

# ニチアス 技術時報

# 2016

No.373

2号

新製品紹介: 耐プラズマ性特殊ふっ素ゴム  
 TOMBO™ No.2675-FC「ブレイザー® オリング-FC」  
 TOMBO™ No.2675-FE「ブレイザー® オリング-FE」  
 新製品紹介: 自動車燃費向上部品  
 TOMBO™ No.6680-W「ウォータージャケットスパーサー」  
 製品紹介: 「ナフロン® 素材」  
 技術レポート: 燃焼フラスコ法によるふっ素系ポリマー中の  
 ヨウ素、臭素の定量分析


 平成  
27  
年度

## 省エネ大賞受賞

省エネルギーセンター会長賞

高強度低熱伝導率断熱材

 TOMBO™ 「ロスリム® ボードGH」  
 No.4350-GH


ニチアス

## 目次

### 【新製品紹介】

#### ◆耐プラズマ性特殊ふっ素ゴム

TOMBO™ No.2675-FC 「ブレイザー® Oリング -FC」

TOMBO™ No.2675-FE 「ブレイザー® Oリング -FE」 ..... 1

工業製品事業本部 ゴム事業推進室

#### ◆自動車燃費向上部品

TOMBO™ No.6680-W 「ウォータージャケットスパーサー」

(オープンデッキ用中下部保温性向上タイプ) ..... 5

自動車部品事業本部 技術開発部

### 【製品紹介】

#### ◆高強度低熱伝導率断熱材

TOMBO™ No.4350-GH 「ロスリム® ボード GH」 ..... 8

工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部

### 【技術レポート】

◆燃焼フラスコ法によるふっ素系ポリマー中のヨウ素、臭素の定量分析 ..... 12

研究開発本部 分析解析室 矢嶋 一仁

### 【製品紹介】

#### ◆PTFE・PFA・PCTFE/ シート・テープ・ロッド・パイプ

「ナフロン® 素材」 ..... 16

工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部

### 【連載】

◆シール材 Q&A (第3回) ..... 20

### 【トピックス】

◆TOMBO™ No.2685-S 「ブレイザー® モールド -S」 発売 ..... 22

◆TOMBO™ No.5635 「ファインフレックス BIO® ペーパー」 発売 ..... 22

◆平成 27 年度「省エネ大賞」受賞 ..... 23

◆展示会情報 ..... 23

◆社外発表 ..... 24

表紙写真：省エネ大賞を受賞した高強度低熱伝導率断熱材 TOMBO™ No.4350-GH 「ロスリム® ボード GH」の構造を示す透過型電子顕微鏡写真。静止空気の内平均自由行程よりも小さい空隙を持つ構造により、気体による伝熱を抑制し、優れた断熱性能を発現する。詳細は本文記事をご参照ください。

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。

〈連絡先および本報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/>

## 〈新製品紹介〉

### 耐プラズマ性特殊ふっ素ゴム

TOMBO™ No.2675-FC 「ブレイザー® Oリング-FC」

TOMBO™ No.2675-FE 「ブレイザー® Oリング-FE」

工業製品事業本部 ゴム事業推進室

#### 1. はじめに

弊社はこれまで耐熱性や耐薬品性に優れる特長を持った高機能ゴム「ブレイザー®」シリーズを製品化してきました。このたび耐プラズマ性に優れたTOMBO™ No.2675-FC「ブレイザー® Oリング-FC」(以下、ブレイザー® FC)および、TOMBO™ No.2675-FE「ブレイザー® Oリング-FE」(以下、ブレイザー® FE)を2015年12月に発売しましたのでご紹介いたします(図1)。

「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」は、弊社独自のブレンド技術により、プラズマによるOリングの重量減少やクラック発生を抑えることで寿命延長を図るとともに低コスト化を実現した特殊ふっ素ゴム(特殊FKM)製品です。

半導体・液晶製造装置など、プラズマ曝露環境での用途において、装置のメンテナンスコスト低減に貢献いたします。

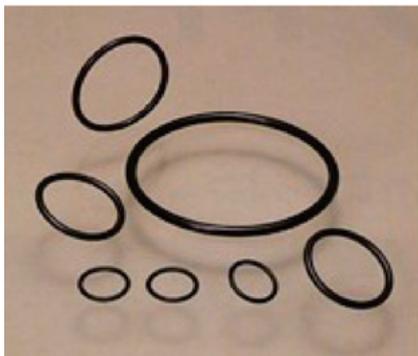


図1 「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」の外観

#### 2. 製品概要

「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」は、耐プラズマ性が要求される半導体製造装置向けの製品です。それぞれ次の用途向けに開発されています。

- ・「ブレイザー® FC」: プラズマCVD装置
- ・「ブレイザー® FE」: プラズマエッチング装置

図2に半導体向け各種シール材の価格と性能の相関と、本製品のポジションを示します。

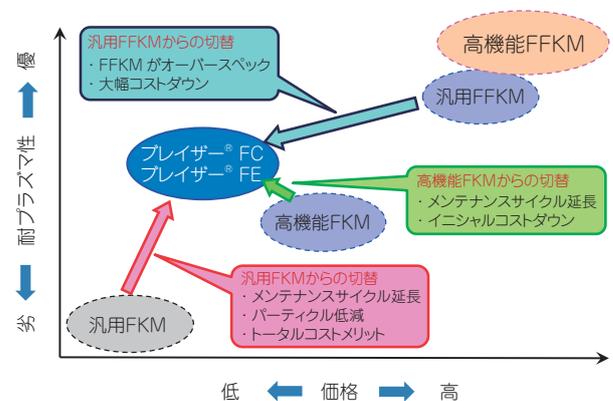


図2 製品ポジションのイメージ

図の左下に位置する汎用ふっ素ゴム(汎用FKM)は低価格ですが、短時間のプラズマ曝露で重量減少やクラック、パーティクルなどが生じ性能が劣ります。対して、図の右上に位置するFFKMは過酷なプラズマ環境下に曝露されても変化が少ない耐プラズマ性に優れたものですが非常に高価格となります。

半導体製造装置内部にはプラズマ曝露度合い

によりFFKMでは性能と価格のバランスが適切でない箇所が存在します。このような箇所に対応する中間的ポジションの製品として、高機能FKMが上市されています。「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」は従来の高機能FKMよりも耐プラズマ性を向上させ、かつ低コスト化を実現した特殊FKM製品になります。

### 3. 特長

「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」の特長である耐プラズマ性, 非固着性について紹介いたします。

#### 3.1 耐プラズマ性

耐プラズマ性は、表面波プラズマエッチング装置 (SWP) を用いてOリングにプラズマを曝露した後の重量減少率とクラック発生時間で評価しました。試験装置の概略図を図3に示し、プラズマ発生条件を下記に示します。

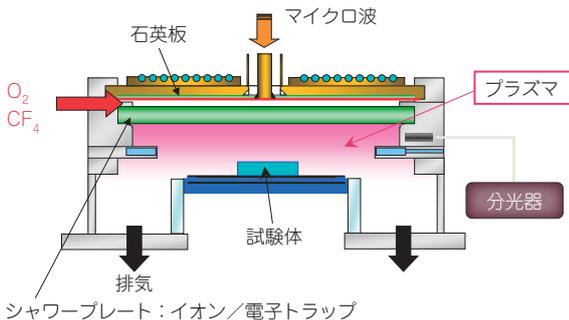


図3 SWPの概略図

〈プラズマ発生条件〉

- ・ガス種：O<sub>2</sub> (2000sccm\*) + CF<sub>4</sub> (40sccm)
- ・圧力：133Pa
- ・出力：2kW
- ・ステージ冷却水設定温度：30℃

\*sccm:Standard Cubic Centimeter per Minute  
標準状態 (常温, 常圧) のときの1分あたりのガス流量 (cc)

#### 3.1.1 プラズマ曝露による重量減少

「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」と弊社製汎用FKM TOMBO™ No.2670-FA「ゴムOリングふっ素ゴムFA」(以下, FA), 他社製耐プラズマ性高機能FKM (以下, 他社品A), 他社製耐プラズマ性FFKM (以下, 他社品B) について、それぞれも状試験体 (φ 3.53mm × 30mm) に対してSWPでプラズマ曝露を120min行った後の試験体の重量減少率を比較しました。試験結果を図4に示します。

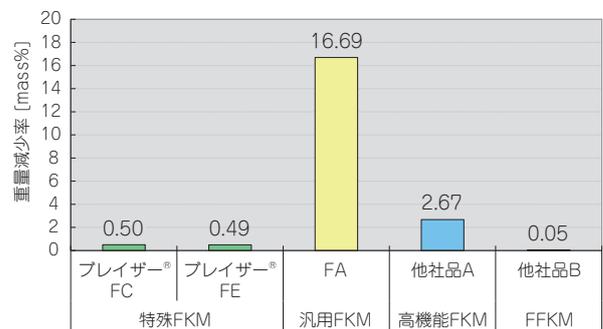


図4 試験体の重量減少率 (プラズマ曝露120min後)

「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」の重量減少率は、FA (汎用FKM) と比較すると約1/30, 他社品A (高機能FKM) と比較すると約1/5程度に抑えられており、FKMとしてはプラズマに対して耐性が高いことを示しています。他社品BはFFKMであるため耐プラズマ性がさらに優れますが、前述のとおり価格が高いことが難点です。以上より「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」は従来の高機能FKMよりも低コストかつメンテナンスサイクルの延長が期待できます。

#### 3.1.2 プラズマ曝露によるクラック

「ブレイザー® FC」,「ブレイザー® FE」とFA (汎用FKM), 他社品B (FFKM) について、図5に示すように試験体に張力をかけながらプラズマ曝露し、クラックの発生時間を比較しました。外観観察は20minまでは5min間隔で、20min以降は10min間隔で120minまで行いました。試験結果を図6に示します。

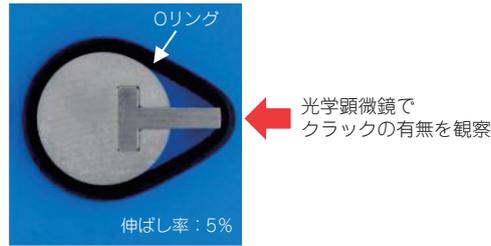


図5 試験体形状と観察箇所

試験体	特殊FKM		汎用FKM	FFKM
	ブレイザー <sup>®</sup> FC	ブレイザー <sup>®</sup> FE	FA	他社品B
クラック発生時間 [min]	40	クラック無し	20	40
曝露前				
20min後				
40min後				
60min後				
120min後				

図6 プラズマ曝露によるクラック発生時間と外観（図中の矢印はクラック発生箇所を示す）

汎用FKMであるFAは耐プラズマ性が低いため20minのプラズマ曝露でクラックが発生しました。

これに対し「ブレイザー<sup>®</sup> FE」は120minのプラズマ曝露でもクラックの発生が見られませんでした。また「ブレイザー<sup>®</sup> FC」のクラック発

生時間は40minで、耐プラズマ性に優れる他社品B（FFKM）と同等でした。このことから「ブレイザー<sup>®</sup> FE」、「ブレイザー<sup>®</sup> FC」ともプラズマに対する耐クラック性が非常に優れています。

### 3.2 非固着性

半導体製造装置のゲート部など可動部での使用や、メンテナンスでの交換の時など、相手材に固着しにくいこと（非固着性）もシール材として重要な要素となります。そこで「ブレイザー® FC」, 「ブレイザー® FE」の非固着性について図7に示す治具で固着力を測定して評価しました。試験条件を以下に示し、結果を図8に示します。

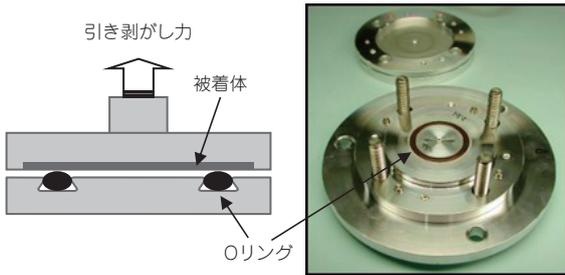


図7 固着試験治具

〈試験条件〉

- ・試験温度：100℃，200℃
- ・試験時間：22hr

(所定時間経過後，治具を取り出し室温まで冷却後引き剥がし力を測定)

- ・被着体：A5052アルマイト，SUS316L [Ry1.6]
- ・引張速度：10mm/min
- ・試料形状：AS568-214 (φ 3.53mm × ID25.0mm)
- ・圧縮率：25%

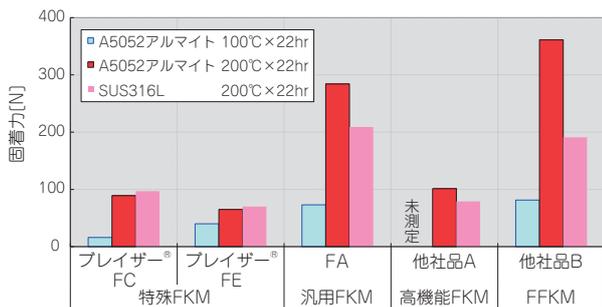


図8 各試験体の固着試験結果

「ブレイザー® FC」, 「ブレイザー® FE」の固着力は被着体の種類や試験温度によらず100N未満で、他社品A（高機能FKM）と同等の性能でした。また条件によっては、耐プラズマ性に優れる他社品B（FFKM）の1/3以下の固着力を示すことが分かりました。

「ブレイザー® FC」, 「ブレイザー® FE」の非固着性はコーティング材によるものではありませんので、使用による磨耗などで非固着性が低下することはありません。

### 3.3 一般物性

表1に「ブレイザー® FC」, 「ブレイザー® FE」の一般物性を示します。

表1 一般物性

		ブレイザー® FC	ブレイザー® FE	
色調		黒	黒	
一般物性	硬さ (DuroA)	60	60	
	引張特性	引張強さ [MPa]	18.8	11.4
		伸び [%]	210	230
		100%引張応力 [MPa]	3.9	3.5
圧縮永久ひずみ(100°C×72hr) [%]		9	9	

## 4. 製品寸法

JIS B2401, AS568の規格寸法に対応します。

その他の寸法・形状についても対応可能ですのでご相談ください。

## 5. おわりに

今回紹介いたしました新製品TOMBO™ No.2675-FC「ブレイザー® Oリング-FC」, TOMBO™ No.2675-FE「ブレイザー® Oリング-FE」は弊社独自のブレンド技術により、耐プラズマ性と低コストの両立を実現した特殊FKMのシール材です。

半導体・液晶製造装置など、プラズマ曝露環境下で使用されるシール材の長寿命化や低コスト化に適した製品としてご採用いただければ幸いです。

また、今後とも、お客さまのニーズに対応した製品開発・改良を行っていく所存です。ご意見・ご要望を是非お聞かせください。

本稿に関するご質問・お問い合わせは、工業製品事業本部 ゴム事業推進室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。  
 \*「ブレイザー」はニチアス(株)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。

## 〈新製品紹介〉

### 自動車燃費向上部品

# TOMBO™ No.6680-W「ウォータージャケットスペーサー」 (オープンデッキ用中下部保温性向上タイプ)

自動車部品事業本部 技術開発部

## 1. はじめに

近年、自動車の燃費規制基準値は先進国を中心に厳しく設定されてきています。わが国も例外ではなく、軽自動車から大型車までの全区分において規制基準値が厳しくなっています。これに対応して各自動車メーカーでは主にエンジンの熱効率アップ、車両の軽量化、空気抵抗の低減、駆動系の効率化など、燃費向上のためのさまざまな技術開発が進められています。

弊社はこれまで、自動車用エンジンのウォータージャケット内に直接挿入することで各気筒の冷却水の流れを制御し、エンジンの熱効率向上に寄与する部品として、TOMBO™ No.6680-R「ウォータージャケットスペーサー」を製品化してきました。今般、更なる熱効率の向上を図った TOMBO™ No.6680-W「ウォータージャケットスペーサー」を発売しましたのでご紹介いたします。

## 2. ウォータージャケットスペーサーの役割

ウォータージャケットスペーサーは、**図1**のようにシリンダーブロックのウォータージャケット部に直接挿入して使用する部品です。ウォータージャケット内の冷却水（Long Life Coolant）の流れを制御し、狙いのボア壁温分布にすることで、ピストン上下動で引き起こる摩擦抵抗を低減させ、燃費向上を図ることができます。

**図2**にボア壁温の分布イメージを示します。

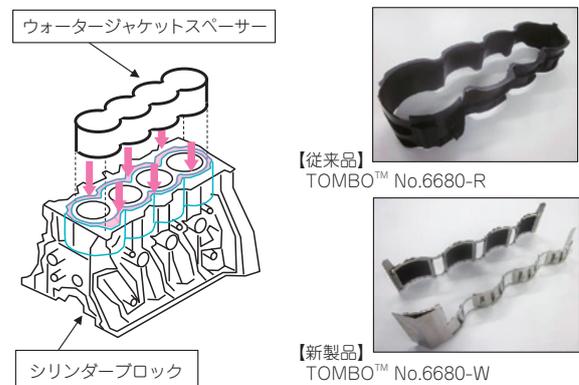


図1 ウォータージャケットスペーサー

不均一なボア壁温による熱膨張差から生じる、わずかなボア径の変化によって摩擦抵抗が発生します。**図2**の例ではボア中下部の壁温が上部に比べ低いため、熱膨張によるボア径の膨張も小さくなり、ピストンの上下動を妨げる作用が働きます。したがって、このような不均一なボア壁温を均一にすることが摩擦低減の一つの方策となります。

ボア壁温は、冷却水の流れ（流量、流速など）によって変化します。弊社製従来品のTOMBO™ No.6680-R「ウォータージャケットスペーサー」はナイロン樹脂製のスペーサーで、冷却水の流れを制御することで冷却性能を変化させ、ボア壁温の均一化を狙った製品です。

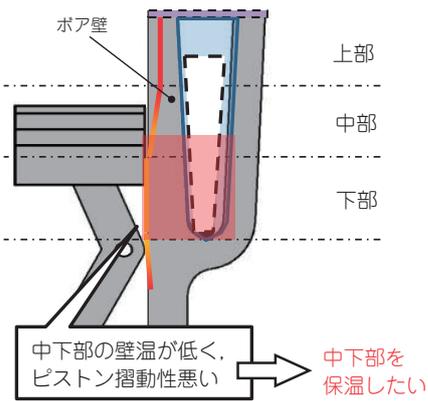


図2 ボア壁温の分布イメージ (シリンダーブロック断面図)

今般開発いたしました新しいTOMBO™ No.6680-W「ウォータージャケットスペーサー」(以下, WJS) は, 新たにシリンダーブロック内壁に直接密着する部位を設けることで, 通常は壁温が低い中下部を保温し, 冷却水の流れを最適化してボア壁温を理想的な分布に近づけることが可能な製品となりました。

### 3. 製品概要

「WJS」の外観写真を図3に示します。ステンレス材の骨格に耐冷却水性に優れた弊社製感熱膨張材TOMBO™ No.6680-S「エキスパッド®」(以下, エクスパッド®)を組み付けた構造の製品です。

以下に, 各部の詳細および機能についてご紹介いたします。

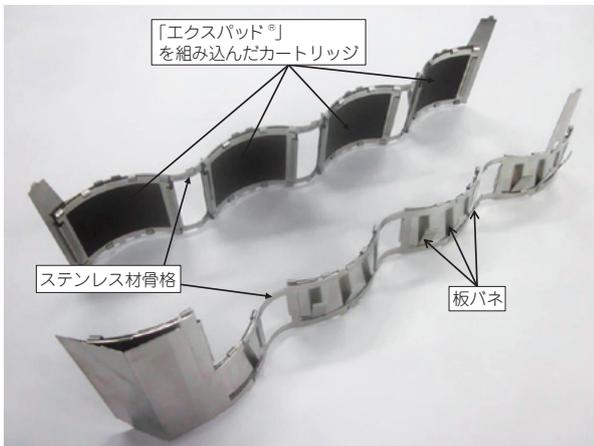


図3 WJSの外観

#### 3.1 「エキスパッド®」

今般開発いたしました「WJS」は「エキスパッド®」の働きが理想的なボア壁温分布の実現に寄与しています。「エキスパッド®」は発泡ゴム体にバインダーを含浸し厚さを一定に保形した製品で, 温度上昇に感応して膨張するシートです。

「エキスパッド®」設定部は, カートリッジと呼ばれる各気筒共通部品として作製され, ステンレス材の骨格に装着されています。

「WJS」をエンジンへ組付ける時には図4のシリンダーブロック断面図に示すように「エキスパッド®」の厚さが抑えられた状態で挿入されます。

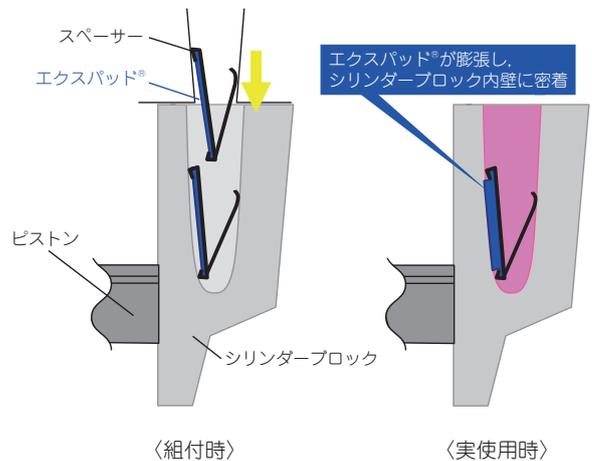


図4 スペーサー組付時, 実使用時のシリンダーブロック断面

実使用時には冷却水の温度上昇によって「エキスパッド®」が所定厚さまで膨張し, シリンダーブロック内壁に密着します。「エキスパッド®」が密着する箇所は冷却水がせき止められるため, 保温されます。一方この部分を避けた冷却水はシリンダーブロック上部に流れやすくなり, 上部の冷却が促進されます。すなわち組み付けられた「WJS」は, ウォータージャケット内のシリンダー高さ別に保温, 冷却の異なる効果を発揮することでボア壁温の均一化を図り, 理想的な温度分布を実現します。

### 3.2 ステンレス製カートリッジ

図3に示す「エクスパッド®」を組み込んだカートリッジには気筒ごとに3本の板バネが設定されています。これによりエンジンの振動などによるカートリッジの前後左右の動きを抑えます。さらに本体上部には、シリンダーヘッドガスケットに突き当たる部分があり全体の上下の動きが抑制されることで「WJS」が実使用時にウォータージャケット内で位置ずれしない設計になっています。

## 4. 装着による効果

図5に「WJS」の効果を確認するシミュレーション結果を示します。図はボア壁の熱の伝わりやすさを示す熱伝達係数の分布を表しています。

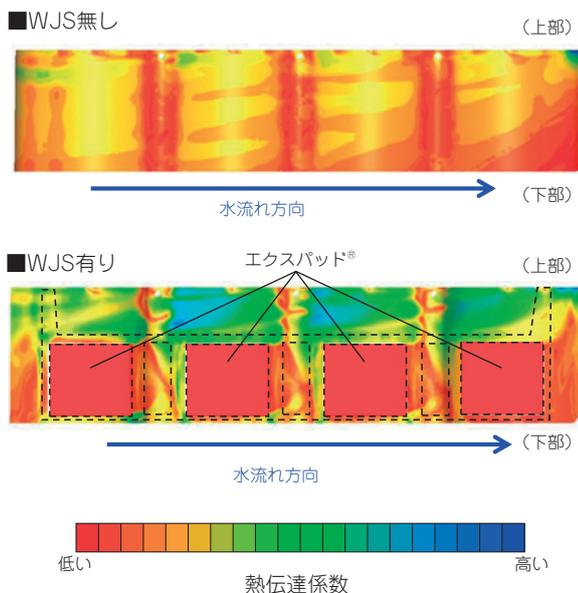


図5 「WJS」有無による、ウォータージャケット内の熱伝達係数分布の例

「エクスパッド®」でボア壁の中下部付近が保温された場合、この付近の冷却水の流れが抑制され冷却の影響を受けにくい状態となっています。一方、ボア上部は冷却水流路が分散することなく上部を流れる状態となるため、冷却されやすい状態になっていることがわかります。このようなシミュレーションで「WJS」の有無による熱伝達係数を比較し、最適形状となる「WJS」を設計することが出来ます。

「WJS」の効果を実際のエンジンにおいて検証した結果、ボア壁温がシリンダー高さ方向で均一化され、熱膨張バラツキに伴って発生する各気筒-ピストンの摩擦が実際に低減することが確認されました。

また図6に示すように流速が低下する箇所に冷却水の流れを上部に促す制御板を設けることで、シリンダー上部の冷却が実現し、ノッキングの発生を低減させる効果もあることが確認されています。

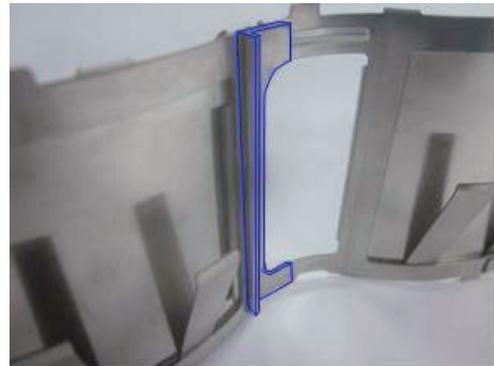


図6 冷却水を上部に流す制御版（青線部）

こうした効果から、本製品は2015年12月発売のトヨタ自動車殿の世界最高レベルの低燃費エンジンを搭載したプリウスにご採用いただいております。

## 5. おわりに

今回紹介いたしました、TOMBO™ No.6680-W「ウォータージャケットスパーサー」は、冷却水の流れを制御することでボア壁温の均一化を図った従来の考えとは異なり、新しく保温という機能を備えることで自動車エンジンの燃費や動力性能の向上に寄与できる製品です。

本製品以外にも、音、熱、シールに関わる自動車部品メーカーとして、お客さまのニーズに対応した製品開発・改良に努める所存です。

本製品および自動車関連の音、熱、シールに対するお問い合わせは自動車部品事業本部 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。

\*「エクスパッド」はニチアス(株)の登録商標です。

## 〈製品紹介〉

### 高強度低熱伝導率断熱材

## TOMBO™ No.4350-GH 「ロスリム® ボードGH」



工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部

### 1. はじめに

このたび弊社の高強度低熱伝導率断熱材 TOMBO™ No.4350-GH「ロスリム® ボードGH」(図1)が、一般財団法人省エネルギーセンターが主催(後援:経済産業省)する平成27年度「省エネ大賞」の製品・ビジネスモデル部門において、省エネルギーセンター会長賞を受賞しました。

産業界においてエネルギーを有効利用することは大きな課題です。そのなかで400~1000℃といった高温領域にて使用する産業用断熱材は、断熱性能の高いものが一部で見られますが、それらは強度が弱く施工性、ハンドリング性に難点があり使用箇所が限られていました。

TOMBO™ No.4350-GH「ロスリム® ボードGH」は、従来の断熱材をはるかに上回る断熱性能を有しつつ、誰でも容易に取り扱うことのできる強度と高い加工性を実現した優れた断熱材であることが認められ今回の受賞となりました。

本稿では2011年に発売以来、高性能工業炉の省エネ化や家庭用燃料電池の省スペース化に貢献し、多くのお客さまからご支持をいただいているTOMBO™ No.4350-GH「ロスリム® ボードGH」(以下、ロスリム® ボードGH)について、その優れた断熱性能、高強度性ならびに省エネ性についてご紹介いたします。

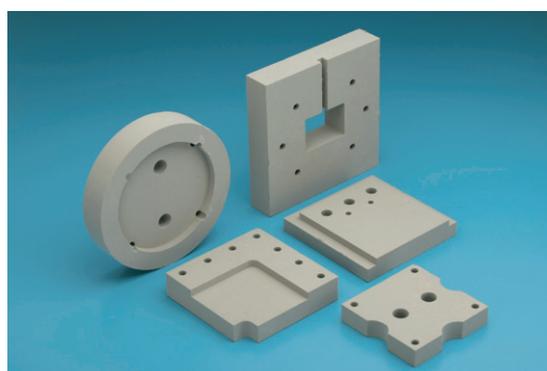


図1 TOMBO™ No.4350-GH「ロスリム® ボードGH」の加工品

### 2. 製品概要

「ロスリム® ボードGH」は、ナノポア構造を有するシリカ質に耐熱補強繊維およびふく射散乱材を含有させた高強度低熱伝導率断熱材です。以下の優れた特長を有します。

- ① 静止空気を上回る優れた断熱性。
- ② 従来の低熱伝導率断熱材を凌駕する良好なハンドリング性。
- ③ 特殊工具を必要としない優れた加工性。

#### 2.1 構造と物性

「ロスリム® ボードGH」の各種物性値を表1に、各種断熱材との熱伝導率の比較を図2に示します。

「ロスリム® ボードGH」の熱伝導率は、静止空気の約1/2、セラミック系繊維質断熱材の1/3以下という優れた断熱性能を示します(600℃時)。これは図3に示すように静止空気の平均自由行

程を十分に下まわる大きさの空隙（ポア径）を持つ構造により、気体による伝熱を抑制することで発現されています。また、高温域では、ふく射散乱材の効果によりふく射熱を散乱、減衰させ、600℃における熱伝導率が静止空気の1/2という優れた低熱伝導特性を示します。

表1 「ロスリム® ボードGH」の各種物性値

密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	250	
熱伝導率 [W/(m·K)]	at 400℃	0.030
	at 600℃	0.036
	at 800℃	0.044
圧縮強度 [MPa] (10%圧縮歪)	1.02	
加熱収縮率 [%]	at 800℃×24hr	0.6
	at 1000℃×24hr	2.5
最高使用温度 [℃]	1000	

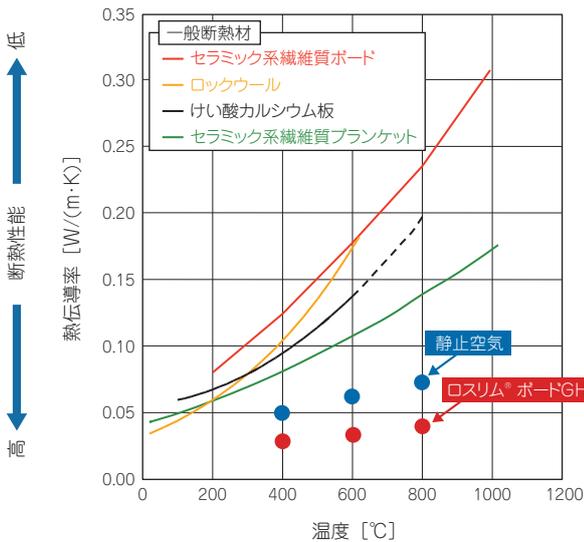


図2 各種断熱材との熱伝導率の比較

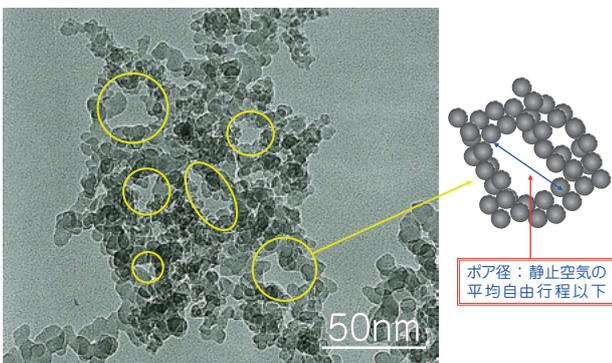


図3 「ロスリム® ボードGH」の内部構造 (TEM像)  
静止空気の平均自由行程：68nm (常温), 196nm (600℃)

## 2.2 優れた加工性とハンドリング性

図4に「ロスリム® ボードGH」の加工品と大板のハンドリングを示します。

従来の低熱伝導率断熱材はもろく、くずれやすいため加工やハンドリングに難がありました。「ロスリム® ボードGH」は特殊な製法により粒子間の接合強度を高めているため<sup>1)</sup>、部材全体の強度が高く、ホールソーなどを使用して図のような穴あけ加工が容易にできます。この高強度性は後述の精密加工性にも寄与しています。

また従来品では取り扱いに慎重を期していた加工品や大板 (25t×600×900) でもハンドリングが極めて容易です。

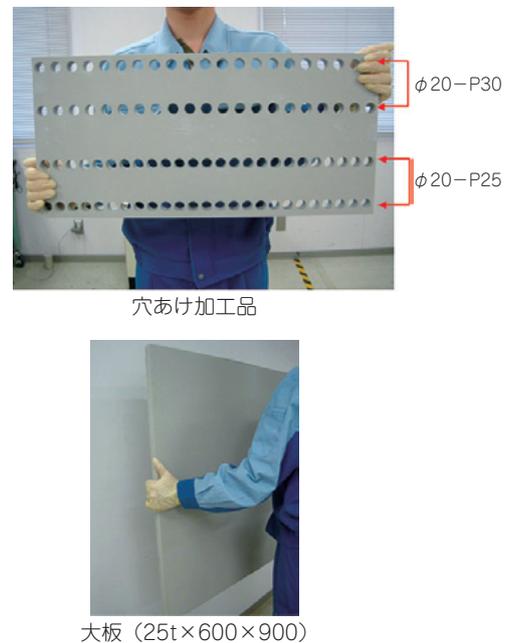


図4 「ロスリム® ボードGH」の加工品と大板のハンドリング

## 3. 実用例

「ロスリム® ボードGH」は主に工業炉用断熱材 (バックアップ材) として使用されています。ここでは、これらの省エネ化、コンパクト化のほか、加工性を活かした応用事例について概説します。

### 3.1 断熱性能を活かした省エネ化

図5に省エネルギー断熱材構成例を示します。工業炉において一般断熱材 (けい酸カルシウム板など) と同じ断熱厚さの「ロスリム® ボードGH」を使用した場合には、放散熱量の低減によ

り消費エネルギーを大幅に削減した省エネ化が実現できます。具体例として図5では、炉内温度1000℃の工業炉に「ロスリム® ボードGH」を断熱厚さ50tで施工した場合の消費エネルギーが、一般断熱材と比べ実に50%削減されることを示しています。

### 3.2 断熱性能を活かしたコンパクト化

図6にコンパクト化の断熱材構成例を示します。優れた低熱伝導率特性により、外壁の表面温度設定が同じであれば断熱材の厚さを薄くすることが可能なため、炉体や機器のサイズをコンパクトにすることができます。具体例として図6では炉内温度1000℃，表面温度を57℃とした場合，従来の断熱材構成よりも200mm厚みを減らすことが出来ることを示しています。

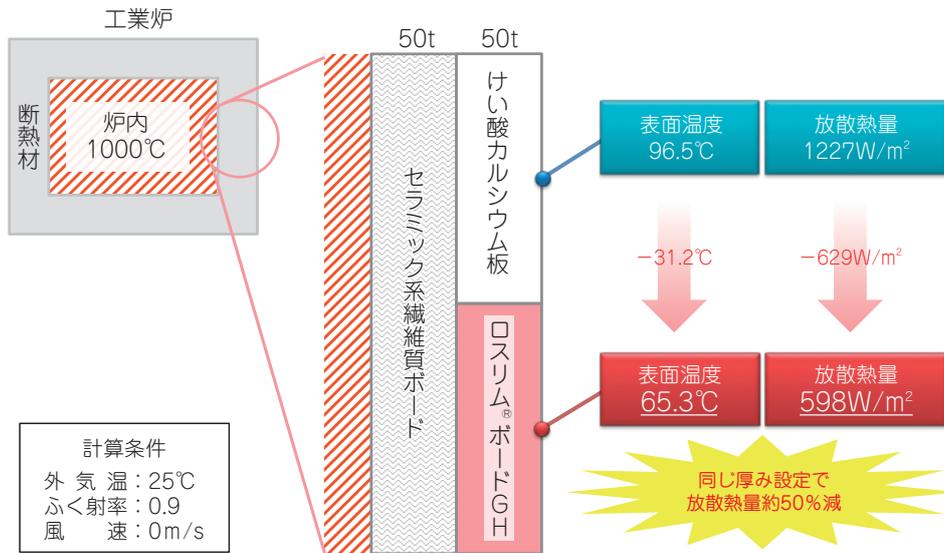


図5 省エネルギー断熱材構成例

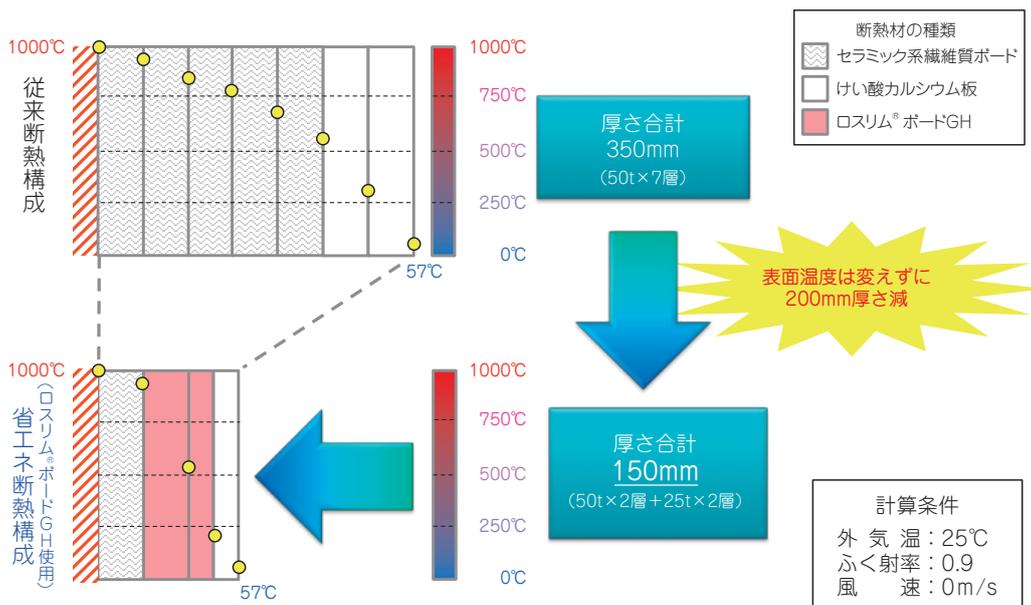


図6 コンパクト化の断熱材構成例

### 3.3 高強度，加工性を活かした用途

「ロスリム® ボードGH」の優れた強度と加工性は、大板での施工や複雑、異形状を精度よく加工できるため、特殊な炉の保温材（バックアップ材）や燃料電池用断熱材など、幅広く使用することができます。以下にその一例を示します。

#### 1) ローラーハースキルン連続炉（バックアップ材）

連続熱処理および連続焼成炉の断熱材には多数の穴加工や、排気口などの大口径の穴加工が必要になります。「ロスリム® ボードGH」は大面積の側壁、天井、炉床に対して、加工された大板での施工ができることから、熱漏れの原因となる断熱材の継ぎ目を減らし、炉体の省エネ効果を更に高めることができます。また炉内の均熱性が高められることで処理された製品の歩留まり向上にも貢献します。良好なハンドリング性は施工時間の短縮にも寄与します。

#### 2) 円筒高温溶湯器の保温（バックアップ材）

優れた加工性を活かして、平面施工だけでなく円筒形状の施工にも対応できます（詳細は、お問い合わせください）。

#### 3) 高い加工精度が要求される断熱材部品 （燃料電池用断熱材など）

図7に複雑加工を施した「ロスリム® ボードGH」を示します。省スペース化と高い加工精度が求められる燃料電池向け断熱部品のような複雑、異形状な加工品にも対応できます。

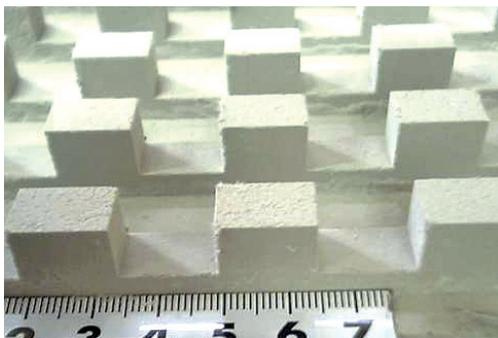


図7 複雑加工の例

## 4. 製品寸法

「ロスリム® ボードGH」の標準寸法は下記の通りです。

- ・ 25t × 600 × 900 (mm)
- ・ 50t × 600 × 900 (mm)

上記にない寸法や加工品についてはお問い合わせください。

## 5. おわりに

TOMBO™ No.4350-GH「ロスリム® ボードGH」は、その命名のとおり炉（“ロ”）が“スリム”になるほか、炉（“ロ”）の消費エネルギーも“スリム”ダウンする画期的な断熱材です。低熱伝導率断熱材に従来には無かった優れた加工性を付与したことで、数多くの工業炉、機器メーカーから引き合いをいただいております。

今後ますます進む省エネ社会のニーズに合った高性能断熱材について、一層の技術開発、製品開発につとめ、社会に貢献する製品を提供していく所存です。

なお、本製品に対するお問い合わせは、工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部までお願いいたします。

## 参考文献

- 1) 応力・ひずみの視点から見た無機系断熱材，ニチアス技術時報，No.1, p15 (2016).

\*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

\*「ロスリム」はニチアス(株)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。

〈技術レポート〉

# 燃焼フラスコ法によるふっ素系ポリマー中の ヨウ素、臭素の定量分析

研究開発本部 分析解析室 矢 嶋 一 仁

## 1. はじめに

ふっ素系ポリマーは耐熱性、耐薬品性、クリーン性などに優れるため、さまざまな工業用途で使用されている（図1）。なかでも、ふっ素ゴム（FKM）やパーフロゴム（FFKM）はOリングなどに使用され、目的に応じた種々の製品が開発されている。これらのゴムは重合時にヨウ素を含む連鎖移動剤が使用されていたり<sup>1)</sup>、架橋に寄与するヨウ素または臭素などを持ったキュアサイトモノマーが導入されることがあり<sup>2)</sup>、その含有量を知るとは、配合選定、製造条件、使用環境への影響など、材料設計をする上で重要と考えられる。ふっ素系ポリマー中の金属成分の定量は灰化酸分解法によってなされることが多いが、灰化時に揮発する成分に対しては、別の手法を用いる必要がある。しかし、その手法は広く知られていない。

今回、燃焼フラスコ法によるふっ素系ポリマー中のヨウ素および臭素の定量法を確立したので報告する。

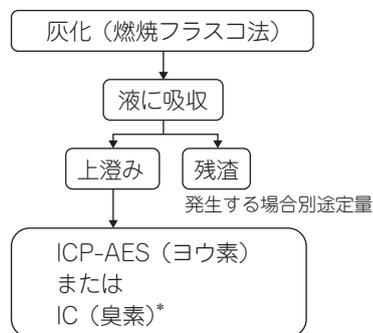


図1 ふっ素系ポリマーを使用した当社製品群

## 2. 試料の前処理と測定方法の概要

図2にふっ素系ポリマー中のヨウ素、臭素の分析のフローチャートを示し、表1にポリマー分析時の標準的な前処理条件を示す。

前処理に採用した燃焼フラスコ法は、酸素を満たしたフラスコ内で試料を燃焼させ、発生したガスをフラスコ内の液に吸収させる検液調整法である<sup>3)</sup>。



\* 検液を適宜希釈して測定。  
臭素が定量下限レベルの場合は、吸着剤にてふっ素を除去して、希釈せずに測定。

図2 ふっ素系ポリマー中のヨウ素、臭素の分析フローチャート

表1 燃焼フラスコ法の条件

燃焼フラスコ	石英製 500ml
試料量	40mg
吸収液	ヒドラジン0.05%水溶液 10ml
ろ紙	5A

上記の方法で作製した検液中のヨウ素、臭素を正確に、そして低濃度（ppbオーダー）まで定量するため、ヨウ素は誘導結合プラズマ発光分光法

(以下、ICP-AES)、臭素はイオンクロマトグラフィー(以下、IC)で測定した(臭素の測定は、一般的なICP-AESの場合感度が極めて悪いためICを採用した)。それぞれの測定条件を表2、表3に示す。

表2 ICP-AESの測定条件(ヨウ素)

装置	島津製作所製 ICPS-1000 IV
高周波出力	1200W
ネブライザー	同軸型
チャンバー	サイクロン
定量波長	λ=178.276nm

表3 ICの測定条件(臭素)

装置	ダイオネクス製 ICS-1500
カラム	AS12A
溶離液	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (2.7mM) + NaHCO <sub>3</sub> (0.3mM)
流量	1.5ml/min
検出器	電気伝導度
オープン温度	35℃
試料注入量	100 μl

### 3. ヨウ素の測定

ヨウ素の測定にあたり、これまでに実績のあるリンやホウ素の定量と同様、硝酸を添加した検液を用いて、ICP-AESでの測定を試みた。図3 ①に検量線、表4 ①に市販のFFKM(生ゴム)の結果を示すが、検量線の直線性は悪く、生ゴムの結果も著しくばらついていた。

ICP-AESによる測定では検液を噴霧して装置に導入するが、ヨウ素はその際にI<sub>2</sub>ガスとなって揮散し、安定した結果が得られないことが知られている。これを防ぐ方法として、還元剤(ヒドラジンなど)を添加することでヨウ素をヨウ化物イオンの形態にして測定する手法が用いられる<sup>4, 5)</sup>。

そこで、表1のように、吸収液にヒドラジンを添加し、検量線にも同濃度のヒドラジンを添加して測定した。その結果、検量線の強度は低下するが直線性が向上し、定量値の再現性も著しく向上した(図3 ②, 表4 ②)。

燃焼フラスコ法によって得られるふっ素系ポリマーの検液は、高濃度のふっ素を含有する液性となるが(表1の条件で、最大3000ppm程度)、このような場合にもヨウ素の定量にはヒドラジンの添加が有効であることが分った。

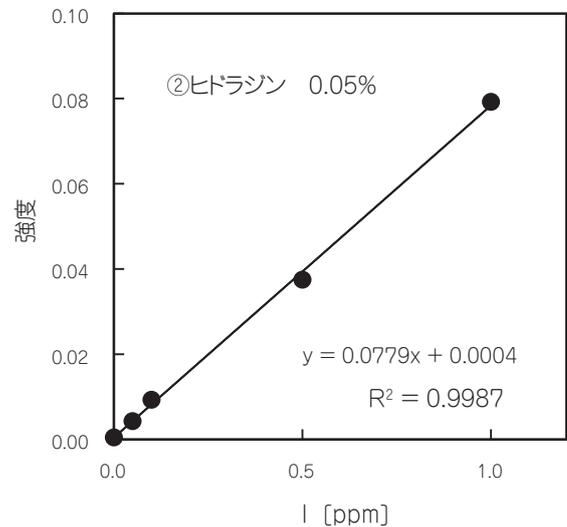
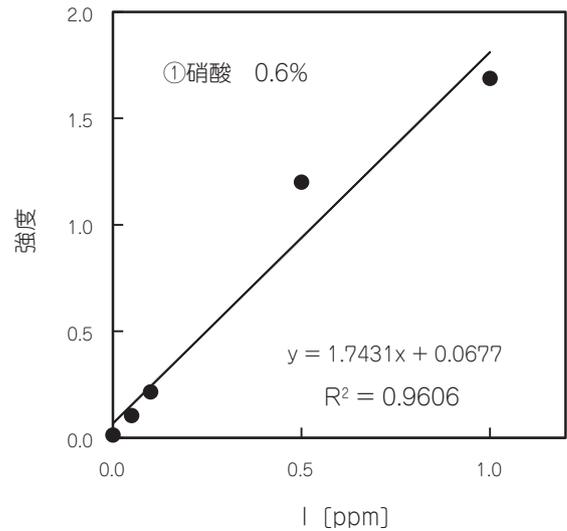


図3 ICP-AESのヨウ素検量線

表4 FFKM中のヨウ素の定量結果

吸収液の液性		ヨウ素 (mass%)	
①硝酸 0.6%水溶液	n=1		0.50
	n=2		2.7
	n=3		0.69
	平均		1.3
②ヒドラジン0.05%水溶液	n=1		0.55
	n=2		0.56
	平均		0.56

分析法の検証として、ヨウ素を含むふっ素系有機化合物であるヨウ化パーフロロヘキシル試薬中のヨウ素の定量を行った結果を表5に示す。結果は、分子式から求めたヨウ素量と良い一致を示しており、試料前処理から測定に至るまで、ヨウ素の揮散を抑えた定量法であることを確認した。

表5 ヨウ化パーフロロヘキシル試薬中のヨウ素の定量結果

試料	分子式から求めたヨウ素量 (mass%)	定量結果 (mass%)	回収率 (%)
ヨウ化パーフロロヘキシル CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> I	28.5	27.5	96

#### 4. 臭素の測定

臭素をICで測定する場合、前述の検液に含まれる高濃度のふっ化物イオンが装置のカラムへ与えるダメージに配慮する必要がある。ポリマー中の臭素量が比較的高濃度(100ppm以上)であれば、検液を希釈して(表1の条件で10~20倍希釈)ふっ化物イオン濃度をカラムに影響がないレベルまで下げても、臭素を精度よく測定できる(図4)。表6は、上述の方法によって、臭素を含むふっ素系有機物である臭化パーフロロヘキシル試薬を、測定した結果であるが、定量値は分子式から求めた臭素量と良い一致を示しており、揮散のない定量結果が得られることを確認した。

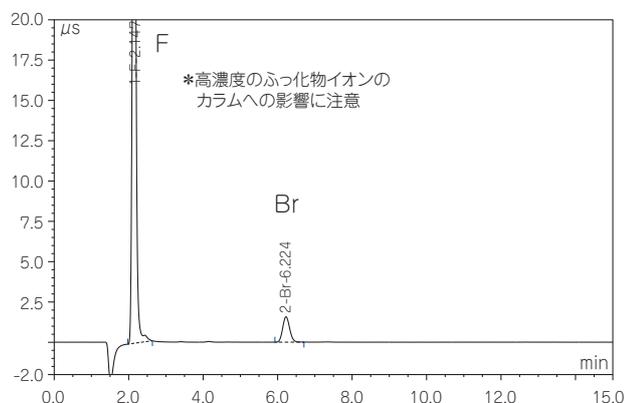


図4 ふっ素系ポリマーのイオンクロマトグラム (比較的高濃度の臭素を含有するポリマーの例。希釈して測定)

表6 臭化パーフロロヘキシル試薬中の臭素の定量結果

試料	分子式から求めた臭素量 (mass%)	定量結果 (mass%)	回収率 (%)
臭化パーフロロヘキシル CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> Br	20.0	18.3	92

しかし、臭素の含有量が少ない、あるいは定量下限レベルの試料には希釈が適用出来ない。このような試料は検液からふっ化物イオンを除去して

IC測定する方法が考えられる。

そこで表1の条件で作製した検液からふっ化物イオンを除去する方法を検討した。アルカリ土類金属が、水への溶解度が低いふっ化物を生成することに着目し、いくつかのCaおよびMg化合物をふっ化物イオンの除去剤として検液に過剰に添加することを試みた。その結果、表7に示すように、炭酸カルシウムが最もふっ素の除去率が安定して高く(概ね90%)、ICに導入できる程度までふっ素を除去できることが分った。

表7 ふっ化物イオン除去剤の検討結果

ふっ素供給元	除去剤	除去前ふっ素濃度 (ppm)	除去後ふっ素濃度 (ppm)	除去率 (%)
ふっ化水素酸	CaCO <sub>3</sub>	2,500	270	89
	CaO	2,500	630	75
	Ca(OH) <sub>2</sub>	2,500	2,500	0
	MgO	2,500	570	77
ふっ素ゴム 燃焼吸収液	CaCO <sub>3</sub>	2,800	222	92
	Ca(OH) <sub>2</sub>	1,400	430	69

※適宜希釈してICで測定

次に、炭酸カルシウムの添加が臭素の定量に影響がないか調べるため、既知濃度の臭素を添加して、その回収率を調べた。表8は、吸収液の条件をさまざまに変化させ、検液に炭酸カルシウムを過剰に加えた場合の臭素の回収率の結果であるが、いずれの条件でも、臭素の定量性には影響を与えないことを確認した。

表8 炭酸カルシウム添加時の臭素の回収率

試料	吸収液	臭素添加濃度 (ppm)	定量結果 (ppm)	臭素回収率 (%)	
ふっ素ゴム 20mg	ヒドラジン 0.1%	20ml	0.10	0.096	96
ふっ素ゴム 20mg	ヒドラジン 0.025%	20ml	0.10	0.11	110
ふっ素ゴム 40mg	水	20ml	10	9.2	92
ふっ素ゴム 40mg	水	10ml	10	9.1	91
0.25%ふっ化水素酸		10ml	0.10	0.096	96

※適宜希釈してICで測定

以上の検討から見いだした、低濃度の臭素を定量する方法は、燃焼フラスコ法で作製した検液に、過剰の炭酸カルシウムを加え、密閉して振とうし

した後、静置し、さらに孔径 $0.45\mu\text{m}$ のシリンジフィルターでろ過して、ICに注入するものである。この処理を行えば、検液を希釈せずに測定でき、試料濃度で概ね数ppmの定量下限で測定できることが分かった。

## 5. 実分析

これまでの検討をもとに、市販のふっ素系ゴムのベースポリマー（生ゴム）に本法を適用し、ヨウ素、臭素の定量を試みた。表9にFFKMとFKMの結果をまとめる。ヨウ素含有量はFFKMが $0.3\sim 0.6\text{mass}\%$ 、FKMが $0.4\sim 0.7\text{mass}\%$ であり、どちらも $0.5\text{mass}\%$ 前後の濃度レベルであることが分かった。表9は、複数メーカーの複数の品番、ロットの結果であるが、本法により濃度レベルが明らかとなり、同一品番でもロットにより有意の差異があることが分かった。

一方、臭素を含有するポリマーは、今回FFKMの1種のみであったが、約 $0.4\text{mass}\%$ 含有することが分かった。

表9 ふっ素系ベースポリマー中のヨウ素および臭素の定量結果

ゴム種	品番	Lot.	ヨウ素(mass%)	臭素(mass%)
FFKM	A	①	0.32	—
		②	0.35	—
	B	①	0.48	—
		②	0.43	—
	C	①	0.56	—
		②	0.47	—
	D	—	0.28	—
	E	①	—	0.35
②		—	0.35	
FKM	F	①	0.70	—
		②	0.60	—
	G	—	0.44	—

※いずれもn=2平均。(測定値の差は $0.02\text{mass}\%$ 以内)

## 6. おわりに

ふっ素系ポリマーは、化学的安定性に優れた特長から、分析における前処理には制約がある。とりわけ、揮発成分の定量には解決すべき課題が多く、当社では基盤技術として強化してきた。本稿では、ふっ素系ポリマー中のヨウ素、臭素の定量法について、実分析例を交え紹介した。

本法は、原料中の濃度を評価するのみならず、ヨウ素、臭素の含有が懸念される部材の不含判定などにも適用できるものである。今後も、必要とされる分析技術を強化し、より良いモノづくりを支えていきたい。

\*本稿は日本分析化学会第64年会で発表した内容をまとめたものである<sup>6)</sup>。

## 参考文献

- 1) 入江：ゴムの工業的合成法第7回フッ素ゴム，日本ゴム協会誌，86，pp.16-20（2016）。
- 2) 清水：FFKMのトリアジン架橋触媒に関する研究，ニチアス技術時報，362，pp.1-4（2013）。
- 3) 矢嶋：燃焼フラスコ法によるふっ素系ポリマー中のリン、ホウ素の定量分析，ニチアス技術時報，365，pp.17-19（2014）。
- 4) 長島・折田・窪山：イオンクロマトグラフィーによる有機化合物中のフッ素、塩素、臭素、ヨウ素及び硫黄の元素微量分析，Bunseki kagaku，38，pp.378-382（1989）。
- 5) 石丸：ICP発光分光分析法による臭素の分析，神奈川県産業技術センター研究報告，14，pp.40-41（2008）。
- 6) 矢嶋：フッ素系ポリマー中のヨウ素および臭素の分析，日本分析化学会第64年会講演要旨集，福岡（2015）。

## 筆者紹介



### 矢嶋 一仁

研究開発本部 分析解析室  
無機材料分析と分析手法の開発に従事  
博士（理学）  
日本分析化学会員

## 〈製品紹介〉

# PTFE・PFA・PCTFE/ シート・テープ・ロッド・パイプ 「ナフロン® 素材」

工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部

### 1. はじめに

弊社では、優れた特性を持つふっ素樹脂を原料とした製品を総称してナフロン® 製品と呼んでいます。1951年に我が国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を開発してきました。その間長年にわたり成形、加工技術を蓄積し現在に至っております。

本稿ではナフロン® 製品の中でも、切削加工や、打ち抜き加工に使用される「ナフロン® 素材」(図1)の種類、および特長をご紹介します。



図1 「ナフロン® 素材」

### 2. ふっ素樹脂について

ふっ素樹脂は優れた耐熱性、耐薬品性、電気絶縁性、非粘着性、耐候性を兼ね備えた合成樹脂で、化学工業、半導体、自動車産業からフライパンのコーティングなどの家庭用品にいたるまで幅広い分野で活躍しています。

#### 2.1 ふっ素樹脂の種類

ふっ素樹脂は主に8種類<sup>1)</sup>が知られています。その中でも、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE),

テトラフルオロエチレン-パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体 (PFA) が工業用途に多く使用されています。その他ガスバリア性と機械的特性に優れたポリクロロトリフルオロエチレン (PCTFE) などその特性を活かして利用されています (表1)。

表1 主要なふっ素樹脂の構造と特性

名称	構造式	特性
PTFE	$\left[ \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array} \right]_n$	耐熱性、耐薬品性、電気的特性、非粘着性、自己潤滑性に優れる。
PFA	$\left[ \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array} \right]_m \left[ \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{F} \quad \text{ORf} \end{array} \right]_n$	PTFEに匹敵する特性を持ち、かつ複雑な形状でも熱溶融成形ができる。
PCTFE	$\left[ \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{F} \quad \text{Cl} \end{array} \right]_n$	機械的特性に優れる。ガス透過が少ない。

#### 2.2 ふっ素樹脂の特長

ふっ素樹脂は、以下に示す優れた特長を有しています<sup>2)</sup>。

##### ①耐熱性

最高連続使用温度はPTFE, PFAで260℃であり、高温環境下でも使用可能です。

##### ②耐薬品性

溶融状態のアルカリ金属や高温でのふっ素ガス、また高温で活性のふっ素ガスを出す化合物(CIF<sub>3</sub>, OF<sub>2</sub>)などの一部を除いて、実質的にほぼすべての工業薬品に対して不活性です。

##### ③電気絶縁性

ふっ素樹脂はプラスチックの中で最も誘電率

が低く、非常に優れた電気絶縁材料として使用されています。

④非粘着性

表面エネルギーが低いいため、他物質が付着しにくいという特異な性質を持っています。粘着性の物質でも付着しにくく、離型性も優れています。

⑤低摩擦性

全ての固体の中で最も低い摩擦係数を示し、自己潤滑性を持っています。

⑥耐候性

優れた耐候性を持ち、屋外で長時間使用しても劣化が見られません。

### 3. 「ナフロン® 素材」

#### 3.1 概要

「ナフロン® 素材」とはPTFE, PFA, PCTFEを

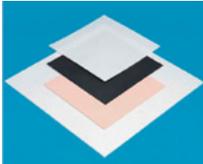
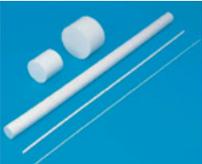
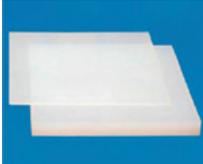
原材料とし、シート状、テープ状、ロッド状、パイプ状などの形状に成形したものです。表2に主な「ナフロン® 素材」の一覧と用途例を示します。

これらの素材は、お客さまの用途に応じて種々の形状に加工されて使用されます。例えばシート状の製品は、打ち抜き加工してガスケットとして使用され(図2)、PTFEのもつ耐薬品性や耐熱性を活かして、配管を流れる薬液の漏れを断つことが可能です。また棒状のロッドは旋盤加工などの切削加工により自由に各種形状に加工が可能です(図3)。

このように、「ナフロン® 素材」はふっ素樹脂の特長を必要とする部品の素材としてご活用いただけます。

また、ふっ素樹脂単体だけではなく、ガラスファイバー、グラファイトなどの無機充填材を

表2 主な「ナフロン® 素材」の一覧と用途例

原材料	形態	シート	テープ	ロッド	パイプ
PTFE	製品名	TOMBO™ No.9000 [ナフロン® PTFEシート]	TOMBO™ No.9001 [ナフロン® PTFEテープ]	TOMBO™ No.9002 [ナフロン® PTFEロッド]	TOMBO™ No.9008 [ナフロン® PTFEパイプ]
	写真				
	用途例	ガスケット用素材 ポンプ・バルブ部品	電子部品製造用離型材 絶縁フィルム	コネクタ 実験器具のコック	ボールシート バックアップリング Oリング
PFA	製品名	TOMBO™ No.9000-PFA [ナフロン® PFAシート]		TOMBO™ No.9002-PFA [ナフロン® PFAロッド]	
	写真				
	用途例	ガスケット用素材		溶接部品	
PCTFE	製品名	TOMBO™ No.9000-PCTFE [ナフロン® PCTFEシート]		TOMBO™ No.9002-PCTFE [ナフロン® PCTFEロッド]	
	写真				
	用途例	半導体部品搬送用治具		高圧用バルブ	

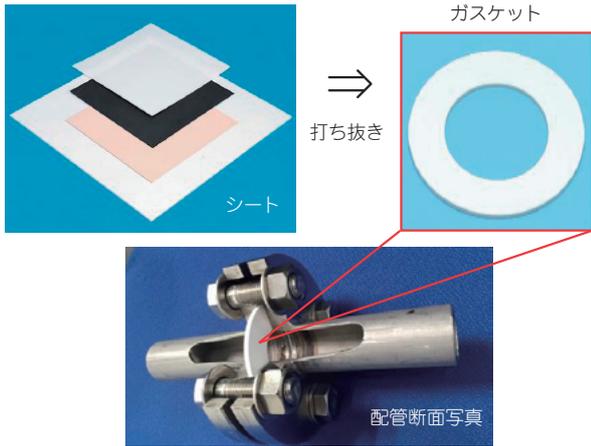


図2 シートの加工例

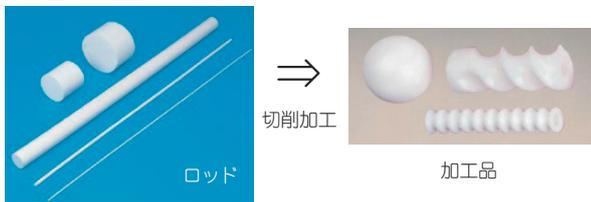


図3 ロッドの加工例

配合することで特性を改善した素材も取り揃えています。例えば、軸受素材のパイプの場合、PTFE単体では柔らかく、クリープしやすい為、高荷重での軸受では変形などの障害を起こしやすい欠点があります。この場合、充填材としてカーボンファイバーを配合することで、耐クリープ性を向上させた素材を成形することが可能です。表3に「ナフロン®素材」に使用される主な充填材の種類と特性を示します。

表3 主な充填材の種類と特性<sup>3)</sup>

充填材の種類	特性
ガラスファイバー	・機能的特性、耐摩耗性を大幅に改良する。 ・相手材を摩耗させる欠点もあり。
グラファイト	・耐コールドフロー*が向上する。 ・熱伝導が良好であり、耐薬品性にも優れる。
ブロンズ	・耐摩耗性、硬度、圧縮強度、熱伝導が向上する。 ・金属性のために耐薬品性が乏しい。
カーボンファイバー	・圧縮強度、耐摩耗性が向上する。 ・高温領域でのクリープ性と水中での耐摩耗性が優れている。

\*コールドフロー：連続的な荷重を受けると、時間と共に形状が変化していく現象。

### 3.2 各種「ナフロン®素材」

#### 3.2.1 シート

- ・ TOMBO™ No.9000 「ナフロン® PTFEシート」
- ・ TOMBO™ No.9000-PFA 「ナフロン® PFAシート」
- ・ TOMBO™ No.9000-PCTFE 「ナフロン® PCTFEシート」

シートは圧縮成形法により板状に成形した製品でPTFE、PFA、PCTFE製の3種類があります。前述のとおり打ち抜き加工によりガスケットや、PCTFEの機械的特性を活かし半導体用シリコンウエハー搬送治具の素材として利用されています。

#### 3.2.2 テープ

- ・ TOMBO™ No.9001 「ナフロン® PTFEテープ」

テープは円筒状のPTFE素材をフィルム状に切削加工した製品です(図4)。電子部品製造用離型材や絶縁フィルムなどに利用されています。また、表面処理を施して接着剤による接着加工を可能にしたTOMBO™ No.9004 「ナフロン® PTFEセメンタブルテープ」も取り揃えています。

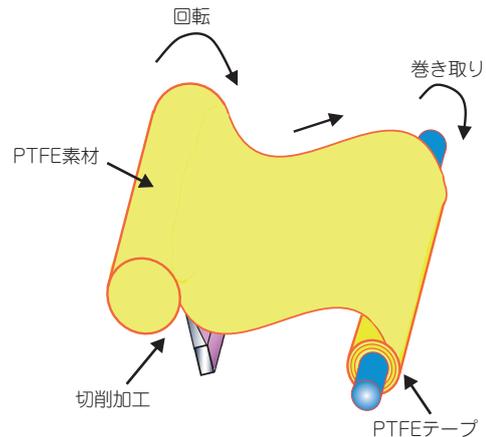


図4 PTFEテープの切削加工

#### 3.2.3 ロッド

- ・ TOMBO™ No.9002 「ナフロン® PTFEロッド」
- ・ TOMBO™ No.9002-PFA 「ナフロン® PFAロッド」
- ・ TOMBO™ No.9002-PCTFE 「ナフロン® PCTFEロッド」

ロッドは丸棒状に成形した素材でPTFE、PFA、PCTFE製の3種類があります。中でも、PFA製のロッドは熱溶解性という性質を活かしてふっ素樹脂同士の溶接部材に使用されています。また、PCTFEのロッドは圧縮強さ、ガスバリア性に優れている点を活かして高圧用のバルブシートに使用されています。

表4 ナフロン素材の対応寸法\* (単位mm)

原材料	シート	テープ	ロッド	パイプ
PTFE	厚さ：1~75 幅：300~1220 長さ：300~1220	厚さ：0.05~2 幅：300~500 長さ：10MT~100MT	外径：1~220 長さ：100~1000	外径：20~1115 長さ：100~1000
PFA	厚さ：3~40 幅：200~500 長さ：200~500	—	外径：1~100 長さ：300~1000	—
PCTFE	厚さ：3~40 幅：200~500 長さ：200~500	—	外径：25~50 長さ：300	—

※厚さ、外径、充填材種類により製作可能な寸法の組み合わせが異なります。詳細はお問い合わせください

### 3.2.4 パイプ

・TOMBO™ No.9008「ナフロン® PTFEパイプ」

パイプは圧縮成形法により、円筒状に成形した厚肉パイプ素材です。PTFE特有の低摩擦性を活かして、軸受などの素材に使用されています。また、リング形状部品の加工用素材として用いられます。

## 4. 「ナフロン® 素材」の強み

弊社は、種々の製法を用いて「ナフロン® 素材」を自社で製造しているため、表4に示すように幅広い寸法に対応することが可能です。

また、これまでにご紹介した基本形状のほかに、あらかじめ最終加工品の形状に合わせて成形した素材をご提供することも可能で、加工時間の短縮、素材歩留向上にご協力できます。

例えば、薄肉や異形管などの中空品の素材を圧縮成形法で製作するのは非常に困難なため、通常は厚肉の素材から切削して製作しています。そのため加工に時間を要し、部材ロスが多くコストがかかることとなります。しかし、弊社ではポアソン成形法という製造技術(図5)を用いることで希望する製品形状に近い中空品素材を製作することが可能です。

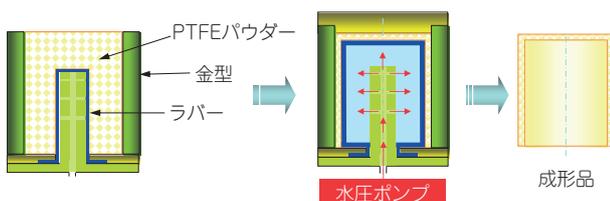


図5 ポアソン成形法の概要

## 5. おわりに

今回ご紹介した「ナフロン® 素材」はパッキン、絶縁材、断熱材、ベアリング、ワッシャーなどに生まれ変わり、ふっ素樹脂の優れた材料特性を活かして私たちの生活の至るところで使用されています。

今後とも、お客様のニーズに対応し、より使いやすい素材製品とすべく、新たな技術・品質向上を目指していく所存です。本製品に対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。

## 参考文献

- 1) 里川孝臣編：ふっ素樹脂ハンドブック，日刊工業新聞社 P.142 (1990)
- 2) 三井・デュポンフロロケミカル株式会社編：ふっ素樹脂 デュポン™ テフロン® 実用ハンドブック，三井・デュポンフロロケミカル株式会社 P.6 (1990)
- 3) 日本弗素樹脂工業会 改定13版 編集委員会：ふっ素樹脂ハンドブック，日本弗素樹脂工業会，P.52 (2014)

\*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

\*「ナフロン」はニチアス(株)の登録商標です。

# シール材 Q&A

第3回

## Q ガスケットはどのくらいの力で締め付ければシールできますか？

**A** ガスケットを用いて流体をシールするには、適切な力で締め付けなければならない。これは、接面漏れと浸透漏れを防ぐためである。一方、重力に逆らって配管や機器の内部に流体を運搬するには、圧力（内圧）が必要である。風船に空気を入れると膨らむように、内圧がかかると配管や機器のつなぎ目であるフランジにも、開こうとする力が作用する。この力はガスケットを締め付ける力と反対に作用するため、シールしたい内圧が高いほど、高い締め付け力を必要とする。

以上の影響を受ける実際の使用において、ガスケットに作用したシールに必要な締め付け力（有効締め付け力）とシールできた内圧の関係を図示すると、図1のようになる。

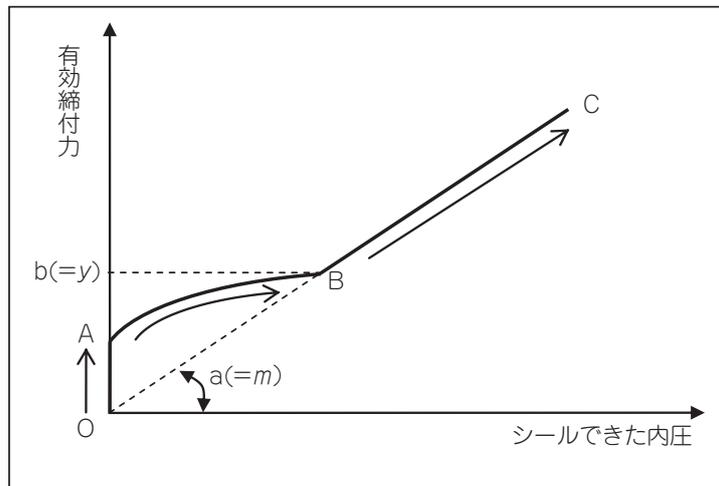


図1 シールできた内圧と有効締め付け力の関係

ガスケットはフランジとの隙間があると内圧がなくても漏れてしまうため、フランジになじむまで締め付けなければならない（線分OA）。

さらに、内圧が加わるとフランジが開こうとする力が発生し、有効締め付け力が失われるため、内圧によって流体が外に漏れてしまう。より大きな内圧の流体をシールするためには、さらに締め付け力を加えていかなければならない（線分AB）。

締め付け力を大きくすると、フランジへのなじみとガスケットの緻密性が高くなり、接面漏れ・浸透漏れを防ぐのに十分となる点Bに達する。この点Bの切片bを最小設計締め付け圧力y [N/mm<sup>2</sup>] と呼んでいる。

点B以降は、フランジが開こうとする力の分だけ有効締め付け力が失われるため、シールできる内圧と有効締め付け力の関係はほぼ比例した直線BCをたどる。この傾きaをガスケット係数m [-] と呼んでいる。

なお、 $m$ と $y$ はそれぞれガスケットの材質によって固有のものである。

実際にシールに必要なガスケットの締付力 $W$ は、日本工業規格JIS B8265などで、次の式(1)、(2)で算出された $W_{m1}$ と $W_{m2}$ の最大値とされている。

$$W_{m1} = \frac{\pi}{4} G^2 P + 2 \pi b G m P \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$W_{m2} = \pi b G y \quad \dots\dots\dots(2)$$

( $b$  : ガスケット座の有効幅,  $G$  : ガスケット反力円の直径,  $P$  : 設計圧力)

しかしながら、この $m$ ,  $y$ は流体の種類などを考慮していないため、しばしば(特に気密試験で) $W_{m1}$ ,  $W_{m2}$ では不足することが多い。これを補うために、ガスケットメーカーでは次の式を設けている。

$$W_{m3} = \sigma_3 A_g \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $\sigma_3$ は最小締付面圧(N/mm<sup>2</sup>),  $A_g$ はガスケットの接触面積(mm<sup>2</sup>)である。

なお、 $\sigma_3$ は、実測データを元に設定した値である。

これらの $W_{m1}$ ,  $W_{m2}$ および $W_{m3}$ の最大値を締付力の下限值とすれば、流体の状態を考慮した必要締付力( $W_{min}$ )を算出することができる。

一方、ガスケットは過剰な締付力を負荷してしまうと、破壊や過剰な変形をしてしまう。例として、最も汎用的に使われるジョイントシートガスケットに過剰な締付力を負荷したときの様子を図2に示す。

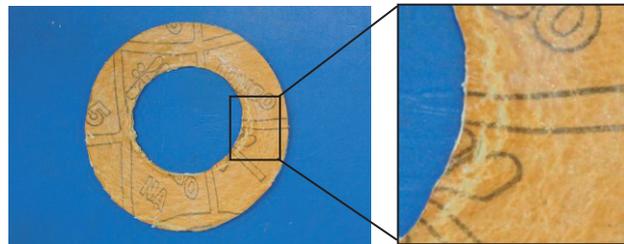


図2 過剰な締付力により破壊されたジョイントシート

このような破壊や過剰な変形が起きると、ガスケットとして正しく機能しなくなり、漏えい事故に至る可能性がある。

破壊や過剰な変形を起こしてしまう締付力の目安として、ガスケットメーカーは許容締付面圧(単位接触面積あたりに負荷できる締付力の上限： $\sigma_{max}$ )を定めており、次の式(4)から締付力の上限值( $W_{max}$ )を算出することができる。

$$W_{max} = \sigma_{max} A_g \quad \dots\dots\dots(4)$$

以上のことから、ガスケットは、下限値 $W_{min}$ と上限値 $W_{max}$ の範囲内の力で締め付ければシールできる。

\*  $W_{max}$ の値は、ボルトやフランジの限界強度を考慮していないので注意が必要である。  
 \* 本稿は、月刊トライボロジー誌(2014年6月号)に掲載された記事に一部加筆修正を加えたものです。

# トピックス

## TOMBO™ No.2685-S 「ブレイザー® モールド-S」 発売

弊社は300℃の蒸気、アミンに耐性のあるパーフロゴムTOMBO™ No.2675-S「ブレイザー® Oリング-S」に続き、Oリング以外の特殊な形状に対応したTOMBO™ No.2685-S「ブレイザー® モールド-S」を2016年1月から発売しました。

「ブレイザー® モールド-S」は破壊・磨耗・捻転・脱落が発生しやすい駆動部や、低面圧シールが必要な箇所などの特殊形状のシール材に対応します。「ブレイザー® モールド-S」に使用されるゴム材料は、特殊な架橋系の採用、独自配合技術、高度な製造技術により、従来のパーフロゴムやフッ素ゴムでは使用困難であった高温の蒸気・熱水やアミンなどの求核剤環境下でも変化がおきにくく、急速減圧環境での使用にも適したパーフロゴムです。特殊形状の設計にはFEM（Finite Element Method；有限要素法）による応力解析を用いることで、シール材形状の事前検討が可能です。

300℃の耐熱性と耐蒸気、耐薬品性の両立でさまざまな機器・装置のメンテナンスコスト低減に貢献します。本製品に関するお問い合わせは工業製品事業本部（TEL：03－4413－1131）までお願いいたします。



特殊形状の TOMBO™ No.2685-S「ブレイザー® モールド-S」

## TOMBO™ No.5635 「ファインフレックス BIO® ペーパー」 発売

弊社は、耐熱無機繊維であるアルカリアースシリケートウール（AESウール）「ファインフレックス BIO®（バイオ）」の二次製品としてTOMBO™ No.5635「ファインフレックス BIO® ペーパー」を2016年3月10日に発売しました。本品は2015年11月に施行された特定化学物質障害予防規則（特化則）に該当しない製品です。

「ファインフレックス BIO® ペーパー」は、市場の幅広いニーズに対応し、リフラクトリーセラミックファイバー（RCF）製品からの代替をよりスムーズにできるようそれぞれに製品特長を持たせた下記3種類（A, R, M）をラインアップしました。

弊社のガラス繊維製品からロックウール製品、耐熱無機繊維製品までの多彩なラインアップに裏づけされた総合技術力を駆使し開発した「ファインフレックス BIO®」の二次製品は今後ボード、モールドなどについても順次発売予定です。

本製品に関するお問い合わせは工業製品事業本部（TEL：03－4413－1131）までお願いいたします。



種類	製品名	特長
A	ファインフレックス BIO® ペーパー-A	汎用品
R	ファインフレックス BIO® ペーパー-R	シール性に優れる
M	ファインフレックス BIO® ペーパー-M	焼成時の臭気が少ない

TOMBO™ No.5635「ファインフレックス BIO® ペーパー」の外観とラインアップ

## 平成27年度「省エネ大賞」受賞

本誌8ページにてご紹介いたしましたとおり TOMBO™ No.4350-GH「ロスリム® ボードGH」が一般財団法人省エネルギーセンターの主催行事（後援：経済産業省）である平成27年度「省エネ大賞」の製品・ビジネスモデル部門において、省エネルギーセンター会長賞を受賞しました。

「省エネ大賞」は、国内の企業、工場・事業場等において省エネルギーを推進している事業者および省エネルギー性に優れた製品・ビジネスモデルを開発した事業者の活動を広く共有するとともに、優れた取り組みを行っている事業者を表彰するものです。

2016年1月27日に「ENEX2016 第40回 地球環境とエネルギーの調和展」（東京ビッグサイト、2016年1月27～29日）の会場で表彰状とトロフィーが授与されました。

またENEX2016会場においてはニチアスの熱を「断つ・保つ」製品や工事事業について出展し、今回受賞した「ロスリム® ボードGH」に関する発表会やセミナーが開催され、当日は事前予約満員の大盛況となりました。



表彰状を授与される  
弊社取締役執行役員 中田公敬



表彰状とトロフィー

## 展示会情報

展示会名

MEDTEC Japan 2016

日 時

2016年4月20日(水)～2016年4月22日(金) (10時～17時)

場 所

東京ビッグサイト 東4・5・6ホール

発表・展示内容

医療機器部品用途向けに需要が急増しているふっ素樹脂製品を中心としたニチアス製品の展示をいたします。

主な展示物はふっ素樹脂製チューブ（PTFE マルチルーメンチューブ、多孔質 PTFE チューブ、FEP 収縮チューブなど）、およびふっ素樹脂射出成形品や摺動材（エクセライド®）となります。また、ふっ素樹脂射出成形品の流動解析技術についても映像による紹介をいたします。

※「エクセライド」はニチアス㈱の登録商標です。

## 社外発表

雑誌掲載			
題 目	著 者	掲載誌名	通巻号
快適なオフィスづくりに貢献するフリーアクセスフロアシステム	伊藤正和	月刊建材仕上技術	第40巻 4号(2015)
空調効果を最大限に活かす断熱材	建材事業本部	月刊省エネルギー	第67巻 6号(2015)
うず巻形ガスケットの技術動向	樋口誠也	月刊トライボロジー	第29巻 9号(2015)
格納容器用改良EPDMゴム (EP-176) の高温・蒸気シール性評価	山本理紗, 花島完治	配管技術	第57巻12号(2015)
モノマーライン向け高機能シートガスケット	町井道男	配管技術	第58巻 2号(2016)

講 演			
講演題目	発表者	講演場所	日 時
Endurance test report of rubber sealing materials for the containment vessel	山本理紗, 渡辺勝美, 花島完治	第23回原子力工学国際会議 (ICONE23)	2015/05/19
格納容器用改良EPDMゴム (EP-176) の高温・蒸気シール性	花島完治	日本保全学会 第12回学術講演会	2015/07/14
フッ素系ポリマー中のヨウ素および臭素の分析	矢嶋一仁	日本分析化学会第64年会	2015/09/11
無機系断熱材における応力・ひずみに関する課題	佐藤清	セラミックス協会秋季シンポジウム	2015/09/16
蒸気ラインにおけるフランジ締結体のボルト軸力変化	小高康二郎, 糸井克豊, 森本史一 (三菱化学), 小林隆志 (沼津高専)	日本機械学会 山梨講演会2015	2015/10/17
EPDMパッキンの劣化解析	橋本知美	第20回高分子分析討論会	2015/10/27



保温のメンテナンス革命

e'-AIM<sup>®</sup>

エコ-エイム

工法

工場や発電所などで使われている  
〈既設保温材〉の上に重ね巻きするだけで

省エネ

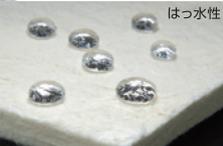
CUI  
対策

エコ

に対応。

非吸水性断熱材「Pyrogel™ XT」で  
水蒸気は逃がして、雨水の浸入をシャットアウト!

はっ水性



水蒸気透過性  
(イメージ)



既設  
劣化保温材



既設外装材



新規外装材

Pyrogel™ XT

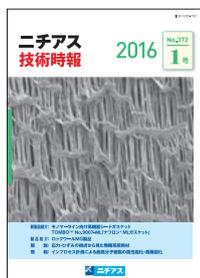
お問い合わせは

基幹産業事業本部  
TEL.03-4413-1124

工業製品事業本部  
TEL.03-4413-1130

## 「ニチアス技術時報」 バックナンバー

2016/1号 通巻 No. 372



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈新製品紹介〉 モノマーライン向け高機能シートガスケット  
TOMBO™ No.9007-ML 「ナフロン® ML ガスケット」
- 〈製品紹介〉 ロックウール MG 製品
- 〈解説〉 応力・ひずみの視点から見た無機系断熱材
- 〈寄稿〉 インプロセス計測による超高分子樹脂の高性能化・高機能化
- 〈連載〉 シール材 Q&A (第2回)

2015/4号 通巻 No. 371



- 〈新製品紹介〉 耐高温蒸気性パーフロゴム TOMBO™ No.2675-S 「ブレイザー® Oリング-S」
- 〈技術レポート〉 断熱材低熱伝導化のためのふく射散乱材設計技術
- 〈解説〉 空調効果を最大限に活かす断熱材
- 〈製品紹介〉 非金属製伸縮継手 TOMBO™ No.9999-NA 「NA ベロー Q®」
- 〈連載〉 シール材 Q&A (第1回)

2015/3号 通巻 No. 370



- 〈特別企画〉 ニチアスの省エネ戦略
- 〈寄稿〉 住まいの断熱と健康
- 〈製品紹介〉 平成25年基準に対応した住宅用ロックウール断熱材  
「ホームマット®」, 「ホームマット NEO®」
- 〈技術レポート〉 繊維系断熱材の高温多湿下における変化
- 〈紹介〉 省エネ・環境に配慮した「ホームマット®」新工場

2015/2号 通巻 No. 369



- 〈お知らせ〉 平成25年「省エネルギー基準」が完全施行
- 〈技術レポート〉 原子力関連設備向けゴムガスケット評価法の検討  
—高耐久性 EPDM 『EP-176』の圧縮永久ひずみ特性—
- 〈寄稿〉 最近の材料研究で活用される X線マイクロトモグラフィ技術
- 〈技術レポート〉 ふっ素樹脂製品におけるクリーン化技術 (後編)  
— PFA チューブ通水液の微量 TOC と超微量金属測定—
- 〈紹介〉 ニチアスの知的財産活動

次号 2016/3号 通巻 No. 374 は 2016年7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
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
浜松営業所	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
鹿児島営業所	TEL (099) 257-8769

## 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
海外営業課	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 ・イギリス ・チェコ ・カタール  
・メキシコ