



- ご挨拶  
代表取締役会長CEO 瀧澤 利一 ..... 1
- バルカーテクノロジーニュース  
冬号発刊にあたって  
技術総合研究所長 能勢 正章 ..... 2
- カスタマー・ソリューション  
巡回点検工数ゼロへ ZeroVisit™ ..... 3

- カスタマー・ソリューション  
会社紹介  
「ボルト締付けツールの専門家—  
バルカートルクシステムの紹介」 ..... 6
- 技術論文  
樹脂架橋技術に関わる基礎検討とその応用 ..... 9
- 製品の紹介  
ライニング向け高圧縮シートガスケット  
No.7027の厚さラインアップ追加 ..... 14

- 製品の紹介  
BLISTANCE®-HLT II 機能性向上品の紹介 ..... 17
- 製品の紹介  
シール性向上を目的とした  
リングジョイントガスケットの軟質カバー ..... 22
- 製品の紹介  
耐熱/パーフロエラストマー FLUORITZ®-FL ..... 25
- テクノロジーニュース 直近のバックナンバー ..... 29



# ご挨拶

株式会社バルカー  
代表取締役会長CEO

瀧澤 利一



令和8年の新春にあたり、謹んでご挨拶申し上げます。

平素より本誌をご愛読いただいている読者の皆さまに、まずは心より御礼を申し上げます。

振り返れば去年は、世界の政治・経済が大きく揺らぎ、国際秩序の転換点ともいえる一年でした。米国新政権の発足に伴う内政・貿易政策の再編は、多国間協調よりも自国優先へ舵を切る潮流を一段と鮮明にし、ロシアによるウクライナ侵攻を始めとした各地の紛争は依然として収束の兆しを見せず、安全保障とエネルギー供給の不安定化が世界経済に影響を及ぼしています。国内においても企業を狙った高度なサイバー攻撃が相次ぎ、情報セキュリティー体制が身近な喫緊の経営課題として浮き彫りとなるなど、予測不能の未来が当たり前と感じる時代へと突入しています。

こうした先行き不透明な環境下においても、当社は中期経営計画「“New Frontier 2026” (NF2026)」の着実な推進に努めてまいりました。計画2年目となる2025年は、サプライチェーン改革の加速を最重要テーマと位置づけ、愛知県田原市の新工場では半導体向けふっ素樹脂ライニングタンクなどの製品生産を開始し、拡大が続くAI・半導体関連需要に応える体制を整備してまいりました。海外においてもベトナムの新拠点拡充を進め、2026年度の本格稼働以降は、ASEAN諸国を始め世界の成長市場へ高機能シール製品や機能樹脂製品を安定供給出来る体制を構築してまいります。更に、トルクシステム社を買収、当社グループに加え、AI/ITソリューション分野でのサービスの拡充と技術基盤強化を通して更なる価値創出を進めることといたしました。

当社グループは、2027年1月に創業100周年という大きな節目を迎えます。この節目は、これまで積み重ねてきたものを未来へ繋ぎ、次の100年に向けて未来を切り拓く起点でもあります。「THE VALQUA WAY」という変わらぬ理念をこれからも大切にし、昨年より本格始動したWell-Being経営と融合させ、継続的に価値創造を生み出す企業文化の構築をこれからも進めてまいります。劇的な環境変化の渦中にある今、社員一人ひとりが誇りとやりがいを持ち、顧客の期待に真摯に応え、信頼を積み重ねていく。この連鎖が当社の企業価値、技術力を高め続ける原動力です。次の100年に向かって、自ら考え、意志を持って主体的に行動を起こす風土を更に磨き、ステークホルダーの皆さまと繋がり、互いの創造性を高めながら、社会の本質的課題に対して真に価値あるソリューションを提供してまいります。

結びに、皆さまの変わらぬご支援とご指導をお願い申し上げますとともに、本誌読者の皆さまの一層のご発展とご健勝を心より祈念し、新年のご挨拶とさせていただきます。

## バルカーテクノロジーニュース 冬号発刊にあたって



2026年の新春にあたり、皆さまの日頃のご厚情に心より御礼申し上げますとともに、Valqua Technology Newsをご愛読いただき、深く感謝致します。

Valqua Technology Newsは、本号にて50号の節目を迎える運びとなりました。前身である『バルカーレビュー』は昭和32年の創刊以来44年間にわたり488号を、そしてValqua Technology Newsは25年間で50号を発行してまいりました。長年にわたり刊行を続けることが出来たのは、ひとえに皆さまのご支援の賜物であり、ここに深く感謝申し上げます。当社は2027年に創業100周年を迎えます。昨年度より新たに推進しているWell-Being経営のもと、今後も継続的に、当社の技術、製品を分かりやすくお伝えする情報発信媒体として刊行を重ねてまいります。

2025年は、世界情勢の不透明感が一段と強まり、国際秩序の揺らぎや地政学的リスクの高止まりが顕著となりました。同時に、AIを中心とした技術革新はかつてない速度で進展し、生成AIやグリーンエネルギーなど、これまでの研究成果が実用化に向けて加速化している時代を迎えています。こうした「予測困難な世界」と「技術革新の加速」が同時に進む時代だからこそ、当社は改めて、長年培ってきた基盤技術・要素技術を大切にしたいと考えています。その強みを更に拡張し、未来に向けた価値創造に繋げる施策の一つとして、昨年8月にはプラント施工ソリューションを有するトルクシステム株式会社と経営統合を行いました。バルカーのシールエンジニアリングと、同社のフランジ締結・ボルテイング技術が融合することで、本質的で実効性のあるソリューションを提供出来ると確信しています。

本号のTechnology Newsでは、当社が保有する技術をベースに、デジタル及びグリーンエネルギーといった社会課題や多様な市場ニーズに応える技術、商材の一端を、ハード(H)とサービス(S)の両面においてご紹介しています。サービス面では、前述のトルクシステムの技術紹介に加え、2023年に上市したクラウド上で設備管理サービスMONiPLAT(モニプラット)の拡充である、巡回点検ゼロサービスZeroVisitを取り上げます。ハード面では、水素用途向けに耐ブリストアー性を高めたBLISTANCE-HLTの適用拡大、半導体分野で求められる耐熱性黒色タイプのフローリッツFL、フランジのうねり面に追従する高圧縮シートガasket No.7027のラインアップ追加、顧客フランジに傷があってもシール性を保持するリングジョイント軟質カバーなど、4種類の製品をご紹介しています。また、技術論文として樹脂架橋技術を応用したサーマルインターフェース材料への適用検討についても述べています。

市場や技術が変遷するなか、当社では新たなデジタルソリューションやサービス商材、基盤技術を応用した研究開発に取り組んでまいりました。一方で、脈々と受け継がれてきたシール設計技術、材料加工技術等の基盤技術を更に深化させていくことも当社が担うべき変わらぬ使命であり、これからも、独創的技術に拘った研究開発活動を実行してまいります。

今後ともValqua Technology Newsをご愛読賜りますよう宜しくお願い申し上げます。

技術総合研究所長 能勢 正章

# 巡回点検工数ゼロへ ZeroVisit™

## 1. はじめに

当社は、シールエンジニアリングのパイオニアとして長年にわたり、プラント、半導体、産業機器市場などの幅広い分野に対し、漏洩を防ぐ「シール製品」を通じて、ハードウェアの側面からお客様に安全・安心を提供し続けてきた。一方、これらの設備点検の現場においては、一定期間ごとにメンテナンスを行うTBM(Time Based Maintenance)が主流であるが、その管理手法は依然としてアナログな領域にとどまっているのが実情である。

具体的には、現場作業員が広大な敷地内に点在する設備を巡回し、紙の点検表に数値や異常の有無を手書きで記録している。更に、事務所に戻ってからのExcelへの転記、印刷、承認、ファイリングといった一連の業務プロセスは、非効率であるだけでなく、転記ミスや記録漏れといったヒューマンエラーのリスクを内包し、データのリアルタイム性や活用性の面でも構造的な課題を抱えていた。

こうした課題に対し、我々は設備点検のデジタル化とクラウド管理を実現する「MONiPLAT」を2023年にリリースし、ペーパーレス化を推進してきた。しかし、労働人口の減少や熟練技術者の引退が深刻化する現代において、物理的な「巡回」という負担を残したままでは、現場の持続可能性を維持することは困難な転換期を迎えている。



Figure1 記録用紙による点検作業イメージ

真の課題解決には、設備管理におけるプロセスそのものの変革こそが、現場を支える鍵になると考えている。そこで開発されたのが、巡回点検工数の最小化を目指す「ZeroVisit」である。本報では、この新たなCBMソリューションについて論じる。

本技術は、IoTセンシングとクラウド基盤を統合することで、物理的な巡回業務を大幅に削減し、事後保全から予防保全へのシフトを加速させるものである。

## 2. ZeroVisit™のサービス概要

ZeroVisitは、IoTソリューションで豊富な実績を持つコネクシオ株式会社との協業により開発された、MONiPLATのオプションサービスとして2025年9月にリリースされたCBM(状態基準保全)ソリューションである。その名の通り、人が現地に赴くことなく設備の点検を完結させ、巡回点検工数をゼロにすることを目指している。従来、現場担当者が目視や計測器で確認していた温度、湿度、照度、圧力、電流といった点検項目を、各種IoTセンサーが自動で常時監視し、データをクラウドに集約する。



Figure2 ZeroVisitサービス概要

ZeroVisitの主な特徴は以下の通りである。

### 2-1) センサーデータの自動取得と可視化

各種センサーが取得したデータは最短1分間隔で収集され、MONiPLATのクラウドサーバーに自動で送信・蓄積される。蓄積されたデータは管理画面上で自動的にグラフ化され、過去のデータとの比較や傾向分析が容易に行える。これにより、設備の微細な変化や異常の兆候を早期に捉えることが可能となる。

## 2-2) TBM (定期点検)とのシームレスな連携

ZeroVisitの最大の特長は、MONiPLATが持つTBM機能との完全な統合にある。センサーで自動取得した最新の点検データは、定期点検報告書の該当項目に自動で転記される。これにより、作業員は現地に行かずとも、事務所のPCや手元のスマートフォンから正確なデータが入力された報告書をワンタップで作成することが出来、報告業務にかかる時間を劇的に削減する。

## 2-3) 異常値検知とアラート通知

点検項目ごとに閾値を設定しておくことで、センサーデータがその値を超えた際に、登録された管理者へ直ちにアラートメールを送信する。これにより、設備の異常発生をリアルタイムに把握し、突発的な故障や生産停止といった重大な事態を未然に防ぐことが出来る。

## 2-4) 導入の容易さと拡張性

ZeroVisitは、配線工事が不要な無線センサーにも対応しており、専門的な知識が無くとも容易に設置が可能である。また、お客様が既にお持ちのセンサーからのデータ出力にも接続出来るため、既存設備を生かしながら低コストでスマートスタートし、段階的に対象設備を拡張していくことが出来る。

これらの機能により、ZeroVisitはTBMとCBMを一つのプラットフォーム上で融合させ、点検業務全体の最適化と高度化を実現する。

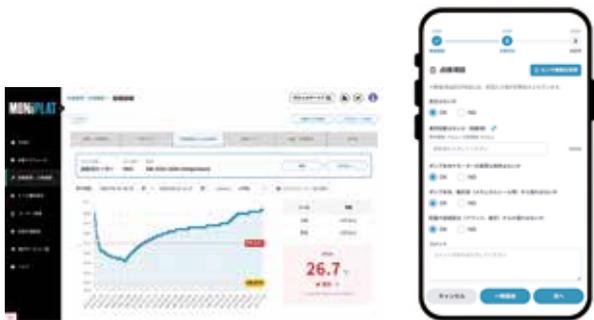


Figure3 ZeroVisit サービス使用イメージ

## 3. ZeroVisitによる業務改革と期待される効果

ZeroVisitの導入は、単なる業務効率化にとどまらず、保全業務のあり方そのものを変革するポテンシャルを秘めている。

第一に、巡回工数の抜本的な削減が挙げられる。広大な工場敷地内のポンプ、高所に設置された空調室外機、危険物が存在するエリアのタンクなど、これまで人が多大な時間

と労力をかけて巡回していた点検業務を自動化することで、作業員を単純なデータ収集作業から解放する。これにより創出された時間を、設備の改善提案や高度な分析業務といった、より付加価値の高い業務に振り向けることが可能となる。

第二に、従業員への安全確保である。高温・高圧環境、騒音の激しい場所、化学物質を取り扱うエリアなど、危険を伴う場所での点検作業を無くすことで、労働災害のリスクを大幅に低減し、より安全な職場環境を実現する。

第三に、保全品質の向上である。人間の五感や経験に頼る点検では、担当者による判断のばらつきや見落としが避けられない。ZeroVisitは、客観的なデータを24時間365日体制で収集・監視することで、人では気づきにくいわずかな異常の兆候を捉え、データに基づいた的確な保全計画の立案を支援する。これにより、事後保全から予防保全、更には予知保全へと、保全レベルを段階的に引き上げることが期待される。

## 4. ユースケース

ZeroVisitは、人手不足やDX推進に課題を抱える製造業、ビルメンテナンス業、インフラ管理など、幅広い業界での活用が期待される。本報ではその代表的なユースケースをいくつか紹介する。

### 4-1) ユースケース：製造業(化学プラント・大規模工場)

#### (1) 想定される課題

- ・広大な敷地に設備が点在し、1日数回の巡回点検に多くの工数を要している。
- ・高温・高圧・危険物エリアなど、人が立ち入るのが危険な場所の点検に安全上のリスクがある。
- ・24時間稼働のため、夜間や休日の巡回人員の確保が負担となっている。

#### (2) 期待される効果

- ・プラント内の反応釜やタンクに圧力・温度センサーを、モーターに振動・電流センサーを設置し、ZeroVisitで遠隔監視体制を構築する。
- ・これにより、巡回工数を大幅に削減することが可能になる。
- ・異常アラート機能により、設備の異常兆候を早期に検知し、生産停止などの重大な損失を未然に防ぐ。
- ・作業員は単純な巡回業務から解放され、データ分析に基づくプロセス改善や予防保全計画の策定といった高付加価値業務に注力出来る。

## 4-2) ユースケース：食品工場

### (1) 想定される課題

- ・FSSC22000のような食品安全マネジメントシステム規格の要求事項を満たすため、各製造工程において厳格な環境管理(温度、湿度、差圧など)が求められる。
- ・手作業による1時間ごとの温度チェックと記録は手間がかかり、記録ミスや改ざんのリスクを伴う。
- ・監査時には、膨大な紙の記録から該当データを迅速に提示する必要がある。

### (2) 期待される効果

- ・各管理エリアに温度・湿度・差圧センサーを設置し、ZeroVisitでデータを自動記録。これにより、記録業務が完全に自動化され、データの完全性(データインテグリティ)が担保される。
- ・管理基準値からの逸脱を即座に検知し、アラートで通知することで、製品の品質劣化リスクを最小化する。
- ・MONiPLAT上に全ての記録が電子データとして保管されるため、監査対応が迅速かつ容易になる。

## 5. おわりに

本報で詳述した『ZeroVisit』は、MONiPLATが掲げる「点検作業の一元管理」をCBM(状態基準保全)の領域へと拡張し、設備点検のあり方を根本から再定義するものである。IoTセンサーの活用によって巡回点検工数を劇的に削減することは、単なる省人化にとどまらず、従来の事後対応型から、予兆を捉えて先手を打つ予防保全へと進化させるための原動力となる。

MONiPLATはリリース以来、現場の声を取り入れ進化を続けてきたが、ZeroVisitの投入により、その役割は「記録ツール」から「監視プラットフォーム」へと進化した。今後は、対応センサーの拡充や外部システムとの連携を加速させていく。

シールエンジニアリングで培った知見とデジタル技術を掛け合わせることで、労働人口減少という社会課題に技術で応え、次世代の産業インフラを支える新たな点検スタンダードを確立していく所存である。

## 6. 参考文献

- 1) MONiPLAT 紹介ホームページ(<https://moniplat.com/>)

※ MONiPLAT、ZeroVisitは株式会社バルカーの商標または登録商標です。



**藤田 勇哉**  
H&S事業本部  
デジタルソリューション部



**速水 章悟**  
H&S事業本部  
デジタルソリューション部

# 会社紹介

## 「ボルト締付けツールの専門家— バルカートルクシステムの紹介」

### 1. はじめに

「ボルト締結の未来を創る、信頼のパートナー」

Building Trust with Technology

トルクシステムは1992年創業、2002年に大型ボルト締付けツールに特化した専門商社として設立した。その後、今日に至るまで、世界から最高品質のツールを選びめぐり、ユーザーをモットーとして掲げ、常に現場の最前線でお客様とともに歩んできた。2025年8月よりバルカーグループの一員となり、2026年1月より社名を「バルカートルクシステム」として歩みを続けていく。

ボルトの締付け作業は単純ではあるが、効率化が難しい上、将来無くなることはない。当社はこの無くならないボルト作業を出来るだけシンプルに安全に、エラー無く完結出来るツールを提供することを目指し、生活基盤である各種プラントの運転、保守を中心に貢献し続けていくことを使命として活動している。

加えて、現場の突発的なトラブルに迅速に対処すべく、当社社員が現地に直接出向き配管などの加工工事も手掛け、現場で顔の見える会社であることを意識している。

[見えてきた次世代のボルト締付け]

近年、飛躍的な進歩を見せるIT技術により、ボルト締付けの世界にも高性能なツールが登場している。ヒューマンエラーを防ぐため、複合的な締付け条件を設定することが可能となる。また、締付け結果だけでなく詳細な作業履歴も残すことで、データを分析してエラー要因を取り除くといったことも可能になった。

新しい技術や試みは取り扱い製品に限らず、社内のシステムにも積極的に取り入れ、まず試してみる。トライ&エラーを繰り返しながら、何がベストかを導き、お客様やお取引先とともに当社も成長する。そのようなWin-Win-Winの関係が新たな価値を生み、社会に貢献出来ることと信じて、この事業に邁進していく。

### 2. 事業内容

「ボルト締結のトータルソリューションを提供」

Total Solutions for Every Industry

「ボルテイング総合カンパニーとして」

バルカートルクシステムは「油圧トルクレンチ」を始めとした大型ボルトの締付けツールの販売・レンタル・作業SVをメインに、それらのツールの校正・修理などのメンテナンス業務、また、折れたボルトのモミ取り、配管の開先加工など、ボルト締付け現場でニーズのある現地加工工事なども行う「ボルテイング総合カンパニー」である。

#### ○ボルト締付けソリューション

大型ボルト(M20～)の締付け作業改善に関するあらゆる業務を現場密着のモットーで行う

「ツールセールス」「ツールレンタル」

#### ○ツールメンテナンス

取り扱いの多い海外製品を「国内拠点」で迅速に校正・メンテナンスを行う

「校正」「修理」

#### ○現地加工

各種加工・工事や締付け作業監督をお客様の現場に向いて行う

「フェーサー加工」「開先加工」「ボルトのモミ取り」

### 3. 主要製品紹介

「現場を変える革新的な製品群」

Innovative Tools for Smarter Work

#### ○取り扱い製品へのこだわり

「ボルテイング先進の世界各国からツールを専売輸入・直販」

ものづくり大国の日本であるが、大型ボルト締付けに関しては実は後進である。国土が広く資源も多い諸外国ではエネルギーの需要と供給が多いため、大型ボルト締付けのニーズがあるプラントなどが数・規模ともに日本を大きく上回るためである。そこでバルカートルクシステムでは世界各国から特に

優秀なツールを厳選して専売輸入。安全で効率的な最新のボルト締付け環境をお客様に提供していく。

### 「オリジナル製品 (OEM) を合わせた豊富なラインアップ」

もちろん、日本ならではの優れた技術や作業ノウハウも存在する。バルカートルクシステムでは長年の現場密着で得たそれらを「作業員目線」で集約したオリジナル製品の開発にも力を入れている。ボルト締付け作業に関するあらゆる課題に適切なソリューションを提案出来る豊富なラインアップを、それぞれのお客様に合った販売・レンタルプランで適切に提案していく。

#### 「主な取扱製品」

油圧トルクレンチ／エアートルクレンチ／電動(バッテリー)トルクレンチ／倍力レンチ／ボルトテンショナー／油圧ナット／油圧ポンプ／高周波ボルトヒーター／超音波軸力計／フランジ用特殊工具／ナットスプリッターなど

### 3-1) 現場を変える革新的な製品群

#### 「コードレスで高トルク、作業効率を飛躍的に向上」



Figure1 B-RAD

コードレスで高トルクでのトルク管理を実現。狭所や高所でも取り回しが容易で、作業効率を大幅に向上する。

作業者のスキルを問わず誰でも簡単に使える。



Figure2 ボルトクリーン

#### 「ボルトを新品同様に蘇らせるクリーニングシステム」

ボルトの錆や汚れを短時間で除去。再利用性を高め、トルク締付けの信頼性を確保する。



Figure3 フランジアライメントバー

#### 「安全・迅速なフランジ位置合わせを実現」

配管フランジのボルト位置合わせを安全かつ迅速に行う専用ツール。従来の人力作業を大幅に軽減する。

### 3-2) 現地加工サービス

#### 「溶接の強度アップのための配管加工 --- 開先加工」

プラントなどにある配管の溶接作業にあたり、溶接部分の強度・品質を確保するため鋼管のフチなどを削る加工、それを現地に出向いて行う。ボルト締付けなどと合わせて受注することで管理工数を減らす。関連工事として「切断」「ザグリ加工」も対応可能である。

#### 「シール面の再生 --- フェイサー加工」



Figure4 フェイサー加工

フランジ面のフェイサー加工とは、配管や機械部品の接続部であるフランジの端面を平滑に仕上げる加工である。専用のフェイサー工具を用いて、面の傷や歪みを取り除き、均一な平面を形成する。これにより、ガスケットとの密着性が向上し、漏れ防止や接続強度の確保が可能になる。現場では、溶接後や長期使用で損傷したフランジ面を修復するために行われ、精度と安全性を維持する重要な工程である。

## 「抜けなくなったボルトを除去する---ボルトのモミ取り」

サビや焼き付きが原因で取り外せなくなったボルトをドリルなどの特殊工具と熟練の技術で除去する。対象ボルトのねじ山を傷つけない最もスマートな方法である。関連工事として、穴あけ加工やリーマ加工も対応可能である。

## 「取り扱いが難しい製品の作業監修・立ち会い---作業SV」

「超音波軸力計によるボルトの伸び計測」「高周波ボルトヒーターによる焼き締め」などの、特に専門的な機械知識を必要とする際は、現地への取り扱い指導員の派遣や締付け監督まで、リクエストにお応え出来る幅広い対応を行っている。

## 3-3) ソリューション

### 「現場密着-User IN!」と「顔の見えるお取引」がアイデンティティ

画期的なソリューションのヒントやお客様の信頼を得る鍵は、必ず現場にあると考えている。バルカートルクシステムでは出来る限り直接現場を訪れ、実機デモ・取り扱い説明を行う。私たちの仕事は「ツールを売る・貸す」ことではなく「作業改善を提供する」こと、「不安や課題を解消する」こととして捉

えている。

## 4. おわりに

### 「信頼」を締め続けるパートナーとして

バルカートルクシステムは創業以来、「ボルト締付けツールの専門家」として、常に現場の最前線でお客様とともに歩んできた。

私たちの使命は、単に世界最高水準のツールを販売・レンタルすることに留まらない。「ユーザーイン」の精神と「顔の見えるお取引」をモットーに、現地加工工事からメンテナンス、作業改善の提案まで、ボルト締結に関するあらゆる課題を解決する「トータルソリューション」を提供することである。現場で培った知見と、日進月歩のIT技術を融合させ、作業の安全・効率化、そしてヒューマンエラーの撲滅を目指していく。これからも「ボルト締結の未来を創る、信頼のパートナー」として、皆様の事業、ひいては社会基盤の安全・安定稼働を支え続けるため、バルカートルクシステムは挑戦を続けていく所存である。

今後とも変わらぬご支援とご愛顧を賜りますよう、心よりお願い申し上げます。



北原 真一

バルカートルクシステム株式会社  
社長

# 樹脂架橋技術に関わる基礎検討とその応用

## 1. はじめに

当社での樹脂架橋技術は、ふっ素樹脂<sup>1)</sup>やエラストマー製品<sup>2)</sup>における機能の付与目的として開発され、架橋状態を調整する技術は重要なコア技術の一つとなっている。

今回、この樹脂架橋技術をTIM (サーマルインターフェースマテリアル) 材に応用し、高機能な開発アイテムが完成したため、その技術紹介とともに報告する。

## 2. TIM材における樹脂架橋技術に関して

### 2-1) 架橋技術による熱特性とその効果

TIM 材における架橋技術の活用は、特に材料の機械的特性や熱特性向上に期待出来ることが知られており、この架橋技術による効果は、具体的に下記の二つの内容があるとされている。

まず一つ目は『長期信頼性の向上』の効果挙げられる。架橋による材料硬化もしくは「ゲル化」により、熱衝撃や相手材の繰り返し寸法変化に対する耐性(追従性)向上が得られる。この作用はポンプアウトの抑制効果としても知られており、熱サイクルとして繰り返し使われる際の材料流出(ポンプアウト現象)を抑制することから、熱抵抗の悪化を防ぐことが出来る。

次に二つ目は『密着性の向上』の効果であり、発熱体やヒートシンクの接触熱抵抗に大きく作用し変化させる。特に加熱による熱架橋を施した場合には、加熱による表層での軟化作用から、より微細な凹凸への密着性が得られ、またその状態を維持し続けることが出来ることで、接触熱抵抗抑制が可能となる。この熱架橋による効果は、初めに述べた状態維持力の効果と合わさり、熱衝撃などの環境変化で引き起こされる場合で特別な改善効果を期待することが出来る。

### 2-2) TIM材開発のコンセプト

架橋技術による熱特性の機能は、電子部品の放熱材料で知られる「放熱グリース」で、より大きな効果が期待することが出来る。なお、一般的に放熱グリースの特性では熱伝導率の数値に関心がいきがちではあるが、実機での組み込みでの比較試験などを行っていくと、接触熱抵抗の数値も同様に重要性があることが分かってくる。これは熱抵抗値に関する式を見て頂くと分かりやすくなるが、熱抵抗の全体値は材料そのものの体積熱抵抗と、界面で生じる接触熱抵抗値の和として計算され、熱伝導率と同じく重要な熱特性要因となっている。

下記に説明の式を示す。

$$\text{式1} \quad \dots \quad R(\text{total}) = R(\text{bulk}) + R(\text{contact})$$

R (total) : 熱抵抗の全体値

R (bulk) : 材料自体の体積熱抵抗値

R (contact) : 接触熱抵抗値

$$\text{式2} \quad \dots \quad R(\text{bulk}) = \text{BLT} / K$$

BLT : Bond Line Thickness (接触層厚さ)

K : 温度差(ケルビン)

次に、上記の式2が示す通り、放熱グリースではBLT (接着層の厚さ)の視点も重要となる。これは熱源からの距離が短いほど熱が伝わりやすい性質であり、グリースの塗布膜厚と体積熱抵抗値が連動する。そのため、BLTとなる塗布膜厚の薄さが熱伝導率同様に重要な要素となる。ただし、低BLTの放熱グリースでは熱衝撃時の熱応力によるひずみや発熱体とヒートシンク間の物理的な距離変化への追従性が悪く、実用的に技術活用することが難しいとされている。

今回の開発するTIM材では、架橋度合いをコントロールし、いわゆる「ゲル化」の状態にすることで、熱応力のひずみに追従出来る柔軟性を持った放熱グリースとすることで、低BLTであっても機能が出来るような設計とした。

### 2-3) 配合コンセプトと材料選定

架橋技術を用いる放熱グリースでは、一般的な構成要素となる二種(放熱フィラー、潤滑オイル)に加えて、更に二種(反応性のポリマー、反応開始剤)の試薬が必要となる。また、今回の架橋型TIM材では、熱架橋効果を最大限に生かす低BLT(限界膜厚が20 $\mu$ m以下)とするため、上記に加えてフィラーの分散剤を入れた五種で初期検討を行ってみたが、上手く組み合わせることが出来なかった。細かな開発経過は割愛するが、五種の組み合わせでは架橋前後の初期状態維持のコントロールが出来ず、また行える場合であっても時間経過後での挙動が不安定(分離、沈殿の発生)となり、架橋度合いの調整が出来なかった。この理由はあくまで推測ではあるが、フィラー分散剤がフィラー表面に吸着する副作用により反応性ポリマーと潤滑オイルに十分に相溶せず、熱架橋時に伸びる架橋鎖の中に上手く放熱フィラーを包み込むことが出来なかったためだと考えている(Figure1)。

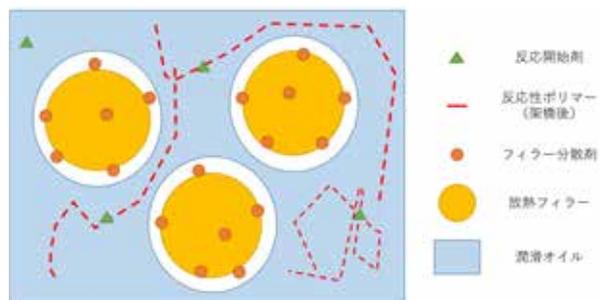


Figure1 材料の分散イメージ

これを改善させるため構成する配合試薬を見直し、またそれぞれが担う役割も変更した。これにより当初の五種での構成試薬も三種類まで減らすことで、架橋度合いの調整と挙動の安定性の向上を可能とした(Figure2)。特に未架橋の反応性ポリマーとフィラーを調整することで分散性を安定化させられ、その結果架橋前後であってもフィラーが分離することもなく、分散状態をそのまま維持出来たことが大きな成功ポイントになったと考えている。

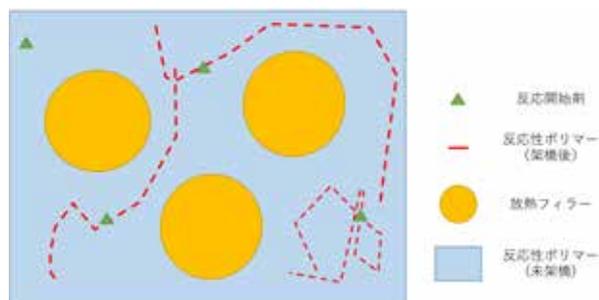


Figure2 分散イメージ(改良後)

次に架橋度合いの調整方法として、反応性ポリマーの官能基量や分子量、反応開始剤の量、投入試薬の順番(存在場所の調整目的)などで調整し、TIM材として相応しい「ゲル化」の状態を付与させられるように行った。なお、上記架橋系での材料選定や組み合わせ方に関しては非常に多くの方法があるが、これは過去の実験で取得した素材とフィラーの溶解性パラメーターの数値(SP値)と、組み合わせの理論値を参考にすることで目的とする配合内容を確定させることが出来た。

### 3. 架橋型TIM材の配合と低BLT化

ここまでで架橋方式や組み合わせの主となる内容が決まったため、より低BLTを実現させるフィラーの選定を本格化させた。特に今回の配合系では、フィラーの分散剤が入っていないため、フィラーの凝集などが発生しやすく初期混合時の攪拌条件や混ぜ方も重要となる。特にフィラーの初期混合時に発生する凝集物の解砕に関しては、配合機器の運動エネルギーを過度に用いれば処理をしやすいが、今回の配合系では過剰な回転速度などの攪拌条件での機械熱や攪拌熱で架橋反応が生じてしまうため、初期ではその配合条件は非常に細かな設定となってしまった。

ただ、細かな配合条件のままでは量産化時の製造コストが膨大となるため、配合条件に加えてフィラーの選定(フィラーの粒径、粒度分布、形状、フィラーの表面官能基量など)を行い、温和な条件でもグリース内に凝集物が残らないような対策を取ることとした(Figure3)。

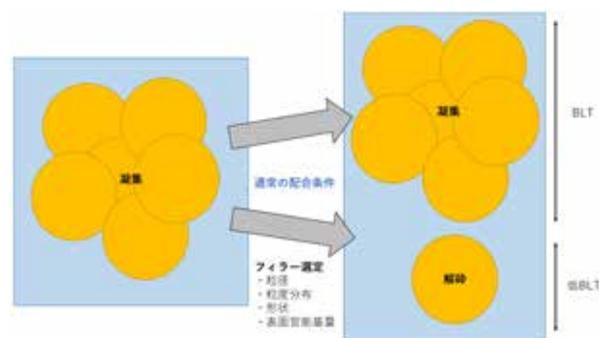


Figure3 フィラーの解砕イメージ

そのため、開発初期では少量での攪拌が可能な自転公転ミキサーで行っていたが、適切な配合条件を設計した結果、最終的には中～大型化が行いやすい三本ロールミルや播潰機(らいかいき)など、量産化を見据えることが出来た。

次にこの配合物のせん断粘度に関しては、低粘度(架橋前では300Pa $\cdot$ sec以下)になるように調整を行った。(Figure4)。



Figure4 熱架橋型TIM材(放熱グリース\_未架橋品)

せん断粘度を下げる目的としては、膜厚を薄く広げる際に、よりその処理を容易にするためである。特に放熱グリースを発熱体とヒートシンクなどの間で薄く均一に展開させる際に高粘度のグリースでは薄膜状態にすることが難しい。この工程の塗り広げ作業がより行いやすくなるよう、フィラーの充填量やポリマー分子量の調整も合わせて行い、300Pa・sと言う低粘度でありながら、最終的な開発品のBLTは10～15 $\mu$ m程度となる開発品が完成した。

## 4. 架橋型TIM材の熱特性評価

今回開発を行った放熱グリースの熱特性を、社内外の機器にて比較評価を行った。下記にその内容を報告する。

### 4-1) 熱架橋による放熱特性の改善に関して

熱架橋による密着性向上を、パルス加熱による熱拡散率・比熱容量・熱伝導率の測定方法であるレーザーフラッシュ法\_JIS R 1611:2010で測定を行った(Table1)。

Table1 レーザーフラッシュ法による熱特性変化

	グリースの状態	測定温度 ℃	熱伝導率 W/mk	変化率 %
No.54-M	未架橋	24	1.6	23
	架橋後(加熱後)		2.1	
比較品	未架橋	24	1.5	-
	架橋後(加熱後)		1.5	

結果より、開発品(No.54-M)の熱伝導率が大きく変化しているが、冒頭で紹介した式1のR(bulk)と材料自体の体積熱抵抗値は架橋では変化しないため、接触熱抵抗値であるR(contact)が熱架橋により改善されたことが分かる。また、同様の条件で測定を行った比較品では加熱(架橋処理)前

後での測定結果で変化がないことから、『密着性の向上効果』を確認することが出来る。なお、熱架橋による熱伝導率、及び熱抵抗値の改善率は23%となり、加熱による馴染み性の向上により大きく改善する結果となった。

次に実機モジュールでの環境に準じたTIM材の熱抵抗、及び熱伝導率の評価手法である熱サイクル試験法\_ASTM D5470にて評価を実施した(Table2)。

Table2 熱サイクル試験法による熱特性変化

	測定温度 $\Delta T_j$	熱抵抗値(K/W)		変化率 %
		1回目	10000回目	
No.54-M	85℃	0.450	0.414	92
比較品	95℃	0.474	0.505	106

熱サイクル試験法での結果でもレーザーフラッシュ法同様に初期熱抵抗の安定化が進むことが確認された。また、これに合わせて『長期信頼性の向上』の機能の面である「ゲル化」による追従性の効果も確認することが出来る(Figure5)。

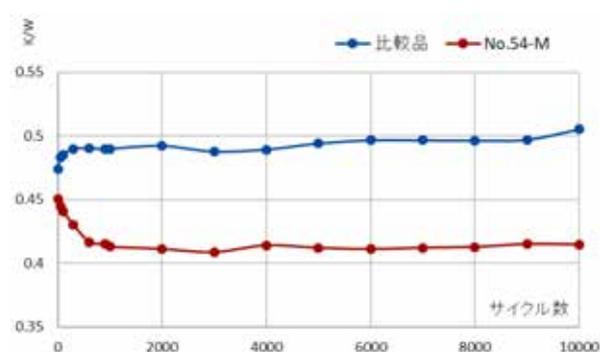


Figure5 熱サイクル試験法における熱抵抗率の推移

『密着性の向上』と『長期信頼性の向上』の効果は、1000サイクル目迄と1000～10000サイクルの変化で確認することが出来る。始めに開発品(No.54-M)の『密着性の向上』は1000サイクルまでに緩やかに変化し、改善率としては8%程度との結果となった。これは4-1)で紹介した初期の密着性の向上効果に合わせて、熱ひずみによる材料流動(追従性)も加わり、更に改善する形となったと推測される。なお、反応開始剤を導入せず熱架橋が生じない比較品では、1000サイクルまででの初期の馴染み性変化が生じなかったことや、グリースの外部排出(ポンプアウト現象)が発生し、熱抵抗が6%程度悪化した。この結果より熱架橋による「ゲル化」での有効性の高さを確認することが出来た。

次に『長期信頼性の向上』効果に関しては、開発品では1000サイクル以降の熱抵抗値の安定性から確認が出来、1000～10000サイクル間では0.4%と微小な変化となった。そ

れに対して比較品で1000サイクル以降でも3%程悪化しており、熱架橋による「ゲル化」の有効性を確認出来た。

以上のことから熱架橋させた開発品であるNo.54-Mでは、『密着性の向上』と『長期信頼性の向上』機能が付与されており、熱特性の保持効果が非常に高いと言える。

また最後に、本試験法における開発品と比較品での測定条件( $\Delta T_j$ )の違いがあるが、本来は同一の温度条件で測定すべきであったが、初期熱抵抗値の改善効果が想定よりも大きく出たことで、機械側での条件設定では同一化出来なかった。比較試験としては分かりにくくなってしまったが、それほどまでに熱架橋型TIM材での熱特性の改善効果がある証左であったとも考えている。

#### 4-2) 低BLTによる熱特性効果について

ここで熱架橋TIM材である開発品(No.54-M)をパワー半導体実装基板の熱抵抗評価法であるISO4825-1:2023を取り入れた熱特性評価装置で測定を行った。本測定装置では一般的な熱抵抗測定装置が苦手とする薄膜(50 $\mu$ m以下)での熱抵抗値測定を、簡単に精度よく比較することが出来、今回のような実機での低BLTの効果を知る場合には、適切な測定方法である。特にこの測定装置では、モジュール構造での測定であり、例えばそこから得られる電力値などの情報からでも違いを理解しやすい。併せてその結果を示す(Figure6、7)。

ここで、冒頭での式2で述べた低BLTと熱伝導率の関連性も含めて報告する。また、他社製の放熱グリースは類似する用途から架橋しない低BLT品と高熱伝導品の二種をピックアップし、開発品である熱架橋型のTIM材と比較する。なお、膜厚の限界値であるBLTに関しては他社製の低BLT品と自社開発品(No.54-M)は同程度の20 $\mu$ m以下であり、他社製の高熱伝導品は40 $\mu$ m前後であった。

始めに他社製の架橋しない2種間での比較を行う。高熱伝導品(3.1W/m $\cdot$ K)の方が、低BLT品(1.3W/m $\cdot$ K)よりも、今回の測定では熱抵抗値が良い結果となっている。当初の予想では、もう少し低BLTの方が良い数値になるとも思われたが、測定基盤への濡れ性もしくは、広がり性(≠せん断粘度)などの要素もあり、このような結果になったと考えられる。

次に自社開発品と他社製の高熱伝導品とを比べる。開発品の熱伝導率は1.6W/m $\cdot$ Kであるにも関わらず、他社の高熱伝導品よりも5~8%程、熱抵抗値が良い結果となっている。これは熱架橋による『密着性の向上』効果に加え、BLTによる作用も加わり、熱抵抗値で優れた結果となったと思う。



Figure6 熱特性評価装置での熱抵抗値

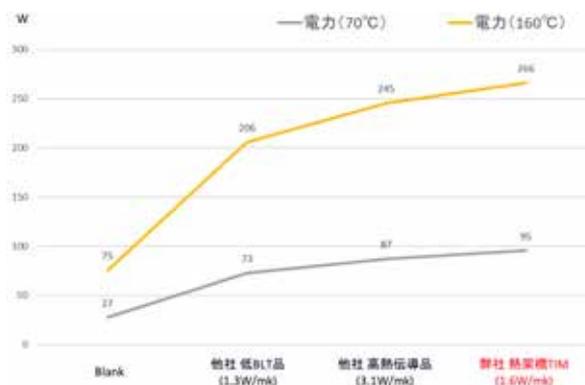


Figure7 熱特性評価装置での必要電力

最後に同様の低BLTである開発品と他社品とを比較する。素材が持つ熱伝導率は大きくないのにも関わらず、熱抵抗値が25%程度異なる。濡れ性などの違いもあるとは思われるが、接触熱抵抗値だけでここまで差があるとは考えにくい。熱架橋による『密着性の向上』が現れた結果と考えられている。なお偶然かもしれないが、熱抵抗値の差異がレーザーフラッシュでの熱伝導率の変化率とも近い数字でもあり、大きな特性の違いが無いこの2サンプル間の熱抵抗値の違いとなっている。また、こういった挙動の違いを明確に出来る本測定装置での評価結果は非常に興味深い。

## 5. おわりに

本開発では樹脂架橋技術を活用し、構成素材の選択、及び架橋度合いの精密なコントロールによって、高機能な熱架橋TIM材を開発した。特に架橋後の放熱グリースの状態を「ゲル状」に調整することで、初期熱抵抗を改善する『密着性の向上』と状態保持能力である『長期信頼性の向上』効果により、優れた放熱グリースを開発出来た。

なお、本開発では過去の社内技術資料における架橋選定や配合に関する情報が大きく寄与しており、ブレイクスルーとしては新規反応性ポリマーを入手出来た点が鍵ではあったが、社内ノウハウや過去試験の情報を組み合わせたことで、迅速に開発品を完成させることが出来た。

今後も技術総合研究所では、新たな製品開発のために自社の技術活用や転用を行っていく。私自身も今回のように社

内のコア技術を生かした製品開発を行い、事業に貢献が出来ればと考えている。

## 6. 参考文献

- 1) 須藤健一：バルカー技術誌 No.28, 13-14 (2015)
- 2) 西 亮輔：バルカー技術誌 No.40, 13-16 (2021)



吉山 友章  
技術総合研究所

# ライニング向け高圧縮シートガスケット No.7027の厚さラインアップ追加

## 1. はじめに

化学プラントでは、ガラスやふっ素樹脂でライニングされた配管があり、そこで使用されるガスケットにはライニング部分を破壊しないことに加えて、フランジのうねりを吸収するための高い圧縮性が求められる。従来ライニング用ガスケットとして、ふっ素樹脂ジャケットガスケットが使用されてきたが、中芯材が熱や流体で劣化する、施工時にジャケット部分がめくれなどの課題が見られる。

昨年発売したNo.7027 (Figure1)は、ガラス・PTFEライニングなど表面にうねりのあるフランジに追随できる白色ふっ素樹脂ガスケットであるが、高い圧縮性と優れた低面圧シール性を有しており、その特性を生かして、塩酸を始めとする強酸や腐食性流体のガラスライニング配管など、多種にわたる用途で採用が進んでいる。また、PTFEジャケットガスケットのジャケットのめくれによる漏れなどの課題解決として、代替検討していたユーザーからは好評である。ただ製品厚さが3mmのみであり、吸収出来るフランジのうねりにも限界があることから、より厚いラインアップの追加が求められてきた。そこでこの度、厚さ6mm品を追加したため、本報にて紹介する。これにより大きなうねりを持つ大口径フランジへの適用拡大に期待が出来る。また、化学プラント等の配管のみならず、大型マンホールや胴体フランジでも使用可能となり、プロセスライン全体への採用が見込まれる。



Figure1 ライニング向け高圧縮シートガスケットNo.7027

## 2. 特長

No.7027は以下の特長を有する。

### 2-1) 取り扱い性の良いシートガスケット

No.7027はシートガスケットであり、施工時のめくれなどがなく、取り扱い性に優れている。また、矩形などの様々な形状に対応出来る。

### 2-2) 高い圧縮量

ライニングフランジにはうねりがあるため、部分的にフランジ面間の狭い箇所が出来る。No.7027は、従来の充填材入りふっ素樹脂シートガスケットと比較して、圧縮率が高く、フランジ面間の狭い箇所への追随性が高い。ライニングフランジだけでなく、経年劣化などで凹凸や反りを生じたフランジへも適性が高い。

### 2-3) 優れた低面圧シール特性

ライニングフランジにはうねりがあるため、部分的にフランジ面間の広い箇所が出来、その部分のガスケット面圧が低くなる。No.7027は、低面圧シール性に優れており、フランジ面間の広い部分でも密封性が得られやすい。

### 2-4) 優れた耐薬品性

耐薬品性に優れており、酸とアルカリの双方に適用可能である。白色無地のため、汚染を嫌うラインに適している。また、食品衛生法・食品、添加物等の規格基準(昭和34年厚生省告示第370号、最終改正令和2年度厚生労働省告示第380号)にも適合している。

## 3. 使用用途

### 3-1) 適応箇所

ガラスライニングやふっ素樹脂ライニングの配管や機器などのフランジ接合部に適している。また、ライニング配管や機

器だけでなく、高い締付力を与えることが難しい強度の低いフランジや経年劣化などで凹凸や反りを生じたフランジにも使用可能である。

なお、No.7027は厚さ6mm品の追加により、ライニング配管、及び直径1000mmを超える機器胴体サイズまで適応可能である。

### 3-2) 適応流体

水、海水、熱水、水蒸気、空気、酸、アルカリ塩類水溶液、油類、アルコール、脂肪族系溶剤とその蒸気、不活性ガス、支燃性ガス、可燃性ガス、毒性ガスなどに適する。重合性モノマーには適さない。

## 4. 標準寸法

標準寸法をTable1に示す。厚さ6.0mm品の追加により厚さ2種のラインアップとなる。

Table1 標準寸法

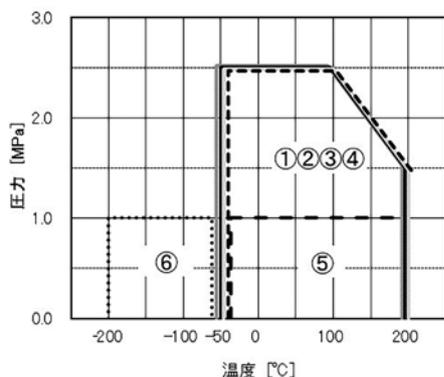
厚さ [mm]	幅×長さ [mm]
3.0	1270×1270
6.0	1100×1080

## 5. 使用可能範囲・設計資料

使用可能な温度・圧力範囲をTable2に示す。推奨締付面圧、m、y値、及び最大許容締付面圧をTable3～5に示す。流体別温度圧力範囲をFigure2に示す。

Table2 温度・圧力範囲

温度 [°C]	圧力 [MPa]
-200～200	2.5



- ①水系流体 ②油系流体
- ③溶剤・腐食性流体 ④空気、窒素ガスなど
- ⑤可燃性ガス、毒性ガスなど ⑥低温流体

Figure2 流体別温度圧力範囲

Table3 推奨締付面圧

流体	推奨締付面圧 [MPa]
液体	20.0
ガス	24.5

Table4 m、y値

厚さ [mm]	m [-]	y [N/mm <sup>2</sup> ]
3.0	2.50	19.6
6.0	2.50	19.6

Table5 最大許容締付面圧

最大許容締付面圧 [MPa]
175

## 6. 物性評価

ガスケットの常温シール特性の結果をFigure3に示す。Figure3より、No.7027厚さ6mm品は推奨締付面圧より低面圧である10～15MPa間で、顧客現場の気密確認で用いられる石鹼水発泡法検知レベルを下回り、測定感度以下であった。うねりのあるフランジにおいて、推奨締付面圧で締め付けたとしても、フランジ面間が開いている箇所では、ガスケットに負荷される面圧が低くなるため、その部分から漏れが発生する懸念がある。No.7027厚さ6mm品は低面圧シール特性を有し、フランジ面間が開いている箇所があったとしても安定したシール性が得られる。

Figure4にNo.7027厚さ6mm品の圧縮復元特性、Table6にフランジのひずみ吸収量を示す。Figure4、及びTable6より、No.7027厚さ6mm品は、低面圧である10～15MPa間における変形量は0.5mm程度であり、40MPaは2.0mm程度であった。また、No.7027厚さ6mm品のフランジのひずみ吸収量を算出すると1.5mmでNo.7027厚さ3mm品<sup>1)</sup>の二倍以上であり、うねりのあるフランジでも追従しやすいことが分かった。なお、Figure4の値は実測値であり、規格値ではない。

従って、No.7027厚さ6mm品は、当社独自の精密設計により、低面圧シール性やフランジ追従性(高い圧縮量)を有するため、経年劣化などで凹凸や反りを生じたフランジにも使用可能であり、ライニング配管及びより大きなうねりを持つ直径1000mmを超える機器胴体サイズに適応出来ると考える。

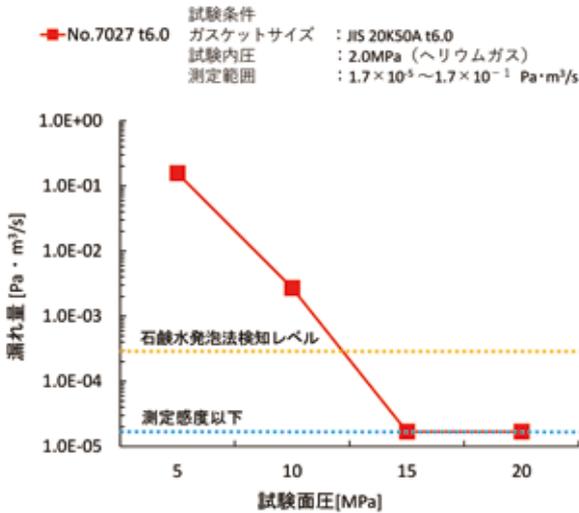


Figure3 常温シール特性評価結果

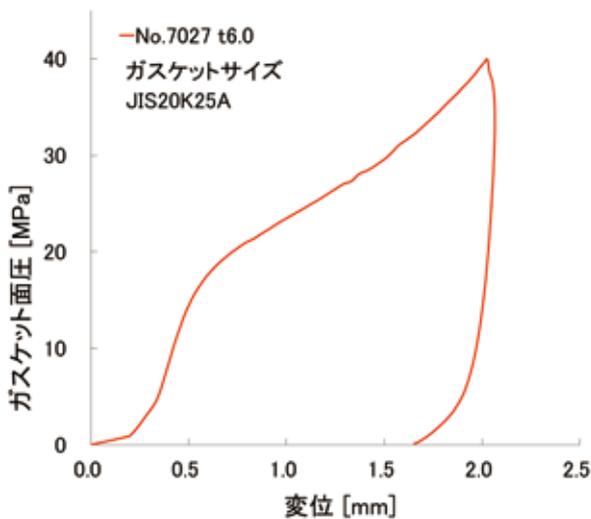


Figure4 圧縮復元特性評価結果

Table6 フランジひずみ吸収量

厚さ [mm]	フランジひずみ量 [mm]
3.0	0.7 <sup>1)</sup>
6.0	1.5

## 7. おわりに

今回紹介したライニング向け高圧縮シートガスケット No.7027 厚さ6mm 品のラインアップ追加により、昨年発売した厚さ3mm 品に引き続き、ライニング用ガスケットとして使用されてきたPTFEジャケットガスケットの課題を解決するとともに、より大きなうねりのあるフランジへの適応も可能となった。

今後も顧客ニーズに対応した製品開発に邁進していく所存である。

## 8. 参考文献

- 1) 高橋 聡美, 黒河 真也: バルカー技術誌. No.47, 15-18 (2024)



元野 雄太

H&S事業本部  
 商品企画開発部  
 ガasket開発チーム



黒河 真也

H&S事業本部  
 商品企画開発部  
 ガasket開発チーム

# BLISTANCE<sup>®</sup>-HLT II

## 機能性向上品の紹介

### 1. はじめに

地球温暖化は、1985年10月に開催されたフィラハ会議にて、地球温暖化の予想とその影響の大きさが警告されて以降、現在に至るまで国際的に注目されている問題である。

地球温暖化の要因は、温室効果ガス濃度の増加と以前より言われているが、2000年代前半頃までは、直接的な影響について、疑う余地があったとされている。しかし2021年に「気候変動に関する政府間パネル(通称:ICPP)」から提出された第6次評価報告書では、「人間の影響が大気、海洋、陸域を温暖化させてきたことに疑う余地がありません」という表現が記されたことで、温室効果ガス濃度の増加が、地球温暖化の進行に直結していることが明確になった<sup>1)</sup>。

温室効果ガス排出量の増加に対し、このまま対策を講じなかった場合、最悪のシナリオでは、2100年の世界平均気温の予想値は産業革命以前の1850年から1900年の気温を基準とし、+5.7℃になるとされている。また、直近2020年頃の世界平均気温の上昇値は+1.0℃程度と言われている。このことと昨今の日本の夏季の猛暑と併せて考えた場合、「世界平均気温が+5.7℃」になるとされることの深刻さは、想像に難くないと思われる。

そこで、この+5.7℃という最悪のシナリオを回避するためにパリ協定が2015年に採択された。そこでは『世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて+2℃より十分低く保つとともに、+1.5℃に抑える努力を追求すること』といった「2℃目標」と、『今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡を達成すること』といった「2050年カーボンニュートラル」の二つが世界共通の長期目標として掲げられた<sup>2)</sup>。

次にここまで明記していなかったが、温室効果ガスの例として、最もよく知られているものとしては「二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)」、次いで「メタン」・「一酸化二窒素」などが挙げられる。中でもCO<sub>2</sub>は温室効果ガス排出量の内75%程を占めるとされ、CO<sub>2</sub>排出量の抑制≒地球温暖化の抑制となると考えら

れる。更にCO<sub>2</sub>が排出される要因の約90%は、発電時や自動車のエンジンを動かす際の、「化石燃料の燃焼」が由来とされている<sup>3)</sup>。

そこで、化石燃料を用いることなくエネルギーを得ることが出来る、風力・水力・バイオマスなどの代替エネルギーの利活用に関する研究や開発が盛んとなり、その内の一つである水素は、「グリーン成長戦略における14の重点分野」にも挙げられている点からも、注目度の高いエネルギー源であるということが伺える<sup>4)</sup>。

その水素をエネルギー源として活用したアプリケーションの一例としては、「家庭用燃料電池」や「燃料電池自動車(FCV)+水素ステーション」が挙げられる。中でも、FCVや水素ステーションで使用されるエラストマー性シール材に焦点を当てた際の課題は、過去に発行されたバルカーテクノロジーニュース No.39(2020年)、No.43(2022年)にも掲載しているため、詳細は割愛させていただくが、一般産業用途よりも過酷な環境下で用いられることに起因している。その環境を簡単に記載すると、①-40℃という非常に低い温度環境下に曝される点、②大気圧と87.5MPaという超高压環境の加減圧が頻繁に行われるという二点である。

①のような低温環境下では、汎用エラストマーシール材はガラス転移点以下の温度となり、ゴム弾性を失い、樹脂に近い状態となる。そうすると、外力により変形することで、生じるはずのセルフシール効果が発現せず、シール不良に至る。

また②のような、超高压状態から急減圧が行われた場合、高压時に内部に浸透した流体が、減圧時に体積膨張を起こし、シール材も体積膨張させることで、内部より破壊するプリスター現象<sup>5)</sup>が発生し、こちらもシール不良に繋がる(Figure1)。



Figure1 プリスターが発生したOリングの外観・断面

当社からは2023年度に、水素市場向けに低温環境や超高圧から急減圧が生じる環境でも使用可能な、高圧水素ガス向けEPDM系エラストマーシール製品「BLISTANCE®-HLT II」を上市したが、お客様での評価の中で、プリスターとは異なる亀裂が発生し、シール不良が生じる事例が散見された。

お客様で実施いただいた評価であるため、詳細は伏せるが、評価で共通する内容は、「円筒面シールでの使用」という点である。円筒面シールでは、平面シールとは異なり、静的シールであっても、加減圧に伴いシール材の位置が僅かに変化し、摺動方向(場合によっては捻じれ方向)の力が加わることが考えられる。そのような力が加わることで、小さな傷が生じた場合、急減圧時に生じるシール材の体積膨張によって、亀裂が広がり、シール不良に至ったと推測している。

そこで、今回上記の問題を解決すべく、BLISTANCE®-HLT IIにマイナー改良を施し、機能性の向上を試みた。改良の詳細は当社独自技術の部分になるため、本報に記載することは出来ないが、低温特性・耐プリスター耐性といった、従来のBLISTANCE®-HLT IIの良さを損なうことなく、改良を加えているため、今までご使用いただいていたお客様にはそのままに、加えて過去にお試しいただいたお客様に対しては再度評価をご検討いただくためにも、本報にて紹介をする。

## 2. BLISTANCE®-HLT II 機能性向上品の特徴

BLISTANCE®-HLT II 機能性向上品(以下、分かり良くするため、「改良品」と表記)の特徴を本報では記載する。少なくとも従来品から劣る所が無いという点を示すため、従来品や必要に応じて汎用エラストマーシール製品と比較する形で紹介をする。

### 2-1) 低温特性

低温特性はJIS K6261-4に則り、低温弾性回復試験(以下、TR試験)を実施し評価した。

評価用試料は、厚さ $2\text{mm} \pm 0.2$ のシートから、伸長部幅 $2\text{mm} \pm 0.2$ 、長さ $50\text{mm} \pm 0.2$ 、つかみ部 $6.5\text{mm}$ 四方の専用の型で打ち抜いた試験片を用いた。

評価の手順としては、①試験片をTR試験機のつかみ部に装着 ②50%伸長させてつかみ部を固定 ③ $-70^{\circ}\text{C}$ のエタノール中で10min試験片を冷却 ④つかみ具の固定を解除したのち、 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で温度上昇させるといった手順で実施する(Figure2)。

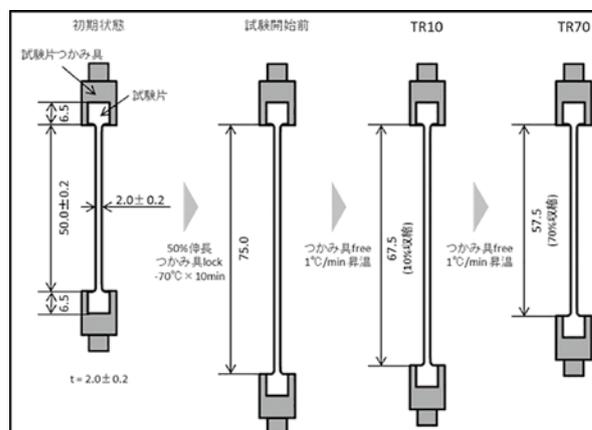


Figure2 TR試験 概略図

雰囲気温度(=試験片温度)の上昇に伴いゴム弾性を取り戻すため、試験片は徐々に収縮する。その収縮率を2°C昇温するごとにプロットし、材料の低温特性の評価を行う。

中でも、JIS K 6261-4では、収縮率が10・30・50・70%になったときの温度をTR10・TR30・TR50・TR70として表記し、その数値も併せて記録をする(Figure3)。

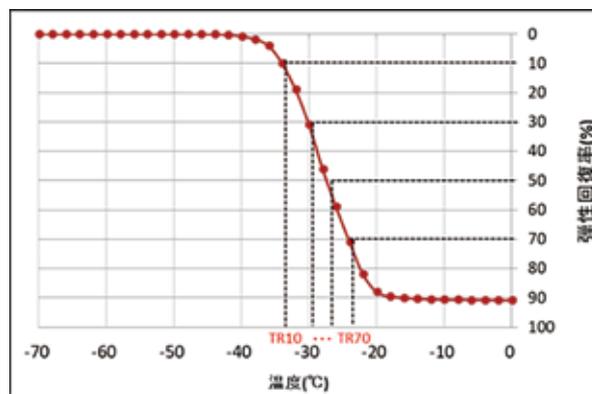


Figure3 TR試験で得られる、温度-弾性回復率曲線の例

TR試験の結果は、弾性回復率=ゴム弾性を有している状態と見なし、TR値(特にTR10)の数値が低いほど、低温環境下でも使用可能な材料であり、TR10とTR70の温度差が小さいほど、ゴム弾性の回復が早い材料であるといった判断をする。使用される雰囲気温度や圧力、流体といった要素に大きく左右される点ではあるが、一般産業用途での使用時には、TR10で示された温度が、低温領域でのシール限界として用いられることが多い。しかし、水素の市場では87.5MPaという超高圧環境下での使用もあるため、TR10の数値を使用限界とするには性能不足になる。

しかし、BLISTANCE®-HLT IIはFigure4やTable1に示す通り、改良品・従来品、いずれもTR10の値が $-57^{\circ}\text{C}$ であり、改良品に関しては、 $-40^{\circ}\text{C}$ であっても弾性回復率が

70%と、かなりのゴム弾性を取り戻していることが確認出来る。また、汎用EPDMの結果と比較すると、この数値が圧倒的であることは明らかである。

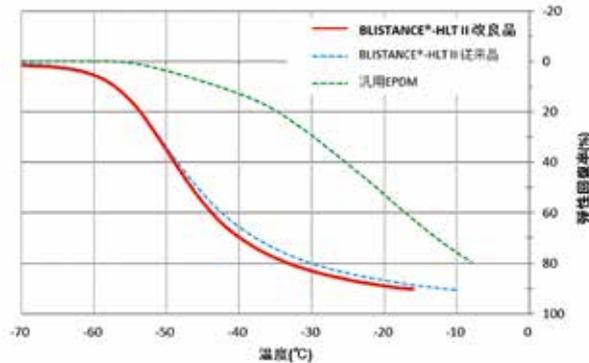


Figure4 TR試験 測定結果

Table1 TR値の比較

	改良品	従来品	汎用EPDM
TR10 (°C)	-57	-57	-43
TR30 (°C)	-51	-51	-30
TR50 (°C)	-47	-46	-21
TR70 (°C)	-40	-38	-13

次に改良品・従来品の常態物性、及び120℃での空気老化試験、圧縮永久ひずみ試験の測定結果を、比較をする形でTable2に示す。

試験はそれぞれJISの測定方法に準用した試験を実施しており、対応するJISの規格番号は、併せて表中に記載する。

また、表中の数値は実測値であり、規格値とは異なる旨をご了承ください。

Table2 改良品・従来品の機械的的特性の比較

		改良品	従来品
常態物性 JIS K 6251 <sup>*1</sup>	硬度	—	90
	引張強度	MPa	14.6
	伸び	%	105
	100%引張応力	MPa	13.5
引裂試験 JIS K 6252 <sup>*2</sup>	引裂強度	N/mm	32.5
空気老化試験 (120℃×72h) JIS K 6257 <sup>*1</sup>	硬度変化	—	+1
	引張強度変化率	%	+6
	伸び変化率	%	-15
圧縮永久歪試験 (120℃×72h) JIS K6262 <sup>*3</sup>		%	8

※1 JISダンベル状3号形を使用

※2 JISアングル型試験片を使用

※3 JIS大型試験片(φ29.5×H12.5)を使用

上表に示す通り、改良品は従来品と同等、もしくは向上していることが確認された。

## 2-2) 高圧水素暴露試験

BLISTANCE®-HLT IIのOリングを、実機模擬評価の事前評価として、プリスター耐性を確認する試験を行った。試験方法は、高圧容器中にOリングなどの試験片を投入し、30℃90MPaの条件で水素ガスに24h暴露し、その後急減圧させる。減圧後のサンプルの外観や断面のプリスターの有無を確認した。当社ではこの試験を高圧水素暴露試験と呼んでおり、本試験は公益財団法人水素エネルギー製品研究試験センター（以下HyTReC）にて実施した。

次のTable3に試験条件、Table4に新品と試験後品のOリングの表面・断面状態の写真を掲載する。

Table3 水素暴露試験 試験条件

項目	条件
圧力	90MPa
温度	30℃
保持時間	24h
減圧速度	大気圧まで10sec未満
試験片寸法	AS568-214 (φ3.53×24.99)

Table4 水素暴露試験後 Oリングの表面・断面

	未使用品	試験後品
表面		
断面		

試験後のOリングは表面・断面にクラックが確認されなかったことから、改良品は優れたプリスター耐性を有していることが確認された。

## 2-3) 高圧水素ガス圧力サイクル試験

2-2)で行ったプリスター耐性の評価に加え、同じくHyTReCにて実機模擬評価として、継手に組み込んだ状態での高圧水素ガス圧力サイクル試験を実施した。

本試験では、高温90℃、低温-40℃の環境下において、95MPaの水素ガスの圧力負荷・急減圧を繰り返し行い、規定の圧力負荷回数までの間、漏れの発生がないこと、そして試験後のOリングの状態(プリスター発生の有無)を確認した。

圧力負荷のサイクル数は、よりブリストアが発生しやすいと考えられている90℃の条件で11,250サイクル、-40℃の条件で6,600サイクル実施した。Table5に試験条件をまとめ掲載する。

Table5 高圧水素ガス圧力サイクル試験 試験条件<sup>※1</sup>

項目		高温	低温
温度		90℃	-40℃
圧力		大気圧 ⇄ 95MPa	
サイクル条件	サイクル数	11,250回	6,600回
	昇圧時間	7 sec	
	保持時間	1 sec	
	減圧時間	1 sec	

※1 高温サイクル試験・低温サイクル試験の間でOリングの取り換えはしていない。

次に、高圧水素ガス圧力サイクル試験の、90℃で実施した試験、-40℃で実施した試験の規定サイクル数付近の圧力波形をFigure5・6に掲載する。

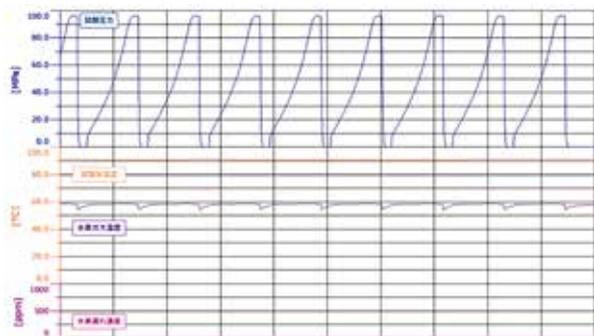


Figure5 90℃ 95MPa 11,250サイクル付近の波形

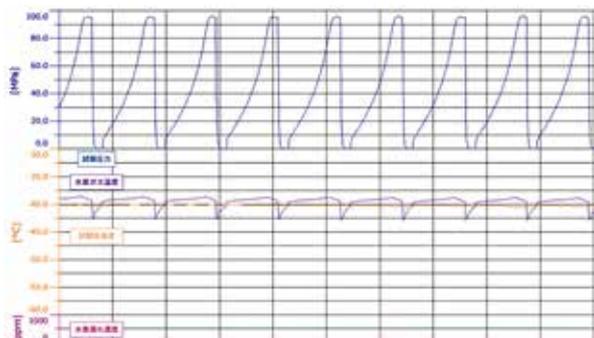


Figure6 -40℃ 95MPa 6,600サイクル付近の波形

上のチャートより、BLISTANCE<sup>®</sup>-HLT IIは95MPa 90℃ 11,250サイクル、95MPa -40℃ 6,600サイクルの条件において、水素ガスをシール可能な材料であることが確認された。

次に、継手に組み込んだOリングの試験後のシール面、内径、及び断面をTable6に掲載する。

Table6 高圧水素ガス圧力サイクル試験後のサンプル

	未使用品	試験後品
シール面		
内径		
断面		

以上、高圧水素ガス圧力サイクル試験の結果より、BLISTANCE<sup>®</sup>-HLT IIは水素市場での要求仕様である、温度：-40～90℃、圧力：87.5MPa（大気圧までの急減圧有）の環境下で使用するシール材に適した製品であることが確認された。

ただし、注意いただきたい点としては、得られた試験結果は用いた継手の設計も重要なファクターであり、最適に設計された継手とこのBLISTANCE<sup>®</sup>-HLT IIのOリングを併用することで問題なくご使用いただける製品になるということである。

そのため、ご使用の際は一度実機（または類する設備・条件）でBLISTANCE<sup>®</sup>-HLT IIが性能上問題無いという点を確認していただくことが必須である旨は、ご了承いただきたい。

## 2-4) 円筒面シール評価 水圧サイクル試験

「1.はじめに」の末尾にも記載したが、BLISTANCE<sup>®</sup>-HLT IIの機能性向上品を開発した目的としては、円筒面シールでの使用可能な製品とすることである。

そこで、流体は水素ではなく水ではあるが、円筒面シールでの評価を実施した。減圧時の膨張はなくとも、試験後の従来品と改良品のOリングで、外観上に差があることが確認できれば、亀裂発生の起点の生じやすさの指標になると考え、本試験を実施した。

試験条件はTable7の通りであり、改良品と従来品いずれも同一の条件で試験を実施した。

Table7 水圧サイクル試験条件

項目	内容
試験機器	サーボバルサー
Oリング呼び寸法	P-11
流体	イオン交換水
試験圧力	大気圧 ⇄ 約90MPa
試験温度	室温
圧力サイクル数	25,000回
サイクル速度	1回/sec

試験後の現品の外観は、デジタルマイクロスコープを用いて確認した。ここでは内径側のBURの隙間にはみ出したことによる傷は避けられないものとして無視し、その点以外の個所で傷などのクラックの起点となる可能性のある個所の発生の有無に注目した。確認結果をTable8に掲載する。

結果、改良品は内径側のはみ出し以外に損傷は確認されなかった。一方、従来品は、軽微ではあるが外径側に傷の発生が確認された。この傷自体は、亀裂と呼べる程ではないため、従来品を円筒面シールで使用した際に生じた亀裂と、直接関係していると断定出来ないが、高圧水素ガスが急減圧された時に生じる体積膨張により、内部や周方向へ広がることで、クラックとなる可能性は否定出来ないと考え。

この結果から、改良品は従来品よりも、円筒面シールで使用するに適した材料である可能性が高いと判断した。

Table8 水圧試験後のOリングの外観・断面

	改良品	従来品
俯瞰面A		
俯瞰面B		
内径側		
外径側		
断面		

※従来品 外径側 赤四角部拡大

### 3. 謝辞

高圧水素ガス用シール材料 BLISTANCE®-HLT IIの機能性向上品の開発に当たり、イハラサイエンス株式会社開発統轄室の皆様には、当初よりともに開発・評価に携わっていただいた。ここに厚く御礼を申し上げ、深謝の意を表する。

### 4. おわりに

今回、紹介させていただいたBLISTANCE®-HLT IIは、高圧水素ガス環境下で最も優れた特性を示す材料である。今後の水素燃料電池自動車業界の発展に伴い、自動車や水素ステーションに組み込まれるシール材への要求がより一層高くなった場合においても、十分に適応可能な製品になると考える。

水素市場向けのシール製品に限定した話ではなく、様々な市場において、今後ともユーザー各位へのご要望に対して迅速にお応え出来るよう、新たなエラストマー材料の開発、既存材料の改良に勤めていく所存である。

### 5. 参考文献

- 1) 文部科学省・気象庁:IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第6次評価報告書(AR6)第1作業部会(WG1)報告書「気候変動2021 自然科学的根拠」解説資料 基礎編,(2021)
- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁 HP:CO<sub>2</sub>排出量削減に必要なのは「イノベーション」と「ファイナンス」,(2020)
- 3) 国際連合広報センター,(n.d.),気候変動の原因,国際連合広報センター,https://www.unic.or.jp/activities/economic\_social\_development/sustainable\_development/climate\_change\_un/climate\_change-causes/, (参照:2025年11月10日)
- 4) 経済産業省:グリーン成長戦略(概要),(2021)
- 5) 圖師 浩文:バルカー技術誌, No.31,17-20,(2016)



※BLISTANCEは(株)バルカーの商標または登録商標です。

西原 亮平

H&S事業本部  
商品企画開発部  
エラストマーチーム

# シール性向上を目的とした リングジョイントガasketの軟質カバー

## 1. はじめに

石油精製・石油化学プラントでは、高温・高圧流体を扱う配管が多数存在し、そのフランジ部にはメタルガスケットが多用される。特にリングジョイントガスケット(以下、RTJ)は、リングジョイント座と呼ばれる溝付きフランジとの金属接触で高面圧を確保して密封するため、高温・高圧用途で広く用いられている。一方、RTJは高温・高圧を前提として固く作られているため、フランジのゆがみやシール面の微小な傷や凹凸への追従性が低く、漏れを止めるためにフランジが変形するほど過大な締付けを要する場合がある。更に、過大な締付けでも漏れが止まらない場合にはフランジ交換が必要となり、工期やコストの増加を招く。

そこで本報では、RTJのシール性向上を目的とする軟質カバーの製品概要、及び基礎的な特性の評価結果を紹介する。

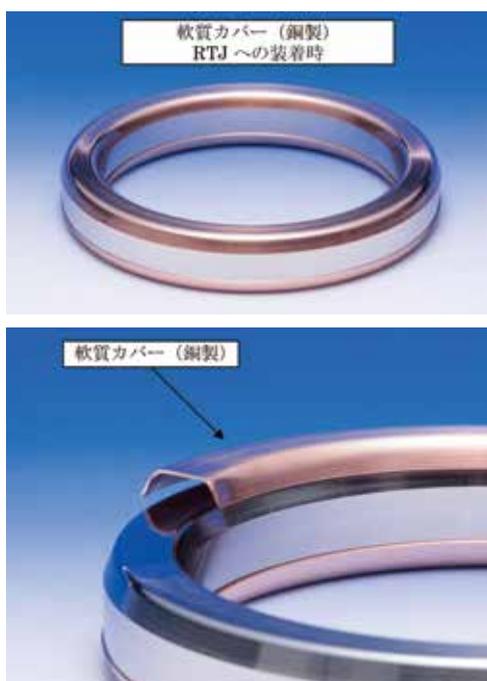


Figure1 軟質カバー（鋼製）の外観

## 2. 製品概要

### 2-1)仕様

材質はアルミニウム、銅、ニッケルから選択出来、RTJやフランジよりも軟質な材質を選択することで効果を発揮する。RTJに対し上下各1枚のセットで使用し、既存のRTJに装着が可能であり、主にオクタゴナル形に適用する。最高使用温度はアルミニウム350℃、銅500℃、ニッケル760℃である。施工に際してはRTJ単体での使用時と同様、シール面の清掃やアライメントの正常化、及び規格に基づいた締結手順の遵守が望ましい。

Table1 各カバー材質の最高使用温度

材質	アルミニウム	銅	ニッケル
最高使用温度	350℃	500℃	760℃

### 2-2)特徴

軟質カバーはシール面への追従性が高いため、シール面の微細な凹凸や傷を埋め、シール特性を高めることが可能となる。これにより、溝の補修作業を軽減し、現場の当たり確認や擦り合わせを軽減または省くことで、作業時間の短縮と作業品質ばらつき等の低減が期待出来る。装着に接着剤や工具は不要であり、現場作業の負担にならないことも特徴である。また、RTJの高さを疑似的に増しているため、リングジョイント溝の変形(広がり・段差)によってフランジ隙間、すなわち、締め代が減っている場合、応急処置として締め代確保に寄与する。更に、軟質カバーを交換することでRTJの再使用が可能となる場合があり、資材コストの最適化にも有効と考える。

## 3. 基礎特性

### 3-1)常温シール試験

軟質カバー装着時の基礎的なシール特性を確認するため、常温シール試験を実施した。リングジョイント座の閉止フランジに軟質カバーを装着したRTJを挟み、圧縮試験機で荷重を段階的に負荷しながら、窒素ガスで内圧10MPaを加圧し、漏れ

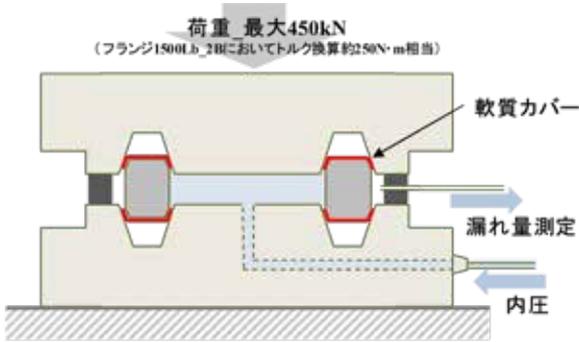


Figure2 常温シール試験概要図

Table2 常温シール試験条件

リングジョイント	オクタゴナル_極軟銅_R24
軟質カバー	アルミニウム及び銅
フランジ	1500Lb 2B_SFVC2A_閉止フランジ
試験荷重	最大 450kN (1500Lb 2B において締結トルク250N・m相当)
試験流体	窒素ガス、10MPa
漏れ量測定方法	フランジ隙間に挟んだゴム角リングで漏れを捕集し石鹼膜流量計(JIS B 2490 参考)で測定
シール判定基準	$3 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 未満 (石鹼水発泡法で検出可能な漏れ量)

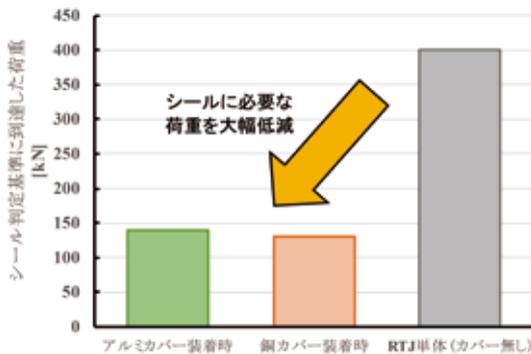


Figure3 常温シール性試験結果(シール判定基準漏れ量到達時の荷重比較)

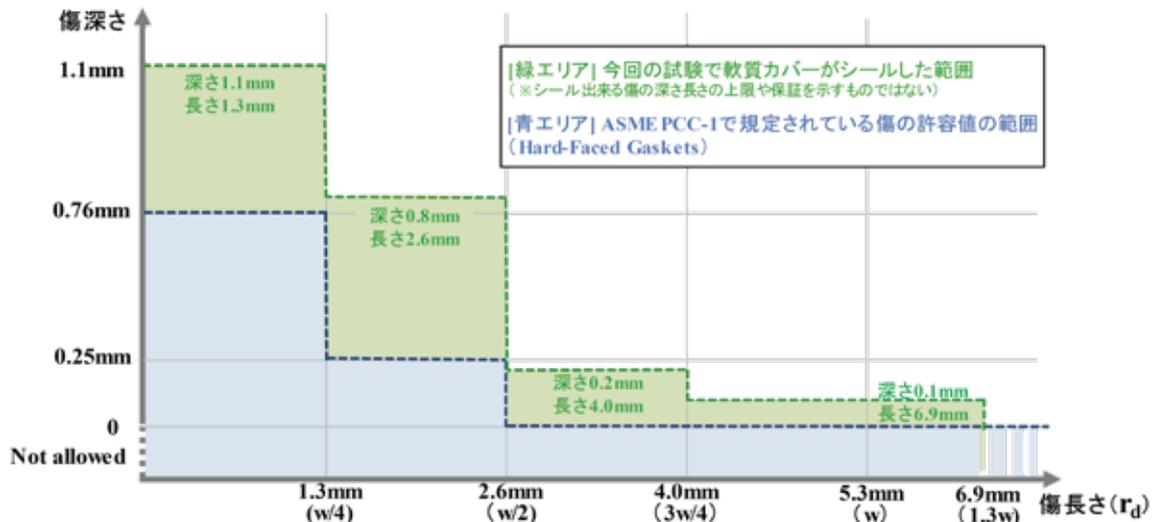


Figure4 ASME PCC-1に記載の傷許容値に対する軟質カバーのシール試験結果

た窒素ガスをフランジの隙間に設置したゴム角リングで捕集し、石鹼膜流量計を用い漏れ量を測定した。シール判定基準は石鹼水発泡法で検出可能な漏れ量の $3 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ とし、その漏れ量に到達する荷重を比較した。試験概要図をFigure2、試験条件をTable2、結果をFigure3に示す。

試験の結果、比較対象として試験したRTJ単体(カバー無し)は約400kNでシール判定基準に到達したのに対し、アルミニウムカバーや銅カバーを装着した場合は、いずれも約130~140kNと大幅に軽減した。このことは、RTJ単体に比べ、軟質カバーを装着することで低い締付け力でシールすることを示しており、必要締付け力が約3分の1に低減したと解釈出来る。フランジのアライメントを修正しにくい個所や、工具が入りにくい個所など、ガスケット締付け力を高めにくい個所でも良好なシール性が得られる可能性が示唆される。

### 3-2) ASME PCC-1のフランジ傷許容値に対する常温シール試験

軟質カバー装着時はRTJ単体に比べ、フランジの傷や凹凸に対し漏れの抑制が期待出来る。そこで、ASME PCC-1に記載のフランジ傷の許容値を参考に、リングジョイント座のシール面に傷を入れ、常温シール試験を実施した。傷の長さはASME-PCC-1に記載の区分( $r_d < w/4$ ,  $w/4 < r_d < w/2$ ,  $w/2 < r_d < 3w/4$ ,  $r_d > 3w/4$ )に準じた。傷深さは、傷長さ区分ごとの許容値より更に深い傷を入れ、過酷条件で試験した。上下1セットのフランジごとに一条件の傷を入れ、試験ごとに上下フランジとも交換した。傷は片面のリングジョイント座の外径側の一個所とし、内径側には試験流体が外径側まで通るようリークパスを設け、外径側の傷だけがシール性に影響するようにした。

試験は3-1項と同様に実施し、450kN負荷時に石鹼水発泡法で検出可能な漏れ量の $3 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ をシール判定基準とした。試験条件をTable3、結果をFigure4に示す。

試験の結果、軟質カバー装着時はASME-PCC-1に記載の傷許容値よりも過酷な条件でシール判定基準値を満たした。一方で比較対象のRTJ単体(軟質カバー無し)は、ASME-PCC-1の傷許容値でも漏れが確認された。この結果から軟質カバーを装着することで、ある程度の傷に対しては良好なシール性を得られることが示唆される。

Table3 ASME PCC-1の傷許容値に対する常温シール試験条件

リングジョイント	オクタゴナル_極軟鋼_R24
軟質カバー	アルミニウム及び銅
フランジ	1500Lb_2B_SFVC2A_閉止フランジ
試験荷重	最大450kN (1500Lb_2Bにおいて締結トルク250N・m相当)
試験流体	窒素ガス、10MPa
漏れ量測定方法	フランジ隙間に挟んだゴム角リングで漏れを捕集し石鹼膜流量計(JIS B 2490参考)で測定
シール判定基準	$3 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 未滿(石鹼水発泡法で検出可能な漏れ量)

### 3-3) 熱サイクルシール試験

RTJは高温個所や温度変動がある個所で使用されることも多いため、軟質カバーの最高使用温度を上限とする熱サイクル試験を実施し、使用適否を検証した。軟質カバーを装着したRTJを締結体に組み込み、所定の温度、及び保持時間からなる熱サイクルを付与した。所定サイクル終了後の常温条件下において、内圧10MPaを負荷した状態で締結体ごと水中に沈め、漏れ出た気泡をメスシリンダーに集める方法(水上置換法)により漏れ量を測定した。シール判定基準は3-1項及び3-2項同様に $3 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ とした。試験条件をTable4、結果をTable5に示す。

試験の結果、10サイクル後でも漏れは検出されず、RTJ

単体(軟質カバー無し)と同等の安定したシール性能を示した。従って、高温環境下や熱サイクル環境下で軟質カバーを装着しても、RTJ単体と同様に使用可能であることが確認された。

Table4 熱サイクルシール試験条件

リングジョイント	オクタゴナル_極軟鋼_R24
軟質カバー	アルミニウム及び銅
フランジ	1500Lb_2B_SFVC2A_閉止フランジ
ボルト	7/8-9UNC_SNB7(潤滑剤ネパースを塗布)
締結トルク	250N・m(3-1項、3-2項と同様の450kN相当)
試験流体	窒素ガス、10MPa
漏れ量測定方法	水上置換法
シール判定基準	$3 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 未滿 (石鹼水発泡法で検出可能な漏れ量)

Table5 熱サイクルシール試験結果

温度条件	カバー装着有無	0 cycle (試験前)	1 cycle 後	2 cycle 後	4 cycle 後	10cycle 後
350°C⇄常温 熱サイクル	アルミニウム カバー	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
	RTJ単体 (カバー無し)	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
500°C⇄常温 熱サイクル	銅カバー	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
	RTJ単体 (カバー無し)	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal

## 4. おわりに

今回紹介したRTJ用の軟質カバーは、RTJ単体に比べ、シール性の向上、ASME PCC-1準拠の傷許容値に対する優れた追従性、及び熱サイクル下での安定した密封性能を示した。これらの結果から、締付け荷重の低減、リングジョイント座の延命、フランジ補修の工期短縮などに有効と考える。RTJの補助品として活用いただければ幸いである。



**中出 賢志郎**  
H&S事業本部  
商品企画開発部  
ガasketチーム



**滝照 和正**  
H&S事業本部  
商品企画開発部  
ガasketチーム

# 耐熱パーフロエラストマー FLUORITZ<sup>®</sup>-FL

## 1. はじめに

近年の半導体デバイスの高集積化・微細化に伴い、半導体製造プロセスはより厳しい条件下での運用が求められている。CVD (Chemical Vapor Deposition) やエッチング工程などにおいては、プロセス温度の高温化が進んでおり、より高温環境での安定した装置運転が必要不可欠となっている。また、拡散炉プロセスでは300℃を超えるような環境もあり、これら半導体製造装置用シール材については、こうした製造プロセスに対応可能な優れた耐熱性が必要となってきた。

このような背景より、高まる耐熱用途の市場要求に応えるため、当社独自の配合設計技術を用いて開発検討を行い、半導体製造装置用耐熱タイプのパーフロエラストマーシール材FLUORITZ-FLを開発した。FLUORITZ-FLは半導体製造装置における高温部位に使用出来るシール材として純粋性、低固着性、耐ラジカル性を有したシール材であるため、それぞれの特性を本報にて紹介する。



Figure1 FLUORITZ-FL

## 2. FLUORITZ<sup>®</sup>-FLの特長

FLUORITZ-FLは、当社独自の配合技術を生かして開発した耐熱タイプのパーフロエラストマーである。以下に、FLUORITZ-FLの各種特性を紹介する。

### 2-1) 圧縮永久ひずみ率

半導体製造装置では、高温プロセス環境下で長時間使用される部品が多く、それらの装着箇所で使用されるシール材には優れた耐熱性が求められる。

シール材の耐熱性を評価する代表的な指標の一つに、圧縮永久ひずみ率がある。一般的に、圧縮永久ひずみ率が80%を超えるとシール材として機能なくなり、寿命に達すると考えられている。

Figure3に320℃での圧縮永久ひずみ率の長期試験結果を示す。FLUORITZ-FLは168時間以降で他社品に対して優位な特性を示した。また、他社品は長期試験中に溶解が生じて以降の測定が不可能となったことに対して、FLUORITZ-FLは溶解せず、672時間まで継続評価が可能であった。Figure4に示す300℃での試験では、336時間まではFLUORITZ-FLと他社品との間に顕著な差は見られなかったが、672時間、及び1008時間の長期試験においては、FLUORITZ-FLの優位性が確認された。これらの結果より、FLUORITZ-FLは高温環境下においても長期間にわたり高いシール性を維持出来る材料であると考えられる。

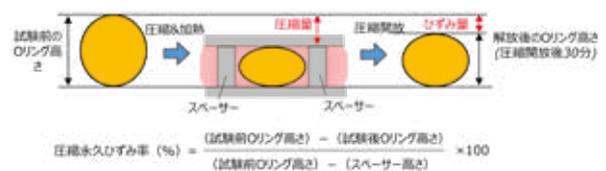


Figure2 圧縮永久ひずみ率の測定方法概要

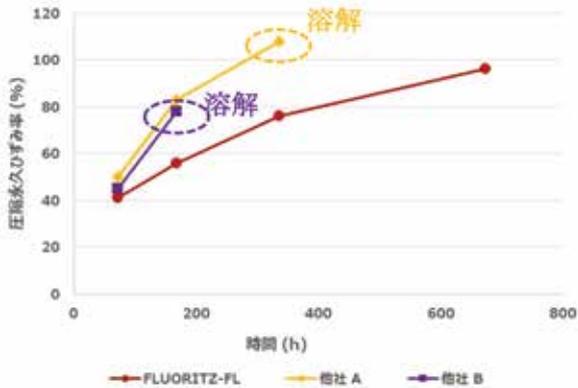


Figure3 320°Cにおける圧縮永久ひずみ率の結果

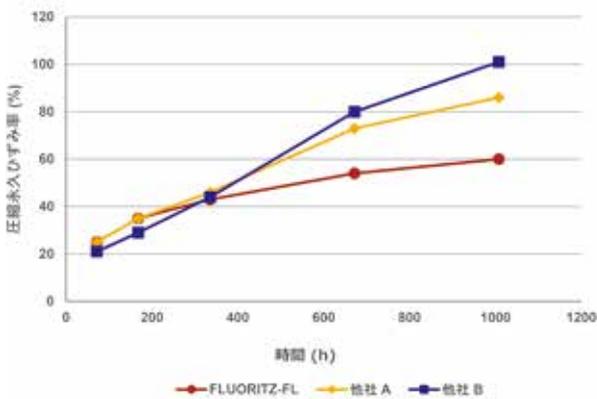


Figure4 300°Cにおける圧縮永久ひずみ率の結果

【試験条件】

温度：320°C、300°C

圧縮率：25%

試料形状：φ3.53×40mm

2-2) 高温曝露試験

320°Cに設定された電気炉内でSUSプレート上に試料を置き、高温曝露後の表面状態をマイクロスコープにて観察した。

その結果、Table1で示した通り、他社品はどちらも336時間で表面溶解が見られたが、FLUORITZ-FLは表面状態の形態変化は見られなかった。このことから、高温領域において他社品よりも優位性があると考えられる。

Table1 320°C高温曝露後の表面状態

経過時間	FLUORITZ-FL	他社 A	他社 B
0h			
336h			

【試験条件】

温度：320°C

時間：336h

2-3) 純粋性

シール材に含有される金属量は、半導体デバイスの歩留まりに直結する金属汚染の原因となるため、出来得る限り含有金属量を低減された状態が好ましいと言える。耐熱タイプのシール材の場合、フィラーにカーボンブラックを配合したシール材が一般的である。一方で、カーボンブラックは含有金属量が多く、その影響により製品の含有金属量も増加する傾向がある。FLUORITZ-FLは当社における配合技術の最適化により、含有金属量を大幅に低減し、問題であった純粋性の向上が可能となった。Figure5で示す通り、含有金属量は極めて低い水準に低減されている。

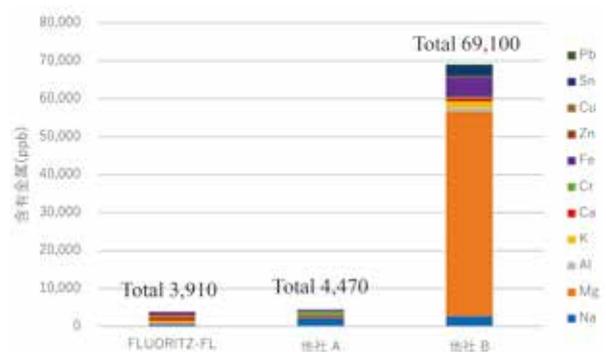


Figure5 FLUORITZ-FLの含有金属量分析結果

【試験条件】

前処理：硝酸灰化法

測定機器：ICP-MS

測定元素：62元素(検出限界以下の元素は非表示)

2-4) 低固着性

高温環境下でシール材を使用した後、冷却後にフランジなどの相手面と固着する現象がシール材では課題となっているが、パーフロロエラストマーにおいてもしばしば見られる。この固着現象は、部品交換時の作業性や装置への動作に影響を及ぼす要因となるため、低固着化が半導体製造装置用シール材として望ましい特性とされている。

FLUORITZ-FLはFigure7に示す通り、他社品と比較しても低い固着力を示しており、フランジへの固着、あるいはシール溝からの脱落を低減出来ると考えられる。

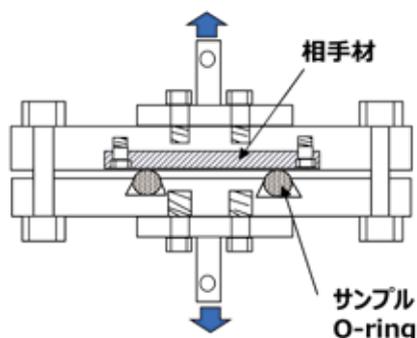


Figure6 固着力測定方法概要

## 【試験条件】

加熱温度：200℃  
 加熱時間：72h  
 試料形状：AS568-214 O-ring  
 引張速度：300mm/min  
 相手材：アルミニウム

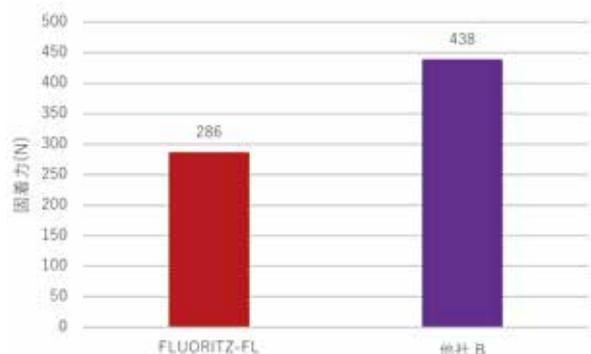


Figure7 FLUORITZ-FLの固着力測定結果

## 2-5) 耐ラジカル性

プラズマエッチングやアッシングなどのプロセスでは、反応性の高いフッ素ラジカルや酸素ラジカルが発生し、シール材表面を化学的に劣化させることがある。このラジカルによる分解や侵食は、シール材の表面荒れやパーティクル発生を引き起こし、リークの発生や装置の故障、使用停止につながる要因となる。そのため、耐ラジカル性は、半導体製造装置用シール材として極めて重要な特性とされている。

FLUORITZ-FLは耐ラジカル性に優れたシール材であるため、シール材の劣化を抑制し、長寿命化を実現すると考えられる。

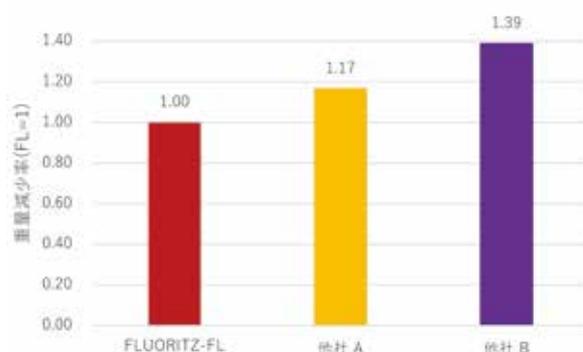


Figure8 FLUORITZ-FLの耐ラジカル性評価結果

## 【試験条件】

出力：MW2000W  
 温度：200℃  
 ガス種：CF<sub>4</sub>：O<sub>2</sub>=20：180  
 試料形状：φ3.53×22mm  
 注) FLUORITZ-FLを1.00とした時の重量減少率

## 2-6) 機械的特性

Table2にFLUORITZ-FLの機械的特性を示す。FLUORITZ-FLは優れた機械的特性を有している。

Table2 FLUORITZ-FLの機械的特性

	FLUORITZ-FL
外観	黒色
硬さ(Shore A)	77
引張強さ(MPa)	18.5
伸び(%)	150
100%モジュラス(MPa)	10.0

注)上記データは測定値の一例であり、規格値ではない。

## 3. FLUORITZ®-FLの用途

FLUORITZ-FLは従来のパーフロエラストマーと比較して、優れた耐熱性を有することから、耐熱性が必要とされる様々な高温環境に適応可能である。また、FLUORITZ-FLはこれらの半導体製造装置分野の高温環境のみならず、一般産業分野の高温環境にも展開可能であると考えられる。

以下にFLUORITZ-FLの用途例を示す。

- ・拡散炉プロセス(Diffusion)
- ・LP CVD
- ・Lamp Anneal
- ・エッチング装置
- ・排気系

## 4. おわりに

FLUORITZ-FLは半導体製造装置の高温化において、その厳しい使用環境に耐え得るシール材として市場の期待に応えられる製品と考える。

なお、本文中のデータは、当社における一定環境での評価データの一例であり、すべての使用環境に適合するわけではない。そのため、実際の使用に際して、使用環境での評価を実施し、特に高温環境においては、十分に適性を確認した上で使用していただきたい。

今後の展開として、更なるプロセス温度の上昇に対応す

べく、耐熱温度320℃以上の達成を目指した材料開発を推進したいと考えている。また、300℃の高温環境下でのシール材の固着発生についても市場では問題となっていることから、高温環境下での低固着性の向上にも注力し、市場のニーズに時宜を得て応えていきたい。

## 5. 参考文献

- 1) 岡崎雅則：バルカー技術誌、No.23, 10-12 (2012)
- 2) 野口仁志、村上辰也：バルカー技術誌、No.49, 25-28 (2025)

※ FLUORITZは株式会社バルカーの商標または登録商標です。



**望月 友充**

高機能シール本部  
高機能シール開発部  
材料開発チーム

# テクノロジーニュース 直近のバックナンバー

## No.49 Summer 2025

- **ご挨拶** 技術総合研究所長 能勢 正章
- **カスタマー・ソリューション**  
Quick Value<sup>®</sup>の新機能と活用事例 デジタル戦略本部 笠本 竜司  
高機能樹脂・製品本部 調達グループ 佐藤 俊輔
- **技術論文《共著》** FFKMリサイクル技術開発 高機能シール本部 高機能シール開発部 材料開発チーム 野口 仁志  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 機能化学研究部門 化学材料評価研究グループ 山根 祥吾  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 機能化学研究部門 化学材料評価研究グループ 鈴木 康正  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 機能化学研究部門 有機材料診断グループ グループ長 青柳 将  
(現所属)国立研究開発法人 新エネルギー産業技術開発機構(NEDO) バイオ・材料部 統括研究員 部素材・プロセスユニット ユニット長  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 機能化学研究部門 研究部門長 水門 潤治
- **製品の紹介** フランジ面診断サービス“フランジカルテ™”の紹介 H&S事業本部 商品企画開発部 ガasketチーム 山本 隆啓  
新冷媒に対する各種ゴム材料の耐性について H&S事業本部 商品企画開発部 エラストマーチーム 鈴木 憲
- 水電解水素発生装置向けH3285の紹介 H&S事業本部 商品企画開発部 エラストマーチーム 圖師 浩文
- 耐ラジカル向上材料FLUORITZ<sup>®</sup>-TX 高機能シール本部 高機能シール開発部 材料開発チーム 野口 仁志  
高機能シール本部 高機能シール開発部 材料開発チーム 村上 辰也

## No.48 Winter 2025

- **ご挨拶** 代表取締役役会長 CEO 瀧澤 利一
- **バルカーテクノロジーニュース 冬号発刊にあたって** 技術総合研究所長 能勢 正章
- **カスタマー・ソリューション**  
進化し続けるMONiPLAT<sup>®</sup> H&S事業本部 デジタルソリューション部 藤田 勇哉  
H&S事業本部 デジタルソリューション部 吉岡 英俊
- **カスタマー・ソリューション《共著》**  
SPM日常保全システムの開発・導入による業務効率化と工事品質向上について ENEOS株式会社 堺製油所 設備保全Gr 設備保全1Tm チームリーダー 浅野 禎介  
H&S事業本部 デジタルソリューション部 山邊 雅之
- **技術論文《共著》** PTFEの状態分析 技術総合研究所 吉山 友章  
技術総合研究所 中里 聡  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 材料・化学領域 研究グループ長 今井 祐介  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 材料・化学領域 主任研究員 佐藤 公泰  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 材料・化学領域 主任研究員 富永 雄一
- 燃料プールの水漏れ緊急対応措置 H&S事業本部 商品開発部 エラストマー開発チーム 鈴木 憲  
H&S事業本部 商品開発部 エラストマー開発チーム 南 暢  
中部電力株式会社 今井 富康  
中部電力株式会社 八賀 敦規  
中部電力株式会社 三須 一輝
- **製品の紹介** 半導体 wet 市場向け FFKM材 TOUGHUORO<sup>®</sup>-WP75の紹介 H&S事業本部 商品開発部 エラストマー開発チーム 圖師 浩文
- 耐酸性ふっ素系エラストマーシール製品“TOUGHUORO<sup>®</sup>-AC85”の紹介 H&S事業本部 商品開発部 エラストマー開発チーム 西原 亮平

No.47 Summer 2024

- **ご挨拶** 技術総合研究所長 能勢 正章
- **カスタマー・ソリューション《寄稿》**  
モノづくりの現場で「使えるAI」を作るコツ 株式会社 Ridge-i コンサルティング部 横山 慶一
- **カスタマー・ソリューション**  
PTFE加工品の設計注意点と調達プラットフォーム「Quick Value<sup>®</sup>」新機能・製品ラインアップ紹介  
高機能樹脂・製品本部 調達グループ 佐藤 俊輔  
デジタル戦略本部 笠本 竜司
- **技術論文《共著》** AI技術を搭載した振動による設備異常予兆検知システム「VHERME<sup>®</sup>(ベルム) -AI」の開発  
株式会社 Ridge-i コンサルティング部 横山 慶一  
技術総合研究所 米田 哲也  
技術総合研究所 佐藤 央隆
- **製品の紹介** ライニング向け高圧縮シートガスケットNo.7027  
H&S事業本部 商品開発部 ガスケット開発チーム 高橋 聡美  
H&S事業本部 商品開発部 ガスケット開発チーム 黒河 真也  
改正食品衛生法対応グランドパッキンNo.7232 No.7233 No.7202WF No.8101U  
H&S事業本部 商品開発部 ガスケット開発チーム 滝照 和正
- **事業の紹介** 国内新生産拠点の始動 ふっ素樹脂ライニングタンク  
高機能樹脂・製品本部 ライニンググループ 商品開発チーム 田辺 達郎

# 巡回点検工数ゼロへ ZeroVisit™



各種IoTセンサと連携できる状態遠隔監視サービス「ゼロビジット」

あらゆるプロセスをセンサで状態監視  
状態異常の予兆はメール通知  
センサ情報は自動で点検報告書連携

ソリューション詳細は  
公式サイトで

<https://moniplat.valqua.co.jp/>



## 株式会社バルカー

■本社(代) ☎(03)5434-7370 Fax.(03)5436-0560  
■M・R・T センター ☎(042)798-6770 Fax.(042)798-1040  
■奈良事業所 ☎(0747)26-3330 Fax.(0747)26-3340

■H&S事業本部  
●本社(北海道・東北・関東) ☎(03)5434-7375 Fax.(03)5436-0565  
●名古屋営業所(東海) ☎(052)811-6451 Fax.(052)811-6474  
●大阪営業所(近畿・北陸・四国) ☎(06)6265-5031 Fax.(06)6265-5040  
●北九州営業所(中国・九州) ☎(093)521-4181 Fax.(093)531-4755

■高機能シール本部  
●営業部(東京) ☎(03)5434-7382 Fax.(03)5436-0562  
●営業部(大阪) ☎(06)6265-5036 Fax.(06)6265-5042

■高機能樹脂・製品本部  
●営業部(東京) ☎(03)5434-7385 Fax.(03)5436-0562  
●営業部(大阪) ☎(06)6265-5036 Fax.(06)6265-5042  
●彦根営業所 ☎(0749)26-3191 Fax.(0749)26-7503  
●熊本営業所 ☎(096)364-3511 Fax.(096)364-3570

■株式会社バルカーテクノ  
☎(03)5434-7520 Fax.(03)5435-0264

VALQUA TECHNOLOGY NEWS

## 冬号 No.50 Winter 2026

発行日・・・2026年1月31日  
編集発行・・・株式会社バルカー  
〒141-6024 東京都品川区大崎2-1-1  
ThinkPark Tower 24F  
TEL.03-5434-7370 FAX.03-5436-0560

制作・・・株式会社 千修

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

※VALQUAの登録商標はVALUEとQUALITYを意味します。 ※本誌の内容は当社のホームページにも掲載しております。  
※許可なく転載・複製することを禁じます。