

# ニチアス 技術時報

# No. 409

2025年 2号

## CONTENTS

- 【寄稿】  
ナノ断熱材の概要と開発, 実用化動向
- 【新製品・新サービス紹介】  
環境配慮型マンホールガスケットシリーズ
- 【新製品・新サービス紹介】  
自動車用摺動シール材の紹介
- 【技術レポート】  
メタコート® の電動コンプレッサー用ガスケットとしての適用評価

# ニチアス技術時報

No.409 2025年 2号

## 目次

### 【寄稿】

- ◆ナノ断熱材の概要と開発, 実用化動向 ..... 1  
(国研) 産業技術総合研究所 材料・化学領域 ナノ材料研究部門 依田 智

### 【新製品・新サービス紹介】

- ◆環境配慮型マンホールガスケットシリーズ ..... 7  
工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部 技術企画一課

### 【新製品・新サービス紹介】

- ◆自動車用摺動シール材の紹介 ..... 10  
自動車部品事業本部 第一技術開発部

### 【技術レポート】

- ◆メタコート®の電動コンプレッサー用ガスケットとしての適用評価 ..... 14  
自動車部品事業本部 第一技術開発部 大日向鉄夫  
田中 一成

### 【連載】

- ◆「断つ・保つ」® 技術を支える分析 (第3回) ..... 18

### 【トピックス】

- ◆ENEX2025 第49回地球環境とエネルギーの調和展に出展 ..... 20

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  
E-mail: info2@nichias.co.jp

# ナノ断熱材の概要と開発, 実用化動向

(国研) 産業技術総合研究所 材料・化学領域 ナノ材料研究部門

依田 智

## 1. はじめに

断熱材といえば、住宅建材や保温材など比較的大きなサイズのものを思い浮かべるかもしれない。しかし、熱マネジメントの重要性がさまざまな分野で認識されるにつれ、電子機器や自動車などの分野で、小さなサイズで高性能な断熱材が求められるようになってきた。

これらの用途では、薄いこと (= 高性能であること)、柔軟性や成形性があること、そして発塵性が少ないことが重要であり、従来の断熱材とは異なる特性が必要である。本稿では、これらのニーズに応えることが期待される「ナノ断熱材」について、その概要、開発動向、現状、そして問題点を解説する。

## 2. 多孔質体の熱伝導率

一般的な断熱材には、繊維が絡み合った構造や、発泡構造に空気を含む多孔質体が使われる。性能の評価には、材料全体を均質とみなした場合の熱伝導率が用いられる。図1に、多孔質体の熱伝導率の構成要素を示す。

多孔質体の熱伝導率  $\lambda$  は以下のように表される。

$$\lambda = \lambda_{s,cond} + \lambda_{g,conv} + \lambda_{g,cond} + \lambda_{rad} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 $\lambda_{s,cond}$  は①固体部分の伝導伝熱、 $\lambda_{g,conv}$  は②気体部分の対流伝熱、 $\lambda_{g,cond}$  は③気体部分の伝導伝熱、 $\lambda_{rad}$  は④放射伝熱である。②は3mm

以下の空隙の場合は無視できるとされる<sup>1)</sup>。

多孔質体のかさ密度が①③④に及ぼす影響の概念図を図2に示す。①固体部分の伝導伝熱は、多孔質体のかさ密度が低下するとともに低下する。一方③気体部分の伝導伝熱はかさ密度の低下とともに増大する。④は気孔のサイズが大きな場合、すなわち極端にかさ密度が低い場合に顕著になる。これらの影響を重ね合わせると、図2のように特定のかさ密度で熱伝導率が極小値をとることになる<sup>2), 3)</sup>。

実際に断熱材に使われる固体の室温での熱伝導率はガラスで1.5W/(m・K)、ポリマーでは熱伝導率は0.1W/(m・K)以上であるのに対し、内包される気体である空気の熱伝導率は0.026W/(m・K)であるから、熱伝導率が極小値をとるのはかなり低いかさ密度のときになる。

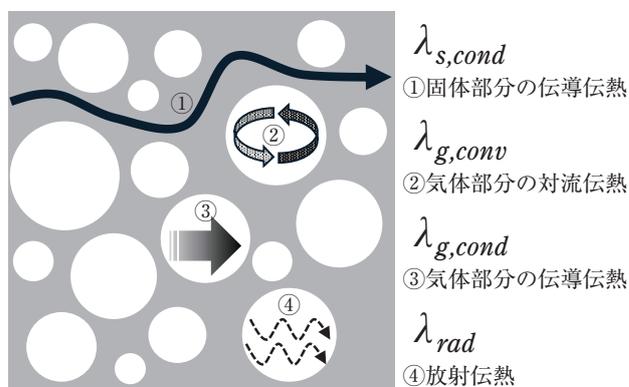


図1 多孔質体の熱伝導率の構成要素 (概念図)

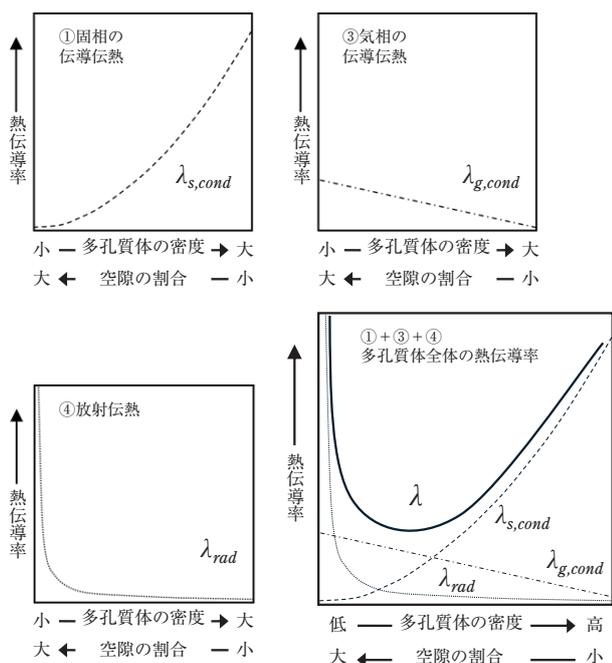


図2 多孔質体の熱伝導率の密度依存性 (概念図)

### 3. クヌッセン (Knudsen) 効果と ナノ断熱材 (NIM)

気体部分の伝導伝熱は気体分子の相互衝突によるエネルギーの伝達で起こるが、小さな空隙内では相互衝突より気体分子の空隙の壁への衝突の割合が増え、熱の伝達が減少する。この現象は気体のクヌッセン (Knudsen) 数と関連しており、クヌッセン効果とよばれる<sup>4)</sup>。クヌッセン数  $K_n$  は式 (2) で表される。

$$K_n = \frac{\Lambda}{L} = \frac{k_b T}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 P L} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $\Lambda$  は気体の平均自由行程、 $L$  は代表長さ (気体の流れた距離)、 $k_b$  はボルツマン定数、 $T$  は温度、 $\sigma$  は分子の直径、 $P$  は気体の全圧である。 $K_n$  が小さい領域では気体分子相互の衝突が支配的で、 $K_n$  が1に近づく、すなわち代表長さと同程度の平均自由行程に近い条件でクヌッセン効果が大きくなる。気体の平均自由行程に匹敵する小さな空隙の割合が多い材料では、より大きな空隙の材料と比較して③による伝熱が減少し、全体として熱伝導率が小さくなるのが期待できる。なお、式 (2) からわかるように、クヌッセン効果の起こる空隙の大きさは温度に依存する。

ナノ断熱材 (Nano Insulation Materials, NIM<sup>5)</sup>) は、内部に封じ込められた気体のクヌッセン効果が起こるような、微細な空隙のみを集積した構造を持つ仮想的なバルク材料、として定義できる。

NIM内での熱伝達の説明には、後述のシリカエアロゲルに対して提案された解析モデル<sup>2), 6)</sup> が用いられ、クヌッセン効果を含めた空隙の大きさの影響が推算されている<sup>2), 3)</sup>。室温での発泡ポリスチレンの熱伝導率に及ぼす発泡径の影響を推算した場合には、発泡径が1000nmの場合の極小値は同温度の空気 (0.026W/(m・K)) とほぼ同じであるのに対し、100nmの場合には極小値が0.01W/(m・K) 台前半となり、クヌッセン効果による熱伝導率の低下が予測されている<sup>2)</sup>。同様の計算はシリカを想定した場合についても行われ、やはり0.01 W/(m・K) 台前半の推算値が得られている<sup>3)</sup>。

### 4. ナノ断熱材 (NIM) の特徴

NIMの利点は、一般的な断熱材より低い熱伝導率が期待できること、断熱性能がその構造に依存し、構造が破壊されない限り断熱効果が持続することである。断熱効果を真空や熱伝導率の低い気体 (フッ素化合物など) に依存することがないため、構造は自在にでき、効果は永続的である。真空や気体に依存する断熱材では薄い構造や曲面の作成は難しいが、NIMであれば形状の自由度は高く、厚みに応じた断熱性を持たせることができる。材質によっては柔軟性や成形性を持たせることも期待できる。また、空隙が可視光の波長より十分小さいため光散乱が少なく、透明な材質であれば、光透過性を持つことも期待できる。

一方で、実用サイズのNIMの作成には高い技術的ハードルが伴う。100nm以下の構造や空隙のみを均質に集積し、低いかさ密度を維持したまま実用的な材料のサイズとすることは非常に難しい。大きな空隙を含んだり、空隙の大きさの分布が広がったりするなど、不均質性を含む材料となってしまうことが多い。

## 5. ナノ断熱材の実例

NIMの実例として、シリカエアロゲル、バイオナノファイバー系エアロゲル、ナノ発泡ポリマーを概説する。

### 5.1 シリカエアロゲル

“エアロゲル (Aerogel)” は、きわめて低密度の多孔質体の総称であり、シリカ (SiO<sub>2</sub>) のエアロゲルはその代表例として知られる。シリカエアロゲルは他の材料と比較して低密度かつ微細で均質な多孔構造を作りやすいという特徴があり、NIMとしての開発が進められてきた。信頼性のある測定法で実測された材料の中では最も低い熱伝導率 (0.012W/(m·K) ~) を持つことで知られる。シリカエアロゲルのモノリスは高い光透過性を持つことから、窓用の断熱材として検討されてきたが、力学的な強度不足と高コストのため実用化に至っていない。なお有機シリカ系材料での開発は継続されている<sup>7)</sup>。

一方、他の材料と複合化した形で、あるいは充填・混練用の粉末、ビーズとして、光透過性は犠牲にしつつ高性能断熱材としての実用化が進められた。熱伝導率は0.010W/(m·K) 台後半以上でモノリスよりは大きいですが、量産プロセスの構築により汎用断熱材に対する競争力を獲得してビジネスとして確立した。2021年度のエアロゲル全体の市場規模は3億ドルと想定されており、シリカエアロゲル系はその95%を占める<sup>8)</sup>。米国系のAspen Aerogels, Inc. やCabot Corporationが代表的なサプライヤーであるが、近年IBIHなど中国系の企業の存在感が高まっている。

主力となっているのが、不織布にシリカエアロゲルの粉末を複合させた“ブランケット”とよばれる製品群である。主に石油・ガスの業界でコールドパイプラインの保温用に普及している。また最近では耐熱性の素材でパッキングしたものが電気自動車 (EV) バッテリーのセル間の断熱材、過熱した場合の延焼防止材として注目されており、急速に需要が高まっている。2025年までにEVバッテリーがエアロゲル市場の半分以上になるとい

予測もある<sup>8)</sup>。複合材はその他、建材や各種保冷剤、アパレル、電子機器などの分野でも採用例が増えている。

### 5.2 バイオナノファイバー系エアロゲル

シリカエアロゲルは、シリカ骨格に柔軟性がなく、かつ低密度であることから極めて脆く、ハンドリングに難があった。この欠点を解決するため、ポリマーやカーボンなどの有機物を骨格としたエアロゲルの検討がされてきたが、低密度体の作成が困難で光透過性に乏しい、という点から、断熱材の用途としては発展していなかった。近年、自然由来のバイオポリマーやナノファイバーから製造されたエアロゲルの研究例が増加している。これらのエアロゲルは柔軟性、成形性があり、シリカと比べてハンドリング性に優れる。また、高い光透過性を持つものが多く、透明断熱材としての展開が期待できる。生分解性や環境適合性に優れるなどの利点も多い。製造には超臨界乾燥など、シリカエアロゲルと同様のプロセスが適用できる。現在アカデミアを中心に精力的に研究が進められている状況にある<sup>9)</sup>。

一例として我々が行ったキトサンエアロゲルの例を紹介する<sup>10~12)</sup>。キトサンはエビ、カニや昆虫類の外皮から得られる成分として知られ、国内では漁業廃棄物として安価に入手可能である。キトサンの構造はセルロース類似であるが、アミノ基があるために酸に可溶で、一般的な溶媒に不要なセルロースと比べて、構造やプロセスの設計上有利な点が多い。

ベニズワイガニ由来のキトサン粉末を酢酸水溶液に溶解し、ホルムアルデヒドでゲル化したのち、溶媒置換を行って超臨界乾燥によりキトサンエアロゲルを作成した。試料の外観を図3に、SEM写真を図4に示す。試料は折り曲げ可能な柔軟性と光透過性を併せ持ち、直径5~10nmのキトサンナノファイバー/ナノ粒子の中間的な構造から構成されていた<sup>10)</sup>。定常法で測定した熱伝導率は0.016-17W/(m·K) でシリカエアロゲルとほぼ同等のものが得られた<sup>11)</sup>。シリカの場合と異なり、溶媒置換やCO<sub>2</sub>の超臨界乾燥が微細構造の形成に

影響することが判明している<sup>12)</sup>。耐久性の向上や強度の向上、作成プロセスでの構造形成制御や製造の効率化などが課題である。

### 5.3 ナノ発泡ポリマー（ナノセルラー）

発泡ポリマーの発泡径は一般に数十  $\mu\text{m}$  程度であるが、もしかさ密度をそのままに発泡径を数十 nm にできれば、高い断熱性能と光透過性を両立した、ハンドリング性の高い材料となることが期待できる。量産化に至ればさまざまな窓の断熱性能の向上による冷暖房効率の向上に寄与でき、社会にドラスティックな変化をもたらす材料として期待される。このようなポリマーはナノセルラー（Nanocellular）とよばれ、世界各地の研究グループで検討が進められている<sup>13)</sup>。ナノセルラーのほとんどは、高圧の  $\text{CO}_2$  等による物理発泡で作成されている。一般的な発泡ポリマーに比べて気泡密度を桁違いに高くすることが必要であり、ポリマーへのガスの高い溶解度と、高い過飽和度の状態を作り出すことが必要である。我々はこの状態を得るため、超高圧（100MPa）および超高速減

圧（100MPa/0.1sec）を実現できる  $\text{CO}_2$  バッチ発泡装置を開発し、これを利用して純PMMAでナノセルラーを作成した<sup>14), 15)</sup>。最適化されたものは発泡セル密度が  $2.0 \times 10^{15}$  個/ $\text{cm}^3$  で平均  $30.5\text{nm} \pm 10.4\text{nm}$  の気泡を含み、光透過性を有していた<sup>15)</sup>。図5に我々で作成したナノセルラーの例を示す。

また、発泡の微細化に大きな影響がある“核材”についての検討も行った。核材には一般に無機微粒子などが使われ、表面が発泡核の起点となって気泡密度の増大に貢献するとされている。しかし正確なメカニズムが不明で、化学種の選択や添加量に方法論がなく、経験的に使われているのが実情である。我々はポリマーと核材を含む発泡系についてのシミュレーションを行い、相互作用と減圧速度が構造に影響を及ぼすこと<sup>16)</sup> や、核材の表面修飾をまばらに行うことで微細発泡に好影響を及ぼすこと<sup>17)</sup> などを明らかにしている。

ナノセルラーはまだ実用化には遠い状況にある。小さなサイズのものを作成されているが、全体を均一なナノ発泡構造としたままサイズアップすることが難しい。また、発泡系を小さくしようとするとかさ密度が大きくなる、というトレードオフの関係にある<sup>13)</sup>。窓用の断熱材としてはおよそ90%以上の空隙率で、100nm以下の発泡径を持つことが必要になるが、これは未だ作られていない。引き続き地道な基礎研究とチャレンジが必要である。

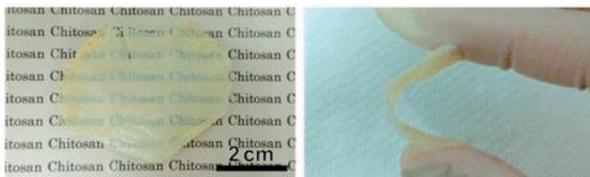


図3 キトサンエアロゲルの光透過性と柔軟性  
(Adapted with permission from ref. 10.  
Copyright (2015) American Chemical Society)

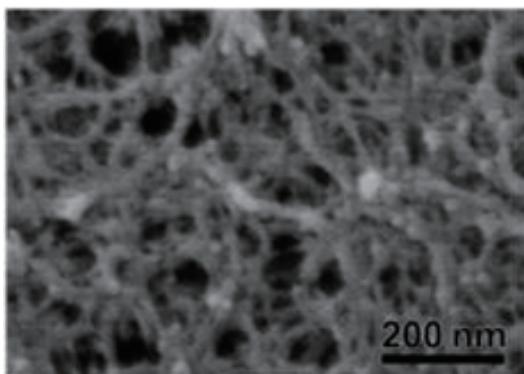


図4 キトサンエアロゲルの微細構造  
(Adapted with permission from ref. 10.  
Copyright (2015) American Chemical Society)

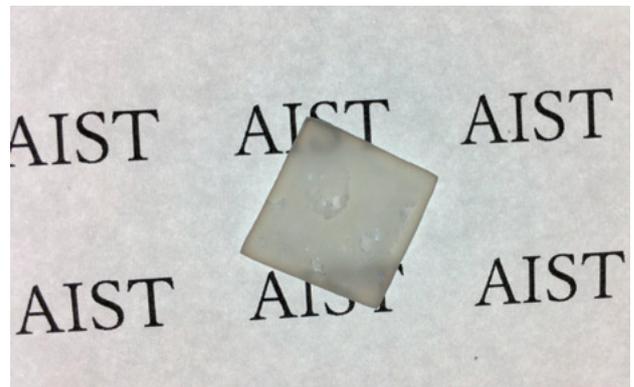


図5 PMMAナノセルラーの例（産総研作成）

## 6. ナノ断熱材の性能評価の問題

さまざまなポテンシャルが期待されるナノ断熱材であるが, その熱伝導率の評価が難しく, アカデミアを含めて性能の疑わしい材料や内容に疑問のある研究発表が数多く存在している状態にある。筆者もかなり以前よりさまざまな機会で開催を行ってきた<sup>18)</sup>。同様の問題は他国でも多く, 同分野の研究者と危機感を共有していた。最近スイス連邦材料試験研究所 (EMPA) の Malfait 博士により, 豊富な論文データの分析に基づく檄文が発表されている<sup>3)</sup>。筆者もその内容と主張には全面的に賛同しており, ここで誌面を割いて紹介することをお許しいただきたい。

空气中で使用される断熱材の熱伝導率は本稿の 3. で述べたとおり, 熱伝達モデルを用いて推算でき, いくつかの材料でその妥当性は実証されている。ナノ多孔質体の大気中, 室温の空気の熱伝導率は, 100nm 程度の空隙を想定した場合  $0.01\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  程度が極小と見積られる。これを下回ることを理論づける熱伝達メカニズムは未だ提案されていない。また, このレベルの熱伝導率を正確に測定することは, 定常法, 非定常法ともに, 実験的な困難を伴う。特に非定常法は, 熱拡散率の算出について理論的かつ実験的な裏付けが重要である。

Malfait は, 論文で報告されたエアロゲル系 NIM の熱伝導率データについて定常法, 非定常法に分けて前述のモデル計算と比較している。大気圧中で  $0.01\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  を下回るようなデータはほとんど非定常法, 特にホットディスク法の場合に集中しており, 測定の妥当性が疑われる。このような状況となっている背景として, ナノ断熱材の研究者が熱伝達や熱伝導率測定の知識に乏しく, 市販装置の仕様の範囲外で測定を行っていたり, 熱接触抵抗の影響 (試料表面の不均一性や測定プローブ等の試料への当て方) を軽視していたりすること, また論文の査読や技術の評価を行う側にもそのような知識が不足していることをあげている。NIM の熱伝導率測定については我々もシリカエアロゲル複合材を対象

として, 定常法, 非定常法での測定上を検証している<sup>19)</sup>。定常法であっても, 試料全体の熱抵抗に対し相対的に接触面の影響が大きくなるような薄い材料については界面の影響を受けやすく, 実際の値より小さな熱伝導率が測定されるなどの問題がある。我々の検討では,  $0.015\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  のシリカエアロゲル複合材でおよそ 5mm 厚以下の試料に影響が見られた。

## 7. おわりに

本稿では, ナノサイズの空隙からなるナノ断熱材 (NIM) について, その概要, 理論, および実例としてのシリカエアロゲル複合体, バイオポリマーエアロゲル, ナノ発泡体を紹介した。またその熱伝導率評価における問題を紹介した。

筆者は国立研究所で断熱材に関するさまざまな技術相談等を受ける立場にある。非真空の高性能断熱材は, 前提として低密度でなければならない (2. で議論) ということすら, ユーザーに認識されていないのが現実である。クヌッセン効果を過剰に期待してか, 明らかに密度の高い, 固相成分の多い中空粒子やフィルム, シート, 塗装などで高い断熱効果があると謳う研究や製品が未だにある。そのいかがわしさを見破れず受け入れるユーザーがいる限り, 真つ当な研究者, 技術者, メーカーが報われない悪循環が続くことになる。今後もさまざまな機会を使って, 国内への正しい知識の普及に努めていきたいと考えている。

### 謝 辞

本稿の作成にあたり, 弊所化学プロセス研究部門の竹下覚博士, 小野巧博士のご協力をいただいた。

### 参考文献

- 1) A. N. Abramenko, A. S. Kalinichenko, Y. Burtser, V. A. Kalinichenko, S. A. Tanaeva and I. P. Vasilenko, *J. Eng. Phys. Thermophysics*, **72**, pp. 369-373 (1999).
- 2) C. Forest, P. Chaumont, P. Cassagnau, B. Swoboda and P. Sonntag, *Prog. Polym. Sci.*, **41**, pp. 122-145 (2015).
- 3) W. J. Malfait, H.-P. Ebert, S. Brunner, J. Wernery, S. Galmarini, S. Zhao and G. Reichenauer, *J. Sol-Gel Sci.*

- Technol., **109**, pp. 569-579 (2024).
- 4) A. Passian, R. J. Warmack, A. Wig, R. H. Farahi, F. Meriaudeau, T. L. Ferrell and T. Thundat, *Ultramicroscopy*, **97**, pp. 401-406. (2003).
  - 5) B. P. Jelle, *Energy and Buildings*, **43**, pp. 2549-2563 (2011).
  - 6) J. Fricke, et. al, *J. Phys Colloq*, **50**, C4-C87 (1989).
  - 7) 會澤守, 川瀬昇, 中西和樹, 金森主祥, *セラミックス* **54**, 816-820 (2019).
  - 8) IDTechDX 調査レポート エアロゲル 2021-2031年: 技術, 市場および有力企業.
  - 9) S. Zhao, W. J. Malfait, N. Guerrero-Alburquerque, M. M. Koebel and G. Nyström, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **57**, pp. 7580-7608 (2018).
  - 10) S. Takeshita and S. Yoda, *Chem. Mater.* **27**, pp. 7569-7572 (2015).
  - 11) S. Takeshita and S. Yoda, *Ind. Eng. Chem. Res.* **57**, pp. 10421-10430 (2018).
  - 12) S. Takeshita, A. Sadeghpour, W. J. Malfait, A. Konishi, K. Otake and S. Yoda, *Biomacromolecules*, **20**, pp. 2051-2057 (2019).
  - 13) S. Costeux, *J. Appl. Polym. Sci.*, **131**, 41293 (2014).
  - 14) T. Ono, X. Wu, T. Furuya and S. Yoda, *J. Supercritical Fluids*, **149**, pp. 26-33 (2019).
  - 15) T. Ono, X. Wu, S. Horiuchi, T. Furuya and S. Yoda, *J. Supercritical Fluids*, **165**, 104963 (2020).
  - 16) H. Morita, S. Yoda, T. Ono, K. Tazumi and T. Furuya, *Polymer*, **254**, 125059 (2022).
  - 17) T. Ono, S. Yoda, D. Kageyama, Y. Saito, Y. Takebayashi, T. Tai and M. Otani, *Polym. Eng. Sci.* **63**, pp. 4019-4031 (2023).
  - 18) 依田智, *化学工学*, **80**, pp. 218-222 (2016) など.
  - 19) 依田智, 竹下覚, 小野巧, 冨田亮佑, 大田英生, *熱物性*, **35**, pp. 83-89 (2021).

## 筆者紹介



### 依田 智

1993年 東北大学大学院工学研究科  
修士課程修了  
同年 通商産業省工業技術院 物質工  
学工業技術研究所入所

その後, 独立行政法人化, 組織改編を  
経て, 現在 (国研) 産業技術総合研究所 材料・化学領  
域 ナノ材料研究部門 副研究部門長  
博士 (工学), 技術士 (化学部門, 総合技術監理部門)  
専門は超臨界流体を利用したナノ多孔質材料の製造とその  
機能性材料への展開。

### 【お問い合わせ先】

(国研) 産業技術総合研究所 ナノ材料研究部門  
〒305-8565 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第5  
E-mail. s-yoda@aist.go.jp

# 環境配慮型マンホールガasketシリーズ

工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部 技術企画一課

## 1. はじめに

弊社では製品のライフサイクル全体での環境負荷低減を目指しており、地球環境の保全につながる開発に取り組んでいます。

揮発性有機溶剤（VOC）は、光化学スモッグやPM2.5など大気汚染の原因となり、またシックハウス症候群などの健康被害を引き起こすことが知られています。

これまで製品製造工程にて発生するVOCにつきましては、法令順守は徹底しておりましたが、作業や周辺環境への負荷低減、さらにはお客さまでの初期加熱時の臭気の低減を鑑み、従来配合に有機溶剤を使用していたマンホールガasketの有機溶剤フリー化に成功しました。

本稿では、新製品となります「環境配慮型マンホールガasket」についてご紹介します。

## 2. マンホールガasketとは

マンホールガasketは、耐熱クロスにゴムコンパウンドを塗布した織布ガasketです（図1）。主に耐熱を要する低圧ガスのシール用途として排気ダクトや加熱炉などに使用されています。マンホールガasketは、加工の自由度が高く、大口径や異形状の製作が容易であることを特長としています。

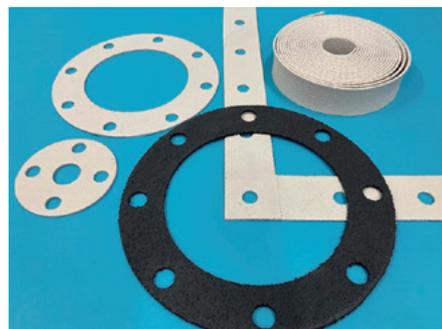


図1 マンホールガasketの外観

## 3. ラインアップ紹介

環境配慮型マンホールガasketは製造工程にて有機溶剤を使用しないガasketです。織布の種類によって計4種類あり、使用温度と使用環境によって使い分けます。ラインアップを図2に示します。

## 4. 環境配慮型マンホールガasketの特長

- 1) 優れたシール性  
独自の塗工技術によって、使用される織布へ均一にゴムをコーティングしているだけでなく、高温下においても優れたシール性を発揮します。
- 2) 使用中の刺激臭を改善  
独自の配合技術により有機溶剤の不使用を達成とともに使用するゴムを変更することによって、従来品の使用中（加熱中）に発生する刺激臭を低減することができます。

製品番号		1374-E	1400-NAE	1420-STE	1420-SE
製品名		マンホールガasket-E	スーパーマンホールガasket-NAE	スーパーマンホールガasket-STE	スーパーマンホールガasket-SE
クロス構造	横糸	ガラス繊維	ガラス繊維 + ステンレス鋼線	AES繊維 + ステンレス鋼線	AES繊維 + ステンレス鋼線
	縦糸	ガラス繊維	ステンレス鋼線	AES繊維 + ステンレス鋼線	ステンレス鋼線
最高使用温度		400℃	600℃	800℃	800℃
色調		黄白色	黄白色	黄白色 (一部緑色)	黄白色 (一部緑色)
コシ*		弱い	強い	弱い	強い
外観					

\*コシとは、製品の剛性の目安で、弱い=柔軟、強い=剛直を表します。

図2 製品ラインアップ

## 5. 物性評価

### 5.1 高温シール性

加熱後のシール特性の評価として、各新製品の最高使用温度でシール試験を行い、従来製品と比較しました。試験条件を表1に、400℃、600℃、800℃での試験結果をそれぞれ図3、図4、図5に示します。

試験の結果、環境配慮型マンホールガasketは、各製品の最高使用温度で従来製品と比較して漏えい量は差異がなく、問題なく使用可能です。

### 5.2 加熱時における測定試験

使用中における特性の評価として、従来製品と新製品のゴムの分解が始まる300℃まで加熱し、発生したガスをにおいモニターを用いて測定を行い、従来製品と新製品を比較しました。試験条件を表2、図6に、試験結果を図7に示します。

表1 試験条件

試料	製品番号			
	1374-E	1400-NAE	1420-STE	1420-SE
加熱温度	400℃	600℃	800℃	800℃
加熱保持時間	16時間	16時間	16時間	16時間
積層数	3	3	2	3
サンプルサイズ	JIS 10K 150A FF形状			
フランジサイズ	JIS 10K 150A FF座			
締付面圧	5.9 N/mm <sup>2</sup>			
試験流体	N <sub>2</sub> ガス			
試験圧力	9.8 kPa			
試験数	3			
漏れ検知方法	流量計			

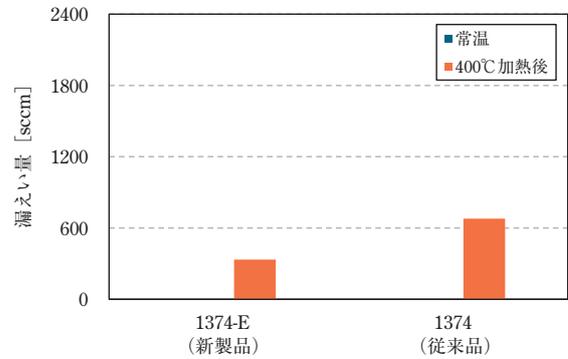


図3 400℃耐熱製品のシール試験結果

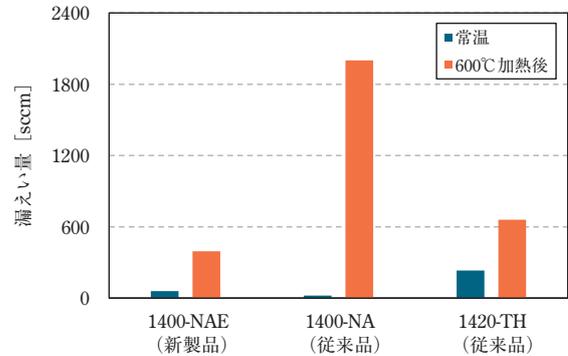


図4 600℃耐熱製品のシール試験結果

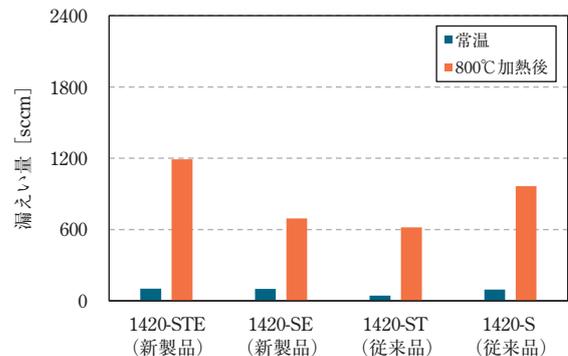


図5 800℃耐熱製品のシール試験結果

試験の結果、環境配慮型マンホールガasketは、従来製品と比較して数値が小さく、使用中に発生するにおいが改善していることが判ります。

## 6. 従来製品からの切替について

作業環境改善や安全への取り組みとして、従来製品のマンホールガasketは2026年以降順次製造を終了させていただく予定です。

表2 試験条件

試料	TOMBO No.	
	従来品	新製品
	1374, 1400-NA, 1420-ST, 1420-S	1374-E, 1400-NAE, 1420-STE, 1420-SE
サンプルサイズ	100 × 300	
積層数	1	
試験数	3	
使用機器*	ハンディにおいモニター OMX-SRM (神栄テクノロジー(株)製)	
検知方式	半導体ガスセンサ	
サンプリング方式	ノズルを通しての連続吸引	
対象ガス	エタノール, アセトン, 水素 等	
数値範囲	0.0 ~ 999 (強度値)	

※ハンディにおいモニターで測定される「におい強度」はにおいを構成している化学物質に着目し、その濃度で表示する成分濃度表示法の一つです。臭気の強さを人間の嗅覚を用いて数値化する臭気官能試験で示される臭気強度、臭気濃度、臭気指数とは直接の相関関係はありません。

ガラスケースによる密閉空間

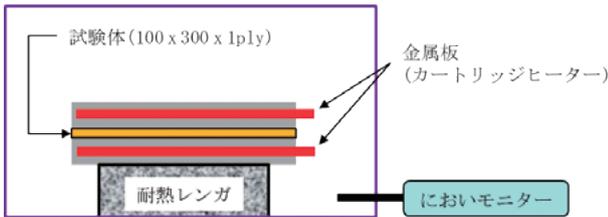


図6 試験概略図

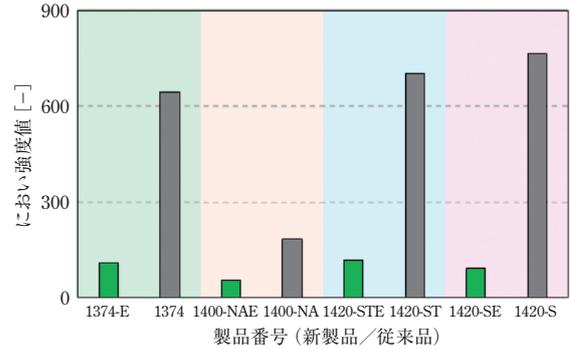


図7 加熱時のにおい強度測定結果

図8に示す切替例を参考に環境配慮型マンホールガasketへの切替を進めていただくようお願いいたします。

## 7. おわりに

本稿では、新製品「環境配慮型マンホールガasket」についてご紹介しました。当製品は、従来製品同等のシール性を有したまま環境負荷物質の使用量を低減した製品です。これにより、製造現場の作業環境はもとより、使用時における臭気低減に貢献できると幸いです。

弊社は今後も事業活動において発生する温室効果ガス排出量の削減をはじめ、貴重な資源の有効活用など、さまざまな環境負荷低減に貢献する製品等を開発することでさらなる地球環境の保全に取り組んで参ります。

本製品に関するお問い合わせは、工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部までお願いいたします。

\*「TOMBO」は、ニチアス(株)の登録商標または商標です。  
\*本稿の測定値は参考値であり、保証値ではございません。

従来製品						環境配慮製品					
TOMBO No.	最高使用温度	クロス構造		色調	コシ	TOMBO No.	最高使用温度	クロス構造		色調	コシ
		横糸	縦糸					横糸	縦糸		
1374	400℃	ガラス繊維	ガラス繊維	クリーム色	弱い	1374-E	400℃	ガラス繊維	ガラス繊維	黄白色	弱い
1400-NA	600℃	ガラス繊維 + ステンレス鋼線	ステンレス鋼線	黒色	強い	1400-NAE	600℃	ガラス繊維 + ステンレス鋼線	ステンレス鋼線	黄白色	強い
1420-TH	600℃	AES繊維 + ステンレス鋼線	AES繊維 + ステンレス鋼線	黄白色 (一部緑色)	弱い	1420-STE	800℃	AES繊維 + ステンレス鋼線	AES繊維 + ステンレス鋼線	黄白色 (一部緑色)	弱い
1420-ST	800℃	AES繊維 + ステンレス鋼線	AES繊維 + ステンレス鋼線	黄白色 (一部緑色)	弱い						
1420-S	800℃	AES繊維 + ステンレス鋼線	ステンレス鋼線	灰色	強い	1420-SE	800℃	AES繊維 + ステンレス鋼線	ステンレス鋼線	黄白色 (一部緑色)	強い

図8 従来製品からの切替例

# 自動車用摺動シール材の紹介

自動車部品事業本部 第一技術開発部

## 1. はじめに

ふっ素樹脂は各種プラスチックの中でも、特に優れた耐熱性、低摩擦特性、耐候性、耐薬品性を有しており、自動車、化学、電気・電子、半導体産業などにおいて幅広く使用されています。弊社では1951年に、日本において他社に先駆けてふっ素樹脂加工品の研究を開始して以来、ふっ素樹脂の特性を活かした製品開発を行っております。ふっ素樹脂を原料とした弊社の製品ブランドを「ナフロン®」と呼んでいます。

近年、世界的なEV（電気自動車）シフトが進む中、自動車産業は持続可能な社会を目指し、環境負荷の低減を図る必要性が高まっています。このような状況下で、耐久性や耐熱性、耐薬品性、特に摺動抵抗を下げるという摩擦係数に優れたふっ素樹脂製品は、従来のガソリン車だけでなく、EVや燃料電池車（FCV）といった次世代自動車においても、その重要性が増しています。特に、電動ポンプ、ギヤユニット、コンプレッサーといった回転機構のある部品では、摺動部の低摩擦化と耐久性向上が求められており、ふっ素樹脂製の摺動シール材がその性能向上に大きく貢献しています。これらの部品は、駆動系や冷却系統など自動車のさまざまな機能に関与しており、システム全体の効率を向上させるために摺動シール材が不可欠となっています。こうした摺動シール材は、既に複数の自動車関連メーカーに採用されており、その適用範囲は年々拡大しています。

弊社では、自動車用摺動材としてTOMBO™

No.9560「自動車用軸摺動材」シリーズを展開し、EVやハイブリッド車の駆動系や補機類に適した摺動材の開発を進めています。TOMBO™ No.9560はより高い耐摩耗性と低摩擦特性を持ち、EVやハイブリッド車の駆動系部品において長寿命化と性能向上に貢献することが期待されます。既に複数の自動車関連メーカーでの採用が進んでおり、今後の市場展開をさらに強化していく計画です。本稿では、ナフロン®製品がこれらのニーズにどのように応えるかを示し、特に新しい加工技術を用いた製品であるふっ素樹脂製次世代自動車向け摺動シール材について紹介します。

## 2. ナフロン®製品の概要と成形加工技術

ナフロン®製品とは表1に示すように、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）やパーフルオロアルコキシアルカン（PFA）などのふっ素樹脂を原料とし、圧縮成形、押出成形などにより製作した素材類、および素材から切削加工、賦形加工、溶接・溶着などの各種加工を行った製品になります。

ナフロン®の主力材料であるPTFEは固体中最小の摩擦係数を有しており、またプラスチックの中でも比較的やわらかい材料であるため、回転軸の軸受け材、摺動シール材などの用途で自動車部品として幅広く使用されています。

PTFEは熔融粘度が高く、一般的なプラスチックの製法である射出成形が困難であるため、上記のような自動車部品は、PTFEを原料としたロッドやパイプ形状の素材を製作し、この素材を旋盤

表1 ナフロン® 製品の加工技術と製品例

	成形・加工技術	原材料	用途例・製品例
1次成形	圧縮成形	PTFE	各種軸受, 軸シールなど
	押出成形	PTFE, PFA	チューブなど
	射出成形	PFA, ETFE	チューブ継手, OA機器ローラーなど
	ブロー成形	PFA	薬液用ボトルなど
	液圧成形	PTFE	大口径パイプなど
2次成形	切削加工	PTFE	各種軸受, 軸シールなど
	スカイク加工	PTFE	離型材, シール材など
	打ち抜き加工	PTFE	パッキンなど
	賦形加工	PTFE	軸シール材 (リップシール) など
	溶接加工	PTFE, PFA	ポンプ, バルブの部品など
	接着加工	PTFE	アクセルペダル用摺動材など
	ブロー加工	PTFE	センサーカバーなど
	溶着加工	PFA	継手レスチューブなど
トランスファー成形	PFA	配管ライニングなど	

※用途例・製品例は自動車部品に限定せずに記載しています。  
 ※1次成形は素材としての成形, 2次成形は機能部品としての加工仕上げの役割を担う。

などの機械工具を用いて所定形状に仕上げる必要があります。

またPTFE単体は摩擦係数が小さい反面, 比摩擦耗量が大きく耐クリープ性が低いという短所があります。この課題を解決するために, ガラスファイバーやカーボンファイバーなどの無機充填材を含有させることで強度を向上させ, より長寿命な摺動部品を実現しています。これにより, 近年の自動車に求められる高強度かつ高耐久性のニーズに応える製品を提供することが可能となりました。表2に弊社がPTFE素材に使用している主な充填材の種類と特性を示します。

PTFEを素材とする, 耐久性・摺動特性に優れた摺動シール材\*の加工技術として, 切削加工と賦形加工の2つが主に用いられます。TOMBO™ No.9560には摺動材の加工技術で分けたラインアップ製品があり, 本稿では主な加工技術製品である切削加工品と賦形加工品について詳しく説明します。

※摺動シール材とは, 部品同士が動く摺動部 (摩擦が発生する部分) に用いられる材料のことで, 摩擦係数が小さく耐摩擦性に優れることが求められる (図1)。自動車では, シャフト, バルブ, スライド機構などに用いられ, 潤滑剤の低減や摩擦損失の抑制に貢献する。

表2 主な充填材の種類と特性

充填材	特性
ガラスファイバー	耐摩耗性が改良される 耐クリープ性が改良される 電気特性を殆ど損なわない
カーボンファイバー	耐摩耗性が改良される (空气中, 水中何れも) 常温, 高温ともに耐クリープ性が最高になる 耐腐食性に優れる
カーボン粒子	耐摩耗性が改良される (空气中, 水中何れも) 耐クリープ性が向上される 耐腐食性に優れる
グラファイト粒子	耐摩耗性が改良される 摩擦係数の増加量が小さい (滑り性を損ないにくい) 耐腐食性に優れる
ブロンズ粒子	耐クリープ性, 圧縮強さ, 寸法安定性, 固さが向上する 熱伝導率が向上する 耐薬品性, 電気絶縁性は低下する

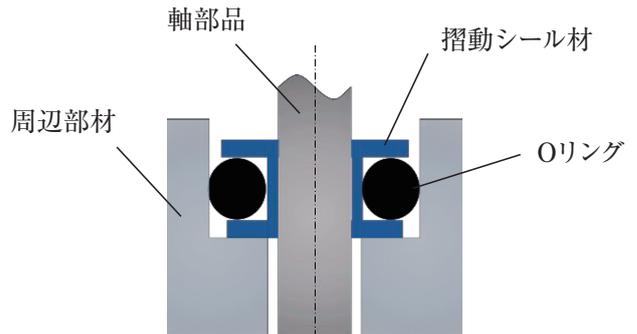


図1 Oリングと組み合わせた摺動シールの断面模式図

### 3. TOMBO™ No.9560の主要加工品と特長

#### 3.1 切削加工品

切削加工は, PTFE素材を旋盤やフライス盤などの機械工具を用いて精密な形状へと加工する技術であり, 高い寸法精度が求められる部品に適しています。摺動シール材の中でも, 特に回転軸の密封性と耐久性が求められる部位に使用される製品において, 切削加工は有効な手法です。

代表的な製品としては, シャフトシール, パックアップリング, ピストンリングなどが挙げられます。シャフトシールは, 回転軸とハウジング間の隙間を密封し, オイルやグリースの漏れを防ぐ

重要な役割を果たします。形状によってはOリングとの組み合わせでさらなるシール性を向上させることができます。バックアップリングは、シール材の変形を防ぐ役割を果たし、長期間にわたり安定した性能を発揮します。ピストンリングは、摩擦を低減しながらも確実な密封を実現し、システム全体のエネルギー効率向上に貢献します。

また、切削加工では形状の自由度が高く、設計変更にも柔軟に対応できるため、試作品開発や特定用途向けのカスタマイズが求められる部品の製造に適しています。加工形状の代表例を図2に示します。

### 3.2 賦形 (ふけい) 加工品

賦形加工とは、シート形状やチューブ形状の素材を熱と圧力で変形させる加工技術です。この方法により、図3に示すようなシャフトの回転部分に使用されるリップシール、試作品レベルの特殊な形状のシール材に加工するのに適しています。

賦形加工品の代表的な製品の一つであるリップシールは、シャフトの回転部分に使用される重要な部品です。リップ形状を持つシール材は、図3に示すようなLの字やUの字形状に形付けることでシール面を最適化し高い密封性能を実現してい

ます。機能面では、液体や気体の漏れを防ぐ役割を果たし、高い耐摩耗性と低摩擦特性を兼ね備えています。また、広い温度範囲で安定して性能を発揮できることから、自動車や一般産業などの幅広い用途で使用されています。

賦形加工の主なメリットは以下のとおりです。まず、材料歩留まりが優れている点です。素材を極力削らずに加工するため、高価な材料を効率的に活用できます。次に、製作時間の短縮が挙げられます。加工工程が少なく、効率的な製造が可能です。また、複雑な形状の実現も大きな利点です。薄肉高精度な形状や三次元的な曲線などのデザインが可能です。特に、薄肉で高精度が求められる部品や複雑な立体形状を必要とする製品において、賦形加工はその真価を発揮します。さらに、環境負荷低減の観点からも、無駄を最小限に抑える賦形加工の意義は大きいといえます。弊社は賦形加工における生産効率の向上を目的として、自動プレス機を導入し、さらなる改善を図っています。従来の手動プレスでは作業時間のばらつきや、加熱加圧時間・冷却時間の管理に工数がかかることが課題でした。自動プレス機の導入により、加熱・加圧・冷却の各プロセスを一定の条件で管理できるようになり、生産の安定性が向上するとともに、成形時間の短縮と品質の均一化を実現しています。図4は概略図ですが、弊社は金型による賦形加工でも三次元的な形状への対応が可能です。

賦形加工は、自動車部品製造において重要な技術の一つであり、その応用範囲は今後ますます広がることが期待されています。

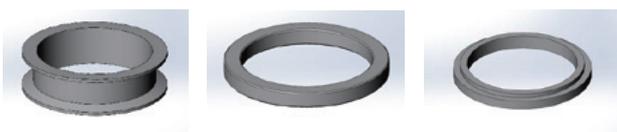


図2 切削加工品の加工形状の例

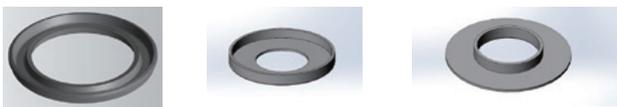


図3 賦形加工品の加工形状の例 (リップシール)

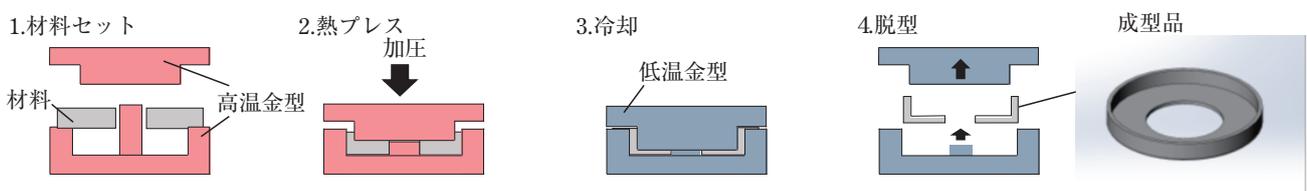


図4 賦形加工自動プレス機の概略図

### 3.3 切削加工と賦形加工の特長比較

切削加工は、高精度な部品を製造する際に適しており、形状の自由度が高いことから、設計変更にも柔軟に対応できます。一方、賦形加工は材料のロスを抑えながら成形できるため、効率的な製造が可能となります（表3）。

表3 切削加工と賦形加工の特長比較

項目	切削加工	賦形加工
材料歩留まり	×（材料ロスが大きい）	○（材料を無駄なく利用）
生産速度	×（時間がかかる）	○（短時間で製造可能）
形状の自由度	○（細かいデザインが可能）	△（ある程度の制約あり）
加工精度	○（高精度な仕上げが可能）	△（寸法精度には限界あり）

## 4. おわりに

本稿では、弊社が製造販売する自動車用ふっ素樹脂部品について紹介し、特に軸摺動シール材に焦点を当てて解説しました。これまでに紹介

した製品は弊社ふっ素樹脂製品の一部であり、自動車産業の進化を見据え新たな製品開発を進めています。

TOMBO™ No.9560 シリーズは、EVやハイブリッド車をはじめとする次世代自動車向けに開発した自動車用摺動材であり、より高い耐摩耗性と低摩擦特性を実現することで、駆動系部品や補機類における性能向上に貢献しています。当製品シリーズは既に複数の自動車関連メーカーでの採用が進んでおり、今後さらなる市場展開を見込んでいます。

弊社では、お客様のニーズに応じた最適な製品を提供するため、引き続き新技術の開発と品質向上に取り組んでまいります。今回ご紹介した製品を含め、自動車用のふっ素樹脂部品に対するお問い合わせは、自動車部品事業本部 第一技術開発部までお願いいたします。

\* 「TOMBO」は、ニチアス(株)の登録商標または商標です。  
\* ®が付された名称は、ニチアス(株)の登録商標です。

## 「断つ・保つ」®で明るい未来へ

さまざまな地球環境負荷の低減が求められています。  
私たちはいろいろなステージで、  
安全で快適な暮らしを作り出す製品・サービスを提供します。  
ニチアスは、そんな明るい未来の実現に貢献していきます。



# メタコート®の電動コンプレッサー用 ガスケットとしての適用評価

自動車部品事業本部 第一技術開発部 大日向 鉄 夫  
田 中 一 成

## 1. はじめに

TOMBO™ No.1600「メタコート®」(以下、「メタコート」)は、図1に示すように薄い金属鋼板を芯材としてその両面もしくは片面に接着層を介して薄いゴムをコーティングしたゴム/金属複合体である。これを素材として用途に合わせて加工を行い、シール材や制振材として使用されている。特にシール材として使用される場合、「強度に優れている」「断面積当たりの流体の透過量が小さい」「金属のバネ性でシールするため温度影響をゴム単体の製品よりも受け難い」などの利点を活かし、さまざまな部位でガスケットとして使用されている。例えば自動車向けとしては、エンジンのシリンダーヘッドガスケットから、モーターサイクル、コンプレッサー(圧縮機)、自動車以外では船外機用など図2に示すような形で使われている。特にコンプレッサー用ガスケットは、「メタコート」が古くから使われてきた部位であり、標準的なガスケットとしてご使用いただいている。

このように、当社製品の「メタコート」はコンプレッサー用ガスケットなどさまざまな用途で使用されてきたが、近年、環境規制や電動化の流れなどにより、コンプレッサー用部品において求められる特性が変化している。本稿では、今後切り替えや変化が予想される、コンプレッサーの新しい冷媒やオイルに対して、電動コンプレッサー用ガスケットとしての「メタコート」の適用性を評価した内容を紹介する。

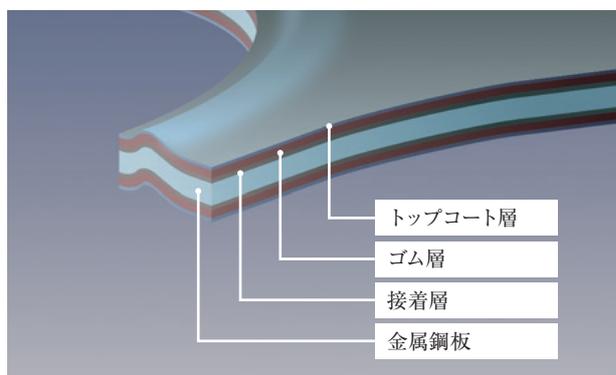


図1 メタコート®の構成図

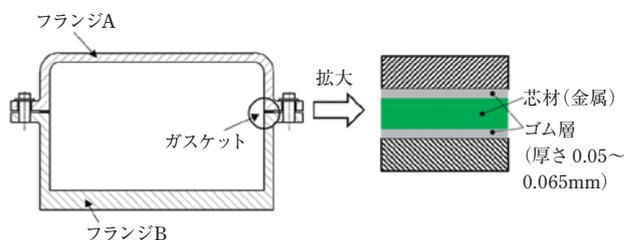


図2 ガスケットの使われ方

## 2. コンプレッサー用ガスケットの 取り巻く環境の変化

コンプレッサーには、冷媒や潤滑油としてコンプレッサーオイルが使用されており、コンプレッサー用ガスケットは、このような流体をシールしなければならない。「メタコート」をガスケットとして使用する場合、冷媒やコンプレッサーオイルによってゴム層の剥離やゴムが劣化しないことが必要である。

近年、環境動向や自動車産業の変化にともない、コンプレッサー用ガスケットに求められる特性も変わってきている。

## 2.1 環境規制

フロン系のガスは、地球温暖化に影響をもたらす温室効果ガスとして以前から世界中で規制が進められている。最近では、大気中で分解されて生成される有機強酸の有害性が指摘され、フロン系のガスへの規制が加速している。

この影響で、コンプレッサーの冷媒ガスとして広く使用されていたR1234yf（フロンガス）も今後規制の対象となる可能性があり、その代替としてR290（プロパン）、R744（二酸化炭素）などの自然冷媒\*への切り替えが検討されている。

\*自然冷媒とは、地球環境に悪影響を及ぼさない自然界に存在する冷媒物質のことで、NH<sub>3</sub>、CO<sub>2</sub>、プロパンなどがある。

## 2.2 コンプレッサーの電動化の流れ

コンプレッサーは、ベルト駆動式が主流であり、そのコンプレッサーオイルとしてPAGオイル（ポリアルキレングリコール）が使用されてきた。近年、電動化の流れにより電動コンプレッサーが登場したことで、電気絶縁性が求められるようになり、絶縁性に優れたPOEオイル（ポリオールエステル）を使用されるケースが増加している。

このような変化に対して、長年コンプレッサー用ガスケットとして使用されてきた実績のある「メタコート」が適用するかどうか確認を進める必要がある。

そこで今回は、自然冷媒に対する透過性や密着性、そして新たなコンプレッサーオイルに対しての密着性の評価と確認を行った。評価サンプルは、表1に示す汎用的に使用されるRS-3825とバネ性に優れたステンレスを金属鋼板として使用したJZ-3020の二種類とした。

表1 評価した「メタコート」のグレード

グレード名	RS-3825	JZ-3020
製品厚さ (mm)	0.38	0.30
基材	種類 厚さ (mm)	種類 厚さ (mm)
	SPCC-4 0.25	SUS301-H 0.2
ゴム層*	種類 厚さ (mm)	種類 厚さ (mm)
	NBR (Rタイプ) 0.065 × 両側	NBR (Jタイプ) 0.05 × 両側
トップコート層	種類	種類
	グラファイト+樹脂	グラファイト+樹脂

\*基材とゴム間に接着層を介している。

## 3. 自然冷媒への適用性

### 3.1 冷媒ガスの透過性比較

冷媒ガスが変わることで、「メタコート」のゴム層内部の透過性（実体洩れ）を確認する必要がある。一方で、実際には図3に示すような形でフランジに挟み込まれて使用されるため、薄いゴム層単独の断面方向の透過性がわかりにくい。そこで今回は、透過性をわかりやすく比較するために、図4に示すような垂直方向でガスを透過させ、圧縮荷重がかかっていない状態でゴム層単独の評価を行っている。試験方法は、JIS K 7126プラスチックフィルムおよびシートーガス透過試験方法ー第1部：差圧法に準じて実施した。

表2に冷媒ガスの透過性の結果を示す。評価サンプルにおける自然冷媒のガス透過性は、従来の冷媒であるR134aおよびR1234yfと同様に、小さい値であり問題ない透過性レベルであることが確認できた。

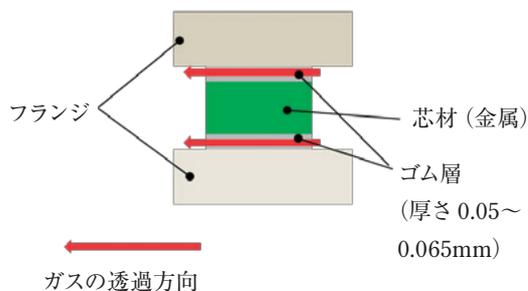


図3 使用環境におけるガス透過方向

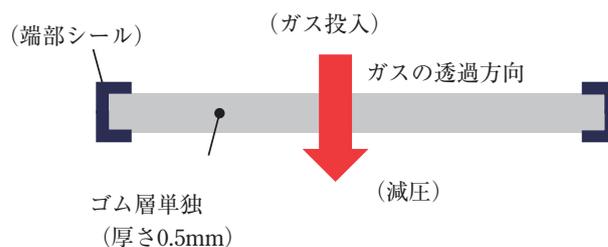


図4 ガス透過試験（実体漏れ試験）の断面概略図

### 3.2 冷媒ガスに対するの耐性評価

「メタコート」は使用環境中に冷媒ガスに曝されるため、ゴム層が金属鋼板との接着力が低下し剥離したり、ゴム層自体の劣化が生じてはならない。そのため冷媒ガスが変わることで「メタコート」の耐性に影響がないか確認した。その結果を表3に示す。なお、表3に示す碁盤目試験は密着性を確認する試験である。いずれの冷媒に対して接着力（密着性）の低下や製品厚さや重量などの膨潤など差異は認められない。

### 4. コンプレッサーオイルへの適用性

次に電動化にともない使用されることが増えているPOEオイルに対するの耐性を確認した。

表4にその結果を示すが、いずれのコンプレッサーオイルに対して接着力の低下や製品厚さや重量などの膨潤など差異は認められない。

表2 冷媒ガスの種類におけるガス透過性

グレード名	冷媒				試験条件
	従来の冷媒		自然冷媒		
	R134a	R1234yf	R290 (プロパン)	R744 (二酸化炭素)	
RS-3825用ゴム	$2.4 \times 10^{-12}$	$3.6 \times 10^{-12}$	$3.8 \times 10^{-12}$	$2.7 \times 10^{-10}$	測定方法：JIS K 7126-1 温度条件：25℃, Dry, 大気圧 測定機種：GTRテック(株)製, GTR-21A-A
JZ-3020用ゴム	$7.1 \times 10^{-12}$	$5.8 \times 10^{-12}$	$1.4 \times 10^{-11}$	$3.3 \times 10^{-10}$	

単位：cc・cm/cm<sup>2</sup>・sec・cmHg

表3 冷媒ガスの種類における耐性評価

項目	グレード名	試験項目	従来の冷媒	自然冷媒		試験条件
			R1234yf	R290 (プロパン)	R744 (二酸化炭素)	
冷媒	RS-3825	初期剪断強度 MPa	13	13	13	条件 130℃×72hr 浸漬 試験片寸法 25mm×100mm 剪断強度
		剪断強度 MPa	15	13	12	
		碁盤目残存率 %	100	100	100	
		厚さ変化率 %	1.1	1.4	0.8	
		重量変化率 %	0.3	0.1	0.1	
	JZ-3020	初期剪断強度 MPa	20	20	20	JIS K 6850 準拠 碁盤目試験 JIS K 5600-5-6 準拠 厚さ重量変化 浸漬前後の変化率
		剪断強度 MPa	19	21	19	
		碁盤目残存率 %	100	100	100	
		厚さ変化率 %	1.0	2.2	1.3	
		重量変化率 %	0.3	0.2	0.5	

R134aは未実施

表4 コンプレッサーオイルの種類における耐性評価

項目	グレード名	試験項目	従来のオイル		新しいオイル	試験条件
			PAG 種類1	PAG 種類2	POE	
コンプレッサーオイル	RS-3825	初期剪断強度 MPa	13	13	13	条件 130℃×72hr浸漬 試験片寸法 25mm×100mm 剪断強度 JIS K 6850 準拠 基盤目試験 JIS K 5600-5-6 準拠 厚さ重量変化 浸漬前後の変化率
		剪断強度 MPa	14	14	14	
		基盤目残存率 %	100	100	100	
		厚さ変化率 %	0.5	0.2	0.5	
		重量変化率 %	0.1	0.0	0.1	
	JZ-3020	初期剪断強度 MPa	20	20	20	
		剪断強度 MPa	16	17	17	
		基盤目残存率 %	100	100	100	
		厚さ変化率 %	0.3	0.1	0.7	
		重量変化率 %	0.1	0.1	0.2	

## 5. おわりに

「メタコート」の自然冷媒や新しいコンプレッサーオイルへの使用可否を判断するため、評価を行った。

- ガス透過性は、自然冷媒のR290, R744でもフロン系のR1234yfと同程度である。
- 冷媒に対する密着性は、自然冷媒のR290, R744でもR1234yfと同程度である。
- コンプレッサーオイルに対する密着性は、POEタイプでもPAGタイプと同程度である。

以上の結果より、自然冷媒および電動コンプレッサーオイルに対しても「メタコート」は十分適用可能であることがわかった。あわせて、みなさまご承知のとおり自動車業界を中心に環境や技術動向が日々刻々と変化している中、お客さまに寄り添いながらニーズに合わせて機能性に富んだ新たな製品開発をしていく所存である。

- \* 「メタコート」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。

## 筆者紹介



### 大日向 鉄夫

自動車部品事業本部  
第一技術開発部



### 田中 一成

自動車部品事業本部  
第一技術開発部

# 「断つ・保つ」<sup>®</sup> 技術を支える分析

ニチアスにおける分析は、研究・開発部門および製造部門でそれぞれ特化した技術を保有し、新製品の開発や品質の維持管理に役立っています。ここでは、弊社の分析技術について事例を通してご紹介します。

## 第3回

## ふっ素樹脂におけるフーリエ変換赤外分光分析

フーリエ変換赤外分光分析 (FT-IR 分析) は、固体・液体・気体のあらゆる物質に適用可能であり、研究開発から製造現場まで多くの分野で活用されている分析手法のひとつです。今回は、弊社製品にも使用されているふっ素樹脂の FT-IR 分析についてご紹介します。分析装置外観は図1のとおりです。

### FT-IR 分析の原理

FT-IR 分析は、赤外光が物質を透過または反射した際に生じる光の吸収を測定して得られた赤外吸収スペクトル (IR スペクトル) から、物質の化学構造を解析します。IR スペクトルには、化学構造に対して原子間の振動 (伸縮振動および変角振動) に由来する吸収がピークとしてあらわれます。FT-IR 分析には、サンプルの状態や目的に応じてさまざまな測定法がありますが、樹脂などの固体試料では測定が簡便な全反射測定法 (ATR 法) がよく用いられます (図2)。



図1 FT-IR 分析装置外観

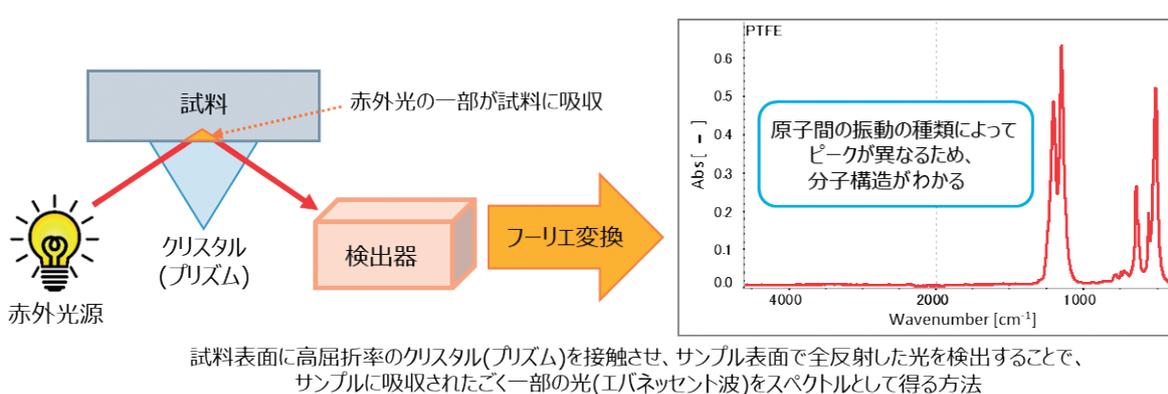


図2 ATR 法概略図

### FT-IR 分析によるふっ素樹脂種類の判別

FT-IR 分析では化学構造がわかることから、ふっ素樹脂の種類を判別することができます。

代表的なふっ素樹脂である PTFE は、テトラフルオロエチレンユニット ( $\text{CF}_2 - \text{CF}_2$ )<sub>n</sub> で構成され、 $1200 \sim 1100\text{cm}^{-1}$  付近に  $\text{CF}_2$  伸縮、 $700 \sim 500\text{cm}^{-1}$  付近に  $\text{CF}_2$  変角に由来するピークがみられます。その他のふっ素樹脂では、それらに加え特有の構造に由来するピークがみられ、樹脂の種類を判別をすることができます (図3)。

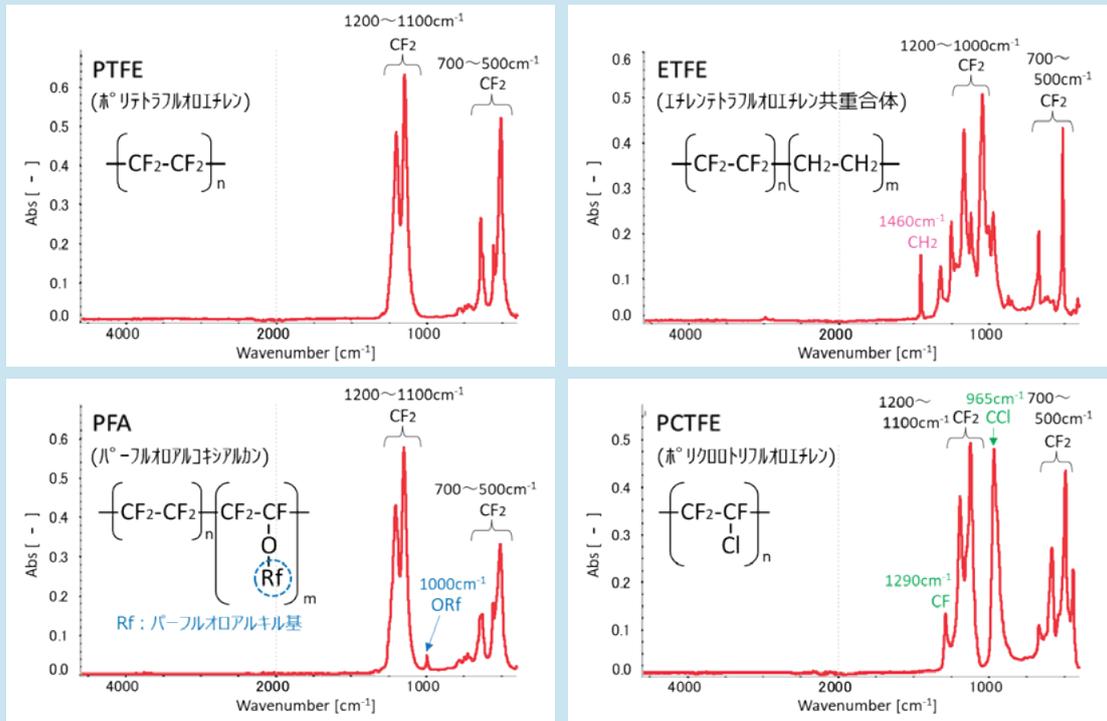


図3 ふっ素樹脂のIRスペクトル

製品におけるふっ素樹脂の種類の判別は、原材料の化学的同一性などの検証に役立ちます。さらに、樹脂の種類は同一と判断されても、異なるピークがみられた場合は変質や異物混入などの可能性を推察できることがあります。

## FT-IR分析による変色分析

ふっ素樹脂は化学的に非常に安定な樹脂で、耐熱性は高いことが知られています。一部のふっ素樹脂で加熱により変色があったため、FT-IR分析で確認しました。

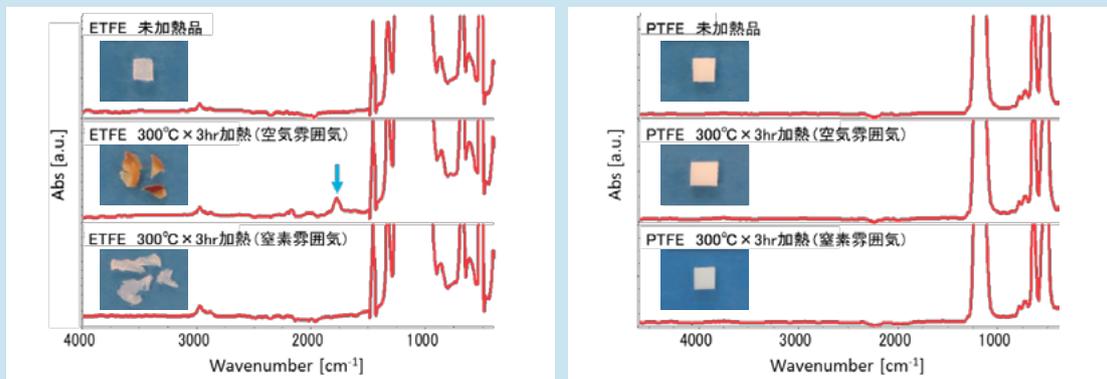


図4 加熱IRスペクトル

空気雰囲気中で加熱したETFEでのみ、黄色の変色(黄変)があり、IRスペクトルで $1800 \sim 1700\text{cm}^{-1}$ 付近に酸化によると思われる $\text{-C=O}$ のピークがみられました。同じ条件の加熱でPTFEでは変色もなく、このようなピークはみられていません。このことから黄変は、ETFEの構造にあるエチレンユニット $(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$ が空気中の酸素により酸化したことで生じたことが示唆されました。

## まとめ

ふっ素樹脂における赤外分光分析で、樹脂の種類の判別や酸化による黄変の把握を実施した事例をご紹介しました。ふっ素樹脂は耐熱性、低摩擦性、電気絶縁性、耐薬品性、非粘着性、耐候性など数々の優れた特長を有しており、製品としても高い性能を発揮する樹脂です。弊社ではさまざまなふっ素樹脂原料・製品のデータを蓄積しており、それらを活用することでニチアスの新製品開発や品質維持管理に貢献していく所存です。

## ENEX2025 第49回地球環境とエネルギーの調和展に出展

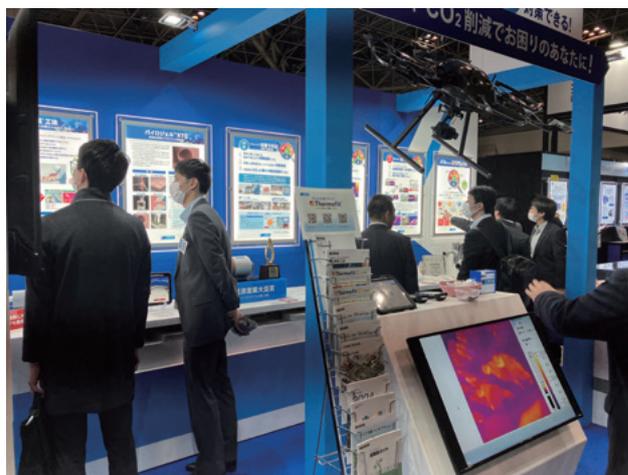
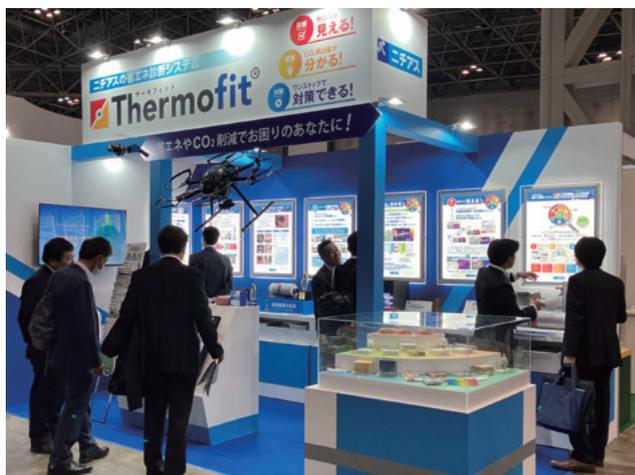
2025年1月29日～31日に東京ビッグサイトにて開催された「ENEX2025 第49回地球環境とエネルギーの調和展」に出展しました。

本展示会は、産官学連携による「省エネ・再エネで実現するカーボンニュートラル」をコンセプトとした国内唯一の総合省エネルギー展です。

展示ブースでは、熱を「断つ・保つ」® 技術の「Thermofit®（ニチアスの省エネ診断システム）」を中心に、実際の熱診断で使用するサーモグラフィによる画像やドローンをはじめ、省エネ貢献断熱材を展示しました。

本年度から、保温状況の調査においてThermofit診断ProとThermofit診断Liteの2つの枠組みを導入しました。説明用展示パネルおよび配管モックアップを新たに作成し、多くの来場者の方に各診断の特徴を訴求いたしました。

開催期間中、延べ500名を超える方に弊社ブースへお立ち寄りいただきました。お越しいただいたみなさまには厚く御礼申し上げます。



\*®が付されている名称はニチアス(株)の登録商標です。

# 「ニチアス技術時報」 バックナンバー

No.408 2025/1号



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈製品・サービス紹介〉 半導体市場向けプレイヤーシリーズ  
耐熱・耐腐食ガス・耐プラズマ・耐蒸気・耐薬品 パーフルオロエラストマー
- 〈製品・サービス紹介〉 「Thermofit®」省エネ診断システムの概要と  
Thermofit 診断 Pro & Thermofit 診断 Lite の紹介
- 〈技術レポート〉 温度依存性を考慮した、積層防音材設計の音響特性最適化に関する研究
- 〈技術レポート〉 マキベエ®の耐火被覆 1.5時間認定取得

No.407 2024/4号



- 〈製品・サービス紹介〉 半導体産業向け  
TOMBO™ No.9003-PFA 「ナフロン® PFA チューブ」
- 〈製品・サービス紹介〉 医療用向け PTFE チューブの紹介
- 〈技術レポート〉 TOMBO™ No.1839R 「グラシール® ボルテックス® ガスケット-L」の  
液化水素輸送配管の口径拡大への適用性評価
- 〈特別企画〉 フリーアクセスフロア製品で「SuMPO EPD」を取得

No.406 2024/3号



- 〈寄稿〉 NanoTerasu (ナノテラス)  
産学共創を革新する先端放射光実験施設
- 〈特別企画〉 NanoTerasu (ナノテラス) を活用したニチアスの創造型研究開発の展望
- 〈新製品紹介〉 溶剤吸着用ハニクル TOMBO™ No. 8800-HZ 「ハニクル® HZ-BO」  
TOMBO™ No. 8804-HZ 「ハニクル® HZ-BX」
- 〈新製品紹介〉 巻付け耐火被覆貫通孔部用材料  
TOMBO™ No.5520-SN 「マキベエ® スリーブ N」

No.405 2024/2号



- 〈製品・サービス紹介〉 「Thermofit®」省エネ診断システムの概要と事例紹介
- 〈製品・サービス紹介〉 電気加熱（ヒータトレース）システムの紹介
- 〈製品・サービス紹介〉 リチウムイオン蓄電池保管用耐火クロス  
TOMBO™ No.8300 「耐火クロス」
- 〈技術レポート〉 金属保温材の断熱設計手法の紹介

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.410 2025/3号は 2025年7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/>

安全データシート (SDS) はこちらから

ニチアス SDS



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

お問合せは最寄りの営業拠点までお願いします。

## 【東日本地区】

北海道支店	TEL (0144) 38-7550
北上営業所	TEL (0197) 72-8020
仙台支店	TEL (022) 374-7141
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
高崎営業所	TEL (027) 386-2217
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

## 【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

## 【中部地区】

富山営業所	TEL (076) 424-2688
若狭支店	TEL (0770) 24-2474
静岡営業所	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

**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
- ・工業製品事業本部 TEL (03) 4413-1131
- ・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
- ・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 ・チェコ ・メキシコ

## ⚠️ カタログについてのご注意

本カタログを参照する場合、以下の点に注意してください。

- このカタログに記載の製品は、カタログに記載の用途をはじめとする一般的な用途での使用を意図しています。きわめて高度な品質・信頼性が要求され、本製品の不具合が直接人命に関わるような用途で使用される場合は、事前に必ず当社にご相談のうえ、お客様の責任で必要な対策を実施してください。
- 記載の物性値は、実際の使用環境や使用状況などにより変化しますので、あくまで目安としてご覧ください。
- 記載の内容は、製品単体での特性を表したものです。実際のご使用に際しては、必ず実条件での使用確認を行ったうえでご使用ください。
- 記載の内容は予告なく変更あるいは製造を中止することがあります。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。本カタログの発行時期は本頁に記載しております。当社ホームページのカタログダウンロードページにて最新版カタログの発行時期をご確認ください。なお、最新版ではないカタログの記載内容については保証致しかねますので、あらかじめご了承ください。
- 記載の規格、認定、法律などの条文は最新のものに準拠していない場合があります。
- 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。
- 記載の製品を使用したことにより、第三者の工業所有権に関わる問題が発生した場合、専ら当該製品

- に原因を有するもの以外につきましては、当社はその責任を負いませんので、あらかじめご了承ください。
- 記載されている製品のうち、外国為替及び外国貿易法にて規制される貨物の輸出、技術の提供に際しては、同法に基づく輸出許可が必要です。
- 当社は、当社製品に係る以下の損害については、一切の責任を負いませんのでご注意ください。
  - ・天災地変・災害および当社の責に帰すべからざる事故により生じた損害
  - ・当社以外の第三者による当社製品の改造・修理・その他の行為により生じた損害
  - ・お客様およびご使用者様の故意・過失ならびに当社製品の誤使用・異常条件下での使用により生じた損害
  - ・当該製品の使用条件・使用環境・使用期間等の諸条件を考慮した定期的な点検と適切な保守・メンテナンス・交換を怠ったことにより生じた損害
  - ・当社製品の使用または使用不能に起因して生じた間接損害(営業上の損害、逸失利益および機会損失などを含みます)
  - ・当社製品の出荷時の技術水準では予見不可能な事態により生じた損害
  - ・その他当社の責に帰すべからざる事由により生じた損害