

Shingo Takao, Hidemasa Ogoshi,
Shigenori Matsumoto, Kouichi Takashi,
Masayuki Sugiyama, Toshikazu Akiyama
and Shinichiro Fukushima

当社が開発した水和物スラリー(CHS)は高い冷熱密度と優れた熱輸送性能を持っている。CHSを空調システムに適用すると、搬送動力の低減、配管・貯槽のコンパクト化による経済性の向上が期待される。当社京浜製鉄所内の事務所建物にCHSを用いた空調システムを設置し、夏季に運転した結果、搬送系統の動力を約50%低減することが確かめられた。また、大型ビルに適用した場合の省エネルギー性を実験データに基づいて試算した例を示す。

NKK has developed a CHS (Clathrate Hydrate Slurry), which has great cooling capacity and pumpability. The utilization of CHS in air-conditioning systems is expected to reduce pumping power consumption and capital cost due to downsized piping and tanks. The CHS air-conditioning system has been applied to an office building in NKK Keihin Works. The operation during Y2000 summer revealed that the pumping power consumption was reduced to 50% of that for chilled water system. Based on the obtained data, we also conducted a feasibility study on the CHS air-conditioning system applied to a large office building.

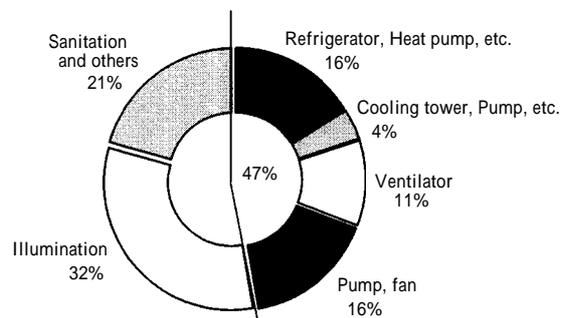


Fig.1 Energy consumption of office building

氷蓄熱空調システムは、冷媒を融解して冷熱を供給し、冷媒を製造する目的で冷凍機を駆動する。冷凍機の効率に対する省エネルギー技術開発が望まれている。また、冷媒の消費電

システムに用いることによって、搬送系動力の大幅な省エネルギー、搬送熱量や蓄熱量の増大あるいは配管や貯槽のコンパクト化による経済性向上が期待されている。

水和物スラリーを用いた空調システムを当社京浜製鉄所内の事務所建物に設置し、実負荷における冷房運転を行った。本稿では、この空調システムの運転結果と、水和物スラリーを大型ビルに適用した場合の省エネルギー性の試算結果について述べる。

2. 水和物スラリーの特徴

潜熱を持つ媒体として、包接水和物(クラスレートハイドレート)がある。包接水和物は、水分子が網状構造など(包接格子)をつくり、その隙間にゲスト分子(水和剤)が入り込んだ構造をなす化合物である。水和物を生成する水和剤としてはさまざまな物質があり、フロンガスやメタンガスなどのガスをゲスト分子としたガス系包接水和物が知られている。ここで用いた水和剤はテトラn-ブチルアンモニウム塩で、生成される水和物は液系包接水和物の一種である。この水和剤は常温常圧で白色の固体であり水に可溶である。水和剤を溶解した水溶液を容器内で流動させながら冷却していくと、水和物粒子が水溶液中に生成し、Photo 1 に示すような流動性のあるソフトクリーム状の水和物スラリーを得ることができる。

以下に、水和物スラリーの主な特徴を示す。

- (1) 大気圧下で生成
- (2) 空調利用の温度域 5 ~ 12 で潜熱を保有
- (3) 輸送配管、ポンプ、空調用熱交換器は、冷水仕様の機器が使用可能

Photo 1 CHS (Clathrate Hydrate Slurry)

水和物スラリー製造熱交換器および蓄熱槽で構成されている。なお、冷凍機には二重効用型吸収式冷凍機を使用し、熱源には製鉄所内の排熱回収蒸気を用いた。

一方、屋内設備は、建物2階の空調機械室に負荷用熱交換器として空調機2台、2階会議室と屋外の計測室にファンコイルユニット(口径10mmの銅管製のプレートフィン型)各1台を設置した。なお、一般的な冷水仕様の負荷用熱交換器の性能を確認するため、同形式のファンコイルユニット(冷水定格流量約5kg/min)を用いて水和物スラリー供給時の熱交換特性を調べた。冷水と水和物スラリー供給時の熱通過率と流量の計測結果の一例をFig.3に示す。流量が定格より少なくなっても定格流量で冷水を供給した場合より水和物スラリーの方が熱通過率は高くなっている。このような伝熱促進効果によって、水和物スラリーの熱密度を倍にして流量を半減させた場合でも冷水の定格時とほぼ同等の熱交換特性が得られた。また、空調機内熱交換器の細い銅管や弁における閉塞もなく、搬送系の問題もないことが確かめられ、冷水仕様の熱交換器を使用できることが確かめられた。

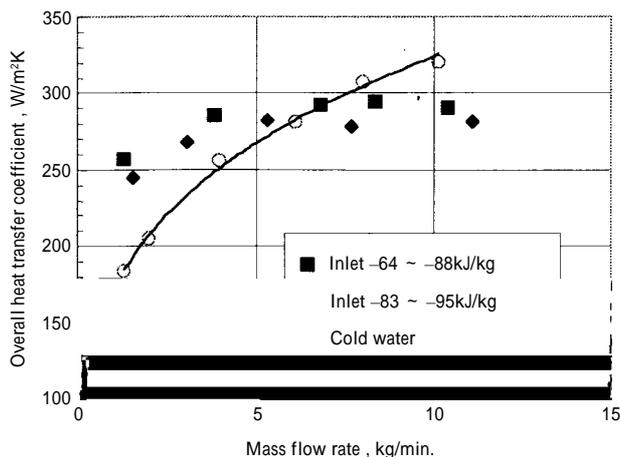


Fig.3 Characteristic of heat exchange on air conditioner

3.2 設備の運転

水和物スラリー製造運転では、吸収式冷凍機から冷水を製造熱交換器に循環する。同時に製造熱交換器に蓄熱槽内から水溶液を供給して冷却することにより水和物スラリーが製造される。水和物スラリーは蓄熱槽に貯蔵されるとともに、蓄熱槽から水和物スラリーを取り出して屋内空調機に供給される。

2000年の夏季に、実負荷による水和物スラリーを用いた冷房運転を行い、水和物スラリーの実用性能および空調システム機器の機能確認実験を実施した。この結果、水和物スラリーの製造および輸送システムは安定して運転することができ、水和物スラリーが実用可能な媒体であることを確認した。以下にその結果を述べる。

3.3 搬送ポンプの消費動力

Fig.4は、約59MJ/m³(14Mcal/m³)の熱密度を持つ水和物スラリーを負荷に供給した場合の流量および搬送ポンプ動力を、ほぼ同じ負荷で冷水を供給した場合の流量、ポンプ動力と比較した計測結果の例である。流量は約半分で、搬送ポンプ動力はおよそ1/4に低減されることがわかった。

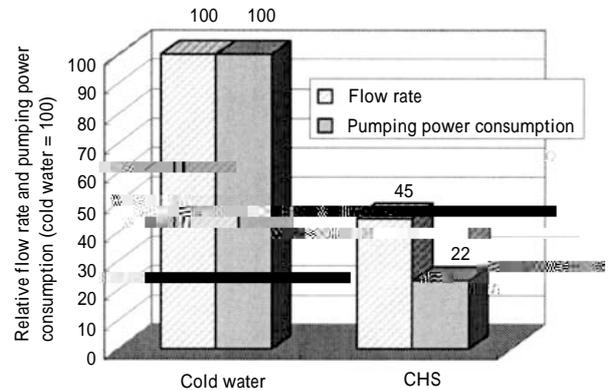


Fig.4 Comparison of the ratio of pumping power consumption (example of experimental results)

Fig.5は、本設備において空調システムの行き配管(水和物スラリー)と戻り配管(水溶液)における水和物スラリーと冷水の場合それぞれについて空調配管と空調機内の熱交換器内を通過する総圧力損失(差圧)と流量の関係を計測した結果である。冷水と水和物スラリーの流量が同じときには、水和物スラリーの方が総圧力損失は約20%程度増加する。これは水和物スラリーの粘性が水より高いからである。しかし、水和物スラリーの熱密度が2倍であるので同一熱量を負荷に供給するには流量を1/2とすることができる。その結果、同じ熱量を供給する場合には、水和物スラリーの総圧力損失は冷水と比べて1/2以下となる。搬送ポンプ動力は圧力損失と流量の積に比例するので1/4以下に低減される。このように、実用規模の設備においても水和物スラリーの搬送動力が大幅に低減できることが確認できた。

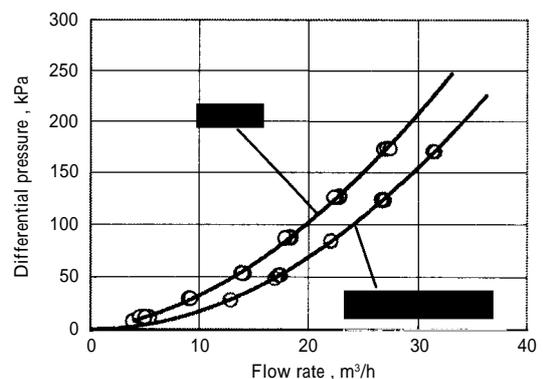


Fig.5 Flow rate vs differential pressure on the piping system of air conditioning side

3.4 空調システムの消費電力

本設備の運転時間は、およそ6時から20時までの14時間で、土・日曜日も含めて毎日運転された。

Fig.6は、8月代表日(最大負荷220kW,日負荷2644kWh)における1日の消費電力量およびその内訳を、冷凍機から負荷に冷水を供給した場合と、水和物スラリーを供給した場合について計測データから試算した結果を示したものである。

冷水供給の場合、全消費電力量は、333kWhで、冷凍機補機関係の動力(冷却水ポンプ、冷却塔のファン、冷凍機内の冷媒・溶液ポンプ)が179kWh、負荷側搬送系動力(冷水ポンプ)は154kWhである。それに対して、水和物スラリーで供給する場合、冷凍機補機関係の動力は同じとなるが、冷水ポンプ、水溶液送りポンプ、水和物スラリーポンプの搬送系動力の総和は、82kWhとなり、冷水供給の場合の全消費電力量に対して、約21%の省エネルギーとなった。搬送系のみで比較すると、約47%の省エネルギーになる。

非蓄熱、水蓄熱、氷蓄熱システムは、二次側空調機には

物スラリー、水溶液の圧力損失データをもとにして必要な揚程を計算し、Table 1 のように設定した。なお、二次ポンプは、変流量制御を採用している。

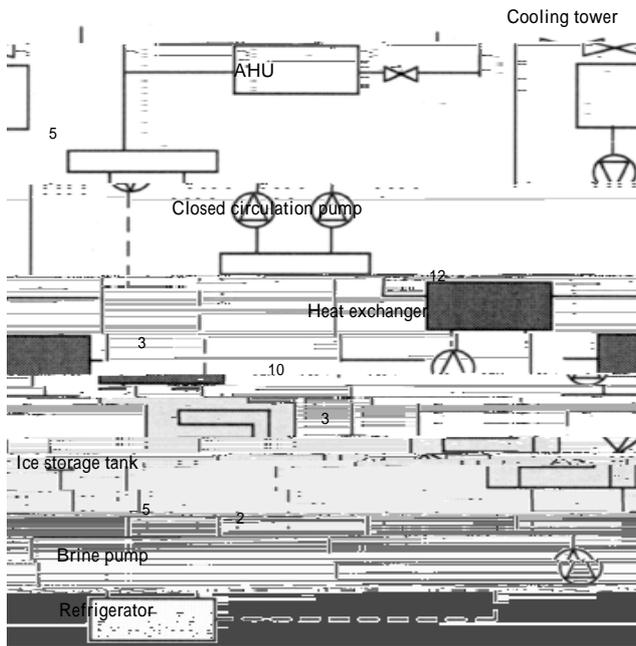


Fig.9 Flow of ice storage system

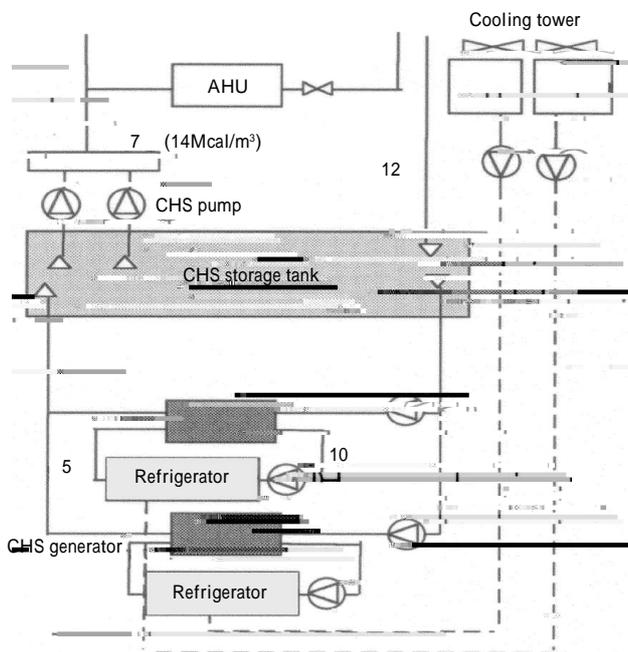


Fig.10 Flow of CHS storage system

Table 1 Specifications of pump on respective air conditioning system

	Piping system	Specifications	
		Flow rate × total head × number	Electric power
Non storage	Closed	121m³/h × 30m × 2	16.5kW × 2
Water storage	Open	121m³/h × 50m × 2	27.7kW × 2
Ice storage	Closed	121m³/h × 40m × 2	22.1kW × 2
CHS storage	Open	61m³/h × 30m × 2	8.3kW × 2

4.2 試算結果

Fig.11に、各システムの年間冷房用の空調機ファン動力を除く電力消費量および消費電力のうち蓄熱に要した電力を示す。水和物スラリー蓄熱空調システムの場合、搬送ポンプ動力が小さくなるために非蓄熱システムと比べて昼間の最大消費電力が23%低減しており、氷蓄熱システムと同様に負荷の平準化に寄与している。

非蓄熱システムに対して水和物蓄熱システムの消費電力が小さくなっているのは、熱密度の高い水和物スラリーを二次側空調機に直接供給することによる搬送動力低減と、蓄熱により効率の低い冷凍機部分負荷運転時間が短縮されたためである。また、氷蓄熱システムでは、蓄熱量が水和物蓄熱システムの2倍あり、かつ製氷時COPが低いため夜間蓄熱に消費する電力量が大きくなっている。

以上より、延床面積20000m²の業務ビルに水和物蓄熱空調システムを適用した場合、年間冷房用電力消費量（空調機ファン動力を除く冷凍機、冷却水ポンプ、冷却塔ファン、一次・二次ポンプの動力）は、従来の空調システムに比べて約53%に低減できる可能性があることがわかった。

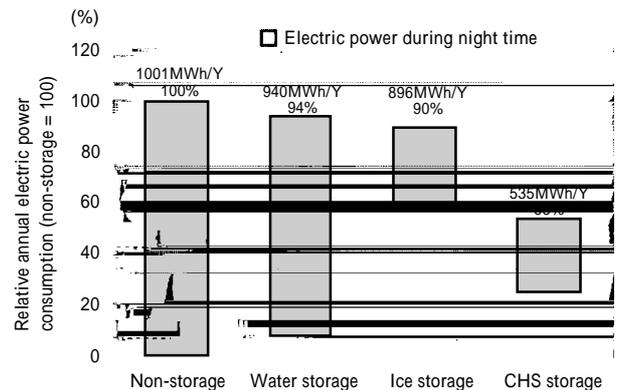


Fig.11 Relative annual electric power consumption on respective air conditioning systems

5. おわりに

高密度で冷熱を蓄熱・輸送できる水和物スラリーは、従来の冷水と比べて冷熱搬送系のポンプ動力などで大幅な省エネルギーが期待できることがわかった。また、蓄熱槽や輸送配管の小口径化による設備費の削減や既設配管での冷熱供給量の増大への適用などが期待される。

水和物スラリーを適用した新しい省エネ型次世代空調システムは空調システムの搬送系動力の省エネルギーと電力の負荷平準化に大きく貢献するものと考えている。さらに、分散型熱電供給設備や各種工場の排熱を利用した冷熱供給システムなど熱効率向上技術やさまざまな冷熱需要システムにおける省エネルギー技術としての応用展開を図っていきたいと考えている。

なお、本研究開発は、旧通商産業省工業技術院のニューサンシャイン計画の一環として実施された「広域エネルギー利用ネットワークシステム研究開発」の1テーマとして新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) (財)省エネルギーセンターを通して行われたものである。

参 考 文 献

- 1) 高雄ほか.“非フロン液系水和物を用いた冷熱媒体の開発”. ECO INDUSTRY(1999). Vol.4, No.1, pp.11-19.
- 2) 福嶋ほか.“液系水和物を用いた高密度冷熱媒体”. NKK 技報. No.166, pp.65-70.
- 3) 生越ほか.“液系包接水和物を用いた高密度冷熱蓄熱・輸送媒体の紹介”. 地域冷暖房. No.61, pp.20-22.
- 4) 生越ほか.“液系包接水和物を用いた高密度冷熱蓄熱・輸送媒体とその空調システム”. 建築設備と配管工事. Vol.39, No.1, pp.40-45.

<問い合わせ先>

エンジニアリング研究所 エネルギー研究部

Tel. 044 (322) 6036 高雄 信吾

stakao@lab.keihin.nkk.co.jp