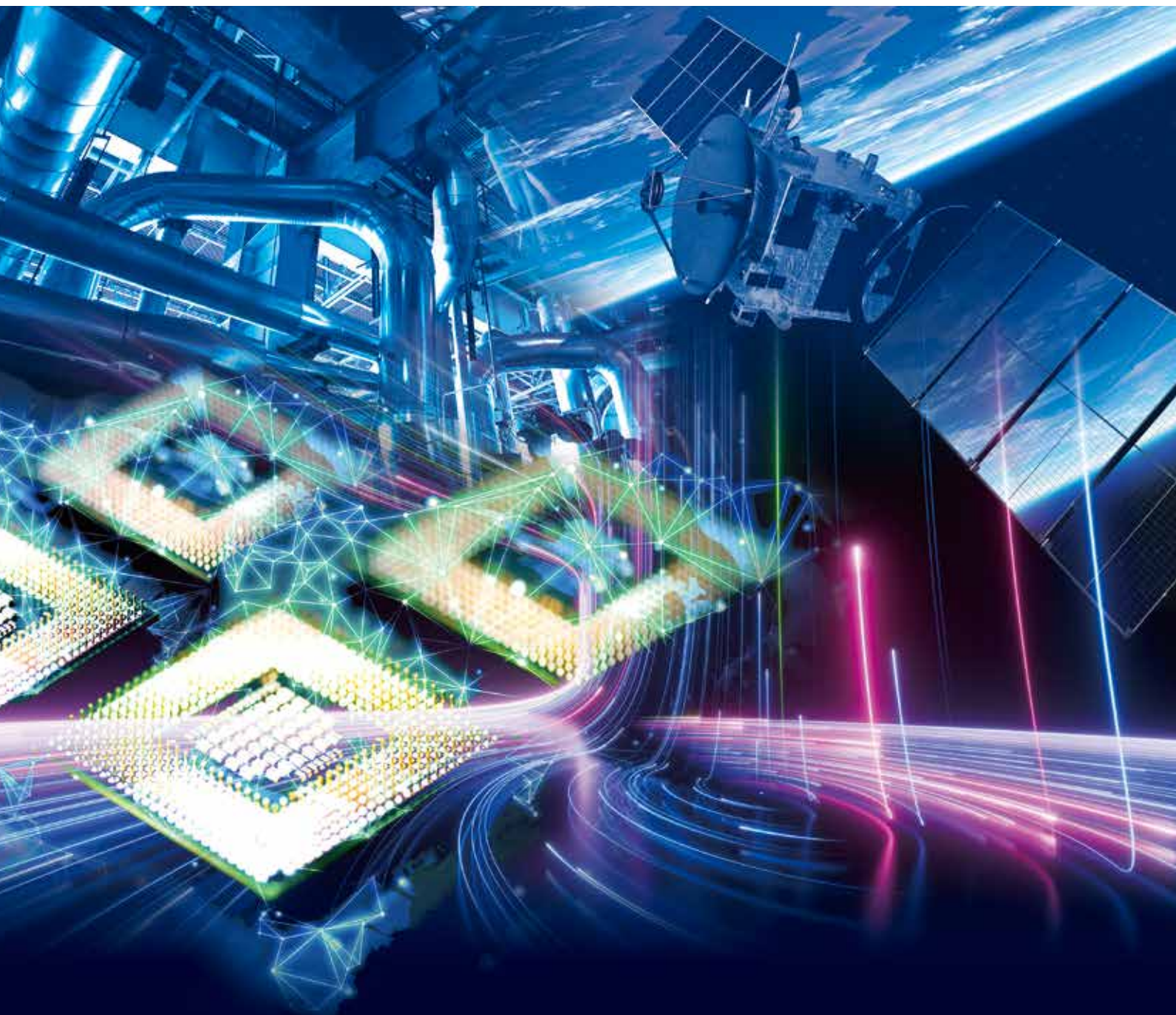




- ご挨拶…………… 1
取締役CTO 青木 睦郎
- 技術論文《共著》
フランジ締付け作業の可視化を目指す
ガスケット締付けサポートシステムの紹介…………… 2

- 製品の紹介
Quick Value
(デジタル調達プラットフォーム)の紹介…………… 6
- 製品の紹介
高温水素用途向け
BLISTANCE®シリーズのご紹介…………… 10

- 製品の紹介
耐振うず巻形ガスケット
No.6596A/No.7596A…………… 14
- 製品の紹介
原子力向け製品ラインアップ…………… 18
- 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。

現在の世界情勢は、急速な技術革新や地域間、国家間の関係がますます複雑化する中で、経済成長に対する方向性を見極めるためには多様な視点で臨むことが必要になっています。また、気候変動や自然災害といった環境上の課題も深刻化しており、世界中で持続可能な解決策の模索も続いています。そのような環境の中、技術分野では、人工知能、新素材、ブロックチェーンなどの技術革新が日々進歩する中で、サイバーセキュリティやデータプライバシーの重要性が増すなど、情報の保護やリスク管理にも注目が集まる状況になっています。一方で、産業全体の底辺を支える安定・安全・安心の重要性は再認識されており、産業界や社会の行動変容を実現するための新たなビジネスモデルやサービスの創造も求められています。

このような変化の潮流に沿って持続的に社会貢献することを使命として、当社は2027年の創業100周年に向けて設定した大きな目標の実現に向け、昨年から新たな2か年中期経営計画“New Frontier 2023”（NF2023）を開始し致しました。コーポレートトランスフォーメーション(CX) を中核とするこの中期経営計画においては、開発部門においても、シールエンジニアリングと材料設計の分野で培ってきた当社コア技術を活用した新規商品開発(M&D) によるソリューション活動、更には新たなビジネス領域への展開に向けたオープンイノベーションによる研究開発(R&D) を通じた新規技術獲得を基軸とし、H&Sの視点から激変する世界情勢の中でも新たな価値を創造出来る技術開発の基盤確立に挑戦してまいります。そして、当社はこのようなM&DとR&Dの両輪による開発を推進することにより、NF2023そしてその後の当社の100周年での成長目標の達成はもとより、ステークホルダーの皆さまからご満足いただける事業成果に繋げていけることを目指しています。

こうした背景の下、今号のテクノロジーニュースでは、DX及び安全にフォーカスした当社の研究成果の一端を読者である顧客の皆さまにご紹介たく存じます。プラント配管からの漏洩事故防止のために、フランジ締結を適切な状態にセンシングする「ガスケット締付けサポートシステム」、加工部品の見積り・発注をWEBブラウザ上で行うことが出来るクラウドサービス「Quick Value」、脱炭素化に伴い増加が見込まれる水素ステーションの高温水素用環境用「BLISTANCE」、プラント配管の漏洩事故防止につながる振動や曲げ応力などの外力に強い渦巻き型ガスケット「6596A/ 7596A」、脱炭素化に伴い再稼働が見込まれる原子力用途の「エラストマー製品ラインアップ」を取り上げています。

当社が、革新的な成長において技術開発活動での成果を推進材としていくために、既存の事業領域内だけで技術分野を選別するのではなく、要素技術として幅広い領域でのエマージング技術についてそれらが持つポテンシャルを量る目を養いながら、使える・活かせる技術の発掘を進めてまいります。

今後とも、当社製品・サービスとともに、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、よろしくお願い申し上げます。

取締役CTO 青木 睦郎

フランジ締付け作業の可視化を目指す ガスケット締付けサポートシステムの紹介

1. はじめに

2019年6月1日に、国立研究開発法人 産業技術総合研究所（以下「産総研」）と当社は、「バルカー - 産総研 先端機能材料開発連携研究ラボ」（以下「連携研究ラボ」）を設立した（Figure1）。連携研究ラボでは、従来の技術を深掘りし、差別化する技術開発を行うだけでなく、産総研の保有する技術を幅広く活用し、当社のコア技術と組み合わせ、オープンイノベーションによる技術開発を行っている。連携研究ラボは、産総研のつくばセンター、九州センターなど複数に拠点を置き、様々な研究領域からなる「エコシステム」な研究開発を実行出来る体制を取っている。

今回、産総研九州センターで保有しているセンシング・可視化による診断技術と、当社が保有するシール技術を融合することにより、新たな技術開発である「フランジ締付け作業を可視化したガスケット締付けサポートシステム」を紹介する。本システムは、ガスケット近傍にセンサーを設置し、開発プログラムと連動させることにより、ガスケットの締結状態を直接モニタリング出来るシステムである。



Figure1 連携研究ラボの概要

2. プラント市場の現状と課題

ガスケットが多く使用されているプラント市場において、プラントの安全操業を行うにあたり、高圧力容器の適切な維持管理は必要不可欠である。取り扱う流体は可燃性、引火性、爆発性、毒性などの性質を持つ場合もあるため、漏えいが災害や事故につながる恐れがある。そのため、プラント従事者はプラント内にある多数のフランジ締結部が適切に締め付けられているか、日々管理をしている。

しかしながら、フランジ締結が起因の災害・事故はいまだに多く発生している。国内における高圧ガス事故の原因別推移をTable1に示す。これらの統計が示すとおり、設備の維持管理の不良による災害事故の総件数はやや増加傾向にあり、更にその構成要因の約30%を「フランジ締結起因」が占めている。そのためメンテナンス時の適切なフランジ締結はプラントの安全操業を行う上で重要な課題の一つである。

また、近年保全スキルを持った労働者は減少傾向にある。フランジ締結における技術と知識の底上げのため、ASME PCC-1に代表されるガスケットの施工に関する規格の整備や、シールトレーニングセンターのようなガスケットの締付け作業の教育プログラムが注目され始めている。併せて作業者の技能によらないフランジ締付け管理も重要である。

Table1 設備の維持管理の不良による災害件数

西暦	腐食管理 不足	フランジ 締結起因	検査管理 不良	点検不良	容器管理 不良	計
2020年	104	72	22	37	14	249
2019年	155	84	13	35	10	297
2018年	124	99	19	35	13	290
2017年	113	97	29	30	8	277
2016年	109	109	20	42	10	290
2015年	93	60	31	17	21	222
2014年	78	55	19	11	16	179
2013年	80	56	28	16	20	200
2012年	65	59	65	8	11	208
2011年	67	66	66	8	20	227

出典：経済産業省「高圧ガス関係事故集計」

更に、一般的に現在使用されている締付け管理方法は間接的な管理方法であり、精度の高い締付け管理を行うには、ガスケットにかかる面圧を直接計測し管理する手法がより良いと考える。今回開発したシステムは、ガスケットにセンサーを設置し、ガスケットを締め付ける際の物性値の変化を計測し、締付け完了を発信するシステムである。

3. ガスケット締付けサポートシステム

3-1) システム概要

Figure2は、本システムの原理を用いた評価システムの概略図を示す。ふっ素樹脂圧延シートガスケットNo.GF300にセンサーを組み込み、締付け状態を画面上で表示する機構である。Figure3は、本システムを用いて管フランジ締結体の締付け状態を可視化したシステム画面例を示す。各ボルトの締付け状態を○・△・×の3段階で判定しており、ボルトごとに締付け不足の箇所を判別することが出来る。

管フランジ締結体は多数本ボルトにて締め付けられ、締付け作業はボルト一本ずつ行われる。ガスケットの呼び径が大きい場合はボルト本数も多く、ボルトの締め忘れも起こりやすくなり、ばらつきも大きい。また、長期的に高温で使用されたフランジはフランジ面が歪んでいることが多く、たとえ均等にボルトを締め付けても部分的に締付け不足が起きることがある。本システムはボルトごとに締付け状態を判定することが出来るので、このような場合にも有効であると考えられる。

Figure4は、本システムにおけるセンシング値とそのガスケット面圧における漏れ量との関係の例を示す。Figure4より、センシング値の変化点(赤矢印部分)でガスケットの漏れ量が大きく減少しており、センシング値から適切な締付け状態を判定で出来ることが分かる。プラントにおける漏れ量の判定基準であるカニ泡はおおよそ $3.0 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ であり、変化点を超えると安定したシール性能が得られると言える。

3-2) 既存締付け管理方法との比較実験

ガスケットの定量的な締付け管理方法として、トルク法、回転角法、超音波軸力計及びボルトテンショナーによるボルト軸力管理などがある。いずれの方法も一長一短があり、作業性、施工精度などのバランスを総合的に判断し選択している。しかしながら、これらの管理手法はガスケットに負荷される面圧を直接管理してはいない。締付けトルクやボルト軸力はボルトにかかる力を管理しているため、実際にガスケットにかかる面圧と異なる場合がある。例えばトルク法の場合、各部材の摩擦特性によりばらつきが生じやすい。ボルトが錆つ

いていたり、無潤滑であったりした場合は、トルク係数が高くなりガスケットにかかる面圧は低くなる。ボルト軸力管理の場合は、各部材の摩擦を考慮する必要はないが、フランジ面間が広い場合や面間が平行でない場合は、ガスケットにかかる面圧を適切に計測出来ない恐れがある。

本システムの有効性を確認するため、二つの実証実験を行った。一つ目は、錆び付いたボルトを用いたトルク法での締付けについて検証した。Figure5に、潤滑剤を塗布したボル

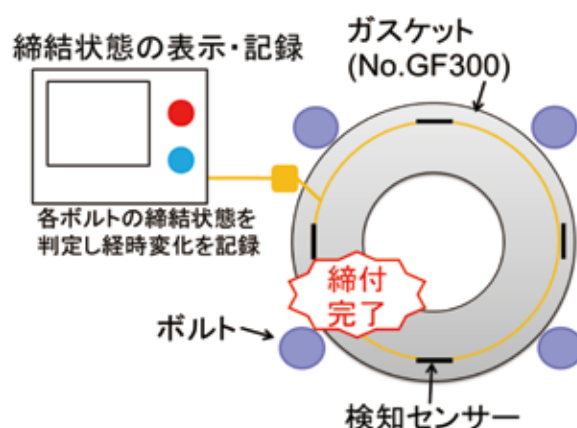


Figure2 評価システムの概略図

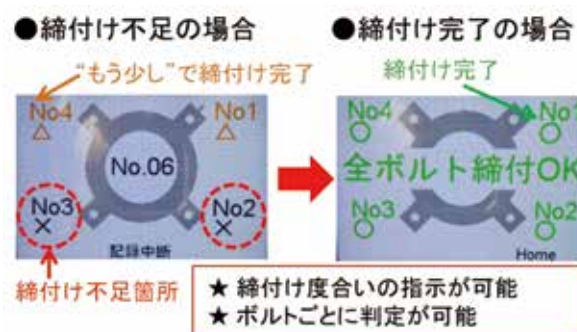


Figure3 締付け状態判定システム

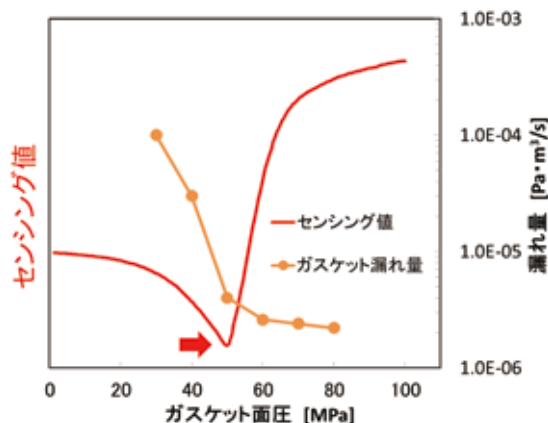


Figure4 センシング値と漏れ量の関係例

トと錆ついたボルトを使用した場合の比較実験結果を示す。センサーを組み込んだガスケットをフランジに設置し、締付けトルク30、50、70N・mで段階的に締め付けている。Figure5より、ボルトに潤滑剤を塗布した場合は、締付けトルク30N・mからセンサーが反応し始め、締付けトルク50N・mですべてのボルトが締付け完了となった。一方、錆ついたボルトを使用した場合、高い締付けトルクを負荷してもすべてのボルトでセンサーが反応しなかった。

なお、締付け後のガスケットの表面状態を確認した結果をFigure5に示す。ボルトに潤滑剤を塗布した場合は、フランジ面の跡が明確であったが、錆ついたボルトの場合はフランジ面の跡は見られず、ガスケットに適正な荷重が負荷されていないことが分かる。

二つ目の実験として、既存の締付け管理手法と精度及び締付け時間を比較した。Figure6にその実験結果を示す。既存締付け管理手法は、トルクレンチを用いたトルク法、スパナを用いた数値管理をしない手法、及び超音波軸力計を用いた軸力管理法とした。スパナを用いる手法については、締付け作業の経験が多い熟練者と初心者で実施した。同一寸法のフランジ締結体をそれぞれの締付け手法で締め付けた際のフランジ面間の距離、ばらつき(最大値-最小値)、締付け完了までの時間を測定した。なお、締付け手順はすべての手法ともJIS B 2251に沿った手順とした。

Figure6より、フランジ面間の平均値はすべての手法で同程度であったが、ばらつきを示す最大値と最小値の差分については、本システムを用いた手法が、最もばらつきが少な

いと信頼されている超音波軸力計と同程度に小さい結果となった。また、締付け完了までにかかる時間は、超音波軸力計が最も長いのにに対し、本システムが最も短い結果となった。このように本システムを用いると、ばらつきが少ない締付けを短時間で行えることが実験で実証出来た。

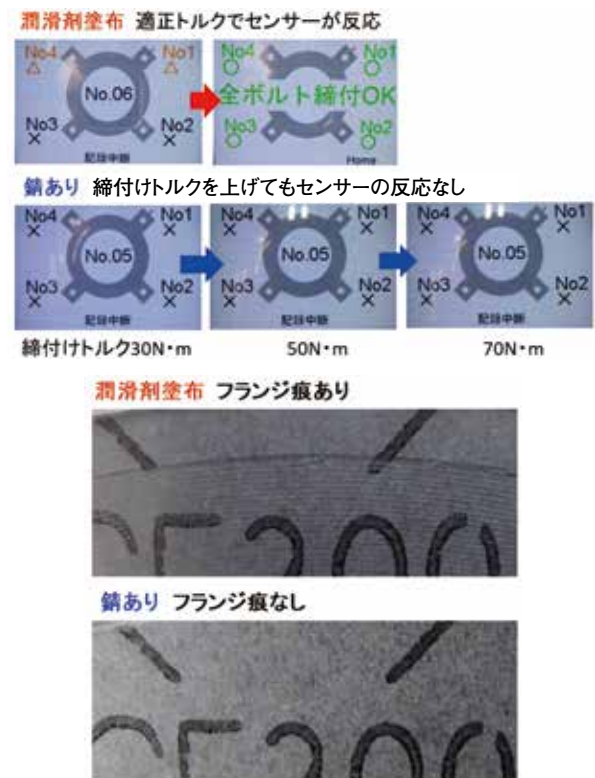


Figure5 ボルトの状態による影響評価結果

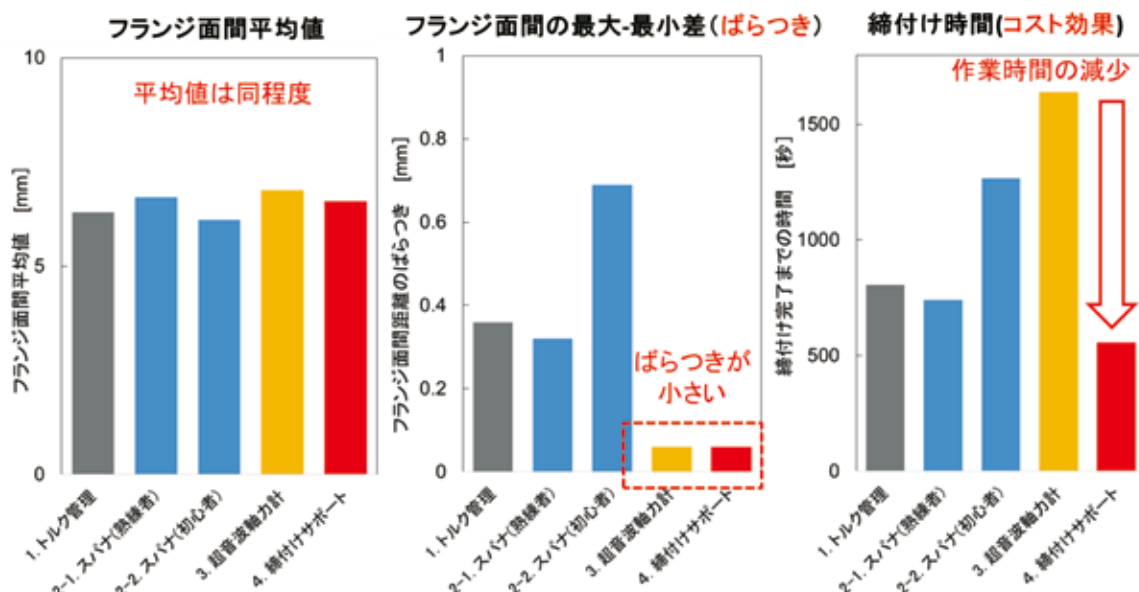


Figure6 既存管理手法との比較実験結果

4. 今後の取り組み

国内大手プラント会社より、本システムのコンセプトについて共感をいただいている。今後は本システムの実証機を用いて、フィールドテストを重ねながら、ブラッシュアップを行い、市場投入を進める予定である。

その第一弾として、実証試験装置を用いたフィールドテストの運用実験を始める。Figure7は実証試験装置を示す。この実証試験装置はうず巻形ガスケットにおける締付け状態をボルトごとに判定する装置である。作業者がリアルタイムで締



Figure7 実証試験装置

付け状態を確認出来ることはもちろん、その挙動を記録することも出来る。締付け作業時だけでなく、締付け後の確認作業などにも有効であると考えられる。今後は実証試験装置を用いて、フィールドテストを行い、より市場ニーズに沿った商品化を進める。

5. おわりに

今回、産総研と協業で進めている連携研究ラボの取り組みの一つとして、メンテナンス時のフランジ締付け作業の可視化を目指す「ガスケット締付けサポートシステム」を紹介した。将来的にはプラント操作中の締結状態を監視出来るシステムの実用化を目指して、更なる連携研究ラボでの研究を進めている。

この協業を行うことで、ハード製品及びサービス(H&S)による、スピーディーな顧客ソリューションの最大化を目指す。更に、安心・安全な産業界の活動を実現することで、広く社会に貢献していく所存である。



戸田 清華
技術総合研究所



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



寺崎 正
国立研究開発法人
産業技術総合研究所
センシングシステム研究センター
4Dビジュアルセンシング研究チーム
チーム長



坂田 義太朗
国立研究開発法人
産業技術総合研究所
センシングシステム研究センター
4Dビジュアルセンシング研究チーム
主任研究員

Quick Value (デジタル調達プラットフォーム) の紹介

1. はじめに

様々な業界で業務効率向上や付加価値の創造などを目的にしたデジタルトランスフォーメーション(DX)が推進されており、特に近年ではAIを活用したDXが急速に進んでいる。

例えば、当社では2021年にふっ素樹脂加工品の在庫管理をAI技術と機械学習アルゴリズムを用いてサポートするシステムの開発に取り組み、稼働させた。過去の推移、及び未来の予測情報をもとに品目ごとの需要傾向を予測し、各品目の在庫状況や生産LTを加味した最適な在庫管理パターン(定量発注・定期発注など)をAIが提案、更に最適な発注点と発注ロットをAIが提案して人が承認する在庫管理を行うようになった。従来は人手による在庫統計や管理パターンの決定に時間がかかっていたが、システムにより大幅に短縮され、かつ見直しの頻度が高まることで在庫管理の精緻化が図られ、DXの効果を実感している。

当社事例のほか、新型コロナウイルスの流行や政治不安などの影響でサプライチェーンが混乱し、調達部品におけるQCD(Quality, Cost, Delivery)のバランスが崩れた背景もあって購買調達のDX化が注目されている。製造業におけるDXは、設計・製造部門においてCAD/CAMやデジタルツイン、IoTや各種センサーの活用などが進んでいるのに比べ、購買調達部門は人による業務が中心でDX化が遅れていると指摘されている。なかでも、図面による加工部品の調達は人を介した見積業務が今も主流になっている。

ここに着目したデジタル調達サービスが2020年頃から普及し始め、板金や金属加工の分野ではWEB上で簡単、かつ早く見積りが得られることから、デジタル調達サービスの利用者は急増しつつある。

2. 当社のデジタル調達サービスへの取り組み

当社はPTFEを中心に約70年間にわたってふっ素樹脂加工品の供給を続けてきた。近年は半導体業界の急激な需要

拡大に伴い、加工用素材の不足や加工工場の工程負荷が高まるなど、当社の調達購買業務においても業務効率化と能力増強、供給安定が課題となっている。

この課題に対し、当社で生産するふっ素樹脂素材の生産能力増強はもとより、多様な加工技術をもつ加工メーカーとパートナーシップを結び、加工の負荷分散と安定化を進めている。

パートナーと効率的に業務を進めるための仕組みとして、当社独自のデジタル調達プラットフォームを開発した。当社が長年の樹脂事業で培ったサプライチェーンと品質管理、素材生産力を活かしたプラットフォームは樹脂加工部品を購入されるお客様の調達業務DX化にも貢献ができと考えている。

今回は、当社が提供するデジタル調達プラットフォームであるQuick Valueを紹介する。

3. Quick Valueがもたらすメリット

3-1) Quick Valueとは

Quick Valueは樹脂加工品の部品図面をアップロードすることで、見積り・発注をWEBブラウザ上で行うことが出来るクラウドサービスである。

従来の図面品の見積りは工場の見積り担当者が工数を計算するなど人手によって見積りを作成しており、回答までに時間を要した。

Quick Valueでは図面から形状を認識し、AIで解析することで加工工数を自動算出し、原則2時間以内で見積りを得ることが出来る。

Quick Valueは当社が定める品質管理基準で加工を行うパートナーがサプライヤーとして複数参画しており、これらパートナーが各々に設定した加工に関する値や当該時点での工程の状況を反映し、図面内容に応じて最適な見積りが選定される。当該時点のベストなQCDを反映した見積りを簡易な操作で素早く取得出来る。



Figure1 Quick Value概略図

3-2) Quick ValueがもたらすQCDのメリット

Quality：様々な加工パートナーが参画するQuick Valueにおいて、品質を維持するための基準を設けている。特に代表的なふっ素樹脂素材であるPTFEは加工時の温度が寸法に影響するため、これらを適正に管理出来るようパートナー工場において25℃を基準温度として検査を実施する体制をつくっている。

また、図面の形状において指示通り加工出来ない箇所があった場合にはレポートを発行し、どこがどういう理由で加工困難であるかを事前に提示することで品質トラブルを避ける仕組みになっている。



Figure2 加工NGレポート例

Cost：PTFEはその素材自体が高価な樹脂であるため、材料費が見積価格に大きな影響をもたらす。Quick Valueでは当社規格サイズ素材に最適な配置(材料取り)を自動計算する機能を実装している。そのため、材料1枚から取得出来る最適数量を1ロット数量とし、ロット毎の見積価格を素早く提示することが出来る。

また、切削加工品は1個でも複数個でも加工プログラム作成などの段取り費用が必要である。これら段取り費用は数量増に伴い減減するので複数個による値引き価格も自動計算することが出来る。(本機能は2023年5月現在、開発中)

Delivery：Quick Value 参画パートナーは自らの加工負荷状況に応じて、旋盤やマシニングセンタなど設備に応じた対

応可否や納期を細かく設定変更することが出来る。この機能により負荷状況をサプライチェーン全体で共有出来、一定のキャパシティを確保することで供給安定化を図っている。

また、素材は当社が支給品として供給しているため、当社側で当該素材の在庫有無を即時に判定出来る。これにより、素材在庫の有無を考慮した納期回答が算出出来る仕組みをつくっている。

3-3) 見積業務の効率化

従来の図面加工品の見積りは人手による個別見積りであった。各社の状況にもよるが、その成約率はおおよそ2割程度であり、成約しない見積業務にかかる人的工数の負担が大きく、作成期間も2-3日を要していた。

Quick Valueでは、あらかじめ参画パートナーに加工工数計算の仕組みを公開し各社が個別に見積りをしていた価格をQuick Value上で自動計算する仕組みである。これにより、各社は見積りにかかる人的工数を削減し、付加価値を生み出す生産業務へ資源を集中することが出来る。

ただし、自動では算出が難しい高難易度の加工品や量産品などは、人手により綿密に計画した見積りを実施することも併用する。自動見積だけでなく、個別見積も併用することで、幅広い顧客のニーズに対応していくものである。

4. Quick Valueの画面紹介

4-1) 見積依頼

見積りを依頼する方法は2通りある。1つはモデルや図面も不要で、寸法入力のみで依頼する方法である。この方法で見積依頼が出来る形状は規定された形状に限定されるが、数分で見積回答を得ることが出来る。もう1つはモデルや図面をアップロードし依頼する方法で、原則2時間以内で見積

回答を得ることが出来る。複雑な形状や見積条件によっては自動解析が難しい場合もあるが、その場合は当社で内容を確認し回答予定日をメールで通知する。

4-1-1) 寸法入力依頼

見積依頼画面で寸法、材質、数量を入力するだけで見積依頼が完了する。現時点では、Oリングが高压によって溝の隙間への食い込みを防止する「バックアップリング」のみ対応としている。



Figure3 寸法入力による見積依頼画面

4-1-2) モデルや図面での依頼

見積依頼できる対象の形状は旋盤やマシニングセンターで加工出来る形状である。見積依頼画面にモデル、図面をアップロードし、必要事項を入力することで、見積依頼が完了する。アップロードするファイルはモデルか図面いずれか1つでも可能である。購買調達を担うユーザーが図面で見積りを行うだけではなく、3Dモデルを扱う設計開発を担うユーザーが直接利用することも有用であると考えている。



Figure4 モデル、図面アップロードによる見積依頼画面

4-2) 見積確認と発注

見積りが完成すると、メールで通知される。見積確認画面では価格が安い価格優先と納期が最も早い納期優先の2通りの見積りを確認することが出来る。



Figure5 見積選択画面

提示された2つの見積りのうち、発注したい見積りを選択することで発注確認画面 (Figure6)へ遷移し、製品の出荷日が提示される。Quick Value 上で見積りから発注までを完結出来るため、注文書の作成作業や窓口とのやり取りを無くすことが可能である。



Figure6 発注確認画面

5. おわりに

Quick Valueの仕組みには長年続く図面加工品の見積業務を一変させる可能性があると考えている。しかしながら、まだまだ発展途上にあり、材質はPTFEに特化し、加工設備は旋盤とマシニングセンタの2つに限定されている。今後、お客様のニーズに応じて樹脂材質の拡充や自動解析出来る形状範囲の拡大、対応する加工種類の増加など様々なアップデートを重ねることでサービス向上に努め、部品加工品の調達業務DXを実現したい。お客様、加工パートナー様、当社で築くサプライチェーン全体でこのDXによるメリットを享受し、各社がより付加価値の高い業務へ資源を集中出来るよう取り組んでいく所存である。



笠本 竜司
高機能樹脂・製品本部
調達グループ



佐藤 俊輔
高機能樹脂・製品本部
調達グループ

高温水素用途向け BLISTANCE[®]シリーズのご紹介

1. はじめに

世界中の多くの国や地域が、カーボンニュートラルの実現に向けて動き出す中、日本においても2050年のカーボンニュートラル社会の実現¹⁾を目指し、幅広い分野で脱炭素化への取り組みが行われている。

脱炭素化の取り組みを進める中で地球温暖化の原因となる温室効果ガスである二酸化炭素の排出をゼロにするため、燃焼時に二酸化炭素を排出しない水素は次世代エネルギーとして重要な役割を持つ。

水素エネルギーは、発電、輸送、産業といった幅広い分野で利用されてきているが、特に注目されるのが輸送分野への利用であり、特に自動車、トラック、バス、電車や航空機での利用が期待されている²⁾。

その中で、燃料電池自動車は究極のクリーンエネルギー自動車として開発が活発に行われ、水素ステーションは燃料電池自動車が普及するためのインフラとして重要な位置付けを担っている。現在、日本国内の水素ステーションは、商用ステーションが約160か所運営されている。また、第6次エネルギー基本計画では、2030年に1,000か所の目標が掲げられている³⁾。

水素ステーションの設備には、水素製造装置、貯蔵設備、圧縮機、蓄圧器、及びディスペンサなどがある。水素ステーションの概要⁴⁾をFigure1に示す。



Figure1 水素ステーションの概略

出典：資源エネルギー庁燃料電池推進室、
燃料電池自動車について、2014、p33

水素ステーションでは超高压・極低温の水素を取り扱っており、水素ステーションの安全性を確保するためには、長期間にわたって安定した性能を維持出来るシール製品が不可欠である。

当社では、水素市場向けシール材として、BLISTANCE[®]-HLT II、BLISTANCE[®]-HULTなどのBLISTANCE[®]シリーズを上市し、水素ステーションの蓄圧器やディスペンサなどの設備で採用をいただいているが、圧縮機の吐出口付近では200℃を超えるような環境にあると言われており、高温環境下においても安全に使用出来るシール材が必要不可欠になってきている。

本報では、プリスタ耐性を有し、かつ200℃を超える高温環境下においても安全に使用出来るBLISTANCE[®]シリーズについてご紹介する。

2. BLISTANCE[®] -HHT

BLISTANCE[®]-HHT (プリスタンス エイチエイチティー) は、BLISTANCE[®]-HLT II (プリスタンス エイチエルティー) と同等の耐プリスタ特性を有しながら、-30～200℃の幅広い温度環境下においても使用可能なFKM材料である。以下に特性を記載する。

2-1) 耐プリスタ特性

水素ステーションの設備の1つである圧縮機のシール材でプリスタが発生すると、水素ガスの漏えいにより大事故につながる恐れがある。そのため、シール材には、急激な圧力変動がある環境下においてもプリスタが発生しないことが求められる。

BLISTANCE[®]-HHTのプリスタ耐性を確認するため、水素曝露試験を実施した。評価は、Oリングを一定時間高压環境下で水素曝露し、急減圧後、水素曝露されたOリングの表面や断面にプリスタが生じるか否かで判断した。比較のため、当社高応力タイプのFKMも同一条件で試験を実施した。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とする）で実施した。試験方法はTable1に示す。

Table1 水素曝露試験条件

試験圧力	90MPa
雰囲気温度	30℃
曝露時間	24h
減圧速度	大気圧まで10秒未満
試験片寸法	AS568-214 (φ3.53×24.99)

90MPaから大気圧まで急減圧させた高圧水素曝露試験後のBLISTANCE®-HHTのOリングの表面、及び断面ではプリスタは認められなかったが、高応力タイプFKMのOリングは、表面、断面ともにプリスタの発生が認められた。これらの結果により、高応力タイプFKMと比較し、BLISTANCE®-HHTのプリスタに対する優位性が確認された。試験後Oリングの表面、及び断面写真をTable2に示す。

Table2 水素曝露試験後Oリングの表面、及び断面写真

	表面	断面	プリスタ発生の有無
BLISTANCE®-HHT			プリスタ 無し
高応力タイプFKM			プリスタ あり

2-2) 低温特性

低温特性は、JISK6261-4の低温弾性回復試験（以下、TR試験とする）で確認した。評価は、50%伸張させた試験片を低温で凍結させ、温度上昇に伴い弾性率が回復し、10%収縮した値=TR10値を指標として評価した。TR10値が低いほど、低温特性が高い材料とする。

BLISTANCE®-HHTのTR10値は-30℃と、当社汎用FKMのTR10値-17℃と比較しても小さく、低温特性に優れた材料ということが出来る。試験結果をFigure2に示す。

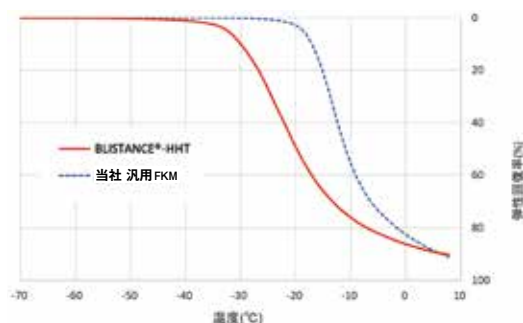


Figure2 BLISTANCE®-HHTと汎用FKMの弾性回復率の比較

2-3) 製作可能形状

BLISTANCE®-HHTは、Oリング(No.4640)、Vパッキン(No.4631)、異形シール成型品(No.4060)など、様々な断面形状についても製作可能である。

2-4) 機械的特性

BLISTANCE®-HHTの常態物性、及び各種耐久試験を実施した。試験結果をTable3に示す。

Table3 BLISTANCE®-HHTの物性試験結果*

試験方法	試験項目	単位	BLISTANCE®-HHT
常態物性			
JIS K6253-3	硬度	ShoreA	94
JIS K6251	引張強度	MPa	19.4
	伸び	%	125
	100%引張応力	MPa	14.1
引裂き試験			
JIS K6252-1	引裂き強度	N/mm	37
	アングル型試験片		
熱老化試験			
JIS K6257	硬度変化	ポイント	+1
条件:200℃×72h	引張強度変化率	%	+3
	伸び変化率	%	+26
圧縮永久ひずみ試験			
JIS K6262	圧縮永久ひずみ率	%	19
条件:200℃×72h	25%圧縮、φ29×12.5h		

*数値は実測値であり、規格値ではない。

3. BLISTANCE®-HUHT

BLISTANCE®-HUHT(プリスタンス エイチユーエイチティ)は、BLISTANCE®-HHTよりも更に厳しい200℃以上の高温環境下において、使用可能なFFKM材料である。以下に特性を記載する。

3-1) 耐プリスタ特性

BLISTANCE®-HUHTのプリスタ耐性についても、BLISTANCE®-HHTと同一条件にてHyTReCにて水素曝露試験を実施した。

高圧水素曝露試験後のBLISTANCE®-HUHTのOリングの表面、及び断面ではプリスタは認められなかったが、当社標準FFKMのOリングは、表面では円周方向に、断面で

4. おわりに

本報でご紹介させていただいた高温高圧水素環境向けに上市したBLISTANCE®-HHT、BLISTANCE®-HUHTがBLISTANCE®シリーズのラインアップに追加されたことで、水素市場向けシール材として想定されている温度領域全体をカバーすることが出来た。

政府が掲げる2050年カーボンニュートラル社会の実現には、まだまだ多くの課題が残るが、水素エネルギー社会の早期実現に、当社BLISTANCE®シリーズのシール材が貢献出来れば幸いである。

また、当社はシールメーカーとして、今後もユーザー各位へのご要望に対して、お応え出来るよう、水素市場に限定されることなく、様々な市場の最新動向をいち早く捉え、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) 資源エネルギー庁、令和2年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2021)
- 2) 資源エネルギー庁、平成26年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2016)
- 3) 経済産業省、第6次エネルギー基本計画、2021
- 4) 資源エネルギー庁 燃料電池推進室、燃料電池自動車について、2014
- 5) 圖師浩文、バルカーテクノロジーニュース、No.36、2019
- 6) 川村敏夫、バルカーレビュー、Vol.26、No.6、1982



圖師 浩文

H&S事業本部
商品開発部
エラストマー開発チーム

※BLISTANCEは、株式会社バルカーの登録商標です。

耐振うず巻形ガスケット No.6596A／No.7596A

1. はじめに

一般的にフランジは、ボルトとナットで締結されており、振動や曲げ応力などの外力によって、そのボルト軸力は徐々に低下することが知られている。ボルト軸力の低下は、ガスケットのシール性に大きく影響し、ガスケット面圧が気密性を維持出来ない気密限界面圧以下になると漏れが発生する。

今回、振動や曲げ応力などの外力に強く、密封性能が優れるPTFEフィラー耐振うず巻形ガスケット「No.7596A」(Figure1)を開発したので、先に販売している膨張黒鉛フィラー耐振うず巻形ガスケット「No.6596A」(Figure1)とともに紹介する。



Figure1 耐振うず巻形ガスケット No.7596A (左)／No.6596A (右)

2. 耐振うず巻形ガスケット

2-1) 概要

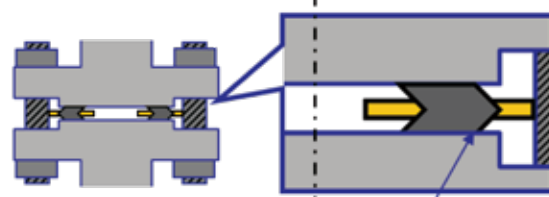
内外輪付きうず巻形ガスケットは、密封性能を担うテープ状のV字形金属薄板(フープ)と膨張黒鉛(フィラー)とを巻き重ねリング状に形成したガスケット本体部と、金属リングである内輪、外輪で構成されるガスケットである。Figure2は、うず巻形ガスケットを管フランジ締結体で締め付けた状態の断面概略図を示す。上が一般的に使用されている標準うず巻形ガスケット、下が耐振うず巻形ガスケットである。ガスケット

本体部は黄色で示した内外輪に拘束されているが、Figure2に示すように、標準うず巻形ガスケットは締め付け後もフランジが内外輪に接触しておらず、ガスケット本体部のみが接触している状態で使用される。

それに対して耐振うず巻形ガスケットは、締め付け時にうず巻形ガスケットの外輪がフランジ面に接触する(以下、リングタッチ)構造となっている。金属リングである外輪とフランジを接触させることで、フランジ締結体全体の剛性が増し、振動や曲げ応力といった外力によるボルト軸力の低下を抑制する効果がある。なお、耐振うず巻形ガスケットの密封性能は、標準うず巻形ガスケットと同様になるよう設計されている。

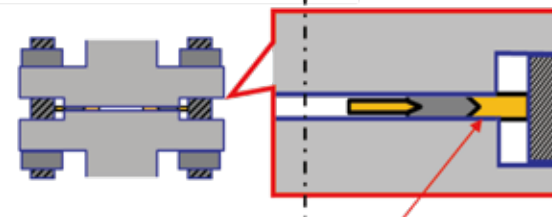
Figure3は耐振うず巻形ガスケットの圧縮復元曲線を示す。耐振うず巻形ガスケットは、圧縮過程で外輪とフランジがリングタッチすると、圧縮応力が急激に上昇する。この圧縮応力が急激に増加する点がリングタッチした点と判断する。

標準うず巻形ガスケット



締め付け後もフランジが外輪に接触しない

耐振うず巻形ガスケット



フランジが外輪に接触(リングタッチ)

Figure2 耐振うず巻形ガスケットの断面概略図(締め付け時)

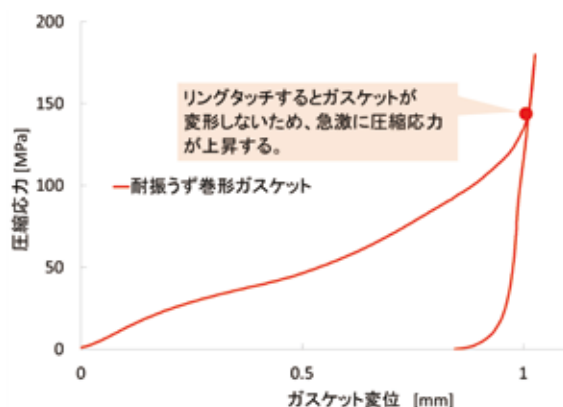


Figure3 耐振うず巻形ガスケットの圧縮復元特性

2-2) 特長

耐振うず巻形ガスケットは振動によるボルトの緩みが少ない製品である。Figure4は、耐振うず巻形ガスケット(No.6596A)及び標準うず巻形ガスケット(No.6596V)において、一定の振動を与えた場合のボルト軸力残留率を示す。No.6596Vは徐々にボルト軸力が低下しているのに対して、No.6596Aはボルト軸力がほとんど低下しない結果となった。

また、耐振うず巻形ガスケットは、配管に曲げの力がかかった場合にフランジが開きにくいという特長がある。Figure5は、配管曲げ実験結果を示す。耐振うず巻形ガスケット(No.6596A)、標準うず巻形ガスケット(No.6596V)、及びシートガスケットである(No.GF300)において、配管の曲げを模擬しフランジ上部に荷重を負荷した場合の漏れ量の変化を実験した結果である。フランジ上部に荷重を加えることでフランジの下側が開き、漏れが増加しやすくなる。Figure5より、No.GF300及びNo.6596Vは、漏れ量が増加しているのに対して、No.6596Aはほとんど増加していないことが分かる。

更に耐振うず巻形ガスケットは、ガスケット施工においても特長がある。ガスケットにおける漏えいは、部分的なガスケット面圧がシール限界面圧より低い箇所から発生する。耐振うず巻形ガスケットは、リングタッチするまで締め付けるという締め付け指標が分かりやすく、初期締め付け面圧のばらつきが少ないと考えられる。Figure6に耐振うず巻形ガスケットと標準うず巻形ガスケットのボルト軸力のばらつきの概略図を示す。耐振うず巻形ガスケットはリングタッチまで締め付けることで、ボルト軸力のばらつきが少なくなり安定して使用することが出来る。

これらの特長から、耐振うず巻形ガスケットの用途としては、船舶の機関室など振動が多い配管部分、埋設配管の地震対策など、振動や曲げなどの外力が生じ、ボルト軸力が変化しやすい箇所に適応出来ると考えられる。

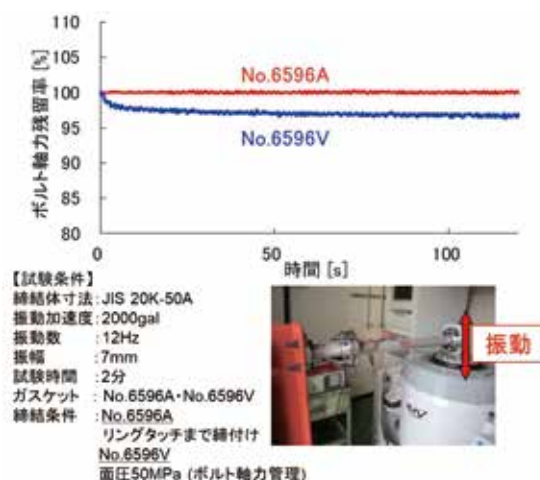


Figure4 耐振うず巻形ガスケットの耐振動性

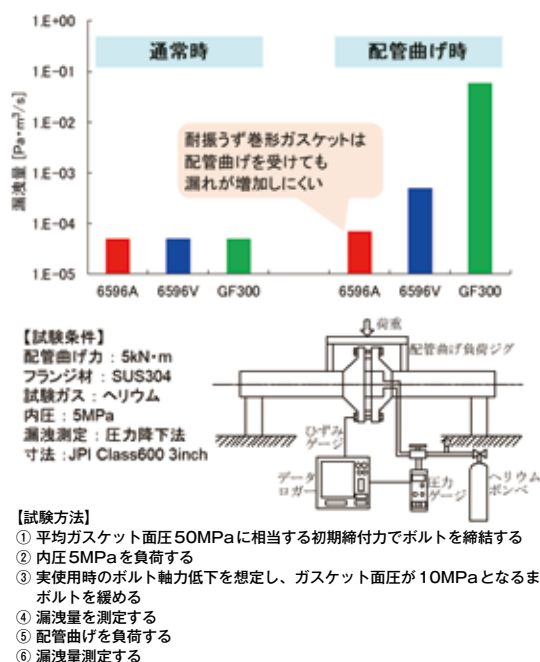


Figure5 配管曲げ実験結果

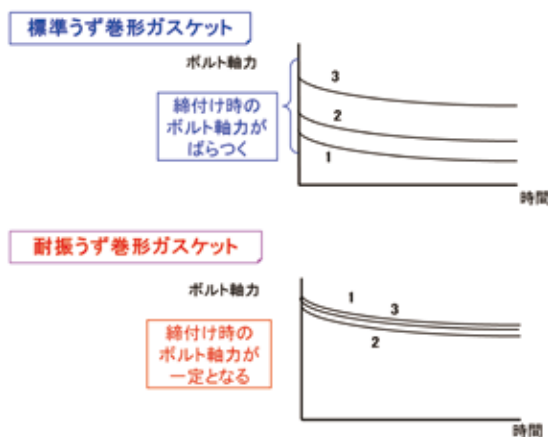


Figure6 締め付け時のボルト軸力の比較図

3. 製品ラインアップ

Table1に耐振うず巻形ガスケットの仕様を示す。フィラー材質は、膨張黒鉛とバルフロン®(PTFE)をラインアップしている。最高使用温度や最高使用圧力、流体別温度圧力範囲は標準うず巻形ガスケット(No.6590/No.7590 シリーズ)と同じである。なお、耐振うず巻形ガスケットはその構造上、内外輪付きのみラインアップしており、製作可能寸法は、配管で使用されることを想定して最大径300A/12Bまでとした。

フィラー材質は内部流体により使い分けることを推奨する。Figure7は、耐振うず巻形ガスケットと標準うず巻形ガスケットの常温シール特性を示す。シール特性評価はJIS B 2490に準拠して実施した。Figure7より、膨張黒鉛フィラーを使用したガスケットより、PTFE フィラーを使用したガスケットの方が気密性で優れていることが分かる。

プラントにおける漏れ量の判定基準として一般的な、石けん水発泡法(カニ泡)の検出可能漏れ量は、おおよそ $3.0 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ であり、膨張黒鉛フィラー品でも一般的な流体であれば十分使用出来る気密性を有している。しかし、アンモニアなど毒性の高い流体はカニ泡レベルより少ない許容漏

れ量が必要とされる。その場合、膨張黒鉛より気密性の高い PTFE フィラーを使用することで、漏れをより低減することが出来る。

Table1 耐振うず巻形ガスケットの製品仕様

バルカーNo	No.6596A	No.7596A
フィラー材質	膨張黒鉛	PTFE
外観		
使用温度範囲	-270 ~ 450 °C	-260 ~ 300 °C
最高使用圧力	30 MPa	20 MPa
呼び厚さ	3.9mm	3.9mm
製作可能寸法	JIS20 ~ 63K/10A ~ 300A JPI Class300 ~ 1500/2B ~ 12B	JIS20 ~ 63K/10A ~ 300A JPI Class300 ~ 600/2B ~ 12B
内外輪材質	炭素鋼 SUS304 SUS316L	SUS304 SUS316L
フープ材質	SUS304 SUS316L	SUS304 SUS316L

※耐振うず巻形ガスケットは内外輪付きのみ製作可能である。
 ※耐振うず巻形ガスケットの内輪と外輪は同材質である。
 ※温度と圧力は、それぞれ個別の使用限界を示す。
 ※流体区分、温度により最高圧力が異なる。

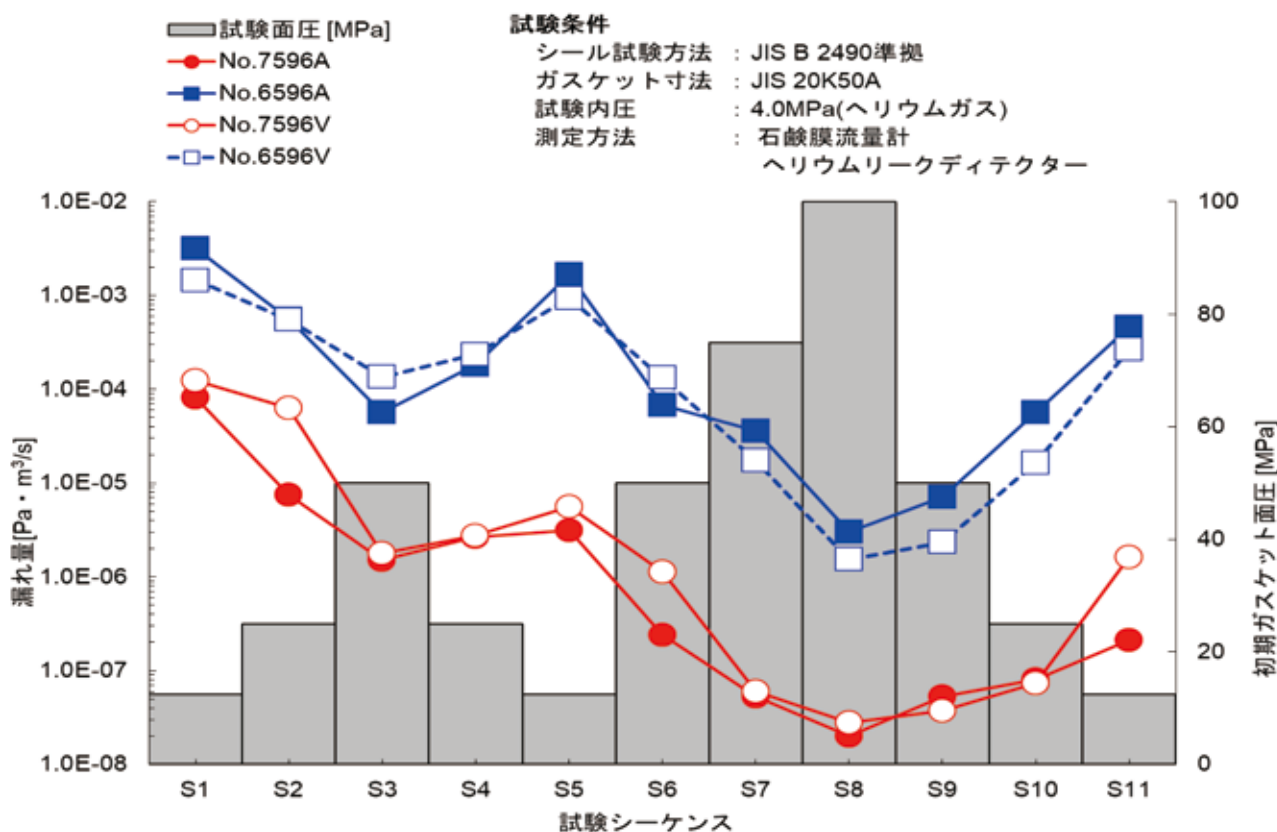


Figure7 常温シール特性評価結果

4. 締付けトルクとボルト応力

耐振うず巻形ガスケットが性能を発揮するためには、リングタッチするまで締め付ける必要がある。ガスケット施工時は締付け工具が回らなくなるまで締付けを行うことを推奨する。Table2にJPI Class300の各呼び径における参考締付けトルクを示す。併せて、レンチ長さ400mm、700mmの場合に必要な力、及び力の目安を記載した。リングタッチするには、Table2に示すトルク程度を負荷する必要がある、施工時はTable2を参考に締付け工具を選定いただきたい。

また、耐振うず巻形ガスケットが性能を発揮するためには、標準のうず巻形ガスケットより高い締付力が必要である。そのため、ボルト材質の選定も重要である。Table2には、各呼び径におけるボルト応力も並記した。特に腐食性などを考慮し、ボルト材質をステンレス鋼とする場合は、ボルト応力とその材質の0.2%耐力を考慮し適切なボルト材質を選定いただきたい。なお、ステンレス鋼における推奨ボルト材質として、ASTM-A320 B8 Class2を提案する。Table3は、ASTM-A320 B8 Class2の引張性質を示す。Table2及び3より、各呼び径におけるボルト応力は0.2%耐力より小さく、ASTM-A320 B8 Class2のボルトを使用することで、耐振うず巻形ガスケットは適切に締付けることが出来ると考えられる。

Table2 締付け参考トルク(JPI Class300)

呼び径	ボルト 呼び径	耐振うず巻形ガスケット			
		締付けトルク	必要な力 kgf		ボルト応力
	レンチ長さ				
(A)	—	N・m	400mm	700mm	MPa
15	14	50	13		171
20	16	80	20		160
25	16	110	28		230
32	16	100	25		209
40	20	190	48		202
50	16	100	25		206
65	20	140	36		152
80	20	200	51		29
90	20	230	59	34	242
100	20	310	79	45	329
125	20	340	87	50	365
150	20	340	87	50	361
200	24	460	117	67	285
250	27	470	120	68	198
300	30	730	186	106	224

必要な力のかけ方

18kgf: 上半身の力を加える
32kgf: 全身の力を加える
50kgf: 全体重をかける

(注意)

本計算値は流体圧力を考慮していない。
流体圧力が高い場合、流体圧力を加味した締付けトルクを設定する必要がある。
ボルトの状態や潤滑油の種類などでトルク係数が変化する。
(本計算値はトルク係数0.2を使用)
ユニファイネジを使用する場合は別途計算が必要。

Table3 ASTM-A320 B8 Class2の引張性質

ボルトサイズ	引張強さ MPa	0.2%耐力 MPa
M20 以下	860	690
M20 超え M24 以下	795	550
M24 超え M30 以下	725	450
M30 超え M36 以下	690	345

5. おわりに

今回紹介した耐振うず巻形ガスケットNo.7596A / No.6596Aは当社独自の製品である。毒性の高い流体に適したPTFEファイラー及び幅広い条件で使用可能は膨張黒鉛ファイラーをラインアップしており、化学プラントだけでなく造船、エネルギー市場など様々な分野でご使用いただける製品であると考えている。

今後も顧客ニーズに応じた製品開発に尽力する所存である。

6. 参考文献

- 1) 佐藤 広嗣: バルカー技術誌, No.23, 7-9 (2012)



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

原子力向け製品ラインアップ

1. はじめに

2020年10月に政府より宣言¹⁾された2050年カーボンニュートラル実現に向けた取り組みとして、温室効果ガスの排出抑制が重要である。特に2021年4月に表明された『2030年度の温室効果ガス排出46%削減(2013年度比)』を実現するためには、これらの目標に配慮したエネルギーミックス²⁾が行われる必要がある。今後、化石燃料依存からの脱却を進めるにあたり、再生可能エネルギーが重要視されるのはもちろんであるが、真のエネルギーミックスを考えれば、決してコストという点を見捨てるわけにはいかない。これらの点をカバーし得るエネルギーとして期待されているのが、CO₂排出が限りなく低く、発電コストが比較的安いと考えられている原子力発電である。安全性の観点から、慎重に慎重を重ねた上で運用されることが前提ではあるが、日本政府の2030年度エネルギーミックス目標値として、原子力比率が20～22% (2019年度比率は約6%)まで引き上げられていることから、その期待が感じられる。

当社としても、過去から、原子力設備の安全性向上のため、重大事故時のシール健全性改善取り組みを進めており、使用環境に適した実績材料の提案や、新規材料の開発、及び、形状提案などを常に行っている。本報では、材料面、形状面などの複数の点から、原子力用途で推奨され得る製品を紹介する。

2. エラストマー材料の提案

原子力用材料として使用する場合、重大事故時の環境³⁾を想定するのであれば、200℃の高温蒸気や、数百kGyの高放射線量が重畳することが想定される。また、使用部位によっては、高温蒸気に曝される可能性はあるものの、放射線量が重大事故時より低い部位も想定されるため、環境に適した材料提案が必要と考えられる。このことから以下の材料の紹介を行う。

2-1) 改良EPDM H3070及びH0880

当該改良EPDMはバルカーテクノロジーニュースNo.30⁴⁾、No.34にて紹介している。優れた耐放射線性と、耐高温蒸気性を特徴としており、一般のEPDMとは一線を画している。そのため、使用環境においては精査する必要があるものの、原子力設備のシール材として使用出来る範囲は広いと考えられ、優れたユーティリティ性を有している。また、様々な断面形状や、大口径品の製作も可能であり、既設シール材にて問題が生じているのであれば、改良EPDMは問題解決につながる糸口になり得る製品と考えている。

2-2) TOUGHUORO® シリーズ

改良EPDM程の耐放射線性を有していないが、高温の耐蒸気性や、各種耐薬品性は、むしろTOUGHUORO®シリーズの方が優れていると考えられる。材質としてはFEPMであり、ふっ素ゴムの一種であるが、EPDMに近い構造を有している。この構造により、ふっ素ゴムでは使用困難な高温蒸気や、無機酸、無機アルカリに対しての使用が可能であり、また、EPDMでは使用困難な乾熱環境での高温使用が可能な材料となっている。

TOUGHUORO®シリーズ(SS70:JISタイプA硬度70度品)と標準FKMとの耐蒸気性の差異を確認するため、当社FKM-70品(JISB2401-1 従来の識別記号4種D)との各種環境下での比較を行った。

乾熱200℃中圧縮永久ひずみグラフをFigure1、飽和蒸気200℃中圧縮永久ひずみグラフをFigure2に示す。

圧縮永久ひずみ率は、エラストマー材料の耐熱性を判断する指標の一つであり、実際の使用状態を模擬した試験方法である。試験方法としては、試料を所定の圧縮率まで潰し、その圧縮率のまま、試験環境内(実機を想定した高温乾熱や蒸気環境など)で所定時間保持する。試験環境から取出し後、圧縮を開放し、試験試料の復元性を確認することで、その環境に対する耐性を確認する手法である。評価として、圧縮永久ひずみ率が0%に近いほど、劣化が少ない健全な状態であり、逆に100%に近くなるほど、劣化が進行し、

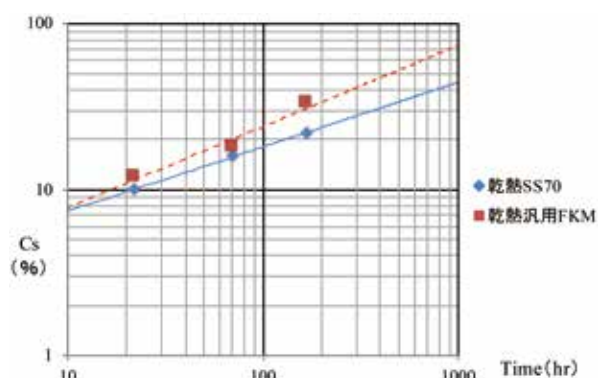


Figure1 乾熱 200℃中圧縮永久ひずみグラフ

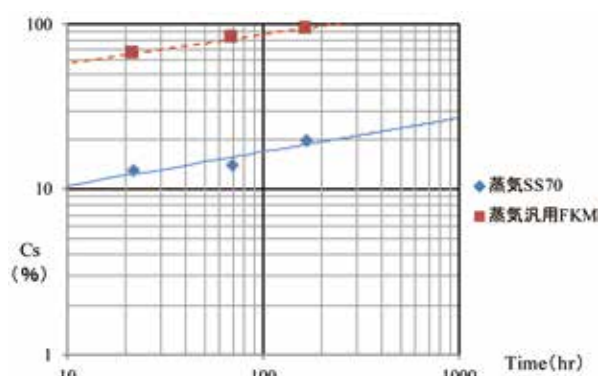


Figure2 飽和蒸気 200℃中圧縮永久ひずみグラフ

シール限界に近づいていると判断する。グラフの見方としては、近似曲線が下側にあり、かつ傾きが小さくなるほど、その試験環境における耐性が強いと判断出来る。

圧縮永久ひずみ率の測定、及び算出方法をFigure3に示す。Figure1のグラフより、乾熱200℃環境では、SS70と汎用

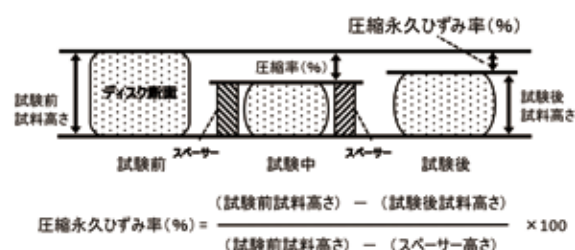


Figure3 圧縮永久ひずみ率の測定、及び算出方法

FKMには大きな差異は確認されず、むしろ、SS70の方が僅かながら耐熱性に優れているように見える。Figure2のグラフより、飽和蒸気200℃環境では、汎用FKMが加水分解と考えられる大幅な変形を生じているのに対し、SS70では、近似曲線の傾きが小さく、当該環境では長期使用が可能と予測される。また、SS70の近似曲線の傾きは、乾熱、飽和蒸気共に近似している。このことから、TOUGHUORO® シリーズは暴露環境違いによる寿命への影響は非常に少ないことが確認出来る。

上記結果から、放射線量がない、もしくは低線量環境において、200℃近傍の乾熱、蒸気などの環境が長期間連続して続くのであれば、改良EPDMより、TOUGHUORO® シリーズを使用したほうが、設備自体の健全性を向上させることも可能ではないかと考えられる。形状に関しても、改良EPDM同様に、様々な断面形状、大口径品の製作が可能であるため、改良EPDMとの併用により、原子炉設備の広い範囲の網羅が可能と考えられる。

TOUGHUORO® シリーズバリエーション及び、乾熱、蒸気環境での老化試験データをTable1に示す。

Table1 TOUGHUORO® シリーズバリエーション

Material name	Steam-resistant TOUGHUORO® - SS series			Low compression set TOUGHUORO® ZS series
	SS70	SS80	SS90	ZS80
Physical properties				
Hardness (ShoreA)	74	84	90	85
Tensile strength (MPa)	23.1	24.6	22.8	24.3
Elongation (%)	190	150	110	120
100% Modulus (MPa)	8.3	15.2	20.9	19.9
Aging test in air 200℃×168h				
Hardness change (ShoreA)	±0	+1	-1	-1
Tensile strength change (%)	-3	-7	-8	-7
Elongation change (%)	-5	-7	-5	-4
Aging test in steam 200℃×168h				
Hardness change (ShoreA)	+1	±0	-1	-1
Tensile strength change (%)	-23	-19	-14	-14
Elongation change (%)	+8	+19	+27	+13
Volume change (%)	+1	+1	+1	+1

TOUGHUORO® シリーズはTable1の通り、耐高温蒸気用のSSシリーズがJISタイプA 硬度70度、80度、90度品の3種類と、SSシリーズの圧縮永久ひずみ性を、更に改善したZS80度品の計4種類のバリエーションを用意している。

3. エラストマーシール

3-1) シール形状

当社として、ガスケット用途(固定用)、パッキン用途(運動用)として色々な製品をラインアップしており、各種機器取り付け部やご使用条件に合わせた特注品についても対応可能である。固定用はフランジ溝に装着後、圧縮変形状態を考慮した形状とすることが望ましい。運動用は機器に要求される特性(低摺動、耐圧性など)を確保しつつ、劣化についても考慮された形状とすることが望ましい。

シール形状により期待される特性が大きく変わるため、以下に形状ごとの特徴を記載する。シール形状の一覧をTable2に示す。

3-2) 特徴

- ・Oリング: シールの中で最も汎用性が高く、各種規格品がラインアップされており、コストも安く使い勝手が良い。固定用、運動用両方に使用可能である。

標準ラインアップ	JIS規格品、ISO規格品、JASO規格品
製作可能寸法	小口径品～大口径品まで対応可

- ・角リング: 比較的汎用的に使用が出来る、装着溝内で転動やねじれが発生しないため、Oリングで転動やねじれが発生した場合に使用される。

標準ラインアップ	標準品の設定はなし
製作可能寸法	小口径品～大口径品まで対応可

- ・甲丸シール: 装着溝内で転動やねじれが発生せず、シール面との接触側はOリングのようにR形状にしたシールである。

標準ラインアップ	標準品の設定はなし
製作可能寸法	小口径品～大口径品まで対応可

- ・横Uガスケット: フランジ面にうねり・歪みがある場合や強度の弱いフランジ(樹脂製など)に使用出来る、自緊式シールのため低締付力で使用出来る。非加圧側にスペーサーリングを設けることで耐圧性を持たせることが可能である。

標準ラインアップ	標準品の設定はなし
製作可能寸法	小口径品～大口径品、楕円、額縁タイプまで対応可

横Uガスケットシール方法をFigure4に示す。

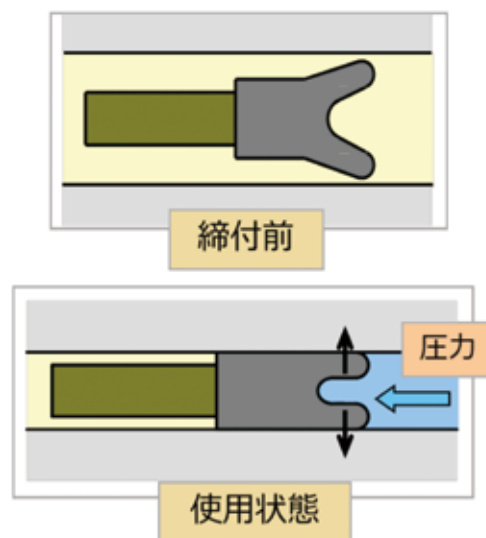


Figure4 横Uガスケットシール方法

Table2 シール形状の一覧

用途	固定用						運動用		
形状									
名称	Oリング	角リング	甲丸	横U	インフラートシール		Oリング	Xリング	Uパッキン
					反転タイプ	膨張タイプ			
コスト※1	低	低	低	中	高	高	低	低～中	低～中
タイプ	スクイズタイプ			リップタイプ	中空タイプ		スクイズタイプ		リップタイプ

注) ※1 イメージ感を示す。

- ・インフラートシール⁵⁾：中空構造をしており、中空部を空気
で加圧させることで膨張させシール
相手面に接触してシールするタイ
プ。反転タイプと膨張タイプがある。

標準ラインアップ	反転タイプ：断面寸法4サイズ 膨張タイプ：断面寸法3サイズ
製作可能寸法	小口径品～大口径品、額縁型など対応可

反転タイプシール方法をFigure5に示す。

膨張タイプシール方法をFigure6に示す。

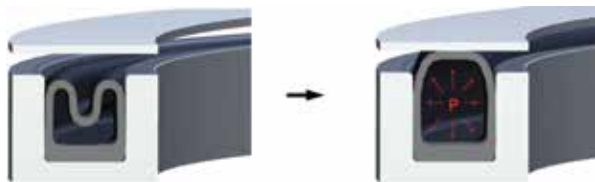


Figure5 反転タイプシール方法

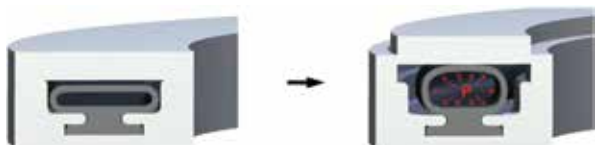


Figure6 膨張タイプシール方法

- ・Xリング：運動用シールでシール接触部のくぼみに潤滑
剤を保持することで、低摺動で使用が出来、
長時間の潤滑効果が得られる。

標準ラインアップ	軸径φ7～φ100
製作可能寸法	小口径品～大口径品まで対応可

Xリング組付け状態をFigure7に示す。

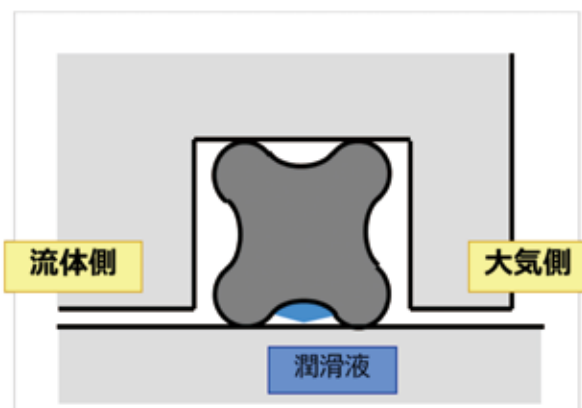


Figure7 Xリング組付け状態

- ・Uパッキン：運動用シールで、低摺動で使用することが
可能である。ロッド用、ピストン用、ロッド・ピ
ストン兼用タイプがあり、フルードパワーを用
いた機器で良く使われている。

標準ラインアップ	ロッド用、ピストン用、ロッド・ピストン兼用、 大断面タイプ、小断面タイプ、空気圧用
製作可能寸法	小口径品～大口径品まで対応可

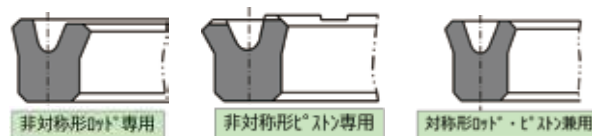


Figure8 Uパッキンの種類

4. グランドパッキン

4-1) 制御弁用グラントパッキン⁶⁾

原子力用の弁としては、大きく分類するとON-OFF 弁と制
御弁の2種類がある。ON-OFF 弁は弁開度を全開または全
閉で使用される場合が主であり、常時作動しない。これに対
し制御弁は弁の開度により、流量や圧力を調整するため、常
時作動する弁となる。

代表的な弁の構造とグラント部の構造について、例として
空気作動制御弁概要図をFigure9に示す。

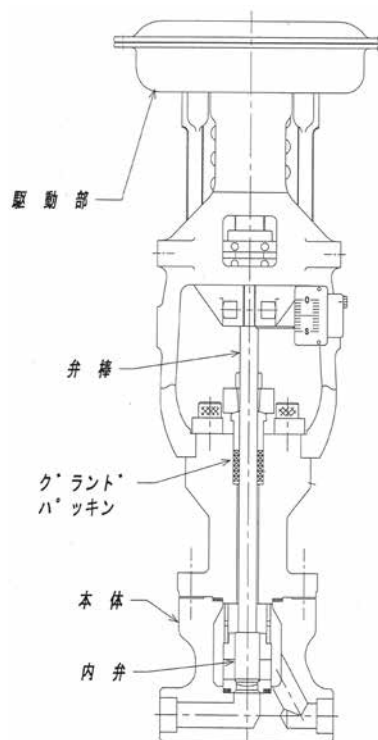


Figure9 空気作動制御弁概要図

制御弁用グランドパッキンは摺動部と、同時に漏れに対するシール部となっており、弁の制御性を考慮すると、摺動抵抗が小さく、かつ同時にシール性に優れると言う相反する機能が要求される。また、原子力用グランドパッキンは、耐放射線性、水質規制などからの不純物規制、性能安定性、耐久性など高い信頼性が要求される。

過去およそ30年前から原子力用制御弁に使用されているグランドパッキンについて、シビアアクシデントに想定される耐放射線性800kGyに対する影響の評価結果を含め、原子力用グランドパッキンNo.6399LAE（アダプターパッキン）、No.VF-20LAE（メインパッキン）について紹介する。

4-2) 材料構成

No.6399LAEは炭素繊維をPTFEディスパージョンで処理したのち断面角形に編組し、PTFEディスパージョンと微粒黒鉛で仕上げたのち、潤滑油で処理したパッキンである。

No.6399LAEはアダプターパッキンとして使用し、構成概要図をFigure10に示す。

No.VF-20LAEはインコネルワイヤーで補強した膨張黒鉛ヤーンを断面角形に編組したのち、潤滑油で処理したパッキンである。

No.VF-20LAEメインパッキンとして使用し、構成概要図をFigure11に示す。

制御弁に使用する場合は、No.6399LAEとNo.VF-20LAEを組み合わせて使用する。グランドパッキン組み合わせ概要図の例をFigure12に示す。

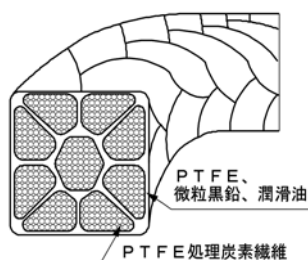


Figure10 No.6399LAE 構成概要図

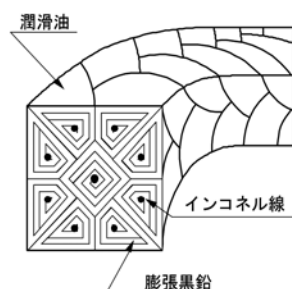


Figure11 No.VF-20LAE 構成概要図

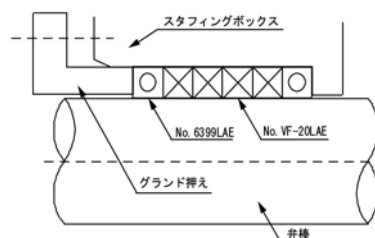


Figure12 グランドパッキン組み合わせ概要図

4-3) 特徴

- ・制御弁用グランドパッキンに必要な要素である低摺動抵抗と優れたシール性能を長期にわたり安定して発揮する。
- ・シビアアクシデントに想定される耐放射線性を有する。
- ・ハロゲンイオンや硫黄、低融点金属合金などの成分濃度を厳重に規制し、使用材料も放射線劣化を起こさないものを厳選している。

4-4) 使用範囲

No.6399LAEとNo.VF-20LAEを組み合わせた場合の、使用範囲をTable3に示す。

Table3 使用範囲

用 途	制御弁・ON-OFF 弁
最高使用温度	363℃
最高使用圧力	18.9MPa
pH 範囲	0～14

4-5) グランドパッキンの耐放射線性

No.6399LAEとNo.VF-20LAEの放射線照射の有無による基礎特性（圧縮特性、摺動特性、シール特性）及び耐熱特性（熱減量特性）を相対比較し耐放射線性の影響を評価する。

- ・放射線照射条件：未照射、100kGy、800kGy
- ・グランドパッキン組み合わせ概要図 Figure12 参照
- ・基礎特性試験治具概要図 Figure13 参照
- ・耐熱特性条件：350℃

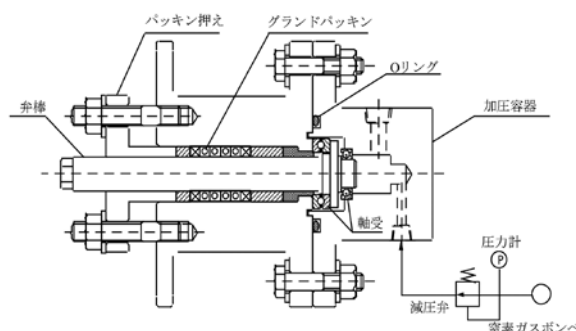


Figure13 基礎特性概要図

4-6) 耐放射線性評価結果概要

耐放射線性結果概要をTable4に示す。グランドパッキン外観をTable5に示す。

基礎特性(圧縮特性、摺動特性、シール特性)及び耐熱特性(熱減量特性)については、放射線照射の影響は認められない。

放射線照射によりNo.6399LAEの補助材であるPTFEの低分子化の影響で、編組の解れが認められ、僅かに摺動抵抗の増加が認められるが問題の無い程度である。No.6399LAEの解れは想定しており、炭素繊維に影響は及ぼさない。また、スタフingボックス内では拘束されており、アダプターパッキンとしての機能は果たすものとする。

No.6399LAEとNo.VF-20LAEは、シビアアクシデントで想定される放射線量においても使用上問題ないものとする。

Table4 耐放射線結果概要

	基礎特性 ^{*1)}			耐熱特性 ^{*1)}
放射線量	圧縮特性	摺動特性 ^{*2)}	シール特性	熱減量特性
100kGy	◎	◎	◎	◎
800kGy	◎	○	◎	◎

*1) 圧縮特性、摺動特性、シール特性は組み合わせ。耐熱特性は単独。
◎：影響なし(未照射時と比較し同等)

*2) 摺動特性：μk値 ◎：0.030以下 ○：0.040以下

Table5 グランドパッキン外観

バルカーNo.	新品	未照射 熱処理後	100kGy 熱処理後	800kGy 熱処理後
No.6399LAE				
No.VF-20LAE				

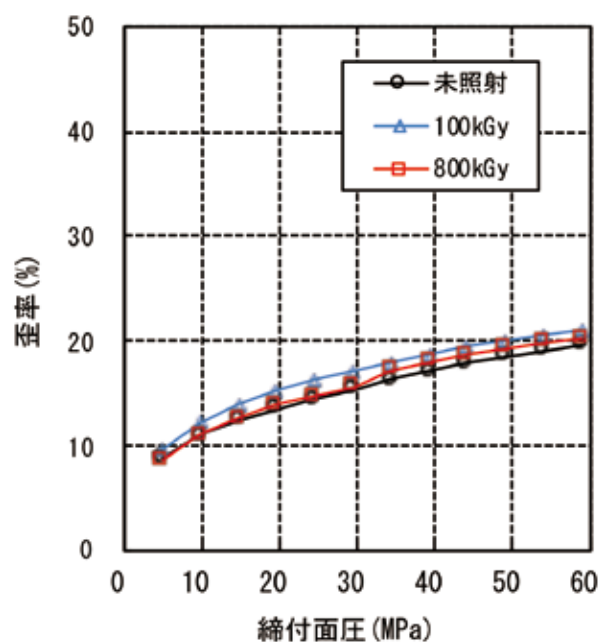


Figure14 圧縮特性結果

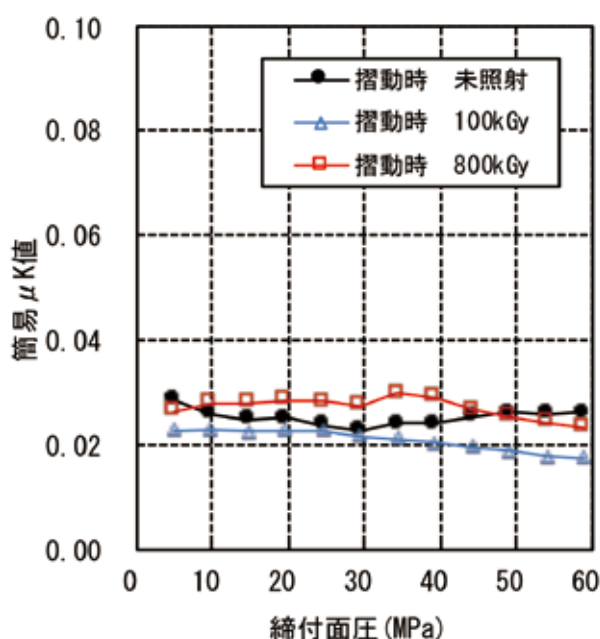


Figure15 摺動特性結果

4-7) 耐性確認試験評価結果

圧縮特性結果をFigure14、摺動特性結果をFigure15、シール特性結果をTable6、熱減量試験結果をFigure16、Figure17に示す。

各特性結果より、放射線照射による性能に影響する変化は軽微であり、使用上問題ないものとする。

Table6 シール特性結果

放射線照射量	内圧をシールするために必要な締付面圧 (MPa)		
	1MPa	4.9MPa	9.8MPa
未照射	9.8	14.7～19.6	19.6～24.5
100kGy	9.8	14.7～19.6	19.6～24.5
800kGy	9.8～14.7	24.5	24.5

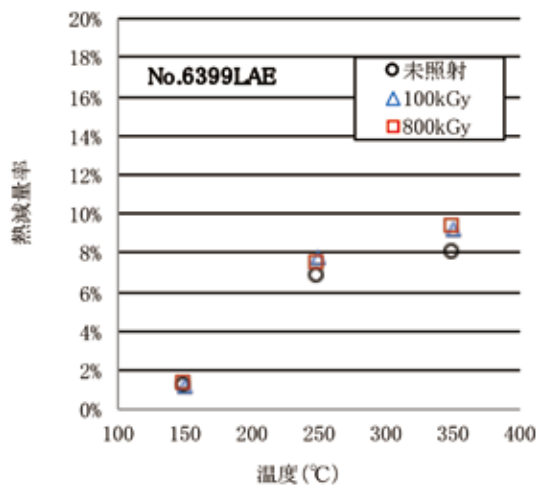


Figure16 熱減量試験結果 (No.6399LAE)

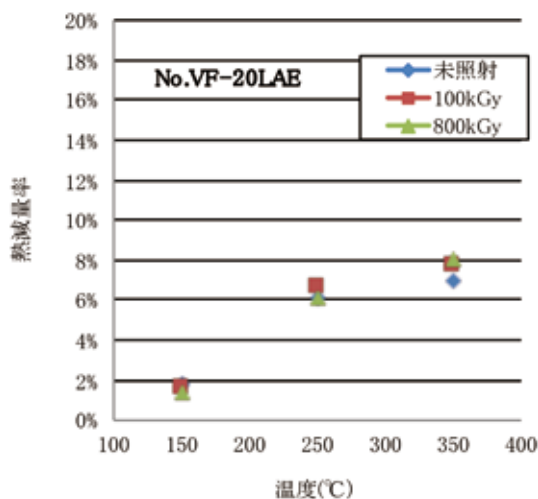


Figure17 熱減量試験結果 (No.VF-20LAE)

5. おわりに

環境対策として、地球規模でのカーボンニュートラルへの取り組みが行われる中、温室効果ガスを排出しないエネルギーである原子力発電所の再稼働も進みつつある。我々シールメーカーでは、災害などリスクヘッジによる安定供給体制へ取り組み、また、環境負荷を低減した製品開発を進めていく所存である。

6. 参考文献

- 1) 資源エネルギー庁: 令和2年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2021), 第2章 第3節『2050年カーボンニュートラルに向けた我が国の課題と取組』
- 2) 森田 一成: 朝日新聞デジタル SDGs ACTION, 『エネルギーミックスとは? 日本の2030年度目標や現状、課題を紹介』(2022.08.22)
- 3) 鈴木 憲, 松田 真一, 杉村 卓哉: バルカー技術誌. No.34, 14-18 (2018)
- 4) 鈴木 憲: バルカー技術誌. No.30, 14-19 (2016)
- 5) 上田 彰, バルカー技術誌, No.17, 8-15 (2009)
- 6) 青木 晃, 瀬戸田 末広, 安東 博, 松岡 邦彦: バルカーレビュー VOL.38 No.5, 1-8 (1994)



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

H&S事業本部
商品開発部
エラストマー開発チーム



須川 修司

H&S事業本部
商品開発部
ガasket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.44 Winter 2023

● **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

● **カスタマー・ソリューション《共著》**

VALQUA SPM™ SDM 工事管理システムの活用事例

コスモ石油株式会社 堺製油所 TA 管理課長 宮本 豊彰

H&S 事業本部 サービスソリューション営業部 中出 賢志郎

● **カスタマー・ソリューション**

シールトレーニングセンター サテライト拠点の紹介

H & S 事業本部 サービスソリューション営業部 金子 秋野

● **技術論文《共著》**

半導体製造設備における振動測定システム VHERME® の適用事例紹介

ご協力 半導体製造メーカー A 様

技術総合研究所 山下 裕也

技術総合研究所 米田 哲也

技術総合研究所 佐藤 央隆

● **技術論文**

メタル中空 O リングの基礎密封性能評価

広島大学名誉教授 澤 俊行

技術総合研究所 山本 公平

● **製品の紹介** BLISTANCE® シリーズ - 60℃対応品の紹介

H&S 事業本部 商品開発部 エラストマーチーム 西原 亮平

高機能シートのラインアップ拡充

H&S 事業本部 商品開発部 ガasket 開発チーム 黒河 真也

技術総合研究所 戸田 清華

グランドパッキン交換ツールの紹介

H&S 事業本部 商品開発部 ガasket 開発チーム 濱出 真人

No.43 Summer 2022

●ご挨拶

取締役 CTO 青木 睦郎

●技術論文 管フランジ締結体における締付け効率の評価

広島大学名誉教授 澤 俊行

研究開発本部 高橋 聡美

研究開発本部 M.U.KHAN

研究開発本部 藤原 隆寛

●製品の紹介 遠隔監視プラットフォームと予知保全サービスの紹介

事業変革推進室 本居 学

研究開発本部 山下 純一

研究開発本部 佐藤 央隆

研究開発本部 西原 亮平

BLISTANCE® シリーズ HLT II の紹介

高機能プラスチック製品の紹介

高機能樹脂・製品本部 調達グループ 佐藤 俊輔

●事業の紹介 シールトレーニング設備搭載出張講習車 シールトレーニングビークル™

Seal Training Vehicle™ (略称：STV) の紹介

H & S 営業本部 サービスソリューション営業部 出口 善久

No.42 Winter 2022

●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

●カスタマー・ソリューション《寄稿》

フランジ締付けトレーニングによる気密試験の成果

日本通運株式会社 周南支店重機建設課 桐山 真也

●カスタマー・ソリューション

ガスケットの適切な施工について

H & S 営業本部 中出 賢志郎

研究開発本部 商品開発部 高橋 聡美

●デジタル・ソリューション

IP ランドスケープの取組

知的財産部 薄井 伸太

●製品の紹介 PTFE ナノファイバーのフレキシブルデバイスへの活用

研究開発本部 先行技術開発部 素材応用開発チーム 武藤 裕孝

研究開発本部 先行技術開発部 新領域開発チーム 米田 哲也

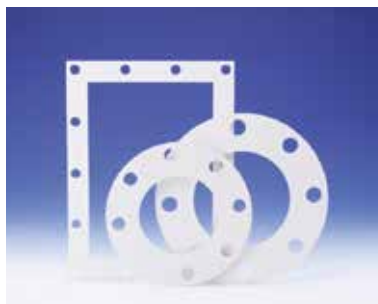
バルフロン®ライニング鋼管ガスケットレス機構

株式会社バルカーメタルテクノロジー 生産部 河合 伸幸

地球に、そして人にやさしいモノづくり……



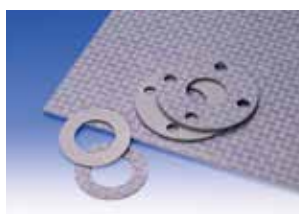
高性能ガスケット



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 of 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)
<https://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

■H&S事業本部

第1ブロック(北海道)	☎(03)5434-7375	Fax.(03)5436-0565
第2ブロック(東北)	☎(03)5434-7375	Fax.(03)5436-0565
第3ブロック(北関東・信越)	☎(03)5434-7375	Fax.(03)5436-0565
●第4ブロック(南関東)	☎(03)5434-7374	Fax.(03)5436-0564
●第5ブロック(東日本カスタマーサービス)	☎(03)5434-7375	Fax.(03)5436-0565
●第6ブロック(中部)	☎(052)811-6451	Fax.(052)811-6474
●第7ブロック(関西)	☎(06)6265-5031	Fax.(06)6265-5040
●第8ブロック(西日本カスタマーサービス)	☎(06)6265-5032	Fax.(06)6265-5041
第9ブロック(北陸・中四国)	☎(06)6265-5031	Fax.(06)6265-5040
第10ブロック(中国)	☎(093)521-4181	Fax.(093)531-4755
●第11ブロック(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

■海外統括本部

●貿易チーム	☎(03)5434-7376	Fax.(03)5436-0562
--------	----------------	-------------------

■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

VALQUA TECHNOLOGY NEWS

夏号 No.45 Summer 2023

発行日・・・2023年7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

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	☎(03)6770-9143	Fax.(03)3779-4006
千葉営業所	☎(03)6770-9143	Fax.(03)3779-4006
●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	☎(03)5434-7520	Fax.(03)5435-0264
福山営業所	☎(03)5434-7520	Fax.(03)5435-0264

<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。