

温熱用新蓄熱物質の開発

- 蓄熱技術の調査と蓄熱物質の目標物性値の検討 -

背景

蓄熱システムによるエネルギーの効率的な利用をいっそう進めていくために、単位体積あたりの蓄熱量(蓄熱密度)が大きく、熱利用温度に近い融点を持ち、熱交換性能が良く、しかも安全・安価な潜熱蓄熱物質が望まれている。しかし温熱用については、冷熱用の水(氷)に匹敵するような優れた潜熱蓄熱物質が見つかっていないのが現状である。

目的

新しい温熱用潜熱蓄熱物質とそれを利用した高性能蓄熱システムの開発を最終目的に、海外技術を中心とした現状の蓄熱技術の調査と、熱交換性能シミュレーション等による温熱用潜熱蓄熱物質の目標物性値の検討等を行う。

主な成果

(1)蓄熱技術の調査

現状の蓄熱技術(商品化された潜熱蓄熱材やその利用形態など)について文献調査等を行い、それらの特徴をとりまとめた(表1)。これらの中には、カプセル壁の材質をステンレスにしたものや二重円筒の環状部分に蓄熱物質を封入したもの等、日本未導入のユニークな技術があるが、今後、それらがわが国において適用できるか否かを判断するためには、各種試験やシミュレーションによって、熱交換性能(給湯・暖房能力、蓄・放熱量、蓄熱時間など)、耐久性、経済性等を定量的に評価する必要がある。

(2)温熱用潜熱蓄熱物質の目標物性値の検討

家庭用の給湯と暖房の二つの用途を想定して、カプセル型潜熱蓄熱槽の熱交換性能シミュレーション^{*}を行い(図1)、蓄熱物質の融点・融解潜熱・熱伝導率などが給湯能力や暖房能力等に及ぼす影響について明らかにした。また、それらの検討結果をもとに、蓄熱槽のコンパクト化の観点から、温熱用潜熱蓄熱物質の目標物性値を算出した(表2)。更に、これら目標物性値と既存物質の物性値を比較した結果、暖房用の潜熱蓄熱物質として酢酸ナトリウム三水和物が有望であることがわかった。

(3)潜熱蓄熱式 CO₂冷媒給湯ヒートポンプの課題

CO₂冷媒給湯ヒートポンプと潜熱蓄熱槽とを組み合わせる場合、蓄熱時のCOPが極端に低下すること(定常蓄熱時に1以下)、並びに、貯湯式よりもタンク空重量が蓄熱カプセル分だけ増加すること(図1の基準条件で約265kg)を明らかにし、システム構成(蓄熱槽とヒートポンプを直列あるいは並列に結合して同時給湯するなど)等の工夫が必要不可欠であることがわかった。

今後は、目標物性値を上回る蓄熱物質の探索と並行して、様々な工夫がシステム全体の効率や体積・重量等に及ぼす影響について、定量的に検討する必要がある。

* : 当所が開発したシミュレーションプログラム(電中研報告 W01032 & W01033)を使用。

表1 商品化された温熱用潜熱蓄熱材の一覧(抜粋)

| 取り扱い会社 | 蓄熱材の名称 | 蓄熱材の特徴(主成分等) | 相変化温度 | 蓄熱密度 kJ/kg | 固体の密度 kg/Lit | 液体の密度 kg/Lit | 固体の熱伝導率 W/(m·K) | 液体の熱伝導率 W/(m·K) | 固体の比熱 kJ/(kg·K) | 液体の比熱 kJ/(kg·K) |
|----------------|------------------|----------------------|-------|------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| RUBITHERM GmbH | RUBITHERM RT90 | パラフィン | 90 | 194 | 0.93 | 0.77 | 0.2 | (不明) | 1.8 | 2.4 |
| EPS Ltd | E89 | 無機水和塩 | 89 | 163 | 1.550 | | 0.67 | | 2.48 | |
| TEAP | TH89 | 無機水和塩 | 89 | 229* | (不明) | (不明) | (不明) | (不明) | 3.0 | 4.6 |
| EPS Ltd | E83 | 無機水和塩 | 83 | 152 | 1.600 | | 0.62 | | 2.31 | |
| RUBITHERM GmbH | RUBITHERM RT80 | パラフィン | 81 | 175 | 0.92 | 0.77 | 0.2 | (不明) | 1.8 | 2.4 |
| RUBITHERM GmbH | RUBITHERM FB80 | パラフィン+木質繊維/板状 | 81 | 132 | 0.75 | (不明) | 0.2 | (不明) | 1.5 | (不明) |
| RUBITHERM GmbH | RUBITHERM PK80A6 | パラフィン+ポリマー/粉状 | 81 | 149 | 0.9 | (不明) | 0.2 | (不明) | 2.0 | (不明) |
| RUBITHERM GmbH | RUBITHERM GR80 | パラフィン+SiO2/粒状 | 79 | 70 | 0.75 | (不明) | 0.2 | (不明) | 1.5 | (不明) |
| EPS Ltd | E72 | 無機水和塩 | 72 | 140 | 1.666 | | 0.58 | | 2.13 | |
| Merck KGaA | PCM72 | LiNO3とMgNO3·6H2Oの共晶物 | 72 | >170 | 1.6 | | 0.5 | | 2.2 | |
| EPS Ltd | A61 | 有機物 | 61 | 202 | 0.910 | | 0.22 | | 2.22 | |
| RUBITHERM GmbH | RUBITHERM RT58 | パラフィン | 59 | 181 | 0.90 | 0.78 | 0.2 | (不明) | 1.8 | 2.4 |
| Climator | Climsel C58 | 酢酸ナトリウム | 58 | 364 | 1.46 | (不明) | 0.6-0.7 | (不明) | 3.6 | (不明) |
| EPS Ltd | E58 | 無機水和塩 | 58 | 167 | 1.505 | | 0.69 | | 2.55 | |
| TEAP | TH58 | 無機水和塩 | 58 | 226 | 1.45 | 1.28 | 1.09 | 0.54 | 2.79 | 4.58 |
| 三菱化学エンジニアリング | STL-55 | 酢酸ナトリウム三水塩 | 55-58 | 241 | 1.392 | 1.279 | 0.65 | 0.41 | 3.04 | 3.32 |

*:TEAP社の蓄熱密度は単位体積あたりの値(kJ/l)として表示。注:液体と固体の双方にまたがっている数値は、固体と液体のどちらを示しているかわからないもの。

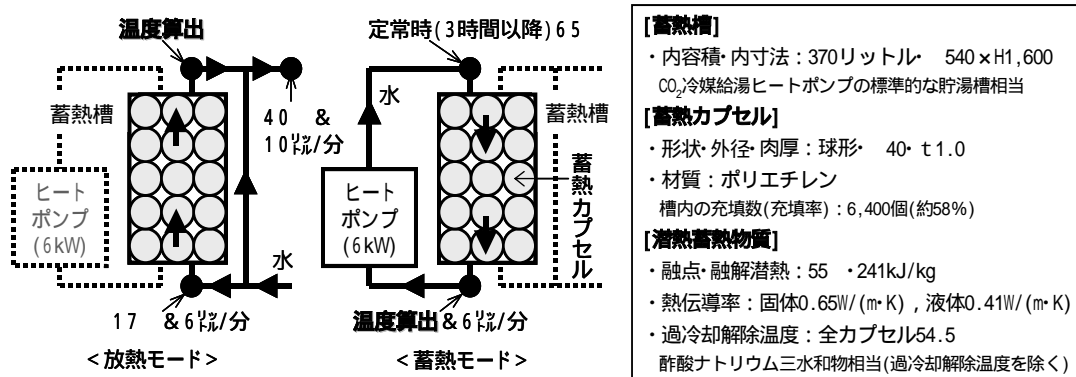


図1 カプセル型潜熱蓄熱槽の熱交換性能シミュレーションの基準条件(給湯システム)

表2 熱交換性能シミュレーション結果をもとに算出した温熱用潜熱蓄熱物質の目標物性値

| | | 給湯用潜熱蓄熱システム | 暖房用潜熱蓄熱システム |
|----------|-----------|--|--------------------------|
| 蓄熱槽の水温条件 | | 給湯時の入口水温=17、出口水温 過冷却解除温度 | 暖房時の入口水温=45、出口水温 過冷却解除温度 |
| 比較対象 | | 内容積370リットルのタンクに温水を貯める顕熱蓄熱システム | |
| 融点 | | 蓄熱槽のコンパクト化を目的とする場合：できるだけ高い温度(水の沸騰防止の観点から最高90) | |
| | | ヒートポンプのCOP向上を目的とする場合：できるだけ低い温度(必要な給湯水温確保の観点から最低45) | |
| 融解潜熱 | 90 温水蓄熱相当 | 310kJ/kg(水の融解潜熱の約90%)* | 240kJ/kg(水の融解潜熱の約70%) |
| | 80 温水蓄熱相当 | 240kJ/kg(水の融解潜熱の約70%) | 175kJ/kg(水の融解潜熱の約50%) |
| | 65 温水蓄熱相当 | 135kJ/kg(水の融解潜熱の約40%) | 80kJ/kg(水の融解潜熱の約25%) |
| 熱伝導率 | | 固体0.6W/(m·K)以上、液体0.4W/(m·K)以上(水の熱伝導率の約30%、水の熱伝導率の約67%) | |

*:蓄熱物質が310kJ/kgの融解潜熱を有すれば、370リットルのタンクに90で温水を貯める場合と同等の熱量を取り出せることを意味する。別の言い方をすると、蓄熱物質が310kJ/kgより大きい融解潜熱を有すれば、90温水蓄熱よりもタンク内容積を小さくできることを意味する。

| | |
|----------------|---|
| 研究報告 M05010 | キーワード：蓄熱、潜熱蓄熱物質、物性値、給湯、暖房 |
| 担当者 | 長谷川浩巳 (エネルギー技術研究所・システム熱工学領域) |
| 連絡先 | (財)電力中央研究所 エネルギー技術研究所 Tel. 046-856-2121(代) E-mail: eerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp |