

보도시점 2024. 12. 12.(목) 16:00  
(2024. 12. 13.(금) 조간)

배포 2024. 12. 12.(목) 09:00

# 탄소중립 핵심기술 확보를 위한 범부처 기술혁신 전략 이행안(로드맵) 체계 완성

- 국가과학기술자문회의 산하 제9회 탄소중립기술특별위원회 개최 -

- **풍력, 전력저장, 전력망, 에너지통합체계, 산업일반, 환경** 총 6개 분야 '탄소중립 기술혁신 전략 이행안(로드맵<안>)' 등 발표

과학기술정보통신부(장관 유상임, 이하 '과기정통부')는 12월 12일(목) 국가과학기술자문회의 산하 '탄소중립기술특별위원회' 제9회 회의를 개최하였다. 탄소중립기술특별위원회는 대통령 직속인 국가과학기술자문회의 산하 특별위원회 중 하나로, 범부처 탄소중립 연구개발 정책을 총괄·조정하는 역할을 수행해 오고 있다.

이번 회의에서는 △**풍력, 전력저장, 전력망, 에너지통합체계** 등 에너지 관련 4개 분야, △**산업 일반 분야, 환경 분야** 등 탄소중립 기술혁신 전략 이행안(로드맵) 등 총 6건을 안건으로 상정하였다. 주요 안건은 다음과 같다.

탄소중립 기술혁신 전략 이행안(로드맵)은 탄소중립 기술이 실제 현장에 적용되는 것을 목표로 하는 **임무지향형 기술임**을 고려하여 구체적인 목표와 시한을 정하고, 앞선 단계 개발이 성공하면 후속 개발을 진행하는 **임무 중심 각본 방식**을 활용하여 기획되었다.

이번 회의에서 발표한 6개 분야 이행안(로드맵)을 마지막으로 '22년부터 수립해 온 탄소중립 17대 핵심기술 분야 기술혁신 전략 이행안(로드맵) 체계가 완성되었다. 정부는 이행안(로드맵)을 탄소중립 분야 정부 연구개발 투자를 위한 청사진으로 활용해 오고 있으며, 기술 및 정책 변화를 반영하여 주기적으로 개정·보완함으로써 필요한 지원이 적시에 이루어질 수 있도록 할 계획이다.

**< 참고 : 17대 분야 탄소중립 기술혁신 전략 이행안(로드맵) 수립 경과 >**

- ('22.11월) ① 수소공급, ② 이산화탄소 포집·활용·저장(CCUS), ③ 무탄소 전력공급, ④ 친환경 자동차
- ('23.5월) ① 철강, ② 석유화학, ③ 시멘트
- ('23.12월) ① 태양광, ② 제로에너지건물, ③ 탄소중립 선박
- ('24.2월) ① 원자력(12대 국가전략기술 기술개발 이행안<로드맵> 활용)
- ('24.12월) ① 풍력, ② 전력저장, ③ 전력망, ④ 에너지통합체계, ⑤ 산업 일반, ⑥ 환경

이번에 발표된 분야별 이행안의 주요 내용은 다음과 같다.

**[ 풍력 분야 ]**

친환경 에너지 전환 및 탄소중립 달성을 위해서는 해상풍력 보급 확대가 필수적이다. 이에 이번 이행안(로드맵)을 통해 차세대 풍력 시장의 국내 공급망 경쟁력 확보를 위한 핵심기술 개발 추진계획을 제시하였다.

우선 △시장 선도형(20MW+급) 해상풍력 터빈의 기본설계 모형 공동개발, △블레이드, 베어링 등 핵심부품 국산화 개발 등을 지원하여 초대형 풍력 터빈 기술경쟁력을 강화하고자 한다. 이와 함께 △다양한 부유체 개발 및 실증, 수직축 풍력체계 설계 등 차세대 기술개발을 통해 미래 시장 개척을 준비한다. 나아가 대규모 해상풍력 단지의 고효율 운전 및 안정적인 성능 유지를 위한 △단지 운영·관리 기술과 △설치 장비·공법, 해양엔지니어링 등 설치·시공 기술 개발도 병행할 계획이다.

**[ 전력저장 분야 ]**

전력저장 분야 기술은 재생에너지 등 경직성 전원의 비중이 확대되는 가운데 전력공급 체계의 안정성과 유연성을 확보하기 위해 점차 중요성이 커지고 있다. 이에 이번 이행안(로드맵)을 통해 에너지 전환 부문 탄소중립 구현을 뒷받침하는 저비용, 친환경, 고효율, 장수명 에너지저장 기술 확보를 위한 핵심기술 개발 추진계획을 제시하였다.

우선 △단주기 저장장치의 대부분을 차지하는 리튬전지의 안전성을 강화하고 리튬인산철전지 등 저가화 및 소재의 해외 의존성을 줄이기 위한 기술을 확보하고자 한다. 그리고 카르노배터리 등 △열, 기계 기반의 친환경, 저비용 장주기 저장 혼합(스토리지 믹스) 구현을 위한 기술을 개발한다는 계획이다. 나아가 △사용 후 배터리의 빠르고, 정확한 성능진단 기술과 해체 및 재제조 기술을 확보하고, 안전 및 성능 인증체계를 구축하기 위한 기술개발을 병행하고자 한다.

## [ 전력망 분야 ]

전력망 기술은 전기와 관련된 모든 설비가 전력망에 연결되어 송·변·배전을 거쳐 소비자에게 판매되는 일련의 체계에 관한 기술로서, 무탄소 에너지 중심 전력공급 체계의 안정성을 확보하기 위해 중요한 기술이다. 이에 미래형 전력망 구축 등 전력 수급 체계 혁신을 위한 기술개발 이행안(로드맵)을 제시하였다.

우선 △생산된 전력을 수요지까지 안정적으로 공급하는 지능형 송·배전 기술 개발을 추진한다. 단기적으로는 재생에너지의 전력망 수용성을 높일 수 있는 기술을, 중장기적으로는 교류·직류망 병용을 위한 기술을 확보할 계획이다. 또한 △전력 거래, 보안 기반 시설 등 실시간 전력 거래 온라인 체제 기반(플랫폼)을 확보하고 자원유형별 서비스모형 개발을 추진한다. 마지막으로 △유연 자원 기반의 효율적이고 경제적인 전력망 운영 기술을 확보하고 실증을 추진할 계획이다.

## [ 에너지통합체계 분야 ]

에너지 통합 체계 기술은 열에너지 생산에 전력과 신재생에너지를 최대화하여 탄소배출을 최소화하는 기술이다. 산업부문은 국가 전체 온실가스 배출량의 38.3%(직·간접 배출 238.9백만톤, '23년 잠정)을 차지하고 있는 만큼, 산업부문 탄소배출 감축에 필요한 △초고온·저온 열 생산설비, △신재생에너지 변환(P2X), △열에너지 저장·활용 등의 기술 혁신에 집중하는 기술개발 이행안(로드맵)을 제시하였다.

우선 △산업용 고온·초저온 히트펌프 기술로서, 친환경 냉매 전환, 다수의 공정에 적용하기 위한 열생산 온도 확대 및 핵심 부품 원천기술 확보를 추진하고자 한다. 또한 △다양한 에너지원(전력, 열, 연료 등) 간 연계 운영을 통해 재생에너지의 변동성으로 인한 계통 불안정성을 해소하고, 에너지 체계 전체의 이용효율을 향상하는 복합 에너지 변환 및 수요관리 기술개발을 추진한다. 마지막으로 △건물, 산업, 발전 부문 열 공급 및 수요의 시간·공간적 한계를 극복하는 장주기, 중고온, 초고온 열저장을 위한 소재 및 체계와 열저장 효율향상 및 대용량화 기술을 개발할 계획이다.

## [ 산업일반 분야 ]

우리나라는 제조업 중심의 수출 주도형 국가로, 제조업 분야의 탄소중립 달성을 위한 기술개발이 시급하다. 또한 데이터센터는 에너지 사용 집약도가 가장 높은 자산군으로, 국제사회의 환경·사회·지배구조(ESG) 강조 추세 및 탄소중립 요구 증대에 따라 친환경 기술 개발이 필요한 시점이다.

이에 제조업에서의 탄소중립 구현을 위한 △설비전환(산업용 가열·냉각설비 친환경화 기술), △에너지 효율화(산업공정용 전동기·전력변환기 효율화 기술), △친환경 신공정(반도체·디스플레이 저탄소 공정전환 기술)과 함께 정보통신기술 분야에서의 탄소중립을 위한 △친환경 데이터센터 기술로서 데이터센터 정보통신기술 장비, 기반 설비 및 아키텍처·운영 기술을 확보하기 위한 기술 개발 전략을 제시하였다.

## [ 환경 분야 ]

탄소중립 달성을 위해서는 친환경 플라스틱 등 혁신소재 대체, 금속 등 유용 자원을 회수하는 자원 순환 기술과 함께 국토공간 등을 활용한 탄소 흡수 증진·관리 등의 기술도 중요성이 크다. 이에 환경 분야에서도 관련 기술 확보를 위한 기술혁신 이행안(로드맵)을 수립하였다.

우선 자원 순환을 위해 △바이오매스 기반 생분해성 플라스틱과 자원 순환형 재생 플라스틱의 생산·자원화·인증 기술을 확보하여 사용 확대 기반을 마련하며, △첨단 전기·전자제품 및 에너지 저장 장치·제품으로부터 금속 자원을 회수하고 2차 발생 부산물을 최소화하는 자동화·저탄소·친환경 금속회수 기술을 개발하기 위한 계획을 제시하였다. 또한 △국토 공간을 활용하여 지속가능한 방식으로 탄소흡수원을 창출·복원·보전하기 위한 기술개발도 추진한다.

한편, '23년 말까지 발표된 10개 분야\* 탄소중립 기술혁신 전략 이행안(로드맵)에 대해 분야 간 세부 기술들의 개발 내용, 목표치, 목표 시점 등의 정합성을 검토하고, 그 결과를 탄소중립기술특위에 안건으로 상정·심의하였다. 검토를 통해 1개 기술은 목표 시점을 일부 수정하였으며 5개 기술에 대해서는 향후 로드맵 개정 시 심층 검토가 필요한 사항을 제시하였다. 이번 특위에서 발표된 6개 분야\*\* 이행안(로드맵)에 대해서도 필요시 기존에 발표된 로드맵과 정합성 검토를 추진할 계획이다.

\* ①수소 공급, ②탄소 포집 활용 저장(CCUS), ③무탄소 전력공급, ④친환경 자동차, ⑤철강, ⑥석유화학·정유, ⑦시멘트, ⑧태양광, ⑨제로에너지건물, ⑩탄소중립 선박

\*\* ①풍력, ②전력저장, ③전력망, ④에너지통합체계, ⑤산업일반, ⑥환경

탄소중립기술특별위원회 위원장인 류광준 과학기술혁신본부장은 “기후 변화가 현실로 다가온 지금, 탄소중립을 위한 노력이 어느 때보다도 중요한 시점”이라고 강조하면서 “이미 탄소중립 정책이 세계적 거대 추세(글로벌 메가트렌드)로 자리잡은 만큼 우리 정부의 탄소중립 정책 추진에 발맞추어 탄소중립 핵심기술 개발도 지속적으로 지원해 나갈 계획”이라고 밝혔다

- 붙임 1. 제3호 안건 주요 내용
- 2. 제4호 안건 주요 내용
- 3. 제5호 안건 주요 내용

담당 부서 <특위 운영>	과기정통부 과학기술전략과	책임자	과 장	박상민 (044-202-6730)
		담당자	사무관	김라희 (044-202-6732)
<3호 안건> (풍력)	산업부 재생에너지보급과	책임자	과 장	최광준 (044-203-5380)
		담당자	사무관	유경희 (044-203-5387)
(전력저장) (전력망)	산업부 신산업분산에너지과	책임자	과 장	권영희 (044-203-3920)
		담당자	사무관	박정민 (044-203-3923)
		담당자	주무관	이명주 (044-203-3908)
(에너지통합시스템)	산업부 에너지효율과	책임자	과 장	김현철 (044-203-5140)
		담당자	사무관	최승호 (044-203-5141)
<4호 안건>	산업부 산업기술개발과	책임자	과 장	박용민 (044-203-4530)
		담당자	사무관	윤현배 (044-203-4531)
	과기정통부 정보통신방송기술정책과	책임자	과 장	이주식 (044-202-6230)
<5호 안건>	환경부 녹색기술개발과	책임자	과 장	권병철 (044-201-6660)
		담당자	사무관	박진형 (044-201-6667)
<6호 안건>	과기정통부 과학기술전략과	책임자	과 장	박상민 (044-202-6730)
		담당자	사무관	김라희 (044-202-6732)



□ 풍력 분야 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵(안)

— | 풍력분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵 | —

**친환경 에너지 전환을 위한 차세대 풍력 기술 경쟁력 확보**

**초대형, 고효율 및 단가저감을 위한 차세대 혁신 기술 확보**

<p><b>도전</b></p> <p><b>임무</b></p> <p><b>목표</b></p>	<b>1 풍력 터빈</b>	<b>2 부유체 시스템</b>	<b>4 운영·관리</b>	<b>5 설치·시공</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>초대형 고효율 시스템 확보 및 공급망 확대</li> <li>용량/설계수명 증대</li> <li>10MW/25년 → 20MW*/30년*</li> <li>터빈 이용률 증대</li> <li>30% → 40% 이상</li> <li>공급망 확대</li> <li>0.1GW/yr → 3GW/yr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해상풍력 부유체 단가저감 및 다변화</li> <li>부유체 단가저감</li> <li>無 → 50% 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍력단지 지능형 운영기술 개발 선도</li> <li>터빈 가상화 및 풍력단지 자율운전 기술</li> <li>지능형 검사 및 O&amp;M 자동화로 풍력단지 자율운영 실현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해상풍력단지 설치 확대 및 비용저감</li> <li>50년 풍력 100GW 설치</li> <li>0.1 GW → 100 GW</li> <li>50년 Grid Parity 달성</li> <li>280원/kWh → 100원/kWh</li> <li>설치 인프라 혁신</li> <li>입지, 설계, 시공 엔지니어링 기술 표준화</li> </ul>
	<b>3 수직축 부유식</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>차세대 신개념 수직축 부유식 해상풍력 상용화</li> <li>세계 선도형 초격차 기술 (35년 상용화)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍력 유연운전 확대로 주력전원 위상 확보</li> <li>계통협조 운전 기반 기술 확보 및 실증(FFR 등)</li> </ul>		
	<p><b>분야별 기술 혁신 로드맵</b></p>			

	현재	30	40	50
<b>1 초대형 풍력시스템</b>	개발 플랫폼 구축 (용량 20MW*급)	상용화 설계 및 제작	상용화 실증 (이용률 ≥ 40%)	보급 확대 (수명 연장 30년*)
<b>핵심부품 공급망</b>	공급망 기반 구축 (핵심부품 ≥ 5개)	초대형화 및 리사이클링 (블레이드 재활용 ≥ 30%)	공급망 확대 (핵심부품 ≥ 1GW/yr)	공급망 주도 (핵심부품 ≥ 3GW/yr)
<b>* 시험설비/실증단지</b>	실증연구단지 구축	초대형 시험설비 (터빈, 부품시험)	연구터빈 운영 (15MW, 20MW*급)	신기술 실증
<b>2 부유체 다변화</b>	반잠수식 실증 (8MW, 설치 부품)	15MW급 상용화 (부유체 공급망 구축)	초대형 부유체 실증 (20MW*급, 변전소 등)	보급 확대
<b>부유체 단가저감</b>	부유체 최적화 (단가 저감률 ≥ 30%)	BOS 부품 국산화 (단가 저감률 ≥ 50%)	혁신소재, 경량화	글로벌 공급망 주도
<b>3 수직축 풍력터빈</b>	RWT 및 요소기술 개발 (용량 ≥ 20MW)	상용화 설계 및 검증 (효율 ≥ 30%)	상용화 실증 (이용률 ≥ 40%)	보급 확대
<b>수직축 부유체</b>	개념설계 및 시험	상용화 설계 및 검증 (수평축 대비 단가저감 50%)	기술고도화	시장확대
<b>4 풍력단지 자율운전</b>	터빈 디지털화/가상화	풍력단지 가상플랫폼	자율운전 실증 (단지규모 ≥ 5GW)	자율운전 확대
<b>지능형 유지보수</b>	지능형 검사 및 작업	O&M 최적화/자동화	O&M 자동화 실증	자율운영 확산
<b>풍력 유연운전</b>	FFR 자원화 기술 (출력예측, 제어 기술)	유연운전 실증	계통협조 운전 상용화	보급 확대
<b>5 설치 인프라 혁신</b>	BOP 설비 단가저감	WTIV 제조 및 운용	설치혁신 기술 실증	수출 산업화
<b>해양엔지니어링 고도화</b>	설계 및 조사 표준화	해양설계 EPC 고도화	극한환경 대응 설계	비용저감 확대 (풍력 Grid Parity 달성)
<b>단지개발 기반기술</b>	고정식/부유식 계획입지 세부 R&D (안보/인증, 환경친화/공존, 입지설계 등)	부유식 허브 개발 (단지규모 ≥ 6GW)	보급 안정 및 리퍼워링 (풍력단지 100GW)	

\*2단계 실증규모는 1단계 개발 및 정부 예산 상황에 따라 변경 가능

■ 정부지원(민관협업) ■ 민간주도

□ 전력저장 분야 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵(안)

**에너지저장 기반 전력망 유연성 확보로 전환부문 탄소중립 실현**

**에너지저장 믹스, 조기상용화, 보급 및 수출전략 산업화**

1	2	3
<p><b>단주기 에너지저장 (~ '30)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>고안전저비용 리튬전지 ESS 확보                     <ul style="list-style-type: none"> <li>리튬인산철전지 양산 (에너지 밀도 200Wh/kg)</li> <li>대용량 실증, 보급 (100MW 이상급)</li> </ul> </li> <li>장수명·고안전 비리튬계 ESS 확보                     <ul style="list-style-type: none"> <li>NaS 전지 및 전지팩 양산 공정 개발 (120MW/660MWh급 전지)</li> <li>시스템 최적화 실증 (100MW/400MWh급 실증)</li> </ul> </li> </ul> 	<p><b>장주기 에너지저장 (30~)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>저가 전지 기반 대용량 ESS 확보                     <ul style="list-style-type: none"> <li>바나들희름전지 양산 (비용 \$200/kWh 수준)</li> <li>대용량 실증, 보급 (100MWh, 4시간 이상급)</li> </ul> </li> <li>저가·친환경 대용량 ESS 확보/실증                     <ul style="list-style-type: none"> <li>카르노배터리 ESS (500MW급 석탄화력개조)</li> <li>압축공기저장 ESS (200MW급 플랜트 구축)</li> <li>중형 가변양수 개발 (100MW 이하급 주기기)</li> </ul> </li> </ul> 	<p><b>사용후 배터리 에너지저장 (~ '30)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>사용후 배터리 성능·안전성 평가기술                     <ul style="list-style-type: none"> <li>단일 기술 진단 (충방전 방식)</li> <li>복합기술 적용 고속, 고정밀 진단 (하이브리드 방식)</li> </ul> </li> <li>사용후 배터리 활용 ESS 제조기술                     <ul style="list-style-type: none"> <li>MW급 제조 및 실증 (2MWh급, 재생에너지 연계)</li> <li>대용량 제조 및 실증 (10MWh 이상급 실증)</li> </ul> </li> </ul> 

**분야별 기술 혁신 로드맵**

	현재	'30	'40	'50
단주기 에너지 저장	인산철(LFP) 전지 ESS	인산철전지 양산	최적화, 대규모 실증	보급, 전력시장 진입
	나트륨황(NaS) 전지 ESS	NaS 전지 양산공정	시스템 최적화, 실증	보급, 전력시장 진입
장주기 에너지 저장	전지 기반 대용량 ESS	(흐름전지) 저가화, 중규모 실증	성능개선 대규모 실증	보급, 전력시장 진입
		(카르노배터리) 핵심기술 개발	상용급 플랜트 구축	전력시장 진입
	친환경 대용량 ESS	(압축공기저장) 핵심기술 검증	상용급 플랜트 구축	전력시장 진입
		(중형가변양수) 주기기 설계, 검증	주기기 국산화, 실증	전력시장 진입
사용후 배터리 에너지 저장	성능·안전성 평가기술	단일기술, 진단기술	복합기술, 진단기술	상용화, 보급
		ESS 제조 기술	MWh급 제조 및 실증	대용량 제조 및 실증

□ 전력망 분야 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵(안)

전력망 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵

**무탄소 발전으로 전원믹스 변화를 수용하는 미래형 전력망 구축**

**무탄소에너지 중심 전력공급 체계의 안정성 확보**

1	2	3
<b>지능형 송배전 시스템</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☑ 재생에너지 변동성 수용 전력망 운용기술                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지 변동성 수용기술 확보</li> <li>• 직류전력망의 안정적 운영기술 확보</li> </ul> </li> <li>☑ 직류기반 전력망 고효율화기술                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 직류배전급 요소기기 개발</li> <li>• 직류송전급 요소기기 대용량화</li> </ul> </li> </ul>	<b>실시간 전력거래 플랫폼</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☑ 실시간 전력거래 확산을 위한 기반확보                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전력중개 P2P 거래 인프라 기술 등 표준화체계 확보</li> <li>• 전력망 및 설비 보안관제기술, 이상탐지 및 복구 등 기술 확보</li> </ul> </li> <li>☑ 분산에너지 집합자원을 통합 운영하는 <b>신서비스</b> 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• P2X 양방향 전력거래 모델 및 운영솔루션 개발</li> <li>• 전력망 보조서비스 제공기술을 활용한 거래유형 확대</li> </ul> </li> </ul>	<b>분산자원 및 유연자원 통합 운영</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☑ 분산에너지를 유연자원으로 이용하는 배전망 운영체계 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전력망 안정화 유연성 자원 운영기술 확보</li> <li>• 유연자원 연계 배전망 운영기술 실증</li> </ul> </li> <li>☑ 배전인프라 확충 한계를 극복하는 <b>비증설</b> 대안 확보                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 배전망 비증설 대안 요소기술 확보</li> <li>• 유연자원 기반 비증설 대안 실증</li> </ul> </li> </ul>

**분야별 기술 혁신 로드맵**





# □에너지통합 시스템 분야 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵(안)

— | 에너지통합시스템 분야 임무중심 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵 | —

↑
도전

## 탈탄소화 전환을 위한 열에너지 생산 부문 온실가스 배출 감축 필요

❄️
임무

🎯
목표

### 산업 열원의 전기화로 탄소배출 제로를 달성하는 혁신 기술 확보

1
산업용 고온-초저온 히트펌프

- ✔️ 저온 미활용열과 산업 폐열을 이용하여 150℃ 이상 열을 생산하는 친환경 히트펌프
- ✔️ 터빈-압축기 일체형 기술, 고효율 기체-액체 열교환기 기술
- ✔️ 소형, 고온도차, 고속 MVR

2
복합에너지 시스템

- ✔️ 가변 재생 전력을 히트펌프, 전극보일러 이용 열에너지로 변환
- ✔️ 가변 재생 전력을 수소, 메탄, 암모니아 등 연료로 전환
- ✔️ 고도화된 수요예측 결합 복합에너지 수요관리

3
열에너지 저장 시스템

- ✔️ 동절기 열수요 대응 장주기 계간축열 기술
- ✔️ 산업 공정 및 전력 생산 활용 가능한 500-600℃ 저비용 열저장
- ✔️ 1000℃ 이상 열저장 소재, 열손실 저감, 초고온 수소 생산

### '18 대비 산업부문 온실가스 배출량 11.4% 감축(~'30)→80.4% 감축(~'50)

### 분야별 기술 혁신 로드맵

■ 정부지원(민관협업) ■ 민간주도 현재 '30 '40 '50

<b>고온 초저온 히트펌프</b>	1 고온 히트펌프	Low GWP 기반 핵심기술 개발	자연냉매 적용 초고온 히트펌프 개발	도입확대 및 상용
	초저온 히트펌프	-100℃ 냉열 원천 기술	초저온 공급능력 확대	상용
	산업공정 스팀 공급	수백 kW급 MVR	MVR 고도화	도입확대 및 상용
<b>복합 에너지 시스템</b>	2 전력 열에너지 변환	단일 섹터간 변환 기술개발	복합 섹터간 변환 기술개발	
	전력 연료 변환	단일 섹터간 변환 기술개발	복합 섹터간 변환 기술개발	
	복합에너지 운영	단일 에너지 진단·분석 및 최적화 플랫폼 개발	복합 에너지 진단·분석 및 최적화 플랫폼 개발	
<b>열에너지 저장 시스템</b>	3 저온 장기 열저장	저온 장기 열저장 기술 개발 및 실증	도입확대 및 상용	
	중고온 열저장	중고온 열저장 및 카노배터리 열저장 기술개발	도입확대 및 상용	
	초고온 열저장	초고온 열저장 소재 및 시스템	도입확대 및 상용	

※ 2단계 실증 규모는 1단계 개발 및 정부 예산 상황에 따라 변경 가능

□ 산업 일반 분야 설비 전환, 에너지 효율화, 신공정 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵(안)

산업일반 분야 임무 중심 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵

탈탄소 산업공정·설비 전환을 통한 탄소중립 산업구조 대전환

저탄소 또는 무탄소 기반의 탈탄소 산업전환 혁신기술 확보

도전

임무

목표

1 탄소배출 설비 전환 (~'30)

- ☑ 산업공정 보일러 및 공업로 수소암모니아 중소용량 전소기술(100%) 대용량 혼소기술(30%) 확보
- ☑ 친환경 냉매 가열냉각 시스템 기존 냉매 대비 온실가스 감축효과 80%↑

2 에너지 효율화 (~'30)

- ☑ 유공압 시스템 전동화 적용 전동화 요소부품 효율 90%↑
- ☑ 전동기 고효율화 기술 확보 에너지 손실저감 20%↑
- ☑ 전력변환기 고효율화 기술 전력변환기 손실저감율 30%↑

3 친환경 新공정 (~'30)

- ☑ 반도체디스플레이 공정가스 GWP 150 이하 공정가스 개발(4종 이상)
- ☑ 반도체디스플레이 가스처리 공정가스 고효율 분해(HFG 등 최대 99%)
- ☑ 탄소배출 저감효과 모니터링 GWP 평가 정확도 80%↑

분야별 기술 혁신 로드맵

■ 정부지원(민관협업) ■ 민간주도

현재

'30

'40

'50

설비 전환

- 1
- 산업공정용 수소·암모니아 활용 기술
  - 친환경 냉매 기술

- |                                    |                 |                           |                |
|------------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------|
| 전소기술(중소용량) 및 저농도 혼소(대용량) 요소기술 개발   | 중소용량 실증 (1MMt급) | 대용량 전소기술 개발 및 실증 (20MMt급) | 단계적 확대         |
| 자연냉매 적용 가열냉각 기술 확보 (시스템 및 요소기술 개발) | 소규모 실증 (300kW급) |                           | 산업공정에 단계적으로 확대 |

에너지 효율화

- 2
- 유공압 시스템 전동화 기술
  - 전동기 고효율화 기술
  - 전력변환기 고효율화 기술

- |                                       |                                  |             |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------------|
| 유공압 시스템 전동화 기술 개발 및 소규모 실증 (50kW급 이하) |                                  | 상용급 실증 및 확산 |
| 전동기 고효율화 기술 개발 및 소규모 실증 (11kW급 이하)    |                                  | 상용급 실증 및 확산 |
| 전력반도체 기반 고효율화 기술                      | SiC, GaN 기반 고효율화 기술 고도화 및 중규모 실증 | 상용급 실증 및 확산 |

친환경 新공정

- 3
- 공정가스 대체
  - 공정가스 처리
  - 탄소배출 저감효과 모니터링

- |                      |                              |                |
|----------------------|------------------------------|----------------|
| 저GWP 대체가스 도입         | 대체가스 양산 및 공정 적용              | 대규모 실증 및 완전 전환 |
| 공정가스·부산물 분해·처리 기술 확보 | 테스트 베드 실증                    | 상용급 실증 및 확산    |
| GWP 평가 배출량 측정 기술 개발  | 모니터링 시스템 개발 (배출량 정확도 85% 이상) | 양산급 공정 실증      |

※ 2단계 실증 규모는 1단계 개발 및 정부 예산 상황에 따라 변경 가능

□ 산업 일반 분야(그린데이터센터) 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵(안)

**도전**                      **그린 디지털 전환을 통한 2030 NDC 및 2050 탄소중립 달성**

**임무**                                      **글로벌 NO.1 한국형 그린 데이터센터 핵심기술 확보**

	1. IT장비(~'30)	2. 인프라 설비(~'30)	3. 아키텍처 및 운영(~'30)
<b>목표</b>	▶ 에너지 소모가 큰 부품장비의 전성비를 극대화하고, 초저전력최적화가 가능한 HW/SW 핵심기술 확보	▶ 초고집적 Rack을 지원하는 차세대 액침냉각 방식으로 전환하고, 장비 모니터링 수준에서 AI 기술 적용으로 완전 자동제어 수준으로 기술 고도화	▶ 탄소집약도를 고려한 클라우드 자원 활용 극대화를 위해 AI·디지털트윈 기반 자율 운영 및 최적화

**분야별 기술 혁신 로드맵**

구분	현재 수준	1단계('24~'30년)	2단계('30~'50년)
<b>추진 목표</b>	온실가스 多배출 데이터센터	<b>저전력·고효율 데이터센터</b> 기술 확보로 2030 NDC 달성	AI 기반 <b>초고효율 자율운영 데이터센터</b> 기술 확보로 2050 탄소중립 달성
	PUE 1.78 수준 * 민간평균, KDDC('20)	<b>PUE 1.2x</b> 수준 달성	<b>PUE 1.0x</b> 수준 달성
<b>세부 목표</b>	서버 부품별 유향자원 제어로 전력 5% 절감	기존 서버의 성능대비 소비전력 1/10 절감	차세대 서버구조(메모리컴퓨팅)로 소비전력 1/20 이상 절감
	IoT 활용 모니터링 수준의 전력 관리	AI 활용 에너지 소비패턴 학습 기반 공조/냉각 자동화	AI 기반 IT장비 및 공조/냉각 자율운전 시스템화
	신재생에너지 제한적인 전력공급	이중 신재생에너지 안정적 전력공급	100% 신재생에너지(RE100) 기반 전력공급 안정화

단계별 주요 목표

**< 그린 데이터센터 기술의 발전 전망도 >**



□ 환경 분야 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵(안)

환경 분야 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵

도전

탈탄소화 전환을 위한 환경 부문 온실가스 감축 기술 확보

임무

혁신소재 대체, 유용자원 회수 및 탄소를 흡수하는 혁신 기술 확보

목표 (~'30)

1 바이오 플라스틱	2 리뉴어블 플라스틱	3 금속자원 회수	4 탄소흡수증진 관리
<ul style="list-style-type: none"> <li>생분해성 플라스틱 재활용 요소기술 확보</li> <li>생분해성 플라스틱 원가 절감 기존대비 25% 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>리뉴어블 플라스틱 소재 원천기술 확보</li> <li>기존 석유계 플라스틱 대비 동등 수준의 물성 확보 (기계적 강도, 내열성 등)</li> <li>단일 재질 플라스틱 생물학적 분해율 향상 30% 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저탄소 고효율 금속자원 회수 기술 확보</li> <li>선별·농축 탄소저감률 20% 이상</li> <li>금속 회수율 90% 이상</li> <li>부산물 전환율 40% 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>식생 탄소흡수 개선 효율 향상 30% 이상</li> <li>비식생갯벌·해조류 국제인증 후 해저 퇴적물·굴패각 등 추가인증 추진</li> <li>LULUCF 부문 TIER 3 탄소 배출흡수 산정 체계 확보</li> </ul>

분야별 기술 혁신 로드맵

바이오 플라스틱

1 모노머화 생산 자원순환 인증	연구개발 초기 단계	파일럿 규모 실증 (300톤/년)	1만톤/년급 실증 및 단계적 확대
	완전 기술 개발	상용 규모 실증 (1만톤/년)	5만톤/년급 실증 및 단계적 확대
	요소 기술 개발	자원화 공정 개발	자원화 공정 실증
	평가 기술 확보	인증제도 구축	인증제도 시범사업 및 운영

리뉴어블 플라스틱

2 소재 제품화 자원순환 공정평가	바이오매스·유니소재·천연소재 원천 기술 확보	원천 기술 확보 및 중규모(1만톤/년) 실증	상용규모(5만톤/년) 실증 및 단계적 확대
	상압 및 저온 혼합 공정 원천 기술 확보	파일럿 실증(200톤/년) 및 시제품 제작	양산 플랜트급 제품 생산 (1만톤/년)
	생물학적 자원화 요소 기술 확보	생물학적 자원화 공정 기술 확보	기술 고도화 및 산업 실증
	평가 및 인증 기술 개발	인증제도 구축	시범사업 및 인증제도 운영

금속자원 회수

3 해체·분리 선별·농축 물질 회수	원천 기술 확보	파일럿 실증 (자동화율 40%)	상용급 구축 및 운영 (자동화율 50%)	단계적 확대
	요소 기술 확보	파일럿 실증 (1만톤/년)	상용급 구축 및 운영 (5만톤/년)	단계적 확대
	요소 기술 확보	파일럿 실증 (3천톤/년)	상용급 구축 및 운영 (1만톤/년)	단계적 확대

탄소흡수 증진 관리

4 신규 흡수원 흡수능 강화 MRV 체계 확립	산림 중심 흡수원	요소 기술 실증	실증 확대 유형별 보완	유형별 신규 흡수원 확충
	안전 및 조경관리의 복원관리	요소 기술 소규모 실증	지역단위 중대규모 실증	유형별 복원관리 기술 확보
	TIER-2 수준의 인벤토리	프로토타입 모형 개발	유형별 테스트베드 실증	TIER3 인벤토리 및 한국형 MRV 체계 확립

※ 2단계 이후 실증 규모는 1단계 개발 및 정부 예산 상황에 따라 변경 가능

정부지원(민관합업) 민간주도