

2022년도  
에너지기술개발사업  
연구개발과제기획보고서

**재생에너지 전력  
유연화(섹터커플링)기술개발**

**무단 전재 및 재배포 금지**

한국에너지기술평가원의 허락 없이 본 문서를 온라인 사이트 등에 무단 게재, 전재하거나 유포할 수 없습니다.

제3자의 기획보고서 및 관련자료의 재활용 시 따를 수 있는 책임소재는 한국에너지기술평가원에 없음을 알려드립니다.

# 목 차

I . 동향분석 .....	1
1. 개 요	
2. 산업·기술동향	
3. 특허동향	
4. 표준화동향	
5. 정부R&D 지원현황	
6. 시사점	
II . 기획대상연구개발과제 도출 .....	55
1. 연구개발과제기획방향	
2. 개발위험 관리방안	
3. 기획연구개발과제 기술개요서	

## I.

## 동향분석

### 1. 개 요

#### □ 개 념

- (정의) 간헐성과 변동성이 높은 재생에너지(VRE)\*의 확대에 출력제한(curtailment)이 빈번해지면서, 전력계통의 유연성 확보 방안으로 섹터커플링에 대한 관심이 높아짐에 따라 재생에너지 잉여전력을 발전-난방(Power-to-Heat), 발전-수송(Power-to-Mobility), 발전-수소 (Power-to-Hydrogen) 등의 효율적인 에너지 흐름체계를 구축하는 섹터커플링 기술 (그림1) \*VRE, Variable Renewable Energy

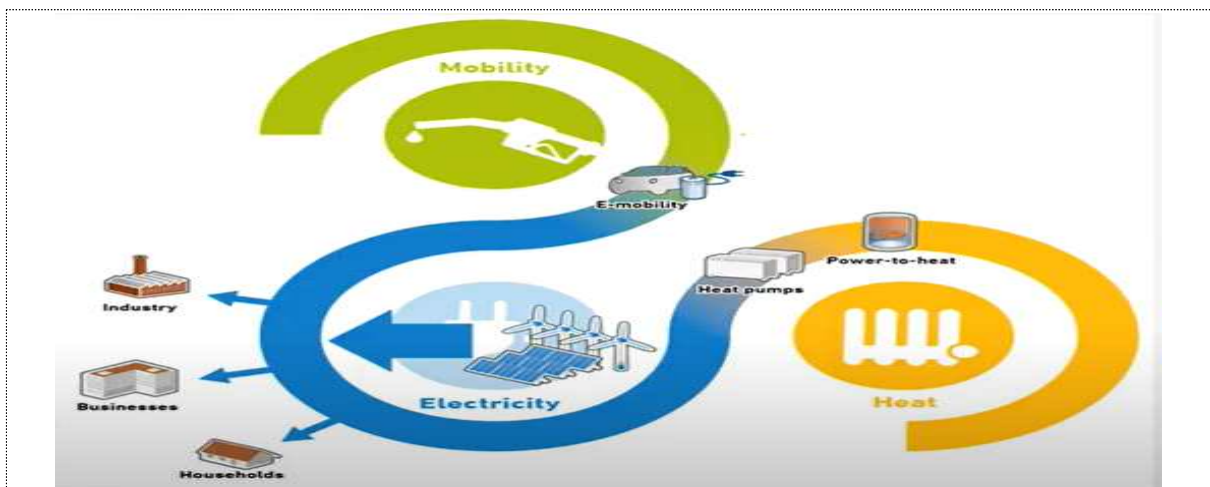
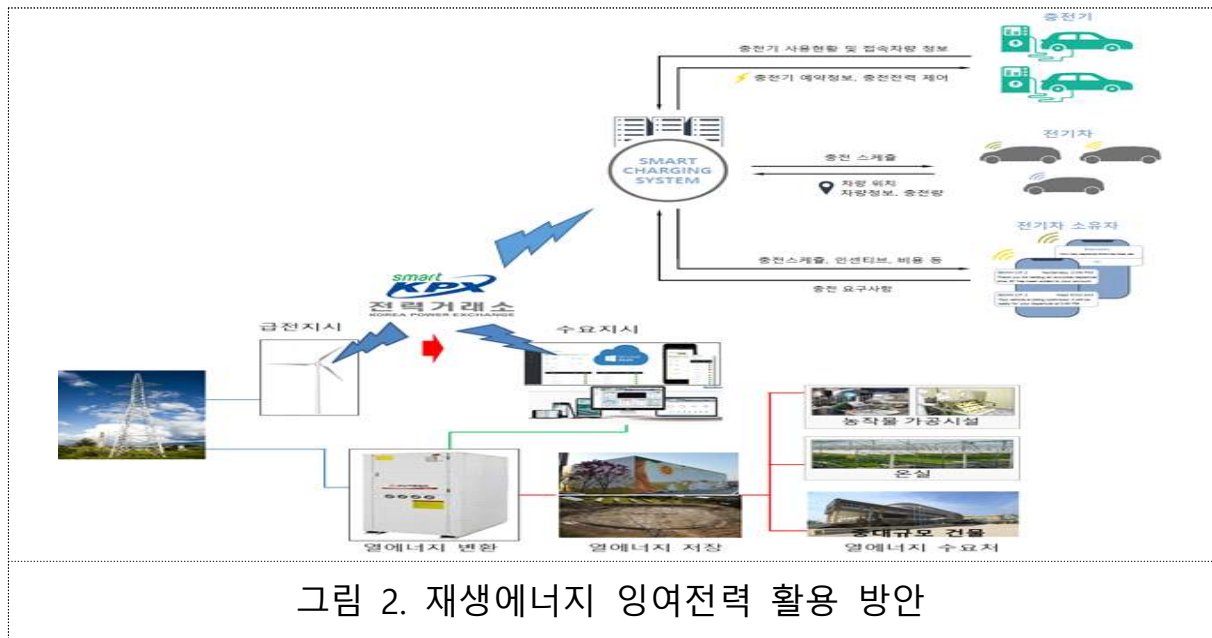


그림 1. 발전-난방, 발전-수송의 섹터커플링 개념도

- 발전-난방(Power-to-Heat)기술은 냉·난방을 위한 열에너지 수요처를 대상으로, 출력제한에 따른 불안정한 잉여 전력 활용 친환경 열에너지 생산 기술 고도화와 생산된 열에너지의 효율적인 저장·공급·이용 기술
- 발전-수송(Power-to-Mobility)기술은 다수의 전기차 사용자의 요구사항, 차량의 충전상태, 평소 충전 패턴, 시장가격, 충전비용, 계통 영향, DR 정보 분석을 통한 자동차별 최적 충전 스케줄링 기술 및 실시간 충전

수요 제어기술, 스마트 충전을 위한 충전기 제어 기술, 차량 위치 파악을 통한 충전기 활용 최적화 기술, 전기차 소유자 요구사항 파악 및 정보제공을 위한 정보처리 기술(그림2)



## □ 요소기술

### ○ 히트펌프 이용 친환경 열에너지 생산 기술

- 재생 전력 설비에서 발생하는 잉여 전력과 공기열, 수열, 지열 등의 열원을 활용하여 냉온열을 효율적으로 생산함으로써, 재생에너지 융복합 이용 실현
- 전력-열에너지 변환 설비인 히트펌프의 고성능화를 위하여 폐열 리사이클 및 다단 냉매제어 등의 세부 기술 접목
- 제반 전력 설비의 용량을 감안하고 불규칙한 잉여 전력 발생에 대응할 수 있는 인버터 또는 압축기 대수 제어의 실현과 안정화 기술

### ○ 열에너지의 효율적 저장 및 안정적 공급이 가능한 축열 시스템

- 잉여 전력의 불안정성 및 불규칙성을 상쇄시킬 수 있는 열에너지 저장

시스템 적용을 통해, 전력 저장의 한계를 보완하는 P2H 실현

- 전력 및 열에너지 변환 설비 용량과 수요처 부하 등이 감안된 냉·난방용 열에너지 저장을 위한 단중기 축열 시스템 설계, 효율적 운용 기술
- 축열 시스템의 소형화를 위한 고밀도 축열 기술 개발, 신뢰성 확보를 위해 기존 상용화 기술

○ 부하측 수요에 대응하는 효율적 열에너지 이용 실증연구 및 경제성 평가

- 열에너지의 고부가가치 활용이 가능한 수요처를 대상으로, P2H 기술의 실용화와 표준화를 위한 최소 1년 이상의 현장 실증연구
- 실증 대상 수요처 공조부하의 70% 이상을 출력제한에 따른 잉여 전력을 활용할 수 있도록 설계 및 설비 구축
- 각종 전력-열에너지 설비로 구성된 통합 에너지 시스템의 최적 운영을 위한 연계 기술 확보와 매뉴얼 작성
- 실증연구 결과를 바탕으로 P2H 시스템의 경제성 및 온실가스저감 효과 등을 분석하고, 개선점 제시 등을 통해 향후 보급 확대

○ 출력제한에 따른 불안정한 잉여 전력 최대 활용 기술

- P2H시스템 용량보다 큰 잉여 전력이 발생할 경우 잉여 전력을 최대한 확보하기 위한 ESS 및 PCS 구축하여 잉여전력 미발생시에는 ESS 전력을 우선 활용
- P2H, ESS, PCS 적절한 용량 설계와 최적 제어시스템 설계 및 구축
- EV Charger를 ESS에 연계하여 전력기반 모빌리티 활용(예, 시설하우스 수요처에 농사용 전기기계 충전 활용)

### ○ 에너지 수요관리 프로그램 연계 에너지 신사업 모델 개발

- 에너지원, 수요처별 에너지 사용 데이터를 수집, 저장, 분석 제공할 수 있는 에너지 빅데이터 기반 기술 개발
- 재생에너지 출력제한 대응 실증사이트별 에너지 공유 및 거래에 요구되는 통합 네트워크 기술 개발
- 제주지역 플러스DR 기반의 최적 사업 모델 제시(소비처: 건물, 호텔, 공공, 농수축산 시설 등)(그림3)

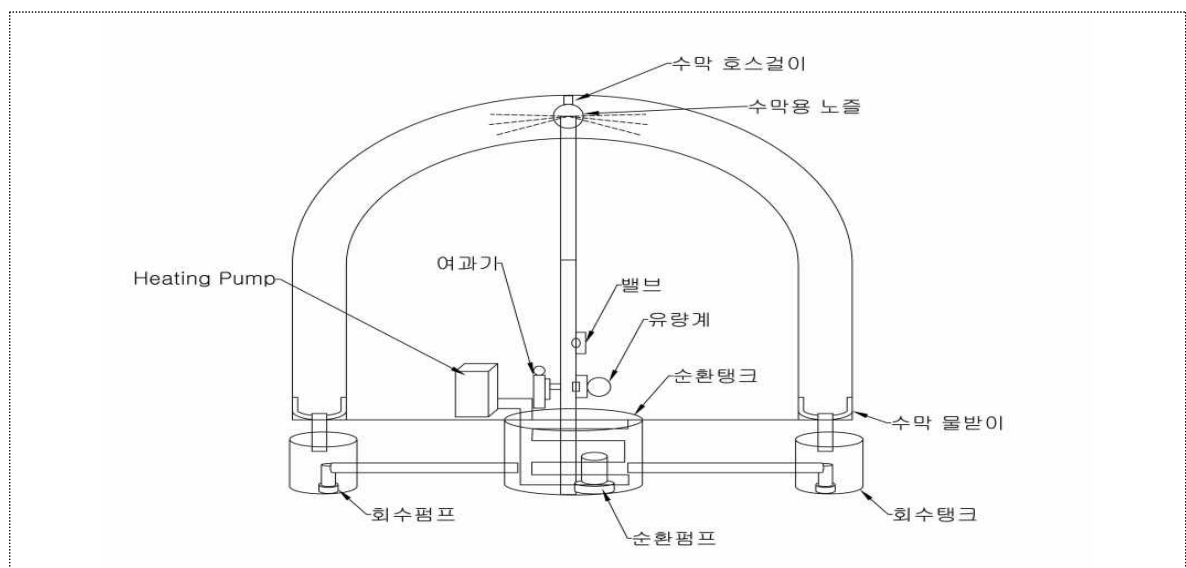


그림 3. 농수축산 시설 적용 사례(수막온실)

### ○ 전력계통 운영과 전기차 충전수요를 연계하는 스마트충전 기술

- 전력계통 운영 상황(전력수요, 신재생 발전량, 도·소매 전력시장 가격, 송배전망 운영상황, DR 발령 정보 등)을 고려하여 전기차 충전수요 조절
- 전기차 사용자의 요구사항, 차량의 충전상태, 평소 충전 패턴, 시장가격, 충전비용, 계통 영향, DR정보 분석을 통한 자동차별 최적 충전 스케줄링 기술

- 실시간 충전수요 제어기술, 스마트 충전을 위한 충전기 제어 기술, 차량 위치 파악을 통한 충전기 활용 최적화 기술, 전기차 소유자 요구사항 파악 및 정보제공을 위한 정보처리 기술

- 하루전 시장 참여를 위한 전기차 최적 충전 스케줄링 기술
  - 전기차 소유자의 요구사항, 충전자원 활용 최대화, 전력계통운영 예측 데이터(전력수요, 신재생 발전량)을 고려한 비용(충전요금-DR정산금) 최소화 충전 스케줄링 기술
- 실시간 충전수요 관리 및 충전기 원격제어 기술
  - 실시간 전력수요 정보 및 신재생 발전 정보, DR 낙찰량을 바탕으로 실시간 충전수요를 관리하기 위한 고객 관리, 충전자원 관리, 충전전류 원격 제어기술
- 스마트충전 서비스 사업을 위한 사업모델 개발 기술
  - 스마트충전 기술을 활용하여 고객을 모집하고 서비스하기 위한 UX, 빅데이터 관리, 모바일App 개발

## ○ 집단에너지 연계 전기보일러 구동 전력-열 변환 및 저장 기술

- 대규모 열저장 설비를 보유한 집단에너지 시설(배관, CHP등)을 활용하여 재생에너지의 수용성과 변동성 문제 해결 기술

## 2. 산업·기술 동향

### □ 산업 동향

- 재생에너지 출력제한 문제를 완벽하게 해결할 수 있는 하나의 솔루션은 없지만 이를 해소하기 위한 다양한 방법들을 제시
- 재생에너지 출력제한 해소 전략으로는 크게 에너지 저장, 에너지 전환, 에너지 관리, 에너지 제어, 에너지 전송, 에너지 시장 6가지로 구분할 수 있음(그림4)



그림 4. 신재생에너지 발전출력제약 최소화 전략

- 유럽 국가에서는 재생에너지 출력제한을 해결하기 위해 P2H를 대규모 공급하기 시작
  - 스웨덴의 Vattenfall은 2018년11월 풍력발전 출력이 과도할 때에 함부르크의 전기 보일러(45MW급)를 가동
  - 2019년9월에는 120MW의 P2H 시설을 베를린에 있는 Reuter West power plat의 지역난방 그리드에 연결
  - 스코틀랜드 정부가 자금을 지원하는 Heat Smart Orkney 프로젝트의 일환으로 계획된 풍력 연계 P2H 프로젝트는 풍력터빈에서 생성된 초과전력을 끌어오는 에너지 효율적 난방장치를 가정에 제공(그림5)



그림 5. 독일 120MW P2H 플랜트



- 2014년 약 22.3GW의 풍력을 설치한 Inner Mongolia Autonomous 지역에서는 지역난방시스템에 열을 공급하기 위해 50MW급 용량의 전기보일러를 사용하는 프로젝트를 추진
- 스웨덴의 EctoGrid는 히트펌프와 냉동기를 사용하여 그리드에서 열에너지를 공급, 회수하는 열 네트워크 기술개발, 클라우드 기반 관리시스템을 적용하여 난방 시스템에 대한 에너지 수요를 78%까지 감소할 것으로 예측
- 일본은 온수, 급탕, 난방을 히트펌프를 통해 전기화(Electricfication)으로 출력제한 문제를 완화하고 있음
- 도쿄전력의 에코큐트 프로그램은 히트펌프를 기반으로 전기화(그림6)

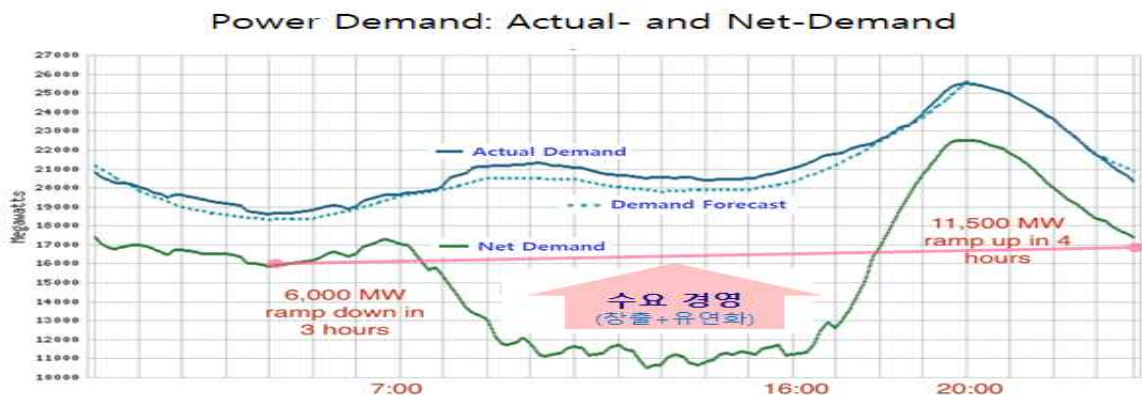


그림 6. 공기열원 히트펌프를 사용하는 전기화의 효과

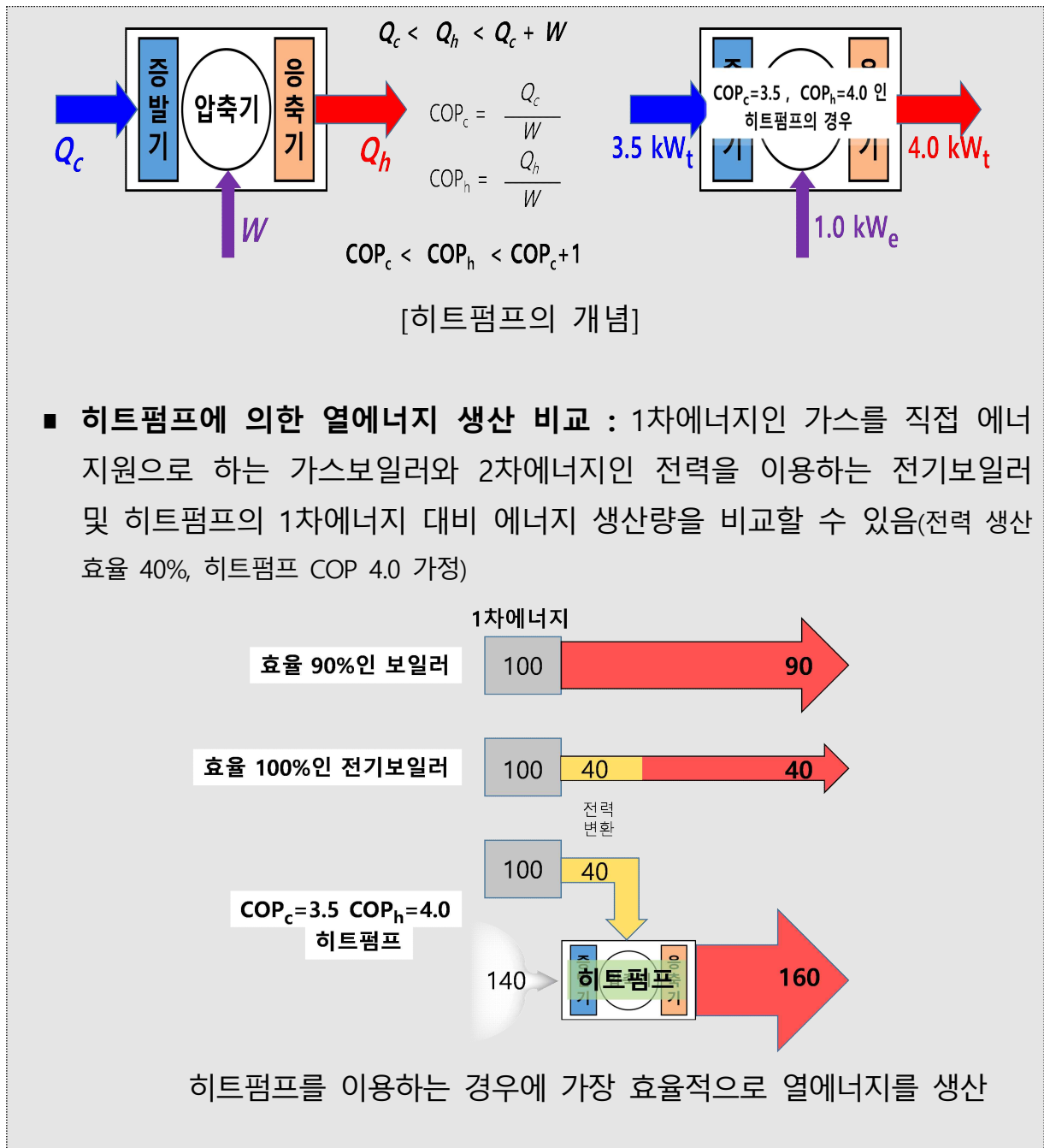
## □ 시장동향

- 히트펌프는 전력을 이용하여 냉·온열을 생산하는 에너지 설비로 1차 에너지 대비 열에너지 생산량이 가장 큰 효율적 기기임
- 국내 히트펌프 시장규모를 냉동공조 70개 기업으로 전체 매출액이 2019년 기준 약 5.7조원으로 전년 대비 3.5% 증가
- 지열원 히트펌프의 시장규모는 약 3,500억원(히트펌프 자체 시장은 약 1,500억원)임

- 2019년 재생 에너지원으로 편입된 수열원 히트펌프의 경우, 환경부 추진 목표는 2040년 시장규모 약 7조원에 이릅니다
- 히트펌프
  - 국내의 경우 가정 및 건물 냉난방용으로 소형 공기열, 지열 히트펌프 위주로 개발되어 사용되고 있음
  - 최근 수열원이 신재생에너지로 인정받으면서 대형 수열원 히트펌프의 이용이 활성화될 것으로 예상됨
  - 기존 롯데월드타워 외 강원도 수열에너지 융복합클러스터, 서울삼성병원, 광명시흥 테크노밸리, 영동대로 복합환승센터 등에 수열원 히트펌프 적용 예정
  - 현재 히트펌프 성능시험의 KS규정이 150RT 이하에만 적용되고 있으며, 대용량 히트펌프(500RT급 이상)를 수입에 의존하고 있는 실정임
- 전기보일러
  - 국내 제작업체 : 귀뚜라미 보일러, 동광보일러, 나노에너지텍
  - 해외 제작업체 : ELWA(독일), VAPEC(스위스), PARAT(노르웨이)
  - 국내에서는 최대 500kW까지, 해외의 경우 수십 MW규모로 제작

### 전력-열에너지 변환 설비(히트펌프)

- **압축식 히트펌프** : 저온의 열원에서 증발기를 통해 열을 흡수하여 고온의 열원으로 응축기를 통해 그 열을 전달하는 설비로써, 전력을 이용하여 냉방 및 난방 기능을 수행
  - 전력을 이용하여 두 열원 간 열에너지를 이동시키는 것이므로, 투입된 전력량에 비해 생산되는 냉열량 또는 온열량이 큼
  - 열원의 특성에 따라 히트펌프의 성능이 달라짐



○ 유럽의 경우 친환경 설계지침(Echodesign Directive)과 함께 정책적 요인으로 히트펌프가 확대보급 되고 있기 때문에, 북미와 일본보다 유럽의 성장세가 크게 나타남

- 2017년 기준 독일에는 5MW 이상의 P2H 플랜트 25기 운영 중

- 덴마크의 재생에너지는 주로 풍력발전이 차지하며, 잉여전력을 전기보일러로 열전환하여 집단에너지에 사용함으로써 전력시장의 유연성을 확보

- 노르웨이의 경우 전통적으로 수력자원이 풍부하여 1980년대부터 수력발전 전력을 전기보일러와 히트펌프로 열전환한 집단에너지 공급이 활성화 됨.
- 일본의 경우 전체 대수 규모가 증가하고 있으나 일정 부분은 일본은 공기-물 열펌프가 급탕 중심의 에코큐트로 보급되고 있어 연간 안정적으로 보급되고 있음(2019년 기준 약 50만대/연 규모)
- 중국의 히트펌프 시장은 매년 가파르게 상승중이며, 세부적으로는 보일러를 대체하는 급탕 중심의 시장이 최근 건조 및 공간 냉난방으로 변화하고 있음
- 축열 시스템은 태양열 및 지역난방 시스템에서 필수적으로 활용하고 있으며, 이 외 전력부하 평준화를 위하여 심야전력 이용 축열설비로서 보급되고 있음
- 태양에너지의 간헐성과 열에너지의 생산 및 수요 사이의 시간적 격차를 해소하기 위한 축열조는 태양열 시스템의 핵심 요소기기임
- 지역난방 시스템은 부하측 전력 수요에 맞추어 열병합 발전기로 전력과 열에너지를 생산하고, 생산된 열에너지는 대용량 축열조에 저장하였다가 배관망을 통해 공급
- 주간시간대 냉난방용 전력 부하에 의한 최대전력수요를 저감시키기 위하여, 심야시간대에 냉온열을 생산해서 저장하였다가 주간시간대 활용하는 심야전력 이용 축열설비는 한전의 지원하에 보급되고 있음
- 태양열 및 지역난방 시스템용 축열 시스템 시장은 극히 제한적이지만, 심야전력 이용 축열설비의 보급은 꾸준히 이루어지고 있음

- 2009년 초부터 보급되고 있는 축열설비는 경제 침체에 따른 건설 경기의 부진과 한전의 지원금 제도 축소에 의해 최근 다소 부진함
- 일본과 중국의 경우 우리나라와 유사하게 축열 시스템을 운영하고 있으며, 미국은 각 가정에 축열조와 연계된 소형 전기보일러를 설치하고 네트워크를 구축하여 활용하는 사례가 있음
- 미국 Mosaic Power사는 일정 지역에 위치한 다세대 서민주택에 13,000개의 온수기(축열용량 약 13 MWh) 네트워크를 구축하여, 출력 제한 시기 등 선별적으로 운용(그림7)

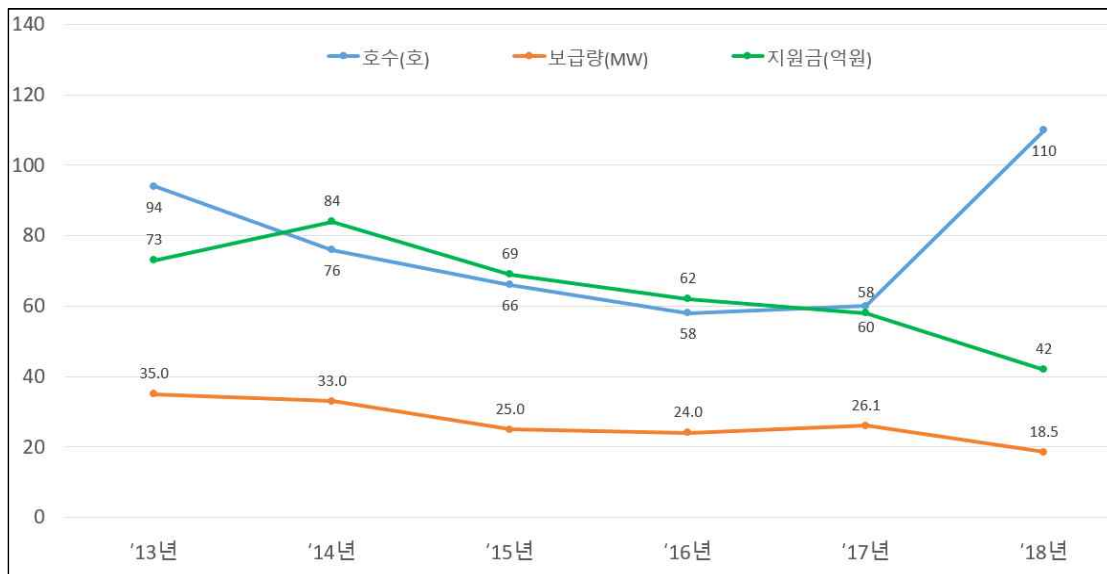


그림 7. 국내 심야전력 이용 축열설비 보급 현황(출처: 한국전력공사)

- 집단에너지 등과 연계하는 전기보일러는 플러스 수요반응자원으로 활용되고 있음
- 덴마크는 잉여전력에 대한 에너지저장 형태 중 약 95%를 열의 형태로 저장하고 있으며, 이 중 전기보일러를 활용하여 열을 저장하는 비율은 15~20% 수준으로, 전기보일러 용량을 2040년 2,000MW까지 확대할 전망이다(그림8)

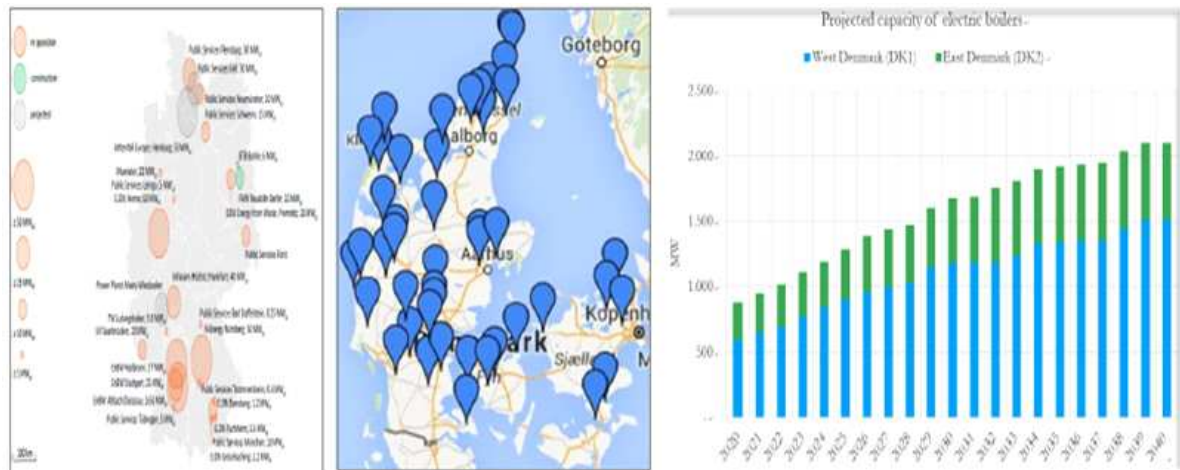


그림 8. 전기보일러 설치현황 및 향후 계획(독일, 덴마크)

- 독일(공학한림원)은 에너지 전환 4단계로 재생에너지 기술개발-섹터커플링 기술개발-수소경제의 실현-화력발전의 완전한 중단 제시
  - 신재생 전력수급 불안정성 해소를 위한 유연성 자원 확보 수단
  - 인프라와 저장 가능한 에너지를 이용해 발전, 난방, 수송 부문을 통합하여 연결하는 시스템
  - 유럽의 경우 전기(전기자동차), 수소(수소자동차), 열(냉난방) 등 다양한 형태로 에너지 전환 및 저장하는 기술 개발(그림9)

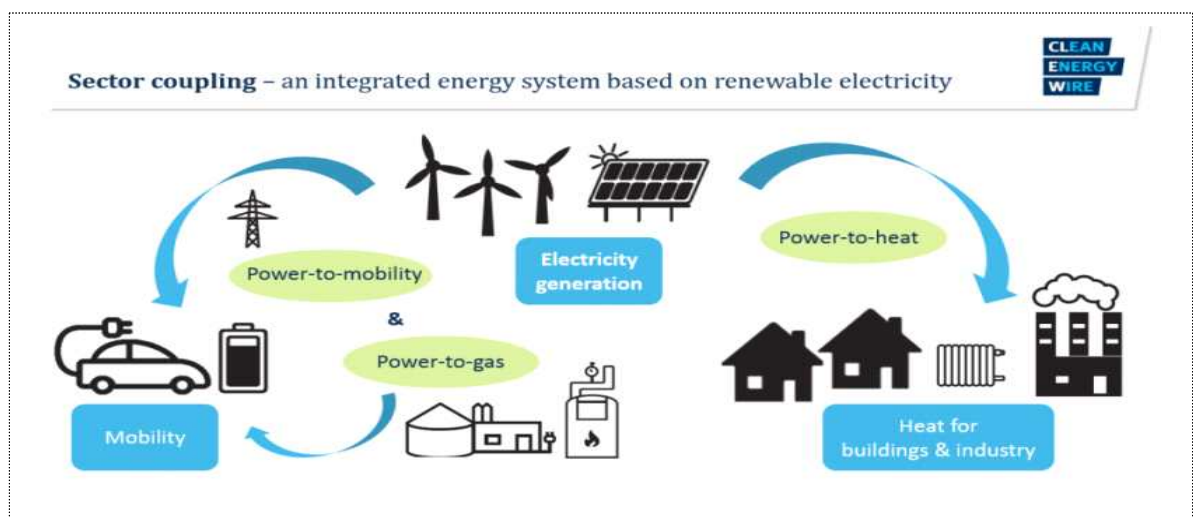


그림 9. 섹터커플링 도입 모델(독일)

## □ 기술 동향

### ○ 에너지 저장기술 동향

- 전통적으로 물의 현열저장, 양수발전(PSH) 등이 사용되어왔으며 근래 계간축열(PTES, UTES), 배터리를 이용한 전기저장이 부상
- 기술 성숙도와 설치 비용별 에너지 저장 방법(그림10)

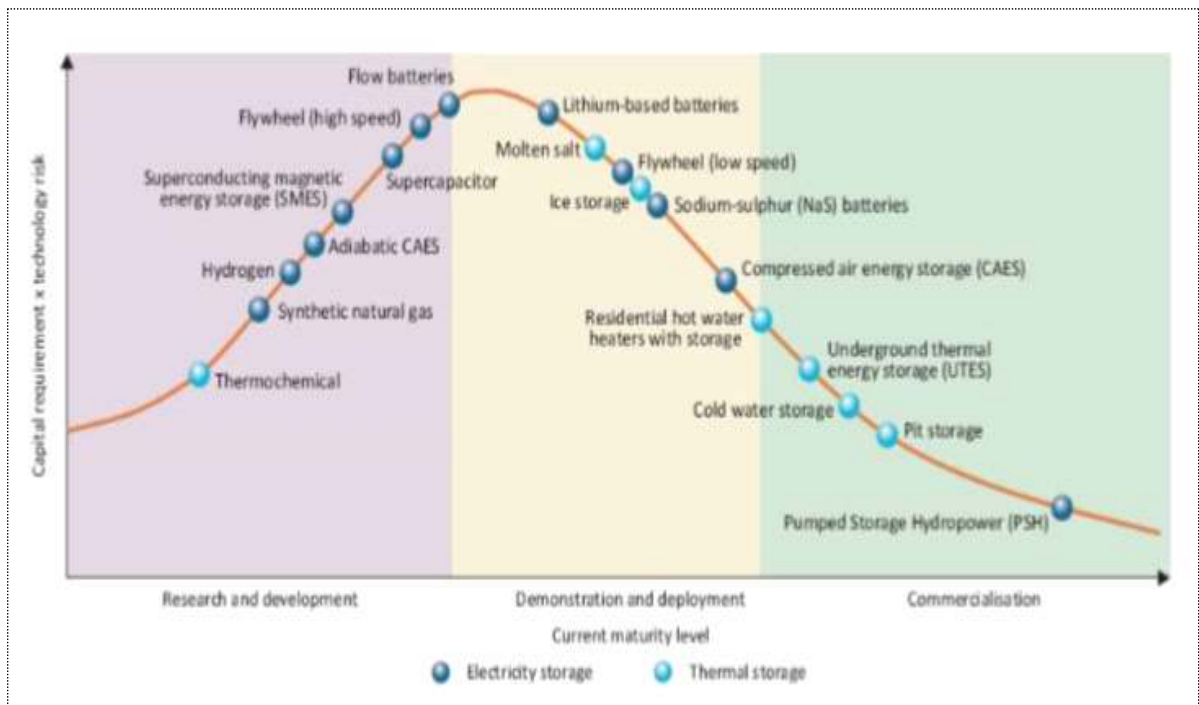


그림 10. 기술성숙도와 설치 비용대비 에너지저장 기술(IEA)

### ○ 히트펌프 기술동향

- 히트펌프는 단일 기기로도 온실가스 저감 잠재량이 높기 때문에, 최근에는 성능향상과 함께 온실가스인 불소계 냉매 규제 문제가 기술적 사안으로 크게 대두됨
- 기준 성능 이하의 히트펌프는 판매하지 못하도록 하는 규제가 국내 외에서 일반적이므로, 성능 향상에 대한 기술개발은 꾸준히 지속되고 있다고 할 수 있음

- 국내 기업들은 냉매쿼터 확보가 용이하지 않아 유럽시장 유지에 어려운 실정이며, 국내의 가스안전관리 규정이 매우 까다로워 유럽에서 허가된 냉매 이용 기술개발과 시장확보가 어려운 실정

#### ○ 친환경 냉매 기술동향

- 유럽에서 주도하는 F-gas regulation은 현재 시장에서 주류를 이루고 있는 불소계 냉매에 대한 쿼터제를 실시하는 방안으로 유럽에서 생산되는 불소계 냉매만을 쿼터로 인정하고 있음
- HFO와 같은 저GWP 냉매에 대해서도 제조공정에서 발생하는 온실가스에 대한 문제도 제기하고 있는 실정임
- 불소계 냉매의 대안으로 기존 냉매보다 가연성이 높은 대체냉매를 제안하고 있으나, 허용 여부는 상당한 시일이 소요될 것으로 예상됨
- 미국에서는 유럽과는 달리 불소계 냉매규제에 대해 미온적이며 대체냉매에 대한 안전성이 확보될 때까지 규제가 나오지 않을 것으로 예상되고 있음
- 일본의 다이킨은 F-gas regulation에 대비해 벨기에 냉매기업인 솔베이를 비싼 가격에 인수해 냉매수급에 적극적으로 대응하는 등 메이저기업으로서 공격적인 경영을 이어가고 있음
- VRF(Variable Refrigerant Flow, 일명 시스템 에어컨)가 중소형 건물의 냉난방 기기로 보급이 크게 증가하고 있으며, 관련 기술개발도 활발함
- 복수의 실내기를 포함하고 있으며 설치 및 운용이 간편하고 상대적으로 경제성을 확보하고 있어 보급이 크게 증가
- 개별제어에 따른 부분부하 운전 시 성능향상에 모력하고 있으나, 관



런 데이터가 없으며, 축열 시스템과의 연계가 곤란하여 주간시간대 전력부하 상승의 주요인임

#### ○ 축열 시스템

- 축열 시스템은 열에너지 저장 방법에 따라 현열, 잠열, 화학 축열 등으로 구분되나, 물을 저장매체로 하는 현열축열 방식인 수축열 시스템이 대부분임
- 고밀도 축열을 위한 잠열 및 화학 축열에 대한 기초연구 또는 실용화 연구가 수차례 진행되었으나, 물을 잠열재로 이용하는 빙축열 시스템과 냉동용 잠열재를 이용한 콜드 체인 외에는 활용되고 있지 못함
- 일반적인 수축열 시스템의 경우도 세밀한 디퓨저 설계 및 설치 등에 의해 10% 이상의 축열밀도 증가가 가능한 것으로 알려져 있어, 이 부분에 대한 고려가 필요함
- 잠열재를 이용하는 열택배 기술이 제안되고 있으나, 부가적인 비용 등을 고려할 때 경제성 측면에서 문제점이 제기되어 실용화되지는 못하고 있음
- 잠열 축열 시스템 관련 연구는 실용화 연구가 수차례 진행되었으나, 당초 기대에 못 미치는 축열밀도 증가와 취급상 문제 해결방안에 대한 신뢰성 결여가 항상 문제로 제기됨
- 실험실 수준에서는 우수한 성능을 발휘하지만 중대규모의 실용화 과정에서는 운용에 세심한 주의가 필요하여, 특수 분야 외 일반적인 축열 시스템으로의 활용은 곤란함
- 축열밀도가 가장 높고 열택배 등과 같은 수송의 편리성을 갖춘 것으로 기대되는 화학축열은, 아직 기본적인 화학반응계에 대한 기초연구가 필요한 수준임

- 축열 주기에 따라 단기, 중기, 장기 축열로 구분할 수 있는데, 일반적인 1일 단위 단기 축열과 계절간 열에너지 부하격차 해소를 위한 장기 축열인 계간축열 시스템(seasonal storage)이 크게 구분됨
- 탱크방식 계간축열 시스템에 대해서는 국내에서도 실증연구가 수행된 바 있으며(진천 친환경에너지타운), 지중축열 방식에 대해서는 몇 차례 시도가 있었으나 실증운전 결과는 발표되고 있지 않음
- 국외의 축열 시스템 기술동향도 국내와 유사하나, 장기 축열인 계간축열 시스템에 대해서는 특히 많은 실증운전 경험과 이에 따른 운용 기술을 확보하고 있음

#### ○ 폐배터리 스테이션 및 전기차 충·방전 DR 기술동향

- BMW社가 PG&E와 제휴하여 EV 스마트충전 관련 연구 수행
- 재생에너지 발전량을 최대한 활용할 수 있도록 전기차 충전수요 조절 및 이를 위한 인센티브 반응 실험
- 재생에너지 발전량 예측 및 충전수요 최적화, 충전기 활용 최적화, 고객 유인을 위한 비즈니스 모델 실증

\* BMW ChargeForward : 북부 캘리포니아 EV이용자 약 400명을 대상으로 22개월(2017.07.~2019.05.)시행

#### ○ 집단에너지연계 전기보일러구동 시스템 기술동향

- 미국, DOE, ARPA-E DAYS(Duration Addition to electricitY Storage) 프로젝트 진행
- NREL, 저비용 열에너지저장과 고효율 파워사이클을 이용한 경제적인 장기 전력저장(약 29억원)

- 전기히터 - Solid particle 1100℃ - Gas turbine 구성
- Brayton Energy, Laughlin-Brayton 전지(약 20억원)
  - Molten Salt 축열(565℃), n-hexane(C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) 냉축열(-100℃), 터빈/압축기 동시 사용 가능한 터보기기
  - 구글 malta X 프로젝트 개념과 동일, Laughlin 사이클
- Echogen, 저비용, 장기 CO<sub>2</sub> 가압 열저장(약 30억원)
  - CO<sub>2</sub> 히트펌프 - 초임계 CO<sub>2</sub> Rankine 사이클 발전
  - 축열로 저렴한 Sand 또는 Concrete 레저버 사용
- 축열저장 및 재생에너지 연계를 위해서는 대용량 전기보일러 기술개발이 요구됨

#### ○ 국내 동향

- 일간 시간대별 태양광 · 풍력 등 청정에너지의 과잉 생산에 따른 공급-수요간 불균형(덕커브) 현상 발생(그림11)

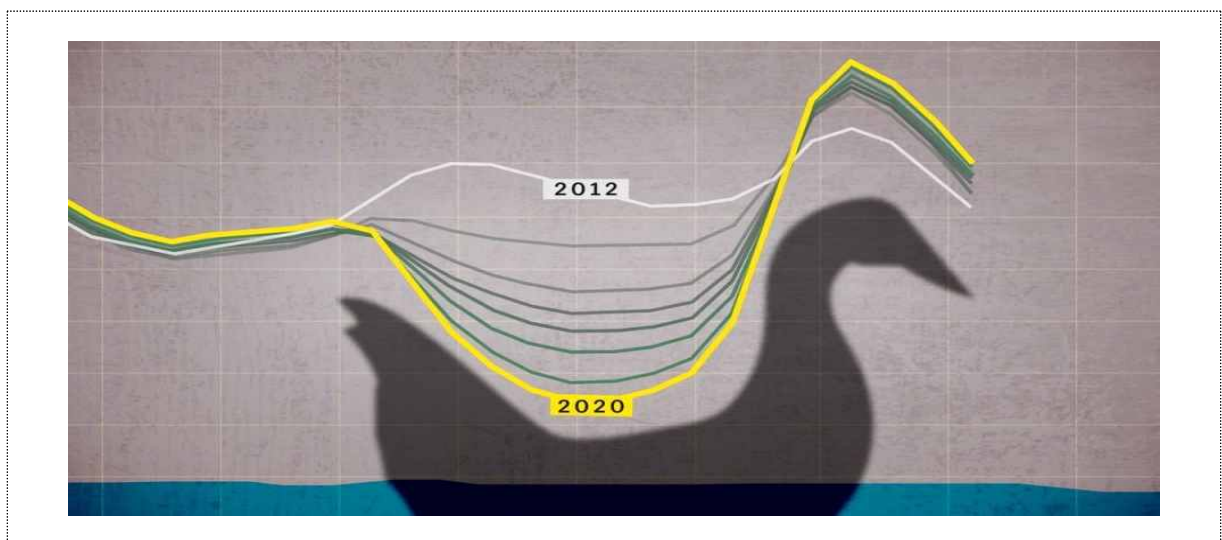


그림 11. 재생에너지 변동성을 나타내는 덕커브

- 덕커브 현상 발생 시 주간 기저전원의 최소부하 운전, 저녁시간대 피크 전력부하 응동을 위해 신규 발전설비 투입이 예상됨

- 재생에너지 발전량의 큰 변동성(아래 표)으로 인해 전력계통 주파수의 불안정 초래<표1>

<표1> 국가 열지도 구축 단계

발전원	최대 발전량 증가(MWh/h)	최대 발전량 감소(MWh/h)
태양광	830 (전국, 2020.01.29. 10시~11시)	737 (전국, 2020.04.02. 17시~18시)
풍력	123 (제주도)	105 (제주도)

#### □ P2H 방식 농수산물시설 열공급 시스템의 개발 필요성

- 2050 탄소 중립을 위해 주로 화석연료에 의존하고 있는 농수산물시설 냉난방의 에너지 전환 필요
- 발전비용이 제로에 가까운 재생에너지를 열로 변환, 저장하여 활용함으로써 운영비가 적은 경제적인 열공급 시스템 구축 가능
- 재생에너지 공급과잉량을 활용하는 대응성 수요관리(플러스 DR)로 출력제어 최소화 및 전력계통 안정화에 기여
- 기존 양수발전, 배터리 저장 방식 외 에너지 저장장치의 다양화
- 축열조를 대용량 에너지 저장장치(H-ESS)로 사용 가능
- 전기보일러의 속응성을 이용하여 재생에너지의 발전 출력제어 (Curtailement) 대응 가능
- 물의 현열저장은 다른 에너지 전환 방식 대비 안정성, 효율성, 경제성 우수
- 2019년 말 기준 약 13.3 GW인 국내 태양광 및 풍력 발전 설비의 용량을 2030년까지 64 GW로 증가시켜 재생에너지 발전 비중을 20%까지 높이려는 재생에너지 3020 정책이 시행

- 총 신재생에너지 발전 설비는 2019년 말 기준 19.7 GW이며, 태양광 및 풍력 외에 바이오와 수력이 비교적 큰 비중을 차지
  - 2020년 3사분기 기준 태양광 및 풍력 발전 설비 누적 용량은 16.7 GW로 증가(출처: 한국에너지공단)
  - 최근 그린뉴딜 정책은 이를 더욱 가속화하여 2025년까지 42.7 GW를 목표로 하고 있음
- 제5차 신재생에너지 기본계획(2020.12)에서는 2034년 최종에너지 중 폐기물을 제외한 신재생에너지 비중을 13.7%(발전량 비중은 25.8%로 82.2 GW)로 확대 추진(그림12)

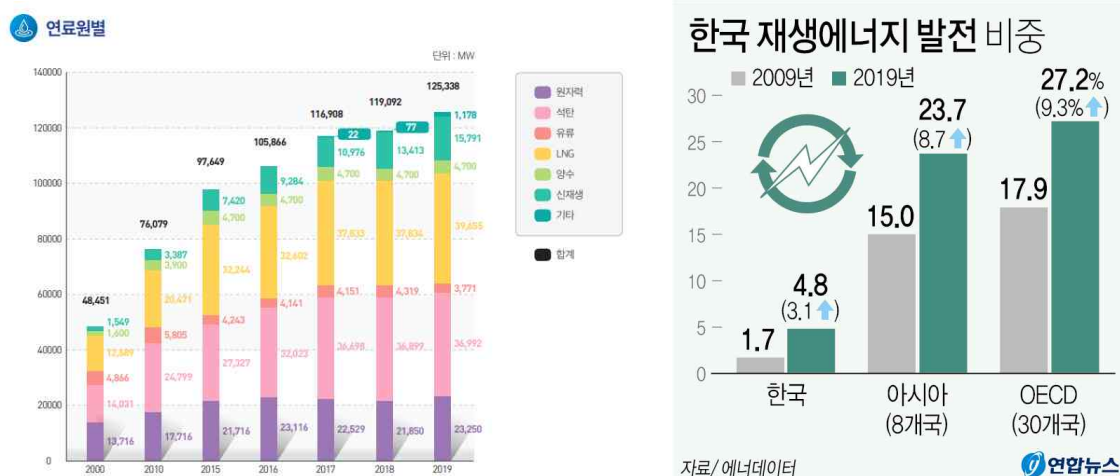


그림 12. 국내 연간 원료원별 발전 비중 / 재생에너지 발전 비중 비교

- 녹색사회 실현을 위한 2050 탄소중립 선언(2020.10)에서는 깨끗하게 생산된 전력의 확대가 기본방향에 포함되어 있으며, 안정적 재생 전력 공급에 대한 기술지원 강화를 전략목표로 하고 있음
- 제주특별자치도의 경우 2030년까지 도 내 전력사용량 100%를 신재생에너지로 전환시키는 Carbon Free Island(CFI) 2030 계획을 추진 중
- 이 중 육상풍력 및 해상풍력을 포함하는 풍력발전 설비 예상 용량은 2,346 MW로, 전체 신재생에너지 설비 용량의 57%에 해당

- 재생에너지 발전의 증가에 따라 유연하고 안정적인 전력계통 운영을 위한 출력제한이 이루어지고 있으며, 이를 완화하기 위해서는 감시제어 및 예측 기술 적용과 함께 에너지 저장 기술의 활용이 요구됨
- 재생 발전의 비중이 높은 제주도에서는 현존하는 문제이며, 이의 해결을 위한 방안이 시급히 요구되고 있음
- 제주도의 경우 2015년부터 풍력발전에 대한 출력제한이 발생하여 2020년에는 총 77회 약 19.4 GWh의 전력 손실(잉여 전력)이 발생하였고<표2>, 횟수와 잉여 전력이 기하급수적으로 증가할 것으로 전망되며 ‘20년에는 200회가 넘을 것으로 예측됨(그림13)

〈표2〉 제주지역 출력제한 횟수 및 제한량

연도	출력제한 횟수	출력제한량(MWh)	손실금액(백만원)
2015	3	152	27
2016	6	252	45
2017	16	1,301	234
2018	17	1,366	246
2019	46	9,223	1,660
2020	77	19,449	3,500

※ 손실금액은 SMP+REC = 180원/kWh로 가정하여 계산

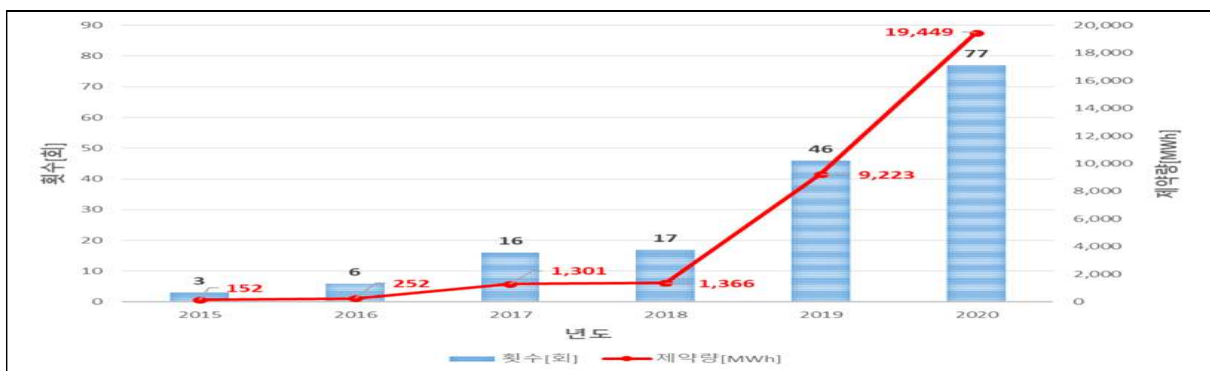


그림 13. 제주도의 연도별 풍력발전 출력제한 현황(출처: 전력거래소)

- 전술한 정부의 재생에너지 발전 확대 계획에 따라, 이러한 설비가 중대 규모로 설치되는 각 지역에서도 조만간 출력제한이 발생할 것이 확실함
- 출력제한에 따른 잉여 전력 손실을 해소하기 위한 에너지 저장 시스템 중 전력 저장은 한계가 있으므로, 이를 보완하기 위한 섹터 커플링 관점에서의 P2G 또는 P2H 기술 활용이 요구됨
- 재생에너지 발전 설비의 출력제한에 따라 손실되는 잉여 전력 활용을 위해, 가정 현실적인 대안으로 제시되고 있는 P2H의 적용을 위한 기술 개발 및 실증연구가 필요
  - 2차전지를 이용하는 전력 저장은 고가(高價)이며, 충방전 소요시간, 충방전 반복에 따른 효율저하, 안전성 결여 등으로 적용이 제한적
  - 섹터 커플링의 한 방안인 P2G의 경우, 핵심기술인 수전해 기술의 효율성/실용성 확보를 위한 기술개발이 더욱 요구되며, 가스 저장을 위한 에너지 손실 과다 문제로 역시 제한적 적용이 불가피
  - P2H의 경우 가장 현실적 에너지 저장 수단인 축열 시스템을 이용함으로써, 전력을 이용하여 냉난방을 수행하는 건물 또는 시설원예에 즉시 활용 가능

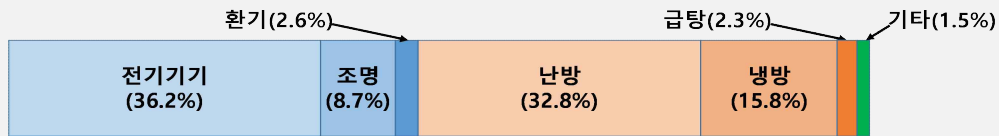
### **<건물에서 전력의 열에너지 변환 이용>**

- **(건물의 에너지원)** 주거용 건물에 공급되는 에너지원은 도시가스 53%, 전력 37%, 지역난방 10% 순이며, 비주거용 건물에는 전력 72%, 도시가스 25% 순으로 공급되지만, 공급된 전력의 상당 부분도 냉난방용 열에너지로 변환되어 이용

※출처 : 건물에너지 사용량 통계, 한국감정원, 2019

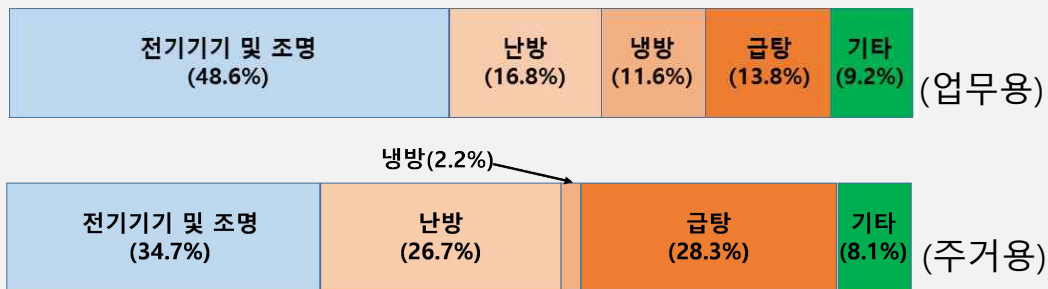
- **(건물에서의 에너지 이용 형태)** 국내 업무용 건물에서의 에너지 이용 형태는 열에너지로서의(난방/냉방/온수급탕) 이용이 50.9%, 전력으로서의 이용(전

### 자기기/조명/환기 등이 47.5%로 파악됨



※ 출처 : 계측을 통한 업무시설에서의 용도별 에너지사용량 원단위 도출 및 분석, 임수현, 이화여대 건축도시시스템공학과, 2018

- 우리나라와 에너지 사용 환경이 유사한 일본도 비슷한 에너지 이용형태가 보고됨



※ 출처 : 일본 에너지경제연구소 '에너지 · 경제 통계요람', 경제산업성 자원에너지청 '2012년도 에너지에 관한 연차보고'에서 발췌, 2013

- **(전력의 열에너지 변환 이용 비율)** 공급되는 에너지원 중 전력이 72%이지만 이용 형태에서는 약 50%가 전력이므로, 공급되는 전력의 30% 이상이 열에너지로 변환되어 이용된다고 추정됨

- 여름철 및 겨울철 최대 전력부하일의 전력수요 중 19.6%~33.6%가, 특히 피크시간의 경우 25.8%~37.7%가 냉난방용 전력수요로 분석

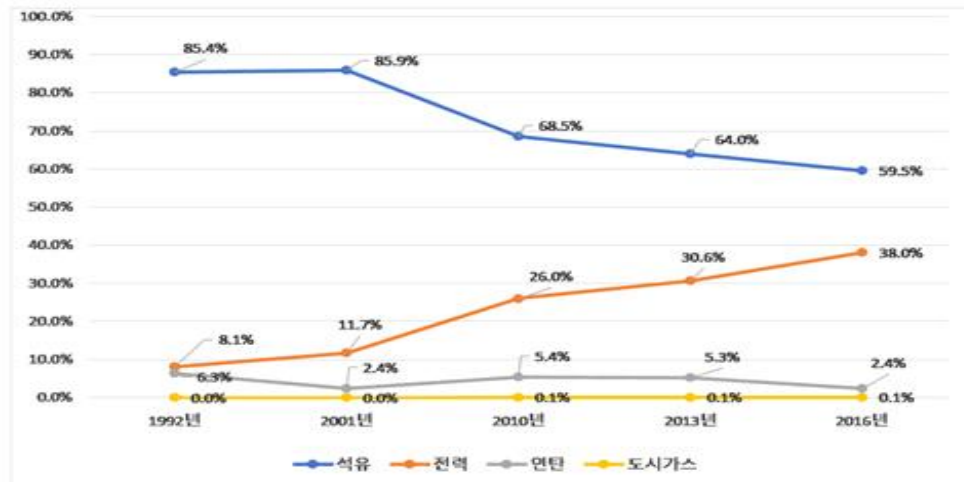
※ 출처 : 장지연, 전우영, '냉난방전력 수요자원의 경제적 가치 분석', 에너지경제연구, Vol. 19, No. 2, pp. 1~35, 2020.

### <원예시설에서의 에너지 이용>

- **(원예시설)** 고부가가치 농산물 생산을 위하여 스마트팜을 포함한 원예시설이 급격히 증가하고 있으며, 이에 따른 에너지 이용도 증가하고 있음
- **(원예시설의 에너지)** 기존 석유류 기반의 난방 전용에서 냉난방을 위한 전력 사용이 증가하고 있으며, 이러한 냉난방 비용의 증가는 경영을 악화시키는 주요인임



<그림 1> 농림어업 에너지원별 소비 비중



\*자료: 에너지경제연구원 한국에너지공약(2018)

### [시설원예에서의 활용하는 에너지원의 추이]

(단위: 천원/10a)

구분		경영비 (A)	난방비 (B)	B/A (%)
과수	시설감굴	16,640	10,619	64.6
	시설포도	5,025	1,887	37.6
채소	축성오이	15,224	5,043	33.1
	착색단고추	24,434	8,323	32.7
	축성토마토	15,684	4,444	28.3
화훼	국화	10,017	2,551	25.5
	장비	20,971	8,823	42.1

자료: 농촌홍청(2014)

### [시설원예에서의 공조비용]

- 전기차 충전은 피크수요 증가 및 배전망 혼잡에 영향이 큼
  - 스마트 충전에 비해 제어되지 않은 충전으로 피크수요는 6배 증가 (AER, 2018, 영국 EV 1,000만대 시나리오)
  - 충전 부하가 특정 지역에 집중되면 지역 배전망 과부하 유발
    - 독일 함부르크의 지역 배전계통 운영자는 EV 점유율이 9%인 경우 도시 배전망 피더의 15%에 병목 현상을 일으킬 것이라고 분석 (Pfarrherr, 2018)

○ 전기(전극) 보일러를 활용한 주파수 제어 필요

- 재생에너지 잉여전력을 열로 변환할 수 있는 대표적인 2가지 설비는 전기보일러와 히트펌프임
- 전기보일러는 전력 밸런싱 서비스 활용을 위해 계통 주파수 변화에 따라 부하추종 제어가 가능함
- 보일러 정격(0~100%) 구간에서 운전에서 초기 기동 냉간 5분 이내, 열간 20~100%까지 30초 이내 운전 가능
  - KPX 운영규칙: 주파수 제어 예비력 응답 5분 이내, 출력 30분 이내
- 전력계통 주파수 조정 신호를 받아 부하추종 운전 가능

○ 집단에너지 인프라(열수송관망 및 축열조) 활용 필요

- 집단에너지 사업자가 보유한 축열조와 열수송관망을 이용할 경우, 최대 축열량(2,500Gcal/h)로 2.9GWe 잉여 전력 10시간 수용 가능

○ 폐배터리 스테이션 및 전기차 충·방전 DR

- 전기차 충전은 피크수요 증가 및 배전망 혼잡에 영향이 큼
- 스마트 충전에 비해 제어되지 않은 충전으로 피크수요는 6배 증가 (AER, 2018, 영국 EV 1,000만대 시나리오)
- 충전 부하가 특정 지역에 집중되면 지역 배전망 과부하 유발
  - 독일 함부르크의 지역 배전계통 운영자는 EV 점유율이 9%인 경우 도시 배전망 피더의 15%에 병목 현상을 일으킬 것이라고 분석 (Pfarrherr, 2018).

## ○ 제주 현황

### - 열수요처 현황 : 2천TOE 이상 에너지 소비건물 현황

#### · 용도별 건물 현황

용도	계	공공	호텔	병원	학교	기타
개소	11	1	7	1	1	1

#### · 에너지원별 소비실적

업체수 (개수)	합계 (TOE)	연료(TOE)				전력 (MWh)
		소계	석탄류	석유류	가스류	
11	23,369	10,228	-	1,952	8,276	187,690

- 제주의 2천TOE 이상의 건물의 석유류와 가스류를 사용하는 에너지량은 10,228TOE이며 이를 전력으로 전환했을 때 필요한 연간 전력량은 36,643MWh임

※ 가정 조건 : 석유류 및 가스류 100% 전력으로 전환, 히트펌프 COP 3.0 적용

### - 시설하우스 현황

#### · 재배면적

계(ha)	시설채소	화훼	굴	기타 과수
5,499.2	185.0	151.0	4,601.0	512.2

#### · 시설 유형 및 가온방법별

종류	시설 유형별				가온 방법별		
	합계	비닐 하우스	경질판	유리 온실	계	무가온	가온
면적(ha)	242.6	221.4	12.8	8.4	216.4	132.4	84

- 제주의 시설하우스에서 가온을 하고 있는 시설은 84ha이며, 100% 등유로 활용한다는 가정하였고, 이를 전력으로 전환했을 때 필요한 연간 전력량은 14,525MWh임

※ 가정 조건 : 농가의 재배면적 3.3m<sup>2</sup>당 17.8리터 등유 사용(농가의 에너지 이용 실태, 한국농촌경제연구원, 2010), 히트펌프 COP 3.0 적용

- 제주의 에너지 다소비 건물과 시설하우스를 100% 전력으로 전환했을 때 51,168MWh이며 2020년 출력제한량 19,449MWh의 2.3배에 달하는 양임
- 제주의 출력제한이 더욱 증가할 것으로 보면 에너지 다소비 건물과 시설하우스를 모두 전력으로 전환할 수 있을 것으로 기대되며, 탄소 저감과 시장확대 가능

## □ 정책동향

### ○ 해외 정책 동향

- (독일) 재생에너지 난방법은 신축 건물 난방에 오일 버너 사용을 금지하고 모든 신축 건물의 난방을 위해 재생에너지에서 생성된 에너지를 사용해야함.
- Vattenfall은 2018.11월 부터 풍력발전 출력이 과도할 때 함부르크의 전기보일러(45MW급) 가동/ 2019.9월 부터 120MW의 P2H 시설을 베를린에 있는 Reuter West power plat의 지역난방 그리드에 연결
  - \* 시스템 유연성 수단 : 전기자동차(EV), 전기보일러, 히트펌프 및 수소 생산용 전해조
- (노르웨이) 2020년부터 난방분야에서 오일과 파라핀을 사용하는 것을 금지하는 법을 통과함
- (네덜란드) 주거용 건물에서 가스로부터 완전히 전환하기 시작하였으며, 화석에너지에 대한 부담금을 증가하고 새 건물에 대한 가스망에 연결할 권리를 삭제함(2018)
- (덴마크) 집단에너지 사업자가 열과 전력 공급 및 밸런싱 시장에 참여하여 전력생산가격 보다 낮을 시 P2H로 열을 생산함

- 에너지저장 시장의 95% 熱의 형태로 저장, 지역난방설비에 전기보일러를 활용 저장비율 15~20% 수준, 전기보일러 용량 2,000MW 확대 (2040년)
- (스코틀랜드) Heat Smart Orkney 프로젝트 일환으로 풍력 연계 P2H를 통해 난방 온수 가정 공급/ 2014년 Inner Mongolia Autonomous 지역 22.3GW 풍력시스템에 50MW급 전기보일러를 이용하여 지역난방 온수 공급 프로젝트 추진
- (스웨덴) EctoGrid는 히트펌프와 냉동기를 사용하여 전력그리드에서 열에너지를 생산, 공급하는 열 네트워크 기술개발 추진
- (일본) 재생에너지 출력제한을 히트펌프를 통해 가정에 온수, 급탕, 난방열을 공급하는 사업추진 \* 도쿄전력, 에코큐트(Eco Cute) 프로그램 등

## ○ 국내 동향

- 지열, 수열을 이용한 히트펌프 시스템 연구개발은 다수 수행
  - \* 히트펌프 자체는 성숙기술임. 단, 150RT 이상 중대형은 국내 제작실적 없음
- 재생e 잉여전력 활용한 히트펌프, 전기보일러 하이브리드 시스템 개발은 최초임
- 보일러, 냉동기 등과 복합형으로 히트펌프(수축열조 가동)유연운전 시스템 개발
- MW급 전기보일러 개발 및 열병합발전 연계 발전 유연성 향상 기술 개발
  - \* 인센티브(플러스DR), 열공급의무화(RHO) 시장 활성화 제도 필요

## ○ 관련 제도

- 재생에너지 3020 계획(2017년 12월)
- 제5차 신재생에너지 기본계획(2020년 12월)
  - 2034년까지 신재생에너지 발전비중을 25.8%로 확대
  - 재생에너지의 타에너지 활용(섹터커플링) 촉진
  - 플러스 DR 제도 도입 추진(제주도)
  - 재생에너지 활용 열공급 히트펌프 설치 의무화, 인센티브 지원

## ○ 히트펌프 정책동향

- 히트펌프는 고효율 열에너지 생산 설비로써 국내외에서 모두 보급 확산 정책을 유지하고 있음
- 일본과 유럽에서는 일반적인 히트펌프가 열원으로 이용하는 대기 (大氣)를 재생 에너지원으로 간주하고 있으나, 국내에서는 아직 인정하지 않고 있음
- 국내에서는 히트펌프의 열원으로 이용할 수 있는 지열 및 수열이 재생 에너지원으로 간주되어, 이를 이용한 히트펌프 보급이 신재생에너지 보급 정책과 연관되어 있음
- 지열원 히트펌프는 2000년경 도입된 이후, 정부의 공공기관 설치 의무화제도, 주택·건물·지역지원사업 등 정부 보급 지원제도에 힘입어 크게 성장하였음
- 서울시는 공공기관 신재생에너지 공급비율(2019년 18%)을 민간에도 적용하고 있어 재개발(재건축) 현장에서 지열원 히트펌프 보급이 확대될 전망이다

- 공공기관 재생에너지 적용 의무화와 신재생에너지 공급의무비율 증가 (2020년 30%)로, 수열원 이용에 적합한 대용량 히트펌프의 보급이 활성화될 것으로 기대되고 있음
- 탄소세 도입과 그 세율이 점차 증가하고 있는 유럽에서는, 신 순환경제 실행계획(New Circular Economy Action Plan, 2020.3)에 따라 히트펌프와 같은 고효율 에너지 설비의 보급이 장려되고 있음

#### ○ 축열시스템 정책동향

- 신재생에너지 보급 확대 정책에 의해 태양열 시스템 및 연료전지 시스템의 수요가 증가하면서 축열 시스템의 역할은 더욱 증가하는 추세임
- 연료전지의 경우 생산되는 배열을 이용해야만 제시하는 80% 이상의 고효율을 달성할 수 있으나, 현재 활용되는 축열조는 소형 저탕조 개념으로 축열 시스템과는 차이가 있음
- 연료전지에 활용되는 축열 시스템에 대한 기술개발이 필요하며, 이를 통해야만 효과적인 연료전지 이용이 가능할 것임
- 심야전력 이용 축열설비에 대한 한전의 지원금과 정부의 세제혜택 등 지원정책은 다소 후퇴되는 경향을 보이고 있음(지원금 감소)
- 지난 30여년간 축열 시스템에 대한 지원이 이루어졌으므로, 관련 업체는 이미 충분한 경쟁성을 갖추었어야 한다는 논리임
- 본 축열설비의 에너지 수요관리 효과가 지대하므로, 지원 분야를 산업부문으로 확대해야 한다는 관련 업체의 주장이 있음
- 일본과 중국이 국내와 유사한 지원정책을 갖고 있으며, 미국과 유럽의 경우 재생에너지 발전(VRE, Variable Renewable Energy)에 따른

잉여 전력 저장을 위한 섹터 커플링 관점에서 축열 시스템의 효율성을 주목하고 있음(그림14)

CITY OR AREA	STATE	UTILITY	REBATE
Los Angeles	CA	LA DWP	\$800/kW
Tampa	FL	TECO	\$275/kW
Much of central Florida	FL	Duke Energy FL	\$300/kW
Miami and much of eastern/southern Florida	FL	FPL	\$600/kW
Massachusetts (whole state)	MA	via MassCEC/MA DOER	rolling RFPs from ESI
Lincoln	NE	Lincoln Electric Service	\$500/kW
New York City and Westchester County	NY	ConEd	<\$1,700/kW thru auction process
Long Island	NY	PSEG-LI	\$1,000 per ton
East Texas	TX	Entergy TX	\$225/kW
El Paso	TX	El Paso Electric	\$240/kW
Dallas-Ft. Worth	TX	Oncor	\$337/kW
Austin	TX	Austin Energy	\$350/kW
Wisconsin (whole state)	WI	via Focus on Energy	\$100/KW

그림 14. 축열 관련 미국 지역별 보조금 규정 예시

#### ○ EV 스마트충전 정책동향

- 국제재생에너지기구(IRENA)는 전망 보고서(SMART CHARGING FOR ELECTRIC VEHICLES)를 통해 EV 스마트충전의 필요성을 역설
- 스마트충전 적용 시(V2G 포함) 시나리오에 따라 피크전력 4~27% 및 신재생 출력제어 2~10% 감소 전망(그림15)

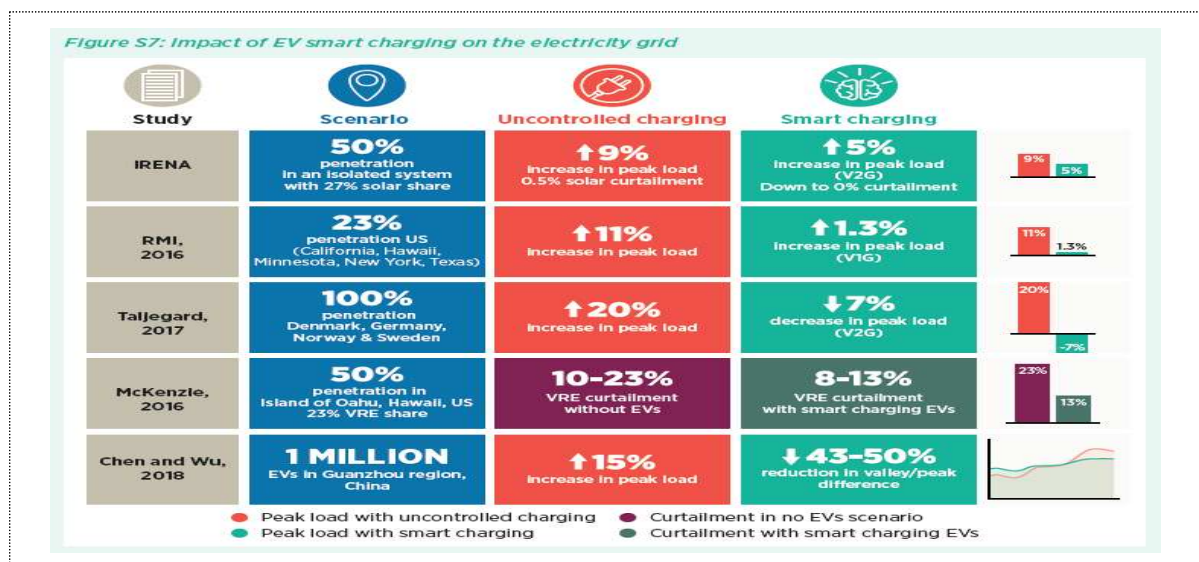


그림 15. 스마트충전의 피크전력 감소 효과



## ○ 출력제어 정책방향

### 【 신재생에너지 출력제어 정책방향 】

#### □ 기본방향

- ① 재생에너지 정책이행을 위해 출력제어는 일정 수준 이내 최소화 노력
- ② 일정 수준을 초과하는 출력제어 대상은 저장믹스·섹터커플링으로 활용
- ③ 소규모 재생에너지를 중앙급전 자원으로 유도, 출력제어시 기회비용 보상 검토
- ④ 출력제어 유형에 따른 보상방법 차별화로 경제적 신호 제공

#### □ 출력제어 방법론

구 분	중앙급전 자원	비중앙급전 자원
주 체	계통운영자(SO)	배전운영자(DSO)
대 상	중앙급전 자원으로 등록한 재생e	중앙급전 자원으로 등록하지 않은 재생e
사 유	송계통의 수급균형·안정성 확보	배전선로 혼잡 해소 배전망 상황에 따라 필요상황 발생
시행 절차	전력시장에 참여하여 입찰 ↓ 계통상황에 따라 계통운영자가 출력제어량 통보 ↓ 사업자의 출력제어 이행 또는 송배전사업자가 원격 제어	배전운영자가 출력제어량 통보 ↓ 사업자의 출력제어 이행 또는 배전운영자가 원격 제어
근 거	신뢰도 고시	
	전력시장운영규칙	송배전설비이용규정

#### □ 출력제어 보상 검토연구개발과제

구 분	연구개발과제내용	기대효과
망 제약	일정 수준을 초과하는 출력제어에 대한 보상 여부(無보상 범위 등)	신규 송배전망의 과잉투자 방지
신뢰도	시스템 안정성 제고를 위한 無보상 출력제어 범위(명확한 시행기준 등)	전력계통 운영의 예비력 비용 감소
수급유지	전력수급 균형 유지를 위한 출력 제어에 대한 보상 범위	과잉 발전시 사업자의 자발적 출력 제어 및 제어명령 수행 유인
법적근거	전기사업법·신재생법 개정 등	보상원칙 및 재원확보 근거 마련

#### < 출력제어 보상 관련 해외사례 >

- 독일, 이탈리아, 포르투갈, 벨기에 등은 일정규모 이상(50시간 이상 등)의 출력 제어시 사업자의 총 기회비용을 보상
- 덴마크, 아일랜드, 스페인 등은 출력제어시 사업자에 총 기회비용의 일정 부분을 보상

### 3. 특허 동향

#### □ 기술분류, 검색식, 조사 범위 및 조사 플랫폼

기술분류 구분	내용
재생전력 변환 및 저장 기술	재생에너지로 생성된 전력을 냉난방을 위한 온열/냉열로 변환시키고, 필요에 따라 전력/열 에너지를 저장하기 위한 기술
전력 수요 이전 기술	재생에너지의 과잉 발전으로 인해 전력의 공급량이 수요량을 초과하는 경우, 특정 고객의 전력 사용량을 증대시키거나 일부 전력을 비축하여 전력의 공급과 수요를 조절하기 위한 기술(Demand Response, DR)

#### <조사 대상 기술 분류>

- 본 연구개발과제의 목적 기술들을 종합 검토하여, 상기 표의 내용과 같은 조사 대상 기술 분류를 구축하였음

검색식 구분	내 용
재생전력 변환 및 저장 기술	AC:(재생*에너지* ((재생* renew* Recyc*) a/2 (에너지* energ*)) 풍력* 태양* 파력* 지열* 하수* ((wind* solar* wave* geotherm*) n/2 (generat* power*))) AND TAC:(전기* 전력* electric* power*) AND TAC:(변환* 전환* conver* transfo*) AND tac:(열 냉열* 온열* heat*) AND TAC:(냉방* 난방* 냉난방* (air* a/2 condit*) boiler*) AND AD:(>=20000101)
전력 수요 이전 기술	TAC:(재생*에너지* ((재생* renew* Recyc*) a/2 (에너지* energ*)) 풍력* 태양* 파력* 지열* 하수* ((wind* solar* wave* geotherm*) n/2 (generat* power*))) AND TAC:(전기* 전력* electric* power*) AND TAC:((demand a/2 respon*) 중개* 수요*) AND TAC:(저장* 비축* Storag*) AND AD:(>=20000101)

#### <각 기술 분류별 검색식>

- 각 기술분류별 주요 키워드들 도출하여, 각 기술분류별로 상기 표의 내용과 같은 조사 검색식을 도출하였음

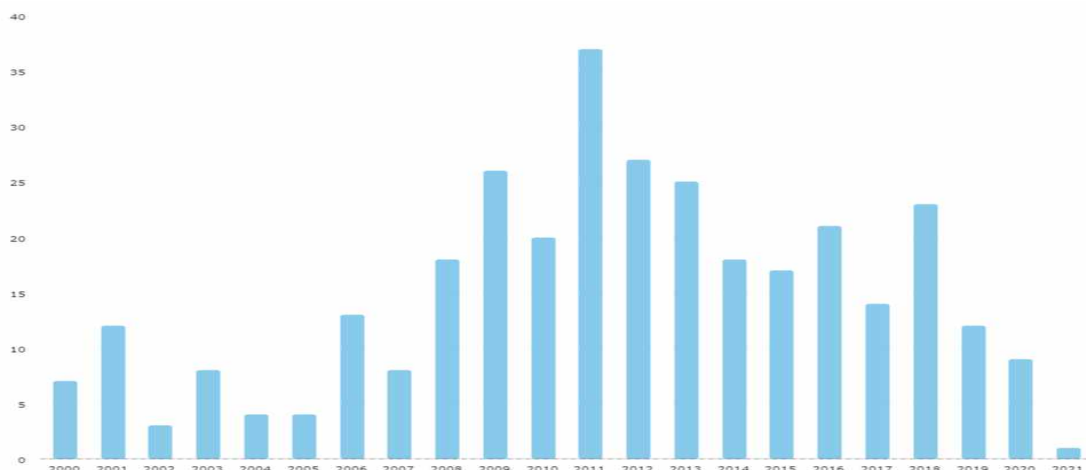
구분	내 용
조사 대상 기간 (출원일)	2000년 01월 01일부터 현재까지
조사 대상 문헌	공개/공고된 특허/실용 문헌
조사 대상 국가	한국, 일본, 미국, 유럽, 중국, PCT 출원
검색 플랫폼	키워드(www.keywert.com)

### 〈조사 범위 및 특허 검색 플랫폼〉

- 특허 조사 범위 및 본 특허 동향 조사에 활용된 검색 플랫폼은 상기 표의 내용과 같음
- 본 조사 기준일(2021.10.)로부터 최대 1년 6개월 이내에 출원된 특허의 경우, 각 국가의 입법례에 따라 미공개된 문헌이 다소 존재할 수 있음

### □ 국내 동향

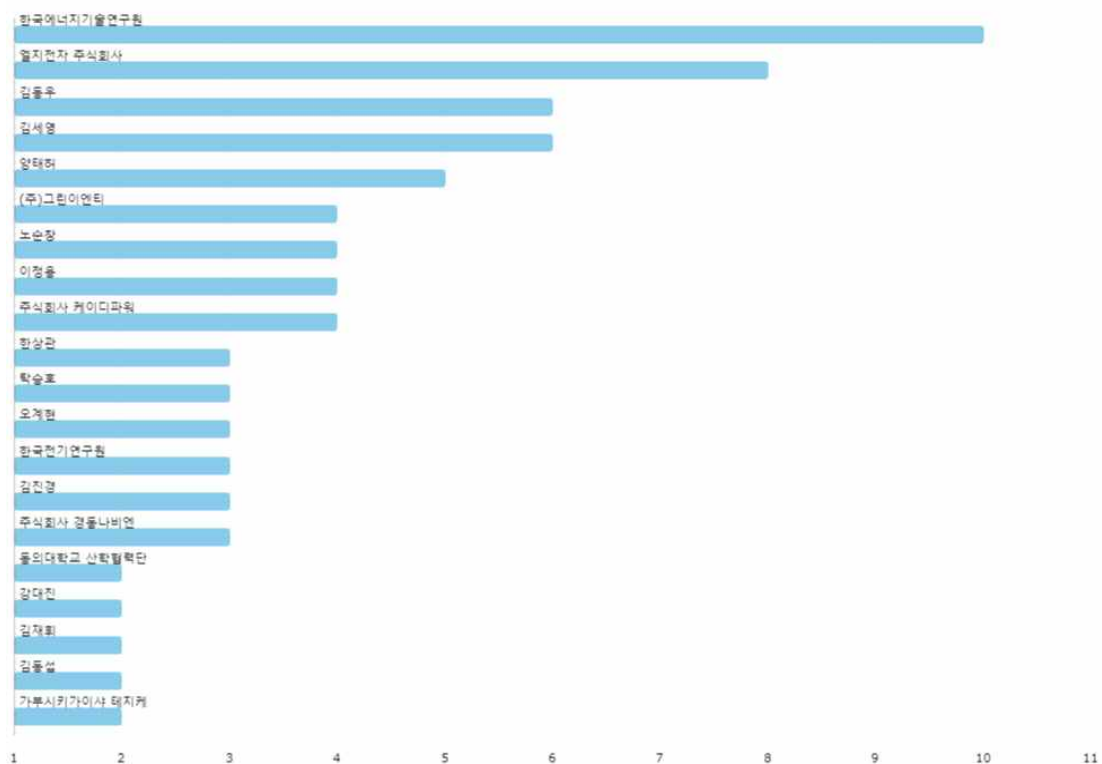
- 재생전력 변환 및 저장 기술 특허 동향
  - 연도별 출원 검색결과(한국 총 327 건)



〈재생전력 변환 및 저장 기술의 연도별 출원 동향 (한국)〉

- 한국의 최다건 출원년도는 2011년으로 확인됨 (37건)
- 2000년부터 2011년까지는 소폭적인 출원수 증감을 보이나, 전체적으로 그 출원 건수가 꾸준히 증가하는 것으로 파악됨
- 2011년 이후 현재까지 출원수 동향은 전체적으로 소폭 감소하는 것으로 파악됨
- 국제 유가 변동, 주요 산유국들의 증산/감산 협의, COVID19 팬데믹 등 다양한 요인들이 한국의 최근 출원 동향에 영향을 미친 것으로 추측될 수 있으며, 탈원전 정책 등 국가 정책적 영향을 감안하면 관련 수요가 증가할 수 있어, 이에 관한 지속적인 동향 모니터링이 필요할 수 있음

#### - 다출원인 동향(한국)



#### <재생전력 변환 및 저장 기술의 다출원인 동향 (한국)>

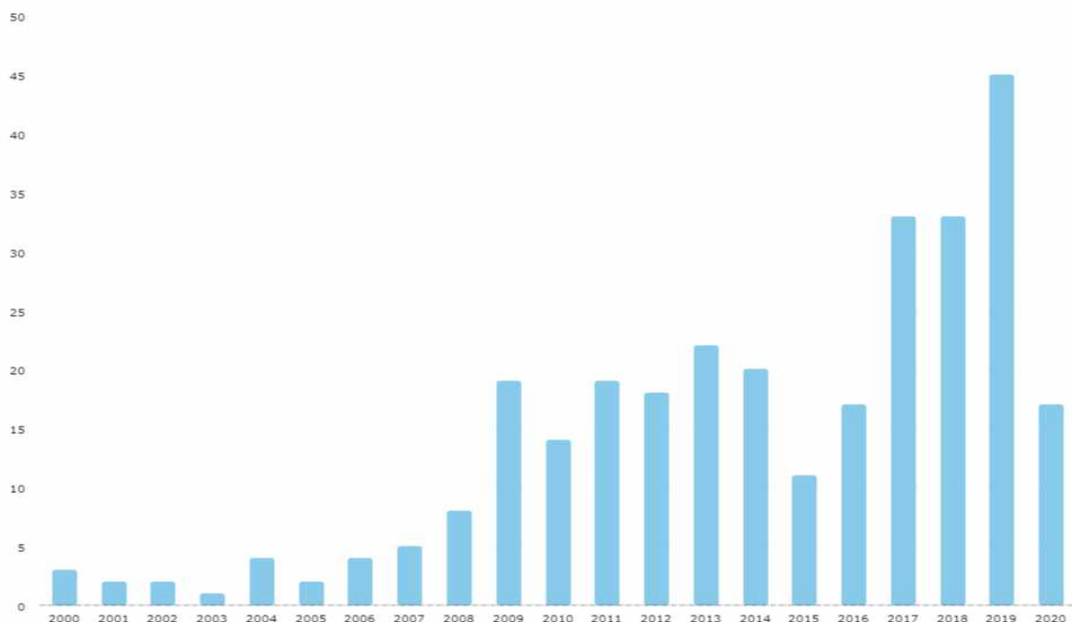
- 한국의 주요 출원인으로는, 한국 에너지 기술 연구원이 다출원 1위

(10건)인 것으로 확인되며, 뒤이어 엘지전자 주식회사(8건)가 다출원 2위를 나타내는 것으로 파악됨

- 대기업군 보다는 에너지/난방 관련 각종 공공기관/연구기관들의 출원이 주류를 이루는 것으로 파악되며, 관련 중소/중견 기업들의 약진이 두드러지는 것으로 파악됨
- 외국인의 출원 비중은 10% 미만으로, 비교적 낮은 것으로 파악됨

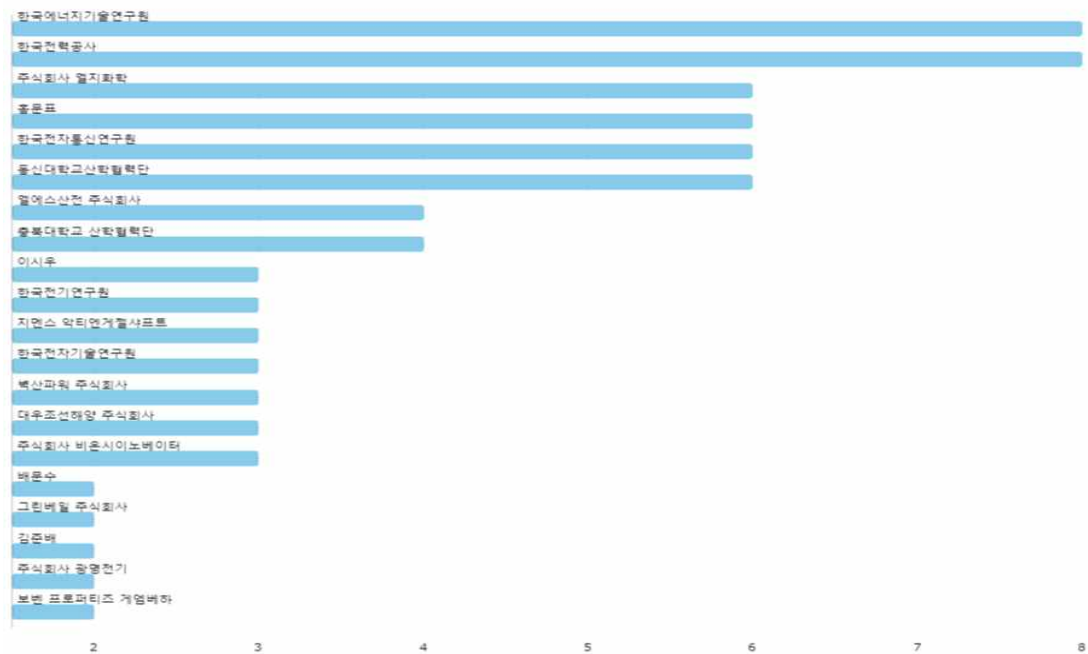
## (2) 전력 수요 이전 기술 특허 동향

- 연도별 출원 검색결과(한국 총 299 건)



<전력 수요 이전 기술의 연도별 출원 동향 (한국)>

- 한국의 최다건 출원 년도는 2019년으로 확인됨 (45건)
  - 2000년부터 현재까지 산업 발전에 따른 전력 공급/수요량의 증가에 대응하여 관련 출원 건수가 점진적으로 증가하고 있는 것으로 파악됨
- 다출원인 동향(한국)



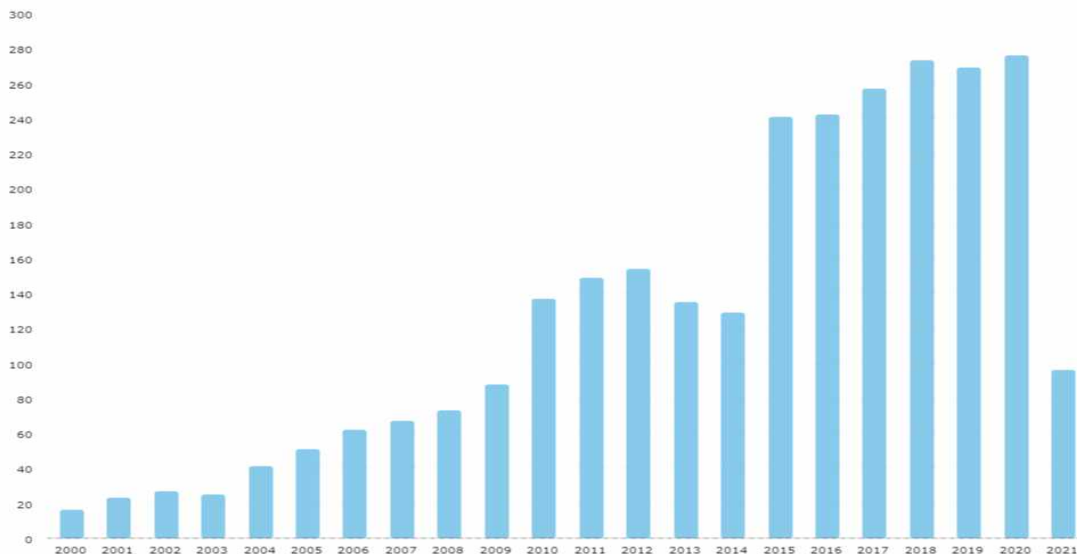
### 〈전력 수요 이전 기술의 다출원인 동향 (한국)〉

- 한국의 주요 출원인으로는, 한국 에너지 기술 연구원과 한국 전력공사가 공동 다출원 1위(각 8건)인 것으로 확인되며, 뒤이어 엘지전자 주식회사(6건)가 다출원 2위를 나타내는 것으로 파악됨
- 재생전력 변환 및 저장 기술과 마찬가지로, 대기업군 보다는 에너지 난방 관련 각종 공공기관, 연구기관들의 출원이 주류를 이루는 것으로 파악되며, 관련 중소 중견 기업들의 약진이 두드러지는 것으로 파악됨
- 다만, 외국인의 출원 비중은 14%를 차지하여, 재생전력 변환 및 저장 기술보다 5% 이상 높은 것으로 파악됨

## □ 해외 동향

### ○ 재생전력 변환 및 저장 기술 특허 동향

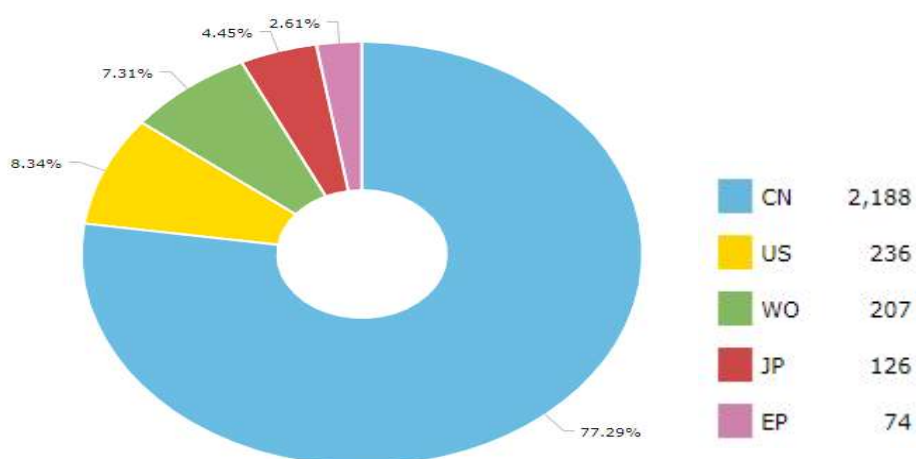
- 연도별 출원 검색결과(글로벌 총 2,831 건)



<재생전력 변환 및 저장 기술의 연도별 출원 동향 (글로벌)>

- 글로벌 최다건 출원 년도는 직전 년도인 2020년으로 확인되며(276건), 미공개 상태의 문헌들을 감안한다면 다른 년도 대비 두드러지는 출원수를 나타내는 것으로 파악됨
- 2000년부터 2014년까지는 소폭적인 출원수의 증가를 보이거나, 이후 현재까지 대폭적인 출원율의 증가가 확인되며, 이는 후발주자인 중국에 의한 출원이 주요한 요인인 것으로 추측됨

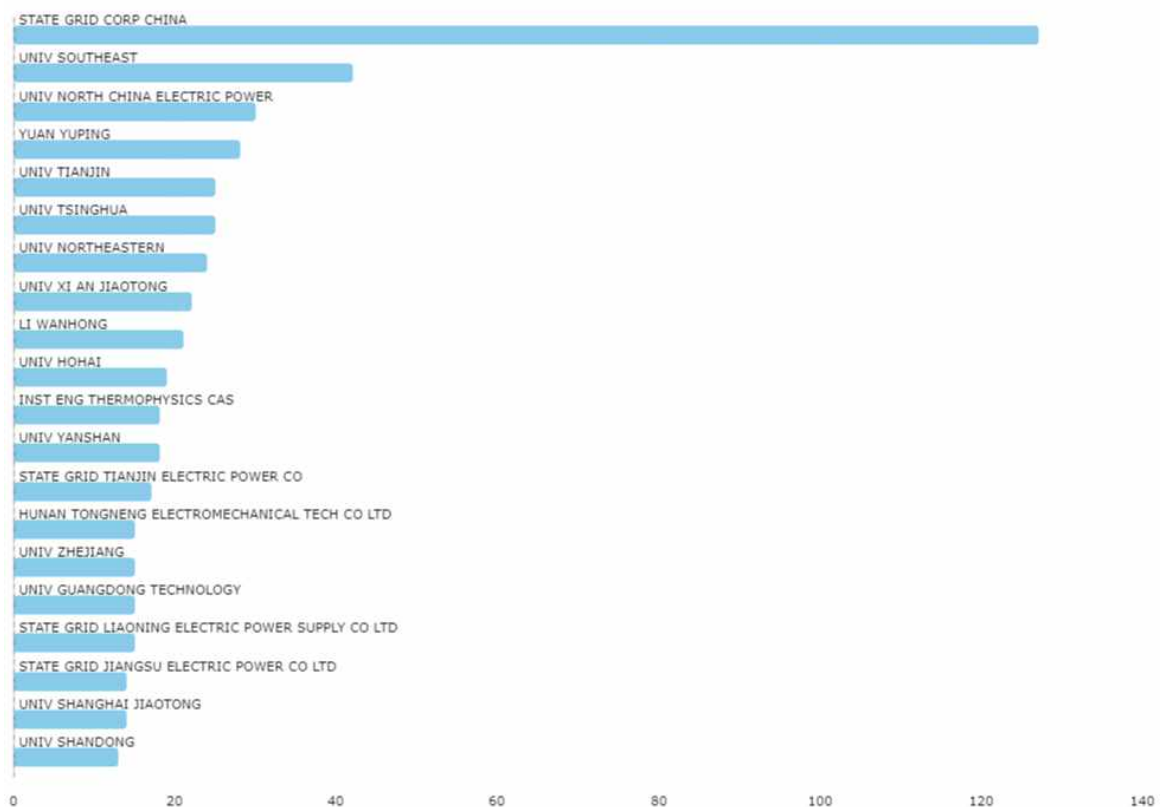
#### - 해외 주요국별 출원 비중



<재생전력 변환 및 저장 기술의 해외 주요국별 출원 비중>

- 글로벌 출원 건수는 중국이 2,188건(77.29%)으로 가장 많은 출원 비중을 나타내고, 뒤이어 미국(US) 236건(8.34%), PCT 출원(WO) 207건(7.31%), 일본(JP) 126건(4.45%), 유럽(EP) 74건(2.61%)의 순으로 다출원 동향을 보이는 것으로 파악됨
- 이와 같은 출원 비중 분석을 통해, 중국이 재생전력 변환 관련 특허 동향을 주도하는 것으로 파악되며, 2010년도 중반 이후 관련 글로벌 출원 건수의 대폭 상승에 주요한 요인을 차지하는 것으로 사료됨

#### - 다출원인 동향(글로벌)



#### <재생전력 변환 및 저장 기술의 다출원인 동향 (글로벌)>

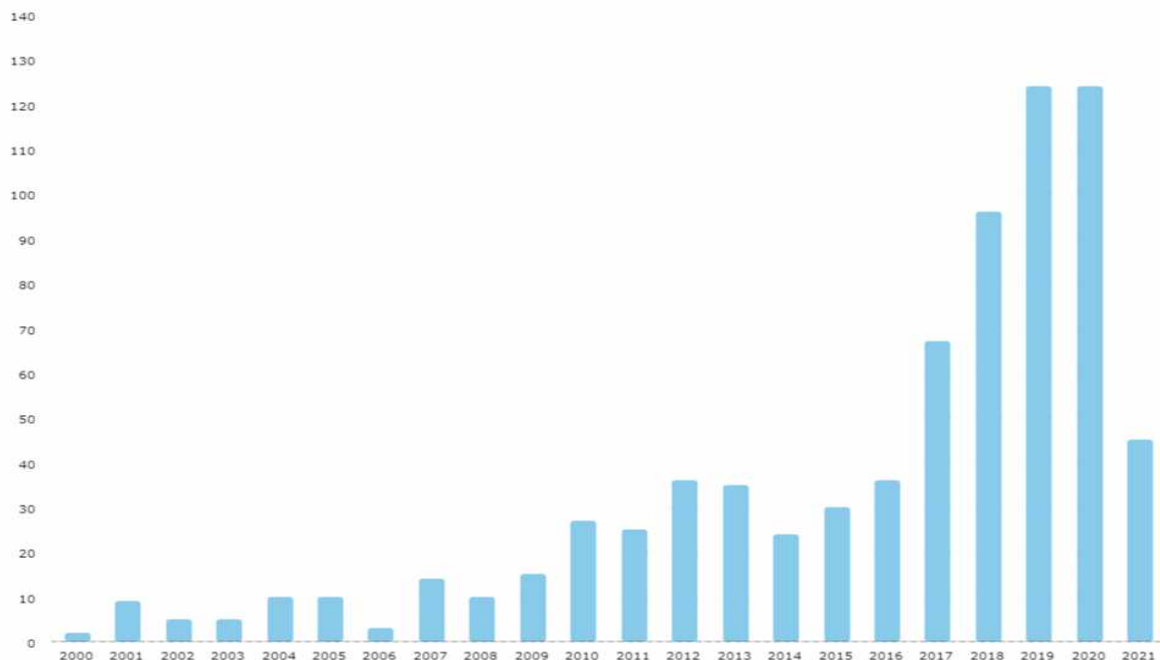
- 글로벌 시장의 주요 출원인으로는, STATE GRID CORP CHINA(중국)가 다출원 1위(127건)인 것으로 확인되며, 뒤이어 UNIV SOUTHEAST(중국)가 다출원 2위(42건)를 나타내는 것으로 파악됨



- 전체적으로 중국인 국적에 의한 출원이 주류를 조성하는 것으로 파악되며, 이러한 다출원인 분석을 통해 후발주자인 중국이 해당 출원 동향을 주도하고 있다는 점이 재차 확인되었음
- 그리고, 한국과 마찬가지로 글로벌 출원인들 또한 대기업군 보다는 에너지/난방 관련 각종 공공기관/연구기관들이 주류를 이루는 것으로 파악되며, 중국계 중소/중견 기업들의 출원 비중이 점차 증가하는 것으로 파악됨

## ○ 전력 수요 이전 기술 특허 동향

- 연도별 출원 검색결과(글로벌 총 752 건)



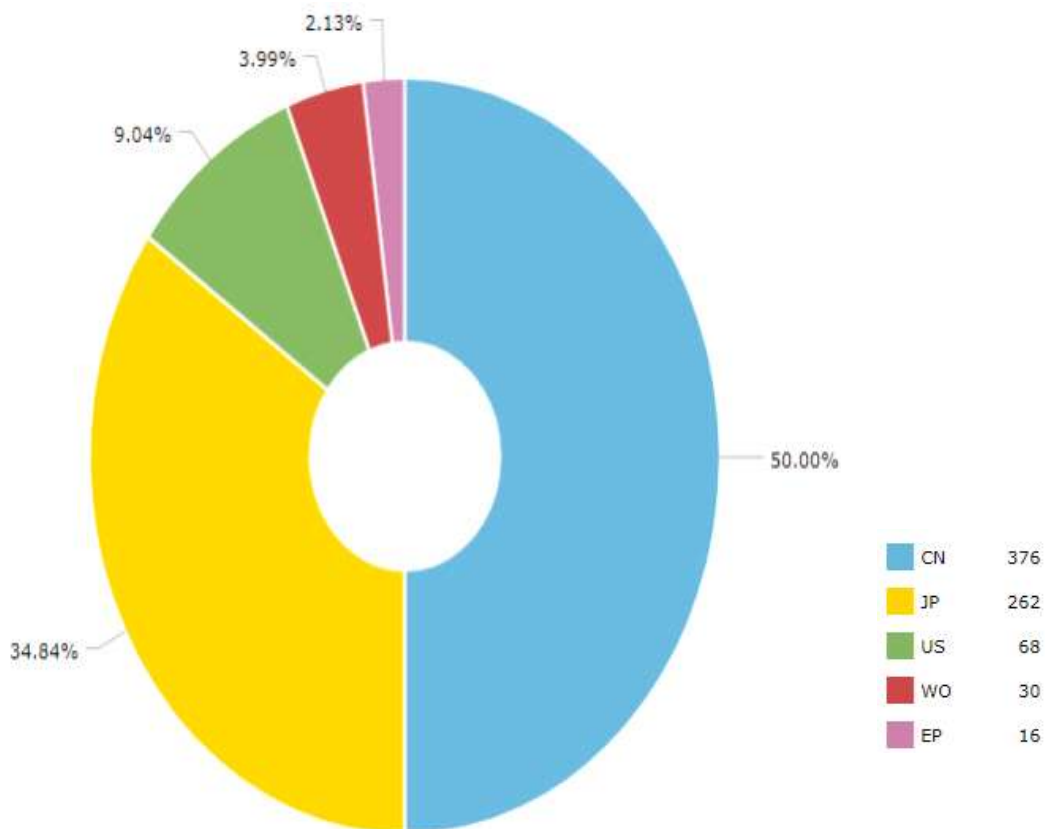
〈전력 수요 이전 기술의 연도별 출원 동향 (글로벌)〉

- 글로벌 최다건 출원 년도는 2019년과 2020년으로 확인되며(각 2124 건), 미공개 상태의 문헌들을 감안한다면 2020년의 출원수가 2019년에 비해 다소 높을 것으로 추측됨

- 2000년부터 2016년까지는 소폭적인 출원수의 증가를 보이나, 이후 현재까지 대폭적인 출원율의 증가가 확인되며, 이는 후발주자인 중국/중국인에 의한 출원이 주요한 요인인 것으로 추측됨

#### - 해외 주요국별 출원 비중

- 글로벌 출원 건수는 중국이 376건(50%)으로 가장 많은 출원 비중을 나타내고, 뒤이어 일본(JP) 262건(34.84%), 미국(US) 68건(9.04%), PCT 출원(WO) 30건(3.99%), 유럽(EP) 16건(2.13%)의 순으로 다출원 동향을 보이는 것으로 파악됨



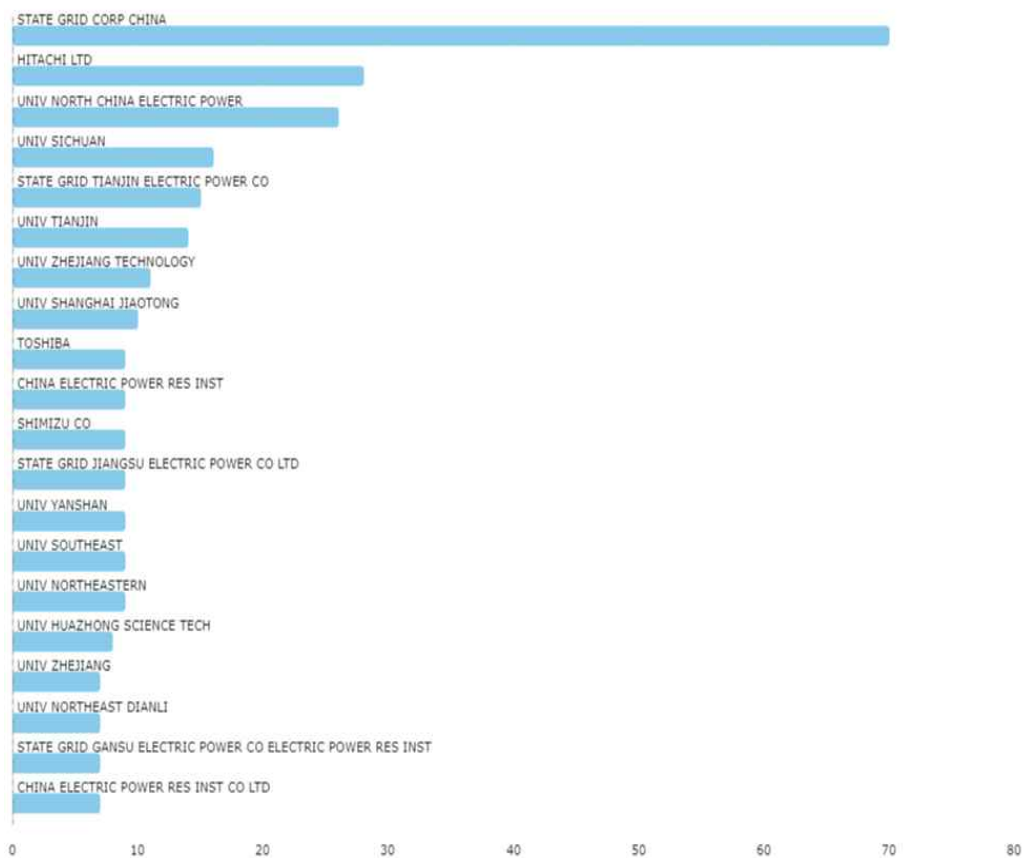
#### <전력 수요 이전 기술의 해외 주요국별 출원 비중>

- 이와 같은 출원 비중 분석을 통해, 중국이 재생전력 변환 관련 특허 동향을 주도하는 것으로 파악되며, 2010년도 중반 이후 관련 글로벌 출원 건수의 대폭 상승에 주요한 요인을 차지하는 것으로 사료됨

- 재생전력 변환 및 저장 기술 대비, 전력 수요 이전 기술에서의 중국 출원 점유율은 27%가량 낮으나, 일본의 출원 비중이 25%가량 높은 것으로 파악됨

#### - 다출원인 동향(글로벌)

- 글로벌 시장의 주요 출원인으로는, STATE GRID CORP CHINA(중국)가 다출원 1위(70건)인 것으로 확인되며, 뒤이어 HITACHI(일본)가 다출원 2위(28건)를 나타내는 것으로 파악됨
- 전체적으로 중국인 국적에 의한 출원이 주류를 구성하나, 일본인에 의한 출원 비중 또한 상당 비율(26%)을 차지하는 것으로 파악됨



#### <전력 수요 이전 기술의 다출원인 동향 (글로벌)>

- 중국의 경우, 에너지/난방 관련 각종 공공기관/연구기관 등에 의한 출원이 다수를 차지하는 것으로 파악되나, 일본의 경우 HITACHI,

TOSHIBA, SHIMIZU 등 그룹형 대기업/중견기업들의 출원 비중이 높은 것으로 파악됨

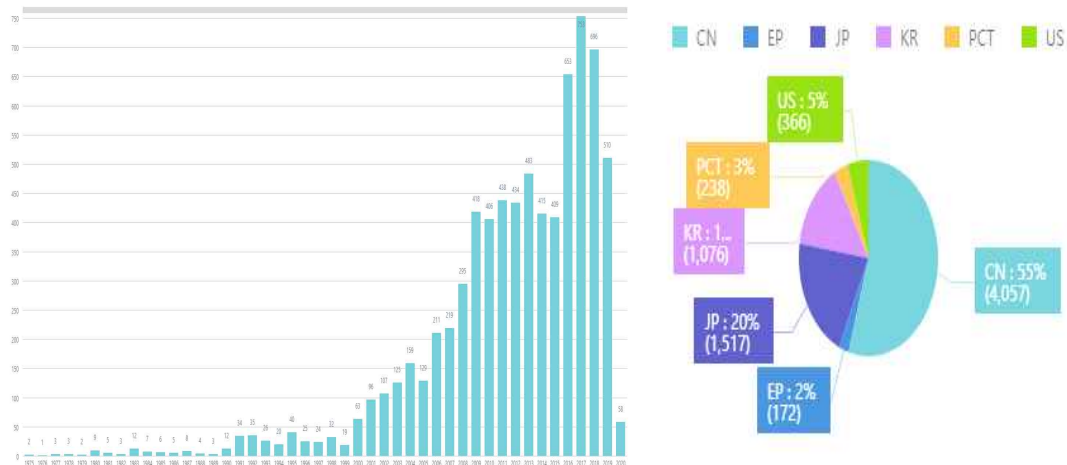
## □ 특허동향

### ○ 히트펌프

- 보유특허 수 TOP 5 국가 : 한국, 일본, 캐나다, 미국, 독일
- 우리나라는 보유특허 수는 많으나 원천 요소기술 부족으로 국제 경쟁력 기반이 다소 취약함
- 히트펌프 관련 특허는 매우 방대하여 개략적인 특허동향을 파악하는 것이 곤란할 정도이므로, 재생 열원을 이용하는 지열원 및 수열원 히트펌프에 대한 특허동향을 살펴보았음
- 청구항 및 서지사항은(지하수 수열 해수 하천 강물 지열 하수 Groundwater Hydrothermal Seawater River Geothermal Sewage) and (히트 adj 펌프) 히트펌프 (heat adj pump) 열펌프)임

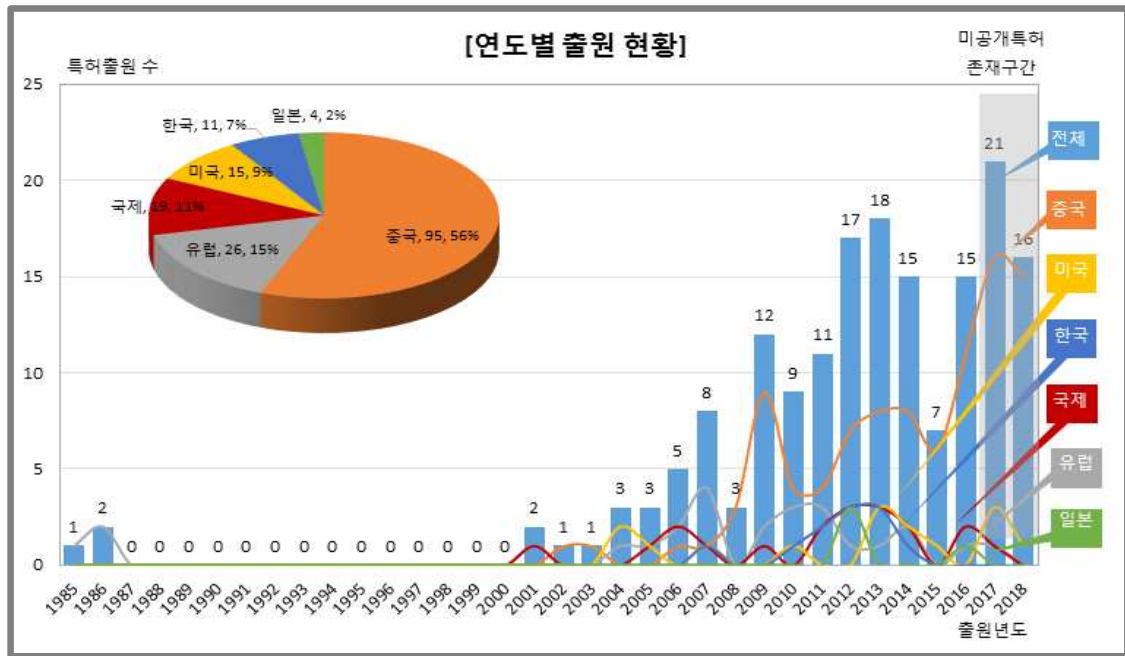
### ○ 국내를 포함한 주요 6개국의 1976년~2019년까지 특허출원 수는 총 7,426건으로 조사됨

- 중국 4,057건, 유럽 172건, PCT 238건, 미국 366건, 한국 1,076건, 일본 1,350건, PAJ 167건 등
- 1990년 이전에는 전체적인 특허활동이 미미하였으나, 1990년대 중반 이후로 특허출원 건수가 점점 증가하며, 2000년대 들어 전체적인 건수가 급속하게 증가함



[연도별 히트펌프 시스템 관련 특허출원 건수 및 국가별 분포]

- 주요출원인으로는, 파나소닉이 122건으로 가장 특허활동을 활발히 하고 있고, 다음으로 다이킨 인더스트리즈, 미쓰비시 등이 그 뒤를 잇고 있음
- 주요 출원인 중 상당수가 일본, 중국의 기업 및 대학으로, 일본 및 중국이 히트펌프 관련 기술을 선도하고 있음을 예상할 수 있음
- IP 경쟁력(시장지배력-기술영향력)을 살펴보면, 덴소가 기술영향력 지수 10.26으로 가장 높음을 알 수 있고, 산요일렉트릭이 시장지배력이 3.48로 가장 높음
- 축열 시스템에 대한 특허도 매우 방대하므로, 신재생에너지와 연계된 축열 시스템 관련 특허동향을 살펴보았음
- 청구항 및 서지사항은 신재생에너지(renewable energy), 난방 (heating), 열저장(thermal storage)임
- 신재생에너지 연계 난방 및 열저장 시스템에 대한 국내를 포함한 주요 6개국의 1985년~2018년까지 특허출원 수는 총 170건으로 조사됨
- 중국 95건, 유럽 26건, 국제 19건, 미국 15건, 한국 11건, 일본 4건



- 2007년 이전에는 유럽의 특허출원 수가 타 국가들에 비하여 우위에 있었으나, 2008년부터 중국이 관련 기술의 개발을 주도하고 있음 (2008년 이후 점유율 약 63%)
- 우리나라는 2007년부터 본격적인 특허출원을 진행하기 시작하여 2002년부터 특허출원을 시작한 중국에 비해 약 5년 정도 늦음
- 신재생에너지 연계 냉난방 및 열저장 관련 국내외 주요 특허는 다음과 같음
  - (중국) 태양에너지와 공기열 히트펌프의 복합시스템(2011), 상변화 및 용해염을 이용한 계단식 축열법(2014)
  - (미국) 다중연료 통합 재생에너지 시스템(2008), 열저장 설비 연계 열병합 발전소(2015), 열에너지 생산법(2016), 신재생에너지 저장방법 및 시스템(2017)

- (유럽) 신재생에너지 축열장치(2012), 자동화시스템 이용 냉난방- 발전- 에너지저장(2013)
- 국제 특허 : 신재생에너지 연계 지중 열저장 장치(2011), 열저장 장치(2013), 에너지 분배 방법 및 시스템(2014), 재생에너지 생산 및 사용기술(2015)
- (일본) 신재생에너지이용 중앙 급탕시스템(2012)
- (한국) 중·소규모 지역난방 시스템(2011), 복합열원 축열식 히트펌프 시스템(2012), 캐스케이드 축열식 히트펌프 시스템(2013), 고층건물 대상 스마트 열저장 시스템(2013)

## 4. 표준화 동향

### □ 전력시장 규칙 등 정부 고시

- 플러스 수요반응자원(플러스DR)이라 함은 전력부하증대량 거래를 목적으로 하며, 제주지역 전기사용자가 판매사업자 또는 구역전기사업자와 체결한 전기사용계약 종별에 대한 제한 없이 모든 계약 종별의 전기사용자를 참여고객으로 하는 수요반응자원을 의미
- 자발적 수요증대라 함은 전력부하증대량 거래를 위한 수요반응자원의 수요증대를 의미
- 플러스DR 기준출력제어량이라 함은 수요반응자원의 증대계획량 산정을 위해 기준이 되는 출력제어량(MW-h)을 의미

○ 그린DR과 경제성DR 비교

구 분		그린 DR	경제성DR
개요	용어의 정의	제주지역 신재생발전기 출력제어량 감소를 위한 수요반응자원의 수요증대량 거래	가격결정발전계획에 따른 수요반응자원의 수요감축량 거래
등록	수요자원 등록요건	○ 지역구분 : 제주 ○ 의무감축(증대)용량 : 제한 없음 ○ 참여고객 수 : 10개 이상	○ 지역구분 : 수도권, 비수도권 ○ 의무감축용량 : 최소 2MW 초과 ○ 참여고객수 : 10개 이상
	참여고객 등록요건	전기사용계약 종별 제한 없음	(표준DR) 전기사용계약 종별 제한없음 (중소형DR) 전기사용계약 일반용, 주택용, 농사용, 교육용 전기소비자 및 산업용 2MW 이하 전기소비자
거래	거래기간	(초기등록) 매년 12월 ~ 다음 해 11월 (추가등록) 매년 6월 ~ 당해 11월	좌동
	등록시험	없음	전력거래 개시 전 등록시험 1회 시행
	감축시험	없음	감축시험 기간 내 불시시행(최대 연 4회)
	입찰낙찰	(입찰) D-1 14시 (낙찰) D-1 15시 30분	(입찰) D-1 10시 (낙찰) D-1 15시
	입찰서 제출	(증대가능용량) 거래시간별 1kW 이상 (참여고객명세) 자원 내 참여고객 선택	(감축가능용량) 거래시간별 1MW 이상 (참여고객명세) 자원 내 참여고객 선택
	낙찰량 배분	필요량에 대해 자원별 입찰량 비례배분 하여 낙찰	가격결정발전계획에 따라 자원별 낙찰량 분배
	운영시간	평일 및 휴일(365일) 11시~15시 (4시간)	평일 24시간
평가	CBL 산정	Mid(4/6)	Max(4/5), Mid(6/10) 중 참여고객별 선택
	거래량 평가	참여고객별 부하증대량을 합하여 자원별 평가	참여고객별 부하감축량을 합하여 자원별 평가
정산	기본정산금	없음	의무감축용량에 따른 기본정산금 지급
	실적정산금	수요 증대실적에 대해 제주SMP로 정산 (낙찰량대비 참여실적에 따라 가중치 부여)	수요감축실적에 대하여 최대 낙찰량까지 육지SMP로 정산
기타	전력량계	참여고객별 15분 단위 과금용 전력량계 설치	참여고객별 15분 단위 과금용 전력량계 및 실시간 사용전력량 감시기기 설치



## 5. 정부R&D 지원현황

### □ 투자 동향

- 재생에너지의 변동성을 해소하기 위한 에너지저장장치(ESS)에 대한 기술 및 시설 투자가 이루어 지고 있음
- 섹터커플링(Sector Coupling)에 대한 연구개발 사업은 최초로 시행

### □ 투자 방향

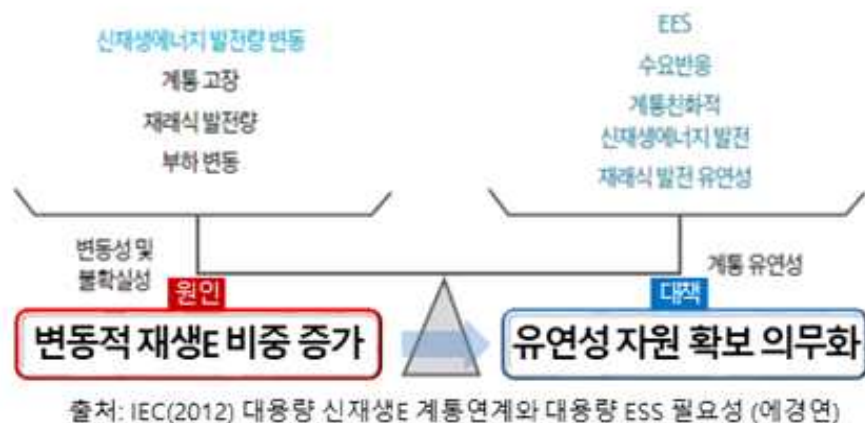
- 주로 화학적 저장방법인 리튬이온배터리(Lithium-ion Battery, LIB)에 대한 투자가 이루어짐
- 섹터커플링에 대한 투자방향은P2G(Power-to-Gas), V2G(Vehicle-to- Grid)의 전력과 非전력 부문 간 결합을 의미하는 섹터커플링 활용방안에 대한 투자 진행
- 또한 잉여전력을 수전해 기술을 통해 수소 에너지로 전환(P2G)하는 MW급 알카라인 방식의 연구개발 투자가 진행

## 6. 시사점

- 신재생에너지 대응 계통 유연성 확보 필요성 증대
  - 미국, 풍력발전 전력계통 유입차단으로 생산량 감소(2014년)
  - 독일, 재생에너지 확대로 전력가격 마이너스 기록(2016~2017년)
  - 일본, 태양광 에너지 사업자의 전력계통 유입 차단(2018년)
- 전력계통 유연성 강화를 위한 전력-열 변환 및 열저장 기술 필요
  - 신재생에너지 확대를 위해서는 신재생 전력의 활용을 제고하기 위한 에너지저장 기술의 필요성 부각

- 기존 양수발전과 압축공기 발전의 경우, 입지조건이 제한적이고 환경 훼손 등 문제점 내포
- 장주기 출력보정, 재생에너지의 발전출력 조정, 출력평준화 제어 등을 목적으로 한 대용량 열저장 기술 필요

### < 전력계통 유연성 확보를 위한 기술확보방향 >



- 이에 따라 섹터 커플링(sector coupling, 전력-非전력 부문간 결합)의 관점에서 잉여 전력을 수소나 메탄 등 가스연료를 생산하는데 활용하고, 생산된 가스연료를 저장하였다가 이용하는 P2G(Power to Gas)가 제안됨
- 2020년 산업부의 지원을 받아 P2G 관련 기술개발 및 실증연구가 수행 중이나, 전력을 이용 수소를 생산하는 수전해 기술의 비실용화, 가스 저장의 비효율성 등을 해결해야 할 것임
- 또 다른 섹터 커플링 방안으로 잉여 전력을 활용하여 열에너지를 생산하고, 생산된 열을 축열 시스템을 이용해서 저장하였다가 활용하는 P2H(Power to Heat)가 제안됨
- 건물이나 원예시설의 냉난방이나 온수급탕에 활용되는 열에너지를 매개로 하는 P2H는, 상용화된 기술을 융합하여 이용한다는 점에서 출력제한에 대응하는 실용화에 가장 근접한 방안임

- 이러한 관점에서 출력제한이 요구되는 재생 발전 설비를 대상으로 P2H 기술을 개발하고 실증하여 그 실용성을 입증하는 사업을 기획함으로써, P2H 방안이 확산될 수 있는 기반을 마련하고자 함
- P2H의 요소기술인 전력 안정화 기술과 전력-열에너지 변환 및 축열 기술 등은 현재 상용화되어 보급되고 있는 기술로써, 시급한 출력제한에 가장 능동적으로 대응할 수 있는 방안을 제시할 수 있을 것임
- 정부는 친환경 미래 모빌리티 확대 계획
  - 한국판 뉴딜 종합계획의 10대 대표과제 중 하나로 2025년까지 전기차 113만대 보급 및 충전기 4.5만기 확충(누적대수, 환경부 2020.07.22.)

〈연차별 보급 물량〉

구분	~19년	20년	21년	22년	23년	24년	25년	~'25년 (누계)
전기차	90,899	78,650	106,000	157,500	187,000	227,500	288,000	113만
수소차	5,097	10,180	15,185	36,540	40,850	45,700	51,300	20만
총계	9.6만	8.9만	12.1만	19.4만	22.8만	27.3만	33.9만	133만

- 이 계획으로 인한 전기차 충전수요전력은 최대 985MW가 될 것으로 전망(초급속 70기×350kW + 급속 15,000기×50kW + 완속 30,000기×7kW)
- 재생에너지 발전은 기상상태에 따라 발전량이 변동하고 임의로 발전량을 조절하기 곤란하므로, 전력계통의 안정적 운용을 위해 불가피하게 발전 설비의 출력을 제한하는 경우가 발생함
- 제주도의 경우 2015년부터 풍력발전에 대한 출력제한이 발생하여 기하급수적으로 증가하고 있으며, 재생에너지 발전을 증가시키려는 정부 정책에 따라 국내 각 지역에서도 발생할 것임

- 재생에너지 확산에 걸림돌이 되고 있는 이러한 출력제한에 대응하여 재생에너지 발전의 수용성을 높이려는 노력이 정책, 제도, 시장, 경제성의 관점에서 논의되고 있으며, 이를 뒷받침할 수 있는 기술적 관점에서의 노력도 필요함
- 출력제한 기간 동안에 발생하는 잉여 전력을 저장하였다가 이용하는 대규모 전력 저장 시스템(ESS) 활용이 대안이지만, 전력 저장 시스템의 경제성 및 불안정성 등으로 인해 활용 범위는 극히 제한적일 수밖에 없음
- 전력 저장 시스템 보급의 문제점으로 ①경제성에 대한 고려 없이 보급하였다는 점, ②다수의 화재사고가 발생한 점, ③전력계통에 부정적 영향을 고려하지 못한 점, ④재생에너지 연계 전력 저장은 전력 수요관리 기능이 부족하다는 점이 지적된 바 있음 (그림15)

※ 출처 : 전기저장시스템(ESS) 보급 정책의 문제점과 개선방안, NARS 현안분석 제 140호, 국회입법조사처(2020.05)



그림 15. 전력 저장을 위한 ESS 화재

- 이에 따라 섹터 커플링(sector coupling, 전력-非전력 부문간 결합)의 관점에서 잉여 전력을 수소나 메탄 등 가스연료를 생산하는데 활용하고, 생산된 가스연료를 저장하였다가 이용하는 P2G(Power to Gas)가 제안됨

- 2020년 산업부의 지원을 받아 P2G 관련 기술개발 및 실증연구가 수행 중이나, 전력을 이용 수소를 생산하는 수전해 기술의 비실용화, 가스 저장의 비효율성 등을 해결해야 할 것임
- 또 다른 섹터 커플링 방안으로 잉여 전력을 활용하여 열에너지를 생산하고, 생산된 열을 축열 시스템을 이용해서 저장하였다가 활용하는 P2H(Power to Heat)가 제안됨
- 건물이나 원예시설의 냉난방이나 온수급탕에 활용되는 열에너지를 매개로 하는 P2H는, 상용화된 기술을 융합하여 이용한다는 점에서 출력제한에 대응하는 실용화에 가장 근접한 방안임
- 재생에너지 활용도 향상을 위한 융복합 수요창출(제5차 신기본)
  - 넷제로 시대 他분야의 탄소중립을 위해서는 재생e를 他에너지로 변환·활용하는 섹터 커플링(전력-非전력 부문간 연계) 촉진 필요
    - \* 해외 : ‘Sector Coupling’(EU), ‘Energy System Integration’(美) 등에 대한 연구 활발
  - 연도별 수요초과 공급가능량 전망을 토대로 제주 등 필요지역에 P2X 기술개발·실증을 우선 시행하여 중장기 섹터 커플링 확대에 대비
    - \* P2X(Power to X) : 탄소중립 재생e를 활용하여 他에너지원으로 전환하는 기술  
(예) 그린수소 생산(P2G) → 수소차 충전 / 열(Heat) 생산(P2H) → 열수요 지역 난방공급 등
  - 탄소중립을 위한 그린수소 중심의 공급 섹터 커플링 활성화
    - 발전부문外 全부문의 탄소중립을 위해서는 P2X 기술을 활용한 그린수소 중심의 에너지원간 섹터 커플링 활성화 필요
    - P2G(Power to Gas) 수송·산업공정 부문 등에 재생에너지로 생산한 그린수소 활용 의무화, 공급망 구축 등 추진
    - P2H(Power to Heat) 재생에너지 활용 열공급 히트펌프 설치 의무화, 인센티브 지원 등을 통해 재생e 열사용 확대기반 마련

- P2L(Power to Liquid) 재생에너지 전력으로 장거리 수송·장기간 저장 등에 적합한 高 에너지밀도 탄소중립 연료생산 추진
  - \* P2L : 재생e 전력+그린수소+탄소중립 CO<sub>2</sub> → 메탄올·가솔린·경유 등 생산
- 탄소중립 에너지 공급 및 수요자원간 통합 에너지시스템 도입
  - 탄소감축 잠재량이 풍부한 에너지효율 등 수요측 자원이 공급섹터와 경쟁을 통해 활성화되도록 공급-수요자원간 에너지시스템 통합 필요
  - 에너지원간 섹터 커플링 활성화를 위해 열·연료·전력 등 에너지 유형별 공급 의무화제도 통합 필요(에너지통합 공급의무화)
    - \* 제도간 거래 가능토록 에너지공급량을 전기환산톤으로 환산, 상호 인정하여 전 환손실, 과도한 전력화 등 시장왜곡을 예방하고, 섹터간 합리적 경쟁 유도

## II.

## 기획대상연구개발과제 도출

### 1. 연구개발과제기획 방향

#### □ 연구개발과제기획 기본방향

- 재생에너지 잉여전력을 전기보일러, 히트펌프 등을 활용하여 열저장·활용시스템개발과 전기차(폐배터리 포함)를 활용한 플러스DR 등 비즈니스모델 실증
  - 잉여 전력 활용 친환경 열에너지 생산 기술 고도화
  - 열에너지의 효율적 저장 및 안정적 공급이 가능한 단·중기 축열 시스템
  - 수요에 대응하는 효율적 열에너지 이용 실증연구 및 경제성 평가
  - 에너지 수요관리 프로그램 연계 에너지 신사업 모델 개발

#### □ 신규 예산 지원 계획안

(단위 : 억원)

구 분	원천기술	혁신제품형	계
정책지정	3		3
품목지정		57	57
자유공모			
계	3	57	60

\* “플러스DR 신규자원 기술개발 및 실증 총괄(주관기관 KPX)” 연구개발과제로 품목지정 3개 연구개발과제를 총괄

\*\* “집단에너지 연계 전기보일러 구동 전력-열 변환 및 저장 기술”가 공고대상이며, 이외 3개 연구개발과제는 '22년 상반기 공고 및 연구개발기관 선정완료

#### □ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
재생에너지	○ 플러스DR 신규	□ 정부정책

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
잉여전력 부문간 연계(섹터커플링) 기술개발	<p>자원 기술개발 및 실증 총괄 (22 상반기 선정 완)</p>	<p>○ 제3차 에너지기본계획 - 非전력 熱에너지 보급 확대(전 환손실 감소)</p> <p>○ 제5차 신재생에너지기본계획 - 재생에너지의 他에너지 활용(섹터 커플링) 촉진 *연도별 수요초과 공급가능량 전망을 토대로 제 주 등 필요지역에 P2X 기술개발·실증을 우선 시행하여 중장기 섹터 커플링 확대</p> <p>○ 제9차 전력수급기본계획 - 시장제도개선 *일정규모 이상 신재생에너지 발전기에 대한 발 전량 예측이 가능토록 출력제어 의무화 및 인 센티브 제공을 위한 제도 보완 *신재생에너지 확대에 따른 변동성 대응과 안정 적 전력수급 유지를 위해 유연성 자원의 보상 확대 추진</p>
	<p>○ 재생에너지 출력 제 한(Curtailment) 대응 P2Heat 기술 개발 및 실증연구 (22 상반기 선정 완)</p>	
	<p>○ 재생에너지 잉여 전력 사용 극대화 를 위한 전기자동 차 스마트 충전 시 스템 개발 및 실 증 (22 상반기 선정 완)</p>	<p>□ 2050탄소중립 로드맵 ○ 계통유연화, 탄소중립을 위한 섹터커플링 ○ 장주기 대용량 에너지저장</p>
	<p>○ 집단에너지 연계 전기보일러 구동 전력-열 변환 및 저장 기술 (금번 공모대상)</p>	<p>□ 기술수요조사명 ○ 가상 발전소 최적 설계 및 운영을 위한 신재 생 에너지 발전량 예측 및 최적화 모형 개발 (2019 과기부) ○ 친환경에너지타운 조성사업 마스터플랜 및 신 재생에너지 하이브리드 최적화 시스템 구축 기본설계 연구 (2015 미래부) ○ 열거래를 위한 복합 및 분산형 스마트 허브축 열시스템 개발 (2019 산자부)</p>



## 2. 개발위험 관리방안

### □ 기술개발 위험요인

- 재생에너지 변동성과 간헐성 대응산업의 제도화 등 정부정책의 일관성
  - 플러스 DR 자원의 등록 및 평가, 보상체계 마련 등
- 히트펌프, 축열설비 등 유틸리티 설비 개보수, 신·증설에 따른 계통 안정 운영 요구

### □ 사업화 애로사항

- 플러스DR 운영기간의 제한으로 설비투자에 따른 경제성 부족 등
  - 플러스DR 등록 및 전력거래기간

초기 등록 신청기간	등록 완료일	초기 전력거래기간
2월1일~2월20일	2월28일	3월1일~11월30일

- 유효 자원등록을 위한 대형 열수요처 발굴 애로(제주, 산업기반 취약)
- 플러스DR 미이행에 대한 패널티 부과 등 리스크 발생

### □ 사회환경 위험요인

- 플러스DR 시범사업지구가 제주도로 제한\*되어 다양한 수요처 발굴 애로
  - \* 전력시장규칙 제12.1.1조(용어의 정의) 23. 플러스 수요반응자원(이하 ‘플러스DR’이라 한다)”이라 함은 전력부하증대량 거래를 목적으로 하며, 제주지역 전기사용자가 판매사업자 또는 구역전기사업자와 체결한 전기사용계약 종별에 대한 제한 없이 모든 계약 종별의 전기사용자를 참여고객으로 하는 수요반응자원을 말한다. [신설 2021.1.1.]
- 기존설비와 병렬운전에 따른 최적운전 기법 개발 등 소비자 편익 증진 제도설계 요구
- 플러스DR 운영일 축소 및 배분, 정산 규정 등 변경 가능성(전력시장규칙)

### □ 기술영향 검토

- 수요반응자원의 거래기술 등 시스템Eng 및 설비운영능력 기술향상

### 3. 기획연구개발과제 기술개요서

#### ☐ 정책지정

- 품목명 : 섹터커플링(Sector Coupling) 기술개발 연구개발성과관리 및 플러스DR 제도실증 총괄(' 22년 상반기 선정완료)

#### ☐ 품목지정

- 품목명 : 재생에너지 출력제한(VRE Curtailment) 대응 P2Heat 기술개발 및 실증연구(' 22년 상반기 선정완료)
- 품목명 : 재생에너지 잉여전력 사용 극대화를 위한 전기자동차 스마트 충전 시스템 개발 및 실증(' 22년 상반기 선정완료)
- 품목명 : 집단에너지 연계 전기보일러 구동 전력-열 변환 및 저장 기술  
(금번 공모대상)

## '22년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (정책지정)

관리번호	2022-신재생-융합-정책-1		('22년 상반기 선정완료)
연구개발과제유형	원천기술형(○),	혁신제품형( ) 실증형( )	
연계/해당여부	표준화연계(○) 경쟁형과제( ) 공기업협력(○) 챌린지트랙( ) 초고난도과제( ) 복수형과제( ) 안전관리형과제( )		
연구개발과제명	플러스DR 신규 자원 기술개발 및 실증 총괄		
1. 지원필요성	<p>○ 재생에너지의 변동성과 간헐성을 수요측에서 보완하기 위한 플러스 수요자원발굴</p> <p>○ 자발적 전력부하 수요증대 설비에 대한 자원등록 등 프로세스 정립</p> <p>○ 플러스 수요반응자원의 전력부하증대량 거래에 대한 DR 보상체계 연구 및 정산 시스템 구축</p> <p>* 섹터커플링 기술 개발을 통한 잉여전력 흡수는 기존 전력수요의 이전을 통한 수요 증대의 양적 부족을 해결할 수 있는 효과적 방안이나, 설비투자 및 운영비용 회수를 위한 플러스DR 운영기준 보상방안이 개선되어야 사업화가 가능함.</p>		
2. 연구목표 및 내용	<p>○ 최종목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재생e 초과 전력자원의 계통 유연화를 위한 플러스DR 자원 개발 및 제도 실증</li> </ul> <p>○ 연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세부연구개발과제(품목2 내지 4연구개발과제)사업성과관리 및 제도실증 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 세부 연구개발과제의 기술적 연구개발 성과 관리를 위한 성과지표, 모니터링, 실행계획 일정관리</li> <li>· 개별 연구개발과제 통합 관리(연구개발 성과공유, 개선, DB관리, 플러스DR 자원평가)</li> </ul> </li> <li>- 플러스 수요반응자원 운영 방안 및 제도개발, 실행 등 시장활성화 방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 출력제어 예측 및 저장믹스, 플러스 수요반응자원 활용계획, 자원조사, 초과 수요발굴</li> <li>· 플러스 수요반응자원 운영설비 BC분석, 보상 등 시장참여 운영절차 마련</li> <li>· 플러스 수요반응자원 운영 정교화 및 개설 시간 확대를 위한 당일 시장 개발</li> <li>· 플러스 수요반응자원 자원화, 전력시장 등록, 계량데이터 취득, 수요증대량 산정 등 전력 시장 거래 실증</li> <li>· 전기소비형태검증 등 신뢰성 향상을 위한 수요증대량 산정 및 신뢰성 검증기준 개발</li> <li>· 신재생사업자의 경쟁입찰을 통한 수요증대량 구매제도 개발</li> <li>· 소비자 참여 등 플러스 수요반응 제도 개발 및 보완(신뢰도기준, 시장규칙, 한전 요금 등)</li> </ul> </li> </ul> <p>○ 안전관리 사항 : 해당없음</p>		
3. 지원기간/추진체계			
○ 기간 : 48개월 이내	<p>(1차년도 정부지원연구개발비: 3억원 내외,    ○ 기술료 : 비징수</p> <p>총 정부지원연구개발비 : 6억원 내외)</p>		
○ 주관연구개발기관 :	한국전력거래소(대학, 연구소 참여가능)		

## '22년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2022-신재생-융합-품목-1		( ' 22년 상반기 선정완료)
연구개발과제유형	원천기술형( ),	혁신제품형(○)	
		실증형(○)	
연계/해당여부	표준화연계(○) 경쟁형과제( ) 공기업협력( ) 초고난도과제( ) 복수형과제( ) 안전관리형과제 (○)		
품목명	재생에너지 출력제한(Curtailment)을 이용한 P2Heat 기술개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)		
1. 지원필요성	<p>○ 변동성재생에너지(VRE) 출력제한(curtilment) 및 과전압 해소 등 전력계통 유연성 제고로 전력 공급의 신뢰성, 안정성 향상 등 전기의 품질유지</p> <p>○ 熱에너지중심의 전환-저장-활용 시스템구축 등 섹터커플링 기술개발 고도화 추진</p> <p>○ 건물, 상업, 농수산업 부문의 섹터커플링기술 도입으로 에너지이용 합리화, 효율화 및 탈탄소화 추진</p>		
2. 연구목표 및 내용	<p>○ (최종목표) 재생에너지 초과전력 연계한 히트펌프, 축열조 및 보일러 등과의 연계 시스템 운영을 통한 플러스 수요반응자원 등록 및 활용 시스템 구축</p> <p>○ 연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초과전력 활용 MW급 친환경 멀티소스 열에너지 생산 기술 및 공급-소비최적화 P2Heat 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 공기열, 지열, 수열 등 멀티소스 및 기기·설비(히트펌프, 전기히터, 수축열조, 보조서비스 탱크 등)연계 하이브리드시스템 기술개발</li> <li>· 축열, 축냉 등 전부하 또는 부분부하 운전 대응기술</li> <li>· 수축열조 크기(용량)조절 모듈화, 비례제어, 최적 온도성층화 기술(Diffuser)</li> <li>· 전력부하 증대를 위한 전력-열소비 실증설비 구축(2개소이상, 신규 2MW이상)</li> </ul> </li> <li>- 2개소 이상의 이종(異種) 대형 열에너지 수요처*에 적합한 축열조, 열매체 등을 이용한 전력-열소비 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 숙박, 공공, 상업시설, 공장, 농수축산시설 등(전력시장규칙의 플러스DR 대상지역의 시설로 업종을 달리하여 2개소 이상을 실증 할 것)</li> <li>· 다양한 소비처에 적합한 부하조절 및 유연운전을 위한 복합시스템 구축 기술 개발</li> <li>· 소비처 공동 히트싱크 구축 및 공유·거래기술</li> <li>· 설비의 안전·안정시스템 구축 및 운영효율화 기술개발</li> <li>· 축열(현열) 및 고밀도 축열, 빙축열(잠열) 등 활용 기술</li> <li>· 재생에너지 초과전력 연계 공동 축열 및 열 분배기술</li> <li>· 장기축열에 따른 열손실 저감 기술</li> <li>· 열택배에 의한 농수축산시설 열공급 적용방안 연구 및 실증</li> </ul> </li> </ul>		

- 시설재배 주요작물별 수막온실, 우수조 활용 등 전력부하 증대 기술
- 출력제한에 대응하는 플러스 수요반응자원의 정확성 및 실효성을 위한 플랫폼 개발
  - 한국전력거래소(이하 KPX)의 재생에너지 발전량 예측 제도(전력 생산량 및 예측, 운영 스케줄)와 연계한 실시간 P2H 운영플랫폼 개발
  - 신재생에너지시스템 출력제어 예측, 기간등록, 입찰(배분), 통지, 조정 등 플러스DR 전력 거래시스템 신뢰성 향상 기술
  - 사용전력량 감시장치, 원격검침(계량) 및 사용전력량 데이터 전송기술(5분단위) 개발
  - 전기소비형태 검증 등 전력수요증대 참여고객의 실효성 제고 산식 개발
- 경제성 분석 및 에너지 수요관리 프로그램 연계 비즈니스 모델 개발
  - 연차별 플러스DR 실증방안 상세 설계(고객모집, 실증기술 등 KPX 플러스DR 제도반영)
  - 전력 도·소매 요금, 인센티브 등을 고려한 플러스DR 유스케이스 개발 및 최적 시나리오 개발
  - 에너지원별(공기열원 단독구성은 불가), 수요처별 에너지 사용데이터 기반 빅데이터 분석을 통한 열에너지 공유 및 거래 모델 개발

#### ○개발목표

핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표		국내 최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기관/기관명)	
			0차년도	최종		현재	연구개발과제 종료시점
1	재생에너지 발전 계통연계 시스템 구축 및 운영 (숙박, 농수산, 공공 등 기타)	소,식		2 (신규 2MW 이상)			3 (신규 2MW 이상)
2	전력부하증대량	MWh		>= 3 (집합자원)			>=3
3	축열조 축열 이용률 <sup>1)</sup>	%		> 90			> 90
4	운전기간중 열손실률 <sup>2)</sup>	%		<= 10			<= 10
5	부피당 최대 열에너지 저장밀도	MJ/m <sup>3</sup>		>= 210			>= 210

1) 한국전력 축냉설비 기술기준의 시험방법에 따르며, 최소 6개월간의 데이터를 활용하여 산정

2) 열에너지 부하격차 해소를 위해 축열 시스템 적용, 운전기간중 축열조 열손실률은 10% 이내여야 함.

#### ○ 개발위험 극복방안

- 경제성분석, 운전 실증자료 제공 및 정책개발, 사업평가협조(KPX, 정책지정연구개발과제)
- 연구기간 내 개발목표 달성을 위한 자원조사, 제도조사 및 행정사항의 사전 검토, 문제 해결 방안 제시 필수
- 운전관련 데이터 수집 및 분석이 가능하도록 모니터링 시행(자료보관 3년)

#### ○ 안전관리 사항

- 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 ‘연구개발 과제별 안전관리계획’을 제출해야 함(적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함)
- 위험물질 취급연구개발과제 여부 : 보일러, 압력용기, 축열조 등 열사용기자재 안전

관리 및 냉매 등 유해물질 관리 등	
3. 지원기간/추진체계	
<p>○ 기간 : 48개월 이내  (1차년도 정부지원연구개발비: 21억원 내외,                      ○ 기술료 : 징수  총 정부지원연구개발비 : 106억원 내외)</p> <p>○ 주관연구개발기관 : 기업(중소·중견기업 참여 필수)</p> <p>○ 기타사항 : 사업 진행사항에 따라 단계 구분 가능</p> <p>* 동 연구개발과제 선정기관은 정책지정연구개발과제를 수행하는 전력거래소(KPX, 연구개발과제명 : 플러스DR 신규자원 기술개발 및 실증 총괄)에 적극 협조하여야 함</p>	

## '22년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2022-신재생-융합-품목-2		( ' 22년 상반기 선정완료)
연구개발과제유형	원천기술형( ),	혁신제품형(○)	
		실증형(○)	
연계/해당여부	표준화연계(○) 경쟁형과제( ) 공기업협력( ) 초고난도과제( ) 복수형과제( ) 안전관리형과제 (○)		
품목명	전기자동차 배터리 활용 스테이션 구축 및 스마트 충·방전 시스템 개발 실증 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)		
1. 지원필요성	<p>○ 변동성재생에너지(VRE) 출력제한(curtailment) 및 과전압 해소 등 전력계통 유연성 제고로 공급의 신뢰성, 안정성제고, 전기의 품질유지</p> <p>○ P2e-Mobility 인프라 활용 플러스DR 집합유연자원 DB구축 및 新에너지 서비스 실증</p> <p>○ 전기차를 활용한 충·방전 시장참여 및 폐배터리이용 스테이션 구축 등 신산업 육성</p> <p>* 예상되는 폐배터리의 대수는 2024년(1만대), 2030년(10만대), 2040년(69만대)으로 2030년 시장규모는 약 12조원, 2040년 약 87조원으로 성장이 예상되어 자원의 재순환을 통한 환경오염 방지 필요</p>		
2. 연구목표 및 내용	<p>○ (최종목표) 재생에너지 초과전력 연계 전기차 배터리 활용 스마트충전 시스템 구축 및 충·방전 소비자 참여기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트충전 운영을 위한 스테이션 구축, 서비스 플랫폼, BM개발</li> <li>- 스마트충전 서비스자원의 전력계통, 시장 유연화 평가기술</li> <li>- 플러스DR 신뢰성 확보 및 소비자 참여기술 개발</li> </ul> <p>○ (연구내용)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기차 폐배터리를 활용한 충전스테이션 개발 및 실증(배터리 재사용·재활용 사업 등과 연계) * 배터리 재사용·재활용 센터 : 제주(운영중), 포항('21), 울산('23), 나주('24) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 배터리 팩, 모듈, 셀을 이용한 UBESS(Used-Battery ESS) 개발</li> <li>· PV-UBESS-Charger 연동 충전인프라, 제어관리시스템, 진단시스템 개발 및 표준화</li> <li>· 스마트충전 서비스 플랫폼 연계 충전기술, 충전스테이션 개발 및 실증</li> <li>· 폐배터리 충전시스템의 성능, 안전성 등 신뢰도 검증(공인시험기관 시험성적서)</li> <li>· 폐배터리, 스마트(DR) 충전기, 재생에너지 융·복합, 기타 복합건물 시스템 연계</li> </ul> </li> <li>- ICT 기반의 스마트 충방전 서비스 플랫폼 및 BM 개발(공유·개방형 플랫폼) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 플러스DR 참여, 데이터수집, 충전제어를 포함한 플랫폼 아키텍처 설계 및 구현</li> <li>· 정보익명화 기술기반 고객참여형(Customer Engagement) 스마트충전 서비스 어플리케이션 개발</li> <li>· 스마트 충방전 BM 개발 및 부가서비스 개발</li> <li>· 서비스 참여이력, 인센티브 활용 등 전기차 충전 및 운행패턴 분석을 통한 스마트 충방전 사용자 맞춤형 부가서비스 모바일 App 개발</li> <li>· 차량탑재형 이동형배터리 시스템 설계 및 충·방전 서비스 기술 실증</li> </ul> </li> </ul>		

- 플러스DR 신뢰성 확보를 위한 데이터 분석기술 및 소비자 참여기술 개발
  - 전력시장 및 계통분석을 통한 재생에너지 출력제한 및 플러스DR 발령 예측기술 개발
  - 전기차, 충전스테이션의 충전특성 검출기술 개발
  - 전기차, 충전스테이션의 통합자원화를 위한 최적 매집운영기술 개발
  - 차량의 충전상태, 평소 충전패턴, 전기요금, 계통영향, DR 시행여부, 충전기 사용정보 등을 자동으로 분석하여 소비자 참여 유인 충전신호 생성
  - 전기차, 충전방전 원격 모니터링 및 제어관련 기술개발
- 스마트충전 제도실증 방안 설계 및 효과평가 기법 개발
  - 1.5MWh(또는 전기차, 충전기 300대이상) 이상의 집합자원 관리 및 실증(승용, 화물 또는 사업, 자가용 등 소비형태에 따른 모집단 구분 권장)
  - 연차별 플러스DR 실증방안 상세 설계(고객모집, 실증기술 등 KPX 플러스DR 제도반영)
  - 전력 도·소매 요금, 인센티브 등을 고려한 플러스DR 유스케이스 개발 및 최적 시나리오 개발
  - 스마트충전 서비스 자원의 전력계통, 전력시장 유연화 기여효과 평가기법 개발(재생에너지 출력제한 해소효과 정량화 방안 포함)

#### ○ 개발위험 극복방안

- 경제성분석, 운전 실증자료 제공 및 정책개발, 사업평가협조(KPX, 정책지정연구개발과제)
- 연구기간 내 개발목표 달성을 위한 자원조사, 제도조사 및 행정사항의 사전 검토, 문제 해결 방안 제시 필수
- 운전관련 데이터 수집 및 분석이 가능하도록 모니터링 시행(자료보관 3년)
- 폐배터리를 이용하는 경우에는 안전, 성능 등에 대한 공인시험기관 시험성적서 제출 필수
- 지자체소유 시설물을 활용하는 경우에는 지자체의 사업참여 또는 시설이용 동의서 제출 필수
- 전력거래, 서비스 실현을 위한 규제특례, 규제 샌드박스 등 신청 검토

#### ○ 안전관리 사항

- 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 '연구개발과제별 안전관리계획'을 제출해야 함(적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함)
- 자동차관련 법령에 의한 검사 등의 행정절차를 이행할 것
- 위험물질 취급연구개발과제 여부 : 해당없음

### 3. 지원기간/추진체계

#### ○ 기간 : 48개월 이내

(1차년도 정부지원연구개발비: 16억원 내외,

총 정부지원연구개발비 : 85억원 내외)

#### ○ 기술료 : 징수

#### ○ 주관연구개발기관 : 기업(중소·중견기업 참여 필수)

#### ○ 기타사항 : 사업 진행사항에 따라 단계 구분 가능

- \* 동 연구개발과제 선정기관은 정책지정연구개발과제를 수행하는 전력거래소(KPX, 연구개발과제명 : 플러스DR 신규자원 기술개발 및 실증 총괄)에 적극 협조하여야 함



## '22년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2022-신재생-융합-품목-1		(공모대상)
연구개발과제유형	원천기술형( ),	혁신제품형(○)	
		실증형(○)	
연계/해당여부	표준화연계(○) 경쟁형과제( ) 공기업협력( ) 초고난도과제( ) 복수형과제( ) 안전관리형과제 (○)		
품목명	집단에너지 연계 전기보일러 구동 전력-열 변환 및 저장 기술개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)		
1. 지원필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 변동성재생에너지(VRE) 출력제한(curtailment) 및 과전압 해소 등 전력계통 유연성 제고로 공급의 신뢰성, 안정성제고, 전기의 품질유지</li> <li>○ 熱에너지중심의 전환-저장-활용 시스템구축 및 주-보조 시스템 연계운영 기술개발</li> <li>○ 전압급변동에 따른 계통보호 및 협조, 전기품질유지를 위한 신속대응형 대형수요자원 개발 필요</li> </ul>		
2. 연구목표 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (최종목표) 5MW 이상 전기보일러와 집단에너지 시스템 연계하는 전력-열 부문 간 에너지변환 및 저장, 활용기술 개발</li> <li>○ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력계통 유연성 확보용 대형(MW급)전기보일러의 Pilot Plant 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 5MW 이상 전기보일러 집단에너지 열원 내 설계 및 구축 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 에너지변환(전기→열) 목표효율 98% 이상, 생산열 100% 저장·사용 목표</li> <li>· 재생에너지 대응 전기보일러 기술개발(보일러 본체 해외제작 가능. 제어 및 운영시스템 국산화 필수)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 집단에너지 연계 P2eB(boiler) 실증 운영 및 운전 데이터 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 현장건설 및 시운전 등을 통한 설비 안정화 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 보일러 정격의 0~100% 구간 운전, 초기기동 냉간 5분, 열간 20~100% 30초 이내 운전</li> </ul> </li> <li>· 발전기 자동발전제어(AGC) 운전과 동일한 효과의 Sector Coupling 연동 (출력 5분 이내 응답, 30분 이상 출력유지, 전력시장운영규칙 별표3 전력계통 운영 기준)</li> <li>· 지역난방 공급온도 기준(75~115℃)에 적합한 열생산 공급기반 구축</li> <li>· P2eB 전력계통 주파수추종 실증운전 및 운전데이터 취득</li> <li>· P2eB 및 전력계통, 배전계통 운영데이터를 포함하는 빅데이터 구축</li> <li>· 전력시장 참여를 위한 시스템(중앙급전 또는 비중앙급전 발전기)연계 기술 개발(KPX와 협조)</li> </ul> </li> <li>- P2eB 진입 시 전력계통 안정화 및 경제적 편익 산출 <ul style="list-style-type: none"> <li>· P2eB 진입에 따른 전력계통 편익 분석 및 정량화</li> <li>· P2eB 진입 시 전력시장 경제적 편익 분석</li> <li>· P2eB 설비 및 운영자료 정보 제공, 효과분석, P2Heat 확대방안 수립(KPX와 협조)</li> </ul> </li> <li>- P2eB 반영한 전력시장 운영 기술개발</li> </ul> </li> </ul>		

- P2eB 전력시장 진입을 위한 전력시장 현황조사
- 전력시장 개편을 고려한 P2eB 진입에 따른 전력시장 영향분석
- 에너지시스템 최적화를 위한 P2eB 운영 기술개발
- 집단에너지 축열조 포화율, 열수송관 운영분석 등을 반영한 P2eB 최적제어
- P2H 열에너지 고효율 저장 기술개발
  - (중앙열원 적용) 집단에너지 열저장 시스템 고효율 기술개발 및 운영 실증
  - (분산형 집단에너지 적용) 상변화물질(PCM, Phase Change Material) 등을 이용한 분산형 P2H 열저장(제4세대 지역난방\* 적용) 기술개발 및 실증
    - \* 분산열원이용하여 50~60℃ 온수공급으로 열손실 감소, 시스템 효율 향상
- 지역에너지 자립을 위한 열·전기 통합관리 플랫폼 개발·실증
  - 전기보일러-열병합발전(CHP) 연계 운전기술 개발 및 실증, 사업화모델 개발
  - VPP-DSO 협조운영 기술개발 및 에너지 통합관리시스템 구축
  - VPP-P2Heat 결합 및 운영 기술 개발, 실증
  - 연차별 실증방안 상세 설계(실증계획, 전력시장 참여방안, 최적시나리오 개발 등)
- 전기보일러 검사 및 검사기준 제·개정(안)마련, 운전관리 매뉴얼 제작(표준화 연계)
  - 전기보일러 제조, 설치검사 및 그 밖의 안전확보를 위한 검사절차 이행(자체검사, 공인검사 기관 검사, 비검사기기인 경우 검사기기에 준하는 요청검사 실시)
  - 전기보일러 검사기준 제·개정 및 운전관리 매뉴얼 제작
    - \* 검사기준이 미제정된 경우에는 해외사례 등을 참고하여 검사기준 제정 및 운전관리 절차 제정

### ○ 개발위험 극복방안

- P2eB 설비 및 운영자료, 경제성분석, 사업평가 KPX 협력 및 협조 의무
- 집단에너지사업자 주관 또는 참여를 통해 집단에너지와 연계 실증 추진
- 연구기간 내 개발목표 달성을 위한 자원조사, 제도조사 및 행정사항의 사전 검토, 문제 해결 방안 제시 필수
- 운전관련 데이터 수집 및 분석이 가능하도록 모니터링 시행(자료보관 3년)

### ○ 안전관리 사항

- 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 ‘연구개발과제별 안전관리계획’을 제출해야 함(적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함)
- 위험물질 취급연구개발과제 여부 : 공정안전관리, 전기보일러, 압력용기, 축열조 등 설비관리 및 온도, 압력상승 등에 대한 안전관리 사항 준수

## 3. 지원기간/추진체계

### ○ 기간 : 47개월 이내

(1차년도 정부지원연구개발비 : 20억원 내외,  
총 정부지원연구개발비 : 93억원 내외)

\*시운전 연료비용 지원 제외

### ○ 주관연구개발기관 : 기업(집단에너지사업자, 중소중견기업 참여 필수)

※집단에너지사업자는 수요기업으로도 참여 가능함. 다만 연구개발과제평가단의 심의 결과에 따라 달라질 수 있음

### ○ 기타사항 : 사업 진행사항에 따라 단계 구분 가능

### ○ 기술료 : 징수