정 기반으로 모노리식 2T(단자) 탠덤 구조를 갖는 대면적 고효율 탠덤 태양전지 제조하기 위한 상부셀용 핵심소재 및 공정기술 개발				
- 페로브스카이트 증착용 전구체 및 첨가제 소재 개발				
* 하이브리드(건식+습식) 페로브스카이트 증착용 소재 개발도 가능				
- (필요시) R&D 장비개발, 건식기반 전자-정공수송층 핵심소재 개발 등 수행 가능				
연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수				
- 개발소재 지표(사양, 물성) 및 개발방안 소재 적용 단일접합 및 탠덤 태양전지 초기효율 및 면적, 대면적 박막 균일도				
<input type="checkbox"/> 개발위험 극복방안				
- 상용화 목적의 기술개발 과제로, 개발한 소재로 제작한 태양전지는 실리콘과 경쟁 가능한 효율과 면적을 가져야 하며 국산화 전략 및 전략특허 확보 방안 제시 필요				
- 건식공정 기술이 미확립된 상황이므로, 원활한 과제수행을 위해 필요한 R&D 장비와 기타 소재 개발도 가능하도록 연구 자율성 부여				
* 하부셀은 개발대상은 아니나 표면요철 최적화 등 계면 개선 연구는 가능				
- 효율검증의 신뢰성 제고를 위하여 산업부 지원으로 국내공인시험 개발 중인 KIER나 KTL에서 효율 검증하고 NREL 등 국제공인 검증기관의 교차검증 필수				
<input type="checkbox"/> 안전관리 사항 : 해당없음				
2. 지원 필요성				
<input type="checkbox"/> 지원 필요성				
○ (정책적) 국내 태양광 산업의 글로벌 경쟁력 강화를 위해서 탠덤 태양전지와 같은 차세대 핵심기술의 조기 상용화와 특허표준 선점이 필요한 상황				
○ (기술적) 과거에는 습식공정이 주류를 이뤘으나 상용화 수준의 공정 관리에는 한계가 존재, 유럽을 중심으로 상용화를 목표로한 건식공정 기술개발이 확대되는 중				
* 독일 베를린공대(HZB)에서는 건식공정 탠덤 태양전지 초기효율 28.5% 달성				
- 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 양산 기반 기술이 전무한 상태에서, 신속하게 산업 체계를 갖추기 위하여 셀과 모듈의 핵심소재·부품·장비의 체계적 개발 필요				
<input type="checkbox"/> 활용분야				
○ 차세대 탠덤 태양전지 및 모듈 R&D				
3. 지원기간/예산/추진체계				
○ 기간 : 36개월 이내				
○ 정부지원연구개발비 : '24년 18억원 이내(총 정부출연금 70억원 이내)				
○ 주관연구개발기관 : 기업(중소·중견기업 참여 필수, 수요기업 참여 필수)				
○ 기술료 징수여부 : 징수				
○ 기타사항 :				
- 연구개발기관별 기존과제와의 차별성과 사업화성과 기여방안 제시				
- 기관별(대학은 연구실별) 연구개발계획서 1건 제출로 제한(사전 지원제외 가능), 단, 수요기업은 복수지원 가능				
- 사업화 성과 제고를 위한 기업 정부지원연구개발비 비율 제고				

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-신재생-태양광-품목-3	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		신재생에너지	-
해당여부	<input checked="" type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input type="checkbox"/> 안전관리형과제 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 R&D <input type="checkbox"/> 통합형 <input type="checkbox"/> 초격차 <input type="checkbox"/> 실증형			
R&D 자율성트랙	<input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)			
품목명	건물 수명주기를 고려한 장수명 BIPV 모듈 개발 (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 8단계)			
1. 개념 및 개발내용				
<input type="checkbox"/> 개념 <ul style="list-style-type: none"> ○ 건물 수명주기(50년 이상)과 연계할 수 있는 BIPV 모듈 수명 확보를 위한 장수명 소재 및 공정 기술개발 				
<div style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"> * 핵심목표 : BIPV 모듈 수명 50년 이상(세계최고) </div>				
<input type="checkbox"/> 개발내용 <ul style="list-style-type: none"> ○ 건물 수명주기 수준의 내구성을 확보할 수 있는 장수명 봉지재 및 공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> - BIPV 모듈 수명 제한요소 파악 및 변색 등 개선방안 도출 - 수분침투 방지를 위한 가장자리 실런트(edge sealant) 개발도 고려 - 봉지재 등 개발 소재의 장기신뢰성 분석을 통한 내구성 확보 - 필요시 저가형 장비 개발 ○ BIPV 모듈 적용 및 장기신뢰성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈의 기본구조는 G2G (glass-to-glass) 구조로 내화시험 실시 - 가속 시험을 적용한 BIPV 모듈의 50년 수준의 수명주기 확보 - 태양광 모듈의 KS C 8577 인증 확보 - 벽체(외벽) 유형을 고려한 외벽일체형 모듈 제품(시스템) 2종 이상 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 벽체(외벽) 유형: 철근콘크리트, 철골철근콘크리트 구조 등 - 벽체 유형별 개발된 제품(시스템)의 건물 설치 가이드라인 및 사업화 방안 제시 				
<div style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"> 연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수 - 모듈 효율과 면적, 소재 및 모듈 장기신뢰성 (가속)시험 방안, 모듈 공정 수율 및 수명 개선 방안 </div>				
<input type="checkbox"/> 개발위험 극복방안 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈 정렬(alignment) 향상·휨 방지 등 공정 수율 개선과 우박 피해·미세균열 방지 등 수명 개선을 위한 방안 제시 필요 * 셀 개발은 본 과제에 포함되지 않음 				
<input type="checkbox"/> 안전관리 사항 : 해당없음				
2. 지원 필요성				
<input type="checkbox"/> 지원 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) 2030 NDC 및 RE100 달성을 위해 건물형 태양광의 중요성이 부각되고 있고 다양한 제품이 개발되고 있으나 수용을 위해서는 제품성능 위주의 현 표준체계 개선 필요 ○ (기술적) 건물 벽면과 지붕에 설치되는 BIPV의 경우에는 불량발생 시 교체가 용이하지 않기 때문에 건물 수명주기(50년 이상) 대응할 수 있는 내구성과 안전성 확보 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 미·중합작 Maxeon Solar 모듈 출력 40년 보장 발표 				
<input type="checkbox"/> 활용분야 <ul style="list-style-type: none"> ○ 건물형 태양광 관련 산업, 제로에너지건축물 관련 산업 등 				
3. 지원기간/예산/추진체계				
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 36개월 이내 ○ 정부지원연구개발비 : '24년 20억원 이내(총 정부출연금 70억원 이내) ○ 주관연구개발기관 : 기업(수요기업 참여 필수) ○ 기술료 징수여부 : 징수 ○ 기타사항 : <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발기관별 기존과제와의 차별성과 사업화성과 기여방안 제시 - 기관별(대학은 연구실별) 연구개발계획서 1건 제출로 제한(사전 지원제외 가능), 단, 수요기업은 복수지원 가능 - 사업화 성과 제고를 위한 기업의 총 정부지원연구개발비 비율 제고 				

**'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)
(병렬형 연구개발과제)**

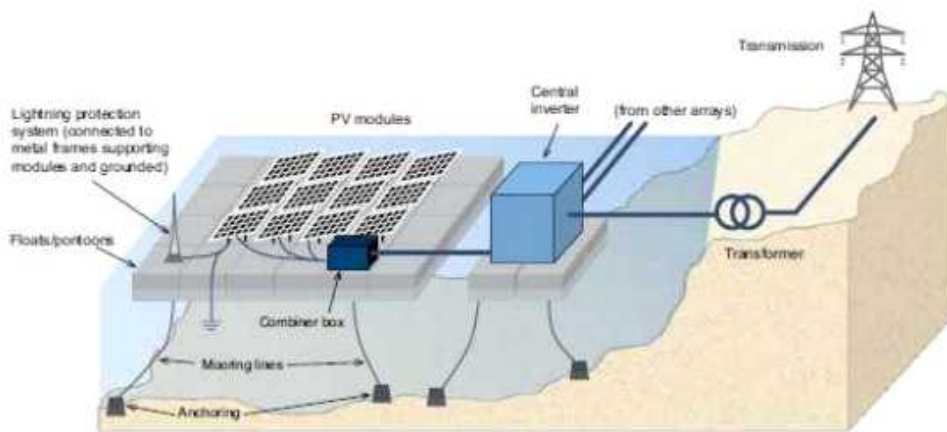
관리번호	2024-신재생-태양광-병렬형-1	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		신재생에너지	-
해당여부	<input checked="" type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input checked="" type="checkbox"/> 안전관리형과제 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 R&D <input checked="" type="checkbox"/> 통합형 <input type="checkbox"/> 초격차 <input checked="" type="checkbox"/> 실증형			
R&D 자율성트랙	<input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)			
프로젝트명	수출 경쟁력 확보를 위한 MW급 저가 수상 태양광 부유식 변전소 기술개발 및 트랙레코드 확보			

1. 필요성

- (정책) 2030 NDC 및 RE100 달성을 위해 공유수면을 활용하는 수상/해상 태양광에 대한 관심이 고조되고 수출가능성도 높아지고 있으나 시스템 이용률과 수용성 개선을 위한 체계화된 유지보수 기준 부재
 - 조류배설물 저감, 자동세척, 불량감지 등 수상/해상 태양광 시스템에 대한 디지털 기반 원격 유지보수(O&M) 가이드라인 개발을 통한 수용성과 설비 이용률 개선
- (시장) 2022 글로벌 부유식 수상 태양광 신규설치용량은 2.3GW로 연간 68% 성장하여 누적설치용량 5.7GW 기록
 - 재생에너지를 생성하면서 증발로부터 물을 절약하고 토지를 절약하는 장점 보유
- (기술·사업화) 미국이나 동남아 등 수상 태양광 보급잠재량이 높은 나라들에 수출하기 위해서는 국내 대규모 실증을 통한 트랙레코드 확보를 통한 LCOE 감소 필수
 - 수상 태양광 발전소 구성 시 육상의 메인 변전소(154kVA) 중심으로 배전용 부유식 변전소(22.9kVA)를 태양광 모듈과 근거리에서 설치하면 전력변환 효율 개선과 경제성 확보 가능
 - * DC 케이블 AC 케이블로 대체 시 전체 설치비용의 약 15% 비용 절감 기대
 - * 태양광 모듈과 변전 설비간 거리를 줄여 전압강하에 의한 전력손실 감소
 - * 국내 3MW 부유식 수상 태양광 발전소 평균 LCOE 162원/kWh(출처 : 에너지경제연구원, 2022), 미국 10MW 부유식 태양광 발전소 최소 LCOE 0.057\$/kWh(출처 : NREL, 2022)

2. 프로젝트 개념

< 수상 부유식 태양광 시스템(예시) >



- (기술개념) 공유수면을 활용한 수상 태양광 발전 시스템으로 태양광 모듈이 설치된 부력체, 계류장치, 부유식 변전소, 케이블 등으로 구성

*** 핵심목표 : 수상 태양광 발전 LCOE 0.056\$/kWh 이하(세계최고 수준 경쟁력)**

- (기술개발방향) 수상 태양광 수출경쟁력 제고를 위한 MW급 부유식 수상변전소 개발 및 실증을 통한 안전기준 개발과 트랙레코드 확보

3. 개발목표 및 내용

○ (최종목표) MW급 저가 부유식 수상변전소 핵심 소재-부품 국산화 개발 및 실증을 통한 트랙레코드 확보(세계최고 수준)

○ (세부연구개발과제 연구내용)

- 총괄연구개발과제 : 수상 태양광 LCOE 경쟁력 확보
- 세부연구개발과제1 : MW급 수상 태양광용 배전급 부유식 변전소 기술개발
- 세부연구개발과제2 : 부유식 변전소 실증 및 트랙레코드 확보
- 세부연구개발과제3 : 부유식 변전소 안전기술(안) 개발
- 세부연구개발과제4 : 수상/해상 부유식 태양광 유지보수 가이드라인 개발

세부연구개발과제명	기술개발 목표 및 내용	비고
① (총괄과제) 세계최고 수준의 수상 태양광 발전소 LCOE 경쟁력 확보 (TRL : 5 ~ 7단계)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계최고 수준의 LCOE 목표 및 확보전략 <ul style="list-style-type: none"> - 설계·안전·유지보수 가이드라인 작성 - 경제성 분석(기존 육상 변전소 시스템 대비 설치비용, LCOE, 전력송전효율 비교) - 세부과제 진도관리 방안 제시 <p style="text-align: center;">LCOE 목표, 제안분석 및 확보전략 제시 필수(세계최고 수준)</p>	공고시기
		2024년 공고
		연구개발과제유형
		품목지정 혁신제품(실증)
		주관연구개발기관
제한없음		
정부납부기술료		
징수		
지원기간		
48개월 이내		
② (세부1) 수상 태양광 배전급(22.9kVA) 부유식 변전소 기술개발 (TRL : 5 ~ 7단계)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수상 태양광 발전 시스템을 위한 배전급 부유식 변전소 설계 및 구조내풍압·파고 안전성 등 시뮬레이션 실시 <ul style="list-style-type: none"> - 설계 최대 풍속 CFD/풍동 시험 - Sea state level 4 고려한 최대파고 설계 및 구조계산 ○ 배전급 부유식 변전소 핵심 소재-부품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수배전반, 센트럴 인버터, 케이블, 하우징, 개폐기, 차단기 등 안전장치 및 기타 보조장치 개발 → 관련 국내 소재-부품 밸류체인 분석을 통한 국산화된 부품은 성능 파악 후 개발 배제하고 적용 검토 - 염해지역 수상 설치를 위한 경량화 방안 제시 - 내구성 및 성능 확보 가능한 방진방수와 방염 기술개발 ○ 부유식 변전소용 부력체와 계류 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 친환경, 내식성(대기부식성 등급 C4 고려) 구조용 소재, Anti-UV 소재 개발과 적용 부력시스템 부품 개발 - 파고 및 강풍에 견딜 수 있는 고강도 부력체 부품 개발 및 스트레스 시험실시 - 수상 케이블, 센트럴 인버터, 변전 설비 등의 구조적 배치 및 안전성 향상을 위한 부품 개발 - 부력체 따개비 부착 방지 및 변전소 조류배설물 방자세척 방안 제시 <p style="text-align: center;">배전급 부유식 변전소 설계, 관련 국내 소재-부품 밸류체인 분석, 시뮬레이션 방안 제시 필수(세계최고 수준)</p>	공고시기
		2024년 공고
		연구개발과제유형
		품목지정 혁신제품(실증)
		주관연구개발기관
기업 (중소중견기업 참여 필수)		
정부납부기술료		
징수		
지원기간		
48개월 이내		
③ (세부2) 부유식 변전소 실증 및 트랙레코드 확보 (TRL : 5 ~ 7단계)	<ul style="list-style-type: none"> ○ MW급 실증장소 제공 및 실증을위한규제특례 적용 대응 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 부유식 변전소를 활용한 MW급 부유식 수상 태양광 발전소 실증(12개월 이상) - 실증장소 확보 - 수상 부유식 변전소의 경우 해당 법령의 한계로 인한 기준이 부재하므로 「실증을위한규제특례」(규제샌드박스) 지원 필수 - 지역별 수출전략 도출 및 비즈니스 모델 개발 <p style="text-align: center;">수상 태양광 LCOE 저감을 위한 배전급 부유식 변전소 실증 방안 제시 필수(세계최고 수준)</p>	공고시기
		2024년 공고
		연구개발과제유형
		품목지정 혁신제품(실증)
		주관연구개발기관
기업 (중소중견기업 참여 필수)		
정부납부기술료		
징수		
지원기간		
48개월 이내		

④ (세부3) 세계최초 부유식 변전소 기술기준(안) 개발 (TRL : 2 ~ 7단계)	○ 전기 안전기준(안), 기술기준(안), 시험기준(안) 개발 * 부유식 변전소 안전요인 파악 및 시험 방법 개발 * 유관기관과 산학연 전문가 위원회 구성 및 운영을 통한 신뢰성 확보 수상 태양광용 배전급 부유식 변전소 전기 안전기준(안), 기술기준(안), 시험기준(안) 개발 방안 제시 필수(세계최초)	공고시기	2024년 공고
		연구개발과제유형	품목지정 혁신제품(실증)
⑤ (세부4) 수상/해상 부유식 태양광 시스템의 디지털 기반 원격 유지보수 가이드라인 개발 (TRL : 5 ~ 7단계)	○ 개발자를 위한 실질적인 조언이 될 수 있는 가이드라인 개발 - 수질 오염 방지를 위한 부유체 및 계류장치 소재 선택 - 염수·내풍압 등 설치 환경을 고려한 모듈 선택 - 파고·강풍·태풍·수심 등 설치환경별 안전한 설계 - 감전사고 방지를 위한 전기 안전 및 전지 시스템 설계 - 전기실 및 케이블 설계 - 유지보수 공간 확보 - 발전량 모니터링 및 분석, 불량감지 및 보완 - 조류배설물 저감 및 세척(로봇 세척 포함) - 따개비 부착 방지 - 선박 등과의 충돌사고 방지를 위한 부표 등 안전 표시 설치 - 수질·어족자원 보호 등 환경영향 평가 - 시스템 교체, 철거 및 재활용 방안 수상/해상 부유식 태양광 디지털 기반 유지보수 가이드라인 개발 방안 제시 필수(세계최고 수준)	주관연구개발기관	제한없음
		정부납부기술료	징수
		지원기간	48개월 이내
		공고시기	2024년 공고
		연구개발과제유형	품목지정 혁신제품(실증)
		주관연구개발기관	제한없음
		정부납부기술료	징수
		지원기간	12개월 이내

4. 기타 지원 요건

○ 지원규모 : 총 정부지원연구개발비 145억원 내외

- 총괄과제 1차년도 정부지원연구개발비 : 3억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 12억원 내외
- 세부1과제 1차년도 정부지원연구개발비 : 20억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 86억원 내외
- 세부2과제 1차년도 정부지원연구개발비 : 8억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 30억원 내외
- 세부3과제 1차년도 정부지원연구개발비 : 3억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 12억원 내외
- 세부4과제 1차년도 정부지원연구개발비 : 5억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 5억원 내외

○ 개발위험 극복방안

- 총괄/세부3/세부4 과제 주관연구개발기관은 공신력 있는 가이드라인, 기술기준(안), 안전기준(안), 시험기준(안) 등의 개발을 위해서 유관기관을 포함한 관련 전문가로 구성된 전문위원회 운영 요구됨
- 세부2 과제 주관연구개발기관은 기축 시스템 적용을 우선적으로 검토하며 설계를 위한 실증 장소 공통 정보를 제시(선정평가전 본 과제 지원기관과 기업참여 MOU 체결 금지)
* 안전기준이 부재한 상태에서 실증 시스템의 계통연계를 위해서는 산업융합 규제샌드박스를 통한 “실증을 위한 규제특례” 진행 필수
- 세부1 과제 주관연구개발기관은 전문기관 담당자에게 실증장소의 공통 정보를 문의하여 부유식 변전소 설계에 반영 필수
* 세부1 과제의 경우 기성 부품 적용은 인증제품 사용이 원칙이며, 개발 부품에 대해서는 부품별 실증특례 진행 필수
- 실증 시스템 설치업체는 전기공사 자격증 보유 필수
- 사업화 성과 제고를 위한 기업의 총 정부지원연구개발비 비율 제고
※ 모든 연구개발기관은 기관별로 기존에 수행한 연구개발과제와의 차별성(중복·유사성 회피 방안)과 사업화 기여방안 제시 필수

○ 안전 관리 사항

- 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 ‘연구개발과제별 안전관리계획’을 제출해야 함(적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함)

○ 참여조건

- 동 과제는 병렬형 연구개발과제로, 총괄 및 세부연구개발과제별로 별도의 연구개발계획서를 신청받아 평가하며, 선정평가 종료 이후 기관 간 조정을 통해 수행내용을 확정함
- 세부1 과제 수요기업 참여 필수
- 세부연구개발과제 주관연구개발기관으로 동시 지원 불가(총괄-세부는 가능)
- 개별 과제당 법인(대학은 연구실별)은 연구개발계획서 제출 1건으로 제한(사전지원제외 가능) 단, 수요기업은 복수지원 가능

**'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)
(병렬형 연구개발과제)**

관리번호	2024-신재생-태양광-병렬형-2	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		신재생에너지	-
해당여부	<input checked="" type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input type="checkbox"/> 안전관리형과제 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 R&D <input checked="" type="checkbox"/> 통합형 <input type="checkbox"/> 초격차 <input checked="" type="checkbox"/> 실증형			
R&D 자율성트랙	<input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)			
프로젝트명	친환경 영농형 태양광 표준모델 설계 및 실증			

1. 필요성

- (정책) NDC 목표 달성을 위해서는 상대농지(농업진흥구역외 일반농지)의 영농형 태양광 활용이 필수적으로 요구되나, 현재 농지 일시사용허가 기간이 8년으로 제한되어 경제성이 부재하거나 농지전용의 부작용 발생
 - 국내에서 영농형 태양광 경제성 확보를 위한 농지 일시사용허가 기간을 23년 수준으로 제도개선을 위한 표준모델의 실증연구와 시공기준(안) **세계최초** 확보 필요
- (시장) 농업 병행이나 농가의 유휴부지 활용을 위한 영농형 태양광에 대한 글로벌 관심 고조
 - 독일·프랑스·이탈리아·일본 등에서 영농형 태양광 실증에 기반한 표준모델 및 설치 가이드라인이 제안되었으나 보급 활성화를 위해서는 시공기준과 수용성 확보 필요
- (기술) 영농형 경제성 확보를 위한 양면형 n형 단결정 실리콘 모듈 적용 필요
 - 고효율, 높은 양면 발전 계수 및 우수한 온도계수로 발전량 개선 가능
 - 동서형 시스템의 활성화로 태양광 발전의 출력제한(curtilment) 완화 가능
 - 납 함량 50ppm(0.005wt%) 이하의 **세계최고** 고내구성·친환경 무연(Pb-free) 모듈 개발
 - * 유럽 RoHS의 납 함량 기준 0.1wt%(1,000ppm) 이하
- (사업화) 수용성 개선을 통한 농지법 개정이 사업화의 마지막 걸림돌이므로 무연 모듈 적용한 고내풍압 시스템 개발과 임차농 유인 정책 마련 및 홍보 필요

2. 프로젝트 개념

< 영농형 태양광 시스템(예시) >



(a) 작물 위 고정식 루프탑형



(b) 작물 간 수직 펜스형

- (기술개념) 논, 밭 등 국내 일반농지에서 적용 가능한 표준모델 2종에 대한 실증 시스템 구축과 12개월 이상의 실증을 통한 경제성·안전성 분석 및 세계최초 시공기준(안) 개발

*** 핵심목표 : 영농형 태양광 표준모델 2종에 대한 시공기준 개발(세계최초)**

- (기술개발방향) 발전성과 친환경성이 개선된 양면형 n형 단결정 실리콘 무연 모듈 개발하여 적용하고 태풍이나 지진에도 안전하게 구조설계된 영농형 태양광 시스템
 - (작물 위 고정식 루프탑형 표준모델) 비추적 고정식 구조물에 양면형 모듈을 루프탑형으로 설치한 영농형 태양광 시스템 실증
 - (작물 간 수직 펜스형 태양광 표준모델) 비추적 고정식 구조물에 양면형 모듈을 수직 설치한 영농형 펜스 태양광 시스템 실증

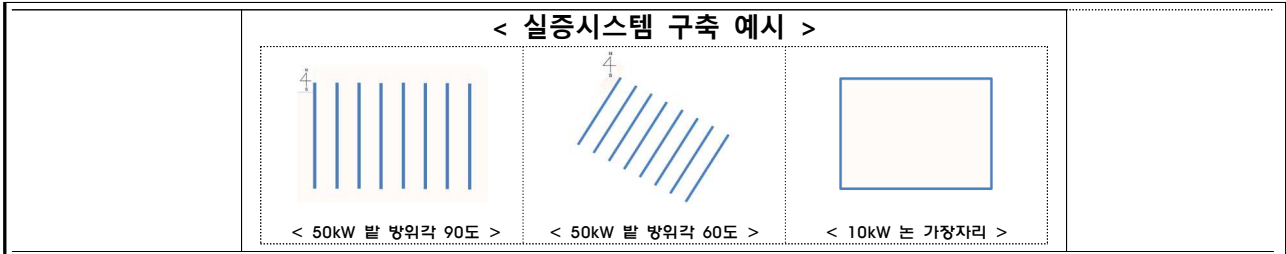
3. 개발목표 및 내용

○ (최종목표) 2종의 영농형 표준모델에 대한 환경성, 안전성, 경제성을 확보할 수 있는 실증연구 및 시공기준(안) 개발(세계최초)

○ (세부연구개발과제 연구내용)

- 총괄연구개발과제 : 시공기준(안)·O&M 교육자료 개발 및 정책제언
- 세부연구개발과제1 : 작물 위 고정식 루프탑형 표준모델 설계 및 실증
- 세부연구개발과제2 : 작물 간 수직 펜스형 태양광 표준모델 설계 및 실증

세부연구개발과제명	기술개발 목표 및 내용	비고
① (총괄과제) 유휴부지 적용 영농형 태양광 표준모델에 대한 실증연구 및 시공기준 개발 (TRL : 6 ~ 8단계)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시공기준(안)은 관련 전문위원회를 구성하고 운영하여 작성 및 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 논둑·강둑·부지 경계면 등 유휴부지 설치 수직 펜스형 태양광 시공기준(안)도 포함 ○ 시공기준(안)은 영농형 태양광 표준모델 설계 방안 및 일시사용 허가 완료 후 영농형 태양광 설비 철거 방안도 고려하여 개발 ○ 농가 맞춤형 O&M 교육자료 개발 방안 제시 ○ 세부과제들의 설치·시공과 실증을 통한 환경성·안전성·경제성 분석 등 진도 관리방안 제시 ○ 영농형 태양광 농가에 대한 직불금 지급 등의 정책제언 <p style="text-align: center;">시공기준(안) 작성방안 제시 필수(세계최초)</p>	<p>공고시기 2024년 공고</p> <p>연구개발과제유형 품목지정 혁신제품(실증)</p> <p>주관연구개발기관 제한없음</p> <p>정부납부기술료 징수</p> <p>지원기간 36개월 이내</p>
② (세부1) 작물 위 고정식 루프탑형 표준모델 설계 및 실증 (TRL : 6 ~ 8단계)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비추적 고정식 구조물에 양면형 모듈을 루프탑형으로 설치한 영농형 태양광 시스템 실증(구조물 높이 4m 이상) <ul style="list-style-type: none"> - 논 차광율 30% 100kW 및 밭 차광율 30% 100kW 시스템 구축 (총 200 kW 밭 대상 작물은 감자 등 1종 선택하여 사업계획서에 선택 이유제시 필수) - 차광율(%) = $\frac{\sum \text{모듈 면적}}{\text{경지면적}} \times 100$ ○ n형 양면형 무연 모듈 개발 및 실증 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 한국산업표준 KS C 8561에 따른 고내구성·친환경 모듈 개발 * 태양전지 개발은 본 과제에 포함되지 않음 ○ 농지 훼손없이 안전성 확보가 가능한 구조물 설치기술 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 조류배설물·미세먼지 오염(soiling) 관리 - 주관기관은 총괄과제의 시공기준(안) 작성 보조 ○ 경제성 분석 등 <ul style="list-style-type: none"> - 발전소 O&M 매뉴얼 및 안전 가이드라인 작성 <p style="text-align: center;">n형 양면형 무연(납 함량 50ppm 이하) 모듈 설계 및 풍하중(40m/s 이상) 내구성 제시 필수(세계최고)</p>	<p>공고시기 2024년 공고</p> <p>연구개발과제유형 품목지정 혁신제품(실증)</p> <p>주관연구개발기관 기업 (모듈 제조업체 중소·중견기업 참여 필수)</p> <p>정부납부기술료 징수</p> <p>지원기간 36개월 이내</p>
③ (세부2) 작물 간 수직 펜스형 태양광 표준모델 설계 및 실증 (TRL : 6 ~ 8단계)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비추적 고정식 구조물에 양면형 모듈을 수직 설치한 영농형 펜스 태양광 시스템 실증(구조물 높이 3m 이하) <ul style="list-style-type: none"> - 논 가장자리 10kW 실증 시스템 및 밭 대상 동서형 실증을 위한 방위각 90도와 60도 각각 50kW 실증 시스템 구축(총 110kW) (밭 대상 작물은 감자 등 1종 선택하여 사업계획서에 선택 이유제시 필수) ○ n형 양면형 무연 모듈 개발(모듈 면적 1.6㎡ 이상) 및 실증 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 한국산업표준 KS C 8561에 따른 고내구성·친환경 모듈 개발 * 태양전지 개발은 본 과제에 포함되지 않음 - 체결 방식과 음영 최소화를 고려한 프레임 설계 ○ 농지 훼손없이 안전성 확보가 가능한 구조물 설치 기술 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 음영 환경 동작 최적화를 위한 MLPE 적용의 경우 급속차단 기능이 확보된 신뢰성 있는 기존 제품(개발 대상 아님) 사용이 필수이며 설치 가이드라인 작성 및 경제성 등 비교분석 방안 제시 - 주관기관은 총괄과제의 시공기준(안) 작성 보조 ○ 경제성 분석 등 <ul style="list-style-type: none"> - 발전소 O&M 매뉴얼 및 안전 가이드라인 작성 <p style="text-align: center;">n형 양면형 무연(납 함량 50ppm 이하) 모듈 설계 및 풍하중(40m/s 이상) 내구성 제시 필수(세계최고)</p>	<p>공고시기 2024년 공고</p> <p>연구개발과제유형 품목지정 혁신제품(실증)</p> <p>주관연구개발기관 기업 (모듈 제조업체 중소·중견기업 참여 필수)</p> <p>정부납부기술료 징수</p> <p>지원기간 36개월 이내</p>



4. 기타 지원 요건

○ 지원규모 : 총 정부지원연구개발비 60억원 내외

- 총괄과제 1차년도 정부지원연구개발비 : 2억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 7억원 내외
- 세부1과제 1차년도 정부지원연구개발비 : 8억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 30억원 내외
- 세부2과제 1차년도 정부지원연구개발비 : 6억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 23억원 내외

○ 개발위험 극복방안

- 규제개선을 위한 실증과제이므로, 과제 목적에서 벗어난 원천 및 응용 연구내용은 지양 필요 (과도한 작물 재배·모니터링·분석 의뢰 및 독자기술 개발 등)
 - * 염해간척농지에 대한 실증 및 시공기준(안) 작성은 본 과제에 포함되지 않음
- 대표성 있는 시공기준(안) 작성을 위해, 동 과제를 통해 개발된 n형 양면형 무연 모듈의 설계와 소재·부품은 일반적인 모듈 제조사가 제작 가능해야 함(모듈 개발 시 한국산업표준 KS C 8561에 따른 고내구성·친환경 태양광발전 모듈 인증 확보 필수)
 - * 납 함량 50ppm 이하의 고내구성·친환경 모듈 개발, 태양전지 크기는 M10 이상이고 양면발전 계수는 80% 이상 필수
- 태양전지 개발은 본 과제에 포함되지 않으며, 국내외에서 수급 가능함
- 총괄과제 주관기관은 공신력 있는 시공기준(안) 작성을 위해서 전체 세부과제 실증 진도관리와 더불어 유관기관을 포함한 관련 전문가로 구성된 전문위원회 운영이 요구됨
- 선정평가 시까지 조건에 맞는 실증장소를 확보해야 하며, 12개월 이상 실증 필수
- 영농형 시스템 표준모델은 범용의 소재와 부품을 적용하여 제작해야 하며 모듈 설계, 설하중과 풍하중 등을 고려한 구조설계 및 CFD 내풍압 시뮬레이션 결과를 사업계획서에 제시해야함
 - * 구조물 풍하중은 40m/s 이상 기준으로 건축설계기준 준용
- 모듈체결 방식은 기존 볼트 방식 50% 및 클립 방식 50% 적용하여 비교 검토
- 농기계 운영·침수 대비 안전·경제성·경관 친화성(펜스 높이)을 고려한 구조물과 펜스 설계, 토지오염 방지를 위한 시멘트를 사용하지 않는 친환경 구조물 설치기술과 케이블 매설 방법 적용 필요
- 모듈의 극성을 고려한 변압기 타입 인버터 적용 필수
- 실증 시스템 설치업체는 전기공사 자격증 보유 필수
- 농가의 수용성 개선을 위한 정책·홍보·교육 등 방안 제시 필수
- 경제성 분석 시 실증 시스템별 100kW 기준 소요 면적, 이용률(평균 발전시간), 설치비용 및 LCOE 분석(일반형 태양광과 비교), 실증 시스템별 수확량 감소율 분석 및 농가 수익 비교
- 사업화 성과 제고를 위한 기업의 총 정부지원연구개발비 비율 제고
 - ※ 모든 연구개발기관은 기관별로 기존에 수행한 연구개발과제와의 차별성(중복·유사성 회피 방안)과 사업화 기여방안 제시 필수

○ 안전관리 사항

- 본 과제는 안전관리형 연구개발과제에는 미해당하나, 실증사이트 운영 시 감전 등 사고 위험 존재하므로 주의 필요

○ 참여조건

- 동 과제는 병렬형 연구개발과제로, 총괄 및 세부연구개발과제별로 별도의 연구개발계획서를 신청받아 평가하며, 선정평가 종료 이후 기관 간 조정을 통해 수행내용을 확정함
- 세부연구개발과제별로 수요기업 참여 필수
 - * 세부연구개발과제별로 모듈 제조기업이 주관, 참여, 혹은 수요기업으로 참여 필수
 - * 실증사이트 제공하는 지자체 참여 및 매칭 가능
- 세부1-세부2 과제 주관연구개발기관 동시 지원 불가(총괄-세부는 가능)
- 개별 과제당 법인(대학은 연구실별)은 연구개발계획서 제출 1건으로 제한(사전지원제외 가능) 단, 수요기업은 복수지원 가능