

# ニチアス 技術時報

No. 383

2018 4号

## Contents

### 【工事実績紹介】

国内最大の冷蔵倉庫 東京団地冷蔵再整備事業  
における巻付け耐火被覆工事および防熱工事

### 【技術レポート】

ロックウールの優れた耐熱性について



### 【製品紹介】

配管加熱用ヒータ

TOMBO™ No.4500-PH-PA「プレノ® ヒータ A」

TOMBO™ No.4500-PH-PB-UL「プレノ® ヒータ B-UL」

TOMBO™ No.4500-PH-PT「プレノ® テープ」

**ニチアス**

## 目次

### 【工事実績紹介】

- ◆国内最大の冷蔵倉庫 東京団地冷蔵再整備事業における巻付け耐火被覆工事および防熱工事 ..... 1
- 建材事業本部 技術開発部  
基幹産業事業本部 工事業業部  
株式会社イノクリート

### 【技術レポート】

- ◆ロックウールの優れた耐熱性について ..... 8
- 研究開発本部 浜松研究所 持田 貴仁

### 【製品紹介】

- ◆配管加熱用ヒータ
- TOMBO™ No.4500-PH-PA 「プレノ® ヒータ A」  
TOMBO™ No.4500-PH-PB-UL 「プレノ® ヒータ B-UL」  
TOMBO™ No.4500-PH-PT 「プレノ® テープ」 ..... 14
- 高機能製品事業本部 無機断熱材技術開発部

### 【トピックス】

- ◆展示会出展のご報告：第3回ドリンクジャパン ..... 19
- ◆新サービス「ガスケット Labo™」を始めました！ ..... 19

#### 表紙写真：

##### ①東京団地冷蔵

13社の冷蔵倉庫運営会社が集まった団地式の冷蔵倉庫。老朽化のため建替えが行われ、2018年2月に営業運転が再開された。ニチアスグループは、巻付け耐火被覆工事および防熱工事を行った。

##### ②プレノ®ヒータ/プレノ®テープ

半導体などを製造する工程において、配管内部への副生成物やプロセスガスの析出物付着を防止する配管加熱用ヒータ。フレキシブルで配管への脱着も容易である。



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桁のお客番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/>

# 国内最大の冷蔵倉庫 東京団地冷蔵再整備事業 における巻付け耐火被覆工事および防熱工事

建材事業本部 技術開発部  
基幹産業事業本部 工事業業部  
株式会社イノクリート

## 1. はじめに

ニチアス技術時報No.380（2018年1号）では、冷蔵倉庫の防熱事業<sup>※1</sup>について、日本国内の冷蔵倉庫の歴史や環境規制の動向等を交えて紹介した。本稿では、具体的な工事实績として、2018年2月に竣工した東京団地冷蔵再整備事業（現有地での建替え工事）を紹介する。

本工事では、当社が鉄骨はりや柱周りの巻付け耐火被覆工事を、当社の子会社である株式会社イノクリート（以下、イノクリート）が防熱工事全般を手掛けたので併せて紹介する。

※1 冷蔵倉庫の業界では、断熱（保冷）を防熱と呼ぶことが多いため、本稿では表記を「防熱」に統一した。

## 2. 東京団地冷蔵再整備事業の概要

東京団地冷蔵株式会社殿（東京都大田区平和島）は、冷蔵倉庫業者を中心とした共同出資会社で、冷蔵倉庫の管理運営およびテナントへの賃貸を行っている。新倉庫は13の冷蔵倉庫運営会社が1カ所に集まった団地式となっている。

旧施設は高度経済成長に伴って増加した冷蔵倉庫需要に対応するため、1971～1976年まで3期に分けて建設工事が行われ、これまで首都圏の食の流通を支えてきたが、老朽化により今回、現有地での建替え工事が行われた。

完成後は環境への配慮や災害時の対策がなされた免震構造の採用や保安用発電機の設置など災害時に備えた建物スペック、自然冷媒を使った高能率冷却システムの導入やLED照明の全面導入による



図1 竣工間近の東京団地冷蔵の全景（2018年1月撮影）

省エネ化など、最新の設備が備わった。また建替え後の収容能力増強に伴う交通量増加に対応するため、構内出入口の分散化や待機スペースを確保するなど、周辺環境にも配慮されている。

今回の再整備事業では、従来9棟あった冷蔵倉庫が北棟と南棟の2棟に集約され、横幅は2棟合わせて350m、高さ33mの5階建て（一般的な建物では11階に相当する高さ）、奥行は74mとなり、設備能力は約17.8万トン<sup>※2</sup>（北棟：約13.0万トン、南棟：約4.8万トン）と従来から約3.0万トン増え、北棟は国内最大の冷蔵倉庫となった（図1、図2、図3）。

再整備後の営業運転は2018年2月に開始された<sup>1)</sup>。

※2 冷蔵倉庫の設備能力は1トン＝2.5m<sup>3</sup>として容積換算できる。よって東京団地冷蔵の収容容積は17.8万×2.5m<sup>3</sup>＝44.5万m<sup>3</sup>となる。

### 3. 工事概要

本工事では、当社が鉄骨はりや柱周りの巻付け耐火被覆工事を、インクリートが防熱工事全般を手掛けた。

耐火被覆材は倉庫が火災に見舞われた際、鉄骨はりや柱の温度上昇を遅延させ、建物の倒壊を防ぐとともに、初期消火や避難時間を確保する役割を担う。また防熱材は外部からの侵入熱を小さくし、倉庫内の冷温を保つことにより、日常的な省



図2 荷物の入庫を待つ冷蔵室

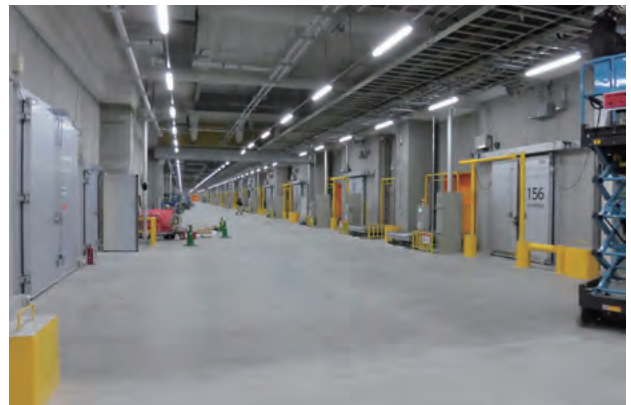


図3 向こうが見えないほど長い荷捌き室

エネや運転コストの低減に寄与する。

集合型冷蔵倉庫の耐火被覆・防熱構造のイメージを図4に示す。いずれの工事も建物全般が施工対象となっている。

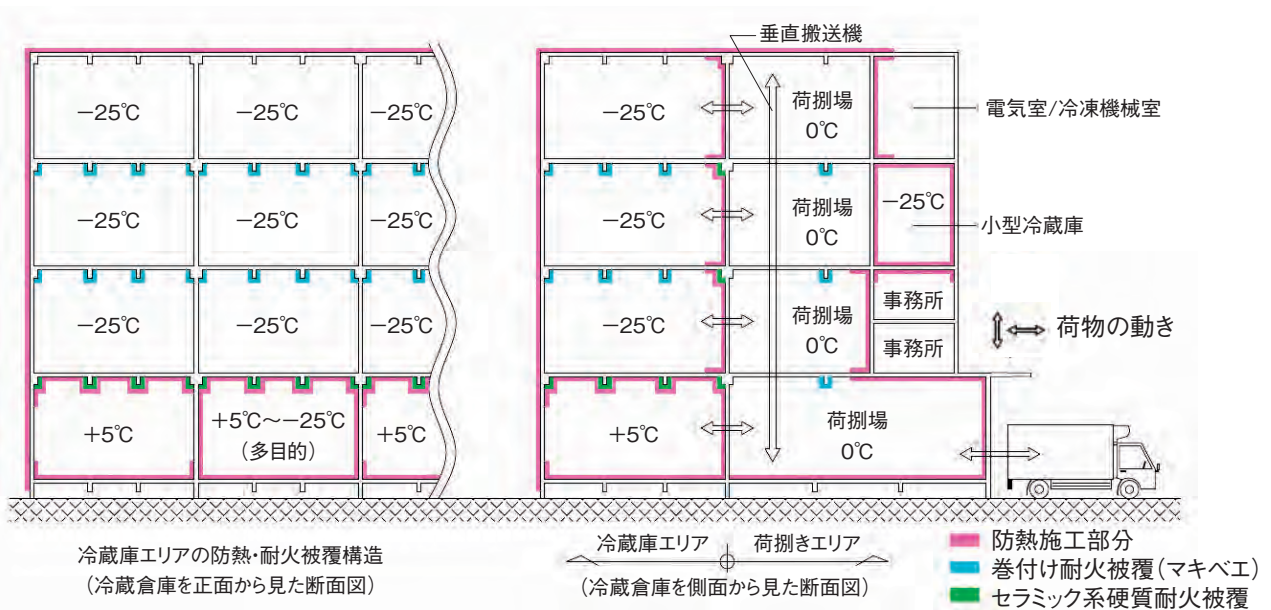


図4 集合型冷蔵倉庫の耐火被覆・防熱構造（イメージ図）

鉄骨はり・柱が耐火被覆工事の対象となる。また施設の外周と間仕切り部分、すなわち温度差の生じる部分が防熱工事の対象となる。なお本図はイメージであり、東京団地冷蔵の設計図面を抜粋したものではありません。

## 4. 耐火被覆工事

### 4.1 巻付け耐火被覆材「マキベエ®」について

建築基準法では、建築物の用途、規模、階数等によって、耐火建築物や準耐火建築物とすることが義務づけられている。想定される火災が鎮火するまでの間、火災による建築物の倒壊および延焼を防止するため、壁、柱、床、はり、屋根または階段といった主要構造部には所定の耐火処置が求められる。

当社が製造・販売する巻付け耐火被覆材マキベエは、主要構造部のうち、はり・柱への被覆で耐火構造とすることができる材料である。図5にマキベエの施工イメージを示す。

マキベエは耐熱ロックウールを基材とし、表面に着色不織布を施した乾式タイプの巻付け耐火被覆材である。耐火被覆材として最もよく使用される吹付けロックウールと比較し、①施工中の粉じん飛散が少なく、現場が汚れない、②マキベエ

施工中も同じエリアで他の工事が同時進行できる、③工場生産品で現場での厚さと密度の管理が不要、④意匠性に優れる、といった特長を有している。これらの特長が評価され、近年、倉庫、オフィスビル、病院、店舗などで採用が進んでいる。

耐火性能に関しては、はり・柱の耐火1時間、2時間、3時間の認定を取得している。耐火認定はマキベエ、鉄骨、固定ピンを含む構造単位となっているため、実工事においても、鉄骨はり・柱の大きさや形状、鉄骨への取付け方、マキベエの施工厚さなどが耐火認定仕様となり、それによって施工することで耐火性能を満足することができる。

耐熱ロックウールと汎用ロックウールの比較例として、1050℃における加熱試験結果を図6に示す。耐熱ロックウールは高温加熱時の寸法変化が少ないことから、はり・柱施工後に加熱された際、目地開きが生じにくいという特長を生み出している。

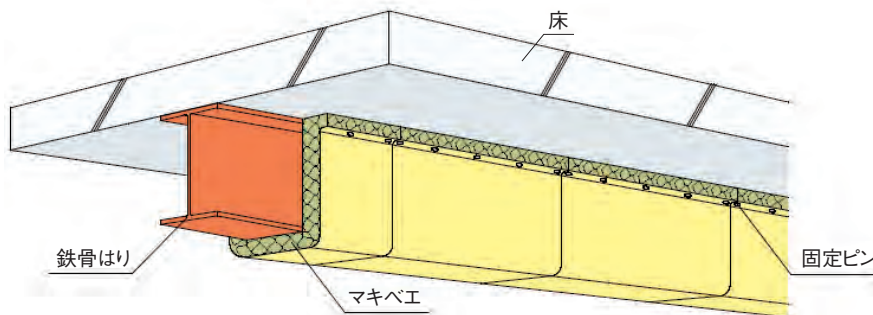


図5 巻付け耐火被覆材マキベエの施工イメージ

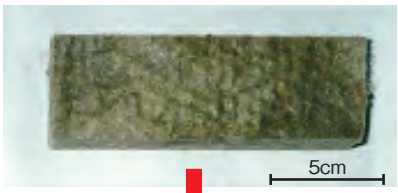



	耐熱ロックウール (マキベエ)	汎用ロックウール
加熱前		
加熱後		

図6 1050℃-3時間加熱前後の外観比較

## 4.2 「マキベエ®」の施工について

東京団地冷蔵におけるマキベエの施工状況を図7、図8に示す。

従来、耐火被覆材としては、安価な吹付けロックウールが使用されてきたが、吹付けロックウールは施工中の発塵が多いため、事前に養生作業が必要であり、養生材を撤去するまでは次工程に進むことができなかった。吹付けロックウールとマキベエの比較を表1に示す。

表1 吹付けロックウールとマキベエの比較

項目	吹付けロックウール	マキベエ
施工時の飛散養生	必要	不要
他工程との並行工事	原則不可	可
品質管理	作業者の技量で施工厚さ、密度にバラつきが生じやすい（現場での管理）	工場生産品で施工厚さ、密度が均一

マキベエは粉じんの飛散対策が不要なため、建物の床（土間コンクリート）が完成し、高所作業車が安全に使用できる環境下であれば、外壁や間仕切り壁が取り付け前であっても（図7、図9のような状況）、鉄骨はり・柱への耐火被覆作業を進めることができる。

東京団地冷蔵ではその特長をフルに生かし、床が完成したエリアから順次マキベエによる耐火被覆工事を行うことができた。その結果、次工程の設備工事や防熱工事と交錯することなく、引き渡しがスムーズに進んだ。また取付け後に空調設備などの設計変更や点検作業などが生じた場合でも、マキベエは取り外し、再施工あるいは交換作業に応じることができた。

マキベエは一度使うと、工程管理の容易さから、採用いただいたご担当者がリピーターになり、次案件でも採用いただくケースが増えている。本工事の担当者からも、次もぜひ使用したいというお言葉をいただくことができた。

なお、上下階や隣り合う空間で温度が異なる場合は、間仕切り部分の鉄骨はりや柱も防熱の対象となり、耐火被覆材と防熱材の両方が必要となる。



図7 マキベエの施工状況

外壁が取り付け前に、天井鉄骨はりに施工されたマキベエ。

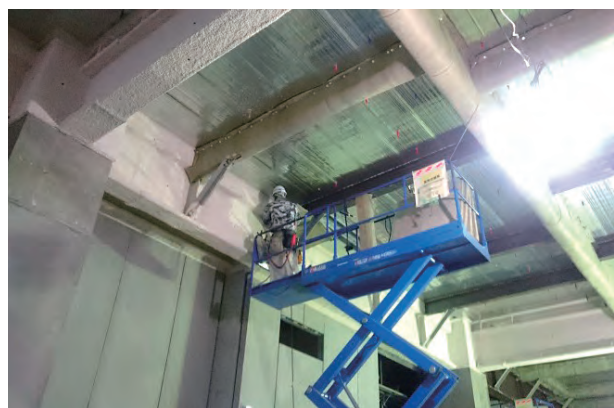


図8 高所作業車によるマキベエの被覆作業



図9 建設中の東京団地冷蔵（2017年4月撮影）

建物内部ではマキベエの巻付け耐火被覆工事が進行中。右下の白いプレハブ小屋（3階建て）が現場事務所。

当該部位にはマキベエは使用されず、それぞれ自己接着性を有する吹付けセラミック系硬質耐火被覆材と吹付けポリウレタンフォーム防熱材が使用された（図4参照）。

## 5. 防熱工事

### 5.1 冷蔵倉庫の防熱工事

近年の大型冷蔵倉庫は外防熱方式が採用されることが多い。外防熱方式は、建物を丸ごと防熱材で覆ってしまう方式で、躯体コンクリートが蓄熱効果を持ち、入庫品の温度や扉の開閉頻度に比較的影響を受けずに庫内温度を維持できる。また内防熱方式に比べると、同じ躯体であれば、庫内容積を大きく取ることができる。さらに、仕上げがコンクリートになる部屋が多くなるので、防湿層の破損が少ない、といった特長がある<sup>2)</sup>。

冷蔵倉庫は保管物に応じて運転温度の異なる部屋を設置する。また荷捌場や機器室、さらには事務所スペースを設けることもあるため、施設内は複数の間仕切りが存在し、間仕切り部分も防熱工事の対象となる。よって外防熱方式を採用しても、実際は建物内部の作業の方が多くなるのが通例である(図4)。

防熱材としては、押出法ポリスチレンフォーム(工場生産品)、吹付けポリウレタンフォーム(現場施工)などがあり、これらの特長をうまく組み合わせ防熱工事は進められる。

冷蔵倉庫に使用される防熱材の一例を表2に示す。一般住宅向けの材料と比較すると冷蔵倉庫は、厳しい省エネ設計が求められ、防熱厚さは200mm超となることもある。また冷却によって生じる熱収縮も大きいいため、低熱伝導率・高強度の

表2 冷蔵倉庫に使用される防熱材の一例

防熱材	押出法ポリスチレンフォーム	吹付けポリウレタンフォーム
該当規格	JIS A9511 A種保温板3種b	JIS A9526 A種2HまたはB種
密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	25以上	規定なし
圧縮強さ [N/cm <sup>2</sup> ]	20以上	17以上
熱伝導率 [W/(m・K)]	0.028以下	0.026以下
接着強さ [N/cm <sup>2</sup> ]	規定なし	10以上

各種JIS規格より代表特性を抜粋し、単位を揃えた。

品種が採用される。

なお各種防熱材の特徴や防熱厚さの選定、施工状況の一例について、ニチアス技術時報No.380(2018年1号)に記したので、こちらも併せて参照されたい。

### 5.2 東京団地冷蔵における防熱工事

本防熱工事は、2017年5月に着手し、最盛期は130人体制で急ピッチに進められた。通常、冷蔵倉庫の外壁防熱工事は、建物の周囲を足場で囲い、防熱材料は大型クレーンを使って直接、足場上に間配り(施工場所ごとに必要量を供給すること)される。しかしながら本工事では、建物の裏手にモノレールが走っており(図10)、重機を設置するスペースがないことから、建物の正面および側面から、クレーンで防熱材料を一旦、屋根上に上げたうえで、専用の吊り下げ治具を使って壁面に供給した(図11)。また足場上での作業を極力少なくするために、あらかじめ柱の間隔に合わせて防熱材を大判化加工するなどの工夫も行った。足場上での加工作業を少なくすることで、防熱材の端材や粉じんの飛散が低減され、また作業者の安全性向上にも一定の効果があったと考えている。

また屋根部の防熱工事では、防熱材の飛散防止に細心の注意を払った。防熱材は比重が小さいため、突風で飛ばされる可能性もある。間違えて防熱材が落下し、モノレールの運行に支障をきたすようなことがあれば、社会に与える損害は計り知



図10 東京団地冷蔵の立地条件

東京モノレール「流通センター駅」の裏手に位置する。材料の運搬に制約があるほか、防熱材の飛散防止策にも万全を期した。



図11 外壁の防熱工事

白く見えている部分が屋上から供給された断熱パネル。



図12 床の防熱工事

押しポリスチレンフォームのパネルを敷き詰めた断熱層が形成されている。このあとコンクリートが打設されて床面が完成する。なお鉄骨はり・柱には巻付け耐火被覆材マキベエが既に施工済みである。

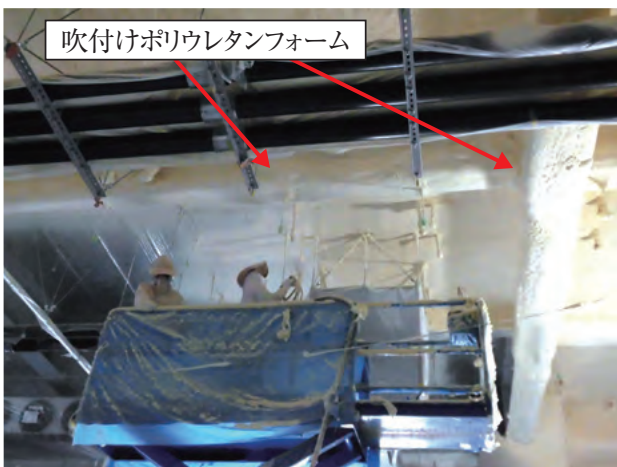


図13 天井の防熱工事

吹付けポリウレタンフォームは、その自己接着性により、形状や向きを選ばずシームレスの防熱層を形成できる。

れない。そこで屋根上げする防熱材の量は一日で使い切る量に調整し、日中も飛散防止対策を入念に行った。

並行して床や天井、間仕切り部分、配管貫通部などの防熱工事（図12、図13）に着手し、2018年2月上旬に全ての工事が完了し引き渡しとなった。

## 6. おわりに

近年の冷蔵倉庫は大型化する傾向にあり、新築案件は冷蔵能力2万トン（所管容積5万 $\text{m}^3$ ）を超えるケースも珍しくなくなった。またイノクリートの防熱工事と当社の巻付け耐火被覆工事が併せて採用されるケースも増えている。

しかしながら本工事は、稼働人員や取り扱う部材の量が過去の実績と比較して桁違いに大きいため、工事体制の構築や現地での工程調整にはこれまでに経験のない苦労もあった。そのような状況の中、大きな事故もなく完工を迎えられたことに安堵している。この場を借りて協力会社をはじめ、本工事に携わった全ての関係者に御礼申し上げたい。

現在、低温物流市場は中食需要の拡大やコンビニエンスストア、チェーンストアのPB商品などの強化により拡大基調にある。また2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けた準備も進められている。特に首都圏は冷蔵倉庫のスペースに余裕がなく、入庫量が高水準で推移しており、東京団地冷蔵の稼働再開を心待ちにする声も多かったと伺っている。今回、国内最大の冷蔵倉庫建設にあたり、当社が耐火被覆工事や防熱工事を通じて携われたことを大変光栄に感じている。

本件の巻付け耐火被覆工事に関するお問い合わせは建材事業本部に、防熱工事に関するお問い合わせは株式会社イノクリート（東京工事営業部）までお願いいたします。

## 参考文献

- 1) 東京団地冷蔵株式会社殿、2018年2月27日付ニュースリリース“東京団地冷蔵(株)国内最大の冷蔵倉庫が竣工”。
- 2) 公益社団法人 日本冷凍空調学会、改訂新版 冷蔵倉庫、p93 (2012)。

\*「マキベエ」はニチアス(株)の登録商標です。



# 株式会社イノクリート

株式会社イノクリートは、2013年、ニチアス株式会社の完全子会社として設立。2014年3月株式会社井上冷熱よりコールドエンジニアリング事業および海洋事業を譲り受け、着実に成長の道を歩んでいます。

これからも、冷凍、冷蔵のエンジニアリング会社として、冷蔵倉庫の防熱・設備工事やLNG船、冷凍船などの防熱工事を通じて環境保護と省エネルギー社会の実現に向けて貢献してまいります。



## ● 事業紹介

### コールドエンジニアリング部門



食の安全と人々の健康を考える  
防熱・冷却のスペシャリスト

### 海洋部門



生活の安全と人類の豊かさを支える  
防熱のスペシャリスト

## ● 会社概要

商号	株式会社 イノクリート
設立	平成25年11月27日
資本金	2,000万円
代表者	代表取締役 高野 哲郎
社員数	52名(2018年10月現在)

### 本社

〒542-0081

大阪市中央区南船場4-11-10 ニチアス(株)大阪支社5階

TEL(06)6120-1910(代表) FAX(06)6120-1912

### 東京工事営業部

〒104-0043

東京都中央区湊1-6-11 ACN八丁堀ビル8階

TEL(03)3551-6756(代表) FAX(03)3551-6766

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



# ロックウールの優れた耐熱性について

研究開発本部 浜松研究所 持田 貴仁

## 1. はじめに

ロックウールとは、製鉄所の高炉からの副産物である高炉スラグの他、玄武岩や安山岩などの天然鉱石をキュボラや電気炉を用いて高温で熔融し、遠心力などで吹き飛ばして繊維状にした人造鉱物繊維である。優れた耐熱性、断熱性、防音性を有していることから、産業用途、住宅用途、耐火被覆用途などの幅広い分野で使用されている。

用途や使用目的に応じて粒状、ボード状、フェルト状、ブランケット状、帯状、筒状に加工されたロックウール製品がある。

当社では、産業や住宅において断熱・保温用途などに用いられる汎用ロックウールと、より高温下で耐火用途などに用いられる耐熱ロックウールの多種多様な製品をラインアップしている。

本稿では、ロックウールの優れた耐熱性について、同様に断熱・保温用途で使用されるグラスウールと比較しながら紹介する。

## 2. 耐熱性評価

ロックウールやグラスウールは、直径数 $\mu\text{m}$ ～数十 $\mu\text{m}$ の繊維が複雑に絡み合い、繊維間に空隙を持つことで断熱性や防音性を発現する繊維質断熱材である。これら繊維質断熱材の耐熱性とは、高温においても断熱性や防音性を発現できることである。そのためには、高温にさらされても繊維形態を維持し、断熱材としての形状を保持することが必要である。

本稿では、各種断熱材の耐熱性について報告する。

### 2.1 試験サンプル

表1に評価サンプルの一覧を示す。サンプルには当社製の汎用ロックウール断熱材（以下、汎用ロックウール）と耐熱ロックウール断熱材（以下、耐熱ロックウール）および、市販されているグラスウール断熱材2種（以下、グラスウールA、B）を使用した。繊維組成の分析には蛍光X線分析装置を用いた。

表1 評価サンプル一覧

	汎用 ロック ウール	耐熱 ロック ウール	グラス ウール A	グラス ウール B	
メーカー	ニチアス	ニチアス	A社	B社	
かさ密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	80	100	28	14	
繊維 組成 [wt.%]	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	56	48	67	69
	CaO + MgO	38	37	10	14
	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	2	2	18	16
	その他	3	12	4	1

### 2.2 試験方法

加熱試験を行い、加熱後の形態観察により耐熱性を評価した。

#### 2.2.1 サンプルサイズと加熱条件

《サンプルサイズ》

- ・幅100mm × 奥行100mm × 高さ50mm

《加熱条件》

- ・昇温速度：200℃/hr.

- ・加熱温度：600, 700, 800, 1000℃
- ・加熱時間：3hr.
- ・降温速度：200℃/hr.

### 2.2.2 評価方法

加熱前後のサンプルについて、以下を実施した。

- ・マクロ観察：断熱材の外観観察
- ・ミクロ観察：繊維形態のSEM観察

### 2.3 結果

加熱前後のサンプルの外観写真を図1に示す。外観を比較すると、いずれのグラスウールも600℃の加熱により幅・奥行方向、および高さ方向に大きく収縮していることがわかる。また、700℃加熱

後においては熔融し繊維形態を有していなかった。

一方、汎用ロックウールは700℃までほとんど収縮していないことがわかる。また、耐熱ロックウールは700℃以上の温度において高さ方向に収縮しているが、幅・奥行方向に関しては1000℃までほとんど収縮しておらず、繊維形態を維持していた。

繊維形態を詳細に観察したSEM像を図2に示す。SEM像左上には同条件で加熱された断熱材サンプルの外観写真を示している。

600℃加熱後の繊維形態について、汎用ロックウール、および耐熱ロックウールは未加熱と差がなかったが、グラスウールにおいては繊維が湾曲している様子が確認された。図3に、600℃で加熱したグラスウールA、Bについて、繊維交点を拡大

加熱条件	汎用ロックウール	耐熱ロックウール	グラスウールA	グラスウールB
未加熱				
600℃	 変化なし	 変化なし	 全体的に大きく収縮	 全体的に大きく収縮
700℃	 変化なし	 高さ方向に収縮	 熔融	 熔融
800℃	 全体的に大きく収縮	 高さ方向に収縮	-	-
1000℃	-	 高さ方向に収縮	-	-

図1 加熱前後のサンプル外観

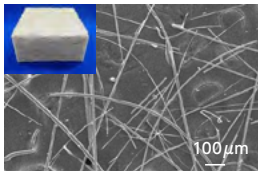
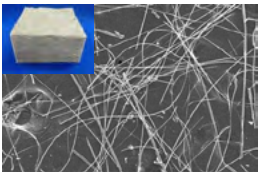
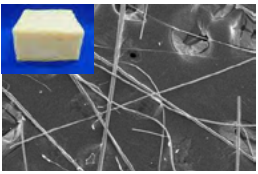
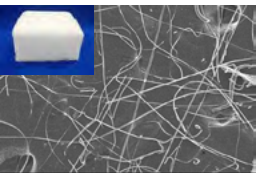
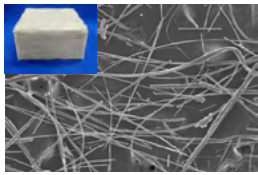
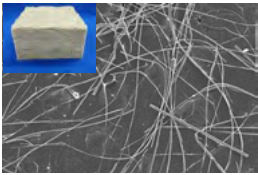
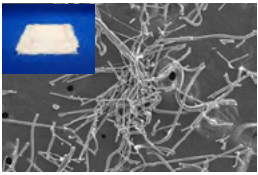
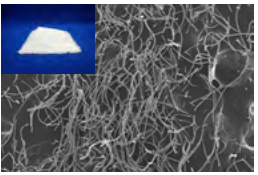
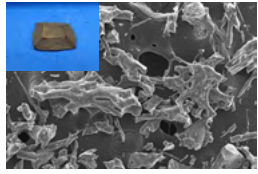
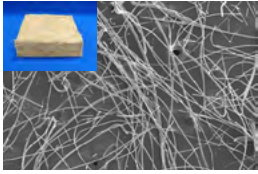
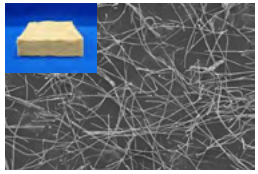
加熱条件	汎用ロックウール	耐熱ロックウール	グラスウールA	グラスウールB
未加熱				
600℃	 変化なし	 変化なし	 湾曲・融着	 湾曲
800℃	 融着	 変化なし	—	—
1000℃	—	 変化なし	—	—

図2 加熱前後の繊維形態 (SEM像)

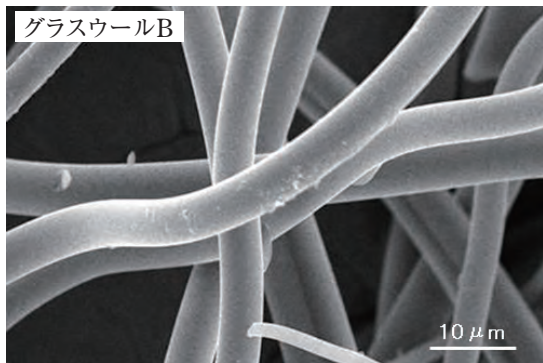
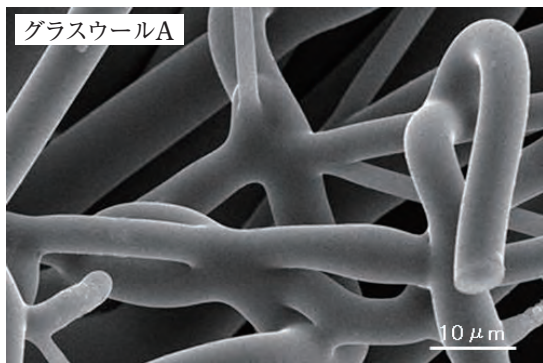


図3 600℃加熱後グラスウールの繊維交点 (SEM像)

したSEM像を示す。グラスウールAは繊維が湾曲し繊維交点が融着して一体化している様子が良くわかる。一方で、グラスウールBは繊維交点の融着は確認できなかったが、繊維が湾曲していた。

また、800℃加熱後の汎用ロックウールは繊維同士が融着しほとんど繊維の形態を有していなかったが、耐熱ロックウールは繊維形態を維持しており、未加熱の状態と大きな差はなかった。

図4には1000℃で加熱した耐熱ロックウールの

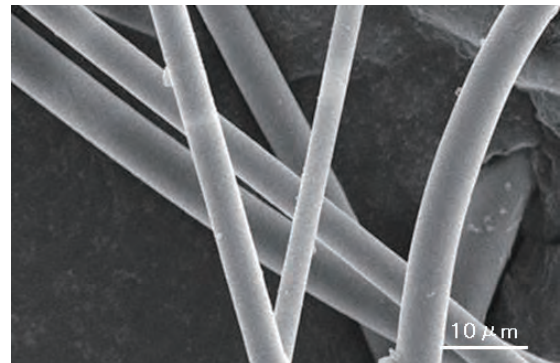


図4 1000℃加熱後耐熱ロックウールの繊維交点 (SEM像)

繊維交点を拡大したSEM像を示す。1000℃で加熱しても、繊維交点が融着している様子は確認されず、繊維形態にも湾曲などの変化はなかった。

### 3. 考察

#### 3.1 繊維質断熱材の収縮挙動と耐熱性

ロックウールやグラスウールなどの繊維質断熱材は、繊維交点の摩擦力と繊維形態によりその形状を保持している。加熱により繊維が軟化変形すると、繊維交点の距離が縮まり、断熱材として収縮する。繊維表面には、表面をできるだけ小さくしようとする表面張力が働いている。繊維が軟化し変形可能な状態になると、表面張力の影響で、繊維が太くなったり、変形したりすると考えられる。さらに繊維の軟化が進行すると繊維交点が融着し、最終的には溶融する(図5)。

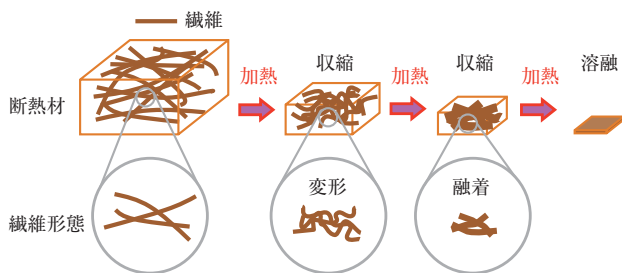


図5 繊維質断熱材の収縮挙動

繊維質断熱材の耐熱性は、繊維形態が変化せず、繊維間に空隙を持つ断熱材としての形状を維持可能な温度が高い程、優れていると言える。

耐熱性評価の結果より、グラスウールは600℃以上の温度にさらされると、繊維が湾曲することにより断熱材としての構造が維持できず、十分な断熱性能が発現できない。一方で、ロックウールは700℃の高温下においても、繊維形態が変化せずに断熱材としての構造を維持できることから、断熱性能を発現可能であることがわかった。

また、耐熱ロックウールに関しては1000℃にさらされても、繊維に湾曲が起きず断熱材としての構造を維持していたことから、汎用ロックウールよりもさらに高い耐熱性を有することが確認できた。

#### 3.2 耐熱ロックウールの耐熱性発現メカニズム

図2で示したように、800℃以上の高温にさらされると汎用ロックウールは繊維交点が融着していたが、耐熱ロックウールにはそのような様子は確認できず、繊維の湾曲も見られなかった。

いずれのロックウールも未加熱の状態は非晶質である。非晶質とは結晶のように原子が規則的な配列を持たない物質であり、対して結晶質とは物質を構成する原子が空間的に規則性を持ち、隣りあう原子と3次元で周期的に配列しており、安定な構造である(図6)。

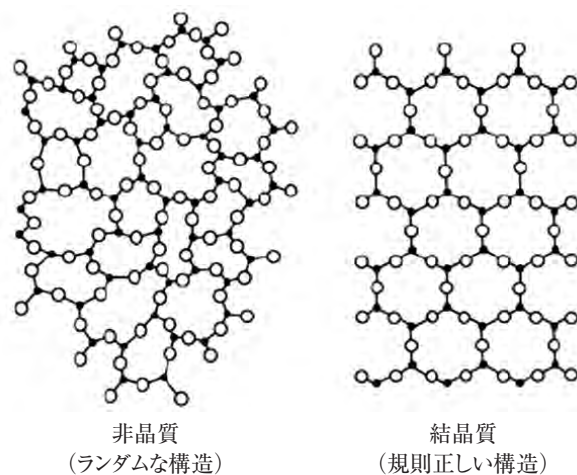


図6 非晶質と結晶質の構造イメージ

非晶質の例としては、一般的なガラスは室温から加熱すると軟化変形するが、結晶化ガラスと呼ばれる特殊な組成のガラスは、その軟化変形する温度に到達する前に結晶に変化し始め、そのために軟化変形することなく遂には微結晶の凝集体に変化することが知られている<sup>1)</sup>。したがって、繊維の湾曲・融着は軟化変形する前に結晶が存在するかどうか、重要なポイントであると考えられる。

汎用ロックウールは700℃で外観変化がなく、800℃で繊維が融着していることから、700～800℃の間で繊維が軟化変形するものである。

そこで軟化変形前である700℃で加熱した繊維に結晶が存在するか、汎用ロックウールと耐熱ロックウールの繊維表面について詳細に観察した。SEM像を図7に示す。

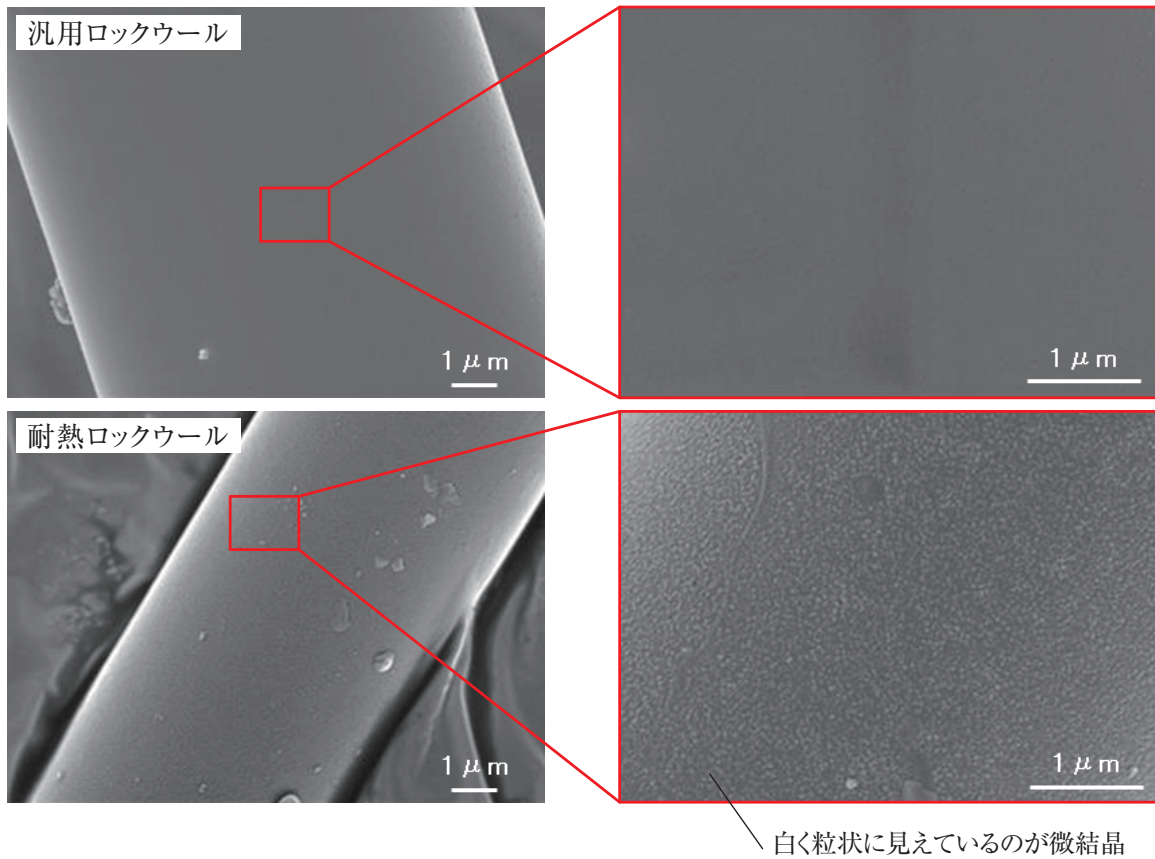


図7 700°C加熱後ロックウールの繊維表面 (SEM像)

700°Cで加熱した汎用ロックウールの繊維表面が非常に滑らかであるのに対し、耐熱ロックウールの繊維表面には数nmの微結晶が観察された。このことから、耐熱ロックウールは繊維が軟

化変形する前に微結晶が存在することで軟化が進行せず、800°C以上の高温にさらされても繊維の湾曲・融着が起きなかったと考えられる。一方で、汎用ロックウールは結晶が確認できなかったことから、一般的なガラス同様に軟化が進行し、800°Cにおいて繊維同士が融着したと考えられる(図8)。

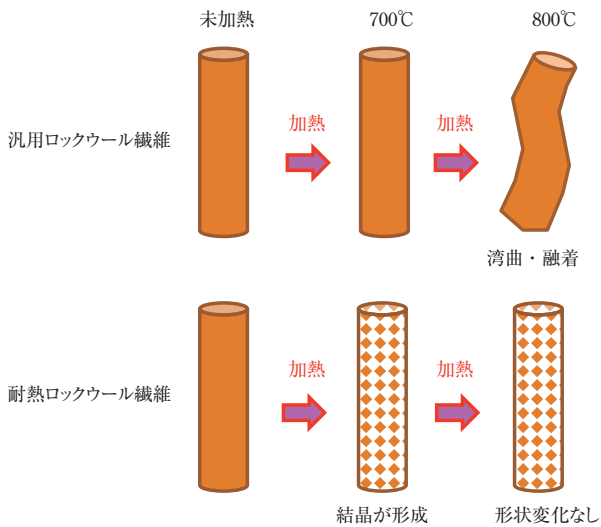


図8 耐熱ロックウールの耐熱性発現モデル

#### 4. 耐熱ロックウールの優れた耐熱性を生かした製品「マキベエ®」

マキベエは、当社が開発した巻付けタイプの耐火被覆材である。表面には不織布を施しており、耐火材には当社の耐熱ロックウールを採用した製品である。

耐火被覆材に求められる機能は、火災時に人が避難するための一定時間の間、建物の骨格である鉄骨を守ることである。



図9 マキベエ外観



図10 マキベエ施工状況

図9にマキベエの外観を、鉄骨のほりに被覆した施工状況を図10示す。

マキベエは、はり柱などの耐火認定を取得している。耐火認定を取得するには、900℃を超える高温下においてはり柱の温度上昇を遅延させなければならない。そのためには、高温にさらされても繊維形態を維持し、断熱性能を発現し続ける必要がある。したがって、900℃以上で繊維形態を維持できる耐熱ロックウールは、耐火被覆材に非常に適した材料であると考えられる。

マキベエは、前述したような優れた耐火性能に加え、その薄さ・軽さとシンプルな施工性、および施工時・施工後の発じん量が少ないエコ・フレンドリーな当社の主力製品である。

## 5. おわりに

本稿では、ロックウールの優れた耐熱性について、グラスウールと比較しながら紹介した。また、当社が開発した耐熱ロックウールは、1000℃の高温下においても繊維形態を維持することが可能であり、汎用ロックウールと比較してさらに優れた耐熱性を有すること、そのポイントは繊維の軟化変形前における結晶の存在であることを述べた。

当社グループでは多様化する市場ニーズに応えるべく、汎用ロックウールと耐熱ロックウールを使い分け、数多くのロックウール製品をラインアップしている。

これからも当社グループは、より良いロックウール製造技術・製品を追求することで、環境負荷の少ない持続可能な社会の現実に貢献したいと考えている。

## 参考文献

- 1) 日本結晶学会誌8巻, pp.147-156 (1966).

\*「マキベエ」はニチアス(株)の登録商標です。

## 筆者紹介



### 持田 貴仁

研究開発本部 浜松研究所  
ロックウール製品の研究開発業務に従事

## 配管加熱用ヒータ

TOMBO™ No.4500-PH-PA 「プレノ® ヒータ A」

TOMBO™ No.4500-PH-PB-UL 「プレノ® ヒータ B-UL」

TOMBO™ No.4500-PH-PT 「プレノ® テープ」

高機能製品事業本部 無機断熱材技術開発部

### 1. はじめに

半導体やフラットパネルディスプレイ（以下、FPD）を製造する前工程において成膜工程、エッチング工程などでは、さまざまなプロセスガスを使用しています。その工程において副生成物や排ガスが配管内部で凝結し、析出することを防止するために配管加熱用ヒータが使用されています。半導体やFPDはクリーンルーム内で製造されるため、使用する配管ヒータには低パーティクル性や低アウトガスなどのクリーン性、配管内部温度の均熱性が要求特性としてあげられます。近年ではプロセスの高温化に伴う対応や、さらに2013年に中国で発生した半導体製造工場の大規模火災に

端を発し、半導体製造設備に対しての不燃性・難燃性の認証取得を求められるケースが出てきています。

弊社では、配管加熱用ヒータとしてプレノシリーズを上市しています。近年の客先ニーズの変化に伴い難燃性能などに対応した製品についてもラインアップしているため、本稿にて紹介します。

### 2. 製品概要

#### 2.1 使用箇所

配管加熱用ヒータの主な使用箇所を図1に赤色で示します。

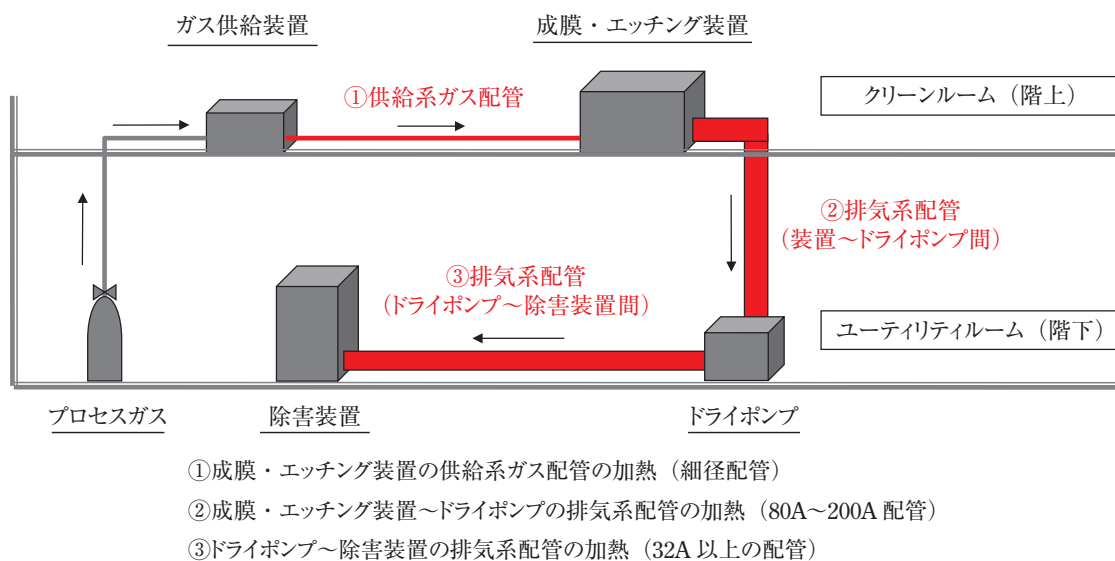


図1 配管加熱用ヒータの使用箇所



## 2.2 構造と特長

弊社のプレノヒータは、図2に示す通り外皮材、内皮材、断熱材、および熱源であるヒータ線を縫付けたクロスで構成されています。フレキシブル性を有しており、配管への着脱が容易に行える構造を特長とした製品です。

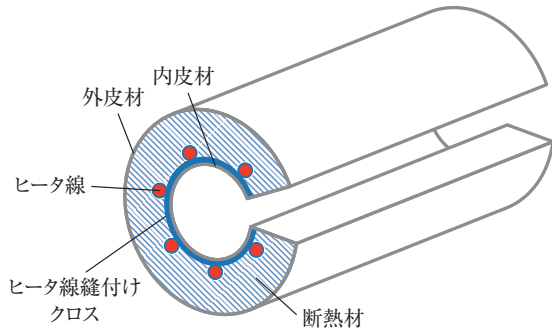


図2 プレノヒータの構造 (イメージ)

## 2.3 ラインアップ

弊社の配管加熱用ヒータの製品ラインアップを表1に示します。

### 2.3.1 TOMBO™ No.4500-PH-PA 「プレノ® ヒータ A」

プレノヒータAは、外皮材および内皮材に柔軟性のある多孔質PTFEシートTOMBO™ No.9096「ニチアスソフトシール®」(以下、ニチアスソフトシール)を使用することによってクリーン性を有した、立体形状を特徴とする配管加熱用ヒータです。多孔質PTFEシートを使用した配管加熱用ヒータは独自の技術であり、特許登録製品です(特許第3752583号)。最高使用温度は250℃です。

### 2.3.2 TOMBO™ No.4500-PH-PB-UL 「プレノ® ヒータ B-UL」

プレノヒータB-ULは、プレノヒータAと同様に、外皮材および内皮材にニチアスソフトシールを使用した立体形状の配管加熱用ヒータで、UL認証(後述)を取得した製品です。最高使用温度は180℃です。

### 2.3.3 TOMBO™ No.4500-PH-PT 「プレノ® テープ」

プレノテープは、プレノヒータAと同様に、外皮材および内皮材にニチアスソフトシールを使用した、柔軟性のあるテープ状ヒータであり、エルボやチーズなどを含む細径配管への施工・加熱に適しています。最高使用温度は200℃です。

## 2.4 基本仕様

### 2.4.1 ヒータ仕様

- ①電源電圧：お客様の供給電圧に合わせて個別設計します。
- ②出力設計：配管の形状、使用環境に合わせて個別設計します。
- ③温度制御：熱電対により温度を検知して制御します。
- ④寸法形状：被加熱物の形状に合わせて個別設計します。

### 2.4.2 安全仕様

過昇温防止として、熱電対(制御とは別系統で設置)やサーモスタットなどご要望に応じて個別対応が可能です。

表1 製品ラインアップ

製品	TOMBO™ No.4500-PH-PA 「プレノ® ヒータ A」	TOMBO™ No.4500-PH-PB-UL 「プレノ® ヒータ B-UL」	TOMBO™ No.4500-PH-PT 「プレノ® テープ」
外観			
最高使用温度	250℃	180℃	200℃
外皮材	ニチアスソフトシール(多孔質PTFEシート)		
内皮材	同上		
断熱材	ガラスマット		なし(別途専用保温材を施工)
発熱体	Ni-Cr系金属抵抗体		

### 3. 製品特性

プレノヒータAを代表例として、そのヒータ特性について以下に記します。

#### 3.1 加温特性 (昇温性, 均熱性)

##### 3.1.1 測定方法

測定はSUS304の80A配管にヒータを取り付け、

フランジ部は専用の保温材を施工した状態で測定を実施しました(図3)。なお、温度制御は製品に内蔵された熱電対で行いました。

##### 3.1.2 測定結果

室温から250℃までの昇温特性を図4に、各設定温度の配管内部の均熱特性を図5に示します。昇温特性についてはスタートから約50分で制御

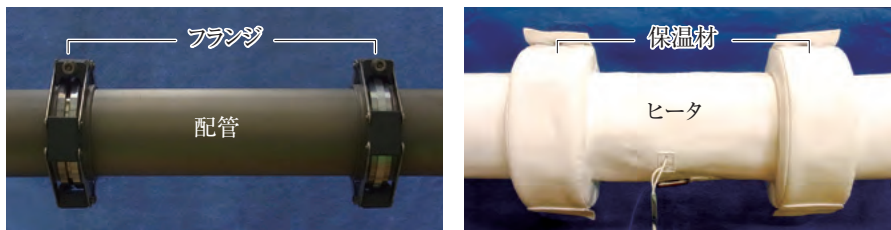


図3 配管へのヒータ取り付け

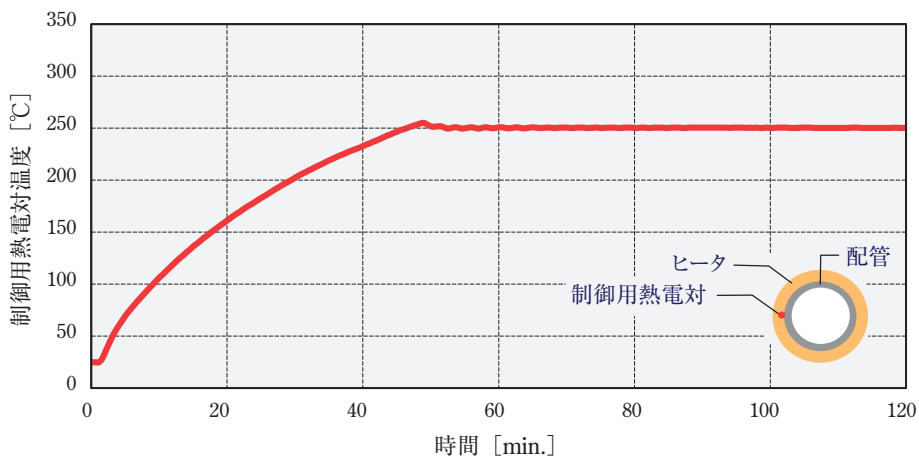


図4 プレノヒータAの昇温特性

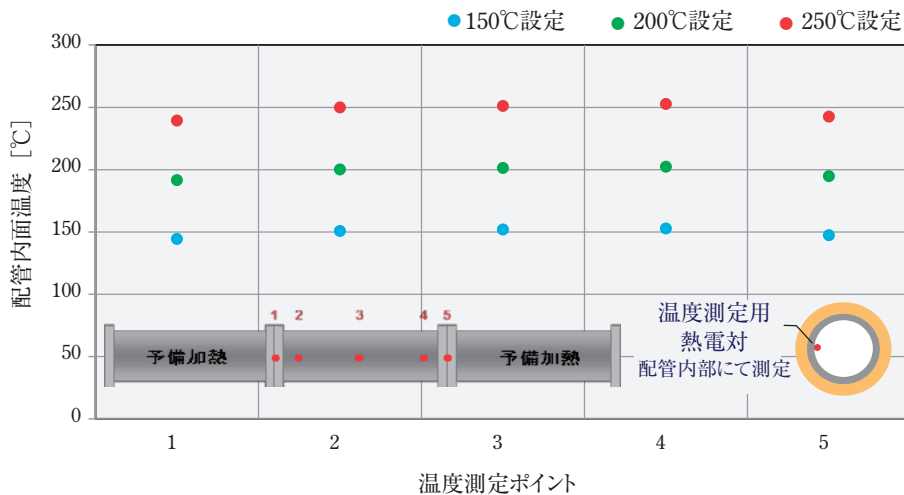


図5 プレノヒータAの均熱特性

用熱電対が250℃まで到達しており、また均熱特性については、200℃までは±10℃、250℃においても±15℃の範囲に収まっています。

フランジ部は配管部に比べ熱容量が大きく温度が上がりにくい部位であるため、配管内部の温度が全体的に均一になるように、中央部に比べフランジ近傍に高い出力を分配する設計としています。

### 3.2 パーティクル特性

#### 3.2.1 測定方法

クリーンチャンバー内に、プレノヒータAを施工した80A配管を設置し、通電時にヒータから発生するパーティクルを、JIS B9920「クリーンルームの空気清浄度の評価方法」に準拠した方法で測

定しました。測定装置はJIS B9926に準拠した図6に示す垂直型の装置を用いました。

なお、パーティクルの捕集条件は0.3 l/minとし、ヒータの加温条件は室温から250℃まで昇温させ、通電開始から1時間までは10分間隔、温度安定後4時間は30分間隔でパーティクル発生量を測定しました。測定は2サイクル実施しました。

#### 3.2.2 測定結果

0.1 μm, 0.3 μm, 0.5 μm 以上のパーティクル測定結果を図7に示します。昇温初期は0.1 μm 以上のパーティクルが900個程度発生しましたが、昇温開始1時間後にはほぼパーティクルの発生はなくなり、2サイクル目は通電初期から発生は見られませんでした。

ご要望により、プレノヒータAは、出荷前にパーティクル除去を目的とした通電処理の対応が可能です。

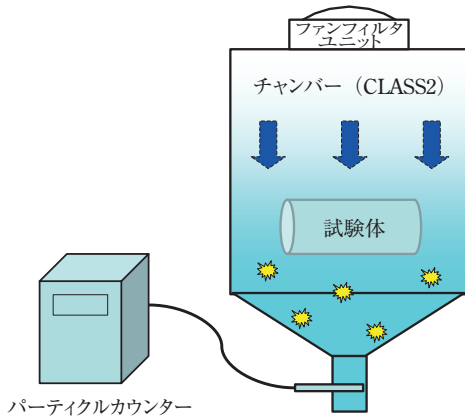


図6 パーティクル測定装置

## 4. 認証について

弊社で品揃えする配管ヒータは、TÜV, UL, FMの3つの認証を取得しており、それぞれに対応した製品一覧を表2に示します。

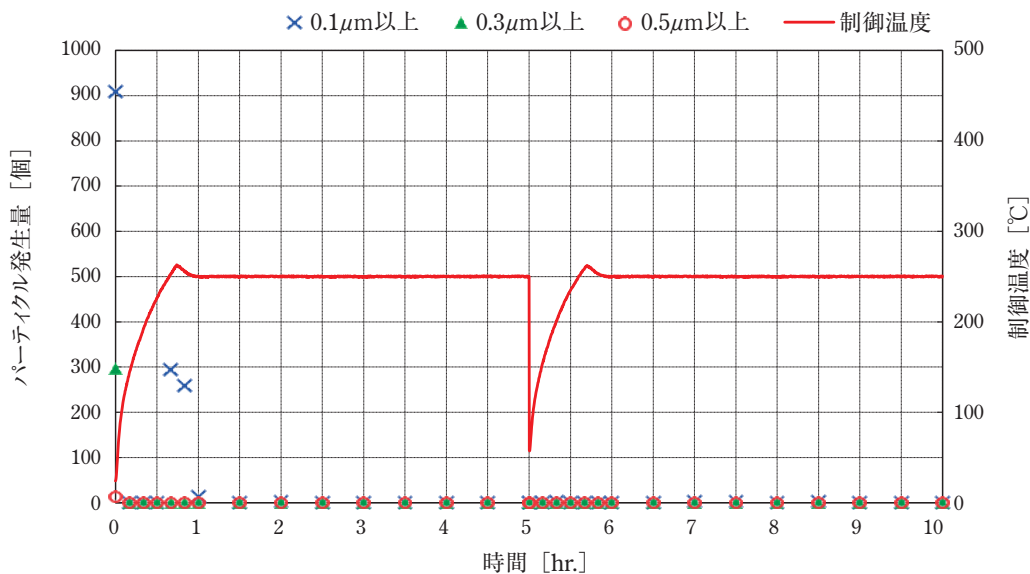


図7 パーティクル測定結果

表2 認証対応一覧表

製品	TOMBO™ No.4500-PH-PA 「プレノ®ヒータA」		TOMBO™ No.4500-PH-PB-UL 「プレノ®ヒータB-UL」	TOMBO™ No.4500-PH-PT 「プレノ®テープ」
認証名	TÜV認証	FM認証	UL認証	FM認証
取得規格	EN 60519-2:2006	FM4924	UL499	FM4924
認証番号	50331094	3056114	E204554	3056114

(2018年6月現在の取得状況)

#### 4.1 TÜV認証

TÜV Rheinland社（ドイツ）は、電気・電子機器や産業用機械、医療機器や自動車などの工業製品について、世界各国の試験所認定機関から認定を受けている第三者検査機関です。

EU加盟国へ輸出する場合、基準適合マーク（CEマーク）が必要となります。弊社では、プレノヒータAについて、CEマークを表示することが可能な、EU指令（低電圧指令）に基づく適合性評価を、TÜV Rheinland社により受けており、TÜV認証を取得しております。

#### 4.2 UL認証

UL (Underwriters Laboratories Inc.) は、1894年に火災保険業組合により設立された非営利試験機関で、米国で最も広く認められた規格の機関です。種々の材料・機器について人体と財産に影響を与えるような危険の確認を、調査・試験を通して行い、規格の作成、認証を行っています。UL認証制度は任意であるにもかかわらず、多くの米国製電気製品はUL認証を取得しています。弊社ではプレノヒータ B-ULでUL規格に対する評価を受けて、UL認証を取得しています。

#### 4.3 FM認証

難燃性の認証を行う認定機関として、FM Approvalsがあります。FM Approvalsは米国が拠点の民間機関で1886年に設立された歴史を持ちます。製品、材料などの機能や安全性に関して独自に設定したFM規格基準で評価して認証を行っており、その適合性の証明はFM認証と呼ばれています。FM規格は、米国における最も一般的な火

災防止に関する規格であり、米国保険会社数社が定めています。その規格を満たしていれば、FM機関と締結する火災保険料が軽減されるケースもあります。

弊社では、プレノヒータ Aやプレノテープ、また外皮および内皮にニチアスソフトシールを使用した保温材など、複数の製品でFM認証（FM4924）を取得しています。FM4924は、パイプ、ダクト類に使用する断熱材に適用される難燃性規格です。弊社は、半導体製造工場で要求される引火や爆発などの火災事故に対する安全性に関し、FM機関が定める難燃性基準を満たした配管加熱用ヒータ製品を提供できる国内唯一のメーカーです。

## 5. おわりに

半導体やFPDの高性能化に伴い、製造装置に使用する部品の一つである配管加熱用ヒータへの要求品質もますます高くなると考えられます。今後もお客様のニーズに合わせた製品をご提供できるよう、開発・改良に努めてまいります。

本稿に関するお問い合わせは、高機能製品事業本部 無機断熱材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。
- \*「プレノ」、「ニチアスソフトシール」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、保証値ではありません。

## 展示会出展のご報告：第3回ドリンクジャパン

2018年6月27日～29日に東京ビッグサイトで開催された「第3回ドリンクジャパン」に出展しました。二度目の出展となる今回は飲料産業向けにゴム製シール材をメインとし、低着香性に優れるFFKM「ブレイザー® A」や、識別管理が可能な白色のPTFE被覆ゴム「サニクリーン® ガasket」を展示させていただきました。特に、製品ごとに着香性の違いを体感できる着香サンプルは、多くの方々にご興味を持っていただくきっかけとなりました。ご来場頂きました皆様、ありがとうございました。



## 新サービス「ガスケットLabo™」を始めました！

ガスケットでのお困りごとはニチアスへ。『3本の矢』が解決します。

### ◎第1の矢：ガスケットNAVI™

ガスケットの選定や施工に関して技術者を支援するアプリケーション

### ◎第2の矢：GASKET工房™

お客様の敷地内など現地でガスケットを加工製作するサービスカー

### ◎第3の矢：ガスケットLabo™ **[NEW]**

これまで培ったシール技術の研究およびガスケット開発による評価・分析・検証技術を駆使し、お客様の予防保全に活用いただけるトータルエンジニアリングサービス。

安全を保つという新しい価値を、高度な技術でお手伝いします。

今後の安全操作のために、  
漏れの原因を知る

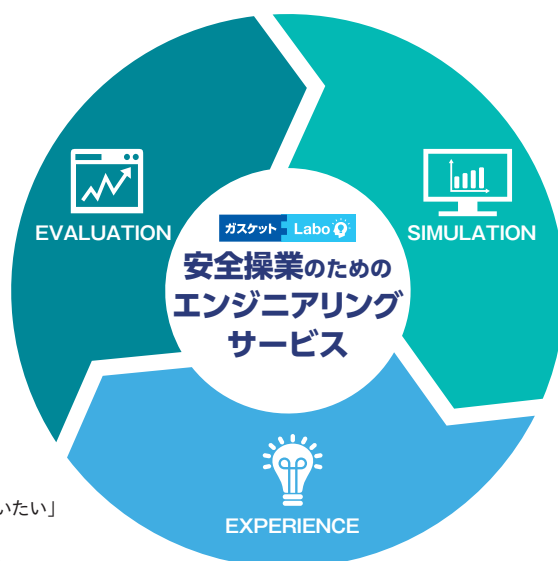
#### 評価技術

「漏えいトラブルを防ぎたい」  
「使用による劣化状態を知りたい」  
というお客様のために。  
長い経験と多角的な評価技術により  
漏れの原因を突き止め、今後の予防保全に  
貢献します。

これからも施工者の  
高い技能・知識を保つ

#### 体験学習

「安全操作を保つために必要な、人材育成を行いたい」  
というお客様のために。  
長年培った豊富な知見を学びやすい形に体系化して  
ご提供し、現場力の向上をお手伝いします。



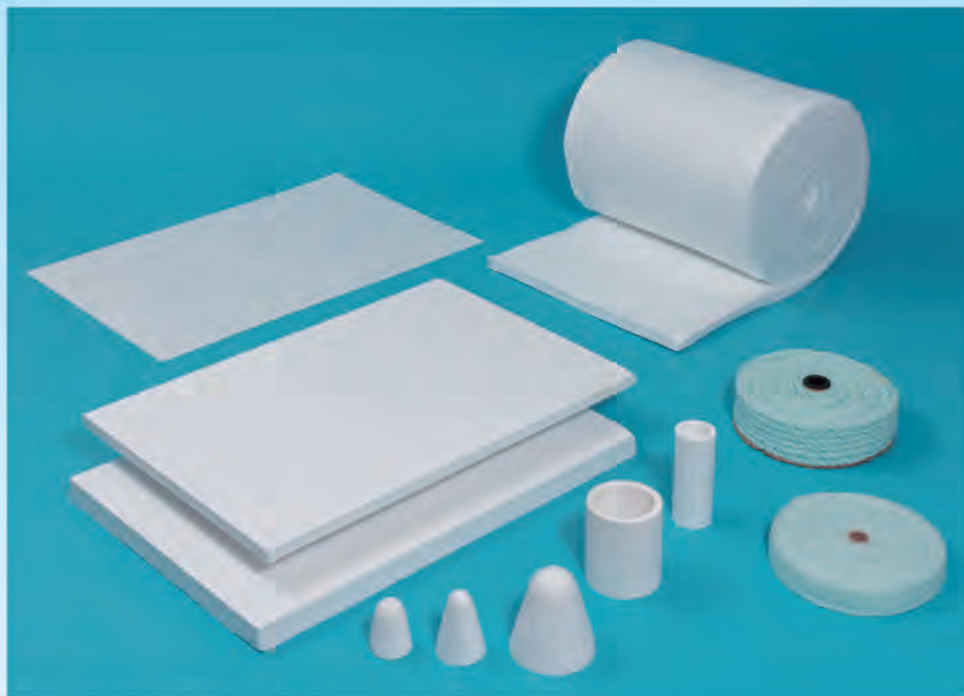
使用箇所に合わせて  
安全なシールを保つ

#### 検証技術

「漏れやすい機器を改善したい」  
「高度なシール性が欲しい」  
というお客様のために。  
豊富な実験結果とシミュレーション技術で、  
ガスケットの最適な運用をご提案します。

詳しくは、弊社ホームページをご参照のうえ、最寄りの営業所までお問い合わせください。

EX BIO



特化則<sup>※</sup>適用対象外の耐熱性に優れたウール

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<sup>®</sup>

ファインフレックスBIO<sup>®</sup>は、環境問題に対する意識の高まりを受け開発された耐熱性に優れたアルカリアースシリケート (AES) ウールです。化学組成として、シリカ質、マグネシア質、カルシア質を主成分としています。断熱材・シール材・パッキング材・吸音材などとして、鉄鋼をはじめ、非鉄、石油化学、窯業など幅広い分野で使用できます。

※特化則：特定化学物質障害予防規則

## 品質特性

項目	品質特性	
最高耐熱温度(°C)	1300	
色調	白	
平均繊維径(μm)	4	
化学成分(wt%)	SiO <sub>2</sub>	76
	CaO+MgO	22
	その他	2

上記数値は当社測定の実測値であり規格値ではありません。



「ファインフレックス BIO」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

---

### 2018/3号 通巻 No. 382



- 〈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～
- 〈製品紹介〉 ニチアスのけい酸カルシウム製品
- 〈解説〉 人造鈦物繊維の概要

---

### 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）

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 2019/1号 通巻 No. 384 は 2019年1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