

# 산업용 히트펌프 동향과 대응 방향

이지은, 김철후, 히트펌프연구센터(송찬호 外)

- ① 히트펌프 개요
- ② 주요 분야별 기술 동향
- ③ 주요 분야별 전략 품목 도출
- ④ 결론 및 시사점



# 산업용 히트펌프 동향과 대응 방향

이지은, 김철후, 히트펌프연구센터(송찬호 外)

- ① 히트펌프 개요 / 1
- ② 주요 분야별 기술 동향 / 11
- ③ 주요 분야별 전략 품목 도출 / 20
- ④ 결론 및 시사점 / 27

## 기계기술정책 원문 찾아보기

- ☐ 한국기계연구원 홈페이지-새소식-정책지
- ☐ 웹페이지 : [https://www.kimm.re.kr/pr\\_policy](https://www.kimm.re.kr/pr_policy)

※ 웹페이지에서 다운로드 시, 정기구독을 신청하시면 이메일로 받아보실 수 있습니다.

## SUMMARY

### □ 미래 성장 가능성이 큰 히트펌프 기술

- 히트펌프는 저온의 열원에서 열을 흡수하여 고온의 열을 생산하는 친환경 기기로, 적은 구동에너지를 이용하여 보다 많은 에너지를 열의 형태로 공급하는 열변환 장치
- 기후변화에 대한 우려와 탄소 배출 감축 필요성이 전 세계적으로 대두됨에 따라, 히트펌프 관련 기술은 화석연료의 의존도 감소, 에너지 효율 제고 및 지속 가능성 측면에서 미래 성장 가능성이 큰 분야로 주목

### □ 히트펌프 주요 기술 분야

- 본 보고서에서는 출연연의 특성 및 산업계와의 시너지 효과를 고려하여 ▲산업용 히트펌프 ▲카르노 배터리 ▲미활용 에너지 히트펌프 ▲열에너지 네트워크 4개 분야를 히트펌프의 주요 기술 분야로 선정
  - (산업용 히트펌프) 주로 고온수 또는 증기의 형태로 산업공정에 필요한 공정열을 공급하는 히트펌프로 폐열, 미활용 열원을 활용
  - (카르노 배터리) 대용량의 잉여전력을 300℃ 이상의 고온 열에너지 형태로 저장하였다가, 필요시 전력으로 변환하여 고온열의 수요-공급의 완충 역할을 하는 기술
  - (미활용 에너지 히트펌프) 하천수, 해수 등의 미활용 열원을 이용하여 구동하는 히트펌프로 각 열원의 특성 및 수요처의 온도 영역을 고려하여 열 공급
  - (열에너지 네트워크) 건물 또는 지역 단위로 열에너지를 효과적으로 분배하여 수요와 공급의 균형을 맞추고 에너지 이용 효율을 높이는 기술

### □ 우리나라 히트펌프 산업 활성화를 위한 제언

- 탄소중립 정책의 핵심 동인으로 히트펌프의 주력 산업화를 위한 지속적 지원과 점유 확대 필요
- 미래 히트펌프 신산업의 경쟁력 기반 확보를 위한 선제적 R&D 지원 정책 필요
- 산·학·연이 협력하는 히트펌프 실증 및 생태계·공급망 강화 필요



## 1. 히트펌프 개요

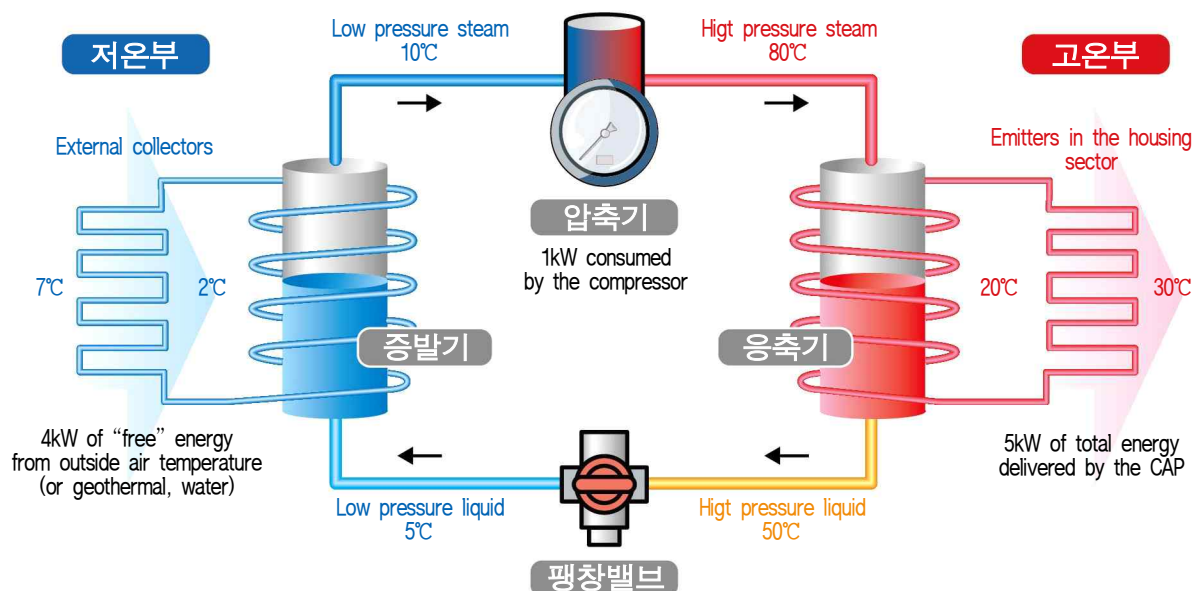
### 1.1 히트펌프 기술 개요

- 히트펌프는 저온의 열원에서 열을 흡수하여 고온의 열을 생산하는 친환경 기기로서, 적은 구동 에너지를 이용하여 보다 많은 에너지를 열의 형태로 공급하는 열변환 장치
- 공기, 하천수, 폐수·폐열 등의 미활용에너지와 지열, 태양열 등의 신재생에너지를 고급에너지로 변환시키는 대표적인 비연소식 에너지 기기
- 열원, 사용 에너지, 용도, 열공급 형식, 용량 등에 따라 히트펌프를 구분할 수 있으며(표 1), 본 고에서는 전기구동식 산업용 히트펌프를 주로 다루고 있음

<표 1> 히트펌프 종류

기준	히트펌프 구분
열원	공기열, 수열, 지열, 폐열, 하이브리드(두 가지 이상의 열원) 히트펌프
열 공급 형식	Air-to-Air, Water-to-Air, Water-to-Water 히트펌프
사용 에너지	전기, 가스, 하이브리드(전기+가스) 히트펌프
용도	산업용, 상업용, 가정용 히트펌프

- 기후변화에 대한 우려와 탄소 배출 감축의 필요성이 전 세계적으로 대두됨에 따라 화석연료의 의존도 감소, 에너지 효율 제고 및 지속 가능성 측면에서 미래 성장 가능성이 큰 기술 분야



<그림 1> 히트펌프 개념도<sup>1)</sup>

1) 출처: <https://www.cloverleafmaintenance.co.uk/> 재구성

## 1.2 히트펌프 시장 동향

- 국제 에너지 기구<sup>2)</sup>에 따르면, 히트펌프는 2030년까지 전 세계 CO<sub>2</sub> 배출량을 최소 5억 톤<sup>3)</sup> 감축할 수 있는 잠재력을 보유하고 있으며, 히트펌프와 재생에너지의 시너지 효과가 강화되어 전통적 냉·난방 시스템의 대안이 될 것으로 전망
- 히트펌프 도입을 장려하기 위해 국가별로 다양한 정책을 시행 중이며, 이는 히트펌프 시장 확대의 요인으로 작용
  - (미국) 주거용 히트펌프 설치 관련 2025년까지 4,500만 달러 상당의 인센티브 배정
  - (뉴질랜드) Warmer Kiwi Homes 프로그램을 통해 히트펌프 설치 비용의 90% 지원
  - (중국 베이징) 15만 대의 석탄 보일러를 공기열 히트펌프 교체하기 위해 가정당 약 3,600달러의 보조금 지원
  - (호주) 호주 전역에서 히트펌프 설치에 대한 리베이트 제공
  - (캐나다) 'CleanBC Better Homes' 또는 'Home Renovation Rebate' 프로그램을 통해 기존 히트펌프를 고급 전기 히트펌프로 대체하는 경우 1,000 달러의 리베이트 제공
- 히트펌프는 기후 민감성 제품으로 히트펌프가 설치되는 지역의 지리적 위치와 가용 에너지의 종류가 히트펌프의 효율성에 영향을 미치는 특성을 보여, 대륙별로 뚜렷한 특징을 보이는 시장 구조
  - (유럽) 소형 보일러 위주에서 히트펌프로 전환이 예상되는 연평균성장률이 가장 높은 시장
  - (북미) 광활한 대지 면적을 보유하고 있는 대용량 대형 냉동기 위주의 Unitary 시장
  - (중동·아프리카) 덥고 건조한 기후적 특성으로 인해 냉방 수요 중심의 시장
  - (아시아·태평양) 가정용 냉/난방 중심에서 비주거용(산업용, 상업용) 히트펌프로의 확대가 예상되는 규모가 큰 시장

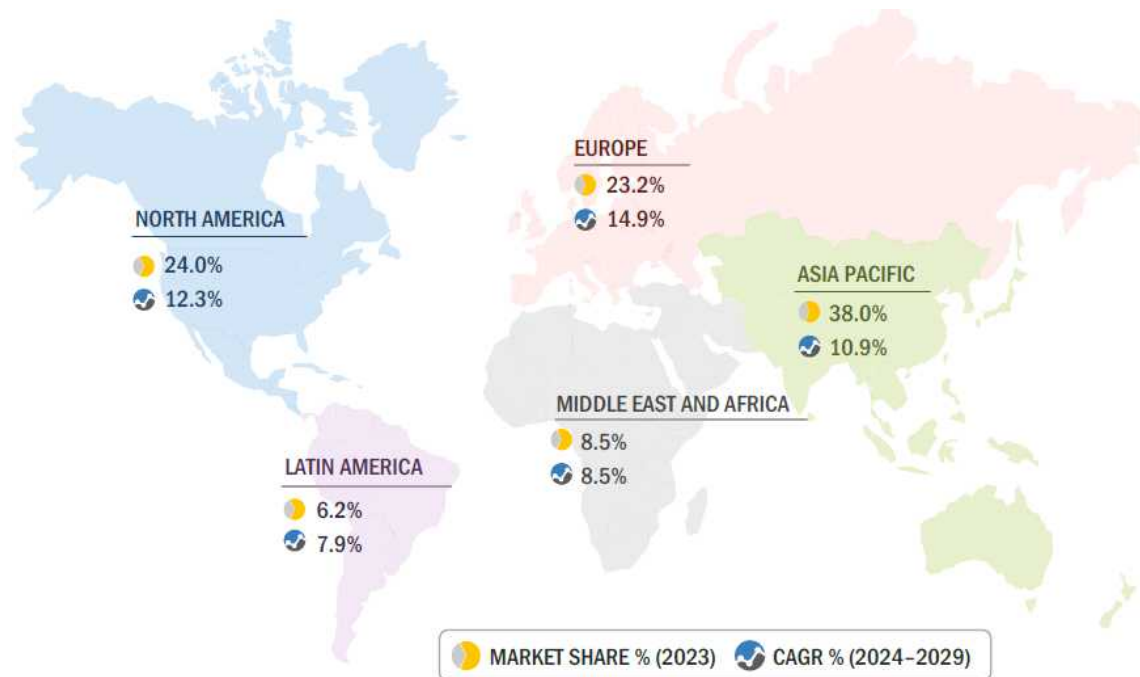
2) IEA, International Energy Agency

3) 현재 유럽의 모든 자동차 CO<sub>2</sub> 연간 배출량의 합이 5억 톤 수준



□ 글로벌 시장 동향<sup>4)</sup>

- 글로벌 히트펌프 시장은 2024년 약 900억 달러 수준에서 2029년까지 약 1,570억 달러(CAGR 11.8%)에 이를 것으로 추정
  - 기후변화에 대한 우려, 탄소 배출 감축 필요성 대두, 전통적 난방 연료 가격 상승, 관련 정책 등이 시장 확대의 주요 원인

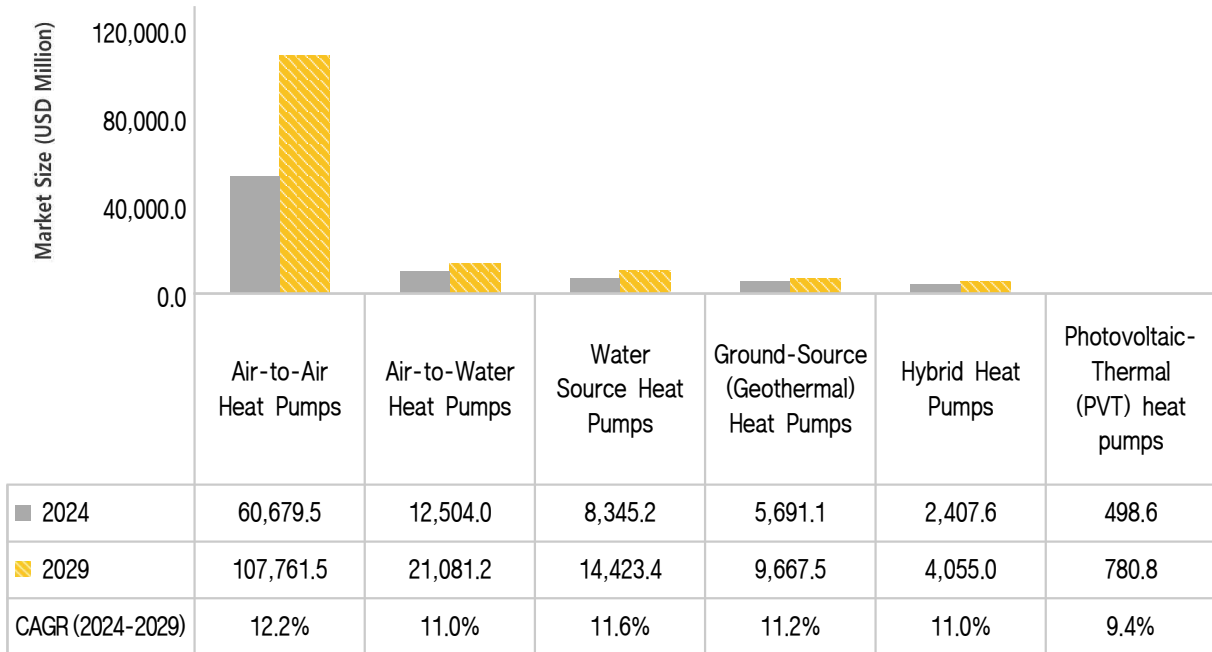


<그림 2> 지역별 히트펌프 시장 동향

- 지역별로는 아시아-태평양 지역이 38.0%로 가장 크며 해당 수요의 대부분이 중국에 집중, 빠른 도시화 및 산업 확장으로 히트펌프의 가장 큰 시장이 될 것으로 예상
  - 아시아-태평양 지역에 이어 북미(24.0%), 유럽(23.2%), 중동 및 아프리카(8.5%), 남미(6.2%) 순으로 점유
  - 중국과 일본은 공기열원 히트펌프가 높은 비중을 차지, 미국과 캐나다는 수열·지열원 히트펌프를 중심으로 시장이 성장, EU는 프랑스와 이탈리아를 중심으로 Air-to-Air 제품군이 압도적 비중을 차지하며 강세를 보이고 있음

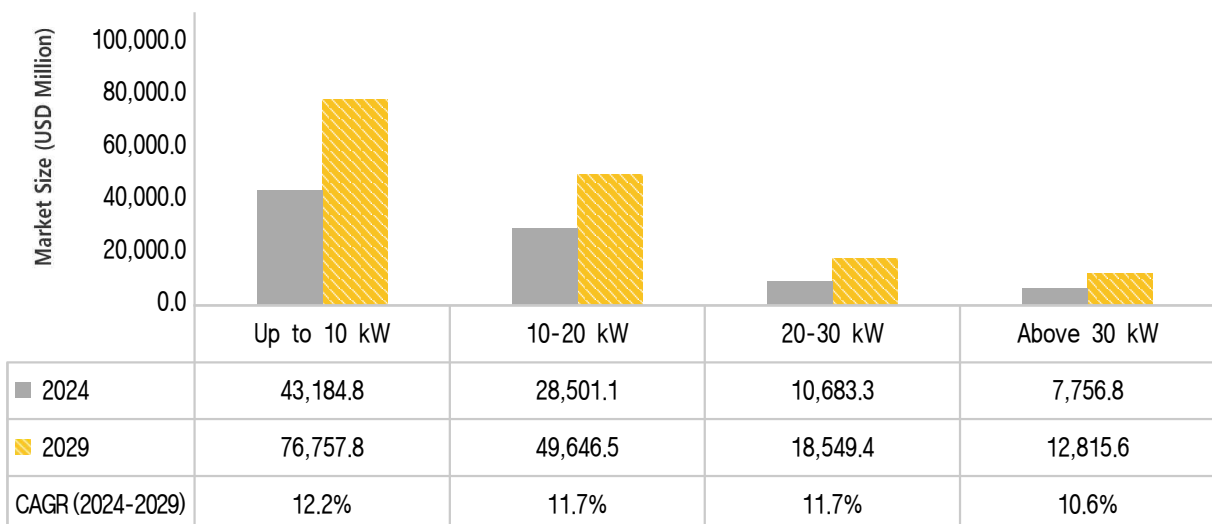
4) MarketsandMarkets, Heat Pump Market - Forecast to 2029, 2024..2

- 열원 및 열공급 방식별로는 공기열-난방(Air-to-Air) 히트펌프가 전체의 67.3%를 차지하며 공기열-급탕(Air-to-Water)(13.9%), 수열원(9.3%), 지열원(6.3%), 하이브리드(2.7%) 히트펌프 순



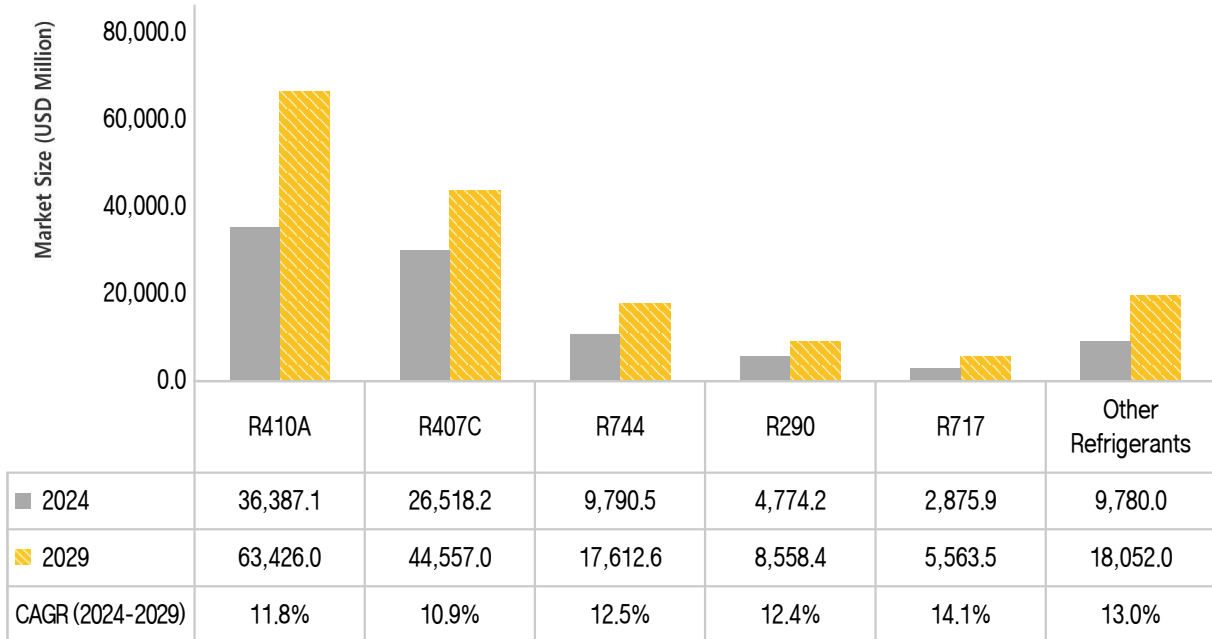
<그림 3> 열원 및 열공급 방식별 히트펌프 시장 동향

- 용량별로는 10 kW 미만 규모의 히트펌프가 전체의 47.9%를 차지하며 10~20kW(31.6%), 20~30 kW(11.9%), 30 kW 이상(8.6%) 규모의 히트펌프 순



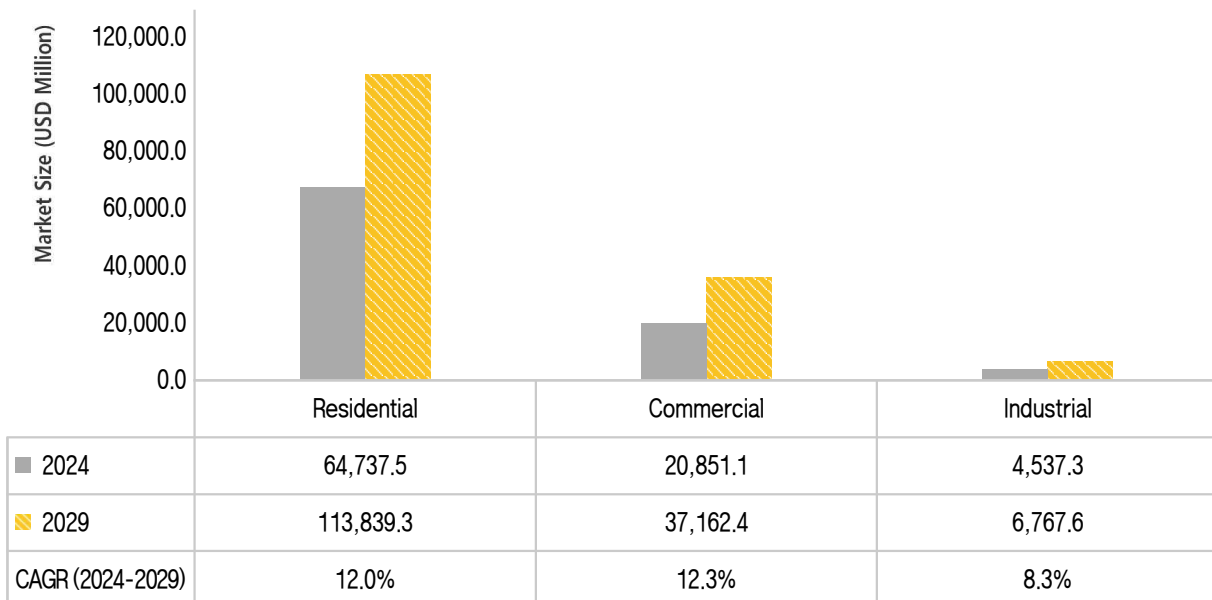
<그림 4> 용량별 히트펌프 시장 동향

- 냉매 종류별로는 R410A 히트펌프가 전체의 40.4%를 차지하며 R407C(29.4%), R744(10.9%), R290(5.3%), R717(3.2%) 냉매를 사용하는 히트펌프 순



<그림 5> 냉매 종류별 히트펌프 시장 동향

- 용도별로는 가정용 히트펌프가 전체의 71.8%를 차지하며 상업용(23.1%), 산업용(5.0%) 순



<그림 6> 용도별 히트펌프 시장 동향

□ 국내 시장 동향<sup>5)</sup>

- 국내 히트펌프 시장은 2023년 기준 30.2억 달러 수준으로 아시아-태평양 지역 내에서 약 9.8%를 차지하고 있으며, 친환경·탄소중립 관련 정책을 동력으로 시장 규모는 지속적 증가 추세(CAGR(2024-2029) 9.5%)
- 용도별로는 주거용 히트펌프가 68.5%를 차지하며 상업용(23.5%), 산업용(8.0%) 히트펌프 순

〈표 2〉 한국의 용도별 히트펌프 시장 현황 및 전망(USD, Million)

분야/년도	2024	2025	2026	2027	2028	2029	CAGR (2024-2029)
주거용	2,256.3	2,448.2	2,660.6	2,895.3	3,155.8	3,445.3	8.8%
상업용	775	856.9	948.9	1,051.9	1,167.9	1,298.6	10.9%
산업용	263.1	289.7	319.2	353	390.6	432.9	10.5%
총합	3,294.5	3,594.9	3,928.7	4,300.2	4,714.4	5,176.8	9.5%

- 용량별로는 10 kW 미만 규모의 히트펌프가 전체의 49.2%를 차지하며 10~20 kW(31.1%), 20~30 kW(12.4%), 30 kW 이상(7.3%) 규모의 히트펌프 순

〈표 3〉 한국의 용량별 히트펌프 시장 현황 및 전망 (USD, Million)

용량/년도	2024	2025	2026	2027	2028	2029	CAGR (2024-2029)
~10 kW	1,621.5	1,772.4	1,940.4	2,127.6	2,336.5	2,570.2	9.7%
10~20 kW	1,024.6	1,118.4	1,222.6	1,338.7	1,468.1	1,612.6	9.5%
20~30 kW	407.8	441.8	479.3	520.7	566.7	617.6	8.7%
30~ kW	240.7	262.4	286.4	313.2	343.1	376.4	9.4%
총합	3,294.5	3,594.9	3,928.7	4,300.2	4,714.4	5,176.8	9.5%

5) Markets and Markets, "Heat Pump Market by Technology, Application, End User", 2024.3.

### 1.3 국내·외 열에너지 주요 정책 동향

#### <국외 열에너지 주요 정책 동향>

##### □ EU의 Heat Roadmap Europe 4(HRE4)<sup>6)</sup>

- (배경) 열에너지 통계적 근거자료의 미비로 인한 정책입안자-투자자 간 불확실성 존재
  - 장기적 변화에 대한 지식 부족으로 효율적 전략 수립 애로
- (목적) 통계 기반의 열에너지 정책 및 저탄소 전략 기반 구축
  - 2012년 1차를 시작으로 2차(2013), 3차(2015), 4차(2019) 수립
- (내용) 14개 국가<sup>7)</sup>의 열에너지 정량화 및 장기적인 저탄소 열에너지 운영전략인 Heat Roadmap 설정
  - 14개국의 전체 최종에너지 소비 중 열에너지의 비중은 50%이며, 대부분의 열에너지가 건물 및 산업용에 활용
    - \* 열에너지 대부분이 난방 및 공정열로 활용(열에너지 소비의 86%, 최종에너지 소비의 43%)
  - 열에너지 대부분이 화석연료(66%)를 통해 생산
    - \* 연료 세부 비중은 가스(42%), 석유(12%), 석탄(8%), 기타(4%)로 구성
    - \* 화석연료 외에는 신재생에너지 13%, 전력 12%, 지역난방은 9%에 불과
- (성과) 통계기반의 체계적 정책 수립 및 효율적인 인프라 개선
  - 지역, 국가 또는 EU 수준에서 15개 이상의 정책 개선
  - EU에서 저장 가능한 화석연료의 용량 설정(최대 300 GWh/y)
  - EU의 냉난방(가열/냉각) 순 비용 축소를 위한 투자(3조 유로)의 정량화

6) Heat Roadmap Europe, <https://heatroadmap.eu/>

7) 오스트리아, 벨기에, 체코, 독일, 스페인, 핀란드, 프랑스, 헝가리, 이탈리아, 네덜란드, 폴란드, 루마니아, 스웨덴, 영국

## <국내 열에너지 주요 정책 동향>

### □ 제3차 에너지기본계획(2019~2040)(2019.6.)<sup>8)</sup>

#### ○ 에너지 소비구조 혁신을 포함한 5가지 중점 추진 과제 설정

##### <표 4> 제3차 에너지기본계획 비전 및 중점과제

###### <비전> 에너지 전환을 통한 지속가능한 성장과 국민 삶의 질 제고

###### ① 에너지정책 패러다임을 소비구조 혁신 중심으로 전환

- 소비효율 38% 개선('17년 대비), 수요 18.6% 감축('40, BAU 대비)
- 부문별 수요관리 강화, 수요관리 시장 활성화

###### ② 깨끗하고 안전한 에너지믹스로 전환

- 원전은 점진적으로 감축하고 석탄은 과감하게 감축
- 재생에너지 발전비중 30~35%('40)로 확대
- 미세먼지를 저감하고 2030 온실가스 감축로드맵 이행

###### ③ 분산형·참여형 에너지 시스템 확대

- 분산형 전원 확대, 계통체계 정비
- 전력 프로슈머 확대, 지자체 역할·책임 강화

###### ④ 에너지산업의 글로벌 경쟁력 강화

- 재생에너지, 수소, 효율연계 산업 등 미래 에너지산업 육성
- 전통에너지산업 고부가가치화, 원전산업 핵심생태계 유지

###### ⑤ 에너지전환을 위한 기반 확충

- 전력·가스·열 시장제도 개선
- 에너지 빅데이터 플랫폼 구축

#### ○ 미활용 열사용 확대, 비전기식 냉방 확대, LNG 냉열 활용 확대를 주요 과제로 선정

- 국가 열 활용 플랫폼 구축, 지역별 미활용 폐열 연계 지원, 가스냉방, 수소 연료전지 사업 연계 비즈니스 창출 위한 기술·제도 정비

#### ○ 중장기적으로 전력과 비전력 에너지를 연계한 통합 에너지시장을 구축하고 관련 사업자 육성

- 전기, 열, 가스 등을 함께 공급하거나, 지역 내에서 가장 비용 효율적인 에너지원을 선택하고 에너지원 간 전환을 통해 서비스 제공 허용

8) 산업통상자원부, 제3차 에너지기본계획, 2019.6.4.

□ 제5차 집단에너지 공급기본계획(2020.2., 2024년 6차 개정 예정)<sup>9)</sup>

- 집단에너지사업법 제3조에 따라 5년마다 수립하는 계획으로, 1993년 1차 공급계획 수립 이후, 2020. 2월까지 제5차 공급기본계획 발표
  - 집단에너지 공급에 관한 중장기 계획, 집단에너지 공급의 대상 및 기준, 집단 에너지 공급에 따른 에너지 절약목표 및 대기오염물질 배출량의 감소 목표 제시
- 5차 계획의 주요 내용으로는 △집단에너지 공급 중장기 계획 제시, △집단에너지 공급의 대상 및 기준 설정, △집단에너지 공급에 따른 에너지 절약목표 및 대기오염물질 배출량 감소목표 설정 및 △그 밖에 집단에너지 공급에 관하여 필요하다고 인정하는 사항 제시 등을 포함
  - (1~4차 실적) 37개 지역사업자가 311만호에 냉난방열 및 전기를 공급(2018년), 2018년 기준 4차 계획 목표(43개) 대비 46개 사업장에 공급하여 목표 달성
  - (5차 계획) 2023년까지 2018년 대비 약 31% 증가한 총 408만호로 확대 목표, 허가 후 건설 중인 산업단지 사업장은 5개로 2023년까지 신규 공급 추진 및 LNG 열병합발전소 등 분산에너지를 통한 집단에너지 공급 확대에 집중

<표 5> 제5차 집단에너지 공급기본계획(2020~2024) 세부 내용

① 분산에너지 확대

- LNG 열병합 발전소 확대
  - 수요지 인근 설치, 분산형 전원 보상 개선
- 열분야 에너지 전환 추진
  - 저온 열공급망 기반마련(4세대 지역난방)
  - 열거래 개선: 열수송관을 통한 열거래 제도기반 구축
  - 미활용열 활용 지원: 국가열지도 연계
  - 집단에너지 열통계체계 개선
- 지역주도의 거버넌스 강화

② 청정 분산에너지 확산

- 친환경 열공급 확산
- 수소 연료전지, 재생에너지 활용
- 열공급 효율향상으로 에너지 절감

③ 분산에너지 소비자 편의성, 복지강화

- 사용자 불편 해소 및 서비스관리제도 시행(스마트 계량기, 원격 검침 등)
- 열에너지 복지 향상, 비상열공급 체계 구축

9) 산업통상자원부, 제5차 집단에너지 공급기본계획, 2020.3.2.

**④ 분산에너지 요금제도 개편**

- 합리적 요금제도 개편
- 소규모사업자 중심 경영안정화 지원
- 신규수요 발굴을 통한 경제성 제고

**⑤ 분산에너지 공급 안전성 강화**

- 열수송관 안전관리 강화, 안전관리비용 지원
- 열수송관 진단·모니터링 첨단기법 도입
- 사고대응 네트워크 개선, 사업장·사용자 안전관리 강화

□ 에너지효율향상 의무화제도(EERS<sup>10)</sup>)

- 정부가 설정한 에너지 효율 향상 목표의 달성을 위해 전력·가스·난방 등 에너지 공급자에게 개별적인 에너지 의무 절감량 배분
  - 달성하지 못할 경우 범칙금을 부과하거나 크레딧 거래시장에서 인증서를 확보토록 하여 국가 전체적인 에너지 효율을 향상시키는 제도
  - 신재생발전 의무할당제(RPS<sup>11)</sup>)와 유사한 개념이나 공급확보 측면보다는 수요 절감에 목적을 두고 있음
- 산업부에서 2018년 5월 고시 ‘에너지공급자의 수요관리 투자사업 운영규정’ 개정을 통해 제도 도입
  - 2018년 한국전력공사를 대상으로 EERS 시범사업
  - 2019년부터 한국가스공사, 한국지역난방공사가 시범사업 대상에 포함되면서 보일러(가스공사), 배관, 급탕 열교환기(한난) 등 열기기 일부 포함

<표 6> EERS 추진 계획(안) (출처: 한국지역난방공사 집단에너지컨퍼런스, 2020)

구분	2018	2019			2020		
시행대상	한전	한전	가스공사	한난	한전	가스공사	한난
절감목표 비율 (%)	0.15	0.2	0.02	0.15	0.2	0.02	0.15
에너지 절감량*	746	1,015	50	20	1,052	52	37
사업수 (개)	12	15	5	5	23	5	5
투자예산 (억원)	1,631	922	61	19	1,192	80	20

\* 에너지절감량 = (전전년도 연간 에너지 판매량)×목표비율(%)

10) Energy Efficiency Resource Standards

11) Renewable Portfolio Standard



## 2. 주요 분야별 기술 동향

### 2.1 히트펌프의 주요 기술 분야

- 본 보고서에서는 출연연의 특성 및 산업계와의 시너지 효과를 고려하여 산업용 히트펌프, 카르노 배터리, 미활용 에너지 히트펌프, 열에너지 네트워크의 4개 분야를 히트펌프의 주요 기술 분야로 선정함
- (산업용 히트펌프) 폐열 및 미활용 열원을 이용하여 산업공정에 필요한 열을 공급하는 히트펌프로 주로 100℃ 이상의 고온열(증기)을 생산하여 공급
- (카르노 배터리) 대용량의 잉여전력을 300℃ 이상의 고온 열에너지 형태로 저장하였다가, 필요시 전력으로 변환하여 고온열 수요-공급의 완충 역할을 하는 기술로 히트펌프가 중요한 역할을 함  
\* 카르노 배터리는 열 생산, 열 저장, 발전(열 → 전기)의 세 부분으로 구성
- (미활용 에너지 히트펌프) 미활용 에너지<sup>12)</sup>의 효율적 활용을 목적으로 각 열원 특성 및 수요처의 온도 영역을 고려하여 열을 공급하는 히트펌프, 기존 히트펌프에 열회수 시스템을 추가하여 구성됨
- (열에너지 네트워크) 건물이나 지역 단위로 열에너지를 효과적으로 분배하여 열에너지의 수요와 공급의 균형을 맞추고 에너지 이용 효율을 높이는 기술로, 단순한 열에너지원의 공유를 넘어 생산·소비를 통한 에너지 거래 개념으로 확장

12) 미활용 에너지: 산업폐열, 소각열, 지역난방 잉여열 등 에너지원으로서 활용 가치가 있지만 경제적 또는 기술적 한계로 이용되지 못하고 버려지는 잉여 에너지

## 2.2 주요 분야별 기술 동향

### □ 산업용 히트펌프

#### ○ 국외 기술 동향

- 유럽 및 일본의 선진 업체에서 TRL 9 수준의 기술력 보유하고 있으며 최대 165℃ 수준의 열을 생산하는 히트펌프 개발 완료
- (주요 업체) 고베스틸(일본), AMT(독일), Skala Fabrik AS(노르웨이), Piller(독일), Spilling(독일) 등

<표 7> 산업용 히트펌프 주요 업체/기관별 기술 동향

업체/기관명	국가	기술 동향
고베스틸	일본	스크류 압축기 기반으로 120℃ 수준의 스팀을 생산하고, 생산된 스팀을 기계식 스팀 재압축기(MVR <sup>13)</sup> )로 165℃까지 승온하여 활용 중
AMT	독일	138℃ 수준의 고온 생산이 가능한 히트펌프 시스템을 식품 공정에 적용하여 실증운전 수행
Skala Fabrik AS	노르웨이	115℃ 수준의 고온 생산이 가능한 히트펌프 시스템을 식품 공정에 적용하여 실증운전 수행
Piller, Spilling	독일	최대 용량 10MW, 최고 온도 240℃의 스팀을 생산하여 공급할 수 있는 역량 보유, MVR 적용 실증 운전 수행

#### ○ 국내 기술 동향

- 2010년 중반부터 2020년 초반에 이르기까지 정부 지원 과제로 300kW 120℃ 급 스팀 히트펌프 개발, 동시 냉·난방 히트펌프 개발, 165℃ 급 스팀 히트펌프 개발 등의 연구를 수행
- 2023년 이후 정부 지원 과제로 3MW급 이상의 산업용 히트펌프 개발/실증, 대용량 무급유 터보압축기 적용 히트펌프 등 개발 진행 중
- (주요 업체) LG전자, 센추리, 태양전기, 귀뚜라미범양냉방, 매그플러스, 삼천리 에너지 플러스 등
- (주요 기관) 한국기계연구원, 한국에너지기술연구원, 한국생산기술연구원 등

13) MVR: Mechanical Vapor Recompression

〈표 8〉 산업용 히트펌프 주요 업체/기관별 기술 동향

업체/기관명	기술 동향
LG전자	터보압축기 및 스크류 압축기 바탕으로 대용량 고효율 산업용 히트펌프 시장 선도
센추리	터보압축기를 바탕으로 칠러 상용 다각화 진행
(주)태양전기, 귀뚜라미범양냉방	120℃ 스팀 히트펌프 기술을 바탕으로 상용화 진행 및 165℃ 스팀 히트펌프 개발 중
매그플러스	자기베어링 기술을 적용하여 무급유 터보 압축기 및 히트펌프 기술 개발 중
한국기계연구원	Low GWP 냉매, 물 냉매, 300℃ 히트펌프 개발 기술 등 선행 기술 연구 진행
한국에너지기술연구원	자연냉매(공기) 적용 극저온 적용 기술 개발 중
한국생산기술연구원	히트펌프 사이클, 고온 응축기 설계 기술 개발 중

## ○ 이슈 및 전망

- 기존 보일러를 대체하기 위한 스팀 히트펌프 시스템의 압축기 및 열교환기의 최적 설계, 스팀 히트펌프와 MVR의 연계 설계기술 등은 국내 미확보
- 산업용 스팀 히트펌프 적용 최적화 모델을 기반으로 제지·식품·화학 등 다양한 공정에 확대 적용 가능
- 탄소 배출 규제 대상 산업공정에 히트펌프 기술 적용에 따른 열에너지 생산비용 절감 및 탄소 배출량 저감을 기반으로 신규 공정 적용 및 기존 공정 대비 최적화 컨설팅 등 신시장 개척 기대

## □ 카르노 배터리

## ○ 국외 기술 동향

- (열 생산) 고온의 열을 만들기 위해 전기히터를 사용하거나 좀 더 효율을 높이기 위해 히트펌프를 활용하는 추세이며, 작동유체의 상변화를 수반하는 Rankine 사이클 또는 아르곤, 공기 등 기체를 활용하는 Brayton 사이클 적용
- (열 저장) 화산암과 같은 암석에서부터 콘크리트, silica sand, graphite 등의 고체 열저장이 주류를 이루고 있으며, 이외에도 용융염을 이용하거나 금속 화합물 상변화를 활용하는 등 다양한 열저장 매체에 관한 연구가 진행 중

- (발전) Malta Inc.는 기존의 석탄화력발전소를 카르노 배터리로 전환하는 프로젝트를 진행하고 있고, 영국의 Highview와 이탈리아의 Energy Dome은 각각 액체 공기와 CO<sub>2</sub>를 발전 사이클에 활용하는 소규모 플랜트를 이미 실증완료하고 수십~수백 MWh 규모의 스케일업 진행 중
- (주요 업체) DLR(독일), General Electric(미국), Malta Inc.(미국), DAYS Energy(미국), SIEMENS(독일), ABB(스위스) 등
- (주요 기관) DOE<sup>14)</sup>(미국), 에너지종합공학연구소(일본) 등

<표 9> 카르노 배터리 국외 주요 업체/기관별 기술 동향

구분	업체/기관명	국가	기술 동향
열 생산	DRL	독일	400°C급 히트펌프 연구, Cascade 다단압축 히트펌프 개념연구, 공기를 작동유체로 하는 리버스 브레이튼 사이클 개념연구, 300°C 이상 저장 가능한 액체 열저장 pilot 시스템 개발 등
	General Electric	미국	400°C급 히트펌프 연구, CO <sub>2</sub> 를 작동유체로 하는 Trans-critical 히트펌프 개념연구 등
	Siemens Gamesa	독일	600°C 열생산 전기히터, 1,000톤 분량의 Rock 열저장, 그리고 스팀 발전을 결합한 130MWh 카르노 배터리 플랜트 실증
열 저장	KRAFTBLOCK	독일	가동 범위 350~1300°C 수준 자갈 형태의 고체 열저장 매체를 자체 개발
	EnergyNest	노르웨이	390°C 고온에서 운용 가능한 콘크리트 기반 열저장 시스템 연구
	Arkansas 대학	미국	500°C 고온에서 운용 가능한 콘크리트 기반 열저장 시스템 연구
	Argonne National Lab. <sup>15)</sup>	미국	MgCl <sub>2</sub> 를 이용한 상변화물질을 활용하여 700°C까지 운용 가능한 액체 열저장 시스템 개발
발전	Malta Inc.	미국	Duke Energy사의 석탄화력발전소를 브레이튼 사이클 기반의 PHES (Pumper Heat Electrical Storage) 시스템으로 대체하는 프로젝트 진행
	Highview	영국	맨체스터 캐링턴에 LAES(liquid air energy storage) 기술을 적용하여 300MWh의 세계 최대 규모 장주기에너지저장 프로젝트 진행
	Energy Dome	이탈리아	CO <sub>2</sub> 의 압축과 팽창을 이용하여 에너지 저장과 발전을 수행함. 사르데냐섬에 4MWh 용량에 2.5MWe 전력을 생산하는 실증 플랜트 건설

14) DOE(Department of Energy): 미국 에너지부

15) Argonne National Lab.: 미국 DOE 산하의 국가 연구소

## ○ 국내 기술 동향

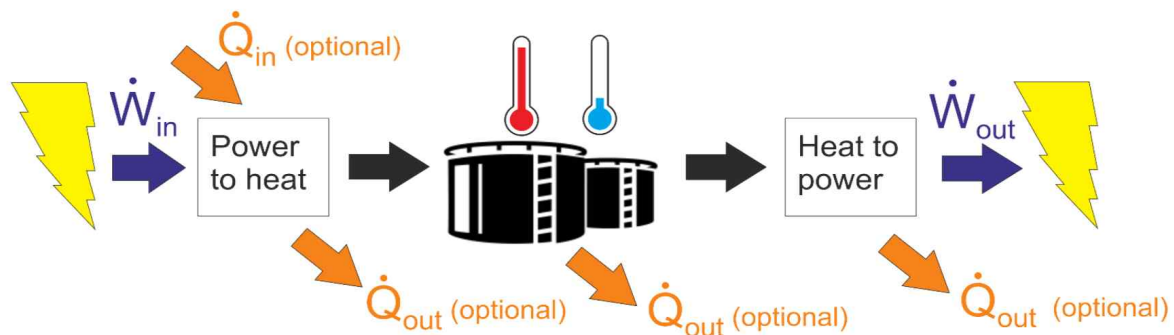
- (열 생산) 카르노 배터리의 낮은 충방전효율(RTE)을 높이기 위해 고온 히트펌프를 활용하여 300℃ 이상 고온열을 생산하는 연구 진행 중, 고온가스(HTG)에서 수소 생산 및 산업공정 활용을 위해 생산한 750℃ 이상의 고온열의 에너지를 카르노 배터리 열원으로 활용 가능
- (열 저장) 고온 특성이 좋은 콘크리트와 모래 등의 고체 열저장 매체가 주목받고 있으며, 콘크리트 배합 최적화를 통해 사용 온도를 850℃까지 높이는 연구 진행 중
- (발전) 탄소중립 로드맵에 따라 향후 폐지 예정인 석탄화력발전소 대지와 발전 설비의 재활용이 가능하다는 점이 카르노 배터리 기술의 장점으로 인식
- (주요 업체) SK에코플랜트, 두산에너빌리티, 삼성물산 등
- (주요 기관) 한국기계연구원, 한국원자력연구원, 한국에너지기술연구원, 군산대학교, 아주대학교, 전력연구원 등

〈표 10〉 카르노 배터리 국내 주요 업체/기관별 기술 동향

구분	업체/기관명	기술 동향
열 생산	한국기계연구원	공기 브레이튼 사이클 적용 300℃ 이상 고온 히트펌프 기술 연구
	한국원자력연구원	고온가스 활용 750℃ 이상의 고온을 내는 열 생산·이용 시스템 개발
	SK에코플랜트	고온에서 작동하는 SOFC 이용 전력생산 과정에서 350℃ 이상 고온열 생산
열 저장	한국기계연구원	Packed-bed 타입 300℃급 콘크리트 열저장 연구, 용융염(액체현열) 기반의 500℃ 이상 초고온 저장기술, 용융염 부식방지/축열조 설계기술 등
	한국에너지기술연구원	Sand-금속 복합 열저장 기술 연구, 석탄화력 Retrofit 목적 고온 열저장 소재 연구, 액체 금속 열저장 타당성 연구 등
	군산대학교	초고성능 콘크리트 이용 400℃ 이상 반복 열사이클 연구
	아주대학교	중온(200~400℃) 및 고온(400~600℃) 영역에서 활용을 목표로 용융염 이용 고온 열저장 시스템 연구
	두산에너빌리티	콘크리트 배합 최적화를 통해 850℃급 열저장 매체 개발
	전력연구원	콘크리트 이용 600℃ 수준 열에너지 저장 기술 연구, 미국 전력연구원 (EPRI)과의 협업으로 특수 콘크리트 열 저장재 개발 및 실증 연구
발전	한국에너지기술연구원	공기 브레이튼 히트펌프/콘크리트 열저장/스팀 발전 관련 연구
	전력연구원	향후 폐지 예정인 화력발전설비의 재이용을 위한 시스템 엔지니어링 및 최적 전력-열변환 설비 기술
	한국원자력연구원	550℃ 고온을 목표로 알칼리 금속 기반의 고체전해질을 이용한 열저장 시스템 및 열-전기 직접변환장치 연구
	삼성물산	그린수소 암모니아 및 수소화합물 혼소발전 등 친환경에너지 사업에서 경쟁력 보유

## ○ 이슈 및 전망

- 글로벌 이슈인 탄소중립 대응과 신재생에너지의 간헐성 문제 극복 방안으로 대용량 에너지 저장에 관련된 해법이 필요, 순차적 폐지가 예정된 석탄화력 발전의 적기 활용 방안으로 장주기 대용량 ESS 기술 고도화 필요
- 카르노 배터리 충전 기술이 확보된다면 기보유 석탄발전 설비 운영 및 유지 보수 기술을 기반으로 신속한 실증 및 사업화가 가능할 것으로 기대



<그림 7> 카르노 배터리 시스템의 기본 원리<sup>16)</sup>

## □ 미활용 에너지 히트펌프

## ○ 국외 기술 동향

- (수열 히트펌프) DAIKIN\*, YORK, CARRIER등에서 개발 및 제품화 완료하여 판매 중  
\* 미국 YMCA 건물에 호수 열원 구동 히트펌프 설치
- (지열 히트펌프) Climate Master, Waterfurnace, FHP(Florida Heat Pump) 등의 미국 업체가 높은 시장 점유율을 보이며, Trane, DAIKIN 등 전통적 냉동공조 업체에서도 지열 히트펌프 제품을 출시하였음
- (폐열 히트펌프) 네덜란드 HEINEN & HOPMAN에서 다양한 폐열원으로부터 열에너지를 공급받아 냉수를 생산할 수 있는 흡수식 칠러를 제품화하여 판매 중

16) 출처: Novotny et al., Energies, 2022)

- (주요 업체) DAIKIN(일본), York(미국), Carrier(미국), Climate Master(미국), Waterfurnace(미국), FHP(미국), HEINEN & HOPMAN(네덜란드)

<표 11> 미활용 에너지 히트펌프 주요 국외 업체/기관별 기술 동향

업체/기관명	국가	기술 동향
DAIKIN	일본	Water source heat pump를 상용화하여 8개 모델을 판매 중에 있으며, 제품 용량은 0.5 ~ 25 Tons 수준
York	미국	Water source heat pump를 상용화하여 7개 모델을 판매 중에 있으며, 제품 용량은 0.5 ~ 30 Tons 수준
Carrier	미국	Water source heat pump를 상용화하여 10개 모델을 판매 중에 있으며, 제품 용량은 0.5 ~ 30 Tons 수준
Climate Master	미국	Geothermal heat pump를 상용화하여 12개 모델을 판매 중에 있으며, 제품 용량은 0.5 ~ 70 Tons 수준
Waterfurnace	미국	Geothermal heat pump를 상용화하여 11개 모델을 판매 중에 있으며, 제품 용량은 1.5 ~ 15 Tons 수준
FHP	미국	Geothermal heat pump를 상용화하여 15개 이상의 모델을 판매 중에 있으며, 제품 용량은 1 ~ 17.5 Tons 수준
HEINEN & HOPMAN	네덜란드	폐열을 활용하여 냉수를 생산하는 absorption chiller 1개 모델을 판매 중에 있으며, 제품 용량은 45.6 ~ 1,000 Tons 수준

#### ○ 국내 기술 동향

- (수열 히트펌프) LG전자, 하이에어공조, 부스타 보일러 등에서 수열원 구동 히트펌프 제품화를 완료하였고, 롯데월드타워에서는 수열에너지를 활용하여 3,000RT(전체의 10% 수준)급 부하에 대응 중이며, 영동대로 복합환승센터, 삼성서울병원, 무역센터 등에서도 수열 히트펌프 활용 예정
- (지열 히트펌프) 중소 업체를 중심으로 주택이나 온실의 냉난방 공급에 활용되고 있으며, 자연 냉매나 Low GWP(Global Warming Potential) 냉매를 적용한 히트펌프 기술 개발 추진 중
- (폐열 히트펌프) 하수폐열 이용 냉난방 및 급탕 설비(한국전력), 양식장 해수열원 공급 시스템(여수), 하수처리수 이용 지역 난방(서남물재생센터) 등이 추진됨
- (주요 업체) LG전자, (주)하이에어공조, (주)부스타 보일러 등
- (주요 기관) K-water, 한국전력, 서울물재생시설공단 등

&lt;표 12&gt; 미활용 에너지 히트펌프 주요 국내 업체/기관별 기술 동향

업체/기관명	기술 동향
LG전자	수열원 구동 히트펌프 제품 출시, 부천 굴포천에 버려지는 하천수에 히트펌프를 적용하여 인근지역에 난방열 공급 <sup>17)</sup>
(주)하이에어공조, (주)부스타 보일러	수열 히트펌프 제품화
K-water	하천수 냉난방 및 재생열 하이브리드 시스템 기술개발 사업 수행, 한강 유역 본부에 하천수 열원을 활용하는 시스템 설치·실증
한국전력	속초생활연수원 하수폐열 이용 냉난방 및 급탕 설비 <sup>18)</sup>
서울물재생시설공단	하수폐열 이용 지역난방열 생산 시설 구축 (탄천물재생센터 및 서남물재생센터)

## ○ 이슈 및 전망

- 열교환기 fouling, 동절기 히트펌프 가동률, 수열 및 지열 회수 배관 수충격 등의 문제를 극복하기 위한 기술 개발 필요
- 2050 탄소중립 달성 관련하여 미활용 에너지에 대한 관심 제고, 폐열에너지 활용 히트펌프에 대한 수요 증가 예상

## □ 열에너지 네트워크

## ○ 국외 기술 동향

- 에너지 효율성을 높이고 지속 가능한 에너지 공급을 목표로 다양한 분야에서 열에너지 네트워크 거래가 형성
- 코펜하겐, 파리 등에서는 다양한 출처의 폐열·지열 에너지를 활용한 온수 시스템을 구축하여 지역난방과 온수 공급에 활용 중이며, 비엔나 등에서는 주변 지역의 에너지 네트워크와 통합하여 잉여 열에너지를 교환

&lt;표 13&gt; 열에너지 네트워크 적용 국외 사례

지역	사례
덴마크 코펜하겐	지하 파이프를 통한 공간 난방 및 온수 공급
프랑스 파리	건물 냉·점난방을 위한 온수 분배 열에너지 네트워크
핀란드 헬싱키	재생에너지 활용 온수 생산 및 공급
오스트리아 비엔나	바이오매스 시설 및 폐기물 소각장의 폐열을 활용한 주거 및 상업시설 열에너지 공급
스웨덴 스톡홀름	열병합발전소-폐기물소각장-히트펌프 열원 조합을 활용한 지역난방 네트워크

17) 투데이에너지, “LG전자, 국내 최초 수열원 히트펌프 가동”, 2012.4.19.

18) 매일경제, “[미활용에너지가 대안이다]하수·폐기물·지열 잘만 가꾸면 원자력 안 부럽다”, 2013.2.4.



○ 국내 기술 동향

- 한국에너지기술연구원 등에서 열에너지 네트워크를 위한 고온 히트펌프 기술, 열에너지 네트워크 실증 등 관련 연구 진행 중
- 지역난방공사의 온수가 열수송관망을 통하여 각 수요처로 공급되는 구조, Smart ZEC과제가 2018년부터 진행되고 있으나 기초적인 연구개발 수준임

<표 14> 열에너지 네트워크 적용 국내 사례

지역	사례
수도권 (한국지역난방공사)	수도권 연계 열수송관망을 구축하여 전국 180만호에 지역난방을 공급 중
에코델타시티	Smart ZEC 과제 실증 사이트 구축
부천GS파워	인근 배관망을 이용 지역난방 공급 및 열거래



<그림 8> 열에너지 네트워크 개념

○ 이슈 및 전망

- 열에너지 네트워크 인프라 구축을 위한 초기 투자 비용 필요, 다른 네트워크와의 연결 및 규제 해결 등을 위한 노력 필요
- 에너지 효율성 향상, 확장 가능, 다양한 에너지원 통합으로 탄소배출에 기여할 수 있다는 점에서 혁신적 기술로 주목

### 3. 주요 분야별 전략 품목 도출<sup>19)</sup>

#### □ 산업용 히트펌프

##### ○ 스크류 압축기 적용 중소 규모형 산업용 스팀 히트펌프

- 스크류 압축기를 적용하여 중소형 규모의 용량에 대응하는 100~300RT급 산업용 히트펌프 개발, 상용화된 스크류 압축기 사용으로 별도의 압축기 개발이 불필요하여 기술개발 기간 단축 가능
- 핵심기술: Low GWP 및 탄화수소 계열 냉매 적용 사이클 설계 기술, 탄화수소 계열 냉매 안전성 평가 원천기술, 스크류 압축기 윤활유 분리 기술 등

#### 스크류 압축기 적용 중소규모형 산업용 스팀 히트펌프



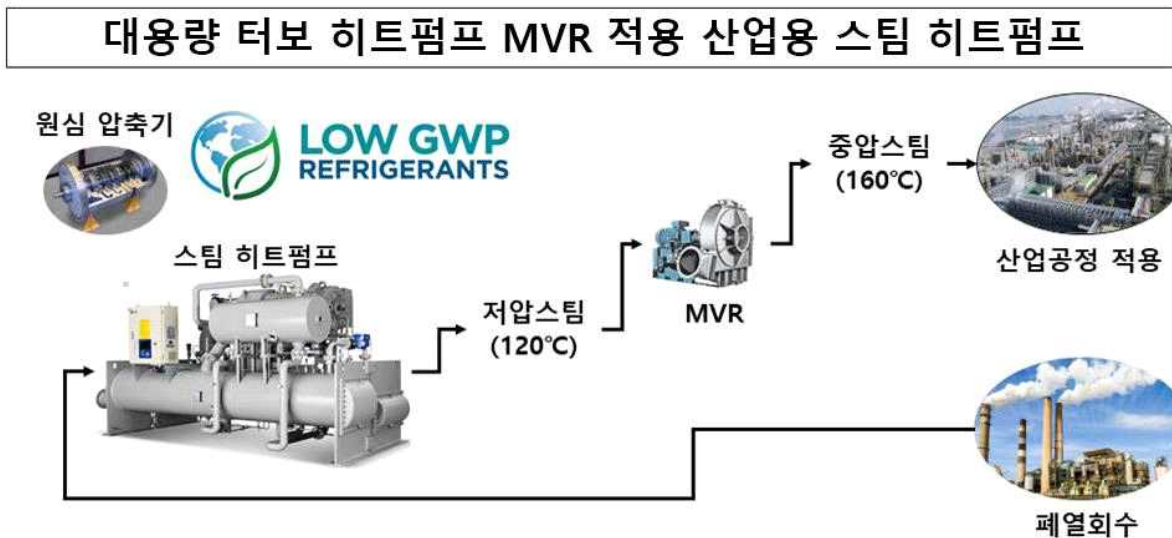
<그림 9> 스크류 압축기 적용 중소 규모형 산업용 스팀 히트펌프

##### ○ 대용량 터보 히트펌프 MVR(Mechanical Vapor Recompression) 적용 산업용 스팀 히트펌프

- 터보 압축기를 적용하여 중대형 규모의 용량에 대응하는 1,000RT급 산업용 히트펌프 개발, 산업공정에 직접 활용 가능

19) 한국기계연구원 히트펌프연구센터 선정

- 핵심기술: MVR 설계/제작 기술, 고온 응축기 및 스팀 발생기 기술, 히트펌프 시스템 통합 및 운영 기술



<그림 10> 대용량 터보 히트펌프 MVR 적용 산업용 스팀 히트펌프



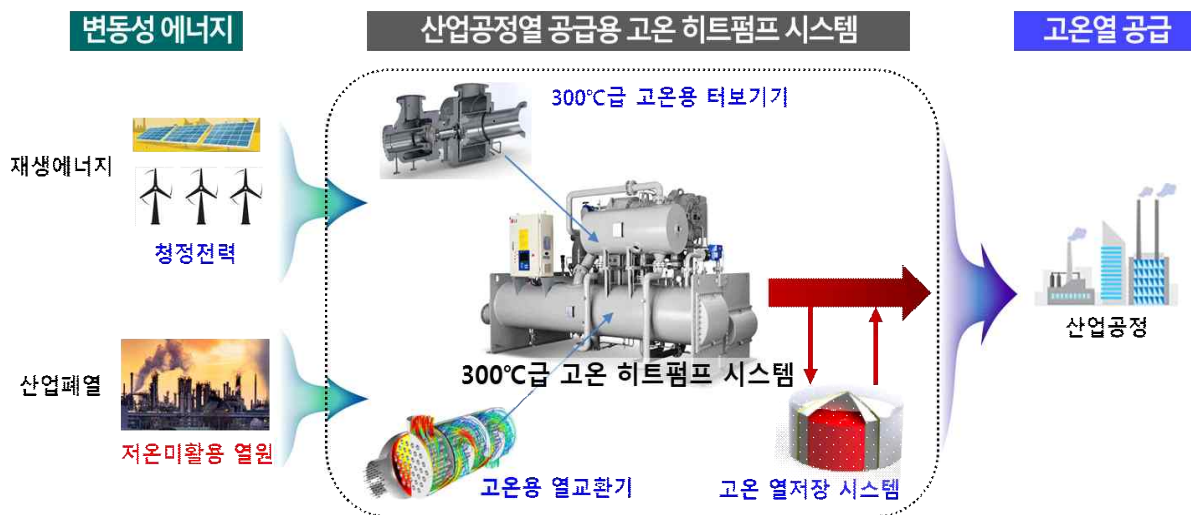
<그림 11> 산업용 히트펌프 기술개발 로드맵

## □ 카르노 배터리

### ○ 자연냉매 활용 고온 히트펌프 시스템

- 단기적으로는 산업공정에 300°C 급 열에너지 공급을 위한 고온 히트펌프 개발, 중·장기적으로는 500°C 급의 고온부 온도를 확보하여 에너지 저장 수단으로 활용

- 합성냉매를 활용하는 기존 히트펌프의 경우 압축기 오일 및 냉매 작동온도의 한계로 인해 최고 온도는 150℃ 수준, 자연냉매(공기, 아르곤, CO<sub>2</sub> 등) 활용으로 300℃ 이상 고온 확보 기대
- 핵심기술: 고온 히트펌프 시스템 구성에 필요한 압축기·팽창기, 열교환기, 열저장 유닛, 안정적 열 공급을 위한 전력 및 열부하 변동성에 대응하는 열공급 시뮬레이터 등



<그림 12> 300℃ 급 고온 히트펌프 시스템 개요도

#### ○ 고온 고체 열저장 기술

- 기술개발 극초기 단계인 잠열·화학축열 기술이나 부식 및 높은 용융점 문제가 존재하는 액체 열저장 기술 대비 고체 열저장 기술은 고온 열저장의 현실적인 방안
- (콘크리트 열저장) 가격이 저렴하고 구하기 쉬운 콘크리트를 축열매체로 활용하여 별도의 구조체가 필요 없는 열저장 기술, 실증단계인 선진국(미국, 유럽) 대비 국내 기술 확보가 미흡한 분야
- (입자형 축열재) 고온열에 대한 수요와 공급 불균형을 해소하기 위한 이동형 축열시스템으로서, 화학적 부식 문제와 환경규제 이슈에서 자유로운 모래나 좁쌀 형태의 고체 입자형 축열재 개발 필요, 기술 선진국 대비 국내 연구 미흡한 분야



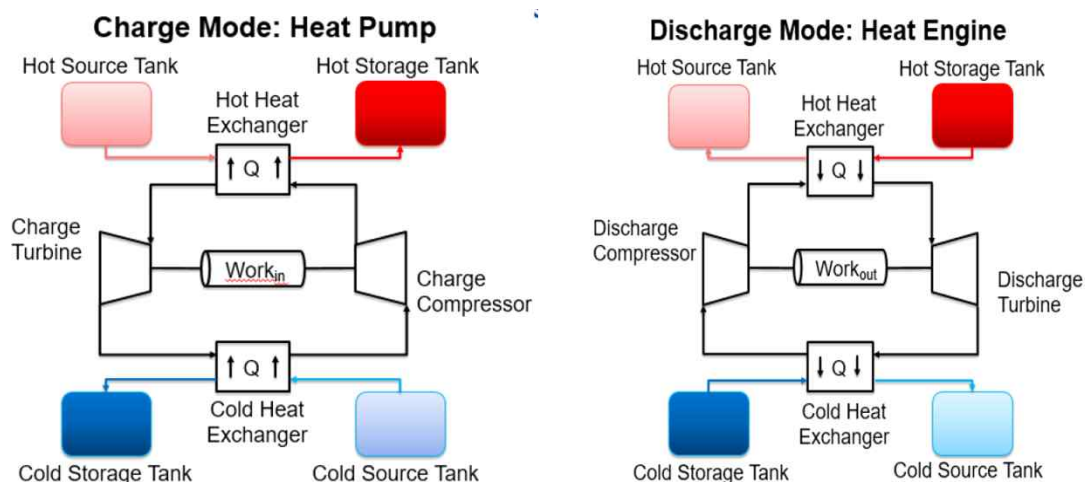
- 핵심기술: 콘크리트 열물성 향상 기술(폭열 방지 기술, 열저장 속도 및 열용량 상승 기술), 유동층(fluidized bed) 및 낙하 입자(falling particle) 열교환을 통한 고속 축·방열 설계 기술, Scale-up 및 모듈화 기술 등



<그림 13> 콘크리트 열저장 시스템과 이동형 고체 열저장 개념

#### ○ 카르노 배터리 장주기 ESS(Energy Storage System) 기술

- 태양열, 풍력 등 신재생에너지원으로부터 획득한 잉여열 및 전력과 연계된 고온열을 저장하여 활용할 수 있는 대용량 장주기 에너지 저장 시스템 필요
- 변동성이 높은 재생에너지로부터 발생하는 여분의 전기를 열에너지 형태로 변환하는 열생산(충전) 장치, 생산한 열에너지를 손실 없이 장기간 저장하기 위한 열저장 장치, 열에너지로부터 전력을 생산하는 열방출(발전) 장치로 구성
- 핵심기술: 열원과 열저장 시스템 간의 구조적 연계 기술, 열에너지의 효율적인 사용을 위한 운전 전략 기술 등



<그림 14> 카르노 배터리 열생산(충전) 및 열방출(발전) 사이클 개요<sup>20)</sup>

20) T. C. Allison(Southwest Research Institute), "Thermal-Mechanical-Chemical Energy Storage Technology Overview", TMCES Workshop, 2020.2.

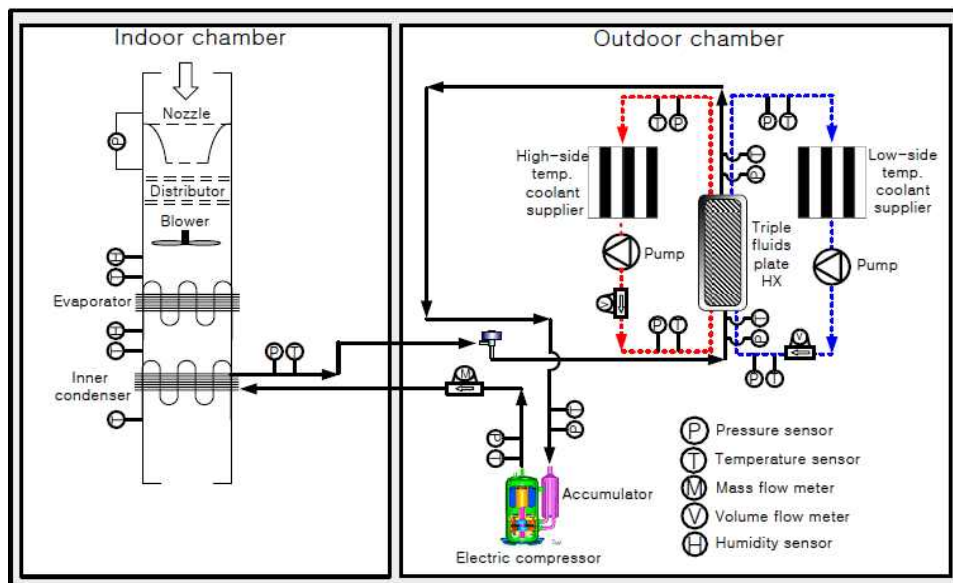


<그림 15> 카르노 배터리 기술개발 로드맵

## □ 미활용 에너지 히트펌프

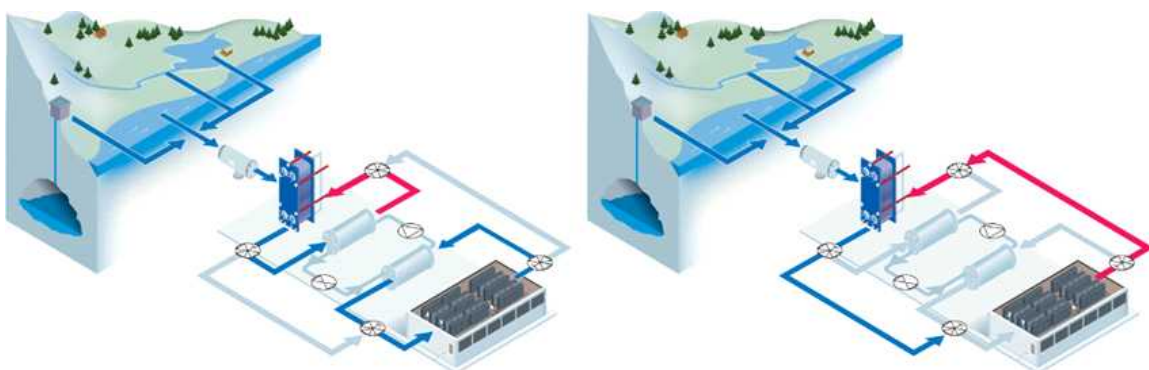
### ○ 재생열원 하이브리드 Low GWP 냉매 히트펌프

- 최소 2개 이상의 재생에너지(공기열, 수열, 지열 등)를 활용하여 상업 건물의 냉·난방 부하 대응이 가능하고, LOW GWP 냉매를 사용하는 스팀 압축식 히트펌프 시스템 개발
- 건물의 특성 및 계절에 따라 요구되는 부하가 다르고, 설치 위치에 따라 가용 재생 에너지원의 용량이 상이하기 때문에 다양한 적용처에 활용하기 위한 최적설계 및 운영기술 개발을 위한 플랫폼 필요
- 핵심기술: 다양한 열원 대상 열회수 시스템, 운전 환경에 따른 열교환기 fouling·동파·수충격 문제를 해결할 수 있는 원천 설계기술 등



<그림 16> 재생 열원 하이브리드 히트펌프 개략도<sup>21)</sup>

- 자연냉매 냉각장치 활용 수열·지열 하이브리드 데이터 센터 냉각 시스템
  - 에너지 소비를 최소화하면서도 계절 변화에 변동성이 적은 하이브리드 냉각 시스템 기술
  - 데이터 센터의 냉각 방식에 따라 온도 범위가 달라지고 수열·지열 하이브리드 운전에 필요한 냉각 용량이 가변적이므로, 적절한 냉매와 사이클을 선정하고 다양한 온도 부하에 대응이 가능한 냉각기 제어 기술 개발 필요
  - 핵심기술: 산업 폐열 활용 히트펌프 시스템 기술, 데이터 센터 열에너지 활용 히트펌프 시스템 기술 등



<그림 17> 수열·지열 및 chiller 활용 하이브리드 냉각 시스템 개략도

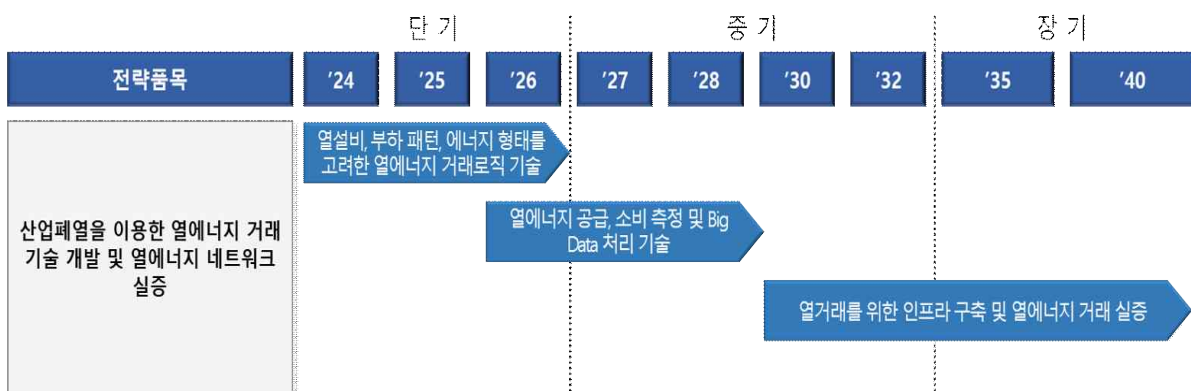
21) H. Lee et. al., "Heating performance of a coolant-source heat pump using waste heat from stack and electric devices in fuel cell electric vehicles under cold conditions", Energy Conversion and Management, vol. 252, Jan. 2022.



<그림 18> 미활용 에너지 히트펌프 기술개발 로드맵

## □ 열에너지 네트워크

- 산업 폐열을 이용한 열에너지 거래기술 개발 및 열에너지 네트워크 실증
  - 산업공정에서 발생한 폐열을 활용하여 주변 지역의 수요에 대응하는 열에너지 거래 기반기술 및 실제 산업 단지에 적용·실증하는 기술
  - 핵심기술: 열설비/부하패턴/에너지 형태를 고려한 열에너지 거래로직 기술, 열에너지 공급/소비측정 및 빅데이터 처리 기술, 열거리를 위한 인프라 구축 및 열에너지 거래 실증 기술 등



<그림 19> 열에너지 네트워크 기술개발 로드맵



#### 4. 결론 및 시사점

- 탈탄소 대응량 열원기기 확대 등 탄소중립 정책의 핵심 동인으로 히트펌프의 주력 산업화를 위한 지속적 지원과 점유 확대 필요
  - 히트펌프는 에너지 효율이 높고 환경에 미치는 영향이 적어 전통적 열공급 시스템을 대체하는 대규모 친환경 에너지 전환 기술로 주목
  - 냉방(에어컨)·난방(온돌) 중심에서 비주거용 히트펌프로 시장 확대가 예상되는 최대 규모인 아시아·태평양 시장, 소형 보일러 위주에서 히트펌프로의 전환이 예상되어 성장성이 높은 유럽 시장 선점 필요
  - 친환경화에 따른 난방·급탕 용도의 주거용, 상업용 보일러 설비의 대체 수요 증가 및 공장이나 빌딩의 에너지관리 시스템(EMS)의 핵심 솔루션 역할 기대
  - 히트펌프의 세계 시장 규모는 약 900억 달러<sup>22)</sup>에 이르며, 전 세계적으로 에너지 절감 및 친환경 요구가 증가함에 따라 시장 확대 및 대체 수요 증가 추세
- 미래 히트펌프 신산업의 경쟁력 기반 확보를 위한 선제적 R&D 지원 정책 필요
  - 히트펌프 유망 기술 분야에 대한 국산화를 통한 시장 진입과 점유율 확대, 미래 시장에 대비한 원천기술 선도 개발 필요
    - \* 주요 유망 기술 분야: 대응량 고온 산업용 히트펌프, 카르노 배터리 고체 열저장 기반 장주기 ESS, 재생열원 기반 하이브리드 Low GWP 히트펌프 등
  - 열에너지 정책, 기술 로드맵 및 열에너지 네트워크는 정부·지자체 등의 스마트 에너지 도시 로드맵과 연계한 체계적 정책 및 제도 수립 필요
- 산·학·연이 협력하는 히트펌프 실증 및 생태계·공급망 강화 필요
  - 우선, 강점이 있는 산업용 고온 히트펌프를 중심으로, 공장이나 건물의 히트펌프 기반 에너지관리시스템 등의 실효적 실증을 통해 강건한 공급망 구축 필요

22) MarketsandMarkets, "Heat Pump Market by Technology, Application, End User", 2024.3.

\* 기존의 공장, 빌딩 에너지관리시스템(FEMS, BEMS)은 스마트팩토리 구축의 일환으로 에너지 사용량 모니터링이나 에너지 절약 솔루션을 제공하는 정도로, 탄소중립의 본질 대응을 위한 탈탄소화 전개에는 한계가 있음

- 산학연 컨소시엄, 국제공동연구 등을 연계한 선도적 실증으로 열에너지 데이터 확보, 선도 사이트를 실증하고 이를 확장한 글로벌 신산업 확대 기대

#### (참고) 한국기계연구원 히트펌프연구센터 소개

##### ○ 개요

- 설립 : 기존 열에너지솔루션연구실에서 주력으로 연구하던 히트펌프를 중심으로 2024년 2월 설립
- 비전 : 히트펌프 기술 혁신으로 탄소중립에 기여할 수 있는 열에너지 토탈 솔루션 제공
- 역할 : 열에너지 분야 국가 R&D 주도, 중소기업 애로기술 지원 등
- 구성 : 총 24명의 인원으로 4개의 Working Group(시스템 연구, 핵심기자재 기술, 히트펌프 응용, 혁신·열에너지 변환)과 2개의 Steering Group(히트펌프 로드맵·대외협력, 홍보)으로 운영
- 냉·난방 분야의 KOLAS 시험기관 : 다양한 냉동기에 대한 시험평가 및 시험성적서 발행

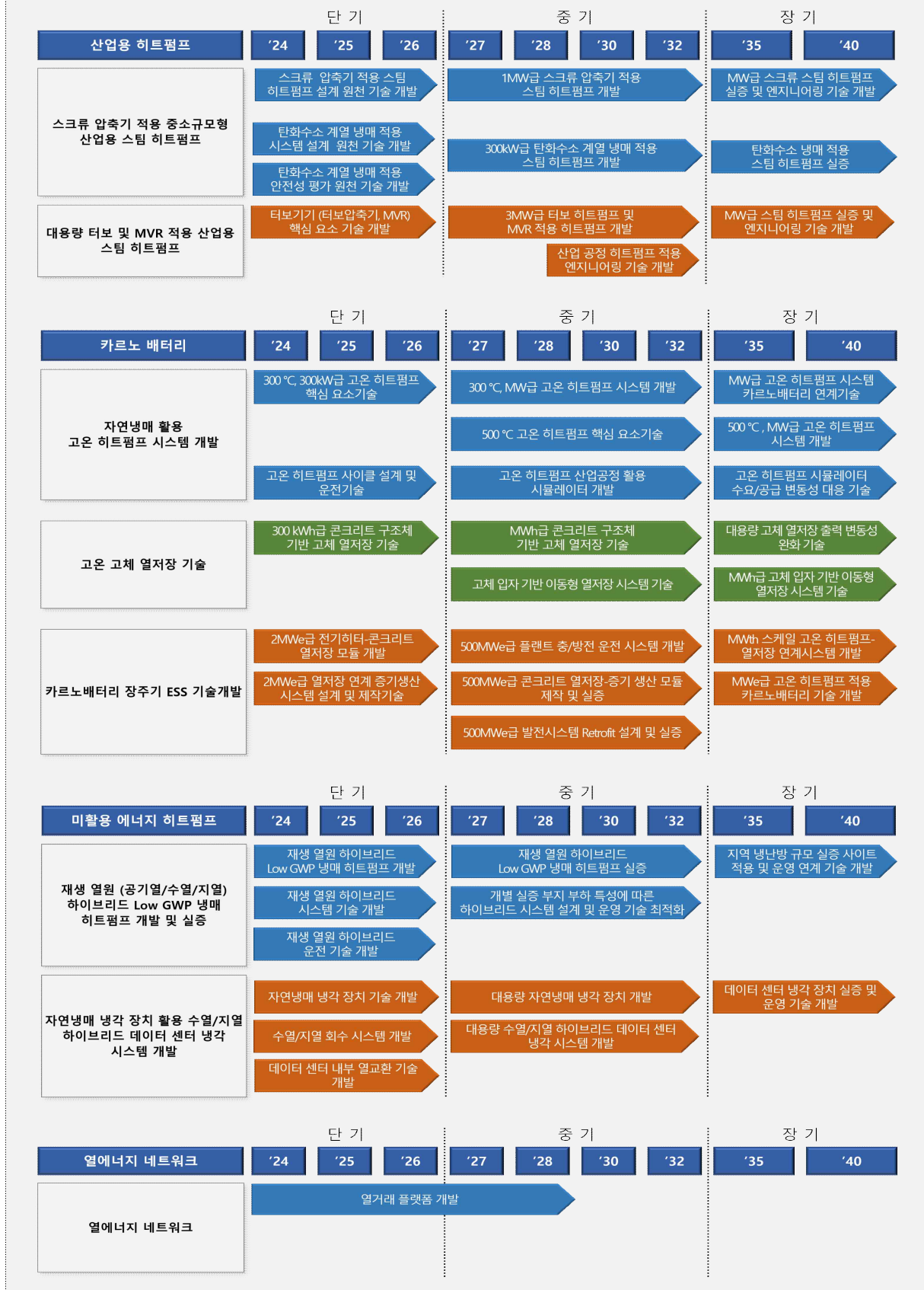


##### ○ 연구 역량

- 연구 분야 : 히트펌프, 냉동, 공조 등
- 과제 현황
  - 300℃ 고온 히트펌프 시스템 개발
  - 제지공장 적용 산업용 히트펌프 실증
  - 차세대 냉난방 기술 개발(알키미스트)
  - 자연냉매(물) 적용 압축식 냉각 기술 개발 등 다수의 과제 수행
- 프로젝트 추진 현황
  - 반도체 설비 에너지 절감 기술
  - 데이터 센터 액침 냉각 차세대 기술
  - 초고온 열저장 활용 기술(카르노 배터리)
  - 히트펌프의 DX(Digital Transformation) 분야 등
- 기관/기업 기술 교류
  - 독일 DLR, 덴마크 DTI 및 DTU, LG전자 칠러 사업부, 두산에너지빌리티 등

\* 단기, 중기, 장기로 구분된 전략품목 별 실천 과제가 담긴 「2040 히트펌프 기술개발 로드맵」 책자 발간 예정(2024년 말)

(참고) 한국기계연구원 히트펌프연구센터 기술개발 로드맵



## 참고문헌

- 매일경제, “[미활용에너지가 대안이다]하수·폐기물·지열 잘만 가꾸면 원자력 안 부럽다”, 2013.2.4.
- 산업부문 에너지 소비량 2000-2030. International Energy Agency, 2023
- 산업용 고온 히트펌프 기술개발 동향, KEIT 이슈 리포트, 2022.11
- 산업통상자원부, 제3차 에너지기본계획, 2019.6.4.
- 산업통상자원부, 제5차 집단에너지 공급기본계획, 2020.3.2.
- 영종도뉴스, “탄소중립 추진으로 기업의 경쟁력과 후세대 삶의 질 향상방안”, 2022.9.
- 이로운넷, “윤석열 정부 탄소중립·녹색성장 청사진 공개”, 2023.3
- 전세계 에너지 가격 변화. International Energy Agency, 2023
- 투데이에너지, “LG전자, 국내 최초 수열원 히트펌프 가동”, 2012.4.19.
- 히트펌프 개념도 <https://www.cloverleafmaintenance.co.uk/>
- EERS 추진 계획(안), 한국지역난방공사 집단에너지컨퍼런스, 2020.
- H. Lee et. al., “Heating performance of a coolant-source heat pump using waste heat from stack and electric devices in fuel cell electric vehicles under cold conditions”, Energy Conversion and Management, vol. 252, Jan. 2022.
- Heat Roadmap Europe, <https://heatroadmap.eu/>
- KOBELCO Compressors Corporation(Steam Grow Heat Pump/SCH165), <https://heatpumpingtechnologies.org/annex58/>
- LG전자, LG 히트펌프, <https://www.lge.co.kr/kr/business/product/cooling/chiller-heater-pump>
- Market.us, “Heat Pump Market Share, Growth, Trends, Forecast 2023”, 2023.5.
- MarketsandMarkets, “Heat Pump Market by Technology, Application, End User”, 2024.3.
- Novotny et al., “Review of Carnot Battery Technology Commercial Development”, Energies, 2022
- T. C. Allison(Southwest Research Institute), “Thermal-Mechanical-Chemical Energy Storage Technology Overview”, TMCES Workshop, 2020.2.
- Vantage Market Research, “Heat Pump Market Size”.

## 기계기술정책 발간 목록

제 목	작성 연월
75. 우리나라 기계산업 품목별 수출 시장 점유율 분석과 시사점	2014.04.
76. 우리나라의 TPP 참여에 대비한 기계산업 품목별 관세 전략 수립	2014.09.
77. 2014 미래기계기술포럼코리아 주요 내용과 시사점	2014.11.
78. 기계산업 2014년 성과 및 2015년 전망	2014.12.
79. 최근 기계산업 대일무역역조 개선의 원인과 시사점	2015.06.
80. 기계산업의 빅데이터 활용 동향 분석과 시사점	2015.10.
81. 우리나라 해양플랜트 산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안	2015.12.
82. 기계산업 2015년 성과와 2016년 전망	2016.01.
83. 건설기계산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안	2016.05.
84. 4차 산업혁명과 기계산업의 미래	2016.11.
85. 기계산업 2016년 성과와 2017년 전망	2017.02.
86. 신기후체제에 대응한 농촌 바이오가스플랜트 사업의 기회	2017.07.
87. 해외 선도 기관과의 기계기술 연구 분야 비교 분석	2017.11.
88. 산업용 로봇 시장 동향과 대응	2017.12.
89. 기계산업 2017년 성과와 2018년 전망	2018.01.
90. 새로운 시대 소통 역량: 4차 산업혁명 연계기술	2018.07.
91. 국방분야 생존성 향상 기술 동향	2018.08.
92. 차세대 디스플레이 마이크로 LED 기술의 부상과 시사점	2018.09.
93. 기계산업 2018년 성과와 2019년 전망	2019.02.
94. 중국제조 2025 주요 제조장비 개발 계획과 대응 전략	2019.06.
95. 한·중·일 공작기계 및 기계요소 수출경쟁력 분석 및 제언	2019.07.
96. 미국 반도체 장비 기업의 성장과 시사점	2019.12.
97. 기계산업 2019년 성과와 2020년 전망	2020.01.
98. 글로벌 농기계산업 동향 분석	2020.02.
99. 포스트 코로나(Post COVID-19), 유망 기계기술 및 제언	2020.06.
100. 우리나라 제조장비기업의 성장·혁신·수익 패턴 분석과 시사점	2020.08.
100(특집호). 기계산업 데이터 활용 및 분석 방법 제언	2020.08.
101. 탄소중립 글로벌 동향과 기계기술 제언	2021.01.
102. 기계산업 2020년 성과와 2021년 전망	2021.01.
103. 수소 산업의 글로벌 기술동향 및 정책 전망	2021.05.
104. 인체 증강 기계의 동향과 전망	2021.08.
105. 미국 바이든 정부의 기후변화 정책과 기계산업 시사점	2021.12.
106. 기계산업 2021년 성과와 2022년 전망	2022.02.
107. 일본 제조기업의 디지털전환 특징과 시사점	2022.04.
108. 무탄소 에너지원으로서 암모니아 기술의 부상 및 시사점	2022.07.
109. 폐배터리 재활용 산업 글로벌 동향과 시사점	2022.11.
110. 공작기계 및 산업혁신 연구의 체계적 고찰과 시사점	2022.12.
111. 기계산업 2022년 성과와 2023년 전망	2023.02.
112. 바이오장비 산업 동향 및 시사점	2023.06.
113. 일본의 최신 수소경제 정책 동향과 시사점	2023.09.
114. 지능형 로봇 및 생성형 AI 동향 분석과 시사점	2024.01.
115. 기계산업 2023년 성과와 2024년 전망	2024.02.
116. 산업용 히트펌프 동향과 대응 방향	2024.08.

## 기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

:: No. 116 산업용 히트펌프 동향과 대응 방향

| 발행인 | 류석현

| 발행처 | 한국기계연구원

| 발행일 | 2024.08.

| 기획·편집 | 기계정책센터

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156

| 전화 | (042) 868-7239