

# PCM(Phase Change Material) 응용 시스템

축열 기술은 능동적 에너지 관리를 고려하고 있는 엔지니어들의 합리적 설계를 가능하게 할 것이라 생각한다. 엔지니어의 합리적 선택을 위하여 냉난방용 축열 물질의 상용화 현황과 이를 활용한 냉난방 응용 시스템을 소개하고자 한다.

## 서론

축열은 고체-고체, 액체-액체, 기체-기체와 같은 물질의 단일 상에서의 열저장과 고체-액체, 액체-기체와 같이 상변화를 이용한 열저장으로 구분할 수 있다. 고체-고체의 열저장은 일반적으로 매우 느리고 낮은 열을 저장한다. 액체-기체의 상변화는 물질을 저장하기 위한 체적 공간이 많이 필요하고 높은 압력으로 열저장을 하여야 하기 때문에 사용하기 어렵다. 따라서 액체-액체에서의 열저장과 고체-액체 상변화를 이용한 열저장이 주로 이용되고 있다. 건물에너지의 효율적 에너지 관리를 위하여 사용되고 있는 액체-액체 열저장 방식인 수축열(물의 온도차 이용)과 고체-액체 상변화를 이용하여 열을 저장하는 빙축열(얼음을 얼려 이용)이 대표적인 예이다.

냉난방을 위한 대표적인 축열 물질은 물-얼음이다. 물은 쉽게 구할 수 있고 유해성이 없기 때문에 우리는 오래전부터 열저장 물질로 사용하고 있다. 그러나 물의 상변화 온도(어는점 0°C)는 냉방을 위한 냉수 온도(건물 냉방을 위해 공급되는 온도 7°C)보다 낮아 이용온도보다 낮은 온도로 저장하는 단점이 있다. 난방 축열의 경우 액체-액체 형태로

박형준

장한기술(주) 차장

hjpark@janghan.co.kr

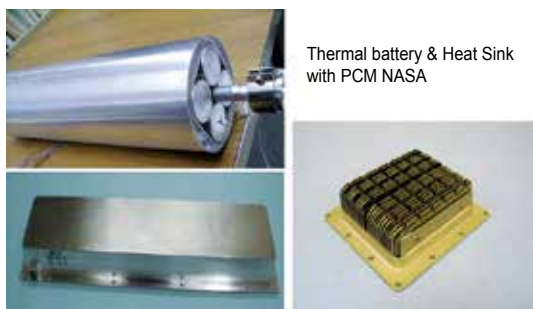
온도차를 이용한 현열 축열만이 가능하기 때문에 축열량 확보를 위하여 많은 공간이 필요하게 된다. 이러한 사용상의 불리에도 불구하고 물-얼음을 이용한 축열시스템은 대부분의 건물 축열에 사용되고 있다. 그 이유는 가격적 경쟁력이 매우 우수하기 때문이다.

본 글에서는 축열 성능과 경제성 면에서 상용화 가능성이 높은 축열 물질과 이를 응용한 냉난방 시스템을 소개하고자 한다.

### PCM

PCM(축열 물질, Phase change Material)은 상변화시 잠열을 이용하여 열을 저장하는 물질을 말한다. 파라핀(Paraffin)과 같은 유기계와 수화물과 같은 무기계 그리고 유기-무기, 유기-유기, 무기-무기 화합물로 구분되어 자연계에서 얻을 수 있는 식물성 물질도 있다. 미국 항공우주국(NASA)의 연구에 의하면 실질적으로 적용 가능한 물질은 100~200여 종으로 보고되고 있다. PCM은 외부 온도 변화로부터 우주 비행선과 우주인을 보호하기 위한 우주항공 산업을 위하여 개발된 기술이며, 현재는 주택단열재와 내장재 스키복과 같은 의류, 기능성 침구, 디지털 기기의 방열재 등 그림 1과 같이 산업 전반의 다양한 분야에 적용되고 있다.<sup>1),2)</sup>

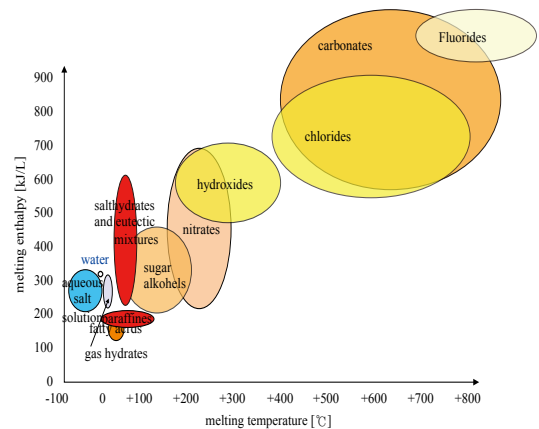
그림 2는 현재 응용 가능한 PCM들을 상변화



[그림 1] PCM을 이용한 열저장 배터리와 방열재

온도와 잠열량으로 나타낸 그림이다. 본 글에서는 그림과 같이 다양한 영역을 논하는 것이 아니라 건물의 냉난방, 온도유지 그리고 자연에너지와 폐열에너지에 이용 가능한 PCM을 이용한 기술을 설명하려 한다.<sup>3),4)</sup>

PCM은 적용 시스템에 따라 그림 3과 같이 다양한 행태로 제조된다. PCM을 열저장 및 열수송 매체로 활용하기 위하여 그림 4와 같이 펠라민 수지로 코팅을 하여 슬러리 타입으로도 생산되고 있다. 그림 5와 같이 액체상에서도 형상을 유지할



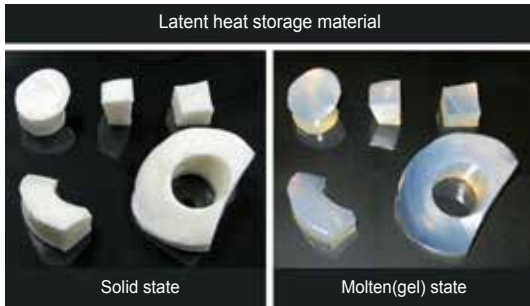
[그림 2] Available phase change materials



[그림 3] 다양한 형태의 PCM 재료



[그림 4] 마이크로 캡슐형태의 PCM Slurry



[그림 5] 고형체의 PCM

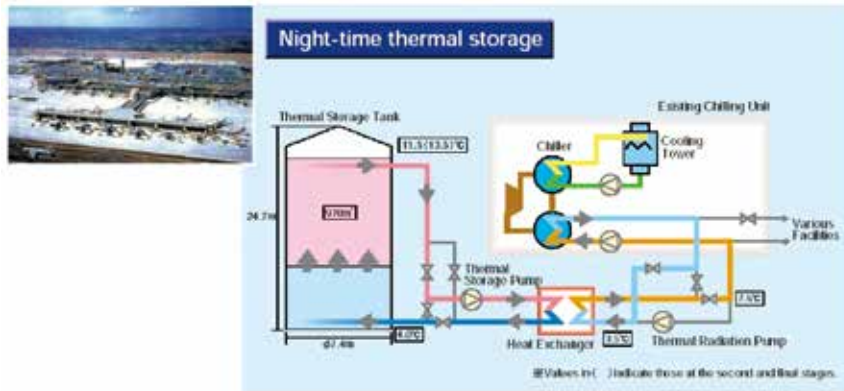
수 있도록 고분자물질과 결합시킨 제품도 판매되고 있다.<sup>5),6)</sup>

### PCM을 이용한 냉난방 시스템

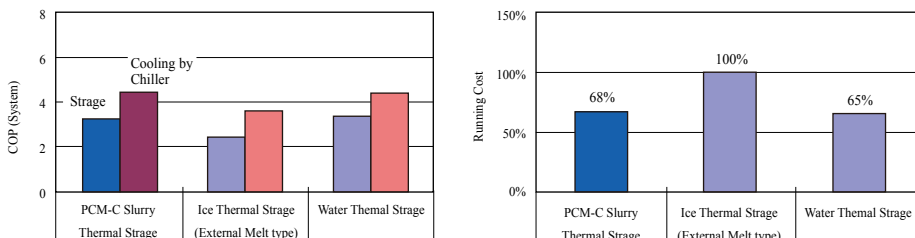
일본 Nikko 석유화학은 파라핀계 상변화물질을 상용화하여 생산하고 있으며 일본 미쓰비시중

공업은 미쓰비시제지에서 개발한 PCM-C Slurry를 이용하여 그림 6과 같이 970 m<sup>3</sup> 규모의 냉방 축열시스템을 나리타공항에 설치 운영하고 있다. 또한 독일 BASF, 중국 청화대, 싱가포르 NUS, 영국 Cranefield대, 프랑스 CNRS 등에서도 중소규모의 열저장 및 열수송 이용 시스템을 구축하고 있다. 상온용(5℃ 축열) PCM을 이용한 축열시스템은 그림 7과 같이 빙축열 대비 냉동기의 상온 운전이 가능하여 동일 축열량을 저장할 경우 운전비 절감이 가능하다.<sup>7)</sup>

봄, 가을과 같은 낮과 밤의 일교차가 있는 계절 또는 여름철 야간 시간대에 외기를 이용하여 실내(천장)에 설치된 PCM으로 냉열을 저장하여 이용하는 공조 시스템은 최근 해외에서 상용화되고 있다. 그림 8의 우측 그래프와 같이 야간 시간대의 외기를 이용하여 PCM이 설치된 천장에 냉열을 저장하



[그림 6] 나리타 공항(미쓰비시 중공업)



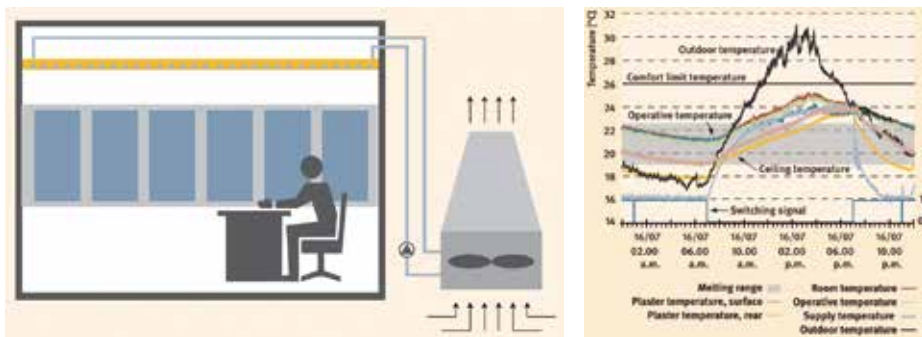
[그림 7] 축열시스템별 운전비용 및 COP 비교

고 주간 시간대에 이를 활용함으로써 전력 피크를 감소할 수 있다. 그림 9와 같이 PCM을 이용한 태양열 집열판은 일사량이 많은 시간대의 태양열을 저장하여 급탕 사용량이 많은 경우 태양열과 함께 집열판에 저장된 열원을 사용함으로써 효율적인 태양열 시스템 운영이 가능하도록 한다.<sup>9)</sup>

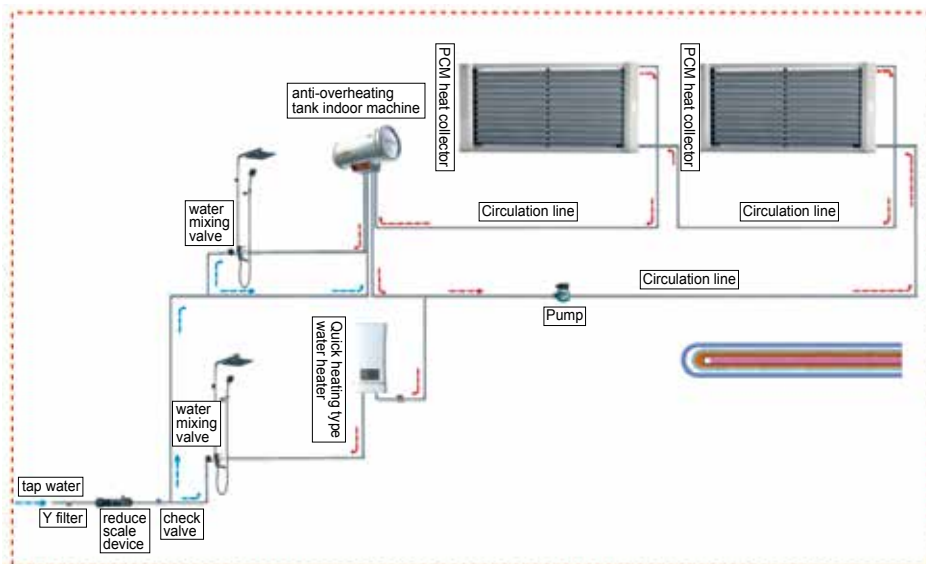
최근 일본에서는 냉방부하 증가로 수축열조가 설치된 많은 건물에서 축열량 증대를 고려하여 그림 10과 같이 기존 수축열조에 가공된 PCM으로 축열량을 증대시키는 현상이 늘고 있다. 국내

에서도 이와 같은 연구와 설치를 위한 노력이 진전되고 있다. 최근 그림 11과 같이 냉방용 PCM과 난방용 PCM이 포함된 냉난방 겸용 잠열축열조 개발과 이를 히트펌프와 연계하는 시스템 개발 또한 가시화되고 있다.

냉방용 PCM을 적극적으로 응용하고 있는 곳은 데이터센터이다. IT 장비를 보호하고 전력 공급 중단과 같은 비상사태시 자가 발전량을 줄이기 위하여 축열시스템 적용이 적극적으로 설계에 반영되고 있다. 최근 그린 데이터센터 인증제도는 효



[그림 8] PCM을 이용한 천장형 냉방 시스템



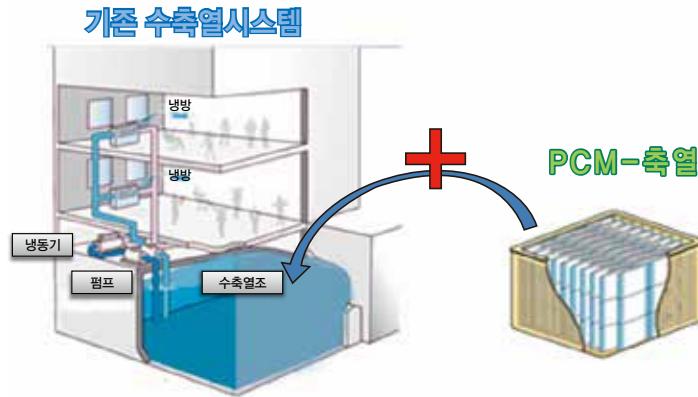
[그림 9] PCM 태양열 집열판을 이용한 태양열 급탕 시스템

올직한 에너지 사용 및 전력비용 절감을 달성하기 위하여 외기냉방과 심야 전력을 이용한 축열 냉방 시스템이 적용되고 있다. 그림 12는 상변화온도 18°C PCM을 이용하여 낮은 부하 시간에 축열을 하고 피크(peak) 냉방부하 시간에 활용하는 축열 방식의 IT 장치 냉각에 활용되고 있다.<sup>9)</sup>

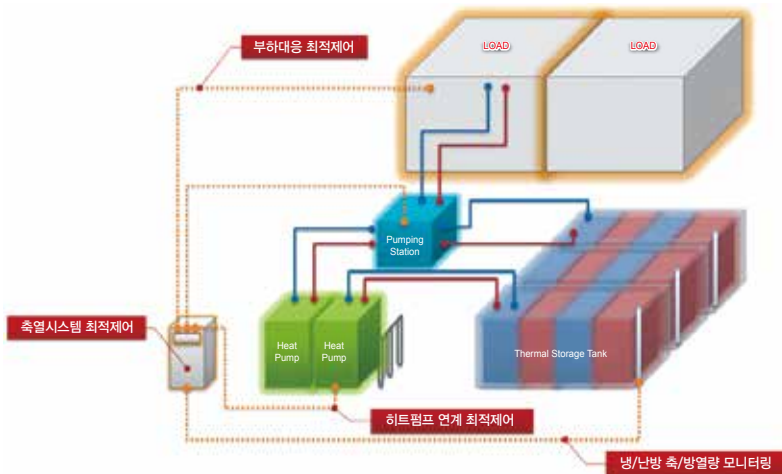
또한, 국내 다수의 데이터 센터는 외기냉방과 축열을 도입하고 있으며 그림 13은 강원도 춘천에서 운영 중인 “N”사의 데이터센터이며, 외기 냉방과 10,000 RTH의 빙축열시스템과 4,900 RTH의

수축열시스템이 설치되어 운영되고 있다.

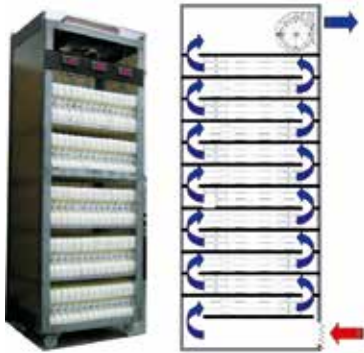
현재 PCM 기술은 자동차 공회전제한장치(ISG, Idle Stop & Go)가 탑재된 유럽의 차량 냉방 장치에 활용되고 있다. ISG는 신호대기와 같은 상황에서 엔진을 정지함으로써 7% 이상의 연료 사용을 절감할 수 있다. ISG는 탑승자에게 냉방 제공을 제한하게 되고 이러한 불편함을 최소화하기 위하여 차량 운행 중 냉열을 축열하여 엔진 정지 시 최소한의 팬 동력만으로 냉방을 제공하는 솔루션이다. ISG 탑재자동차와 보편화되고 있는 하이브리드 및



[그림 10] 기존 수축열조의 잠열량 증대를 위한 PCM 응용 시스템



[그림 11] 냉난방 겸용 축열조를 이용한 히트펌프 연계 축열시스템



[그림 12] 전산실 축열 냉방장치



[그림 13] 축열시스템을 적용한 “N”사의 춘천 IDC

전기자동차와 같은 저에너지 차량의 냉방 솔루션으로 PCM은 각광을 받고 있다.

### 결론

PCM 응용 기술은 다양한 축열 온도와 잠열재

의 형상 기술이 융합되어 엔지니어가 축열을 활용할 수 있도록 도움을 주고 있다. PCM은 열에너지 배터리 형태로 잉여 열 및 배열을 저장하고 이용을 편리하게 도와줄 수 있다. 배열 활용의 가장 큰 어려움인 열 발생 시간과 열 소비 시간이 다를 경우와 열 생산처와 소비처가 다를 경우에 충분한 저장 시간과 이용을 도울 수 있기 때문에 열-에너지 네트워크 형성에 큰 기여를 할 것이라 판단된다.

이러한 냉난방 온도(5~60℃) 영역의 PCM에 대한 관심은 경쟁력 있는 PCM 시장가격을 형성하도록 기여하고 있다. 다양한 물질과 독특한 아이디어를 갖고 있는 PCM 생산/응용 업체들의 등장은 엔지니어에게 선택 가능한 다양한 효율적 에너지 활용 솔루션을 제공할 것이다. 우리가 PCM 및 축열 기술에 대한 관심을 보인다면 국내의 PCM을 이용한 축열 기술은 빠른 성장을 할 수 있을 것이라 판단된다.

### 참고문헌

1. JPL Advanced Thermal Control Technology Roadmap, 2008, NASA.
2. <http://www.thermoart.net/>.
3. <http://celsius.co.kr/>.
4. International Energy Agency Implementing Agreement on Energy Conservation through Energy Storage, 2013, IEA-ECES.
5. <http://www.microteklabs.com/>.
6. <http://www.jsr.co.jp/>.
7. Transportation of Energy by Utilization of Thermal Energy Storage Technology, 2010, IEA-ECES.
8. <http://www.bine.info/>.
9. <http://www.teappcm.com/>. 