



# 에너지 고효율 건물을 위한 냉난방 설비 UN 기술로드맵



나 환 선  
한전 전력연구원 연구원

## 1. 개요

국제연합 환경프로그램에서는 '2011년 에너지 고효율 건물을 위한 냉난방 설비 기술로드맵' 보고서를 발표

하였다. 이 보고서에 따르면 저탄소 또는 제로탄소와 에너지 효율화를 위한 건물 냉난방 기술은 2050년까지 2G 톤과 기름 7조1만 톤에 해당하는 에너지를 저감하도록 목표를 설정하였다. 태양열, 열병합발전, 히트펌프,

열에너지 저장과 같은 대부분의 기술은 이미 오늘날 상업화가 진행 중인 기술이다. 고효율 에너지 건물 냉난방 설비를 위하여 2030년까지 연구개발 비용으로 매년 350억 달러의 추가비용이 요구되며, 연구개발은 비용을 저감하고 요소들의 통합과 효율을 개선하는데 초점을 두어야 한다. 하이브리드 시스템에 관한 연구개발은 매우 효율적이다. 예를 들면, 태양열 연계형 히트펌프 시스템, 열병합 발전과 같은 저탄소 기술에 도달 할 수 있다.

2030년 이후, 연구개발은 현재 적용 가능한 기술들이 최고의 기술이 되도록 초점을 맞출 필요가 있다.

정부는 최소한의 비용측면에서, 환경적인 기준을 만족 하는 냉난방 기술이 수용할 수 있는 경제적인 조건을 창출할 필요가 있다. 정부 정책은 시공자 스스로 인정 하는 시공능력 부족과 같이 특별한 장애요인을 다룰 만한 폭넓은 정책이 필요하고, 건물부문에서 건물소유자, 투자자들이 공감할만한 심도있는 정책이 필요하다.

## 2. 동향

### 가. 향후 주요활동

여러 집단이 함께 참여하는 정책을 개발하고 투자자들을 포함하는 저탄소 기술은 환경적인 정책과 함께 진행 되어야 한다. 또한, 다른 정책적인 목표(화재안전, 설비 안전, 지역정부계획)와 상충되는 문제를 피해야 한다.

각국 정부는 지역적인 환경에 적합한 로드맵, 시장 성장, 혁신적인 시스템 개발과 통합, 정책을 주도할 로드맵, 각 기술을 서로 통합할만한 국가적인 로드맵 등을 개발 해야 한다. 또한 각국의 정부 정책은 CO<sub>2</sub>배출 저감과 같은 정량적이고 측정가능한 의미있는 목표를 설정하고, 정기적으로 프로그램을 통해 효율성을 검증하는 것을 포함해야 한다.

각국 정부는 건물부문 최종소비자가 사용한 에너지 소비에 관한 이해가 가능하며 적절한 데이터를 수집하는 시스템을 이행해야 한다. 또한, 건물 특성, 기술적인 전개 및 배치, 시장에 대한 상세분석, 비용과 효과 측면에 관한 데이터 수집 시스템도 이행해야 한다. 위와 같은 정부의 활동은 정책을 개선하는데 도움이 될 것이며, 로드맵 목표를 향한 과정을 모니터링 할 수 있다.

의사결정권자는 기술대안의 잠재력을 비교 평가할 수 있는 능력을 지녀야한다. 정부는 정책결정권자의 요구 조건을 반영하여 설계나 구매단계에서 성능목표, 에너지, CO<sub>2</sub>저감을 확인하고, 폭넓은 표준화정보 패키지 개발을 수행해야 한다.

### 나. 로드맵의 역할

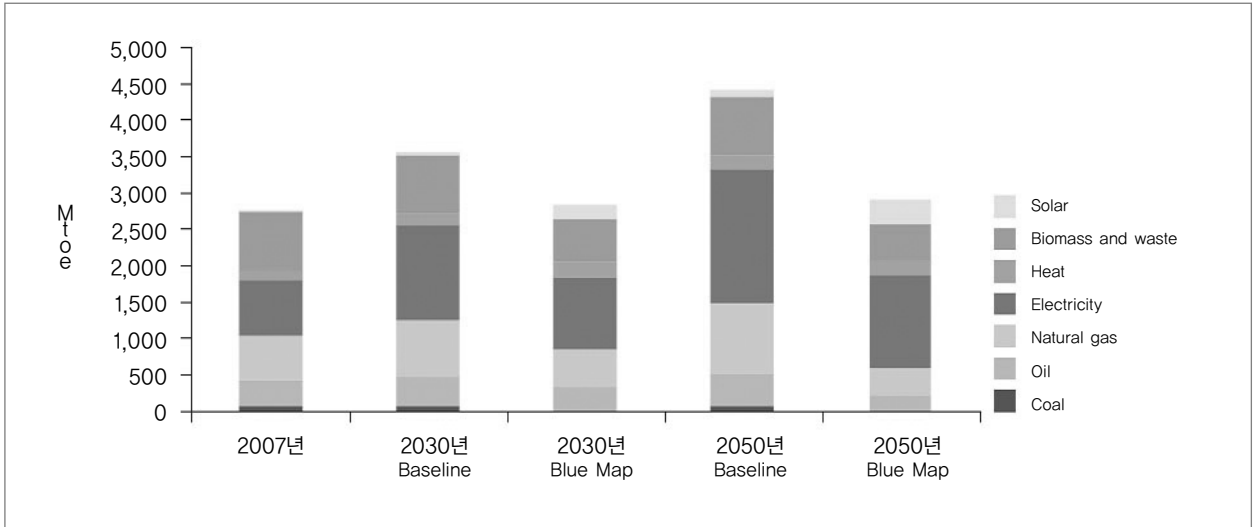
2010년 국제에너지기구(IEA) 기술전망에 따르면, 2050년까지 CO<sub>2</sub>배출량을 2007년 수준의 1/2이상 저감 하는 에너지 정책 및 행동강령이 지켜져야만 화석연료의 수요를 줄일 수 있다고 밝히고 있다.

건물부문에서 전기사용과 관련한 CO<sub>2</sub> 배출은 8.1G 톤에서 15.2G 톤으로 약 2배가 되었다. 이러한 증가수치는 주택수요가 67% 증가하고, 서비스부문에서 건물지역이 약 3배 증가하는 등 에너지 서비스의 새로운 형태들이 늘어났기 때문이다.

블루 로드맵 시나리오에 따르면, 2050년까지 건물부문 에너지 소비가 1,509 Mtoe까지 저감되며, 동시에 CO<sub>2</sub> 배출은 기준 시나리오보다 83% 더 낮아지게 된다.

이와 같은 에너지 소비 저감을 이행하기 위해서는 기존 건물의 개보수를 통해서만 가능하며, 2050년 건물분야 에너지 소비는 예상량의 1/3수준으로 감소될 전망이다.

2050년에는 주택수요가 67% 증가하고, 서비스부문에서 건물면적이 195% 증가함에도 불구하고, 에너지소비는



[그림 1] 건물부문 에너지 소비량 비교

2007년 수준보다 약 5% 높은 수준이다. 화석연료는 상당히 감소되고, 전통적인 바이오매스 소비량도 급격하게 줄어든다. 2050년 로드맵 시나리오에 따르면, 주거 부문에서 건물부문 에너지 63%가 저감될 것으로 보인다.

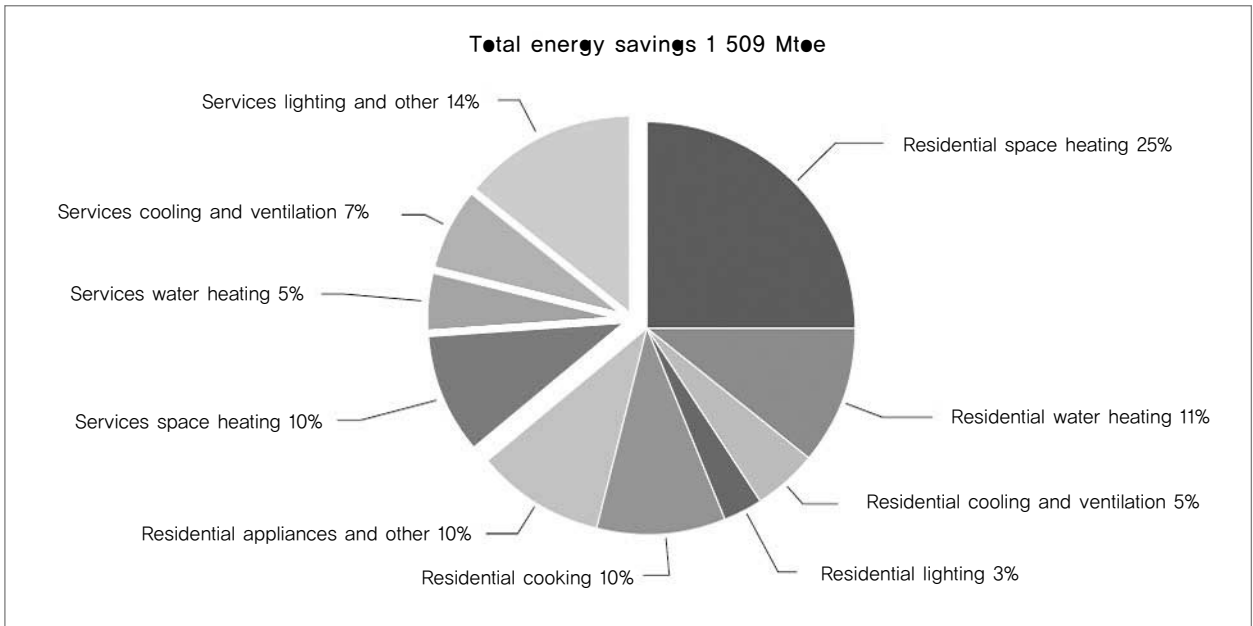
이 기술로드맵에서 다루고자 하는 영역은 다음과 같다.

첫째, 선정된 냉난방기술의 현재 상태, 비용과 미래 발전

둘째, 기술발전 목표와 일정을 포함하여 특별한 연구 개발 필요성 확인

셋째, 건물분야 냉난방기술이 특별히 지향해야할 목표

넷째, 냉난방기술에 대한 현재장벽, 미래장벽을 극복할



[그림 2] 건물부문 에너지 저감 비율

[표 1] 단독주택용 태양열 시스템 성능 및 비용 비교(2007년)

구 분		OECD 유럽	OECD 북미	OECD 태평양
정격 용량	水 난방(kWh)	2.8 ~ 4.2	2.6 ~ 4.2	2.1 ~ 4.2
	겸용시스템(kWh)	8.4 ~ 10.5	8.4 ~ 10.5	7 ~ 10
사용 에너지	水 난방(GJ/시스템/년)	4.8 ~ 8	9.7 ~ 12.4	6.5 ~ 10.3
	공간난방 및 水 난방 (GJ/시스템/년)	16.1 ~ 18.5	19.8 ~ 29.2	17.2 ~ 24.5
설치 비용	신설(달러/kWh)	1,140 ~ 1,340	1,200 ~ 2,100	1,100 ~ 2,140
	개축(달러/kWh)	1,530 ~ 1,730	1,530 ~ 2,100	1,300 ~ 2,200

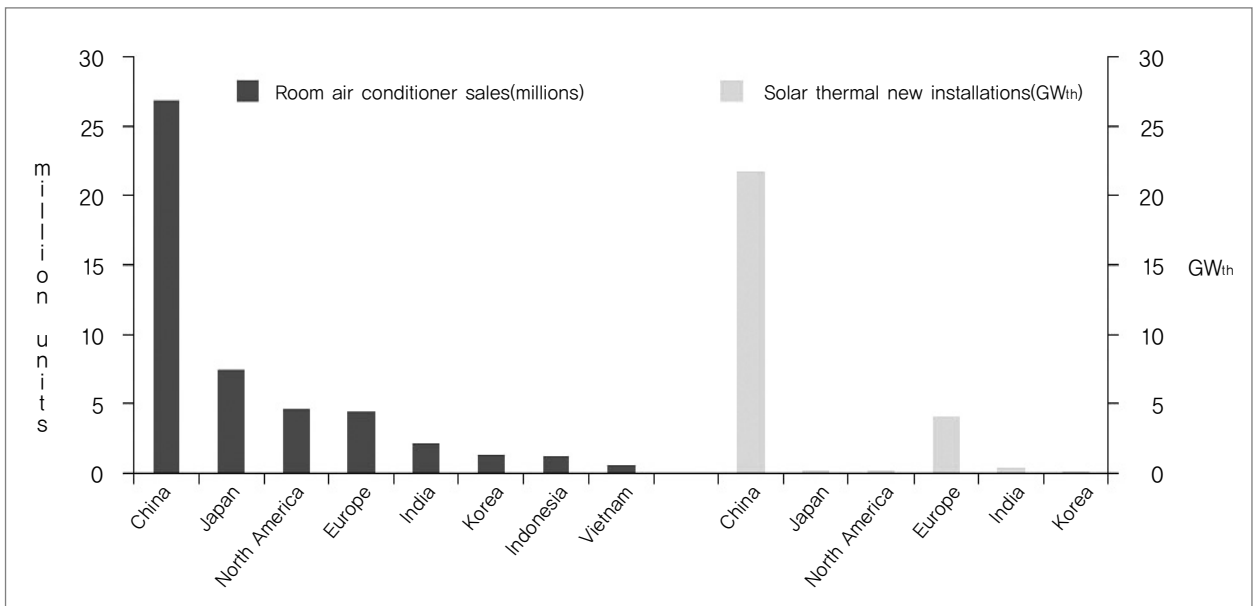
만한 정책제안, 그리고 블루맵 시나리오 결과를 확신할 만한 적절한 시점이 이뤄지는지 여부 등이다.

또한, 기술로드맵에서 다루고 있는 기술항목은 공간 난방, 수(水) 난방, 열 저장, 냉각 및 제습에 관한 내용이며, 관련 요소기술은 능동형 태양열, 열병합발전, 공간 냉난방과 급탕용 히트펌프, 열 저장 등이다.

**다. 냉난방 기술 수준**

능동형 태양열 기술은 냉방, 공간난방, 수(水) 난방에 적용 가능하다. 이 로드맵에서는 건물통합형 시스템에 초점을 맞추고 있으나, 지역난방에서도 동일하게 이용 될 수 있다.

열병합발전 기술은 건물분야 용량 (1kWe~1MWe)과 캠퍼스규모 용량 (1MWe~5MWe) 에 주된 초점을 맞추고



[그림 3] 국가별 주거용 냉방과 능동형 태양열시스템 판매 현황(2008~2009년)

있다. 전통적인 열병합발전기술은 이미 성숙단계이지만, 마이크로 열병합발전, 바이오매스 열병합발전과 연료 전지시스템 등은 논란의 여지로 인해 부분적으로 수용 가능한 기술이다. 냉난방용 히트펌프 기술은 성숙된 기술이며 매우 효율적으로 신재생에너지를 이용하는 기술이다. 열저장 기술 중 급탕, 지하 저장부문에서는 주의를 요하는 기술이며 상변화 냉각저장, 열화학적 저장부문은 현재 잠재력이 있는 기술이다. 열저장기술은 에너지 저장을 최대로 할 수 있으며, 기술에 대한 에너지 효율 잠재력을 극대화시켜 손쉽게 신재생에너지를 사용하고, 블루맵 시나리오의 전반적인 시스템 비용을 최소화 하는데 도움이 된다.

냉방부분은 그림 3과 같이 중국이 태양열 시스템과 주거용 냉방부분에서 연간설치능력이 세계최고 수준이다.

### 라. 기술의 비전

이 기술로드맵의 비전은 난방기술부문에서 2050년까지 2G 톤까지 건물관련 CO<sub>2</sub>배출량을 줄이는 것이다. 블루맵 시나리오에 따르면 전기소비, 지역난방, 건물규모 열병합발전 난방, 태양열 등은 2005년 대비 2050년에 더 높아진다. 태양열에너지는 건물부문 에너지 총 소비량의 11%에 이를 것이며, 수(水)난방은 30%에서 60%, 공간 난방은 10%에서 35% 수준으로 건물부문 에너지 사용 효율 개선에 도움이 될 전망이다.

이와 관련하여 2030년과 2050년의 목표대비 성능기준을 표 2와 같이 정리하였다.

공간난방과 수(水)난방을 위한 용도로 히트펌프를 더욱 많이 사용하면서 냉방용 고효율 히트펌프는 냉난방 에너지 63%를 저감한다. 공간난방과 수(水)난방을 위한 태양열 시스템은 29%의 에너지를 저감한다. 열병합

[표 2] 냉난방 기술의 비용 대비 성능 목표 비교

구 분	2030년		2050년	
<b>능동형 태양열 시스템</b>				
설치 비용	-50 ~ -75%		-50 ~ -75%	
유지관리비용	0 ~ -40%		0 ~ -40%	
에너지 비용	-50 ~ -60%		-50 ~ -65%	
열에너지 저장	상변화물질(열적, 화학적)		상변화물질(열적, 화학적)	
설치비용	-50 ~ -75%		-65 ~ -85%	
에너지 비용	사이클에 따라 다름		사이클에 따라 다름	
<b>히트펌프 시스템</b>	<b>공간/수 난방</b>	<b>냉 방</b>	<b>공간/수 난방</b>	<b>냉 방</b>
설치 비용	-20 ~ -30%	-5 ~ -15%	-30 ~ -40%	-5 ~ -20%
성능계수 개선	30 ~ 50%	20 ~ 40%	40 ~ 60%	30 ~ 50%
에너지 비용	-20 ~ -30%	-10 ~ -20%	-30 ~ -40%	-15 ~ -25%
<b>열병합발전</b>	<b>연료전지</b>	<b>마이크로터빈</b>	<b>연료전지</b>	<b>마이크로터빈</b>
설치비용	-40 ~ -55%	-20 ~ -30%	-60 ~ -75%	-30 ~ -50%
전기효율	35 ~ 40%	30 ~ 35%	35 ~ 45%	35 ~ 40%
전체 효율	75 ~ 80%	70 ~ 75%	75 ~ 85%	75 ~ 85%
에너지 비용	-40 ~ -65%	-10 ~ +5%	-75 ~ -85%	-15 ~ 20%

발전은 그 역할은 작지만 CO<sub>2</sub> 배출을 줄이는데 중요한 역할을 수행하며, 약 8%의 에너지저장과 신재생에너지에 의한 전기시스템과의 균형을 맞추는데 도움이 된다.

블루맵 시나리오에서 냉난방 시스템의 효율과 에너지 저장을 위해 여러 변수를 분석하였다.

첫째, 블루맵 히트펌프 : 이 시나리오에서 보이는 냉방 및 습도제어를 위한 울트라 고효율 히트펌프의 성적 계수(COP)는 9이다. 공간난방과 수(水)난방 적용으로 더욱 신속하게 비용이 저감된다. 이 시나리오에서 소개 되는 히트펌프는 2050년에 CO<sub>2</sub> 2G 톤을 저감한다.

둘째, 블루맵 태양열 : 2020년까지 적용 가능한 저비용 콤팩트형 열저장 장치는 단기간에 비용을 줄이며, 2050년까지 CO<sub>2</sub> 1.2G 톤을 저감한다.

셋째, 블루맵 건물 열병합발전 : 2050년까지 CO<sub>2</sub> 0.5G 톤을 저감한다.

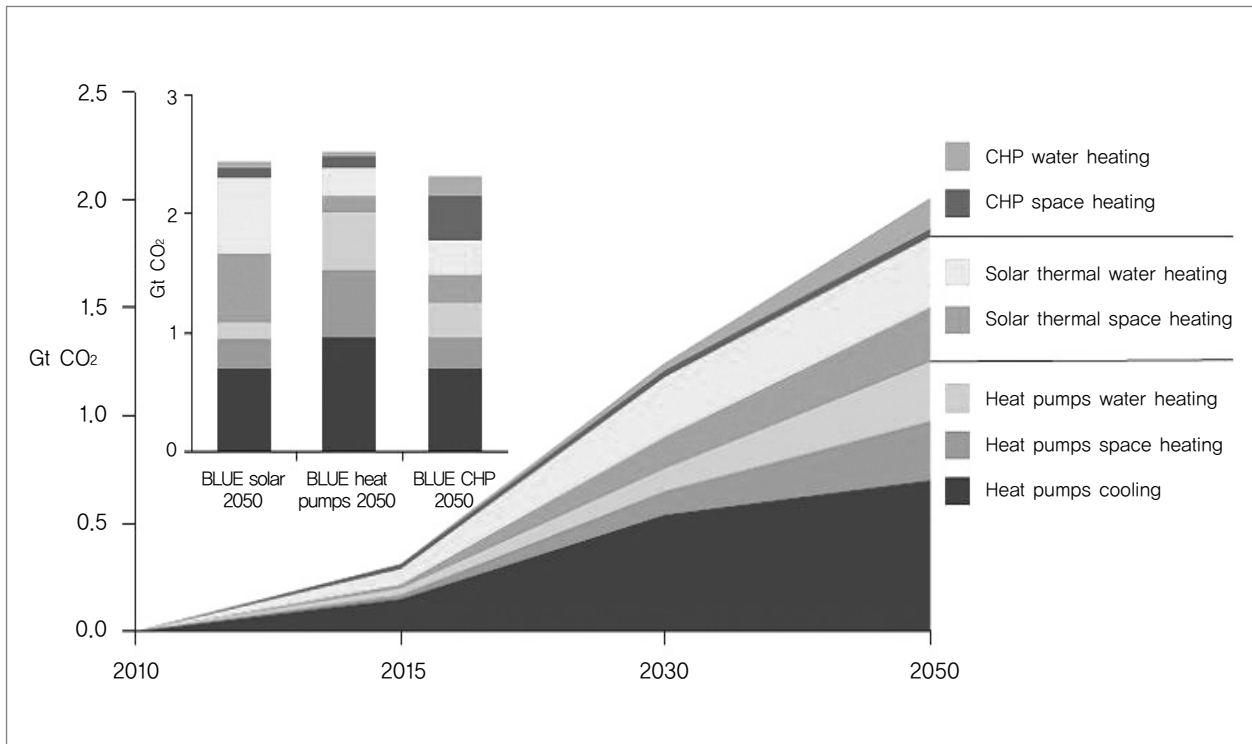
블루맵 시나리오의 목표는 세계적으로 냉방시스템의 평균효율이 2050년까지 2배 이상 개선되며, 동시에 공간난방과 급탕온수를 공급하는 수단으로 현재 기술 대비 혁신적으로 변화될 부분은 다음과 같이 밝히고 있다.

첫째, 화석연료에 의한 공간난방, 수(水)난방 수요가 현재의 독점적인 수요수준에서 최소 5%에서 최대 20%까지로 떨어질 것이다.

둘째, 히트펌프는 공간난방과 수(水)난방 수요가 극단적으로 상승할 것이다. 공간냉난방, 급탕용으로 설치된 수요는 2050년까지 거의 35억 대에 이를 것이다.

셋째, 건물부문에서 열병합발전의 설치능력은 오늘날 수준보다 훨씬 더 많은 45배 수준으로 2050년에는 747GW에 이를 것이다.

넷째, 열에너지 저장은 2050년까지 모든 공간난방과 급탕의 1/2에 해당한다.



[그림 4] CO<sub>2</sub> 배출감소에 대한 냉난방 기술 기여 수준

### 마. 기술개발 계획

냉난방 기술에서 비용과 성능측면은 가장 다양한 변수가 된다. 그 이유는 최종소비자의 적용방법, 기후, 기술시방, 사용자의 요구조건과 건물을 점유하는 시간 대별 에너지사용 패턴이 각기 다르기 때문이다. 이러한 이유로 기술로드맵에서는 냉난방기술의 성능대비 비용 관점에서 목표를 설정하였다.

#### 〈능동형 태양열 시스템〉의 연구개발에 관한 계획

건물외피와 태양열 집열기를 통합하고, 집열기를 통합한 다양한 건물요소를 저 비용으로 연구개발 한다. 이 일정은 2011년부터 시작해서, 2015년과 2030년 사이에 신형 집열기를 설치한다.

단독주택에 능동형 태양열 시스템을 적용하여, 2020년까지, 30% 저감, 2030년까지 50%를 저감하는 계획이 수립되어 있다.

#### 〈열병합 발전 시스템〉의 연구개발 계획

2015년부터 2020년까지 고효율과 내구성, 그리고 낮은 비용으로 연료전지(주거용도로 1kW에서 수백kW급)를 개발한다.

마이크로터빈 성능과 효율 개선을 위한 연구개발은 2011년부터 2025년까지 수행한다. 화석연료 이용 왕복 엔진, 가스터빈의 효율과 비용개선연구는 2011년부터 2025년까지 수행한다. 상업용 건물 용도의 수백kW급 대규모의 연료전지 개발과 하이브리드형 연료전지-가스터빈시스템 연구는 2015년부터 2025년까지 수행한다. 각각의 다른 사업영역에서 열병합발전 패키지를 표준화하고 운영전략을 개발하는 연구일정은 2012년부터 2025년까지 계획되어있다.

### 〈히트펌프〉분야의 연구개발 계획

냉난방 효율개선을 위한 히트펌프 성능 관련 연구개발은 히트펌프 성능측면에서 ▲2020년까지 히트펌프의 성적 계수(COP)를 20%이상 개선 ▲2030년까지 50% 개선하는 것을 목표로 설정했다.

또한, 비용측면에서 ▲2020년까지 비용을 15% 저감하고 ▲2030년까지 25% 개선하는 목표를 설정했다. 공간난방/수(水) 난방과 냉방을 동시에 겸용하는 통합 히트펌프 시스템의 효율개선과 스마트그리드와 홈 에너지 관리 시스템과 연계되는 저에너지 건물용도 히트펌프 효율개선에 관한 일정계획은 2015년까지 현장에 배치하고, 2020년까지 확대 적용하는 목표를 설정했다. 저온 공간 난방시스템과 고온 공간 냉방시스템의 효율화를 위한 히트펌프 통합시스템에 관한 일정계획은 OECD 국가에 2020년까지 모든 신축건물에 적용하도록 목표를 설정했다.

태양열과 융합한 하이브리드형 히트펌프 시스템의 개발은 2020년부터 2025년까지 현장에 확대적용하는 것으로 목표를 설정하였다.

#### 〈열에너지 저장〉분야의 연구개발 계획

기초과학연구(열동력학과 재료발전)에 관한 협동연구와 상변화물질을 이용한 축열과 열적-화학적 저장을 위한 히트펌프 축열 시스템 통합, 중앙집중식 건물적용과 같은 응용 연구분야는 2012년 이후 지속적으로 수행한다.

컴팩트형 열에너지 저장, 특히 상변화물질과 열적-화학적 저장과 같은 미래형 재료를 개발하는 연구개발 투자는 2012년부터 2020년까지 진행한다. 최종소비자가 열에너지 저장으로부터 얻는 이익 추구하고 같은 기술들을 통합하고 연구진행하는 시점은 2013년 이후로 지속될 예정이다. 위에서 언급한 축열방법에 따른 컴팩트형 열에너지 저장시스템의 통합 냉난방시스템의 개발과 검증에 관한 일정계획은 2015년부터 2025년까지이다.

### 3. 전망

국제연합 환경프로그램에서는 2011년부터 효율적인 에너지절약형 건물 냉난방시스템을 위한 규정과 정책(안)을 개발하는 정책협력 워킹그룹을 만들었다. 국가적·지역적 측면을 고려하고 모든 규정과 정책들이 건물 부문에 미치는 영향을 포함하여, 2011년부터 2013년까지 건물분야 냉난방시스템에 대한 기존정책과 측정수단을 검토하게 된다.

또한, 에너지 효율과 CO<sub>2</sub> 배출저감을 위한 기본정책 범위 내에서 건물용 냉난방시스템과 에너지효율화를

달성하기 위한 지름길과 공유된 비전을 개발할 계획이다. 국제연합 환경프로그램에서 주관한 이 기술로드맵은 에너지의 효율적인 냉난방 기술의 미래전진 배치와 더욱 상세한 분석요구 조건에 대응할 목적으로 작성되었다. 이 기술로드맵에서는 정부의 경제, 재정담당부서의 역할, 훈련 및 과학담당부서와 대학의 역할, 환경과 에너지 자원 담당부서와 규제자의 역할, 제작자, 설계자, 건축가, 부동산개발업자 등의 역할, 민간단체의 역할, 에너지 수요 및 공급 사업자의 역할, 주정부와 중앙정부의 역할, 국제에너지기구와 같은 글로벌단체의 역할에 대해 각각 그 임무를 상세하게 구분하여 분석하고 있다. KEA