

저탄소 난방을 위한 공기열원 히트펌프 기술의 진보

Advances in Air-Source Heat Pump Technology for Low-Carbon Heating

1. 글로벌 전기화 정책
2. 글로벌 히트펌프 정책
3. 공기 열원 히트펌프 기술
4. 저온 난방 실증 결과
5. 맺음말

오세기, 김병수, 김진호

LG전자 ES연구소

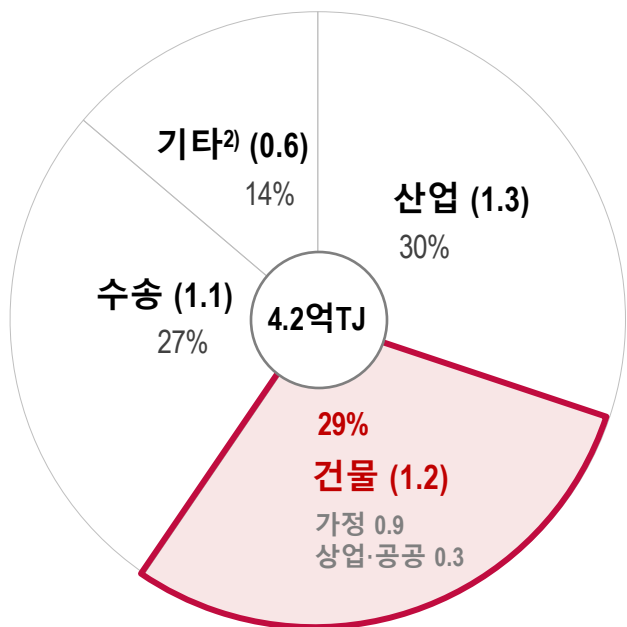


1 글로벌 전기화 정책 : 에너지 소비량 및 비중

■ 건물 부문이 에너지 소비의 29%, CO₂ 배출량의 26% 차지

- 주거/상업용 건물은 냉·난방 에너지 소비 비중이 가장 높음

글로벌 에너지 소비량 1)



주거용 건물 에너지 소비 비중

	미국 3)	유럽 4)
난방	32%	64%
급탕	14%	15%
냉방	12%	1%
소계	58%	80%
조명 외	42%	20%

상업용 건물 에너지 소비 비중

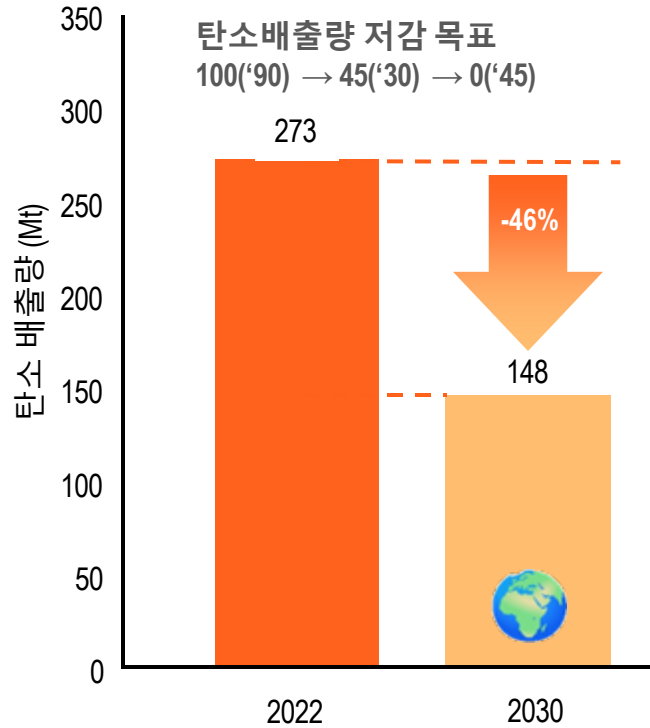
	미국 3)	유럽 4)
난방	32%	50%
급탕	7%	10%
냉방	15%	5%
소계	54%	65%
조명 외	46%	35%

2 글로벌 히트펌프 정책 : 유럽

■ 탄소 중립 목표 달성을 위해 신축 건물 화석 연료 난방 금지 등 강력한 정책 추진

히트펌프의 탄소배출량 저감 효과

히트펌프 전환으로 주거 건물 탄소 배출량의 46% 저감
(6,000만대 히트펌프 설치 시나리오) 유럽 가구의 30%



출처 : EHPA, EUROPE'S LEAP TO HEAT PUMPS

국가별 히트펌프 정책

서유럽

- 신축 건물 가스/석유 보일러 설치 금지
 - 영국¹⁾ ('25년), 독일²⁾ ('24년)
 - 기존 건물 설치 금지(인구 10만 이상, '26년)
- 건물 허가 시 탄소배출 한도 설정 및 재생에너지 사용 의무화³⁾
 - 프랑스 ('23년)

북유럽

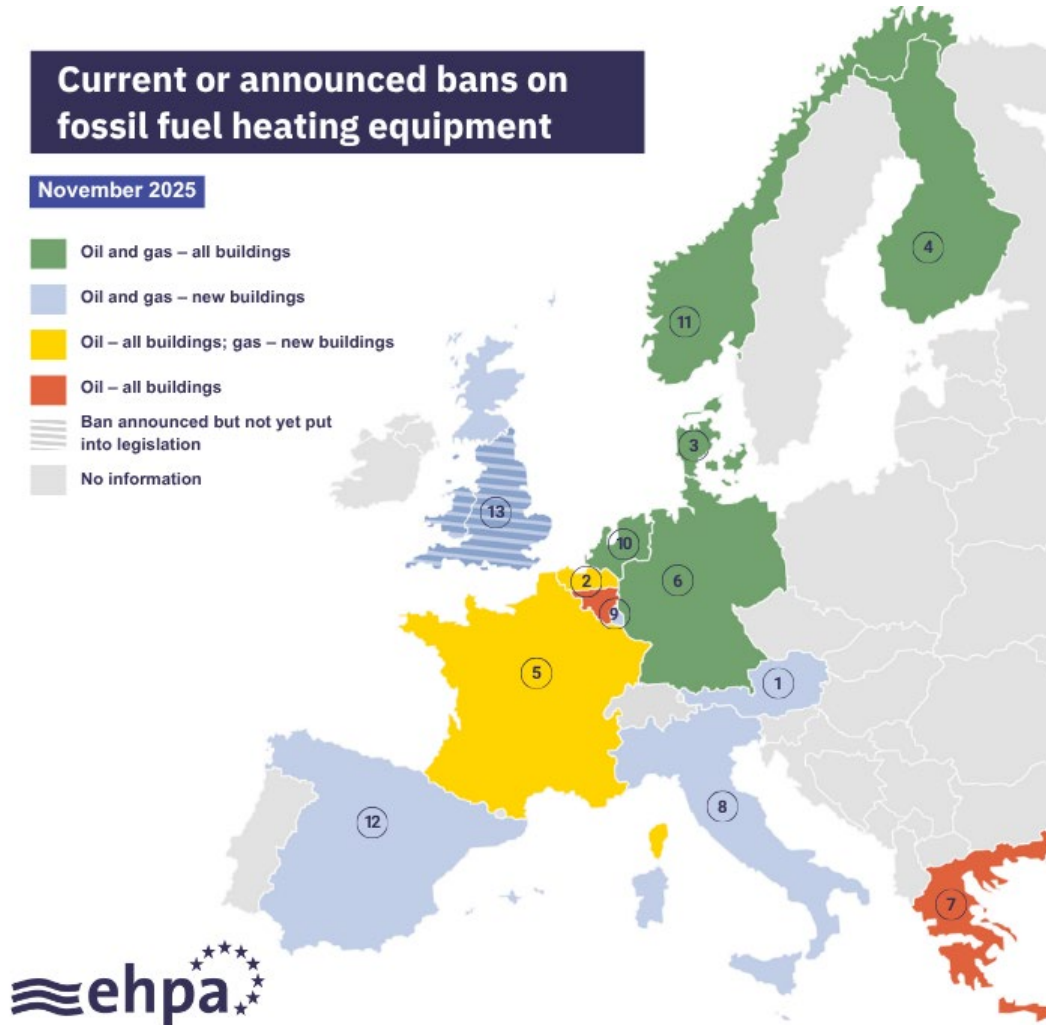
- 신축 건물 가스/석유 보일러 설치 금지
 - 노르웨이⁴⁾ ('20년), 덴마크⁵⁾ ('25년)
- 주거용 건물 가스/석유 보일러 설치 금지⁶⁾
 - 스웨덴 ('05년~)

※기업 동향

- LG, 노르웨이 프리미엄 워터 스토리지 OSO 인수 ('25년)
- 캐리어, 비스만(Viessmann) 인수 ('24년, 130억불)
- Midea, Arbonia Climate 인수 ('25년, 8억불)
- 댄포스, 데이터 센터용 압축기 업체 Palladio 인수 ('25년)

1) Heat and Building Strategy('21), 히트펌프/수소 보일러/지역 난방 등 허용 2) 가스보일러 재생에너지 65% 사용 기준 미충족, 히트펌프/태양열/지역난방/바이오매스 등만 허용
3) 주거/상업 신축 건물 전체 RE2020 규정 만족 필요 4) 기후환경부 Enova프로그램 5) 덴마크 기후법 및 기후정책 이행계획 6) 스웨덴 석유 독립 정책(Oil Independence Policy)

2 글로벌 히트펌프 정책 : 유럽



유럽, 화석연료 보일러 퇴출 가속화

2040년 까지 단계적 폐지를 목표

- **오일+가스 보일러 전면 금지**
: 독일, 덴마크, 노르웨이, 네덜란드, 핀란드
- **오일+가스 보일러 신축 건물에 금지**
: 스페인, 이탈리아, 오스트리아
- **오일 전체 금지, 가스 신축건물 금지**
: 프랑스, 벨기에
- **오일 보일러 전체 금지**
: 룩셈부르크, 그리스
- **금지 발표(법제화 전)**
: 영국

2 글로벌 히트펌프 정책 : 미국/일본/중국

■ 히트펌프 전환 정책으로 전체 탄소 배출량 감축 추진 중

히트펌프의 탄소배출량 저감 효과

국가별 히트펌프 정책

미국

- 탄소배출량 저감 목표 100('05) → 50('30) → 0('50)
- DOE 실증 보고서('23년) 북동부/서부 건물 200개 에너지 비용 25%, CO₂ 배출량 38% 감소
 - NREL 보고서('24년) 북미 전체 CO₂ 배출량 5~9% 감소

일본

- 탄소배출량 저감 목표 100('13) → 54('30) → 0('45)
- 국립환경연구소('21년) 단독주택/소규모 건물 40개 실증 CO₂ 배출량 35~60% 감소
 - METI & 다이킨 실증('22년) 도쿄/오사카 건물 50개 실증 에너지 비용 25%, CO₂ 배출량 40% 감소

중국

- 탄소배출량 저감 목표 100('05) → 35('30) → 0('60)
- 국가발전개혁위원회('22년) 북부 1,000가구 실증 석탄/가스 난방 대비 CO₂ 배출량 60% 감소
 - 중국 HVAC 협회('23년) 상하이/베이징 빌딩 40개 실증 에너지 사용량 28%, CO₂ 배출량 35% 감소

- 히트펌프 누적 3,000만대 보급 목표('30년) 북미 가구의 23%
- 신축 건물 가스 보일러/퍼니스 설치 금지
 - 연방 건물¹⁾ ('30년)
 - 민간 건물 : 뉴욕주, 콜로라도 덴버 등²⁾ ('24년~) 보쉬, JCI-히타치 주거/상업용 사업 인수 ('25년, 80억불)
- 신축 주거용 건물 난방/급탕 에너지 소비 기준 강화('25년~)
 - 가스 난방 시 불만족
- 공장 등 대규모 에너지 사용 합리화³⁾ ('23년~)
 - 재생에너지 사용 및 히트펌프 전환 유도
- 북부 28개 도시(베이징, 톈진 등) 석탄 난방 금지('17년)
- 모든 건물에서 석탄 난방 금지('35년), 가스 난방 금지⁴⁾ ('60년)

1) DOE Federal Building Rule, 연방 건물 '25~'29년 화석연료 사용 90% 감축, '30년 이후 신규 연방 건물 화석연료 금지
 2) 주정부 및 지방 정부 건물 코드 개정 통해 시행, 병원 등 특수 목적 건물 예외 가능 3) '23년 개정 시 전기/수소 에너지 전환 내용 포함
 4) 국가 탈탄소화 로드맵, 중국 전역 건물 전체

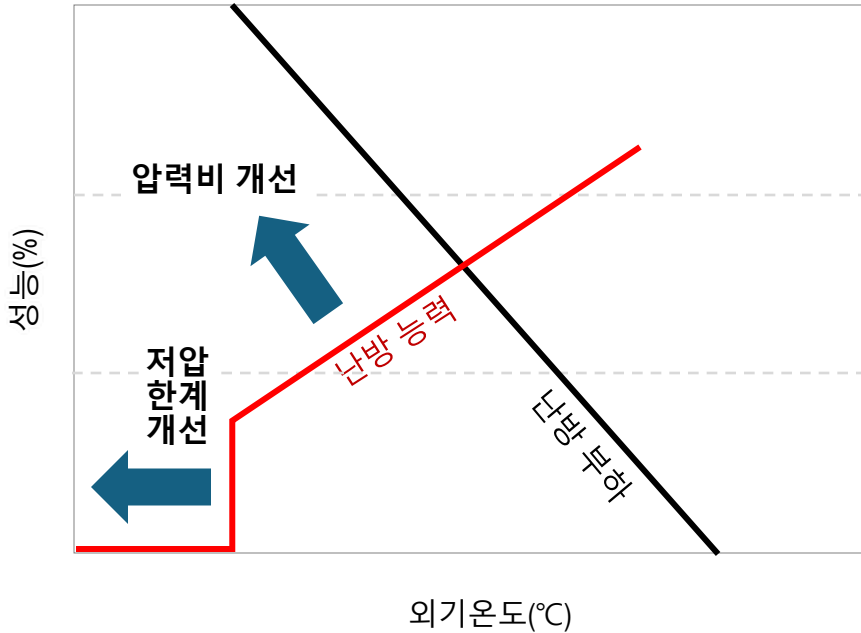
3 공기 열원 히트펌프 기술: 저온 난방 성능

■ 낮은 외기온도에서도 난방 성능을 확보해야 함

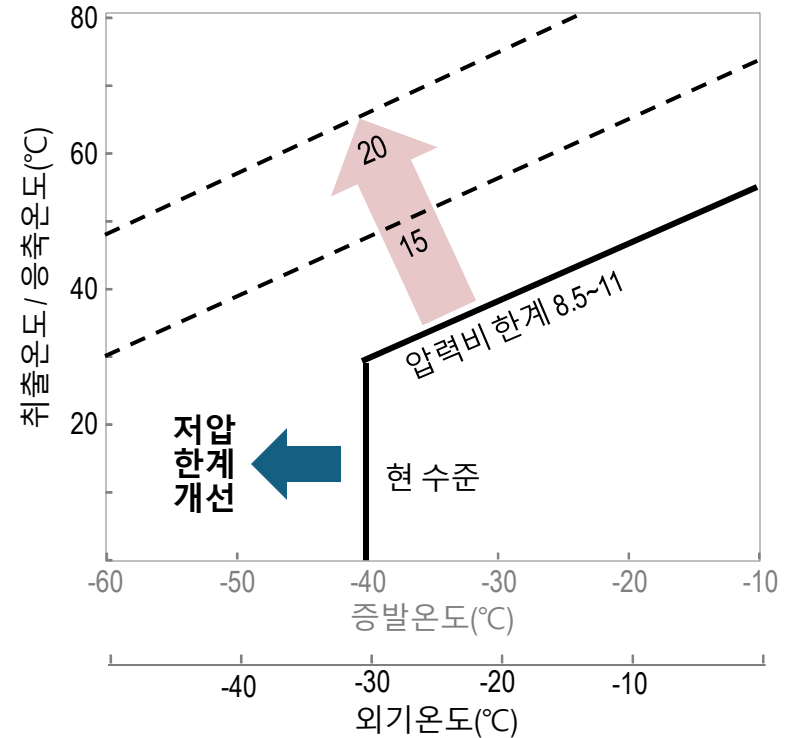
→ 히트펌프의 고압을 상승시킬 수 있는 기술이 필요하며, 컴프 압력비 극복 기술이 핵심임

$$\text{압력비} = \frac{\text{응축압(고압)}}{\text{증발압(저압)}}$$

기존 히트펌프의 난방



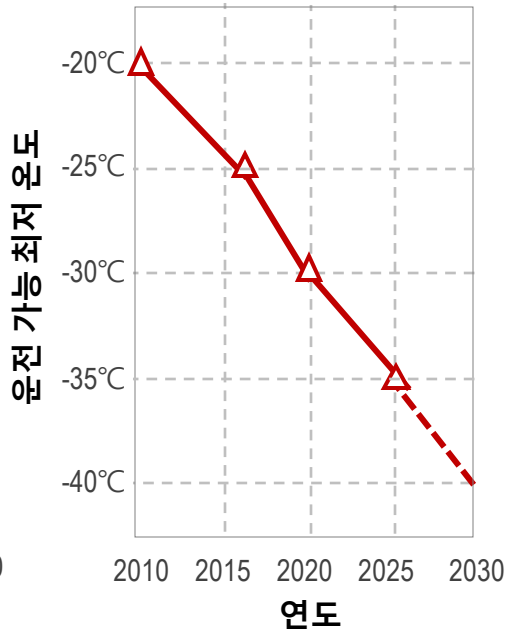
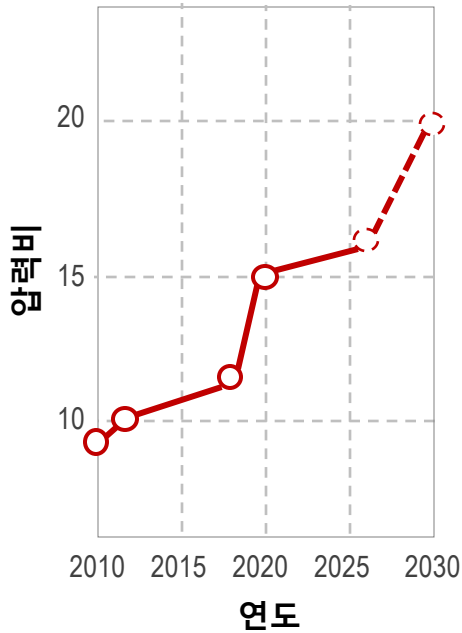
컴프 압력비 개선



3 공기 열원 히트펌프 기술 : 압축기

■ 고압력비 압축기

운전역 확장 통한 히트펌프 운전 범위 및 난방 성능 향상

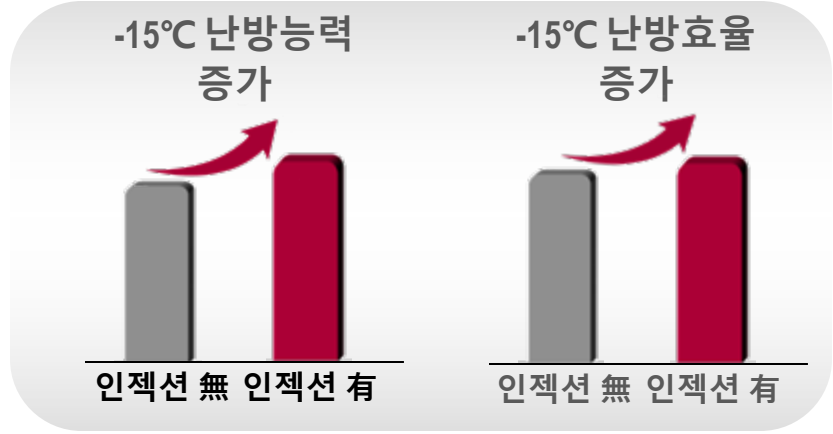
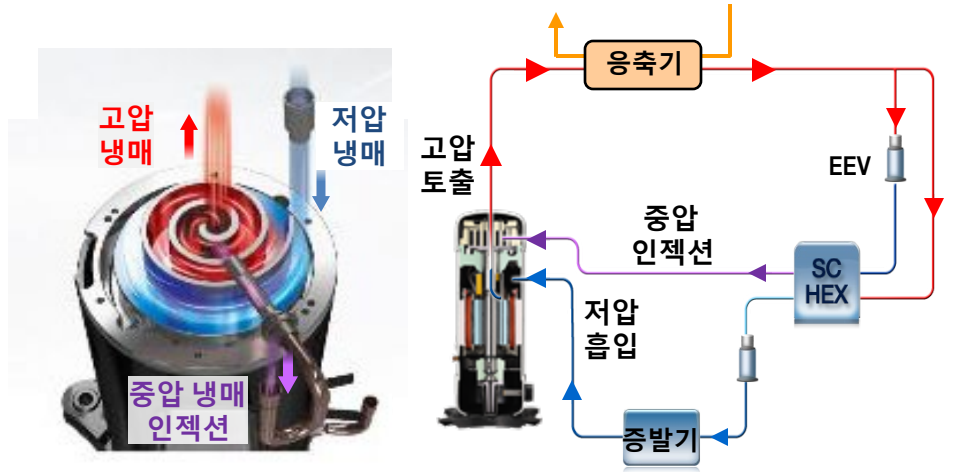


정격 난방 용량 달성
최저 외기 온도
-25°C

운전 가능
최저 온도
-35°C

■ 냉매 인젝션 기술

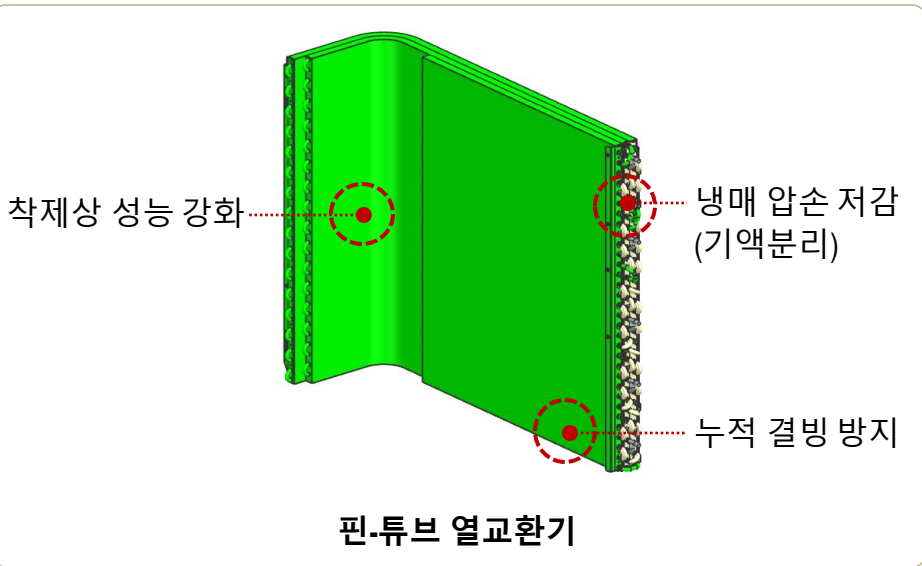
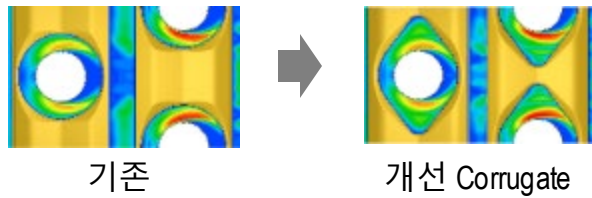
중압 냉매 인젝션 통한 냉매 유량 확대로 난방 성능 극대화



3 공기 열원 히트펌프 기술 : 열교환기

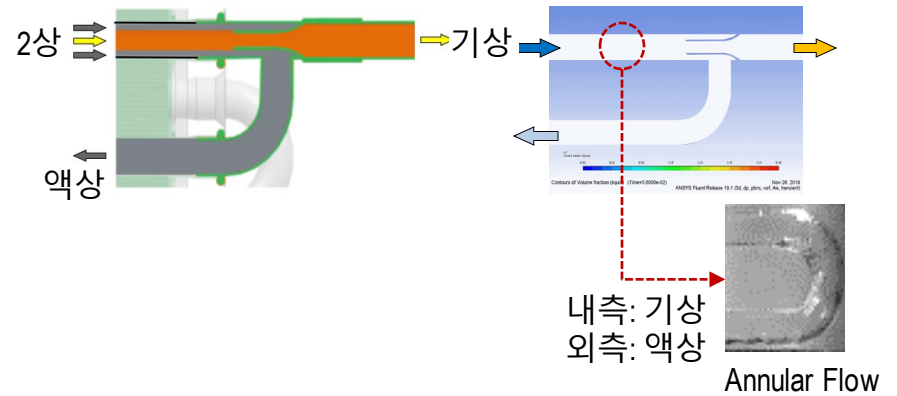
■ 착제상 성능 강화 핀

핀 설계 최적화를 통한 전열 성능 확보 및 착상 지연



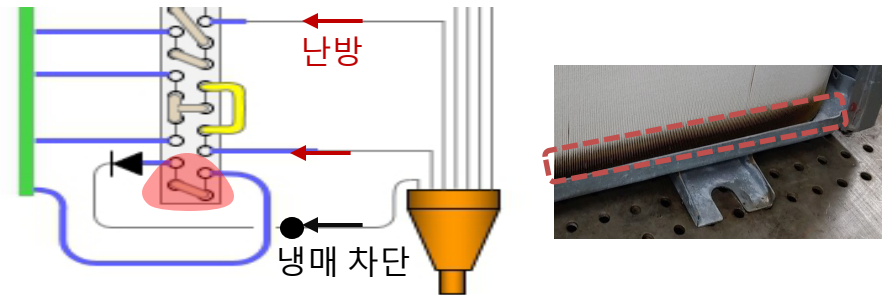
■ 기액분리 기술

증발기/ 흡입배관 압력손실 최소화 통한 난방성능 향상



■ 누적 결빙 방지 열교환 패스

실외기 바닥과 열교환기 사이 누적결빙 방지



4 저온 난방 실증 결과

■ 대표 지역별 히트펌프 저온 난방 성능에 대한 실증 평가 진행 중

오슬로 (노르웨이)

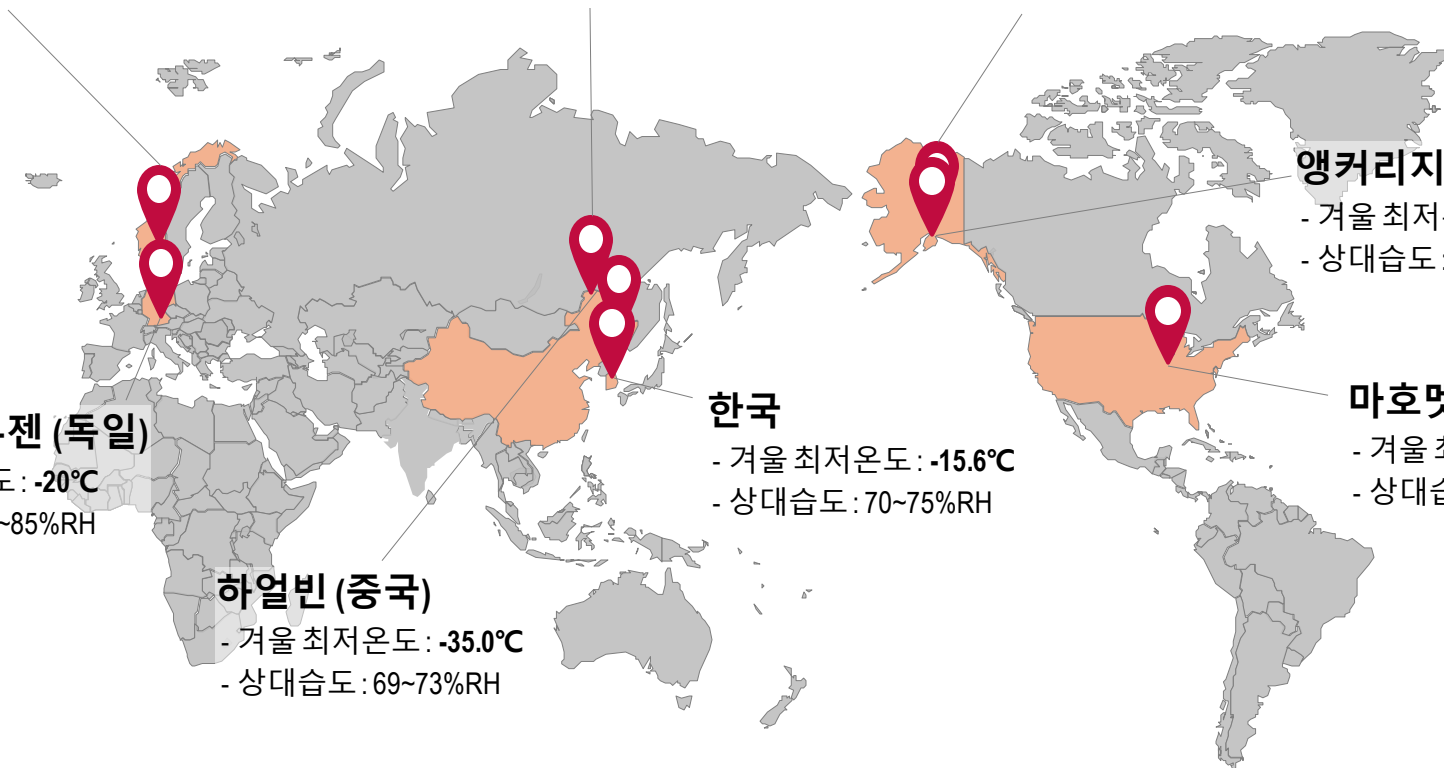
- 겨울 최저온도 : -13°C
- 상대습도 : 73~90%RH

모허 (중국)

- 겨울 최저온도 : -43°C
- 상대습도 : 67~85%RH

페어뱅크스 (미국 알래스카)

- 겨울 최저온도 : -39°C
- 상대습도 : 53~83%RH



파렌츠 하우스젠 (독일)

- 겨울 최저온도 : -20°C
- 상대습도 : 80~85%RH

앵커리지 (미국 알래스카)

- 겨울 최저온도 : -22°C
- 상대습도 : 72~78%RH

한국

- 겨울 최저온도 : -15.6°C
- 상대습도 : 70~75%RH

마호멧 (미국 일리노이)

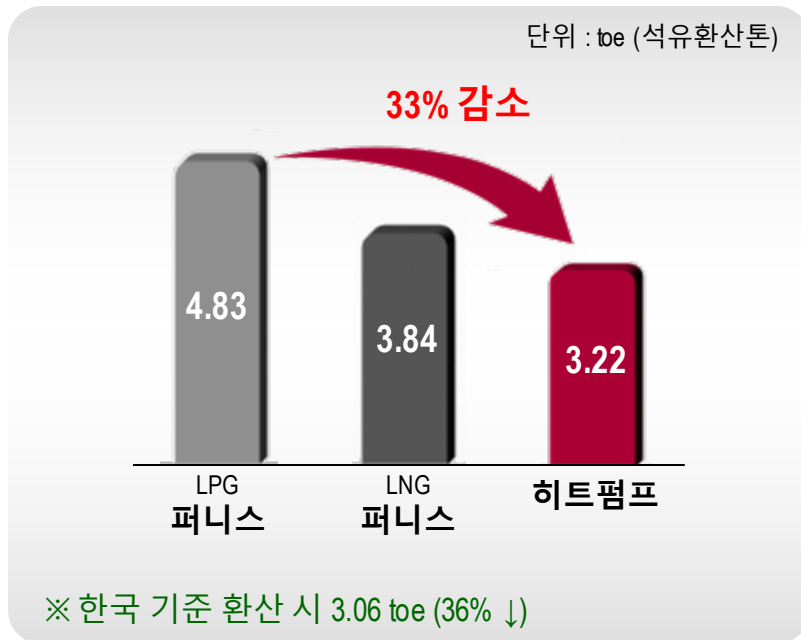
- 겨울 최저온도 : -23°C
- 상대습도 : 60~80%RH

하얼빈 (중국)

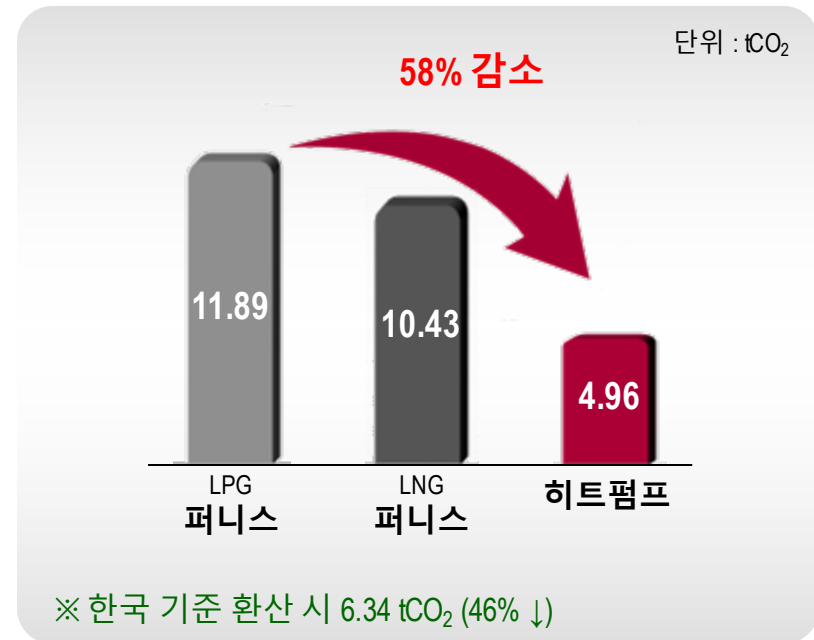
- 겨울 최저온도 : -35.0°C
- 상대습도 : 69~73%RH

4 저온 난방 실증 결과 마호멧 (미국 일리노이)

연간 난방 에너지 사용량



연간 탄소 배출량

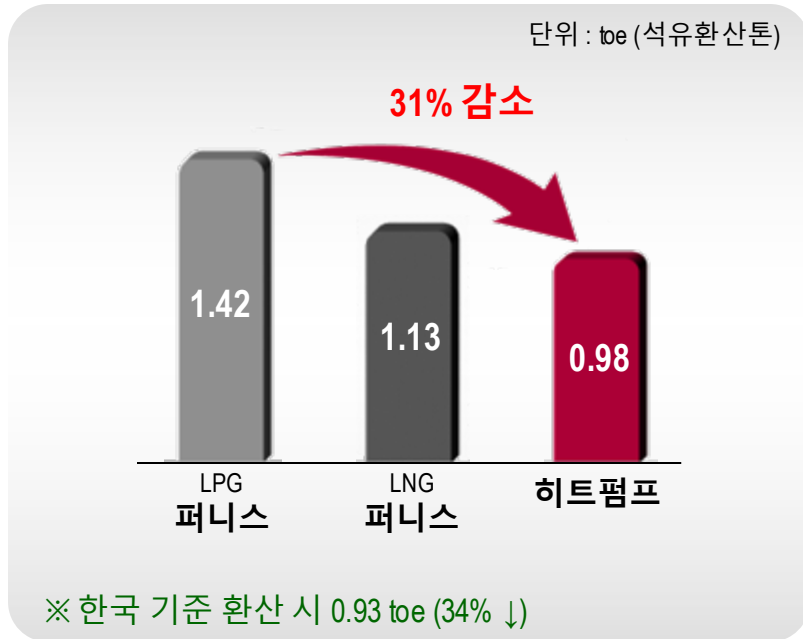


※ '24.01 ~ '24.12 실증 평가 결과(주택), 제품 난방 정격 용량 16 kW
겨울철 최저온도 -23°C, 평균 상대 습도 60~90%

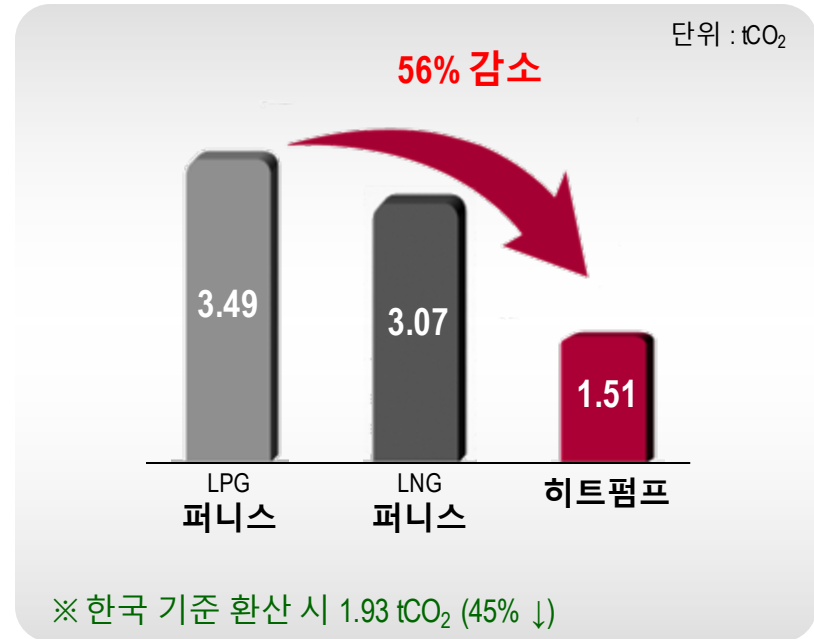
1) 석유환산톤 : 1 MWh 에너지를 소비하기 위해 투입된 1차에너지(석유)의 총량, 한국 0.229 toe/MWh, 미국 0.241 toe/MWh
2) 탄소 배출 계수 : 1 MWh 에너지 사용 시 발생하는 이산화탄소 배출량, 한국 0.474 tCO₂/MWh, 미국 0.371 tCO₂/MWh

4 저온 난방 실증 결과 페어뱅크스 (미국 알래스카)

연간 난방 에너지 사용량



연간 탄소 배출량

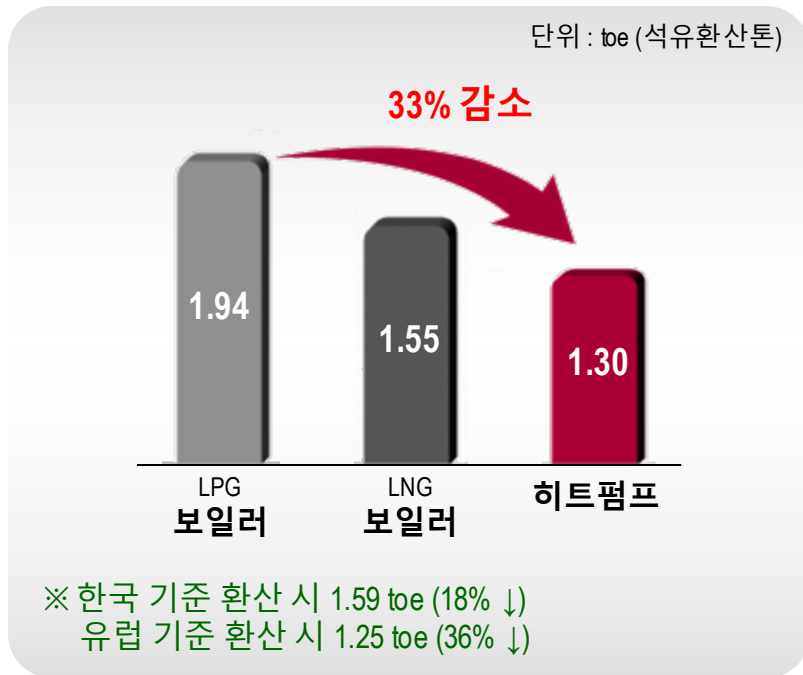


※ '24.11 ~ '25.10 실증 평가 결과(주택), 제품 난방 정격 용량 4.0 kW
겨울철 최저온도 -39.4°C, 평균 상대 습도 53 ~ 83%

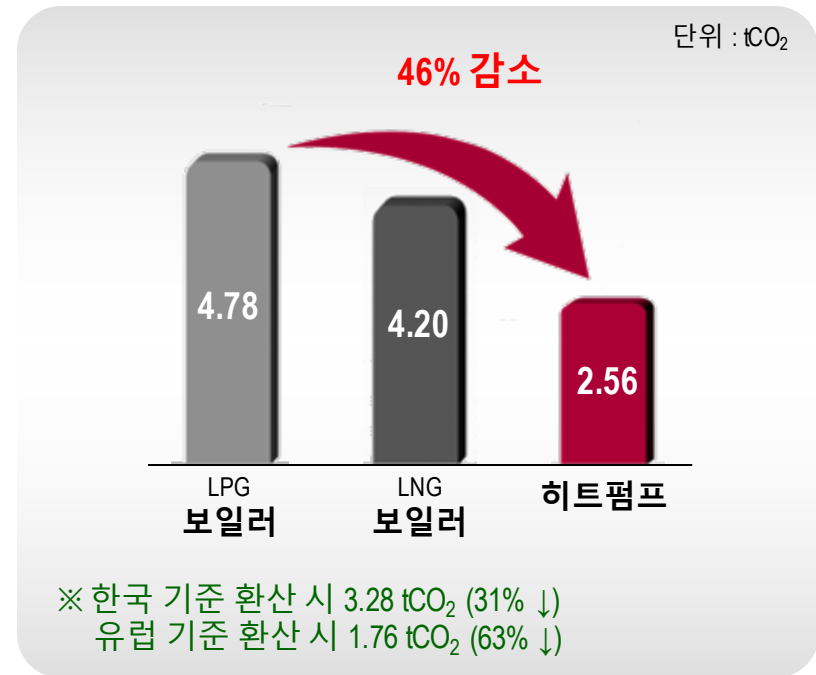
1) 석유환산톤 : 1 MWh 에너지를 소비하기 위해 투입된 1차에너지(석유)의 총량, 한국 0.229 toe/MWh, 미국 0.241 toe/MWh
2) 탄소 배출 계수 : 1 MWh 에너지 사용 시 발생하는 이산화탄소 배출량, 한국 0.474 tCO₂/MWh, 미국 0.371 tCO₂/MWh

4 저온 난방 실증 결과 파렌츠 하우젠 (독일)

연간 난방 에너지 사용량



연간 탄소 배출량

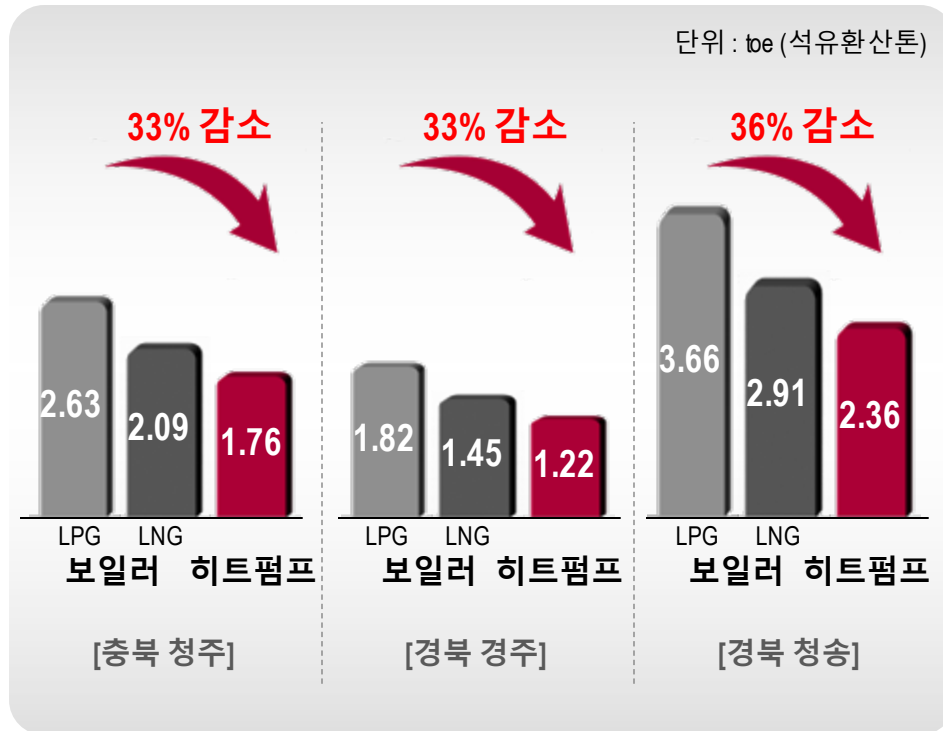


※ '23.11 ~ '24.10 실증 평가 결과(주택), 제품 난방 정격 용량 16 kW
겨울철 최저온도 -20°C, 평균 상대 습도 80~85%

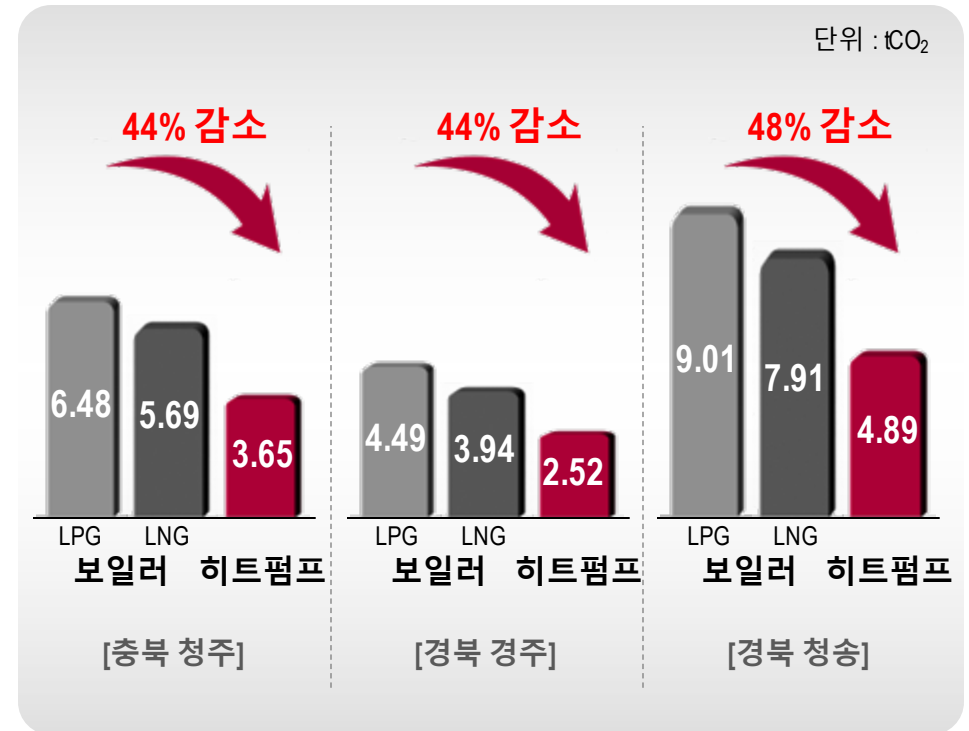
1) 석유환산톤 : 1 MWh의 에너지를 소비하기 위해 투입된 1차에너지(석유)의 총량, 한국 0.229 tce/MWh, 유럽 0.181 tce/MWh, 독일 0.187 tce/MWh
2) 탄소 배출 계수 : 1 MWh의 에너지 사용 시 발생하는 이산화탄소 배출량, 한국 0.474 tCO₂/MWh, 유럽 0.255 tCO₂/MWh, 독일 0.370 tCO₂/MWh

4 저온 난방 실증 결과 한국

연간 난방 에너지 사용량



연간 탄소 배출량

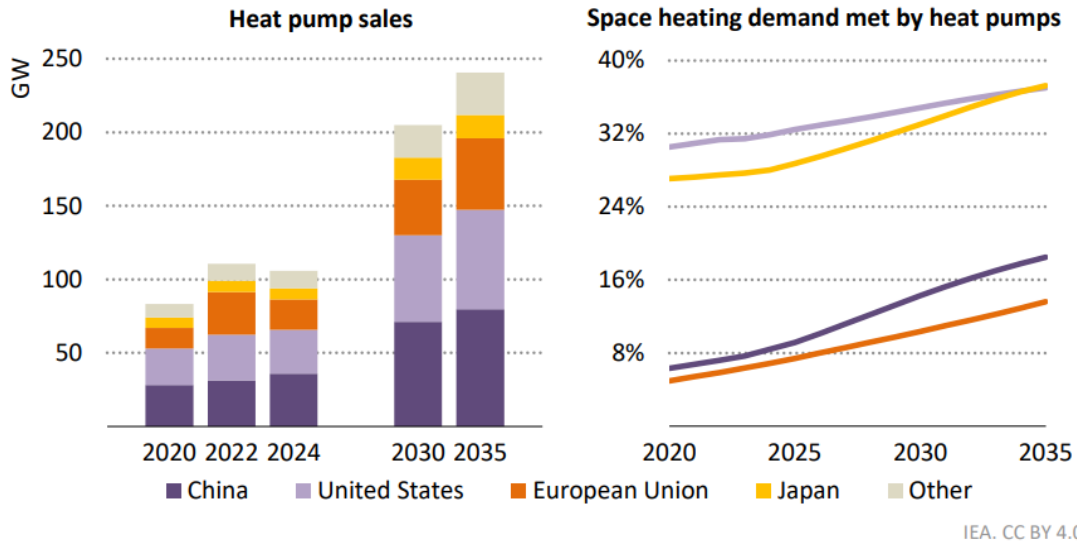


※ '24.06 ~ '25.05 실증 평가 결과 (보건소, 공장, 군청 등 사무 공간)
겨울철 최저온도 -15.6 ~ -13.3°C, 평균 상대 습도 65 ~ 75%

1) 석유환산톤 : 1 MWh의 에너지를 소비하기 위해 투입된 1차에너지(석유)의 총량, 한국 0.229 tce/MWh
2) 탄소 배출 계수 : 1 MWh의 에너지 사용 시 발생하는 이산화탄소 배출량, 한국 0.474 tCO₂/MWh

World Energy Outlook 2025

International Energy Agency



글로벌 히트펌프 판매량과 난방 기여도 전망(STEPS, '20~'35년)

- 일본과 미국에서 히트펌프가 난방 수요의 약 40% 총당
- 유럽연합과 중국은 히트펌프 난방 비중 '20년 대비'35년 2배↑ 증가

히트펌프는

- EV와 함께 에너지 전환을 이끄는 핵심 기술
- 재생에너지 난방/산업 전기화의 핵심 기술
- 탄소중립 달성의 필수 솔루션

- 건물 부문이 글로벌 에너지 사용량의 29%를 차지
건물 에너지 중 비중이 큰 냉난방 에너지 절감 필요
- 탄소 중립을 위해 히트펌프를 통한 CO₂ 배출 저감 정책이 글로벌로 시행 중
- 압축기, 열교환기 기술 고도화를 통해 히트펌프의 저온 난방 성능 개선되고 있음
- 공기열원 히트펌프의 저외기온 난방 실증을 통해 저온 난방 성능을 확인함