

Valqua Technology News

バルカー 技術誌

2019年 冬号

No.36 Winter 2019

- **ご挨拶**..... 1
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**..2
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~ 3
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 7
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 11
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
- **技術論文**
ライニングタンク(応用編) 18
機能樹脂PM付 横山 竹志
- **製品の紹介**
長寿命FEPM TOUGHUORO..... 25
研究開発本部 第1商品開発部 圖師 浩文
- **製品の紹介**
低トルク&長寿命スィベルジョイント LFR JOINT 29
研究開発本部 第1商品開発部 西 亮輔
- **テクノロジーニュース 直近のバックナンバー**..... 33



株式会社バルカー

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

ご挨拶

株式会社バルカー
代表取締役社長 兼 CEO

瀧澤 利一



平成31年の初春を迎え謹んでお慶びを申し上げます。
読者の皆さまには日頃から本誌をご愛読いただき、厚く御礼申し上げます。

昨年を振り返りますと、わが国の経済は円安、企業収益の向上、個人消費の回復等を反映して、上半期は堅調に推移いたしました。昨年も後半になってからは米中の経済軋轢の影響、人手不足など雇用環境も影響して、企業の先行きに対する見方は必ずしも楽観視できる状況ではありませんでした。そのような事業環境下で、民間企業はコンプライアンスの遵守や、品質の向上に対しては継続して注力しながら、自らの顧客に対して新たな付加価値の提供を行うために、過去から引き継がれている固定的な発想を打破して、新たなイノベーションを創造して行くことが強く求められております。

さて、多くの読者の皆さまには既に様々なメディアでお伝えしておりますように、当社は昨年10月1日に株式会社バルカーへと社名を変更いたしました。当社グループは、創業から現在まで90余年に亘り「Value (価値)」と「Quality (品質)」に対するあくなき追求を続け、シールエンジニアリングのパイオニアとして、世界中のあらゆる産業基盤を支えてまいりました。新社名は、この「シールエンジニアリング・サービス」を基軸として、グローバルでの事業展開を推し進める決意を反映したものであることを、読者の皆さまにおかれましても、今一度御確認をいただきたいと思えます。当社グループは、この社名変更の機会を第2の創業機会として定義づけ、H&Sカンパニーとして生まれ変わる強い決意を持ち、顧客視点に立った製品とサービスで構成されるトータルでのソリューションの開発を行い、顧客の皆さまに提供してまいります。

昨年からはスタート致しました第8次中期経営計画「New Valqua Stage Eight (NV・S8)」では、既に前段の中でも述べましたように、これまでの歴史の中で培ってまいりました独創的技術を更に発展させた「シールエンジニアリング・サービス」のソリューションを基軸として、顧客への新たな価値提供を目指したH&Sの活動が、当社グループ事業における成長をしていくための中枢と位置付けております。そして、その実践においては、過去の慣習的な事象の捉え方や、観念的かつ画一的な思考に囚われることが無いように心がけ、顧客の皆さまの周囲を取りまく挑戦に対し基本に立ち戻った分析と考察を行い真の顧客ニーズを把握して、「創造的な破壊」を創出する技術開発を行なうことにより、皆さまと共に健全で継続的な成長を実現してまいりたいと願っております。

最後になりましたが、今後とも一層のお引き立てを賜りますようお願い申し上げますとともに、読者の皆さまの益々の発展を祈念いたしまして、新年のご挨拶とさせていただきます。

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



謹んで平成31年新春のお慶びを申し上げます。

皆さまには日頃からバルカーテクノロジーニュースをご愛読いただき、心より感謝申し上げます。

平成最後の年を迎えて、ここ数年の技術環境やトレンドを振り返ってみますと、IoTやAIなどの情報技術の急激な進展や変化が、産業界の提供する価値の本質を大きく様変わりさせました。このように、市場に破壊的変化をもたらしつつある技術的なイノベーションのキーワードのひとつである、「コネクティビティ（繋がり）」の革新技術を活用し、様々な分野や技術を持つ企業同志の共同作業が、オープンイノベーションのコンセプトとともにIT技術を駆使したデジタル空間で実現されるようになってまいりました。

このような、新たな技術革新の波が押し寄せる世界のなかで、創業92周年を迎える本年においては、当社グループは技術開発活動において更なるグローバル化とオープンイノベーションを推進して、当社グループに蓄積された技術ノウハウと最先端技術とを融合し、お客さま視点に立った真の顧客ソリューションがスピード感を持って創生され、顧客の皆さまに対し提供できるように活動を続けてまいります。そして、それらの活動を通して、当社グループにおけるお客さまとのパートナーシップや環境的・経済的持続可能性を見据えた「繋がり」を大事にしつつ、お客さまが真に必要なとされる製品や技術ソリューションを、H&S企業としての活動成果としてお届けしてまいります。

今号のテクノロジーニュースは、当社グループが提供する「カスタマー・ソリューション」の実例、当社グループの技術を紹介する論文、そして新製品紹介という前号から継続された3部内容で構成されております。カスタマー・ソリューションの実例では、当社独自開発のセンシング技術と材料技術の組合せによるシステムにより、船舶機器の異常を検知して「安心・安全」をお届けする保全予知技術の紹介と、当社グループが提供するフランジ締結に関する体験学習装置と学習プログラムでの体験に対するお客さまからの寄稿を掲載しております。技術論文につきましては、大口径フランジ締結体の特性評価、ライニングタンクの加工技術や評価手法に関するテーマを取り上げて、読者の皆さまにご参考いただける技術レビューとすべく掲載いたしました。また、高温蒸気環境下の過酷環境でも優れた特性を示す新材料等、顧客の皆さまにとって今後の製品選定に対してお役に立てていただける情報についても、新製品の紹介として提供させていただいております。

元号の改まる本年も、これまでと同様に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けますようお願い申し上げます。

常務執行役員 研究開発本部長 青木 睦郎

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～

1. はじめに

日本経済を支える輸出入貿易においては、国際海上輸送が輸出入貨物総量の90%以上を占めており、船舶による輸送は国際貿易を行う上で非常に重要な手段となっている。世界経済の発展やボーダーレス化の進展に伴い、複雑に関連したグローバルリスクが顕在化する中で、海運事業は常に危険と隣り合わせであり、重大事故を起こさない実現を目指しており、輸送スケジュールを維持して安全な輸送を行うために、船舶の安全運航の維持管理はもとより、様々な観点から安全運航並びに海洋環境保全に対する取り組みを行っている。

船舶の安全運航を維持するための基本は、航海士による適正な監視並びに気象、海象を考慮した最適航路の選択などが重要であり、機関室においては船舶の推進力となる主機関、発電機関並びに各種ポンプ、送風機、モーターなどの補機関と呼ばれる運航に重要な機器が機関士により状態監視され、予防保全管理が行われている。機関室内に設置される各機関、機器類については、重大な損傷を未然に防ぐために、運転状態を毎日巡回点検する中で異常を発見し、開放整備するなど早期の対応が非常に重要となる。一昔前までは、船舶に搭載される機器の監視装置は必要最低限の装備しか無く、機関室内の見回り点検においては主に人間の五感に頼る対応がなされてきた。最近では温度、圧力、振動センサーなどの技術の向上により、多くの点検項目が自動監視され、異常をきたすと共に警報するシステムが搭載されているが、船上に装備されている全ての機器の微細な挙動変化や異常振動などについては、まだまだ十分な自動監視が出来ていないのが実情である。今回、商船三井テクノトレード株式会社と株式会社バルカーが共同で取り組み、開発した機器の異常振動を検知するポータブル式システムについて紹介する。

2. 機器の予防保全を目指す取り組み

2-1) 船上搭載機器の状態監視

船上に於ける主機、発電機、ボイラーなどを始めとした主要機器については、各部の温度、圧力、回転数などの運転状態が常時自動監視され、機関制御室に装備されたデータロガーにより定時記録されるとともに、異常が検出された場合には昼夜を問わず警報が発せられ、自動減速あるいは危急停止させ、バックアップ機能を有する機器については予備機が自動起動して航海に支障が出たり、重大な機器損傷を防止する手立てがなされている。

しかしながら、送風機やポンプなどを駆動するためのモーター及び小型回転機器などについては、運転状態を監視するためのセンサーなどは装備されておらず、モーターベアリングの損耗による発熱、異音、振動などに関しては、機関士による定期的な巡回時に触診や聴音棒を使用するなど人間の五感に頼る点検が行われている。異常の発見が遅れた場合には軸受部の損傷に起因するモーターの焼損などに至る場合があることから、船上に搭載される主要機器においては運転時間を基にした定期解放整備などの予防保全が行われているのが現状である。

2-2) 船上におけるビッグデータの活用

最近では、状態監視から得られる膨大なデータを衛星回線を利用することにより、陸上においても常時監視する事が可能になっており、これらのデータを気象や海象データと組み合わせ、船体や推進機関への負担を軽減させるための最適航路の選定や最適自動操舵に利用するなど、安全運航の向上に向けた取り組みがなされている。自動車メーカーなどでは昨今車両の自動運転の技術開発が盛んに行われているが、船舶においても自律航行船(無人化船)の技術開発が開始され、2020年初

頭には実証検証を行うための試験航海が見込まれる中で、気象、海象情報に加え、航海計器(レーダー、衝突予防装置、電子海図)情報や機関室内機器の状態監視情報など、各種ビッグデータが自律航行を推進する上で益々重要な要素となる。しかしながら、現状では船上に搭載されているすべての機器を自動監視するには至っておらず、機器の状態を測定し、異常の有無を確認、判断することが可能なツールが求められている。

特に船上の機器においては、陸上に設置の機器とは異なり、機器が設置される場所自体が動揺したり、他の設置機器の振動影響を受けるなど、機器単体の異常振動などを測定、監視することが非常に難しい環境にある。各機器がこのような環境にあることを踏まえて新たに開発された、「船用機器の異常振動を検知するシステム」では、船舶に搭載されるあらゆる機器に対して改造工事の必要が無く、測定対象機器以外から発生する外乱振動を除去する事が可能なノイズキャンセリング機能、並びに無線式での検知機能を付加するなど、危険箇所や高所などの立ち入りが制限される場所に設置される設備機器の無線遠隔振動計測が可能な簡易監視ツールとして、船舶に搭載される機器はもとより、陸上産業機器、プラント関連機器などの予防保全に広く利用することが期待されるシステム構成になっている。

3. 振動検知保全システムの概要

3-1)振動検知保全システムの機能と特徴

本システムは現在、実船にて検証中のシステムである。上述のように、機器の状態を監視する上で改造工事を必要とせず、動揺による振動影響を受けずに機器振動を測定監視できるシステムとして実証を進めている。

Figure1,2に振動検知保全システムの外観を、Table1にシステム本体の主要諸元を示す。

振動を検出するセンサー部はふっ素樹脂を活用して、ポンプなど高温となる場所での使用も出来るよう100℃環境下での耐熱性を想定している。機器の形状に関わらず手軽に設置出来るようテープや磁石で固定する方式とした。

センサーからの信号は、無線ドックを通じて離れた場所からタブレット端末で受信し、異常可否を経時的な変化として確認出来る。センサーとタブレットをケーブルで直接つないでの計測も可能である。

機能面では、船や機器の揺れや大きさのパターンを

振動周波数として分析する機能を搭載している。船の揺れによる振動影響(外乱振動)を軽減し、機器自体の振動と区別することで、継続的に機器単体の振動モニタリングを行う。



Figure1 振動検知保全システム外観
左 : タブレット端末
右上 : センサー (約2cm角)
右下 : 無線ドック(アンプ)



Figure2 薄膜ふっ素樹脂有機圧電素子

Table1 システム本体の主要諸元

表示部	10inch タブレット(タッチパネル)
Ch数	4ch or 2ch / アンプ 最大12ch (アンプ4台を無線接続)
出力	SD カードスロット (SDHC 対応 最大32GB)
防水等	IP54 相当
使用範囲	-10℃～50℃、90% RH 以下(結露ないこと)
大きさ 重さ	40(H)x275(W)x188(D)mm, 1200g (Li-ionバッテリー 280g 含む)
[予定]	電波法承認(欧州、米国、中国、日本) CE マーキング、WEEE 指令、 中国版 RoHS

3-2) 外乱振動の低減に係る検証実験例

航行時の風浪の状態など、船上計測における航行環境がもたらす影響(外乱振動)について、実験的手法による検証を試みた。

外乱振動源として加振装置を利用、加振台の上にモーターをセットアップすることで、外乱振動とモーター振動の区別が可能であるか確認した。加振装置は、IMV製i240SA3M、5Hz、5mmp-p条件にて加振方向はZ軸方向(上下に加振)とした。モーターは、スーパーライン単相モータ(SC-KR-100W-4P-100V)を用い、1720rpm(28.7 Hz)の条件、モーター回転軸が加振方向に対して垂直になるように設置・固定した。計測結果についてFigure3, 4に示す。

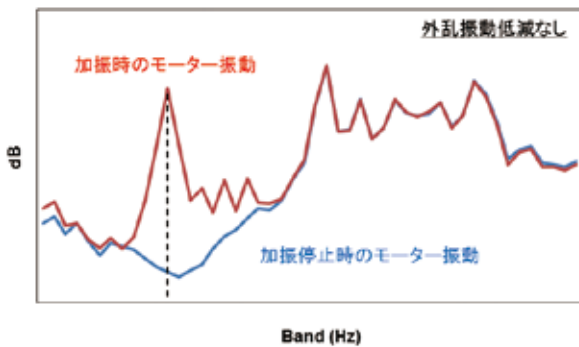


Figure3 加振機振動の影響を受けたモーター振動バンド

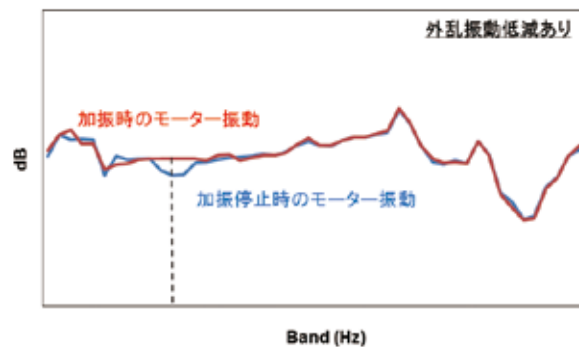


Figure4 加振機振動の影響を低減させた場合のモーター振動バンド

Figure3によれば、モーター振動は外乱振動の影響を受け、加振条件である5Hzの信号強度が上昇、加振器停止中に比べ、振動レベルが大きく変化(約50dB)していることがわかる。一方で、外乱振動を低減させた場合、5Hzでの振動強度上昇は5dB以内に収まることを確認した(Figure4)。同様に、加振振幅を変化させた場合(5Hz: 5, 7, 10mmp-p)、加振振動数を変えた場合(75Hz : 0.03, 0.05mmp-p、200Hz : 0.005, 0.007mmp-p)においても計測

した結果、いずれの条件でも、外乱振動の影響は5dB以内となった。航行時における波の影響を低減出来る可能性があるが示唆された。

3-3) 実船での計測例

商船三井テクノトレード㈱の内航給油船(テクノスター)での、冷却海水ポンプにおける計測結果の一例をFigure5に示す。経時的な信号強度の変化が見て取れる。本格的な実証試験に向けて、外乱振動の影響も加味しながら継続計測を行っていく予定である。

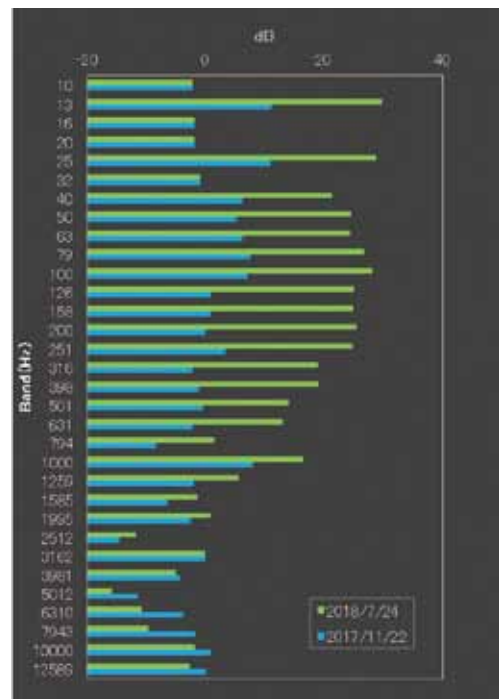


Figure5 実船での振動計測結果の一例(冷却海水ポンプ)

4. まとめ

開発したシステムにおいて、実験室レベルでの検証実験では外乱振動の低減を確認することが出来た。また、実船での計測においては経時的な信号強度の違いを確認するに至った。しかし、実際の航行においては、主機出力や往航・復航時の载荷条件、周辺機器の稼働状況など、逐次周囲環境が変わる中での振動状態を計測することになる。本格的な実証試験に向け、多岐多様な外乱振動の影響を確認・加味しながらも、機器振動の状態変化を検出し、適切な閾値設定を行うことが今後の課題である。

5. おわりに

個々の機器に関する不具合や故障の癖を把握し、メンテナンス部品の持ち方も含めた適切な保全管理を進めることは、陸地を離れ洋上を航行する船舶においては

有効であると考えます。継続して実証試験を進めていくことで、健全な状態とは異なる状態が見える化し、予知保全効果が期待出来るシステムとして、海陸を問わず広く産業界の安全・安心に貢献したいと考えています。



羽根田 誠
商船三井テクノトレード株式会社
常務取締役



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 第1商品開発部



油谷 康
研究開発本部 先行技術開発部

温度差によるフランジ締結力変化 体験学習設備

1. はじめに

石油精製プラントでは配管などの接続に数え切れないほど数多くのフランジが使用されている。それらのフランジ締結部から内部流体の漏洩がほとんどないため、多くの人はフランジから内部流体が漏れるということほとんど意識せずにプラントの運転を行っている。また、金属材料は温度変化で伸縮するということは一般的な知識として知っているものの、フランジ締結力と関連付けてオペレーションを行なっているかは、知識や経験によるものが大きいと思われる。

ベテラン社員では、過去の失敗経験からフランジは漏れるものという認識はあるものの、経験の少ない若手社員はフランジ締結部から漏洩が起こることがあまりイメージ出来ない。

配管が温度変化した場合、フランジ締結力に影響を及ぼし、場合によっては面圧の低下から内部流体が漏洩するということを学ぶことがプラントの安全操業には不可欠なことであり、プラントの操業に係わる人が身につけていなければいけない知識である。

当製油所において、運転開始作業中にフランジ締結部からフラッシングオイル(軽油)が漏洩した事例が過去にあった。漏洩は、フラッシングオイル(約25℃)を導入した際、接続する熱油配管(約200℃)との接合フランジで急激な温度低下が起こり配管に熱ひずみが生じ、フランジ締結部の面圧が低下したことによるものであった。

以上のようなことから、温度変化によるフランジ締結部の面圧低下及びその後の内部流体の漏洩を体験学習を通じて学ぶこと、及びメカニズムを知ることはプラントの安全操業には不可欠なものであるという思いから、株式会社バルカー殿に体験用装置の製作及びその装置を使用した体験学習プログラムを作成いただいた。

本報では、体験学習装置を用いて実際に教育を行った状況を報告する。

2. 体験学習装置概要

2-1) 仕様の検討

体験学習装置の仕様検討において、流体温度(高温、低温)は当社の事例に近い温度を採用し、研修として使用するため安全性への配慮を行った。研修プログラムを踏まえて装置を設計し、設計案を両社で協議し、協議結果を反映した装置を製作していただいた。

2-2) 装置概要

完成した装置の外観をFigure1に示す。中央部がフランジ締結力をモニタリングするフランジで、左手デスク上のモニターで各ボルトの締付力が表示される。



Figure1 体験学習装置 外観
(左側が高温部、右側が低温部)

2-3) 学習手順 (Figure2 参照)

- ①高温側の流体温度を約200℃に設定し、低温側流体(約20℃)のない状態のフランジ締結力をオンラインでモニタリングし、締付状況(バランス)をモニターにて確認する。
- ②低温側流体を徐々に導入し、配管内のレベルをのぞき窓 (Figure1の右側フランジ)より目視で確認する。
- ③低温流体を入れることにより、フランジ締結力(バランス)がどのように変化するか確認する。
- ④本体験を通じて、内部流体の漏洩につながるフランジ締結力の低下を体験し、担当するプラント装置の運転時に注意

することを各自が考察する。



Figure2 体験学習装置実習時の様子
(手前が研修生、奥が講師)

3. 研修プログラム

STC奈良に本体験装置を設置していただき、フランジ締結に関する既存の装置と教育プログラムに本研修を組み合わせた研修プログラムを検討していただいた。なお、研修プログラムは製造部門と工務部門で異なる内容としている。(製造部門では、小径配管のガスケット交換や増締めを自分達で行うため、フランジ締付方法に関して、工務部門より約1時間多くの時間を充当している。)

3-1) 製造部門

座学講習 1.5時間 (Figure3参照)

- ・ガスケットとは
(シールとは/許容漏れ量/求められる特性他)
- ・ガスケットの種類、施工
(締付方法/増締め他)
- ・故障事例
(施工不良、選定ミス他)



Figure3 座学講習時の様子

実技講習 4.5時間 (Figure4, 5, 6参照)

- ・ガスケットのフランジ締付方法
(目標とする締付力に対して、実際に各講習者が締付けたときの締付力を比較し、自身の技量を把握する。)
- ・ガスケットのクリープ緩和、シール性、圧縮破壊
(ガスケットの温度特性であるクリープ現象、過度あるいは締付力不足による不具合の体験)
- ・ボルトの管理状態の影響
- ・新装置を用いた実習(前述)



Figure4 実技講習時の様子



Figure5 実技講習時の様子

3-2) 工務部門

座学講習 2.5時間

- ・ガスケットとは
- ・ガスケットの種類、選定、施工

実技講習 3.5時間

- ・ガスケットのフランジ締付け方法
- ・ガスケットのクリープ緩和、シール性
- ・ボルトの管理状態の影響
- ・新装置を用いた実習(前述)



Figure6 実技講習時の様子

研修は、座学と実技講習を関連付け、各参加者が実習目的を自ら考え、体験し、その結果を確実に理解出来るように、各回4名の少人数参加で行っていて、緊張感を持って実習している。また、安全面の対策は予め十分に考慮されているが、少人数で行うことで緊張感を持続させ、不慮の怪我を起こさせないことも意図している。

なお、当初の研修時間は9:00～17:00であるが、四日市から片道2時間ほど掛かり、特に交替勤務者の勤務への負担が大きいことから、座学講習は複数回まとめて当社内で実施し、奈良STCで実技のみ行うかたちに変更している。

4. 研修の成果

株式会社バルカー殿は研修の最後にアンケートを実施し、参加者の意見を次回以降の講習にフィードバックしている。

当社のこれまでの参加者(12名)のアンケート結果をまとめると

- ①全体の満足度：平均4.7
(5段階 満足度高5⇔低1)
- ②当初期待と実際の内容の相違：平均 4.8
(5段階 期待通り5⇔期待外れ1)
- ③座学の理解度：平均 4.3
(5段階 よくわかった5⇔わからない1)
- ④実技の理解度：平均 4.7
(5段階 よくわかった5⇔わからない1)

実技に関しては、平均4.7と高い理解度を示している。

また参加者の感想として

「フランジ急冷による締付力の変化が予想より早く驚いた」

「冷却されたことによる締付力の低下をリアルタイムで確認出

来たことにより理解し易かった」

「実際に起きた事例に関する装置を体験することで10年後、20年後まで薄れることなく、危険性を認識出来る非常に良い体験となった」

など、体験学習装置に関して、好意的な感想を持たれたようである。

ほとんどの参加者が本講習を職場の同僚(特に後輩)に紹介したいという感想を持たれており、上記のように満足度、理解度も高いこともあって、本講習への参加によりフランジ締付力の管理を強化していくことは有効と判断し、今後も本講習を当社教育プログラムの一環として、未受講者の参加を計画している。

5. おわりに

当社では、構内に教育用配管&バルブ設備を設置し、新入社員教育の一環として、フランジ締付けなどの基本操作を覚えてもらい、自主保全活動として行うガスケット交換やフランジ締付作業の重要性を教育している。フランジ締結部の面圧低下は、内部流体の漏洩など、大きな事故に繋がるおそれがある。一方で製油所の運転・保全を担当していても、面圧低下のメカニズムを実体験する機会はほとんどなく、トラブルが起きて、改めてその重要性に気づかされることが多い。

今回、温度変化によるフランジ締結部の面圧低下及びその後の内部流体の漏洩を体験学習を通じて学ぶこと、及びメカニズムを知ることはプラントの安全操業には不可欠なものであるという思いから、株式会社バルカー殿に体験用装置の製作及びその装置を使用した体験学習プログラムを作成いただいた。

体験学習装置を用いて実際に社員教育を行った結果、その有効性が確認出来たため、今後も本装置及び体験学習プログラムの受講を通して、フランジ締結力の管理の重要性を社員に教育していきたい。また、多くの会社にも本プログラムを受講いただくことにより、工場などにおける同様のトラブル防止に繋がれば幸甚に思う。

最後に本装置を製作いただき、また今回報告の機会をいただいた株式会社バルカー殿及び代理店の東洋産業株式会社殿に感謝いたします。

6. 参考文献

- 1) 村松晃：バルカー技術誌. No.33, 15-18 (2017)



高村 健一
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

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

1. はじめに

ガスケットが組み込まれた管フランジ締結体は石油化学プラント、発電プラント、製鉄プラントなどで数多く使用されている。石綿ガスケットは高い耐熱性、シール性、高強度で取扱いやすい上に安価であるので広く使用され、石綿ガスケットに関する研究も行われてきた^{1)~3)}。以前から欧米では進んでいたが、日本でも2000年頃から人体への健康被害が数多く報告されたことで規制が設けられ、2008年より日本では石綿ガスケットは使用出来ない⁴⁾。

石綿ガスケットには石綿ファイラークラス巻形ガスケットと石綿ジョイントシートガスケットの2種類が存在し、うず巻形ガスケットにおいては、膨張黒鉛ファイラを代替することで大きな問題は生じなかった。一方で、石綿ジョイントシートガスケットの代替にはアラミド繊維を配合したノンアスジョイントシートガスケット、膨張黒鉛シートガスケット、PTFE配合シートガスケットが開発検討された⁵⁾。アラミドジョイントシートガスケットはゴム分を多く含むために高温環境下において硬化して割れる、ボルトの増締めが出来ないなどの問題があり、膨張黒鉛シートガスケットは容易に傷つきやすく取扱い性が悪いという課題が生じた。このような背景もあり、日本ではPTFE配合ガスケットが広く使用されるようになった。PTFEは耐熱性、耐薬品性、シール性に優れており、クリープが大きいという課題も配合や製造方法の改良によって大きく改良されている。しかし、これまでは石綿ガスケットにあった実績がPTFE配合ガスケットにはなく、理論的な特性研究データが必要となっている。これまでに、筆者らは当社のPTFE配合ガスケットNo.GF300ガスケットが組み込まれた管フランジ締結体に対し、常温下、高温環境下及び配管曲げ作用下におけるガスケット付き管フランジ締結体の力学的挙動解明に関する研究を進めている^{6)~8)}。

ガスケット付き管フランジ締結体には種々の呼び寸法があり、呼び径が異なるとその特性が変わることが知られている。特に呼び径が大きくなると締結体のシール性が低下すると

言われている。しかし、費用や時間の問題からこれまでのガスケット付き管フランジ締結体の研究は2~6インチの比較的小口径寸法を対象としたものがほとんどであり、大口径フランジ締結体の特性は不明瞭な点が多いというのが現状である。

Sawaらは20インチ寸法の管フランジ締結体を用いてうず巻形ガスケット付き締結体の特性を明らかにし、小口径管フランジ締結体の特性と異なること及びシール性が劣ることを示している^{9)~13)}。しかし、ASME規格では更に呼び径の大きい24インチフランジ寸法が規定されており、加えて、広く使用されているPTFE配合ガスケットが組み込まれた大口径管フランジ締結体の力学的特性やシール性の研究はなされていないため、このようなガスケットを用いた管フランジ締結体の研究が必要となっている。

本研究では、FEM解析と実験によりNo.GF300付き24インチ管フランジ締結体の力学的特性を評価することを目的としている。まず、JIS B 2490に準拠してNo.GF300ガスケットの基礎特性を調べる¹⁴⁾。これら基礎データをFEM解析に入力し、ボルト軸力変動とガスケット接触応力分布を算出する。加えて、FEM解析から算出したガスケット接触応力分布と実験から得られた漏れ量-ガスケット応力関係を用いて管フランジ締結体からの漏れ量を推定する。FEM解析の妥当性を示すために実験を行い、実験結果とFEM解析結果の比較検討を行う。実験では管フランジ締結体からの漏れ量とボルト軸力変動を測定する。本研究で用いる管フランジ締結体はASME class300 24インチ寸法の締結体としている。

本研究で用いるNo.GF300をはじめとした当社のPTFE配合の高機能シートガスケットは耐熱性、耐薬品性、シール性、取扱い性が優れているので広く使用されている。加えて、ゴム分を一切含まないため、300℃以下の温度や経時では材料劣化は生じず、本研究において精度良く力学的な特性を評価できると考えている。

2. 実験方法

Figure1はボルト軸力変動及び漏れ量を測定するためのNo.GF300ガスケット付き管フランジ締結体装置を示す。管フランジ締結体寸法はASME class300 24インチ、材料はSUS304製である¹⁵⁾。管の有無によって締結部の特性が大きく変わることが知られており、本装置は実機と同様に長い管を有するものとしている。ガスケットの寸法もASME class300 24インチ、厚さ3.0mmとし、ボルト呼び径はM39である。

24本全てのボルトの軸部にはひずみゲージが貼り付けられており、ひずみ計と繋ぐことでボルト軸力を計測及び記録出来る。なお全てのひずみゲージは予め校正されている。締結体からの漏れ量は圧力降下法を用いて、以下の式(1)によって計測する。

$$L = \frac{MV}{tRT_1} \left(P_1 - \frac{T_2}{T_1} P_2 \right) \quad (1)$$

ここで、 L :漏れ量、 M :モル質量、 V :装置の内容積、 t :測定時間、 R :ガス定数、 T_1 :測定開始時の温度、 T_2 :測



Figure1 24インチ管フランジ締結体の実験装置

定終了時の温度、 P_1 :測定開始時の内圧力、 P_2 :測定終了時の内圧力。

初期内圧力 P_1 は2MPaとし、実験は常温環境下で行われる。締付けは平均ガスケット応力10、20、30、及び40MPaに相当する34.2、68.5、102.7、及び136.9kNの初期ボルト軸力を負荷する。締付け後にボンベよりヘリウムガスを流入し、漏れ量を測定する。

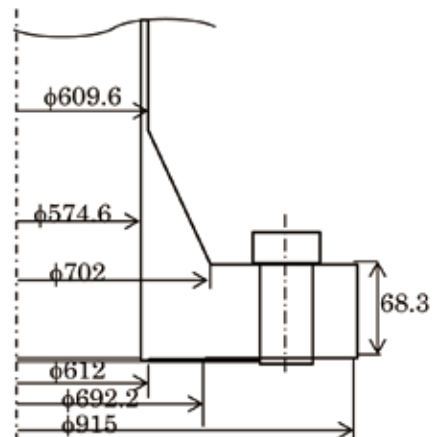


Figure2 24インチ管フランジ締結体の寸法

3. ガスケット特性

No.GF300ガスケットの圧縮特性及び漏れ量-ガスケット応力関係を予め実験により測定し、測定値をFEM解析に用いる。

3-1) 圧縮特性

Figure3に示す実験装置を用いて、まず常温下におけるNo.GF300ガスケットの圧縮特性を測定する。圧縮用のプラテンはJIS 10K50A寸法の平面座を有している。一對のプラテンの間にガスケットを挟み込み、材料試験機によって圧縮し、その際の圧縮量を測定する。Figure4は材料試験によ

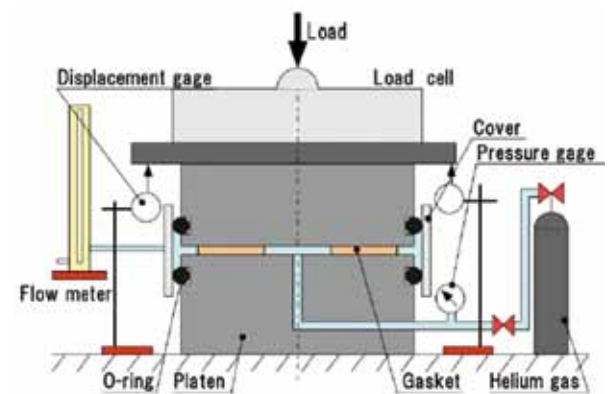


Figure3 ガスケット特性測定装置

て得られた応力-圧縮量関係(圧縮特性)を示す。圧縮及び復元カーブには非線形性とヒステリシス性が見られる。FEM解析にはこれら挙動も考慮し、計算する。

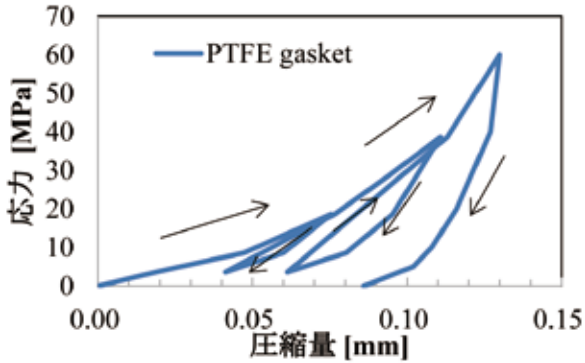


Figure4 ガasketの圧縮特性

3-2) シール性

圧縮特性と同様にFigure3に示すプラテン装置を用い、JIS B 2490に準拠してガスケットの漏れ量-ガスケット応力関係を測定する。材料試験機によって段階的に圧縮し、ヘリウムガス2MPaを負荷した場合の漏れ量を測定する。ガスケット部から漏れ出たガスはゴムOリングとスリーブによって回収され、石鹼膜流量計を用いて測定される。Figure5は測定された漏れ量-ガスケット応力関係である。縦軸は漏れ量の対数表示、横軸はガスケット応力を示している。ガスケット応力が大きくなるほど漏れ量は小さくなること分かる。ガスケット応力が30MPa以上では、漏れ量が微小で測定出来なかったため、データが示されていない。

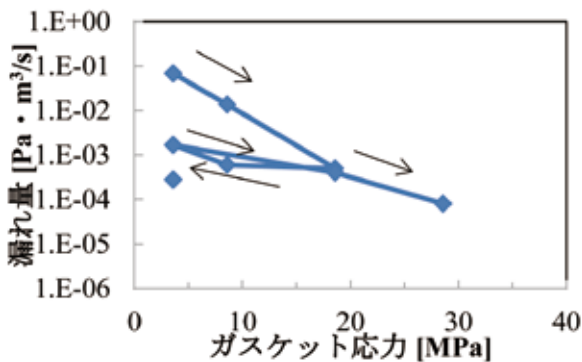


Figure5 ガasketの漏れ量-応力関係

4. FEM解析

Figure6は24インチ寸法のガスケット付き管フランジ締結体のFEM解析モデルである。解析には汎用コードABAQUSを用い、要素数は2695、節点数は4408である。締結体の対称性を考慮し、1/96モデル(周方向に1/48、軸

方向に1/2)としている。本モデルでは、簡易化のために六角形形状のナットを断面積が等価の円形とし、ねじも省略している。Figure7はFEM解析における境界条件を示している。全ての要素は対称境界面で各方向に拘束されている。ボルトモデルに軸方向の荷重を負荷することで初期締付力を与え、内圧負荷時には拘束する。内圧力はフランジ及び管内面に圧力を作用させている。

フランジ及びボルトのモデルには弾性要素を用い、ガスケットにはABAQUSガスケット要素を用いている。このABAQUSガスケット要素は非線形性とヒステリシス特性を考慮することが可能である。FEM解析では、ボルト軸力の変動とガスケット接触応力分布を算出する。



Figure6 管フランジ締結体のFEM解析モデル



Figure7 FEM解析の境界条件

5. 実験及びFEM解析結果

5-1) ボルト軸力

Figure8は実験とFEM解析から得られた内圧作用時のボルト軸力変動の結果を示す。横軸は内圧力、縦軸はボルト軸力とし、実線は実験結果、破線はFEM結果を示している。実験結果のボルト軸力は、24本のボルトの平均値としている。初期締付けはガスケット接触応力10、20、30、及び40MPaに相当するボルト軸力34.2、68.5、102.7、及び136.9kNとする。全ての条件において、内圧力が大きくなるほどボルト軸力は低下した。これは、内圧力によってフランジローテーションが増大し、ボルト軸が収縮することによるものと

考えられる。実験結果とFEM解析結果はかなりよく一致しており、FEM解析の妥当性が示されている。

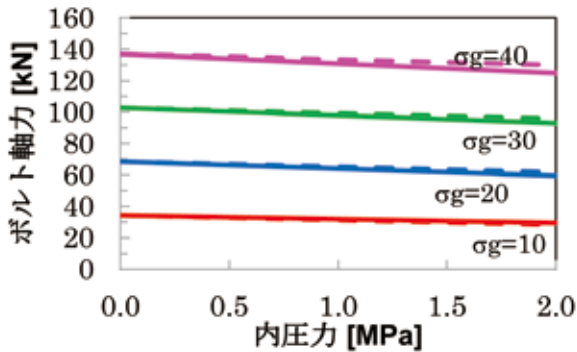


Figure8 内圧作用時のボルト軸力変動

5-2) ガasket接触応力と漏れ量

Figure9はFEM解析から得られた締付時及び内圧2MPa作用時におけるガスケット接触応力分布を示す。初期締付けにおける平均ガスケット接触応力は10、20、30及び40MPaである。得られた全てのコンター図において、ガスケット外径部はフランジ平面座から外れてフランジとは接触しておらず、接触応力がゼロであることが分かる。初期締付時のデータを見ると、フランジローテーションに起因して外径側ほど接触応力が大きくなっている。また、平均ガスケット接触応力が大きい場合でも、内径側のガスケット接触応力がゼロであることが分かる。これはフランジローテーションによってガスケット内径側がフランジと分離し、非接触になっているからである。加えて、ガスケット接触応力の周方向の分布の変化は極めて小さいことも分かった。内圧作用時、軸方向のスラスト力によってガスケット接触応力の総和は減少する。

ここで、FEM解析から得られたガスケット接触応力分布及び実験から得られたFigure4にも示されている漏れ量-ガスケット応力関係から、締結体からの漏れ量を推定する^{(11), (12)}。Figure10は実験で測定した漏れ量と推定した漏れ量の比較を示す。縦軸は総漏れ量をガスケット接触外周長さで除することにより単位長さ当たりの漏れ量としている。ガスケット接触応力が大きくなるほど、漏れ量は小さくなる事が分かる。また、推定した漏れ量と実験結果はかなりよく一致しており、漏れ量推定の方法およびFEM解析の妥当性が示されている。

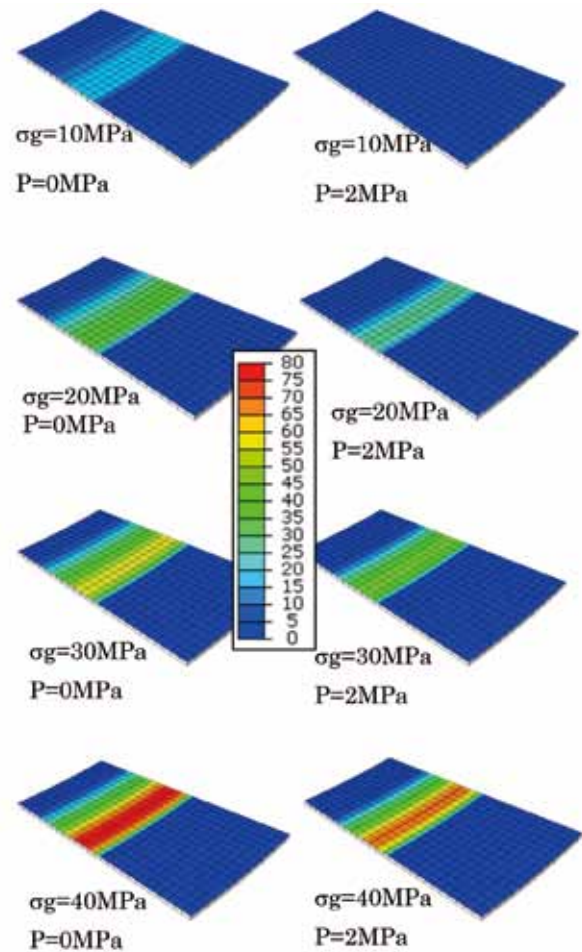


Figure9 FEM解析から得られたガスケット接触応力分布

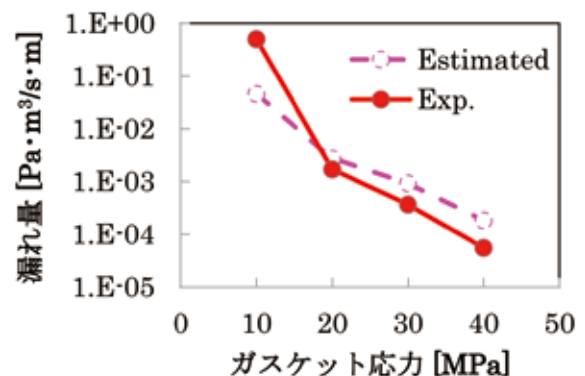


Figure10 ガasketからの漏れ量の測定値と推定値の比較

6. 考察

6-1) 管フランジ締結体の呼び径がボルト軸力変動に及ぼす影響

Figure11はFEM解析から算出したNo.GF300ガスケットを組み込んだ2、4、8、12、16、20、及び24インチの管フランジ締結体に内圧を作用させた場合の内力係数の値を示し

ている。目標ガスケット接触応力の平均値を20MPa、内圧は2MPaとしている。縦軸に示される内力係数は外力(この場合は内圧力)を受けた場合のボルト軸力の増分割合であり、正の値はボルト軸力が増加、負の値は軸力が減少することを表している。管フランジ呼び径が大きくなるほど内力係数は小さくなる傾向であることが分かった。これは、管フランジ呼び径が大きいかほどフランジリングの曲げ剛性が小さくなり、内圧作用時にフランジローテーションが助長されやすく、その結果ボルトが収縮しやすくなるためである。Figure12は各管フランジ呼び径寸法におけるガスケット接触応力分布を示している。横軸はガスケット幅に対する割合とし、無次元化している。いずれの寸法条件においても内圧作用時にガスケット接触応力は低下しているが、これは呼び径が大きくなるほど顕著であった。呼び径が大きくなるほど内圧力の受圧面積が大きくなり、スラスト力が大きくなること、及び内力係数の値が負になるため、ガスケット接触応力が失われる割合が大きくなるのが原因と考えられる。

Figure13は、2~24インチ管フランジ締結体を対象にFigure10の結果と同様の方法で推定した漏れ量を表している。目標ガスケット接触応力の平均値を30MPaとし、漏れ量は総漏れ量をガスケット接触外周長さで除して単位長さ当た

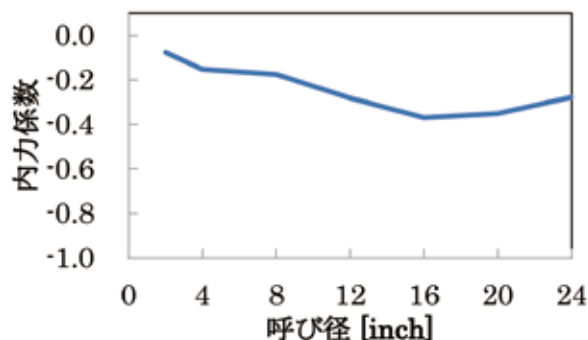


Figure11 管フランジ呼び径が内力係数に及ぼす影響

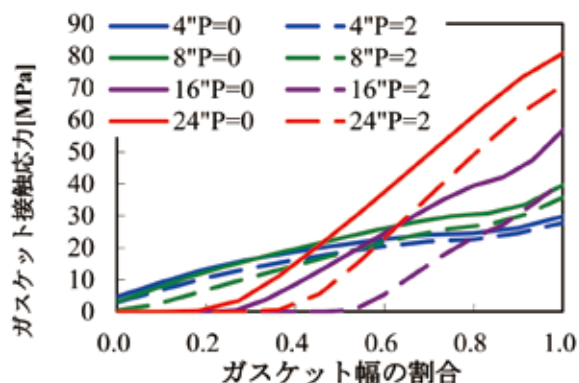


Figure12 各管フランジ呼び径の締結体における半径方向のガスケット接触応力分布

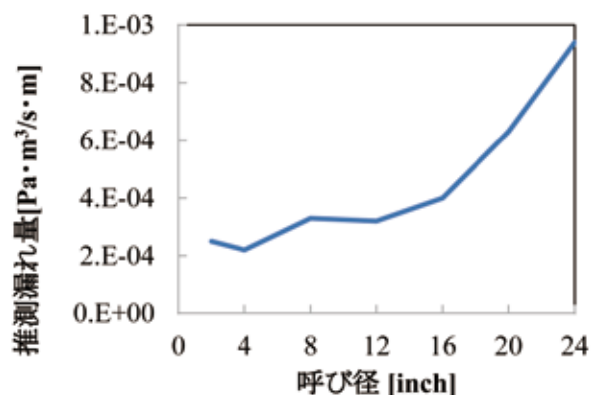


Figure13 管フランジ呼び径が単位長さ当たり漏れ量に及ぼす影響

りの漏れ量としている。管フランジ呼び径が大きくなるほど単位長さあたりの漏れ量は増加するが、縦軸は対数表示ではなく線形表示であり、実際には差異はさほど大きくはない。

6-2) No.GF300と膨張黒鉛フィラーガスケットNo.6596Vを用いた各管フランジ締結体のシール性の比較

Figure14はNo.GF300と膨張黒鉛フィラーガスケットNo.6596Vを用いた管フランジ締結体の単位長さあたりの漏れ量とガスケット接触応力の関係を示す。これまでと同様に管フランジ締結体寸法はASME class300 24インチ、内圧は2MPaである。No.6596Vを用いた管フランジ締結体に対してもFEM解析と実験を比較し、FEM解析手法の妥当性を確認している。ガスケット接触応力がより小さい場合は漏れ量が比較的大きいものの、ガスケット接触応力がより大きい場合はNo.6596Vを用いた管フランジ締結体よりもNo.GF300を用いた管フランジ締結体の方がシール性は優れていることが分かった。No.6596Vのフィラー材料の膨張黒鉛を用いた締結体は比較的小さい応力でも良好なシール性を発揮する。一方で、No.GF300はより小さい応力ではフランジ面との馴染みが得られないが、ガスケット接触応力が大きくなった場合に

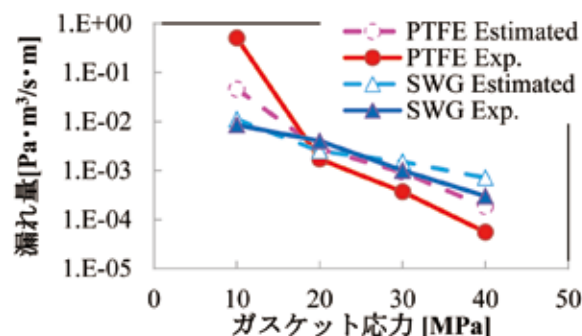


Figure14 No.GF300とNo.6596Vを用いた各管フランジ締結体のシール性の比較

はフランジ面との馴染みが得られ、また、圧縮による高密度化によってより高いシール性を発揮したと考えられる。強度計算上、うず巻形ガスケットが適用出来ない管フランジ締結体にNo.GF300を用いてもうず巻形ガスケットを用いた場合と同等以上のシール性を得ることが分かった。

7. おわりに

本研究では、No.GF300付きASME class300 24インチ管フランジ締結体を対象に、実験およびFEM解析により力学特性を調べ、以下の結論が得られた。

- (1) JIS B 2490に準拠し、No.GF300の圧縮特性、漏れ量-ガスケット接触応力関係を測定した。
- (2) 上記のガスケット特性とFEM解析から得られたガスケット接触応力分布結果により、管フランジ締結体からの漏れ量を推定した。加えて、実験と比較し両結果はかなりよく一致することを示し、その推定手法の妥当性を示した。
- (3) FEM解析及び実験によって、No.GF300付き24インチ管フランジ締結体に内圧が作用した場合にフランジローテーションによりボルト軸力が低下することを明らかにした。また、FEM解析結果は実験結果とかなりよく一致していることを示した。
- (4) FEM解析とガスケット基礎データを用いて、管フランジ呼び径が大きくなるほど、内力係数は小さく、漏れ量は大きくなる傾向にあることを明らかにした。
- (5) No.GF300は推奨面圧35MPaを負荷した場合、膨張黒鉛フィラーうず巻形ガスケットを用いた管フランジ締結体に比べて高いシール性を発揮することを明らかにした。強度計算上、うず巻形ガスケットが適用できない管フランジ締結体においても、No.GF300を用いた場合でもうず巻形ガスケットを用いた場合と同等以上のシール性を得ることが分かった。

8. 参考文献

- 1) T. TAKAKI, K. SATO, Y. YAMANAKA, T. FUKUOKA, "Effects of Flange Rotation on the Sealing Performance of Pipe Flange Connections", ASME PVP Vol.478, (2004), pp.121-128.
- 2) T. SAWA, N. OGATA, T. NISHIDA, "Stress Analysis and Determination of Bolted Preload in Pipe Flange Connections with Gasket under Internal pressure", Transactions of the ASME, Journal of Pressure Vessel Technology, Vol.124, (2002), pp.22-27.
- 3) T. KOBAYASHI, T. NISHIDA, Y. YAMANAKA, "Effect of Creep-Relaxation Characteristics of Gaskets on the Bolt Loads of Gasketed Joints", ASME PVP Vol.457, (2003), pp.111-118.
- 4) 厚生労働省“労働安全衛生法施行令等の一部を改正する法令”, 政令第349号, (2008).
- 5) 日本バルカー工業株式会社, “ガスケット”, カタログNo. YC08, (2016).
- 6) K. SATO, A. MURAMATSU, T. KOBAYASHI, T. SAWA, "FEM Stress Analysis and Sealing Performance of Bolted Flanged Connections using PTFE Blended Gaskets under Internal Pressure", PVP2015-45268, Proceeding of ASME PVP 2015 Conference, (2015).
- 7) K. SATO, T. SAWA, T. KOBAYASHI, "FEM STRESS ANALYSIS of Long-term Sealing Performance for Bolted Pipe Flange Connections with PTFE Blended Gaskets under Elevated Temperature", PVP2016-63372, Proceeding of ASME PVP 2016 Conference, (2016).
- 8) K. SATO, T. SAWA, R. MORIMOTO, T. KOBAYASHI, "FEM Stress Analysis and Mechanical Characteristics of Bolted Pipe Flange Connections with PTFE Blended Gaskets Subjected to External Bending Moments and Internal Pressure", PVP2017-65332, Proceeding of ASME PVP 2017 Conference, (2017).
- 9) Y. TAKAGI, T. SAWA, H. TORII, Y. OMIYA, "Effects of Scatter in Bolt Preload on the Sealing Performance of Pipe Flange Connections Under Internal Pressure (Case Where the Nominal Diameter of Pipe Flange Connection is 20")", PVP PVP2010-25499, Proceeding of ASME PVP2010 Conference, (2010).
- 10) Y. TAKAGI, T. SAWA, H. TORII, Y. OMIYA, "Effects of Scatter in Bolt Preload on the Sealing Performance of Pipe Flange Connections Under Internal Pressure (Case Where the Nominal Diameter of Pipe Flange Connection is 20")", PVP2010-25499, Proceeding of ASME PVP2010 Conference, (2010).
- 11) Y. OMIYA, T. SAWA, Y. TAKAGI, "Stress Analysis

and Design of Bolted Flange Connections under Internal Pressure”, PVP2014-28606, Proceeding of ASME PVP 2014 Conference, (2014) .

- 12) Y. OMIYA, T. SAWA, “Stress Analysis and Sealing Performance Evaluation of Bolted Pipe Flange Connections with Smaller and Larger Nominal Diameter under Repeated Temperature Changes”, PVP2014-28730, Proceeding of ASME PVP 2014 Conference, (2014) .
- 13) A. MURAMATSU, K. SATO, M. U. KHAN, T.

SAWA, “FEM Stress Analysis and the Sealing Performance evaluation of Bolted Pipe Flange Connections with Large Nominal Diameter Subjected to Internal Pressure”, PVP2016-63407, Proceeding of ASME PVP 2016 Conference, (2016).

- 14) Japanese Industrial Standards. JIS B 2490 “Test method for sealing behavior of gaskets for pipe flanges”, (2008) .
- 15) ANSI/ASME B 16.5, “Pipe Flanges and Flanged Fittings”, (1996) .



佐藤 広嗣
研究開発本部
第1商品開発部



鄭 興
中国総合研究所
シールエンジ開発チーム



澤 俊行
広島大学 名誉教授

ライニングタンク（応用編）

1. はじめに

前回のライニングタンク(基礎編)に続き今回は「応用編」を紹介する。

基礎編ではふっ素樹脂の種類と特徴、ふっ素樹脂シートライニングの工程、ふっ素樹脂ライニングタンク設計上の注意点など基礎的な事項を記してきたが、今回は当社のシートライニング加工の特徴並びに当社で取り扱うライニング用シートの特徴について紹介する。

2. 当社のライニング加工方法の特徴

本報では当社加工技術の特徴である高純度ふっ素樹脂ライニングタンクの製法について説明する。

2-1) 鏡板部分のライニングシートの癖付け及び貼り付け

ふっ素樹脂ライニングタンクは一般に外殻の金属性の缶体にふっ素樹脂シートを貼り付ける。シートはロール状に巻かれており短冊状に切断し使用する。缶体胴体部分は短冊状のシートをそのまま貼り付けることが可能だが、鏡板部分は曲面であり、短冊状のシートでは貼り付けが困難なため数等分にシートを貼り合わせている。

当社の貼り付け方法は鏡板部分のライニングシートを貼り付け前に加熱し鏡板形状に癖付けを行い使用している。

- 鏡板用ライニングシートを事前に癖付け加工する事により
- ・後述する真空貼り付け法とシートの鏡板癖付けの併用によりシートを貼り付ける際、シート表面を擦る作業を削減させ表面のキズが激減させ、シートの汚染を削減させることとなる。
 - ・癖付け前のシートは正方形に加工され、溶接ラインは少ない。これにより溶接部破損等のトラブルリスクが削減される。
 - ・癖付け温度は接着剤加硫温度よりも高温でありシートの残留応力は少ない。

これにより接着剥離のトラブルリスクが削減される。
以上3点の効果が期待出来る。



Figure1 他社製タンク



Figure2 当社のライナー

Figure1は他社施工のライニングタンクである。底部の鏡板部分に溶接線が多い。

Figure2は当社の加熱癖付けを行った鏡部分のライナーであり、溶接線がない。

内径1200mmを上回るタンクのライナーはFigure3のように溶接線が1本または2本入る。



Figure3 大型タンクの鏡部分ライナー

当社の鏡部分癖付けの最大内径はφ2800である。3枚のシートを2本の自動溶接ラインでつなぎ癖付けする。

鏡板ライナーと胴部ライナーの接続は鏡板ライナーが胴部に至るため自動溶接も行っている。

2-2) シート表面擦りキズが少ない真空接着法

真空接着法とは、平らなシートや鏡成形されたシートを缶体に沿わせ、シート背面と缶体との間の空気を抜き取り真空にすることでライニングシートが大気圧で缶体に押し付けられ、擦ることなく接着できる方法である。

この貼り付け方法では

- ・シート表面のキズが激減しシートの汚染を削減する。
 - ・ムラの少ない接着が可能となり、接着強度が安定する。
- 以上2点の効果が期待出来る。

2-2-1)「鏡成形」「真空接着」の外観の違い

Figure4は他社が採用している擦り貼りのイメージ図である。

Figure5は当社開発の真空貼り付け法のイメージ図である。

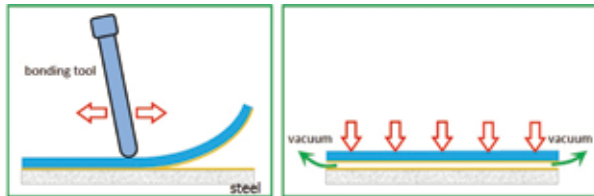


Figure4 凝り貼り付け

Figure5 真空貼り付け

従来のシートの貼り付け方法では、ライナーをタンクに押し当てるための擦りジグを使用している。そのためライナー全面に擦りキズ傷が付く。

真空貼り付けでは大気圧でシートをタンクに押し当てるため、シート端部など極一部分のみ擦ることとなり、大幅に擦る面積を減少される事を実現した。

Figure6は真空貼り付け法で鏡部分を貼り付けた写真であり、Figure7は、それを拡大した写真である。



Figure6 真空貼り付けしたタンクのライナー鏡板



Figure7 当社ライナー表面拡大

2-2-2) ライニング後の表面粗さ

以下にM-PTFEシートを用いた「擦り貼り付け」と「鏡成形+真空接着」のタンクの鏡板部分のライナー表面を比較した。

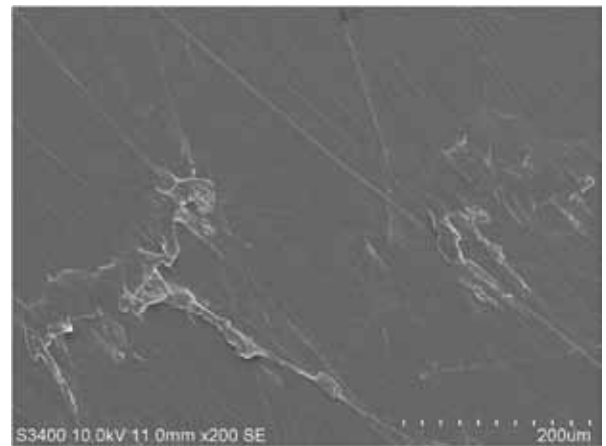


Figure8 擦り部分電子顕微鏡写真

(μm)

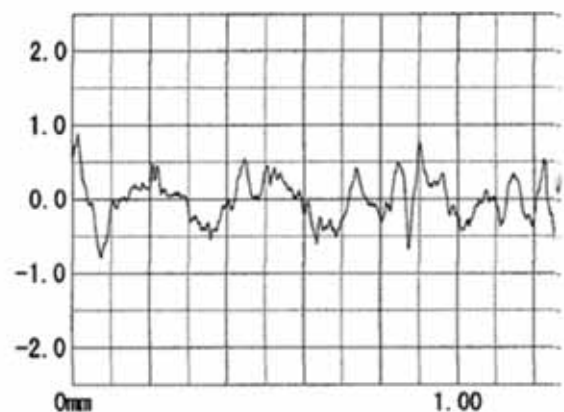


Figure9 当社ライナー表面 (Ra0.25 μm)

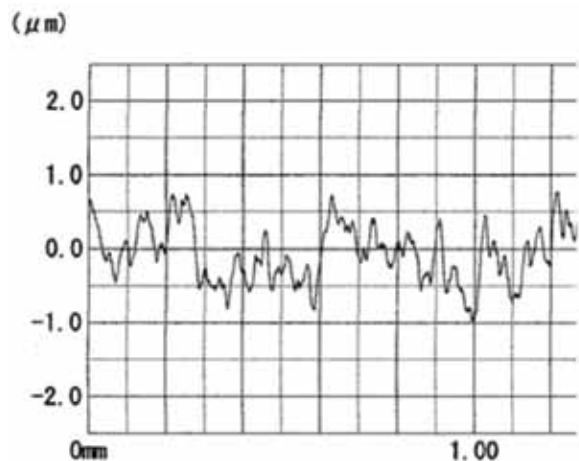


Figure10 他社ライナー表面(Ra0.34 μ m)

Figure9は、真空貼り付け法でのライニングタンク表面粗さを測定したグラフであり、Ra0.25 μ mであった。Figure10は従来の貼り付けのシート表面を測定したグラフであり、Ra0.34 μ mであった。

2-3) 溶接の機械化による安定品質

Figure11はライナーの溶接部断面である。

ライニングタンクのライナーの接合は、PFA 溶接により接合する。溶接は2つの段階の溶接があり、ライナー端部に開先を取った後にPFA棒による下盛り溶接、次にPFA帯を用いた帯溶接(補強溶接)を施す。

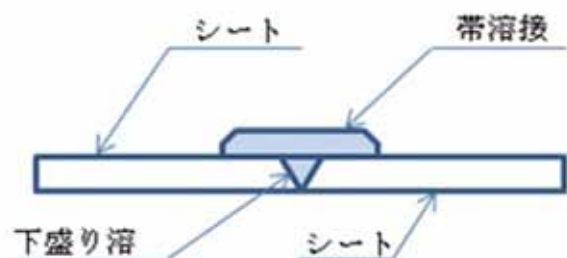


Figure11 帯溶接断面形状

当社は、帯溶接に自走式の溶接機(自動溶接機)を使い、溶接の重要条件である「温度」、「速度」及び「圧力」の安定化を図っている。この結果、作業者による手動溶接に比べ溶接条件が安定し強度のバラツキが格段に減少した。

また、溶接ラインの「うねり」、「蛇行」及び「変形」も少ない帯溶接が可能となった。

更に、他社の手動帯溶接は14mm幅であるが、当社では機械化により帯幅を17mm幅に拡大し溶接部の強度向上を図り溶接部の信頼性を高めている。

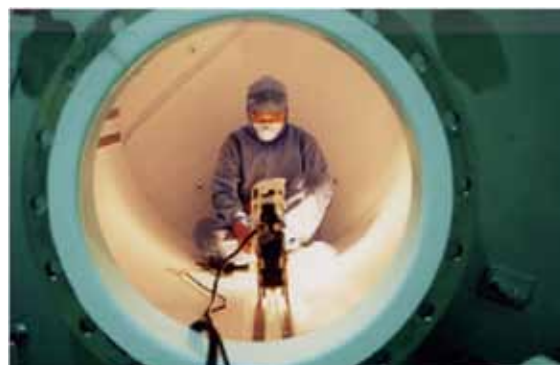


Figure12 自動溶接機で溶接作業



Figure13 当社品 自動溶接(M-PTFE-ET)

Figure13は自動溶接で行った帯溶接であり、幅が広く蛇行が少ない。

2-4) 部品構造の安全設計

2-4-1) ノズル構造

ノズルの管部分は缶体への強固な接着が困難なため、溶接破損が多い部位である。

他社では、Figure14に示すように温度変化によるライナーの膨張収縮応力が溶接部に直接加わる構造である。当社は、Figure15に示す様にタンク内部側もフレアー加工し、このフレアー部が応力を受ける構造なので溶接部には伸縮応力の負担が加わり難い。



Figure14 ノズルの温度変化による挙動と損例

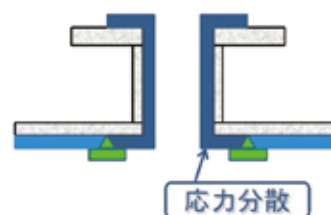


Figure15 当社のノズル部施工方

2-4-2) 集液カップ構造

タンク底に設ける集液カップの構造もノズルと同様である。

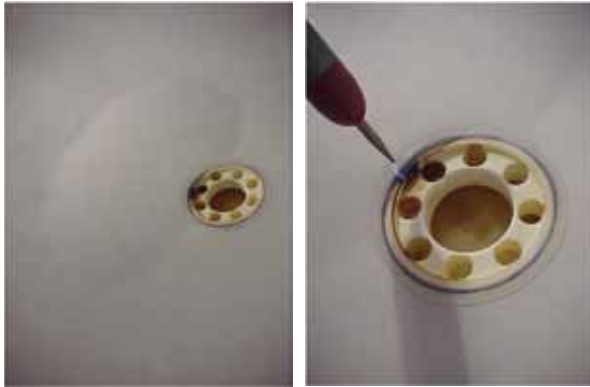


Figure16 集液カップ周辺のライニングが剥離
Figure17 原因は、集液カップとシート溶接部の破損

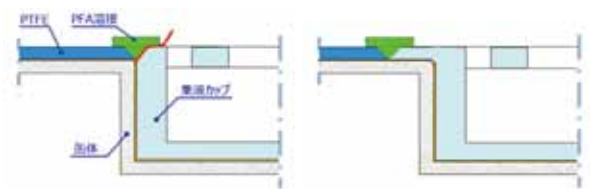


Figure18 他社の施工例
Figure19 当社の施工方法

3. ライニング材料の選定

当社で使用するふっ素樹脂ライニング用シートは材質ではPTFE、PFA、M-PTFEの3種類を、接着性付与方法ではふっ素樹脂表面を化学的に処理したケミカルエッチングシートとガラスクロスシートをラミネートしたグラスバックシートの2種類を用いている。

3-1) 当社が扱うライニング用シートの機能性評価

下表は当社が扱うライニング用シートの5つの機能性を5段階で自社評価したものである。

評価シートの種類

- PTFE-ET : PTFEケミカルエッチングシート
- M-PTFE-ET : 変性PTFEケミカルエッチングシート (PLPシート)
- M-PTFE-GB : 変性PTFEグラスバックシート
- PTFE-GB : PTFEラスバックシート
- PFA (NEW) -GB: PFAグラスバックシート
- PFA (HP-PLUS) -GB: PFAラスバックシート

評価の内容

- 表面平滑性 : 洗浄時の汚れ除去の優劣を表す。
- 接着性能 : シートと接着剤の接着強度の優劣を表す。
- 溶接性能 : シート接続部の溶接信頼性を表す。
- 耐透過性 : 薬液に対する耐透過性を表す。
薬液透過に対する寿命に影響する。
- 価格 : シートコストの優劣を示す。

Table1 ライニング用シートの機能性評価

評価：(優) 5・4・3・2・1(劣)

材質	表面平滑性	接着性	溶接性	耐透過性	価格
PTFE-ET	3	3	3	4	5
M-PTFE-ET	4	3	4	5	4
PTFE-GB	3	3	3	2	3
M-PTFE-GB	4	3	4	4	2
PTFE-GB	5	3	5	3	2
PFA (HP-Plus) -GB	5	3	5	4	1

備考1 ET: Etched sheet, GB: Glass Backing, M: Modifiedの略。
備考2 数値は優劣を表すために5段階で評価。

3-1-1) 表面平滑性

下記に材質の異なる3種のライニング用シート表面の写真及び表面粗さを示す。



Figure20 PTFE-ET×100

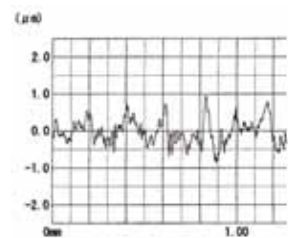


Figure21 Ra0.29 μm



Figure22 M-PTFE-ET×100

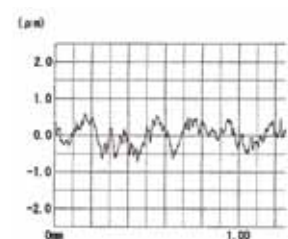


Figure23 Ra0.24 μm



Figure24 NEW PFA×100

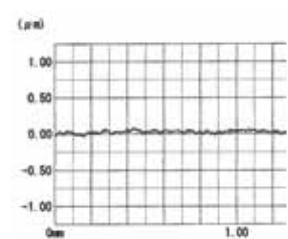


Figure25 Ra:0.03 μm

- PTFE : 最も表面粗さが大きい。
- M-PTFE : PTFEよりは若干表面粗さが小さい。
- NEW PFA : 最も表面が平滑である。

本測定はシートの段階のものであり、前述のライニング施工方法の違いによりライニング後の表面粗さRaは大きく変わっている。

3-1-2) 接着性能

ふっ素樹脂は非粘着性であるため、ふっ素樹脂シートに接着剤を塗布しても粘着せず剥がれる。

当社のエッチング処理シートはふっ素樹脂シートに接着性を持たせるため、シート製造後にケミカルエッチングを行い接着性を付与している。

他方、ガラスバックシートは接着性を持たせる手法として、ふっ素樹脂シートとガラスクロスシートとの間のPFAを溶融させめり込ませることでアンカーし固着したものである。

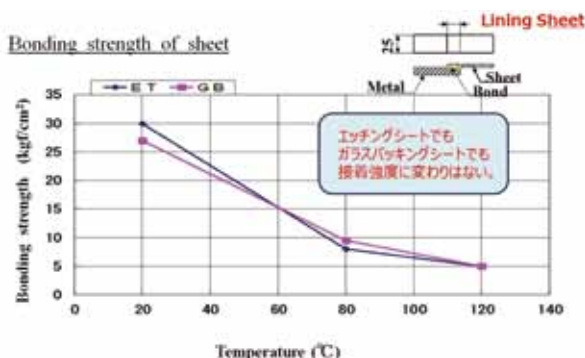


Figure26 ETシートとGBシートの接着強度(せん断)

Figure26はETシートとGBシートにゴム系接着剤を用いて金属と接着した際のせん断強度測定試験結果を示している。

剥離箇所は何れも金属面であり、同等の接着力を有している。

3-1-3) 溶接性能

Figure27はライニング用シートの溶接強度を比較したものである。

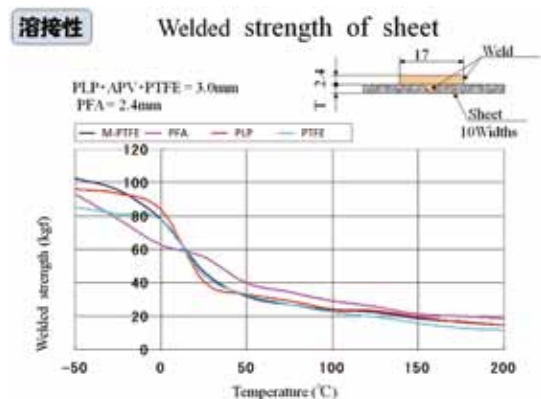


Figure27 溶接強度測定結果

(PLP: M-PTFEのシートであるが、耐透過性を向上させた当社製造のシートである。)

一般的に使用される温度域においては、全てのシートの溶接強度に大きな差異は見られない。しかし、溶接棒、帯材質と同じPFAシートは理論的には溶接時の融合が良好であり溶接の安定性が高いと言える。

ふっ素樹脂の材質(分子構造)から推測すると、溶接の安定性は PFA>M-PTFE>PTFEとなる。

3-1-4) 耐透過性

薬液の透過は樹脂内部の非結晶部で主に発生していることは知られている。

Figure28はふっ素樹脂シートの肉厚断面の結晶構造を模式的に描いたものである。

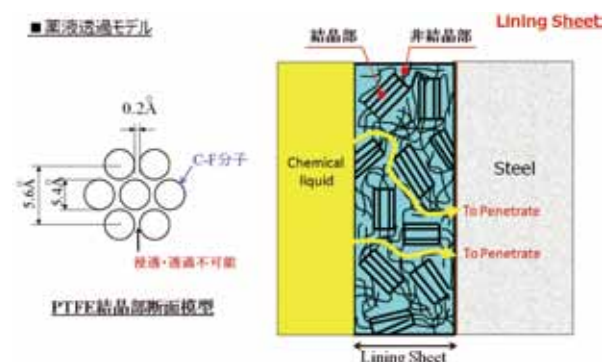


Figure28 ふっ素樹脂内への薬液透過イメージ

整列して並んでいる分子部分は結晶部であり、複雑に分子が絡み合った部分が非結晶部である。

結晶部は分子が密集しており高密度である。非結晶部は

分子が絡まりランダム配置のため密度が低い。よって、結晶部が多いシートほど比重が大きくなる。

薬液の透過は非結晶部を伝わり徐々にシート内を拡散し、最終的には接着面があるシートの裏側である缶体側に到達する。

Figure29はふっ素樹脂の比重と塩酸の透過量を示したグラフである。グラフには市販されているふっ素樹脂シートの比重の位置を追表示している。

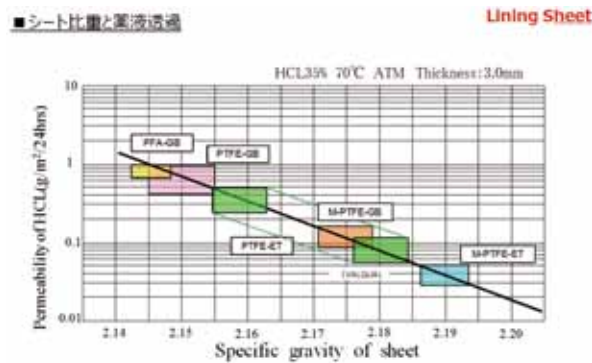


Figure29 ふっ素樹脂の比重に対する透過率

薬液の透過量は、比重が高いほど減少することを示している。

PTFEは融点を超えるとゲル化するが形状を保持出来るため、結晶化に影響を与える冷却条件の操作が可能である。この特徴を利用して結晶化度を操作する事が可能である。

一般に市販されるPTFEは生産性を加味し比重は2.14～2.16程度であるが、当社のライニング用シートは耐透過性を向上させるために比重を2.18程度に仕上げている。

PFAは溶融樹脂であり、その成型方法から冷却条件の操作が難しく、比重2.14～2.15の範囲が一般的である。

Figure30はM-PTFE-GBシートの断面である。

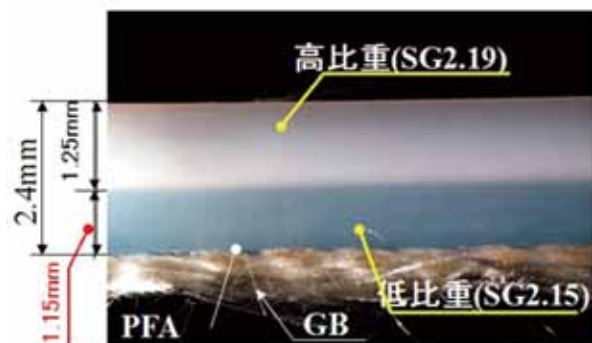


Figure30 M-PTFE-GBシート断面

PTFE-GB及びM-PTFE-GBシートはガラスクロスシートにラミネートの際にシートをゲル化させる必要がある。ゲル化後は冷却を行うが除冷が困難なため比重が低下する。

写真のGB側の半透明部分は比重が低くなった部分である。

Figure31は当社のPLPシート断面である。



Figure31 PLPシート断面

PLPシートはPTFEより高密度化が可能な樹脂であり、加熱処理の不要なエッチング処理ではシートをゲル化させないため、比重を低下させることなく使用が可能である。

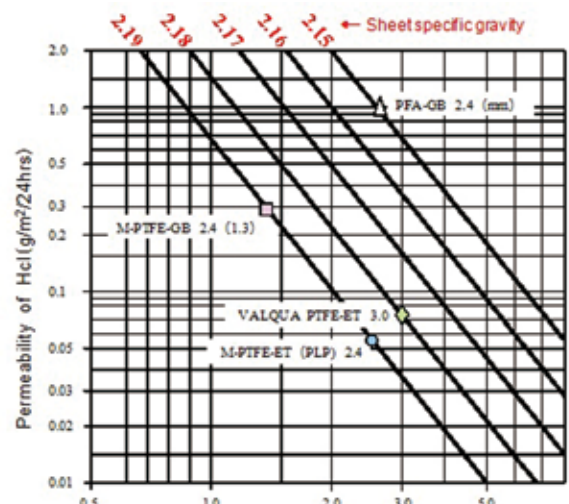


Figure32 ふっ素樹脂の比重及び厚さと透過率

シートの肉厚も耐透過性の重要な要素であることが読み取れる。

3-1-5) 価格

Figure33はライニング用シートの表面平滑性とライニングシートの市場価格の関係、Figure34は耐透過性との関係を模式化したものである。

横軸右側に向かい機能が高く、縦軸上側ほど高コストを示す。



Figure33 表面平滑性：コスト



Figure34 耐透過性：コスト

ふっ素樹脂原料のコストは、PFA>M-PTFE>PTFEとなる。

接着性付与コストは、ET>GBとなる。

原反シート表面平滑性は、PFA>M-PTFE>PTFEとなる。

これは原料の特徴及びシートへの加工手法が異なることが起因となっているが、ライニング貼り付けの方法も考慮にいれる必要がある。

4. おわりに

当社ではライニングタンク生産開始以来、ライニングタンクの異常発生や更新の際に、返送調査の依頼に対応してきた。異常の原因は多様ではあるが、大凡3種に分類された。

「薬液透過」「想定外の構造的な欠陥」「施工技術の未熟」である。

当社では各個原因を調査し改善を進め現在に至っている。

例えば、薬液透過に対してはライニング用シートの原料選定やシートの高密度化を、構造的な問題には前報の缶体設計方法やノズル構造の改善など、施工技術については帯溶解の自動化を進めてきた。

半導体業界の隆盛に伴い、化学系プラントでは要求の少なかったクリーン性が重要視されるようになると、真空貼り付けや鏡板ライナーの癖付け技術の開発によりライナー表面の傷を極力減らすことを実現した。

今後も市場の要求に応え新しい技術の開発に努めていく。

次号では、現在取り組んでいる技術についての概要や今後の方向性について紹介する予定である。



横山 竹志
機能樹脂PM付

長寿命FEPM TOUGHUORO

1. はじめに

テトラフルオロエチレンプロピレンゴム(FEPM)は、ふっ素ゴム(FKM)の1種で、テトラフルオロエチレン(TFE)とプロピレン(Pr)の共重合体からなるポリマーであり、一般的なふっ素ゴム(FKM:ビニリデンフロライド(VDF)とヘキサフルオロプロピレン(HFP)共重合体)とは異なる分子構造を持つ。Table1に、FEPMとFKMの分子構造を示す。

Table1 FEPMとFKMの分子構造

種類	分子構造
FEPM	$-(CF_2-CF_2)_p-(CH-CH_2)_q-$ <p style="text-align: center;"> TFE Pr </p>
FKM (2元系)	$-(CF_2-CH_2)_p-(CF-CF_2)_q-$ <p style="text-align: center;"> VDF HFP </p>

このような分子構造を持つFEPMは、FKMの弱点となっていた耐水蒸気性や耐薬品性に優れるといった特徴を有し、食品・飲料設備のシール材やタイヤ加硫機用シール材として使用されている。しかし、設備の高性能化やコンパクト化

により、設備の洗浄などに使用される薬液の高温・高濃度化や、より厳しい環境で使用されることになり、シール材に要求される特性がますます高まってきている。

今回、当社独自の配合設計技術を活用することで、耐熱性及び耐水蒸気性を向上させた長寿命型FEPMとしてTOUGHUORO(タフオロ)の耐水蒸気用SSシリーズ及び、低圧縮永久ひずみ用ZSシリーズを開発したのでご紹介する。

2. TOUGHUOROの特徴

TOUGHUOROは、当社既存FEPMであるD0970やD0890と比較して、耐熱性及び耐水蒸気性を大きく向上させた材料である。以下にTOUGHUOROの各種特性について記載する。

2-1) 圧縮永久ひずみ特性

シール材の耐熱性の指標として、圧縮永久ひずみ率が用いられている。同一環境下においては、圧縮永久ひずみ率が小さい程、良好なシール材として、より長期間の使用が期待できる。

圧縮永久ひずみ率の測定、及び算出方法をFigure1に示す。

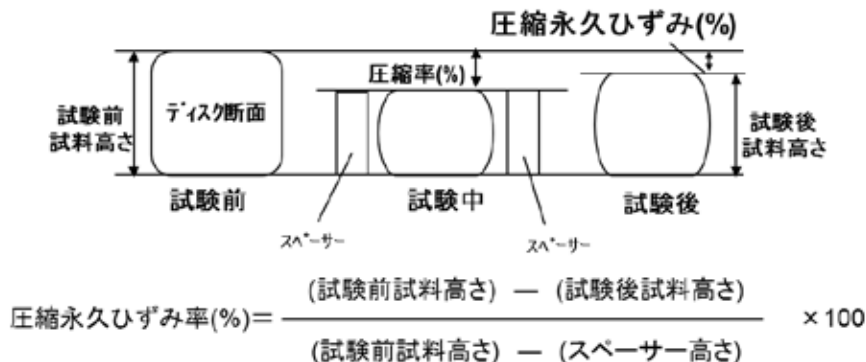


Figure1 圧縮永久ひずみ率の測定、及び算出方法

一般的に圧縮永久ひずみ率80%が、シール材に用いられる材料の寿命として用いられている¹⁾が、TOUGHUOROの圧縮永久ひずみ率は、当社既存FEPMより良好な結果を示し、200℃乾熱環境下では4倍以上の長寿命化が期待出来る。200℃乾熱環境下における圧縮永久ひずみ試験の結果をFigure2に示す。

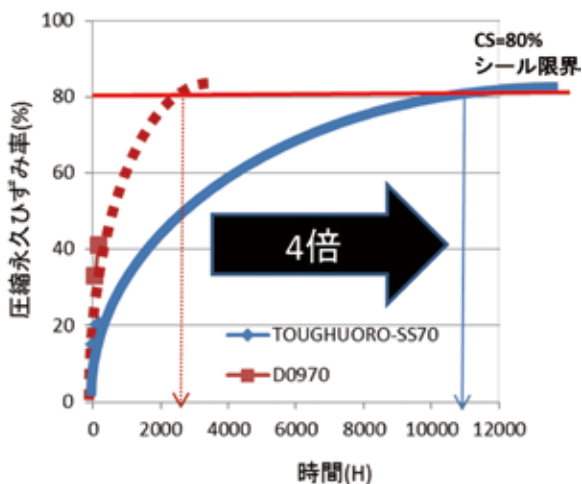


Figure2 200℃(乾熱)環境下圧縮永久ひずみ

2-2) 耐水蒸気特性

水蒸気環境下では、プリスタと呼ばれる発泡現象を抑えるため、従来はHNBRやEPDMが使用されてきた²⁾が、150℃を超える環境下では、材料の特性上、これらの材料の使用は困難な状況であった。今回開発したTOUGHUOROは、機械的強度も向上したため、230℃蒸気環境中においても、プリスタ痕は確認されず、良好なシール材としての使用が可能となる。各種材料が水蒸気環境下で使用される領域をFigure3に示す。

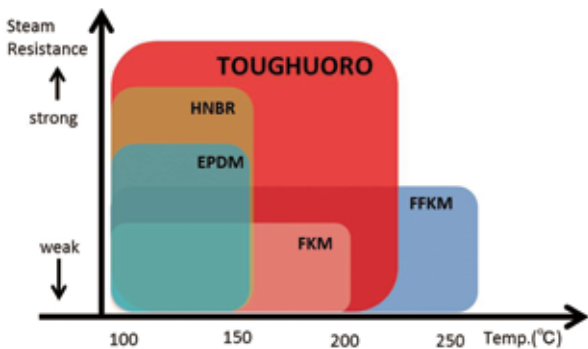


Figure3 各種材料が水蒸気環境下で使用される領域

230℃蒸気中における圧縮永久ひずみ試験後試料の断面写真をFigure4に示す。

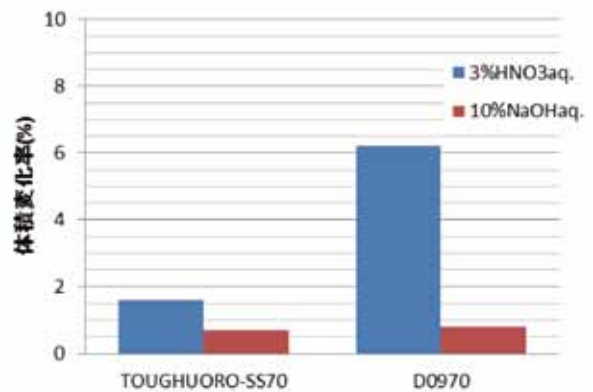


TOUGHUORO-SS70 D0970

Figure4 230℃蒸気中圧縮永久ひずみ試験後試料の断面写真

2-3) 耐酸、耐アルカリ性

TOUGHUORO-SS70の耐酸、耐アルカリ性については、D0970と同等、もしくは同等以上の特性を有する。TOUGHUOROの耐熱性が向上しているため、より高温環境下での使用または、同一環境下における長寿命化が期待できる。酸及びアルカリ浸漬試験の結果をFigure5に示す。



試験条件：90℃×168Hrs

Figure5 酸及びアルカリ浸漬試験後の体積変化率

2-4) 耐水グリコール系難燃性作動油性

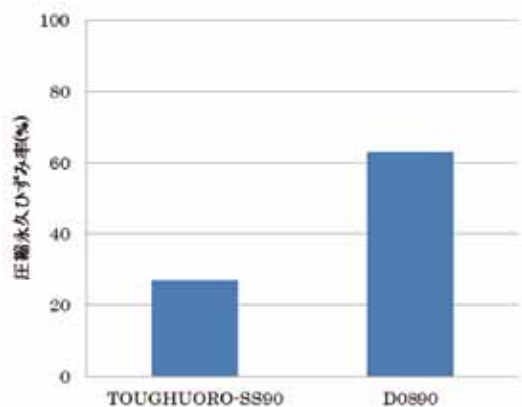
TOUGHUORO-SS90の水グリコール系難燃性作動油(MORESCO製ハイドールHAW)耐性は、D0890と同等、もしくは同等以上の特性を有する。合否判定については、伸び変化率と体積変化率で行った(判定基準:伸び変化±50%以内、体積変化率+10%以内を○、基準をわずかに超えるものを△、明らかに超えるものを×とする³⁾)。水グリコール系難燃性作動油に対する耐性の判定結果をTable2に示す。

Table2 難燃性作動油に対する耐性の判定結果

種類	TOUGHUORO-SS90	D0890
伸び変化率	○	○
体積変化率	○	○

備考 試験条件：120℃×1000時間

圧縮永久ひずみ率は、TOUGHUORO-SS90に優位性があることが確認され、より長期間の使用が期待出来る。水グリックール系難燃性作動油試験後の圧縮永久ひずみ率をFigure6に示す。



試験条件：120℃×1000Hrs
25%圧縮、φ29×12.5H

Figure6 難燃性作動油に対する圧縮永久ひずみ率の比較

2-5) 食品衛生法

TOUGHUOROは、厚生労働省告示第595号に定められた基準(溶出条件：使用温度が100℃を超えるもの)に適合した材料である。

2-6) 製品形状

TOUGHUOROは、Oリング(No.4640)、Vパッキン(No.4631)、Xリング(No.4641)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。

2-7) 機械的特性

TOUGHUOROは、耐水蒸気用SSシリーズ及び、低圧縮永久ひずみ用ZSシリーズの2つのグレードが存在する。各グレードの常態物性及び200℃空気/蒸気中における圧縮永久ひずみ率をTable3に示す。

Table3 TOUGHUOROの材料特性

材料名称	開発品			
	耐水蒸気用SSシリーズ			低圧縮永久ひずみ用ZSシリーズ
	TOUGHUORO-SS70	TOUGHUORO-SS80	TOUGHUORO-SS90	TOUGHUORO-ZS80
常態物性				
硬度 (ShoreA)	74	84	90	85
引張強度 (MPa)	23.1	24.6	22.8	24.3
伸び (%)	190	150	110	120
100%モジュラス (MPa)	8.3	15.2	20.9	19.9
圧縮永久ひずみ試験_200℃×70時間				
圧縮永久ひずみ率 (%) 空気中	16	19	18	14
圧縮永久ひずみ率 (%) 蒸気中	14	20	18	11
圧縮永久ひずみ試験_230℃×70時間				
圧縮永久ひずみ率 (%) 空気中	22	26	27	21
圧縮永久ひずみ率 (%) 蒸気中	20	26	27	19

備考 数値は実測値であり、規格値ではありません。

3. TOUGHUOROの用途

TOUGHUOROは、耐熱性や耐水蒸気性に優れているため、以下の用途への展開が想定される。

1. 掘削市場
ビットシール
2. 製鉄市場
回転継手用シール
3. タイヤ製造市場
タイヤ加硫機用シール
4. 食品・飲料市場
食品・飲料設備用シール
5. 原子力市場
高温動的用シール

4. おわりに

今回ご紹介したTOUGHUOROは、高温蒸気環境下で最も優れた特性を示す材料である。今後、シール材にはこれまで以上に高い要求が求められることが予測されるが、十分に対応出来る材料と思われる。

今後とも、ユーザー各位のご要望にお応えできるよう、新規材料の開発、及び既存材料の改良に努めていく所存である。

5. 参考文献

- 1) 川村敏雄：バルカーレビュー, Vol26, No.6 (1982)
- 2) 圖師浩文：バルカーテクノロジーニュース, No.31 (2016)
- 3) 鈴木憲：バルカーテクノロジーニュース, No.24 (2013)

*「TOUGHUORO」は(株)バルカーの日本における登録商標です。



圖師 浩文
研究開発本部
第1商品開発部

低トルク&長寿命スィベルジョイント LFR JOINT

1. はじめに

現在、日本の大きな社会問題の1つである人口高齢化は、ものづくりの現場においても非常に深刻な事態となりつつある。特に現場熟練者の高齢化が進む中、若手技術者の人数や技術継承がそれに追いつかず、現場の技術力が衰退していくことは、最早どのような企業の生産現場においても当てはまる事象となってきた。また、海外での人口高齢化の動きも急速に加速してきており、グローバルな視点からみても非常に重要な課題である。

そのような中で、各工程の運用コストを、設備のメンテナンスまで含めてトータルに考え効率化する動きが活発化してきた。限られた人数で最大の成果を得るためには、設備や資材購入費のような短期的なコスト削減だけでなく、メンテナンスにかかる工数や長期信頼性も含めたより恒久的な視点での効率化が求められてきているためである。そして、このような課題は決して工程の主力となる設備だけに課せられるものではなく、シール材類や継手類など、いわゆる消耗品と位置づけられてきたものの果たすべき役割は大きいと考える。

本報で紹介するスィベルジョイント製品「LFR JOINT」は、そのような顧客現場における課題をヒアリングするなかで誕生した“ソリューション型製品”である。

当社がこれまで、シールメーカーとして培ってきた技術を活かし、顧客のメンテナンスコスト削減や、各設備の生産効率の向上に大きく貢献する製品となっているため、紹介したい。

2. 従来のスィベルジョイントの課題

スィベルジョイントとは、低速での連続回転や揺動運動が可能な継手の総称である。これまで各工程の血液とも言える多種多様な流体(作動油, 空気, 水など)を運ぶ重要な部品として広く用いられてきた。

例えば、アルミダイカスト工程などの自動生産ラインで使用されるロボットのホース部では、ロボットの動きの複雑さと稼

働頻度の高さから、ホースのねじりを解消し負荷を軽減させるため、継手としてスィベルジョイントが用いられる場合がある。

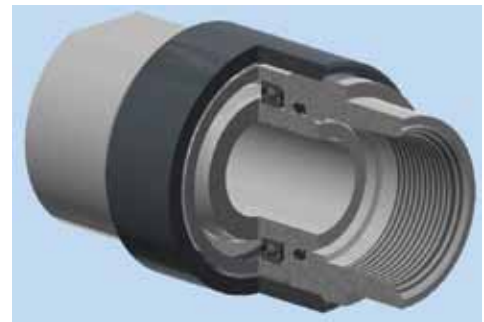
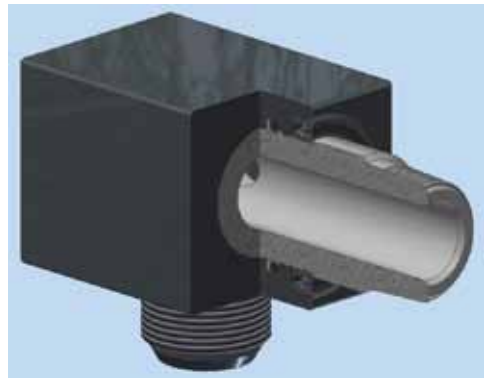


Figure1 LFR JOINTのカットモデル図

しかし、一般にスィベルジョイントは回転時の抵抗が高く、ホースへの負荷軽減の効果が十分でないため、ホースの早期破断を引き起こし、結果として工程の生産効率を大きく低下させることが問題となっていた。

また、製鉄現場などの周辺環境が非常に苛酷な条件(高温、高圧流体、粉塵など)で使用される場合では、スィベルジョイントに装着されているシール材が早期に摩耗を引き起こし、生産ラインのメンテ期間が短くなるケースも少なくなかった。

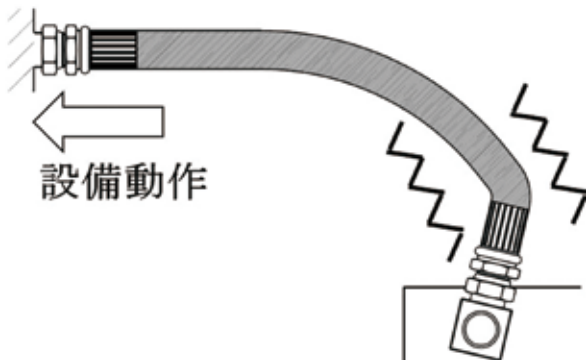


Figure2 ホース早期破断の例

3. 課題の要因

前述のスイベルジョイントの2つの課題である①高い回転抵抗、②短寿命は、使用されるシール材によるところが大きい。

スイベルジョイントにはこれまで、シール材として主にゴム材料を用いたOリングが使用されてきた。低速回転もしくは揺動運動時に、このOリングが回転軸と摺れることで隙間を埋め、流体の漏洩を防ぐ。

しかし、ゴム材料の性質上、回転軸と摺れる際の摩擦抵抗は非常に高くなる。また、流体圧が高圧となる場合には更にこの傾向は顕著となる。よって、このことが要因となり、スイベルジョイントの回転抵抗は非常に高く、本来の機能であるはずの回転・揺動運動を妨げていた。

また、一般にゴム材料は決して摩擦に強い材料ではない。よって、特に高温、高圧下において、潤滑条件が悪い場合にはOリングは激しく摩耗し、スイベルジョイント自体の短寿命化を引き起こしていた。

4. 「LFR JOINT」による課題解決

LFR JOINT は、長年のスイベルジョイントの課題を解決し、低トルクと長寿命の両立を実現したスイベルジョイントである。

シール機構のみならず、シール溝に代表されるような周辺設計についてもシールメーカーならではの様々な独自設計を施しているが、本報ではそのシール機構について述べる。

5. 「LFR JOINT」のシール機構

スイベルジョイントの課題解決のため、LFR JOINTでは独自に設計された回転用シール材 LFR SEALを用いている。

Figure3にその断面図を示した。

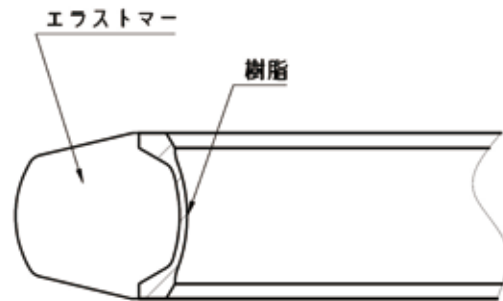


Figure3 LFR SEALの断面図

5-1) 低トルク化

スイベルジョイントを低トルク化するためには、シール材の摺動抵抗を低くする必要があるが、当社ではシール材の摺動抵抗は、摩擦係数、相手面(回転軸)との接触面積、緊迫力に関係があると考えており、それぞれに対策を施すことにより、Figure3のような設計としている。

I. 摩擦係数

相手面(回転軸)に接触するシール内面に摩擦係数の低い樹脂を、エラストマーと同時成形することで複合化する。

II. 接触面積

流体圧力が作用した場合に、非圧力側のテーパ面が溝側面に接触することによって生じる傾きにより、回転軸と接触する円弧状シール面の接触面積をコントロールする。このことにより、圧力の上昇に伴う接触面積の増加を抑える。Figure4に示す。

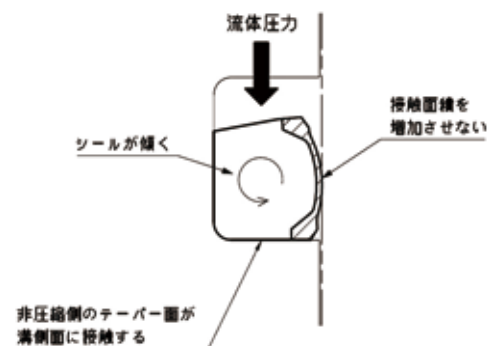


Figure 4 接触面積のコントロール

III. 緊迫力

基部となるエラストマーの外径ボリュームを小さくし、シール面となる内面と外面を円弧状とすることで緊迫力を低減する。

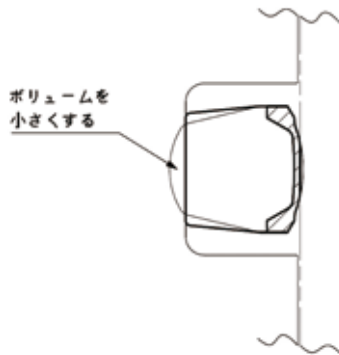


Figure5 エラストマー部の外径形状

5-2) 長寿命化

スィベルジョイントの寿命とシール材からの漏れは深く関わっていることから、スィベルジョイントを長寿命化するために、シール材の耐久性を向上させることは有効な手段と言える。

本シールでは、シール摺動面に樹脂を用いており、ゴム材料面で摺動するOリングと比較して耐摩耗性に優れている。また、5-1項のように施した低トルク化の仕掛けは、シール摺動時に発生する摩擦熱を軽減し、シール材の摩耗やヘタリを抑制すると考えられる。

6. 「LFR JOINT」の効果

6-1) ホース材などの付属品寿命の向上

LFR JOINTとOリングを使用した一般のスィベルジョイントの回転トルクの比較をFigure6に示した。LFR JOINTは流体圧力が増加してもトルクの上昇が非常に小さいことがわかる。

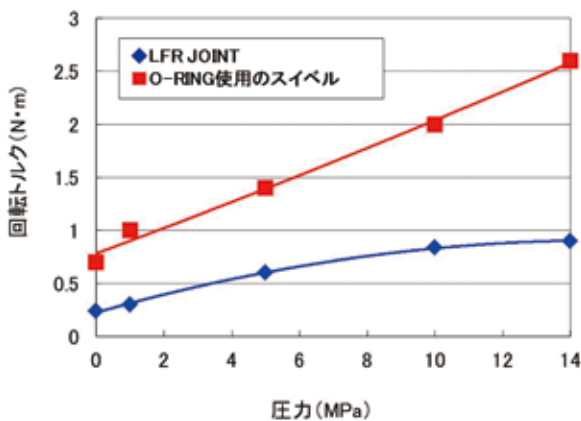


Figure6 回転トルクの比較

このことにより、回転によるホース材などの付属品にかかる負荷を大幅低減させている。

市場実績では、実際にホース材の耐用期間を延長させており、最大で10倍以上の延長効果を生んでいるものもある。

6-2) 継手寿命の向上

LFR JOINT と、Oリング使用のスィベルジョイントの寿命比較をFigure 7に、評価条件をTable 1に示した。

LFR JOINT は寿命が当社比で約2倍以上に向上しており、継手にかかるメンテナンスコストを削減できることがわかる。

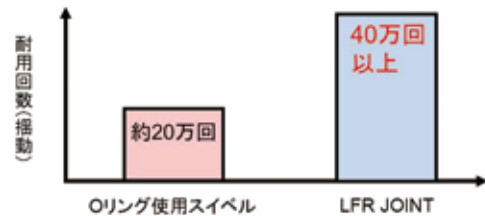


Figure7 寿命比較

Table1 寿命比較の試験条件

流体	エア
圧力	0.7 MPa
温度	120°C
揺動角度	90度
回転軸径	φ42

また、Figure 8に寿命比較評価前後のシール材断面の比較を示した。細線が評価前、実線が評価後の断面形状を表している。

既存スィベルジョイントのOリングは、約20万回の揺動により大きく摩耗しており、この摩耗によって漏れが発生した。一方、LFR JOINTに装着されたLFR SEALは、約40万回の揺動後も大きな摩耗はみられず、継続使用が可能な状態であった。

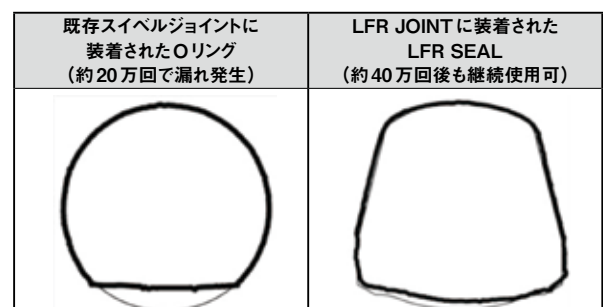


Figure8 寿命評価前後でのシール断面比較

7. おわりに

当社は、シール材製品のみならず、周辺サービスも一括提供する“H&S企業”への脱皮を目指しており、本製品はその一環である当社初のユニット製品である。

今後も、市場が求める製品を開発するだけでなく、顧客と共にUnmet Needsを掘り起し、独創的技術とサービスとの融合によって、真のソリューションを提供すべく邁進したい。



西 亮輔
研究開発本部
第1商品開発部

8. 参考文献

- 1) 永野 晃広：バルカー技術誌. No.30, 9-13 (2016)

*「LFR JOINT」、「LFR SEAL」は(株)バルカーの日本における登録商標です。

テクノロジーニュース 直近のバックナンバー

No.35 Summer 2018

- **ご挨拶** 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**
国際条約(STCW条約)準拠の海技訓練用シールトレーニングの紹介 H & S 事業本部 山本 隆啓
- **カスタマー・ソリューション《寄稿》**
低圧複合水流洗浄機(キャピテーションクリーニング)によるプラント設備洗浄の可能性
ブルーエンジニアリング株式会社 北川 将
- **技術論文** ダイナミックペローズ®の設計指針及び設計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 伊奈 正文
ライニングタンク(基礎編) 機能樹脂PM付 菊川 智志
研究開発本部 第2商品開発部 岩田 敦利
- **製品の紹介** リフラクトリーセラミックファイバー代替シール材 研究開発本部 第1商品開発部 濱出 真人
高温用シートガスケット バルカーヒートレジストシート™ No.HRS
研究開発本部 第1商品開発部 高橋 聡美
- **テクノロジーニュース 直近のバックナンバー**
- **商号変更のお知らせ**

No.34 Winter 2018

No.36

【カスタマー・ソリューション特集】

- **ご挨拶** 代表取締役社長 兼 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** 常務執行役員 研究開発本部長 青木 睦郎
- **解説** ASME PVP2016 受賞論文の解説 H & S 事業本部 村松 晃
- **技術論文** 配管曲げモーメントを受けるPTFEガスケット付き管フランジ締結体の力学挙動評価
研究開発本部 第1商品開発部 佐藤 広嗣
広島大学 澤 俊行
三菱ケミカル株式会社 森本 史一
沼津工業高等専門学校 小林 隆志
研究開発本部 第1商品開発部 元野 雄太
改良EPDM材料の高温環境特性の評価
研究開発本部 第1商品開発部 鈴木 憲
中部電力株式会社 松田 真一
中部電力株式会社 杉村 卓哉
ガスケット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 松下 明日香

- **寄稿** 大口径フランジのボルト締結におけるツール選定と施工上の注意点
トルクシステム株式会社 代表取締役 北原 真一
- **事業紹介** H&Sデモカーのご紹介
H&S 事業本部 野々垣 肇
- **製品の紹介** 改良版シールペースト
研究開発本部 第1商品開発部 濱出 真人
- 多用途ケミカル用グランドパッキン
研究開発本部 第1商品開発部 須川 修司
- 研究開発本部 第1商品開発部 濱出 真人

No.33 Summer 2017

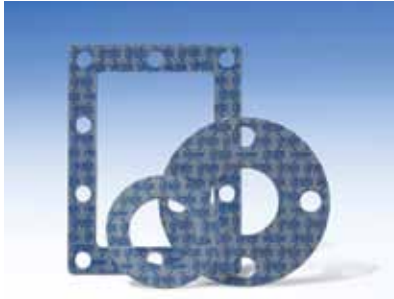
【カスタマー・ソリューション特集】

- **ご挨拶** 常務執行役員 研究開発本部長 青木 睦郎
- **技術論文** ガasketの使用条件不適合とその対策 海外統括本部 海外テクニカルソリューショングループ 江西 俊彦
- 金属平形ガスケット付き管フランジ締結体の基礎シール特性評価 研究開発本部 開発部 佐藤 広嗣
- 新興プランテック株式会社 近藤 康治
- 広島大学名誉教授 澤 俊行
- 研究開発本部 高橋 聡美
- ガスケット装着時の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 秋山 聡
- シール・クイックサーチャー (SQS)の紹介と活用方法(エラストマー編) 研究開発本部 開発部 上田 彰
- 体験型シール施工研修センター シールトレーニングセンター H&S 事業本部 村松 晃
- **寄稿** プラントにおけるフランジ締結体の締付け管理
三菱ケミカル株式会社 水島事業所 設備技術部 機械2グループ 森本 史一

地球に、そして人にやさしいモノづくり……



シートガスケット



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。



ブラックハイパー®(GF300)

多くの実績に裏付けされた信頼性と、高いコストパフォーマンスで定評のあるシートガスケットのベストセラーです。

■UF300・GF300共通

●使用温度範囲：-200~300℃ ●最大圧力：3.5MPa

※カタログ、技術資料の注意事項をご参照下さい。

株式会社バルカー

〒141-6024 東京都品川区大崎2-1-1 ThinkPark Tower 24F

お問い合わせ先：総務人事部

Email: sr@valqua.co.jp

TEL.03(5434)7370

FAX.03(5436)0560



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
●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
●高崎駐在所	☎(027)341-8469	Fax.(027)341-6717
●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
●熊本駐在所	☎(096)364-3511	Fax.(096)364-3570
●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

冬号 No.36 Winter 2019

発行日・・・2019年1月25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

●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

■バルカー・ガーロック・ジャパン株式会社

●本社 ☎(03)5510-2177 Fax.(03)3591-5377

<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。

正 誤 表

● 28 ページ、本文中央右に記載。

(正) * 「TOUGHUORO」は (株) バルカーの商標です。

(誤) * 「TOUGHUORO」は (株) バルカーの日本における登録商標です。