

Valqua Technology News

バルカー 技術誌

2019年 夏号

No.37 Summer 2019

- **ご挨拶** 1
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 2
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 7
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 10
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 吏一
- **技術論文**
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 16
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 22
研究開発本部 P&Iサービス開発部 本居 学
- **製品の紹介**
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 25
研究開発本部 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** 29



株式会社バルカー

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

ご挨拶



日頃のValqua Technology Newsのご愛読に心より感謝申し上げます。

当社グループは、本年度の株主総会以後、瀧澤代表取締役会長CEOと本坊代表取締役社長COOによる新たな経営体制を打ち立てて、第8次中期経営計画である“NV・S8”で規定された戦略を強固に推進し、H&Sのソリューションを顧客の皆さまへ提供して行く企業として、継続的かつ健全な成長の実現を目指して行くこととなりました。また、その成長を支える重要な戦略要素として、バリューチェーン全体に必要とされる技術力の更なる強化を図り、イノベーションの創出に対してより一層の力点を置いた活動を実行していくため、全社の技術に関する最高責任者としてCTO職目が設けられ、私とその任に当たらせていただくこととなりました。

新たなCTO体制の下では、既にNV・S7から推進しておりますシールエンジニアリング・サービスにおいて、顧客感動の実現を目指したトータルソリューションを提供する能力をより一層に強化するため、技術開発力の高度化と多様化を実行してまいります。具体的には、当社に蓄積された材料・設計などの要素技術の進化を図るとともに、IoTやAIなどの技術を組み合わせ、顧客の皆さまがこれから必要とする商品とサービスを迅速に提供するために全社の技術部門が一丸となった取り組みを強化してまいります。

このような技術の高度化と多様化の取り組みにおいては、既に以前にもご紹介をいたしておりますように、オープンイノベーションの手法を駆使して、外部の技術資源を最大限に活用して行くことにも力を入れてまいります。そのような具体例の1つとして、2019年の6月より産業技術総合研究所内に“バルカー 産総研先端機能材料開発連携ラボ”が開設され、次世代H&S商品に活用される技術の開発を目指し、複数テーマについて、共同の研究開発活動が開始されております。その他にも、海外のスタートアップ企業が持つ先端的な技術の活用について積極的に取り組んでおり、顧客の皆さまへ新たな技術ソリューションを提供させていただくために、技術力の底辺拡充と高度化に努めております。

今号は、前号と同様に 1) カスタマーソリューション、2) 技術論文、3) 製品紹介 という3部で全体を構成し、取り上げるトピックスとしてはH&Sの視点から実践的な内容を中心として選定いたしました。読者の皆さまにおかれましては、ここでお届けする情報を御確認いただき、当社グループが顧客の皆さまとともに常に追及しております「安全・安心」な操業の実現に向けて、本技術誌が技術情報として読者諸兄のご参考としていただけるだけでなく、実際に皆さまの現場での活動に供していくことが出来れば幸いです。

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けますようお願い申し上げます。

取締役CTO 青木 睦郎

新たな防錆技術の提案

1. はじめに

我が国の高度経済成長期に建設された多くの大型プラント設備は、既に経年が30年を超過し、設備の劣化が問題となっており、多くの技術者が昼夜を問わず設備保全に従事しているのが実態である。その反面、以前にも増して、高い信頼性・稼働率が要求されるようになり、更に長い年月に亘って、信頼性を損なうことなく合理的な設備の維持管理が求められている。

設備は、経年に伴い腐食や劣化が進行するが、プラントの機能を損なわないような保全が必要である。特に、ほとんどのプラント設備は、沿岸地区に建設されるため、必然的に塩害の厳しい環境下に日夜曝されることになる。このように厳しい設置環境の高経年設備に対しては、その都度メンテナンスする対処療法では、プラント設備の信頼性を確保することは困難である。

特に、設置環境的に不可避であるサビに対しては、一般的には、塗料などによる接着被膜を形成する防錆処理が施されるが、再塗装時に劣化した接着被膜を除去することは

容易ではない。特に複雑な形状の設備に対して、これらを完全に除去することは困難であり、かつ再塗装の防錆効果は新塗装に劣るとい課題がある。

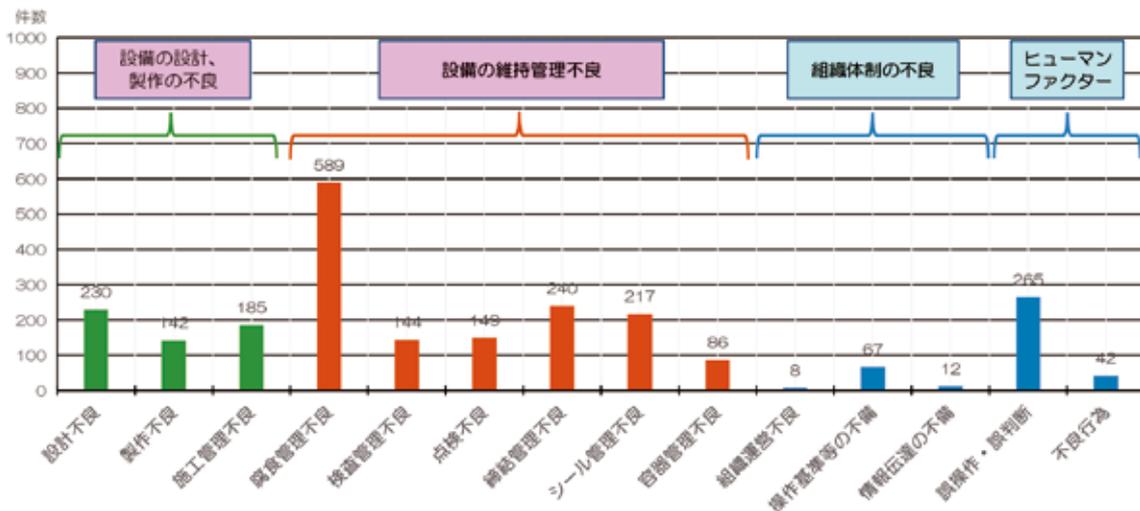
東京電設サービス(以下、当社)では、海外でも実績のある熱可塑性樹脂を用いた新たな防錆技術・工法を2013年より導入し、様々な設備に対して合理的な機能維持に寄与しており、以下にその概要を報告する。

2. プラント設備事故の現状

経済産業省 産業保安グループより開示されている、2013年～2018年に発生した高圧ガス設備の原因別事故件数をFigure1に示す。

設備の維持管理不良による事故が全体の約60%である。このうち、腐食管理不良が卓越して多く、全体の約25%を占める。

腐食防止には、従前より、塗装による防錆が汎用的に適用されているものの、保全対策として必ずしも十分に機能していない可能性が示唆されている。



経済産業省 高圧ガス関係集計資料(その他分類を除く)平成30年12月末現在

Figure1 2013～2018年 高圧ガス事故の原因別による分析 N=2376

3. 新たな防錆材料の特徴

新たな防錆材料をボルトに適用した場合のイメージをFigure2に示す。塗装による防錆施工とは異なり、熱可塑性プラスチック高分子ポリマーによって構成された材料により対象物を包み込み、材料に含まれている油を自らしみ出すことによって長期防食が可能であり、以下の特徴がある。

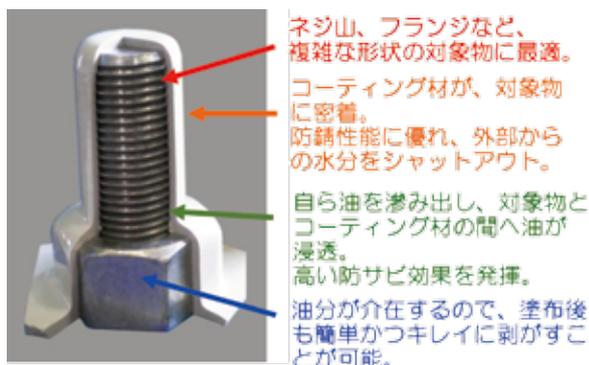


Figure2 ボルト防錆イメージ

- 半永久的にサビを抑制！
油がしみだす特殊材料で、優れた防錆効果を発揮。定期的にメンテナンスすることで、対象物を半永久的に使用し続けることが可能である。
- 沿岸部や海上等の厳しい環境でも安定した防錆効果を発揮！
塗装では短いインターバルで再施工を要する厳しい環境でも、安定した防錆効果を発揮するため、ライフサイクルコストの削減が実現出来る。
- 短時間で施工！飛散防止養生も簡易！
塗料と比較して材料が飛散しないので、簡易な養生で施工可能である。また、硬化時間は約3分と短いため、養生時間を大幅に短縮可能である。
- ケレンが難しい複雑な形状にも最適！
対象物を丸ごと油で包み込むため、第3種ケレンでも十分な防錆効果を発揮し、ケレンが困難な複雑な形状への施工に適している。
- 簡単に剥がせる！だから開放検査が容易！
コーティングはカッターで簡単に切断することが出来、キレイに剥がせるため、開放検査時にも短時間で容易に検査が可能である。
- 余寿命診断技術により、最適な補修時期を提案！
当社独自の余寿命診断技術(※)により、防錆効果を最大限に引き出し、最適な再施工時期を提案可能である。
※特許第6051276号「油含浸樹脂膜の余寿命診断方法」

- 高い絶縁性能！感電防止策としても応用可能！
電気絶縁性能が53kV/4mmと高く、形状を選ばず施工が出来るため、感電防止措置としての活用も可能である。
- 環境にやさしい材料！
有機溶剤や有害な化学物質を使用していないことから、環境にやさしい材料である。

4. 防錆装置

現場施工時に使用する装置をFigure3に示す。



Figure3 防錆装置本体

融解装置本体
(融解量12kgタイプ)

- ①融解装置本体
(融解量5kgタイプ)
※5kgタイプは、H&Sデモカーにて紹介¹⁾
- ②吹付けホース(10m:融解熱電対入り)
- ③コンプレッサー(吹付け圧力可変用)
- ④材料チップ(10kg/缶)

5. 施工事例

- ①湾岸駐車場消火配管へ適用
定期配管改修(3年→5年)期間延伸並びに駐車利用者抑制迷惑時間短縮対策して採用。
(塗装3度塗り(3日)→防錆施工(1時間))



Figure4 施工前(配管工事後)

施工後

- ②定期的な開放検査時の時間短縮
定期的にフランジ部(赤丸)の開放検査の際に、塗料と違い短時間(1日→1時間)で開放出来ること、かつ既存締付けトルク確認が的確に出来ることで採用。



Figure5 開放フランジ部施工前 開放箇所のみ塗布

③既存設備の廃止期間までの延命化法方策

設備廃止計画があるが、その期間中サビの進展遅延と設備維持、並びに完全固化しないため、緊急時でも開閉操作可能であること。更に手ケレン(火気厳禁区域)の利点を活かし採用。



Figure6 塗布前 塗布後



Figure7 スピンドル部防錆 塗布後(固化しないので操作可能)

④材料の電気絶縁性能による感電防止措置

材料の電氣的絶縁性能を活かし、工事期間中作業箇所と充電部の離隔確保が厳しいことから、一時的な感電防止対策として採用。

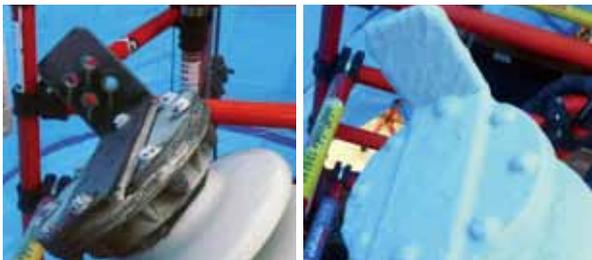


Figure8 充電露出部 塗布前 塗布後

⑤長大吊り橋ハンガーロープ定着部への適用

ハンガーロープ定着部(ワイヤーと橋の支点部)の防錆としてワイヤー内部へグリス状の防錆剤注入後、更にその外面の被覆防錆として採用。



Figure9 ワイヤー表面の形状に合わせた、浸漬装置を開発した外面被覆防錆工法(当社特許技術)

6. 防錆効果付き樹脂キャップ(FITCAP)

お客さまのお困りごととして、

- ・ボルトナットがサビてしまう
- ・大型機材を持ち込まないで防錆は出来ないか
- ・異なるボルトサイズ、アンカー類が複数現場に取り付いているが、金型を製造しないでキャップ作製出来ないか
- ・ネジ山がサビついて動かなくなったボルトナット切断に苦慮している
- ・緩みが気になるけど、ダブルナットの締結は煩わしいなどのお客さまの声を活かしたオーダーメイドの防錆キャップ(FITCAP)を開発

①一般電気設備の架台部への適用

周囲環境条件により、ボルトナットの劣化進行が速いため、防錆キャップを採用。



Figure10 左 取付け前
中 ナット側の防錆キャップの設置状況
右 アンカーボルトの防錆キャップの設置状況
(いずれもお客さま設置)

②橋梁上部のワイヤー支持ボルトナットへの適用

定期的に支持ボルトナット緩み確認を行っているが、既存キャップの金型もなく、新規作製では高額となることから、

金型作製費用低減と防錆維持観点から分割型防錆キャップを採用。



Figure11 左 M42サイズ既存キャップを撤去したところ、一部サビ発生
右 分割型の防錆キャップの設置状況(お客さま設置)

③高速道路など電光表示盤基礎部ボルトナットへの適用
設備管理者より、設備維持管理規則の改正により定期的に支持ボルト探傷試験が制定され、試験に際し頭頂部の研磨を行うが、次回測定までのサビ防止と継続測定時の精度向上、更に簡単に開放出来、道路規制時間の短縮が出来る点で防錆キャップを採用。



Figure12 左 基礎支持ボルト(土中または気中)
中 探傷試験時に頭頂部研磨し測定
右 探傷試験終了後、防錆キャップの設置状況(お客さま設置)

7. 各種試験結果

材料使用に際し、社内・材料メーカーの各種試験結果を以下に示す。

①中性塩水噴霧複合サイクル試験(JIS H8502準拠)をFigure13に示す。

試験条件は、新品ボルト 120サイクル(40日間)



Figure13 試験状況 防錆塗布あり 塗布なし

②中性塩水噴霧試験(JIS Z2371準拠)をFigure14に示す。
試験条件は、予めサビさせたボルト3264時間(136日)



Figure14 試験状況 防錆塗布あり 塗布なし

防錆塗布ボルトは、防錆油の置換により黒色化しているが、サビの進展は抑えられている。塗布なしは、ネジ山が溶けている状況であることが判る。

③材料メーカーによる浸漬試験

Table1 耐薬品など浸漬試験【試験期間：6ヶ月】

試験液	状態変化	試験液	状態変化
20% 硫酸	影響なし	水酸化ナトリウム	表面浸食
20% 塩酸	影響なし	アルコール	やや軟化
20% 酢酸	やや軟化	キシレン	不適合
20% アンモニア	影響なし	メチルアルコール	不適合
20% リン酸	影響なし	エタノール	不適合
水道水	影響なし	ディーゼルオイル	影響なし
精製水	影響なし	ガンリン	軟化・膨張
海水	影響なし	マルチンソブチルケトン	不適合

④材料メーカーによる材料性能公的試験

Table2 熱可塑性樹脂 E170 色：グレー

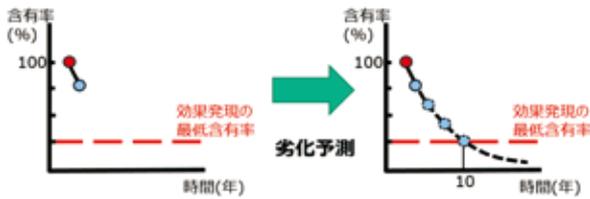
試験項目	試験方法	判定
難燃性試験	UL94 (水平法)	HB
難燃性試験	UL94 (垂直法)	V-2
絶縁破壊電圧測定	JIS C2110-1	52.7kV (5回平均)
高分子衝撃試験	JIS K7111-1	6.2kJ/m ² (9回平均)
熱分析試験	JIS K7121	136.9℃
透湿度試験	JIS Z0280:1976	43g/m ² /・24H (3回平均)

⑤製品安全データシート(SDS)

熱可塑性樹脂 E170 2011年4月1日作成済み

⑥余寿命診断サービス

当社では、現場設置後定期的に少量採取し、独自の管理手法(特許取得)で材料分析することで、現状の防錆材料性能や、再施工時期を予測が出来る。劣化予想グラフ(イメージ)をFigure15に示す。



8. おわりに

新たな防錆技術については、当初、電力設備延命化・効率化を目的に導入致しましたが、サビに関するお悩みは、設備に関係なく社会全体の問題であることは言うまでもありません。

せん。

株式会社バルカー殿のH&S事業「シールエンジニアリングサービス(防錆施工)」に当社の防錆技術加えて頂いて活動しており、これからも株式会社バルカー殿並びにお客さまの課題解決に取り組んで参りたいと思います。引き続きご支援を賜りますよう、よろしくお願い致します。

東京電設サービス株式会社 HP <http://www.tdsnet.co.jp/>

9. 参考文献

- 1) 野々垣 肇:バルカー技術誌. No.34、29 (2018)



三栖 達夫

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)

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

1. はじめに

今日の日本では技能継承の遅れや若手作業員の経験不足が問題視されており、メンテナンス技能の維持向上が課題となっている。また、新規設備や増設設備の計画が多い新興国などでも、人手不足から不確実なシール材の選定や不確実な施工による漏えいトラブルが常態化しており、締結作業員の育成が急務と考えられている。

こうしたニーズに応えるべく、当社は現場での施工要領を学習する場として、2014年に体験型教育センター「シールトレーニングセンター (STC)」を設立した¹⁾。

STCは国内では2拠点(東京都町田市、奈良県五條市)、海外では6拠点(中国、台湾、ベトナム、タイ、韓国、シンガポール)に展開し、プラントオーナーやプラントエンジニアリング関連企業をはじめ、多くのお客さまから高い評価をいただいている。

また、2017年にはSTCW条約(The International Convention on Standards of Training, Certification and Watch keeping for Seafarers, 1978)に準拠した海技訓練用シールトレーニングを開発し、一般財団法人日本海事協会(以下、ClassNK)から海技教育訓練認証を取得した²⁾。

本報では、今回、アメリカ機械学会(American Society of Mechanical Engineers, ASME)が定めたガイドラインに準拠した「ASME PCC-1基本トレーニング」が開発完了し、ClassNKから教育訓練認証(Figure1)を取得したので紹介する。



Figure1 ASME PCC-1基本トレーニングのClassNK認証

2. ASME PCC-1

プラント機器、装置などからの漏れを防止するためのフランジ締結技術は、プラントの安全運転に関わる重要な技術であり、専門知識と経験を持つ技術者が必要となる。海外では既に、ASME PCC-1-2013: Guidelines for pressure boundary bolted flange joint assembly (以下、ASME PCC-1) や、EN 1591-4:2013: Flanges and their joints Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressurized systems などが制定され、施工作業者のトレーニング方法も含めた締結に関する資格が認証制度として規格化されている。

ASME PCC-1はボルトフランジ継手アセンブリー(BFJA)のガイドラインであり、「ASME 圧力技術規約及び規格」の適用範囲内の継手組み付けを取り扱うが、その他の規約及び規格に従い架設された設備に対しても適応出来るとされており、JISやJPIでの架設配管、機器にも適用可能である。施工作業者及びその管理者のトレーニングと認証に関しては付属書Aに規定されている。

一般に国内プラントでのフランジ締結では、JISやJPIなどの国内規格が主流になるが、国内規格には技能資格認証制度はない。日本高圧力技術協会(HPI)がHPI TR Z 110:2018としてフランジ締結作業トレーニング指針を取りまとめたが、フランジ締結に関する資格の認証制度を制定したのではない。当社STCも、JIS、JPIに基づく内容であり、技能資格認証を与えるものではなかった。

「ASME PCC-1基本トレーニング」はASME PCC-1付属書Aに則ったトレーニングであることを第三者機関であるClassNKに認証をいただいたものであり、当社がClassNKに代わり受講者に対して資格証明書を発行することを可能とするものである。

3. 一般財団法人 日本海事協会による認証

日本の船級協会である一般財団法人 日本海事協会とは、ClassNKの通称で国際的に広く知られている。ClassNKは海上における人命と財産の安全確保及び海洋環境の汚染防止の使命のもと、船級協会としての役割である船級登録や船級検査の他、ISOなどの国際規格に基づくマネジメントシステムや教育訓練認証など多種多様な事業展開をしている。今回の「ASME PCC-1基本トレーニング」の認証もこうした教育訓練認証の一環として取得に至ったものである。

また同協会は創立後110年以上の歴史を持ち、全世界50以上ある船級協会の約20%(2018年3月末現在)というトップシェアの船級登録数を誇り、国際的な権威を持つことで知られている²⁾。

同協会による認証は、教育プログラム、教育に用いる設備、及び教育を行う講師の認証からなり、高い品質を維持した教育訓練を行うことが可能となっている。認証手順フローチャートをFigure2³⁾に示す。

4. ASME PCC-1基本トレーニング

「ASME PCC-1基本トレーニング」はフランジ締結体の組立に関する教育カリキュラムを座学による理論教育と実技訓練による実践を通じて効果的に習得いただくことを目的とした、ASME PCC-1付属書Aに準拠して開発された教育プログラムである。実技トレーニングの様子をFigure3に示す。



Figure3 当社トレーニング実技訓練の様子

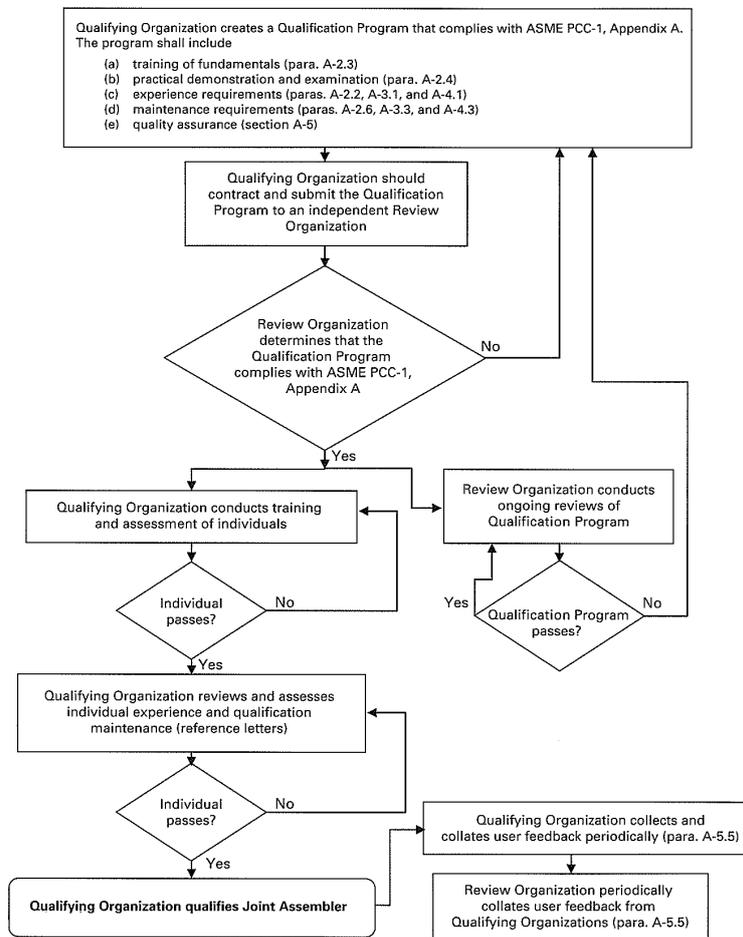


Figure2 認証手順フローチャート

カリキュラム内容は座学と実技あわせて8時間、1.5日のトレーニングコースとして設定している。

座学と実技にはそれぞれ確認テストを用意しており、受講成果確認を実施し、合格者に対しClassNK認証の修了証書を発行する(Figure4)。



Figure4 カリキュラム受講の流れ

受講対象はフランジ締結作業の常勤者として最低6ヶ月間、またはパートタイム勤務者として同等の期間フランジ継手施工の分野に従事した経験を有する方であればどなたでも受講可能である。また当トレーニング受講前に経験期間を満

たさない場合も受験可能であるが、認証テスト合格後、経験期間を満たしてから認定証が発行される形となる。

5. おわりに

国内プラントでのフランジ締結では、JISやJPIの国内規格での架設が主流であるが、前述のように技能資格認証制度はなく、また、ASME PCC-1はASME以外の規格に従い架設された設備に対しても適応出来るとされており、一定水準以上の技能(資格認証)を有した締結作業員の確保に貢献することが出来ると考えている。

また、海外においてはASME PCC-1による架設が主流となっており、ASME PCC-1認証はフランジ締結作業者としての人材確保、育成に貢献出来るものと考えている。

現在、当社のASME PCC-1基本トレーニングが受講出来る拠点は、日本では、東京都町田市、奈良県五條市の2つのSTC拠点であるが、海外のSTC拠点への展開を図るべく、海外で最も稼働率の高い台湾のSTC拠点を皮切りに、順次各国拠点へ広げていく予定である。

当社は顧客での確実なシール施工と技能教育の関心をいっそう高めるべく、常にお客さまの視点に立ち、独自のシールエンジニアリングを核として、様々なサービスの開発と普及をグローバルに推進していく。そして、世界のプラントにおける漏えい事故の低減、安全・安心なプラント操業の実現に貢献して参る所存である。

6. 参考文献

- 1) 村松 晃, バルカー技術誌, No.33, 15-18 (2017)
- 2) 山本 隆啓, バルカー技術誌, No.35, 2-4 (2018)
- 3) ASME PCC-1, "Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly", (2013)



野々垣 肇

営業本部
テクニカルソリューショングループ



山本 隆啓

営業本部 H&S事業推進担当

シール性に対する締付手順の影響

1. はじめに

ガスケット締結体では、片締めなどを防ぎ均等に締付けることを目的に、段階的に締付力を上げることが推奨されている。1回あたりの締付力を小さくし、締付回数を増やすと締付力の差を小さく出来るが、その反面締付けに多大な労力を要する。

JIS B 2251¹⁾、ASME PCC-1²⁾などで規格化されたもの、ユーザー毎に様々な締結方法がある。締付方法の違いによるボルト締付力を評価したデータ^{3、4)}はあるが、シール性を評価したものは少ない⁵⁾。

本報では締付方法の違いによるボルト軸力の挙動とシール性への影響を評価した。

2. 試験方法

2-1) 試験条件

今回の試験条件の一覧をTable1に示す。

試験ガスケットは膨張黒鉛をファイラ材としたうず巻形ガスケット(No.6596V)及びジョイントシートガスケット(No.6500)、寸法はJPI Class150 4inchとJPI Class300 24inchとした。全てのボルトにひずみゲージを貼り、ひずみ計を介してボルト軸力を読みとった。目標ガスケット面圧は、事前試験の結果からシール達成面圧(漏れ量 2.0×10^{-4} [Pa・m³/s・m]以下となる面圧)とした。

Table1 試験条件

試験ガスケット	うず巻形ガスケット No.6596V	
寸法	JPI Class150 4inch, t 4.5	JPI Class300 24inch, t 4.5
フランジ座の直径	φ157.2	φ692.2
ボルト	M16、8本	M39、24本
目標ガスケット面圧 ⁽¹⁾	20MPa	40MPa
試験ガスケット	ジョイントシートガスケット No.6500	
寸法	JPI Class150 4inch, t 1.5	JPI Class300 24inch, t 3.0
フランジ座の直径	φ157.2	φ692.2
ボルト	M16、8本	M39、24本
目標ガスケット面圧 ⁽¹⁾	35MPa	40MPa

注(1) 事前試験の結果からシール達成面圧を目標ガスケット面圧とした。

2-2) 試験装置

今回使用した試験装置をFigure1及びFigure2に示す。

管フランジにガスケットを組み込み、所定のガスケット面圧まで締結した時のボルト軸力やフランジ面間を測定した後、装置内に内圧を負荷して漏れ量の測定を行った。



Figure1 試験治具(JPI Class150 4inch)



Figure2 試験治具(JPI Class300 24inch)

2-3) 締付方法

締付方法はJIS B2251及びASME PCC-1、そして1回当りの締付量を少なくし締付回数を増やした方法(13段階)、その逆として1回当りの締付量を多くし締付回数を減らした方法(3段階)とした(Table2参照)。なお、締付けはボルト軸力を指標にして行った。

JPI Class300 24inchはボルト本数が24本であり、JIS B 2251での締付け時は、規定通り指定された締付けトルクの110%を目標締付けトルクとした。また、13段階締付けは対角締付け、円周締付けの2種類で実施した。

Table2 締付方法一覧

	3段階	JIS B 2251	ASME PCC-1	13段階 (対角締付け)	13段階 (円周締付け)
目標値までの締付段階	3段階	4段階	3段階	13段階	13段階
締付手順	対角締付け(Figure3) ・締付順は Table3参照	仮締付け：対角締付け (Figure5) ↓ 本締付け：円周締付け (Figure4)	対角締付け(Figure5) ・締付順は Table3参照 ↓ 円周締付け (Figure4)	対角締付け(Figure3) ・締付順は Table3参照	円周締付け (Figure4)
対象ボルト	全てのボルト	仮締付け： 全てのボルト (4inch) 4本(24inch) 本締付け： 全てのボルト (4inch、24inch)	全てのボルト	全てのボルト	全てのボルト
締付完了までの総段階数	3段階	4inch：9段階 24inch：11段階	8段階	13段階	13段階
JPI Class150 4inch	○	○	○	○	
JPI Class300 24inch	○	○	○	○	○
備考	—	24inchは目標トルクの 110%で締付け	円周締付け時はナットが回 転しなくなるまで締付けを続 ける	—	—

備考 締付けはボルト軸力を指標に実施。

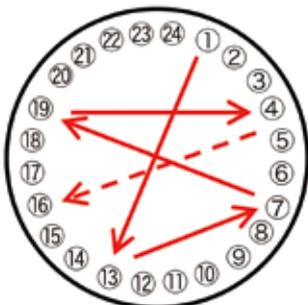


Figure3 対角締付けの締付方法

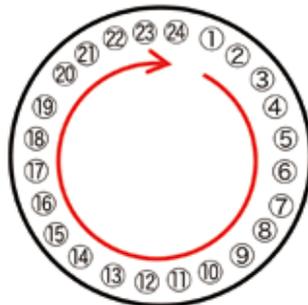


Figure4 円周締付けの締付方法

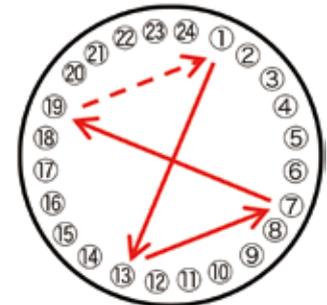


Figure5 JIS仮締付けの締付方法

Table3 対角締めボルト締付順

Sequence
①-⑬-⑦-⑰-⑱、④-⑯-⑩-⑳、②-⑭-⑧-⑳
⑤-⑰-⑪-㉓、③-⑮-⑨-㉑、⑥-⑲-⑫-㉔

Table4 シール性試験条件一覧

試験ガス	ヘリウムガス
内圧	2MPa
漏れ量の測定	圧力降下法
シール基準	2.0×10^{-4} [Pa・m ³ /s・m]以下

2-4) シール性試験条件

シール性試験条件の一覧をTable4に示す。

試験ガス、内圧はヘリウムガス、2MPaとし、漏れ量は圧力降下法によって測定した。なお、寸法による影響を除外するため、実測した漏れ量を接触外周長で割った単位長さ当たりの漏れ量として算出した。

3. 試験結果

3-1) ボルト軸力と分布

No.6596V及びNo.6500を目標ガスケット面圧まで締付けた時のボルト軸力と分布をFigure6及びFigure7に示す。

3段階ではJPI Class150 4inch及びJPI Class300 24inch

ともに、ボルト間の軸力差が大きく、最小値が目標軸力を大きく下回っているボルトが見られた。それ以外の締付方法については、JPI Class150 4inchでは締付方法によるボルト軸力に差は見られなかった。一方、JPI Class300 24inchでは3段階ほどではないが、締付方法によるボルト軸力の差が見られた。

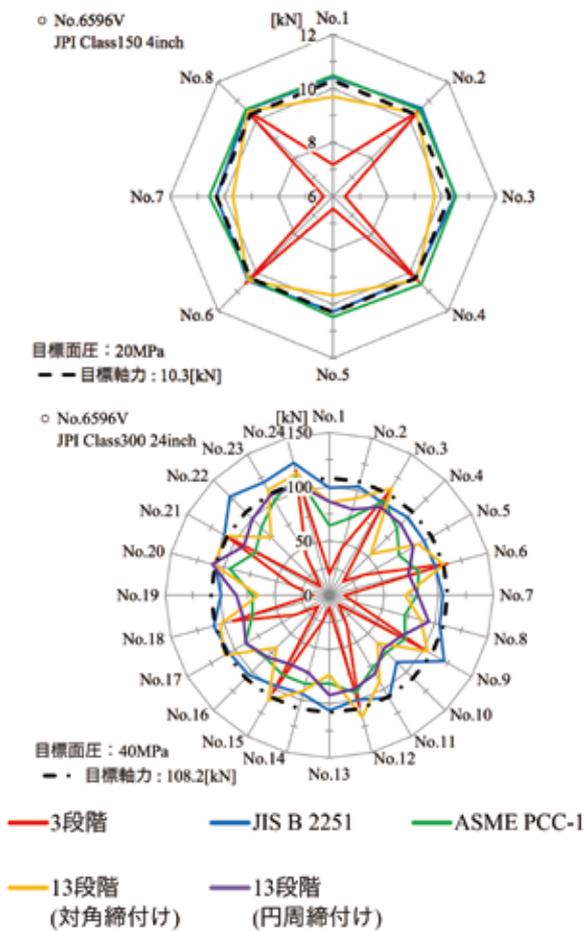


Figure6 ボルト軸力と分布 (No.6596V)

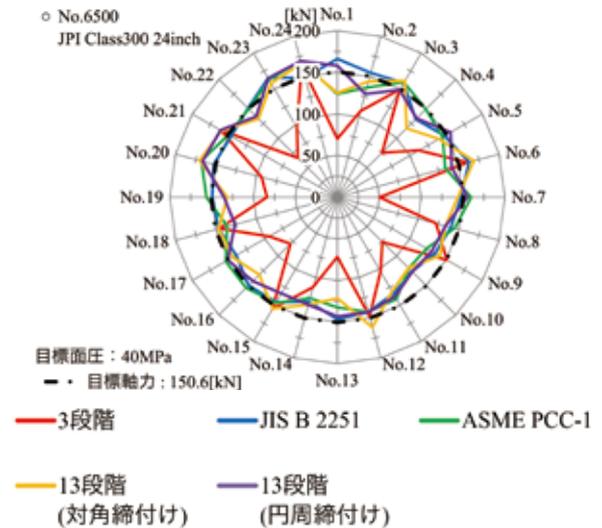
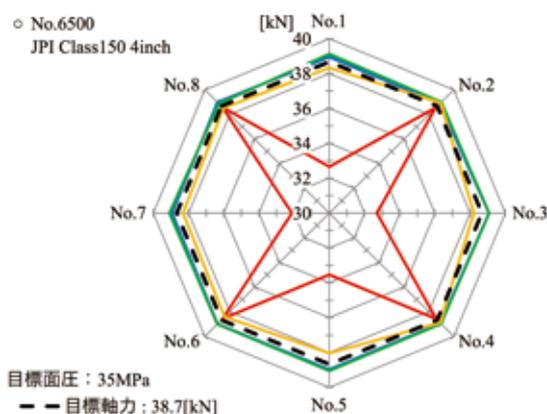


Figure7 ボルト軸力と分布 (No.6500)

3-2) シール性試験

No.6596V及びNo.6500のシール性試験結果をFigure8及びFigure9に示す。

No.6596V及びNo.6500ともに締付方法によって漏れ量の差が見られ、3段階はいずれも漏れ量がシール基準 ($2.0 \times 10^{-4} [\text{Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s} \cdot \text{m}]$ 以下)を超えていた。それ以外の締付方法ではシール基準以下の漏れ量であった。JPI Class150 4inchでは締付方法によって漏れ量の差は見られなかったものの、JPI Class300 24inchではJIS B2251が最も漏れ量が少なく、続いてASME PCC-1、13段階 (対角締付け)、13段階 (円周締付け)の順で漏れ量は多くなった。JIS B2251では目標軸力の110%で締付けたことが漏れ量が少なかった要因と考えられる。また、13段階の対角締付けと円周締付けでの漏れ量は同程度であった。

ボルト軸力の①最大値、②最小値と漏れ量をまとめたものをFigure10及びFigure11に示す。

ボルト軸力の最大値は漏れ量への影響が少なかったが、最小値が小さいほど漏れ量が多くなる傾向が見られた。3段階ではボルト軸力の最小値がシール可能なガスケット面圧に到達出来ずに漏れ量が多くなったと考えられる。No.6596VとNo.6500を比較すると、No.6500よりもNo.6596Vの方がボルト軸力の最大値と最小値の差が大きかったが、漏れ量の挙動は同程度であった。

3-3) フランジ面間の変位量

No.6596V及びNo.6500を目標ガスケット面圧まで締付けた時のフランジ面間の最終変位量をFigure12及びFigure13に示す。

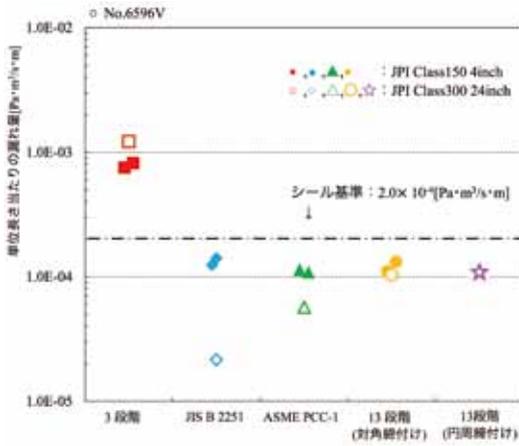


Figure8 シール性試験結果 (No.6596V)

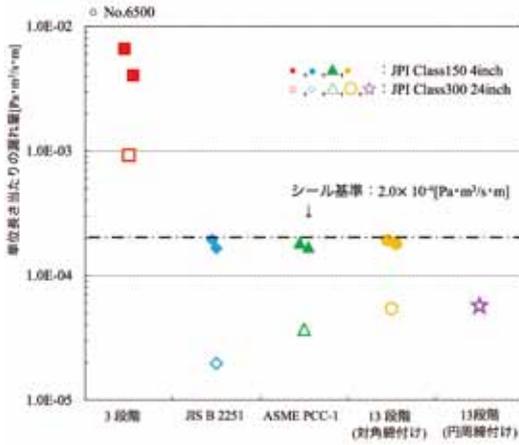


Figure9 シール性試験結果 (No.6500)

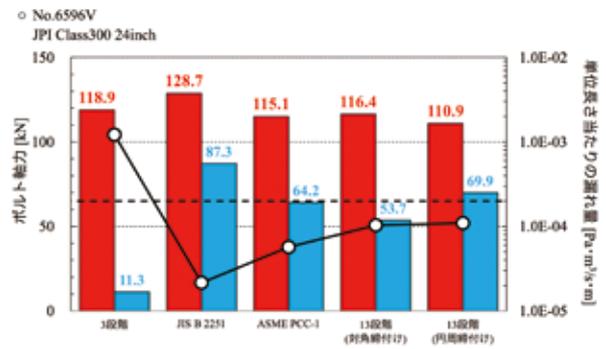
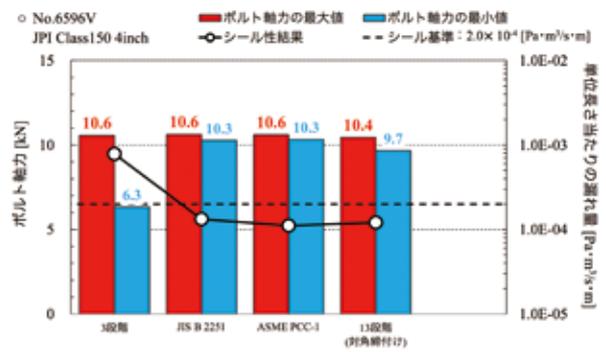


Figure10 ボルト軸力と漏れ量 (No.6596V)

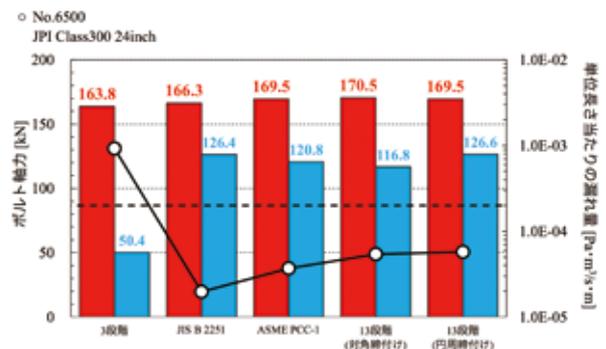
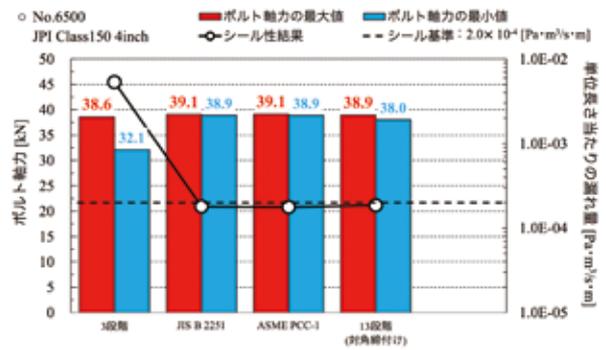


Figure11 ボルト軸力と漏れ量 (No.6500)

No.6596V及びNo.6500とも3段階は、他の締付方法と比べてフランジ面間の変位量が小さくなっていった。JPI Class150 4inchでは3段階以外の締付方法に差は見られなかったが、JPI Class300 24inchではJIS B2251が最も変位量が大きく、続いてASME PCC-1、13段階(対角締付け)、13段階(円周締付け)となり、シール性試験結果と相関関係が見られた。

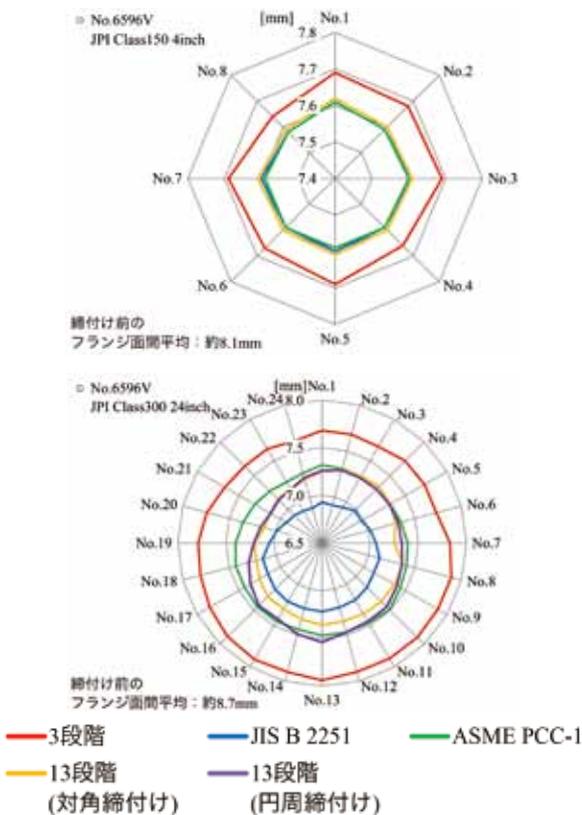


Figure12 フランジ面間の変位量 (No.6596V)

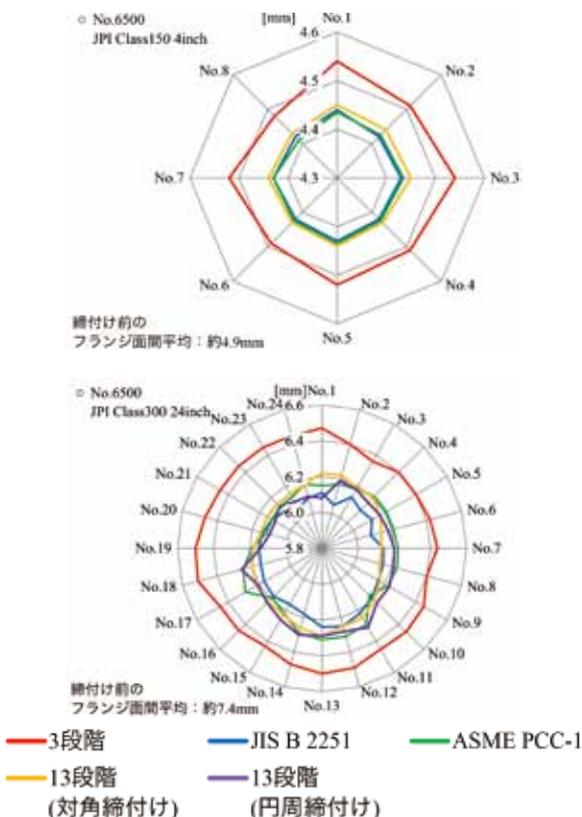


Figure13 フランジ面間の変位量 (No.6500)

3-4) レンチ移動距離

各締付方法でのレンチ移動距離を算出した結果をFigure 14に示す。算出方法はボルト間を最短距離で移動した場合ではなく、フランジに沿った周方向での移動量とした。

JPI Class150 4inchでは大きな差は見られなかったが、JPI Class300 24inchでは締付方法で差が見られ、JIS B2251や13段階(円周締付け)はシールも可能で効率も良いと言える。なお、JPI Class300 24inchでASME PCC-1は締付完了までの総段階数がJIS B2251よりも少ないにもかかわらず、レンチ移動距離が長かった。対角締付け時に締付けの対象となるボルト本数の差(JIS B2251では4本であるのに対し、ASME PCC-1は全てのボルト(24本))によるものと考えられる。

13段階で対角締付けと円周締付けで漏れ量や軸力はともに同程度であったが、レンチ移動距離に大きな差が出た。締付けにおいて、特に大口径では対角締付けよりも円周締付けは効率的な締付方法であると言える。ただし、今回は13段階での結果であるため、段階数を減らした際の影響は今後の課題である。

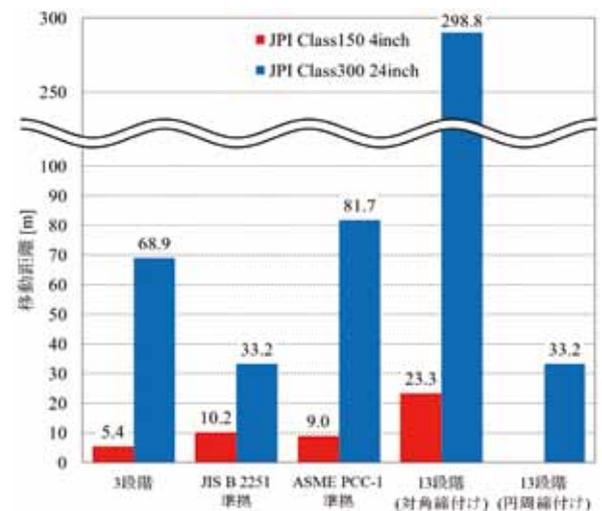


Figure14 レンチ移動距離

4. おわりに

今回の実験からJPI Class150 4inch及びJPI Class300 24inchの管フランジ締結体での締付方法の違いによるシール性の確認を行い、以下の結論が得られた。

○締付方法の違いにより、漏れ量に差が出る事が確認出来た。特に小口径より大口径の方が顕著であった。

- ボルト軸力の最小値が漏れ量に影響を及ぼすことが分かり、シール可能な面圧に達していない場合は漏れ量が多くなった。
- ボルト軸力の最小値を大きくするために、大きな力で締付けることや、より均等に締付けることが重要であると考えられる。
- JIS B2251 及び ASME PCC-1 などで規格化されている方法でボルト軸力を均一に締付けられることが確認出来た。また、13段階で対角締付けでも円周締付けでも漏れ量やボルト軸力の差は見られなかったものの作業効率は円周締付けの方が良かった。
- レンチの移動距離や漏れ量から JIS B2251 が最も効率的であると考えられる(ただし、24inch は目標軸力の 110% で締付けている)。

5. 参考文献

- 1) JIS B2251, フランジ継手締付け方法(2008)
- 2) ASME PCC-1, Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly (2013)
- 3) 渡邊芳和, 山口篤志, 金田忍, 辻祐一, “JIS フランジ継手締付け方法の適用範囲拡大(延伸 PTFE ガasket の締付けシミュレーション)”, 山梨講演会講演論文集, 152-153 (2009)
- 4) 高木知弘, “有限要素解析による管フランジ締結体の締付けおよび力学的特性の評価に関する研究”, 神戸商船大学博士論文(2013)
- 5) 大宮裕也, 高木愛夫, 澤俊行, 鳥居広康, “ボルト軸力のばらつきがガスケット付き大口径フランジ締結体の密封性能に及ぼす影響” 山梨講演会講演論文集, 160-161 (2010)



藤原 隆寛
研究開発本部
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



森本 吏一
三菱ケミカル株式会社
岡山事業所

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

1. はじめに

Oリングがシールとして使用される分野は多岐にわたり、構造が簡単で、装着も容易であり、シールの方向性がなく、しかも広い圧力範囲にわたっていて、各種油圧・空気圧工業を中心に一般産業、食品工業、半導体、航空機・宇宙関係機器などに広く応用されている。

しかし、シール部品として優れた特徴を持っている半面、各種流体による材料選定あるいは、溝設計などの誤った使い方での耐久性が著しく左右される場合が多く、使用に際してはOリングの特長を十分に引き出す正しい使い方が要求される。

本報では、Oリングの選定に対する考え方・選定方法、選定ミスによるトラブル事例とその対策について解説する。

2. Oリングの選定指針

2-1) Oリングに求められる特性(機能)

- ① 機械的強度(耐圧性、耐摩耗性)を有すること。
- ② 接触する流体(油、薬品、溶剤など)に侵されないこと。
- ③ 広い温度範囲(耐熱性、耐寒性)を有すること。
- ④ 圧縮永久ひずみが小さいこと。



Figure1 Oリングに求められる特性

2-2) Oリングの漏れ止め原理

Oリングは圧縮した時の反発力+流体圧力によりシールする。シール機構をFigure2に示す。

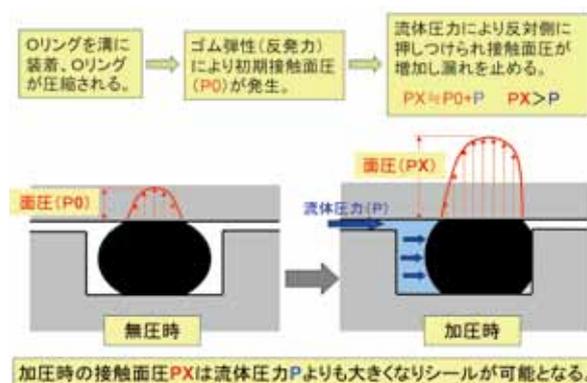


Figure2 Oリングの漏れ止め原理

2-3) FEA (有限要素解析)

FEAは各種仕様に対して最適な製品設計及び材料選定を行うためのシミュレーションである。また、トラブル回避のソリューション活動も可能となる。解析手順例をFigure3に示す。

2-4) Oリングの選定方法

Oリングの用途は、固定用と運動用とがあるが、使用条件に適した寸法、材質でないと長期間にわたって安定したシール性を得ることが出来ず短期間でシール不良を起こす場合がある。以下に選定の参考となる資料を記載する。

2-4-1) 主なOリング材料の種類と特徴

適用規格と材料一覧表をTable1に示す。

2-4-2) ゴム材料の耐油・耐薬品・耐ガス性

JIS K 6258に準拠してゴムを各薬液に浸漬し、浸漬前後の物性対比より耐油・耐薬品・耐ガス性を確認した結果をTable2に示す。

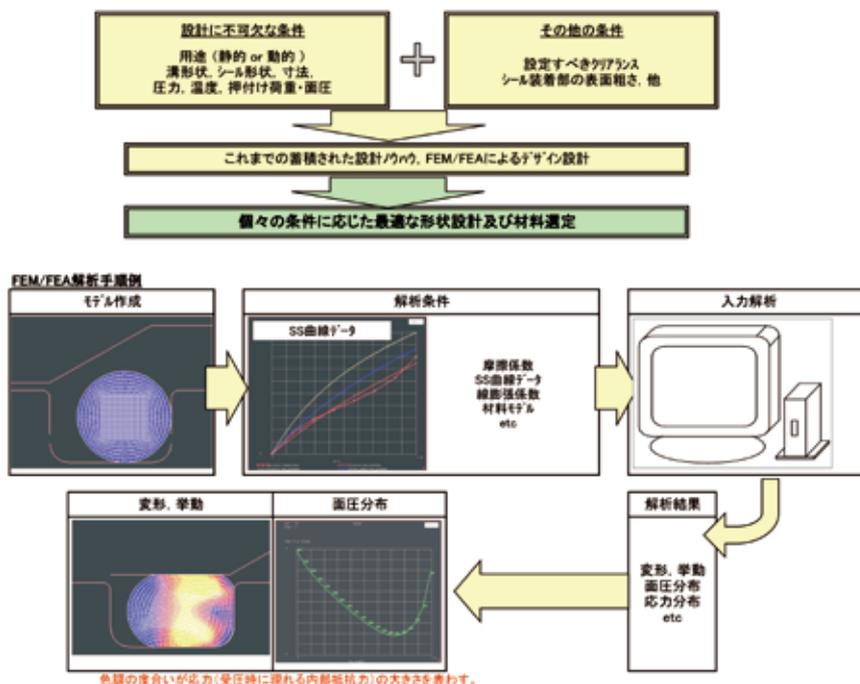


Figure3 FEA解析手順例

Table1 Oリング材料の種類と特徴

種類	適用規格 JIS規格 相当記号他	ゴムの種類	バルカー 材料記号	物性				使用温度 範囲※ (参考) ℃	用途及び特徴	バルカー 製品番号
				タイプA デュロメーター 硬さ	引張強さ MPa	伸び %	圧縮永久 ひずみ % (℃Xhr)			
標準材料	NBR-70-1	ニトリルゴム (NBR)	B0570	72	17.6	340	20 (120X72)	-35~120	耐油、耐熱、耐摩耗性を有し、油空圧用の標準材料	640
	NBR-90		B0390	89	16.8	190	16 (120X72)	-35~120	B0570とほぼ同等で、耐圧性が優れた材料	
	NBR-70-2		B0170	71	16.1	310	8 (100X72)	-30~120	灯油、ガソリンなどに優れた一般燃料油用の材料	
	EPDM-70	エチレンプロピレンゴム (EPDM)	H0970	72	16.2	230	15 (150X70)	-50~150	エチレングリコール、ブレーキ油や動植物油用の材料	5640
	-	シリコンゴム (VMQ)	E0170	72	6.0	190	19 (175X22)	-60~200	優れた耐熱、耐寒性を示す材料	
	FKM-70	ふっ素ゴム (FKM)	D2770	73	15.2	300	26 (200X72)	-15~200	優れた耐熱、耐鉱油性を示し、圧縮永久ひずみが小さい材料	4640
主な特種素材	一般工業用 (ISO)	ニトリルゴム (NBR)	B0570	72	17.6	340	20 (120X72)	-35~120	耐油、耐熱、耐摩耗性を有し、油空圧用の標準材料	640
	B1370		70	13.2	210	-	-50~120	耐寒性に優れたニトリルゴム		
	B2070		70	14.5	370	13 (100X70)	-20~120	耐油性、耐ガソリン性に特に優れたニトリルゴム		
	スーパーラバー (HNBR)	B5170	71	24.3	270	14 (150X70)	-30~150	耐熱、耐油、高強度、耐摩耗性に優れた材料	4640	
	ふっ素ゴム (FKM)	D0270	71	13.9	230	4 (175X22)	-15~200	低圧縮永久ひずみ、真空用の材料		
		D2570	72	13.6	230	3.8 (175X22)	-15~230	従来のふっ素ゴムに比べて、圧縮永久ひずみが極めて小さいことから耐熱性に優れた材料		
		D2470	69	21.0	450	30 (175X30)	-12~200	耐酸性に優れた材料		
		D0290	88	15.0	162	8 (175X22)	-15~200	D0270とほぼ同等で、耐圧性に優れた材料		
		D0970	73	15.7	290	23 (175X22)	0~200	耐熱水、耐アルカリ性に優れた材料		
	D0875	78	18.6	190	8 (175X22)	-30~200	D0270より耐寒性に優れた材料			
	フロロシリコンゴム (FVMQ)	E0470	73	7.8	280	29 (175X22)	-60~200	低温から高温までの燃料油、鉱油などに優れた材料	5640	
	エチレンプロピレンゴム (EPDM)	H0970	72	16.2	230	15 (150X70)	-50~150	耐スチーム、耐植物油、ブレーキ油、耐難燃性作動油に優れた材料	640	
	クロロプレンゴム (CR)	J0170	68	19.4	350	20 (100X70)	-30~120	耐フロンガス、耐候性に優れた材料		
	ブチルゴム (IIR)	F0075	74	12.3	170	4 (100X70)	-20~150	水道用ステンレス鋼管の継手シール用の耐熱水、耐蒸気性が優れた材料		
JASOF404 4種E	アクリルゴム (ACM)	L0770	71	10.8	200	20 (150X22)	-25~150	ニトリルゴムより高温に耐え、耐油性の優れた材料	TP9640	
-	ウレタンゴム (AU、EU)	R0490	93	43.0	360	23 (80X70)	-20~80	耐油、高強度、耐摩耗性に最も優れた材料		

備考 使用温度範囲は流体、圧力、温度などの使用条件、要求性能などにより変わる。

Table2 各種ゴム材料の耐油・耐薬品性及び耐ガス性評価結果一覧表

種類	NBR	HNBR	FKM	ウレタン	VMQ	EPDM
一般鉱油系	A	A	A	A	B	D
水・グリコール系	B	A	B	D	D	A
ガンリン・軽油	A	A	A	A	C	D
有機酸	C	C	D	D	B	D
高濃度無機酸	B	B	A	D	C	B
低濃度無機酸	B	B	A	C	B	A
高濃度アルカリ	B	B	D	D	A	A
低濃度アルカリ	B	B	C	D	A	A
ベンゼン・トルエン	C	C	A	D	C	C
アルコール	A	A	A	C	A	A
MEK	D	D	D	D	B	A
酢酸エチル	D	D	D	C	C	A
オゾン	D	B	A	A	A	A
熱水・蒸気	B	A	B	D	C	A

備考 評価基準は、試験後の体積変化率、及びその他の物性を総合的に検討し設定。

種類	A	B	C	D
評価内容	優	良	可	不可
評価指針 (体積変化率)	10%以内	11~20%	21~50%	51%以上

ガスの種類	NBR	FKM	FFKM	VMQ	EPDM
酸素	B	A	A	A	A
窒素	A	A	A	A	A
水素	A	A	A	C	A
二酸化炭素	A	A	A	B	B
アンモニア	D	D	A	B	B
塩素	D	A	A	D	D
液化石油ガス	A	A	A	C	D
液化天然ガス	A	A	A	B	D
メタン	A	A	A	D	D
エチレン	A	A	A	D	B
エタン	A	A	A	D	D
プロパン	A	A	A	D	D
ブタン	A	A	A	D	D
ペンタン	A	A	A	D	D
コークス炉ガス	D	A	A	B	D

2-4-3) 規格外Oリングの寸法選定指針

下記 Table3 の圧縮率及び溝占有率値より、Oリング太さ (φW) を算出設定する。

算出式

$$\text{圧縮率} = (W - H) / W$$

$$\text{溝占有率} = (W^2 \times \pi / 4) / (B \times H)$$

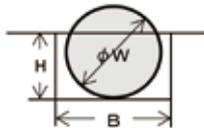


Table3 圧縮率及び溝占有率値

	往復運動用	回転運動用	円筒面固定用	平面固定用
圧縮率 (%)	8~18	5~10	10~20	20~30
溝占有率 (%)	75~85 (固定真空用 80~90)			

2-4-4) 大口径Oリングの寸法選定指針

Oリングの内径公差は径寸法に比例設定されていることから、必然的に大口径品の公差範囲は大きくなり、実際に実寸法がプラス公差側となったとき、溝装着時にOリングにダブリ現象が生じて装着出来ないことがある。

Table4 に内径寸法の設定基準、Table5 に太さ寸法の設定指針を示す。

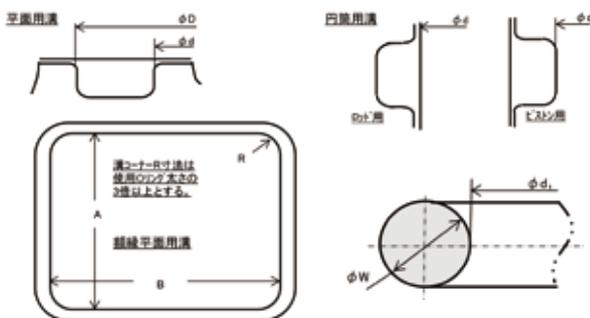


Table4 圧縮率及び溝占有率値

溝仕様	d ₁ (基準公差は±設定)
平面溝	内圧用 D-2W
	外圧用 0.99d
円筒溝	ロッド用 1.003d
	ピストン用 0.99d
額縁平面溝	0.98 L / π L=2(A+B)-8R+2Rπ

Table5 太さ寸法設定指針

Oリング内径	Oリング太さ
φ 400 ~ φ 1000	10
φ 1000 ~ φ 2000	12
φ 2000 ~	15

備考 フランジ面の平行度、反り(うねり)や偏芯量などを考慮し、太さを選定することを推奨する。

2-4-5) 特殊溝の設計指針

①アリ溝

配管フランジや各種容器の蓋などで、Oリング装着溝が垂直または下向きになる場合、Oリングの脱落防止対策として採用される。

Table6 に両アリ溝用寸法基準、Table7 に片アリ溝用寸法基準を示す。

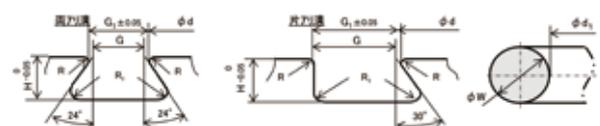


Table6 両アリ溝用寸法基準

用途	Oリング内径 (d ₁)	H	G	G ₁	R	R ₁ MAX
加圧用	下表片アリ溝用基準に準拠	0.73~0.83W	0.82~0.85W	0.90~0.93W	0.15~0.5	0.4~1.6
		0.71~0.76W	0.86~0.88W	0.92~0.95W	0.2~0.4	0.8~1.6

Table7 片アリ溝用寸法基準

シリーズ	W	H	H	G	G ₁	R	R ₁ MAX	
P・G	1.9	d=100以下	1.5	1.77	1.92	0.2	0.4	
	2.4		1.9	2.23	2.38		0.5	
	3.1		2.5	2.88	3.10	0.3	0.8	
	3.5		2.8	3.26	3.48			
	5.7		4.5	5.30	5.67			
8.4	d=400以下	6.7	7.81	8.18	0.5	1.6		
AS	1.78	d=400超え	1.4	1.66	1.81	0.2	0.4	
	2.62		2.1	2.44	2.66			
	3.53		0.990d	2.8	3.28	3.50	0.3	0.8
	5.33			4.3	4.96	5.25		
6.98	5.6	6.49	6.78	0.4	1.6			
V	4	基準公差 +0 -1.2% 内・外圧用同一適用	3.2	3.72	3.94	0.3	0.8	
	6		4.8	5.58	5.95			
	10		8	9.30	9.89			0.8

②三角溝

通常の角溝加工のスペースが取れない場合に採用されることがある。設計、構造的にOリングが、かみ込み易いので、組み込み時には十分な注意が必要である。

Table8に三角溝用寸法基準を示す。

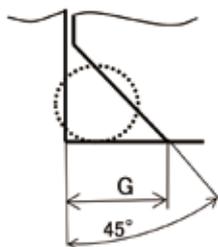


Table8 三角溝用寸法基準

G	Oリング太さ×1.3
---	------------

2-4-6) バックアップリング(はみ出し防止対策)

流体の圧力によって、Oリングがすき間にかみ込んで破損し、その部分が再度かみ込んで最終的には大きな欠損となり、シール不良になる場合がある。その防止策としてバックアップリングを併用することを推奨している。

はみ出しは、圧力とすき間、及びゴムの硬さによって決まり、その関係性をFigure4に示す。

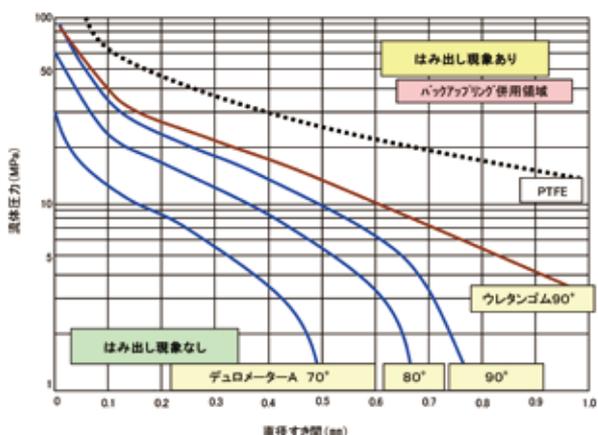
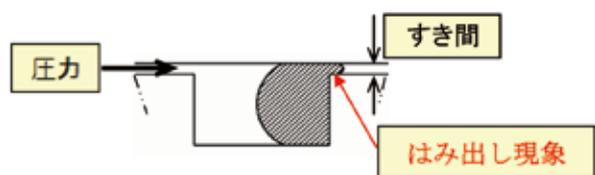


Figure4 はみ出し限界曲線(ゴム硬さと圧力及びすき間の関係)

バックアップリング標準材料のPTFEは、圧縮強度が比較的小さく、容易に変形することからバックアップ効果の高い素材であるが、高圧領域では、PTFE材自体がはみ出

すため、エンブラなど高強度材料との組み合わせでの使用が望ましい。

Table9にバックアップリングの組み合わせ材料構成と耐圧力を示す。ただし、すき間との関係があるので参考とする。

Table9 (参考)バックアップリングの材料構成と耐圧力

	材料構成	耐圧(MPa)
①	PTFE	~ 50
②	充填材入PTFE	~ 100
③	充填材入PTFE+エンブラ	100 ~
④	充填材入PTFE+エンブラ+金属	200 ~



超高压用バックアップリング構成の機能メカニズム

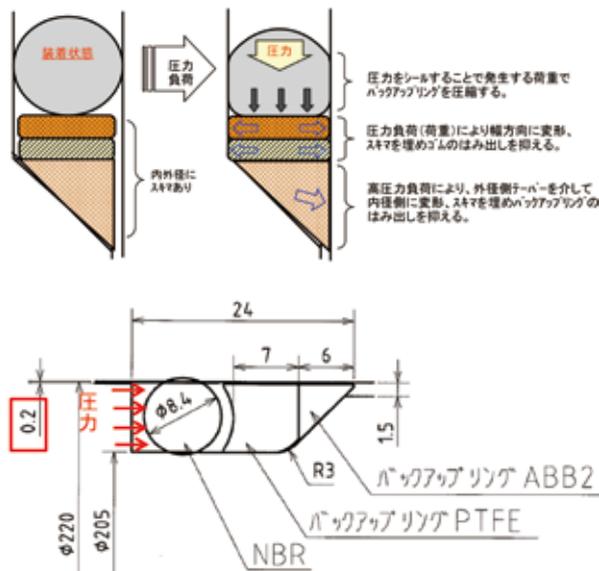


Figure5 FEAモデル

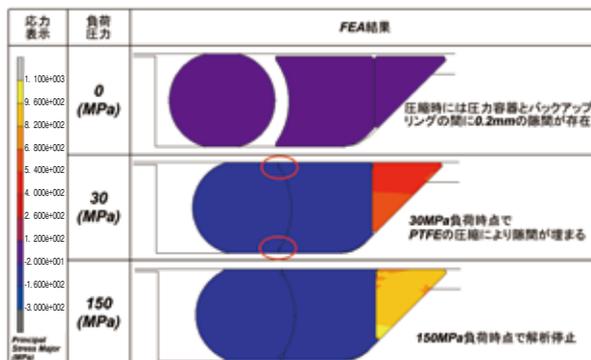


Figure6 FEA結果

ワンカット品の使用において、カット部のすき間部(下図Z)へのOリングはみ出しによる、破損などのトラブル事例がある。このすき間(Z寸法)については、AS規格(MS28774)を参考としてFigure7の許容範囲を作成した。

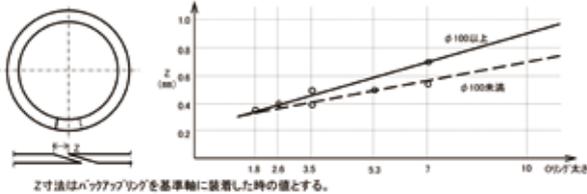


Figure7 円筒用バックアップリングのワンカット部すき間の許容範囲

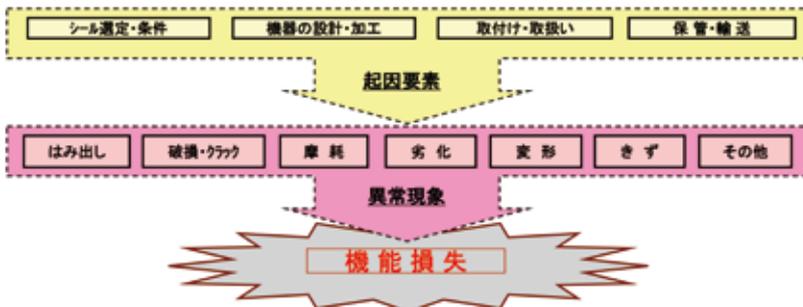
PTFEは一般の樹脂と同レベルの線膨張係数を示し、特に23℃付近に材料特有の転移点が存在しており、トラブルに際しては、使用箇所の環境温度の範囲を確認して、下記Table10の線膨張係数で寸法を補正の上、対応する必要がある。

Table10 温度範囲と線膨張係数の関係

温度範囲 (°C)	25~100	25~50	25~30	25~20	25~0	25~-50
線膨張係数 (×10 ⁻⁵ /°C)	12.4	12.4	16	79	20	13.5

3. 選定トラブル要因とその対策

3-1) 製品トラブルの起因要素と異常現象フローチャート



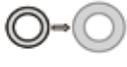
3-2) トラブル要因図



3-3) Oリング使用時の取り扱い注意事項

- ① Oリングが捻じれたまま装着すると、摩耗や破損する危険性があるので、捻じれた状態では装着しないこと。
- ② 装着時にグリースや潤滑油を使用する場合、Oリング材料を膨潤させるものがあるので、事前に耐性などを確認のこと。
- ③ ウェスや軍手の糸くず、切粉、ゴミなどは、Oリングの寿命を短くするので、このような異物、ゴミの混入を防止のこと。
- ④ Oリングを大きく引き伸ばすと元に戻らず、機器の組み立てが出来なかったり、漏れの原因にもなるので無理矢理伸ばさないこと。
- ⑤ 装着時にネジ部やエッジ部などで傷つく恐れがあるときは、装着治具(軟質金属または樹脂製)を使用しOリングに傷がつかないように注意すること。
- ⑥ 材料によっては、人体に悪影響を及ぼすこともあるので、食品用、医薬用に使用する場合は、事前確認または相談すること。
- ⑦ 有害なガスが発生する恐れがあるので、Oリングは焼却しないこと。

3-4)トラブル事例とその対策

現象	外 観		原 因	対 策
	現象	外 観		
硬化		全体が硬化して曲げるとクラックが入る。	・使用温度が材料の耐熱限界を超えている	・耐熱性の優れた材料に変更する ・環境温度を下げる
膨潤(軟化)		全体的に軟化して膨らんでいる。	・シール対象物と材料の不適合	・耐性を確認し、ゴム材料を見直す
			・溶剤系などの洗浄剤の残留	・洗浄剤をきれいに除去する
へたり		装着溝にならった状態で変形。	・高温条件化で使用されている	・耐熱性の優れた材料に変更する ・シール部の温度を下げる
			・Oリングの圧縮量が過大	・溝寸法またはOリング寸法の見直し
はみ出し		円周面(全体または一部)で欠損。	・装着溝と相手面とのすき間が大きい	・すき間寸法を小さくする
			・過大な圧力が負荷された	・バックアップリングの併用
			・Oリング材料の強度不足	・ゴム硬度を上げる
きず		円周面にこすれによるきずがある。	・装着時にネジ山などで円周面に傷をつけた	・ネジ山などに直接当たらない保護治具を使用する
摩耗		Oリング接触面に摩耗。	・相手面の表面仕上げが粗い	・相手面粗さを規定通りにする
			<運動用の場合> ・潤滑が不十分	・潤滑状態を良くする ・耐摩耗性に優れた材料に変更する
ねじれ		円周上でねじれて変形。	・ねじれて取り付けられた	・取り付け時、注意する ・Oリングにニューラバフロン処理をする
			<運動用の場合> ・運動速度が速い ・偏心運動をしている	・バックイン形状を変更する ・偏心運動をなくす
かじり		円周上で部分的に切り取られ、またはえぐり取られている。	・装着時に穴部、ネジ山部、端部エッジなどで欠損	・端部などの面取りに注意する ・装着時に保護治具などを使用する
			・圧縮量が過大な状況で無理に装着した	・溝寸法またはOリング寸法を見直す
オゾンクラック		表面にひび割れ状の亀裂がある。	・伸張状態で空気中に放置	・伸張状態で放置しない ・適正な包装状態で保管する
			・オゾン濃度が高い	・耐オゾン性の良い材料に変更する

4. おわりに

本報にて、Oリングの選定に対する考え方・選定方法、選定ミスによるトラブル事例とその対策を紹介した。

ここで紹介しきれなかったOリングの選定においては、当社の「Oリング」カタログ(No.LC01)及び「バルカーハンドブック」2011年改訂版を活用いただきたい。

これらに記載のない選定条件においては、当社に問い合わせいただきたく思う。

Oリングの適切な選定の考え方・手順を知り、正しい選定をすることでOリングによる漏洩トラブルを防ぐことが出来ると考える。本報がその一助となれば幸いである。

5. 参考文献

- 1)バルカーレビュー編集室、バルカーレビューVOL.31 No.3 No.4(1987)
- 2)バルカーハンドブック技術編 (2010)
- 3)八木義則、エラストマーシール技術資料(2014)



保科 正次

営業本部
テクニカルソリューショングループ

ハンディすき間・段差測定器 GD-PROBER™の紹介

1. はじめに

近年、プラント全体として安全操業の意識が向上しており、監視による異常予知とともに、作業の確実性を高めることによる事故予防への取り組みが加速している。

その事故予防の一つとして、プラント現場では必要に応じてガスケット交換におけるフランジ締結作業後に締付けの品質検査を実施しており、ボルトの締付力の管理の他、フランジの片締めや、芯ずれの確認などが行われている。片締めは、ガスケットに部分的な締付不足や過剰締付けを発生させ、漏えいやガスケットの圧縮破壊などの原因となる。一方、芯ずれは、ガスケットのシール幅の減少や、配管流路内へ、ガスケットがはみ出すことで製品の異物混入などの原因となるため、非常に重要な管理項目である。

プラント現場での片締めの確認は、締付け後のフランジの面間 (Figure1) をノギスやテーパゲージなどで複数個所を測定しその最大値と最小値の差を求め、芯ずれに関してはフランジ側面の段差 (Figure1) を定規などで複数個所測定しその最大値を求め、それぞれ管理がなされている。しかしながら、いずれも測定者によるばらつきや、読み取り、記録ミスなどの課題がある。また、プラント内の膨大な数のフランジを検査するには、それにかかる工数も課題となっている。

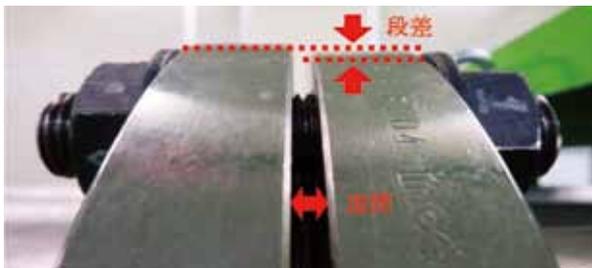


Figure1 フランジの面間と段差

本報では、プラント現場におけるこれら課題を解決すべく、従来までの手動測定を機械化し、正確性の向上と工数削減を実現したハンディすき間・段差測定器「GD-PROBER™」を紹介する。

2. 特徴

2-1) レーザーとカメラによる画像解析測定

レーザー光をワークに照射し、そのプロファイルを2次元カメラで撮影し解析することで寸法を機械的に自動算出するため、測定者によるばらつき、読み取りミスなどの人為的なミスを排除出来る。



Figure2 GD-PROBER™のレーザーとカメラ

2-2) スピーディな測定と同時記録

フランジにGD-PROBER™の先端を固定し、トリガーを引くだけで瞬時(1秒以下)にすき間と段差が同時に測定可能であるため、従来のノギスや定規などによる測定に対し作業工数の削減が見込まれる。また、測定と同時に内部PCにデータが記録され、USBメモリーを介してデータの移動が出来るため、手書きによる記録ミス、伝達ミスが排除出来る。

2-3) 屋外仕様

防塵・防水対応(保護等級:IP54)にしたことで、雨や砂埃によりGD-PROBER™が故障することがないため、プラント現場のような屋外でも使用出来る。

3. 測定原理

GD-PROBER™は、形状計測の手法の一つである光切断法を応用し、フランジの面間・段差を測定している。

光切断法とは、ワークの形状計測や検査などに広く活用されており、2-1)にも記載した通りスリット状のレーザー光をワークに照射し、そのプロファイルを2次元のビデオカメラで撮影することでワークの断面形状を測定する方法である。

データ処理の流れとしては、まずワークに照射したレーザー光をビデオカメラで撮像し(Figure3)、得られた画像から形状データを求め(Figure4)、独自の校正係数とフランジの面間・段差に適した特徴点の設定により寸法を算出する(Figure5)。



Figure3 フランジ面間・段差の撮像

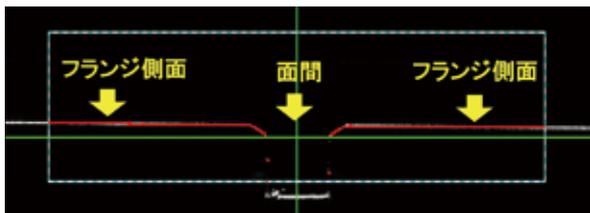


Figure4 形状データ処理

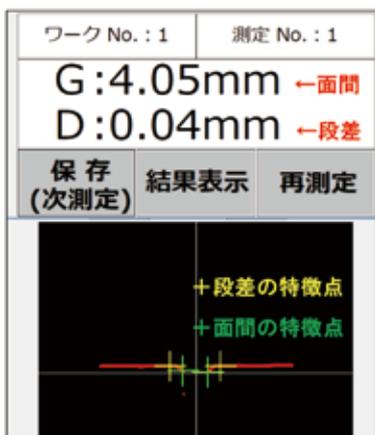


Figure5 特徴点とその値の算出(実際の測定結果画面)

4. 仕様

GD-PROBER™の仕様をTable1に示す。すき間の測定可能範囲は2~25mmであり、規格フランジで適用可能である(ただし、RTJ形は一部適用外)。また測定データはCSVファイルで保存され、容易にデータを取り出すことができる。

5. 効果

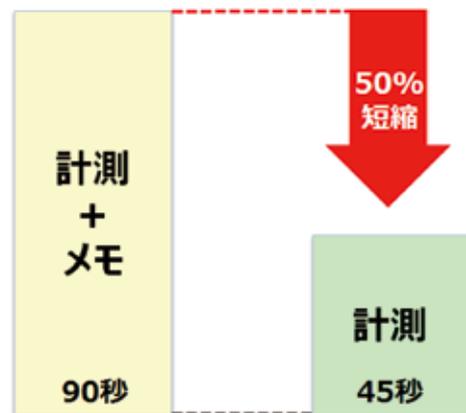
GD-PROBER™を使用することによる工数削減効果を社内で検証したところ、Figure6に示す通り従来のノギスによる面間・段差測定に対し、計測時間が約50%短縮出来た(6Bフランジ)。また、GD-PROBER™においては記録係が不要になるため、更なる工数削減が期待出来る。

Table1 GD-PROBER™仕様

サイズ	幅287.1×奥行113.2×高さ175.5mm	
重量	2.24kg	
測定対象	すき間、段差	
保護等級	IP54 (JIS C 0920 防塵・防水規格)	
使用環境温度	0~40℃	
レーザー	class2	
測定範囲	すき間	2~25mm
	段差	0~5mm
測定精度 ⁽¹⁾	±0.1mm (段差はすき間2~12mm時のみ適用)	
データ形式	CSV	
USBポート ⁽²⁾	microB (データ取り出し用)	

注(1) 最適条件下(測定器傾き無し、明るさ調整実施)

(2) データ取り出しにはメモリスティックなどの記録媒体が必要



従来測定 (ノギス)

GD-PROBER

Figure6 GD-PROBER™による工数削減効果(社内調べ)

6. おわりに

今回紹介したGD-PROBER™は、当社が目指す「真のソリューション提供を行う企業」を、製品として具現化したものである。このGD-PROBER™を通じて面間・段差管理の重要

性を更に広めていき、プラントの安心・安全操業に貢献していきたい。

また、今後も従来の当社技術の枠に収まることなく、真の顧客ニーズを解決するために新たな製品を提供していけるよう尽力していく。



本居 学
研究開発本部
P&Iサービス開発部

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

1. はじめに

石油精製、石油化学、鉄鋼などの分野では、高温域でうず巻形ガスケット、メタルジャケットガスケット、リングジョイントガスケット、ゴム引き織布ガスケットなどが使用されており、圧力クラスにより使い分けられている。

当社は2017年12月に、低圧用途で使用されているゴム引き織布ガスケットや無機シートの課題を改善したバルカーヒートレジストシート® No.HRSの販売を開始した。No.HRSは、従来のゴム引き織布ガスケットからシール性を格段に向上させ、更に1200℃まで使用可能なシート系ガスケットである。No.HRSは加熱炉や分解炉等の炉類、ダクト類、動力設備の送風装置(風箱)などで評価いただいております、良好な結果が得られている。

No.HRSはシートガスケットであるため、内圧が極めて低い微圧での使用を想定している。JIS 16K、JPI Class150以上の箇所は、金属と非金属材料を組み合わせたセミメタリックガスケットが適している。

今回、No.HRSの耐熱シート素材を活用した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を開発した。No.H590シリーズ、No.HR540Hは高温用途における従来ガスケットの課題を解決した製品である。ここにNo.H590シリーズ、No.HR540Hの特性を紹介する。

2. 構成及び製品仕様

No.H590シリーズはNo.HRSの耐熱シート素材をフィラーとしたうず巻形ガスケットであり、No.HR540Hは溝付きメタルガスケット表面に耐熱シート素材を貼り付けたカンプロファイルガスケットである。各ガスケットの外観写真、製品構成、製品仕様をTable1に示す。

各ガスケットにより製作範囲が異なるため、選定には注意が必要である。耐熱シート素材の最高使用温度は1200℃であるが、最高使用温度は、構成金属材料による。

3. 特長と使用用途

3-1) 特長

No.H590シリーズ

No.H590シリーズは、膨張黒鉛フィラーを含まないため、ライン入りで懸念される黒鉛の酸化消失がなく、長期的に安定して使用することが出来る。また、マイカフィラーうず巻形ガスケットNo.M590、M590Lシリーズの最高使用温度である810℃以上でも使用することが出来る。

No.HR540H

No.HR540Hは膨張黒鉛カンプロファイルガスケットの使用が制限される400℃以上でも、熱減量が少なく、長期的に安定したシール性が維持出来る。

3-2) 使用用途

No.H590シリーズ、No.HR540Hはその耐熱性から、既存品の様々な課題改善効果が期待出来る(Figure1)。

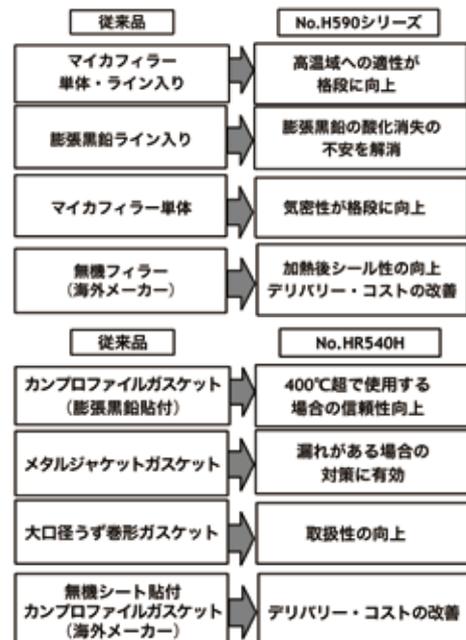
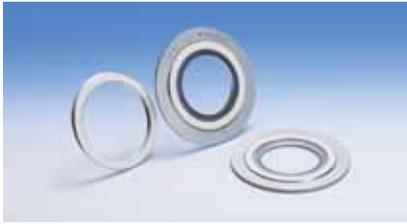


Figure1 既存品からの改善効果

Table1 No.H590シリーズ・No.HR540Hの製品仕様

種類		うず巻形ガスケット		カンプロファイルガスケット	
品番		No.H590シリーズ		No.HR540H	
外観・製品構成					
製作範囲	呼び厚さ(mm)	4.5		4.5 (金属のご歯部厚さ 3.0mm)	
	製作可能内径(mm)	φ19～φ1,600		φ70～φ4,000	
	製作可能幅	ガスケット本体内径 630mm以下	35mm以下	ガスケット本体内径 500mm以下	任意 最小幅 10mm
m, y値 ^{(1),(2)}	m	3.00		4.25	
	y (N/mm ²)	68.9		69.6	
推奨縮付面圧 ^{(3),(4)}	液体	35		50	
	ガス	70		100	
構成金属材料		SUS316		SUS316L	
		SUS316L			
		インコネル600			
使用可能範囲	最高使用温度 ^{(5),(6)}	SUS316	820℃	820℃	
		SUS316L			
	最高使用圧力 ⁽⁵⁾	インコネル600	1180℃		
	30MPa				

注(1) No.H590シリーズのm, y値は、JISB8265付属書Gに定める値と同一である。
 (2) No.HR540Hのm, y値は、JISB8265付属書Gに定めるご歯形ガスケットと同一である。
 (3) 低圧のガスシールの場合、上表のm, yによって求められるボルト荷重では十分な密封性が得られないことがあるので、「推奨縮付面圧」による縮付けを推奨している。JISB8265付属書Gに基づき計算された縮付力(Wm1及びWm2)と推奨縮付面圧から計算された縮付力のうち、大きい方の縮付力を最小縮付力とする。
 (4) 推奨縮付面圧は流体圧力は考慮せず、一般的な条件で必要な縮付面圧であり、ガスケットの接触面積についての面圧。
 (5) 温度と圧力は、それぞれ個別の使用限界を示している。流体 区分、温度により最高圧力が異なる。
 (6) 最高使用温度は、フープ及び内・外輪の材質によって異なる。表記を上回る温度については別途要相談。

例えば、エチレンプラントの分解炉、脱水素脱硫黄プラント、高温加熱蒸気ラインなどのシール材として使用可能である。

4. 特性評価

4-1) 耐熱シート素材・No.HR540Hの耐熱性

Figure2は、開発品に使用している耐熱シート素材と膨張黒鉛シートとを空気中で加熱した場合の熱減量評価結果である。膨張黒鉛は400℃以上の酸素雰囲気中で徐々に酸化消失するため、温度が高くなるにつれ、重量減少率は大きくなっている。これに対して、開発品の耐熱シート素材は有機分量を最小限としているため、400℃以上の高温でも重量減少は少なく、温度を上げても減少率は変わらない。

Figure3は、開発品の耐熱シート素材を1000℃、1200℃の空気中で加熱した後の外観写真である。開発品の耐熱シート素材は加熱後も、形状の変化や粉体化がなく、そのままの形状を保っていた。

カンプロファイルガスケットは膨張黒鉛シートを貼った製品

が一般的だが、400℃以上の高温では、長期的な使用は難しく、No.HR540Hが適していると考えられる。

耐熱性シート素材自体は1200℃まで形状を保持出来るが、No.H590シリーズ、No.HR540Hでは金属材の材質によって最高使用温度が異なるため、仕様に応じて金属材を選定する必要がある。

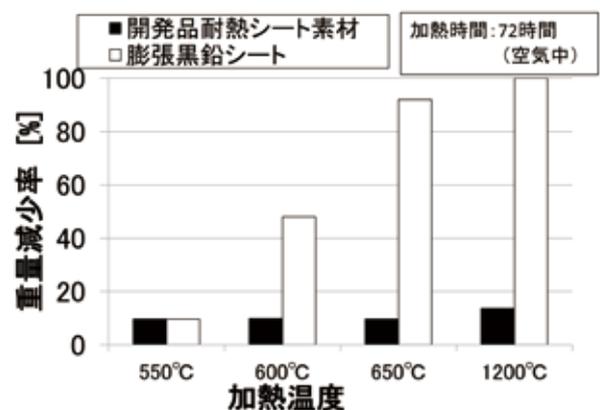


Figure2 空気中での重量減少率

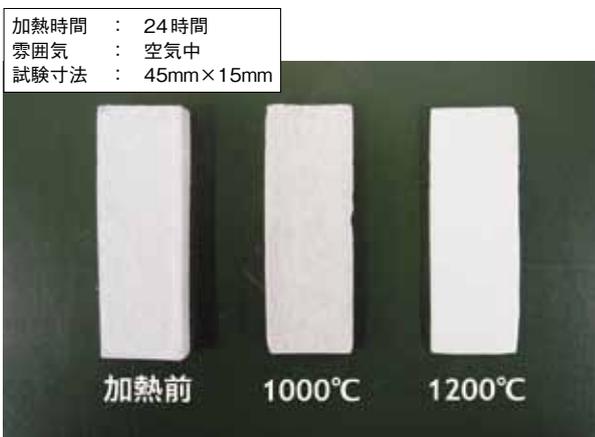


Figure3 加熱後形状保持性評価結果

4-2) No.H590シリーズの耐熱性

Figure4は高温のシール特性評価として、うず巻形ガスケットNo.H596Vをフランジに締結した状態で加熱、冷却を繰り返し、冷却後のシール性を評価した結果である。比較として、他社製の耐熱無機ファイラー品、及び膨張黒鉛ライン入り品を並記している。

Figure4より、従来の耐熱無機ファイラー品は加熱後の漏れ量が多く、ライン入り品はサイクル数を重ねると漏れ量が増加している。これに対し、No.H596Vは加熱後も漏れ量が少なく、サイクル数を重ねても高いシール性を維持している。

膨張黒鉛ライン入り品は、膨張黒鉛ファイラーの両端に無機ファイラーを配置することで酸素の遮断効果がある製品である。しかしながら、800℃以上の高温では、酸素を完全に遮断す

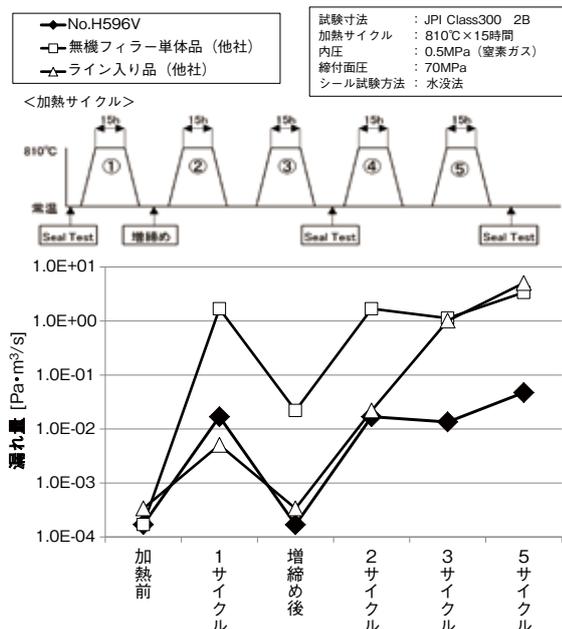


Figure4 熱サイクルシール特性(うず巻形ガスケット)

ることは難しく、徐々に膨張黒鉛が酸化消失し、一定時間後、漏れ量が増加する恐れがある。No.H590シリーズは膨張黒鉛ファイラーと複合せずに長期的に安定したシール性を維持出来る。

4-3) 常温シール性

常温シール試験結果をTable2に示す。No.H596V、No.HR540Hとも推奨締付面圧で漏れは検出されなかった。No.H590シリーズは膨張黒鉛との複合ではなく、単体ファイラーでガス系流体に使用可能である。また、メタルジャケットは気密性を確保するためにはペーストの塗布が必要であるが、No.HR540Hはペーストを塗布せずとも、十分な気密性が得られる。

Table2 常温シール試験結果

締付面圧 [MPa]	No.H596V	No.HR540H
70	漏れなし	漏れなし
100	漏れなし	漏れなし

試験寸法	: JPI Class300 2B
内圧	: 4MPa (窒素ガス)
締付面圧	: 70、100MPa (ボルト締結)
シール試験方法	: 水没法
検出限度	: $1.7 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

4-4) 耐圧壊性

カンプロファイルガスケットは溝付きメタルガスケットにシート層を貼り付けているため、締付け時に金属部分が露出し、フランジを傷つける懸念がある。

Figure5はNo.HR540Hの耐圧壊性評価結果である。締付面圧100MPaを負荷しても金属部分は露出せず、フランジを傷つけることはない。

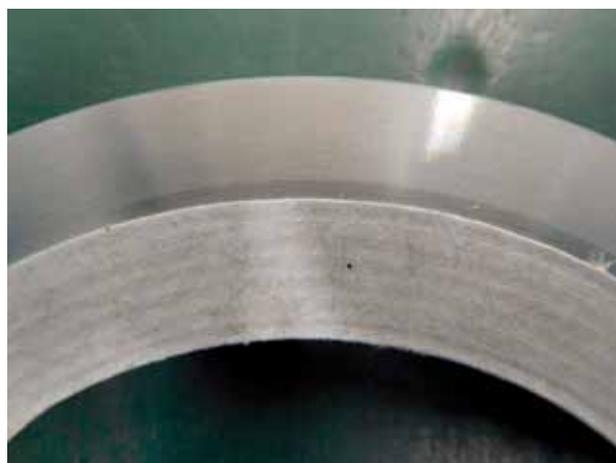


Figure5 面圧100MPa負荷時の外観

5. No.H590シリーズとNo.HR540Hの使い分け

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は使用用途に応じて適したガスケットを選定する必要がある。

うず巻形ガスケットはカンプロファイルガスケットと比較して復元性が高いため、フランジへの追随性は優れている。カンプロファイルガスケットは、内外輪が不要のため、シール幅の狭いフランジに有効である。また、取扱性の点から高所作業が必要な大口径フランジにも有効である。

なお、メタルジャケットガスケットからカンプロファイルガスケッ

トに変更する場合は、m、y値がメタルジャケットより大きいいため、既設フランジのフランジ強度やボルト締付力を確認し、使用可能か確認する必要がある。

6. おわりに

今回紹介した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は、高温でJIS16K、JPI Class150以上で使用することが可能である。耐熱性、シール性が優れており、既存品の課題解決のために今後活用いただければ幸いである。



高橋 聡美
研究開発本部
商品開発部

テクノロジーニュース 直近のバックナンバー

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 シールエンジニアリングチーム 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 園師 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

No.37 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(キャビ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

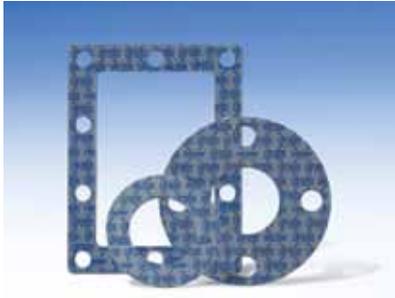
【カスタマー・ソリューション特集】

- **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 吏一
沼津工業高等専門学校 小林 隆志
- **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 元野 雄太
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

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

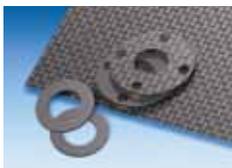


ユニバーサルハイパー®(UF300)

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
●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
●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

夏号 No.37 Summer 2019

発行日・・・2019年7月10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。