

관리번호	2026-에너지·환경- 1-지정공모-15		RFP 유형코드	목적·내용	성기물 특성	지원유형	
				R	1	1	
국가전략연구 기획평가전문분야	PM분야	에너지·환경	RB분야	태양전지	시작품·시제품 제작 및 검증 (TRL 5~6)	일반연구개발	
사업명	Net-zero구현을위한초격차태양전지기술개발						
RFP명	초고속 용액 공정 기반 페로브스카이트 대면적 모듈 제작 공정 기술 개발 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 5단계)						
지원 정보	지원기간	2026.04 ~ 2030.12		정부지원금	8,200.5백만원		
	1단계 (1차년도)	2026.04 ~ 2028.12 (2026.04 ~ 2026.12)		1단계 (1차년도)	4,621.5백만원 (937.5백만원)		
		2029.01 ~ 2030.12			3,579백만원		
	주관기관유형	<input checked="" type="checkbox"/> 제한없음 <input type="checkbox"/> 대학/출연(연)/국·공립연/특정연 <input type="checkbox"/> 기업 <input type="checkbox"/> 기타 비영리법인(병원 등) <input type="checkbox"/> 외국법인					
	주관기관 외 필수참여기관	<input checked="" type="checkbox"/> 제한없음 <input type="checkbox"/> 기업 <input type="checkbox"/> 기타 비영리법인(병원 등) <input type="checkbox"/> 외국법인					
키워드	한글	초고속, 용액 공정, 태양전지, 안정성, 대면적 모듈					
	영문	High-speed, Solution process, Solar cells, Stability, Large area module					

1. 추진배경	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 추진근거 <ul style="list-style-type: none"> - 「과학기술기본법」 제11조 - 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조 - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조 - 과학기술기본법 제15조(도전적 연구개발의 촉진) - 탄소중립기본법 제56조(녹색기술의 연구개발 및 사업화 등의 촉진) - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조(기술개발사업의 추진) - 신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법 제9조(조성된 사업비의 사용) ○ 세부 추진배경 <ul style="list-style-type: none"> - 세계 각국의 탄소중립 달성을 위한 움직임은 지속적으로 진행되고 있으며 우리나라도 '2050년 탄소중립' 선언(2020년)과 함께 2030년까지 온실가스 배출량 감축 목표를 상향하는 등 제도적 이행 기반을 강화하고 있음 - 2022년 주요 발전원을 기준으로 9.2%인 재생에너지 발전 비중을 2030년 21.6% 이상, 2036년 30% 초반대까지 확대할 계획임(탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획, '23.04) - 기후위기가 가속화됨에 따라 온실가스를 배출하지 않는 무탄소에너지 확보가 시급하며, 태양광 발전은 2023년 세계 재생에너지 신규 용량의 4분의 3을 차지할 정도로 핵심적인 역할 수행 - 대기 중 이산화탄소 농도는 2024년 현재 446ppm으로 사상 최대 수치를 기록하였으며, 2022년 지구의 평균 기온은 산업화 이전보다 1.15°C 상승 (NASA) - IEA의 '2024 전기 보고서'에 따르면 태양광 발전이 2025년 전 세계 전력 수요 증가의 절반을 커버할 것으로 전망 	

- Net-Zero 달성을 위해 2030년까지 세계 재생에너지 용량을 2022년 대비 3배(11,000GW)로 확대한다는 COP28의 목표 달성을 위한 차세대 태양전지 기술 개발이 필수적
- 현재의 정책과 시장 여건 하에서 2028년 세계 재생에너지 누적 발전 용량은 7,300GW로 예상되며, 목표 달성을 위한 혁신적 기술 돌파구 필요
- 차세대 태양전지로 주목받는 페로브스카이트 태양전지는 높은 효율과 낮은 제조 비용의 장점을 보유하고 있으나, 상용화를 위해서는 대면적화, 소자 내구성 및 공정신뢰성을 확보할 수 있는 상용성을 갖는 공정 기술 개발이 필요함.
- 실험실 수준의 소면적 셀에서는 26.95%(NREL efficiency chart)로 보고 되었으나, 대면적 모듈 제조 시 효율 저하 및 균일도 확보의 어려움 존재
- 기존 보고된 스프인코팅 혹은 블레이드 코팅 등의 방법 등을 대면적화에 적용 시 균일도의 문제가 발생하고 있으며, 200 cm²의 박막 형성 시 각 박막층 별로 수십 초-수 분에 이르는 긴 공정시간이 소요되는 문제점 존재
- 따라서 상용화를 위해 각 층을 수 초 내로 형성할 수 있는 고속 공정을 통해 200 cm² 이상의 대면적에서도 우수한 균일도를 확보할 수 있어야 하며, 전극 및 모듈 구조 형성 시 공정 속도와 재현성 또한 확보할 수 있어야 함
- 실질적인 단일 접합 페로브스카이트 태양전지 모듈의 상용화를 위해서는 본 연구과제를 통한 초고속 공정, 가능 소재와 모듈 구조 등의 확보 필요

※ 페로브스카이트 태양전지 산업화 가속을 위한 공정 이원화 전략의 필요성

- 기존 습식 공정의 한계와 초고속 공정의 대두: 페로브스카이트 태양전지는 용액 공정을 기반으로 비약적인 효율 상승을 이뤘으나, 기존의 스프인 코팅이나 저속 블레이드/슬롯다이 코팅 방식은 대면적화 시 용매의 휘발 속도 차이에 따른 불균일한 결정 성장 문제를 야기함. 특히 200 cm² 이상의 대면적 코팅 시, 코팅 시작점과 끝점의 건조 시점 차이로 인해 박막의 균일도가 저하되고, 이는 모듈 전체의 효율 하락 및 재현성 부족으로 직결됨.
- 생산성 및 경제성 확보의 핵심: 상용화를 위해서는 단순한 대면적화를 넘어 생산 속도를 획기적으로 단축해야 함. 기존 공정처럼 박막 형성에 수 분이 소요될 경우, 생산 비용 증가로 인해 시장 경쟁력을 확보하기 어려움. 따라서, 수 초 이내에 코팅과 결정화를 동시에 완료할 수 있는 '초고속 연속 공정' 기술은 생산 단가를 낮추고 양산성을 확보하기 위한 필수 전제 조건임.
- 초고속 공정을 통한 박막 품질 제어: 초고속 공정은 단순히 속도만 높이는 것이 아니라, 급속 건조를 유도하여 박막화를 빠르게 도달시킴으로써 균일하고 치밀한 필름 생성을 유도할 수 있음. 이는 대면적에서도 결함을 최소화하고 고품질의 페로브스카이트 박막을 형성할 수 있는 기술적 열쇠가 됨. 즉, 초고속 공정은 '생산성'과 '효율(박막 품질)'이라는 두 마리 토끼를 동시에 잡을 수 있는 핵심 공정 기술임.
- 건식과의 상호 보완 및 최적화 전략: 앞서 언급된 건식 공정이 정밀한 두께 제어와 적층 구조 형성에 강점이 있다면, 초고속 습식 공정은 광흡수층과 같이 두꺼운 막을 빠르고 저렴하게 형성하는데 독보적인 강점을 가짐. 전 주기적 관점에서 볼 때, 고가의 진공 장비 의존도를 낮추고 전체 모듈 제조 비용을 저감하기 위해서는 핵심 층(광흡수층 등)에 대한 초고속 습식 공정 기술 확보가 반드시 병행되어야 함.
- 기술 개발의 시급성 및 기대 효과: 현재 전 세계적으로 대면적 모듈 효율 경쟁이 치열한 가운데, 200 cm²급 이상의 모듈에서 균일도와 고효율을 동시에 담보하는 초고속 코팅 소재 및 공정 장비 기술은 아직 독점적 지배 기술이 부재한 상황임. 따라서 본 사업을 통해 초고속 공정에 특화된 잉크 소재 설계(용매 제어 등)와 급속 건조/열처리 제어 기술을 선제적으로 확보한다면, 페로브스카이트 태양전지 양산화의 난제인 '대면적 균일도'와 '생산 속도' 문제를 해결하고 글로벌 시장을 선도할 수 있을 것으로 기대됨.

○ 기획의 주안점

- 본 과제는 차세대 페로브스카이트 태양전지의 상용화를 앞당기기 위해 핵심 난제인 대면적화, 내구성 및 공정 신뢰성 문제를 동시에 해결하는 통합적 기술 개발을 주안점으로 두고 있음
- 초고속 용액 공정 대면적 모듈 제작 공정/소재/소자화 기술 개발을 통해 실험실 수준의 기술을 검증하고 산업화에 필요한 핵심 원천 기술 확보
- 국가 차원의 탄소중립 정책 달성에 기여하고 글로벌 태양광 시장 선점을 위한 초격차 원천기술 확보

2. 과제목표

- **최종 목표** : 대면적 페로브스카이트 모듈 상용화를 위한 초고속 제조 공정 기술 확립 및 공정 특화 모듈 원천 기술 확보

- **단계별 목표**

1단계('26~'28)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고속 습식 공정 페로브스카이트 태양전지 대면적화 원천 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Sub-module (면적: $\geq 200\text{cm}^2$) 크기에서의 고품질 페로브스카이트 성막 기술 개발 - 모듈 IEC61215 대표 평가(LS, DH) 인증 - 대면적($\geq 200\text{ cm}^2$) 습식 페로브스카이트 태양전지 모듈 효율 21% 이상, 열화율 15% 미만(옥외 테스트) 달성
2단계('29~'30)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초고속 습식 공정 대면적 태양전지 모듈 제작 기술 개발 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 고품질 페로브스카이트 태양전지 박막 형성 기술 (면적: $\geq 200\text{cm}^2$) - 대면적 패널 재현성 제시 및 옥외테스트를 통한 안정성 검증 - 대면적($\geq 200\text{ cm}^2$) 습식 페로브스카이트 태양전지 모듈 효율 23% 이상 (면적 증가에 따른 효율제시), 열화율 5% 미만(옥외 테스트) 달성

3. 연구개발내용 및 성과지표

- **연구개발내용**

구분	연구개발내용	비고
1단계 ('26~'28)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고속 용액 공정 기반 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다층 고속 용액 공정 적합성 용액 및 박막 개발 - 저가 고성능 상부 전극 소재 개발 - 다층 박막 고속화 공정 개발 - 상부 전극과 계면 접합이 우수한 소재 기술 개발 ○ 박막 고속화 공정 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈 연결 구조 개선 및 식각 공정 최소화 - IEC 61215 대표평가 (LS, DH) 인증 	
2단계 ('29~'30)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초고속 용액 공정 기술 개발 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 초고속 용액 공정 기반 박막화 기술 개발 - 연속 공정을 위한 다층 소재/공정 기술 개발 - 초고속 습식 대면적 단일접합 페로브스카이트 태양전지용 핵심 원천 기술 확보 ○ 대면적 모듈 제작 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 고신뢰성 고속 공정 기반 대면적 모듈 안정성 극대화 - 모듈 혹은 패널 800cm^2 이상 (NREL small module 기준) 재현성 및 균일성 검증 	

- **성과지표**

항목	1단계	2단계 (최종목표)	성과수준			비고	
			국내 최고수준	세계 최고수준	기타		
필수	대면적 모듈 효율 ($\geq 200\text{cm}^2$)	21%	23%	-	현 NREL 차트 모듈 세계 최고 효율 21.1%	-	외부기관 인증 (*단계 평가시 공인인증 성적서 제출 필수)
	박막 형성 속도 (200cm^2 형성 시간)	< 5 s	< 1 s	-	-	-	전문가 입회하 측정
	태양전지 내구성 (열화율)	< 15	< 5	-	-	-	육외테스트 30일 후 효율 감소율
	태양전지 수율 (10 run)	-	90%	-	-	-	모듈 10개 동시 외부기관 인증 필수, 그 외 객관적 증거자료 자율 제시
	시작품 제작	-	1건	-	-	-	TRL 5단계를 입증할 수 있는 실제 습식 대면적 태양전지 모듈 제조
자율	데이터 제공	단계별 자율제시		-	-	-	(단위셀, 200cm^2 모듈, 박막형성 속도, 열화율 등 건수), 1차년도 종료 후부터 각 년차 종료 후 과제 5로 전달
	800cm^2 모듈 혹은 패널 성능	단계별 자율제시		-	-	-	효율, 출력, 내구성, 재현성등
	다층 용액공정 모듈	단계별 자율제시		-	-	-	전자수송층, 정공수송층, 전극 포함 (박막 퀄리티, 효율, 안정성등)
	기타 핵심 원천 기술 개발	단계별 자율제시		-	-	-	소재, 소자, 모듈, 안정성, 박막퀄리티등
	전공정의 기술경제성(TEA) 및 전과정 평가(LCA)	단계별 자율제시		-	-	-	온실가스 감축 효과성 제시
	개발 기술의 혁신성	단계별 자율제시		-	-	-	대표성과물 홍보 및 전시 계획, 삼극특허 확보, 기술이전 계획 등

※ 핵심지표는 필수로 설정하여야 하며, 자율지표는 추가하여 제시할 수 있음

※ 모든 성능지표는 공인인증 또는 외부기관 검증서, 전문가 입회확인서 제출 필수(자체 평가 시 필요 사유 제시)

※ 각 정량 목표 수치의 평가 기준, 측정 방법 등에 대한 정보를 구체적이고 명확하게 제시

※ 효율, 안정성, 대면적화 및 수율 관련 자율 지표 제시 가능

※ 기타 핵심 원천 기술 개발 관련 자율 지표 제시 가능

4. 특기사항				
기본	주요 항목별	국가전략기술	<input type="checkbox"/> Y (분야명/중점기술명)	<input checked="" type="checkbox"/> N

특성분류	해당여부	혁신도전형 R&D	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		특허로 R&D(舊 IP-R&D)	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		경쟁형 R&D	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		보안과제	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		기술료 징수	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
		3책5공 적용	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
		국제공동연구 의무	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		지자체 예산매칭 의무	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
ESG		<input checked="" type="checkbox"/> E(환경) <input type="checkbox"/> S(사회) <input type="checkbox"/> G(지배구조) <input type="checkbox"/> 해당없음		

- 주관연구개발기관이 연구개발과제 형식으로 제안하여야 함
 - 공동연구개발기관 등의 구성은 자율로 하되, 각 기관별 역할 명확하게 제시 필요
 - 동 사업 내 주관/공동/위탁 연구개발기관 연구책임자로 신청 가능한 과제수는 1개로 제한
 - 논문·특허 성과는 기여도가 50% 이상인 경우에 한하여 성과로 인정
 - 연구개발과제명은 연구자의 아이디어를 포함하여 자유롭게 제시 가능
 - 과제 제안요구서(RFP)에 제시된 필요성과 목표, 연구기간, 예산 등을 고려하여 연구개발계획서에 명확하고 구체적인 연구 범위와 도전적 성과목표를 제시
 - 자율 성과지표는 각 항목 및 목표치를 자유롭게 제시할 수 있으나, 설정한 목표치에 대한 타당성을 입증할 수 있는 객관적인 자료를 반드시 첨부
 - 기존 연구개발과제 및 기술과의 차별성을 구체적으로 제시 필수
 - 연차점검(필요시) 및 단계평가를 통해 연차별·단계별 추진 현황 및 성과를 점검받고, 점검·평가·추진위원회의 의견에 따라 연구개발과제의 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 계속 지원 여부 등 조정 가능
- 연구개발비 : 총 82억 원 내외(정부출연금)

(단위: 백만원)

과제내용	1단계			2단계	
	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도
초고속 용액 공정 기반 페로브스카이트	937.5	1,842	1,842	1,789.5	1,789.5
대면적 모듈 제작 공정 기술 개발					

※ 연구개발비 규모 및 연구개발기간은 정부예산 사정에 따라 변경 가능

관리번호	2026-에너지·환경- 1-지정공모-16		RFP 유형코드	목적·내용	성기물 특성	지원유형
				R	1	1
국가전략연구 기획평가전문분야	PM분야	에너지·환경	RB분야	원천연구 태양전지	시작품·시제품 제작 및 검증 (TRL 5~6)	일반연구개발
사업명	Net-zero구현을위한초격차태양전지기술개발					
RFP명	건식 페로브스카이트 대면적 태양전지 모듈 제작 공정 기술 개발					
	(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 5단계)					
지원 정보	지원기간	2026.04 ~ 2030.12	정부지원금	8,200.5백만원		
	1단계 (1차년도)	2026.04 ~ 2028.12 (2026.04 ~ 2026.12)	1단계 (1차년도)	4,621.5백만원 (937.5백만원)		
	2단계	2029.01 ~ 2030.12	2단계	3,579백만원		
	주관기관유형	■ 제한없음 □ 대학/출연(연)/국공립연/특정연 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인				
	주관기관 외 필수참여기관	■ 제한없음 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인				
키워드	한글	건식공정, 태양전지, 안정성, 대면적 모듈				
	영문	Dry process, Solar cells, Stability, Large area module				

1. 추진배경	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 추진근거 <ul style="list-style-type: none"> - 「과학기술기본법」 제11조 - 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조 - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조 - 과학기술기본법 제15조(도전적 연구개발의 촉진) - 탄소중립기본법 제56조(녹색기술의 연구개발 및 사업화 등의 촉진) - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조(기술개발사업의 추진) - 신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법 제9조(조성된 사업비의 사용) ○ 세부 추진배경 <ul style="list-style-type: none"> - 세계 각국의 탄소중립 달성을 위한 움직임은 지속적으로 진행되고 있으며 우리나라도 '2050년 탄소중립' 선언(2020년)과 함께 2030년까지 온실가스 배출량 감축 목표를 상향하는 등 제도적 이행 기반을 강화하고 있음 - 2022년 주요 발전원을 기준으로 9.2%인 재생에너지 발전 비중을 2030년 21.6% 이상, 2036년 30% 초반대까지 확대할 계획임(탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획, '23.04) - 기후위기가 가속화됨에 따라 온실가스를 배출하지 않는 무탄소에너지 확보가 시급하며, 태양광 발전은 2023년 세계 재생에너지 신규 용량의 4분의 3을 차지할 정도로 핵심적인 역할 수행 - 대기 중 이산화탄소 농도는 2024년 현재 446ppm으로 사상 최대 수치를 기록하였으며, 2022년 지구의 평균 기온은 산업화 이전보다 1.15℃ 상승 (NASA) - IEA의 '2024 전기 보고서'에 따르면 태양광 발전이 2025년 전 세계 전력 수요 증가의 절반을 커버할 것으로 전망 - Net-Zero 달성을 위해 2030년까지 세계 재생에너지 용량을 2022년 대비 3배(11,000GW)로 	

확대한다는 COP28의 목표 달성을 위한 차세대 태양전지 기술 개발이 필수적

- 현재의 정책과 시장 여건 하에서 2028년 세계 재생에너지 누적 발전 용량은 7,300GW로 예상되며, 목표 달성을 위한 혁신적 기술 돌파구 필요
- 차세대 태양전지로 주목받는 페로브스카이트 태양전지는 높은 효율과 낮은 제조 비용의 장점을 보유하고 있으나, 상용화를 위해서는 대면적화, 소자 내구성 및 공정신뢰성을 확보할 수 있는 상용성을 갖는 공정 기술 개발이 필요함.
- 실험실 수준의 소면적 셀에서는 26.95%의 고효율 달성(NREL, 2025)하였으나, 대면적 모듈 제조 시 효율 저하 및 균일도 확보의 어려움 존재

※ 페로브스카이트 태양전지 산업화 가속을 위한 공정 이원화 전략의 필요성

- 페로브스카이트 태양전지는 습식 공정을 중심으로 단기간 내 빠른 효율 향상을 달성. 그러나 대면적 모듈화 및 양산 공정으로의 확장 과정에서 아래와 같은 어려움에 직면함
 - 공정 균일성 및 재현성 확보의 어려움; 용매 사용에 따른 공정 제어 및 관리 부담; 환경·안전 규제 대응 측면에서의 구조적 한계가 동시에 노출됨
- 건식(vacuum-based) 공정의 장점과 제약: 우수한 막 두께 및 조성 제어 능력과 대면적 균일성 확보 가능; 기존 박막 태양전지 산업 인프라와의 높은 공정 호환성 보유
- 따라서, 습식과 건식 공정은 상호 대체 관계가 아닌 상호 보완적 기술 체계로 인식 필요함. 어느 하나의 공정만으로는 고효율-대면적-양산성-신뢰성으로 대표되는 페로브스카이트 태양전지의 전주기적 산업 요구를 동시에 충족하기 어려움. 이에 따라 습식과 건식 공정의 병행 개발은 선택적 접근이 아닌, 페로브스카이트 태양전지 산업 경쟁력 확보를 위한 필수 전략으로 판단됨
- 건식 진공공정은 기존 OLED 상용화에 성공적으로 사용되고 있는 공정으로 광전반도체 소자 대량생산에 용이한 장비, 기술, 인프라 등이 성공적으로 구축되어 있음. 따라서, OLED와 소재/구조의 유사성이 있는 페로브스카이트 태양전지 역시 건식 진공증착 공정을 효과적으로 적용한다면 기존 OLED에서 개발된 상용화 기술을 이용하여 기존 공정의 한계 극복이 가능
- 하지만 기존 일반 진공증착 공정을 페로브스카이트 제작에 그대로 적용하게 되면 공정 제어 및 세부 소재의 차이로 인하여 다양한 문제점들이 발생.
- 현재 건식 공정의 해결 과제: 적용 가능한 소재 선택의 제약; 공정 비용 및 설비 투자 부담으로 인해 단독 기술로서 전면적 확장에는 한계 존재
- 또한 건식 진공 공정을 통한 대면적 단일접합 페로브스카이트 태양전지 구현을 위해서는 탠덤용 상부셀과는 다른 최적 조성이 요구되며, 이에 부합하는 대면적 전하 수송층 및 계면층 설계 등 새로운 소재-공정-소자화 기술 개발에 대한 지원이 필요함
- 따라서 상용화 수준의 대면적 태양전지 모듈(200 m²급)에서 건식 공정으로 구현하는 고효율-고재현성 페로브스카이트 태양전지용 소재-공정-소자화 기술을 확보하기 위해 본 사업이 필요하며, 성공적으로 수행될 경우 차세대 태양전지 핵심 기술을 선도적으로 선점할 수 있을 것으로 기대됨

○ 기획의 주안점

- 글로벌 페로브스카이트 태양전지 시장은 적용 분야에 따라 공정 수요가 점차 이원화되는 양상을 보이고 있음. BIPV, 경량·유연 소자, 차세대 탠덤 구조 등에서는 고효율·저비용 구현이 가능한 습식 공정 기반 기술의 경쟁력이 부각되는 반면, 대면적 모듈 제조, 고신뢰성 요구 분야, 기존 진공 공정 인프라 활용 산업군에서는 건식 공정 기반 기술 수요가 빠르게 증가. 이러한 환경에서 단일 공정 기술에 의존할 경우 기술 적용 범위와 산업 파급력이 제한될 수밖에 없으며, 이에 본 과제는 건식 기반 대면적 페로브스카이트 태양전지 모듈 제조 공정 기술을 전략적으로 확보함으로써, 다양한 시장 요구에 대응 가능한 공정 포트폴리오 구축을 기획의 핵심 주안점으로 설정함
- 본 과제는 차세대 페로브스카이트 태양전지의 상용화를 앞당기기 위해 핵심 난제인 대면적화,

내구성 및 공정 신뢰성 문제를 동시에 해결하는 통합적 기술 개발을 주안점으로 두고 있음

- 건식 대면적 모듈 제작 공정/소재/소자화 기술 개발을 통해 실험실 수준의 기술을 검증하고 산업화에 필요한 핵심 원천 기술 확보
- 국가 차원의 탄소중립 정책 달성에 기여하고 글로벌 태양광 시장 선점을 위한 초격차 원천기술 확보

2. 과제목표

- **최종 목표** : 상용화에 준하는 대면적 태양전지 모듈(모듈, $\geq 200\text{cm}^2$, aperture)에서 전공정 건식 페로브스카이트 기반 단일접합 태양전지를 고효율, 고재현성 및 고내구성으로 제작하는 소재, 공정 및 소자화 핵심 원천 기술 개발

○ 단계별 목표

1단계 (‘26~’28)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건식 페로브스카이트 태양전지 대면적화 원천 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 태양전지 모듈 ($\geq 200\text{cm}^2$, aperture) 크기에서의 고품질 페로브스카이트 성막 기술 개발 - 모듈 IEC61215 대표 평가(LS, DH) 인증 - 대면적 태양전지 모듈 ($\geq 200\text{cm}^2$, aperture) 건식 페로브스카이트 태양전지 모듈 효율 20% 이상, 열화율 15% 미만(옥외 테스트) 달성
2단계 (‘29~’30)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건식 대면적 태양전지 모듈 제작 기술 개발 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 모듈과 패널 및 옥외테스트를 통한 안정성 검증 - 대면적($\geq 200\text{cm}^2$, aperture) 건식 페로브스카이트 태양전지 모듈 효율 21.5% 이상, 수율 90% 이상(10 runs), 열화율 5% 미만(옥외 테스트) 달성

3. 연구개발내용 및 성과지표

○ 연구개발내용

구분	연구개발내용	비고
1단계 (‘26~’28)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건식 대면적 태양전지 모듈 제작 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 건식 공정 기반 대면적 소재 개발 및 페로브스카이트 공정제어 기술개발 - 통합 시스템에서 필요한 BOP 핵심 주요 구성품에 대한 설계, 성능 평가 - 소면적-대면적 상관관계 연구 및 전층 건식 소재 개발 - 대면적 태양전지 모듈 구현 및 건식 소재 최적화 ○ 개발 소재/소자 안정성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 태양전지 모듈 IEC61215 대표 평가(LS, DH) 인증 	
2단계 (‘29~’30)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건식 대면적 태양전지 대면적화 및 최적화 기술 개발 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 최적화 및 자동화 제어기술 개발 - 21.5% 이상 고효율 달성 및 고재현성 확보 - 건식 대면적 단일접합 페로브스카이트 태양전지 모듈용 핵심 원천 기술 확보 ○ 개발 소재/소자 안정성 확보 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 모듈과 패널 및 옥외테스트(IEC61215 프로토콜 및 옥외테스트 30일 후 초기 효율대비 저하율 측정) 	

○ 성과지표

항목	1단계	2단계 (최종목표)	성과수준			비고
			국내 최고수준	세계 최고수준	기타	
필수	대면적 모듈 효율 (≥200cm ² , aperture)	20%	21.5%	-	-	-
	태양전지 수율 (최소 10 run 기준 효율 목표치의 90% 이상 달성 run 백분율)	-	90%	-	-	-
	태양전지 내구성 (열화율)	<15%	<5%	-	-	-
	시작품 제작	-	1건	-	-	-
자율	800 cm ² 모듈 혹은 패널 성능	단계별 자율제시		-	-	-
	기타 핵심 원천 기술 개발	단계별 자율제시		-	-	-
	전공정의 기술경제성(TEA) 및 전과정 평가(LCA)	단계별 자율제시		-	-	-
	개발 기술의 혁신성	단계별 자율제시		-	-	-

※ 핵심지표는 필수로 설정하여야 하며, 자율지표는 추가하여 제시할 수 있음

※ 모든 성능지표는 공인인증 또는 외부기관 검증서, 전문가 입회확인서 제출 필수(자체 평가 시 필요 사유 제시)

※ 각 정량 목표 수치의 평가 기준, 측정 방법 등에 대한 정보를 구체적이고 명확하게 제시

※ 효율, 안정성, 대면적화 및 수율 관련 자율 지표 제시 가능

※ 산업계 활용 방안 및 계획 (기술이전 등) 자율 제시 가능

※ 기타 핵심 원천 기술 개발 관련 자율지표 제시 가능

4. 특기사항

기본 특성분류	주요 항목별 담당여부	국가전략기술	
		<input type="checkbox"/> Y (분야명/중점기술명)	<input checked="" type="checkbox"/> N
		<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N

		보안과제	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		기술료 징수	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
		3책5공 적용	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
		국제공동연구 의무	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		지자체 예산매칭 의무	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
	ESG	<input checked="" type="checkbox"/> E(환경) <input type="checkbox"/> S(사회) <input type="checkbox"/> G(지배구조) <input type="checkbox"/> 해당없음		

- 주관연구개발기관이 연구개발과제 형식으로 제안하여야 함
 - 공동연구개발기관 등의 구성은 자율로 하되, 각 기관별 역할 명확하게 제시 필요
- 동 사업 내 주관/공동/위탁 연구개발기관 연구책임자로 신청 가능한 과제수는 1개로 제한
- 논문·특허 성과는 기여도가 50% 이상인 경우에 한하여 성과로 인정
- 연구개발과제명은 연구자의 아이디어를 포함하여 자유롭게 제시 가능
- 과제 제안요구서(RFP)에 제시된 필요성과 목표, 연구기간, 예산 등을 고려하여 연구개발계획서에 명확하고 구체적인 연구 범위와 도전적 성과목표를 제시
- 자율 성과지표는 각 항목 및 목표치를 자유롭게 제시할 수 있으나, 설정한 목표치에 대한 타당성을 입증할 수 있는 객관적인 자료를 반드시 첨부
- 기존 연구개발과제 및 기술과의 차별성을 구체적으로 제시 필수
- 연차점검(필요시) 및 단계평가를 통해 연차별·단계별 추진 현황 및 성과를 점검받고, 점검·평가·추진위원회의 의견에 따라 연구개발과제의 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 계속 지원 여부 등 조정 가능

○ 연구개발비 : 총 82억 원 내외(정부출연금)

(단위: 백만원)

과제내용	1단계			2단계	
	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도
건식 페로브스카이트 대면적 태양전지 모듈 제작 공정 기술 개발	937.5	1,842	1,842	1,789.5	1,789.5

※ 연구개발비 규모 및 연구개발기간은 정부예산 사정에 따라 변경 가능

관리번호	2026-에너지.환경- 1-지정공모-17		RFP 유형코드	목적·내용	성과물 특성	지원유형
				R	1	1
국가전략연구 기획평가전문분야	PM분야	에너지.환경	RB분야	태양전지	시작품, 시제품 제작 및 검증 (TRL 5~6)	일반연구개발
사업명	Net-zero구현을위한초격차태양전지기술개발					
RFP명	유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 기술 개발					
	(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 5단계)					
지원 정보	지원기간	2026.04 ~ 2030.12	정부지원금	8,828백만원		
	1단계 (1차년도)	2026.04 ~ 2028.12 (2026.04 ~ 2026.12)	1단계 (1차년도)	5,039백만원 (1,250백만원)		
	2단계	2029.01 ~ 2030.12	2단계	3,789백만원		
	주관기관유형	■ 제한없음 □ 대학/출연(연)/국공립연/특정연 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인				
주관기관 외 필수참여기관	■ 제한없음 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인					
키워드	한글	유연 탠덤 전지, 페로브스카이트 태양전지, 경량, 대면적 모듈				
	영문	Flexible tandem cells, Perovskite solar cells, light weight, Large-area module				

1. 추진배경	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 추진근거 <ul style="list-style-type: none"> - 「과학기술기본법」 제11조 - 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조 - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조 - 과학기술기본법 제15조(도전적 연구개발의 촉진) - 탄소중립기본법 제56조(녹색기술의 연구개발 및 사업화 등의 촉진) - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조(기술개발사업의 추진) - 신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법 제9조(조성된 사업비의 사용) ○ 세부 추진배경 <ul style="list-style-type: none"> - 세계 각국의 탄소중립 달성을 위한 움직임은 지속적으로 진행되고 있으며 우리나라도 '2050년 탄소중립' 선언(2020년)과 함께 2030년까지 온실가스 배출량 감축 목표를 상향하는 등 제도적 이행 기반을 강화하고 있음 - 2022년 주요 발전원을 기준으로 9.2%인 재생에너지 발전 비중을 2030년 21.6% 이상, 2036년 30% 초반대까지 확대할 계획임(탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획, '23.04) - 기후위기가 가속화됨에 따라 온실가스를 배출하지 않는 무탄소에너지 확보가 시급하며, 태양광 발전은 2023년 세계 재생에너지 신규 용량의 4분의 3을 차지할 정도로 핵심적인 역할 수행 - 대기 중 이산화탄소 농도는 2024년 현재 446ppm으로 사상 최대 수치를 기록하였으며, 2022년 지구의 평균 기온은 산업화 이전보다 1.15°C 상승 (NASA) - IEA의 '2024 전기 보고서'에 따르면 태양광 발전이 2025년 전 세계 전력 수요 증가의 절반을 커버할 것으로 전망 	

- Net-Zero 달성을 위해 2030년까지 세계 재생에너지 용량을 2022년 대비 3배(11,000GW)로 확대한다는 COP28의 목표 달성을 위한 차세대 태양전지 기술 개발이 필수적
- 현재의 정책과 시장 여건 하에서 2028년 세계 재생에너지 누적 발전 용량은 7,300GW로 예상되며, 목표 달성을 위한 혁신적 기술 돌파구 필요
- 차세대 태양전지로 주목받는 페로브스카이트 태양전지는 높은 효율과 낮은 제조 비용의 장점을 보유하고 있으나, 국토 면적이 작은 대한민국의 Net-Zero 달성에 실제적으로 기여하기 위해서는 단일접합 태양전지의 효율 한계를 돌파하는 초고효율 확보, 대면적화, 가능성 및 내구성 확보 등의 핵심 난제 해결이 필요
- 단일접합 페로브스카이트 태양전지는 실험실 수준의 소면적 셀에서 26.95%의 고효율 달성(NREL, 2025)하였으나, 추가적인 설치부지 확보 없이도 보급증대에 기여하기 위해서는 30% 이상의 초고효율 확보가 필요
- 페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지와 차별화된 특성으로 건물 일체형 태양광(BIPV), 우주/항공, 웨어러블 디바이스 등 다양한 적용처로의 확대를 위한 유연 탠덤 태양전지 구조화 기술 개발 필요

○ 기획의 주안점

- 본 과제는 차세대 태양전지의 상용화를 앞당기기 위해 핵심 난제인 대면적화, 적용처 다변화, 내구성 문제를 동시에 해결하는 통합적 기술 개발을 주안점으로 두고 있음
- 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 구조 개발을 통해 경량화와 고효율을 동시에 달성하고 적용처 다변화 실현
- 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤은 동일 소재 계열 기반으로 공정이 비교적 단순하고 조합 최적화가 용이하며, 제조 비용과 경량/유연성에서 유리한 장점이 있음
- 단일접합 Si 태양전지의 한계 효율을 크게 상회하는 소자 기술을 확보하고 이를 웨이퍼 수준의 대면적 태양전지 제조 기술 구현 필요
- 다양한 적용 분야에 대응하기 위한 경량 모듈 소재와 봉지화 기술을 확보하고, 동시에 물리적 안정성과 내화 특성을 강화함으로써 차세대 다변형 태양광 기술의 기반을 마련 필요

2. 과제목표

- **최종 목표** : 상/하부셀 모두 유기 복합 페로브스카이트 소재가 적용된 고효율의 경량 유연 태양전지 개발

○ 단계별 목표

1단계 (‘26~’28)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양산화 및 대면적화 기준에서 탠덤 태양전지 효율 확보 - 사용처 다변형 지향 탠덤 태양전지 모듈화 기술을 위한 설계 디자인 도출 - 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 효율: 28% @ > 1cm² - 유연 탠덤 태양전지 대면적화: 효율 24% @ > 25cm² - 유연 탠덤 태양전지 광안정성: 열화율 20% @ AM 1.5G (초기효율명시) ○ 사용처다변형 지향 탠덤 태양전지 모듈화 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈화 소재 선정 및 설계 디자인 도출
2단계 (‘29~’30)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 탠덤 태양전지 상용화를 위한 효율 개선 - 내화특성 개선할 수 있는 설계 디자인 도출 - 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 효율: 32% @ > 1cm² - 유연 탠덤 태양전지 대면적화: 효율 26% @ > 25cm² - 유연 탠덤 태양광 모듈 고온고습 안정성 : 열화율 10% @ 85C-85%RH-1000hrs (초기효율명시)

	<ul style="list-style-type: none"> - 유연 탠덤 태양전지 광안정성: 열화율 10% @ AM 1.5G (초기효율명시) - 유연 탠덤 태양전지 모듈 기계적 굽힘 특성 < 5% (15mm, 1000cycle) o 사용처다변형 지향 탠덤 태양전지 모듈화 기술 - 내화특성 특성 평가
--	--

3. 연구개발내용 및 성과지표

o 연구개발내용

구분	연구개발내용	비고
1단계 (‘26~’28)	<ul style="list-style-type: none"> o 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 개발 - 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 효율 개선 - 고밴드갭 페로브스카이트 태양전지 안정성 향상 기술 - 저밴드갭 페로브스카이트 태양전지 안정성 향상 기술 - 페로브스카이트/전하수송층 계면 특성 최적화 기술 	
2단계 (‘29~’30)	<ul style="list-style-type: none"> o 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 개발 - 유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 효율 및 대면적화 - 유연 탠덤 태양광 모듈 고온고습 안정성 확보 - 상/하부 페로브스카이트 태양전지 전류 정합을 위한 광포집 기술 고도화 - 유연 기판상 고품위 박막 제조 기술 	

o 성과지표

항목		1단계	2단계 (최종목표)	성과수준			비고	
				국내 최고수준	세계 최고수준	기타		
필수	효율 지표	유연 탠덤 태양전지 효율 (%)	28%	32%	-	27.5%	-	AM 1.5G 조건에서 IV 측정 단계 종료시 공인인증기관 인증서
		유연 탠덤 태양전지 대면적화 (% @ area)	24%@ 25cm ²	26%@ 25cm ²	-	23%@ 20.26 cm ²	-	AM 1.5G 조건에서 IV 측정 단계 종료시 공인인증기관 인증서
	안정성 지표	기계적굽힘 (열화율, %)	-	5%	-	5%	-	15 mm, 10000 cycles
		유연 탠덤 태양전지 광안정성 (열화율, %)	20%	10%	-	20%	-	AM 1.5G 조건에서 MPPT 측정 (1000 hrs)
		유연 탠덤 태양전지 고온고습 신뢰성 (열화율, %)	-	10%	-	-	-	온도/습도/시간 85C-85%RH-1000 hrs
	자율	내화특성평가	단계별 자율제시		-	-	-	KS C 8577 절차 준용
사용처 다변형		단계별 자율제시		-	-	-	실증처(BIPV, VAPV)	

	실증					등) 및 결과 제시
	전공정의 기술경제성(TEA) 및 전과정 평가(LCA)	단계별 자율제시	-	-	-	온실가스 감축 효과성 제시
	개발 기술의 혁신성	단계별 자율제시	-	-	-	대표성과물 홍보 및 전시 계획, 삼극특허 확보, 기술이전 계획 등

※ 필수지표는 필수로 설정하여야 하며, 자율지표는 추가하여 제시할 수 있음

※ 모든 성능지표는 공인인증 또는 외부기관 검증서, 전문가 입회확인서 제출 필수(자체 평가 시 필요 사유 제시)

※ 각 정량 목표 수치의 평가 기준, 측정 방법 등에 대한 정보를 구체적이고 명확하게 제시

※ 기타 핵심 원천 기술 개발 관련 자율 지표 제시 가능

4. 특기사항			
기본 특성분류	주요 항목별 해당여부	국가전략기술	<input type="checkbox"/> Y (분야명/중점기술명) <input checked="" type="checkbox"/> N
		혁신도전형 R&D	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		특허로 R&D(舊 IP-R&D)	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		경쟁형 R&D	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		보안과제	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		기술료 징수	<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N
		3책5공 적용	<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N
		국제공동연구 의무	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
	지자체 예산매칭 의무	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N	
	ESG	<input checked="" type="checkbox"/> E(환경) <input type="checkbox"/> S(사회) <input type="checkbox"/> G(지배구조) <input type="checkbox"/> 해당없음	

- 주관연구개발기관이 연구개발과제 형식으로 제안하여야 함
 - 공동연구개발기관 등의 구성은 자율로 하되, 각 기관별 역할 명확하게 제시 필요
- 동 사업 내 주관/공동/위탁 연구개발기관 연구책임자로 신청 가능한 과제수는 1개로 제한
- 논문·특허 성과는 기여도가 50% 이상인 경우에 한하여 성과로 인정
- 연구개발과제명은 연구자의 아이디어를 포함하여 자유롭게 제시 가능
- 과제 제안요구서(RFP)에 제시된 필요성과 목표, 연구기간, 예산 등을 고려하여 연구개발계획서에 명확하고 구체적인 연구 범위와 도전적 성과목표를 제시
- 자율 성과지표는 각 항목 및 목표치를 자유롭게 제시할 수 있으나, 설정한 목표치에 대한 타당성을 입증할 수 있는 객관적인 자료를 반드시 첨부
- 기존 연구개발과제 및 기술과의 차별성을 구체적으로 제시 필수
- 연차점검(필요시) 및 단계평가를 통해 연차별·단계별 추진 현황 및 성과를 점검받고, 점검·평가·추진위원회 의 의견에 따라 연구개발과제의 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 계속 지원 여부 등 조정 가능
- 연구개발비 : 총 88.28억 원 내외(정부출연금)

(단위: 백만원)

과제내용	1단계			2단계	
	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도
유연 페로브스카이트/페로브스카이트 탠덤 태양전지 기술 개발	1,250	1,894.5	1,894.5	1,894.5	1,894.5

※ 연구개발비 규모 및 연구개발기간은 정부예산 사정에 따라 변경 가능

관리번호	2026-에너지·환경- 1-지정공모-18		RFP 유형코드	목적·내용	성과물 특성	지원유형
				R	1	1
국가전략연구 기획평가전문분야	PM분야	에너지·환경	RB분야	태양전지	시작품·시제품 제작 및 검증 (TRL 5~6)	일반연구개발
사업명	Net-zero구현을위한초격차태양전지기술개발					
RFP명	유연 페로브스카이트/비페로브스카이트계 탠덤 태양전지 기술 개발					
	(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 5단계)					
지원 정보	지원기간	2026.04 ~ 2030.12	정부지원금	8,828백만원		
	1단계 (1차년도)	2026.04 ~ 2028.12 (2026.04 ~ 2026.12)	1단계 (1차년도)	5,039백만원 (1,250백만원)		
	2단계	2029.01 ~ 2030.12	2단계	3,789백만원		
	주관기관유형	■ 제한없음 □ 대학/출연(연)/국공립연/특정연 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인				
	주관기관 외 필수참여기관	■ 제한없음 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인				
키워드	한글	유연 탠덤 전지, 페로브스카이트 태양전지, 비페로브스카이트, 경량, 대면적 모듈				
	영문	Flexible Tandem solar cells, Perovskite solar cells, non-perovskite, light weight, large-area module				

1. 추진배경	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 추진근거 <ul style="list-style-type: none"> - 「과학기술기본법」 제11조 - 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조 - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조 - 과학기술기본법 제15조(도전적 연구개발의 촉진) - 탄소중립기본법 제56조(녹색기술의 연구개발 및 사업화 등의 촉진) - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조(기술개발사업의 추진) - 신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법 제9조(조성된 사업비의 사용) ○ 세부 추진배경 <ul style="list-style-type: none"> - 세계 각국의 탄소중립 달성을 위한 움직임은 지속적으로 진행되고 있으며 우리나라도 '2050년 탄소중립' 선언(2020년)과 함께 2030년까지 온실가스 배출량 감축 목표를 상향하는 등 제도적 이행 기반을 강화하고 있음 • 2022년 주요 발전원을 기준으로 9.2%인 재생에너지 발전 비중을 2030년 21.6% 이상, 2036년 30% 초반대까지 확대할 계획임(탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획, '23.04) - 기후위기가 가속화됨에 따라 온실가스를 배출하지 않는 무탄소에너지 확보가 시급하며, 태양광 발전은 2023년 세계 재생에너지 신규 용량의 4분의 3을 차지할 정도로 핵심적인 역할 수행 • 대기 중 이산화탄소 농도는 2024년 현재 446ppm으로 사상 최대 수치를 기록하였으며, 2022년 지구의 평균 기온은 산업화 이전보다 1.15°C 상승 (NASA) • IEA의 '2024 전기 보고서'에 따르면 태양광 발전이 2025년 전 세계 전력 수요 증가의 절반을 커버할 것으로 전망 - Net-Zero 달성을 위해 2030년까지 세계 재생에너지 용량을 2022년 대비 3배(11,000GW)로 	

확대한다는 COP28의 목표 달성을 위한 차세대 태양전지 기술 개발이 필수적

- 현재의 정책과 시장 여건 하에서 2028년 세계 재생에너지 누적 발전 용량은 7,300GW로 예상되며, 목표 달성을 위한 혁신적 기술 돌파구 필요
- 차세대 태양전지로 주목받는 페로브스카이트 태양전지는 높은 효율과 낮은 제조 비용의 장점을 보유하고 있으나, 상용화를 위해서는 대면적화, 적용처 다변화, 내구성 등의 핵심 난제 해결이 필요
- 실험실 수준의 소면적 셀에서는 26.95%의 고효율 달성(NREL, 2025)하였으나, 대면적 모듈 제조 시 효율 저하 및 균일도 확보의 어려움 존재
- 건물 일체형 태양광(BIPV), 우주/항공, 웨어러블 디바이스 등 다양한 적용처 확대를 위한 유연 태양전지 및 탠덤 구조 기술 개발 필요

○ **기획의 주안점**

- 본 과제는 차세대 페로브스카이트 태양전지의 상용화를 앞당기기 위해 핵심 난제인 대면적화, 적용처 다변화, 내구성 문제를 동시에 해결하는 통합적 기술 개발을 주안점으로 두고 있음
- 초경량 유연 페로브스카이트/비페로브스카이트 탠덤 구조 개발을 통해 경량화와 고효율을 동시에 달성하고 적용처 다변화 실현
- 저밴드갭을 가지는 비페로브스카이트 경량 유연 태양전지 계열은 저밴드갭 페로브스카이트 태양전지 대비 소재 선택의 폭이 넓고 안정하므로, 경량 유연 탠덤 태양전지의 하부 태양전지로 이상적인 후보임
- 단일접합 Si 태양전지의 한계 효율을 크게 상회하는 소자 기술을 확보하고 이를 웨이퍼 수준의 대면적 태양전지 제조 기술 구현 필요
- 다양한 적용 분야에 대응하기 위한 경량 모듈 소재와 봉지화 기술을 확보하고, 동시에 물리적 안정성과 내화 특성을 강화함으로써 차세대 다변형 태양광 기술의 기반을 마련 필요

2. 과제목표

- **최종 목표** : 페로브스카이트/비페로브스카이트 유연 다중접합/적층 구조를 통해, 각 기술의 장점을 극대화한 초경량 한계 돌파형 다중접합/적층 유연 태양전지 기술 개발

○ **단계별 목표**

<p>1단계 (’26~’28)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유연 페로브스카이트/비페로스카이트계 탠덤 태양전지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 탠덤 태양전지 효율 확보 - 유연 페로브스카이트/비페로브스카이트계 탠덤 태양전지 효율: 28% - 유연 탠덤 태양전지 대면적화: 효율 >24% @ 25cm² - 사용처 다변형 지향 탠덤 태양전지 모듈화 기술을 위한 설계 디자인 도출 ○ 사용처다변형 지향 탠덤 태양전지 모듈화 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈화 소재 선정 및 설계 디자인 도출
<p>2단계 (’29~’30)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유연 페로브스카이트/비페로스카이트계 탠덤 태양전지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 탠덤 태양전지 상용화를 위한 효율 개선 - 유연 페로브스카이트/비페로브스카이트계 탠덤 태양전지 고효율: 31% - 유연 탠덤 태양전지 대면적화: 효율 >26% @ 100cm² - 유연 탠덤 태양전지 초경량화: 6 W/g @ 100cm² - 유연 탠덤 태양광 모듈 고온고습 안정성 : 열화율 10% 이내 @ 85C-85%RH-1000 hrs (초기효율명시) - 내화특성 개선할 수 있는 설계 디자인 도출 (셀 및 모듈 레벨) ○ 사용처다변형 지향 탠덤 태양전지 모듈화 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 사용처 다변형 실증 - 내화특성 특성 평가

3. 연구개발내용 및 성과지표

○ 연구개발내용

구분	연구개발내용	비고
1단계 (‘26~‘28)	<ul style="list-style-type: none"> 유연 페로브스카이트/비페로브스카이트계 탠덤 태양전지 개발 유연 페로브스카이트/비페로브스카이트계 탠덤 태양전지 효율 개선 고밴드갭 페로브스카이트 태양전지 안정성 향상 기술 저밴드갭 비페로브스카이트 태양전지 안정성 향상 기술 유연 탠덤 태양전지 대면적화 기술 개발 	
2단계 (‘29~‘30)	<ul style="list-style-type: none"> 유연 페로브스카이트/비페로브스카이트계 탠덤 태양전지 개발 유연 페로브스카이트/비페로브스카이트 탠덤 태양전지 효율 및 대면적화 유연 탠덤 태양전지 초경량화 유연 탠덤 태양광 모듈 고온고습 안정성 확보 상/하부 태양전지 전류 정합을 위한 광포집 기술 고도화 내화특성 및 사용처 다변형 실증 	

○ 성과지표

항목	1단계	2단계 (최종목표)	성과수준			비고		
			국내 최고수준	세계 최고수준	기타			
필수	효율 지표	유연 탠덤 태양전지 효율 (@ 1cm ²)	28%	31%	22.8%	22.8%	-	STC 조건에서 측정 2단계 종료시 공인인증기관 인증서
		유연 탠덤 태양전지 대면적화 (% @ area)	24 @ 25cm ²	26 @ 100cm ²	-	-	-	STC 조건에서 측정 2단계 종료시 공인인증기관 인증서
		Specific Power (W/g, @ 100cm ²)	-	6	-	-	-	-
	안정성 지표	기계적응힘 (열화율, %)	-	5%	-	5%	-	R:15mm, 10,000 cycles
		유연 탠덤 태양전지 광안정성 (열화율, %)	20%	10%	-	20%	-	AM 1.5G 조건에서 MPPT 측정 (1000 hrs)
		유연 탠덤 태양전지 고온고습 신뢰성 (열화율, %)	-	10%	-	-	-	온도/습도/시간 85°C-85%RH-1000 hrs
자율	내화특성 평가	단계별 자율제시			-	-	-	KS C 8577 절차 준용
	사용처 다변형 실증	단계별 자율제시			-	-	-	실증처(BIPV, VAPV 등) 및 결과 제시
	전공정의 기술경제성(TEA) 및	단계별 자율제시			-	-	-	온실가스 감축 효과성 제시

	전과정 평가(LCA)						
	개발 기술의 혁신성	단계별 자율제시	-	-	-	-	대표성과물 홍보 및 전시 계획, 삼극특허 확보, 기술이전 계획 등

- ※ 핵심지표는 필수로 설정하여야 하며, 자율지표는 추가하여 제시할 수 있음
- ※ 모든 성능지표는 공인인증 또는 외부기관 검증서, 전문가 입회확인서 제출 필수(자체 평가 시 필요 사유 제시)
- ※ 각 정량 목표 수치의 평가 기준, 측정 방법 등에 대한 정보를 구체적이고 명확하게 제시
- ※ 기타 핵심 원천 기술 개발 관련 자율 지표 제시 가능

4. 특기사항			
기본 특성분류	주요 항목별 해당여부	국가전략기술	<input type="checkbox"/> Y (분야명/중점기술명) <input checked="" type="checkbox"/> N
		혁신도전형 R&D	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		특허로 R&D(舊 IP-R&D)	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		경쟁형 R&D	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		보안과제	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		기술료 징수	<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N
		3책5공 적용	<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N
		국제공동연구 의무	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		지자체 예산매칭 의무	<input type="checkbox"/> Y <input checked="" type="checkbox"/> N
		ESG	<input checked="" type="checkbox"/> E(환경) <input type="checkbox"/> S(사회) <input type="checkbox"/> G(지배구조) <input type="checkbox"/> 해당없음

- 주관연구개발기관이 연구개발과제 형식으로 제안하여야 함
 - 공동연구개발기관 등의 구성은 자율로 하되, 각 기관별 역할 명확하게 제시 필요
- 동 사업 내 주관/공동/위탁 연구개발기관 연구책임자로 신청 가능한 과제수는 1개로 제한
- 논문·특허 성과는 기여도가 50% 이상인 경우에 한하여 성과로 인정
- 연구개발과제명은 연구자의 아이디어를 포함하여 자유롭게 제시 가능
- 과제 제안요구서(RFP)에 제시된 필요성과 목표, 연구기간, 예산 등을 고려하여 연구개발계획서에 명확하고 구체적인 연구 범위와 도전적 성과목표를 제시
- 자율 성과지표는 각 항목 및 목표치를 자유롭게 제시할 수 있으나, 설정한 목표치에 대한 타당성을 입증할 수 있는 객관적인 자료를 반드시 첨부
- 기존 연구개발과제 및 기술과의 차별성을 구체적으로 제시 필수
- 연차점검(필요시) 및 단계평가를 통해 연차별·단계별 추진 현황 및 성과를 점검받고, 점검·평가·추진위원회의 의견에 따라 연구개발과제의 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 계속 지원 여부 등 조정 가능

○ 연구개발비 : 총 88.28억 원 내외(정부출연금)

(단위: 백만원)

과제내용	1단계			2단계	
	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도
유연 페로브스카이트/비페로브스카이트계 탠덤 태양전지 기술 개발	1,250	1,894.5	1,894.5	1,894.5	1,894.5

※ 연구개발비 규모 및 연구개발기간은 정부예산 사정에 따라 변경 가능

관리번호	2026-에너지·환경- 1-지정공모-19		RFP 유형코드	목적·내용	성기물 특성	지원유형
				R	1	1
국가전략연구 기획평가전문분야	PM분야	에너지·환경	RB분야	태양전지	RB 세부분야	일반연구개발
사업명	Net-zero구현을위한초격차태양전지기술개발					
RFP명	AI 기반 내구성 향상 및 수명 예측 기술 개발					
	(TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 5단계)					
지원 정보	지원기간	2026.04 ~ 2030.12		정부지원금	4,627백만원	
	1단계 (1차년도)	2026.04 ~ 2028.12 (2026.04 ~ 2026.12)		1단계 (1차년도)	2,521백만원 (625백만원)	
	2단계	2029.01 ~ 2030.12		2단계	2,106백만원	
	주관기관유형	■ 제한없음 □ 대학/출연(연)/국공립연/특정연 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인				
	주관기관 외 필수참여기관	■ 제한없음 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인				
키워드	한글	페로브스카이트, 수명 예측, 안정성, 인공지능, 기계학습				
	영문	Perovskite, Life time prediction, Stability, Artificial Intelligence, Machine learning				

1. 추진배경	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 추진근거 <ul style="list-style-type: none"> - 「과학기술기본법」 제11조 - 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조 - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조 - 과학기술기본법 제15조(도전적 연구개발의 촉진) - 탄소중립기본법 제56조(녹색기술의 연구개발 및 사업화 등의 촉진) - 기후변화대응 기술개발 촉진법 제8조(기술개발사업의 추진) - 신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법 제9조(조성된 사업비의 사용) ○ 세부 추진배경 <ul style="list-style-type: none"> - 세계 각국의 탄소중립 달성을 위한 움직임은 지속적으로 진행되고 있으며 우리나라도 '2050년 탄소중립' 선언(2020년)과 함께 2030년까지 온실가스 배출량 감축 목표를 상향하는 등 제도적 이행 기반을 강화하고 있음 - 2022년 주요 발전원을 기준으로 9.2%인 재생에너지 발전 비중을 2030년 21.6% 이상, 2036년 30% 초반대까지 확대할 계획임(탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획, '23.04) - 기후위기가 가속화됨에 따라 온실가스를 배출하지 않는 무탄소에너지 확보가 시급하며, 태양광 발전은 2023년 세계 재생에너지 신규 용량의 4분의 3을 차지할 정도로 핵심적인 역할 수행 - 대기 중 이산화탄소 농도는 2024년 현재 446ppm으로 사상 최대 수치를 기록하였으며, 2022년 지구의 평균 기온은 산업화 이전보다 1.15℃ 상승 (NASA) - IEA의 '2024 전기 보고서'에 따르면 태양광 발전이 2025년 전 세계 전력 수요 증가의 절반을 커버할 것으로 전망 - Net-Zero 달성을 위해 2030년까지 세계 재생에너지 용량을 2022년 대비 3배(11,000GW)로 	

확대한다는 COP28의 목표 달성을 위한 차세대 태양전지 기술 개발이 필수적

- 현재의 정책과 시장 여건 하에서 2028년 세계 재생에너지 누적 발전 용량은 7,300GW로 예상되며, 목표 달성을 위한 혁신적 기술 돌파구 필요
- 차세대 태양전지로 주목받는 페로브스카이트 태양전지는 높은 효율과 낮은 제조 비용의 장점을 보유하고 있으나, 상용화를 위해서는 대면적화, 적용처 다변화, 내구성 등의 핵심 난제 해결이 필요
- 실험실 수준의 소면적 셀에서는 26.95%의 고효율 달성(NREL, 2025)하였으나, 상용화 수준의 장기 안정성 확보가 시급함.
- 페로브스카이트 태양전지의 열화 원인은 소재-공정-환경 조건에 따라 다양하고 매우 복잡하기 때문에 기존의 단순한 단일 변수에 대한 태양전지 성능 및 내구성 분석만으로는 동시 환경 조건 하 내구성 확보 및 수명 예측에 한계 존재
- 페로브스카이트 태양전지는 내부 결함 및 외부 환경요인(광, 온도, 습도 등) 간 상호작용의 복잡도가 높아 대규모 안정성 데이터를 축적하고 체계적으로 분석하여야 하며, 특히 머신러닝을 활용한 인공지능(AI) 기반 수명 예측 연구가 필요
- 이러한 연구 방법은 대면적 모듈의 장기 안정성 개발에 확장하여 상용화를 앞당길 것으로 기대

○ **기획의 주안점**

- 본 과제는 차세대 페로브스카이트 태양전지의 상용화를 앞당기기 위해 핵심 난제인 대면적화, 내구성 문제를 동시에 해결하는 통합적 기술 개발을 주안점으로 두고 있음
- AI 기반 수명 예측 모델 개발 및 대규모 안정성 데이터베이스 구축을 통해 내구성 향상의 과학적 기반 마련
- 국가 차원의 탄소중립 정책 달성에 기여하고 글로벌 태양광 시장 선점을 위한 초격차 원천기술 확보

2. 과제목표

- **최종 목표** : 페로브스카이트 태양전지의 내부 결함과 외부 환경요인 사이의 상호작용을 분석하기 위한 대규모 안정성 데이터 구축 및 인공지능(AI) 기반 수명 예측 기술 개발

○ **단계별 목표**

1단계 ('26~'28)	○ AI 기반 수명 예측 및 내구성 향상 기술 개발 - 문헌 및 기존 실험 기반 페로브스카이트 태양전지 대규모 데이터 구축 - 단위 소자 기준 PCE slope ($[(\text{초기 PCE} - \text{열화후 PCE}) \times 100 / (\text{초기 PCE} \times \text{열화시간})]$) 및 추가 성능 지표(자율제시) AI 예측 기술 개발 - [단위소자] PCE 예측 AI 모델 R squared 값 0.8 이상이되, 모델 정확도 지표 자율 추가 제시
2단계 ('29~'30)	○ AI 기반 수명 예측 및 내구성 향상 기술 고도화 - 1총괄과제 데이터 확보 및 정제/표준화 - 대면적모듈 기준 PCE slope ($[(\text{초기 PCE} - \text{열화후 PCE}) \times 100 / (\text{초기 PCE} \times \text{열화시간})]$) 및 추가 성능 지표(자율제시) AI 예측 기술 고도화 - [단위소자] PCE 예측 AI 모델 R squared 값 0.95 이상이되, 모델 정확도 지표 자율 추가 제시 - [대면적모듈] PCE 예측 AI 모델 R squared 값 0.9 이상이되, 모델 정확도 지표 자율 추가 제시

3. 연구개발내용 및 성과지표

- **연구개발내용**

구분	연구개발내용	비고
1단계 (‘26~‘28)	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI 기반 수명 예측 및 내구성 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 수명 예측을 위한 내구성 데이터 표준화 및 구축 본격화 ○ AI 기반 페로브스카이트 태양전지 안정성 예측 및 장기 안정성 확보모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 계산 및 실험 데이터 기반 페로브스카이트 태양전지의 수명 및 안정성 관련 인자 Ground Truth 데이터화 - 페로브스카이트 소재 이미지 데이터 확보 및 레이블링 방식 제시 - 페로브스카이트 태양전지의 각 레이어(광활성층, 전하수송층, 버퍼층 등)의 개별적 특성을 반영한 인공지능 안정성 예측 모델 설계 및 성능 검증 	
2단계 (‘29~‘30)	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI 기반 수명 예측 및 내구성 향상 기술 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 수명 예측 모델 개발 및 검증, 이를 활용한 고내구성-고효율 페로브스카이트 소자-모듈 설계 ○ 대면적 페로브스카이트 태양전지의 장기 안정성 확보 및 신뢰성 평가 확보를 위한 측정 프로토콜 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 1층괄과제* 소재 데이터 수집, 전처리, 데이터베이스화 등에 대한 프로토콜 확립 - 소재 데이터 수집, 전처리, 데이터베이스화 등에 대한 프로토콜 확립 - 실제 예측 정확도를 좌우하는 핵심 물성·가속 스트레스 항목을 선별하여 유효 변수 설정 - 소재/소자의 분석데이터 표준화 및 정량화와 안정성/효율의 연계분석 및 최적 소재/소자 도출 - AI 안정성 예측을 바탕으로 한 대면적 페로브스카이트 태양전지 장기 안정성 확보 <p>* 1과제에서 대면적 실험 DB를 제공받고, 인공지능 모델에 활용하되, 공개는 불가</p>	

○ 성과지표

항목	1단계	2단계 (최종목표)	성과수준			비고
			국내 최고수준	세계 최고수준	기타	
필수	PCE slope ([초기 PCE - 열화후 PCE]×100 / [초기 PCE× 열화시간]) 예측 AI 모델	PCE slope 달성 0.01 (소자) 예측정확도 90% (소자)	PCE slope 달성 0.01 (모듈) 예측정확도 95% (모듈)	-	0.0044(소자)	가속 조건 (광-열 동시) 하 소자 효율 측정
	PCE 예측 AI 모델 R squared 값	0.9 (소자)	0.95 (모듈)	-	0.94(소자)	테스트셋 에러측정

자율	추가 안정성 성능지표	단계별 자율제시	-	-		
	추가 모델 정확도 지표	단계별 자율제시	-	-		
	개발 기술의 혁신성	단계별 자율제시	-	-	-	대표성과물 홍보 및 전시 계획, 삼극특허 확보, 기술이전 계획 등

※ 핵심지표는 필수로 설정하여야 하며, 자율지표는 추가하여 제시할 수 있음

※ 모든 성능지표는 공인인증 또는 외부기관 검증서, 전문가 입회확인서 제출 필수(자체 평가 시 필요 사유 제시)

※ 각 정량 목표 수치의 평가 기준, 측정 방법 등에 대한 정보를 구체적이고 명확하게 제시

※ 기타 핵심 원천 기술 개발 관련 자율 지표 제시 가능

4. 특기사항				
기본 특성분류	주요 항목별 해당여부	국가전략기술	<input type="checkbox"/> Y (분야명/중점기술명)	<input checked="" type="checkbox"/> N
		혁신도전형 R&D	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		특허로 R&D(舊 IP-R&D)	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		경쟁형 R&D	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		보안과제	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		기술료 징수	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
		3책5공 적용	<input checked="" type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
		국제공동연구 의무	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
		지자체 예산매칭 의무	<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> N
	ESG	<input checked="" type="checkbox"/> E(환경) <input type="checkbox"/> S(사회) <input type="checkbox"/> G(지배구조) <input type="checkbox"/> 해당없음		

- 주관연구개발기관이 연구개발과제 형식으로 제안하여야 함
 - 공동연구개발기관 등의 구성은 자율로 하되, 각 기관별 역할 명확하게 제시 필요
- 동 사업 내 주관/공동/위탁 연구개발기관 연구책임자로 신청 가능한 과제수는 1개로 제한
- 논문·특허 성과는 기여도가 50% 이상인 경우에 한하여 성과로 인정
- 연구개발과제명은 연구자의 아이디어를 포함하여 자유롭게 제시 가능
- 과제 제안요구서(RFP)에 제시된 필요성과 목표, 연구기간, 예산 등을 고려하여 연구개발계획서에 명확하고 구체적인 연구 범위와 도전적 성과목표를 제시
- 자율 성과지표는 각 항목 및 목표치를 자유롭게 제시할 수 있으나, 설정한 목표치에 대한 타당성을 입증할 수 있는 객관적인 자료를 반드시 첨부
- 기존 연구개발과제 및 기술과의 차별성을 구체적으로 제시 필수
- 연차점검(필요시) 및 단계평가를 통해 연차별·단계별 추진 현황 및 성과를 점검받고, 점검·평가·추진위원회의 의견에 따라 연구개발과제의 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 계속 지원 여부 등 조정 가능

○ 연구개발비 : 총 46.27억 원 내외(정부출연금)

(단위: 백만원)

과제내용	1단계			2단계	
	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도
AI 기반 내구성 향상 및 수명 예측 기술 개발	625	948	948	1,053	1,053

※ 연구개발비 규모 및 연구개발기간은 정부예산 사정에 따라 변경 가능