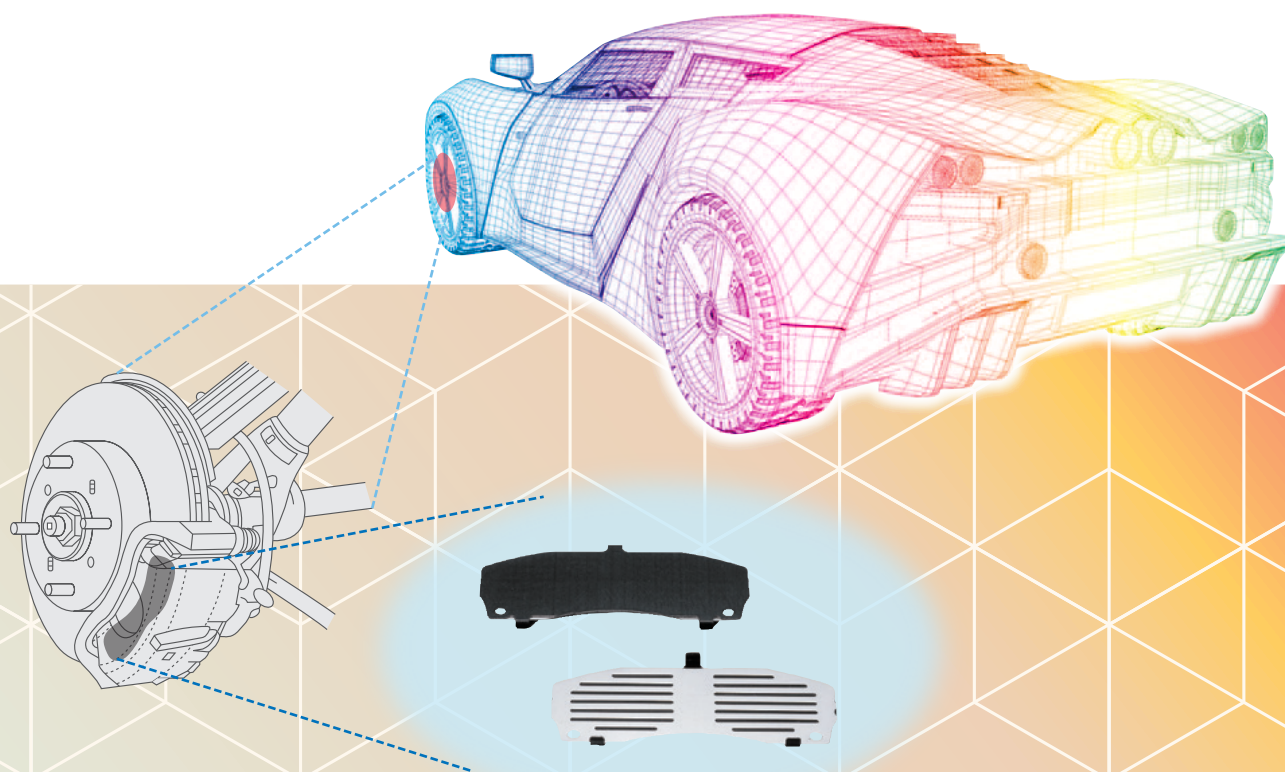


ニチアス 技術時報

No. 399

2022年 4号



Contents

【寄稿】

JAMSECフランジ締結技能講習制度におけるBT Master™ の活用

【製品紹介】

自動車用ブレーキシム

TOMBO™ No.1600「メタコート®」, TOMBO™ No.1614「メタプラス® 積層シム」

【技術レポート】

半導体製造装置用途のPFA再生材利用

【技術レポート】

SPMを用いたゴムシール材観察例のご紹介

目次

【寄稿】

- ◆JAMSEC フランジ締結技能講習制度における BT Master™ の活用 1
レイズネクスト株式会社 近藤 康治

【製品紹介】

- ◆自動車用ブレーキシム
TOMBO™ No.1600 「メタコート®」, TOMBO™ No.1614 「メタプラス® 積層シム」 7
自動車部品事業本部 第二技術開発部

【技術レポート】

- ◆半導体製造装置用途の PFA 再生材利用 11
高機能製品事業本部 樹脂技術開発部 設計一課 隈元 健

【技術レポート】

- ◆SPM を用いたゴムシール材観察例のご紹介 15
研究開発本部 研究開発部門 松村 岳

【トピックス】

- ◆第5回 5G 通信技術展（2022年6月29日～7月1日、東京ビッグサイト）に出展 19

表紙写真：

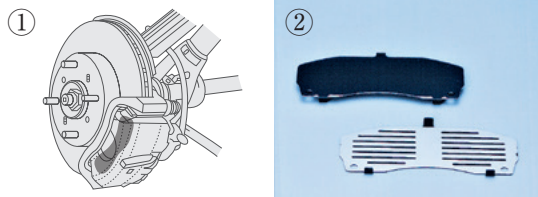
弊社のブレーキシムは、フローティングキャリパ、対抗型キャリパ、電動パーキングブレーキキャリパなど幅広く使用されています。詳細は P7～10 【製品紹介】をご覧ください。

① ディスクブレーキの概略図

ブレーキパッドのバックプレート部（右下の灰色部）に、クリップオンまたは接着することによりブレーキシムが使用されています。

② メタプラス® 積層シム

左上がゴム面側、右下がステンレス面側。シム形状に成型加工したメタコート® と併せて多様なラインアップを取り揃えています。



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/>

JAMSEC フランジ締結技能講習制度における BT Master™ の活用

レイズネクスト株式会社 近藤 康治

1. はじめに

プラントメンテナンスにおける施工業界団体である一般社団法人日本メンテナンス工業会(以下、JAMSEC)では、フランジ締結作業向けに「フランジ締結技能講習」制度を構築し、プラント業界内で展開を図っている。この講習は作業者に最低限知っておいてほしいフランジ締結に関する知識と技量の習得を目的としており、基礎講習(20分)、実技講習(10分)、理解度テスト(5分)および技量確認(10分/人)で構成されている。実技講習と技量確認では、フランジのボルト軸力を見える化したボルティンク・シミュレータ(以下、B・S)と呼ばれる教材を用いるが、JAMSECではニチアス社製のBT Master™(以下、BT Master)を標準B・Sとして採用している。本稿では、JAMSECフランジ締結技能講習制度の概要とBT Masterの活用について紹介する。

2. JAMSECのフランジ締結技能講習制度

フランジ締結作業はプラントメンテナンスにおける重要な作業にも関わらず、作業や施工管理者に対する公的資格や標準化された教育制度がないために、JAMSECではワーキンググループ(以下、WG)活動により作業者向けの「フランジ締結技能講習」制度を構築し、2021年10月より本技能講習を開始した。この技能講習はフランジ締結作業者に最低限知っておいてほしい知識と技量を習得する教育で、JAMSEC会員企業(傘下を含

む)の作業者が、教育実施会社によらずどこでも同じ教育を無料で受講できることをコンセプトとしている。また、そのポイントは以下の4つである。

- ① JAMSEC 認定講師による技能講習
- ② JAMSEC で標準化した基礎教育資料
- ③ B・S教材を活用した実技講習と技量確認
- ④ 受講証と受講シールの発行と受講者管理

1つ目は、教える講師によって教育の効果が異なってしまう可能性があるために、技能講習はJAMSEC認定講師が行う点である。認定講師になるための要件は、JAMSEC会員企業から推薦を受けた社員(専属契約者と連結子会社の社員を含む)、講師としての知識と教えるスキルがある者の証として「フランジ締結トレーニング指針」(HPI TR Z110:2018)の管理者訓練(相当)を修了している者、審査会における認定後にJAMSEC技能講習の講師を行いJAMSECが主催するスキルアップ研修などに参加できる者、である。審査会では、申請書類の書類審査、ペーパーテスト、BT Masterによる技量確認および模擬技能講習を行い、2名以上の審査員(認定講師)により認定される。審査会は、毎月定期的に、また要望のある地方で臨時に開催されている。図1は、認定講師審査会の実施例を示す。

2つ目は、作業者に最低限知っておいてほしい知識を20分程度の基礎講習で用いる教育資料である。図2は、基礎教育資料を示す。これは、レイズネクストの社内教育資料をベースにWGメンバー全員の知見により資料を再構築して、どこでも同じ教育ができるように標準化したもので、

8枚のスライドは2in1形式でA3冊子印刷により1枚に収まるように工夫されている。見開き部は、特に重要な4枚のスライドが配置されている。また、ナレーションを吹き込んだ動画も制作しているが自習用に活用することとし、技能講習では認定講師の肉声で行う。図3に、基礎講習の実施例を示す。



図1 認定講師審査会の実施例



図2 標準化された基礎教育資料



図3 基礎講習の実施例

3つ目は、ボルト軸力が見える化したB・S教材を活用した実技講習である。次の3つのフランジ挙動を実演することで、基礎教育の理解を深める。
 1) トルクを掛けるとボルトが伸ばされ軸力が発生すること、
 2) ボルト締結により隣のボルトが影響を受ける弾性相互作用が発生すること、
 3) フランジの片締めを防止するセットアップと初期

締付けが重要であること。続いて、フランジの締付け手順の説明を行う。その後、受講者は一人ひとりフランジ締結を行い、B・Sの技量判定機能を利用して技量確認を行う。JAMSECの標準B・Sであるニチアス社製のBT Masterでは、総合評価A, B, Cが合格となる。また、他のB・SについてもJAMSEC技能講習で使用することが可能であり、バルカー社製のMSTS（新Ver.の横置き限定）ではBest, Better, Goodが、明治屋社製のD-BOLVIS®ではSUPER, ★★★, ★★, ★が合格となる。図4に、技量確認の実施例を示す。

4つ目は、JAMSEC技能講習の受講者管理であり、理解度テストと技量確認に合格した受講者には認定講師のロゴが入った受講証（5年間有効）とヘルメットに貼るシールが発行される。技能講習実施会社は、B・Sから出力される全データを管理するとともに、JAMSEC事務局に所定のデータ（受講日、個人ID、講師ID）を送付する。JAMSECでは個人情報を取り扱うことなく、技能講習全体の実績と認定講師の技能講習実施状況が把握できる。図5に、BT Masterから出力されるカードサイズの受講証（例）とシールを示す。



図4 技量確認の実施例



図5 JAMSEC技能講習受講証（例）とシール

3. BT Master™ の活用

JAMSECのフランジ締結技能講習制度では、B・S教材を用いて実技講習(実演)により基礎講習で習ったフランジの挙動を理解するとともに、判定機能を活用した技量確認を行う。WGでは、市中のB・Sの調査を行い、当時開発中であったニチアス社製BT Masterを標準B・Sとして選択し、ニチアス担当者とともにJAMSEC版B・Sとして使用できるように改良を重ねた。以下、BT Masterの特徴と使い勝手などを紹介する。

図6に、BT Master装置の基本構成を示す(フランジ本体、計測器(データロガー)、パソコン)。オプション品として、QRコードリーダー、ハンディプリンター、ラミネーターおよびフランジ締結用のスパナ類がある。また、BT Masterは現場の仮設ハウスで使用することを想定し、フランジ本体およびそれを支えるベース架台を分割式とし、それらを5つの梱包ケース(図7参照)に収納して通常の宅配便で輸送ができるように工夫されている。組立および分解は、それぞれ30分程度で行うことができ、ユーザーとしては有難い点である。

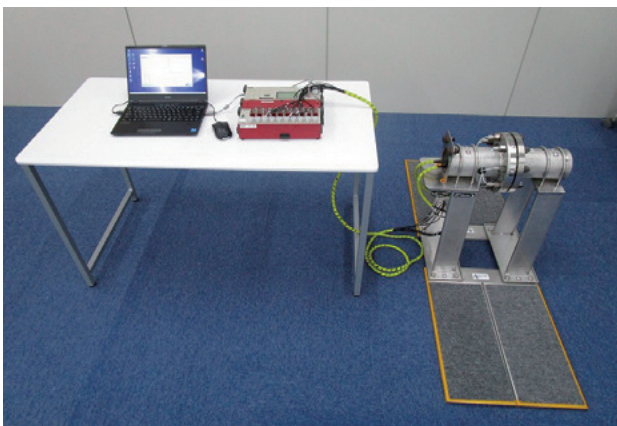


図6 BT Master™ の装置構成



図7 BT Master™ 収納・運搬用の梱包ケース

ハード面では、以前JPI 3B 150LBフランジを用いていたものを、他のB・Sと合わせJPI 4B 150LBフランジに変更している。図8は、現行のBT Masterフランジ本体を示す。他のB・Sはボルトの締付け側がフランジのみであるのに対し、フランジの両端に配管が接続されており、より現場に近い形状である。また、センサー取付け側は固定されているものの、ナットが取り付けられており、両方のナットにスパナが使用できることでより現場に近い作業環境での締付け実習が可能である。配管はベース架台に4本のUボルトで固定されているが、これをルーズにすることでフランジのアライメント調整の訓練も可能である。BT Masterの目標締付けトルクは97N・mに設定されているが、トルク確認用ボルト(図8右側の2本のボルト)をトルクレンチで締付けることにより、引き上げと押し込み双方向の締付け感覚が確認できる。また、フランジボルトとデータロガーとの接続ケーブルは、モジュージャックによる中継としているので、組立および分解の邪魔にならず、使い勝手が良い。

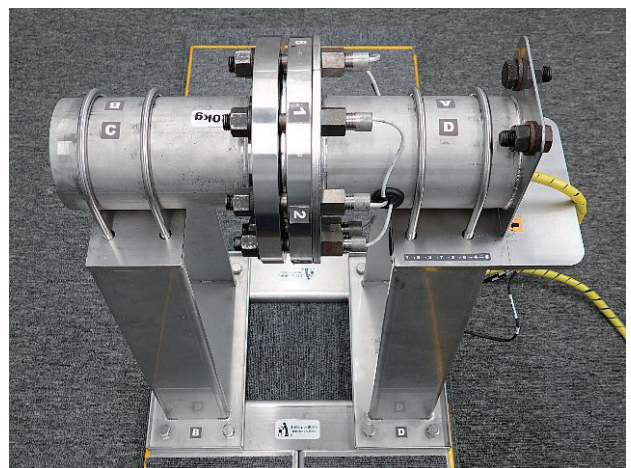


図8 BT Master™ のフランジ部本体

ソフト面では、先行している2種のB・Sの不足部分を補う工夫や新しい技術が投入されている。図9に、BT Masterの画面を示す。右下のロゴは、JAMSEC会員企業向けのものであり、会員企業以外への販売の際にはニチアス社のロゴマークとなる。

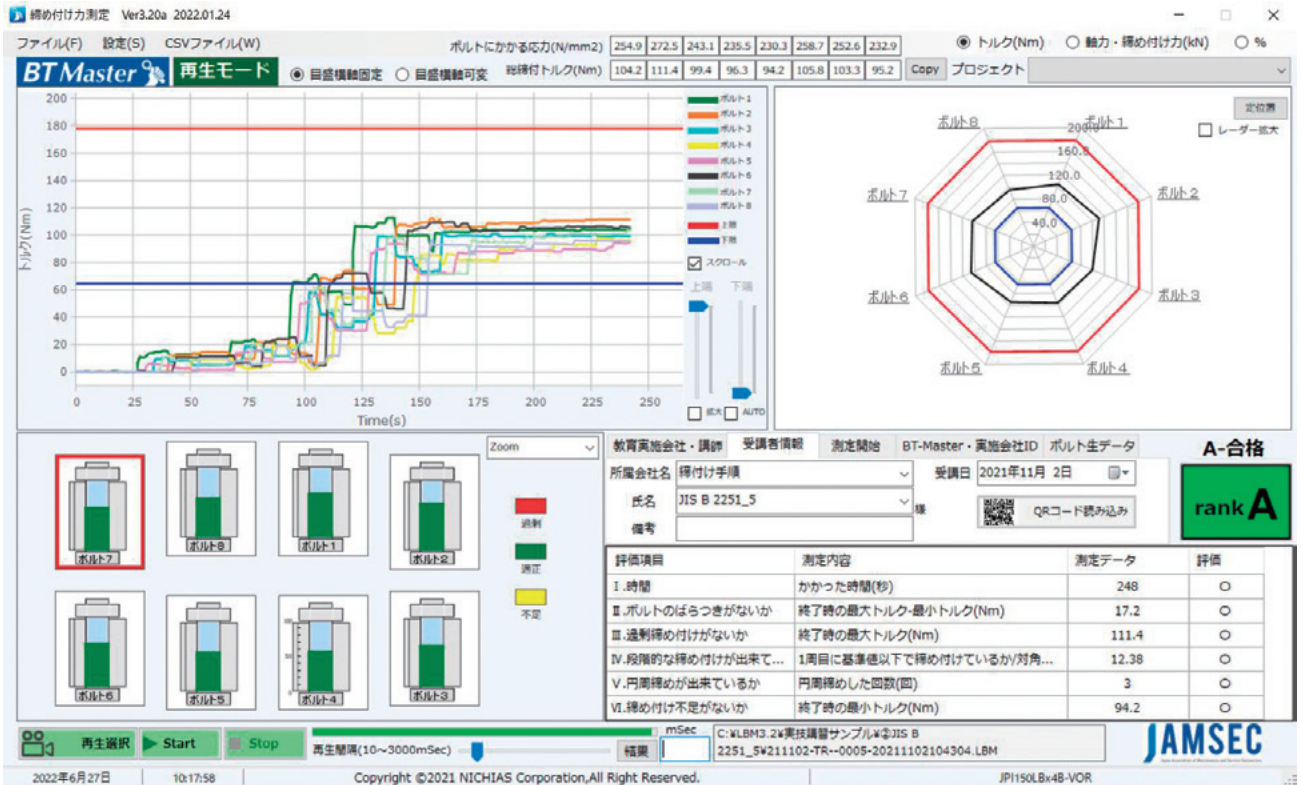


図9 BT Master™ の画面構成

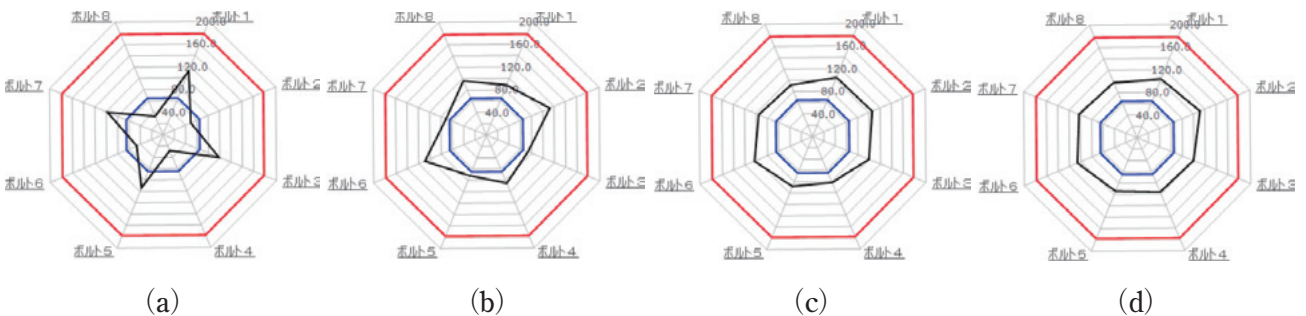


図10 JIS B 2251 締め付け手順によるボルト軸力のばらつきの変化

左下の棒グラフは、ボルト配置に合わせた位置に現在のボルト軸力の大きさがカラー表示される(黄色:不足, 緑色:適正, 赤色:過剰)。さらに、ボルト締結が行われたと判断されたボルトは、棒グラフの黒枠が赤色(図9のボルト7参照)となり、締め付けの順序を確認するのに役立つ。

右上のレーダーチャートは、現時点の各ボルト軸力が黒色の八角形で表示され、そのばらつきを確認することができる。青色の線は最低締め付け軸力(締め付け不足)を、赤色の線は最大締め付け軸力(過剰締め付け)を示しており、最終のボルト軸力をこの間に収める目安となる。

左上の折線グラフは、8本のボルト軸力の履歴グ

ラフを示すが、ボルト締結がどのように行われたかを確認できる重要なグラフである。以上の3つのグラフはボルト軸力の大きさを表しているが、表記としてはトルク値に換算したトルク(Nm)がデフォルトとして設定されている。軸力・締め付け力(kN)への切替も可能である。

右下の表は、技量判定に用いる6つの判定項目に対する測定データとその評価(○, △, ×)がリアルタイムに表示される。それらの組合せにより総合評価A, B, C, D, Eのいずれかが表示される。6つの判定項目にはJIS B 2251:2008の締め付け手順を判定できるように必要な項目が設定されている。技量判定はJIS B 2251の締め付け手順をベー

スに行うが、ボルト軸力を少しずつ増加させる「理想的な締付け手順」を行った場合でも判定できるように、各閾値は適切な設定となっている。総合判定の A, B, C は合格、D, E は不合格としているが、最低締付け力に達していないボルトがある場合（判定項目 VI）や初期の対角締付けが適切に行われていない場合（判定項目 IV）には、合格にならない。

総合判定の左側のエリアは、フランジ締結実施者などの情報入力を行う場所で、実施会社名、事業所名、講師名、受講者所属会社名、受講者名などがある。また、事前に必要データをファイルに作成しておき、選択入力することができる。受講者情報については、QRコード化して事前に印刷しておけば QRコードリーダーで入力することも可能である。測定モードは、締付けデータを記憶する本番モードと記憶しない練習モードがある。JAMSEC 技能講習では、練習モードを用いて前述の実演を行い、受講者の技量確認は本番モードを使用する。練習モードと同じ画面が表示されるが、締結者本人は画面を見ないように締結を行ってもらう。これは、本技能講習の目的が教育であり、待機している者がこの画面を見ることで理解が深まるからである。もっとも、判定機の様に画面を表示しない設定も可能である。

左下の再生選択、Start および Stop ボタンは、採取した締付けデータを再生するリプレイ機能用のものである。図 9 は、JIS B 2251 の手順で締付けを行ったリプレイ画面であり、動画の様に再生することで締付けの確認ができ、締付け方法を指導する上で、非常に便利な機能である。例えば、図 10 は、図 9 のレーダーチャート部の抜粋であるが、(a) は対角 100% で 4 本締付け終了時の状況（手裏剣状）であり、(b) は対角 100% を 8 本締付け終了時の状況（四角形に近い形状）である。即ち、対角手順での締結では、ボルト軸力のばらつきが大きいことがわかる。(c) はその後に円周締付け 1 周後の状況で、ばらつきがやや解消されている。(d) は円周締付け 4 周後の状態で、軸力のばらつきがかなり解消され良好な締結になっていることがわかる。リプレイの画面を見せながら、この説

明を行うと受講者の理解が深まる。

最後に、左上のメニュータブの機能を紹介する。ファイル、設定および CSV ファイルの 3 つのタブが用意されている。ファイルタブでは、受講者データ (CSV) 読み込みと受講証印刷などを行う。受講データ (CSV) 読み込みは、前述した受講者情報のファイルを選択し、QRコード付きリストを印刷する機能である。受講証印刷は、カードの両面に技能講習受講証(図 5 参照)を印刷する機能で、JAMSEC 認定講師ロゴも印字される（空欄にして認定講師スタンプの対応も可能）。JAMSEC 技量確認では次の受講者が準備している間にモバイルプリンターで印刷を行い、ラミネート処理後にシールとともに即時発行している。設定タブでは、イニシャル計測と受講証画像読み込みなどを行う。イニシャル計測は、ボルト軸力のイニシャル設定機能であり 8 本のボルトに負荷が掛かっていない状態で、通常はシステム立ち上げ時に一度行う。受講証画像読み込みは、前述した受講証に印字される JAMSEC 認定講師ロゴを切り替える機能である。デフォルトでは、ニチアス社のロゴマークが登録されている。CSV ファイルタブは、受講者情報 (INF_*.csv) を受講者会社毎に統合する機能で、受講者人数が多い場合には便利である。

BT Master で測定したデータは、所定のフォルダーに所属会社名、その下の階層に受講者名のフォルダーが作成され、4 種類のファイルが保存される（個人 ID.txt, INF_個人 ID-タイムスタンプ.csv, 個人 ID-タイムスタンプ.csv, 個人 ID-タイムスタンプ.LBM）。技能講習実施会社は、必要に応じてこれらのファイルを各社決められた場所に保管する。また、JAMSEC で開発した専用ツールで JAMSEC 事務局へ送付する所定の CSV ファイルを作成する。

BT Master は、JAMSEC フランジ締結技能講習の標準 B・S 教材として改良を加え、2021 年 8 月より販売を開始している。JAMSEC の認定講師および一般ユーザーの継続的な活用により、さらなる要望に対して改良が行われ、進化していくものと思われる。

4. おわりに

JAMSEC フランジ締結技能講習は、2021年10月から開始され、現在、約2,600名が受講している。表1は、認定講師の在籍する会社と認定講師数を示し、96名（18社）が認定されている。

表1 認定講師所属会社（2022.8/9現在）

No	認定講師所属会社	認定講師数
1	レイズネクスト	15名
2	山九	12名
3	ニチアス	10名
4	エムイーシーテクノ	9名
5	高田工業所	8名
6	千代田工商	8名
7	日揮	6名
8	山九プラントテクノ	5名
9	富士興業	4名
10	キッカワ	3名
11	バルカー	3名
12	中部プラントサービス	2名
13	泉州プラント興業	2名
14	澤機工	2名
15	中谷エネテック	2名
16	トルクシステム	2名
17	トヨーカnetz	2名
18	向陽プラントサービス	1名
	赤字：認定講師連絡会委員会社	合計96名

これまでフランジ教育に関する活動はWGで行ってきたが、2022年度からは認定講師の「現場の声」を反映させるために認定講師全員で構成する「認定講師連絡会」へ移行した。認定講師から7名の委員（表1の赤色会社）が選出され、定期的に対面会議を開催（偶数月）している。委員以外のメンバーは、web形式で参加し「現場の声」を伝え、制度の維持管理およびブラッシュアップの検討を行っている。また、認定講師に対してスキルアップ研修（8月実施）を行い、講師自身のレベルアップを図っている。

設備オーナーや関連の施工会社に対するPRも継続し、本制度の認知度をさらに高めていく予定である。この活動によりJAMSECへ入会される企業も増えており、ご賛同される企業が増えれば本

制度の適用範囲が拡大し、自ずとフランジ締結技能講習の受講者が増加する。本技能講習は、JAMSEC認定講師会社の傘下の会社であれば（会員でなくても）、認定講師会社から無料で受講できる。しかしながら、適切な認定講師会社がない場合、会員企業であっても認定講師を擁立できない場合もしくは入会されない企業に対しては、その受け皿として技能講習代行制度を設けている。これは、有償とはなるが、フランジ教育業務を実施している会社のJAMSEC認定講師が技能講習を代りに行うもので、ニチアス社もそのひとつである。

フランジ締結作業者が本フランジ締結技能講習を受講することにより、フランジ締結作業者の知識と技量が向上し、何より作業者の一人ひとりがフランジから漏えいさせないという意識が強くなれば、単純なミスがなくなり、フランジの施工に起因するトラブルも減少するものと思われる。JAMSECでは、本制度が業界に浸透することで業界のスタンダードとして発展し、プラント設備の安心・安全に貢献することを目指している。

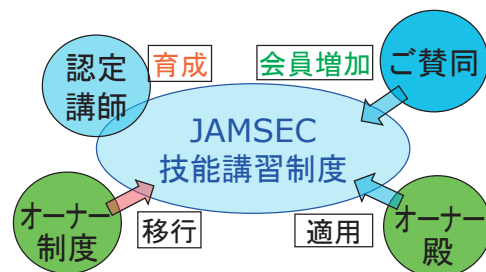


図11 JAMSEC技能講習制度のイメージ

- *「BT Master」は、ニチアス(株)の商標です。
- *「D-BOLVIS」は、(株)ダイセルの登録商標です。
- *「QRコード」は、(株)デンソーウェーブの登録商標です。

筆者紹介



近藤 康治

- ・JAMSECフランジ締結認定講師連絡会リーダー
- ・レイズネクスト株式会社 工務本部生産技術部 技術開発グループ 博士（工学）



自動車用ブレーキシム

TOMBO™ No.1600 「メタコート®」、 TOMBO™ No.1614 「メタプラス® 積層シム」

自動車部品事業本部 第二技術開発部

1. はじめに

自動車の静粛性は、年々市場の要望が高まっており、ブレーキ制御時に生じる耳障りな「キー」または「チー」といったブレーキ鳴きの低減は重要な課題になっています。また現在、脱炭素対応のため内燃機関のみからハイブリット車（HEV）、電気自動車（BEV）への切り替えが加速しています。エンジンから発生する騒音のマスク効果がなくなることでブレーキ鳴き低減の重要性は高まることも予想されます。

ディスクブレーキにおいて、ブレーキパッドのバックプレート部へ装着する「ブレーキシム」（図1）は、ブレーキ鳴き防止に高い効果を示すことから、お客さまからのご要望も高く、対策部品として重要な位置づけの製品です（図2参照）。ブレーキ鳴きは、低温時や高温時などの使用環境やディスクブレーキシステムの振動モードによりさまざまな種類があり、弊社ではそれに対応した豊富なバリエーションの製品をラインアップすることで、ご要望に沿った提案を行っています。

2. 製品の概要

標準的なブレーキシムである、金属薄板に粘弾性体であるゴムを強固にコーティングした「メタコート®」（以下、メタコート）と、高制振性のグレードであるブレーキシムとしてゴム、粘着剤および金属を積層した「メタプラス® 積層シム」（以下、メタプラス積層シム）の2種類をラインアップし

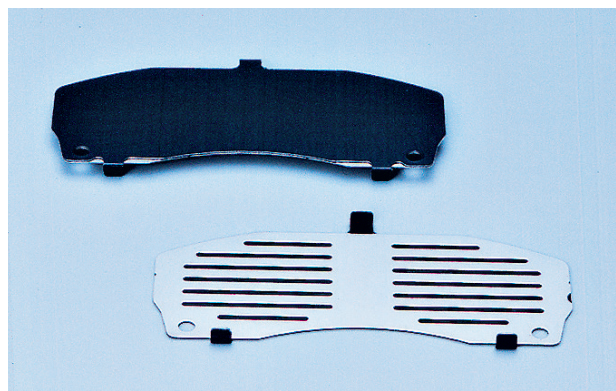
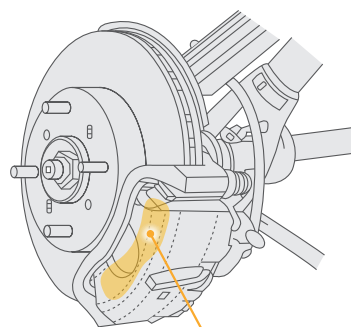


図1 ブレーキシム



ブレーキパッドのバックプレート部に、クリップオンまたは接着

図2 ディスクブレーキシステム

ています。図3および図4に代表グレード、構成や特性を示しております。構成はゴム表面へのディンプル加工や3種の粘着剤についてグレード別に示しており、特性に対する各記号の意味は図3右上に示すとおりで、図3および図4は同列比較しています。

★★★：非常に優れた特性を有している
 ★★：優れた特性を有している
 ★：必要な特性を有している

No.	①		②		③		④			
グレード	GB-6440		GB-6440-S101		RU-5040-1		RU-5040-1-S101			
総厚み (mm)	0.64		0.64		0.50		0.50			
構成	断面図									
	ゴム面	フラット		片面ディンプル加工		フラット		ディンプル加工		
特性	制振性	25℃	★		★★		★		★★	
		0℃	★		★★		★		★★	
	耐久性	★★★		★★★		★★★		★★★		
備考	両面ゴム層標準品				片面ゴム層標準品					

図3 「メタコート®」グレードおよび特性

No.	⑤		⑥		⑦		⑧			
a) ベース材	WB-5040-ER-S101		WB-5040-ZR-S101		WB-5040-FR-S101		WB-5040-ZR-S101			
b) 積層材	SUS301-CSP		SUS301-CSP		SUS301-CSP		RB-5040-1-S101			
総厚み (mm)	1.00		1.00		1.00		1.10			
構成	断面図									
	ゴム面	ディンプル加工		ディンプル加工		ディンプル加工		ディンプル加工		
	粘着剤	アクリル系「E」		アクリル系「Z」		アクリル系「F」		アクリル系「Z」		
特性	制振性	25℃	★★★		★★★		★★		★★★	
		0℃	★★		★★		★★★		★★★	
	耐久性	★★		★★★		★★		★★		
備考	標準粘着剤		高耐熱粘着剤		冷間用粘着剤		高制振仕様			

図4 「メタプラス® 積層シム」グレードおよび特性

3. 特 長

ブレーキ鳴きはブレーキ制動時の摩擦振動が加振源となり、ディスクブレーキシステムの共振がおこることで音が発生する現象です。ブレーキシムには「制振」機能が求められます。

高い制振性を持ち、図5のとおり耐久性や制振性温度域などお客さまのご要望に沿って構成要素を選択可能な「メタプラス積層シム」の特長を以下に示します。

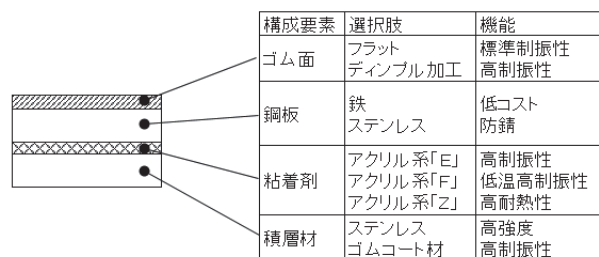


図5 メタプラス® 積層シムの構成要素

3.1 積層構造による高い制振性

金属に粘弾性体であるゴムをコーティングした「非拘束型」制振鋼板の「メタコート」に対し、「メタプラス積層シム」は2層の金属を積層し粘弾性体である粘着剤で貼り合わせた「拘束型」制振鋼板の構造を有しております。この構造により図6に示すとおり振動が付与された際、粘着剤のせん断変形がおり、振動を熱エネルギーへ効率よく変換可能です。この効果により、図7のとおり高い制振性を有しています。

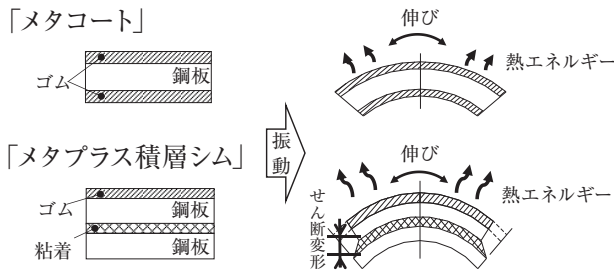


図6 制振メカニズム

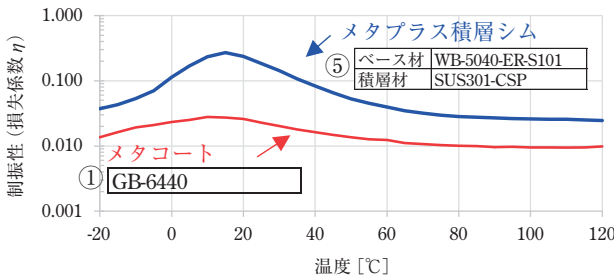


図7 構造別制振性測定結果（2次モード）

3.2 ゴム表面ディンプル加工

金属にコーティングされたゴム層はフラット面の他に、図8のとおりゴム表面を格子状に加工することにより低剛性化を図ったディンプル加工面もあります。ディンプル加工面は変形しやすく熱エネルギーへ変換効率が高いため図9のとおり高い制振性を有しております。

3.3 粘着剤の選択性

「メタプラス積層シム」の構成材料であるアクリル系粘着剤は特性の異なる3種類があり、使用環境やブレーキ鳴き発生条件によって選択可能です。標準的な特性を持つ「E」、図10に示すとおり市場でのブレーキ鳴きクレームが多い氷点下近

辺の低温域での制振性を高めた「F」、図11に示すとおり200℃×24h処理後も制振性の低下が少なく高温負荷ブレーキ後でも高い制振性を維持する高耐熱性の「Z」があります。

3.4 積層材の選択性

「メタプラス積層シム」の構成材料である「積層材」は、ステンレス材のSUS301-CSP材または「メタコート」を選択可能です。ステンレス材は高い耐久性を有しますが一方で図12に示すとおり「メタコート」を使用することでより高い制振性を得ることができます。

3.5 低周波から高周波まで高い制振性

「メタプラス積層シム」の周波数依存性は小さく、図13に示すとおり全周波数域で高い制振性を維持いたします。なお「メタコート」も同様に周波数依存性は小さいです。

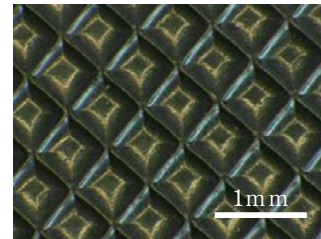


図8 ディンプル加工面

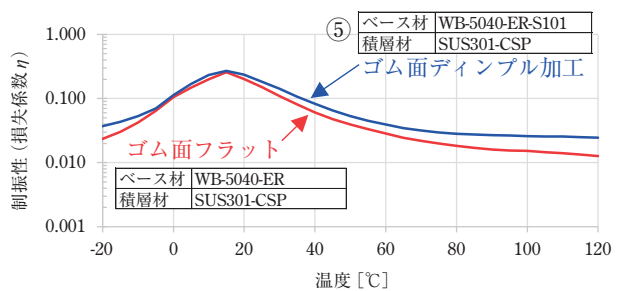


図9 ゴム面別制振性測定結果（2次モード）

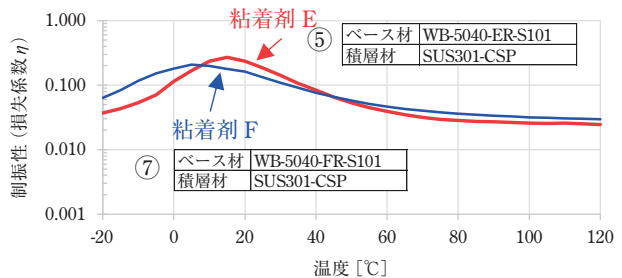


図10 粘着剤別制振性測定結果（2次モード）

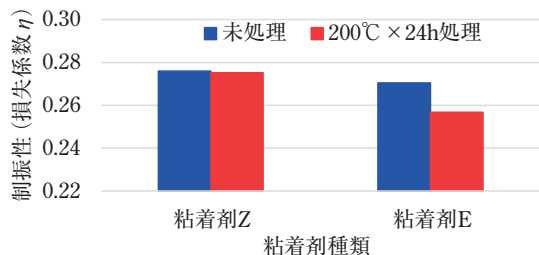


図11 粘着剤別制振性ピーク値結果

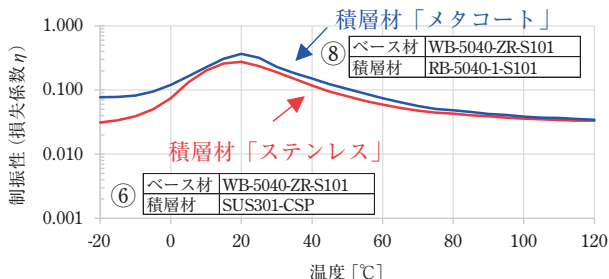


図12 積層材別制振性測定結果 (2次モード)

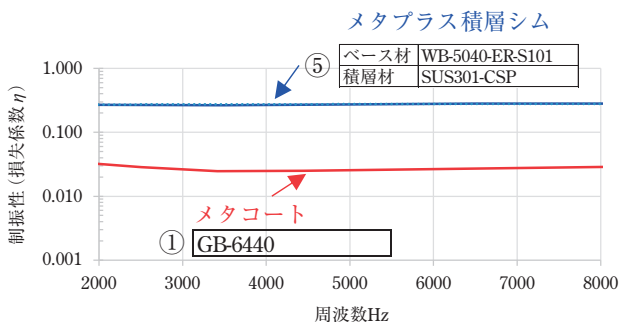


図13 周波数別制振性測定結果 (15°C時)

4. おわりに

「メタコート」および「メタプラス積層シム」はフローティングキャリパ、対抗型キャリパ、電動パーキングブレーキキャリパなどのブレーキシムとして幅広く使用いただいております。本稿にて紹介させていただきましたとおり、多様なグレードをラインアップしており、お客さまのご要望に応じて最適な仕様を検討、提案させていただくことが可能です。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。
 *⑧が付されている名称はニチアス(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。

ニチアスの自動車部品



クルマの環境イノベーションに『断つ・保つ』技術で貢献します。



- シール関連部品**
 - ゴム/金属複合ガスケット
 - メタコート®
 - メタフォーム®
 - 排気系&軟質ガスケット
 - CR ボルテックス®
 - ジョイントシート
 - 摺動材
 - エクセライド®
- 熱関連部品**
 - 遮熱・保温材
 - インサルカバー™
 - N-フレチューブ™
 - 熱制御
 - ウォータージャケットスパーサー
 - 触媒担体保持材
 - エコフレックス™
- 音関連部品**
 - ブレーキシム材
 - メタプラス™積層シム
 - 防音カバー
 - エアトーン®

※⑧が付されている名称はニチアス(株)の登録商標です。
 ※TMが付されている名称はニチアス(株)の商標です。
 ただし「エコフレックス」は英国Safill Ltdの商標です。

半導体製造装置用途のPFA再生材利用

高機能製品事業本部 樹脂技術開発部 設計一課 隈元 健

1. はじめに

2022年4月より、プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律（略称：プラスチック資源循環促進法）が施行された。この法律はプラスチック製品のライフサイクルに関わる全ての事業者、自治体、消費者に対して包括的な資源循環を促進するものであるが、事業者向けの主な制度には廃棄物の排出の抑制、再資源化に資する環境配慮設計などがあり、2030年までに再生材利用倍増がマイルストーンの1つに示されている。

ふっ素樹脂であるPFA（パーフルオロアルコキシアルカン）を原料とした当社製品の多くは、半導体製造装置で使われており、300mmウエハーに対応した大型の射出成形品に向けた材料開発も行ってきた。また、デジタルトランスフォーメーションやデータセンターなどの需要増加により市場拡大も予測され、PFAの使用量は今後ますます増加することが見込まれている。しかしながら、半導体回路の微細化に伴う汚染低減の要求の高まりから、バージン材と比較して汚染リスクの有る再生材の積極的な利用は行われてこなかった。

このような背景から、本稿では半導体製造装置においてもPFAの再生材利用を拡大すべくその特性を明らかにし、その結果を報告する。

2. 対象製品および評価概要

半導体製造装置においてPFAは、ふっ素樹脂の持つ耐薬品性やクリーン性などの優れた特性か

ら多くの用途で使用されている。その代表例として薬液移送で配管部材として広く使用されている「TOMBO No.9003-PFA-HG ナフロン® PFA-HG チューブ」をラインアップしている（図1）。また射出成形品では、お客さまの個別設計に合わせた、プロセスチャンバーや薬液貯蔵タンクなど500mmを超える大型の成形品から、ノズルや小型バルブ部品など50mm以下の成形品まで、半導体製造装置のプロセスに関わる主要な部品を幅広く提供している。図2に半導体製造における前工程を示す。囲み文字で示した工程では共通して高純度薬液や超純水を多用しており、強酸や強アルカリ、あるいはシンナーなど反応性の強い薬液を用いる工程もあり、ふっ素樹脂製品が多く使われる所以となっている。

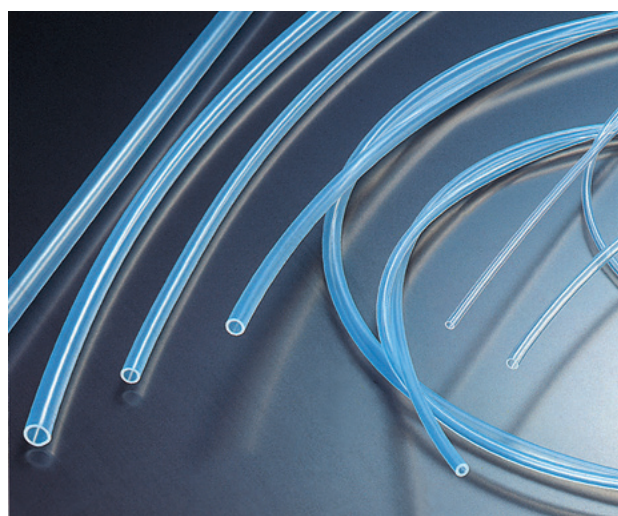


図1 ナフロン® PFA-HGチューブの外観

本稿では大型射出成形品に向けて開発されたPFAの再生材利用を想定した評価を行った。大型

の製品は流動長が長いので、成形性の違いはデラミネーションやフローマークなどの外観や、寸法への影響が大きくなる。そこで成形性を表す代表的な指標として流動特性の評価を行った。薬液貯蔵タンクのような製品に対しては、肉厚など構造設計する上で機械的特性が重要であり、また薬液の供給系で用いられる部材である場合は、高い清浄度が求められることから、機械的特性およびクリーン性を評価した。







ウェーハの酸化	
フォトレジスト塗布	
露光	
現像	
エッチング	
レジスト剥離・洗浄	
酸化・拡散・イオン注入	
CVD・平坦化 (CMP)	

図2 半導体製造における前工程

3. 流動特性

熱可塑性樹脂の流動特性を表す代表的な物性であるMFR (Melt Flow Rate) を評価した。

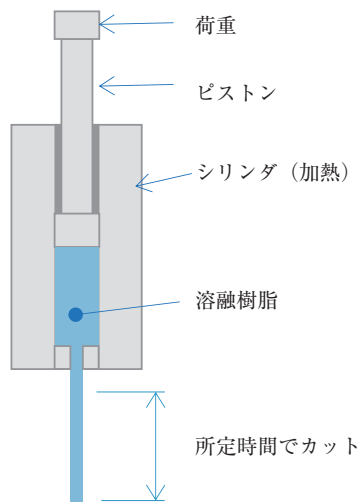


図3 MFR測定概要

3.1 試験方法

JIS K 7210に定められた方法 (A法) により押し出し型プラストメータを用いて、規定の時間で押し出された樹脂の重さを計り、1回の押し出しにつき3個の押し出し物を採取した平均値から10分間当たりのグラム数単位 (g/10min) として算出した。

3.2 試料

再生材を用いる際にバージン材との混合比率が1つの要素となる。それは繰り返し再生することによる劣化が懸念されるからであり、バージン材と混合することで劣化度合を軽減するものである。このような背景から、本試験では再生材100%で繰り返し再生した場合と、再生材30%で繰り返し再生した場合について比較した。なお射出成形に使用したサンプルは、後述する図5に示すダンベルを用い、粉碎後ペレタイズすることで再生を繰り返し行った。

3.3 試験結果

表1に示すとおり、再生材の混合比30%で10回繰返したMFRの変化は、再生材比100%での11.2%に対し、7%に抑制されたことが分かる。

この7%の変化は一般的な成形性に影響は無いと考えられるものの、せん断による挙動に変化があると推測されるため、薄肉製品ではデラミネーションが生じ易くなる点には注意を要する。また高い寸法精度が必要な製品に対しては、影響度が上がると考えられるため、実際の製品への適用においては注意が必要と考えられる。

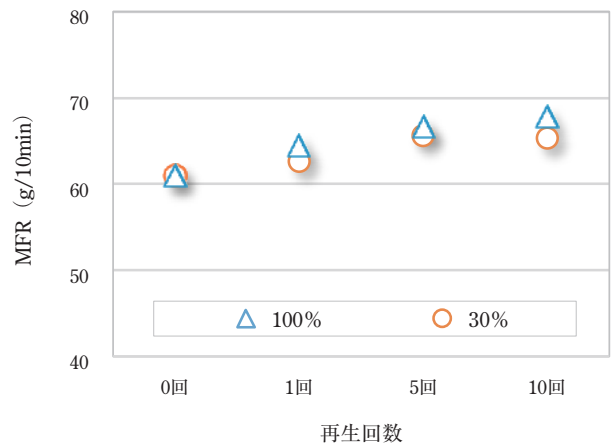


図4 MFRの変化

表1 MFRの変化

再生材比		100%		30%	
項目		MFR	変化率	MFR	変化率
再生回数	0回	61.0	—	61.0	—
	1回	64.6	5.9%	62.6	2.6%
	5回	66.7	9.3%	65.6	7.5%
	10回	67.9	11.2%	65.3	7.0%

4. 機械的特性

4.1 評価方法

引張り試験 (ASTM D638) により引張強さと伸びについて、再生材の混合比率を0%、30%、50%、100%の4タイプにて、また、再生材30%について繰り返し再生による変化を調査した。なお試験は室温25℃の環境下で行った。

4.2 試験片

試験片には射出成形でJIS K 7139ダンベル (タイプA) を製作した物を用いた。

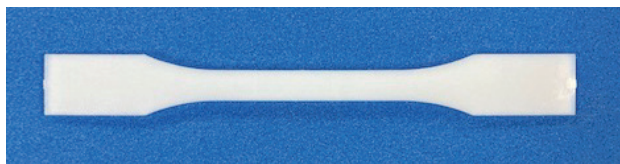


図5 JIS K 7139ダンベル型試験片

全長×厚さ 170mm×3mm
 平行部距離×幅 60mm×10mm

4.3 試験結果

再生回数1回について、再生材混合比を変えた際の引張強さと伸びの結果を図6、図7に示す。引張強さと伸びはダンベルが破断した際の強度と伸びを示しており、再生材100%であっても強度低下や伸びの変化は見られなかった。実使用においては弾性変形領域内での挙動を問題とするが、図8に示すSS曲線のように、再生材100%であってもバージン材と差異は見られなかった。

図9に再生材30%の材料を用いて、繰り返し再生を行った時の強度変化を示す。

繰り返し再生により強度低下は見られず、再生材混合比率30%では、実使用において、強度面でバージン材と遜色なく使用可能と考えられる。

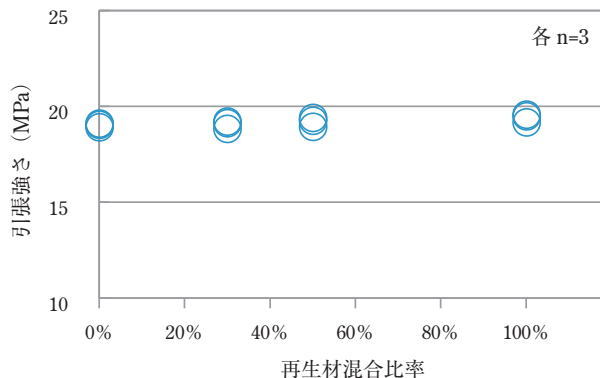


図6 引張強さへの影響

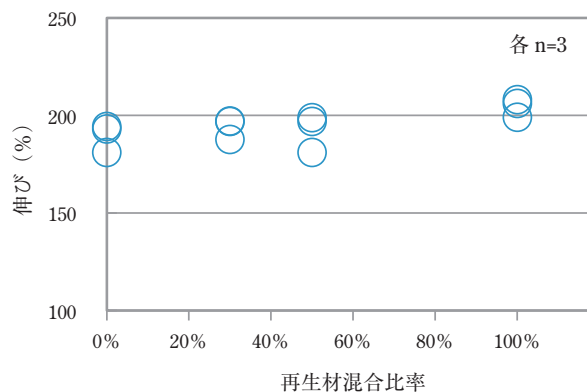


図7 伸びへの影響

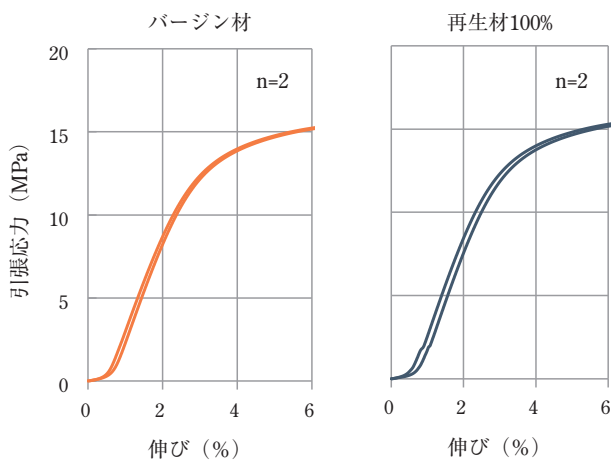


図8 SS曲線比較

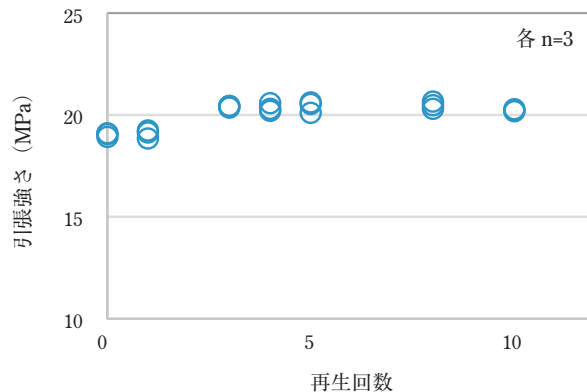


図9 再生回数による引張強さの変化 (再生材混合比30%の場合)

5. クリーン性（金属溶出）

5.1 試験片

バージン材と再生材混合比率30%で10回繰返し再生を行った前述のダンベルを各2枚用意した。

5.2 溶出方法

ダンベルをPFA容器に入れ、溶出液を加えて溶出した。溶出後の試料は超純水でリンス後、同様に溶出2回目を実施した。2回目の結果は、実使用において洗浄後の状態を想定したものである。

溶出液：3.6%塩酸（電子工業用）

溶出条件：24時間 室温、静置

5.3 分析方法

誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）で分析を行った。定量は絶対検量線法で行い、ICP用混合標準溶液（SPEX製XSTC-22）を3.6%塩酸で希釈して使用した。

5.4 試験結果

試験片表面には金型からの転写による汚染がある。1回目の溶出で金型による汚染の影響が排除されるので、繰返し再生による汚染の評価には溶出2回目の結果が適切であると考えられる。表2に溶出2回目の結果を示す。再生回数10回においても金属溶出量は定量下限以下であり、繰返し再生による金属汚染のリスクは低いと考えられる。

表2 金属溶出量（洗浄後の状態を想定した溶出2回目）

(ng/cm²)

	バージン		10回再生	
	n1	n2	n1	n2
Na	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Mg	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Al	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
K	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01
Ca	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cr	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fe	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Ni	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Cu	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Zn	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pb	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

*「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。

*本稿の測定値は参考値であり、保証値ではありません。

筆者紹介



隈元 健

高機能製品事業本部
樹脂技術開発部
設計一課

6. おわりに

本稿では、PFAの再生材の強度と金属溶出に関する特性を示した。このようなデータをもとに再生材利用に向けたお引合いをいただいております。再生材30%を使用した大型射出成型品で成形性や寸法にも問題の無いことが確認できている。今後もお客さま各位の使用条件に応じた特性を明らかにして半導体製造装置での利用拡大につなげていく所存である。

SPMを用いたゴムシール材観察例のご紹介

研究開発本部 研究開発部門 松村 岳

1. はじめに

産業における配管や機器などには内部の流体の漏れを防ぐためにシール材が使用されている。シール材は相手材と密着することで漏れを防ぐため、柔らかく、弾性を有するゴムを用いることが多い(図1)。



図1 ゴムシール材の一例(ゴムリング)

ゴムシール材はゴム弾性だけでなく、使用環境に応じた耐性が求められる。例えば半導体製造装置では耐熱性、耐薬品性などが挙げられる。これらの特性は単一のゴムでは達成できないことも多く、近年複合材料の研究開発が盛んに行われている。複合材料の1つとして、異なる種類のゴム同士を混合したブレンドゴムが知られており、ブレンド構造(以下、分散状態)が物性をコントロールする大きな因子となる。そのため、分散状態の評価は重要であり、当社では走査型プローブ顕微鏡(以下、SPM)による評価を行い、開発の一助としている(図2)。



図2 SPMの装置外観(Bruker Corporation製)

本稿では当社の評価技術として、SPMを用いたゴムの分散状態の評価例を紹介する。

2. ブレンドゴムの評価手法

ブレンドゴムの分散状態の評価には、一般的にイメージング分析が用いられることが多い。イメージング分析とは試料中のイメージ種の分布状況を可視化する手法であり、それぞれのイメージ対象を見分ける方法は分析装置によって異なる。例えば、イメージング赤外分光分析(以下、イメージングIR)では試料に赤外線を照射して得られた化学結合の情報を元に、色分けすることで分布を見分けることができる。図3に各種分析手法の分解能とその装置が捉えるイメージ対象の関係を示す。

イメージ対象と分解能によって分析手法が異なるため、分析したい対象・目的に適した分析手法を選定する必要がある。例えば、類似の組成もしくは化学結合を有するゴム同士を混合したブレンドゴムでは、組成もしくは化学結合を観察対象とする分析手法を使用すると、ゴム同士を見分けら

れない可能性が高い。実際に当社で検討したところ、**図3**に示した透過電子顕微鏡 (TEM)、イメージングIR、顕微ラマンによる分析が困難であった。一方、SPMは力学物性が異なればゴム同士を見分けることができ、類似の化学結合を持つゴム材料に適用できる可能性が高い。

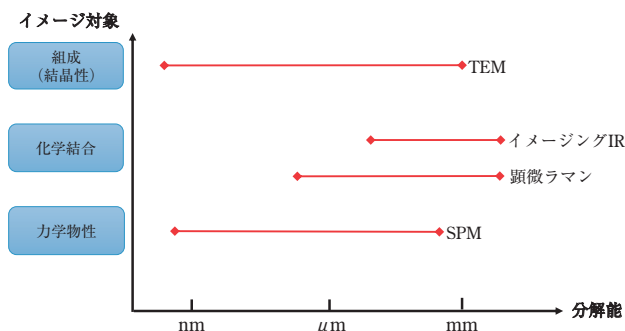


図3 各種分析手法の分解能とイメージ種

3. SPMの原理

SPMは微小な針 (プローブ) を用いて、試料の形状や性質を観察する顕微鏡である。**図4**にSPMで使用するプローブを示す。プローブの先端は数nm～数十nm程度と微細であるため、SPMはナノレベルの分解能を持つ装置である。

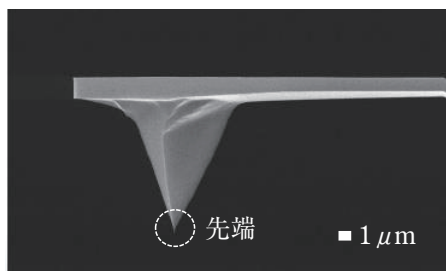


Image courtesy of Bruker Nano Surfaces and Metrology

図4 プローブのSEM像

SPMはプローブを接触させたときにプローブが受ける力を計測することで、力学物性をイメージングすることが可能である。このように微小領域の力学物性を観察できることが本装置の大きな特長である。

プローブと試料を接触させた時の力学物性をイメージング可能なモードの中には、位相モードやPeakForce QNM® (BRUKER, USA) (以下、QNMモード) といったモードがある。これらの

モードで力学物性のマッピング像を得る原理を**図5**で説明する。

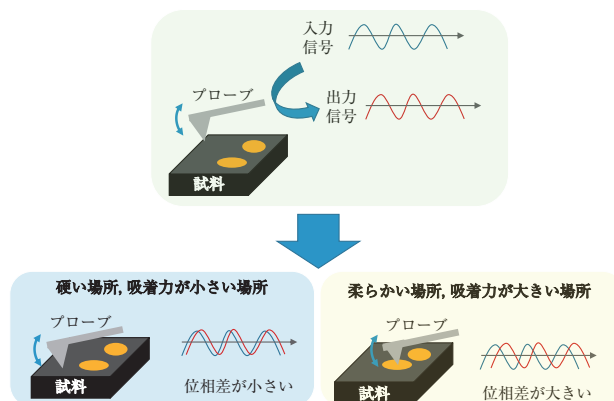


図5 SPMの測定モードの説明 (位相モード)

位相モードではプローブを振動させ、プローブの振動振幅が一定になるように制御する。材料の力学物性に差があると、入力信号と出力信号の差 (位相のずれ) が発生する。この動作を繰り返しながら試料表面を走査することで、力学物性に差があるものをイメージングすることが可能となる。ただし、位相のずれは試料の粘弾性、吸着力など全ての力学物性の情報を含んでおり、これらの分離は困難である¹⁾。

近年、開発されたQNMモードは弾性率と吸着力を分離することができ、材料が有する力学物性をより詳細に分析できるようになった。今回の事例紹介は位相モード・QNMモードの2種類で観察した結果を紹介する。

4. 評価手順

4.1 ゴムシール材開発の流れ

SPMを用いたゴムの観察事例を述べる前に、一般的なゴムシール材開発の流れを**図6**に示す。

まず、配合といった機能設計を行い、設計に従ってゴムを作製する。ブレンドゴムの場合、複数のゴムをゴム練り工程で混合する (未架橋ゴム)。次に熱をかけて、金型でプレス成型を行い、架橋したゴムを得る (架橋ゴム)。次に劣化試験を行い、その結果を機能設計にフィードバックし、これらをループさせることで開発を進めている。

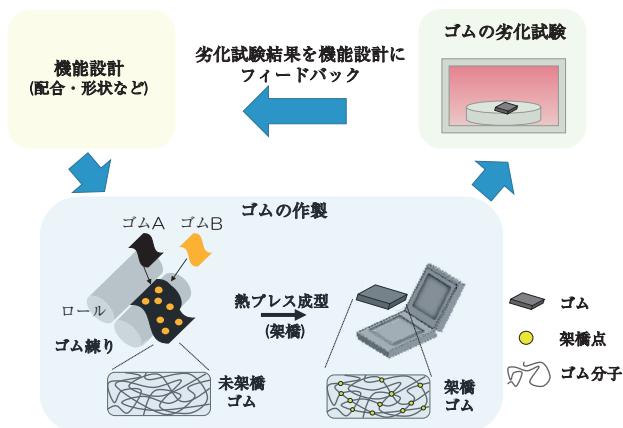


図6 ゴムシール材開発の流れ

ゴムシール材開発に有用な情報としては、以下の4つが挙げられる。

- ①未架橋ゴムの分散状態
- ②架橋ゴムの分散状態
- ③架橋ゴムの最表面と内部の分散状態
- ④劣化試験後のゴム表面の変化

今回、類似した化学構造を持つゴムAとゴムBのブレンドゴムを用いて、4つの分散状態をSPMで観察した事例を次項から述べる。

4.2 観察試料の作製方法

SPMの観察試料は図7に示すように、対象のゴムを切り出し、マイクロトームで平滑な断面を持つ観察試料を作製した。

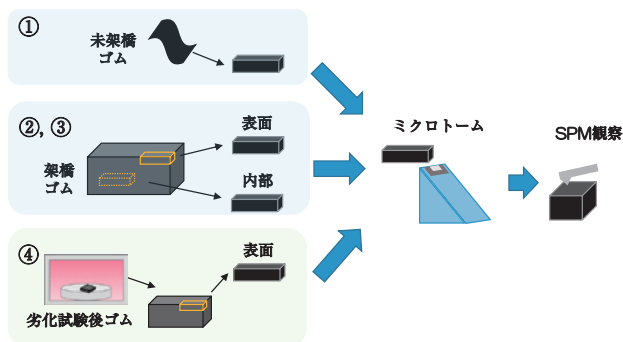


図7 SPM観察試料の作製方法

5. 評価例

5.1 ①未架橋ゴムの分散状態

ゴムA/ゴムBブレンド未架橋ゴムを位相モードで測定した結果を図8に示す。

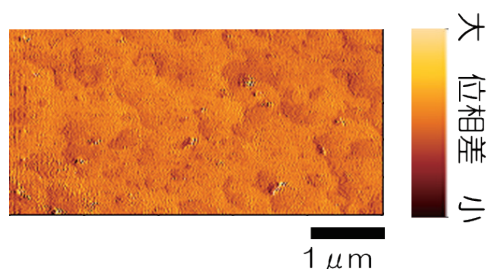


図8 ゴムA/ゴムBブレンド未架橋ゴムの位相像

図8より、ゴムAとゴムB間にコントラストがつかず、分散状態の判断が難しいことが分かった。

次に、QNMモードで図8と同じ試料を観察した結果を示す(図9)。

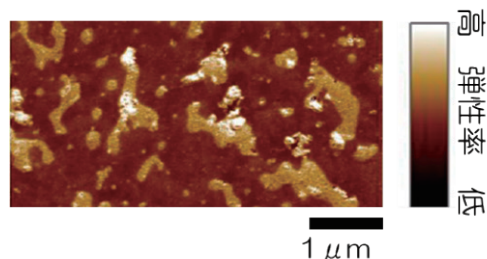


図9 ゴムA/ゴムBブレンド未架橋ゴムのQNM像

QNMモードでは図8に比べ、分散状態を鮮明に判断することができ、海島構造を形成していることが分かった。これはゴムAとゴムBの弾性率の情報のみを抽出することができたためと考えられる。

5.2 ②架橋ゴムの分散状態

ゴムA/ゴムBブレンド架橋ゴムの位相像を図10に示す。

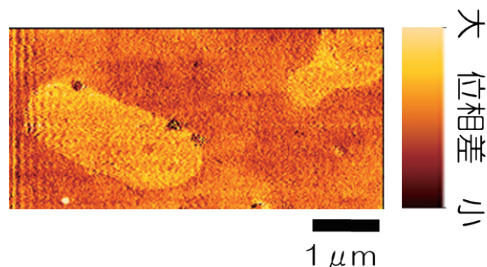


図10 ゴムA/ゴムBブレンド架橋ゴムの位相像

架橋ゴムでは位相モードで鮮明な像を得ることができた。このことから、架橋によってゴムAとゴムBの力学物性の差が大きくなったことが分かる。

また図9と図10を比較すると、架橋する際の熱によって島側のゴムの分散径が大きくなることも観察された。

5.3 ③架橋ゴムの最表面と内部の分散状態

図11に架橋したゴムの表面と内部の観察結果を示す。ゴム表面ではゴムの最表面、ゴム内部ではゴム表面から100μm程度内部側を観察した。

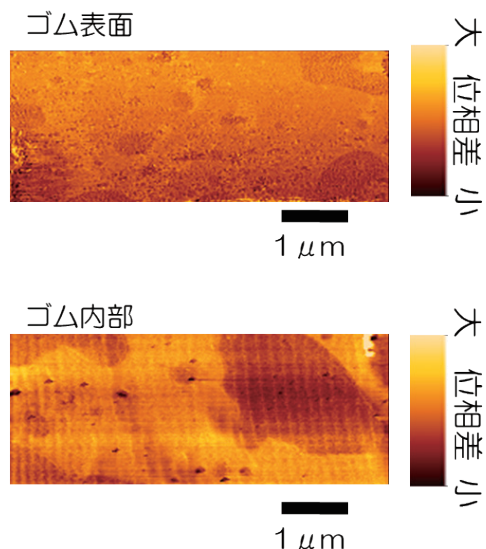


図11 ゴムA/ゴムBブレンド架橋ゴムの表面と内部の位相像

図11より、ゴム表面とゴム内部で分散状態が異なることが分かる。ゴム表面は内部に比べて、島側のゴム分散径が小さくなる傾向が見られた。

5.4 ④劣化試験後のゴム表面の変化

図12に劣化試験前後のゴムA/ゴムBブレンド架橋ゴムのSPM像を示す。

図12のSPM位相像から、ブレンドしたゴムのうち、一方のゴムが劣化試験によって消失していることが分かる。SPM形状像からは、劣化試験により表面が荒れることが分かる。位相像と形状像の対比から、劣化試験によってゴムがなくなって凹部ができることで、表面が荒れた形状となることが分かる。このようにSPMは力学物性の情報と併せて、表面形状を同時に取得できるため、劣化状態に関して詳細な解析を実施することが可能となる。

詳細は割愛するが、劣化状態は分散状態に影響を受け、得られた知見をさらなるゴムの高機能化にフィードバックすることが可能となる。

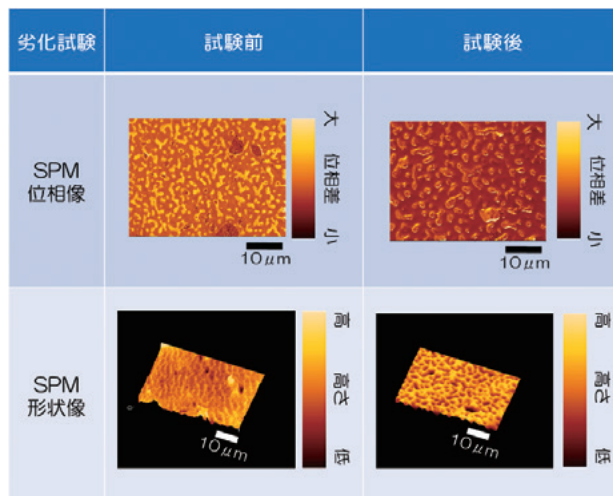


図12 劣化試験前後のゴムA/ゴムBブレンド架橋ゴムの形状像・位相像

6. おわりに

本稿では当社の製品開発における分析評価事例と一つとして、SPMを用いたゴムツール材の評価例を紹介した。観察対象に適したSPMのモードを選択することで、類似の化学結合を持つゴムの分散状態を把握することができた。今回紹介したSPMをはじめとして、さまざまな分析手法を組み合わせることでユーザー各位にご満足いただける新製品の開発につなげる所存である。

参考文献

- 1) 藤波, 中嶋, 西: AFMフォースマッピング測定とJKR解析を基にした新規粘弾性測定手法, 日本ゴム協会誌, 第84巻, 第6号, pp.171-175 (2011).

*「PeakForce QNM」は米国Bruker Corporationの登録商標です。

筆者紹介



松村 岳

研究開発本部 研究開発部門
ゴムの研究開発に従事

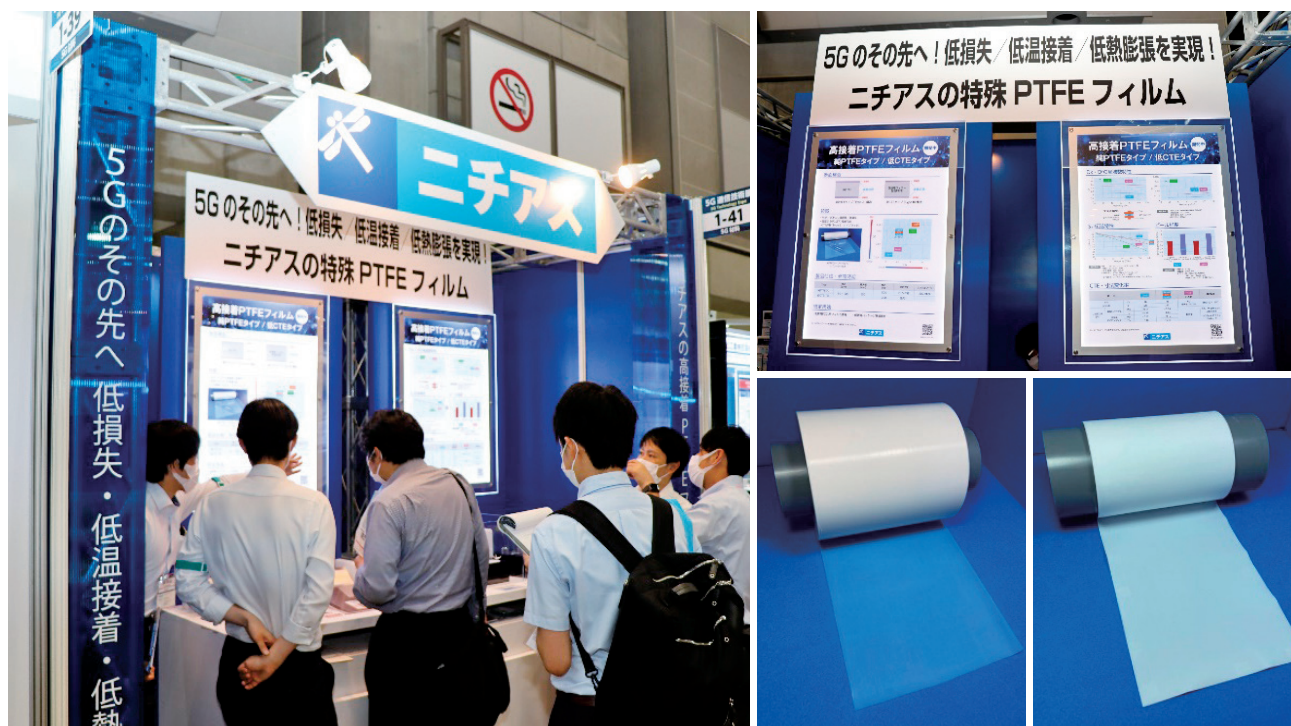
第5回 5G通信技術展（2022年6月29日～7月1日，東京ビッグサイト）に出展

東京ビッグサイトにおいて「第5回 5G通信技術展」が開催され，当社は今回から新設された5G材料ゾーンに出展しました。世界的に5G通信に関する期待が高まる中，業界では既にその先の6G通信を見据えた材料開発が進んでおり，その材料の一つとしてふっ素樹脂が大きな注目を浴びています。

当社は，高周波用FCCL*材料「高接着PTFEフィルム」を展示しました。PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）は，あらゆる樹脂中で最も低い誘電率（Dk）と誘電正接（Df）を有しており，高周波用基板材料として有望です。しかしこれまでPTFEは，難接着性および高い線膨張係数によりフレキシブル基板化が難しいとされてきました。今回，ニチアスは新たに開発した特殊表面処理技術により，この難接着性を克服し低温・低圧接着を可能としました。また，もう一つの課題である，高い線膨張係数という点に関しては，低誘電フィラーを高分散・高充填することにより多層基板化が可能な水準にまで改善しました。

3日間の会期を通し，178社212名の方々に来場いただき，業界関係者から多くの反響をいただきました。すでに多くのお問い合わせをいただいております。大きな手応えを感じています。

*FCCL:(Flexible Copper Clad Laminateの略，フレキシブルプリント基板の原板)

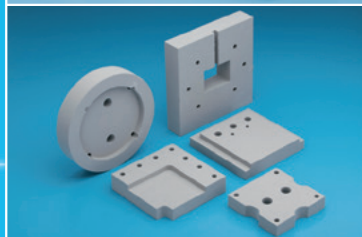


純PTFEタイプ (Type-A) (仮称) 低CTEタイプ (Type-B) (仮称)

省エネに貢献する ニチアスの断熱材・保温材

素材それぞれの特長を活かし極低温から超高温まで対応した幅広い製品をラインアップ。

各産業での「熱エネルギー」利用を効率化することで省エネルギーに貢献しています。



- 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®
- ロックウール製品 ロックウールMG製品
- アルミナ繊維製品 RFボード®
- 高性能断熱材 ロスリム® ボード / パイロジェル™ XTE
- 保冷材 フォームナート® カバーTN

※®が付されている名称はニチアス(株)の登録商標です。「パイロジェル」は、Aspen Aerogels社の製品であり商標です。

 **ニチアス**

「ニチアス技術時報」 バックナンバー

No.398 2022/3号



- 〈製品紹介〉 サニタリー配管ガスケット
TOMBO™ No.9014-C 「サニクリーン® ガスケット」
- 〈新製品紹介〉 自動車用シリンダーヘッドガスケット
TOMBO™ No.1600 「メタコート® L2N3-2520 (ふっ素ゴムタイプ)」
- 〈サービス紹介〉 エアロジェル保温材による「増し保温® 工法」の紹介
- 〈技術レポート〉 断熱材における熱伝導率の伝熱要素 ～実用的な伝熱モデルと解析事例～

No.397 2022/2号



- 〈寄稿〉 省力化を目指した鉄骨梁耐火被覆工法の開発 ～巻付け耐火被覆材の薄肉化～
- 〈製品紹介〉 農業で使われるロックウール製品
- 〈新製品紹介〉 超高温用ガスケット
TOMBO™ No.1891-NM 「カンプロファイルガスケット」
- 〈技術レポート〉 ニチアスの省エネ診断システム～プラントのCO₂ 排出量削減に貢献～

No.396 2022/1号



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈製品紹介〉 触媒担体保持材
TOMBO™ No.5350 「エコフレックス™」
- 〈技術レポート〉 周期加熱法による断熱材の熱拡散率測定における試験片サイズおよび周期の影響
- 〈技術レポート〉 耐熱・断熱製品の湿式脱水成形技術（後編）～分散凝集技術の製品への応用～

No.395 2021/4号



- 〈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
- 〈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
- 〈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～
- 〈製品紹介〉 非金属製伸縮継手
TOMBO™ No.9999-NA 「NA ベロー Q®」

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.400 2023/1号は2023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】

札幌営業所	TEL (011) 261-3506
北海道支店	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
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

・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。