

- ご挨拶……………1
取締役CTO 青木 睦郎
- カスタマー・ソリューション《共著》
ハンドナットランナーを用いた施工品質向上への
取り組み(プラグタイプ空冷式熱交換器)……………2
- カスタマー・ソリューション
シール・クイックサーチャー(SQS)の紹介と
活用方法(グランドパッキン編)……………6

- 技術論文
ふっ素樹脂系ガスケット付きボルト締結体の
ゆるみ挙動評価……………9
- 技術論文《寄稿》
PTFEのイオンビーム処理技術……………13
- 製品の紹介
高圧水素ガス用シール材料……………16

- 製品の紹介
Valqua Predictive Maintenance System
VALVESTA™ - HE210の紹介……………21
- テクノロジーニュース 直近のバックナンバー……………25



ご挨拶



皆さまには日頃からValqua Technology Newsをご愛読いただき、心より御礼を申し上げます。

年初来COVID-19の影響が社会の動きに深く影を落とす中、多くの企業が困難な事業環境に晒されながら収益を確保するため、様々な工夫をしていくことが求められております。一方で、ソーシャルディスタンスやリモートワークなどの新たな社会ニーズに対応するため、多様な新製品やサービスが市場へ導入され、こうした活動が今まで以上に活発に進められるようになっております。特に、IoTやAI搭載のロボットなどの省人化に寄与することが期待される技術開発、そしてそれらを要素技術として支えるセンサー向けの材料やデバイス自体の開発、更にはデータマネジメントシステムなど、多くの企業や研究機関が今までに経験をしたことがなかったスピード感を持って、技術開発を行っている状況が見られます。

このような事業環境の中、当社は大きく変遷しつつある市場のダイナミクスに対する確に向かいあっていくため、進行中の中期経営計画であったNV・S8の終了時期を繰り上げ、本年度より新たな中期経営計画であるNF2022をスタートさせております。この新中期経営計画においては、オープンイノベーションを活用したR&Dに対する注力が大きな戦略の柱として据えられており、全社の技術開発部門はこの方針に従って、顧客の皆さまにH&Sの視点から更に付加価値の高い技術ソリューションをお届けするため、チャレンジングな技術課題に挑戦してまいる覚悟です。そして、当社はこのような技術開発に対する継続した注力を通して、NF2022に掲げた成長目標に留まることなく、2027年に迎える当社の創業100周年に向かって、飛躍的な成長が実現されることを目指してまいります。

このような背景の下、今号のテクノロジーニュースでは顧客の皆さまに執筆をご協力いただきました技術紹介、先端的な性能を持った高圧水素用途向けのシール材、更にはいくつかのH&S関連の商品や技術についての記事を掲載しております。中でも最近、プレディクティブメンテナンスのツールとして市場へ展開を開始いたしましたVALVESTA™は、様々な生産現場において今後広く活用されていく可能性を秘めた商品としてご紹介しております。このような機能性に焦点を当てたデバイス型の製品は、従来からの当社の商品ポートフォリオには無かった当社が目指す新たな技術成果の一例として、ご注目をいただきたいと思います。

今後とも、当社製品・サービスともども、このバルカーテクノロジーニュースを引き続きご愛顧いただきますようお願い申し上げます。

取締役CTO 青木 睦郎

ハンドナットランナーを用いた 施工品質向上への取り組み (プラグタイプ空冷式熱交換器)

1. はじめに

石油精製設備の機器や配管には、数えきれない多種多様なフランジで接続されており、フランジ部から漏えいさせないことを使命としている私たちは、日頃からフランジ部における締結管理の強化に取り組んでいる。

運転停止や開始時、運転中に漏えいがあった機器及び、経年で漏えいリスクが高まっている機器については、運転圧力及び運転温度を再確認し、高温高圧並びに水素サービスと新たに熱油サービスを加え、条件に当てはまる場合は、定量的に管理が出来るトルク管理や軸力管理へと変更見直しを行っている。また、経年劣化が懸念される機器については、次回開放時にフランジのフェーサー加工を実施することで、延命対策を図り、最終的には機器更新が必要なのか、事象に応じた対策を講じている。このように、フランジ部における締結管理は、過去の保全実績から成熟してきており、明確な指針が確立されつつある。従って、安全維持向上と最適な保全管理を適正に実施し続けられれば、設備信頼性は維持出来ると考えている。

さて、フランジ部以外に懸念していたのは、空冷式熱交換器(以下、AFC)の内、高圧箇所用いられるプラグタイプAFC(以下、プラグタイプ)の締結管理であり、上述したフランジ部の締結管理のように明確な指針がない。

当製油所には、約340基のAFCがあり、設計圧力が3.0MPaを超えるものは、プラグタイプを採用している。プラグタイプは、約50基程度あり、その殆どが高圧ガスサービスである。このプラグタイプAFCの設備維持管理の観点では、法規及び使用条件、流体によるチューブの腐食と余寿命などに注目されがちである。

一方で、運転管理や鉄工工事の目線では、経年劣化があることに加え、プラグボルト(以下、ボルト)で金属平型ガスケットをシールする構造上、漏れが発生しやすく、SDM期間においては、高圧ガステストでの漏えいによる手戻りや、連続運転で開放しなかった機器もあるため、運転開始時に発生

する漏れを注視している。このため、検査周期に基づき機器の開放検査と同時に、プラグボルトの締結管理については、機器ごとにトルク値を定め、トルクレンチを用いて手作業で締付けを行っている。

しかしながら、プラグタイプは、一基当たり600本を超えるボルトがあり、複数台の機器を開放整備する必要があるため、その数も膨大で相当の工数が必要である。また、開放時には、ボルトは経年による固着が生じており、ねじ部を損傷させないよう慎重な作業も求められる。更に、締付けにおいても、高圧流体を金属平型ガスケットでシールする構造上、信頼性の高い締付けが求められる。

このため、監督者の丁寧な立会いと管理、豊富な経験と熟練した作業員が必要不可欠となるが、SDM期間中の監督者は、多岐に渡る工事を担当し多忙を極めるため、このAFCを専属で管理することが難しく、管理を協力会社の棒心や作業員任せになっていることも現実である。しかしながら、昨今、人手不足の影響もあり熟練作業員を集めるのは困難な状況である。このように、監督者については、管理をすべて行うことは困難な状況であること。棒心や作業員には、一定以上の力量が求められる上、担い手が減少していること。更には、数千本にも上る締結管理を実施しないとならない状況では、結果的に締結管理が疎かになり、漏えいリスクを高める要因となっている。

このような状況の中、何とかしたいと思い続けていたところ、2019年2月当製油所に株式会社バルカー(以下、バルカー)による製品展示会が開催され、足を運んでみた。すると様々なシール材やライニングバルブ、測定器具など展示されており、あれこれ見て回っていると、見かけないものに目がとまった。

一つは、フランジ面間と段差を同時測定出来る測定器であり、フランジ面間など隙間計測の精度がよく、高機能であり、とても良い製品だと感じた。もう一つ見慣れないものが、ハンドナットランナーであった。

これは、「シールボルトテイングコントロールシステム」というバ

ルカーと自動車組立工場で多くの採用実績があるエステック社で共同開発したフランジ締付け専用の電動工具であると説明を受けた。この時、「この技術をプラグタイプのボルト締結管理に応用出来ないか?」と私が懸念していた背景や課題を相談した。その場で、次回3ヵ月後のSDM時にトライアル検証を行うことで合意し、すぐに現場見学をした。

2.従来のメンテナンス内容とその課題

実際の現場を見学し、従来のメンテナンス方法とその課題についてTable1に示す。締付けの様子をFigure1に示す。

機器カバーにボルトが算盤玉上に配列され、その膨大な作業量や、人の手を頼りにする工程が多く、ヒューマンエラーが起きやすい状況であった。中でも、締付けの際は、プリセット式トルクレンチを用いて、一本一本丁寧に締付けがなされていたが、作業員によっては、勢いよく締付けを行っており、オーバートルクになっている可能性もあった。

Table1 メンテナンス内容と課題

工程	内容	課題
1.ボルト取り外し	経年によるネジ部の固着があるため、打撃メガネレンチを用いて慎重に固着を解放。その後、手作業で取り外す。	<ul style="list-style-type: none"> ・多大な工数がかかる ・打撃メガネにより赤チン事故 ・ボルトの落下
2.ネジ部の整備	機器及びボルトのネジ部の外観検査を行い、問題がない場合は、清掃後潤滑材を塗布し保管する。	<ul style="list-style-type: none"> ・整備不良
3.ガスケット装着とボルトの仮締付け	ガスケットを機器側に取り付け、ボルトの仮締付けを行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスケットの装着忘れや2枚装着
4.締付け	プリセット式トルクレンチを用いて、所定トルクで締付けを行う(Figure 1)。	<ul style="list-style-type: none"> ・多大な工数がかかる上、体力も必要。 ・使い方によってはオーバートルクになる危険性あり。



Figure1 従来の締付けの様子

3.ハンドナットランナーのトライアル内容

トライアルに用いたハンドナットランナーをFigure2に示す。ハンドナットランナーは、それぞれのツールユニットをコントローラユニットに有線でつなげ、事前に設定した締付けプログラムによって締付け制御が可能である。また、締付け結果は、コントローラユニットにあるUSBよりCSVで出力し、締付け結果の電子記録も可能である。なお、動力には200Vの電源が必要である。



ツールユニット 高速タイプ



ツールユニット 高トルクタイプ



コントロールユニット

Figure2 ハンドナットランナー

Table2 ハンドナットランナーの仕様

	高速タイプ	高トルクタイプ
全長	466mm	649mm
重要	2.5kg	11.0kg
最大締付け速度	480rpm	55rpm
最大締付けトルク	80N・m	1300N・m
主な機能	プログラム制御 (角度・トルク制御) 電子記録化など	

このハンドナットランナーを用いて、従来の作業に代わり、締付け精度の向上と種々の課題解決に向け、トライアルを実施した。

まず、工程1ボルト取り外しにおける、固着解放作業について、ツールユニット高トルクタイプ(以下、高トルクタイプ)を用いて実施した。作業の様子をFigure3に示す。



Figure3 ハンドナットランナーでの作業の様子

固着解放については、無理矢理ボルトを緩めると、ネジ部の損傷が起り、最悪の場合では機器側のネジ部を拡張、再タップ加工が必要で工期遅延となる可能性がある。このため、従来、熟練作業員が行っている打撃メガネによる固着解放作業を観察したところ、一定角度のみ緩めていることが分かった。このため、高トルクタイプを用いて、各ボルトの固着解放に必要な回転角度を監視した。結果一例をFigure4に示す。

その結果、解放時の緩め回転角度は、最大でも20°緩めることで、問題なく固着解放を行うことが出来ることが分かった。

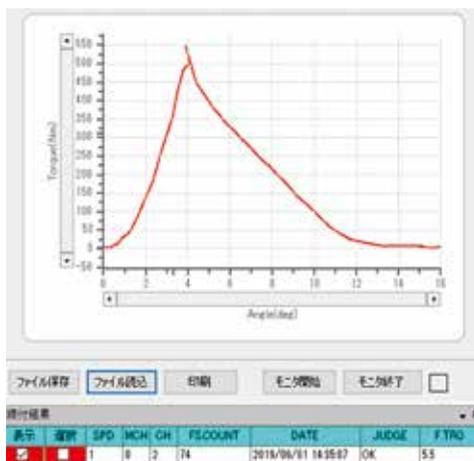


Figure4 回転角度監視モニター

次に、すべてのボルトの固着解放を実施した後、ツールユニット高速タイプ(以下、高速タイプ)を用いて、取り外しを行った。従来、この作業は、手作業で緩めながら、ボルトの「引っ掛かり」がないか検査を行いながら実施していた。このため、正常なもの「引っ掛かり」があるものに対して、緩め時

のトルク値を比較した。結果一例をFigure5, 6に示す。

正常なものは、Figure5に示すように、1Nm程度のフリクショントルクが連続し取り外されている。一方、「引っ掛かり」があるものは、Figure6に示すようにフリクショントルクが高く、かつ不安定であり、次第に大きなトルク値となることが分かった。このため、この「引っ掛かり」を検知する場合、10N・mを上限とし、自動停止制御を行うことで実現可能なことが分かった。また、AFCは高所に設置されており、ボルトを取り外す際、誤って落下させる危険性があることも分かった。このため、使用するボルトのねじ山数に合わせて、取り外す直前で停止する機能を付与させることで防止させることが出来た。特にこれには、現場作業員から感動の声が上がったことが印象的である。

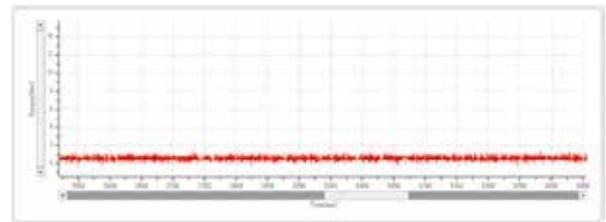


Figure5 正常なトルク値

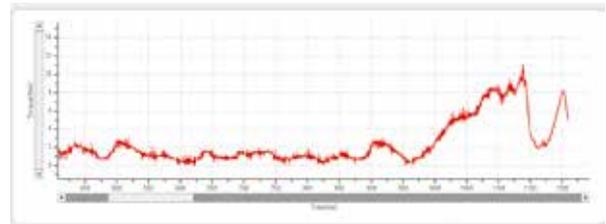


Figure6 異常なトルク値

ボルトが取り外され、機器やボルトのネジ部が検査された後、ボルトに潤滑剤を塗布し、仮締付けを行う。この工程では、高速タイプを用いて、取り外し時と逆の方法で、機器にボルトが着座させるまで仮締付けを実施した。仮締付け時に「引っ掛かり」があるものについては、自動停止するようにプログラム制御を行い、再整備の対象とした。

すべてのボルトの仮締付けがなされた後、高トルクタイプを用いて、本締付けを実施した。その結果をFigure6に示す。目標トルク392.2N・mに対して、±1%以内で高精度な締付けが実施出来た。この締付け結果については、CSV出力によって電子化が可能であり、締め忘れについては、この記録を確認することで防止が図れる。

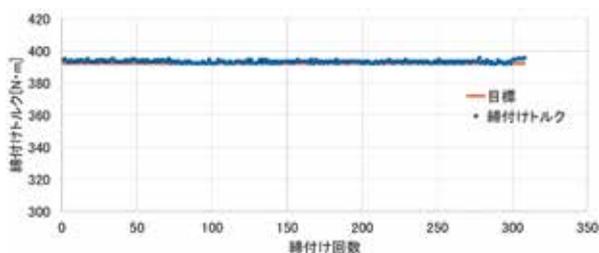


Figure7 締付け結果

ここで、すべての工程の工数低減効果について、比較した結果をFigure8に示す。これは、一本当たりに必要な作業時間を各行程で比較しており、結果、すべての工程において、工数削減が出来、全体では40%の削減が図れた。また、従来作業では、作業員の膂力・体力による違いにより、作業時間や休憩の回数などによって作業完了までの時間がばらつく可能性があるが、ハンドナットランナーでは、事前に締付け内容がプログラムされており、操作ボタンを押すだけのため、作業員によるばらつきは低い。

今回ハンドナットランナーでのトライアルにおいて、実際ハンドナットランナーで作業を行っていただいた作業員の方々にお聞きすると、「今までの苦勞が嘘みたい」「特に、本締付けは大変な作業で翌日は肩が上がらないので助かる」とお声をいただいたことから十分に現場でお使いいただけることと考える。



Figure8 作業工数の比較結果

4. おわりに

今回のトライアルでは、工数削減に加え、なにより、従来熟練作業員が感覚で実施していた、ネジ部の異常検知を数値化し自動化させることが出来たこと。目標トルクに対して、高い締付け精度を実現出来たことより、設備維持に関する信頼性の向上と工事品質の向上が図れた。更には、ご協力をいただいた作業員の方々からもお喜びの声をいただいたことも大きい。

今後、当製油所では、すべてのプラグタイプ AFC において、ハンドナットランナーを採用する計画であり、今後、異なる機器に応じて検証を進めていく。今回のトライアルでは、検証が困難であった、異物の噛み混みやガスケットの装着忘れや2枚装着など、現場でよく起こるトラブルについて、バルカーと共同でラボ評価と合わせて計画をしている。こうした現場とラボ検証を同時に進めることで、より効率的に効果的な評価を実現出来ると考える。また、得られた結果は、プラグ対応 AFC を採用しているユーザーに広く周知していきたい。

最後になったが、今回のトライアルは、展示会時に相談しトライアルを開始まで、実に3ヶ月間と短い期間であったが期待以上の成果となった。これは、本取り組みに関わったすべての方々の熱い情熱とチーム力がなければ達成出来なかったと思う。ハンドナットランナーメーカーである株式会社エステックの飯田氏を始め技術担当の土田氏。また、携わっていただいたすべての関係者の方々に深く感謝を述べたい。



長谷川 誠
昭和四日市石油株式会社
四日市製油所
製造一部 製造一課



山邊 雅之
H&S営業本部
本部長付

シール・クイックサーチャー (SQS) の紹介と活用方法 (グランドパッキング編)

1. はじめに

『Seal Quick Searcher[®]』(シール・クイックサーチャー)は、工業用シール製品の選定から課題解決に役立つ製品情報の提供を目的としたWEBツールである。当社ホームページにて公開以降、お客様より非常に好評をいただいております。現在は日本語に加えて、英語・中国語にも対応しています。当社ではH&S企業としてサービスの強化に努めており、様々な形での製品情報の提供は、その取り組みの一環である。

本報では、シール・クイックサーチャー (以下、SQS) の特徴から、製品選定が難しいと捉えられがちなグランドパッキングにおける適切な製品の探し方を紹介する。



Figure1 SQSロゴマーク

2. SQS (Seal Quick Searcher[®]) の特徴

SQSではお客様が必要とする技術情報に対して、専門的な知識がなくても容易にアプローチ出来るように設計している。当社で取り扱う各種製品では必要とされる技術情報やその検索方法は異なってくるが、それぞれの特徴を下記にて説明する。

2-1) 製品選定へのアプローチ

シール製品において漏えいなどのトラブルを防止するには、正しい製品を使用することが重要であり、それぞれの使用条件や要求仕様から選定することが基本となる。SQSにおいては選定に必要な情報(流体・圧力・温度.etc)が入力項目として設けられており、その値を入力することによって簡単に推奨製品が表示される。

また、産業分野からよく使用される代表的な製品を検索したり、他社製品の品番から相当品を検索することも可能となっており、多様な方法で推奨製品の検索が可能となっている。

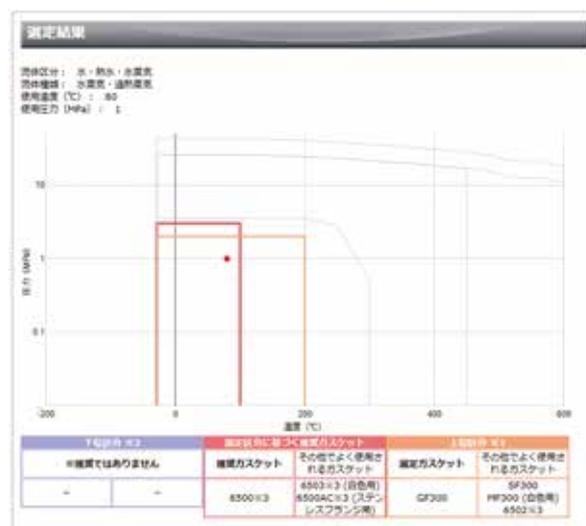


Figure2 製品選定結果例(ガスケット)

2-2) 製品情報へのアプローチ

従来のカタログと同様に、それぞれの製品名称や製品番号から製品情報にアプローチすることが出来る。SQSにおいては、製品特長や使用可能範囲などの情報のみではなく、同じページ内に各種物性情報や設計関連情報を折りたたんで掲載しており、必要とする技術情報をすぐに確認出来るようになってきている。



Figure3 製品紹介例 (No.GF300)

2-3) 関連情報へのアプローチ

シール製品においては正しい製品を使うとともに、正しく使うことも重要となる。ガスケット製品においては締付け力が不足すると漏えいに直結する。そのためにSQSではサポートツールとして、フランジ寸法から締付けトルクを計算する機能を設けている。また、エラストマー製品においては、機器の動作不良防止に役立つ、摺動抵抗の予測ツールを設けている。

これらだけにとどまらず、よくある質問をFAQの形式で掲載しており、これまでノウハウが多く記載されているバルカーハンドブックも掲載しているため、是非とも各現場での活用をお願いしたい。

3. 適切なグラントパッキンの検索方法

SQS活用の具体例として、適切なグラントパッキンの検索の方法を、具体例にて説明する。

3-1) 使用用途の選択

グラントパッキンの代表的な用途としては、「バルブシステム用」「回転ポンプ軸用」に大別され、それぞれの使用条件が大きく異なるために選定指針も異なる。まずはその用途を選択する。



Figure4 グラントパッキン用途選択画面

3-2) 使用条件の入力

グラントパッキンを選定する際に必要な最低限の情報は、①機器詳細 ②流体 ③温度 ④圧力の4つとなり、高速で軸が回転するポンプ用途については、⑤周速の情報が追加で必要となる。これらの情報を入力して、「検索」をクリックすることによって、推奨製品が出力される。



Figure5 使用条件入力画面(バルブ用)

3-3) 検索結果の読み方・注意事項

「バルブシステム用」における検索結果例をFigure6に示す。図にあるように、使用条件から推奨される製品とその組み合わせが表示される。この例では2種の製品が表示されているが、どちらの製品も使用可能であり、その他の要件(コスト・色調・取り扱い性.etc)によって選択可能である。それぞれの表示されている品番をクリックすることによって、製品紹介のページに移動するので参考にしていきたい。また、圧力条件によって推奨されるリング数は決定されるが、表示されているリング数や組み合わせについては、入力条件を反映した結果になっている。

SQSでは「バルブシステム用」「回転ポンプ軸用」の製品検索が可能であるが、プランジャーポンプなどの「往復動機器用」やそれ以外の用途・流体については網羅出来ておらず、その製品選定の際には、技術担当者にて対応する。



Figure6 検索結果表示画面(バルブ用)

4. おわりに

本報では技術情報を提供するツールの一つであるSQSを紹介したが、是非とも当社ホームページよりアクセスいただき、その利便性を確認願いたいと考えている。

現代においては、情報機器の普及・発展によって様々な情報へのアクセスが容易になっており、我々もH&S企業の取り組みの一環として、より役立つ情報を、より便利に提供出来るように努めていく所存である。



松村 清裕
H&S営業本部
テクニカルソリューショングループ

ふっ素樹脂系ガスケット付きボルト締結体のゆるみ挙動評価

1. はじめに

2008年の石綿規制を受け、ガスケットにおいても一部を除いて石綿製品が使用出来なくなった。うず巻形ガスケットでは石綿ファイラーに替わって膨張黒鉛ファイラーを用いることで大きな問題はなかったが、シートガスケットではいくつかの課題があった。石綿ジョイントシートガスケットはその高い耐熱性、耐薬品性、強度から非常に広範囲で使用されていたが、代替繊維を用いたノンアスジョイントシートは繊維分が少ないことから強度や耐熱性が大きく低下している。膨張黒鉛のガスケットは高いシール性、耐熱性、耐薬品性を有するが、非常に傷つきやすいことから取り扱い性に課題がある。一方で、ふっ素樹脂は高い耐熱性と耐薬品性、シール性も優れており、従来より課題であったクリープも近年の材料開発によって改善されており、石綿ジョイントシートガスケットの代替として広く使用されるようになった^{1~3)}。

しかしながら改善されてはいるものの、ふっ素樹脂系ガスケットのクリープに起因した締結力低下は懸念事項であり、長期使用についての信頼性評価は課題であった。そこで、当社では石綿規制以降、ふっ素樹脂系ガスケット付き締結体の長期特性予測手法の検討を行ってきた。これまでにFEMを用いてガスケットのクリープだけではなく、熱膨張及び収縮、圧縮特性の温度依存性を考慮することで、ふっ素樹脂系ガスケット付き締結体の長期特性を精度良く予測することが可能となっている^{4~6)}。

本報では高温環境下のふっ素樹脂系ガスケット付きボルト締結体を対象にガスケットの諸特性及びフランジやボルトの特性が締結体の軸力特性に及ぼす影響を評価する。ここでは、締結体を単純な単一ボルト締結体とし、ガスケットをNo.GF300とする。

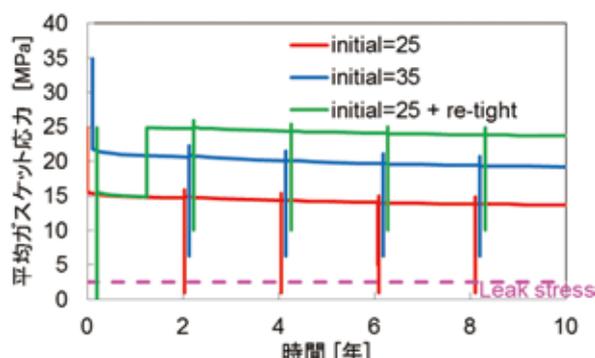


Figure1 ガスケット応力の長期挙動の予測

2.FEM条件

Figure2に本研究で用いたFEモデルを示す。単一ボルトの締結体を対象とし、単純な条件での評価を行う。軸対称要素を用いてモデル化しているが、この際、六角形のボルト頭及びナットは面積が等価な円形に簡素化している。フランジ及びボルトは弾性要素、ガスケットは非線形粘弾塑性要素を用いる。本FEMではガスケットのみ粘弾性を考慮し、電熱については非定常問題として評価する。

各部品の材料定数をTable1に示す。ガスケットは圧縮特性に強い非線形性とヒステリシスを示している。また、温度が高いほどひずみが大きくなるという温度依存性も見られる。線膨張係数も温度が高いほど増加している。FEMではこれらの特性も考慮する。加えて、Figure5に示される応力依存性を有するガスケットのクリープも考慮する。フランジ及びボルトは各特性を固定値として扱う。

ボルトモデル端部に締付けに相当する圧力を負荷することで締付けを再現し、締結体外縁部に温度変化を与えることで加熱及び冷却を再現する。本FEMではボルト軸力の変化を算出する。

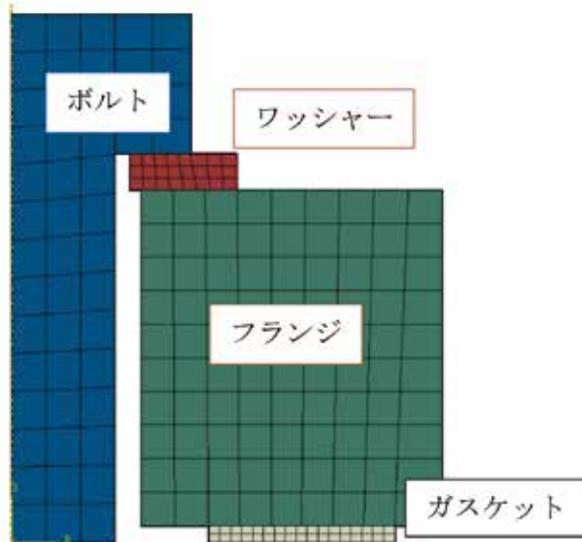


Figure2 FEモデル

Table1 各部品材料定数

	フランジ	ボルト	ガスケット
材料	SUS304	SNB7	No.GF300
ヤング率[GPa]	200	200	Fig.3
ポアソン比	0.3	0.3	0.45
線膨張率[1/K]	1.12×10^{-5}	1.09×10^{-5}	Fig.4
熱伝導率[W/m・K]	4.4×10^{-2}	1.1×10^{-2}	2.5×10^{-5}
比熱[J/kg・K]	500	500	1000
密度(常温)[kg/m ³]	7800	7800	2.3
クリープ	なし	なし	Fig.5

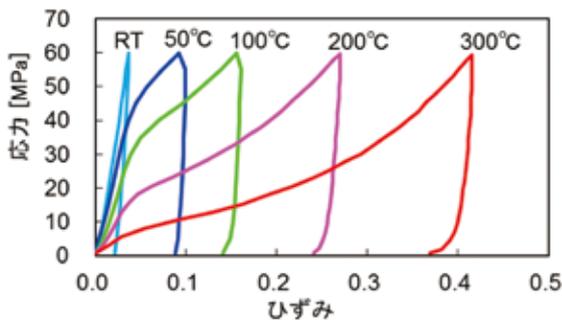


Figure3 ガスケットの応力-ひずみ関係

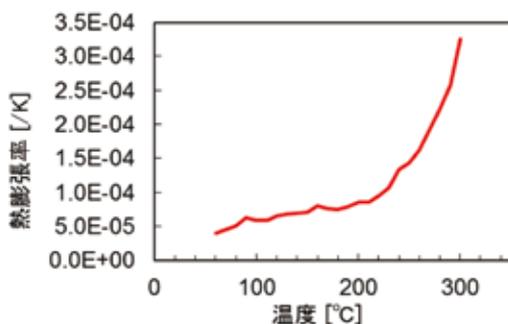


Figure4 ガスケットの線膨張係数

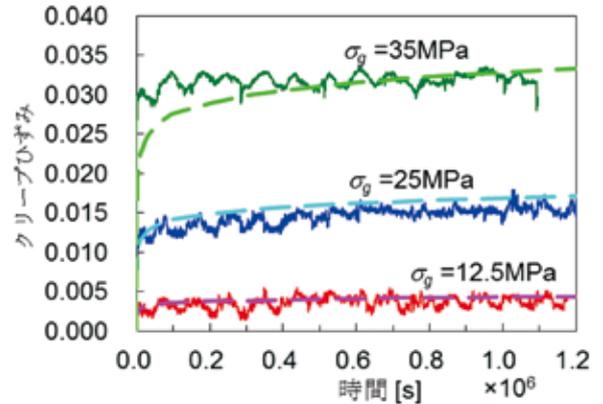


Figure5 ガスケットのクリープ

3. FEM妥当性確認のための実験

2項で述べたFEMの妥当性を確認するため、実験結果との比較を行う。

Figure6に実験装置の概要図を示す。主な条件はFEMと同様である。締付けはボルト胴部に張り付けたひずみゲージで計測される軸力を指標に行う。締結体温度はフランジ表面に張り付けた熱電対によって測定される。目標軸力115kN(ガスケット応力35MPa相当)まで素早く締め付け、電気炉で200℃まで加熱する。24時間加熱後に自然冷却する。

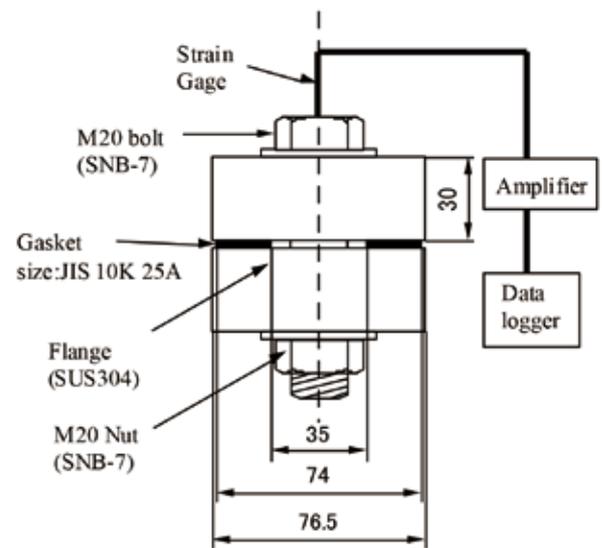


Figure6 実験装置概要

4. FEM及び実験結果

Figure7に単一ボルト締結体の軸力変化についてのFEM及び実験結果を示す。縦軸にボルト軸力、横軸に加熱開始時(締付け直後)からの時間を示している。ボルト軸力は昇温中及び降温中に大きく低下し、温度が一定の間は低下が比較的小さいことが分かる。これまでの研究により、それぞれのステップではTable2に示される現象が生じていることが分かっている。被締結体であるガスケットとフランジは熱膨張によってボルト軸力を増加させる。一方でボルトが熱膨張した場合はボルト軸力が低下する。加熱時にはFigure3に表されるようにガスケット剛性が低下し、ガスケットがより圧縮されることで延伸されたボルトが収縮し、軸力は低下する。この剛性変化は温度変化時に生じるもので、高温安定時には生じない。ガスケットクリープは全てのステップで生じている。

FEM結果と実験結果は比較的良好一致しており、本FEM手法の妥当性が確認出来た。

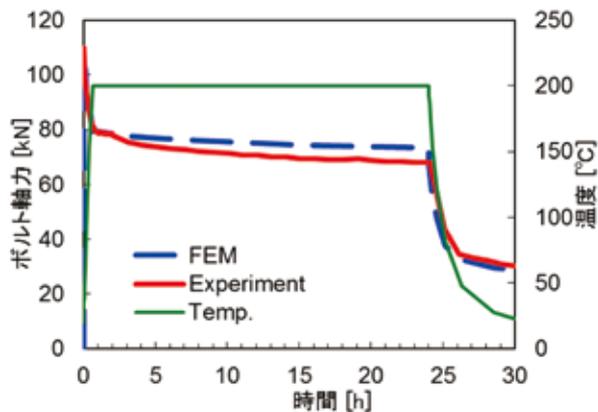


Figure7 FEM 及び実験結果

Table2 各ステップで起きている現象が軸力へ及ぼす影響

	加熱	高温保持	冷却
ガスケット熱膨張	↑		↓
フランジ熱膨張	↑		↓
ボルト熱膨張	↓		↑
ガスケット剛性変化	↓		
ガスケットクリープ	↓	↓	↓
合計	↓	↓	↓

5. 各部品の諸特性が締結体ボルト軸力挙動におよぼす影響

ここでは、フランジ、ボルトガスケットの各部品の諸特性が締結体ボルト軸力挙動に及ぼす影響を評価する。現実には実在しないが、任意の特性だけ変更したり、ないものとしてたり出来るのもFEM評価の長所である。

Figure8はボルト軸力挙動に対するフランジ及びボルト材料のヤング率と線膨張係数の影響を評価した結果を示している。フランジ及びボルトのヤング率を1/2とした場合、比較的軸力挙動へ及ぼす影響は小さかった。Figure7の結果からも分かるように、温度変化時に軸力変化が大きく、ヤング率は温度変化への影響が小さいためと考える。フランジの熱膨張率を1/2及びゼロとした場合、加熱時に大きく軸力低下し、冷却時には増加する結果となった。加熱時の被締結体(フランジ+ガスケット)の熱膨張が小さくなり、冷却時の熱収縮の影響が小さくなったためと考える。ボルトの熱膨張を1/2及びゼロとした場合、加熱時及び高温安定時には基準条件と大きな違いはなかったが、冷却時にボルト軸力が大きく低下した。

Figure9はガスケット材料の熱膨張、クリープ、剛性変化のそれぞれの各特性だけを有する場合の軸力挙動を表している。なお、フランジ及びボルトは通常の条件とする。熱膨張は軸力を増加、クリープと剛性変化は軸力を減少させるということが分かる。しかしながら、加熱時及び高温安定時の現実の結果は剛性変化だけの結果と酷似している。このことから各特性の影響の単純な和が総合的な結果となっていないことが分かる。これは、剛性変化やクリープは応力依存性があり、それぞれの特性の結果が相互作用する複雑な現象であるためである。

これまでの軸力挙動結果は各部品の寸法形状にも影響を受けるものであり、全てのボルト締結体に適用出来るものではない。

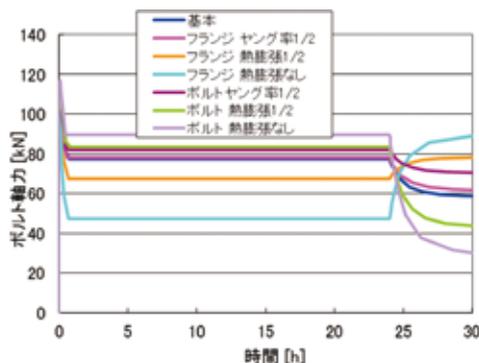


Figure8 フランジ及びボルトの材料特性が締結体ボルト軸力挙動に及ぼす影響

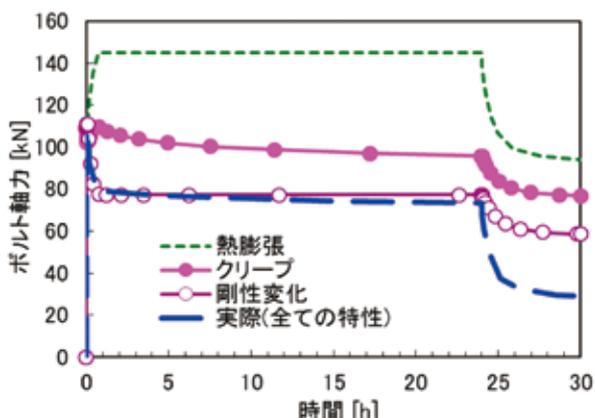


Figure9 ガasket特性が締結体ボルト軸力挙動に及ぼす影響

6. おわりに

本報ではFEMを用いて高温環境下のふっ素樹脂系ガスケット付き単一ボルト締結体を対象にガスケットの諸特性及びフランジやボルトの特性が締結体の軸力挙動に及ぼす影響を評価し、紹介した。ここでの評価は多岐にわたるボルト締結体条件の極一部に限られる。無限とも言える締結体条件をすべて考慮する評価は現状ではFEMを用いることが現実的と考える。様々な締結体条件に対応するため、引き続きガスケット締結体の評価手法を検討する。



佐藤 広嗣
 研究開発本部
 商品開発部
 ガasket・グランドパッキンチーム

7. 参考文献

- 1) 黒河真也, “高機能ノンアスベストシートガスケット「ブラックハイパーNo.GF300」”, Valqua Technology News, Vol.9, p5-11, (2004)
- 2) 小池真二, “圧延成形による充填剤入りふっ素樹脂シートガスケット バルカロン®シリーズとNo.GF300シリーズ”, Valqua Technology News, Vol.22, p17-22, (2012)
- 3) 株式会社バルカー: “ガスケット”, CATALOGUE No.YC08, (2020)
- 4) 佐藤広嗣, 野々垣肇, 黒河真也, 出口聡美, “有限要素解析を用いたガスケット締結体の長期特性予測手法の構築”, Valqua Technology News, Vol.17, p2-8, (2009)
- 5) 佐藤広嗣, “有限要素解析を用いたふっ素樹脂ガスケットの長期特性予測”, Valqua Technology News, Vol.29, p11-14, (2015)
- 6) 佐藤広嗣, 澤俊行, 小林隆志, “PTFE系ガスケット付きボルトフランジ締結体の高温・長期特性評価”, Valqua Technology News, Vol.32, p33-38, (2017)

PTFEのイオンビーム処理技術

1. はじめに

PTFE (ポリテトラフルオロエチレン)に代表されるふっ素樹脂は、優れた耐薬品性や撥水性で良く知られた素材ではある。しかし、その優れた安定性のために接着が困難であり、応用範囲が限られている一面がある。PTFEに接着性を付与する接着処理として、金属ナトリウムを用いた表面処理が挙げられる¹⁾。この処理方法は、非常に良好な接着強度が得られることから現在主流の処理方法である。この処理方法の課題を強いて挙げれば、処理面の茶褐色への変色を伴い外観を重視する用途や製品には適用が難しいこと、処理後の経時や直射日光などの照射によりその接着効果の劣化が見られることである。

筆者は、医療用のゴム栓を製造・販売する部署に所属しており、注射器やバイアル瓶に使用されるゴム栓の開発を行っている。これらのゴム栓は注射液(薬液)と直接触れることから素材や配合としての安全性が求められるとともに、製造工程において異物の混入・付着は許されず、厳しい外観検査などが実施される。ゴム栓の表面を化学的に安定なPTFEフィルムでラミネート(接着)出来れば、薬液への安全性では大きなメリットが得られるが、金属ナトリウムで接着処理されたPTFEフィルムではその色味や色むらなどから外観検査上困難を伴ってしまう。

そこで筆者は着色のない接着処理方法を探索し、良好な接着強度を持つ処理方法を開発・実用化出来たことから、その処理方法をこの場を借りて紹介したい。

2. 開発した処理方法の特徴について

PTFEへの接着処理方法は、上に述べたように金属ナトリウムを用いた方法が代表的である。そのメカニズムとしては、金属ナトリウムの錯体を含む処理液をPTFEと接触させることで、その接触面の炭素-ふっ素結合からふっ素を引抜き、代わりに活性の高い水酸基(-OH)やカルボキシル基(-COOH)

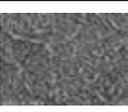
を導入していると考えられる。これらの官能基が良好な接着強度をもたらすものの、処理面は純粋なPTFEとは異なる化学組成になっており、その着色は避けられない。またこれらの表面の活性基は、経時的には化学変化し、もしくは素材内部に潜り込むとされており、長期的には接着強度の低下をもたらしてしまう。

筆者は、上記のメカニズムから、化学的な処理方法では着色のない接着処理は困難と考えた。よって、物理的な接着方法の検討を実施し、イオンビームを照射することでPTFE表面を粗面化出来ること、この粗面に被接着材が入り込むこと(投錨効果)で良好な接着強度が得られることを確認出来た²⁾。

Figure1、Figure2に処理前後のPTFEフィルムの状態を示す。Figure1は外観写真であり、処理による着色は見られず、外観上ほぼ変化がない。Figure2は、処理面のSEM(走査電子顕微鏡)観察結果であり、低倍率観察では未処理のフィルムと違いは判らないが、高倍率観察ではミクロンサイズ以下の微小な突起状の構造が出来ていることが確認出来る。これら一つ一つの凹凸と被接着材が入り込むことにより良好な接着が得られると考えている。

フィルムの着色	未処理	開発技術： 処理後	従来技術： Na処理 処理後	
外観				
元素組成 (ESCA)	C	33.3	40.1	77.0
	F	66.6	58.0	6.4

Figure1 未処理PTFEフィルムと処理済みPTFEの外観写真、及び、処理面元素組成

観察倍率	×1,000倍	×5,000倍	×10,000倍
外観			

処理面のSEM観察画像：処理面を白金蒸着後に観察

Figure2 新規手法での処理済みフィルムのSEM観察画像

イオンビームを照射するとなぜこのような微細な構造が出来るかに関して、当初はイオンビームがぶつかった影響で、表面を微小に削る作用であると考えていたが、実際はPTFEの自己組織化の効果もあり微小な凹凸が形成されているようである。

照射するイオンとしては、処理による化学的な変化を避けるために不活性なアルゴンを選択している。Figure1には処理前後にてフィルム表面の元素比率をESCA (X線電子分光分析)にて求めた結果を示している。酸素などによる若干の官能基の導入が見られるが、元のフィルムに近い組成を保っている。この結果、処理後の変色がない処理が可能となっており、後述する試験において長期間経時での劣化が見られない結果にもつながっていると考えている。

なお金属ナトリウム処理を含む多くの接着処理では、処理面への官能基の導入などにより親水化し、水への接触角が小さくなる傾向を示す。本処理法の場合、官能基が導入されないで本来のPTFEの疎水性を保っており、むしろ表面の微小な凹凸により見かけの水への接触角は増大する結果を示す。

3. 接着性能に関して

上記の接着処理済みPTFEフィルム(厚み0.06mm)とゴム(ブチルゴム配合)との接着強度の結果をTable1に示した。

Table1 処理済みフィルムとゴムの加硫接着強度

接着処理	開発技術 (イオンビーム処理)	従来技術 (Na処理)	参考: 未処理
剥離強度 (N/mm)	>2.5	>2.5	0.2
破壊形式	フィルム破断	フィルム破断	(剥離)

接着後のフィルムーゴムをダンベル4号形状にて切り出しを実施後、オートグラフにて180°剥離強度を測定結果

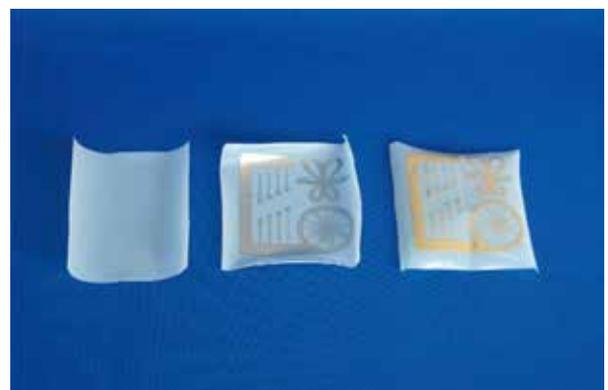
試験片は、処理済みのPTFEフィルムと未加硫ゴムシートを重ねて金型に設置し、ゴム成型では通常の加硫条件(170℃、5分、10MPa)にて、コンプレッション成型にて作成した。金属ナトリウム処理品と同等の良好な接着強度が得られており、当社では薄手のフィルムを使っていることから、とくにフィルム側が破断する接着強度が得られている。

接着処理のメカニズムから、処理面の微小な凹凸に被接着材が入り込めば、被接着材の組成(配合)によらず良好な接着強度が得られると期待出来る。実際に当社の種々のゴム配合(EPDMゴム、天然ゴム、NBRゴム、シリコーンゴムなど)に対してもほぼ同様の接着強度が得られている。ゴム成型時の高温・高圧により、流動性を増した未加硫ゴムが処

理面の微小な凹凸に押し付けられ加硫することで、良好な接着が得られていると考えられる。樹脂(PP、PEなど)や熱可塑性エラストマー(スチレン系、オレフィン系など)に対しても同様の工程にて接着出来ることを確認している³⁾。

ふっ素樹脂はその優れた電気特性から高周波基板の素材として応用されている。Figure3は接着処理済みPTFEフィルムの表面に低温焼成の金属ペーストを印刷後、焼成を行った様子であり、同じく良好な接着が観察出来た。

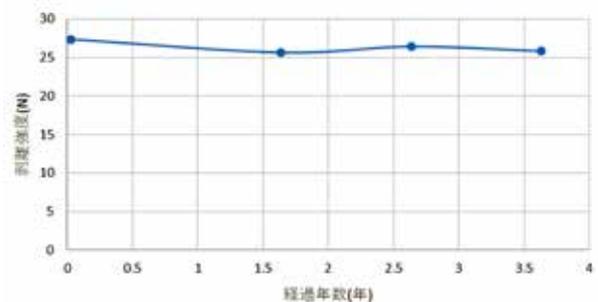
処理後の径時変化の確認として、処理済みPTFEフィルムを単体で室温保管した後、ゴムと加硫接着したサンプルの剥離試験結果をFigure4に示している。



左:接着処理のみ、中央:銀ペースト、右:金ペーストとの接着事例
市販の金属ペーストをPTFEフィルムに塗布し、焼成し接着した事例

Figure3 金属ペーストとの接着実施例

処理済みフィルム保管後の接着・剥離強度



処理後のPTFEフィルムを一般環境にて保管後にゴムとの加硫接着を実施し、剥離強度の測定を実施。試験片の調整方法は社内法にて、Table1の剥離強度とは異なる。

Figure4 長期保管後の接着強度テスト

処理後3年以上経過した処理済みフィルムでも接着力の低下は見られなかった。なお、社内での使用方法を想定した試験方法でのテスト結果のため、Table1の剥離強度とは異なる数値となっている点をご容赦頂きたい。また、実製品(医療用ゴム製品)での評価においても、製造後3年の室温保管試験や相当する加速試験において、接着性における不具合は確認されていない。

4. 接着処理機に関して

当社では、2011年から試作用のバッチ式処理機を導入し、現在は量産用にロールtoロール処理機を運用している。ロールtoロール式では、幅470mmまで処理出来る仕様としている。バッチ式の試作機も同様サイズのフィルムシートを処理する目的ではあるが、ジグの交換などにより数cm程度の高さのある部材も処理することは可能である。

5. おわりに

前述までのように、当該技術を用いたPTFEフィルムはアンカー効果による接着手法となる。このため、従来の金属ナトリウムにて処理をしたフィルムとは異なり、被接着物の組成に関

わらず強い接着強度を得ることが可能となった。加工性の良さや無着色な外観を活かした応用製品として、接着処理済みPTFEに接着層をコーティングした無着色のPTFE粘着テープをはじめ、搬送用ゴムベルトや半導体製造装置のライニング用途として熱可塑性樹脂との複合化といった用途展開を(株)バルカー殿に進めて頂いている。

最後になるが、この様な執筆の機会を与えて頂いた(株)バルカー殿に感謝を述べたい。

6. 参考文献

- 1) 富安 利光：バルカー技術誌, No.27, 10-12 (2014)
- 2) 特許第4908617号
- 3) 特許第5658135号



中野 宏昭

住友ゴム工業株式会社
ハイブリッド事業本部
アジアメディカルラバービジネスチーム

高圧水素ガス用シール材料

1. はじめに

現在、日本を含めた世界の多くの国では石油や石炭、天然ガスを代表とする化石燃料由来のエネルギーに依存している。化石燃料は燃焼時に温室効果ガスの代表として挙げられるCO₂を排出することが長らく問題視されている。パリ協定で示された2℃目標・1.5℃目標を受け、日本では「2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す」¹⁾とされており、それを達成するための脱炭素化社会に向けた施策として、水力や風力、バイオマスといった、代替エネルギーの研究や開発が積極的に行われている。

上記代替エネルギーの一つに、水素をエネルギー源として活用した燃料電池が注目されている。日本においては、第5次エネルギー基本計画の構成 第2章 第2節6に「水素社会実現に向けた取り組みの抜本強化」として掲載されており、温室効果ガス削減の取り組みとしての期待度も高いことが伺える。²⁾

水素エネルギーを活用した例としては「家庭用燃料電池」や「燃料電池自動車(FCV)・水素ステーション」が主であるが、それらのシチュエーションの中で、エラストマー製シール材として焦点を当てた際の課題は、水素ステーションから自動車への充填過程に存在していると考えられる。

初めに最もポピュラーな水素ステーションでの自動車への充填方式の模式図をFigure1に掲載する。

Figure1の方式はエラストマー製シール材にとって過酷な環境が2点生じる。

1つは水素がプレクーラーで-40℃まで冷却される点である。

例えば水素ガスを初期温度20℃で充填をした場合、車載水素タンク内は断熱圧縮熱の影響で120℃まで上昇する³⁾。水素タンクの素材は強度と重量の関係から、CFRPが選定されることが多いと言われているが、CFRPの耐熱は100℃程度であり、安全を考慮すると85℃程度になると考えられている。つまり、初期温度20℃では車載タンクの破裂などの災害に繋がる可能性が高くなる。

そのため水素ガスはディスペンサへ流入する直前にプレクーラーで初期温度-40℃まで冷却され、車載水素タンクの内部が85℃を上回らないようにされている。

2つ目は大きな圧力変動が発生する点である。

水素貯蔵のタンク(カードル)内の圧力は70MPaであるが、充填前に一度コンプレッサで82MPaまで昇圧し、最終的に内部70 MPaまで車載の水素タンクへ差圧を利用し充填される。また、充填後は大気圧まで脱圧されるため、ディスペンサと車載タンク間では、大気圧から82MPaの間で圧力変動が繰り返し起こることが予想される。

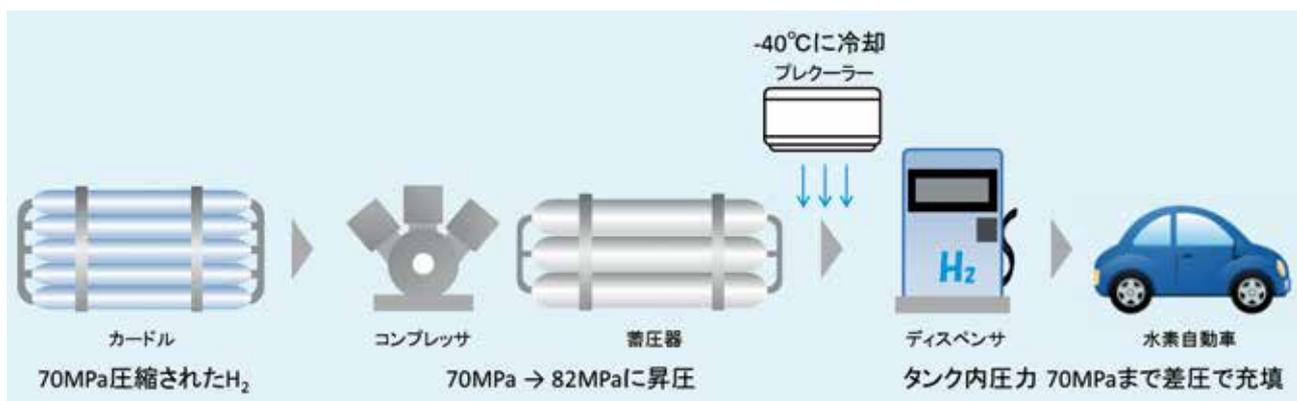


Figure1 自動車への水素充填方式 模式図

そのような環境下に汎用のエラストマー材料が置かれた場合を考えると、 -40°C 雰囲気下ではゴム弾性が消失してしまい、シール材としての機能を果たさなくなる。

また、圧力変動が大きい個所ではプリスターが発生する可能性がある。プリスターはエラストマー製シール材が、ガスや揮発性液体などの流体と高温・高圧で接触する場合、急激な圧力変動の影響で、流体がシール材の内部に滞留したまま膨潤することにより、内部や表面層に気泡・亀裂が発生する現象である⁴⁾。(Figure2)



Figure2 プリスターが発生したOリング

このような事象が発生した場合、水素漏えいが発生し、場合によっては、人命にかかわる災害発生につながり得る。

今後の水素社会の発展に伴い、そのような事態が発生しないためにも、当社では低温環境下でゴム弾性が消失しない、かつ、大きな圧力変動下でもプリスターが発生しないという、2つの特性を併せ持ったエラストマーシール材料の開発を行った。

今回、当社独自の配合設計技術を活用することで、低温特性やプリスターへの耐性を両立させた、高圧水素ガス用EPDMシール材料としてBLISTANCE™(プリスタンス)–HLTを開発したので、本報にてご紹介する。

2.BLISTANCE™-HLTの特徴

BLISTANCE™-HLTは当社既存のH0970などの汎用EPDMと比較し、大幅に低温特性やプリスターへの耐性を向上させた材料である。

それらを示すための試験概要、及び結果を本項に記載する。

2-1)低温特性

低温特性については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。

試験は厚さ $2\text{mm} \pm 0.2$ のシート準備し、伸長部幅 $2\text{mm} \pm 0.2$ 長さ $50\text{mm} \pm 0.2$ 、つかみ部 6.5mm 四方の専用の型で打

ち抜いた試験片を用いた。

試験片をTR試験機のつかみ部に装着し、50%伸長させてつかみ部を固定する。次に -70°C のエタノール中で10min試験片を冷却し、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。温度上昇に伴いゴム弾性が回復し再度収縮するため、 2°C 昇温ごとに試験片の収縮率をプロットする。JIS K6261-4では、収縮率が $10 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 70\%$ になったときの温度をTR10・TR30・TR50・TR70として表記し、併せて記録する。(Figure3・4)

TR試験の結果は、収縮率=ゴム弾性の回復と見なし、TR10の値が低いほど、低温環境下でもシールが可能な材料であり、TR10とTR70の値差が小さいほどゴム弾性の回復が早い材料であるという考え方になる。

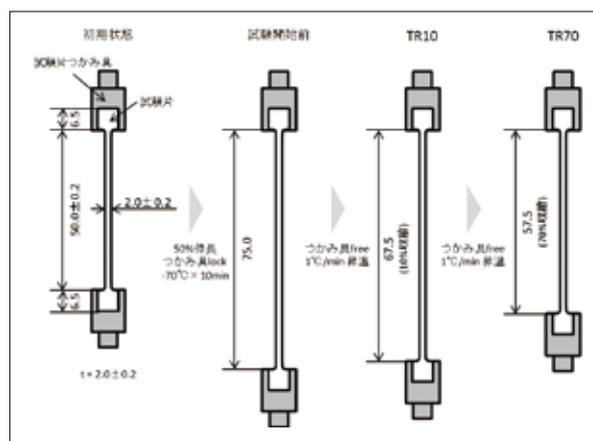


Figure3 TR試験 模式図

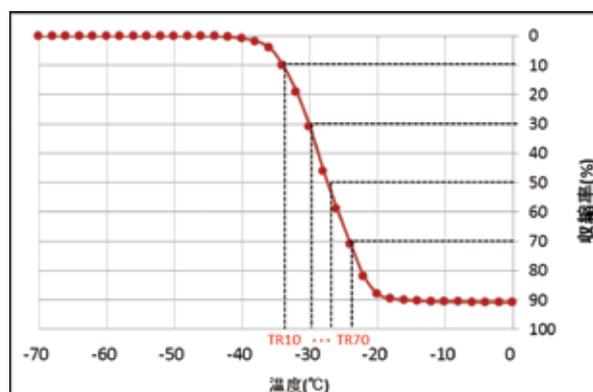


Figure4 温度-収縮率曲線の例

使用される雰囲気温度や流体などに大きく左右されるところではあるが、一般的にTR試験の結果は、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。しかし、第1項に記載したように、水素流体は非常に高圧な環境で使用されるため、TR10=-40℃前後では性能不足になるということは十分に想定される。

そのような中、BLISTANCE™-HLTはTR10=-51℃という値を示し、汎用EPDM H0970のTR10=-43℃と比較すると、低温環境での使用に適していることが確認された。(Figure5・Table1)

また、弾性回復の早さも非常に良好であり、TR10とTR70の差はH0970は30℃であるが、BLISTANCE™-HLTは11℃となっている。つまり、H0970は-43℃から徐々にゴム弾性が回復していくところ、BLISTANCE™-HLTは-51℃から急激にゴム弾性が回復し、-40℃付近では、汎用EPDMシール材とは比較にならないほど、シール材としての機能を取り戻しているということが言える。

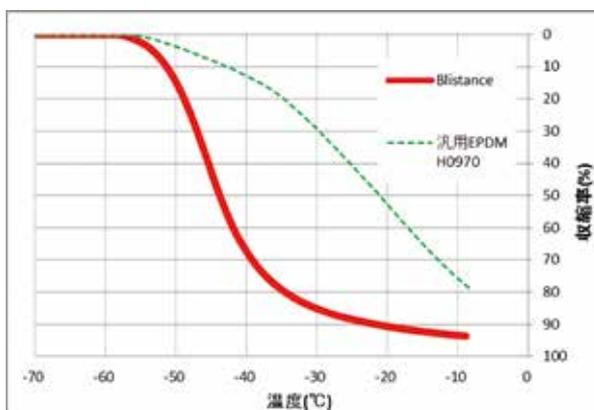


Figure5 BLISTANCE™-HLT・H0970 TR試験結果

Table1 BLISTANCE™-HLT-H0970 TR値比較

	BLISTANCE™-HLT	汎用EPDM H0970
TR10 (°C)	-51	-43
TR30 (°C)	-47	-30
TR50 (°C)	-44	-21
TR70 (°C)	-39	-13
-40℃時の収縮率(%)	67.4	12.8

2-2) プリスターに対する耐性評価

プリスターに対する耐性評価は、プリスター発生の機構から、シール材内部より発生する微小な引裂きと見なして、クレセント型やトラウザー型試験片を用いた引裂き強度の実測値から、おおよその評価をすることは出来る。しかし、高圧水素ガスといった特殊環境では、機械物性のみでは良し悪しを判断することは難しく、信頼性にも乏しい。

そこで今回、BLISTANCE™-HLTのプリスターに対する耐性を評価するために、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、実機と類似の環境下で高圧水素ガスサイクル試験を実施した。

本試験における評価項目としては、90MPaの高圧水素ガスサイクル時のシール性能（漏れ検知なきこと）、及び試験後のOリングのプリスター痕の有無（プリスターなきこと）を確認した。

また、試験時の雰囲気温度は高温側90℃・低温側-40℃の2条件で実施した。圧力付加のサイクル数は、よりプリスターが発生しやすい高温側で11,250サイクル⁵⁾、低温側で1,000サイクル、圧力付加は90MPaの加圧、及び大気圧まで減圧の条件で実施した。(Table2)

Table2 高圧水素ガスサイクル試験 試験条件

		高温側	低温側
温度(°C)		90	-40
圧力(MPa)		大気圧 ⇄ 90	
サイクル条件	サイクル数(回)	11,250	1,000
	昇圧時間(s)	7	
	保持時間(s)	1	
	減圧時間(s)	1	

Table2の条件で実施した試験で使用したHyTReCの試験機の外観をFigure6として以下に掲載する。

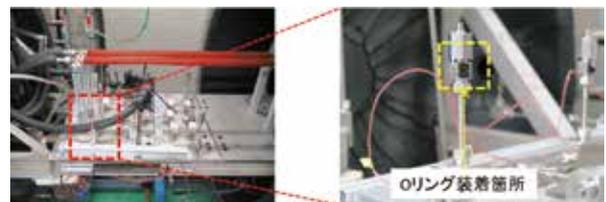
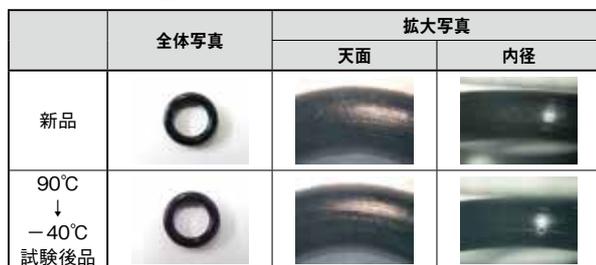


Figure6 高圧水素ガスサイクル試験 試験機外観

また、試験前後でのOリングの外観写真をTable3中に掲載する。

表中の試験後Oリングの写真は、より過酷な使用環境を想定し、高温側11,250サイクルと低温側1,000サイクルを通して使用したものになる。

Table3 高圧水素ガスサイクル試験 前後のOリング写真



Oリングの外観を確認したところ、試験前後でOリングの外観に変化は無く、プリスターや噛み込みの痕跡は確認されなかった。

また、試験自体の結果も良好であり、高温・低温の両条件において水素ガスの漏れは検知されなかった。

ただし、注意していただきたい点としては、得られた試験結果については、用いた継手の設計も重要なファクターであるため、本結果は最適に設計された継手と、このBLISTANCE™-HLTのOリングを併用することで、高圧水素ガスの市場で要求されている、温度領域：-40～85℃、圧力領域：大気圧～82MPaの範囲において、問題なくユーザー各位が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、一度実機でBLISTANCE™-HLTが性能上問題無き点を確認していただくことが必須である旨、ご了承いただきたい。

Table4 BLISTANCE™-HLT 機械的特性 測定結果

試験項目			実測値
常態物性 JIS K 6251 (3号ダンベル型試験片)	硬度	—	93
	引張強度	MPa	14.3
	伸び	%	110
	100%引張応力	MPa	10.4
引裂試験 JIS K 6252	クレセント型	N/mm	42.0
	トラウザー型	N/mm	3.2
空気老化試験 (120℃×72h) JIS K 6257 (3号ダンベル型試験片)	硬度変化	—	+2
	引張り強度変化率	%	+4
	伸び変化率	%	-9
圧縮永久ひずみ(120℃×72h) JIS K6262 φ29.5mm 高さ12.5mm JIS大型試験片			% 16

3. BLISTANCE™-HLTの用途

BLISTANCE™-HLTは高圧水素ガス用途を目指して開発されているが、低温特性・プリスター耐性を有しているため、それぞれの特性を切り分けた用途にも適応可能と考える。

1. 低温特性
冷凍機用シール
寒冷地で使用されるEPDM材料の置き換え
2. プリスター耐性
炭酸飲料の充填機用シール

4. 謝辞

高圧水素ガス用シール材料BLISTANCE™-HLT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。

5. おわりに

今回ご紹介したBLISTANCE™-HLT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思われる。

本件に限らず、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、既存材料の改良に努めていく所存である。

2-3) 製品形状

BLISTANCE™-HLTは、Oリング(No.640)、Vパッキン(No.2631)、Xリング(No.641)など、様々な断面形状や大口径製品についても製作可能である。

2-4) 機械的特性

BLISTANCE™-HLTの常態物性、及び120℃での空気老化試験、圧縮永久ひずみ率の測定結果をTable4に示す。

試験はそれぞれJISの測定方法に則り試験を実施しており、対応する測定方法についても表中に記載する。

また、表中の数値は、実測値であり、規格値ではない旨をご了承いただきたい。

6. 参考文献

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁 HP：CO²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)
- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁 HP：新しいエネルギー基本計画の構成 ,(2018)
- 3) 門出 正則：高圧水素充てん中の容器内水素温度と容器壁温度特性 ,(2008)
- 4) 圖師 浩文：バルカー技術誌, No. 31, 17-20 (2016)
- 5) 経済産業省 商務流通保安グループ 高圧ガス保安室：70MPa圧縮水素自動車燃料装置用容器に掛かる技術基準の策定について ,(2013)

※BLISTANCEは(株)バルカーの商標です。



西原 亮平
研究開発本部 商品開発部
エラストマーチーム

Valqua Predictive Maintenance System VALVESTA™-HE210の紹介

1. はじめに

近年、あらゆる製造業において、生産工程を自動化したFA (Factory Automation)が進み、高い生産性と品質の安定性を実現した工場が数多く稼働している。その中でも、24時間の連続生産を行っている工場では生産ラインの緊急停止を避けるため、故障が起きた後にメンテナンスを実施して復帰させる事後保全ではなく、故障を起こす前に予兆を捉えてメンテナンスを実施する予知保全(Predictive Maintenance)への変革が起こっている。しかし、日本でも2015年頃から注目されるようになったIoT (Internet of Things:モノのインターネット)は、日本の製造業にとって課題も多く、思うように進んでいないのが実情である。その理由としては、データを収集してもそのデータをどのように活用すれば良いのか分らず「データ活用」にまで進むことが出来ていないこと、かつ、既に顕在化しつつある高齢化や少子化に起因する人材不足で思うような改善やITシステムの導入が進まないことなどが障壁となっている。そのため、まだ現状では、機器の故障やシール材からの漏れによる突然の生産停止などのリスクを常に抱えながら操業されている。また、このリスクを回避するため、実績と経験則から高い安全性を持った期間でメンテナンスを実施しても、機器の老朽や稼働率の上昇などで、パッキンのシール寿命に起因する突発的なメンテナンスが苦渋の判断で行われている。

本報では、液圧機器に代表される油圧シリンダへの使用を例として、今般新規開発したValqua Predictive Maintenance System「VALVESTA™-HE210(バルヴェスタ)」を紹介する。

2. 製品概要

VALVESTA™-HE210は、様々な産業機器に使用される往復動の油圧シリンダ全般に適応したシステムであり、システム本体(Figure1)と付属品(Figure2~6)、及び専用パッ

キン(Figure7)で構成される。システムの運用状態をFigure8に示す。



Figure1 システム本体



Figure2 ACアダプタ



Figure3 ターミナル & 保護キャップ



Figure4 Y分岐コネクタ



Figure5 センサー



Figure6 ケーブル



Figure7 専用パッキン

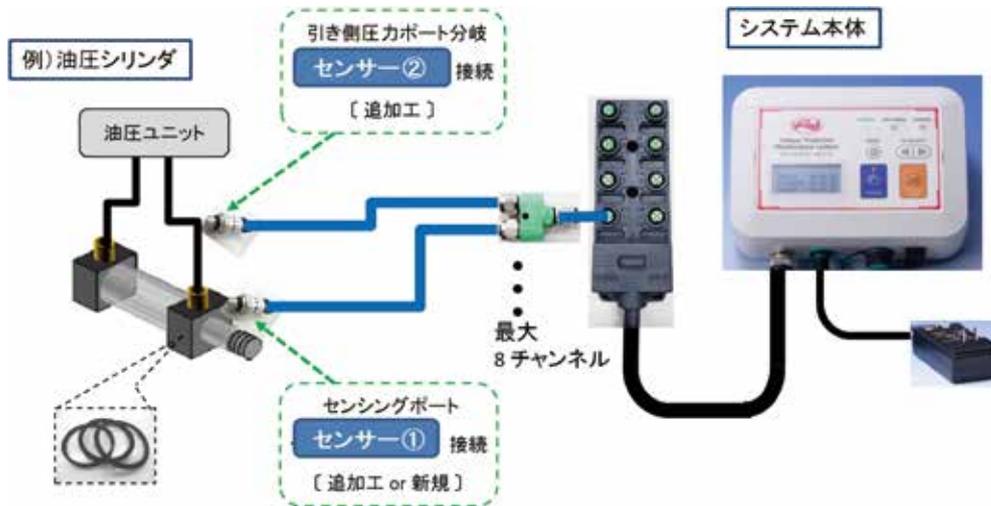


Figure8 システム運用 概念

3. 特徴

3-1) 適正なパッキンの交換時期アラート

- ・センサーによる常時モニタリングを行うことで、メインパッキンの寿命を予測して適正な交換時期のアラートを発信する。
- ・アラートはLEDとブザー、液晶表示で通知する。
- ・メインパッキンが寿命を迎えてもサブパッキンでシール性を担保する。(Figure9)
- ・交換時期アラートから使用停止アラート発信までは、部品の購入などメンテナンスの準備に必要な一定期間を確保する。
- ・使用停止アラート時でも外部漏れの無い状態をある程度維持する。

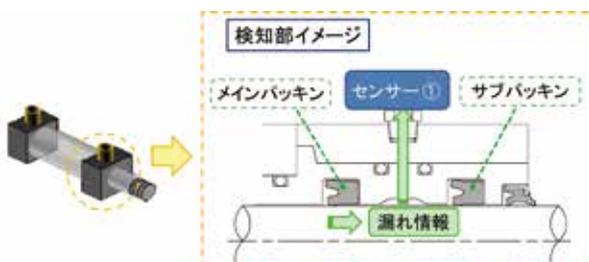


Figure9 専用パッキンの二重シール構造

- ・使用限界が近い時は、DANGERを案内する。
⇒ 速やかに交換が必要な状態・・・「決断」「停止」

Table1 状態の見える化

機器状態	アラート情報			備考
	LED	ブザー	液晶(ログ)	
健全状態	●	無音	使用開始時	安心・安全
メンテ時期	●	断続音	アラート時	備え・準備
使用停止	●	連続音	アラート時	決断・停止

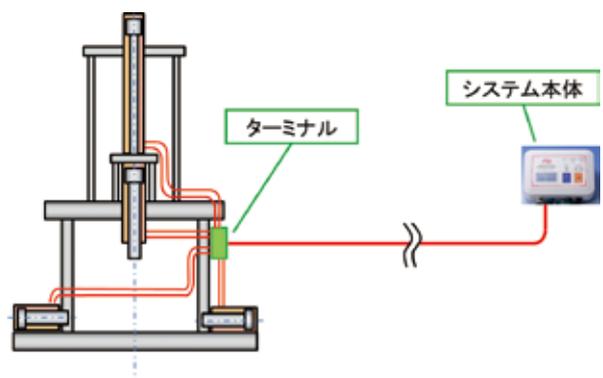


Figure10 遠隔監視

3-2) 状態の見える化 (Table1)

- ・システム本体を任意の場所に設置することで、ディスプレイにより機器の状態を遠隔監視することが出来る。(Figure10)
- ・健全状態の期間は、SAFETYを案内する。(Figure11)
⇒ 漏れが起こっていない状態・・・「安心」「安全」
- ・交換が必要な期間は、EXCHANGEを案内する。
⇒ 交換が必要な状態・・・「備え」「準備」



Figure11 SAFETY案内

3-3) トレーサビリティ管理 (Figure12)

- ・使用開始時にセンサーより情報が入力されることで、液晶画面のSAFETYにログを表示する。
- ・メンテ時期をアラートした時点のログを液晶画面のEXCHANGEに表示する。
- ・使用停止をアラートした時点のログを液晶画面のDANGERに表示する。

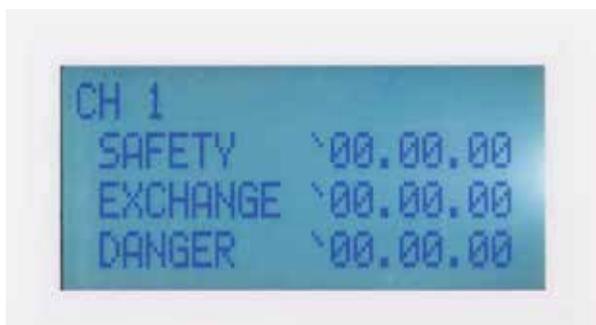


Figure12 液晶画面によるトレーサビリティ管理

3-4) スタンドアローン式

- ・スタンドアローンで使用することが出来る。
- ・特別な初期設定などはない。
- ・油圧シリンダと油圧配管のそれぞれにセンサーを取り付けてケーブルを接続するだけで使用することが出来る。(Figure13)

(注) 油圧シリンダはセンサーの取り付けと専用パッキンを使用するための改造を必要とする場合がある。

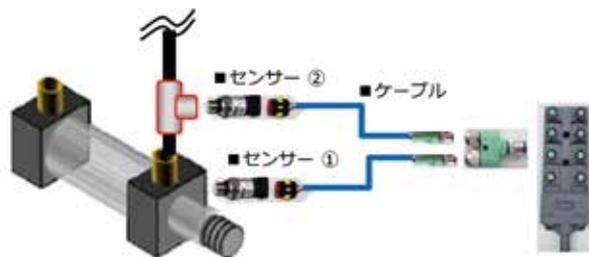


Figure13 装着例

3-5) 最大8チャンネルまで使用可能

- ・ターミナルの1～8チャンネルにセンサーを接続することで最大8台まで監視することが出来る。
- ・チャンネルセレクトボタンを押すことで油圧シリンダごとの状態表示が出来る。
- ・メンテナンス実施後はリセットボタンを長押しすることで再接続する油圧シリンダのチャンネルのみを初期状態に戻すことが出来る。

3-6) 防塵・防水対応

- ・IP54に適用する。

4. 対象機器例

4-1) 油圧プレス機

- ・タイヤ加硫機
- ・鍛造プレス
- ・板金成形プレス
- ・製缶成形プレス
- ・建材成形プレス
- ・粉末プレス
- ・樹脂成形プレス etc

4-2) 混練機

- ・ゴム練りミキサー etc

4-3) ダイカストマシン

- ・アルミニウムダイカスト
- ・マグネシウムダイカスト
- ・亜鉛合金ダイカスト
- ・銅合金ダイカスト etc

※ここで紹介した機器は一例であり、これ以外のあらゆる機器にレトロフィットとしてスタンドアローンで使用が可能である。当社の専用パッキンでのみ適用可能であり、更に従来パッキンよりも長寿命となることが期待出来る。

また、今般はスタンドアローン機の紹介であるが、相談により次のオプション①・②にも対応可能であると考えている。

- ① 既存オペレーションシステムへの組み込み
- ② 新規設備へのビルトイン

5. 仕様

システム本体仕様をTable2、油圧シリンダ仕様例をTable3に示す。なお、油圧シリンダには専用パッキンの使用とセンサーの取り付けが必須となるため、図面などによる接続可否の確認が必要となる。専用パッキン仕様をTable4、センサー仕様をTable5に示す。

Table2 システム本体仕様

材質	ASA、他
外寸法	W 210×H 150×D 55 (突起部品含まず)
表面シート	PP、PET製 積層シート貼付
専用コネクタ	ターミナル接続用×1 ACアダプタ接続用×1 ※点検用×1 (当社専用)
チャンネル数	1～8チャンネル
ディスプレイ	液晶 W 60×H 28×1 LED 緑色×1、黄色×1、赤色×2
ブザー	80 dB以上 at 0.1m
電源	AC 90～264 V / 47～63 Hz コンセント式
環境温度	-10～50℃ (非凍結)
設置場所	屋内
保護等級	IP 54
質量	約700g

Table3 油圧シリンダ例

名称	油圧シリンダ
ロッド径	任意
流体	一般作動油、etc
圧力	0～21 MPa
温度	-30～120℃ (パッキン材質による)

Table4 専用パッキン仕様

メインパッキン	サイズ: ロッド径に合わせて新規設計
サブパッキン	材質: 使用条件により選定
ダストシール	数量: 各1個

Table5 センサー仕様

材質	SUS630、他
外寸法	L 60×φ26
動作温度	-40～125℃
動作湿度	95%RH以下 (非凍結)
保護等級	IP 67

6. おわりに

今回紹介したVALVESTA™-HE210は、従来のモノづくりの枠にとらわれず、当社の持つあらゆる資産“モノ・コト・ヒト”を駆使してお客様の課題を解決していく、H&Sコンセプト (ハード&シール・エンジニアリング・サービス) を製品として具現化したものである。このVALVESTA™-HE210を通じて、往復動の油圧シリンダを主とした各種産業機器に使用しているパッキンの適正な交換時期を案内し、状態を見える化することで、安心・安全操業に貢献していきたい。

また、今後も様々な用途で使用されている産業機器に適応したシステムを、Valqua Predictive Maintenance Systemとしてラインアップし続けていきたいと考える。



永野 晃広
研究開発本部
商品開発部 エラストマーチーム

テクノロジーニュース 直近のバックナンバー

No.38 Winter 2020

- **ご挨拶** 代表取締役会長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** 取締役CTO 青木 睦郎
- **技術論文** ボルト締付け方法が大口径管フランジ締結体の密封特性に及ぼす影響について
中国総合研究所 シールエンジ開発チーム 鄭 興 研究開発本部 商品開発部 佐藤 広嗣
研究開発本部 商品開発部 藤原 隆寛 広島大学 名誉教授 澤 俊行
グラウンドパッキンの圧縮方法によるシール性への影響評価 研究開発本部 商品開発部 濱出 真人
セミメタリックガスケットの性能比較及びカンプロファイルガスケットシリーズの紹介
研究開発本部 商品開発部 高橋 聡美
- **製品の紹介** 急速開閉形シリンダバルブの紹介 営業本部 テクニカルソリューショングループ 村山 聡
タンク洗浄用スプレーボール®の開発 研究開発本部 商品開発部 本吉真由美

No.37 Summer 2019

- **ご挨拶** 取締役CTO 青木 睦郎
- **カスタマー・ソリューション《寄稿》**
新たな防錆技術の提案 東京電設サービス株式会社 地中事業本部副本部長(現埼玉センター長) 三栖 達夫
- **カスタマー・ソリューション** ASME PCC-1に基づくガスケット締結体組立の基本トレーニングの紹介
営業本部 テクニカルソリューショングループ 野々垣 肇 営業本部 H&S事業推進担当 山本 隆啓
- **技術論文** シール性に対する締付手順の影響 研究開発本部 商品開発部 藤原 隆寛
中国総合研究所 シールエンジ開発チーム 鄭 興
三菱ケミカル株式会社 岡山事業所 森本 史一
エラストマーOリングの選定指針及び選定トラブルとその対策
営業本部 テクニカルソリューショングループ 保科 正次
- **製品の紹介** ハンディすき間・段差測定器 GD-PROBER™の紹介 研究開発本部 P&Iサービス開発部 本居 学
高温用ガスケット新ラインアップ うず巻形ガスケット No.H590シリーズ
カンプロファイルガスケット No.HR540H 研究開発本部 商品開発部 高橋 聡美

No.36 Winter 2019

●ご挨拶

代表取締役社長 兼 CEO 瀧澤 利一

●2019年:バルカーテクノロジーニュース冬号発刊にあたって

常務執行役員 研究開発本部長 青木 睦郎

●カスタマー・ソリューション《共著》

船舶機器の異常振動を検知するシステムの紹介～予防保全に向けた異常振動検知システムの可能性～

商船三井テクノトレード株式会社 常務取締役 羽根田 誠 研究開発本部 第1商品開発部 佐藤 央隆

研究開発本部 第1商品開発部 米田 哲也 研究開発本部 先行技術開発部 油谷 康

●カスタマー・ソリューション《寄稿》

温度差によるフランジ締結力変化体験学習設備

昭和四日市石油株式会社 四日市製油所 工務部装置管理課 高村 健一

●技術論文 No.GF300付き24インチ管フランジ締結体の力学的特性とシール性評価

研究開発本部 第1商品開発部 佐藤 広嗣 中国総合研究所 シールエンジ開発チーム 鄭 興

広島大学 名誉教授 澤 俊行

ライニングタンク(応用編)

機能樹脂PM付 横山 竹志

●製品の紹介 長寿命FEPM TOUGHUORO

研究開発本部 第1商品開発部 圖師 浩文

低トルク&長寿命スィベルジョイント LFR JOINT

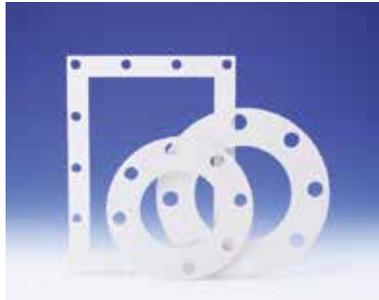
研究開発本部 第1商品開発部 西 亮輔

訂正とお詫び バルカーテクノロジーニュース冬号 No.38に掲載いたしました、「ボルト締付け方法が大口径管フランジ締結体の密封特性に及ぼす影響について」
2.試験方法 2-2)使用ガスケットにおいて誤記がございましたので、ここに訂正しお詫び申し上げます。
誤: φ603.2×φ628.6×φ695.8×φ717.6×t4.5 正: φ603.2×φ628.6×φ695.8×φ774.7×t4.5

地球に、そして人にやさしいモノづくり……



高性能ガスケット



バルカーヒートレジストシート®(HRS)

1000℃以上の高温で使用可能なシートガスケットです。従来の織布ガスケットより漏れにくく、排出ガスの環境対応にも効果的です。RCF(リフラクトリーセラミックファイバー)を含まず労働安全衛生法規制対象外です。

- 使用温度範囲：-200～1200℃ ●最大圧力：1.0MPa
- ※詳細は当社カタログをご参照ください。



ユニバーサルハイパー®(UF300)

薬液ラインにおけるガスケットの統合を可能にするシートガスケットです。高温・長期安定性に加え、耐薬品性を向上させたことにより、適応流体が大幅に広がりました。

強酸、強アルカリ、どちらのラインにもご使用いただけます。

- 使用温度範囲：-200～300℃ ●最大圧力：3.5MPa
- ※詳細は当社カタログをご参照ください。

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(代) FAX.03(5436)0560(代)
<http://www.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

●札幌営業所 ☎(011)736-5620 Fax.(011)736-5621
●仙台営業所 ☎(022)264-5514 Fax.(022)265-0266
●日立営業所 ☎(0294)22-2317 Fax.(0294)24-6519
●京浜営業所 ☎(045)444-1715 Fax.(045)441-0228
●高崎営業所 ☎(027)341-8469 Fax.(027)341-6717
●豊田営業所 ☎(0566)77-7011 Fax.(0566)77-7002
●名古屋営業所 ☎(052)811-6451 Fax.(052)811-6474
●北陸営業所 ☎(076)442-0522 Fax.(076)442-0523
●彦根営業所 ☎(0749)26-3191 Fax.(0749)26-7503
●大阪営業所 ☎(06)6265-5031 Fax.(06)6265-5040
●姫路営業所 ☎(079)241-9827 Fax.(079)241-8571
●岡山営業所 ☎(086)435-9511 Fax.(086)435-9512
●中国営業所 ☎(0827)54-2462 Fax.(0827)54-2466
●周南営業所 ☎(0834)27-5012 Fax.(0834)22-5166
●松山営業所 ☎(089)974-3331 Fax.(089)972-3567
●北九州営業所 ☎(093)521-4181 Fax.(093)531-4755
●長崎営業所 ☎(095)861-2545 Fax.(095)862-0126
●熊本営業所 ☎(096)364-3511 Fax.(096)364-3570
●厚木駐在所 ☎(046)401-1554 Fax.(046)401-1553
●富士駐在所 ☎(0545)87-2757 Fax.(0545)87-2213
●四日市駐在所 ☎(059)353-6952 Fax.(059)353-6950
●堺駐在所 ☎(072)227-1680 Fax.(072)227-1681
●広島駐在所 ☎(082)250-7551 Fax.(082)256-8623
●宇部駐在所 ☎(0836)31-2727 Fax.(0836)32-0771
●延岡駐在所 ☎(0982)92-0193 Fax.(0982)92-0192
●大分駐在所 ☎(090)2502-6125 Fax.(097)555-9340

VALQUA TECHNOLOGY NEWS

夏号 No.39 Summer 2020

発行日・・・2020年8月20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

グループ会社 国内販売拠点

■株式会社バルカーエスイーエス
●本社(千葉) ☎(0436)20-8511 Fax.(0436)20-8515
●鹿島営業所 ☎(0479)46-1011 Fax.(0479)46-2259

■株式会社バルカーテクノ
●本社・東京営業所 ☎(03)5434-7520 Fax.(03)5435-0264
●大阪営業所 ☎(06)4801-9586 Fax.(06)4801-9588
●福山営業所 ☎(084)941-1444 Fax.(084)943-5643

<http://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。