

幅広い温度域で使用可能かつ 圧縮復元特性に優れた断熱材

～独自技術により開発した無機/有機複合スポンジ状素材～

研究開発本部 浜松研究所 研究部門 鈴木 律

1. はじめに

断熱材は主に無機系断熱材と有機系断熱材に分類される。無機系断熱材を材料の構成要素で大別するとロックウールやグラスウールに代表される無機繊維質断熱材、けい酸カルシウムやエアロゲル系断熱材に代表される粒子系断熱材に分類される。これら無機系断熱材はその優れた耐熱性ゆえに幅広い温度領域で用いられている。一方、有機系断熱材はスポンジ状構造を持つ発泡プラスチック系断熱材や発泡ゴム断熱材、セルローズファイバーやPET繊維に代表される有機繊維質断熱材等に分類される。これら有機系断熱材はその優れた柔軟性・圧縮復元特性を生かし幅広い領域で使用されるが、高温環境下では有機材料が焼失するため使用温度が制限される。

近年、断熱材がその用途を広げ、無機系断熱材と有機系断熱材両方の特性を兼ね備えた断熱材が要求されるケースが増えている。そこで、当社では幅広い温度域で断熱材として使用可能で、圧縮復元特性に優れた新素材を目指し、独自の技術により無機材料と有機材料からなるスポンジ状素材(図1, 以下無機/有機複合スポンジ)を開発した。本稿ではその概要について紹介する。

2. 無機/有機複合スポンジの概要と特徴

2.1 無機/有機複合スポンジの概要

無機/有機複合スポンジは無機材料で骨格部分を形成し、無機材料の周囲を有機材料で被覆した

構造を持つ(図2)。そして、無機材料と有機材料が複合化した構造がセル状の空隙を形成し、いわゆるスポンジ状構造を持つ(図3)。この構造によって、無機系断熱材と有機系断熱材両方の特性を兼ね備える。

無機材料にはガラス繊維、シリカ粒子など、繊維や粒子などの形態を問わず使用することができ、有機材料にはアクリル樹脂、シリコンゴムなどさまざまな材料が使用可能である。また、か



図1 無機/有機複合スポンジ

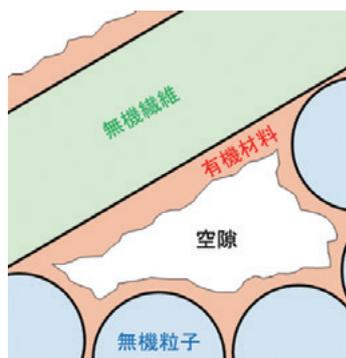


図2 スポンジ骨格部分の模式図

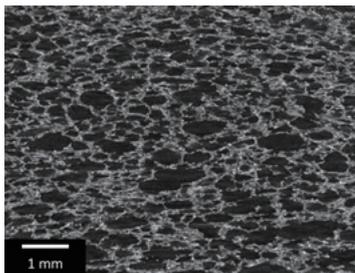


図3 無機/有機複合スポンジの内部構造 (X線CT)
白色部：スポンジ骨格 黒色部：空隙

かさ密度を 80 ~ 400kg/m³ の範囲で任意に調整できる。これらにより用途に応じたさまざまなスポンジ状素材を提案可能と考える。

2.2 無機/有機複合スポンジの特徴

無機/有機複合スポンジの特徴は有機材料により圧縮復元特性を持ちつつ、高温環境下で有機材料が焼失しても無機材料がスポンジ状構造を保持することで幅広い温度域で断熱材として機能する点である。本稿では無機/有機複合スポンジの圧縮復元性、加熱後の保形性・断熱性について評価した結果を紹介する。評価に使用した無機/有機複合スポンジと比較に使用した試験体の詳細を表1に記載する。

2.2.1 無機/有機複合スポンジの圧縮復元特性

圧縮復元特性の評価にあたり試験体を合計30回繰返し圧縮復元した。繰返し条件としてひずみ60%まで圧縮し、ひずみ54%まで復元する操作を30回実施した(図4)。繰返し圧縮復元を行うことで試験体にへたりが生じるため、復元時の面圧は繰返し圧縮回数に比例し減少していく(図5)。そこで、圧縮復元特性は復元面圧の保持率と試験後の長さ復元率より評価した。

復元面圧の保持率は、最もへたりの影響が顕著な30回目圧縮復元時の復元面圧と1回目圧縮復元時の復元面圧を基に式(1)で算出した。

$$S = (P_{30} / P_1) \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

S : 復元面圧の保持率 [%]

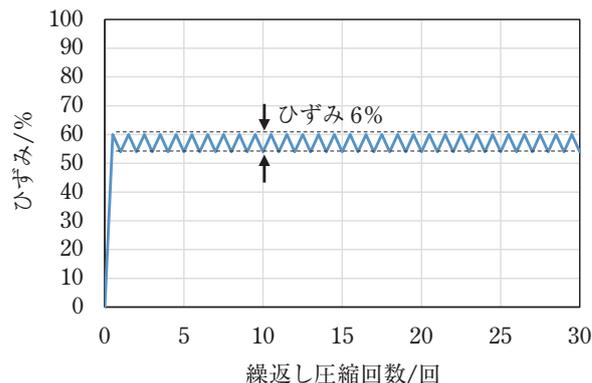
P₁ : 1回目圧縮復元時の復元面圧 [MPa]

P₃₀ : 30回目圧縮復元時の復元面圧 [MPa]

表1 試験体の仕様

	無機/有機複合スポンジ	グラスウールマット	エアロゲル系断熱材
かさ密度 [kg/m ³]	220	40	210
厚さ [mm]	4	4	4

無機/有機複合スポンジは湿式シリカ, ガラス繊維, 有機バインダーからなり, 構成重量割合は無機/有機が60/40である



※ひずみは試験体厚みに対するパーセンテージで示している

図4 繰返し圧縮復元試験条件

長さ復元率は試験前後の長さの比より式(2)で算出した。

$$R = (t_{30} / t_0) \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、

R : 長さ復元率 [%]

t₀ : 圧縮前の試験体厚さ [mm]

t₃₀ : 30回目圧縮復元後の試験体厚さ [mm]

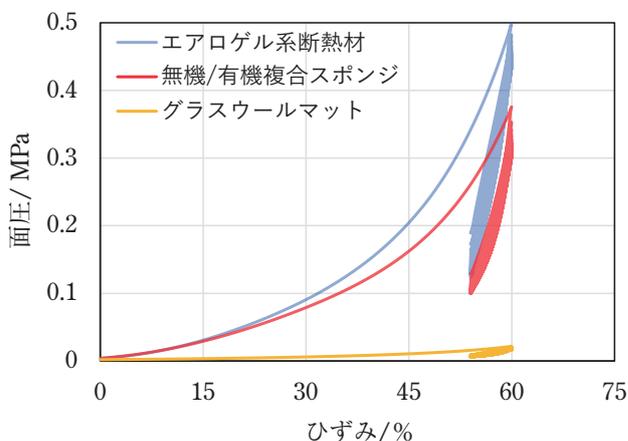


図5 繰返し圧縮復元試験結果

表2 復元面圧の推移と保持率

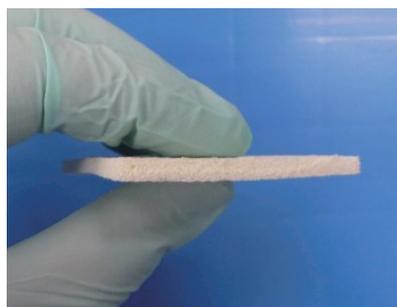
繰返し 圧縮回数 [回]	無機/有機複合スポンジ		グラスウールマット		エアロゲル系断熱材	
	復元面圧 [MPa]	保持率 [%]	復元面圧 [MPa]	保持率 [%]	復元面圧 [MPa]	保持率 [%]
1	0.129	78	0.009	67	0.191	65
30	0.100	78	0.006	67	0.125	65

試験の結果、復元面圧の保持率は無機/有機複合スポンジは78%であり、グラスウールマットは67%、エアロゲル系断熱材では65%であった(表2)。厚さ復元率は無機/有機複合スポンジが96%であり、グラスウールマットでは87%、エアロゲル系断熱材では84%であった。以上より、無機/有機複合スポンジは無機系断熱材と比較し圧縮復元特性に優れていることがわかった。

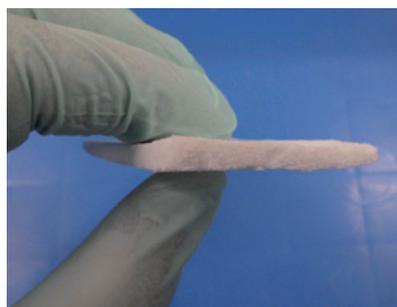
2.2.2 無機/有機複合スポンジの加熱後の保形性と断熱性

無機/有機複合スポンジの加熱後の保形性は試験体を800℃で5分間全面加熱した後のハンドリングの可否で判断した。全面加熱後、ハンドリング可能であり保形性があることを確認した(図6)。無機/有機複合スポンジは有機材料を多量に含む材料であるが、スポンジ状構造の骨格部分は無機材料で構成されている。そのため加熱後、有機材料が焼失しても無機材料からなるスポンジ状構造体となり断熱材として機能する。

無機/有機複合スポンジの断熱性は600℃の片面加熱試験で評価した。比較としてグラスウールマット、エアロゲル系断熱材の試験結果を記載する。試験では加熱したヒーターを試験体に接触させ3分後にヒーターの電源を切った。ヒーター接触時からの試験体温度を加熱面とは反対側の面で測定した(図7)。無機/有機複合スポンジはエアロゲル系断熱材と比較すると裏面温度が高く、断熱性は劣った。一方、グラスウールマットと比較すると裏面温度が低く、断熱性は同等以上であった。



加熱試験前



加熱試験後(800℃)

図6 無機/有機複合スポンジの全面加熱試験結果

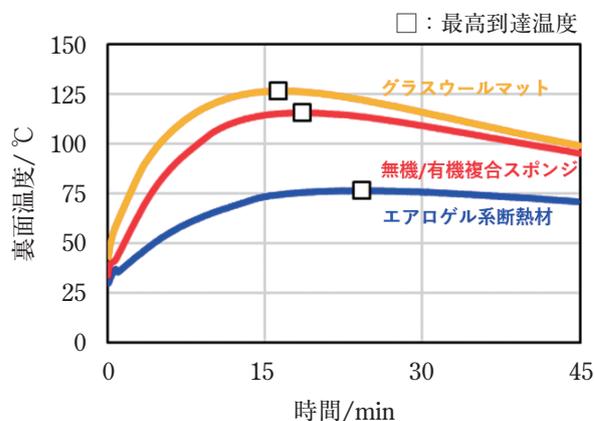


図7 片面加熱試験における裏面温度の推移

3. おわりに

本稿では有機材料により圧縮復元特性を持ちつつ、高温環境下で有機材料が焼失しても無機材料がスポンジ状構造を保つことで幅広い温度域で断熱材として機能する無機/有機複合スポンジ状素材について紹介した。現在開発継続中の素材・技術のため、製品化時期は未定であるが、少量のサンプル提供は可能である。今後、お客さまのご要望を積極的に取り入れつつ、本技術のさらなる深化と開発に努めていく所存である。

本開発品に関するご質問、お問い合わせは研究開発本部 研究部門まで願いたい。

筆者紹介



鈴木 律

研究開発本部 浜松研究所 研究部門
断熱材の開発に従事
修士（工学）

*本稿の測定値は参考値であり、保証値ではございません。

省エネに貢献する ニチアスの断熱材・保温材

- アルカリアースシリケート(AES)ウール ファインフレックスBIO®
- ロックウール製品 ロックウールMG製品
- アルミナ繊維製品 RFボード®
- 高性能断熱材 ロスリム® ボード / パイロジェル™ XTE
- 保冷材 フォームナート® カバーTN

※®が付されている名称はニチアス(株)の登録商標です。「パイロジェル」は、Aspen Aerogels社の製品であり商標です。