

# 11. 설비플랜트



화재안전 / 도로 / 첨단교통 / 구조교량 / 지반 /  
수자원 / 하천해안항만 / 건설환경 / 건축계획환경 / 건축구조자원 /  
설비플랜트 / 건설관리경제 / 건설정보 / U-국토 / 기타 /



## 고효율에너지시스템(BEMS) 도입촉진사업 성과 (일본)

### 이태원 (설비플랜트연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 지능형설비
- >> 2차분류 | 건물에너지관리

### 키워드

- 건물에너지관리, 고효율시스템,
- 에너지절약, 투자대비효과

11

설비플랜트

일본에서는 주택과 건축물의 에너지 사용시스템의 고효율화 촉진을 위해 주택 건축물 고효율에너지시스템 도입촉진사업(BEMS 도입지원사업)을 시행하고 있는데, 2002년부터 2005년까지 사무소, 판매시설, 병원, 학교, 호텔, 복합시설, 전산센터, 연구소 등 226개의 기존건물과 32개의 신축건물을 대상으로 한 사업추진실적을 정리한 2008년의 성과보고서에 따르면 총 11.1%의 에너지 절감효과를 거둬 계획했던 6.5%를 상회하는 결과를 얻어 BEMS를 활용한 에너지절약의 가능성을 보여주었다. 이 사업을 통해 연간 2,801,201 GJ(원유 환산 72,271 KL)의 에너지를 절약하였다.

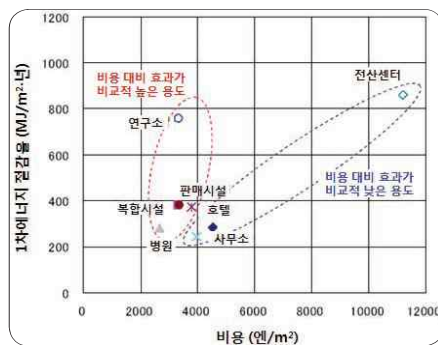
건물용도별로 살펴보면 신축건물의 경우는 학교, 호텔, 복합시설 및 연구소의 에너지 절약율이 20% 이상으로 높았고, 기존 건물의 경우에는 사무소, 복합시설, 전산센터 및 연구소의 에너지 절약율이 10% 이상이 되어 전반적으로 기존건물보다는 신축건물의 에너지 절약효과가 큰 것으로 나타났다.<그림 1> 참조

건물용도별 에너지절약을 위한 시설투자비용 대비 효과의 측면에서는 전산센터의 경우 연간 단위면적당 에너지절약율이 매우 높기는 하지만 시설투자비 또한 매우 커서 결과적으로 투자대비 효과는 비교적 낮아지는 반면, 연구소의 경우는 연간 단위면적당 에너지절약율이 높으면서도 시설투자비는 상대적으로 작아 적은 비용으로 큰 투자효과를 볼 수 있는 것으로 분석되었다. 즉 사무소와 학교 등 일반적인 업무용 시설 보다는 복합시설, 병원, 호텔, 판매시설, 연구소 등의 시설을 중심으로 투자를 통한 에너지절약 효과를 크게 볼 수 있는 것으로 나타났다.

여기에 적용된 에너지 관리항목 및 절약시스템을 정리하면 표 1.과 같다.



<그림 1> 기존의 도로선형과 도로다이아트



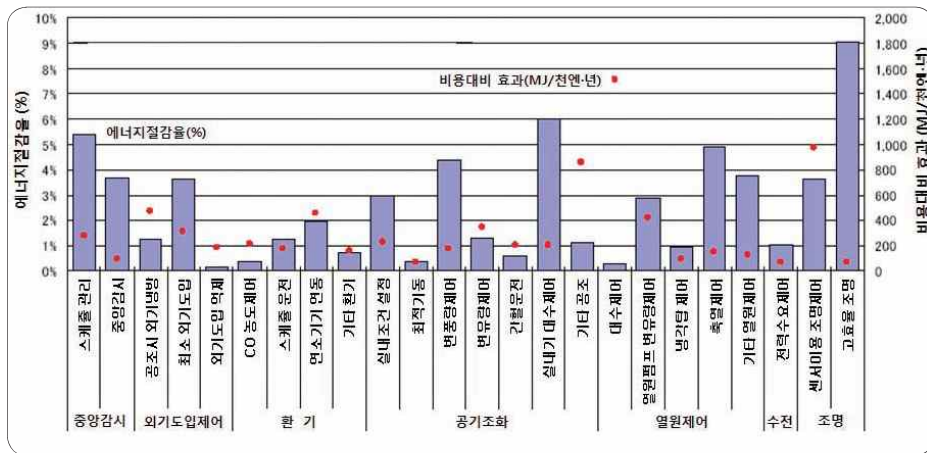
<그림 1> 기존의 도로선형과 도로다이아트

〈표 1〉 도입된 에너지관리 및 절약시스템

분류	내용	
중앙감시	일사차폐제어, 더블스킨으로부터 열회수	
건축	스케줄 관리, 데이터 보존	
기계	외기도입	공조시간대 외기냉방 및 나이트퍼지, 외기도입 최소화, 전열교환기, 워밍업시 외기 차단
	환기	일산화탄소 농도제어, 스케줄 운전, 연소기기 연동
	공기조화	실내조건 설정, 대온도차 제어, 최적 기동, 변풍량제어, 변유량제어, 간헐운전, 실내기 대수제어
	열원제어	대수제어, 열원펌프 변유량 제어, 송수온도 가변제어, 냉각탑 제어, 축열제어, 냉온 동시(열회수)제어, 실외기 살수제어
	기타	열병합발전(전주열중)
전기	수전	수요제어(디멘드 제어)
	조명	조도센서나 인체감지센서 이용 조명제어, 스케줄 제어

〈표 1〉에 보인 바와 같은 에너지관리 및 절약시스템을 도입한 결과 고효율 조명, 실내기 대수제어, 설비의 스케줄 관리, 축열제어 및 변풍량 제어의 순으로 에너지절감율이 높은 것으로 나타난 반면, 에너지관리에 필요한 투자비 대비 절감효과는 열원기기 대수제어, 조도센서나 인체감지센서 등을 이용한 조명제어, 합리적인 공조운전제어, 외기냉방, 연소기기 연동운전 및 펌프류의 변유량제어의 순서를 보여 건물에서의 에너지절약을 위한 투자우선순위를 시사해 주고 있다(그림 3 참조).

최근 들어 국내에서도 건물에너지관리에 대한 관심이 크게 증가하고 있어 BEMS의 보급촉진을 위한 제도적 장치가 조속히 마련될 필요가 있다.



〈그림 3〉 도입된 에너지관리 및 절약시스템별 에너지절감율 및 투자대비 효과

■ 관련(참고)사이트 : <http://www.nedo.go.jp/>

■ 출처 : 住宅·建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業 成果報告書, 2008.01, 新エネルギー産業技術総合開発機構.

# 냉·온수 분배시스템의 표준화

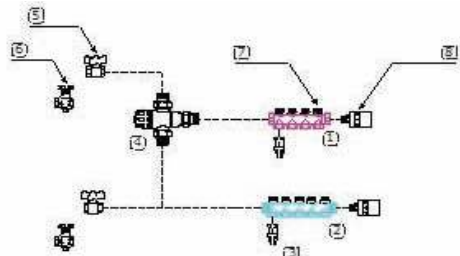
## 조정식 (설비플랜트연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 위생설비
- >> 2차분류 | 냉온수 분배시스템

## 키워드

주거용 건축물, 냉온수 분배시스템, 표준화, 시스템 적용

주거용 건축물에서 급수 및 급탕에 있어서 일정한 유량 및 온수 온도의 공급을 위해 적용하며, 냉·온수 분배시스템 자재의 종류는 급수·급탕용 분배기, 삼방밸브, 정유량조절밸브, 수격방지기가 있으며 시스템의 구성은 다음과 같다.



1. 온수용 manifold
2. 냉수용 manifold
3. 정유량조절밸브
5. 스톱밸브
6. U-스트레이너 일체형스톱 밸브
7. shut-off 밸브
8. 수격방지기

<그림 1> 냉온수분배시스템 구성도

11

설비플랜트

### 1. 삼방밸브

공급되는 냉수와 온수의 설정한 온도를 일정하게 유지시키고, 급수배관의 비상시 온수의 공급을 차단시켜 주는 안전기능을 보유하며, 특징은 다음과 같다.

- ① 적용유체 : 냉온수
- ② 최대 공급온도 : 85℃
- ③ 설정온도범위 : 30 ~ 60℃
- ④ 최대 공급압력비 : 2 : 1
- ⑤ 설정온도편차 : ±2℃
- ⑥ 최대작동압력 : 정압 14kgf/cm<sup>2</sup>, 동압 5kgf/cm<sup>2</sup>
- ⑦ 스케일방지를 위한 공급온도와 환수온도의 최소차 : 15℃



### 2. 정유량조절밸브

설계유량을 ±5% 이내로 유지하도록 하며, 특징은 다음과 같다.

- ① 적용유체 : 냉온수
- ② 최대 공급온도 : 120℃
- ③ 설정유량편차 : ±5%
- ④ 최대 작동압력 : 10kgf/cm<sup>2</sup>
- ⑤ 작동차압범위 : 0/4 ~ 5.0kgf/cm<sup>2</sup>



### 3. 냉·온수용 분배기

청동 및 폴리부틸렌 재질을 사용하고, 연결부에는 냉·온수 공급을 위한 배관의 연결 및 수격방지기 등의 부재의 접속이 가능하도록 하며, 특징은 다음과 같다.

- ① shut-off 밸브 적용시 분기구의 개별적 개폐가 가능
- ② 최대사용압력 : 10kg/cm<sup>2</sup>
- ③ 사용온도범위 : 5 ~ 100℃



### 4. 수격방지기

특징은 다음과 같다.

- ① shut-off 밸브 적용시 분기구의 개별적 개폐가 가능
- ② 최대사용압력 : 10kg/cm<sup>2</sup>
- ③ 사용온도범위 : 5 ~ 100℃



### 5. 스톱밸브

특징은 다음과 같다.

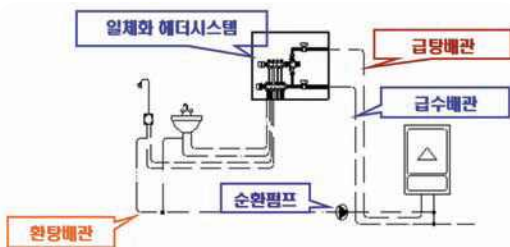
- ① 파이프유니온+접속링+볼밸브+T핸들+수/암나사 접속
- ② 밸브핸들 색깔 선택 가능
- ③ 최대사용압력 : 10kg/cm<sup>2</sup>      ④ 최대사용온도 : 100℃



### 6. 시스템의 적용

#### 6.1 개별급탕방식의 환탕배관시스템의 적용

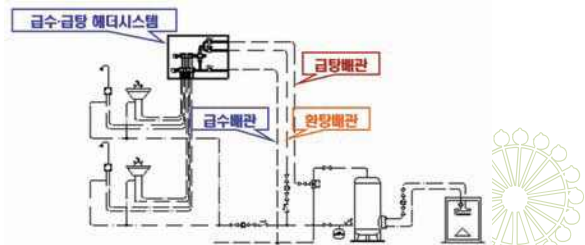
환탕배관을 각 수전 또는 급탕헤더와 급탕기에 직접 연결하고, 순환펌프에 의해 온수를 순환시키는 강제순환방식이며, 항시 급탕순환이 가능하다. 개별급탕의 경우 급탕기의 온수 가열시간으로 인해 적정 사용온도의 온수를 토출할 때 까지 다소 시간이 걸리는 문제점을 해결하며, 급탕 대기시간 및 버려지는 물의 최소화 가능하다.



〈그림 2〉 개별급탕시스템 및 환탕배관시스템의 적용

#### 6.2 중앙급탕방식의 환탕배관시스템의 적용

환탕배관을 각 수전 또는 급탕헤더와 저탕탱크에 연결하여 급탕을 순환시킬 수 있는 시스템으로, 기존 방식과 달리 세대 내에서도 환탕배관을 구성하여 급탕 대기시간의 단축이 가능하다.



〈그림 3〉 중앙급탕시스템 및 환탕배관시스템의 적용

■ 출처 : 건설교통 R&D정책 · 인프라사업 설비공사 건설자재 표준화 보고서

# 주거용 건축물 단위세대 급수관 인입관경 산정 방법

**조정식** (설비플랜트연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 위생설비
- >> 2차분류 | 환경산정

**키워드**

주거용건축물, 급수관, 인입관경, 관경산정

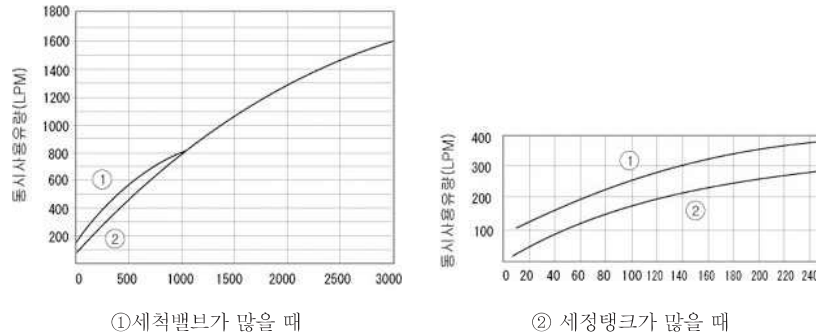
단위세대 순간급수부하(동시사용유량), 허용마찰손실수두를 계산하고, 관 종류별 Williams-Hazen 유량선도를 이용 세대 순간급수부하, 허용마찰손실수두 및 유속의 관계에 따른 세대 급수 인입관경을 산정하는 방법임

## 1. 단위세대 순간급수부하(동시사용유량) 계산

기구급수부하단위에 의한 방법을 이용하여 다음의 표 1로부터 각 기구의 급수부하단위수로 <그림 1>에서 동시사용 유량을 구함

<표 1> 기구급수부하단위(Fu)

기구명	수 전	품질시험결과	
		공중용	개인용
대 변 기	세정밸브	10	5
	세정탱크	5	3
소 변 기	세정밸브	5	
세 면 기	급 수 전	2	1
수 세 기	급 수 전	1	0.5
의료용세면기	급 수 전	3	
사무실싱크	급 수 전	3	
주방싱크	급 수 전	-	3
조리장싱크	급 수 전	4	2
조리장싱크	혼합밸브	3	
청소용싱크	급 수 전	4	3
욕 조	급 수 전	4	2
샤 워	혼합밸브	4	2
음 수 기	음수용수전	2	1
탕 비 기	불 탭	2	



〈그림 1〉 기구급수부하단위에 의한 동시사용유량 선도

## 2. 단위세대 급수 인입관경 산정

### 2.1 허용마찰손실 계산

단위길이당 허용마찰손실을 식에 의해 계산하여 허용마찰손실의 적합여부(허용마찰손실수두 ≤ 관로 최말단 기구까지의 정수두)를 확인함

$$s = \frac{H - P}{K(L + l)} \times 1000$$

여기서,  $s$  : 허용마찰손실 [kPa/m](mmAq/m)

$H$  : 정수두[kPa](mAq)

$P$  : 기구에서 필요로 하는 압력 [kPa](mAq)

$K$  : 관로 계수 (2.0 ~ 3.0)

$L$  : 주관의 길이(m)

$e$  : 지관의 길이(m)

### 2.2 관내 유속

건축물 내부의 급수지관의 경우 최적유속 한계값은 0.5 ~ 0.7m/s이고, 최대 허용유속은 2m/s이나 유속이 증가할 경우 소음발생, 마찰저항 증가, 관의 침식축진 등의 문제점이 발생할 수 있으므로 최대 허용 유속을 1.5m/s 이하가 되도록 설계함

〈표 2〉 유속의 참고치 (HASS-206)

관 종	조 건	최적유속(m/s)
펌프 흡입관	흡상높이, 흡입관장, 수온에 따라 다름	0.5 ~ 1.0
펌프 토출관	공기를 포함한 부식의 염려가 있을 때	1.2 ~ 2.0
급수 본관	수도본관	1.0 ~ 2.0
급수 지관	건물내의 급수관	0.5 ~ 0.7
급수원방송수관	수도의 배수본관	1.5 ~ 3.0
보일러 급수관	수온 70℃ 이상	0.6 ~ 1.0
배수펌프양수관	-	1.0 ~ 1.5

### 2.3 인입관경의 산정

계산 및 실측된 동시사용에 따른 순간급수부하(동시사용유량), 허용마찰손실 및 유속을 관재료의 종류별 Williams-Hazen 유량선도를 이용하여 적정 관경을 도출함. 이때 허용마찰손실은 정수두보다 같거나 작아야 하며, 유속은 최대 허용 유속 1.5m/s 이하가 되도록 하여야 함

■ 출처 : 건설교통 R&D정책 · 인프라사업 설비공사 건설자재 표준화 보고서



# 카본 마이너스 동경 10년 프로젝트

**김태형** (설비플랜트연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 저탄소
- >> 2차분류 | 저탄소사회구현

**키워드**

저탄소, 동경(東京), 온실가스

11

설  
비  
플  
랜  
트

일본의 문부과학성이 2005년을 기준으로 2020년까지 15%, 2050년까지 60~80%의 온실가스를 감축하겠다는 계획을 2009년 7월 발표한 이후, 東京都에서는 ‘카본 마이너스 동경 10년 프로젝트(カーボンマイナス東京10年プロジェクト)’ 라는 시책을 2010년 3월에 발표하였다.

이 시책은 ‘10년 후 동경 계획’ 가운데 ‘2020년 동경 온난화 가스 방출량-2000년 대비 25% 절감’ 항목에 대한 구체적인 실천계획을 수립한 것으로 ‘카본 마이너스 도시 추진본부’ 를 설치하고 10년 프로젝트를 개시한다는 내용이다.

이 시책에 따르면 2007년 동경의 CO2 배출현황은 2000년에 비해 도시 전체적으로 5.2%가 감소하였으며, 이 중 산업부문이 23.3% 감소, 업무부문 10.9% 증가, 가정부문 2.6% 증가, 운송부문 21.4% 감소 및 기타가 12.7% 감소된 것으로 나타났고, 설치되는 카본 마이너스 도시 추진본부에서는 2020년 CO2 배출량을 2000년 대비 25% 저감하기 위해 위에 분류된 산업부문, 업무부문, 가정부문, 운송부문 및 기타부문에서 총115개 사업부문을 선정하고 30,976억¥을 투입하여 개선한다는 목표를 제시하고 있다.

이 중 투입예산이 가장 크고 동경도 자체적으로 대규모 시행이 가능하여 파급효과가 큰 부문인 산업·업무부문에 대한 대책을 일부 소개하면 다음과 같으며, 기타 자세한 내용은 출처를 참고하기로 한다.

## 산업·업무부문 대책

- 대규모 CO2 배출사업소 대책
  - 대규모 CO2 배출사업소 저감의무제 및 배출량승인제도 도입
  - 지구 온난화 대책 보고서 제도를 활용한 중소기업 온난화 대책
  - 사회복지시설 에너지 절감설비 도입 등 모뎀사업
- 중소기업 CO2 저감 대책
  - 공중목용탕 연료의 녹색에너지(green energy) 전환
  - 사립학교 에너지 절감 도입모듈 사업비 보조
  - 저에너지 보일러 등의 보급

- 중소기업 사무소의 저에너지 창출 프로젝트

- 도시 CO2 저감 대책
  - 도시개발 등의 기회를 이용한 CO2 저감
  - 도시 건축물의 CO2 저감
  - 시나자와역 및 타마치역 주변지역 정비 사업
  - 지역특성을 고려한 환경대책 보장
- 도청 선형 운동
  - 도청사 중앙컴퓨터실의 소비전력 억제
  - 도세사업소의 태양광 발전설비 도입 등
  - 도립 문화시설의 에너지 절약 및 재생에너지 도입
  - 아지노모토 스타디움 개수정비 등



〈 그림 1 〉 카본 마이너스 동경 10년 프로젝트 목표

■ 관련(참고)사이트 : <http://www.metro.tokyo.jp/>

■ 출처 : <http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2010/03/DATA/70k38100.pdf/>

중 장기 연구 계획서

# 低炭素社会づくり研究開発戦略

**김태형** (설비플랜트연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 저탄소
- >> 2차분류 | 저탄소사회구현

**키워드**

지구환경, 온난화, 저탄소, 온실가스

11

설  
비  
플  
랜  
트

일본의 문부과학성에서는 지구온난화의 가속과 이에 따른 자연환경 생태계의 변화가 인류 공동의 중요한 문제라는 인식을 바탕으로 2005년 기준으로 2020년까지 15%, 2050년까지 60~80%의 온실가스를 감축하겠다는 계획을 2009년 7월 29일 결정·발표하였다.

문부과학성의 저탄소 사회 구축 행동계획

● **전략 1 : 전략적 사회 시나리오 연구 실시**

- 인문과학·사회과학을 포함해 일본의 과학기술을 결집하고, 산업구조, 사회구조, 생활양식, 기술 체계 등의 상호 연관이나 상승효과에 관한 검토를 통해 기술적 대응이나 적응 방책에 관한 연구 실시

● **전략 2 : 사회시스템에서 기술적 검토**

- 환경대책기술에 대한 새로운 기술 및 기존 기술, 적응책을 시험적으로 사회시스템에 실제로 적용 시켜, 자연과학적, 인문과학·사회과학적 관점에서 기술간 조합 및 사회시스템으로의 적용성 등에 대한 실증 연구를 실시

● **전략 3 : 선진적 저탄소화 기술개발(완화책) 추진**

- CO2 배출량 삭감을 중장기에 걸쳐서 지속적이고 체계적으로 진행하기 위해, 향후 중점적으로 투자하고 약 10년 후의 실용화를 예상하여 CO2의 삭감에 크게 부합되는 기술개발 실시
- 차세대 염료감응형 태양전지, 초전도 송전 시스템, 차세대 고성능 축전지, 초내열 합금 부품재료 등 선진적 저탄소화 기술개발 추진

● **전략 4 : 장래적인 에너지 기술개발 추진**

- 장기적으로 저탄소 사회의 실현에 크게 기여할 수 있다고 생각되는 고속 증식로 사이클 기술, 핵 융합 기술, 수소 제조 기술, 우주 태양광 발전 기술 등 에너지 기술에 관한 연구개발 추진

● **전략 5 : 환경 변화에 대해 실효성 있는 적응대책 검토**

- 고정밀도, 고해상도의 기후 변화 예측 결과를 바탕으로, 대응량의 해석 공간을 이용하고, 기후 변화에 대한 적응대책에 이바지하는 연구를 관계 부처 등과 협조하여 추진

● 전략 6 : 지구 환경을 계속적으로 파악하기 위한 체계적 관측 추진

- 인공위성, 육역, 해양 등 다양한 수단에 의한 지구 관측 실시
- 기후 변화·물순환 변화의 규명, 재해 감시 등에 이용할 수 있는 관측 데이터의 수집·제공 및 지구 환경 변화 현상 등의 파악을 위해, 인공위성이나 육역, 극지역, 해양 등의 관측을 계속적으로 실시하며 일본이 선도적으로 추진해야 할 관측 연구 추진

● 전략 7 : 연구자의 자유로운 발상에 근거하는 독창적인 접근 탐색 및 새로운 발상에 의한 획기적인 기술 시드(Seeds) 창출

- 연구자의 자유로운 발상에 근거한 연구를 추진하는 과학연구비 보조금, 전략 목표 책정 및 전략적인 창조 연구 추진 사업 등을 추진하여, 저탄소 사회의 실현을 위한 독창적인 접근 탐색 및 획기적인 기술 시드 창출

● 전략 8 : 일본의 우수한 환경 과학기술에 의한 국제 협력·과학기술 외교전개

- 환경·에너지 등의 분야에서 정부간 합의 등에 근거한 국제 연구 교류·공동 연구 및 일본의 뛰어난 과학기술과 ODA(공적개발원조)와의 제휴에 의한 과학기술 협력을 진행시킴, 개발도상국에서의 환경 문제의 해결을 위한 리더십을 발휘하는 인재를 육성하는 거점 형성

文部科学省低炭素社会づくり研究開発戦略



중장기 연구 계획서

지난 5월 지식경제부에서 발표한 그린에너지 전략로드맵과 비교할 때 15대 기술분야를 선정하고 집중 육성하겠다는 우리나라와는 달리, 기술은 물론 교육, 정치, 외교, 문화 등 전 사회분야에 걸쳐 전략을 수립하겠다는 의지의 표명이 다른 점이다.

■ 관련(참고)사이트 : [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/21/08/attach/1282921.htm/](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/08/attach/1282921.htm/)

■ 출처 : [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/21/08/1282824.htm/](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/08/1282824.htm/)

文部科学省低炭素社会づくり研究開発戦略 (平成21年8月11日 文部科学大臣決定) (PDF:340KB)

# 국내 · 외 도시형풍력 개발

**장춘만** (설비플랜트연구실 / 연구위원)


- >> 1차분류 | 신 · 재생에너지
- >> 2차분류 | 도시형풍력

**키워드**

도시형풍력, 신 · 재생에너지, 도시형 터빈

## 1. 국외 도시형 풍력 개발

최근 들어 도심 주거지역을 비롯한 공원, 강변도로 등에 소형 풍력터빈을 적용하는 사례가 늘고 있다. 도시형 풍력 발전기는 대형 풍력발전기와 달리 주거지 및 생활환경과 밀접한 관계가 있으므로 주거친화적인 특성이 요구된다. 즉 제한적인 소음과 도시경관에 부합되는 설계 그리고 안정성이 무엇보다도 중요한 설계 요소가 된다. 미국, 캐나다 및 독일을 중심으로 이러한 도시형 풍력의 개발 및 설치가 활발히 이루어지고 있으며 녹색도시 건설을 위한 신 · 재생에너지로 각광을 받고 있다. <그림 1>참조

형상			
업체명	PACWIND(USA)		
모델	DELTA I	AEOLIAN	DELTA II
용량	2kW	5kW	10kW
형상			
업체명	Aerotecture International Inc.(USA)	Energy Resource Development Inc.(Canada)	WestTech Environmental Systems Inc.(Canada)
모델	510V	Windports	1kW/3kW VAWT
용량	1kW	5kW / 10kW / 20kW	1kW / 3kW

<그림 1> 국외설치 도시형 풍력터빈

11

설비플랜트



## 2. 국내 도시형 풍력 개발

국내에서도 2020년까지 지식경제부 주관으로 100만 그린홈 사업의 일부로 주택 30,000호에 3kW이하의 소형풍력 터빈을 보급하는 사업이 추진되고 있다. 이사업은 2009년부터 2012년까지 설치비의 70%를 정부에서 보조해 주며, 이를 통하여 국내에서도 도시형 풍력발전기 시장이 크게 확대되리라 기대된다.

## 3. 도시형 풍력기의 주요 개발기술

도시형 풍력터빈은 낮은 주속비로 인한 저소음 특성과 도시 미관에 적합한 수직형 터빈이 주로 적용되고 있으며, 도시 먼로풍을 이용하여 경관물 설치를 겸한 타워형과 건물을 타고 넘어가는 평균 풍속 6~7 m/s 가량의 고속풍을 이용한 루프 설치형 터빈으로 분류된다. 그러나 루프 설치형 터빈은 바람방향의 수시 변동으로 인한 풍향의 추적성, Grid-tie 방식과 배터리 저장방식간의 자동전환 제어, 그리고 모니터링 시스템 구축 등의 기술적 문제 해결이 요구된다.



<그림 2> 다양한 도시형 풍력터빈 형상

■ 관련(참고)사이트  
<http://windenergy7.com/turbines/?tag=wind-energy>

■ 출처  
 IAMU, Forest City B&M 등

# 일본 건물 설치용 연료전지(1KW) 보급확대

**장춘만** (설비플랜트연구실 / 연구위원)

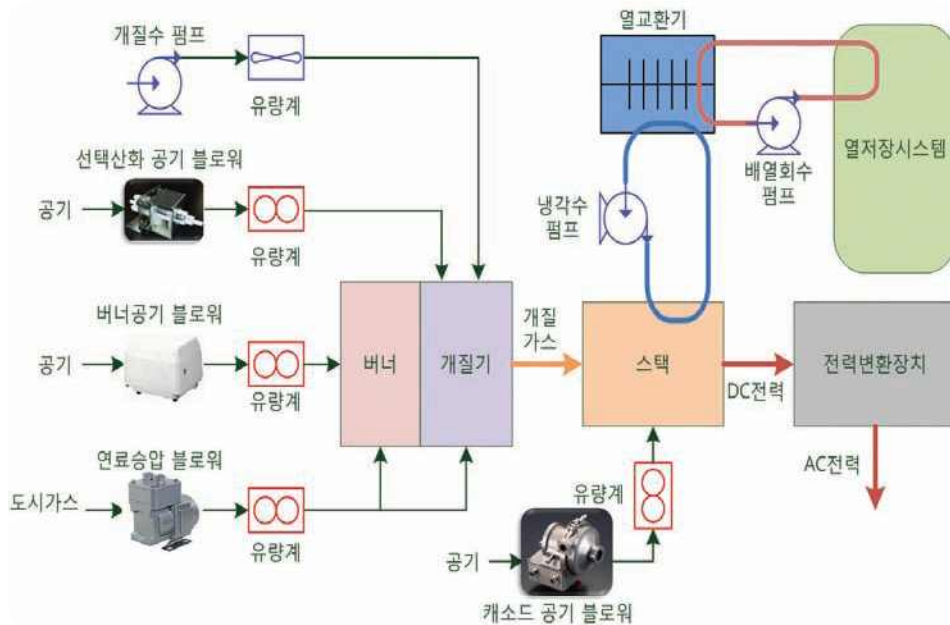
- >> 1차분류 | 신·재생에너지
- >> 2차분류 | 연료전지

**키워드**

가정용연료전지, 보조기기, 송풍기

## 1. 일본의 건물용 1kW 연료전지

일본은 상대적으로 주택의 전기료가 비싸, 일찍부터 주택등 건물에 필요한 소규모 발전 시스템에 대한 수요가 있어 왔음. 일본 정부에서는 건물용 연료전지 시스템을 핵심기술로 선정하여 기술개발과 보급에 많은 지원하고 있음. 특히 건물용 소형 연료전지사업은 세계 기술을 선도하고 있으며, 관련산업의 활성화를 위해 산학연 기술 컨소시움 운영과 가격저감을 통한 보급 확대를 꾀함. 가정용 연료전지의 보급화에 큰 걸림돌인 제품의 가격저감을 위해서는 보조기기의 가격저감이 필수임. 가정용 건물에 사용되는 1kW급 연료전지의 보조기기로는 4종의 블로워, 3종의 펌프 그리고 각종 밸브와 유량계를 들 수 있음. <그림 1 참조>



<그림 1> 가정용 연료전지 요소부품 구성도 (출처: 2009 연료전지 심포지움, 탁봉열, 장춘만, 정현범 공저)

11

설비플랜트




## 2. 일본의 1kW 가정용 연료전지 모니터링 사업

일본은 북쪽의 홋카이도에서부터 남쪽의 오키나와 까지 다양한 환경조건에서 건물용 연료전지의 성능을 평가하기 위한 모니터링 사업을 2005년부터 진행해 옴, 2008년 한해동안 1 kW급 건물용 연료전지 시스템 1,120대를 설치하였으며, 현재까지의 누적 설치대수는 3,000대 이상이며, 2030년까지 1kW급 건물용 연료전지를 약250만대 이상 보급할 계획임.

## 3. 보급확대를 위한 가격저감

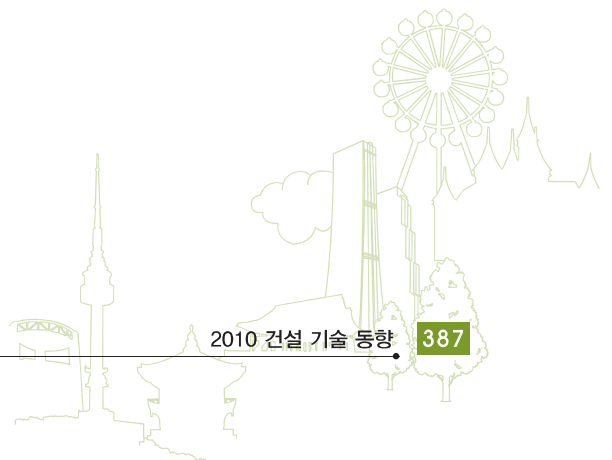
시스템의 보급확대를 위해서는 가격저감이 필수임. 2006년을 기준으로 하여 1kW급 연료전지의 시스템의 가격은 1억원을 상회하고, 년 1만대 생산을 가정 하여도 대당 2천만원을 상회함. 일본에서는 업체간의 부품공유화 연구를 통하여, 2010년에는 1천 2백만원으로 2020년에는 300-500만원까지 가격을 낮출 목표를 갖음.

〈그림 2〉 1KW급 고체고분자 가정용 연료전지 개발 사례(일본)

개발사	IDEMITSU(일본)	Toshiba(일본)	EBARA BALLARD Corp(일본)
사용연료	등유	LPG/도시가스	도시가스
발전용량	1 kW	700 W	1 kW
효율	종합효율: 60%	발전효율: 35%	발전효율: 35%
개발연도	2004년	2006년	2004년
개발제품			

■ 관련(참고)사이트  
<http://www.nedo.go.jp/nenryo/index.html/>

■ 출처  
 2009 연료전지 심포지움, 탁봉열, 장준만, 정현범 공저





# PVT Solar Systems

**김용기** (설비플랜트연구실 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 신·재생에너지
- >> 2차분류 | 태양열

**키워드**

태양광, 태양열, SHC, PVT,  
태양전지, 집열기

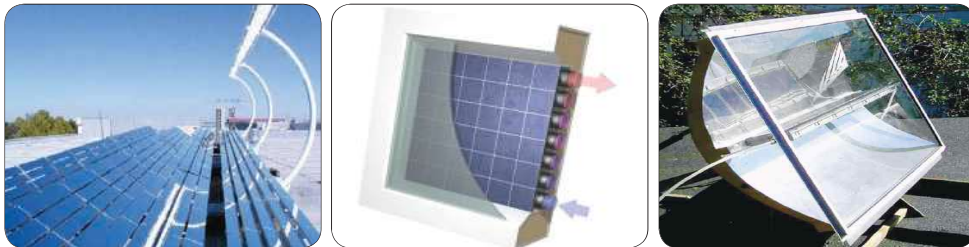
11

설  
비  
플  
랜  
트

국제에너지기구(IEA)의 태양열 냉난방 프로그램(Solar Heating & Cooling Programme)에서는 태양열이용 냉난방과 관련된 여러 가지의 과제(Tasks)를 수행하고 있다. 이 중 Task 35에서는 PV/Thermal Systems라는 제목으로 2005년부터 2007년까지 건물부문에서의 고효율 PVT(Photovoltaic/Thermal) 시스템 개발 및 보급 활성화를 위한 연구를 수행한 바 있으며, 최근에는 후속작업으로 다른 Task를 통해 PVT 현장 실증사업을 추진하고 있다.

PVT 태양열 시스템의 핵심부품은 태양전지(photovoltaic cells)와 태양열 집열기(solar thermal collector)가 하나의 장치로 결합된 PVT 모듈이며, 이 장치를 이용하여 태양복사에너지를 전기와 열로 동시에 변환·출력 할 수 있다. 부가적인 장치로는 축열조, 열교환기, 제어기, 인버터, 배관 및 배선 등이 있다. PVT 시스템은 건물의 제한된 집열기 설치면적에서 더 많은 재생에너지를 얻고자 할 때 유용하며, 잠재적으로는 태양전지 또는 태양열 집열기를 개별 설치하는 것에 비하여 생산 및 설치비용측면에서 유리하다.

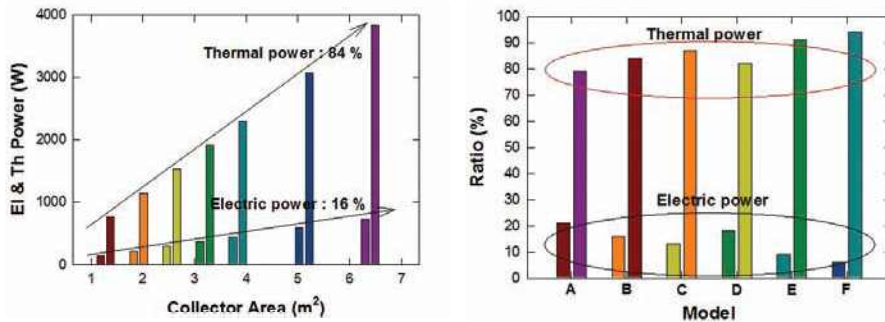
PVT 모듈은 다양한 태양광 및 태양열 기술을 이용하여 복합적으로 다양한 방식으로 구성할 수 있다. 즉, 결정질/비결정질 실리콘 PV 또는 박막형 PV와 액체 또는 공기 집열기를 복합 구성할 수 있으며, 구성형태 또한 평판형 또는 집중형 기술을 이용할 수 있고, 투과창을 설치하거나 안할 수도 있다. 그림 1은 다양한 방식의 PVT 모듈 개념도를 보여주고 있다. 상업적으로 이용할 수 있는 PVT 제품은 PVT Air Collectors, PVT Liquid Collectors, PVT Concentrators 등이 있으며, 그림 2는 이 들 제품의 전기 및 열 출력 특성을 보여주고 있다(자료: H.A. Zondag(ERC; Energy Research Centre of the Netherlands), 2006, Commercially Available PVT products, SHC Task 35).



<그림 1> 다양한 방식의 PVT 모듈 개념도

그림 2(a)는 PVTWINS사의 제품에 대한 전기 및 열 출력특성을 보여주고 있으며, 그림 2(b)는 다양한 제품(6개 모델)에 대한 PVT 모듈 출력특성을 보여주고 있다. PVT 모듈은 모델별로 상이하나 대략 전기는 전체 출력의 10~20%를 차지하고 있어, 열 출력이 전기에 비하여 상대적으로 크다는 것을 알 수 있다. 그림 3은 PVT 모듈의 설치 사례를 보여주고 있다. 그림 3(a)는 유럽 태양열 실증프로젝트의 일환으로 영국 Beaufort Court의 사무용 건물에 대규모 태양열시스템(전체 집열기 면적: 170m<sup>2</sup>)의 일부로서 PVT 집열기(45m<sup>2</sup>)를 설치하는 모습을 보여주고 있다. 그림 3(b)는 이탈리아 SECCO Sistemi사의 전력생산과 난방을 위해 공기 집열을 하는 PVT 모듈의 설치 모습을 보여주고 있으며, 그림 3(c)는 집중형 PVT 모듈을 설치한 모습을 보여주고 있다.

이와 같이 PVT 태양열 시스템은 다양한 형태의 제품으로 유럽을 중심으로 보급되고 있으며, 건물의 한정된 면적을 최대한 활용할 수 있고, 한 모듈에서 전기와 열을 동시에 생산할 수 있어 개별 설치에 비하여 경제성을 확보하기가 용이하다. 따라서 태양에너지 사용의 활성화를 위해서 국내에서도 PVT 관련 기술에 대한 연구개발 투자를 확대해야 할 것으로 판단된다.



〈그림 2〉 PVT 모듈의 출력 특성(좌측 : (a), 우측 : (b))



〈그림 3〉 PVT 모듈의 설치 사례(왼쪽부터 (a), (b), (c))

■ 관련(참고)사이트 : <http://www.iea-shc.org/>, <http://www.pvtwins.nl/>

■ 출처 : <http://www.pv-t.org/>

## Field performance of an energy pile system for space heating

**손병후** (설비플랜트연구실 / 전임연구원)

- >> 1차분류 | 신·재생에너지
- >> 2차분류 | 지열에너지

**키워드**

지열, 지열 히트펌프 시스템,  
건물기초 활용 지중열교환기

11

설  
비  
플  
랜  
트

지열에너지의 직접이용 기술 중 가장 큰 부분을 차지하는 기술이 지열 히트펌프 시스템(geothermal heat pump systems)이다. 이 시스템은 히트펌프(heat pump unit)와 지중열교환기(ground heat exchangers)를 이용하여 냉방 시에는 건물 내의 열을 지중으로 방출하고, 난방과 급탕 시에는 지중의 열을 실내와 온수에 공급함으로써 하나의 시스템으로 냉난방과 급탕을 동시에 구현할 수 있다.

최근 들어 유럽·일본·중국 등에서 건물 기초를 지열 히트펌프 시스템의 지중열교환기로 활용하기 위한 기술개발 투자와 보급 사례가 증가하고 있다. 건물 기초는 건물을 지탱하기 위해 지반에 삽입한 인공적인 구조물을 의미하며, 기성 콘크리트 파일(PHC pile) 강관 파일(steel pile) 현장 타설 콘크리트 파일(cast-in-place concrete pile) 기초 슬래브(foundation slab) 등으로 분류된다.

기성 콘크리트 파일이나 강관 파일의 비어있는 내부에 U자관 2중 U자관(double U-tube) W관 코일 형태의 파이프를 삽입하여 지중열교환기로 활용하며, 수직 밀폐형 지중열교환기의 변형으로 볼 수 있다. 따라서 기초 파일의 설치가 많은 중대형 건물에서 적은 투자비로 지중열교환기를 설치할 수 있다. 건물에 반드시 설치해야 하는 기초 파일을 활용하기 때문에, 지중열교환기 설치비를 약 25~30% 절감할 수 있으며 지중열교환기 시공 기간도 크게 단축할 수 있다.

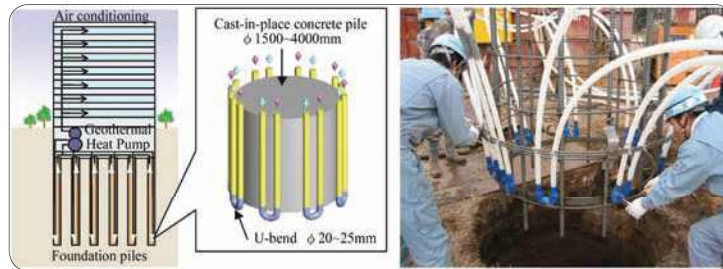


〈그림 1〉 기성 파일(PHC pile)을 활용한 지중열교환기

건물 기초 슬래브를 활용한 에너지 슬래브는 건물 기초매트 사이에 PE파이프를 수평으로 설치하여 지중열교환기로 활용하는 방식으로 기존 수평 밀폐형 지중열교환기의 변형으로 볼 수 있다. 에너지 파일과 마찬가지로 별도 시설물 추가가 없기 때문에 설치비와 시공기간을 단축할 수 있으며, 대형 건물의 지하 주차장과 지하 시설물을 활용할 수 있다.



〈그림 2〉 강관 파이프를 활용한 지중열교환기



〈그림 3〉 현장 타설 콘크리트 파이프를 활용한 지중열교환기

다른 국가에 비해 늦게 지열 히트펌프 시스템을 보급하기 시작한 일본은 건물 기초를 활용한 지열 시스템 개발과 설계 프로그램 개발 등에 많은 투자를 하고 있다. 특히, 홋카이도 대학의 Nagano 교수팀은 기성 콘크리트 파일과 현장 타설 콘크리트 파이프를 지중열교환기로 활용하기 위한 연구를 수행하고 있다.

〈그림 4〉 기성 파일(PHC pile)을 지중열교환기로 적용한 지열 시스템의 성능 실증



(a) 실증 건물

(b) 시스템 개념도

국토 이용 환경이 우리와 유사한 유럽이나 일본이 건물 기초를 활용한 지중열교환기 개발에 많은 투자를 하고 있으며, 아울러 다양한 방식의 지열 히트펌프 시스템 개발에 주력하고 있는 점은 시사하는 바가 크다.

■ 출처

Field performance of an energy pile system for space heating(2007.11)

## 중력식 압력 용기를 이용한 습식산화공정기술

**황인주** (설비플랜트연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 플랜트
- >> 2차분류 | 공정기술

**키워드**

Gravity Pressure Vessel, Wet-air Oxidation, Organic Waste

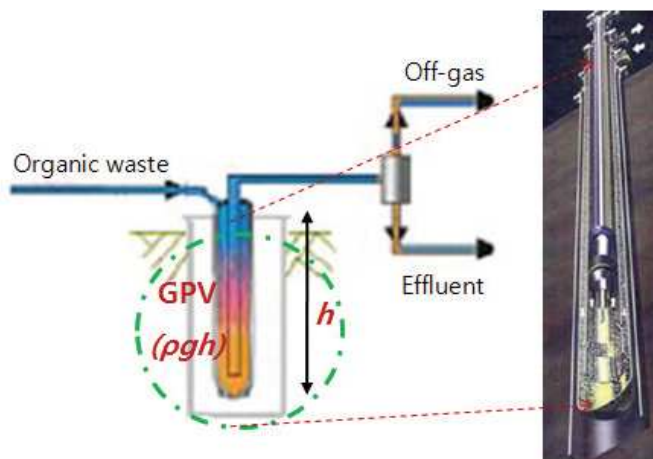
11

설  
비  
플  
랜  
트

슬러지, 폐수 등 유해폐기물의 배출 및 이동이 규제됨에 따라 이의 자체 처리와 부산물 활용기술이 중요하게 대두하고 있으며, 주요 정책방향은 폐가스 및 폐수처리 등의 2차 공해처리 배제, 매립 처분량의 감소, 에너지 회수/활용 등이다.

유기성 또는 난분해성 폐기물 처리에는 많은 에너지 소모가 수반되며, 유기성 폐기물의 처리에 많이 활용되는 습식산화공정도 온도와 압력조건을 유지하기 위하여 에너지 소모가 많은 단점이 있다. 특히 유기성분이 많거나 난분해성 물질의 경우에는 초임계 상태에 이르는 고온과 고압 조건으로 인하여 소비 동력이 증가하는 문제가 있다.

이러한 소요동력 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 기술로 중력식 가압용기(Gravity Pressure Vessel)를 주반응기로 이용하는 습식산화공정기술이 실용화 되고 있다. 기본원리는 Fig. 1에 도시한 바와 같이 심정(deep well)에 설치되는 중력식 압력용기(Gravity Pressure Vessel, 이하 GPV) 내의 하단에서 수두압이 증가하는 가압효과를 이용하는 것이며, 폐기물 처리에 있어 동력 소모를 수두압만큼 획기적으로 저감할 수 있는 매우 효율적인 기술이다.

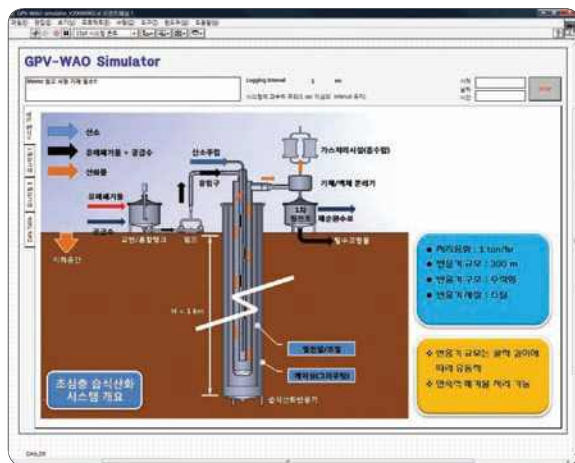


〈그림 1〉 GPV 원리 및 개념도



본 기술은 미국 및 유럽 등 일부 기업(GeneSysts, Providentia Envio, Solutions 등)에서 실용화를 달성한 바 있으며, 최근에는 심정깊이가 1000 m 이상의 영역에서 임계(critical) 또는 초임계(supercritical) 조건을 형성하여 대용량화, 난분해성 폐기물 처리 등을 위한 기초연구가 진행되고 있다.

국내에서도 지식경제부(에너지기술평가원)의 지원으로 처리반응(용량), 에너지 회수, 소요동력, 생애주기비용 개선, 대용량 반응기 구조 및 시스템을 개량하여 대용량 플랜트로 개발 가능성을 탐색하는 선행기술을 진행하고 있으며, 향후 이를 기반으로 중형급 용량 확대 및 하수처리공정 연계 등에 목표를 실용화 연구가 진행될 예정이다.



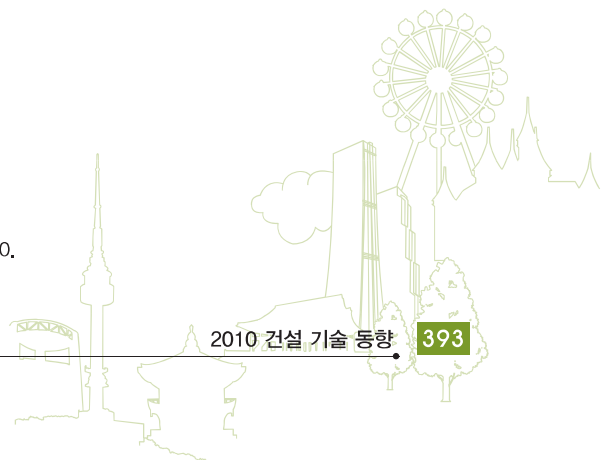
〈그림 2〉 GPV 시뮬레이터(300 m, KICT)

■ 관련(참고)사이트

<http://www.providentia-environment-solutions.nl/>

■ 출처

GPV를 이용한 에너지저감형 습식산화플랜트 선행연구보고서, KICT, 2010.



# SMART METERING and IMPROVED BILLING

**김용기** (설비플랜트연구소 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 지능형설비
- >> 2차분류 | 건물에너지관리

**키워드**

건물에너지관리, 계량기,  
smart metering, 원격검침

11

설  
비  
플  
랜  
트

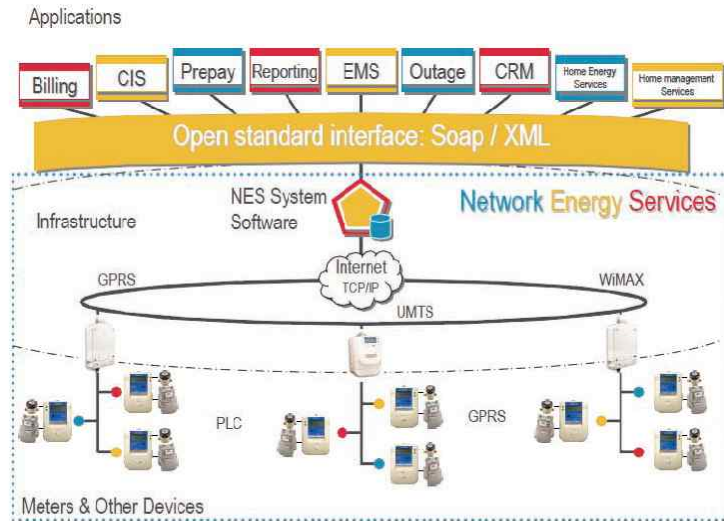
유럽에서는 M-bus 방식, 무선 방식 등을 이용한 원격검침시스템을 도입하고 있으며, 최근 들어서는 원격검침과 더불어 최종 에너지소비자측면에서 에너지절약을 도모할 수 있는 지능형 계량시스템(smart metering)이 이슈화 되고 있다. 유럽연합에서도 ESD(Energy Services Directive) 2006/32/EC(Article 13)에 명시한 바와 같이 지능형 계량시스템 도입을 권장하고 있으며, 이를 통해 건물분야에서의 에너지효율 향상을 도모하고 있다.

이러한 배경으로 2009년 1월에 이탈리아에서 ESMA(European Smart Metering Alliance)와 JRC(European Commission, Joint Research Centre) 주관의 워크숍(주제 : "SMART METERING and IMPROVED BILLING")이 개최되었으며, 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

Gierulski는 지능형 계량기란 계량기 자체로 에너지를 절감할 수 있는 것이 아니라 최종 에너지소비자에게 에너지를 절감할 수 있도록 다양한 정보를 제공하는 기능을 가진 것으로 정의하였으며, 이러한 기능을 가짐으로써 주거용 건물부문에서 최종에너지의 1~3%를 절감할 수 있다고 주장하였다. Togeby는 덴마크에서 앞으로 수년 안에 최종 에너지소비자의 48%가 지능형 계량기를 소유할 것으로 예측하였으며, 586가구를 대상으로 한 실증실험에서 스마트 계량기를 적용함으로써 2~3%의 전기에너지소비를 절감할 수 있다고 주장하였다.

또한, Bruggink는 스마트 계량시스템의 이용방법에 대한 유럽차원에서의 접근방법으로 NES(Networked energy System) 시스템(그림 1 참조)을 제시하였으며, 이를 통해 에너지관리서비스, 선불제 요금체계, 부하제어, 에너지사용량 예측 등의 서비스를 구상하였다. Vasconcelos는 지능형 계량시스템 도입에 따른 기대효과를 정리하였으며, 그 내용은 표 1에 보인 바와 같다.

이와 같이 유럽 각 국에서는 지능형 계량시스템의 도입을 서두르고 있으며, Echelon 등을 필두로 지능형 계량기에 막대한 비용을 투자하고 있다. 국내에서도 최근 들어 화두로 떠오르고 있는 녹색성장을 위해서는 지능형 계량시스템을 포함하는 건물에너지 절약분야에 대한 투자를 확대해야 할 것으로 판단된다.



〈그림 1〉 NES 시스템 개념도(Devices↔Infrastructure↔Applications)

〈표 1〉 지능형 계량시스템 도입에 따른 기대효과

구분	기대효과
에너지 소비자	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지사용량 인지에 따른 에너지절감</li> <li>- 정확한 계량 및 요금부과</li> <li>- 서비스 품질 향상</li> <li>- 요금체계의 다양성 및 융통성 향상</li> <li>- 에너지절감 요소의 인지능력 향상</li> </ul>
에너지 공급회사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 요금체계의 옵션 활성화</li> <li>- 민원 감소, 서비스 품질 향상</li> <li>- 포트폴리오 관리능력 향상</li> </ul>
에너지 배분회사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고장 세대 파악 및 복구시간 단축</li> <li>- 네트워크 상태 모니터링 및 관리 기능 향상</li> </ul>
요금 부과 회사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 효율적인 검침 가능, 계량기 관리기능 향상</li> <li>- 원격검침 활성화</li> </ul>
공공 이익	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건물부문에서의 에너지 효율 향상</li> <li>- Micro-grid의 활성화, 투명성 강화</li> </ul>

기  
타  
사  
항



- 관련(참고)사이트 : <http://www.esma-home.eu/>
- 출처 : <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/>



## Present status of geothermal energy development

### 손병후 (설비플랜트연구실 / 전임연구원)

- >> 1차분류 | 신·재생에너지
- >> 2차분류 | 지열에너지

### 키워드

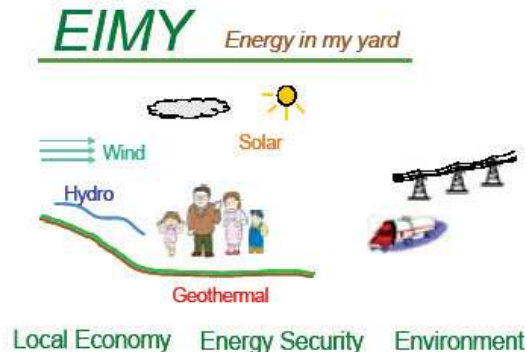
- 지열, 지열 히트펌프 시스템,
- 지열발전 플랜트

11

설  
비  
플  
랜  
트

지열에너지를 활용하는 측면에서 보면, 직접이용(direct use)과 간접이용(indirect use) 기술로 분류할 수 있다. 직접 이용 기술은 땅 속의 중·저온 에너지(10~25℃)를 히트펌프(heat pump)나 냉동기와 같은 에너지 변환기기의 열원으로 공급하여 건물 냉난방·각종 건조 산업·도로 용설(snow melting)·온천·양식업 및 시설영농·지역난방 등에 활용하는 기술을 의미한다. 반면, 간접이용 기술은 앞서 언급한 심부지열 중 대략 80~150℃의 중고온수나 150℃ 이상의 증기를 끌어올려 전기를 생산하기 위한 지열발전(geothermal power plant)에 활용하는 기술을 일컫는다.

일본에서 재생가능에너지(renewable energy) 이용의 궁극적인 목적은 지열, 풍력, 태양광, 태양열, 수력, 바이오매스 등 모든 이용 가능한 신·재생에너지의 적절한 조합을 통해 일반 가정과 건물에서 외부로부터 추가적인 에너지의 유입 없이, 에너지의 자립을 이룰 수 있는 시스템을 구축하는 것이다. 이러한 개념을 설명한 것이 EIMY(Energy In My Yard)이다. EIMY 모델에서 지열이 열원과 축열원으로서 주역을 담당할 것이며, 히트펌프 기술은 재주입 기술, 고온 압력 기술(HDR), 바이너리 지열발전과 더불어 중요한 기술이 될 것으로 전망하였다.

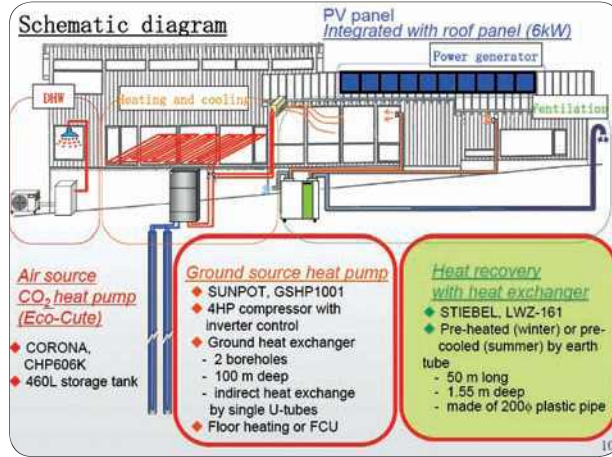


<그림 1> EIMY 개념도

일본 정부는 지열 히트펌프 시스템을 각종 건물에 적용하는 프로그램을 시행하고 있으며, 이 프로그램에 따라 고효율 지열 히트펌프를 병원, 도서관, 관공서 등 공공시설에 보급하고 있다. 추진 부서인 일본 환경청은 건물 냉난방에 지열 히트펌프를 적용할 경우, 약 40%의 냉난방 에너지를 절감할 수 있다고 밝혔다. 또한 일본 경제산업성 산하기관인 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)는 가정용 지열 히트펌프 시스템을 개발하여 보급에 주력하고 있다.

일본은 공조·냉동산업과 히트펌프 기술이 발달한 나라답게 최근 들어 높은 보급률을 보이고 있으며, 다양한 연구 개발 결과들을 발표하고 있다. 지열 히트 펌프 시스템의 초기 투자비를 줄일 수 있는 기술과 시스템의 성능과 신뢰성을 향상시킬 수 있는 기술 그리고 최근 현안으로 부각한 저에너지 건물에 적용하기 위한 기술 개발 등에 많은 투자를 하

고 있다.



〈그림 2〉 신·재생에너지 적용 저에너지주택(low-energy house) 개념도

지열발전과 관련하여, METI 산하의 산업기술종합연구소(AIST)가 연구개발을 담당하고 있다. AIST 하부의 15개 연구조직 가운데, 지질학연구소(GSJ)와 자원환경종합연구소(NIRE)가 지열개발에 관여하고 있다. 아울러 NEDO 주관 하에 기술개발 전략 로드맵 2007을 제작하여 배포하였다.

지열 발전	년도	2010	2015	2020	2025	2030
바이너리 지열 발전	연구개발단계	→		→	→	→
	1. 지열자원 탐사 및 평가기술	→		→	→	→
	2. 저비용 굴착기술	→		→	→	→
	3. 열저류 지층 모니터링 및 관리기술	→		→	→	→
	4. 유지관리 기술	→		→	→	→
	5. 환경영향 평가기술	→		→	→	→
고온암체 발전	연구개발단계	→		→	→	→
	1. 지하심부 지열탐사 기술	→		→	→	→
	2. 지열저류층 고온발전 평가기술	→		→	→	→
	3. 지열굴착 기술	→		→	→	→
마이크로 지열발전	연구개발단계	→		→	→	→
	1. 지열자원 탐사 및 평가기술	→		→	→	→
	2. 저비용 굴착기술	→		→	→	→
	3. 유지관리 대책기술	→		→	→	→
	4. 환경영향 평가기술	→		→	→	→

〈그림 3〉 일본의 지열발전 기술개발 전략 로드맵

최근 우리 정부도 환경오염과 온실가스 배출을 최소화하면서도 경제성장을 이루겠다는 녹색성장(Green Growth)을 새로운 국가발전전략으로 제시하였다. 구체적으로 『3대 녹색성장전략』을 추진하고 있으며, 지열분야도 한 축을 담당하고 있다. 국내에서도 그린홈 보급과 관련하여 지열 히트펌프 시스템의 성능 향상을 위한 연구가 진행 중에 있으며, 지열발전 플랜트의 국내 도입과 기술 개발 투자에 대한 논의가 진행 중이다.

■ 관련(참고)사이트 : <http://www.nedo.go.jp/>

■ 출처 : Present Status of Geothermal Energy Development (2008,11)

# 일본의 BEMS 도입 지원사업

## 이태원 (설비플랜트연구소 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 지능형설비
- >> 2차분류 | 건물에너지관리

## 키워드

건물에너지관리, BEMS, NEDO, 통합관리, 군관리

11

설비플랜트

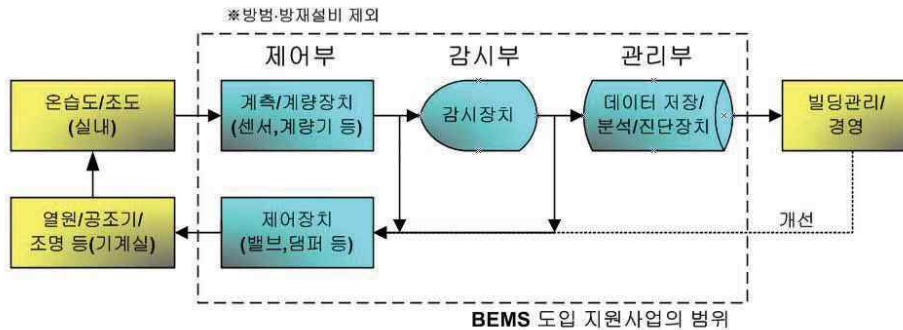
일본 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)에서는 주택과 건물의 에너지 사용시스템의 고효율화 촉진을 위해 건물에너지관리시스템(BEMS; Building Energy Management System) 도입 지원사업(주택 건축물 고효율에너지시스템 도입 촉진사업)을 시행하고 있다. 이 제도의 시행 목적은 고효율에너지시스템의 성능 및 비용대비 효과분석 정보를 공유함으로써 에너지절약 의식을 고취하고, 효율적인 설비운영, 관리 및 최적제어를 통한 민간부문 건물에서의 에너지절약을 도모하는 것이다.

주요 지원대상으로는 업무용 건물과, 상업시설 호텔, 학교 공공시설 등이며, BEMS 도입 지원사업의 추진절차는 그림 1에 보인 바와 같다. 지원대상 설비로는 센서, 계량기 등의 계측 계량장치, 밸브, 댐퍼 등의 제어장치와, 에너지소비량 감시장치 및 데이터 저장 분석 진단장치 등이다.



<그림 1> BEMS 도입 지원사업 추진절차

<그림 2>는 BEMS 도입 지원사업의 범위를 도시한 것으로, 보조비용은 총 공사비 중 설계비, 설비비, 공사비, 제경비를 대상으로 하고 있으며, 지원금은 총 공사비의 1/3 이내, 1건당 최대 5천만엔 이내이다. BEMS 도입 지원사업의 2009년도 예산은 6억엔으로 책정되어 있다.

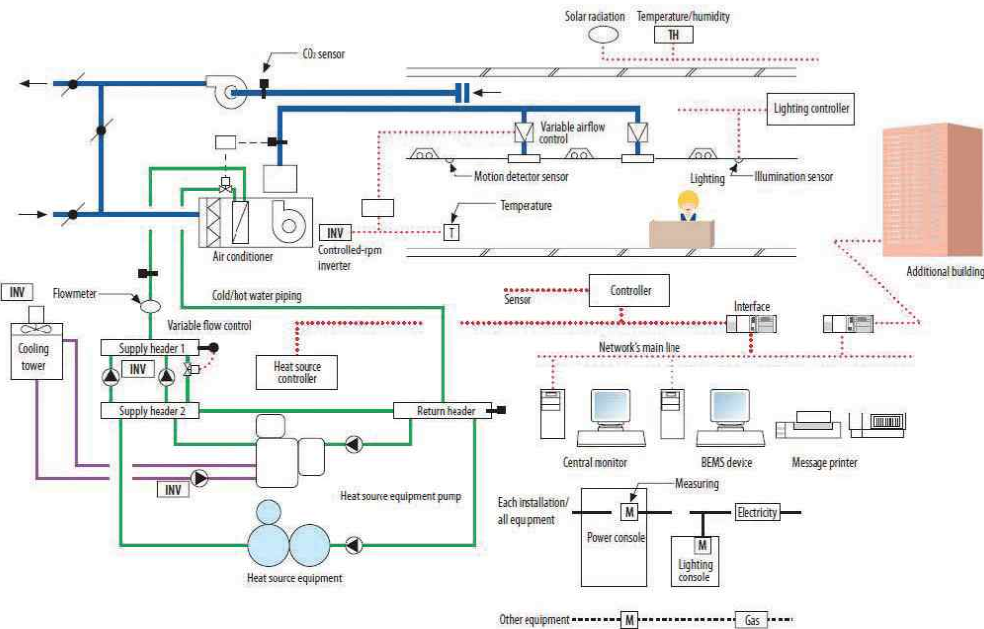


<그림 2> BEMS 도입 지원사업 추진절차

대상건물은 단독으로 관리하는 건축물 뿐만 아니라 군관리(동일단지 내 건물들의 통합관리 또는 원격지 건물들의 통합관리)하는 건물도 포함되며, 원격지의 다수 건물을 대상으로 에너지관리사업자가 건물들을 네트워크화하여 관리하는 경우도 포함된다. 통합관리하는 건물에서는 계측장치 및 에너지 감시장치 뿐만 아니라 데이터 전송장치도 지원대상 설비에 포함된다.

BEMS 도입 지원사업의 주요 성공사례로는 연면적 44,250㎡의 업무용 및 상업용 건물에 열원기기 대수제어, 냉온수 냉각수 변유량제어, 수전수요관리를 통해 연간 120천GJ의 에너지소비량을 11.6% 절감한 경우와, 연면적 380,106㎡의 대규모 복합건물(업무용, 업무용, 미술관 및 주차장)을 대상으로 냉온수펌프 대수제어 및 변유량제어, 공조기 변풍량제어, 인체감지센서 적용 조명제어 및 BEMS 기반 최적운전제어를 적용함으로써 연간 1,500천GJ의 에너지소비량을 20.1% 절감한 경우 등을 들 수 있다. 그림 3에 고효율에너지시스템의 적용 예를 도시하였다.

최근 들어 국내에서도 이러한 건물에너지관리시스템(BEMS)이 일부 도입되고 있으나, 아직은 시장진입 초기단계로 보급 활성화를 위해서는 성능 및 고장진단 등의 설비 유지관리 및 건물에너지관리와 직접적으로 관련된 서비스 기능을 확대하고, 유사 관리시스템간의 통합화 및 일본의 경우와 같은 정부차원의 BEMS 지원제도의 도입이 필요하다고 판단된다.



〈그림 3〉 고효율에너지시스템의 적용 예  
(출처: Outline of NEDO 2008-2009, Chp. 8 Energy and Environment Tech.)

■ 관련(참고)사이트  
<http://www.nedo.go.jp/>

■ 출처  
住宅·建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業 公募要領, 2009.03, NEDO.

## 모듈화 플랜트 건설기술

### 황인주 (설비플랜트연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 플랜트최적화
- >> 2차분류 | 모듈화 설계

### 키워드

Modular, Compact,  
Design, Construction

11

설  
비  
플  
랜  
트

최근 들어 모듈러 플랜트 설계 및 시공에 관한 기술이 개발되어 적용되고 있으며, 모듈러 기술의 적용을 통하여 최대 20~30%의 비용과 설치 공간 저감이 가능한 것으로 보고되고 있다.

이러한 모듈러 기술은 과거에는 주로 공간설계나 배치 등을 최적화하는 수준으로 추진되었으나 최근에는 첨단기술을 도입하여 콤팩트하면서도 기존 장비와 동일하거나 더욱 우수한 생산성 또는 성능을 갖는 기기 및 장치의 개발에 주력하고 있다.

또한 콤팩트/모듈러 계통의 설계 및 시공에 적합한 기자재 방식 및 연계 공정, 재료, 이의 건전성평가 등에 관한 연구개발이 강화되고 있으며, 더불어 시스템의 대용량화로 인하여 에너지 및 카본효율, 내구성 등 종합성능을 확보하기 위하여 요소 및 단위기기의 획기적인 성능 개선이 전제되고 있다.

LNG플랜트 최초의 모듈러 건설사례로는 Karratha 프로젝트가 있으며, 플랜트 확장(5단계) 단계에서 아래의 9개 독립적 요소들을 이용하여 구성된 바 있다. 이 경우에는 기존의 건설된 시설을 재활용하고 있어 모듈화 비율이 약 60% 수준으로 평가되었다.

- 그림 Karratha LNG플랜트 전경
- Acid gas recovery unit
  - Fractionation unit
  - 4.4 MTPA LNG train
  - Train 5 Jetty spur & loading
  - Power unit extension
  - Fuel gas area extension
  - Boil-off gas compressor
  - Control system upgrade
  - Tie-ins to existing facilities



<그림 1> Karratha LNG플랜트 전경

모듈러 플랜트의 설계 및 시공을 위해서는 모듈별 정밀한 분할/조합 및 순차적 건설을 위한 시뮬레이션(simulation)이 필요하며, Karratha 프로젝트의 경우에는 75개의 3차원 분할을 이용하여 가상공간에서 구현되었다.



〈그림 2〉 LNG 플랜트 3D 모델과 시공사례

Karratha 프로젝트에서는 4단계 기존 시설물 기반으로 모듈화 설계가 이루어졌으며, 기존 시설물과의 연계, 운송 가능한 유닛을 기본으로 최적화되었다. 또한 LNG 플랜트 모듈화 건설을 통하여 노동력, 일정, 자원 등의 한계를 극복하고 독립 주체간 협업에 의하여 성공적으로 수행한 사례의 제시함으로써 모듈화 건설의 장점을 보였다.



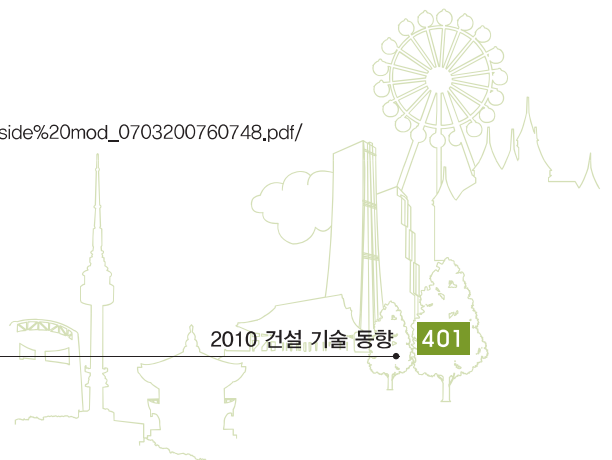
〈그림 3〉 분할 모듈의 운반 및 하역(Karratha project)

■ 관련(참고)사이트

[http://www.fwc.com/publications/tech\\_papers/files/LNG15%20Woodside%20mod\\_0703200760748.pdf/](http://www.fwc.com/publications/tech_papers/files/LNG15%20Woodside%20mod_0703200760748.pdf/)

■ 출처

Colin Smith, The first modularization of an LNG plant, Foster Wheeler





# Investing in High Risk/High Reward Energy Research

**김태형** (설비플랜트연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 에너지
- >> 2차분류 | 에너지 혁신

## 키워드

- 에너지 생산, 에너지 효율 개선,
- 에너지 비용 절감

11

설비플랜트

미국 에너지부(Department of Energy : DOE) Steven Chu는 2010년 9월 10일 에너지 사용, 저장 및 생산 방법을 혁신적으로 변화시킬 수 있는 6개의 변환에너지 연구개발과제를 선정·발표하였다.

Chu 장관은 “미래의 새로운 청정에너지 마련을 위해 혁신적인 아이디어에 투자하고 있으며, Advanced Research Projects Agency-Energy(ARPA-E) 프로그램은 과학·기술분야에서 미국의 리더십을 정립하고 글로벌 경쟁력을 강화시켜 수 천개의 일자리를 창출하고 있다” 고 말했다.

미국 재생 재투자 령(American Recovery and Reinvestment Act)에 의해 960만 달러가 지원될 이 과제들은 DOE의 ARPA-E에 의해 선정·발표되었으며, 냉방부하 저감에 의한 건물에너지 효율 개선, 태양광 발전에 의한 비용 절감 그리고 전기기기의 전력밀도와 효율개선 과제 등이다.

ARPA-E에서는 에너지 생산, 저장 그리고 사용부문에서 획기적인 변화를 유발할 수 있는 총 121개의 과제를 선정하여 지금까지 3억 6,300만 달러를 지원했다. ARPA-E를 통해 선정·지원된 과제들은 총 30개 주에 대학이 39%, 중소기업 33%, 대기업 20%, 국립연구소 5% 그리고 비영리단체 3% 등이다.

2010. 9. 10일 발표된 과제들은 다음과 같다.

### 나노막을 이용한 제습장치(Dais Analytic Corporation in Odessa, FL)

고온 다습한 기후에 포함된 수분으로 인해 냉방효율이 저하된다는 점에 착안하여 공기와 습기를 분리할 수 있는 나노 구조의 고체 고분자(nano-structured solid polymer)를 이용한 제습장치를 사용함으로써 고효율화와 에너지 비용을 절감이 가능한 이 냉각기술 과제에는 68만 달러가 지원된다.

### 혁신적인 나노구조의 영구자석(GE Global Research in Niskayuna, NY)

희토류 물질 함유량이 낮추고 대신 나노구조의 자성재료(bulk nanostructured magnetic materials)를 사용하여 자성을 극적으로 향상시킨 차세대 영구자석은 세계적으로 희귀한 희토류(critical rare-earth materials)의 의존도를 줄이고, 전기기기의 에너지 효율 및 출력밀도(power density)를 향상시킨다는 점에서 주목받고 있으며,

하이브리드 자동차와 풍력발전기 등 새로운 시장에 진출이 가능하여 220만 달러가 지원될 예정이다.

### 공중 풍력발전기(Makani Power Inc. in Alameda, CA)

고성능 윙(high performance wing)이 밧줄로 지상과 연결되어 있는 공중 풍력발전기(Airborne Wind Turbine : AWT)는 자율비행, 발전과 다양한 풍속, 풍향 조건 하에서 비행모드들을 개발하고 실증하게 되며, 낮은 풍속에 서도 AWT의 성능향상으로 인해 적용지역을 확대할 수 있을 뿐 만 아니라 전형적인 수평축 풍력발전기에 비해 저비용의 에너지 공급이 가능해진다. 이 과제는 300만 달러가 지원된다.

### 극저온 탄소 포집(Sustainable Energy Solutions in Provo, UT)

발전소의 배출가스를 CO2 고화온도 이하로 급냉하여 CO2를 고체상태로 직접 포집하는 극저온 탄소포집 방법은 지금까지의 포집방법과 전혀 다른 새로운 방식으로 포집효율을 개선하고 포집비용을 절감할 수 있는 가능성이 제시되어 75만 달러가 지원될 예정이다.

### 광유체 태양 집광기(Teledyne Scientific & Imaging, in Thousand Oaks, CA)

집광형 태양발전(concentrated photovoltaic systems)의 태양 복사(solar radiation) 추적은 다중이동부품(multiple moving parts)에 의해 기계적인 방법으로 이루어지고 있으나 시스템의 규모가 크고 신뢰성에 문제가 있다.

광유체 태양 집광기(Optofluidic Solar Concentrators)에는 전기습윤을 기반으로 하는 동적 유체 프리즘(electrowetting-based dynamic liquid prism)을 사용함으로써 태양의 궤도변화와 계절변화 모두 추적이 가능하며, 대형 기계장치에 의한 추적이 필요하지 않아 운용의 효율성을 향상시키고 비용을 절감할 수 있어 50만 달러가 지원될 예정이다.

### 초임계유체를 사용한 열에너지 저장(UCLA in Los Angeles, CA)

태양열발전소에 사용하고 있는 최첨단 열 에너지 저장시설은 2개의 용융염탱크(Two-tank molten salt) 시스템이지만 이보다 에너지 밀도를 2배 이상 증가시키고, 비용도 70% 이하로 낮출 수 있는 UCLA의 초임계 유체를 이용한 열 에너지 저장(Thermal Energy Storage with Supercritical Fluids) 시스템에 24만 달러가 지원된다.

■ 관련사이트

<http://arpa-e.energy.gov/Media/News/tabid/83/Itemid/23/vw/1/Default.aspx>

■ 출처

THE DEPARTMENT OF ENERGY Office of Public Affairs

