

新規樹脂製潜熱蓄熱材 ヒートレージおよびコンフォーマの開発



住友化学株式会社 先端材料開発研究所
小田 精二

はじめに

周囲から熱を蓄え（吸熱）、そして蓄えた熱を周囲に放つ（放熱）技術を「蓄熱」と呼び、この吸熱と放熱の可逆的な機能を有する材料が「蓄熱材」である。

蓄熱技術は、Table 1に示すように「化学蓄熱」「顕熱蓄熱」「潜熱蓄熱」の三つに大別される¹⁾。

「顕熱蓄熱」は物質固有の比熱を利用したもので、代表例としては、コンクリート、水、などで、安価ではあるが、蓄熱密度は三つの中で一番低い。「化学蓄熱」は、非常に高い蓄熱密度を有するが、熱利用をするためには適切に反応を制御することが重要となる。

「潜熱蓄熱」は、固体と液体の間など物質の状態変化などの相転移に伴う熱を利用したもので、この相転移温度付近において、蓄熱密度が高いのが特徴である。相転移温度は、物質の種類や添加剤によって調整することができ、使用温度に応じた設計が容易なもの「潜熱蓄熱」の特徴となる。今回当社で新規に開発した蓄熱材は、この「潜熱蓄熱」に属する材料となる。

潜熱蓄熱材

潜熱蓄熱材について、以下にもう少し詳しく説明する。

Fig. 1に示すように、すべての物質は、固体から液体への状態変化の際（融解時）に周囲から熱を奪い（吸熱）、逆に液体から固体への状態変化の際（凝固時）には周囲に熱を与える（放熱）。身近な例で言えば、水は0℃で氷になるが、0℃での水と氷の状態変化時にも熱の出入り（吸熱と放熱）が起こっている。この状態変化（相転移）において出入りする熱が潜熱であり、

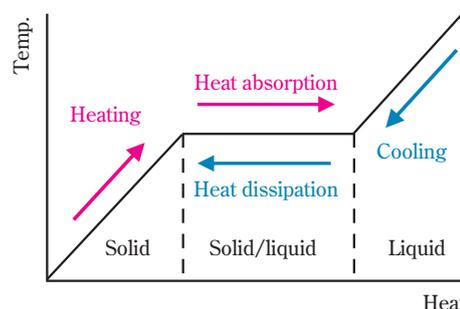


Fig. 1 Temperature adjustment mechanism caused by phase change behavior

Table 1 Technology classification of heat storage materials

Category	Characteristics	Materials
Sensible heat storage	Uses specific heat	Concrete, water*, brick, soil, etc.
	Low-cost	
	Low heat storage density	
Thermochemical heat storage	Uses heat of reaction	Metal hydroxide, hydrate, etc.
	Very high heat storage density	
	Needs reaction control	
Latent heat storage	Uses heat of phase transition	Inorganic salt, organic compounds, polymers, water*, etc.
	High heat storage density at specific temp. (phase transition temp.)	

*: Water is used not only for sensible heat storage (uses specific heat) but also for latent heat storage (uses heat of phase transition).

この現象を利用した材料が潜熱蓄熱材となる。

潜熱蓄熱材として、一般的によく知られているものは、硫酸ナトリウム水和物などの無機塩やパラフィン（長い鎖状の飽和炭化水素化合物）、長鎖脂肪酸やそのエステルなどの低分子有機化合物である。低分子有機化合物は、その分子構造によって相転移温度（融解・凝固する温度）が異なり、潜熱蓄熱材として使用温度に応じた使い分けが容易にできるため、近年では採用事例が増えつつある。しかしながら、無機塩や低分子有機化合物は、吸熱時に液体になるため、漏洩しないようにする必要があり、アルミパックやプラスチック容器に封入して使用される。最近では漏洩を抑えるために、上記の低分子有機化合物をマイクロカプセルの中に封入したものや樹脂の中に含浸したものも開発されている。

潜熱蓄熱材の主な用途としては、住宅の室内温度の平準化を目的とした建材、医薬品・医療用検体の定温輸送および温度調節機能を有する繊維からなる衣服・布団などが挙げられるが、いずれの用途においても広く普及していくのはこれから、という状況である。

我々の生活において、環境温度は夏冬、昼夜、屋内外等で絶えず変化しており、この温度変化は、快適性・エネルギー消費に大きな影響を与える要因の一つである。環境温度付近に相転移温度を持つ潜熱蓄熱材は、この温度変化を抑える効果が期待でき、快適性向上や省エネルギー化に寄与する材料になると考えている（Fig. 2）。

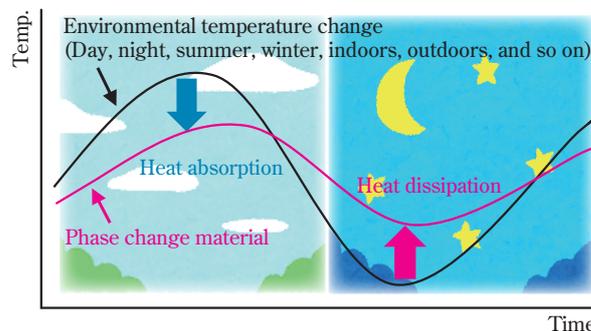


Fig. 2 Suppression image of environmental temperature change caused by phase change material

新規樹脂製潜熱蓄熱材 ヒートレージ²⁾およびコンフォーマ³⁾

今回開発した潜熱蓄熱材は、樹脂成分の相転移による潜熱を利用できるように設計した新規樹脂製潜熱蓄熱材で、固体の状態を維持したままで、吸熱と放熱を行うことができるのが大きな特徴である（Fig. 3）。

吸・放熱を行う温度として、特定の温度域で機能する4種類のグレードを用意している（それぞれ25℃、30℃、35℃、50℃付近に吸・放熱のピーク温度をもつ）。どのグレードも吸放熱できる温度帯幅が広く（10℃程度以上）設計されており、吸放熱できる温度帯幅が比較的狭い無機塩や低分子有機化合物とは大きく異なっている。一つのグレードで比較的広範な温度変化に対応でき、温度環境が多少変動しても安定して性能を発現できるのが大きな特徴である。

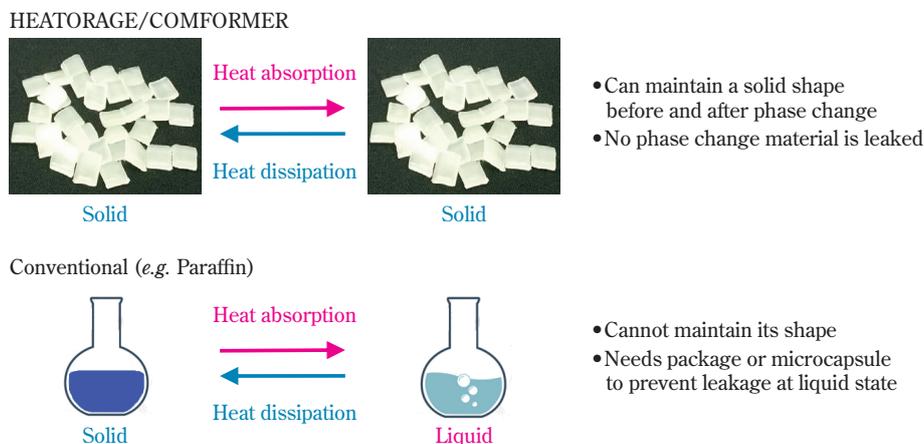


Fig. 3 Comparison between HEATORAGE/COMFORMER and conventional materials



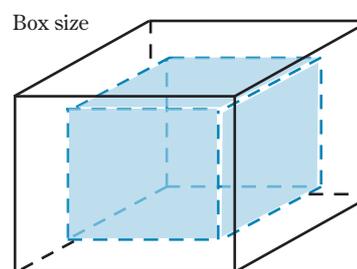
Fig. 4 Examples of product forms

製品ラインナップとしては、シート、成形体などへの加工性に優れたヒートレージと紡糸性に優れたコンフォーマの2種類のブランドからなり、さまざまな形態の製品に適用が可能である (Fig. 4)。ヒートレージは射出成形や押出成形が可能であり、建材などの成形加工性が求められる用途での使用を想定した材料である。建材用途では、従来の無機塩や低分子有機化合物からなる潜熱蓄熱材は、アルミパックやプラスチックなどの容器に封入して、床下に施工して使用するのが一般的であったが、ヒートレージは切断や釘打ちといった加工の自由度が高く、従来の床下施工だけでなく、壁・天井・屋根などにも施工可能なのが特徴である。

コンフォーマは紡糸が可能であり、ナイロンやポリエステルといった一般的な合成繊維と同様に、直接繊維にでき、アパレル・寝具などの繊維用途での使用を想定した材料である。従来の低分子有機化合物からなる潜熱蓄熱材で繊維用途に展開しようとすると、潜熱蓄熱材を封入したマイクロカプセルを後加工で繊維に付着させたり、繊維への練り込みを行ったりなどの操作が必要となる。コンフォーマは、生産効率の高い熔融紡糸法で繊維化が可能で、吸湿発熱繊維や接触冷感繊維などの機能性繊維と組み合わせることができることも特徴である。

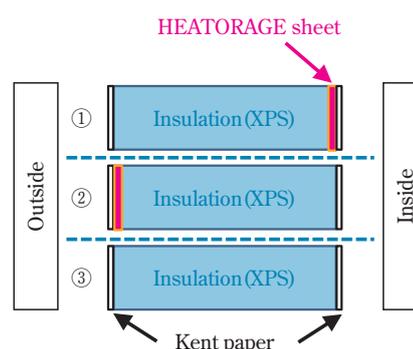
箱模型を用いた蓄熱性能の評価

箱模型を用いたヒートレージの蓄熱性能の評価を行った結果を以下に示す。箱模型は、Fig. 5に示すような箱の中に空間 (1辺120 mmの立方体) を持つ形状で、箱の中と外が、20 mmの壁で仕切られた構造とした。箱を構成する壁の構成としては、Fig. 6に示す①～③の箱模型をそれぞれ準備した。いずれの箱模型も最外



- Outer box size: 160 × 160 × 160 mm
- Inner box size: 120 × 120 × 120 mm
- Experimental conditions
- Outer (oven) temp.: 5 °C ↔ 35 °C
- Heating/cooling rate: 10 °C/h

Fig. 5 Structure of insulation box model and experimental conditions



- Thickness
- HEATORAGE sheet 1 mm
 - Total 20 mm: Insulation (+ HEATORAGE sheet)

Fig. 6 Wall composition of examination of insulation box model:
 ① Inside HEATORAGE
 ② Outside HEATORAGE
 ③ Without HEATORAGE

壁と最内壁にはケント紙を貼り付け、①は内側にヒートレージからなるシート（厚さ：1 mm）を配置して、厚さ19 mmの断熱材（押出発泡ポリスチレン：XPS）と積層させた箱模型とした。②は①同様のヒートレージのシートを外側に配置して断熱材と積層させた構成の壁で、③は厚さ20 mmの断熱材のみからなる壁で、箱模型を作成した。これらの箱模型を温度プログラム制御可能な恒温槽内に入れて、恒温槽内の温度を変化させた際の恒温槽内（箱模型の外）と箱模型内の空間温度をそれぞれ測定した。測定は、恒温槽内の温度を、5℃と35℃の間で、10℃/時間の速度で連続的に温度を上下させていった。その結果をFig. 7に示す。

ヒートレージを貼りつけた箱模型（①および②）は、断熱材のみ（③）と比較して、箱模型内の空間温度変化が抑えられる結果となった。特に、箱模型の内側にヒートレージを配置した①では、恒温槽（箱模型の外）の温度変動幅に対して箱模型内（空洞）の温度変動幅を、最大で約8℃抑えられた（箱模型の外側に配した②の場合は約5℃、断熱材のみの③の場合は約4℃程度温度変動を抑えられた）。

厚さ20 mmの断熱材に対してわずか厚さ1 mmのヒートレージからなるシートを配置することで、温度変動を抑制する効果が高められることが分かる。また、機能を最大限発揮するためには、ヒートレージからなるシートの配置をしっかりと検討することが重要であることも分かる。

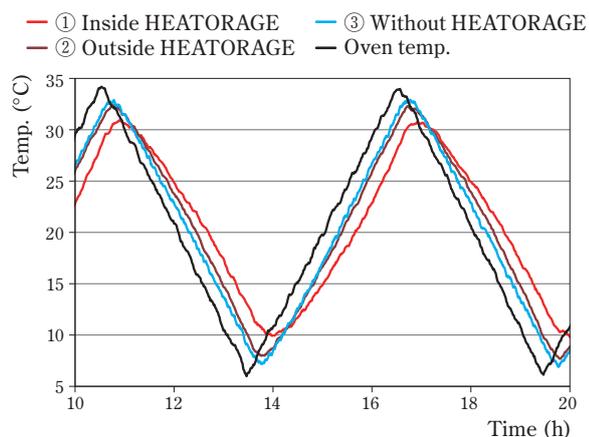


Fig. 7 Effect of phase change material caused by experimental conditions of the insulation box model:
Outer (oven) temp.: 5℃ ↔ 35℃
Heating/cooling rate: 10℃/h

ヒートレージの配置位置に関して、外側に配置した②では、恒温槽の大量の熱を直接受けて短時間で熱容量を使い切ってしまうため、温度変動の遅延効果を十分に発現することができなかつたのではないかと考えられる。一方で、内側に配置した①の場合は、恒温槽からの熱流を断熱材が緩和させ、断熱材から徐々に流入してくる熱をヒートレージが蓄熱する形で機能して温度変動抑制効果を高められたと考えられる。

コンフォーマを原料に用いた繊維の形態においても、環境温度変化に応じて吸放熱する機能により、環境温度変化の影響を緩和する効果が発現することを確認している。

おわりに

当社で新規に開発した樹脂製潜熱蓄熱材は、環境温度変化に対して、固体状態のまま、吸・放熱を行うことができるのが大きな特徴である。この特徴を生かして建材などの成形加工性が求められる用途向けにヒートレージを、繊維用途向けにコンフォーマを、それぞれ開発した。

潜熱蓄熱材の機能を使用目的に応じてしっかり発現させるためには、それぞれの使用環境下で、潜熱蓄熱材の機能する温度、使用量、配置などを適切に選択・設計することは、非常に重要であり、効果的な使い方で、より高い効果を実感してもらえることが市場認知度向上にもつながると考えている。我々の生活環境において、さまざまな用途で、熱に関する省エネルギー化や快適性向上のニーズは高まっており、このようなニーズに対して潜熱蓄熱材は貢献できる材料であると確信している。

今回当社で新規に開発した樹脂製潜熱蓄熱材の機能を、顧客の皆さまにしっかりお伝えし、ニーズに応じて、持続可能な社会に貢献していきたい。

引用文献

- 1) 関 信弘, “蓄熱工学1 基礎編”, 森北出版 (1995), p. 25.
- 2) 住友化学(株)ニュースリリース, “住友化学の新製品、樹脂製蓄熱材「ヒートレージ™」が建材メーカーのシート状潜熱蓄熱建材に採用” (2020年06月18日), <https://www.sumitomo-chem.co.jp/news/detail/20200618.html> (参照2021/4/27).

- 3) 住友化学(株)ニュースリリース, “繊維用途向け樹脂製蓄熱材が高機能寝具の中綿に採用 ～新ブランド「コンフォーマ™」発売開始～” (2020年10月22日), <https://www.sumitomo-chem.co.jp/news/detail/20201022.html> (参照2021/4/27).