공 개

의안번호	제 3 호
심 의 연 월 일	2019. 12. 23. (제 8 회)

심의사항

제4차 에너지기술개발계획('19～'28)(안)

국가과학기술자문회의
심의회의

제 출 자	기획재정부장관 홍남기 과학기술정보통신부장관 최기영 행정안전부 진영 환경부장관 조명래 해양수산부장관 문성혁	교육부장관 유은혜 외교부 강경화 산업통상자원부장관 성윤모 국토교통부장관 김현미 중소벤처기업부장관 박영선
제출 연월일	2019. 12. 23.	

1. 의결주문

○ 「제4차 에너지기술개발계획('19~'28)(안)」을 별지와 같이 의결함

2. 제안이유

○ 「에너지법」 제11조에 따라, 에너지기술개발의 중장기 정책목표 및 방향을 설정하고자 함

3. 주요내용

□ 수립배경 및 추진경과

○ (배경) 국가 에너지기본계획 정책목표 달성을 위해 R&D 추진전략, 중점 투자기술 분야 및 제도 운영방안을 명확화하기 위한 계획수립 필요

* 계획 방향에 맞춰 연차별 R&D 실행계획 수립하고 신규 사업·과제 기획 추진

○ (경과) 산·학·연 전문가로 구성된 분과위원회* 운영('18.11~'19.4), 공기업·부처·대국민 의견수렴 후, 국가과학기술자문회의 안건 상정

* (개발계획) 5개 분과 80여명, 총 42회 개최 / (기술로드맵) 16개 분과 170명, 총 136회 개최

착수회의 개최 (산·학·연 전문가, 산업부)	⇨	분과위원회 운영 (산·학·연 전문가)	⇨	공기업 중장기 계획 조사·반영	⇨	공청회, 관계부처 협의, 위원회 검토	⇨	국가과학기술 자문회의 심의·의결
('18.11)		('18.11~'19.4)		('19.5~6)		('19.9~11)		('19.12)

□ 대내외 에너지 환경변화

① **[에너지전환]** 깨끗하고 안전한 에너지로의 전환 가속화

② **[신산업확대]** 기술 융합에 따른 에너지산업 생태계 변화

③ **[기술혁신]** 이종 기술간 경쟁과 융합이 활발

□ 현황 및 개선방향

○ 에너지기술 **패러다임 변화에 대응**하는 에너지기술개발 **개선 방향** 제시

현황 및 문제점	개선 방향
1 R&D 투자 전략 **◈ 전략적 R&D 투자 미흡** ㅇ 기술 분야별 적정 배분 중심의 R&D 지원 * (예시) 신재생 R&D 비중 : ('14) 34.9%→ ('18) 33.4%	**◈ 에너지전환과 연계한 R&D 투자 선택과 집중** ㅇ 중점 기술분야(16대), 추진과제(50개) 발굴 ㅇ 16대 분야 에너지 R&D 90% 이상 집중지원
2 R&D 지원 체계 **◈ 소형과제 중심 R&D, 수요와의 연계 미흡** ㅇ 소형·단기과제 확대→ R&D 파급효과 미비 * 출연금 20억원 미만 과제 비중 95% ('18) ㅇ 수요기업인 대·공기업의 참여 감소 * ('12) 26.4%→ ('15) 15.6%→ ('18) 8.2% **◈ 실증연구 과정에서 안전사고 발생** ㅇ 수소탱크, 지열발전, ESS 등 실증 사고 증가	**◈ 공통목표 중심의 플래그쉽 프로젝트 추진** ㅇ 파급효과가 큰 대형·중장기 프로젝트 발굴·지원 **◈ 수요-공급기업 공동연구 확대** ㅇ 수요기업 매칭·기술료 부담완화, 셀프기획 허용 **◈ 에너지 R&D 전주기 안전관리 강화** ㅇ 안전조치방안 마련(기획), 안전관리 지표 신설(평가), 현장실태조사 및 안전예산 의무화(관리) 등
3 R&D 성과 확산 **◈ 선도국 대비 낮은 기술수준** ㅇ 추격그룹에서 정체 (('14) 77.9%→ ('18) 76.8%) **◈ 기술 사업화율 저조** ㅇ 낮은 사업화율 지속 (('14) 22.4%→ ('18) 30.8%) * (**주요원인**) ①실증연구 부족, ②보급사업 단절, ③규제·제도 미비, ④수요기업 구매 회피	**◈ 실증연구 투자 및 시험·인증 인프라 강화** ㅇ 실증연구 투자비중을 25%까지 확대하고, 테스트베드를 국제 인증센터로 육성 지원 **◈ 에너지 R&D-보급사업 연계체계 마련** ㅇ R&D 성과연계 보급사업 지원대상 확대 등 **◈ 기술개발과 신기술 관련 규제 사전정비 병행**

□ 비전 및 목표

○ **(비전)** 에너지전환과 新산업 선도를 위한 에너지기술 강국 도약

○ **(목표)** ①에너지전환 중점기술 투자강화(16대 중점기술 90%이상 집중지원)
②미래 에너지 기술혁신 선도(기술수준 10%p↑)
③에너지산업 시장경쟁력 제고(경제적성과 57조원)

□ 중점 추진전략

전략 1 에너지전환을 뒷받침할 R&D 투자 강화

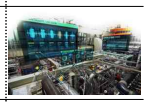
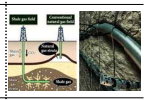
□ 미래 **에너지전환을 뒷받침**하고 **에너지기본계획 정책목표** 달성에 필요한 **16대 에너지 중점기술 분야** 제시

○ 에너지 시장·기술·산업 분석을 통해 도출된 **중점기술 분야별 투자 전략**에 따른 **로드맵***을 수립하고 **50개 추진과제 도출**

* 연도별 R&D 목표, 추진주체, 세부기술을 포함한 로드맵 수립('19.12)

< 16대 에너지 중점기술 분야 >

에기본 중점과제	에너지 신산업 육성	고효율 저소비 구조 혁신	깨끗·안전한 에너지 공급	분산형 에너지 확산
중점기술 분야	· 태양광 · 풍력 · 수소 · 에너지신소재	· 산업효율 · 건물효율 · 수송효율 · 빅데이터	· 원자력 · 청정발전 · 에너지안전 · 자원개발 · 순환자원	· 지능형전력망 · 에너지저장 · 사이버보안

태양광	· 단가저감·고효율화 · 초고효율 전지 상용화		원자력	· 해체기술 자립, 원전 안전 · 방사성폐기물 안전관리	
풍력	· 초대형 해상풍력 터빈 · 부유식 풍력 개발·실증		청정 화력	· 미세먼지·CO_2 저감 · 부하대응을 위한 유연성 확보	
수소	· 그린 수소, 대용량 저장·운송, 효율·내구성 향상		에너지 안전	· 에너지 전주기 안전관리 시스템 구축	
에너지 신소재	· 핵심소재 자립 · 산업응용 분야 확대		자원 개발	· ICT 기반 탐사·개발 기술	
산업 효율	· 다소비기기 효율 극대화 · 산업 맞춤형 FEMS		순환 자원	· 재생에너지 분야 재이용·재제조	
건물 효율	· 플러스에너지 건물 구현 · 커뮤니티 효율 최적화		지능형 전력망	· 송변전 통합관제 · 차세대 직류 송배전 시스템	
수송 효율	· 충전 경제성·안정성 확보 · 무선 충전효율 향상		에너지 저장	· 차세대 이차전지 · 고신뢰·장주기 ESS	
빅 데이터	· 수요자원 활용 확대 · 에너지거래 기술 고도화		사이버 보안	· 에너지인프라 사이버 공격 대응기술 확보	

전략 2 국가적 역량결집을 위한 R&D 체계 구축

□ **(선택·집중)** 공통의 R&D 목표를 설정하고 **소재·부품·완성품**까지 **연관 과제를 단일 프로젝트** 내에서 개발하는 **플래그쉽 R&D*** 추진

* 정부출연금 300억원 수준, 5년 이상 과제 / 대·공기업, 연관 중소기업, 출연硏 참여

○ **기술센싱그룹*** 운영, **서플라이체인 분석** 등을 통해 수요를 발굴하고, 필요시 **사전 타당성조사**(F/S)를 거쳐 본 과제 기획

* 기업 CTO, 공기업 연구소장, 출연연 CTO, 세계적 석학 등으로 구성

○ 환경변화를 고려한 과제목표 변경(Moving Target), 사업화 연계 등 성과창출 **밀착지원**을 위한 **T2M**(Tech-to-Market) **전담조직*** 운영

* PD, 사업화컨설팅 전문가, 지재권 전문가 등으로 구성

□ **(협력·연계)** 수요-공급기업, 출연연-민간기업, 정부-공기업 등 **혁신주체간 연구개발과 사업화**(실증, 구매) **연계 협력** 강화

○ **수요-공급기업이 공동연구**하고, 공급기업이 개발한 제품을 수요기업이 실증·검증, 구매하는 **수요연계형 R&D 강화**

* 수요기업 주관 R&D 참여비중 : ('18) 8.2%→ ('24) 20%→ ('30) 30%

○ **출연연 주관**으로 다수 에너지산업 분야에 적용되는 **공통핵심(Cross-cutting) 기술***을 개발하여 **민간 기업으로 확산**

* 에너지관리시스템(xEMS), 전력변환장치(PCS), 전동기, 보일러 등

○ 정부-공기업 R&D **기획일정 동기화** 및 **통합로드맵 수립**을 통해 중복투자를 방지하고 상용화 연계 추진

□ **(도전·융합)** 한계돌파형 도전적 R&D 및 산업간 융합연구 강화

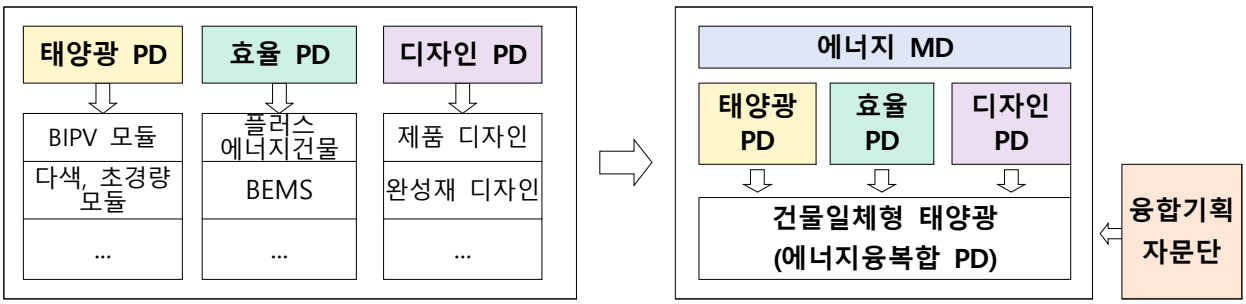
○ 사회·경제적 파급성은 크나 **실패 가능성**이 높은 **초고난도 한계돌파 기술*** 개발 지원 (Alchemist 프로젝트 활용)

* 5~10년 이내에 성능향상 또는 단가저감 비율이 기존 대비 50% 이상인 혁신 기술

○ **에너지MD, 에너지·산업PD 공동 기획**과 **에너지 융복합 R&D, 다부처 협력사업** 추진을 통한 융합연구 활성화

* (융합) P2G, 도로·건물일체형 태양광 / (다부처) 사용후핵연료, 스마트시티 등

<에너지 융합 기획 프로세스 예시>



□ **(개방·참여)** 기술 제안-개발-실증-제품화 과정에 **사용자 참여기회를 확대**하고, 신기술 개발 이전 **에너지기술영향평가 도입**

○ 주민이 지역 에너지원을 고려하여 설비를 구성하거나, 개인·창업기업 아이디어를 시제품으로 연계하는 **리빙랩 형태의 R&D 확대**

○ 일반 국민이 **연구질문을 직접 제안**하거나, **해결방안을 제시**하는 **에너지 사회문제* 해결형 R&D 추진**

* 미세먼지 저감, 에너지 취약계층(저소득 계층, 독거노인) 복지 개선 등

○ 안전사고, 환경오염 등 부정적 영향 발생 가능성이 있는 기술을 대상으로 **기술·경제·사회·환경 요인에 대한 영향평가 도입**

* (기술) 사고 유형·범위 / (사회) 주민수용성 / (환경) 환경오염, 생태계 훼손 / (경제) 일자리 감소, 경쟁 산업 퇴조 등

전략 3 신산업 창출을 위한 R&D 기반 강화

□ **(실증·시험)** 신기술 조기 실증과 시험·인증 인프라 구축을 위한 투자를 확대하고, **R&D 단계별 안전관리 강화**

○ 게이트(Gate) 평가를 통해 **응용개발**과 **실증연구**를 연계 지원하는 **'1+1실증R&D'**를 추진하고, **실증연구 투자 비중을 25%**까지 확대

* 투자규모 비중 : ('16) 10.2%→ ('18) 15.5%→ ('30) 25%

○ ①新기술·제품 검증, ②안전시험, ③운전이력 확보 목적의 **실증단지를 구축**하고, 신기술 평가·인증이 가능한 **시험인증센터 육성**

○ 안전사고 사전 예방을 위한 **R&D 단계별 안전관리 절차 마련**

* (기획) 안전조치 이행방안 마련 / (평가) 안전관리 적정성 평가 신설 / (관리) 현장 실태조사 실시, 수행기관의 위험성평가 의무화

□ **(보급·사업화)** **R&D-보급사업 연계체계**를 마련하고, **에너지 스타트업·벤처기업** 육성과 **공기업 주도의 사업화 지원** 강화

○ 보급기관이 기획에 참여하여 **성능·인증기준**을 **R&D 목표에 반영**하고, R&D 성과의 보급 연계를 위한 **Post R&D*** **지원**

* BIPV 예시 : ('19) 기술개발 → ('20~'22) 실증연구 → ('21~'22) 제도 마련(표준·인증 기준, 보급지원사업 반영 등) → ('22~) 민간 보급 활성화

○ **창업 초기기업**이 **참여 가능한 과제***를 **발굴·지원**하고, **공기업**의 핵심 역량을 활용한 **중소기업 사업화 지원** 프로그램 운영

* (예) IT기반 新에너지서비스(DR시장, 전력중개), 신재생발전 관련 서비스(대여·금융·O&M), 빅데이터 분석기반 에너지효율 서비스(스마트홈, EMS솔루션) 등

□ **(데이터 공유)** 에너지 데이터를 수집·공유·활용하기 위한 **빅데이터 플랫폼을 구축**하고, 이를 활용한 **사업화 모델 검증** 추진

○ 에너지원별, 기관별로 분산된 **전력·열·가스 데이터의 공유 프로세스를 마련**하고, 플랫폼 구축·운영에 필요한 **요소기술 확보**

* 데이터 전송·처리 표준화, 에너지 생산·소비 분석 알고리즘 및 시각화 도구 등

○ 빅데이터 플랫폼을 활용하여 **서비스 제공자**들이 효율향상 등을 지원하는 **사업화 모델 검증** (美 그린버튼* 사례 벤치마킹)

* 6,000만여 가구 에너지 정보 공개 → Opower, EnerNOC 등 서비스 기업 출현

□ **(규제·제도)** ①**기술확산 저해 규제 완화**, ②**고효율·친환경 기술 기준 강화**의 조화를 통해 신기술의 시장진입 촉진

○ **기술확산을 저해**하는 각종 규제에 대해 **기획 단계**에서 **예상 규제**와 **개선방안**을 제시하는 등 **기획-수행-실증 단계**에 걸쳐 **해결방안 마련**

* (기획) 규제 개선수요 도출 / (수행) 규제 해소방안 마련 / (실증) 규제 샌드박스 활용

○ R&D 현황에 기반하여 **기술발전 수준을 기술규제에 적기 반영**하고, **장기 목표를 제시***하여 신기술 확산 촉진

* (예시) 최저효율 : 전동기 ('19) 프리미엄급(IE3) → ('26) 슈퍼프리미엄급(IE4)

전략 4 미래 지향적 에너지 R&D 저변 확대

□ **(지역)** **지역 특화산업과 연계**하여 에너지 중점산업을 선정하고, **기존 인프라와 연계한 에너지산업 융복합단지 조성**

○ 에너지 분야 **앵커기업과 연관 중소기업, 출연연, 공기업 연구소** 등을 **집적**하고, 지역수요 맞춤형 **전문인력 양성** 지원

* 세제·금융지원, 공공기관 우선구매 등 인센티브 제공을 통해 집적 유도

○ 정부 R&D 참여시 **가점을 부여**하고 **지역특화 실증프로젝트**를 추진하여 지역의 기술역량 강화와 수용성 제고

□ **(인재양성)** **미래 산업 수요 맞춤형 인재**와 **융합·글로벌 인재 육성**을 통한 기술혁신 저변 강화

○ **에너지산업 기술인력 실태조사**를 통해 미래 인력수급을 예측하고, **공백 예상분야**에 대한 **인재양성 지원 확대**

* 석·박사 인력 수급차 상위 3개 분야('17, KETEP) : ①효율향상, ②신재생에너지, ③전력

** 플래그쉽 프로젝트와 연계 추진(대학 인력이 참여하여 R&D 수행→ 취업 연계)

○ **에너지융합대학원 설립***, **융복합 교육과정 신설**** 등을 통해 에너지 신산업 분야 인재를 집중 육성

* 에너지융합대학원 : 총 50억원 지원('20~'24)

** 다양한 학과 과목으로 구성한 에너지융복합 교육과정 신설 및 운영 지원

○ 해외 우수 연구기관* 공동연구 등을 통해 **선진기술 체득 기회를 제공**하고, **세계 최고 수준의 연구실 육성****

* 美 NREL(재생에너지), 美 LBNL(효율향상), 獨 Fraunhofer(재생에너지, ESS) 등

** 비리튬계 고에너지밀도 전지, 차세대 태양전지 등 미래 유망분야 대상

□ **(국제협력)** **선진기술 획득, 해외시장 진출** 목표의 공동연구를 강화하고, **양자 협력**과 **다자 협의체** 활동 활성화

○ 기술격차가 큰 분야를 중심으로 **최고 기술력을 보유한 선도국**과 **에너지 국제공동연구 확대**

* (美) III-V족 태양전지, P2P 전력거래, (獨) 플러스에너지건물, (日) 액체수소 저장 등

** 플래그쉽 프로젝트 연계 추진(해외선진기술 도입 필요시 국제공동 연구와 연계)

○ 국내 트렉레코드가 축적된 기술은 **해외 실증, ODA 사업** 등을 통해 **현지 실증 프로젝트 참여기회 우선 제공**

○ **공통이슈 중심**의 **양자협력을 강화***하고, IEA, 미션이노베이션** 등 **다자협의체 활동**을 통한 글로벌기술협력 교류 활성화

* 韓-中 미세먼지저감 청정화력기술개발 공동연구 추진('20) 등

** 청정에너지 R&D(정부+공기업) 투자를 '21년까지 두 배 확대 선언((韓) '21년 1.12조원)

< (참고) 3차 계획 vs 4차 계획 비교 >

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>3차 계획</th><th>4차 계획</th></tr>
<tr><td colspan="2">비전</td><td>· 新시장 창출과 혁신생태계 구축으로 에너지기술 선진국 도약</td><td>· 에너지전환과 新산업 선도를 위한 에너지기술 강국 도약</td></tr>
<tr><td colspan="2">목표</td><td>· 에너지산업 경쟁력 강화
→ 세계시장 10% 이상 확보
· 기술혁신 기반의 기후변화 대응
→ 온실가스 감축 계획에 기여
· 에너지기술개발 생산성 향상
→ 기술사업화율 10%p 제고</td><td>· 에너지전환 중점기술 투자 강화
→ 16대 분야 90% 이상 집중 지원
· 미래 에너지 기술혁신 선도
→ 에너지 기술수준 10%p 상향
· 에너지산업 시장경쟁력 제고
→ 경제적 성과 57조원 달성</td></tr>
<tr><td rowspan="5">추진전략</td><td>지원대상</td><td>· 중소기업 중심</td><td>· 중소기업+대·공기업 중심
* 수요-공급기업 공동연구 강화</td></tr>
<tr><td>관리체계</td><td>· 안전관리 내용 미반영
· '연구수행자' 대상 기획·평가의 개방성·공정성 확보</td><td>· 안전사고 예방과 R&D 전주기 안전관리 강화
· '일반 국민' 대상 수용성 제고를 위한 국민참여형 R&D 확대</td></tr>
<tr><td>혁신주체</td><td>· 정부 주도의 R&D 투자 및 지원 강화에 중점</td><td>· R&D와 사업화 주체로서의 공기업과 지역의 역할 강화</td></tr>
<tr><td>중점기술분야</td><td>· 5대 과제 17개 중점기술 분야
<table>
<tr><th>에기본 중점과제</th><th>중점기술(17개)</th></tr>
<tr><td>수요관리 중심 정책전환</td><td>스마트 FEMS, 스마트 홈·빌딩, 마이크로그리드, 에너지저장, 에너지네가와트</td></tr>
<tr><td>분산형 발전 시스템</td><td>차세대 송배전, 신재생하이브리드</td></tr>
<tr><td>환경·안전과의 조화</td><td>CCUS, 청정화력, 원자력</td></tr>
<tr><td>에너지안보 강화와 안정적 공급</td><td>전략자원개발, 청정연료</td></tr>
<tr><td>에너지 신시장 창출</td><td>IoT+빅데이터 플랫폼, 무선전력 송수신, 3D 프린팅 제조공정, 미래형 에너지발전, 고효율 에너지 변환·저장</td></tr>
</table></td><td>· 4대 과제 16개 중점기술 분야
<table>
<tr><th>에기본 중점과제</th><th>중점기술(16개)</th></tr>
<tr><td>에너지 신산업 육성</td><td>태양광, 풍력, 수소, 에너지신소재</td></tr>
<tr><td>고효율 저소비 구조 혁신</td><td>산업효율, 건물효율, 수송효율, 빅데이터</td></tr>
<tr><td>깨끗·안전한 에너지 공급</td><td>원자력, 청정발전, 에너지안전, 자원개발, 순환자원</td></tr>
<tr><td>분산형 에너지 확산</td><td>지능형 전력망, 에너지저장, 사이버보안</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

제4차 에너지기술개발계획(안)

(2019~2028)

2019. 12.

관 계 부 처 합 동

목 차

Ⅰ. 수립배경 및 추진경과 ····· 1

Ⅱ. 대내외 에너지 환경변화 ····· 2

Ⅲ. 에너지기술개발 성과 및 평가 ····· 5

Ⅳ. 비전 및 전략 ····· 8

Ⅴ. 중점 추진과제 ····· 9

1. 에너지전환을 뒷받침할 R&D 투자 강화 ····· 9

2. 국가적 역량결집을 위한 R&D 체계 구축 ····· 17

3. 신산업 창출을 위한 R&D 기반 강화 ····· 23

4. 미래 지향적 에너지 R&D 저변 확대 ····· 31

Ⅵ. 기대효과 ····· 34

Ⅰ. 수립배경 및 추진경과

□ **(수립근거)** 「에너지법」에 근거, 5년 주기로 수립하는 법정계획

○ '에너지법 제11조(에너지기술개발계획)'에 따라 에너지기술개발과 보급 촉진을 위해 10년 이상을 계획기간으로 하는 기본계획을 수립

□ **(계획범위)** 기술개발, 실용화, 국제협력 및 관련 인프라를 포괄

○ (기술개발) 효율적 에너지 사용, 환경친화적 에너지, 환경오염과 온실가스배출 감축을 위한 기술개발에 관한 사항

○ (실용화·국제협력) 기술개발 성과의 실용화 및 국제협력 촉진

○ (인프라) 인력·정보·시설 등 R&D 기반 확대 및 효율적 활용

□ **(수립절차)** 분과위 운영, 공기업·관계부처 의견수렴을 거쳐 수립

○ 에너지분야 산·학·연 전문가로 구성된 분과위원회 운영 ('18.11~'19.4)

* (개발계획) 5개 분과 80여명, 총 42회 개최 / (기술로드맵) 16개 분과 170명, 총 136회 개최

○ 공기업·부처·대국민 의견수렴 후, 국가과학기술자문회의 심의·의결

착수회의 개최 (산·학·연 전문가, 산업부)	⇨	분과위원회 운영 (산·학·연 전문가)	⇨	공기업 중장기 계획 조사·반영	⇨	공청회, 관계부처 협의, 위원회 검토	⇨	국가과학기술 자문회의 심의·의결
('18.11)		('18.11~'19.4)		('19.5~6)		('19.9~11)		('19.12)

□ **(의의·역할)** 중장기 R&D 비전·목표, 투자 및 제도 개선방향 제시

○ 국가 에너지기본계획 정책 목표를 달성하기 위한 R&D 추진전략, 이행과제를 설정하고, 중점 투자기술과 제도 운영방안을 명확화

* 계획 방향에 맞춰 연차별 R&D 실행계획 수립하고 신규 사업·과제 기획 추진

Ⅱ. 대내외 에너지 환경변화

1 [에너지전환] 깨끗하고 안전한 에너지로의 전환 가속화

□ **(청정에너지 급성장)** 新기후체제 출범*에 대응한 **국가별 정책지원**과 **그리드패리티** 접근에 따라 **청정에너지 시장 규모**는 급증

* ('20) 교토의정서 만료 → ('21) 新기후체제 출범('23년부터 5년 주기 이행점검)

○ 정부 R&D·보조금 투자 확대, 단가저감 등에 따른 경쟁력 상승*으로 **재생에너지·수소 글로벌 시장은 연 3,200억불 규모**로 확대**

* 태양광·풍력 신규 발전설비 : ('14) 90GW → ('16) 129GW → ('18) 181GW

** 시장규모('18) : (태양광) 1,195억불, (풍력) 836억불, (수소·연료전지) 1,170억불 (DOE/Navigant)

□ **(에너지융합 확산)** 이종 기술·산업간 **융합, 에너지 디지털화** 확산에 따라 **새로운 형태의 제품과 에너지 서비스가 등장**

○ 에너지에 **4차 산업혁명기술**이 접목된 **新비즈니스 모델***과 **플랫폼 기반 서비스 등이 출현**하며 **초기 시장을 형성****

* 블록체인 기반 P2P 전력거래, AI 활용 에너지 관리, 드론 활용 태양광 유지·보수 등

** 시장규모('18) : (에너지디지털화) 520억불, (지능형전력망) 109억불 등 (BNEF/Navigant)

2 [신산업확대] 기술 융합에 따른 에너지산업 생태계 변화

□ **(신규 사업자 등장)** ICT, 스타트업 기업 등의 **에너지산업 진출이 활성화**되며 전통 에너지 기업 중심의 산업생태계 변화를 촉진

○ 글로벌 ICT 기업은 **에너지 자회사 설립**, 에너지기업은 서비스 분야 **스타트업 기업 인수·합병**을 통해 신사업 영역으로 진출

ICT 기업 → 에너지 자회사 설립			에너지기업 → 스타트업 인수		
Google		SoftBank	enel	ORACLE	TESLA
▼	▼	▼	▼	▼	▼
구글에너지	애플에너지	SB Power	ENERNOC	OPOWER	SolarCity

□ **(기업간 경쟁심화)** 급성장하는 청정에너지 시장 주도권을 확보하기 위한 **다수 기업간 경쟁 가속화**

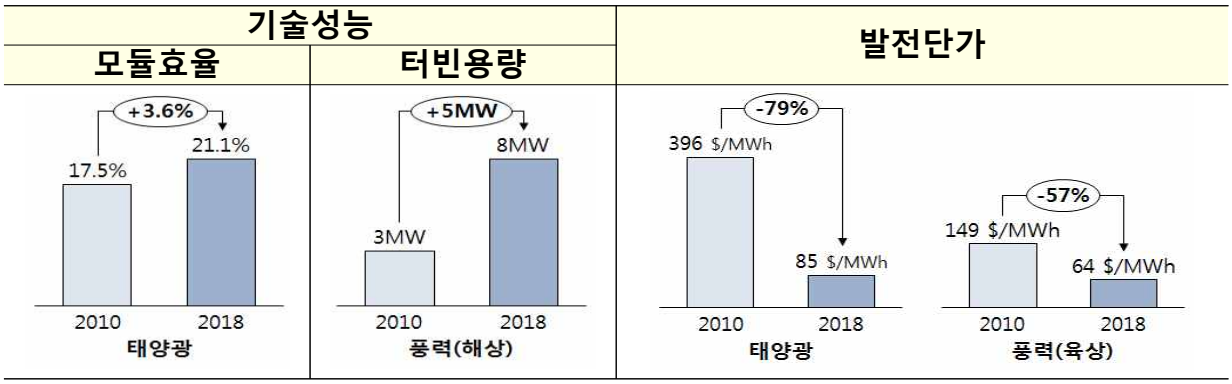
○ 글로벌 소재-부품-시스템 공급 사슬이 구축되었으나, **확실한 선두 기업 없이 무한 경쟁에 돌입**

분야	태양광 (모듈)		풍력 (터빈)		수소 (수전해)
주요기업	JinKo Solar	Trinasolar	Vestas	SIEMENS Gamesa	GINER, ITM POWER, McPhy
시장점유율	6.8%	6.7%	16.7%	16.6%	다수 기업 경합

3 [기술혁신] 이종 기술간 경쟁과 융합이 활발

□ **(이종 기술 경쟁)** 재생에너지 **성능향상, 단가저감**이 급속히 진행되고, 구성 요소가 상이한 **신기술과 기존 기술 간 경쟁 구도 형성**

○ 결정질과 페로브스카이트(태양광), 고정식과 부유식(풍력), 수소 고체·액화·액상 저장(수소) 등 **이질적인 기술간 경쟁 양상**



□ **(ICT 융합)** 에너지기술, 에너지-他산업 기술 융합을 통해 **기존 기술 성능 한계를 극복**하려는 노력 강화

○ 수요관리, 가상발전소, 플러스에너지건물(BEMS) 등 **에너지기술에 AI, 빅데이터 기술을 접목한 융합기술 개발**이 확산

< [참고] 주요국 에너지 정책 및 R&D 투자방향 >

[美] 전통 에너지원 확대 기조에도, 효율향상·재생E R&D 투자 증가

◈ **(정책)** 트럼프 정부의 전통 에너지자원 활용 극대화 의지 표명에도, **주(州) 정부차원**에서 과감한 **청정에너지 목표를 수립하고 이행 추진**

* 재생E 발전량 100%까지 확대 법안을 통과(캘리포니아·워싱턴 DC, '18)

◈ **(R&D) 효율향상, 재생에너지 중심의 R&D 투자 확대**(전통 에너지 투자 비율은 감소)

* 투자비중('13~'17) : 효율향상 21%>재생에너지 15%>화석연료 7%

[EU] 건물·수송부문 효율 개선을 통한 에너지 소비 저감에 초점

◈ **(정책) 'EU 청정에너지 패키지 법안*('18.11)' 통과**, 국가별 에너지효율 행동계획 의무화

* 효율향상·재생에너지 보급 목표를 상향 조정

◈ **(R&D) 재생에너지·효율향상 R&D 투자는 공통적으로 확대**되고 있으나, 원자력·청정화력 기술 투자 증감은 국가별로 상이

* 중점분야('13~'17) : (독일·덴마크) 재생E, 효율향상, (영국·프랑스) 원자력, 효율향상

[日] 재생에너지를 주력전원으로 활용하고 수소 공급·활용 확산

◈ **(정책)** '제5차 에너지기본계획('18.5)'에 근거, **재생에너지 발전·수소 확대, 원자력 의존 최소화 및 고강도의 수요관리** 추진 중

◈ **(R&D)** 원자력에서 **재생에너지·효율향상 중심**으로 투자 방향 전환

* 투자변화('10~'16) : 신재생·효율향상 17.1% → 39.6%, 원자력 69.9% → 40.5%

[中] 석탄화력 청정화 및 非화석에너지(재생에너지, 원자력) 집중 투자

◈ **(정책)** '에너지생산·소비 혁신전략('16)'으로 경제성장과 CO_2 감축 탈동조화, '전력부문 13.5 계획('16~'20)'의 재생에너지 목표는 '18년 조기 달성

◈ **(R&D)** 에너지기술 강국 진입을 목표로 선도국과 기술 추격이 필요한 중점 기술혁신 분야 선정 및 R&D 투자 확대

* 재생에너지, 원자력, ESS송배전, 에너지효율화, 화석연료 등

Ⅲ. 에너지기술개발 성과 및 평가

1 R&D 투자

□ **(성과)** 정부 에너지 R&D는 연평균 8,000억원('10~'19) 수준으로 지속 투자되어, **세계 5위권*** 규모로 성장

* 국가별 투자규모(억불, '13~'17) : 미국(325)>>일본(150)>프랑스(79)>독일(61)>**한국(41)**

□ **(문제점)** 주요국 대비 투자 규모가 작으며, **전략적 투자 미흡**

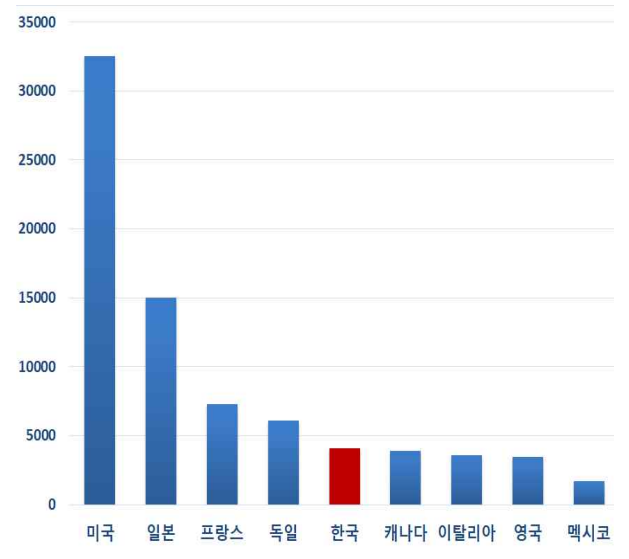
○ 정부 R&D 투자의 지속 확대에도, **미국·일본 대비 각각 1/8, 1/3 수준에 불과**하며, '14년 이후 **정체된 상황***

* 에너지 R&D 투자 : ('14) 8,075억원→ ('17) 7,631억원 → ('19) 7,697억원

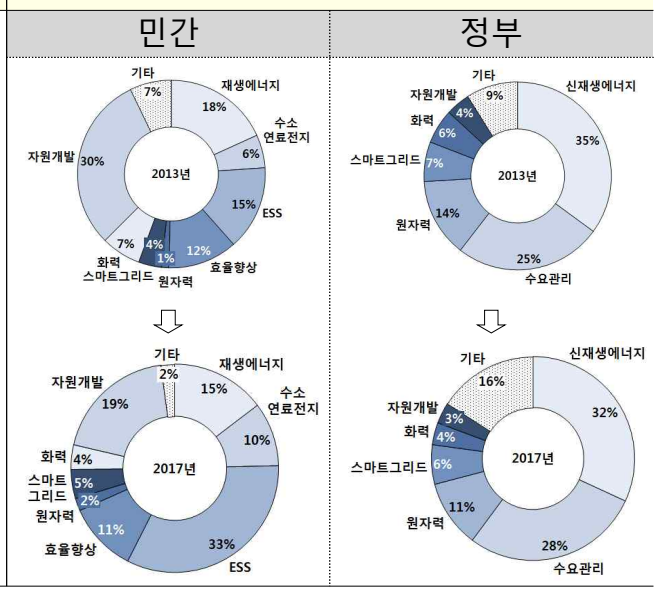
○ 시장·기술 상황에 따라 **R&D 투자가 유연하게 변경**되는 **민간 부문**과 달리, **정부 투자**는 **분야별로 일정한 투자 기조** 유지

< 에너지 R&D 투자 현황 >

주요국 R&D 투자 (5년간 투자액('13~'17), 백만불)



민간 vs. 정부 투자 비중 변화 (단위 : %)



☞ **(개선방향)** **R&D 투자 규모를 지속 확대**하되, 미래 에너지전환 목표 달성을 위한 에너지기술 R&D 투자에 **선택과 집중**

2 R&D 체계

수행주체 · 과제규모

□ **(성과)** 에너지산업 서플라이체인 기술역량 강화를 위해 **중소기업 R&D 지원을 확대***하여, **강소기업으로의 성장 사례를 창출****

* 중소기업 R&D 비중(금액기준) : ('12) 19.7%→ ('15) 37.5%→ ('18) 51.5%

** 스타트업 G社(수요관리) 연매출 337억원 달성 / 중소기업 D社(PCS) 5년간 매출 24배 급증(23억원→540억원) / 중소기업 W社(흡수냉동기) 글로벌 강소기업 선정

□ **(문제점)** **소형 과제 비중이 확대**되고 **과제별 목표가 분산**

* 소형과제 비중(정부출연금 20억 미만) : ('12) 90%→ ('15) 91%→ ('18) 95%

○ 완성품 생산, 설치·운영의 주체인 **대·공기업의 참여가 감소**하며 **R&D 성과의 실증, 수요기업 구매 연계 미흡**

* 대·공기업 R&D 비중(금액기준) : ('12) 45.1%→ ('15) 28.9%→ ('18) 13.2%

☞ **(개선방향)** '완제품·시스템 개발'을 위한 **공통 목표를 설정**하고, **수요-공급 기업이 공동 연구**하는 **대형·장기 프로젝트 도입**

과제관리

□ **(성과)** 연구비 상시 모니터링, 제재부가금 및 참여제한 기준 강화 등 **R&D 관리 강화**에 따라 **연구비 부정사용 등 R&D 부정 사례**는 **감소***

* 부정사용과제 : ('15) 41건→ ('17) 31건→ ('19) 6건 / 사업비 환수율 : 80.1% ('14~'19)

□ **(문제점)** 지열발전 지진 촉발('17), 수소탱크 폭발('19), ESS 화재 등 **연구 수행과정에서의 안전사고 발생** 사례 증가

* 화재사고('17~'19) : (ESS) 11건, 재산피해 371억원 / (태양광) 125건, 재산피해 7억원

☞ (개선방향) 위험기술군을 대상으로 **기술영향평가를 도입**하고, **R&D 규정 개정**을 통한 **全주기 안전관리 강화**

3 R&D 성과

□ **(성과)** 태양광, 연료전지 등 특정 분야에서 **세계 최초·최고 기술 확보, 기술 자립 성과를 창출***하였으며, **사업화율은 지속 향상**

* 태양전지 양산 셀 최고효율 확보(L社), 연료전지 자동차 최초 양산단계 진입(H社), 초초임계압(USC) 화력발전 국산기술 수출(D社) 등

□ **(문제점)** 전반적인 기술수준은 **선도국 대비 2~5년 격차로 추격 그룹**에서 정체되어 있으며, 사업화율은 **산업기술 대비 낮은 수준**

< 분야별 기술수준 ('19, KISTEP) >

분야	태양광	풍력	수소 연료전지	스마트 그리드	산업 효율 (FEMS)	수송 효율 (친환경차)	이차 전지 (대용량)	원자력	가스 발전
기술수준(%)	87.5	74.0	78.3	80.0	67.5	90.0	80.0	88.8	57.5
기술격차(년)	2.0	5.0	3.0	2.5	3.5	1.8	2.0	4.0	8.5

* 기술수준 추이 : ('14) 77.9%→ ('16) 78.3%→ ('18) 76.8%(vs 日 90.6%, 中 76.8%)

** 사업화율 : ('15) 26.7%→ ('16) 28.4%→ ('18) 30.8%(vs 산업기술 45.4%)

○ 사업화 부진 원인은 ①**실증연구 부족**, ②**수요기업 구매 회피**, ③**규제·제도 미비** ④**보급 사업과의 단절**

< 사업화 실패 주요 원인 >

구분	발생 원인	사례
실증연구 부족	• 실증 부지·시설 확보 실패 • 낮은 주민 수용성	• 고속·고압 수소충전소 * 주민 민원으로 부지확보 실패('14)
수요기업 구매 회피	• 성능·리스크 대비 낮은 경제성	• F급 가스터빈 고온부품 * 발전사의 적용 회피('14)
규제·제도 미비	• 규제·제도 미비·상충 • 신기술 출시와 규제 개정 시점간 차이	• Korea-Micro Energy Grid * 에너지 생산·판매 겸업 제한('14)
보급사업 단절	• 보급사업시 국산 신기술 인센티브 부족 • R&D 완성품, 보급 인증·품목간 차이	• 신재생에너지 보급지원사업 * R&D 성과 연계율 0.06%('18)

☞ **(개선방향)** 실증연구를 확대하고 **R&D-보급 연계체계 마련** 및 신기술 개발과 **관련 규제의 사전정비** 병행

Ⅴ. 비전 및 전략

비전 · 목표

에너지전환과 新산업 선도를 위한 에너지기술 강국 도약
- 에너지기술혁신을 통한 국가 에너지시스템의 성공적 전환-

에너지전환 중점기술 투자 강화	미래 에너지 기술혁신 선도	에너지산업 시장경쟁력 제고
16대 분야 에너지 R&D 90% 이상 집중지원	국내 에너지 기술수준 10%p 상향	에너지기술을 통한 경제적성과 57조원 달성

4대 전략 · 15대 과제

1. 에너지전환을 뒷받침할 R&D 투자 강화

❶ 에너지 신산업 육성
❷ 깨끗하고 안전한 에너지 공급
❸ 에너지 고효율 저소비 구조 혁신
❹ 분산형 에너지 확산

2. 국가적 역량결집을 위한 R&D 체계 구축

❶ (선택 · 집중) 공통목표 중심의 플래그쉽 프로젝트 추진
❷ (협력 · 연계) 혁신주체간 협력 강화
❸ (도전 · 융합) 한계돌파형 도전적 R&D 및 산업간 융합연구 강화
❹ (개방 · 참여) 국민참여형 R&D 확대

3. 신산업 창출을 위한 R&D 기반 강화

❶ (실증 · 시험) 실증·시험 인프라 구축 및 안전관리 강화
❷ (보급 · 사업화) R&D 결과물의 시장진입 촉진
❸ (데이터 공유) 에너지 빅데이터 플랫폼 구축.운영
❹ (규제 · 제도 개선) 규제 완화·강화의 조화를 통한 신기술 조기 확산

4. 미래 지향적 에너지 R&D 저변 확대

❶ (지역) 융복합단지 조성을 통한 지역생태계 활성화
❷ (인재양성) 에너지전환 혁신 인재 양성
❸ (국제협력) 전략적 국제협력 활동 및 해외 시장진출 촉진

Ⅵ. 중점 추진과제

1 에너지전환을 뒷받침할 R&D 투자 강화

전략적 R&D 투자 분야 도출

□ 에너지전환을 뒷받침하고 국가 에너지기본계획 정책목표 달성에 필요한 16대 에너지 중점기술 분야 제시

< 제3차 에너지기본계획 비전 및 중점과제 >

< 16대 에너지 중점기술 분야 >

에너지 기본계획 중점과제	에너지 신산업 육성	깨끗·안전한 에너지 공급	고효율 저소비 구조 혁신	분산형 에너지 확산
중점기술 분야	· 태양광 · 풍력 · 수소 · 에너지신소재	· 원자력 · 청정발전 · 에너지안전 · 자원개발 · 순환자원	· 산업효율 · 건물효율 · 수송효율 · 빅데이터	· 지능형전력망 · 에너지저장 · 사이버보안

○ 에너지 시장·기술·산업 분석을 통해 도출된 **중점기술 분야별 투자 전략**에 따른 **로드맵***을 수립하고 **50개 추진과제 도출**(별첨)

* 연도별 R&D 목표, 추진주체, 세부기술을 포함한 로드맵 수립('19.12)

□ 에너지 중점기술 분야에 대한 R&D 투자 집중

○ **R&D 투자를 지속 확대**하고, 에너지 R&D 90% 이상을 **16대 중점기술 분야에 집중** 지원

1 에너지 신산업 육성(4개)

분 야	◈ **재생에너지산업 경쟁력** 강화 및 **수소 경제** 활성화 ◈ 에너지 **소재·부품 국산화**로 보호무역주의 리스크 최소화

< R&D 추진전략 >

태양광	풍력	수소	에너지신소재
단가저감·고효율화(결정질), 초고효율 전지 상용화(차세대)	핵심부품 국산화, 초대형 해상 풍력 및 부유식 풍력 개발·실증	그린 수소생산, 대용량 저장·운송, 활용 효율·내구성 향상	핵심소재 자립, 산업응용 분야 확대

□ **(태양광)** **결정질 실리콘** 태양전지의 **초고효율화 및 단가저감** 기술 개발

☞ ('30년 목표) 셀 효율 : ('19) 23%→ ('30) 35% / 모듈단가 : ('19) 0.23$/W→ ('30) 0.1$/W

* (참고) 모듈단가 전망(BNEF) : ('19) 0.196$/W→ ('25) 0.145$/W (△37%)

○ **(보급확대) 수상·해상·영농형 태양광, 건물형 태양광 제품** 등 수용성 제고 기술 개발

☞ (수상/해상/영농형) 친환경, 농·어업 공존형 기술 / (건물형) 안전성·심미성·건축기능성 향상 기술

□ **(풍력)** **초대형(12MW급 이상) 해상풍력 터빈** 및 **부품 패키지 국산화 기술**과 **스마트 O&M 기술** 개발

☞ ('30년 목표) 터빈용량 : ('19) 5.5MW→ ('30) 12~20MW / O&M 비용(년) : 운영비용 30% 절감

* (참고) 해상풍력 터빈용량 전망(IEA) : ('30) 15~20MW

○ **(풍력부품)** 초대형 블레이드(길이 100m 8MW급), 카본 복합재 부품, 증속기, 발전기, 전력변환기 및 제어시스템 국산화 개발

○ **(부유식풍력) 부유식풍력 터빈 용량 확대** 및 **부유체 개발·실증**

☞ ('30년 목표) 부유식풍력 용량 : ('19) 0.75MW→ ('30) 5~8MW↑ / 실해역 실증

* 해양에너지(조류, 파력, 해수온도차 등) 실증(~'25) 및 발전단지 조성(~'30) 추진

□ **(수소)** 저비용 대용량 수소생산, 저장·운송, 수소활용 기술 개발

○ 충전소(On-site) 설치 가능 **대용량 개질기** 개발 및 **수전해 기술** 스케일업

☞ ('23년 목표) 개질기 효율 : ('19) 70%→ ('23) 73% /
추출수소 규모 : ('19) 250kg/일→ ('23) 5,000kg/일

☞ ('30년 목표) 수전해 효율 : ('19) 55%→ ('30) 80%

○ 연료전지 **효율향상·단가저감**을 추진하고, 다양한 운송수단으로의 **활용처 다변화**

☞ ('30년 목표) 발전효율 : ('19) 47%→ ('30) 60% / 단가 : ('19) 450만원/kW→ ('30) 205만원/kW

☞ ('30년 목표) 연료전지차(승용·상용차)→ 지게차, 건설기계, 열차, 선박 등

□ **(에너지신소재)** 해외 의존도가 높은 **핵심소재를 국산화**하고 신시장 창출을 위한 **차세대 소재 기술** 확보

☞ (국산화) 연료전지 분리판, 촉매·전극 소재 / 가스터빈 금속소재 / 원자력 차폐소재

☞ (차세대) 리튬대체 차세대 이차전지 소재 / 수소 생산 수전해 소재 / 태양전지 경량 소재

2 깨끗하고 안전한 에너지 공급(5개)

분 야	◈ **원자력·청정발전** 패러다임 전환 : 효율 중시 ⇨ **안전·환경성 우선** ◈ **에너지안전** 관리를 강화하여 **국민안전 최우선**

< R&D 추진전략 >

원자력	청정발전	자원개발	순환자원	에너지안전
원전 안전강화, 해체기술 자립, 방사성폐기물 안전관리	미세먼지·CO_2 저감 등 超청정화 및 부하대응 유연성 확보	ICT 기반 탐사·개발 기술 적용 → 생산성 향상, 재해율 저감	재이용·재제조 → 순환이용률 및 전략자원 자급률 향상	에너지 생산, 공급, 사용 전주기 안전관리시스템 구축

□ **(원자력)** **자연재해 대처**강화 및 **안전설비 신뢰성** 증진, **원전 안전 관리·해체 기술** 자립 및 고도화

☞ ('30년 목표) 안전사고 가능성 대폭 감소(1/100 수준) /
17개 미자립 해체기술 확보('21년)→ 고리1호기 해체 후 상용화('30년~)

○ **(방사성폐기물) 중·저준위 방폐물**의 효율적인 관리, **사용후핵연료 안전관리** 기반 구축

☞ ('30년 목표) 중·저준위 방폐물을 자체처분 허용농도(<100Bq/g) 이하로 관리 /
사용후핵연료 안전관리 기반기술 확보

□ **(청정발전)** **미세먼지** 원인물질 생성 억제 기술, 가스발전 **연료 다변화 기술**(PNG, 셰일가스, 수소 등), CO_2 저감(CCUS) 기술 개발

☞ ('30년 목표) 석탄화력발전 kW당 미세먼지 90% 저감, 이산화탄소 배출 25% 저감 /
가스발전·스팀생산 설비 CO_2 포집·활용 기술개발사업 신설('20), 다부처 공동 CCS 통합 실증 및 CCU 상용화 사업 신설 추진('21)

○ **(부하대응)** 신속한 부하추종을 위한 **유연 운전** 지능화 및 **디지털화** (저부하 운전 및 응답속도 증대) **기술개발**

☞ ('30년 목표) 10분內 가동 가능 유연 운전 중형터빈 개발(100MW 이하급)

□ **(자원개발)** ICT 기반 **자원 탐사, 개발 및 생산**을 통해 **생산성** 및 **현장인력 안전성** 향상, 극한지 인프라 관리 및 유지보수 기술 확보

☞ ('30년 목표) 디지털오일필드 및 스마트 마이닝 등 세계 스마트 자원기술 시장 10% 점유

□ **(순환자원)** 태양광패널, 연료전지촉매 등 재생에너지 모듈·부품 대상 ①수명진단, ②성능·효율 회복, ②타분야 활용을 통해 자원 낭비 최소화

☞ ('30년 목표) 순환이용률 ('18) 0%→ ('23) 10%→ ('28) 25%→ ('30) 30%

○ **(전략금속) 7대 전략금속 자급률** 제고를 위한 **유가자원*** **회수 기술 개발**

* 풍력(네오디뮴, 니켈), 연료전지(백금, 팔라듐, 니켈), 전기차 배터리(리튬, 코발트, 니켈)

☞ ('30년 목표) 전략금속 자급률 : ('18) 21.1%→ ('23) 23.9%→ ('28) 27.7%→ ('30) 30.0%

□ **(에너지안전)** 에너지 시설(전기, 가스, 열에너지 등) 생애 전주기 관리를 통한 사전 위험예측, 실시간 예방 및 에너지안전 탄력운영 강화

☞ ('30년목표) 예측·예방 정확도 70%→90%이상, 에너지설비 내진·면진설계 진도7 충족

3 에너지 고효율 저소비 구조 혁신(4개)

분 야	◈ **건물 · 산업 · 수송** 부문의 **고효율 저소비** 에너지 구조로 혁신 ◈ **빅데이터를 활용**한 **에너지 중개·거래** 기술 고도화

< R&D 추진전략 >

건물효율	산업효율	수송효율	빅데이터
플러스에너지 건물 구현, 커뮤니티 단위 효율 최적화	다소비기기 효율 극대화, 산업단지 맞춤형 FEMS 실증	충전 경제성·안정성 확보, 무선 충전효율 향상	수요자원 활용 확대, 에너지거래 기술 고도화

□ **(건물효율)** **패시브·액티브 기술 융합, DC 배전 적용**으로 에너지 플러스 건물을 구현하고, **커뮤니티 단위 통합 운영·거래** 추진

☞ ('30년 목표) 신축건물 에너지자립도 10%→110%, 에너지 거래·공유 비율 30% 이상

□ **(산업효율)** **에너지다소비 핵심기기**(전동기, 유체·열기기) **고효율화**, ICT 활용 **산업공정 지능화** 및 **스마트 산업단지 실증** 추진

☞ ('30년 목표) 유체기기 소비에너지 30% 저감, 울트라 프리미엄 전동기(IE5) 개발 / 정밀화학공정 에너지절감 20% 이상

□ **(수송효율)** **전기·수소차 충전 인프라의 경제성·안정성 확보** 및 **무선 충전효율 향상**을 통해 사용자 편의성 향상

☞ ('30년 목표) 전기차 급속 충전기 출력 500kW, / 수소 충전가격 4,000원/kg, 수소충전소 핵심부품 국산화율 100% / 무선충전 효율 87%

□ **(빅데이터)** 전력, 가스, 열, 신재생에너지 등의 **통합에너지 빅데이터 시스템** 구축 및 이를 활용한 **분산자원 서비스 시장** 활성화

☞ ('30년 목표) 거래형 분산자원 운영(3GW), 발전량 예측 신뢰도(97%)

4 분산형 에너지 확산(3개)

분 야	◈ **지능형전력망**과 **에너지저장** 시스템 구현으로 **분산형 에너지** 확산 ◈ **사이버보안** 기술 확보로 **에너지망 사이버 공격 대응**

< R&D 추진전략 >

지능형 전력망	에너지저장	사이버보안
송변전 통합관제, 차세대 직류 송배전 시스템	차세대 이차전지, 고신뢰·장주기 ESS	에너지인프라 사이버 공격 대응기술 확보

□ **(지능형전력망)** 재생에너지 확대에 따른 계통운영 안정성 확보, 분산형·참여형 에너지시스템 서비스 확산

○ (계통운영) 차세대 지능형 송·변전(재생발전량통합관제, 디지털변전소) 및 배전 운영 플랫폼, 직류 송배전(HVDC, MVDC) 시스템 개발

☞ ('30년 목표) 재생에너지 발전량 예측오차 : ('19) 10% → ('30) 5% /
배전 장애시간 : ('19) 분단위 → ('30) 초단위

☞ ('30년 목표) HVDC : ('30) ±300kV, 1,000MW급 이상 / MVDC : ('30) AC/DC 배전망 혼용 운전

○ (응용서비스) 에너지 커뮤니티 기반 분산자원(참여형 가상발전소, V2X) 운영, 수용가 IoT 응용 서비스(BTM, AMI) 기술개발

☞ ('30년 목표) 분산자원 운영 : ('19) MW급 → ('30) 1GW 이상

□ **(에너지저장)** 안전성이 강화된 **차세대 이차전지 실증**, 출력안정화(고출력)-부하조정(고용량) 동시 가능 **융합전지** 개발 (단·장주기)

☞ ('30년 목표) 리튬(단주기) + RFB, 초고용량커패시터(장주기) 융합전지 구현

○ 안정성 시험평가, 화재 안전성 강화 기술개발 및 소화 시스템 기술 개발

□ **(사이버보안)** 에너지 인프라 전반에 대한 사이버 공격 상황인지, 위협분석, 침입탐지 및 사후 대응기술 확보

☞ ('30년 목표) AI기반 위험성 탐지 기술 정확도 ('19) 60%→ ('30) 95% 이상

참고 16대 기술분야별 50개 추진과제 및 목표

정책방향	기술분야	추진과제	R&D 목표
에너지 신산업 육성	태양광	① 글로벌 경쟁돌파 고효율 태양광 플래그쉽	• 페로브스카이트/실리콘 셀 효율 ('19) 23% → ('30) 35%
		② 수상 해상 영농형 등 입지다변화용 태양광모듈 개발 플래그쉽 실증	• 수상·해상·영농형 설비이용률 ('30) 17%
		③ 초경량, 고감도 태양전지 개발	• 무게당/저조도 발전량 ('30) 1.6W/g / 30uW/cm^2
		④ Post-결정질 미래원천기술 확보	• 초고효율 다중접합 소자 ('19) 6.7~37.9% → ('30) 40%
	풍력	① 초대형 풍력발전 시스템 국산화 플래그쉽	• 터빈용량 : ('30) 12MW 이상
		② 차세대 풍력기술(부유식 풍력) 확보 플래그쉽	• 부유식풍력 용량 : ('30) 8MW 이상
		③ 풍력 핵심부품 국산화 플래그쉽	• 블레이드, 증속기, 발전기, 전력 변환기 및 제어시스템 국산화
		④ 풍력단지 운영 최적화 기술개발 실증	• 운영비용 : ('19) 4,000 → ('30) 2800만원/MW
	수소	① 수소차 충전소용 저가 수소 생산 기술 상용화 및 그린수소 대량 생산기술 확보 플래그쉽	• 수전해 효율 ('30) 80% • 추출수소규모 ('30) 5,000kg/일
		② 대규모 육상수소 운송기술 플래그쉽	• ('30) 1톤급 기체 수송, 3.5톤급 H_2 이송 탱크로리 및 배관망 구축
		③ 고효율저가 연료전지 발전 시스템 기술 확보 플래그쉽	• 연료전지 발전효율 ('19) 47% → ('30) 60%
	소재	① 대외의존도 해소 핵심소재 기술	• 발전용 연료전지 분리판, 촉매/전극
		② 신시장 창출 차세대 원천기술 확보	• 차세대 이차전지 소재
		③ 응용분야 확대 소재 크로스커팅 기술 개발	• WBG 전력반도체 가격 0.4$/A • 3D 프린팅 복합소재 개발
깨끗하고 안전한 에너지 공급	원자력	① 글로벌 시장진입 원전해체 기술 실증	• 17개 미확보 기술 확보(~21) 34개 필수 상용화 기술 고도화
		② 원자력 시설 안전성 강화기술	• 원전 방사능 누출사고 빈도 ('30) 현재 대비 1/100 수준
		③ 국민안전 방사성폐기물 관리 기술	• 사용후핵연료관리 표준화 시스템
		④ 방사선 산업 응용 기술	• 의료/산업용 동위원소 생산 방사선 방호 안전 강화
	청정 발전	① 화력발전소 미세먼지 원천저감/후처리기술 실증	• 석탄화력 발전kW당 미세먼지 ('30) 90% 감축
		② 고효율 발전용 가스터빈 국산화 및 효율향상 플래그쉽	• ('30) 효율 65%급 가스터빈 실증, 1600℃급 외산 고온부품 대체 완료
		③ 재생에너지 간헐성 대응용 유연발전기술	• 100MW 이하급 중형 가스터빈 ('30) 10분 이내 100% 출력 도달
		④ CO_2 배출 저감을 위한 연료다변화 기술개발	• 가스터빈 연료다변화용 연소기 및 핵심부품 국산화
	자원 개발	① 세일가스 및 희소금속 생산 기술 플래그쉽	• ('30) '19년 대비 생산성 10% 향상
		② AI기반 차세대 자원개발 플랫폼 구축	• ('30) 스마트 자원시장 10% 점유 및 10명/100만명당 재해율 감소

	순환 자원	① 에너지 주요 모듈 부품 재제조·재이용 산업기술 확보 플래그쉽	• 신품 대비 제품 효율 ('19) 50% → ('30) 90%
		② 에너지 전략금속 자급형 생태계 구축	• 재활용 태양광 실리콘 소재 생산 ('19) 1,800톤/년→ ('30) 1만톤/년
		③ 첨단기술 융합형 재제조 신시장 창출 플래그쉽	• 노후 부품제품 고장 원인 진단율 ('19) 70% → ('30) 99%
	에너지 안전	① 에너지시설 위험 전조예측 및 예방	• 위험전조 예측 및 사전대응 ('19) 예측신뢰도 70% → ('30) 90%
		② 수소생산 시스템 안전성 확보기술 실증	• 수소그리드 기반 DC시스템 ('30) 100MW이상급 안전성 확보
		③ 에너지 설비 안전 생애이력체계 구축	• 설비안전진단 수명예측정확도 ('19) 30% → ('30) 90%
에너지 고효율 저소비 구조 혁신	건물 효율	① 에너지 네트워크 활용 플러스 건물 실현	• 신축건물 에너지자립도 ('19) 10% → ('30) 110%
		② 효율개선을 통한 기축 건물 제로에너지화 플래그쉽	• 기축건물 최적화 기술 적용률 ('19) 1% → ('30) 30%
		③ 통합운영·관리시스템 기반 에너지 커뮤니티 플랫폼 구축 실증	• ('30) 에너지 거래·공유 비율 30% 이상
	산업 효율	① 공통기기·제품 효율 극대화로 시장경쟁력 제고	• 유체기기 최적화 기술 ('30) 소비에너지 저감율 30%
		② 산업공정 고도화를 통한 에너지 사용량 최소화 실증	• ('30) 정밀화학공정 에너지절감 20% 이상
		③ IoT 기반 스마트 에너지 산업단지 구축 플래그쉽	• ('30) 산업단지 에너지절감 10%
	수송 효율	① 전기자동차 스마트 충전플랫폼 고도화	• ('30) 전기차 급속 충전기 출력 500kW
		② 수소충전소 핵심부품 국산화 및 안전기술 확보	• ('30) 수소 충전 가격 4,000원/kg, 충전소 핵심부품 국산화율 100%
		③ 무선충전기술 고도화 및 상용화	• ('30) 주행중 무선충전 효율 87%
	빅데이터	① 에너지 빅데이터 공급/소비, 기기정보 플랫폼	• 빅데이터 구축 ('19) 전력데이터 → ('30) 전력/가스/열 통합데이터
		② 빅데이터 기반 에너지 운영/관리 서비스	• 발전량 예측 및 공급신뢰도 ('19) 60% → ('30) 97%
분산형 에너지 확산	지능형 전력망	① 전력망 안정성 확보 지능형 운영 플랫폼 실증	• 재생에너지발전량 예측 오차 ('19) 10% → ('30) 5%
		② 신재생 수용성 확대 직류 송배전 시스템 플래그쉽	• MVDC 직류배전 운영 시스템 ('30) AC/DC 배전망 혼용 운전
		③ 에너지커뮤니티 기반 프로슈머·서비스 확대	• 에너지 커뮤니티 기반 분산자원 ('19) MW급 → ('30) 1GW 이상
	에너지 저장	① 화재사고 예방을 위한 기반기술 강화	• (~'21)ESS 안전성 검증센터 구축 ('30) IEC/UL 국제표준
		② 신재생 확대 대응 전력계통 안정화 ESS 시스템 실증	• 전력계통 안정화 운용기술 ('19) 1MW급 → ('30) 10MW급
		③ 해상, 군수용, EV 고속충전 등 어플리케이션 다변화	• 전기차 급속충전 ESS ('19) 2C-rate→ ('30) 6C-rate
	사이버 보안	① 초연결 IoE 환경대비 에너지데이터망 보안 강화	• ('30) 5G/6G 기반 암호 시스템
		② 에너지 사이버공격 대응 에너지 인프라 보호	• 인공지능 탐지기술 정확도 ('19) 60% → ('30) 95% 이상
		③ 사이버보안 체계 기반 구축 실증	• 국가 사이버보안 컨트롤센터 ('30) 인터넷망+업무망+제어망

2 국가적 역량결집을 위한 R&D 체계 구축

1 [선택 · 집중] 공통목표 중심의 플래그쉽 프로젝트 추진

□ **(과제 대형화)** 소형 · 단기 R&D과제를 양산하는 방식에서 벗어나, 중점분야별로 **산업적 파급효과가 큰 대형·중장기 프로젝트** 추진

○ 최종 시스템 개발을 위한 **공통목표를 설정**하고, 시스템 구성에 필요한 **소재·부품·장비 등을 통합 개발**

<table>
<tr><th>구분</th><th>일반 과제</th><th>플래그쉽 프로젝트</th></tr>
<tr><td>과제
규모/기간</td><td>28억원 / 3년
('14~'18, 평균)</td><td>300억원 / 5년 내외</td></tr>
<tr><td>연구목표</td><td>과제별로 상이</td><td>공통목표 설정</td></tr>
<tr><td>프로젝트
예시

(태양광
분야)</td><td>
<table>
<tr><th>과제</th><th>개발내용</th></tr>
<tr><td>과제①</td><td>무독성·플렉시블 태양전지</td></tr>
<tr><td>과제②</td><td>빅데이터기반 유지관리 기술</td></tr>
<tr><td>과제③</td><td>지붕일체형 태양광 모듈</td></tr>
<tr><td>…</td><td>…</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th colspan="4">고효율·저비용 태양광 시스템</th></tr>
<tr><td>목표</td><td colspan="3">태양광 단가저감 (30%)</td></tr>
<tr><td>세부①</td><td>세부②</td><td>세부③</td><td>…</td></tr>
<tr><td>(제품)
고출력
모듈</td><td>(장비)
저전력
증착장비</td><td>(소재)
출력향상
형광체 등</td><td>…</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

□ **(관리 차별화)** 수요기업과 공급기업을 포함한 **산·학·연 혁신역량을 결집**하고, 성과창출을 위해 **기획·평가·관리 차별화**

○ **(기획) 기술센싱그룹*** 운영, 산업생태계 분석을 통해 프로젝트를 발굴하고, 필요시 **타당성조사**(F/S)를 거쳐 사업 추진

* 민간기업 CTO, 공기업 연구소장, 출연연 CTO, 세계적 석학 등으로 구성

○ **(평가) 수요기업 대상**으로 기획참여자의 과제수행 금지 **예외적용, 기술개발 단축**을 위한 **해외기술도입**(Buy-R&D) 비용 지원

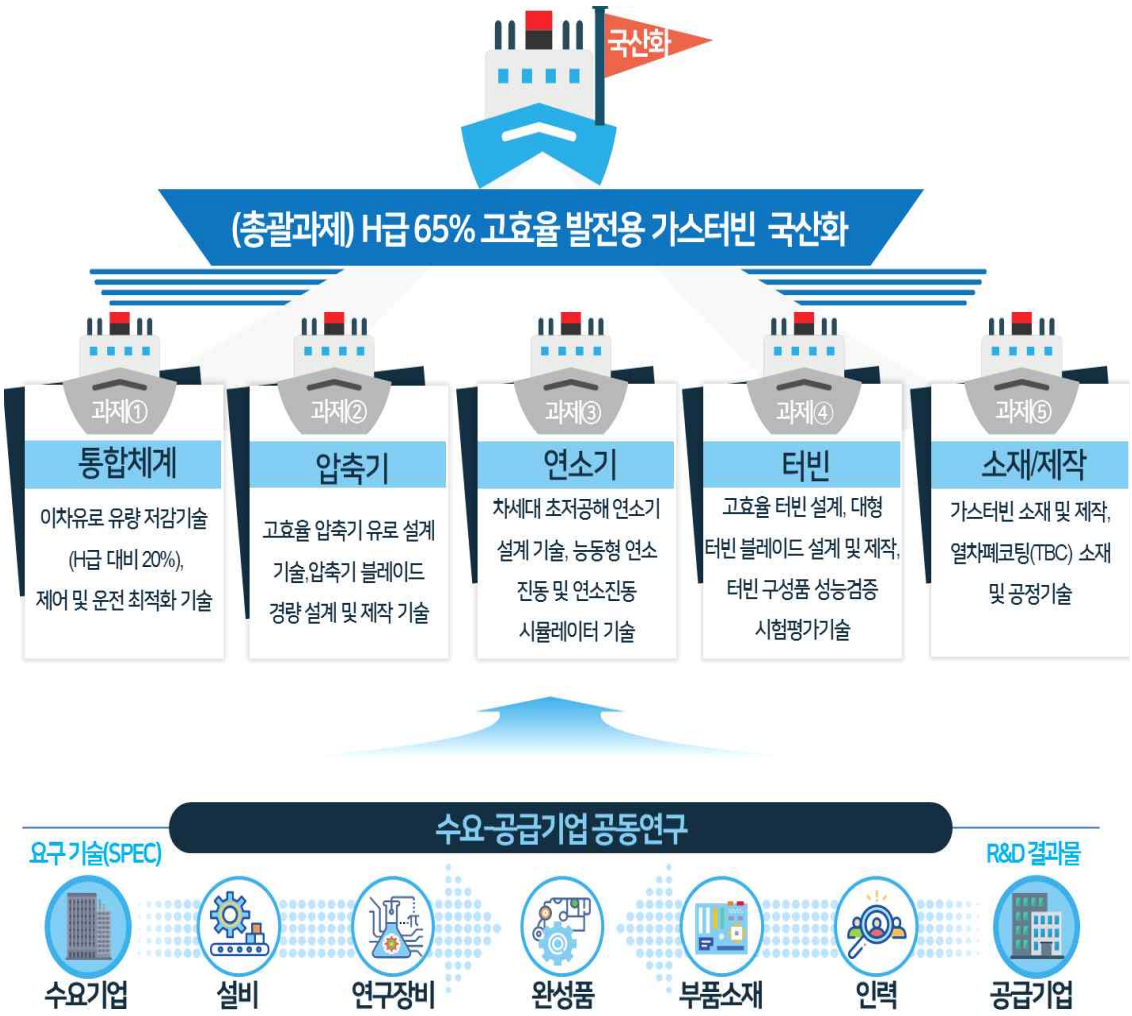
○ **(관리)** 환경변화 고려한 **과제목표 변경**(Moving Target), 사업화 연계를 위한 **전담조직**(T2M)* 운영 등 성과창출 밀착 지원

* Tech-to-Market 조직 : PD, 사업화컨설팅 전문가, 지재권 전문가 등으로 구성

< (예시) 가스터빈 플래그쉽 프로젝트 >

◈ (프로젝트 목표) H급 65% 고효율 발전용 가스터빈 100% 국산화

* 전량 국산 부품소재를 사용하여 기존 대비 **효율 5% 향상된 국산 가스터빈** 제작

주요 내용	· 압축기 블레이드, 연소기, 로터, 터빈 블레이드/베인 등 가스터빈 부품소재 국산화율 100% 달성 (70%→100%)
역할 구분	· (공급기업) 압축기, 연소기, 터빈 설계 및 제작 기술 확보, 핵심부품 소재제작 및 주조·가공기술 개발 · (수요기업) 국내발전 특성을 고려한 운전조건 등의 기본적인 자료 제공 및 R&D 성과물 실증
기술 개발	

2 [협력 · 연계] 혁신주체간 협력 강화

□ **(수요-공급기업)** 앵커기업(대·공기업) **수요를 기반**으로 중소·중견 기업이 함께 참여하는 **수요연계형 R&D** 지원 확대

* 수요기업 주관 R&D 참여비중 : ('18) 8.2% → ('24) 20% → ('30) 30%

○ 수요기업이 R&D 결과물의 **실증 및 신뢰성 검증 역할**을 담당

○ 수요 대기업에 대한 **민간부담금과 기술료를 중소기업 수준**으로 완화

* 대기업 민간 매칭 최소 비중(현금 기준) : (현행) 66%(40%)→ (개선) 33%(13%)
* 대기업 기술료 비중(정액 기준) : (현행) 출연금의 40%→ (개선) 출연금의 10%

□ **(출연연-민간기업)** **출연연 주관**으로 다수 에너지산업 분야에 적용되는 **공통핵심(Cross-cutting) 기술을 개발**하여 민간 기업으로 확산

< 공통핵심기술 예시 및 관련 연구기관 >

분야	공통핵심기술	연구기관
산업기기	전동기	• 전품연, 기계연, 전기연
	보일러	• 기계연, 에기연
산업·건물	에너지관리시스템(EMS)	• ETRI, 기계연, 에기연, 건기연, 전품연
전력기기	전력변환장치(PCS)	• 전품연, 기계연, 전기연

○ 복수의 수요기업과 공동 기획하여 **산업 공통수요를 발굴**하고, 연구성과물은 **모든 기업에게 무상으로 공개 활용**

□ **(정부-공기업)** 정부-공기업 R&D **기획일정 동기화** 및 **통합로드맵 수립**을 통해 중복투자를 방지하고 상용화 연계 추진

○ 공기업 R&D 과제 공고, 성과 공개, 실증시설 정보제공 등을 위한 **'공공 R&D 포털'**을 개설하고, **'공공R&D컨퍼런스'***를 통해 성과홍보

* 미국 AAAS(과학자협회) 컨퍼런스를 참조하여, 정부와 17개 공기업 R&D 추진방향 공유

○ 공기업 **공통 R&D규정 제정**, 정부-공기업간 제재정보 등 공유

3 (도전 · 융합) 한계돌파형 도전적 R&D 및 산업간 융합연구 강화

□ **(한계돌파)** 사회·경제적 파급성은 크나 **실패 가능성**이 높은 **초고난도 한계돌파 기술*** 지원 (Alchemist 프로젝트 활용)

* 5~10년 이내에 성능 향상 또는 단가 저감 비율이 기존 대비 50% 이상인 혁신 기술

○ **이머징**(emerging) **기술*** **조사, 대학·연구소 아이디어 공모 등**을 통해 한계돌파형 **기술 수요** 발굴

* 에너지기술정책수립사업을 통해 미래 에너지유망기술 발굴 실시(매년)

○ **핵심 성능지표**를 발굴하고 국내·외 **현재 수준 및 R&D 목표치를 조사**하여 **한계돌파 목표** 제시

< 한계돌파형 R&D 목표 기준설정 예시 >

품목	핵심 성능지표	현재 수준(2019)			미래 목표(2030)		
		국내	해외	선도국	해외 목표		한계돌파 목표
결정질 태양전지	다중접합 태양전지 효율(%)	23	28	영국	33	미국	35
	결정질 실리콘 모듈 단가($/W)	0.23	0.21	중국	0.15	중국	0.1

□ **(도전연구)** 한계돌파형 과제에 대해서는 **실패를 용인**하고, **중복 제한을 완화**하는 등 **도전을 장려하는 연구환경** 조성

○ 목표 달성 실패 시에도 **참여제한 등 패널티를 면제***하고, 실패 과제도 **연구과정에서 창출한 가치**가 높은 경우 **인센티브 제공****

* (기존) 성실수행 2회 판정시 지원제외→ (개선) 성실수행 제재 폐지('19년 개정완료)

** DARPA(美) : 마하 20 비행기 제작에 도전한 프로그램 실패에도 포상 실시('11)

○ 후속 기획에 활용 될 수 있도록 **연구 수행과정 정보를 공개**하고, 실패한 연구주제에 대해서는 **과제 중복 제한을 완화***

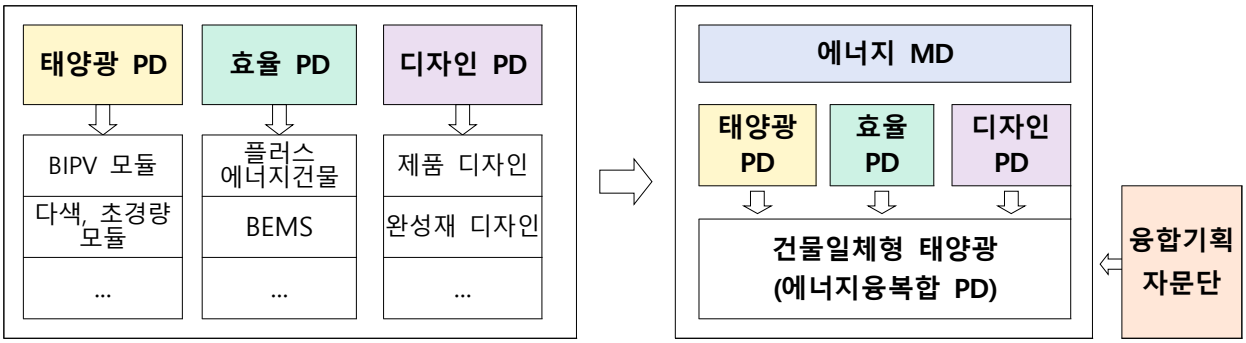
* 사업별 심의위원회에서 중복지원 필요성을 심의·검토 (공통운영요령 제5조)

** 다만, 연구윤리 강화를 위해 연구 과정에서 공개 중간점검을 통한 불성실 연구자 퇴출

□ **(융합기획)** 에너지MD, 에너지·산업PD 공동 기획을 통한 이종 기술·산업간 융합연구 활성화

○ 공동 기획 과제의 성과관리를 전담할 **에너지융복합 PD를 신설**하고, 다양한 기술 전문가로 구성된 **융합기획자문단** 운영

<에너지 융합 기획 프로세스 예시>



□ **(융합사업)** 에너지원간·부문간 예산 칸막이를 넘어 융복합 R&D 추진이 가능한 **전용 사업 신설** 및 **다부처 협력사업** 확대

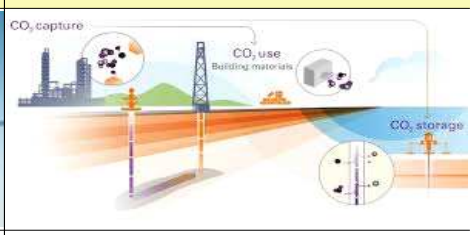
○ **'에너지 융복합 R&D 사업'**을 신설하여 단위기술의 **성능·단가 한계 극복**, 기존 기술 **적용처 다변화** 중심으로 **연구과제 도출**

* 예시 : (단위기술 한계극복) P2G, H-ESS / (적용처다변화) 도로일체형, 고감도 태양광 등

○ 에너지 정책목표 달성에 부처간 협업이 필수적인 **사용후핵연료, 스마트시티, CCUS** 등 분야를 대상으로 **다부처 협력사업 발굴**

* 기초연구(과기부)+개발·응용연구(산업부), R&D·실증(산업부)+시범사업(국토부) 등

< 다부처 협력사업 (예시) >

사용후핵연료	스마트시티	CCUS (탄소 포집 · 활용 · 저장)
		
관리시스템 및 규제체계 개발 (과기부, 산업부)	도시단위 에너지 최적화 (국토부, 산업부)	CCS 통합 실증 및 CCUS 상용화 기반 구축 (과기부, 산업부, 해수부)

4 [개방·참여] 국민참여형 R&D 확대

□ **(리빙랩)** 실생활공간에서 사용자가 공동 개발자, 실험자, 소비자로서 참여하는 **리빙랩* 형태의 연구개발 확대**

* 갈등, 안전, 환경 관련 **사회적 문제**가 발생했을 때 사용자가 직접 나서 **현장을 실험실로 삼아** 문제를 해결해 나가는 '**사용자 참여형 프로그램**'

○ 농어촌 주민이 참여하여 지역의 재생에너지원을 분석하고, 설비 구성과 운영을 최적화하는 **융복합 시스템 개발**

* (예) 지역 자원을 고려한 영농형·수상 태양광+바이오+풍력 설비 구축 및 운영

○ 개인·창업기업 아이디어를 디자인-시제품-인증-사업화로 연계할 수 있는 **태양광 시제품 사업화지원센터 구축**

< (사례) 성대골 에너지자립마을 >

· **(지원모델)** 마을연구원 모집→ 지역주민 기술수요 조사→ 제품 개발 → 홍보(도시재생에너지기획관)→ 마을백업센터 구축(수리·점검 거점)

· **(성과)** 주민 300여명 참여, 도심형 미니태양광 DIY 출시, 금융상품(솔라론) 개발

□ **(국민제안)** 국민 스스로가 ①연구질문을 제안하거나, ②해결방안을 제시하는 **에너지 사회문제* 해결형 R&D 추진**

* 미세먼지 저감, 취약계층(저소득층, 독거노인) 에너지 복지 개선 등

○ **제안자가 과제 진도점검, 평가 과정에 직접 참여**하여 연구 진행 과정을 확인하고, 의견을 개진할 수 있는 기회 제공

* ①질문 제안·선별(국민참여) → ②보완·통합(전담기관) → ③진도점검·성과확인(제안자)

□ **(기술영향평가)** 에너지 신기술 확산에 따른 파급효과를 사전 분석·진단하기 위한 **에너지 기술영향평가 도입**

○ 효율성·편리성 향상과 동시에 부작용 발생 가능성이 있는 기술을 대상*으로 **기술·경제·사회·환경 요인에 대한 영향평가 추진****

* 산업기술분류표 소분류 수준 (예시: 수소저장, 레독스흐름전지, 프로슈머)

** (기술) 사고 유형·범위 / (사회) 주민수용성 / (환경) 환경오염, 생태계 훼손 / (경제) 일자리 감소, 경쟁 산업 퇴조 등

3 신산업 창출을 위한 R&D 기반 강화

1 [실증 · 시험] 사업화 촉진을 위한 실증·시험 인프라 구축

□ **(실증연구 강화)** 기술개발 후 **사업화를 목적**으로 실환경에서 시제품 성능을 평가하는 **실증연구 투자 확대** ('18년 15.5%→ '30년 25%)

○ **기술개발 후 상용화 가능성**이 큰 과제를 실증연구로 연계 지원하는 **'1+1 실증 R&D' 지원**

○ 실증연구에 부지, 보유 설비·시설 등을 제공한 수행기관에는 **기술료 감면, 경영평가 가점** 등의 혜택 부여

* 실증연구 평가관리지침에 기술료 감면 조항 신설 추진

□ **(실증단지 구축)** 사업화 촉진을 위해 ①**신기술·신제품 성능 검증**, ②**안전성 검증**, ③**운전이력 확보** 등 **유형별**로 실증단지 구축

* 에너지기술 실증목적의 단지·설비는 33개소 운영 중('18末 기준)

< 에너지 실증단지 유형 >

구분	주요 내용	
① 신기술 · 신제품 성능 검증	• (목적) R&D 시제품 성능 검증→ 표준화 연계 • (예시) **풍력** 너셀 테스트베드, **연료전지** 신뢰성 평가 센터, **수소버스용 충전소** 실증 센터	
② 안전시험·검증	• (목적) 극한 환경 테스트→ 안전성 검증 • (예시) **ESS** 화재 안정성 검증센터, **수소산업 전주기 제품** 안정성 센터	
③ 운전이력 확보	• (목적) 대규모 단지 운영→ 운전이력 인증서 발급 • (예시) 5MW급 **해상 풍력**, **수상 태양광**, 미래형 **스마트그리드, 조류·파력** 실해역 시험장	

○ 대규모 재생에너지 발전단지, 에너지산업 융복합단지 등 거점에 실증시설을 집적한 **국가종합실증단지 구축** 지원

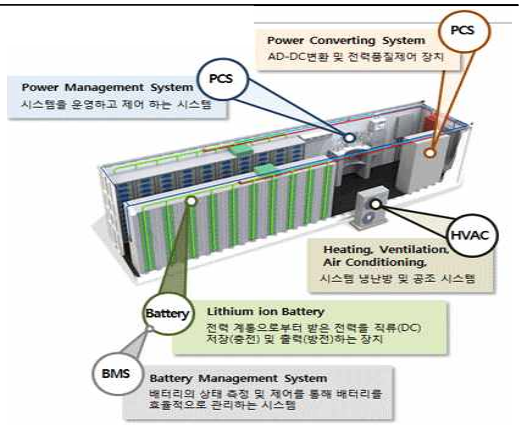
* 새만금 수상태양광·해상풍력 실증단지, 나주 에너지신기술 실증단지 등

□ **(시험인증센터 육성)** 신기술의 **안정성·내구성·유해성 등을 평가**하고, 관련 **인증 발급**이 가능한 **시험인증센터 육성**

○ 수상태양광, ESS 등 국내 기업 수요가 높지만 **시험·인증기관이 부재**한 **신기술·신제품 분야**를 대상으로 우선 추진

* 구축한 실증단지를 시험소, 인증센터로 육성 지원 → 안정적 운영 기반 마련

< 시험인증센터 예시 >

구분	수상태양광 종합평가센터	ESS 화재안전성 검증 센터
구축 배경	· 부유체·계류체 등에 대한 국내·외 **시험·인증 기준 부재**	· 화재안정성 평가 수요 확대에도 대용량 ESS **검증 인프라는 부재**
기능	· 수상태양광 구성품 **시험평가 장비 구축** · 안정성, 내구성, 환경성 등 **표준 개발** · 국제 **시험소** 및 국제 **인증센터 지정**	· 화재안정성 **시험평가 장비 구축** · ESS 열폭주 **시험평가·인증 체계** 마련 · **국제 시험소 지정**
개념도		

□ **(R&D 안전관리 강화)** **실증연구 수행**시 발생 가능한 사고를 사전 예방하기 위해 **R&D 단계별 안전관리 절차 마련**

○ **사업계획 수립**시 R&D 시설·장비에 대한 **안전조치 이행방안**을 포함하고, **선정평가** 항목에 **안전관리 적정성 평가 지표**를 신설

* (現) 연구실 단위 안전조치 이행계획→ (改) 과제 단위 전반적인 안전관리 방안 제출

○ 실증설비를 대상으로 **「산업안전보건법」상 위험성평가를 의무화*** 하고, **현장실태조사**를 통한 이행현황 점검 추진

* 산업안전 **전문기관 컨설팅**→ 실증 시설·장비의 **유해·위험요인 도출**→ **예방 조치** 실시

** **성과활용기간**(과제 종료 후 5년간) 안전관리 현황 추적조사 실시

2 (보급 · 사업화) R&D 결과물의 시장진입 촉진

□ **(보급사업 연계)** R&D로 개발된 제품이 재생에너지·고효율기기 보급사업*과 연계될 수 있도록 **'기술개발-보급 연계로드맵' 수립**

* 신재생에너지보급 확대와 초기시장 창출을 위해 설비 설치비 일부를 보조

○ 에너지 기기·제품 **보급기관이 기획과정에 참여**하여 **성능기준을 기술개발 목표에 반영**하고, 보급에 필요한 **표준화·인증기준 마련**

○ 실증연구가 완료된 기기·제품을 대상으로 **표준화, 적합성 인증**에 필요한 시험·평가기술 개발 및 기술기준 제정을 위한 Post R&D 지원

○ 인증제품에 대해서는 설치장려금(보급사업), 금융지원, 조달등록, 공공기관 설치의무화 등 **판로개척** 지원

R&D 기획		실증연구		표준개발·제품인증		보급사업
[로드맵]	⇨	[실환경 실증]	⇨	[Post R&D]	⇨	[판로개척]
보급기관 참여 의무화		안전, 성능, 신뢰성 검증		적합성인증 시험/평가기술 개발, 기준제정, 시범보급		설치비 보조, 금융지원, 조달등록 공공기관설치의무화

□ **(공기업 연계)** 공기업 주도 **중소기업 사업화 지원 프로그램** 운영

○ **공기업 고유 역무 분야**의 핵심역량을 활용, 동종 산업에 종사하는 중소기업 대상 **사업화지원 프로그램 운영 활성화**

< 에너지공기업의 사업화 지원 방안 >

분야	지 원 방 안
기술지원	• 특허 先이전, 매출발생 후 기술료 後수납, 특허 무료 나눔 등 • 기술사업화 컨설팅, 시장정보 무상 제공
시험인프라 제공	• 실증시험장, 기업개발원 등 시험장소·설비 제공
마케팅 지원	• 공동 브랜드 사용권 부여, 해외마케팅 동반 참여
구매	• 중소기업 제품 의무구매, R&D 성과물 우선구매 등

□ **(에너지벤처 육성)** 혁신적 아이디어를 기반으로 「**창업 ▸ 성장 ▸ 재투자**」로 이어지는 **에너지벤처 생태계** 구축

○ **창업 초기기업**(7년 미만)의 **에너지 R&D 참여 확대**를 위한 '에너지 강소기업 육성사업' 추진

* IT기반 DR·전력중개, 신재생발전 O&M, 빅데이터 기반 에너지관리시스템 등 지원

○ 정부-공기업 협력을 통해 에너지벤처 육성을 위한 **투자펀드 조성*** 및 **인큐베이팅 지원****

* 에너지신산업 펀드(5,050억원), 에너지밸리펀드(880억원) 운용 중

** 한전 전력연구원 內 창업보육센터 운영 등

□ **(기술·산업 데이터 활용)** **에너지산업 생태계 조사, R&D 히스토리맵 구축**을 정례화하고, 이와 연계한 **전략적 기획** 및 **사업화 아이템 발굴**

○ 설치·운영, 완성품, 부품·소재·장비 등 **공급망**(Supply-chain) **구성 현황, 국산화율, 기술수준, 관련 기업현황** 등을 정기 조사(매년)

* 조사를 통해 **공급망 공백** 분야, **해외의존** 분야 등 도출→ R&D 기획 연계

< 생태계 분석 및 기획연계 예시(풍력 분야) >

산업생태계 분석	기획 연계
	• 시스템 구성 필수요소, 해외의존도 高 → 동력장치(A), 전력변환장치(D) • 고부가가치 분야이나 기술수준이 낮은 품목 → 발전기(C) • 확실한 선두 확보가 필요한 품목 → 부유식 플랫폼(E)

○ R&D 지원 현황, 연구개발 추진에 따른 **성능·단가 변화 추이를 DB화**하여 **기술개발 목표치** 설정 근거와 **R&D 사업화**에 활용

* 기술별 핵심지표 변화 추적관리 : (예) 태양광 효율, ESS 에너지밀도, EV 주행거리 등

< (예시) 건물일체형 태양광 R&D-보급 연계 방안 >

◈ **건자재에 태양광 기술이 융·복합된 건물일체형 태양광(BIPV) R&D 결과물의 보급연계 지원**

* 연계 프로세스 : ①기술개발·실증 → ②제도정비 → ③공공부문 우선적용

【'10~'19】 BIPV R&D 23개 과제 717억원 지원

○ R&D 성과물 중 **외장재, 지붕, 창호 BIPV 제품** 중심으로 지원

【'20~'22】 실증연구 추진

○ BIPV **성능시험** 등을 위한 **실증 인프라 지원**

○ 공공기관 **시범보급** 사업(field-test) 추진

【'21~'22】 제도 마련(표준화 및 인증체계)

○ 태양광, 연료전지 중심의 **보급지원사업**(설치비 30~80% 지원) **대상에 BIPV 반영**

* '신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침'에 BIPV를 보조금 지원 대상으로 반영

○ 표준·인증기준 등 **설치 안전성 및 발전성능 검증** 기준 마련

* KS 제·개정(에너지공단)→ 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정(산업부) / 지침(에너지공단) 반영→ 건축물 에너지절약 설계기준(국토부) 반영

【'22~】 민간 보급 활성화

○ **(신축건물) 공공기관 신재생설치의무화**('04), **에너지절약 설계기준**('08), **제로에너지건물 의무화**('17), **녹색건축인증**('02), **인증 인센티브*** 등에 BIPV 반영

* 인증등급에 따라 취득세(5~15%) 및 재산세(3~10%) 감면, 용적률 제한완화(3~9%) 등

○ **(노후건물)** '**보급지원사업**(산업부)'과 '**그린 리모델링**(국토부)*, 사업을 연계하여 지원

* 노후건물 대상 고효율 단열재·창호 등의 설치비에 대한 이차지원('19, 82억원)

○ **RPS 시장진입** 촉진(REC 조정 검토), **'에너지스타' 건물 인정마크** 부여 등

3 (데이터 공유) 빅데이터 플랫폼 구축 · 활용

□ **(플랫폼 구축)** 에너지원별, 기관별로 분산된 **전력·열·가스 데이터를 수집·저장, 공개·공유**할 수 있는 **빅데이터 플랫폼 개발 및 구축**

○ **(정부)** 에너지공기업, 공공기관, 유관부처간 **데이터 공유 프로세스를 마련**하고 **법·제도 개선, 데이터 거래마켓 개설** 추진

○ **(민간)** 빅데이터 플랫폼 개발·구축·운영에 필요한 **하드웨어(H/W), 소프트웨어(S/W), 분석·시각화 툴 및 분석 알고리즘 개발**

< 에너지 빅데이터 플랫폼 구성 기술 >

단계	구성 기술	주요 내용
수집·저장	데이터 수집·저장·관리기술	• 이종 서버간(에너지원별, 기관별) 데이터 전송·처리 표준화 및 수집·저장 체계 구축
가공·분석	데이터 가공·분석 및 시각화 기술	• 다양한 방법으로 분석·시각화 할 수 있는 툴, 알고리즘 개발 및 솔루션 개발·탑재
공개·공유	데이터 공개·공유 및 거래마켓 기술	• 데이터 거래마켓 개설(온라인) 및 데이터 프리존(오프라인) 구축·운영
구축·실증	플랫폼 개발·구축	• 데이터 수집·공유·매칭·저장 플랫폼 구축

□ **(비즈모델 사업화)** 빅데이터 플랫폼을 활용하여 **서비스 제공자**들이 효율향상 등을 지원하는 **신사업 모델 창출**

○ 표준화된 데이터 포맷을 제공하여 앱 개발, 에너지컨설팅 창업 등이 활성화된 **미국 그린버튼 사례 벤치마킹**

< 해외 빅데이터 활용 사업화 모델 >

구분	이니셔티브/기업명	주요 내용
플랫폼	Green Button	• 정부, 유틸리티·서비스 기업(150여개) 참여 • 6천만 이상 가구·기업 에너지 사용정보 제공
서비스 제공자	① OPOWER	• 절전 유도 고지서 발행, 전력사 고객관리 대행 • 전력사 관리비용 절감, 소비자 요금 절감
	② ENERNOC	• 수요반응(DR), 에너지 컨설팅 세계 1위 기업 • 관련 S/W 개발 및 판매
	③ ENERGYai	• 기업 대상 불규칙한 에너지사용 데이터를 유의미한 형태로 가시화하는 서비스 제공

4 (규제 · 제도개선) 규제완화 · 강화 조화를 통한 신기술 조기 확산

□ **(규제완화)** 에너지 신기술·신제품의 시장진입에 애로가 되는 **제도적 장벽** 해소를 위해 **기획-수행-실증 단계에 걸쳐 해결방안 마련**

○ **기획 단계**에서 **예상 규제**와 **개선방안**을 제시하고, **수행 단계**에서 **에너지규제개선협의회*** 등을 활용한 개선활동 추진

* 기업의 건의사항을 접수하여 제도 개선방안 마련 및 관계부처에 권고

R&D 단계별 규제개선 방안

기획	수행	실증	종료
규제개선 수요 도출	**규제·제도 해소방안 모색**	**규제 샌드박스 연계 추진** * 실증특례, 임시허가	**사업화 장애 규제 추가 발굴**
• (주체) PD/기획위원회 • (내용) 규제개선 사항 도출	• (주체) R&D 수행기관 • (내용) 규제 개선안 마련, 규제협의회 상정	• (주체) R&D수행기관, 전담기관 • (내용) 실증특례, 임시허가 등 추진	• (주체) R&D수행기관, 전담기관 • (내용) 규제개선 수요조사, 기획 환류

⇅ ⇅ ⇅ ⇅

(정부) 에너지규제개선협의회 운영 ⇄ 관계부처에 개선 권고

□ **(규제합리화)** 기술규제*에 기술발전 수준을 적기 반영하여 상향 조정하고, R&D 목표와 연계한 **장기 마일스톤 제시**

* 최저효율제, 효율등급제, 탄소인증제, 평균연비기준 등

○ R&D 전담기관이 규제 갱신 과정에 참여, **기술개발 전망, 효율향상 효과, 상업적 적용 가능성** 등을 고려해 **규제 기준 조정**

* (예시) 최저효율제 : 기준(안) 마련(에공단, **전담기관**)→ 전문위원회 (국표원)→ 표준안 예고(국표원)→ 기술심의회(국표원)→ 고시·확정(국표원)

○ **에너지기술개발로드맵 R&D 목표를 반영**하여 태양광·전동기 최저효율 등 **중장기 기술규제 기준안 도출**

* (예시) 최저효율 : 전동기 ('19) 프리미엄급(IE3)→ ('26) 슈퍼프리미엄급(IE4)

< (예시) 신기술 시장진입을 위한 제도 개선 >

❶ 【Cloud ESS】 원격지 대규모 ESS 활용 기술

* ESS 공용 활용을 통한 투자비용 감소 및 다양한 전력서비스 구현

○ **(R&D 현황)** 개별 ESS에 대한 안전성, 효율성 등 중심으로 연구개발 실시하였으나 공용 ESS와 ICT 기술을 접목한 계통기여 연구는 부족

○ **(문제점)** 태양광 및 풍력에 연계 후 특정시간 충·방전시 REC를 부여* 하고 있어, 공용 ESS 활용**에 따른 경제성 확보가 어려워 이에 대한 기술개발과 실증을 기대하기 어려움

* 태양광연계 ESS의 경우 10~16시에 충전 후 그 외 시간에 방전시에만 REC 부여

** 공용 ESS를 활용하여 수요감축(수요시장참여, 누진제완화), 발전량평활화, 보조서비스 참여 등 다양한 계통편익 발생 기대

○ **(개선방향)** 공용 ESS 기술실증 및 계통편익 등 분석 후 제도개선을 통해 공용 ESS 설치기준* 및 인센티브** 등 마련

* 시설장소, 규모 및 기술기준 등에 대한 기준마련

** 공용 ESS에 대한 REC 부여기준 설계 및 계통편익 발생시 보상기준 마련

❷ 【가상발전소】 분산전원·수요자원을 통합하여 가상의 발전원으로 활용

* 재생에너지 변동성 저감, 수요감축 등을 통해 계통안정화 가능

○ **(R&D 현황)** 분산전원 군집화, 통합 운영.거래 시스템 등 기술을 개발 중이나, 전력중개사업 **계약용량은 66MW 수준에 불과**('19.11월)

* 가상발전소 R&D 현황('17~'19) : 총 정부출연금 404억원, 17개 과제 지원('17~'19)

○ **(문제점)** 소규모 전력중개사업자 **수익 채널**이 전력판매와 수수료로 **한정적**이며, **소규모 발전사업자 유인도 부족***

* 전력시장 참여에 필요한 계량기 비용 감축을 위해 계량시스템을 신규로 설계하고 있으나 중개사업자의 역할에 따른 추가 수익확보 구조는 부족

○ **(개선방향)** 가상발전소 범위를 수요자원으로 확대*하고, **소규모 중계 사업자 수익 채널 다변화**** 방안 검토

* 전기사업법 : (現) 분산전원(신재생, 전기차, ESS)→ (改) 분산전원+수요자원(DR 등)

** 전기공급안정화(변동성 저감, 수요감축 정산금) 인센티브 제공 등

4 미래 지향적 에너지 R&D 저변 확대

1 [지역] 융복합단지 조성을 통한 지역생태계 활성화

□ **(산·학·연 집적)** 지역 **특화산업과 연계**하여 에너지 중점산업을 선정하고, **기존 인프라와 연계한 에너지 클러스터 조성**

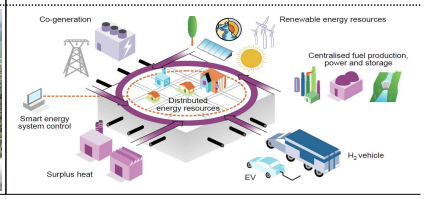
○ 지자체 주도로 **앵커기업*과 연관 중소기업**을 동반 유치하여 **지역 에너지산업 공급망**(Supply Chain) 구축

* 에너지 특화기업 대상에 대기업을 포함하여 투자 유도(융복합단지법 개정 추진)

○ 출연硏, 공기업연구소 분원, **실증·시험시설* 집적화**로 연구역량 확충

* 에너지분야 실증·시험시설을 융복합단지에 우선 설치하여 테스트베드로 활용

< 에너지산업 융복합단지 클러스터 유형 >

재생에너지 단지 연계형	에너지 공기업 연계형	新에너지 서비스 실증형
대규모 단지 인근 연관 기업, 실증·시험 설비 집적	**에너지 공기업**이 입주한 혁신도시 중심 산·학·연 집적	**규제특례**를 적용, P2P 전력거래 등 新서비스 실증
		

□ **(R&D 지원)** 단지內 산·학·연 등이 정부 R&D 참여시 **가점을 부여**하고 **지역특화 실증프로젝트*를 발굴·지원**하여 **지역주도 R&D 활성화**

* (例) 수소 생산-저장·운송-활용 및 인프라, 부유식 해상풍력, 원전해체 설비 실증 등

○ 기술개발 이후 비즈니스 모델 개발, 현지화, 주민수용성 확보 등을 위한 **추가 R&D* 지원**

* 에너지기술 수용성제고 사업, 기술혁신형 에너지강소기업 육성 사업 활용

□ **(금융·세제지원)** 공기업 **펀드를** 활용한 기업 투자, 에너지 특화기업 대상 **지방세 감면***, 투자기업에 **지방투자촉진보조금* 지원 비율 2%p 우대** 추진

* 해당 지자체 관련 조례 신설 추진하고 향후 지방세특례제한법 개정도 추진

** 지자체 별로 입지·시설투자, 고용·교육훈련 보조금 지원 추진

2 [인재양성] 에너지전환 혁신 인재 양성

□ **(산업수요기반)** **에너지산업 기술인력 실태조사**를 통해 미래 인력 수급을 예측하고, **공백 예상분야**에 대한 **인재양성 지원 강화**

* 석·박사 인력 수급차 상위 3개 분야('17, KETEP) : ①효율향상, ②신재생에너지, ③전력

○ **산업현장의** 애로기술 지원을 목적으로 하는 **산·학 협력 프로젝트**를 확대하여 **기업이 요구하는 실무형 인재 양성**

* ('30년 목표) 에너지산업 고급인력 4,600명 양성→ 에너지분야 취업률 80% 달성

** 플래그쉽 프로젝트와 연계 추진(대학 인력이 참여하여 R&D 수행 → 취업 연계)

□ **(재직자 역량강화)** 대기업·협회·대학의 **공동훈련센터, 산학융합원** 등 운영을 통해 에너지기업 **재직자 대상 맞춤형 교육** 제공

* (공동훈련센터) 조선업에서 풍력산업으로 업종전환 교육 지원 등
(산학융합원) 대학과 대·공기업 공동으로 설립·운영하여 재직자 역량강화 교육 지원

□ **(융합인재)** **에너지융합대학원 설립, 융복합 교육과정 신설** 등을 통해 에너지 신산업 분야 인재를 집중 육성

○ ①**에너지+에너지**, ②**에너지+지능정보기술**, ③**에너지+인문·사회·경제** 분야 중심으로 **융합대학원* 설립**을 지원하고, **다학제 교육과정** 운영

* (例) ①태양광융합학과(ESS연계, BIPV), ②에너지안전대학원(AI기반 사고예측), ③에너지정책대학원(기술 경제성 분석, 투자 포트폴리오 구축 등)

□ **(글로벌인재)** 해외 우수 연구기관*과 공동연구 추진 등 해외 프로젝트 중심의 교육훈련을 통해 **선진기술 체화 글로벌 인재 양성**

* 美 NREL(재생에너지), 美 LBNL(효율향상), 獨 Fraunhofer(재생에너지, ESS) 등

○ 미래 에너지 시장 잠재력이 높은 유망 분야*를 대상으로 **글로벌 최고 수준의 연구실 육성**('30년 50개소)

* (例) 비리튬계 고에너지밀도 전지, 차세대 태양전지, 빅데이터-AI 기반 발전소 O&M 등

3 [국제협력] 전략적 국제협력 활동 및 해외 시장진출 촉진

□ **(선진기술 획득)** 기술격차가 큰 분야를 중심으로 **최고 기술력을 보유한 국가**와의 에너지 **국제공동연구** 확대

* 국제공동연구를 통해 선진기술 획득(TRL2~4) → 에너지 R&D로 연계(TRL5 이상)

** 플래그쉽 프로젝트 연계 추진(해외선진기술 도입 필요시 국제공동 연구와 연계)

< 분야별 중점 협력국가(예시) >

구분	대상국	최고 기술	공동연구 분야
태양광	미국	· III-V족 초경량 태양전지	· III-V족 태양전지
수소	노르웨이	· 수전해 최고효율	· 수전해 수소생산
	일본	· 액체수소 저장	· 액체수소 충전소
건물효율	독일	· 건물에너지관리(BEMS)	· 플러스에너지건물
스마트그리드	미국	· 프로슈머 에너지거래 및 정산	· P2P 거래기술

□ **(협력기반 조성)** 선진국과의 **旣체결 MoU*** **후속 협력**을 강화하고, 개도국(신남방·신북방 중심)과 **공통이슈 중심의 양자협력** 추진**

* MoU 체결국가(기관) : 미국(DOE), 영국(BEIS), 캐나다(NRCan), 싱가폴(MTI), 중국(MOST)

** 韓-中 미세먼지저감 청정화력기술개발 공동연구 추진('20) 등

○ **글로벌기술협력 교류 활성화**를 위해 국제에너지기구 에너지기술연구위원회(CERT), 미션이노베이션* 등 **다자협의체 활동** 추진

* 청정에너지 R&D(정부+공기업) 투자를 '21년까지 두 배 확대 선언((韓) '21년 1.12조원)

□ **(해외시장 진출)** **해외 현지 실증** 및 수출 지원 사업 **활성화**

○ 국내 트렉레코드가 축적된 기술은 **해외 실증, ODA* 사업** 등을 통해 **현지 실증 프로젝트 참여기회 우선 제공**

* 에너지산업협력개발지원(ODA) 사업('19년 151억원, KIAT)을 활용하여 개도국 에너지 산업화 협력 요구에 대응(기업의 신흥시장 진출, 해외 프로젝트 수주 지원)

○ KOTRA, KOICA, 에너지공단과 협력하여 에너지 **정보-네트워크-현지사업진출** 全주기 지원을 위한 **정보연계플랫폼** 제공

* 해외진출시 필요한 국가별 현지정보(현지시장 · 기술 · 입찰 정보 등) 제공

Ⅵ. 기대효과

1. 재생에너지의 경제성이 획기적으로 향상됩니다.

2. 깨끗한 공기와 안전하고 편리한 생활환경을 제공합니다.

3. 글로벌 No.1 기술로 앞서 나갑니다.

4. 새로운 에너지시스템과 서비스를 선보입니다.

[참고] 기술용어 설명

기술용어		설명
ESS	Energy Storage System	생산된 에너지를 저장하였다가 필요 시 공급하여 사용하기 위한 에너지저장장치
USC	Ultra Super Critical	터빈에 유입되는 증기 압력이 246kg/cm² 이상이고 증기온도가 593℃ 이상인 발전기술
MVDC	Medium Voltage Direct Current	1.5~100kV에 해당하는 중규모 계통 연계 직류배전망 기술
HVDC	High Voltage Direct Current	100kV~1,100kV 전압 사용하여 발전소에서 생산된 전력을 직류로 변환하여 송전하는 기술
BTM	Behind The Meter	전력량계 후단 수용가(소비자)에서 태양광, ESS, IoT 등을 활용하여 전력을 생산·거래하는 시스템
AMI	Advanced Metering Infrastructure	양방향 통신이 가능한 지능형 전력계량 인프라
RFB	Redox Flow Battery	활성 물질이 포함된 전해액의 순환과 전극에서의 화학반응에 의해 전기를 충·방전하는 전지
BIPV	Building Integrated Photovoltaic	태양광 모듈이 건물의 마감재·건자재로 제작되어 창호·외장재 기능을 수행하는 건물일체형 태양광 발전 시스템
DR	Demand Response	소비자가 인센티브 또는 시간대별 차등요금에 반응해 평상시 소비패턴으로부터 전기사용량을 변경하는 것
AICBM	AI, IoT, Cloud, Big Data, Mobile	인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 클라우드(Cloud), 빅데이터(Big Data), 모바일(Mobile) 등 4차 산업 혁명을 견인하는 지능정보기술
PCS	Power Control System	직류를 교류전력으로 변환시켜 주는 기본 기능과 전력 투입·단절, 이상상태 감시·제어 등 기능을 수행하는 장치
FEMS	Factory Energy Management System	공장의 에너지 관련 모니터링, 데이터 취합 및 분석, 최적 제어를 수행하는 에너지관리시스템
BEMS	Building Energy Management System	공조, 전기·조명, 방재, 보안 설비 등의 계측, 분석 및 최적 제어를 통해 실내 환경과 에너지 성능을 최적화하는 건물 에너지관리시스템
CCUS	Carbon Capture, Utilization & Storage	CO_2를 대량발생원으로부터 포집한 후 압축·수송 과정을 거쳐 육상,해양 지중에 안전하게 저장하거나 직접 활용 및 유용한 물질로 전환하는 기술
EV	Electric Vehicle	전기를 동력원으로 운행하는 자동차
IoE	Internet of Energy	ICT를 기반으로 에너지의 생산·유통·소비 정보가 통합적으로 연결되는 시스템
P2G	Power to Gas	재생에너지로 생산된 전력을 이용해 수소 또는 메탄을 생성·저장하는 기술
H-ESS	Hydrogen ESS	생산된 전기를 수소로 저장했다가 전기·열이 필요할 때 연료로 공급하여 사용하기 위한 장치

산업통상자원부 신재생에너지정책단 에너지기술과	
담당자	정대환 서기관
연락처	전 화 : 044-203-5381 E-mail : hanbitj@korea.kr