

ニチアス 技術時報

No. 382

2018 3号

Contents

【技術レポート】

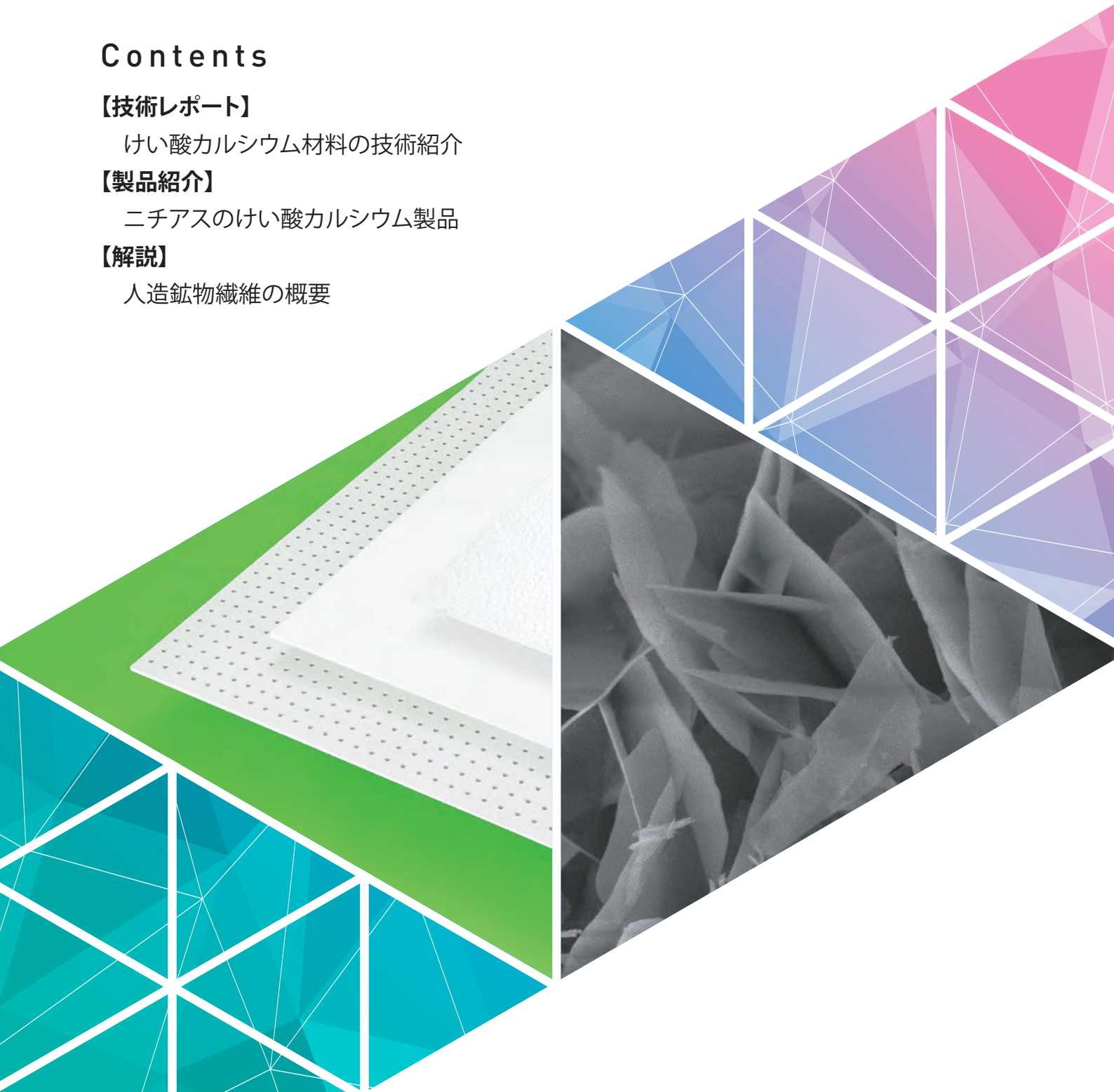
けい酸カルシウム材料の技術紹介

【製品紹介】

ニチアスのけい酸カルシウム製品

【解説】

人造鉱物繊維の概要



ニチアス

目 次

【技術レポート】

- ◆けい酸カルシウム材料の技術紹介 ～特長と製造方法，応用製品について～ 1
研究開発本部 浜松研究所 永井 幸治

【製品紹介】

- ◆ニチアスのけい酸カルシウム製品 7

【解説】

- ◆人造鈹物繊維の概要 12
研究開発本部 浜松研究所長 岩田 耕治

【トピックス】

- ◆技術展示室“Innovation Gallery”～鶴見研究所にも開設～ 18
◆展示会 ご来場のお礼 20

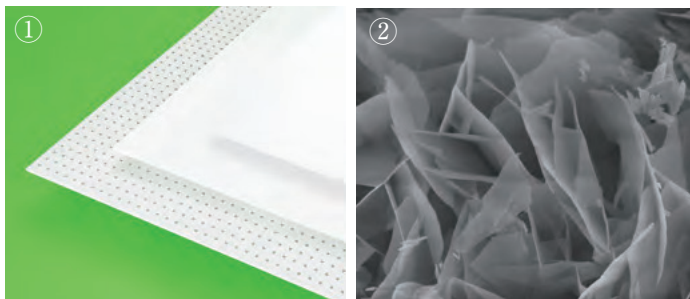
表紙写真：

①「エコラックス®」

強く安定した結晶構造を持つけい酸カルシウム板内装材。寸法安定性，加工・施工性にも優れた不燃材料であり，ビル，工場，住宅などの各種建物の天井や壁に使われている。

②トバモライト結晶

強く軽いけい酸カルシウム板の原料であるけい酸カルシウム水和物結晶の走査電子顕微鏡写真。層状の結晶が特徴的である。微細構造により結晶内部に多くの空隙をつくり，これがけい酸カルシウム板に軽量性や断熱性を持たせている。



送り先ご住所の変更，送付の停止などにつきましては，下に記載の連絡先までご連絡ください。
なおその際は，宛て名シールに記載されている7桁のお客様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。

〈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

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。
<http://www.nichias.co.jp/>

けい酸カルシウム材料の技術紹介

～特長と製造方法, 応用製品について～

研究開発本部 浜松研究所 永井幸治

1. はじめに

けい酸カルシウム材料は、その強く安定した結晶構造から温湿度による変形・変質が少なく、断熱性を持ち、軽量で加工性にも優れることから、工業製品や建材製品など多岐にわたり使用されている。当社には、「断つ・保つ」の技術で開発してきたさまざまな製品があり、そのラインアップの一つにはけい酸カルシウム製品がある。けい酸カルシウム材料の歴史は古く、ヨーロッパでは100年以上の歴史をもつ。当社でもけい酸カルシウム材料の応用製品を、現在まで70年近く販売している。本稿では、けい酸カルシウム材料の特長や当社で開発したけい酸カルシウム製品の製造方法について紹介する。

2. けい酸カルシウム材料について

けい酸カルシウム材料とは、けい酸カルシウム水和物と補強繊維や充填材などで複合した材料である。

2.1 けい酸カルシウム水和物

けい酸カルシウム水和物は、酸化カルシウム(以下CaO)と二酸化ケイ素(以下SiO₂)を原料に、オートクレーブと呼ばれる圧力容器で160～210℃の飽和水蒸気圧下で反応させることで得られる。この反応は水熱反応と呼ばれ、反応式は下式であらわされる。

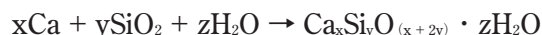


表1 けい酸カルシウム水和物一覧表¹⁾

分類	物質名	組成比			示性式
		CaO	SiO ₂	H ₂ O	
ケイ灰石グループ	Nekoite	3	6	7	Ca ₃ (Si ₆ O ₁₅)·7H ₂ O
	Okenite	5	9	9	Ca ₁₀ (Si ₆ O ₁₆)(Si ₆ O ₁₅) ₂ ·18H ₂ O
	Xonotlite	6	6	1	Ca ₆ (Si ₆ O ₁₇)(OH) ₂
	Foshagite	4	3	1	Ca ₄ (Si ₃ O ₉)(OH) ₂
	Jennite	9	6	11	Ca ₉ (Si ₆ O ₁₈ H ₂)(OH) ₈ ·6H ₂ O
	Hillebrandite	2	1	1	Ca ₂ (SiO ₃)(OH) ₂
	1.4nm Tobermorite	5	6	9	Ca ₅ (Si ₆ O ₁₈ H ₂)·8H ₂ O
	1.1nm Tobermorite	5	6	5	Ca ₅ (Si ₆ O ₁₈ H ₂)·4H ₂ O
ジャイロライトグループ	Gyrolite	8	12	9	Ca ₈ (Si ₁₂ O ₃₀)(OH) ₄ ·7H ₂ O
	Truscottite	7	12	3	Ca ₇ (Si ₁₂ O ₂₉)(OH) ₄ ·H ₂ O
	Z-phase	1	2	2	Ca(Si ₂ O ₅)·2H ₂ O
γ-C ₂ Sグループ	Calcio-chondrodite	5	2	1	Ca ₅ (SiO ₄) ₂ (OH) ₂
	Afwillite	3	2	3	Ca ₃ (SiO ₄ H) ₂ ·2H ₂ O
その他	Tricalcium silicate hydrate	6	2	3	Ca ₆ (Si ₂ O ₇)(OH) ₆
	α-dicalcium silicate hydrate	2	1	1	Ca ₂ (SiO ₄ H)(OH)

2.2 けい酸カルシウム水和物の種類

けい酸カルシウム水和物は多種多様な構造をとり、約25種類の結晶が知られている¹⁾。

表1にけい酸カルシウム水和物の分類と物質の一部について示す。21種類が天然に産出し、ほとんどの物質は合成可能であるが、工業的に利用されるけい酸カルシウム水和物は、Tobermorite（以下トバモライト）とXonotlite（以下ゾノトライト）の2種類である。

2.2.1 トバモライト

トバモライトは、 SiO_4 四面体の単鎖がCa-Oのシートをサンドイッチ状にはさむ一種の層状構造である。層の間隔により1.4nmトバモライト、1.1nmトバモライト、1.0nmトバモライトに分類されている。オートクレーブ処理で得られるトバモライトは1.1nmタイプである¹⁾。

一般的なトバモライトの走査電子顕微鏡写真（以下SEM写真）を図1に示す。カードハウス状と呼ばれる板状結晶である。

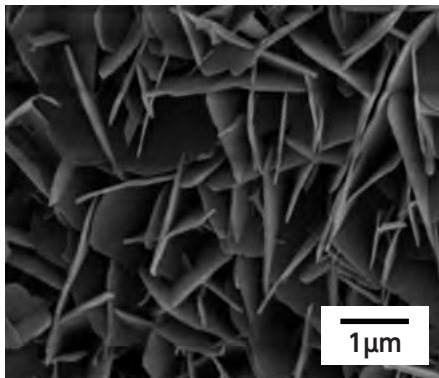


図1 トバモライト結晶のSEM写真

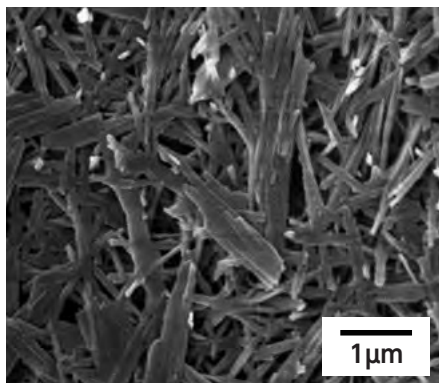


図2 ゾノトライト結晶のSEM写真

2.2.2 ゾノトライト

ゾノトライトは SiO_4 四面体が二重鎖構造をとる。ゾノトライトのSEM写真を図2に示す。数 μm の針状結晶である。

2.3 けい酸カルシウム反応

CaOと SiO_2 を主原料に用いてオートクレーブ処理を行うと、反応の初期にCaOと SiO_2 のモル比(Ca/Si)が不定比であり非晶質のC-S-Hと呼ばれる中間生成物が生成する。C-S-Hを経由して工業的に利用される結晶へ変化するが、原料の種類、結晶度、粒度、純度、混合状態、水と固形分原料の比、合成温度、昇温速度などのさまざまな因子がC-S-Hの生成反応に影響することが知られている¹⁾。特に SiO_2 原料の影響は大きい。そのため、けい酸カルシウム材料の品質安定には、原料や製造条件の管理が非常に重要となる²⁾。

2.4 けい酸カルシウム材料の特長

けい酸カルシウム材料は、以下のような特長を有する。

- ・軽量性

けい酸カルシウム水和物は、微細構造で結晶内部に多くの空隙をつくる。この空隙によって、けい酸カルシウム材料は軽量化が図れる。

- ・保温/断熱性

微細構造で形成される空隙は、直径数nm～数百 μm と非常に小さい。この微小な空隙が、熱の伝導を抑制し、保温性、断熱性が得られる。

- ・不燃/耐火性

けい酸カルシウム水和物は、加熱時に結晶性水和物が脱水することで、気化熱により材料の温度上昇を遅らせる効果がある。

さらに、けい酸カルシウム水和物の脱水は結晶構造を大きく変化させないため¹⁾、材料の加熱収縮によるひび割れなどが起きにくい。このため不燃性、耐火性が得られる。

工業的に利用されるけい酸カルシウム水和物

であるトバモライトとゾノトライトにおいて、結晶水が少ないゾノトライトの方が、加熱収縮による構造変化が小さく耐火性が高い。一般的にトバモライトを主生成相に持つ材料の耐熱温度が650℃程度、ゾノトライトが1000℃程度である。

その他の特長として、比表面積の大きさを利用した吸放湿性や、溶融アルミニウムへの非濡れ性なども有している。

3. けい酸カルシウム材料の用途

けい酸カルシウム材料はその特長を活かし、建築材料、溶融アルミニウム用断熱材、保温材、化粧品や農材などさまざまな用途で利用されている。

当社で製造、販売している製品について詳細に説明する。

3.1 建築材料

当社では建築材料として利用されるけい酸カルシウム板を長年にわたって製造、販売している。けい酸カルシウム板はJIS A 5430の繊維強化セメント板に分類されている。表2にJIS A 5430のけい酸カルシウム板に関する記載を示す³⁾。

けい酸カルシウム板はタイプ2、タイプ3と分かれており、タイプ2の中でも0.8、1.0と分かれている。タイプの違いは用途やけい酸カルシウム水和物の結晶相の違いであり、数字の違いはかさ密度の違いを示している。不燃性が必要な内装用に使用されるタイプ2はトバモライトを、耐火性が必要なタイプ3はゾノトライトを主生成相としている。かさ密度の違いにより、材料物性やその

用途が異なる。

図3にかさ密度と曲げ強度の関係と用途を示す。用途の青字はトバモライト系材料、赤字はゾノトライト系材料を示す。低密度(0.3g/cm³)のものは、後述する保温材や断熱材として利用され、中程度の密度(0.5g/cm³)のものは耐火被覆材、高密度(0.8g/cm³)のものは内装材や外装材、フロア材として利用される。けい酸カルシウム板のタイプ2は、壁や天井、軒などに施工される。図4に天井への施工例を示す。

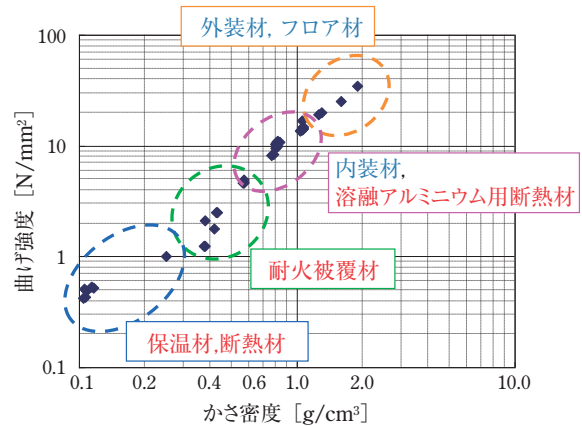


図3 かさ密度と曲げ強度の関係と用途



図4 けい酸カルシウム板の天井への施工例

表2 JIS A 5430に記載のけい酸カルシウム板³⁾

種類		記号	原料	主な用途
けい酸カルシウム板	タイプ2	0.8けい酸カルシウム板	石灰質原料, けい酸質原料, 石綿以外の繊維, 混和材料	内装用
		1.0けい酸カルシウム板		
	タイプ3	0.2けい酸カルシウム板	石灰質原料, けい酸質原料, 石綿以外の繊維, 混和材料	耐火被覆用
		0.5けい酸カルシウム板		

3.2 溶融アルミニウム用断熱材

アルミニウムは溶融、移送、保持、鋳造などの工程を経て各種形状に成形・加工され製品となる。各工程において、700℃前後の溶融アルミニウムと直接接触する箇所を使用され、耐熱性、断熱性、高温での寸法安定性、溶融アルミニウムとの非濡れ性が求められる。

また、製品はさまざまな形状であることから機械加工に耐えうる強度も求められる。製品例を図5に示す。

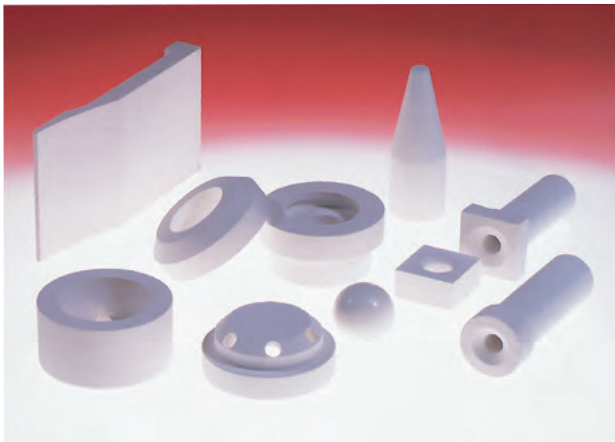


図5 溶融アルミニウム用断熱材の製品例

3.3 保温材

保温保冷材として使用するけい酸カルシウムは、JIS A 9510の無機多孔質保温材に分類されている。表3にJIS A 9510記載のけい酸カルシウム保温材を示す⁴⁾。保温材には形状の違いで板と筒の2種類がある。それぞれに結晶種の違いで1号、2号の2種類、さらに1号において材料密度の違いで

155kg/m³以下、220kg/m³以下の2種類、計6種類の等級がある。板状製品は、各種加熱炉に使われる耐火物のバックアップ材などに用いられる。筒状製品は、プラントなどの各種配管の保温に用いられる。製品例を図6に示す。



図6 保温材の製品例

4. けい酸カルシウム材料の製造方法

4.1 けい酸カルシウム板の製造方法

内装材として使用されるけい酸カルシウム板の製造方法を図7に示す。パルプ繊維を添加した原料をスラリー状とし、抄造機と呼ばれる脱水成形機で製板する。当社では薄くて均一な板の大量生産に適した丸網抄造方式を用いている。

製板された板を積み重ね、オートクレーブに投入する。その後、160～190℃の飽和水蒸気圧下で水熱反応させ、乾燥、裁断し製品として出荷する。

表3 JIS A 9510に記載のけい酸カルシウム保温材⁴⁾

材質	等級	密度 [kg/m ³]	使用温度 [℃]	説明
けい酸カルシウム 保温材	保温板1号-15	155以下	1000以下	けい酸カルシウム水和物として主にゾノトライトを使用して製造した製品であり、耐熱性が高い。
	保温筒1号-15			
	保温板1号-22	220以下		
	保温筒1号-22			
	保温板2号-17	170以下	650以下	けい酸カルシウム水和物として主にトバモライトを使用して製造した製品。
	保温筒2号-17			

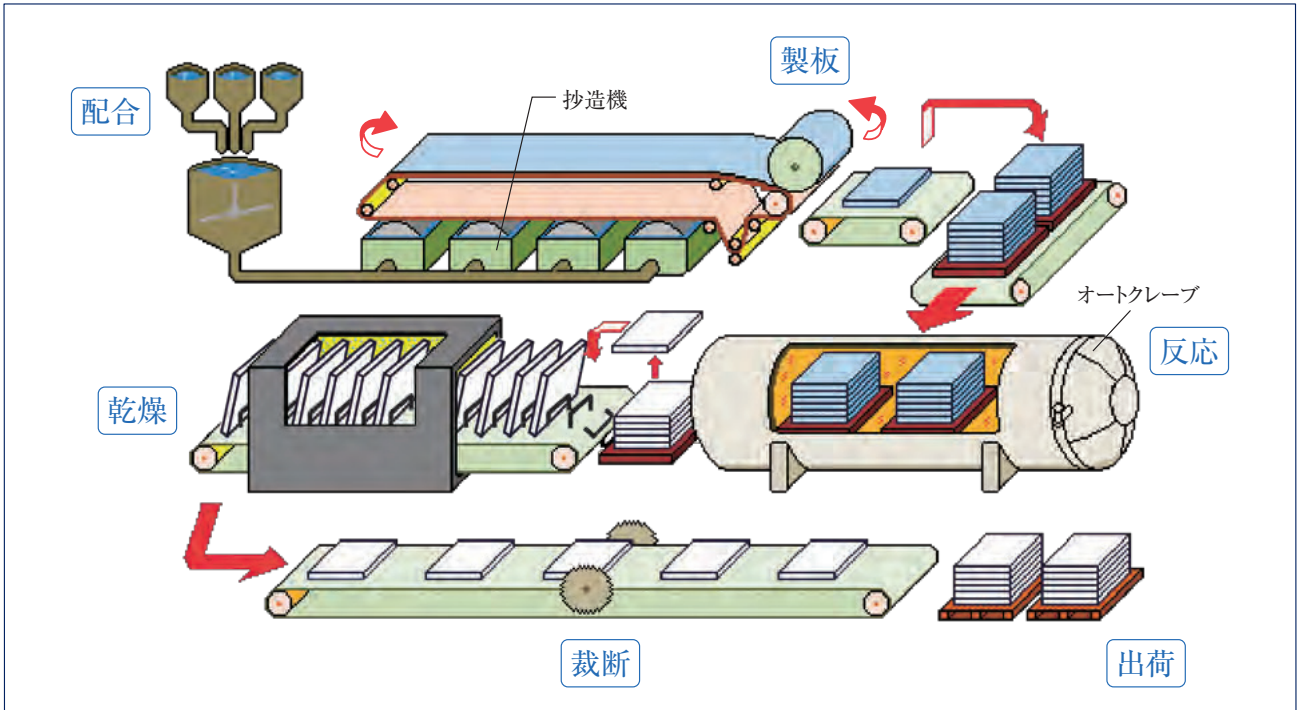


図7 けい酸カルシウム板の製造方法

4.2 保温材の製造方法

原料スラリーを攪拌式オートクレーブと呼ばれる攪拌機構を有した圧力容器の中で190～210℃の飽和水蒸気圧下で反応させることでゾノトライトスラリーを得る。ゾノトライトスラリーの詳細については後述する。

このゾノトライトスラリーに補強繊維や充填材を添加し、脱水プレス成型する。成型後乾燥、裁断することで製品となる。

5. ニチアスの取り組み

ゾノトライトスラリーを脱水プレス成型した製品は、用途に応じて要求特性が異なる。当社では、製品用途に応じて、脱水プレス圧や原料を調整することで製品設計を行ってきた。

また、製品の主生成相であるゾノトライトは、製造性、製品物性に影響する。そのため、ゾノトライトスラリーの製造方法が重要になってくる。

乾燥させたゾノトライトスラリーのSEM写真を図8に示す。中央部がへこんでいるのは内部が中空構造になっているためである。外殻部を拡大すると数 μm の針状結晶が存在している。この針状

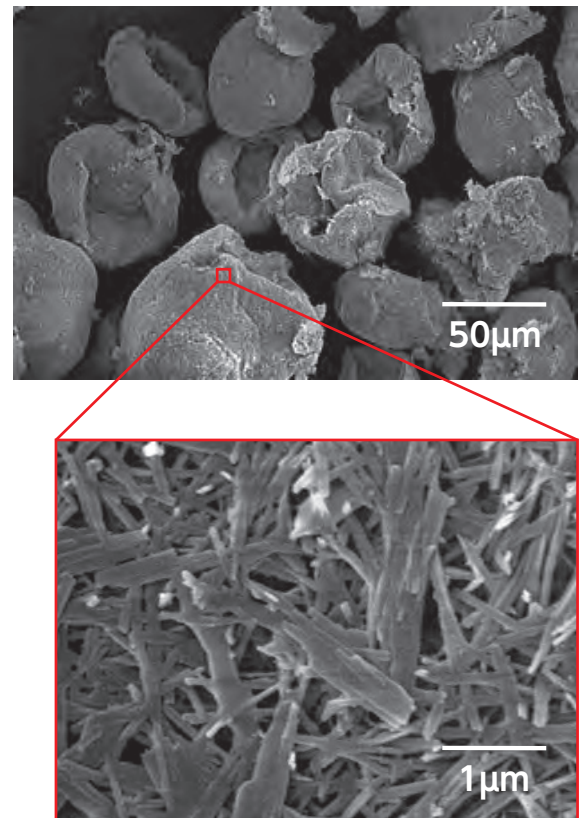


図8 ゾノトライト二次粒子のSEM写真

結晶はゾノトライトの一次結晶であり、一次結晶が外殻部を形成し、中空の二次粒子となっていることからゾノトライト二次粒子と呼ばれている。

当社では、ゾノトライトスラリーを製造する攪拌式オートクレーブの攪拌状態や合成温度、時間、濃度、原料粒径などを変更することで二次粒子の粒子径や外殻の厚さ、すなわち中空度を制御できる技術を有する。ゾノトライト二次粒子形態を制御し、製造安定性や製品の品質向上などに活かしている。

6. おわりに

歴史の古いけい酸カルシウム材料であるが、トバモライトの正確な生成機構は今なお未解明である。最近でも、大型放射光設備（Spring-8）の放射光X線を用いて生成機構を解明するための研究が行われている⁵⁾。新しい技術を利用して未解明であった生成機構が明らかになることで、新しい製造方法が可能になることや、製品の機能や品質の向上につながることを期待される。当社においても更なる研究を続け、けい酸カルシウム製品開発を行っていく所存である。

参考文献

- 1) 水熱科学ハンドブック編集委員会編，水熱科学ハンドブック，p.292，技報堂出版，1997.
- 2) 野間弘昭ら，九州工業技術研究所報告／九州工業技術研究所報告編集委員会編，52（1994）.
- 3) JIS A 5430 繊維強化セメント板
- 4) JIS A 9510 無機多孔質保温材
- 5) 小川晃博ら，セメント・コンクリート論文集／67巻（2013）1号.

筆者紹介



永井 幸治

研究開発本部 浜松研究所
けい酸カルシウム製品の研究開発に従事

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
免震耐火材 ■ その他



ニチアス

ニチアスのけい酸カルシウム製品

1. はじめに

けい酸カルシウム材料は、その強く安定した結晶構造から温湿度による変形・変質が少なく、断熱性を持ち、軽量で加工性にも優れます。製品の使用温度域は原料であるけい酸カルシウム水和物の結晶種により異なり、その用途は建築材料、工業材料など多岐にわたります。

弊社の「断つ・保つ」の技術で開発し、製造・販売しているけい酸カルシウム製品である建材製品や工業製品についてご紹介します。

2. 建材製品

2.1 けい酸カルシウム板「エコラックス®」

TOMBO™ No.6458「エコラックス®」は、強く安定した結晶構造を持ち、経年による変質の少ないけい酸カルシウム板内装です。エコマークを取得した不燃材料であり、寸法安定性に優れた内装材です。さらに加工が容易で施工性に優れ曲面施

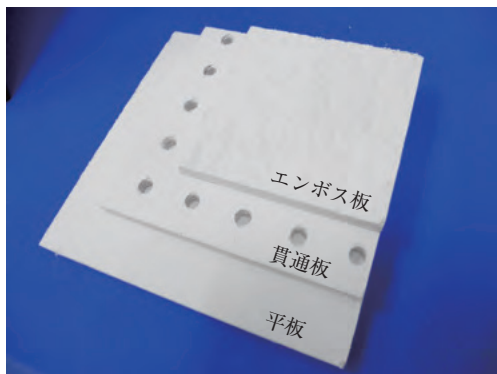


図1 「エコラックス」の外観

工も可能です。平板のほかに貫通板、意匠性を持たせたエンボス板も用意しております（図1）。基本仕様を表1に、施工例を図2に示します。

〈取得認定・認証〉

- エコマーク認定
 - ・ 第07123007号
石膏やスラグの再生原料を50%以上使用しています。
- 国土交通大臣不燃認定
 - ・ NM-1217（平板，エンボス板）
 - ・ NM-2988（貫通板）
- JIS A 5430 繊維強化セメント板
 - ・ 0.8 けい酸カルシウム板タイプ2（0.8FK）



表1 「エコラックス」の基本仕様

製品名	厚さ [mm]	幅×長さ [mm]	かさ密度 [g/cm ³]	曲げ強度〈タテ〉 [N/mm ²]	吸水寸法変化率 [%]
エコラックス	6	910×910 (3'×3')	0.7以上 0.9未満	10.0以上	0.15以下
	8				
	10	910×1820 (3'×6')			
	12				



図2 「エコラックス」のビル内装施工例

2020年6月 追記
再生原料の入手の都合により、2020年7月出荷分よりエコマーク認定を取得していません。ご不明な点につきましては、最寄りの営業窓口にお問い合わせください。

〈用途〉

- ・ビル、店舗、工場、一般住宅、マンション、病院などの各種建物の天井、壁
- ・厨房、給湯室、トイレなど水廻りの天井、壁

2.2 化粧けい酸カルシウム板「アスラックス®」

TOMBO™ No.6462「アスラックス®」は、豊富なカラーバリエーションで空間づくりの多様なニーズに対応する化粧けい酸カルシウム板です(図3)。抗菌製品技術協議会が制定した抗菌SIAAマークを取得しており、内装制限に対応可能な不燃材料です。クリーンルーム・手術室などさまざまなシーンにも対応可能です。

ラインアップには、軽量タイプの600Rと高強度タイプの200Rがあります。基本仕様を表2に示します。この他、帯電防止機能を付加した200RTと紫外線殺菌灯下でも色が変わり難い200RFを用意しております。

図4に洗面所壁への施工例を示します。

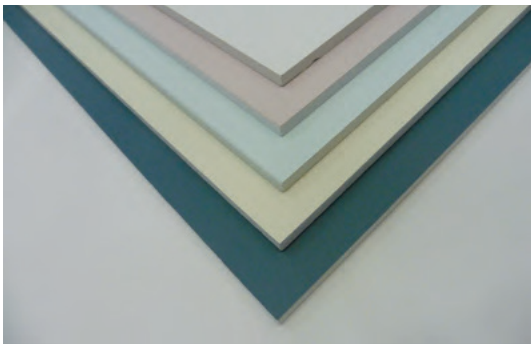


図3 「アスラックス」の外観

〈取得認定・認証〉

- 抗菌SIAAマーク
- 国土交通大臣不燃認定
 - ・ NM-4227 (200R, 200RT, 200RF)
 - ・ NM-4226, 4228 (600R)



〈用途〉

壁や天井などの内装材

- ・ 洗面所、トイレ
- ・ 食品・薬品などの工場
- ・ 手術室、無菌室、病室
- ・ 研究施設、クリーンルーム

表2 「アスラックス」の基本仕様

製品名	厚さ [mm]	幅×長さ [mm]	かさ密度 [g/cm ³]	曲げ強度 (タテ) [N/mm ²]	吸水寸法変化率 [%]
アスラックス 200R	6	910×1820 (3'×6') 910×2420 (3'×8') 910×2730 (3'×9')	0.9以上 1.2未満	13.0以上	0.15以下
アスラックス 600R	6	910×1820 (3'×6') 910×2420 (3'×8') 910×2730 (3'×9')	0.7以上 0.9未満	10.0以上	0.15以下



図4 「アスラックス」の洗面所壁への施工例

2.3 フリーアクセスフロア「ニチアスシグマフロア®」

TOMBO™ No.6474/6475「ニチアスシグマフロア®」は、高密度の不燃性けい酸カルシウム板を基材とした二重床(フリーアクセスフロア)です。歩行感や耐久性にも優れています。

原料には、火力発電所から排出されるフライアッシュ(石炭焼却灰)などの再生原料を50%以上使用していることから、エコマーク認定を取得



図5 「ニチアスシグマフロア」の外観

している環境配慮型の製品です。

一般事務所やコンピュータールームで配線整理や歩行性の向上を目的に、フリーアクセスフロアシステムとして使用されています。外観を図5に、基本仕様を表3に示します。

〈取得認定・認証〉

● エコマーク認定

・ 第08123033号

石炭灰や石膏の再生原料を50%以上使用しています。



表3 「ニチアスシグマフロア」の基本仕様

用途	許容集中荷重	パネル種類	サイズ [mm]	パネル厚さ [mm]	システム重量 [kg/m ²]	仕上がり高さ [mm]
一般事務所	3000N	標準パネル (フリータイプ)	500 × 500	23.5	37.5	50 ~ 1000
		標準パネル (ロックタイプ)				
	5000N	標準パネル (フリータイプ)	500 × 500	26	41.5	
		標準パネル (ロックタイプ)				
		Pタイル一体貼りタイプ		28	50 ~ 1000	
	コンピュータールーム向け	6000N	標準パネル (フリータイプ)	500 × 500	29	
標準パネル (ロックタイプ)						

「ニチアスシグマフロア」は、耐荷重性に優れ、一般オフィスはもとより大型コンピュータールームをはじめ、OA機器を多数導入したインテリジェントオフィスにも対応します。荷重性能別に、一般事務所3000N用、一般事務所5000N用、コンピュータールーム向け6000N用の3種類のパネルから選ぶことができます。

図6のとおり、パネルには敷設方法により開口のない^{ゼロ}0タイプ、二辺の中央部に配線取り出し用開口のあるPKタイプがあり、四隅の固定方法は、固定しないフリータイプと固定するロックタイプの2種類があります。さらに、0タイプのフリータイプには化粧タイルを施したPタイル一体貼りタイプもあります。図7に施工例を示します。

■ 標準パネル(フリータイプ)

ゼロ0タイプ



PKタイプ



■ 標準パネル(ロックタイプ)

ゼロ0タイプ



PKタイプ



■ Pタイル一体貼りタイプ



図6 「ニチアスシグマフロア」のパネル外観

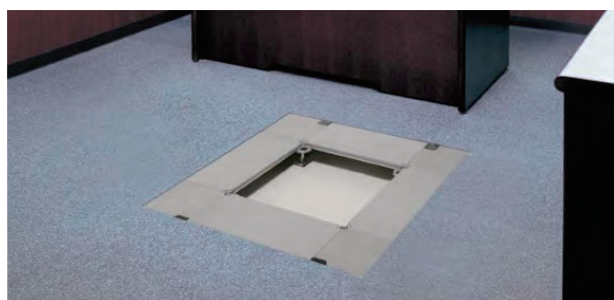


図7 「ニチアスシグマフロア」の施工例

2.4 角型煙突ライニング材「セラスタック®」

TOMBO™ No.6496「セラスタック®」は、耐熱性に優れたゾノトライト系けい酸カルシウムを主材として、ビル・住宅などの一般建築物を対象とした、角型煙突向けの板状煙突ライニング材です。外観を図8に、基本物性を表4に示します。



図8 「セラスタック」の外観

表4 「セラスタック」の基本物性

項目		物性値
最高使用温度 [°C]		650
かさ密度 [kg/m ³]		500
曲げ強度 [N/mm ²]		3.3
圧縮強度 [N/mm ²]	タテ方向	4.1
線収縮率 [%]	650°C × 3hr.	0.19
熱伝導率 [W/(m·K)]	200°C	0.089
	400°C	0.099
	600°C	0.108

製品厚さ30mm, 50mm, 70mmの3種から組み合わせを選択することで、使用設備に応じた効率的な断熱厚さを設定することができます。

耐熱性、強度、加工性にも優れ、一般建築用各種ボイラー、自家発電用機関の排気煙突用ライニング材などとして多くの実績があります。

〈用途〉

各種煙突ライニング材

- ・ 給湯、暖房用ボイラー
- ・ 自家発電用ディーゼル、ガスタービン、ガスエンジン機関
- ・ コージェネレーションシステム

3. 工業製品

3.1 溶融アルミニウム用断熱材「ルミボード™」

TOMBO™ No.4720 「ルミボード™」は耐熱性に優れたゾノトライト系けい酸カルシウム保温材です。「ルミボード™」の外観を図9に示します。溶融アルミニウム合金の移送、鑄造、保持系の断熱材として使用されています。

キャストブルなどの耐火物に比べ保温性が高いため、省エネルギー化を図ることができます。

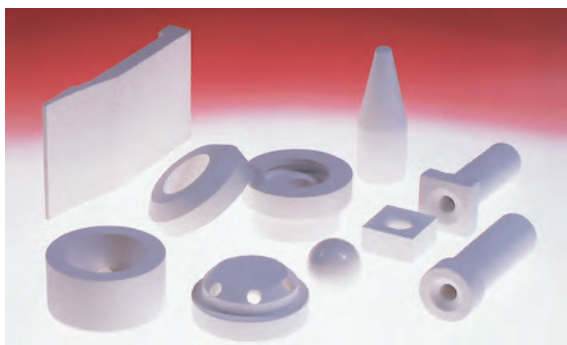


図9 「ルミボード」の外観

また、切削加工性に優れ、各種形状への加工が可能です。溶融アルミニウム合金と濡れず、表面に固化した固着物も容易に除去できます。

標準用のL14Z, 特殊補強繊維入りのL100があります。表5に基本物性を、図10に保持炉への施工例を示します。

表5 「ルミボード」の基本物性

項目	物性値			
	L14Z	L100		
最高使用温度 [°C]	1000	1000		
かさ密度 [kg/m ³]	840	800		
曲げ強度 [N/mm ²]	常態	8.8	9.3	
	750°C × 24hr.	6.8	6.1	
	1000°C × 24hr.	1.7	1	
圧縮強度 [N/mm ²]	0.5%圧縮歪	0.7	0.9	
	1.0%圧縮歪	2.3	2.7	
線収縮率 [%]	750°C × 24hr.	長さ方向	0.4	0.4
		厚さ方向	1.1	1.1
	1000°C × 24hr.	長さ方向	0.9	0.6
		厚さ方向	4.6	2
熱伝導率 [W/(m·K)]	300°C	0.20	0.19	
	500°C	0.20	0.20	
	700°C	0.20	0.20	

〈用途〉

溶融アルミニウム合金に接する部材

- ・ 樋、保持炉、出湯ノズルなど

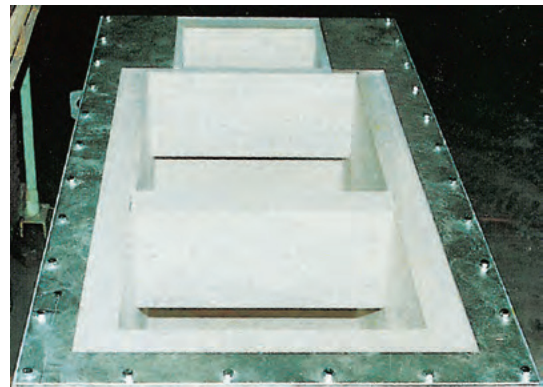


図10 「ルミボード」の保持炉への施工例

3.2 保温・断熱板「スーパーテンプ® ボード」

TOMBO™ No.4900 「スーパーテンプ® ボード」は、けい酸カルシウムを主成分とした断熱材です。

軽量で高耐熱・高断熱性能を持ち、加工性にも優れます。機械加工性にも優れており、工業設備における保温断熱材として幅広く用いられています。外観を図11に、基本物性を表6に示します。

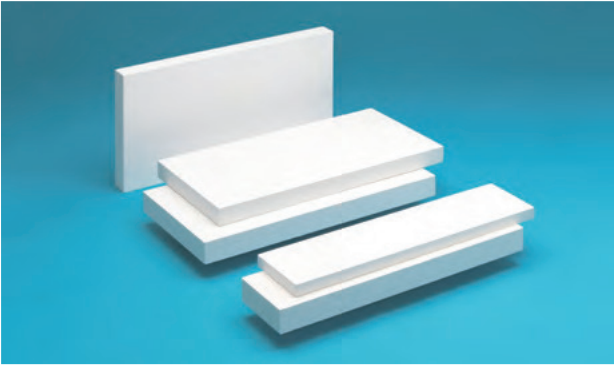


図11 「スーパーテンプレートボード」の外観

表6 「スーパーテンプレートボード」の基本物性

項目	物性値	
最高使用温度 [°C]	1000	
かさ密度 [kg/m ³]	210	
曲げ強度 [N/mm ²]	1.0	
線収縮率 [%]	1000°C × 3hr.	1.1
熱伝導率 [W/(m·K)]	300°C	0.076
	500°C	0.110

〈用途〉

- ・ 工業炉用断熱材 (バックアップ材)
- ・ 燃焼機器用断熱材

3.3 高温用配管支持材「シルナート® サポート」

TOMBO™ No.4010「シルナート® サポート」は、けい酸カルシウムを主成分とし高密度に形成された、高温用配管支持材です。高い強度と優れた断熱性能を併せ持っており、温水・蒸気配管などの支持材として用いられています。形状は配管の拘束方法に合わせて、スライドタイプ、ガイドタイプ、ハンガータイプからお選びいただけます。外観を図12に、基本物性を表7に示します。

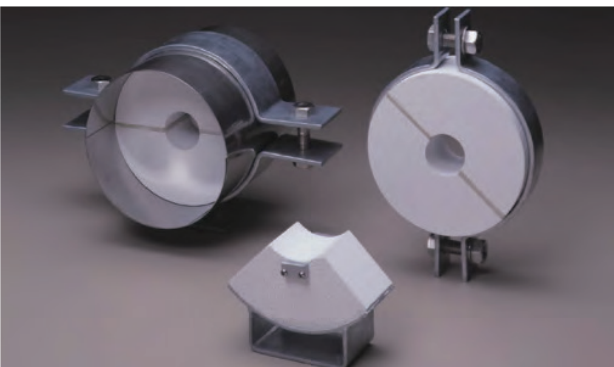


図12 「シルナートサポート」の外観

表7 「シルナートサポート」の基本物性

項目	物性値	
最高使用温度 [°C]	1000	
かさ密度 [kg/m ³]	350 ~ 550	
曲げ強度 [N/mm ²]	2.0以上	
圧縮強度 [N/mm ²]	2.5以上	
線収縮率 [%]	1000°C × 3hr.	2.0以下
熱伝導率 [W/(m·K)]	100°C	0.08
	200°C	0.09
	300°C	0.10
	400°C	0.11

〈用途〉

- ・ プラントの温水・蒸気配管などの支持材



図13 「シルナートサポート」の施工例

*写真は製品内部を説明するための透過イメージです。

4. おわりに

本稿ではけい酸カルシウム材料を用いた建築材料、熔融アルミニウム用断熱材、保温材の各種製品をご紹介いたしました。

お問い合わせは、建材製品については建材事業本部建材技術開発部、TOMBO™ No.4720-L14Z/-L100「ルミボード™」およびTOMBO™ No.4900「スーパーテンプレート® ボード」については工業製品事業本部省エネ製品技術開発部、TOMBO™ No.4010「シルナート® サポート」については基幹産業事業本部工事技術部へお願いいたします。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

*「ルミボード」はニチアス(株)の商標です。

*「エコラックス」、「アスラックス」、「ニチアスシグマフロア」、「セラスタック」、「スーパーテンプレート」、「シルナート」はニチアス(株)の登録商標です。

*本稿掲載の物性値は参考値であり保証値ではありません。

人造鉱物繊維の概要

研究開発本部 浜松研究所長 岩田 耕治

1. はじめに

ガラス繊維、ロックウール、アルカリアースシリケートウール（AES）などに代表される人造鉱物繊維は鉄鋼、石油、化学、電気、自動車、建材、航空宇宙など各産業界において耐火材、断熱材、シール材など、さまざまな用途で使用されており、必要不可欠な素材である。

当社ではロックウール「MG製品」やAES「ファインフレックス BIO®」などの繊維を製造しており、またその繊維を使用した各種二次製品を数多くラインアップしている。これらは当社の基盤技術である「断つ・保つ」を支える代表的な製品である。本稿では人造鉱物繊維の分類という視点から各種繊維の性質や製造方法、用途などを総論としてご紹介する。

2. 人造鉱物繊維とは

2.1 人造鉱物繊維の分類

人造鉱物繊維とはその名のとおり、人造的に製造された無機繊維の総称であるが、明確な定義は

なく考え方によってさまざまである。

1988年発行のIARC（国際がん研究機関）のモノグラフ43巻「Man-Made Mineral Fibers and Radon（人造鉱物繊維とラドン）」によると、人造鉱物繊維とは、「主として岩石、クレー、スラグおよびガラスから製造される繊維状物質の総称で、ガラス繊維、ロックウール／スラグウール、セラミックファイバーの3つのグループに分けられる」と定義されている。代表的な人造鉱物繊維の分類を図1に示す¹⁾。

人造鉱物繊維はその化学構造の違いから大きく人造非晶質繊維（以下、非晶質繊維）と人造結晶質繊維（以下、結晶質繊維）の2つに分類できる。非晶質と結晶質の違いを図2に示す。非晶質とは結晶のように規則的な配列を持たない物質でガラス転移を示す固体であり、対して結晶質とは純物質を構成する原子が空間的に規則的な繰り返しを持ち、隣原子と3次元で周期的に配列している。

種類や生産量も多く幅広い産業で使用されている繊維は非晶質繊維である。本稿では、この非晶質繊維を中心に述べる。

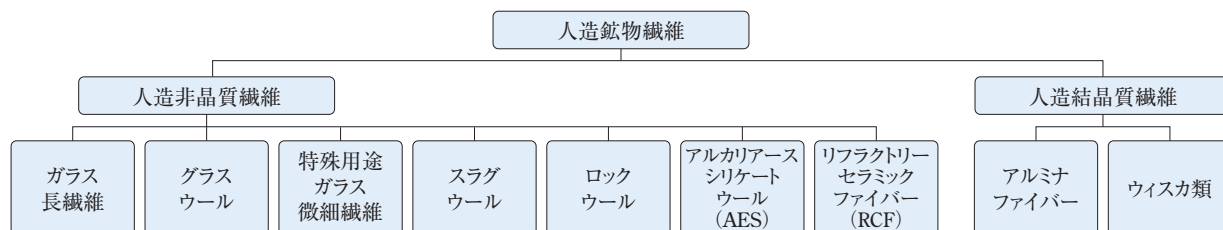


図1 代表的な人造鉱物繊維の分類¹⁾

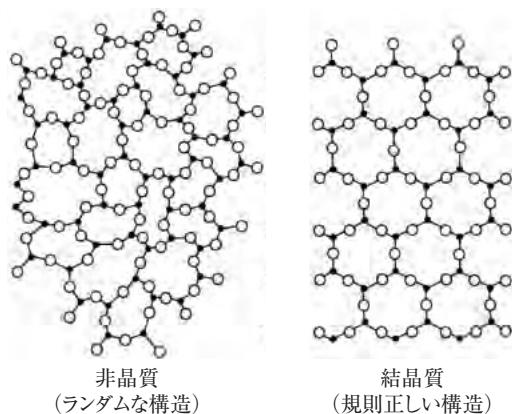


図2 非晶質と結晶質の構造イメージ

2.2 ガラス長繊維, グラスウール

ガラス長繊維, グラスウールはガラスから製造された繊維で, 主に断熱防音などの目的で建材として使われる。ガラスを原料とするものにはこの他, フィルターなど特殊用途のガラス微細繊維がある²⁾。

2.3 スラグウール, ロックウール

高炉スラグから製造した繊維がスラグウール(鉱さい綿), 天然岩石から製造した繊維がロックウール(岩綿)である。現在国内では, 高炉スラグを主原料として製造するケースが主流であるが, [ロックウール]と総称されている。

グラスウール同様, 主に断熱防音などの目的で建材として使われるほか, 耐火目的でビルや工場, プラントなど幅広い分野で使われる。

2.4 AES, RCF

AESはシリカを主成分とし, アルカリ金属(ナトリウム, カリウム)やアルカリ土類金属(マグ

ネシウム, カルシウム)を含む繊維であり, 非晶質繊維の中では比較的歴史が浅い繊維である。

RCFはアルミナとシリカが主成分の繊維であるが, IARCの発がん性分類において2B(ヒトに対する発がん性が疑われる)に分類されている。このことから, 各国で規制が進んできており, 我が国においても2015年11月に特定化学物質障害予防規則(以下, 特化則)の特別管理物質となった。

そこで, RCFの代替繊維として特化則の適用対象外となるAESが各社から販売されるようになった。当社でもRCFの代替製品として2015年にこれまでのAESの弱点を改良したAES「ファインフレックスBIO」を自社開発した。RCFの特化則に関しては, 過去にニチアス技術時報にて解説しているので本稿では割愛する^{1, 4)}。

3. 非晶質繊維の製造方法

代表的な非晶質繊維の製造方法を表1に示す。非晶質繊維の製造方法は, 一般的に原料の配合-原料の熔融-繊維化の段階から成る熔融法が用いられる。製造される繊維は出発原料の違いで繊維の性質が変化するとともに, 原料の融点の違いから熔融温度も異なる。

3.1 グラスウールの製造方法

原料は珪石(SiO_2)が主原料で副原料にソーダ灰(Na_2O), ドロマイト(MgO , CaO), 長石(K_2O , Al_2O_3 , SiO_2), ホウ酸(B_2O_3)などである。その熔融物を3000~4000rpmの回転円板上に滴下し遠心力で飛散させ, 綿状に繊維化するスピナー法で製造される²⁾。

表1 代表的な非晶質繊維の原料と製造方法

種類	グラスウール	ロックウール	AES	RCF
原料	珪砂, 長石, 石灰岩, 苦灰岩, ソーダ灰, ほう砂など	高炉スラグ, 珪石, 玄武岩, コークスなど	シリカ系原料, カルシウム系原料, マグネシウム系原料など	アルミナ粉末, シリカサンド, カオリンなどの鉱物など
熔融炉	電気炉	キュボラまたは電気炉	電気炉	電気炉
熔融温度	1500~1600℃	1500~1600℃	1700℃以上	1700℃以上
繊維化法	スピナー法 火焰法	スピナー法	ブローイング法	ブローイング法

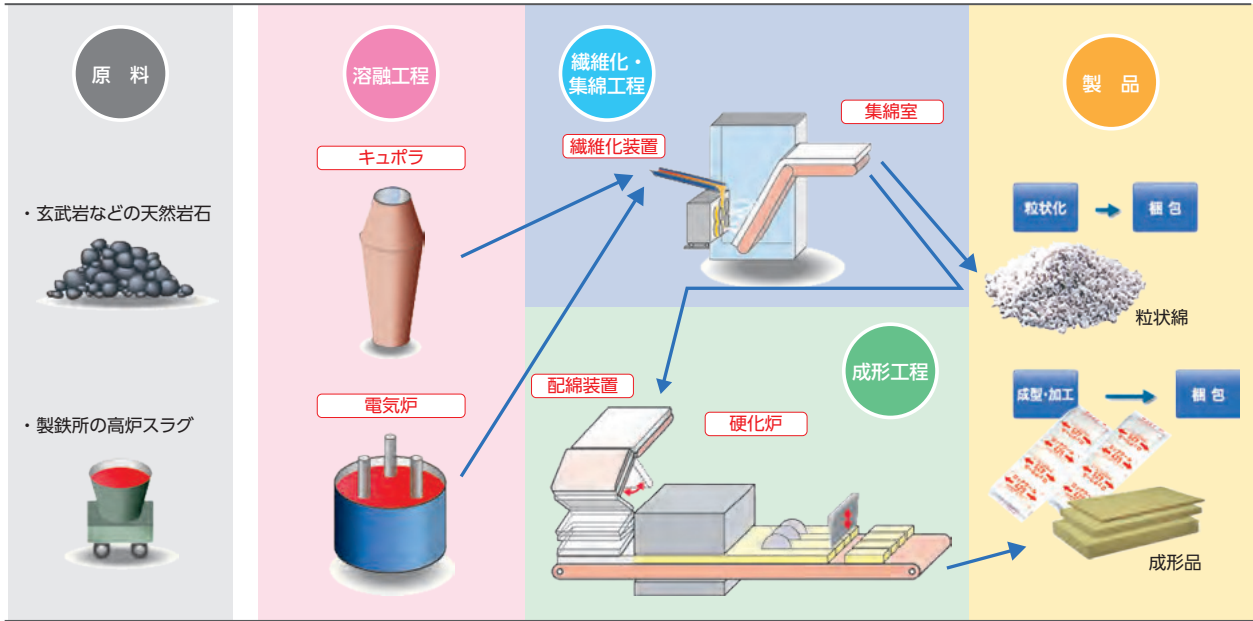


図3 ロックウール製造工程の一例⁵⁾

3.2 ロックウールの製造方法

ロックウール製品の製造工程の一例を図3に示す。工程は大きく熔融、繊維化・集綿、成形工程に分かれる。主原料は製鉄所の高炉の副産物である高炉スラグや玄武岩などの天然岩石で、これをキュボラや電気炉で1500～1600℃で熔融した熔融物を、炉底から流出させ遠心力などで吹き飛ばして繊維状にする。こうして生成されたロックウールは集綿室で集綿される。成形工程では、バインダを添加して硬化炉で固めて、ボード状、住宅用のマット状などの成形品に加工される。そのほか、解繊・粒状化した粒状綿にも加工される⁵⁾。

3.3 AES, RCFの製造方法

RCFはアルミナ (Al_2O_3)、シリカ (SiO_2) をほぼ等量に配合、混合し電気炉で熔融して炉底から流出させ、高圧空気または水蒸気で吹き飛ばして繊維化するブローイング法、または遠心力で吹き飛ばすスピナー法により繊維化される。

原料として上記アルミナ、シリカ組成にジルコニア (ZrO_2) やクロミア (Cr_2O_3) を加えた組成があり、また天然鉱物を原料とすることもある。このようにして繊維化し集綿したものをバルクと呼び、炉の充填材や二次製品用の原料として使用される。また、集綿した繊維を一定厚さのマット

にし、ニードル処理することによりブランケットを製造している⁶⁾。AESは原料が異なるだけで、製造方法はRCFと同じである。

このようにグラスウールやロックウール、AESなどは原料や熔融設備などの違いはあるが、原料を溶かして繊維化するという工程には大きな違いはない。簡単な例えをすれば、綿菓子の作り方である。ザラメが各種繊維の原料であり、ザラメを入れ溶かす部分が電気炉、割り箸が集綿装置である。

4. 人造鉱物繊維の特性

人造鉱物繊維の特性を表2に示す。化学組成は各種繊維の代表的なものを示しているが、この組成によって繊維の特性が大きく異なってくる。言い換えれば、繊維にどのような特性を与えるかによって狙う化学組成が変化し、原料の配合比を調整する。グラスウールは耐熱性や強度などさまざまな特性を狙った種類が多数存在する。

AESはシリカを主成分とし、アルカリ金属やアルカリ土類金属を含む繊維であるが、製造メーカーによってこれらの種類や比率が異なっている。それに対しRCFはアルミナとシリカがほぼ等量に配合されており、製造メーカーによっての大きな違いはない。

表2 人造鈳物繊維の特性

		グラスウール	ロックウール	AES	RCF	アルミナファイバー
化学組成 [wt. %]	SiO ₂	56~72	35~45	50~82	40~60	3~30
	Al ₂ O ₃	1~7	10~20	Al ₂ O ₃ + TiO ₂ + ZrO ₂ が6以下	30~60	70~97
	Fe ₂ O ₃ , FeO	0~4	0~10	-	-	-
	MgO	2~4	4~8	18~43	-	-
	CaO	3~8	20~40		-	-
	Na ₂ O, K ₂ O	10~18	-	-	-	-
	その他	B ₂ O ₃ など	MnO	-	ZrO ₂ Cr ₂ O ₃ など	-
非晶質/結晶質 [-]	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	結晶質	
平均繊維径 [μm]	4~8	3~7	3~5	2~4	2~7	
真密度 [g/cm ³]	2~3	2~3	2~3	2~3	3~4	
外観 [-]	無~白色	白色~茶色	白色	白色	白色	

このように同じ人造鈳物繊維の分類であっても、そのなかには種類や製造メーカーによる化学組成の違いがあり、これによる特性の違いがあることを知っておいていただきたい。

人造鈳物繊維の繊維径は原料を溶かした際の融液の粘性や繊維化する方法によって若干の違いがあるが、平均繊維径2~7μmである。耐熱性は繊維によって大きく異なり、各種繊維の使用温度領域が、使用箇所・用途を左右する。人造鈳物繊維の代表的な使用温度領域を図4に示す⁷⁾。

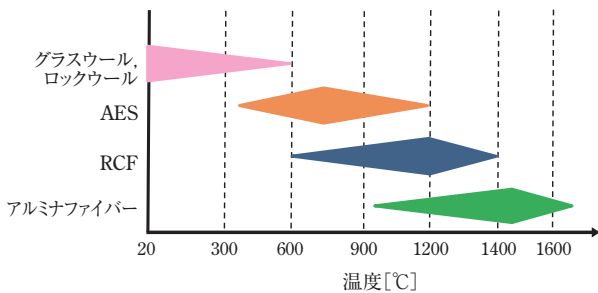


図4 人造鈳物繊維の代表的な使用温度領域⁷⁾

5. 人造鈳物繊維の用途

人造鈳物繊維の用途を表3に示す。人造鈳物繊維はその分類により耐熱性が異なるが、これにより用途も保温から断熱、耐火とより高い温度域へとなる。当社の代表的な製品であるロックウール製品およびAES製品についていくつか紹介する。

5.1 産業用ロックウール

断熱性、耐久性、防音性を活かしてプラント、発電設備や焼却設備の配管、煙道、タンクなどの保温、また騒音対策が不可欠な空港施設や工業施設等での防音にも使用され、省エネルギーおよび環境改善に大きく貢献している。用途に応じた形状が要求されることから、配管用として円筒状に成形した保温筒、タンク、煙道などの施工に適した保温帯（ベルト）、フェルト、ボードなどの製品がある（図5）。

当社では「MGベルト™」「MGマイティーロール®」「MGボード™」などの製品ラインアップがある。

表3 人造鈳物繊維の用途

種類	グラスウール	ロックウール	AES	RCF	アルミナファイバー
用途	・建築物の天井や壁の吸遮音材、断熱材 ・ボイラー、タンク、ダクトの保温保冷材	・建築物の天井や壁の吸遮音材、断熱材 ・ボイラー、タンク、ダクトの保温保冷材 ・鉄骨の耐火被覆材	・窯炉の天井、炉壁の断熱用ライニング材 ・燃烧機器の断熱材 ・高温用パイプカバー	同左	・AESやRCFと同用途で、更に高耐熱が要求される場合



図5 産業用ロックウールの製品例



図7 巻き付け工法による耐火被覆の施工例

5.2 住宅用ロックウール

ロックウールは住宅用断熱材としてもさまざまな工法に対応し広く使用されており、省エネ時代には欠かせない材料として注目されている(図6)。

当社では「ホームマット®」や防湿フィルムを製品本体に一体化させた、高気密・高断熱住宅向けの断熱材「ホームマットNEO®」などの製品ラインアップがある。



図6 住宅用ロックウール断熱材の施工例

5.3 耐火被覆用ロックウール

耐火被覆とは、主に建築物の鉄骨を火災時の熱から保護し、建築物の倒壊抑制や、避難の時間を確保するためのものである。建物の規模や階数、用途に応じて建築基準法に規定された工法、材料で施工することが義務付けられている。

ロックウールは高い耐熱性を有していることから、耐火被覆の材料として最も多く使用されている。

工法には大きく分けて、吹き付け工法と巻き付け工法の2種類がある。巻き付け工法である当社製品「マキベエ®」の施工例を図7に示す。

5.4 AES断熱材

当社のAESは「ファインフレックスBIO®」という製品名で製造販売しており、応用製品としては大きく分けて断熱材と、シール材などに用いられる紡織品がある。

断熱材用途としては一般高温炉用断熱材、窯炉の天井、壁面の断熱材、バックアップ材などで使用される。AESはバルクと呼ばれる綿状のものが、さまざまな方法で二次製品に加工される。代表的な形状はボード(図8)、モールド(図9)、ペーパー(図10)、ブロック(図11)である。

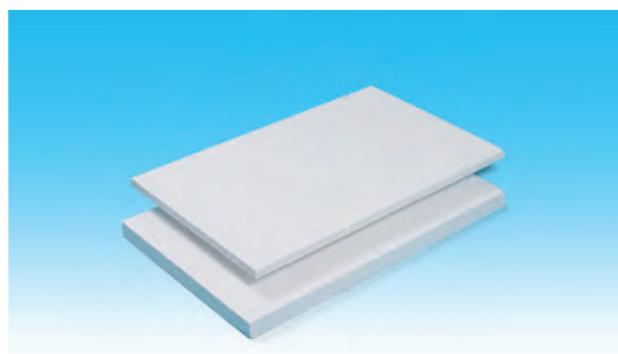


図8 ボード製品外観

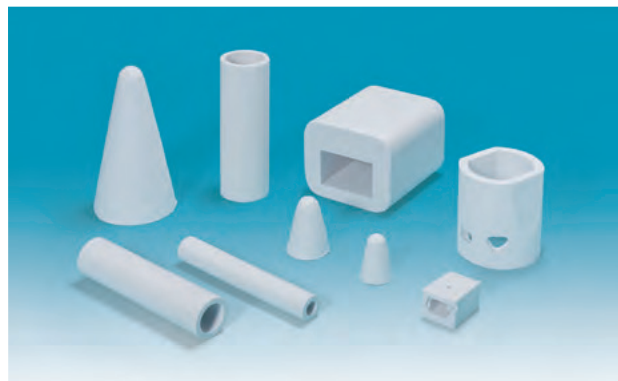


図9 モールド製品外観



図10 ペーパー製品外観



図11 ブロック製品外観

5.5 AES紡織品

紡織品の用途としては各種工業炉用断熱材、保温被覆材、遮熱カーテン、炉のドアおよびバーナーまわりのシールなどである。

当社の「ファインフレックスBIO® 紡織品」(クロス、テープ、コード、ツイストロープ、ブレードロープ)は、ガラス繊維および金属線で補強したAESを各形態に合わせ製織、編組した製品である。図12に製品外観、表4にラインアップを示した。



図12 紡織品外観

表4 「ファインフレックスBIO 紡織品」ラインアップ

TOMBO No.	製品名	構造
5685-A	ファインフレックスBIOクロス	AESウールを厚手のクロスに織った製品
5685-B	ファインフレックスBIOテープ	AESウールを厚手のテープ状に織った製品
5685-C	ファインフレックスBIOコード	AESウールのヤーンを複数本硬く撚った製品
5685-D	ファインフレックスBIOツイストロープ	AESウールのヤーンを撚り合わせた粗糸をさらに撚ったロープ状の製品
5685-E	ファインフレックスBIOブレードロープ	AESウールのバルクファイバーを中芯とし表面を被覆材で粗編みしたロープ状の製品

6. おわりに

本稿では人造鉱物繊維の分類という視点から各種繊維の性質や製造方法、使用用途などをご紹介したが、その繊維を構成する化学組成は無限大の組み合わせがあり、これからも新しい機能の開発が期待できる素材である。ニチアスでは、さらなる製品開発、技術開発に尽力し、「断つ・保つ」で社会に貢献する所存である。

- *「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
- *「ファインフレックスBIO」、「MGマイティロール」、「ホームマット」、「ホームマットNEO」、「マキベエ」はニチアス(株)の登録商標です。
- *「MGベルト」、「MGボード」はニチアス(株)の商標です。

参考文献

- 1) ニチアス技術時報 No.374, pp.8-12 (2016).
- 2) 藤木良規, 資源と素材 Vol.112, pp.199-206 (1996).
- 3) 産業衛生学雑誌 45巻, pp.178-182 (2003).
- 4) ニチアス技術時報 No.367, pp.4-7 (2014).
- 5) ロックウール工業会, ロックウール製品の特性と取扱い, 平成30年3月改訂版.
- 6) 日本高温断熱ウール工業会, 高温断熱ウール製品の取扱い, 平成30年1月改訂版.
- 7) BS EN 1094-1: 2008 Insulating refractory products.

筆者紹介



岩田 耕治

研究開発本部 浜松研究所長

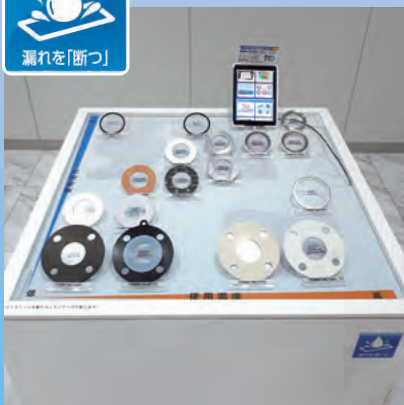
技術展示室 “Innovation Gallery”

「断つ・保つ」の技術を実感

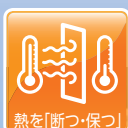


Innovation Gallery 全景

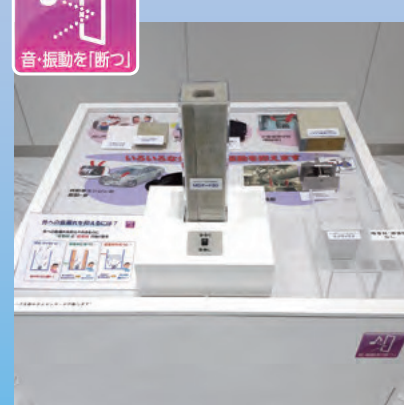
「断つ・保つ」の6つの技術展



使用温度や圧力、流体に応じた
さまざまなガスケット製品



極低温から超高温まで幅広い
保温・断熱製品



いろいろな分野の音・振動を
抑える技術

～鶴見研究所にも開設～

技術展示室“Innovation Gallery”は、お客さまとニチアスの技術・製品の出会いの場として昨年浜松研究所に開設し大変ご好評をいただいております。この度、関東近郊のお客さまにもお気軽にお越しいただけるよう、神奈川県横浜市の鶴見研究所にも“Innovation Gallery”を開設しました。展示を通し、数あるニチアスの「断つ・保つ」の技術・製品が、どこで使われ、どのような機能を持っているかをご実感いただけます。みなさまのご利用をお待ちしております。



ロケット関連製品



「断つ・保つ」の技術と製品の歴史



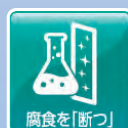
プラント配管関連製品



発電所関連製品



材料開発から施工まで一貫した耐火技術



多彩な加工技術で形創る
ふっ素樹脂製品



半導体工場のクリーン化に
貢献する製品

第2回 [次世代] 火力発電 EXPO

2018年2月28日～3月2日に東京ビッグサイトで開催された「第2回 [次世代] 火力発電 EXPO」に出展しました。当日は大盛況で、ユーザー様をはじめ全国から多くの方々にご来場いただきました。製品化予定の新素材を使用した高温用ボルトを展示し、火力関係の方をはじめ大きな反響をいただきました。



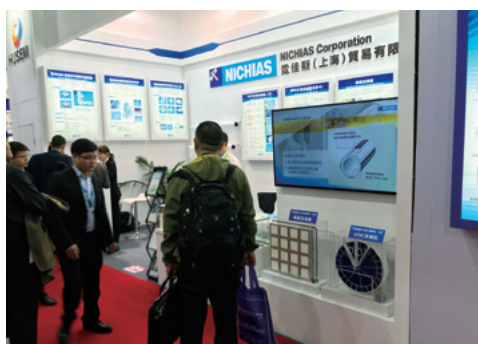
第39回ジャパン建材フェア

2018年3月16日～17日に、東京ビッグサイトで開催された「第39回 ジャパン建材フェア」に出展しました。弊社ブースでは、「火に強い！音に強い！ロックウール断熱材」をテーマに掲げ、ブース内に設置した遮音ルームでは、お客様にもその遮音性能をご体感いただきました。



SEMICON China 2018

2018年3月14日～16日に中国・上海の上海国際博覧展中心で開催された「SEMICON China 2018」に出展しました。半導体製造装置に欠かせない「ナフロン® PFAチューブ」などのふっ素樹脂製品やフィルター製品などを展示し、期間中は200名を超えるの方々にご来場いただきました。急速に市場を拡大している中国で、今後も製品・サービスをご提供してまいります。



Medtec Japan 2018

2018年4月18日～20日に東京ビッグサイトで開催された「Medtec Japan 2018」に出展しました。医療機器の設計・製造に関するアジア最大級の展示会であり、今回で日本開催10回目を迎えました。7年連続出展した弊社ブースにも、産官学の医療機器開発関係者に多数ご来場いただき、ふっ素樹脂を中心とした映像と製品展示にご好評いただきました。



「ニチアス技術時報」 バックナンバー

2018/2号 通巻 No. 381



- 〈寄稿〉 高温多湿気候下の都市住宅を対象としたパッシブクーリングによる省エネ改修手法の開発
-ニチアス・エコハウスによる実証研究-
- 〈製品紹介〉 厨房排気ダクト用防火材
TOMBO™ No.4520-S 「セラカバー® S」
- 〈製品紹介〉 TOMBO™ No.9014 「サニクリーン® ガスケット」
- 〈解説〉 ガスケットの締付管理について
- 〈連載〉 シール材 Q&A (最終回)

2018/1号 通巻 No. 380



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈解説〉 ニチアスの保冷技術
- 〈解説〉 冷蔵倉庫の防熱事業について
- 〈技術レポート〉 繊維系多孔質吸音材料の Biot パラメータの推定
- 〈新技術紹介〉 吸音性に優れた超軽量無機質スポンジ状素材
- 〈連載〉 シール材 Q&A (第10回)

2017/4号 通巻 No. 379



- 〈巻頭言〉 浜松研究所の新棟竣工にあたって
- 〈紹介〉 技術展示室 “Innovation Gallery” 開設
- 〈製品紹介〉 断熱材にアルカリアースシリケートウールを使用した
TOMBO™ No.9999-NA 「NA ベロー Q®」
- 〈製品紹介〉 クッション材にアルカリアースシリケートウールを使用した
TOMBO™ No.1841/1861 「NA メタルジャケットガスケット」 シリーズ
- 〈解説〉 医療用マルチルーメンチューブ成形技術
- 〈連載〉 シール材 Q&A (第9回)

2017/3号 通巻 No. 378



- 〈新製品紹介〉 ファインフレックス BIO® 応用製品
TOMBO™ No.5655 「ファインブロック®」
- 〈製品紹介〉 ニチアスのフィルター製品
- 〈製品紹介〉 低濃度有機溶剤濃縮機
TOMBO™ No.8805-SC 「ソルベントクリーン®」
- 〈製品紹介〉 産業用除湿ロータ
TOMBO™ No.8800-AC-SG 「ハニクル® SG」
TOMBO™ No.8800-MS 「ハニクル® MS」
- 〈製品紹介〉 気化式加湿+ケミカル物質除去装置
TOMBO™ No.8805-HW 「ハニカムウォッシャー®」
- 〈製品紹介〉 気化式加湿エレメント
TOMBO™ No.8808-HE-H 「ヒューセル®」
- 〈連載〉 シール材 Q&A (第8回)

バックナンバーは当社のホームページ (<http://www.nichiasu.co.jp/>) でもご紹介しております。
次号 2018/4号 通巻 No. 383 は 2018年10月発行予定です。

ニチアス株式会社

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

【東日本地区】

札幌支店	TEL (011) 261-3506
苫小牧営業所	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 (0792) 89-3241
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) 739-3639
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
工事業部	TEL (03) 4413-1124
基幹製品事業部	TEL (03) 4413-1123
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

・浜松 ・鶴見

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 ・イギリス ・チェコ
・メキシコ