

ニチアス 技術時報

No. 395

2021年 4号

Contents

【新製品紹介】

高温ユーティリティ用シートガスケット
TOMBO™ No.1155「クリンシルネクスト™」

【技術レポート】

液化水素使用条件における当社シール材の評価
極低温シール試験と液化水素流通シール試験の検討

ファインフレックスBIO® 応用製品
ファインブロック® の高温加熱試験

耐熱・断熱製品の湿式脱水成形技術(前編)
～分散と凝集の基礎～

【製品紹介】

非金属製伸縮継手
TOMBO™ No.9999-NA「NA ベローQ®」



目次

【新製品紹介】

- ◆高温ユーティリティ用シートガスケット
TOMBO™ No.1155 「クリンシルネクスト™」 1
工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部

【技術レポート】

- ◆液化水素使用条件における当社シール材の評価
極低温シール試験と液化水素流通シール試験の検討 6
工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部 神原 華実

【技術レポート】

- ◆ファインフレックス BIO® 応用製品 ファインブロック® の高温加熱試験 10
工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部 小林 宣仁

【技術レポート】

- ◆耐熱・断熱製品の湿式脱水成形技術（前編）～分散と凝集の基礎～ 14
研究開発本部 浜松研究所 堀内 修

【製品紹介】

- ◆非金属製伸縮継手
TOMBO™ No.9999-NA 「NA ベロー Q®」 18
工業製品事業本部 環境製品技術開発部

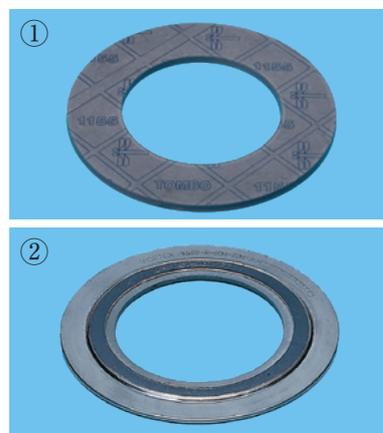
【トピックス】

- ◆ IE Expo China 2021 中国環博会に出展しました 20
- ◆ IE Expo Chengdu 2021 成都環博会に出展しました 20

表紙写真：

石油精製・化学工業，電力，エネルギー，鉄鋼などのあらゆる産業分野の配管・機器部品において，流体の漏れを防ぐためにガスケットは重要な役割を担っています。極低温や高温の使用に対応した弊社ガスケットの技術や製品を紹介します。
詳細は P1～9 【新製品紹介】 【技術レポート】 をご覧ください。

- ① 新製品 TOMBO™ No.1155 「クリンシルネクスト™」
従来のシートガスケットから耐熱性を大幅に向上させ，高温でより長期間の使用を可能にしました。水・油・蒸気等のユーティリティ用途で高い信頼性が期待できるガスケットです。また，圧縮破壊が起りにくく，安全に施工することができます。
- ② 液化水素向けガスケットの評価
エネルギーキャリアとしての水素の利活用は，有効な温暖化対策の一つです。液化水素をシールするためのガスケットには，極低温への耐性と透過性の高い水素に対する気密性が求められます。弊社の極低温用ガスケット TOMBO™ No.1839R グラシル® ボルテックス® ガスケット-L を用いて評価技術を検討しました。



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 桁のお客さま番号を必ずお知らせくださいますよう，お願いいたします。

〈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。
<https://www.nichias.co.jp/>

高温ユーティリティ用シートガスケット TOMBO™ No.1155 「クリンシルネクスト™」

工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部

1. はじめに

ガスケットは配管、機器などのフランジに締め付けられて使用され、石油精製、石油化学、造船、電力、鉄鋼などあらゆる産業分野で、流体の漏れを防ぐ重要な役割を担っています。

弊社はこの度、従来のシートガスケットから耐熱性を大幅に向上させ、高温でより長期間の使用を可能にしたTOMBO™ No.1155「クリンシルネクスト™」(以下、TOMBO™ No.1155)をラインアップいたしました(図1, 2)。

TOMBO™ No.1155は、水・油・蒸気等のユーティリティ用途に弊社が開発したシートガスケットであり、高温下における応力緩和(ボルトの緩み)を抑制する技術により、高温長期で高い信頼性が期待できるガスケットです。

本稿では、この新製品TOMBO™ No.1155の主な特長についてご紹介いたします。

2. TOMBO™ No.1155の特長

2.1 優れた耐熱性

TOMBO™ No.1155は独自の配合技術によってPTFEの欠点である高温でのクリープを小さく抑えることに成功し、高温下においても優れたシール性を発揮します。

また、PTFEを主材としているため高温での劣化も少なく、必要に応じて増締めも可能で長期的に安心・安全にご使用いただくことが可能です。

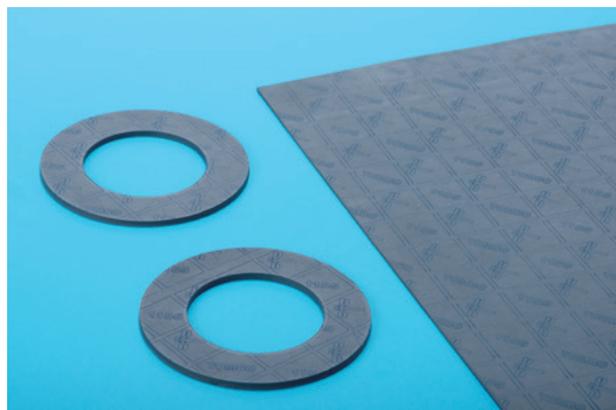


図1 TOMBO No.1155の外観

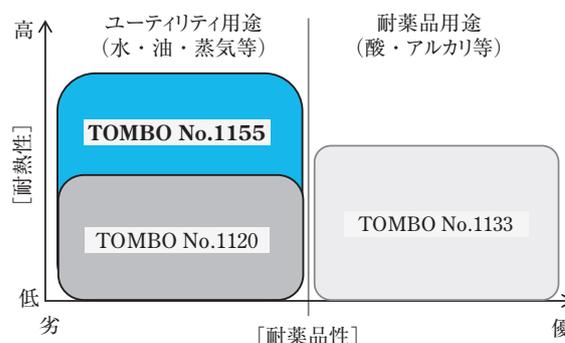


図2 弊社製シートガスケットの位置づけ

2.2 優れた施工性

TOMBO™ No.1155は従来のシートガスケットと同様の取り扱い、加工が可能です。

また、過剰に締め付けたとしても圧縮破壊が起こりにくく、安全に施工することができます。

3. 特性評価

3.1 シール特性

3.1.1 高温シール性

加熱後のシール特性の評価として、製品の最高使用温度である300℃を超える310℃での加速劣化試験を行いました。試験条件を表1、図3に、試験結果を図4に示します。

TOMBO™ No.1155は310℃で加熱サイクルをかけても漏れ量が増加することなく、安定したシール性を発揮しました。この結果からTOMBO™ No.1155は300℃でも使用可能です。

表1 試験条件

試料	TOMBO No.1155 クリンシルネクスト (最高使用温度300℃)
	一般市場で入手可能な他社製高温用シートガスケット (以下市場流通品A)
試料寸法	JIS 10K 25A FR 3.0t
フランジ	JIS 10K 25A RF
締付面圧	34.3N/mm ²
流体	N ₂ ガス
内圧	0.98MPa
試験数	n = 3
漏れ検知	圧力降下
加熱条件	310℃ × 18時間
熱サイクル数	10サイクル

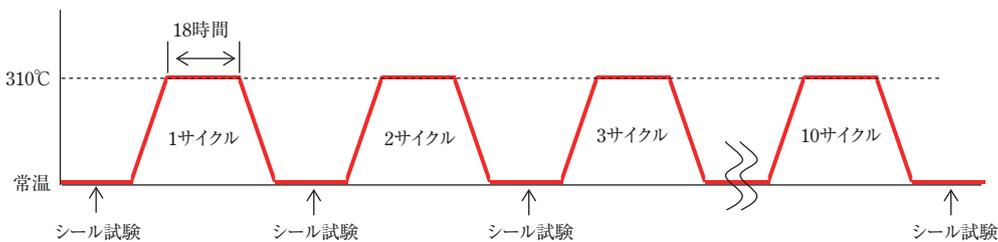
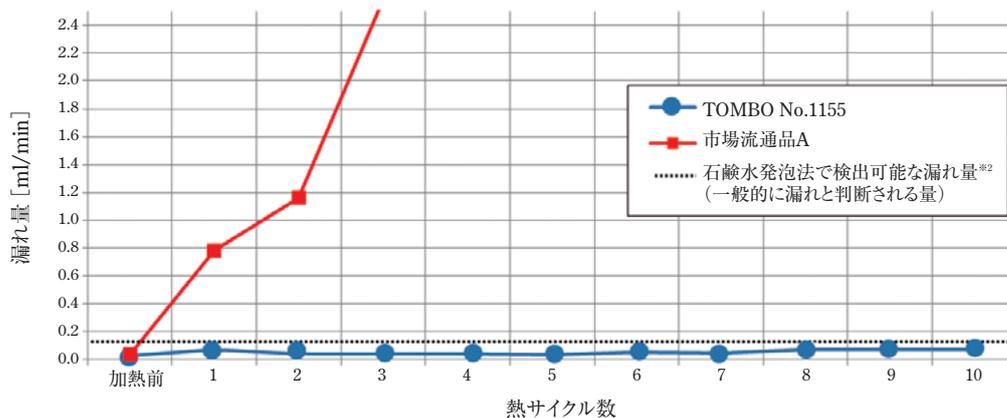


図3 試験条件



※1 この評価は加速劣化試験として最高使用温度を上回る310℃で測定しております。310℃での使用を保証するものではありません。
 ※2 JIS B 2490-2008「管フランジ用ガスケットの密封特性試験」解説第7項「漏れないことの定量化」に記載の石鹼水発泡法で検出可能な漏れ量 $3.0 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ から、試料サイズJIS 10K 25Aでの漏れ量に換算

図4 加熱サイクルシール試験結果

3.1.2 常温シール性 JIS B 2490

「管フランジ用ガスケットの密封特性試験」

常温におけるシール性を評価するため、JIS B

2490：管フランジ用ガスケットの密封特性試験を実施しました。この試験では、段階的に締付面圧を変化させて、そのときの基本漏れ量を測定して

います。試験条件および締付面圧のシーケンスを表2, 3に、試験結果を図5に示します。各ステップにおけるTOMBO™ No.1155の基本漏れ量は、TOMBO™ No.1120や市場流通品Aと同等であり、従来品と同等のシール性を有しています。

3.2 耐圧縮破壊特性

耐圧縮破壊特性の評価として、JPI規格の小口径フランジにガスケットを挟んで高荷重で締結を行い、破損状況を確認いたしました。試験条件を表4に試験結果を表5に示します。

表2 試験条件

試料	TOMBO No.1155 クリンシルネクスト
	TOMBO No.1120 クリンシル® トップ
	市場流通品A
試料サイズ	JIS 20K 50A FR 1.5t
流体	He ガス
温度	常温 (23 ± 5℃)
試験数	n = 3
漏れ量測定方法	自動式精密膜流量計, Heリークディテクタ

表4 試験条件

試料	TOMBO No.1155 クリンシルネクスト
	TOMBO No.1120 クリンシルトップ
	市場流通品A
試料サイズ	JPI クラス 300 1/2B FR 3.0t
フランジ	JPI クラス 300 1/2B RF (SO形)
締付面圧	最小締付面圧 σ_3 (ガス系流体 = 34.3N/mm ²) の2~3倍
ペースト塗布	無

表3 試験面圧のシーケンス

ステップ	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
締付圧 [N/mm ²]	5	10	20	10	5	20	30	40	20	10	5
試験内圧 [MPa]	2										

表5 圧縮破壊試験結果

締付面圧 [N/mm ²]	68.6	85.8	102.9
TOMBO No.1155	○	○	○
TOMBO No.1120	○	× 圧縮破壊	-
市場流通品A	○	× 亀裂発生	-

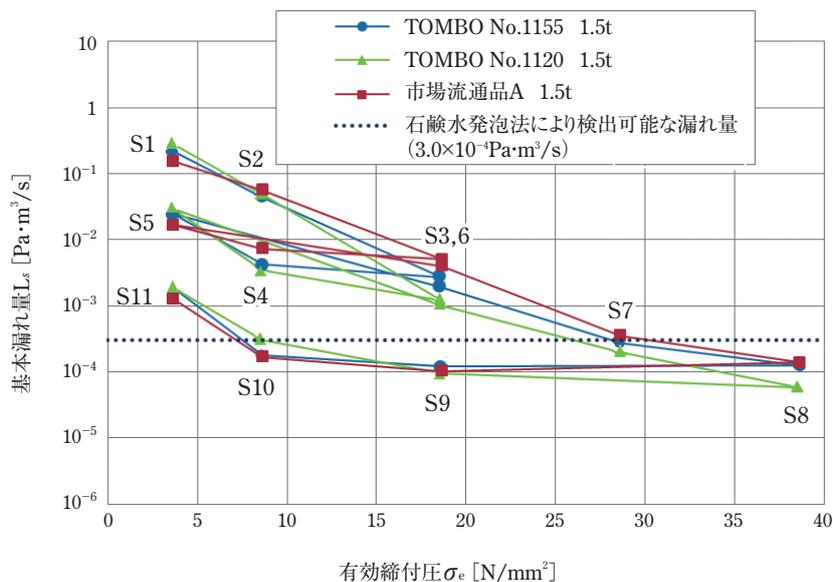


図5 JIS B 2490 管フランジ用ガスケットの密封特性試験結果 (シール性)

TOMBO™ No.1120や市場流通品はガスシールに必要な荷重 (σ_3) の約2.5倍でガスケットに亀裂が生じましたが、TOMBO™ No.1155は σ_3 の約3倍の荷重をかけても破損は確認されませんでした。このことから、TOMBO™ No.1155は施工時の破損および、破損に起因する漏えいがより起こりにくいと言えます。

3.3 高温応力緩和特性

長期的なシール安定性の指標として、200℃の応力緩和特性の推移を測定しました。試験条件を表6に、試験結果を図6に示します。

表6 試験条件

試料	TOMBO No.1155 クリンシルネクスト
	TOMBO No.1120 クリンシルトップ
	市場流通品A
試験方法	JIS R 3453 「ジョイントシート」 応力緩和率試験
試料サイズ	10 × 32 × 1.5t 4枚
試験温度	200℃
試験数	n = 3

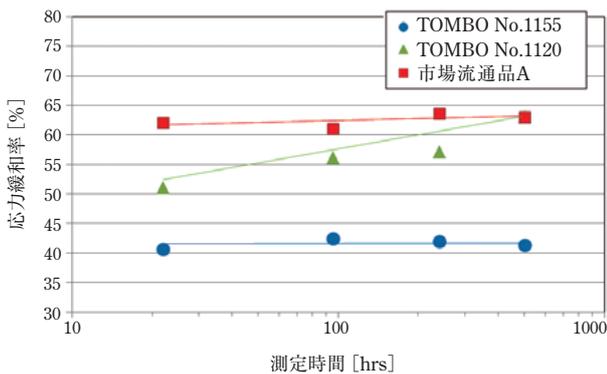


図6 200℃長期応力緩和測定結果

TOMBO™ No.1155は他のシートガスケットに比べて応力緩和が少なく、長期的にも安定しています。

3.4 一般特性

一般特性を表7に示します。

表7 一般特性

	測定方法	TOMBO No.1155	TOMBO No.1120	市場流通品A
厚さ [mm]	-	1.5	1.5	1.5
引張強さ [N/mm ²]	JIS R 3453 準拠	11	28	11
圧縮率 [%]		6	9	4
復元率 [%]		46	70	51
加熱圧縮時の面積変化 [%]	※3	15	-	19

※3 以下の条件でプレスした際の変形量を測定
 ・試験片サイズ：φ25.4 ・圧縮荷重：68.6N/mm²
 ・圧縮時間：1min. ・加熱温度：100℃

TOMBO™ No.1155の一般特性は他の製品と比べても問題なく、従来品と同様に使用可能です。また、ホットボルティングなどの際に発生する加熱時の面積変化も小さく抑えられています。

4. 製品仕様

TOMBO™ No.1155の設計値を表8に、使用可能範囲を図7に示します。

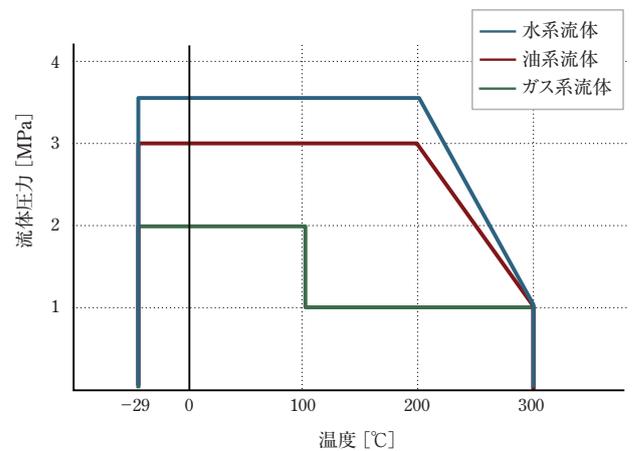


図7 使用可能範囲

表8 TOMBO No.1155の設計値

厚さ [mm]	1.5	2	3
最大ガスケット外径 [mm]	610	1250	1250*1
ガスケット係数m	2.75	2.75	2.00
最小設計締付圧力y [N/mm ²]	25.5	25.5	11.0
最小締付面圧 σ_3 [N/mm ²]	水・油系流体	14.7	
	ガス系流体	34.3	
許容締付面圧 [N/mm ²]	150		
適用可能流体	水・油・アルコール	使用可	
	有機溶剤		
	低温流体		
	可燃性ガス		
	不活性ガス・不燃性ガス		
	アルカリ・酸	条件により使用可能ですが、TOMBO No.1133, 9007-LC, SC等の耐薬品用のガスケットのご使用を推奨します。	
食品衛生法 昭和34年厚生省告示 第370号の第3のDの2	適合*2		

※1 一枚のシートから加工できる最大の外径です。溶着加工により1250mm以上の外径のガスケットも製作可能です。

※2 2021年7月21日現在（法規が改訂される場合がありますので、最新の状況はお問い合わせください。）

5. おわりに

本稿では、新製品「TOMBO™ No.1155 クリンシルネクスト™」の主な特長についてご紹介しました。TOMBO™ No.1155 クリンシルネクスト™は、従来のシートガスケットに比べ、高温で長期にわたり安定したシール性を発揮する高温ユーティリティ用ガスケットです。また、耐圧縮破壊特性にも優れており、より安心・安全にご使用いただけます。

今後ともお客様のニーズに対応した製品開発を行っていく所存です。ご意見・ご要望を賜れば幸甚です。

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

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

*「クリンシルネクスト」はニチアス(株)の商標です。

*本稿の測定値は参考値であり、保証値ではございません。

液化水素使用条件における当社シール材の評価

極低温シール試験と液化水素流通シール試験の検討

工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部 神原華実

1. はじめに

エネルギーキャリアとしての水素の利活用は、有効な温暖化対策の一つとして主要諸国で検討されており、国内においても「水素・燃料電池戦略協議会」や「CO₂フリー水素ワーキンググループ」等で水素の利活用方法について検討されている¹⁾。

なかでも液化水素は、水素ガスの1/800の体積となることから、水素の大量輸送手段としての活用が期待されている²⁾。

液化水素は沸点が -253°C と極低温の流体であるため、シールするためのガスケットには、水素に対する気密性に加えて、極低温条件への耐性が求められる。水素分子は分子量が小さく自己拡散係数が大きいため、ガスケット内部を透過しやすく、他の流体に比べてシールが難しいことが想定される。また、金属や樹脂などの材料は、温度が下がると強度が低下して脆くなったり、大きく収縮したりするが、ガスケットにそのような変化が生じると流体をシールすることが難しくなる。

液化水素に対するシール性の評価において、もしシールが不十分だった場合、可燃性である水素ガスが多量に漏えいして危険である。そこで、まずは不活性ガスであるヘリウムを用いて -270°C という極低温下で十分なシール性を有していることを確認したのちに、液化水素を用いて水素に対する気密性の評価を行った。本稿では、その結果を報告する。

2. 試料と実施試験

2.1 試料

試験には、極低温用ガスケット TOMBO™ No.1839R グラシール® ボルテックス® ガスケット-L (以下, GRボルテックス-L)を用いた。本製品はテープ状の膨張黒鉛と薄鋼板を交互に重ね、うず巻状に巻き付けた構造をしており、LNGで多数実績があるガスケットである(図1)。

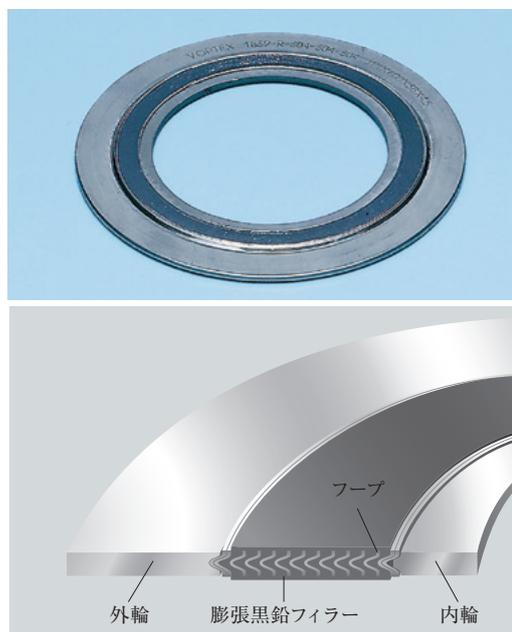


図1 グラシール® ボルテックス® ガスケット-Lの外観写真と構造図

2.2 実施試験

極低温下におけるシール性は、フランジ締結体を室温から -270°C まで冷却したときの漏れ量の変化を評価した。水素に対する気密性はフランジ

締結体および配管内部に液化水素を流通させ、フランジ周辺の水素ガスの漏れの有無を評価した。

3. 極低温シール試験

前述した通り、金属などの材料は温度が低下すると強度低下や収縮を生じる。ガスケットが収縮すると締付面圧が下がり、漏れ量が増加する可能性がある。

低温下でのシール性の評価は、当社では従来、液化窒素を用いてシール部周辺を冷却して行ってきた。しかしながら、表1に示す通り、液化水素の沸点以下まで冷却できる流体は液化ヘリウムのみであり、その希少性、取扱い性の難しさから実験に用いるのは困難である。そこで低温流体に代わって、GM冷凍機と呼ばれる機械式の冷凍機を用いてフランジ締結体を -270°C まで冷却し、評価を行った。

表1 低温流体の沸点

流体名	沸点 (°C)
LNG	-162
液化窒素	-193
液化水素	-253
液化ヘリウム	-269

3.1 GM冷凍機

GM冷凍機とは、Gifford-McMahonサイクルを動作原理としている冷凍機で、蓄冷材がシリンダ内部を往復運動し、冷媒ガスを断熱膨張して寒冷を発生させる機械式の冷凍機である。市販されているGM冷凍機のなかには -270°C 以下まで冷却することができるものもある^{3), 4)}。

3.2 試験方法

試験装置の模式図を図2に、試験条件を表2に示す。本試験では、GM冷凍機に銅製の①伝熱プレートおよび②ワイヤーブレードを連結し、③フランジ締結体を伝熱冷却した。装置内部は真空および④熱シールドで断熱している。

フランジ締結体から漏れたヘリウムガスは熱交換ガスとして作用し、装置内の温度を上昇させる

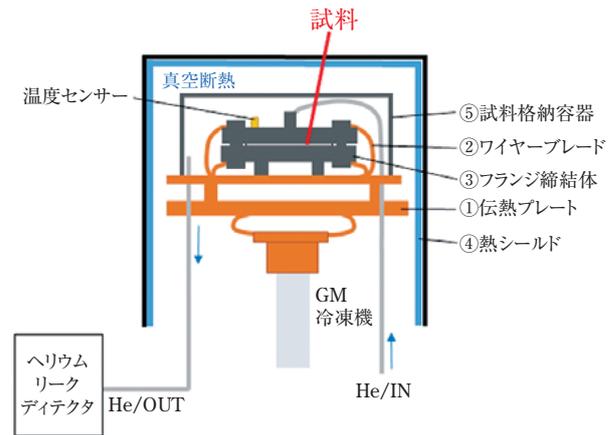


図2 シール試験装置の模式図

表2 シール試験条件

試料	1) GR-ボルテックス-L 2) ナフロンボルテックス
試料寸法	JPI クラス300LB 1B 4.5t
内外輪・フープ材質	316L鋼
温度	室温 → -270°C → 室温
流体	ヘリウム
内圧	1.2MPa
漏れの検出方法	ヘリウムリークディテクタ

ため、⑤資料格納容器で漏れたガスを捕集する、二重構造とした。

今回、GR-ボルテックス-Lの比較として、シール部分にPTFEテープを使用したTOMBO™ No.9090 ナフロン® ボルテックス® ガスケット（以降、ナフロンボルテックスという）も試験した。

3.3 試験結果

試験結果を表3に示す。

フランジ締結体が -270°C まで冷却されたとき、GR-ボルテックス-Lのシールレベルは冷却前と同等の $10^{-5} \text{ Pa m}^3/\text{s}$ オーダーであり、復温後も同等であった。対してナフロンボルテックスは、室温下のシール性は良好であるものの、フランジ締結体の温度が下がると漏れ量が急激に増加した。シー

表3 シールレベル [単位: $\text{Pa m}^3/\text{s}$]

	GRボルテックス-L	ナフロンボルテックス
冷却前 (室温)	1.8×10^{-5}	2.9×10^{-10}
低温時 (-270°C)	3.2×10^{-5}	3.2×10^{-2}
復温後 (室温)	1.1×10^{-5}	8.8×10^{-10}

ル部の PTFE が温度低下により収縮し、シールに必要なガスケット面圧が保てなくなったためと推定される。本試験により GR-ボルテックス-L は、極低温下でもシール部の膨張黒鉛の収縮が起こり難く、耐低温性を有していることが確認された。

4. 液化水素流通シール試験

極低温に対する耐性を有していても、分子量が小さい水素ガスはガスケットのシール部分を浸透して漏れてくる可能性がある。そこで、液化水素を流通させて、内部から冷却したときの漏れの有無を評価した。

4.1 試験方法

試験装置の概略図を図3に、試験条件を表4に、温度サイクルのイメージを図4に示す。二つの液化水素タンクの間にはフランジ締結体を2組配置し、

表4 液化水素流通シール試験条件

試料	GR-ボルテックス-L
試料サイズ	JIS 20K 25A 4.5t
内外輪・フープ材質	316L鋼
フランジ材質	316L鋼
流体	液化水素
最大供給圧力	約0.7MPa
試験体冷却後の保持時間	10min
流通サイクル数	8サイクル
漏れの検出	水素ガス検知器 検出下限：50ppm サンプリング流量：300 ± 50ml/min
締付トルク	60Nm/本 (締付面圧 78.4N/mm ² 相当)

タンク1からタンク2に液化水素を送液することで、配管およびフランジ締結部内に液化水素を流通させた。

配管は真空断熱の二重管を用い、フランジ締結部周辺はグラスウールとウレタンフォームで保冷

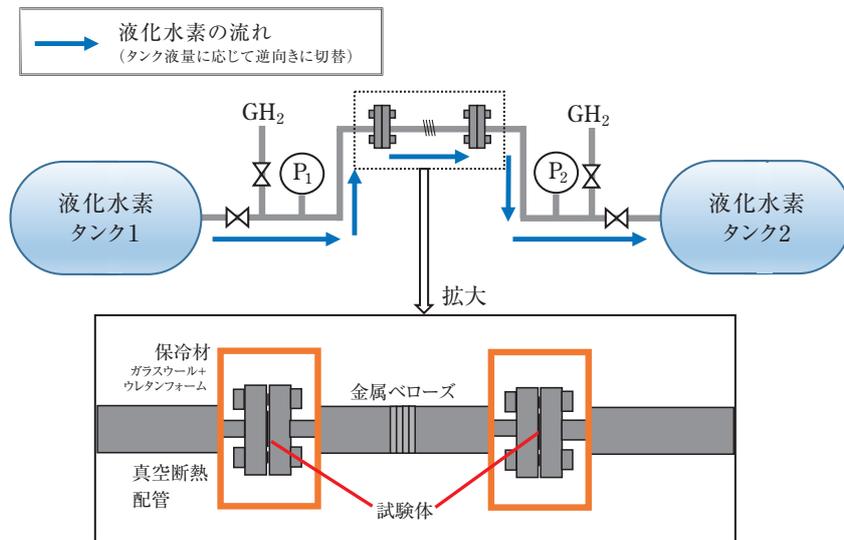


図3 液化水素流通シール試験装置の概略図

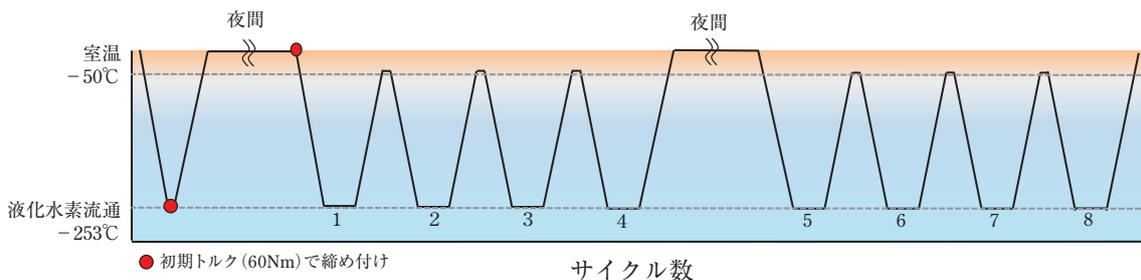


図4 試験サイクルのイメージ図

した。配管・フランジ・ガスケットの金属材質は316L鋼を用いた。316L鋼は、オーステナイトステンレス鋼のなかでも水素脆化による強度低下が生じにくいことが確認されている⁵⁾。試験準備として、一度フランジ締結体を冷却して表4の締付トルクで締め付け、翌日、室温に復温させたのち同締付トルクで再度締め付けた。

試験手順は下記の通り実施した。

- 1) 液化水素の流通を開始する。
- 2) 熱電対の温度が一定となった後、10分間保持する。
- 3) 液化水素の流通を止め、常温の水素ガスを吹き込み、復温する。
- 4) 1)～3)のサイクルを8サイクル実施する。
- 5) 液化水素による冷却と、復温のサイクルの間、10分毎に試験体周辺に水素ガス検知器のプローブを当て、漏れの有無を測定する。

4.2 試験結果

液化水素の流通を開始して20～30分でフランジ締結体が冷却され、熱電対の温度が一定となった。その際、受液側のタンク重量が徐々に増加していることで、配管内を液化水素が流通していることを確認した。

冷却・復温の8サイクル中の水素ガス検知器の検出結果を表5に示す。

液化水素の流通および復温の過程において、水素ガス検知器で試験体周辺の漏れ量を測定したが、全ての条件において漏れた水素ガスは検出されなかった。

表5 水素ガス検知器の検出結果

	液化水素流通後	復温後
1サイクル	ND	ND
2サイクル	ND	ND
3サイクル	ND	ND
4サイクル	ND	ND
5サイクル	ND	ND
6サイクル	ND	ND
7サイクル	ND	ND
8サイクル	ND	ND

ND：非検出

漏えいガスの吸引率を100%と仮定すると、検知器の検出下限：50ppmおよびサンプリング流量：300ml/minより、漏れ量は約 $2.5 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下に相当する。

本試験により、GR-ボルテックス-Lの -253°C の液化水素に対するシール性が確認された。

5. おわりに

本稿では、極低温シール試験および液化水素流通シール試験により、GR-ボルテックス-Lの液化水素への適用性を評価した。今後もお客さまの使用条件に応じたシール材の評価を実施し、適用性を検証していく所存である。

謝辞

このたび、極低温シール試験は株式会社 低温技術研究所において、液化水素流通シール試験は岩谷産業株式会社 中央研究所のご協力により試験を実施するに至りました。関係者の皆さまにはご尽力をいただき、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 水素サプライチェーン事業化に関する調査・報告書, 令和2年3月発行, 環境省。
- 2) 岩谷産業株式会社, 水素エネルギーハンドブック 第6版。
- 3) 住友重機械工業株式会社, 極低温冷凍機 (最終閲覧日: 2021年7月12日)。 <https://www.shi.co.jp/products/precision/cold/>
- 4) 松原 洋一: クライオクーラ-極低温冷凍機の基礎-, 低温工学 41巻8号 (2006)。
- 5) 45MPa 高圧水素ガス雰囲気下での金属材料の機械的特性評価, 日本金属学会誌 第69巻第12号, p.1039-1048 (2005)。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

*「グラシール」はニチアス(株)の登録商標です。

*「ボルテックス」はニチアス(株)の登録商標です。

*「ナフロン」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、保証値ではございません。

筆者紹介



神原 華実

工業製品事業本部
配管・機器部品技術開発部

ファインフレックスBIO[®] 応用製品 ファインブロック[®] の高温加熱試験

工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部 小林 宣 仁

1. はじめに

2015年11月に特定化学物質障害予防規則(以下、特化則)が改正され、リフラクトリーセラミックファイバー(以下、RCF)が特別管理物質となった。当社ではRCFの代替として特化則の適用対象外となる耐熱性にすぐれたアルカリアースシリケートウール(以下、AESウール)「ファインフレックスBIO[®]」を使用した応用製品を上市した。

本稿で記すTOMBO[™] No.5655「ファインブロック[®]」(以下、「ファインブロック」)は、「ファインフレックスBIO[®] ブランケット」あるいはアルミナファイバーブランケットを積層・圧縮しブロック状に成型した製品であり、工業炉などの内壁に施工され耐火レンガの保護材または代替品として

使用されている。

「ファインブロック」は用途に応じ3種類の構造で製品をラインアップしている(図1, 表1)。

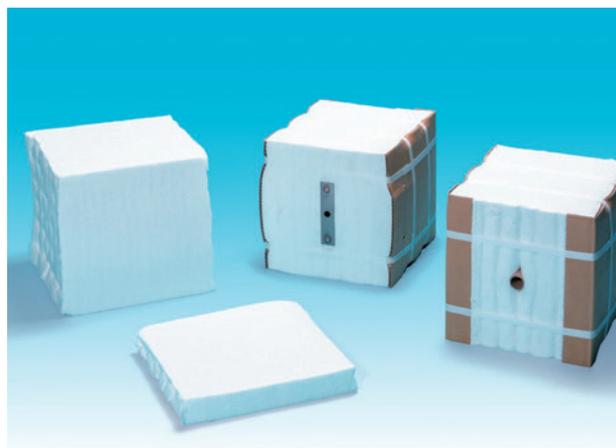


図1 「ファインブロック[®]」の外観

表1 「ファインブロック[®]」ラインアップ

製品名	ファインブロック-B		ファインブロック-S			ファインブロック-W		
	B16	BR	S13	S17	SRA	W13	W17	WRA
原綿	ファインフレックスBIO	アルミナファイバー	ファインフレックスBIO	アルミナファイバー	アルミナファイバー	ファインフレックスBIO	アルミナファイバー	アルミナファイバー
密度 (kg/m ³)	160	130	130	170	130	130	170	130
最高耐熱温度 (°C)	1300	1600	1300	1600	1600	1300	1600	1600
構造								
用途	ベニヤリング		工業炉向けライニング			鉄鋼関連向けライニング		

一般に、「ファインブロック」は最高耐熱温度よりも200℃程度低い温度で使用される場合が多く、アルミナファイバーを原綿とした場合1400℃以下、ファイフレックスBIO®を原綿とした場合1100℃以下で使用される。特化則改正前は「ファインブロック」の原綿としてRCFである「ファイフレックス® 1300」や「ファイフレックス® 1400-Z」を使用しており1200℃まで使用可能であったが、特化則改正以降1100℃以上の使用環境になるとAESウールやRCFよりも非常に高価なアルミナファイバーを使用することとなり、コスト高になるという課題がある（表2）。

本課題に対し、各種ブランケットの加熱収縮率に着目すると、「ファイフレックスBIOブランケット」は各種RCFブランケットに比べて1300℃までの高温時の加熱収縮率が優れていることが分かっている（表3）。また「ファイフレックス1400-Zブランケット」と比較しても同等以上の加熱収縮率であることから「ファイフレックスBIOブランケット」を使用した「ファインブロック」は1200℃で使用できる可能性がある。

そこで今回、特化則改正以降アルミナファイバーを使用することが一般的となっている1100℃～1200℃において、「ファイフレックスBIO」を原綿とした「ファインブロック」の使用可否について検討した。

本稿では当社(株)浜松研究所内の壁用耐火試験炉にて実施した「ファインブロック」の1200℃加熱試験結果を紹介する。また、1200℃で使用可能である「ファイフレックス1400-Z」を原綿としたブロックについても同条件下で加熱試験を行い比較対象とした。

2. 試験概要

- ・試験装置 壁用耐火試験炉（図2）
有効寸法：1800W × 2700Hmm
炉内寸法：約2100W × 3100H × 300Lmm
- ・試験条件 1200℃ × 50hr加熱（大気雰囲気）
- ・試験方法 壁用耐火試験炉の扉にサンプルを施工して所定時間加熱する。
- ・試験サンプル ファインブロック-S17

表2 特化則改正前後における「ファインブロック®」原綿の変化

一般使用温度	～1100℃	～1200℃	～1400℃
特化則改正前	ファイフレックス1300*	ファイフレックス1400-Z*	アルミナファイバー
特化則改正後	ファイフレックスBIO	アルミナファイバー	

※現在、販売はしていません

表3 各種ブランケットの加熱収縮率

項目		AES	RCF		アルミナファイバー
		ファイフレックスBIO	ファイフレックス1300*	ファイフレックス1400-Z*	
最高耐熱温度（℃）		1300	1300	1400	1600
加熱収縮率（%）	1000℃	0.5	1.4	1.4	—
	1100℃	1.1	1.9	1.4	—
	1200℃	1.7	2.6	1.8	0.1
	1300℃	2.0	3.5	2.4	0.3
	1400℃	13.0	5.0	3.0	0.8

※現在、販売はしていません

原綿は「ファインフレックス BIO」および「ファインフレックス 1400-Z」の2種。

各ブロックは図3のように2種を炉の半分ずつに施工した。

- ・評価方法 加熱後のブロックについて以下を実施した。
 - ①外観観察
 - ②ブロック表面のSEM観察



図2 壁用耐火試験炉外観

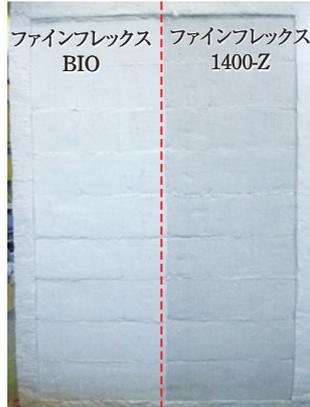


図3 ブロック施工後 壁用耐火試験炉外観
300×300mmのブロックが、それぞれ、3×9個施工されている。

3. 試験結果

1200℃×50hr加熱後の外観写真を図4に示す。
外観観察より、「ファインフレックス BIO」および「ファインフレックス 1400-Z」を原綿とした両ブロックともに使用上問題となる収縮や目地開きは見られず、状態は良好であった。

次に1200℃×50hr加熱後のブロック表面よりサンプリングした繊維のSEM観察結果を表4に示す。

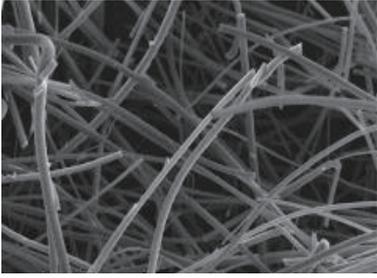
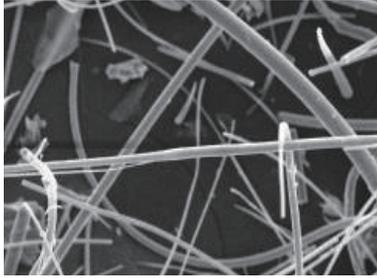
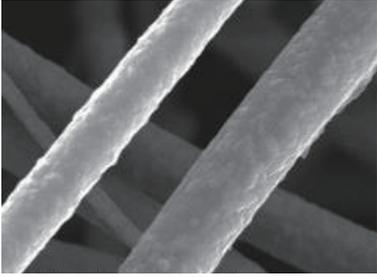
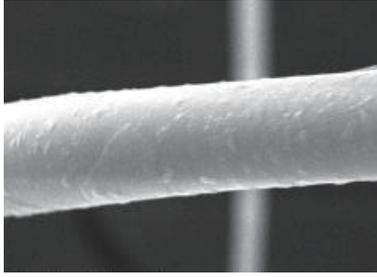
結晶化による繊維表面の凹凸は見られるがいずれも同様の状態であった。熱により劣化している場合、繊維の熔融等が見られるが、いずれの繊維でも熔融は見られなかった。

以上より、本試験条件（大気雰囲気、1200℃×50hr）においては「ファインフレックス BIO」は「ファインフレックス 1400-Z」と同等であることが示された。



図4 1200℃×50hr加熱後外観
着色部は加熱により炉から付着した汚れである。

表4 1200℃×50hr加熱後の繊維SEM観察結果

観察倍率	ファインフレックス BIO	ファインフレックス 1400-Z
×500		
×5000		

本結果から、高価なアルミナファイバーを使用しなければならない1100℃～1200℃の温度域でも「ファインフレックス BIO」を原綿とした「ファインブロック」を使用できる可能性があることを確認した。

- *「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」、「ファインブロック」、「ファインフレックス」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、保証値ではございません。
- *本稿の試験結果は、特定の条件におけるものであり、実際の使用を保証するものではありません。

4. おわりに

本稿では、AESウールである「ファインフレックス BIO」を原綿とした「ファインブロック」の高温加熱試験を行い1100℃～1200℃の温度域における使用可否を検討した。同温度域でのご使用を検討される場合は、工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部（03-4413-1130）まで相談いただきたい。

今後も「ファインブロック」の評価を継続的に行い、お客さまに満足いただける製品として展開していく所存である。

筆者紹介



小林 宣仁

工業製品事業本部
省エネ製品技術開発部
無機断熱材の研究開発に従事

耐熱・断熱製品の湿式脱水成形技術（前編）

～分散と凝集の基礎～

研究開発本部 浜松研究所 堀内 修

1. はじめに

当社では、用途に合わせさまざまな特性・機能を有する耐熱、断熱製品を製造・販売している。

耐熱、断熱製品の製造工程には、水を使わずに、あるいはごく少量の水で原材料を混合し、主にプレス装置で圧縮成形する乾式成形と、水を添加して混合し成形する湿式成形、あるいは水中で原材料を混合し、その後金型で脱水して成形する湿式脱水成形がある。これらの成形方法は、使用する原材料や、製品の特性、形態により使い分けている。

当社での湿式脱水成形におけるスラリー作製から脱水成形工程での技術的アプローチについて本稿と次稿の2稿にわたって解説する。まず本稿では湿式脱水成形技術（2、3章）とその重要因子であるゼータ電位（4章）について解説する。

2. 湿式脱水成形製品とその製造工程

湿式脱水成形では、水中で原材料を混合して懸濁液（スラリー）を作製し、スラリーから固形分を脱水ろ過することで成形体を作製する。代表的な湿式脱水成形としては、製紙で用いられる抄造が挙げられる。製紙では抄紙機を用いて連続的に成形が行われている。それ以外の業種では、製品種、製品厚さによって、金型を用いたバッチ成形が行われている。

当社において湿式脱水成形で製造する製品の製造工程を2例紹介する。例えば図1～2に示したような、内壁・天井、軒天材であるTOMBO™



図1 TOMBO™ No.6458 「エコラックス®」



図2 TOMBO™ No.6702 「NAミルボード」 打ち抜き加工品

No.6458 「エコラックス®」、汎用断熱シートであるTOMBO™ No.6702 「NAミルボード」は、図3に示したような抄造機を用いて湿式脱水成形している。

また図4に示した高温用断熱ボードであるTOMBO™ No.5461 「RFボード®」、図5に示したモールド形状断熱材であるTOMBO™ No.5465 「ファインフレックスBIO® モールド」は、図6に示したような吸引脱水成形で製造している。

抄造機での成形と金型での成形は、成形装置は異なるが、どちらもスラリーを使った成形であることが共通している。

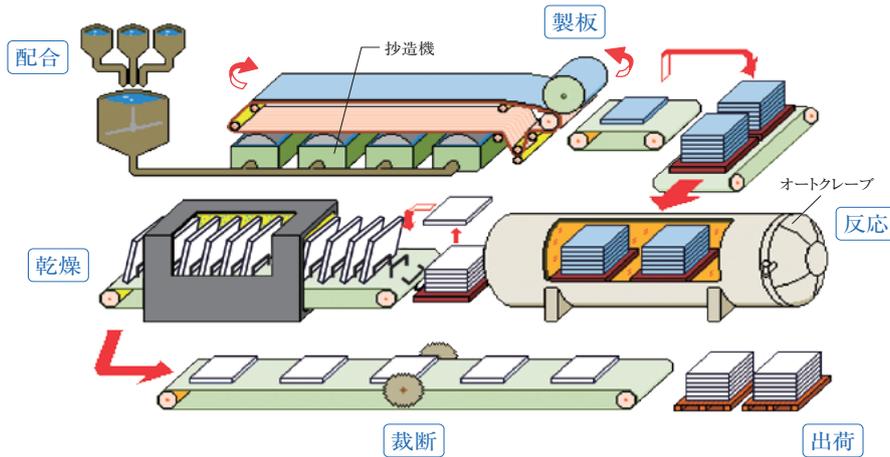


図3 「エコラックス®」の製造工程模式図



図4 TOMBO™ No.5461 「RFボード®」



図5 TOMBO™ No.5465 「ファインフレックスBIO® モールド」

3. 湿式脱水成形におけるスラリー調整

湿式脱水成形工程では、スラリー調整が重要である。

図6を基に説明すると、①配合・スラリー作製の工程で、有機や無機の繊維・粒子などの原材料を水中で攪拌機を用いて混合し、十分に分散させただけのスラリー（図7(a)の状態）を作製する。そのスラリーを②脱水成形の工程でメッシュを用いて固形分をろ過し成形を行う。しかしそのスラリーでは、メッシュの目開きよりも小さい原材料は、メッシュを通過してしまいろ過できず、成形体にその原料が残らなくなることがある。またろ過した固形分内で、原材料の形状や比重により脱水方向に不均一なる過固形分成形体ができることがある。そのような場合、設計した特性を製品に与えることができなくなってしまう。

その対策として、スラリーに凝集剤を加え、メッ

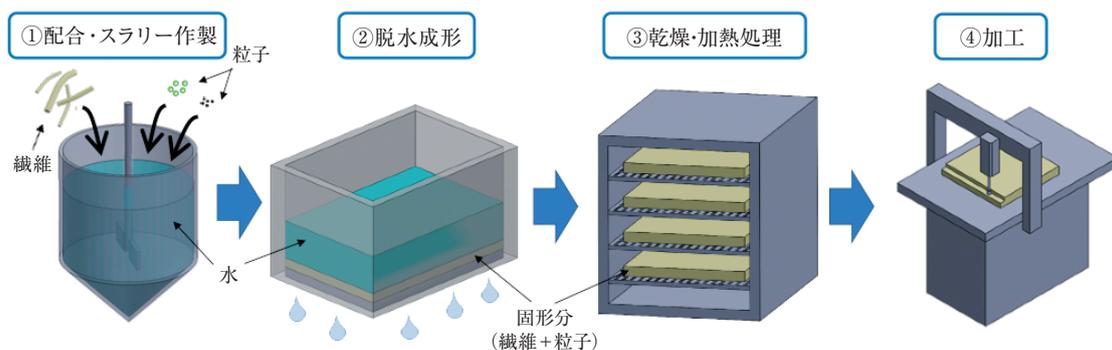


図6 「RFボード®」の製造工程模式図

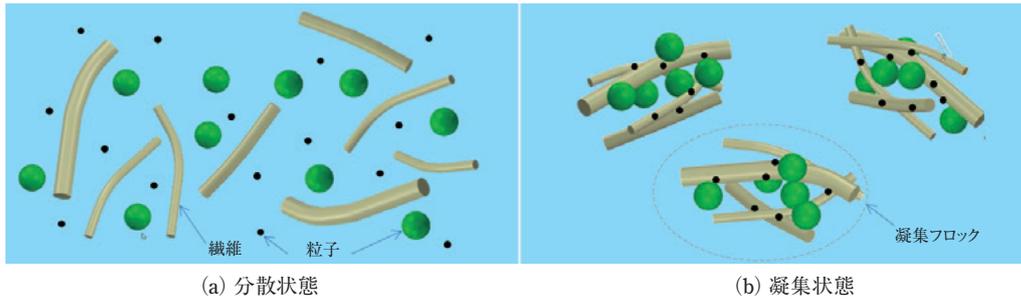


図7 水中での原材料の分散状態と凝集状態の模式図

シュでろ過できるように凝集フロックを作製している（図7 (b) の状態）。この凝集フロックはメッシュ目開きよりも大きいため、脱水成形時メッシュで原材料がろ過され、均一な成形体を得ることができる。

この凝集フロックの大きさ、性状により、繊維配向性や、脱水成形時の脱水性・含水率などが変化し、成形体のかさ密度などの物性や特性が変化することが分かっている。

狙いの凝集フロックを作製するためには、適切な凝集剤の選定が必要である。その時に重要となるのが、水中で原材料が持つゼータ電位と呼ばれる特性値である。そこで、次にゼータ電位について説明する。

4. ゼータ電位

4-1 ゼータ電位とは

ゼータ電位とは、電解質溶液、主に水の中で粒子等固形物表面が有する電位である。これは微細な粒子を分散させた水中に電場を印加した時に、粒子がプラス極かマイナス極に移動することでも確認できる（電気泳動現象）。粒子は水中で、元々表面に存在する官能基の解離や、吸着したイオン、酸化物表面の水和によるOH基により電荷を帯びている。粒子と水との界面近くの水中には、粒子表面と対になるイオンが集まっており、電気二重層と呼ばれるイオン雲を形成している。粒子との距離が離れるほど、対となるイオンの濃度が減少する。電場を加えた水中では、粒子が移動するが、その時粒子と共に移動する水中の対となるイオンと、移動しないイオンとの境界があり、それはすべり面と呼ばれている。

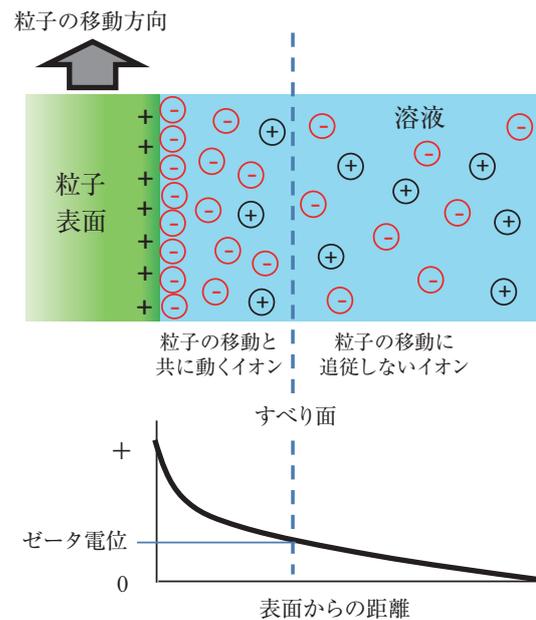


図8 水中での粒子とその周囲のイオンの分布

そのすべり面での電位が、ゼータ電位と呼ばれている（図8参照）。厳密に言えば、粒子表面の電位とは異なるが、実質的にはほぼ同等のものとして一般的には扱われている。

4-2 ゼータ電位による分散と凝集

ゼータ電位による分散と凝集を、コロイド溶液中の粒子をモデルに、図9に示したpHとコロイド粒子のゼータ電位の関係のイメージ図より説明する。

コロイド溶液とは、溶媒中で粒子が沈降せず均一に分散している状態の液体である。

コロイド溶液中の粒子（＝コロイド粒子）に着目してみると、粒子同士がゼータ電位により電氣的に反発することで、ファンデルワールス力による引力によって起こる凝集を防ぎ、かつ、微細なサイズであることによるブラウン運動により、重力

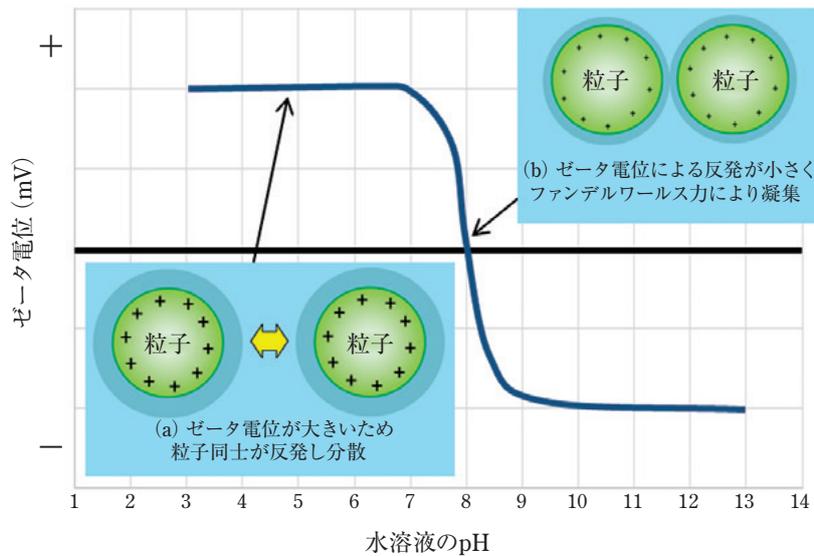


図9 粒子のPHとゼータ電位の関係イメージ図と分散と凝集のモデル

による沈降を防ぐことで、溶液中に分散している状態を保っている（図9 (a) 参照）。そのためpHや電解質濃度によりゼータ電位が小さくなると、ゼータ電位による反発力よりもファンデルワールス力による引力が勝り、コロイド溶液中の粒子は凝集してしまうことが知られている（図9 (b) 参照）。

コロイド溶液中の粒子は一般的に1nm～1000nm程度の微細な粒子であり、ゼータ電位の大小だけでも分散と凝集が制御できる。しかし、上述したような当社製品は、コロイド粒子ほど小さくない有機や無機の繊維・粒子などさまざまな原材料を複数併用している。そのため、水中では重力や、攪拌の水流によるせん断や慣性の力を受けやすく、材料固有のゼータ電位だけでは分散と凝集を制御できない。また複数の原材料を併用することにより、ゼータ電位の管理も複雑になる。しかし個別原材料のゼータ電位を基に、適切な分散剤や凝集剤を併用し、必要な攪拌による水流を与えることで、原材料を均一に分散混合したり、ろ過性と製品特性上適切なサイズや性状の凝集フロックを形成できるようになる。分散剤、凝集剤は、ノニオン性、カチオン性、アニオン性などさまざまな種類があるが、その選定においてもゼータ電位が重要となる。そのためコロイド粒子でない原材料においても、ゼータ電位について把握し、製品によりこれを制御していくことが重要である。

5. おわりに

本稿では、当社の代表的な湿式脱水成形製品の製造工程、成形工程で活用しているゼータ電位について紹介した。

次稿では、実際の原材料のゼータ電位や、その活用例について紹介する。

参考文献

- ・ゼータ電位 微粒子界面の物理化学
北原文雄, 古澤邦夫, 尾崎正孝, 大島広行
(株)サイエンティスト社
- ・【分野別】ゼータ電位利用集 ～基礎/測定/解釈・濃厚/非水系・分散安定等～
(株)情報機構
- ・翻訳 応用界面・コロイド科学ハンドブック
辻井薫, 高木俊夫, 前田悠 (株)エヌ・ティー・エス
- *「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
- *「エコラックス」はニチアス(株)の登録商標です。
- *「RFボード」はニチアス(株)の登録商標です。
- *「ファインフレックスBIO」はニチアス(株)の登録商標です。

筆者紹介



堀内 修

(執筆時) ニチアス株式会社
研究開発本部 浜松研究所
(現職) 国分工業株式会社

非金属製伸縮継手 TOMBO™ No.9999-NA 「NA ベロー Q®」

工業製品事業本部 環境製品技術開発部

1. はじめに

火力発電所やごみ焼却場などの煙風道には、熱膨張、圧力、振動等によって生じる配管の伸縮変位を吸収する目的で配管どうしの継ぎ目に伸縮継手を使用されます。伸縮継手は構成素材から金属製と非金属製に大別できますが、金属製と比較して軽量で柔軟性に優れた非金属製伸縮継手が現在主流になっています。

TOMBO™ No.9999-NA 「NA ベロー Q®」は、弊社が開発した耐熱性、耐食性に優れた非金属製伸縮継手です。ベロー Q®シリーズは国内における非金属製伸縮継手を代表するブランドとなっており、弊社が誇るベストセラー製品です。このベロー Q®シリーズの販売開始から50周年を迎えたことから、改めてその開発の経緯と特長をご紹介します。

2. 開発の経緯

昭和30年代からの高度経済成長により、火力発電所や製鉄所、石油化学コンビナート、ゴミ焼却場等の建設が拡大しましたが、重油や石炭等の燃焼の際に生じる腐食性ガス成分によって、金属製伸縮継手の多くは腐食しました。弊社ではこの問題に対して、無機繊維クロスと四フッ化エチレン樹脂（以下、PTFE）を接着剤なしで一体化することに成功し、この技術の特許として応用した画期的な伸縮継手を開発しました。これが「ベロー Q®」の始まりで、1971年に日本で初めての非金属製伸縮継手として発売しました。さらに1992年

には、TOMBO™ No.9999-NA 「NA ベロー Q®」（以下、NA ベロー Q）を発売しました。

3. NA ベロー Qの特長

NA ベロー Q構造を図1に、外観写真を図2に示します。

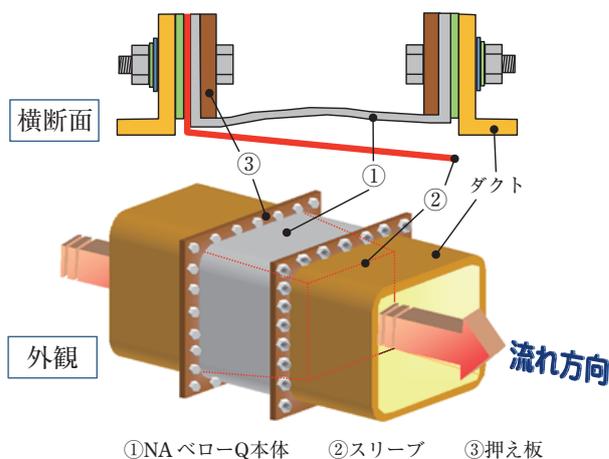
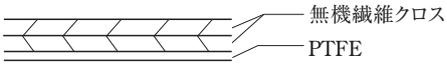
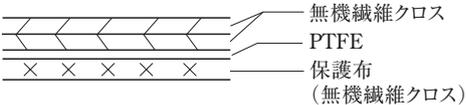
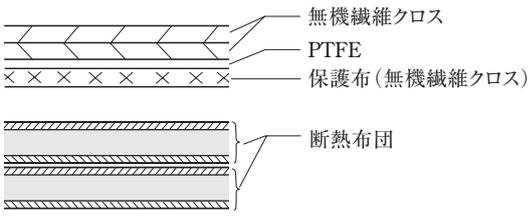


図1 NA ベロー Qの構造



図2 NA ベロー Qの外観写真

表1 NA ベロー Qの本体構成

本体構成	内容
NAQ-025タイプ（基本構成） 	内側に耐熱性、耐食性、耐屈曲性に優れたPTFEを熱融着した無機繊維クロスと、その外側に補強用無機繊維クロスを積層したもので、250℃までの条件に使用できるタイプです。
NAQ-025Pタイプ 	NAQ-025タイプのPTFEの内側に保護布として無機繊維クロスを使用したベローで、250℃までの条件に使用できるタイプです。
NAQ-025P-350, 450, 600タイプ 	250℃以上の高温用ベローでNAQ-025Pタイプに耐熱布団を併用した構造で、350℃、450℃、600℃の条件に使用できるタイプです。
NAQ-099タイプ 個別設計構造 （使用条件を基に設計する）	標準タイプ以外のベロー構造を表し、標準構造では設計できない使用条件に応じて個別に設計したものです。内側に断熱材や耐火材を併用することで、600℃以上の高温条件でも使用できるものや、損傷した既設の金属製伸縮継手を覆うような特殊設計を行うことも可能です。

伸縮変位を吸収する①NA ベロー Q本体、流体からNA ベロー Q本体の摩耗を防止する②スリーブ、ダクトに固定する③押え板で構成されています。

①NA ベロー Q本体

主要構造部位であるNA ベロー Q本体は耐熱性に優れ、高強度で柔軟性を有した無機繊維クロスと耐食性に優れたPTFEフィルムを主な基材とし、これらを特殊加工により熱融着させた構造となっています。

②スリーブ

スリーブは、流体中のダストによる摩耗防止、あるいは、流体の乱流によるNA ベロー Q本体への影響を低減させる目的として使用します。材料は、通常はSS400が使用されますが、使用条件によっては、耐硫酸露点腐食鋼、ステンレス鋼などの特殊材料を使用します。

③押え板

押え板は、NA ベロー Q本体をダクトフランジに固定するために使用します。外部にあり、内部

流体と直接接触しないことから腐食の心配がないためSS400を標準材質とします。

NA ベロー Qは耐熱性や使用条件に合わせてさまざまな仕様をラインアップしています。

表1にNA ベロー Qの本体構成を示します。

4. おわりに

昨今、NA ベロー Qを取り巻く市場環境にも変化が見られます。地球温暖化対策のための脱炭素の動きが盛んになり、代替エネルギーの検討が進められていますが、どの燃料が採用されても、熱を循環させる構造となるため、配管の熱膨張、圧力、振動を吸収するNA ベロー Qは、なくてはならない機能製品であることに変わりありません。今後もお客さまのご要望に応じて、製品の改良、開発に努めていく所存ですので、ご意見ご要望等をお聞かせください。なお、本製品に関するお問い合わせは、工業製品事業本部 環境製品技術開発部までお願いします。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

*「ベローQ」はニチアス(株)の登録商標です。

IE Expo China 2021 中国環博会に出展しました

2021年4月20日～22日に、上海新国際博覧中心にて開催された『IE Expo China 2021 中国環博会』に出展いたしました。出展企業数2,157社、来場者数81,957名で、アジア最大級の環境総合展です。

弊社では、VOC濃縮装置「ソルベントクリーン®」を出展いたしました。VOCは揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds) の略で、PM2.5や光化学スモッグの原因物質の一つとされています。弊社の「ソルベントクリーン®」は、低濃度・大風量のVOC排気を、高濃度・小風量に濃縮することで、処理を容易にするための装置です。中国では、昨年6月にVOCに関する新たな汚染対策防止方針が公布されたこともあり、弊社製品に関する需要はますます高まっております。

昨年は新型コロナウイルス感染症の影響で来場者が減少していましたが、今年は大勢の来場者で賑わいました。弊社ブースにお越しいただいた来場者の皆さまには、厚く御礼申し上げます。



IE Expo Chengdu 2021 成都環博会に出展しました

2021年7月8日～10日に、成都の中国西部国際博覧城で開催された『IE Expo Chengdu 2021 成都環博会』に出展いたしました。2019年に第1回が開催されて以来、今年で3回目となる環境展です。

弊社では、VOC濃縮装置「ソルベントクリーン®」を出展いたしました。中国では従来、北京、上海、広州など沿海部を中心に経済発展してきましたが、近年は成都などの内陸部でも半導体や液晶等の重要産業が集積し、経済上の重要性が増しております。

本環境展も、回を重ねるごとに規模が拡大し、弊社ブースにも大勢のお客さまにご来場いただきました。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。



「ニチアス技術時報」 バックナンバー

No.394 2021/3号



- 〈寄稿〉 化学反応から見たフッ素の特異性
- 〈技術レポート〉 ロックウールを使用した木造高断熱外壁の認定取得
- 〈製品紹介〉 ニチアスの建材分野におけるロックウール製品
- 〈製品紹介〉 耐火工事向け補助材料の紹介
～繊維質断熱材用の接着剤、表面処理材、目地埋め材～
- 〈受賞のお知らせ〉 『エンジニアリング功労者賞』を受賞しました
- 〈特別企画〉 周期加熱法による断熱材の熱拡散率測定方法の ISO 規格が発行されました

No.393 2021/2号



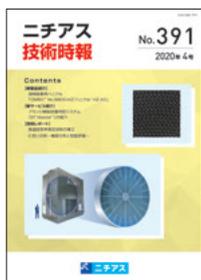
- 〈技術レポート〉 ユニオン継手の締付面圧とシール性の評価
- 〈技術レポート〉 ふっ素樹脂の結晶性の評価 ～ラマン分光法の適用～
- 〈新製品紹介〉 耐腐食ガス性・耐熱性 パーフルオロエラストマー
TOMBO™ No.2670-BNX-E 「ゴム O リング プレイザー® ネクスト -E」
- 〈製品紹介〉 溶接火花受けクロス
TOMBO™ No.8300-S 「耐火クロス S」
TOMBO™ No.8300-SW 「耐火クロス SW」

No.392 2021/1号



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈寄稿〉 高温多湿気候下のインドネシアにおける低炭素アフォーダブル集合住宅の社会実装
～省エネ・低炭素と健康・快適性の両立～
- 〈製品紹介〉 高意匠けい酸カルシウム板
TOMBO™ No.6458 「エコラックス® エンボス」 「エコラックス® エンボスのき天塗装品」
- 〈製品紹介〉 断熱材付き遮熱カバー
TOMBO™ No.6600 「インサルカバー®」 断熱材付き仕様
- 〈製品紹介〉 ファインフレックス BIO® 応用製品
TOMBO™ No.5635 「ファインフレックス BIO® ペーパー」

No.391 2020/4号



- 〈新製品紹介〉 溶剤吸着用ハニクル
TOMBO™ No.8800-HZ 「ハニクル® HZ-XO」
- 〈新サービス紹介〉 フランジ締結技量判定システム
「BT Master™」の紹介
- 〈技術レポート〉 高温吸音率測定技術の確立
- 〈技術レポート〉 におい分析～機器分析と官能評価～
- 〈連載〉 ニチアスの「断つ・保つ®」技術を支える CAE (第3回)

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

次号 No.396 2022/1号は2022年1月発行予定です。

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

ニチアス株式会社

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

【東日本地区】

札幌支店	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 (079) 289-3241
岡山支店	TEL (086) 424-8011
広島支店	TEL (082) 506-2202
宇部営業所	TEL (0836) 21-0111
徳山支店	TEL (0834) 31-4411
四国営業所	TEL (0897) 34-6111
北九州営業所	TEL (093) 621-8820
九州支社	TEL (092) 739-3621
長崎支店	TEL (095) 801-8722
熊本支店	TEL (096) 292-4035
大分営業所	TEL (097) 551-0237

本 社 〒104-8555 東京都中央区八丁堀1-6-1

・基幹産業事業本部	TEL (03) 4413-1121
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
海外営業部	TEL (03) 4413-1155
・建材事業本部	TEL (03) 4413-1161
・研究開発本部	TEL (03) 4413-1181

研 究 所

・鶴見 ・浜松

工 場

・鶴見 ・王寺 ・羽島 ・袋井 ・結城

海外拠点

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

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