

ニチアス 技術時報

No. 402

2023年 3号

CONTENTS

【寄稿】

低放射折板屋根の紹介

ー 工場・倉庫内での熱中症を防ぐ遮熱屋根材 ー

【新製品紹介】

産業用除湿ロータ

TOMBO™ No.8800-EX-SG「ハニクル® EX-SG」

【技術レポート】

示差走査熱量測定法による断熱材の比熱容量測定について

目次

【寄稿】

◆低放射折板屋根の紹介

ー 工場・倉庫内での熱中症を防ぐ遮熱屋根材 ー 1

大和ハウス工業株式会社 総合技術研究所 本間 瑞基

【新製品紹介】

◆産業用除湿ロータ

TOMBO™ No.8800-EX-SG「ハニクル® EX-SG」 6

工業製品事業本部 環境製品技術開発部

【技術レポート】

◆示差走査熱量測定法による断熱材の比熱容量測定について 10

国立研究開発法人 産業総合研究所 阿部 陽香

ネッチ・ジャパン株式会社 篠田 嘉雄

一般財団法人 建材試験センター 田坂 太一

松原 知子

ニチアス株式会社 阿部 直毅

【連載】

◆ニチアスの「断つ・保つ」® 技術を支える CAE（第6回） 16

【トピックス】

◆「Thermofit™」のご紹介 18

送り先ご住所の変更、送付の停止などにつきましては、下に記載のフォームよりご連絡ください。
なおその際は、宛て名シールに記載されている7桁のお客さま番号を必ずお知らせくださいますよう、お願いいたします。

〈技術時報定期購読の宛先変更・停止 申し込みフォーム〉



ニチアス 技術時報 宛先

検索



本誌の内容は当社のホームページでもご紹介しております。
<https://www.nichias.co.jp/>

〈連絡先および本誌に関するお問い合わせ先〉

ニチアス株式会社 経営企画部広報課

TEL：03-4413-1194

FAX：03-3552-6149

E-mail：info@nichias.co.jp

低放射折板屋根の紹介

ー 工場・倉庫内での熱中症を防ぐ遮熱屋根材 ー

大和ハウス工業株式会社 総合技術研究所 本 間 瑞 基

1. は じ め に

猛暑日が年々増加する中、工場や倉庫（以下、工場等）では労働災害の観点から従業員の熱中症対策が課題になっている。2022年6月の熱中症による全国の救急搬送者数は、前年の約3.2倍となる15,969人と、調査開始以来で過去最多となった¹⁾。熱中症は屋外だけではなく屋内でも多く発生しており、特に工場等で作業する製造業では、熱中症の約半数の46%が屋内作業時に発症している²⁾。工場等は事務所と異なり、屋内を空調で一定温度に保つ建物は依然として少なく、熱中症のリスクが高いといえる。労働安全衛生法では、事業者は労働者を就業させる建設物その他の作業場について、健康で安全な労働環境を整備することを定めており、建設物を提供する建設会社が担う役割は大きい。このような背景から、熱中症対策を目的に、屋根からの放射を抑制する「低放射折板屋根」*を開発した。本稿では、工場等の温度環境の現状と、低放射折板屋根の特徴について測定結果を挙げて紹介する。

※裏貼りする低放射断熱材として、ニチアス(株)製スーパーフェルトン® IIを使用している。

2. 工場等の建築的特徴と暑さの原因

熱中症対策を検討する上で、工場等の建築的特徴を把握する必要がある。以降、熱中症を発症するリスクが高い非空調の工場等について、建物の形状、外装・内装、換気の特徴について述べる。

2.1 建築的特徴について

2.1.1 形状

建物は、生産設備の設置や材料・荷物等の保管のための場所など、他の用途に比べ床面積が大きく、天井が高いことが多い。階数は、工場では1階が最も多く、倉庫では1階または2階が多くを占め、3階以上となる建物は少ない。このため低層で屋根面積が大きい建物が多く、屋根・外壁・窓の面積の合計である外皮面積のうち、屋根が占める割合が大きくなる。



図1 工場等の形状（当社栃木二宮工場）

2.1.2 外装・内装

屋根材には、鋼板を山谷の形状に折り曲げた折板屋根をほとんどの建物で使用している。外壁材は、意匠や耐火性能から、金属性化粧板、軽量気泡コンクリートパネル（ALCパネル）、金属断熱サンドイッチパネルなどが使用される。屋根・外壁の内装には、内装材や断熱材を設けることは少なく、屋根材や外壁材が現しとなることが多い。

そのため屋根材と外壁材の仕様が、室内の温熱環境に影響する。

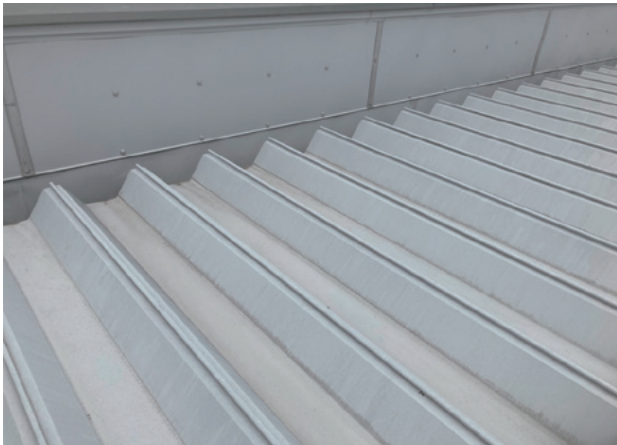


図2 折板屋根

2.1.3 換気

建物には、法令により所定の風量を有する換気設備が設置される。加えて、工場では生産設備から発生する熱や、汚染物質などを排出するための換気設備を別途設置することもある。他にも、外壁には大型自動車が入り可能な大型シャッターが設けられており、運用時には、常時開放された状態で使用されるなど、総じて換気が行われやすい建物が多い。



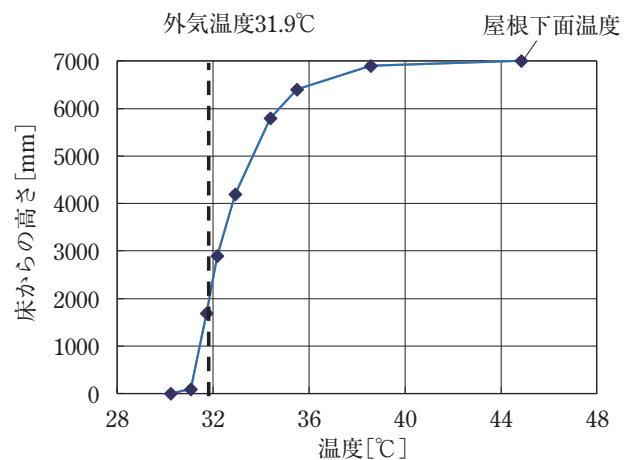
図3 大型シャッター

2.2 工場等の温度環境と暑さの原因

工場等の室内温度に影響を与える外的要素として、外気温度と日射がある。暑さが問題となる夏は、高い外気温度に加え、水平面の日射量が多い。特に工場等では屋根の面積が大きいので、多くの日射を受熱し室内に伝熱する。具体的には、日射で高温になった屋根から室内に対し、「対流熱伝達」と「放射」が作用する。

このうち「対流熱伝達」は、高温の屋根から空気への伝熱で、空気が昇温する。図4は、当社工場において、夏の晴天日に換気が十分に行われている環境で垂直方向の空気温度を測定した結果である。高所の温度は、屋根下面温度の影響により外気温度より高くなっているのに対し、低所の温度は外気温度に近く、屋根の影響をほとんど受けていないことがわかる。このような温度環境になる要因として、温度が高い空気は密度が小さくなり（軽くなり）、上部に滞留しやすいことや、シャッターや窓が開放されている建物では、温度差換気により低所から外気が流入し、高所から高温の空気が流出する現象が生じるためである。したがって、作業者がいる低所は空気の温度が高くなりにくい。

もうひとつの「放射」は、高温の物体からの電磁波の放出現象であり、空気を介さずとも直接物質の表面を昇温させる伝熱である。建物においては、高温になった屋根が下部にいる作業員や物に放射し、その表面を昇温させている。表1は同建物において、周囲の放射を加味した温度であるグローブ温度を測定した結果である。空気温度に対しグローブ温度が1.5℃高く、放射の影響を受けている。図5はこれら伝熱による温度環境を模式図で示したものであるが、暑さの原因は作業員がいる低所に限れば、屋根の放射の影響が大きいと考えられる。



〈測定概要〉

- ・所在地：大阪府堺市 ・建物：当社堺工場(当時)
- ・屋根材：波板スレート ・測定日時：2014/7/21 11:00 ~ 14:00
- ・平均外気温度：31.9[°C] ・平均全天面日射量：824[W/m²]

図4 夏季の工場内垂直温度 (11時～14時平均)

表1 グローブ温度 単位 [°C]

空気温度 FL + 1700mm	グローブ温度 FL + 1700mm	温度差
31.7	33.2	1.5

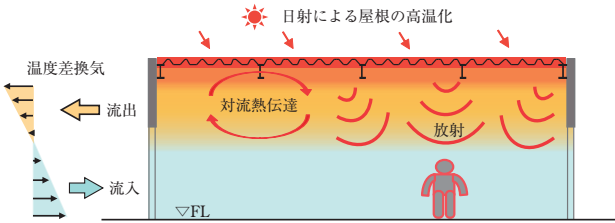


図5 建物内温度環境の模式図

3. 低放射折板屋根の概要

3.1 低放射折板屋根とは

上述の温度環境に着目し、屋根の放射を抑制する方法を検討した。低放射折板屋根は、工場等で使用される折板屋根の放射を抑制し、室内の暑さを軽減する屋根材である。ここで、微小面1(人間)が面2(折板屋根下面)に面するときの、放射伝熱量 E [W/m²K] は (1) 式で示される。

$$E = \phi_{12} \varepsilon_1 \varepsilon_2 \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (1)$$

ここに、

ϕ_{12} : 微小面1からみた面2の形態係数 [-]

ε_1 : 微小面1の放射率 [-]

ε_2 : 面2の放射率 [-]

σ : ステファンボルツマン定数 [W/m²K]

T_1 : 微小面1の絶対温度 [K]

T_2 : 面2の絶対温度 [K]

(1) 式より、放射伝熱量 E は折板屋根下面の放射率 ε_2 を小さくすることで低減する。放射率は、物体の放射のしやすさを0～1で示した値で、建築で使用される主要な材料は、0.8～0.9の放射しやすいものがほとんどである。折板屋根の下面には、結露防止のために厚さ5mm程度の薄い断熱材(以降、裏貼材という)が接着されている。この裏貼材も同様に、放射率が0.9程度で大きいことから、放射率の小さな裏貼材(以下、低放射裏貼材)を検討した(図6)。

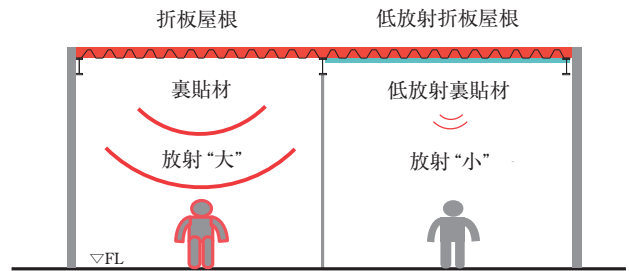


図6 低放射折板屋根による放射の低減

3.2 低放射裏貼材の構成と仕様

低放射裏貼材は、ニチアス(株)のガラス繊維系断熱材(商品名「スーパーフェルトン® II」)の表面に、放射率が小さいアルミ系遮熱シートを接着したものである(図7、図8)。アルミ(鏡面仕上げ)は、放射率が0.1程度で極めて値が小さい材料であり、これを断熱材に接着できるように加工したものを使用した。なおアルミ系遮熱シートの接着は、ニチアス(株)の工場で行っているため、工事現場での作業は発生しない。

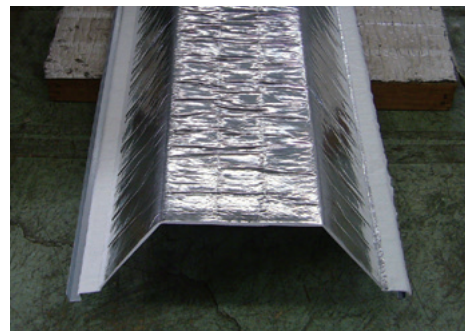


図7 低放射折板屋根(下面)

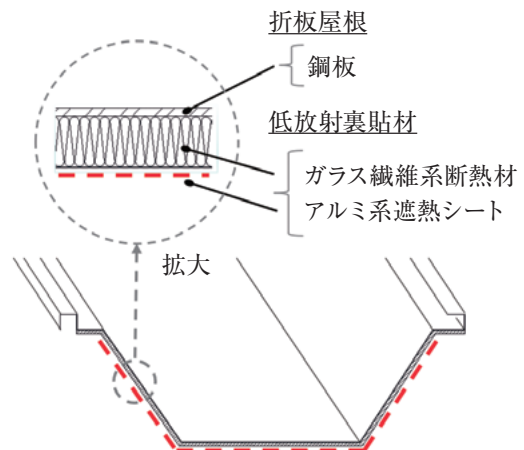


図8 低放射折板屋根の構成

3.3 製造・施工について

折板屋根の製造は、銅板を山谷の形状に成型する成型機に通して行う（図9）。銅板には、成型前にあらかじめ裏貼材を接着しておくため、成型機から排出される折板屋根には、裏貼材が貼られた状態になっている。低放射折板屋根の製造も同様であり、従来の裏貼材を低放射裏貼材に変更する違いだけで、特殊な製造工程は発生しない。また、施工においても従来の折板屋根と同様であり、特殊な施工は発生しない。

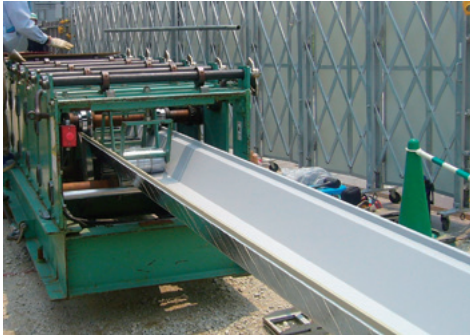


図9 成型状況

3.4 他の遮熱手法との違い

ここでは、折板屋根で行われている他の遮熱手法と、その違いについて述べる。ひとつが「断熱」で、高温になった折板屋根から室内への伝熱を断熱材で抑制する。一般的には、折板屋根を上下二重に施工し、その間にグラスウール断熱材を挟んだ二重折板断熱が使用されている。もうひとつは「日射反射」で、折板屋根の上面に日射反射率の高い塗装を行い、日射による高温化を抑制する。両手法は、いずれも折板屋根下面の温度上昇を抑制するのに対し、低放射折板屋根は同温度が高くなったときに、屋根の放射を低減する手法である。それぞれの手法には一長一短があり、ここで詳細に比較はしないが、費用に限れば、低放射折板屋根は従来の折板屋根から裏貼材の変更だけで済むため、新たな材料や工事が発生せず、比較的安価に実施できる手法であるといえる。

た。施工した建物は自動車整備工場で、建物内は整備工場と屋内駐車場が間仕切り壁を介して分かれている。整備工場には低放射折板屋根を、屋内駐車場には折板屋根が施工されている。建物概要を表2に、図10に写真、図11に平面図、図12に断面図を示す。

表2 建物概要

所在地	大阪府豊中市
用途	自動車整備工場
階数	1階
外装材仕様	〈整備工場〉 屋根：低放射折板屋根（裏貼材 低放射裏貼材 t=5mm） 外壁：金属化粧板 〈屋内駐車場〉 屋根：折板屋根（裏貼材 発泡プラスチック系断熱材 t=4mm） 外壁：金属化粧板



図10 屋内写真



図11 平面図

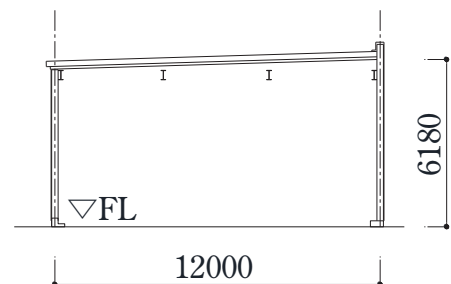


図12 断面図

4. 実 棟 検 証

4.1 建物概要

低放射折板屋根を建物に施工し効果を確認し

表3 測定結果

測定日時	外気温度* [℃]	全天 日射量* [W/m ²]	折板屋根 上面温度 [℃]	グローブ温度 [℃]			放射熱量 [W/m ²]		
				折板屋根	低放射 折板屋根	差	折板屋根	低放射 折板屋根	差
2018年8月28日 12:00 ~ 13:00	32.0	738	61.6	37.3	34.3	3.0	70	14	56

※データ元：気象庁

4.2 測定概要

測定は夏の晴天日に、それぞれの室で同時に実施した。主な測定内容は、グローブ温度と放射熱量で、両室ともに換気設備を運転した環境で実施した。

4.3 測定結果

表3に測定結果を示す。グローブ温度は、折板屋根に対し低放射折板屋根が3℃低い結果であった。放射熱量は、折板屋根に対し低放射折板屋根は80%低減していることを確認した。これらの結果から、屋根の放射を低減することで、グローブ温度の低減効果をもたらし、熱中症対策としての有効性を確認した。

5. おわりに

工場等の熱中症対策を目的に、屋根の放射を抑制する低放射折板屋根の開発に取り組んだ。実棟において温度測定を行い、熱中症対策としての有効性を確認した。当社では現在（2023年4月）、全国の屋根材加工会社の協力のもと36都府県に展開しており、さらなるエリアの拡大に向けて取り組んでいる。

最後に本開発にあたり、ニチアス（株）、日鉄鋼板（株）、日鉄物産（株）、屋根材加工会社に多大なご協力をいただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 一般財団法人 日本気象協会の報道参考資料（2022年11月10日）。
- 2) 厚生労働省HP「職場でおこる熱中症」。

*「スーパーフェルトン」はニチアス(株)の登録商標です。

ニチアスの建材製品は、
人と環境の調和をめざし、
安心・安全・快適を
提供しています。

断熱材 ■ 耐火被覆材 ■ 煙突材 ■ 内装材 ■ 化粧板 ■ フリーアクセスフロア ■ その他

ニチアス



産業用除湿ロータ

TOMBO™ No.8800-EX-SG「ハニクル® EX-SG」

工業製品事業本部 環境製品技術開発部

1. はじめに

弊社では、従来より産業用除湿ロータを市場に提供しております。近年需要が増加している、リチウムイオン電池や有機ELパネルの工場では、空気中の湿分が品質に悪影響を及ぼすことから、非常に低い湿度条件が必要です。リチウムイオン電池製造の場合、電池の構成材料であるリチウム塩と湿分が反応してフッ化水素を生成する場合があります、電池の機能を低下させる原因になります。必要な湿度条件としては、露点温度が -50°C 程度まで除湿された乾燥空気を供給する必要があるため、除湿ロータによる湿度コントロールが非常に重要となります。露点温度とは、気体を冷却していくときに結露が起こる温度のことで、例えば 20°C の場合、露点温度 -50°C は相対湿度0.17%に相当します。

空気中の湿分を除湿する方法には、吸湿材を利用するデシカント除湿と、過冷却して湿度を減らす冷却除湿があります。弊社では長年にわたりデシカント除湿用ハニカムロータを市場に提供してまいりました。このたび、高度化する市場要求に応えるべく、弊社従来品よりも除湿性能が向上した新製品である産業用除湿ロータ TOMBO™ No.8800-EX-SG「ハニクル® EX-SG」（以下「ハニクル EX-SG」）を上市いたしましたので、ご紹介します。

デシカント除湿システムの一例を図1に示します。デシカント除湿システムでは、吸湿材を担持した除湿用ハニカムロータを用い、ロータを回転

させながら処理ゾーンで空気中の湿分を除去し、再生ゾーンで吸湿した湿分の除去を行います。本システムには、大風量の空気を処理でき、連続して一定湿度の空気を供給できるという特徴があります。

「ハニクル EX-SG」は、処理ゾーンでの吸湿能力を向上させたことにより除湿性能が向上し、弊社従来品よりも低い露点温度の乾燥空気を供給することが可能となりました。また、再生ゾーンでは加熱空気を使って湿分を除去しますが、「ハニクル EX-SG」は弊社従来品よりも低い加熱空気温度でも性能を発揮することができるため、お客様のランニングコスト低減、CO₂排出削減にも貢献することができます。

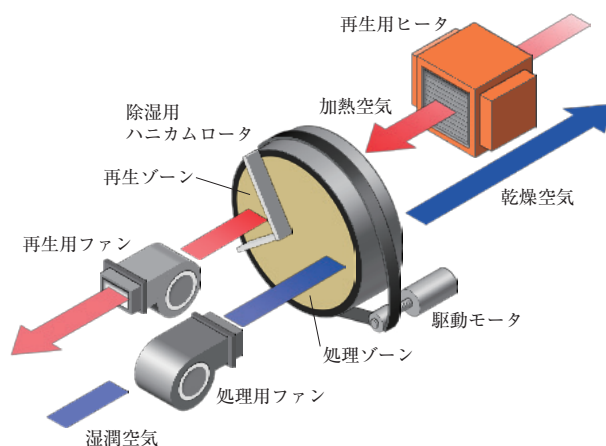


図1 デシカント除湿システムの一例

2. 除湿用ハニカムロータの概要

2.1 ハニカム構造の設計

除湿用ハニカムロータは、図2a), b) に示すような除湿用吸湿材を含有する基材によって形成されたハニカム構造を有しています。吸湿材としては、一般的にシリカゲルやゼオライトが使用されますが、ここでは「ハニクルEX-SG」で使用しているシリカゲルを例に、除湿用ハニカムロータによる除湿機構をご説明します。

湿分を含む処理空気は、図2c) に示す通気孔を通過するときに、通気孔を形成する基材表面のシリカゲルと接触することで湿分がシリカゲルに吸着し、除湿されます。図2d) に示すシリカゲルは、図2e) に示すようなシリカ一次粒子により形成された非晶質構造内に、数nmの微細な細孔を有しており、湿分はその細孔に吸着します。

ハニカム構造の通気孔の大きさは、大きいほどロータの「空気の流れやすさ」は向上します。言

い換えると、圧力損失が小さい状態です。一方で、この状態では、空気と通気孔表面の吸湿材との接触効率は低い状態であるため、「除湿しやすさ」（除湿性能）は低下します。つまり、図3に示すように、「空気の流れやすさ」と「除湿しやすさ」はトレードオフの関係にあるため、ハニカム構造はこれらのバランスが最適となるように設計する必要があります。

通気抵抗が大きい状態では、より大風量の通風ファンが必要となり、お客さまのインニシャルコスト、ランニングコストの負担が大きくなります。通気抵抗が小さい状態では吸湿材の除湿性能が発揮できないためハニカム構造の設計は非常に重要となります。

2.2 シリカゲルの担持

一般的に、シリカゲルは図4に示すように吸湿特性が異なるA形シリカゲル、B形シリカゲルに大別されます。図4の横軸は相対湿度、縦軸は吸湿量です。各相対湿度環境に静置したときに、

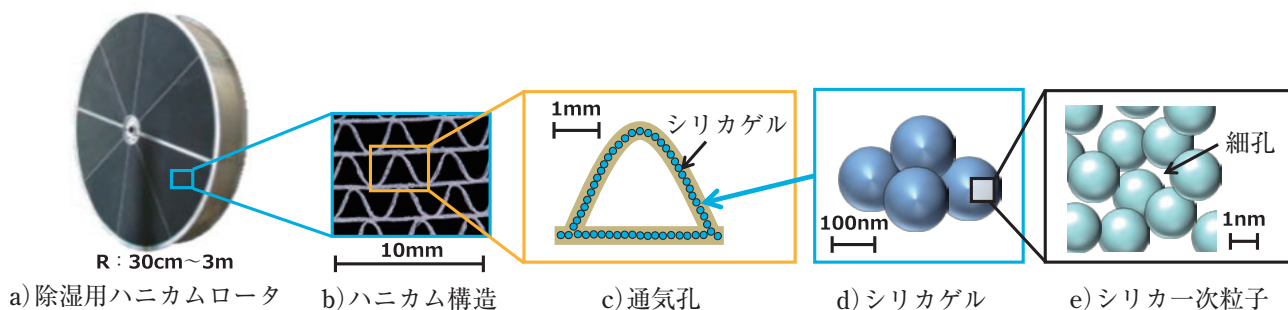


図2 「ハニクルEX-SG」の構成要素の模式図

	通気孔 小	通気孔 中	通気孔 大
圧力損失 (空気の流れやすさ)	×	○	◎
除湿性能 (除湿しやすさ)	◎	○	×
総合的なロータ性能	△	○	△

図3 ハニカム構造がロータ性能に与える影響

それぞれのシリカゲルがどの程度吸湿できるかを示しています。A形シリカゲルは、B形シリカゲルよりも細孔径が小さいため、低湿度域での吸湿特性に優れるという特長があります。露点温度-50℃程度の乾燥空気を供給するためには、低湿度域でも高い吸湿特性が必要となることからA形シリカゲルが適しています。一方で、B形シリカゲルは細孔容積が大きいいため、高湿度域での吸湿特性に優れる特長があることから、一般的な乾燥材、調湿材に使用されることが多いシリカゲルです。

シリカゲル担持量は、多いほど「除湿しやすさ」は向上します。一方で、シリカゲル担持量が増えることで「空気の流れやすさ」は悪化する場合があります。図5の「通常担持①」の状態から、

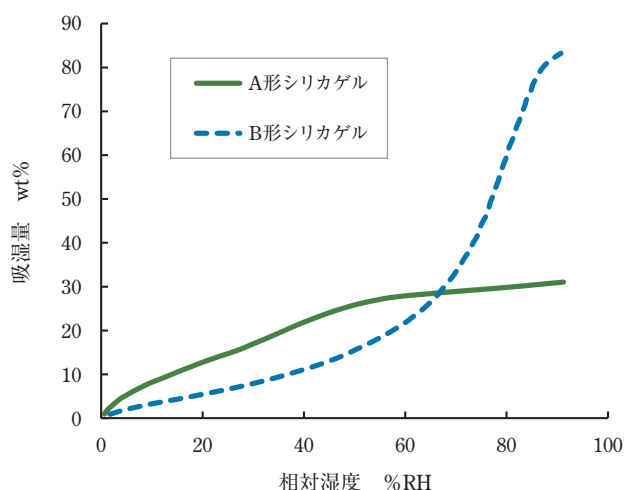


図4 A形、B形シリカゲルの吸湿特性の比較

シリカゲル担持量を増やすために「通常担持②」の状態にすると、「除湿しやすさ」は向上しますが、通気孔が小さくなるため「空気の流れやすさ」は悪化してしまいます。したがって、「空気の流れやすさ」と「除湿しやすさ」のバランスを考慮すると、図5の「高密度担持」の状態のようにシリカゲルを高密度に担持する技術が重要となります。

3. 「ハニクルEX-SG」の特長

3.1 素子の吸湿量

「ハニクルEX-SG」のハニカム構造は、図3で示したように、「空気の流れやすさ」と「除湿しやすさ」のバランスが最適になるように設計しています。さらに、ハニカム構造を形成する基材に含まれるシリカゲルの担持状態も弊社従来品から大きく改良いたしました。独自の手法でシリカゲルを高密度に担持させることにより、図5の「高密度担持」に示したように「空気の流れやすさ」を維持しつつ、「除湿しやすさ」を向上させました。担持するシリカゲルは、低湿度域での吸湿性能に優れるA形シリカゲルを採用しています。

「ハニクルEX-SG」と弊社従来品の除湿素子の吸湿特性比較を図6に示します。「ハニクルEX-SG」の除湿素子は、弊社従来品よりも低湿度域、高湿度域、いずれの吸湿特性も向上しております（相対湿度50% RHの条件で約1.5倍）。

	通常担持①	通常担持②	高密度担持
圧力損失 (空気の流れやすさ)	○	×	○
除湿性能 (除湿しやすさ)	×	○	○
総合的なロータ性能	△	△	○

図5 シリカゲル担持量、担持状態がロータ性能に与える影響
(※上部の図は、シリカゲルの担持量と疎密度合のイメージ図です)

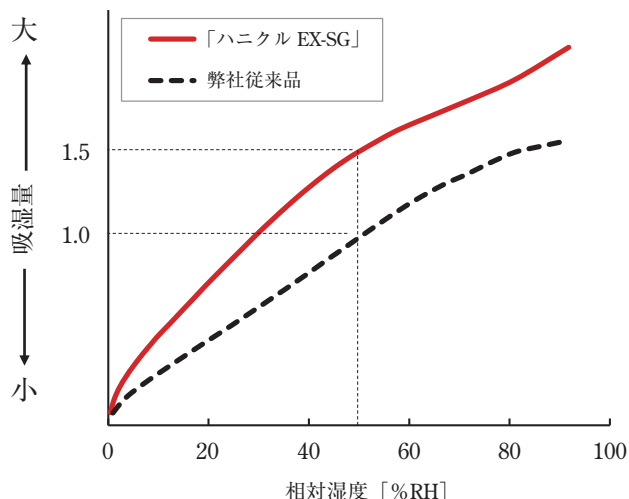


図6 弊社従来品と「ハニクルEX-SG」の除湿素子の吸湿性能比較

このように「ハニクルEX-SG」は、最適なハニカム構造に、高性能なA形シリカゲルを高密度に担持することで、高い除湿性能を発揮します。

3.2 除湿性能

「ハニクルEX-SG」と弊社従来品の除湿性能比較を図7に示します。除湿性能は、図1で示したシステム内で、処理ゾーンのロータ入口、出口の湿分を測定することにより評価します。「ハニクルEX-SG」は弊社従来品と比較して、処理入口の広い湿度域において、より低い露点温度まで除湿することが可能となりました。

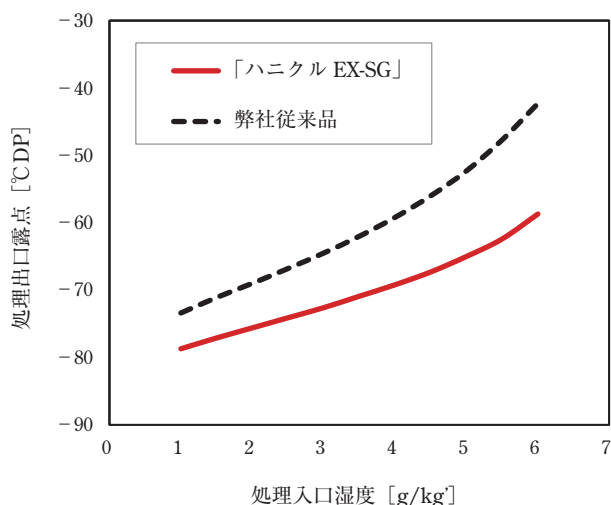


図7 「ハニクルEX-SG」と弊社従来品の除湿性能比較

弊社従来品の場合、露点温度 -50°C まで除湿するためには、再生ゾーンに供給する空気温度は 180°C を要しました。新製品である「ハニクルEX-SG」では 140°C でも弊社従来品より低い露点温度まで除湿することができるため、コスト削減だけでなく、 CO_2 排出削減にも貢献します。

また、一般的に、必要とされる除湿空気の露点温度が低いほど高い除湿能力が必要となるため、よりサイズの大きいロータが必要となります。「ハニクルEX-SG」は、除湿性能を向上させたことにより、弊社従来品よりロータサイズを小さくすることができます。条件にもよりますがロータ径を 1525mm から 1370mm まで小さくすることも可能です。

4. おわりに

今回、除湿用ハニカムロータの新製品「ハニクルEX-SG」の特長についてご紹介させていただきました。「ハニクルEX-SG」は、弊社従来品よりも高性能化したことにより、再生に要する加熱空気温度を低くでき、ロータサイズを小型化できるため、お客さまのコスト削減に貢献するだけでなく、 CO_2 排出削減にも貢献することができます。ロータサイズは幅広いサイズをラインアップしており、お客さまのご要望に合わせた最適なお提案が可能です。

今後とも、ユーザー各位のご要望にお応えべく、製品の改良、開発に努めていく所存ですので、ご意見ご要望などをお聞かせください。なお、本製品に関するお問い合わせは、工業製品事業本部環境製品技術開発部までお願いいたします。

*「TOMBO」はニチアス㈱の登録商標または商標です。

*®が付されている名称はニチアス㈱の登録商標です。

*本稿の測定値は参考値であり、保証値ではございません。

示差走査熱量測定法による 断熱材の比熱容量測定について

国立研究開発法人 産業総合研究所
 ネット・ジャパン株式会社
 一般財団法人 建材試験センター
 ニチアス株式会社

阿部陽香
 篠田嘉雄
 田坂太一
 松原知子
 阿部直毅

1. はじめに

国際規格ISO 24144:2023 Thermal insulation — Test methods for specific heat capacity of thermal insulation for buildings in the high temperature range — Differential scanning calorimetry (DSC) method が、2023年1月に発行された。本国際規格の発行により、室温から1600Kまでの示差走査熱量測定法(Differential scanning calorimetry method, 以下DSC法)による断熱材を対象とした比熱容量測定について、国際的な共通手法が得られたといえる。本レポートでは、ISO 24144を提案するに至った背景を述べるとともに、本規格における比熱容量測定について解説する。

2. 背景

本規格は、経済産業省の「省エネルギー等国際標準開発(国際標準分野)」のひとつであった「断熱材の比熱の測定方法等に関する国際標準化」事業が基盤となり、その後、一般財団法人 建材試験センターが中心となって継続活動を行った成果である。近年では、省エネ対策やCO₂排出削減等のため未利用熱エネルギーの有効活用に関心が高まっており、その活用に大きく寄与できる材料のひとつとして断熱材があげられる。断熱材は生活環境温度で使用する建材等のみならず、工業炉や焼却炉などの高温(800℃以上)で利用される耐熱材としても利用されており、高温での熱物性、特に熱伝導率評価が重要となる。断熱材の熱伝導

率測定¹⁾としては、保護熱板法、熱流計法、平板比較法等が一般的ではあるが、高温域での測定は容易ではない。そこで、熱伝導率 γ を次の関係式で算出する方法が注目されている。

$$\gamma = a c \rho \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここで、 γ ：熱伝導率、 a ：熱拡散率、 c ：比熱容量、 ρ ：密度である。

断熱材の熱拡散率測定については、本規格に先行して、周期加熱法による熱拡散率測定についての国際規格であるISO 21901:2021 Thermal insulation — Test method for thermal diffusivity — Periodic heat methodが、日本の提案により発行されている²⁾。また、断熱材を対象とした規格ではないが、レーザフラッシュ法による熱拡散率測定についての日本産業規格(JIS)^{3)~6)}がいくつか整備されている。密度については、JIS Z 8807「固体の密度及び比重の測定方法」により測定可能である。比熱容量測定については、本規格が発行されるまで、断熱材を対象とした規格がなく、既存の規格を準用する形を取らざるをえなかった。表1に比熱容量測定に関する国内・国際規格を示す。

一般に比熱容量測定は、試料の熱平衡状態を基準とする静的測定法と時間温度変化を利用する動的測定法に分類される⁷⁾。動的測定法でありかつ基準物質との比較測定であるDSC法は、静的測定法である断熱型熱量計や伝導型(カルベ型)熱量計等での測定と比較すれば、精度的には劣る。

しかしながら、熱分析機器メーカーの目覚ましい開発により、近年の産業ニーズに応えるには十分な測定能力といえる。さらに測定は簡便であり、かつ世界的に普及率の高い装置であることから、DSC法による比熱容量測定の国内外での認知度は高い。このような現状から、断熱材を対象とした高温域（800℃以上）まで対応可能なDSC法による測定規格の必要性が浮上し、本規格を日本から提案、開発に至った。

表1 比熱容量測定に関する国内・国際規格

規格番号	規格名称
JIS K 7123	プラスチックの比熱容量測定方法
JIS R 1672	長繊維強化セラミックス複合材料の示差走査熱量法による比熱容量測定方法
JIS R 1650-3	ファインセラミックス熱電材料の測定方法－第3部：熱拡散率・比熱容量・熱伝導率
JIS C 2141	電気絶縁用セラミック材料試験方法
ISO 11357-4	Plastics - Differential scanning calorimetry (DSC) - Part 4: Determination of specific heat capacity
ASTM E1269-11	Standard test method for determining specific heat capacity by differential scanning calorimetry
BS EN 1159-3	Advanced technical ceramics- Ceramic composites, thermophysical properties- Part 3: Determination of specific heat capacity

3. DSC法での比熱容量測定

3.1 DSC法の概要

DSC法は、熱流束示差走査熱量測定（以下、熱流束DSC）と、入力補償示差走査熱量測定（以下、入力補償DSC）の二種類がある。JIS K 0129熱分析通則では、熱流束DSCは「試料及び基準物質で構成される試料部の温度を、一定のプログラムによって変化させながら、その試料と基準物質との温度差を、温度の関数として測定する方法。この温度差は、単位時間当たりの熱エネルギーの入力差に比例する」と定義され、入力補償DSCは「試料及び基準物質で構成される試料部の温度を、一定のプログラムによって変化させながら、その試料及び基準物質の温度が等しくなるように、両者に加えた単位時間当たりの熱エネルギー

の入力差を温度の関数として測定する方法」と定義されている。

図1に、熱流束DSCと入力補償DSCの概略図を示す。両者ともに、試料ホルダーと参照ホルダーと呼ばれる二つのサンプルホルダーがあり、参照側を基準とした比較測定を行う点は共通であるが、内部構造が異なる。熱流束DSCの特徴は、二つのサンプルホルダーは同一のファーンレスによって加熱され、二つのホルダーに生じる温度差を熱エネルギー差に変換することにより測定を行う点である。一方、入力補償DSCは、試料及び参照ホルダーにそれぞれファーンレス、プラチナ温度センサー、加熱用ヒータがあり、二つのホルダー間の温度差をゼロにする制御と平均温度を制御することにより測定を行う。実際に出力されるシグナルは、2つのDSCともに試料側と参照側の熱流束の時間変化と温度変化であるが、内部構造が異なるため、これらの出力値の算出方法も異なっており、ユーザーは十分理解して使用する必要がある。測定上限温度は、入力補償DSCでは750℃であるため、それ以上の高温領域での測定では、750℃以上に対応できる熱流束DSCを使用することになる。本規格では、通常のDSCの温度範囲だけではなく、高温用の熱流束DSCを対象とした内容となっている。

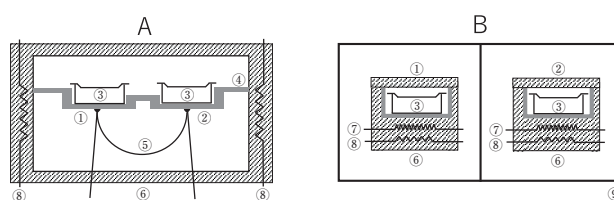


図1 装置概略図 A：熱流束DSC B：入力補償DSC
①試料ホルダー ②参照ホルダー ③容器 ④ステージ
⑤サーモパイル ⑥ファーンレス ⑦プラチナ温度センサー
⑧加熱用ヒータ ⑨ヒートシンク

3.2 測定手順・測定条件

まず測定前に標準物質もしくは純物質を用いて、DSC装置の温度および熱流束校正を行う。表2にDSC校正用物質を示す。表2において標準物質として入手可能なものは、標準物質を用いることを推奨する。測定温度が校正範囲に入るように校

正用物質を選び、装置の初期状態で融点と融解エンタルピーを測定し、その結果を測定プログラムに入力することにより校正を実行する。校正実行後、校正値が反映されているかを確認するため、校正用物質でもう一度融点と融解エンタルピーを測定してみるとよい。最近では、熱容量標準物質（NIST SRM 720, 合成サファイア）等による熱容量測定を利用した熱流校正を選択できる装置もある。

表2 DSC校正用物質

物質	融点		融解 エンタルピー
	℃	K	J g ⁻¹
Indium	156.5985	429.7485	28.62
Tin	231.928	505.078	60.38
Lead	327.462	600.61	23.08
Bismuth	271.40	544.55	53.18
Zinc	419.527	692.677	108.09
Aluminium	660.323	933.473	399.87
Silver	961.78	1234.93	104.5
Gold	1064.18	1337.33	64
Nickel	1455	1728.15	299

次に、測定容器の選定と試験片の準備を行う。参照側と試料側の容器は、一般に同形状、同素材、同質量（質量差2%以内）の容器を選定する。代表的な容器材としては、アルミニウム、白金ロジウム、アルミナ等がある。アルミニウム製容器については、熱伝導率も高くかつ安価であるため最も使用率が高いが、融点が660℃であるため、実際の測定では600℃以下での使用となる。白金ロジウム、アルミナ製容器については、本規格の上限温度1600Kまで使用可能である。通常、容器形状は直径4～6mm、高さ1.5mm程度で、同素材の蓋がついており、専用のクリンパーでプレスするか、もしくはそのまま蓋を被せて使用する。クリンプする場合は、容器の底面に歪みを生じることが多く、容器と試料ホルダーの接触が悪くなることが懸念されるので注意が必要である。本規格では、クリンプせずに使用することを推奨している。容器と反応する試料を測定する場合は、試料

容器内部にアルミナシートやライナー等を設置すると良い。

測定する断熱材が、粉体や細粒等の形状である場合は、成形・緻密化して試験片を作製する。断熱材は熱伝導率が低いため、試験片－試料容器－試料ホルダー（加熱源）との熱接触に注視し、粉体のような特殊形状はバルクに近い形状に成形して測定することが望ましい。成形方法については、本規格のAnnex Bに詳細に述べられている。まず、成形したい形状の金型とプレス機を用意する。通常DSCの試験片は直径3～5mm、厚さ1mm程度であるから、プレス機は小型のもので十分である。次に、金型の中に断熱材を充填しプレス機によって荷重をかけることにより試験片を作製する。例えば、アルミナ系粉体では3～5kNの荷重を10～15分間かけることで、上記形状の試験片が作製できる。この成形方法は、断熱材に限ったことではなく、金属や樹脂系粉体等の試験片作製時にも参考になる内容である。このような試験片の成形についての指針を示した規格はこれまでになく、本規格の特徴のひとつといえる。

一般的な断熱材においても、発泡状態など緻密ではない状態のものが多いため、可能であれば圧縮して緻密な状態で測定することが望ましい。これは、上述の熱接触の改善もさることながら、測定試料量が増えることにより得られる熱流曲線が大きくなるため、より安定した測定につながるからである。

DSC内部に充填するパージガスについては、一般に不活性ガスである乾燥窒素、アルゴン、ヘリウム等を使用する。一般には20～100mL/minが適量とされるが、機種によってガス流量は異なるので確認して使用する。測定中にガス流量が大きく変動しないように、ガス供給ラインに流量計等を設置するなどの対策も必要に応じて行う。

測定プログラムは、等温（10～20分）－定速昇温－等温（10～20分）を1回または数回繰り返すように設定する。昇温速度は10K/minもしくは20K/min程度が一般的であるが、断熱材の場合は熱伝導率が低いため、昇温速度が速

いと試験片に温度不均一な部分が生じてしまう恐れがあるので、注意が必要である。では遅いほうがよいかと考えるが、昇温速度が遅くなるにつれ、熱流曲線も小さくなるので、それらの兼ね合いに配慮しながら適切なプログラムを設定することが大切である。測定プログラムが決まったら、参照ホルダーには空容器のみを置き、試料ホルダーに① 空容器、② 容器+基準物質、③ 容器+測定試料、を置いた3測定を1セットとして、同じ温度測定プログラムによる測定を行う。3測定は連続して行い、可能であれば1日で終えることが望ましい。基準物質としては、熱容量標準物質（NIST SRM 720、合成サファイア）等を用いる。

3.3 比熱容量の算出方法

物質の熱容量 C_p は、その物質を温度 T から dT だけ変化するのに要する熱量を dQ としたとき、次式で与えられる。

$$C_p = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_p \dots\dots\dots (2)$$

単位は kJ K^{-1} 、または J K^{-1} である。物質の質量を m とすると、単位質量あたりの熱容量である比熱 C_p は、

$$C_p = \frac{1}{m} C_p = \frac{1}{m} \left(\frac{dQ}{dT} \right)_p \dots\dots\dots (3)$$

と表され、単位は $\text{kJ K}^{-1} \text{kg}^{-1}$ 、または $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ となる。一般に、一定の圧力下で ΔT の温度を変化させた場合は定圧比熱、一定の体積下で変化させた場合は定積比熱と区別されるが、固体材料を対象とした測定は定圧下での測定とみなせるため、添え字に「p」を付けることが多い。

では、DSC法における熱容量の算出式を導いてみよう。上述①、②、③の試料の測定から得られるDSC曲線例を図2に示す。図中で、時間 $t_1 \sim t_3$ が定速昇温であり、例えば温度 T の熱容量は、時間 t_2 の3測定の熱流値を読み取ることで求めることができる。

参照側の空容器の熱容量を $C_{p,rb}$ 、熱流値を q_r と

し、上述の測定①、②および③の測定時の、試料側の熱容量と熱流値をそれぞれ① $C_{p,sb}$, q_{sb} 、② $(C_{p,sc} + C_{p,sb})$, q_{sc} 、③ $(C_{p,ss} + C_{p,sb})$, q_{ss} とする。ある温度 T における参照側と試料側の熱流変位差は、それぞれの測定時、以下の3式で表される。

$$\textcircled{1} \quad q_{sb} - q_r = (C_{p,sb} - C_{p,rb}) \beta \dots\dots\dots (4)$$

$$\textcircled{2} \quad q_{sc} - q_r = (C_{p,sc} + C_{p,sb} - C_{p,rb}) \beta \dots\dots\dots (5)$$

$$\textcircled{3} \quad q_{ss} - q_r = (C_{p,ss} + C_{p,sb} - C_{p,rb}) \beta \dots\dots\dots (6)$$

ここで β は、DSCの測定プログラムにおける昇温速度である。昇温速度が遅ければ、熱流変位差は小さくなることが理解できる。式(5)から式(4)を差し引くことにより基準物質の熱流値が得られ、式(6)から式(4)を差し引くことにより、測定試料の熱流値が得られる。基準物質と測定試料の質量をそれぞれ、 m_c 、 m_s 、比熱容量を $C_{p,c}$ 、 $C_{p,s}$ 、とすると、ある温度 T における $C_{p,s}$ は次式によって求められる。

$$C_{p,s} = \frac{q_{ss} - q_{sb}}{q_{sc} - q_{sb}} \frac{m_c}{m_s} C_{p,c} \dots\dots\dots (7)$$

図2では、各測定の昇温前後の等温ベースライン（等温基線）は一致しているが、必ずしも一致するとは限らず、補正が必要となる場合がある。誌面の都合上、詳しい説明は割愛させていただくが、本規格のAnnex Cに記載があるので参照していただきたい。

3.4 断熱材の比熱容量測定例

本規格に従って測定を行った事例として、発泡プラスチック系断熱材である押出法ポリスチレンフォームの比熱容量測定について紹介する。建材として幅広く使われている本断熱材は、微細な気泡で構成されているため、圧縮して厚さを薄くし、DSCの試料容器に入る大きさ（約5mm角）にカットした状態で測定を行った。昇温速度は速度依存性を確認するため、5、10、20K/minとした。実際に得られたDSC曲線を図3に示す。また、室温付近での測定結果を図4に示

す。昇温速度に依存する大きな差異は見られず、良好な結果が得られた。

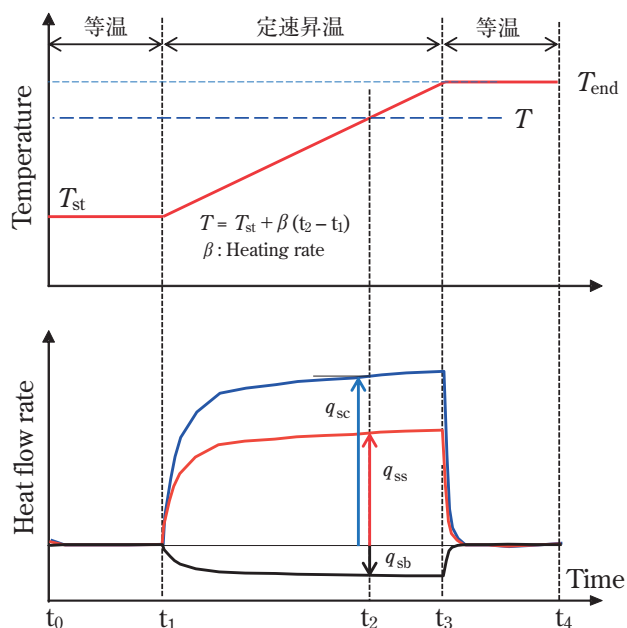


図2 DSC曲線からの比熱容量算出方法

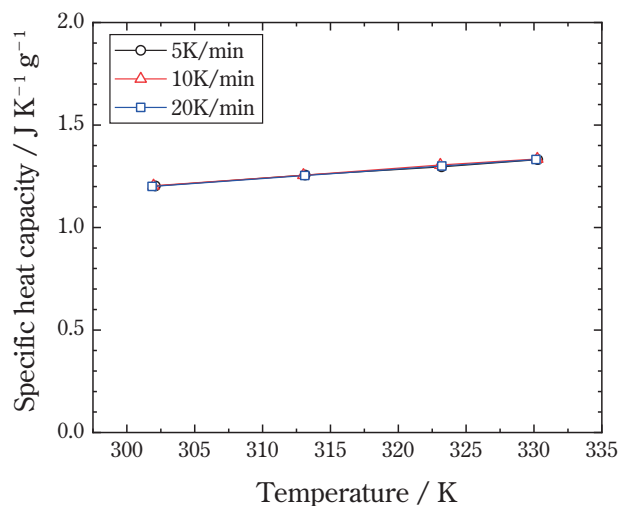


図4 押出法ポリスチレンフォーム測定結果

4. おわりに

断熱材のような低熱伝導率材料を対象としたDSCによる比熱容量評価は、試料形態や熱接触の観点から判断しても、うまく測定できないであろうと思われるが、しかしながら、本規格により、適切な測定手順・条件下であれば、より正確な測定を実現できるという認識を共有できた。さらに、日本が提案したISO 21901（周期加熱法による熱拡散率測定）と本規格に基づき、断熱材の熱伝導率を高温まで導き出せるようになったことは、特筆すべき点である。今回の国際標準化が、断熱材の評価体制において有益な役割を果たすことを期待したい。

謝 辞

本規格の事務局を担当していただいた村上哲也氏（当時 建材試験センター）、馬淵賢作氏、泉田裕介氏、武田愛美氏（建材試験センター）に謝意を表します。規格開発を円滑に進めるにあたり有益なご助言をいただいた藤本哲夫氏（当時 建材試験センター）に深く感謝申し上げます。

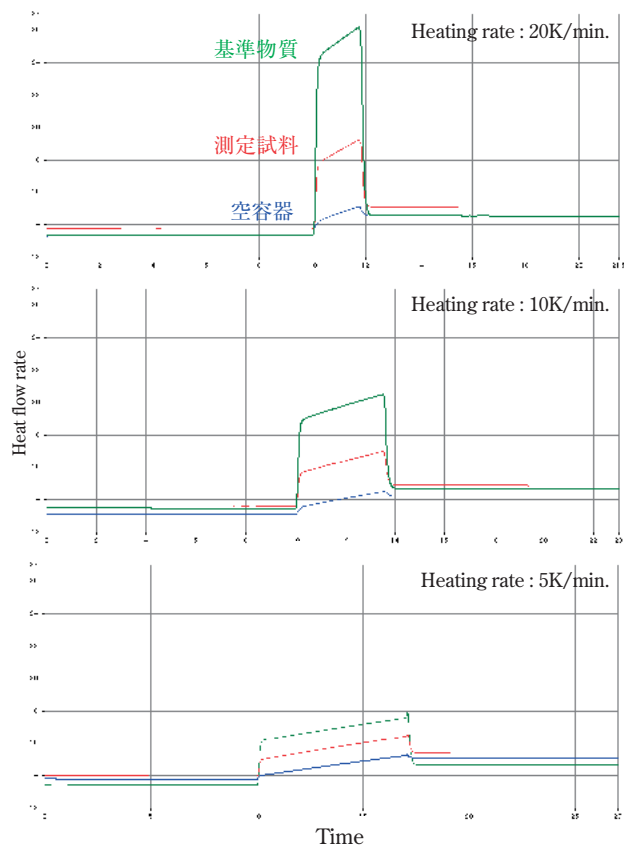


図3 DSC曲線例（押出法ポリスチレンフォーム測定時）

参考文献

- 1) 新編 熱物性ハンドブック 日本熱物性学会編 養賢堂
- 2) 阿部直毅, 藤本哲夫, 萩原伸治他5名 ニチアス技術時報 2022, No.1 P6-11
- 3) JIS R 1611: 2010 ファインセラミックスのフラッシュ法による熱拡散率・比熱容量・熱伝導率の測定方法
- 4) JIS H 7801: 2005 金属のレーザフラッシュ法による熱拡散率の測定方法
- 5) JIS C 2141: 1992 電気絶縁用セラミック材料試験方法
- 6) JIS H 8453: 2018 遮熱コーティングの熱伝導率測定方法
- 7) 熱量測定・熱分析ハンドブック 第3版 日本熱測定学会編 丸善出版

筆者紹介



阿部 陽香

国立研究開発法人 産業総合研究所
物質計測標準研究部門
熱物性標準研究グループ 主任研究員



篠田 嘉雄

ネッチ・ジャパン株式会社
代表取締役社長



田坂 太一

一般財団法人 建材試験センター
総合試験ユニット 中央試験所
環境グループ 統括リーダー代理



松原 知子

一般財団法人 建材試験センター
総合試験ユニット 中央試験所
環境グループ 主査



阿部 直毅

ニチアス株式会社
研究開発本部
試験解析室 熱・耐火試験課 課長

ニチアスの「断つ・保つ」® 技術を支えるCAE

CAE (Computer Aided Engineering) は製品・工程をコンピュータ上で擬似的に再現し、さまざまな検討を支援する技術です。ニチアスでは、研究・開発、設計および製造までのあらゆる工程で CAE を取り入れ、品質やサービスの向上に努めています。ここでは、弊社の CAE 技術について事例を通してご紹介します。

第6回 炉壁用断熱板の設計で活用される伝熱CAE

2015年11月、特定化学物質障害予防規則（以下、特化則）が改正され、これまで工業炉、製鉄向け加熱炉の断熱材などに広く使用されていたリフラクトリーセラミックファイバー（以下、RCF）が特別管理物質となりました。

弊社では、RCFの代替としてアルカリアースシリケートウール（以下、AESウール）応用製品、および高温域に対応したアルミナファイバー応用製品を取り揃えております。用途に応じてボード、モールド、ブロック、キャストなどのさまざまな製品群があります。

今回は、前回に引き続き AES ウール製品への CAE 活用について紹介します。

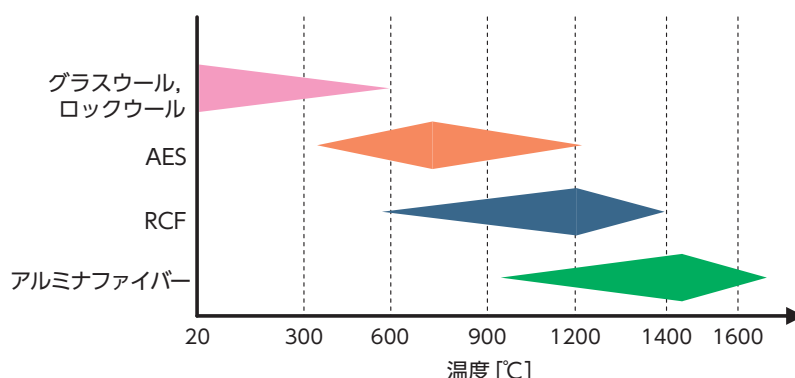


図1 人造鉱物繊維の代表的な使用温度領域

対象製品概要

ブロック状耐火材 TOMBO™ No.5655「ファインブロック®」

「ファインブロック®」は、弊社が開発した AES ウール「ファインフレックス BIO® ブランケット」、あるいはアルミナファイバーブランケットを積層・圧縮しブロック状にした特化則適用対象外の製品です。耐火物の一種で、繊維状高温材料に分類される製品となっています。工業炉などの内壁に施工され、耐火レンガの保護材または代替品として使用されています。

用途に応じて、支持金具の有無および積層方法の異なる製品をラインアップしています。



図2 ファインブロック® の外観

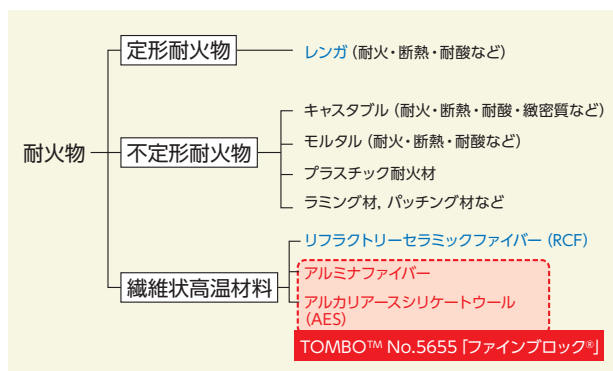


図3 耐火物の種類

解析の目的

炉壁の断熱構造設計のためには炉が運転と停止を繰り返した場合に、時間とともに炉壁が蓄熱し、それが炉内の温度にどう影響を与えるか把握する必要がある。このため、サイクル加熱を受けた炉壁内部や表面温度の時間経過をCAE解析する。

解析対象の形状と条件

- 炉壁は、「ファインブロック®」や断熱材等を組み合わせた構造となっている
- 炉内の温度は、昇温と降温を繰り返すサイクル加熱となっており、非定常解析を実施する
- 炉壁の代表的な一部分を解析領域とする

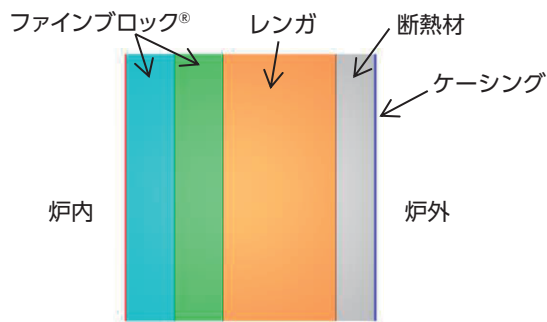


図4 炉壁の一部分（解析対象）

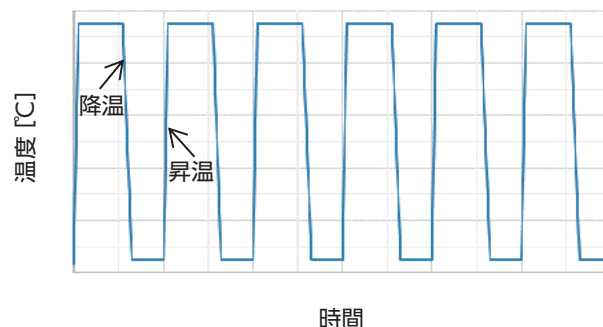


図5 炉内温度の時間変化

CAE解析結果

一例として、任意サイクルにおける炉壁断面の温度分布予測を示す。

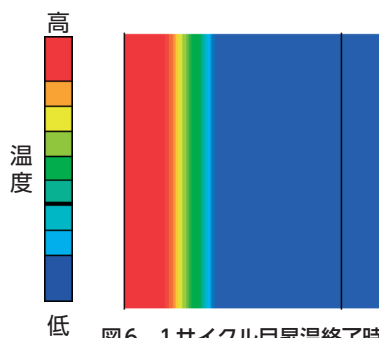


図6 1サイクル目昇温終了時の温度分布予測

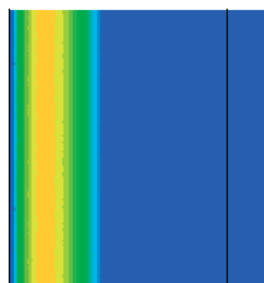


図7 1サイクル目降温終了時の温度分布予測

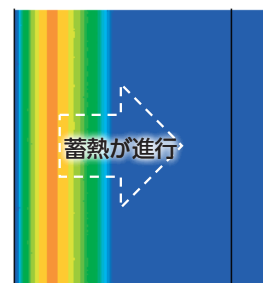


図8 6サイクル目降温終了時の温度分布予測

- 実際の使用状況を想定したサイクル加熱に対して、ケーシングの表面温度の時間変化を予測した
- 熱サイクルが経過するにつれて、降温終了後に炉壁内部に高温領域が広がっていく様子（炉壁が蓄熱していく状況）がわかった

おわりに

さまざまな制御温度や熱サイクルのパターンに対し炉壁を模擬した実験を行い、設計にフィードバックする方法では、膨大な時間と労力を必要とします。

伝熱CAEを用いることで、

- 設計段階で炉壁を構成する材料温度のサイクル加熱による時間変化を予測できます
 - さまざまな条件の変化による影響予測が容易で、お客さまの要望に迅速に応えることができます
- CAEの解析結果より、実際の使用環境に対して適切な炉壁の多層構造を設計できました。

*®が付されている名称はニチアス(株)の登録商標です。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

「Thermofit™」のご紹介

これまで弊社は、各種生産設備をサーモグラフィなどを用いて熱ロスを測定して改善提案、対策工事までを行うシステムを「熱診断システム」という名称でPR・販売しておりましたが、今回これに「Thermofit™ (サーモフィット)」という新しい商品名を命名し、今後PR・販売していくことといたしました。

ロゴマークを図1に示します。



図1 Thermofit ロゴマーク

左側のアイコンは、お客さまの熱に対するお悩みに弊社がお応えするイメージを「プラス」で表現しました。アイコン内の赤は「Thermofit (サーモフィット)」の3つの要素の1つである「診断」を、オレンジは「提案」を、ブルーは「対策」をそれぞれ表しています。

Thermofit™は各種設備の温度状況をサーモグラフィなどを用いて測定を行い

- 熱ロスが発生している部分を発見し(見える)
- 熱ロスが発生している部分の熱ロス量や対策後の省エネ金額やCO₂削減量を数値化し(分かる)
- 増し保温® 工法やエネサーモ® などを用いた対策工事までを提案、実施(対策できる)

以上をワンストップで対応しているシステムとなります。

省エネを進める際、熱を発生する熱源機器に目が向けられ、熱を輸送している配管などは見落とされがちです。

このThermofit™を活用いただくことによって隠れた熱ロスを発見し、カーボンニュートラルに向けたCO₂削減の目標到達の一助となります。

測定方法については、手持ちのサーモグラフィだけでなく遠隔で操作できるドローン(図2)や分離型サーモグラフィカメラ(図3)も利用しながら、今まで測定し難かった場所に対しても多様な方法にて行っておりますのでお問い合わせいただければ幸いです。

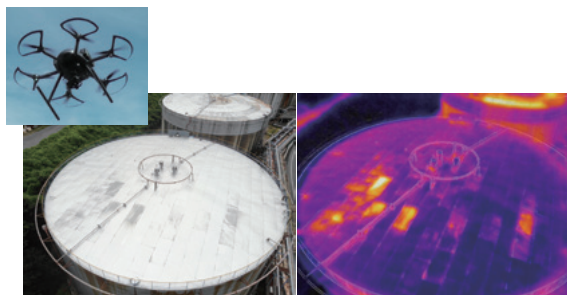


図2 ドローン診断



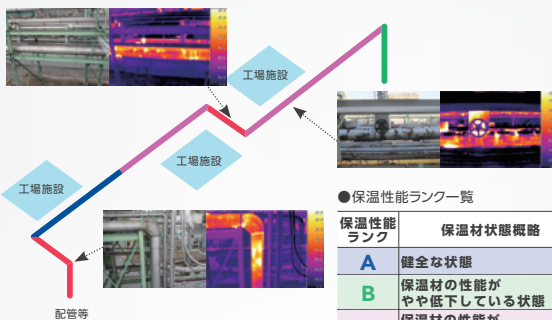
図3 分離型サーモグラフィカメラによる診断

診断 Diagnosis

熱ロスが見える！

- ① サーモグラフィカメラで
温度異常箇所・劣化箇所が見える
- ② 各部の劣化程度をマップ化
劣化の多い場所が見える

●保温更新前の診断マップ



提案 Proposal

CO₂ 排出量が分かる！

- ① CO₂や熱ロスの年間排出量分かる
- ② 対策時の(予測)CO₂・熱ロス量分かる
- ③ 対策時の(予測)削減金額分かる
- ④ 新設時、現状、対策後(予測)の違い分かる

系統名称	既設設計値(新設時)		現状		施工後予測値		削減金額 予測値		削減 CO ₂ 排出量 (t/年)
	放熱量 [kWh/年]	CO ₂ 排出量 (t/年)	放熱量 [kWh/年]	CO ₂ 排出量 (t/年)	放熱量 [kWh/年]	CO ₂ 排出量 (t/年)	(¥/年)	(t/年)	
△△△ ライン行	22,000	4.8	166,000	35.9	18,000	3.9	740,000	32.0	
○○○ 行	27,000	5.8	67,000	14.5	20,000	4.3	235,000	10.2	
××× 行	42,000	9.1	135,000	29.2	32,000	6.9	515,000	22.3	

新品時の放熱量、
CO₂ 排出量が分かる！

効果予測で
削減金額予測値が分かる！

現状(施工前)の放熱量、
CO₂ 排出量が分かる！

施工後予測で放熱量、
CO₂ 排出量が分かる！

対策 Measures

ワンストップで 対策できる！ (実施・効果確認)

- ① 現状に即したさまざまな製品や施工法で対策提案できる
- ② 実績と経験豊富なニチアス自身が対策実施
- ③ 対策後のCO₂・熱ロス排出量提示で安心



1 対象の確認

- ☑ 対象設備の把握
(形状、内部温度、
断熱材種別 & 厚み等)

2 現状調査 (撮影・解析)

- ☑ サーモグラフィカメラで
対象を撮影
- ☑ 撮影データを解析 & 提示
- ☑ 熱ロス箇所の特定

3 対策提案 (方法・効果予測・見積)

- ☑ CO₂・熱ロス発生量等を
まとめた報告書の提出
- ☑ 現状を踏まえた対策方法提案
- ☑ 対策時の予測効果を提示
- ☑ 対策時の見積もりを提示

4 対策実施 (実対策)

- ☑ 要望に応じた製品
- ☑ 要望を鑑みた施工

5 対策効果確認 (撮影・解析・報告)

- ☑ 施工前同様、サーモグラフィ
カメラで対象を撮影 & 解析
- ☑ 施工前後のCO₂・熱ロス量
比較等をまとめた報告書提出

*「Thermofit」はニチアス(株)の商標です。

*「パイロジェル」は Aspen Aerogels, Inc. の製品で同社の商標です。

*®が付されている名称はニチアス(株)の登録商標です。

ニチアスの建材製品は、 人と環境の調和をめざし、 安心・安全・快適を 提供しています。



断熱材 | MGボード®、スーパーフェルトン® II, III

耐火被覆材 | マキベエ®, マキベエ® WTA, CLA, BL

煙突材 | セラストック®

内装材 | エコラックス®, エコラックス® エンボス
エコラックス® のき天
エコラックス® エンボスのき天
NPラックス® L, NPラックス® H

化粧板 | アスラックス® 200R, アスラックス® 600R

**フリーアクセス
フロア** | ニチアス オメガフロア®
ニチアス パットフロア®
ニチアス NOAフロア®

その他 | ニチアスカグスベール®



※®が付されている名称はニチアス(株)の登録商標です。



「ニチアス技術時報」 バックナンバー

No.401 2023/2 号



- 〈製品紹介〉 巻付け耐火被覆材料
TOMBO™ No.5520「マキベエ®」
- 〈製品紹介〉 自動車用ふっ素樹脂製品
ナフロン® 製品
- 〈製品紹介〉 カーボンニュートラルに貢献する省エネ関連製品紹介とその効果的な使用方法
- 〈技術レポート〉 プラント設備における保温保冷材の種類と特徴
選定基準とトラブル事例

No.400 2023/1 号



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈技術レポート〉 プラント内での音源探査
- 〈技術レポート〉 ふっ素樹脂製品の樹脂流動 CAE ～ PFA 材ガスアシスト成形～
- 〈技術レポート〉 前処理方法を用いた GC-MS による分析
- 〈特別企画〉 周期加熱法による断熱材の熱拡散率試験方法の JIS 規格が発行されました

No.399 2022/4 号



- 〈寄稿〉 JAMSEC フランジ締結技能講習制度における BT Master™ の活用
- 〈製品紹介〉 自動車用ブレーキシム
TOMBO™ No.1600「メタコート®」, TOMBO™ No.1614「メタプラス®積層シム」
- 〈技術レポート〉 半導体製造装置用途の PFA 再生材利用
- 〈技術レポート〉 SPM を用いたゴムシール材観察例のご紹介

No.398 2022/3 号



- 〈製品紹介〉 サニタリー配管ガスケット
TOMBO™ No.9014-C「サニクリーン® ガスケット」
- 〈新製品紹介〉 自動車用シリンダーヘッドガスケット
TOMBO™ No.1600「メタコート® L2N3-2520（ふっ素ゴムタイプ）」
- 〈サービス紹介〉 エアロジェル保温材による「増し保温® 工法」の紹介
- 〈技術レポート〉 断熱材における熱伝導率の伝熱要素 ～実用的な伝熱モデルと解析事例～

バックナンバーは当社のホームページ (<https://www.nichias.co.jp/>) でもご紹介しております。

次号 No.403 2023/4 号は 2023 年 10 月発行予定です。

* 本号に記載のTMおよび®を付したものはニチアス(株)の商標または登録商標です。



ニチアス株式会社

<https://www.nichias.co.jp/>

【東日本地区】

札幌営業所	TEL (011) 261-3506
北海道支店	TEL (0144) 38-7550
仙台支店	TEL (022) 374-7141
福島営業所	TEL (0246) 38-6173
日立営業所	TEL (0294) 22-4321
鹿島支店	TEL (0479) 46-1313
宇都宮営業所	TEL (028) 610-2820
前橋営業所	TEL (027) 224-3809
千葉支店	TEL (0436) 21-6341
東京支社	TEL (03) 4413-1191
横浜支店	TEL (045) 508-2531
神奈川支店	TEL (046) 262-5333
新潟営業所	TEL (025) 247-7710
山梨営業所	TEL (055) 260-6780

【中部地区】

富山営業所	TEL (076) 424-2688
若狭支店	TEL (0770) 24-2474
静岡支店	TEL (054) 283-7321
浜松支店	TEL (053) 450-2200
名古屋支社	TEL (052) 611-9200
豊田支店	TEL (0565) 28-0519
四日市支店	TEL (059) 347-6230

【西日本地区】

京滋支店	TEL (0749) 26-0618
大阪支社	TEL (06) 6252-1371
堺営業所	TEL (072) 225-5801
神戸営業所	TEL (078) 381-6001
姫路支店	TEL (079) 289-3241
岡山支店	TEL (086) 424-8011
広島支店	TEL (082) 506-2202
宇部営業所	TEL (0836) 21-0111
徳山支店	TEL (0834) 31-4411
四国営業所	TEL (0897) 34-6111
北九州営業所	TEL (093) 621-8820
九州支社	TEL (092) 739-3621
長崎支店	TEL (095) 801-8722
熊本支店	TEL (096) 292-4035
大分営業所	TEL (097) 551-0237

本 社 〒104-8555 東京都中央区八丁堀1-6-1

・基幹産業事業本部	TEL (03) 4413-1121
プラント営業部	TEL (03) 4413-1126
・工業製品事業本部	TEL (03) 4413-1131
海外営業部	TEL (03) 4413-1132
・高機能製品事業本部	TEL (03) 4413-1141
・自動車部品事業本部	TEL (03) 4413-1151
海外営業部	TEL (03) 4413-1155
・建材事業本部	TEL (03) 4413-1161

研 究 所

・鶴見 ・浜松

工 場

・鶴見 ・王寺 ・羽島 ・袋井 ・結城

海外拠点

・インドネシア ・マレーシア ・シンガポール ・ベトナム
・タイ ・中国 ・インド ・ドイツ ・チェコ ・メキシコ

- ・記載の内容は予告なく変更することがありますので、当社製品をご使用の際は、カタログの最新版を入手いただき内容をご確認ください。
- ・本冊子作成にあたっては内容の正確性に最大限の注意を払っておりますが、本冊子内のすべての情報、説明、推奨事項が、何らかの保証を行うものではないことをご承知ください。
- ・本冊子に記載の使用方法等が第三者の知的財産権を侵害しないことを保証するものではありません。
- ・本冊子に記載の情報について、複写、模倣、流用、転載などの著作権法によって保護されている権利を侵害する行為は固くお断りします。