

水和物スラリー蓄熱システムによる大規模施設の空調

The Clathrate Hydrate Slurry Thermal Storage System
for Air-Conditioning of Large-Scale Buildings

1. はじめに

地球温暖化防止に関わる京都議定書の第一約束期間(2008年～2012年)を迎え、京都議定書の地球温暖化ガス6%削減約束を確実に達成するため、業務・家庭部門をはじめあらゆる部門で温暖化対策が加速されてきている。また、世界的なエネルギー供給の逼迫など最近のエネルギー情勢を踏まえ、各分野の省エネルギーの取り組みが国をあげて進められている。さらに、2006年4月より熱と電気の一体管理をはじめとした改正省エネルギー法が施行され、省エネルギーへの取り組みが強化されるなか、建築物の省エネルギーの必要性がますます大きくなっている。

高層ビルのような建築物における大規模なセントラル空調システムでは、熱源設備、熱搬送設備で消費されるエネルギーの割合がビル全体の中で半分近くを占めており、空調システムの省エネルギーは重要な課題となっている。

一般に、セントラル空調システムにおいて、建築物が高層ビルのように大規模になるにつれて空調負荷が増大し熱源設備規模も増加するが、熱源機械室として利用できる地下スペースや冷却塔設置のための屋上スペースは負荷増大に対して相対的に小さくなる。そこで、冷水と同じ温度域で水よりも蓄熱量が多く、小さなスペースで効率的な運転を可能とする蓄熱システムが、新たな省エネルギーを展開できる技術として望まれていた。

水和物スラリー蓄熱システムは、JFE エンジニアリングが独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構との共同研究開発により実用化した世界初の蓄熱技術であり、冷水とほぼ同じ温度域で潜熱蓄熱することにより冷水の2倍程度の熱を蓄熱できる、流動性にも優れた新しい冷熱蓄熱媒体が使用されている¹⁾。

JFE エンジニアリングは、2005年5月に自社の事務所ビルの省エネルギー改修として水和物スラリー蓄熱空調システムを導入した。それ以降、(株)クラレ倉敷事業所、米国カリフォルニアスチールズインダストリー社、川崎アゼリア(株)向けに同システムを導入している²⁾。

ここでは、水和物スラリー蓄熱システムの特長を、川崎地下街アゼリアへの導入事例とともに紹介する。

2. 水和物スラリー

水和物とは、水和剤のまわりを水分子が籠状に囲んだ状態の固体の包接水和化合物 (clathrate hydrate) をいう。水和剤 TBAB (臭化テトラ n ブチルアンモニウム) を水に溶かした水溶液を流動させながら冷却すると、潜熱を持った水和物の10～100 μm の結晶が水溶液中に生成される。(写真1)

この水和物の微細結晶と水溶液からなるスラリー状の固液混相流体は水和物スラリー (CHS: clathrate hydrate slurry 写真2) と呼ばれ、従来の冷水に代えて冷熱蓄熱媒体として使用される。

水の生成温度が0 $^{\circ}\text{C}$ であるのに対して、水和物スラリーは水溶液の濃度を調整することにより空調用冷水と同じ温度域の5～8 $^{\circ}\text{C}$ で生成し潜熱蓄熱できるため、水和物スラリー製造時のエネルギーは同じ潜熱蓄熱である水 (0 $^{\circ}\text{C}$ で潜熱蓄

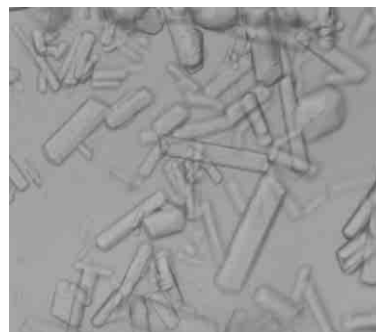


写真1 水和物の微細結晶 (顕微鏡写真)

Photo 1 Hydrate crystals



写真2 水和物スラリー

Photo 2 Clathrate hydrate slurry

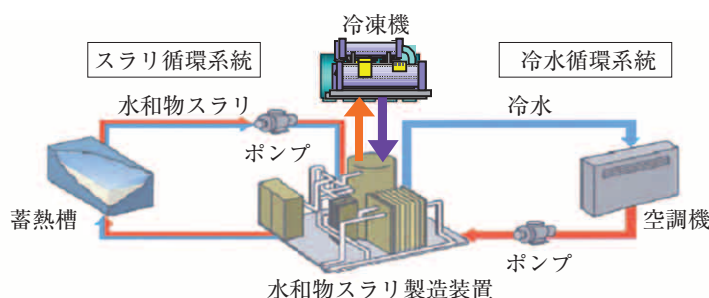


図1 水和物スラリー蓄熱システムフロー

Fig.1 CHS Air-Conditioning System

表1 水和物スラリー蓄熱空調システムの特長

Table 1 Features of the CHS Air-Conditioning System

- | |
|---|
| (1) 冷水温度域の潜熱蓄熱で省エネルギー |
| ・ 5～8℃で潜熱蓄熱が可能 |
| ・ 水の2倍程度の熱密度 (42 MJ/m ³) |
| (2) 夜間蓄熱運転時間増による電力負荷平準化と電力料金低減 |
| ・ 熱源設備容量低減による契約電力削減と夜間電力利用増加 |
| ・ 外気温が低いことによる熱源機器効率向上 |
| ・ 冷凍機、補機の定格運転による省エネルギーとCO ₂ 排出量の低減 |
| (3) 水蓄熱に比べて蓄熱槽容積低減が可能(新設)蓄熱量増大が可能(既設) |
| (4) 凝集性がなく、流動性に優れている |
| ・ 冷水仕様のポンプ、配管、熱交換器の使用が可能 |

熱)より少ない。また、冷水と比べると蓄熱量が蓄熱媒体の単位体積あたりの熱量に比例して増えるため、同じ蓄熱槽容積に対して夜間電力の利用を増やすことができる。水和物スラリーは微細結晶同士の凝集性もなく流動性に優れているため、冷水仕様のポンプで配管等に流すことが可能である。

なお、水和剤TBABは国内において相間移動触媒として使用されている薬品(CAS番号:1643-19-2)であり、この水溶液は労働安全衛生法、毒物・劇物取締法、消防法の規定する危険物には該当しない。また、空調用途に繰り返し使用しても熱物性に变化なく、長期に安定であることが実験により確認されている。

水和物スラリー製造装置は熱交換器(過冷却器と水和物スラリー冷却器)と過冷却解除器で構成されており、冷凍機からの5℃の冷水によりTBAB水溶液は熱交換器で冷却され水溶液濃度の設定により7～9℃の水和物スラリーとなり水和物スラリー蓄熱槽へ貯められる(図1)。

低層ビルや小規模施設では、蓄熱した冷水をそのまま二次側系統へ送り出す開放系のシステムが多く採用されている。

しかし、高層ビルを含めた大規模施設においては、冷熱媒の二次側搬送動力が非常に大きくなる傾向となる。また、熱源エネルギーのベストミックスの観点から、電気とガスによる数種類の熱源機器が採用される場合が多く見られ

る。これらの熱源機器を組み合わせ、運転に柔軟性を持たせた高効率システムを構築するためには、蓄熱槽に貯められた水和物スラリーを直接二次側系統へ送らずに、熱交換器を介して冷水と熱交換し、二次側は密閉系統として室内空調熱交換器へ送るシステムが採用されている。

水和物スラリー蓄熱空調システムの特長を表1にまとめる。

3. 川崎アゼリアへの導入事例

川崎地下街アゼリアは、川崎都心部(川崎駅周辺部)に位置し、延床面積約56000m²(約150店舗)、一日の通行者は約30万人であり、全国で三番目の規模を持つ地下商店街である。

規模の大きさとともにエネルギー消費量も多大であったアゼリアでは、2005年度から3ヶ年計画で「水和物スラリー蓄熱空調システム」を始め、省エネルギー改修工事を行った。

地下街の空調ゾーンは、年間冷房需要に対応する系統と冷暖房需要に対応する系統の2系統から成っており、年間冷房需要に対応する系統に対しては、「水和物スラリー蓄熱空調システム」の導入により熱源動力を低減(382MWh/年、約40%)するとともに、冬期の「フリークーリング」を併用することにより徹底した省エネルギーを図っている。

冷暖房需要に対応する系統に対しては、熱源機(吸収式冷温水発生機)に高効率機器を導入することにより燃料消費量の削減(29万m³/年、約37%)を図っている。

このように、高層ビルを含めた規模の大きい施設に対して省エネルギー改修工事を行うにあたり、二次側系統を密閉系として結合することで、電気とガスの2種類のエネルギー源を持つ熱源機器からなる設備を効率良く運転し、特に中間期など冷房負荷の比較的小さい時期に夜間蓄熱した冷熱を2つの系統で効率的に利用できるようになった。

なお、省エネ改修工事は2008年2月末で完了し、順調に稼働している。

4. おわりに

水和物スラリーを冷熱蓄熱媒体として用いた水和物スラリー

蓄熱空調システムは、水蓄熱より蓄熱量を多くできることで夜間電力への移行率の増加が可能であり、氷蓄熱システムより省エネルギー性が高い蓄熱システムと位置づけられる。これにより、新築や既築ビル等のセントラル空調システムに対する新しい省エネルギー技術、電力の負荷平準化技術として期待されている。高層ビルを含む既設の大規模施設に対してはアゼリアと同様の省エネルギーが期待される。

また、熱交換器を介して二次側システムを密閉システムとすることで、搬送動力を最小限にするとともに柔軟な運転を可能とするシステムが構築できる。

水和物スラリ蓄熱空調システムは、商品化されてからまだ日が浅い商品ではあるが、第35回日本産業技術大賞内閣総理大臣賞（2006年日刊工業新聞社）や第17回日経地球環境技術賞（2007年日本経済新聞社）の受賞などに見ら

れるように、ユーザーならびに公的機関各位により新たな省エネルギー技術としての評価・認知も深まりつつあり、着実に実績を積み重ねてきている。

今後、さらに普及を図ることで、建築物などの省エネルギー推進およびCO₂削減を通して地球温暖化防止に貢献していきたい。

参考文献

- 1) NEDO. 最先端の省エネルギー空調技術. NEDO Environment & Energy Booklet 2006.
- 2) 杉山正行. 水和物スラリ蓄熱空調システムの導入事例. 第2回エレクトロヒートシンポジウム 2007.

〈問い合わせ先〉

JFE エンジニアリング 新省エネ空調エンジニアリング部
TEL : 045-505-7623 FAX : 045-505-7493