차세대 선도기술 조기확보를 위한

태양광 R&D 혁신전략

2020. 9. 2 (수)

산업통상자원부
재생에너지산업과

목 차

Ⅰ. 추진 현황 ····· 1

Ⅱ. 現 태양광 R&D 문제점 ····· 3

Ⅲ. 개편방안 ····· 6

1. 고효율·신시장·단가저감 분야 집중투자 ····· 6

2. 셀·모듈 기업 수요 중심으로 R&D 제도개선 ····· 9

3. 100MW급 태양광 공동 R&D센터 구축 ····· 10

Ⅳ. 기대효과 ····· 11

Ⅰ. 추진 현황

1 태양광 R&D 투자현황 및 성과

□ 태양광 R&D에 지난 31년간(89~19년) 약 1조 1천억원 투자

○ 국내외 **태양광 시장 성장**에 따라 **태양광 R&D 중요성이 강조**되면서, **최근 5년간 R&D 투자는 지속 증가 추세** (연평균 9.2% 증가)

* 세계 태양광 설치현황(신규, GW) : (17년) 99 → (18년) 108 → (19년^{e}) 120
국내 태양광 설치현황(신규, GW) : (17년) 1.4 → (18년) 2.4 → (19년^{e}) 3.1

○ 19년 한 해 **총 730억원 투자**되는 등 **산업부 전체 에너지 R&D에서 차지하는 비중 또한 지속 확대 중** (15년 6.4% → 19년 9.5%)

< 최근 5년간 태양광 R&D 지원 현황 >

(단위 : 억원, %)

구분 (R&D)		'15	'16	'17	'18	'19
에너지		7,983	7,342	7,631	7,719	7,697
신재생	**태양광**	**513(6.4)**	**558(7.6)**	**593(7.8)**	**672(8.7)**	**730(9.5)**
	풍력	343	365	325	457	603
	수소·연료전지	334	381	374	328	301
원자력		858	736	686	621	612

□ 이와 같은 정부의 R&D 지원을 통해 ❶**세계 최고수준 양산효율 달성**, ❷**차세대 핵심기술 확보**, ❸**신시장 개척** 등 다양한 성과 창출

❶ **결정질 실리콘 기술개발 지원**을 통해 국내 주요 셀·모듈 제조사 **세계 최고수준의 양산효율**(셀 22%, 모듈 20% 이상) 달성 (19년)

* CTM(셀→모듈) 손실을 줄인 고효율 태양광 모듈 개발 : (韓) 20% (中) 19-20%

❷ 페로브스카이트 박막 태양전지 **세계 최고효율 25.2%**(실험실 기준, 면적 0.1cm^2) 달성(19.8월 화학硏) → **차세대 전지 분야 핵심기술 확보**

❸ 수상태양광 발전시스템 **표준화 및 단가절감**(350→160만원/kW) 기술개발(15~18년) 통해 **세계 최대규모 새만금 수상태양광 추진 기반 마련**

* 기술개발 성과를 통해 일본, 대만에 수상태양광 시스템 수출하는 등 국내외 530억원 이상 매출기록

2 한계 및 시사점

□ 그간의 **R&D 투자 및 성과**에도 불구, 국내 태양광 산업계가 **글로벌 태양광 시장을 선도**할 만큼의 **경쟁력 우위를 확보하는데는 한계**

○ 규모의 경제를 통해 **압도적 가격경쟁력을 확보한 중국기업**들은 공격적인 R&D 투자로 **기술경쟁력도 강화 중 → 글로벌 시장 주도**

* 세계시장 중국 점유율(19년) : (폴리실리콘) 64% (웨이퍼) 92% (셀) 85% (모듈) 80%

○ **美·日·유럽** 등 기업들은 지난 10년간 가격경쟁에서는 뒤쳐졌으나, 우수한 원천기술을 바탕으로 **세계최고 기술력을 보유 중**

<국가별 태양광 셀·모듈 효율 비교(19년 기준) **>**

	한국	중국	미국	유럽	일본
셀	22.4~24%	22.4~23.7%	24.5%	23.7%	26.7% (R&D)
모듈	20.3~21.4%	20.5~21.4%	20.5~22.8%	19.9~21.7%	24.4% (R&D)

□ 現 **실리콘 태양전지 중심 시장구도**에서는 **시장 주도권 확보 한계** → 단기 내 **차세대 시장을 선점**할 수 있는 **기술력 확보가 절실**한 시점

○ 대규모 증설을 통해 규모의 경제를 앞세운 중국기업들이 **우리 기업의 경쟁력을 지속 위협할 전망**

* T社(중국) : '23년까지 셀 생산용량 100GW('19, 20GW)까지 증설
A社(중국) : '22년까지 셀 생산용량 45GW('19, 9.2GW)까지 증설

○ 국내 태양광 업계가 **지속 가능한 산업경쟁력을 확보**하기 위해서는 **선제적 차세대 기술개발**을 통해 **글로벌 시장구도를 재편**할 필요

☞ 국내 태양광 업계가 **당면한 어려움을 극복**하여 글로벌 태양광 시장 **'Game Changer'로 도약**하기 위해서는 **특단의 R&D 지원대책 필요**

☞ 치열한 글로벌 기술경쟁 과정에서 **조기 성과창출이 시급한 시점**임을 고려, **정부 R&D**도 **투자효율성을 극대화**하는 **방향으로 개편** 필요

Ⅱ. 現 태양광 R&D 문제점

□ 現 정부 R&D는 ❶분산형 지원, ❷대학·연구소 중심, ❸연구인프라 부족 등의 문제로 **국내 업계가 혁신 성과를 창출하기 어려운 구조**

❶ 다양한 기술분야에 분산형 지원 → 시장수요 높은 분야 집중투자 한계

- 유·무기 화합물 등 **다양한 차세대 태양전지 후보군**에 **R&D 예산의 약 40% 투자**

  ↳ **효율·경제성 부족 등으로 시장진입이 사실상 실패한 상황**에서도 **R&D 투자 지속**

  * 현재 글로벌 시장의 약 95% 이상을 결정질 실리콘 태양전지가 차지

< 결정질실리콘 태양전지와 유·무기 화합물 태양전지 비교 >

모듈 구분		양산효율(%)	보증수명(년)	단가($/W)
결정질 실리콘		20-21	25	0.21
무기 화합물	CIGS 화합물	16-18	5-20	0.8-2
	Ⅲ-Ⅴ 화합물	26-32	25	20-300
유기		8.2	2	상용제품 無

- 글로벌 시장을 주도하는 **결정질실리콘 분야에도 50% 이상 지원**했으나, **획기적 성과 창출**하기에는 **투자비용 부족** (과제당 약 20억원)

- 특히, 해외 경쟁기업 1개社의 연간 R&D 투자액이 **우리나라 정부 투자액을 상회**하는 상황에서, **분산형 지원으로는 경쟁에 한계**

* 주요 태양광 기업 R&D 투자액(억원, 19년) : (F社, 美) 1,188 (G社, 中) 917 (S社, 美) 831

< 최근 5년간 태양광 세부기술별 투자금액 현황 >

(금액 단위: 백만원)

구 분		지원금액(15~19년)	비중		과제수
결정질 실리콘(박형 포함)		162,061		**52.9%**	69
차세대 전지 후보군	실리콘 박막	7,500	**39.0%**	2.4%	4
	염료감응	5,200		1.7%	4
	유기	30,959		10.1%	15
	무기 화합물(CIGS)	47,878		15.6%	22
	페로브스카이트	27,885		9.1%	21
기타*		24,990		**8.2%**	14
총 합계		**306,473**		**100%**	**149개**

* 인버터, 유지보수, 모니터링 시스템 등 부속장치 관련 연구개발 지원

< 태양전지 기술변천 과정 및 향후 전망 >

1. 태양전지 기술변천 과정

□ 초기 **결정질 실리콘 기술로 시작**(00년대) → 단가저감 위해 **다양한 태양전지 개발 추진, 상용화 실패**(~17년) → **결정질 실리콘 주도**(현재)

○ **(00~17년)** 고가 결정질 실리콘 대체를 위해 유·무기 화합물 등 **박막 태양전지 개발경쟁 치열 → 효율·가격 등 부족으로 상용화 실패**

* 미국, 유럽, 일본 등 기술선진국 중심으로 치열한 차세대 박막 태양전지 개발 경쟁이 있었으며, 국내에서도 07년부터 다양한 R&D 지원

○ **(현재)** 글로벌 공급과잉에 따른 **결정질 실리콘 가격급락, 박막 태양전지 효율향상 정체** 등으로 **결정질 실리콘이 주도** (17년 95%)

2. 향후 전망

□ 국내외 태양광 기업, 연구소 등은 **결정질 실리콘과 페로브스카이트 박막을 결합**한 **탠덤전지**를 **차세대 전지 중 가장 유망한 후보로 전망**

○ **단일구조**인 결정질 실리콘 전지의 **양산 한계효율**(26%)**을 극복할 수 있는** 기술은 **다중접합 방식**인 **"탠덤(Tandem) 구조"**

* 탠덤 태양전지 : 일정 영역의 태양광 파장을 흡수하는 광흡수층을 둘 이상 사용 → 다양한 파장의 태양광을 모두 활용함으로써 효율 증대 가능

○ 다양한 조합의 탠덤전지 중 **'결정질 실리콘+페로브스카이트' 구조**가 **유일하게 가격 경쟁력 확보가 가능**할 것으로 전망

□ 현재 **탠덤 태양전지 기술개발**은 **유럽·미국이 선도 중인 상황**

* 탠덤 기술수준 (면적 1㎠ 이하 효율) : (유럽) 29.2% (미국) 27.1% (한국) 26.7%

○ 그러나, 우리나라는 **반도체**(결정질 실리콘), **디스플레이**(박막) 분야의 **우수한 기술을 보유**한 강점이 있어 **글로벌 경쟁력 선점 가능성** 충분

❷ 대기업에 대한 진입장벽 高→대학·연구소 중심 R&D로 사업화 성과 低

- 국내 셀·모듈 기업들은 급변하는 시장환경 대응을 위해 설비투자(신·증설, 설비교체)에 집중, **R&D 투자여력은 상대적으로 부족**

  * 글로벌 모듈트렌드 변화(다결정→단결정 중심)에 따른 설비교체, 규모의 경제 확보 및 美 세이프가드 대응을 위한 공장 신·증설, 폴리실리콘 등 소재사업부문 영업손실 등
  * 국내 셀·모듈 기업 투자비(14~18년) : (설비 투자) 약 2조원 (R&D 투자) 1,353억원

- **대기업에 해당**하는 주요 셀·모듈 기업들은 정부 R&D 참여를 희망하지만, **대기업에 대한 불리한 조건**으로 인해 **참여율 낮음**

  * R&D 지원비율(혁신제품형) : 대기업 33%, 중견 50%, 중소 67%, 그 외 100%
  * 국내 태양광 산업 대기업 비중(18년) : 셀 91%(6.1/6.7GW), 모듈 70%(6.3/9.0GW)

- 이에, **대학·연구소 위주로 R&D가 지원**되어 태양광 산업의 핵심인 **셀·모듈 기업들의 현장수요와 괴리** 발생 → **사업화 성과 저조**

  * 정부 R&D 지원의 약 86%가 중소기업·대학·연구소에 편중

< 최근 5년간 지원대상별 투자금액 및 사업화 실적 현황 >

(단위: 백만원)

구 분	지원금액(15~19년)	비중(%)	사업화 실적(`14~18년)	실적/지원금
대기업	12,387	4	125,272	10.11
중견기업	23,409	7.6	146,278	6.25
중소기업	108,756	35.5	113,713	1.05
대학·연구소	155,957	50.9	54,518	0.35
합 계	306,473	100	439,781	1.43

❸ 제품 성능향상 확보 등에 주력 → 업계 공동 활용 인프라 투자 부족

- 그간 **성능향상, 실증 등을 위한 R&D 투자에만 주력**하여, **양산성 검증시설** 등 업계 공동으로 활용 가능한 **인프라 투자에는 미흡**

- 우리 기업은 **소재·부품·장비·제품의 양산 성능을 검증**할 수 있는 기반 부재로 트랙레코드 확보에 애로, **내수 및 수출경쟁력 저하**

  * 개발제품 검증을 NREL(美), 프라운호퍼(獨) 등 해외기관에 의뢰하는 시간·비용 손실 발생

☞ 경쟁국 대비 **제한된 재원**을 **효율적으로 활용**하기 위해 **선택과 집중이 요구되는 시점**

☞ **기업수요와 산업트렌드에 부합하는 분야에 집중적**으로 R&D 투자가 이뤄질 수 있도록, **태양광 R&D 지원방식 개편** 필요

Ⅲ. 개편 방안

◇ **단기 내 가시적 성과 창출**을 위해 기업 수요, 지원 시급성, 성장 가능성 등이 높은 분야에 **정부재원 집중 투자**

◇ **대기업의 R&D 참여조건 완화**를 통한 **셀·모듈 기업 중심** R&D 추진

◇ **태양광 공동 R&D센터 구축**을 통해 **국내 태양광 업계의 협력형 기술개발 및 양산성 검증** 등 지원

	기존 (AS-IS)		변화방향 (TO-BE)
분야	분산형 지원 (과제당 약 20억원)	⇨	3대 분야 집중투자 (과제당 약 110억원)
주체	대학·연구소 중심		셀·모듈 기업 중심
목적	성능향상, 실증 중심 (개별 기업)		인프라 투자 병행 (공동 활용)

1 고효율 · 신시장 · 단가저감 분야 집중 투자

◆ 향후 5년간 태양광 R&D 예산 **약 3,300억원**을 ❶고효율 태양전지, ❷신시장·신서비스 창출, ❸저단가 공정기술 분야에 **집중 투자**

◆ 기업수요와 사업화 실적이 낮은 분야의 신규투자는 **과감히 제한**하고, 계속과제는 엄격한 평가를 통해 **지원을 최소화**하여 **집중투자 재원확보**

※ **고효율·신시장·단가저감 등 3대 분야 선정이유**

○ 글로벌 태양광 산업의 핵심 경쟁요소는 **효율 향상과 단가 저감**
→ 태양광 업계들은 **고효율·저단가 제품생산을 위한 기술개발에 주력**

* 최근 10년간 모듈 평균효율 20% 향상(09년 14% → 18년 18%), 태양광 모듈 가격 90% 감소(09년 1.88$/W → 18년 0.24$/W, 출처: ITRPV 2018, 2019)

○ 또한, 세계적으로 태양광 설치가 확대되면서 **유휴공간 활용, 유지보수(O&M) 산업** 등 **新시장·서비스 시장선점**을 위한 기술개발 경쟁도 치열

* 건물형 태양광 설치시장 전망(IEA) : (20년) 20억$ → (26년) 70억$
수상태양광 설치잠재량(세계은행) : 약 400GW (500조원 규모)

⇨ **글로벌 산업트렌드에 따라 우리 업계도 3대 분야에 중점 투자 중**

1 고효율 태양전지 개발 : 5년간 약 1,900억원 투자
23년 효율 26%, 30년 효율 35% 달성 추진

○ 세계적으로 **차세대 고효율 태양전지로 주목**받는 **'탠덤 태양전지' 개발에 집중 투자** → 해외 경쟁기업 대비 **기술격차 2년 확보 목표**

* 탠덤 태양전지(Tandem cell) : 결정질 실리콘 태양전지 위에 페로브스카이트 박막 태양전지를 적층하여 다양한 파장의 광 이용률을 극대화한 구조

- 대기 중에서의 **급격한 효율저하 방지** 등 **장기 신뢰성 확보기술, 소재·장비·공정 등 핵심 기반기술 개발** 등에 중점

○ 다만, ①**시장 전환기를 견딜 수 있는 경쟁력 확보**지원, ②**탠덤전지 효율 극대화** 등을 위해 **실리콘 전지 고효율화 기술개발도 병행 추진**

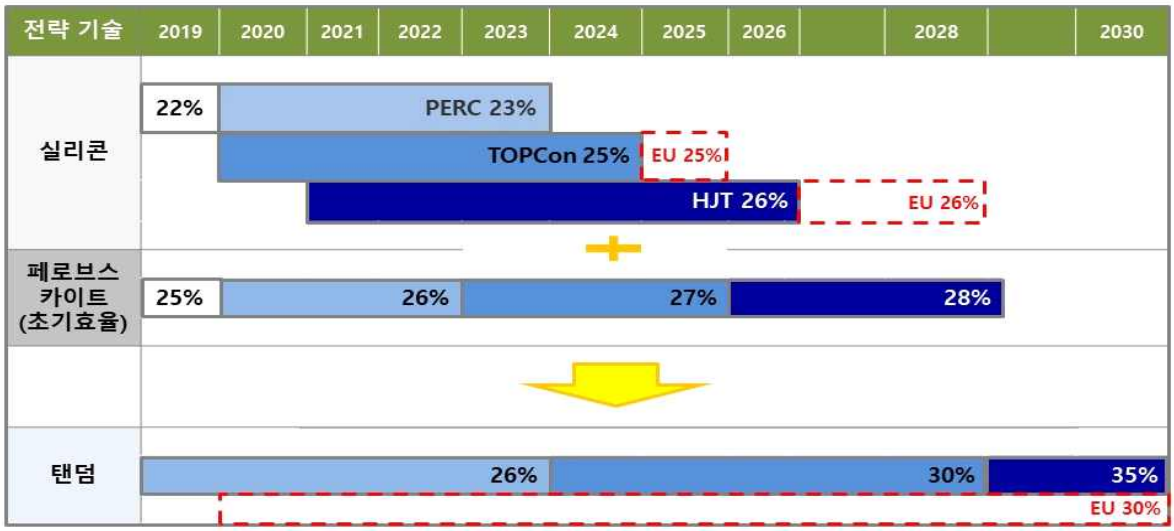
- **PERC, TOPCon, HJT** 등 **고효율 구조혁신** 기술개발을 통해 **26년까지 실리콘 태양전지의 양산 한계효율인 26% 달성** 추진

* PERC(Passivated Emitter Rear Contact) : 후면 전극에 새로운 반사층을 추가하여 기존에 투과하던 태양광을 반사시켜 활용하여 고효율화

* TOPCon(Tunnel-Oxide Passivating Contact) : 후면에서의 재결합 손실을 개선하기 위하여 PERC 구조를 업그레이드(얇은 산화물층 도입)

* HJT(Heterojunction Intrinsic Thin layer) : 결정질 실리콘 표면을 박막 실리콘으로 코팅하여 재결합 손실을 최소화한 기술

< 고효율 태양전지 개발 로드맵 >



* 국내 업계 기술수준, 개발에 필요한 비용, 해외 동향 등을 종합 고려하여 로드맵 수립

2 신시장·신서비스 창출 : 5년간 약 980억원 투자

입지다변화 및 ICT 융합 지능형 서비스 개발

○ 태양광 **설치 입지의 다변화**를 위해 건물형(BIPV), 수상·해상 태양광 등 **유휴 공간 활용**을 확산할 수 있는 **기술개발**을 다각도로 지원

- 건물형 태양광 확대를 위해 **건축, 시공 등 수요기업 요구를 반영**한 **핵심소재·부품 기술개발 및 아파트 등 공동주택 실증** 추진

  * 경량형, 투광형, 고내구성 외장재 및 전기설비 안전성 확보기술 등 개발

- 설치 잠재량이 큰 **수상·해상 태양광의 글로벌 시장 선점**을 위해 **발전단가 저감 및 친환경 기술개발** 추진

  * 저단가 부력체, 계류장치(고정장치), 인버터 및 친환경 소재 등 개발

○ 발전량 예측, O&M 등을 위해 **빅데이터, AI 등 ICT 기술을 태양광 발전과 융합**하여 태양광 산업 고부가가치 창출

  * 대규모 태양광 발전단지에 대한 지능형인버터 기반 디지털 O&M 플랫폼 개발 및 실증 (20.下) 등

3 저단가 공정기술 개발 : 5년간 약 420억원 투자

19년 0.22$/W → 23년 0.17$/W 달성 목표

< 실리콘 태양광 단가저감 기술 개발 로드맵 >



○ 셀·모듈 제조공정의 **최적화 운영 및 품질관리 시스템 개발**을 통해 **수율·가동률 향상 및 에너지 절감**

  * ①센서 적용을 통한 단위공정별 실시간 관리기술(불량 감시, 선제적 유지보수 등), ②全 공정 동기화 등 자동화시스템 등 개발

○ **저전력 잉곳 생산기술 개발**을 통해 글로벌 수요 증가추세에 있는 **대면적 웨이퍼**(M6 이상)의 **저단가 국산화 공정기술** 확보 지원

  * (M4) 161.75 x 161.75 mm^2 (M6) 166 x 166 mm^2 (M12) 210 x 210 mm^2

2 셀·모듈 기업 수요 중심으로 R&D 제도 개선

◆ 국내 태양광산업을 주도 중인 **셀·모듈기업 수요 중심 R&D 지원체계 구축 → R&D의 사업화 성과 제고** 및 **국내 태양광 산업생태계 경쟁력 강화**

□ 기획 단계부터 셀·모듈기업 **수요 반영한 대형 R&D 추진** (3년간 200억 이상)

○ 산·학·연이 공동 참여하는 **「차세대 태양광 기술협의회」** 운영을 통해 **글로벌 산업트렌드, 기업수요** 등을 반영한 **대형 프로젝트 발굴**

* 국내 셀·모듈기업 및 대학, 연구기관(한국에너지기술연구원, 화학연구원 등) 등 참여

○ 셀·모듈 기업 外 **연관 소재·부품·장비 기업까지 공동으로 참여**하는 **플래그십 R&D 추진**을 통해 **국내 산업 생태계의 자립역량 강화**

* 셀·모듈기업(대기업)이 소재·부품·장비 기업이 개발한 제품 및 기술을 구매할 경우, R&D 과제참여시 정부출연금 및 현금부담금을 중소기업 수준으로 완화적용 가능

□ 가격·기술 등이 **급변하는 태양광 시장환경에 적기 대응**하기 위해 **R&D 기간을 3년 이내**(現 3~5년)**로 축소**하여 단기간 집중 투자(20.下~)

□ 대기업인 **셀·모듈 업계의 참여 활성화**를 위해 **정부 R&D 참여조건 완화** (9월, 「산업기술 R&D 혁신방안」 발표 예정)

* 수요(대기업)-공급기업(중소·중견) **밸류체인을 연계**하고, **생태계 중심의 R&D 추진**을 위해 **R&D 민간부담비율 완화**

※ **대기업 R&D 참여조건 완화(안)**

○ R&D 참여시 대기업의 매칭비율(67→50%), 현금투자 비율(60→15%) 완화

< 정부 출연금 지원기준 >

수행기관 유형	현행		하한 기준(과기부 수준)	
	민간부담금	현금 부담	민간부담금	현금 부담
대기업	사업비의 67% 이상	민간부담금의 60%이상	사업비의 50% 이상	민간부담금의 15%이상
중견기업	사업비의 50% 이상	민간부담금의 50%이상	사업비의 30% 이상	민간부담금의 13%이상
중소기업	사업비의 33% 이상	민간부담금의 40%이상	사업비의 25% 이상	민간부담금의 10%이상

3 100MW급 태양광 공동 R&D센터 구축

◆ 3년간 **약 250억원**을 투자하여 ❶국산 소재·부품·장비의 양산성 검증, ❷업체간 공동 기술개발, ❸성능·효율 공인검증 등을 위한 **인프라 구축**

□ 개발제품의 **공정·성능을 양산 全 단계에서 검증**할 수 있는 연구센터를 구축하여 **국내 태양광 산업생태계의 R&D 역량 및 생산성 강화**

* 기업 공동 활용 연구센터 참여 지자체 및 주관기관 선정을 위한 공모 추진 중(20.8월~)

< 기업 공동 활용 연구센터 개요 >

구 분	내 용
인프라	100MW급 파일럿 라인(TOPCon, HJT, 탠덤 등), 셀·모듈 성능평가 시스템 등
기간	20 ~ 22년 (3년)
예산	(기반구축) 국비 253억원, 부지·건축비·인력 등 지자체/민간 제공

❶ 기업들이 공동으로 활용 가능한 **100MW급 파일럿 라인을 구축**하여, R&D를 통해 개발한 제품의 **양산성 검증 지원**

< 파일럿 라인 공정 구성 >



❷ 파일럿 라인 등을 활용, 국내 **셀·모듈** 및 관련 **소재·부품·장비 제조기업**들이 상호 협력하여 **공동으로 차세대 전지개발 추진**

* 필요시 에기연, 화학연 등 공공 연구기관이 업계간 공동 기술개발을 측면 지원

❸ 프라운호퍼(獨), NREL(美) 등과 같은 **세계적 수준의 성능·효율 측정 기능도 육성 → 우리 기업들의 R&D 효율성 제고**

* 해외기관을 통한 성능·효율 측정시 최소 2백만원, 1~2개월 소요되는 것을 국내 기관 육성 시 비용은 최대 50% 이내, 기간은 1주일 이내로 감축 가능

Ⅴ. 기대 효과

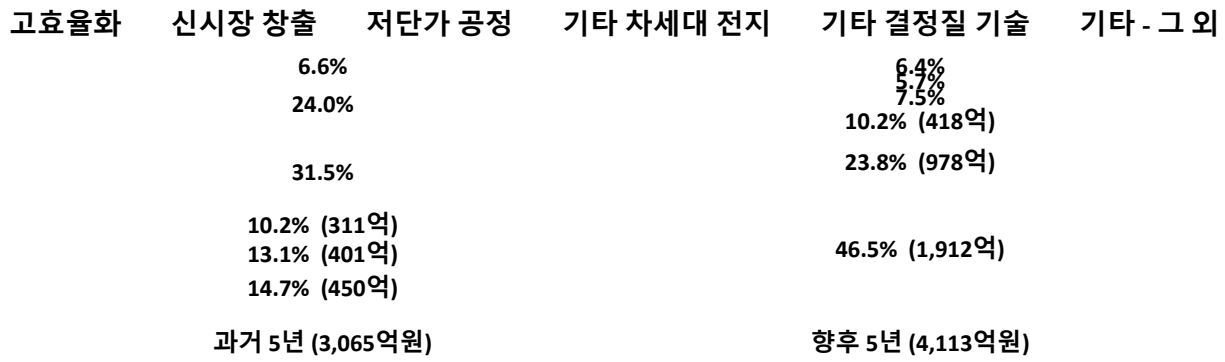
1 고효율·신시장·저단가 집중투자

< 향후 5년간 R&D 투자 계획 > (단위 : 억원)

구 분		'20	'21	'22	'23	'24	계
고효율 태양전지	결정질 실리콘 전지	119	161	157	170	152	759
	탠덤 전지 (Alchemist)	109 (18)	207 (80)	174 (100)	272 (100)	391 (100)	1,153 (418)
신시장 및 신서비스 창출		239	267	243	133	96	978
저단가 공정기술 개발		26	49	102	141	100	418
기타		246	120	167	138	134	805
합 계		**739**	**804**	**843**	**854**	**873**	**4,113**

* 20~24년 중기재정계획 등에 따른 수치이며, 향후 연도별 예산심의결과에 따라 변동가능

○ **지난 5년간 3대 분야에 R&D 예산의 38% 지원**(고효율화 14.7%, 신시장 13.1%, 저단가 공정 10.2%) → 향후 5년간 **3대 분야에 80% 이상 집중 지원**



2 셀·모듈 기업 중심 R&D 지원

○ 지난 5년간 **셀·모듈 기업의 정부 R&D 참여율은 4%**였지만, 향후 **참여율 40~50% 이상으로 확대 목표**

3 100MW급 태양광 공동 R&D 센터

○ 차세대 전지 개발이라는 **공동의 목표를 향해 국내 태양광 산업계가 보유 자원을 집중**함에 따른 **시너지 효과 창출**

* 국내 최고 전문가들의 역량을 결집하여 원천기술 조기 확보, 수요기업(셀·모듈)과 공급기업(소재·부품·장비)간의 연계 활성화 등 기대