Valqua Technology News

バルカー技術誌

2018年 冬号

No.34 Winter 2018

【カスタマー・ソリューション特集】

- **ご挨拶**……1
  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**…2
  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 ……3
  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 ……7
  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
  研究開発本部　第1商品開発部　元野　雄太
- **技術論文**
  改良EPDM材料の高温環境特性の評価 ……14
  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
- **技術論文**
  ガスケットの選定指針及び選定トラブルとその対策 ……19
  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……24
  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 ……28
  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……31
  研究開発本部　第1商品開発部　濱出　真人
- **製品の紹介**
  多用途ケミカル用グランドパッキン……33
  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
- **テクノロジーニュース 直近のバックナンバー**……38

日本バルカー工業株式會社

http://www.valqua.co.jp

ご挨拶

日本バルカー工業株式会社
代表取締役社長 兼 CEO
瀧澤　利一

平成30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。

さて、皆さまに支えられ当社技術誌は創刊60周年を迎えることができました。

長年にわたってご協力、ご援助をいただきました需要家各位、愛読者の方々に厚く御礼申し上げます。

今後も、これまで培ってき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」を基軸とする当社の革新的な技術創造による新たな価値提供に果敢にチャレンジし、持続可能な社会の実現に貢献してまいります。また本誌がこれまで以上に読者の皆さまにより良くご理解いただき、ご活用していただけますよう努めてまいります。

昨年を振り返ると、わが国経済はIT産業を中心とする輸出の回復、個人消費の底堅い推移を反映して企業収益は改善の動きがみられるようになりました。

海外経済では、米国で内需を中心に設備投資の下支えなどにより緩やかな回復傾向を示しておりますが、中国経済の構造改革、地政学的問題の緊迫化などを背景に新興国で成長の鈍化の動きがみられました。

また国内製造業において品質検査体制をはじめとするものづくりの根幹にかかわる不正問題にみられるように、企業の社会的責任やリスクマネジメントに対する重要性を再認識しました。一方、様々な産業分野においてAIの導入、IoTの活用など新技術を積極的に活用した事例がみられた年でもありました。

このような状況下、バルカーグループは第7次中期経営計画「New Valqua Stage Seven（NV・S7）」を完遂させるとともに、次のステージ（NV･S8）に向けて「シールエンジニアリング･サービス」を基軸とした技術開発の推進を経営課題として捉え、グローバル市場での新たな価値創造を目指した事業活動を展開してまいります。

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、読者の皆様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。

バルカーテクノロジーニュース
冬号発刊にあたって

新春のお慶び申し上げます。
日頃のValqua Technology Newsのご愛読にこころより感謝申し上げます。

昨年はあらゆる面で環境変化の多い年でありました。IoTやAIが実用化段階の技術となり、自動運転、Home connected Internetなど、市場構造が一変するとともに市場機会も新たな局面で拡大する時代に入ってまいりました。一方では、環境問題に対する関心の世界的な高まりや、公的機関や民間企業による技術開発に対する加速度的な取り組みにより、自動車産業における電気自動車の例でみられるように、既存の製品が従来からのプロダクトライフに対する考え方では対応できないスピードで変遷するような状況も様々な市場で起きつつあり、企業としてどのように向き合うのかを考えさせられる年でもありました。

このような環境の中で、当社は創業90年のシール・エンジニアリングをリードする企業として、The Valqua Wayの企業理念のもと、独創的技術で社会の持続的発展に更に貢献していくことを追及してまいります。そして、そのような技術開発において、顧客視点に立脚した新たなソリューションプロバイダーとしての役割を、多様な領域で展開していく決意を新たにしております。

今回の特集では、産業における「安全・安心」に貢献する技術論文や事業紹介を掲載しております。昨年ASME PVPのComputer Technology & Bolted Joints Technical committeeにおいて最優秀論文賞を受賞しました論文をはじめ、地震時のフランジ締結体の挙動、シビア・アクシデントへの対応、シールに関するトラブル対策など、特殊環境下を含めた安全・安心に関連する技術論文を掲載しました。また、H&S（ハード&シールエンジニアリング・サービス）事業に関連した寄稿や当社の取り組みもご紹介しております。いずれもバルカーならではの技術情報ですので、読者諸兄のご参考になれば幸いです。

今後とも時代の要請に即した技術情報を提供して参ります。当社製品ともども引き続きご愛顧頂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**

ASME　PVP2016受賞論文の解説

1. はじめに

当社は、2016年に米国の機械学会であるＡＳＭＥ（American Society of Mechanical Engineers）内のPVP（Pressure Vessels & Piping Conference：圧力容器と配管に関する技術学会）へ大口径フランジ締結体の力学挙動に関する論文として、「内圧作用下における管付き大口径フランジ締結体の応力解析と密封性の評価」について投稿し発表した。

ASMEのPVPは12委員会に分かれて、毎年論文を発表する学会が開催され、10程度の論文が優秀賞に選出されており、当社の論文は委員会の一つである Computer Technology & Bolted Joints Technical Committeeから表彰を受けた。

Figure1に表彰式の様子、また、Figure2に優秀賞として授与された表彰状を示す。

本報ではその論文の内容について解説を行い、更に今後の基礎研究の展望について述べる。

Honors and Awards ChairのTrevor G. Seipp氏（左）から表彰を受ける様子

Figure1　表彰式の様子

Figure2　ASME PVP AWRD

2. 基礎研究への取り組み

当社では、シールエンジニアリング技術を核とし、顧客のプラント操業に伴う作業に合わせ、フランジ施工に関するサービスの開発と展開を行っている。

サービスの一つとして、フランジの大きさによりボルトの締付力などが違い、ボルトの締付に使用されるツールが異なる場合が考えられるが、当社は顧客の使用環境に合わせ最適なツール選定の提案を提供している。

このような提案が少しずつ市場に浸透していくと、大口径フランジの締付ではツールの選定だけでなく、最適な締付手順など施工要領に関するお問い合わせも頂くようになっている。

しかし、大口径フランジの締付ではボルト本数が多く、ガスケットの密封性を担保するボルト軸力は隣接するボルトの締付に大きく影響される相互弾性作用というフランジ締付特有の現象が顕著に起こり、ガスケットの性能に依らず漏えいトラ

ブルが多いことが知られている。このため、最適なフランジ施工要領を提案するには、フランジ締結体に関する力学挙動を解明し、ボルト締結法を構築する基礎研究が必要となる。

そこで、当社は、Figure3に示すように規格最大寸法である24インチのフランジ締結体を作成し、有限要素法(FEM)応力解析を用いたシール性を予測する技術に関する研究を行い、その手法を確立し論文として発表した。

なお、有限要素法(FEM)応力解析とは構造体の変形挙動などを力学特性から計算し変化を予測する技術である。

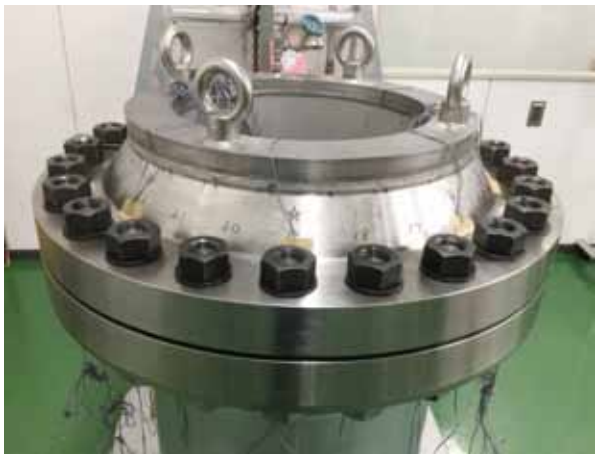


Figure3　24インチフランジ締結体

3. 論文の解説

本論文では、有限要素法(FEM)応力解析に基づく解析により、フランジ締結体の密封性評価法及びボルト締付法を提案している。

まず、フランジ締結体の密封性は、ガスケットが圧縮された時に発生する内部応力により得られると考え、有限要素法(FEM)応力解析により、ボルトでガスケットを圧縮した後、フランジ締結体の内部に流体による圧力を負荷させたときの面圧を計算した。なお、使用するガスケットは膨張黒鉛フィラーうず巻形ガスケット及びジョイントシート(No.6596Ⅴ，No.6500)であり、解析コードはABAQUSを使用した。

Figure4が内圧(P)を負荷させたときのフランジ締結体のモデルである。

Figure5が有限要素モデルの要素分割状況で、フランジ締結体の対称性を考慮し、軸方向に1／2、周方向はボルト一本分のモデルとしている。

Figure6にうず巻形ガスケットの半径方向に対する軸方向の面圧分布を示す。横軸はガスケットの半径方向の位置をガスケット内径で除した無次元数である。また、今回の研究では、フランジは平行に締め付けられた場合を想定し、ガスケットの面圧は周方向には変化がほとんどなく、半径方向にのみ分布していることとした。

この図からフランジが大きくなるほどガスケットの外径側で面圧が上がっていることがわかる。

これはボルトを締付けた後流体による圧力を付加することで、フランジが外周側に変形するローテーションを発生させていることがわかる。

また、ガスケットの基本漏えい量をJIS B 2490により求めた。

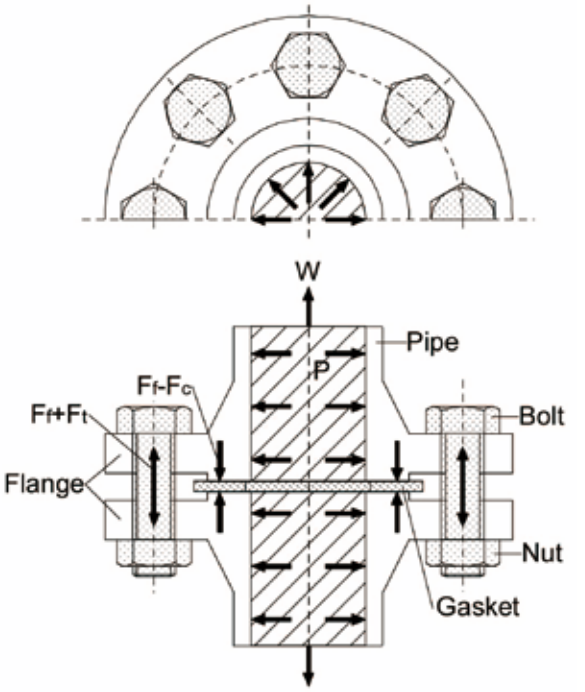


Figure4　フランジ締結体の解析モデル

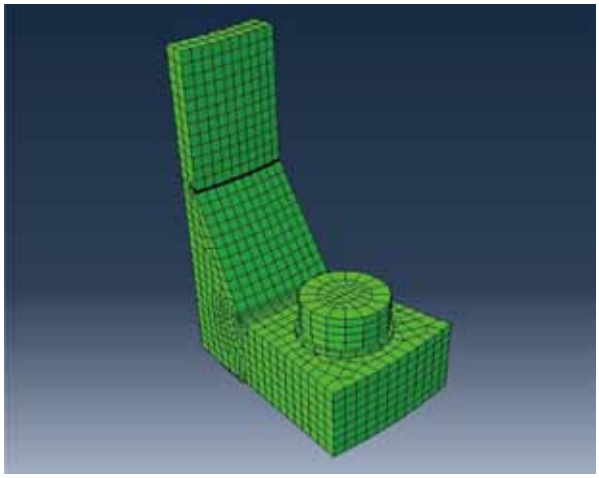


Figure5　有限要素モデル

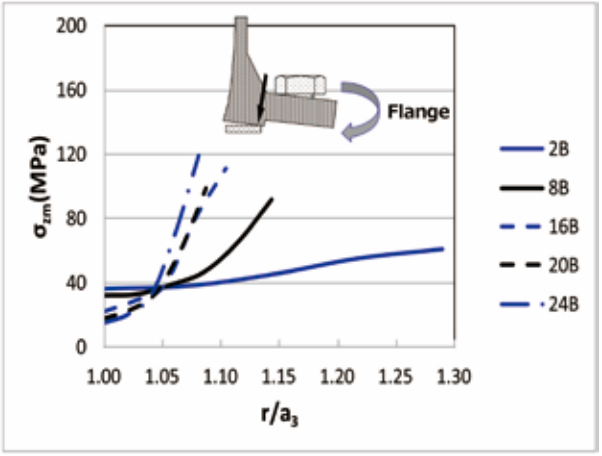


Figure6　うず巻形ガスケットの半径方向面圧分布

Figure 7はJIS B 2490の試験装置の概略を示している。

Figure 8はJIS B 2490の試験結果を示しており、ガスケットの基本漏えい特性は、太線で示した除荷時のガスケット面圧に対する漏えい量として求めた。

このガスケット基本漏えい量とFigure6のガスケットの面圧分布の平均値からフランジ締結体の漏えい量を算出した結果を実験により求めた漏えい量と比較を行った。

Figure9に実験結果と解析結果の比較を示す。

赤線がうず巻形ガスケット、青線がジョイントシートを示しており、どちらのガスケットもガスケットの面圧を上げると漏えい量が小さくなった。また、実験結果と解析結果はよく一致しており、解析方法の妥当性が確認された。

本解析方法によりフランジ締結体の漏えい量を予測することができると考えられる。また、ボルトの初期締付力を高く設計することは漏えい量の低減に効果的であることがわかる。

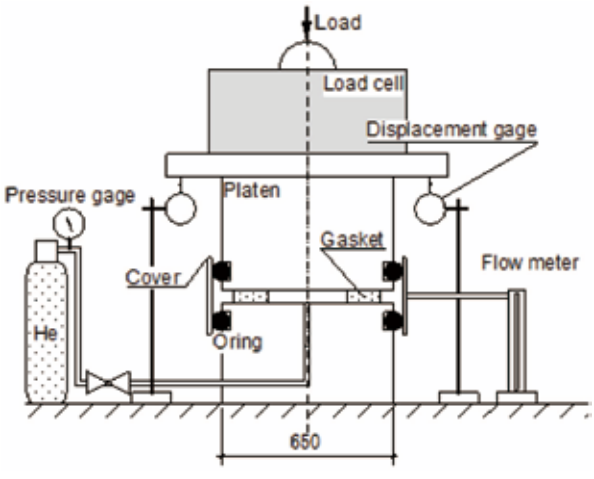


Figure7　JIS B 2490　試験装置概略

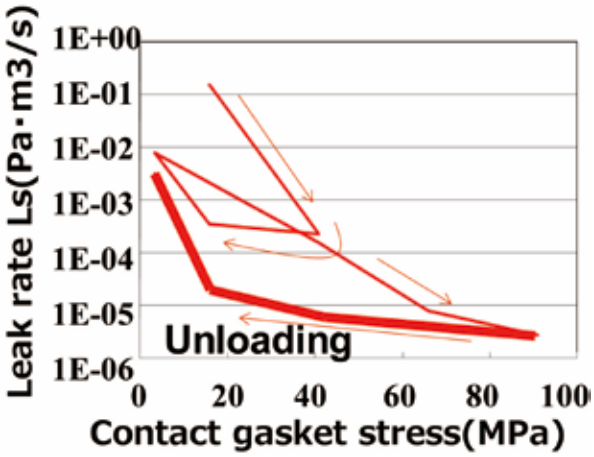


Figure8　うず巻形ガスケットの基本漏えい量測定結果

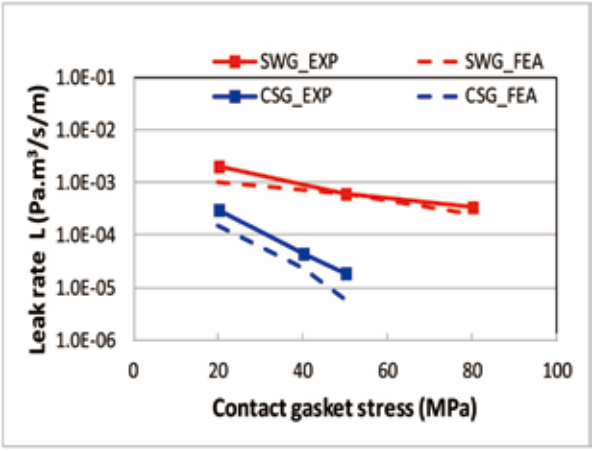


Figure9　実験結果と解析結果の比較

4. 今後の展望

現在当社が進めているフランジ施工要領の提案のサービスへ今回の成果の展開を検討している。

つまり、この基礎研究の技術を応用することで、顧客が問題と考えている施工要領を当社が評価、分析し、最適な施工方法の立案を行うことができると考えている。

また、今回の論文の受賞は、密封技術に関する研究が盛んな米国の学会で認められた研究となるため、当社ブランドの向上に貢献するだけではなく、当社の提供するフランジ締結体の評価方法や施工要領に妥当性を与えることになると考えている。本論文を発表した直後に米国の石油メジャー企業から大口径フランジの締結方法について問い合わせを受けており、このテーマへの高い関心が示されている。また、石油メジャーでも、大口径フランジの締結には問題を抱えてお

り、密封技術を持つ企業との連携を模索していることがわかる。本研究により当社技術基盤を構築することで、石油メジャーとの協業の可能性も考えられる。

5. おわりに

今回の研究では、フランジやボルトに傷やひずみがなく、ガスケットは均一に締めつけられているなど、理想的なフランジ締結体としてモデルを構築している。

しかし、現場ではそのような理想的なフランジの締付は不可能であり、少なからずガスケットの圧縮状態は不均一になっていることが考えられる。今後はそのような不均一な締付状態がフランジ締結体の密封性に及ぼす影響を明らかにすることで、より現場の問題を解決する手法の確立を目指す。

また、実際の配管には熱負荷や外力が作用することが十分に考えられるため、そのような影響も考慮した研究を行いたいと考えている。

村松 晃
H&S事業本部

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

1. はじめに

ガスケット付き管フランジ締結体は石油精製プラント、化学プラント、発電プラントなどで広く使われている。日本では、かつては耐熱性、シール性、強度に優れ、取扱いが簡単な上に低価格であった石綿ガスケットが広く使われ、研究も盛んに行われていた[1)-3)]。しかしながら、人体の健康への影響から2008年に使用が規制された[4)]。

石綿ガスケットは石綿フィラーのうず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種類に大別される。石綿規制の際、うず巻形ガスケットについては膨張黒鉛フィラーに置き換えることで大きな問題は生じなかったが、シートガスケットについてはいくつか課題が生じた。ジョイントシートガスケットでは石綿繊維の代わりにアラミド繊維のガスケットが開発されたが、ゴム分を多く配合する必要があり、耐熱性に課題があった。また膨張黒鉛シートガスケットは耐熱性においては問題がなかったが、材料が脆く表面が傷付きやすいという難点があった。そこで、改良されたPTFE（Poly-Tetra-Fluoro-Ethylene）系ガスケットが広く使用されることとなった。改良されたPTFE系ガスケットは高い耐薬品性と耐熱性を有し、配合や製造方法によって、従来からの課題であるクリープが改善されることで多くの締結部に採用されることとなった[5)]。しかしながら、PTFEガスケット付き管フランジ締結体のガスケット接触応力分布と密封性能、ハブ応力及びボルト軸力変化などの力学的挙動は十分に明らかにされていない。

これまでの筆者らの研究によって常温及び高温環境下のPTFE付き管フランジ締結体の上述の力学的挙動はかなり研究され、石綿ジョイントシートガスケットよりも優れていることが明らかにされている[6),7)]。

近年の日本では、1995年に兵庫県南部地震、2007年に新潟県中越沖地震、2011年に東北沖地震、2016年に熊本地震と大きな地震が発生している。加えて、南海トラフ大地震発生は、一説では10年以内にも発生すると考えられている。震源地には多くのプラントや建造物があり、甚大な被害も懸念されている。兵庫県南部地震の際には液状化によって配管曲げが生じたフランジ締結部からLPガスが漏れて7万人に避難勧告が出されたという事例もあり、プラントの地震対策も必要不可欠である。澤らはうず巻形ガスケット付きフランジ締結体が配管曲げを受けた場合の力学的挙動について研究を行っている[8)-10)]。カナダ、モントリオール工科大学のTightness Testing and Research Laboratoryでは延伸PTFE付きフランジ締結体が配管曲げを受けた場合のボルト軸力の挙動について研究し[11)]、Kovesらは配管曲げの影響を等価内圧によって評価する方法を示している[12)-16)]。

しかしながら、配管曲げと内圧を受けたPTFEガスケット付き管フランジ締結体の研究は行われていない。PTFEガスケットが広く使用されている現在、また、今後も地震などの災害への対応のためにもPTFE付き管フランジ締結体の力学的挙動を評価することが重要である。

本研究では、配管曲げと内圧を受けるPTFE付き管フランジ締結体の力学的挙動をFEM応力解析と実験によって明らかにすることを目的としている。まずはJIS B 2490に基づきガスケットの基礎特性を調べる。有限要素法（FEM）応力解析ではボルト軸力、ハブ応力、及びガスケット接触応力分布を算出し、ガスケット接触応力分布とガスケット基礎特性から漏れ量も推測する。FEM応力解析の妥当性確認のため、ボルト軸力とハブ応力について実験結果と比較する。実験では締結体からの漏れ量、ボルト軸力、及びハブ応力を測定する。締結体寸法はASME/ANSI class300 4inchとする。

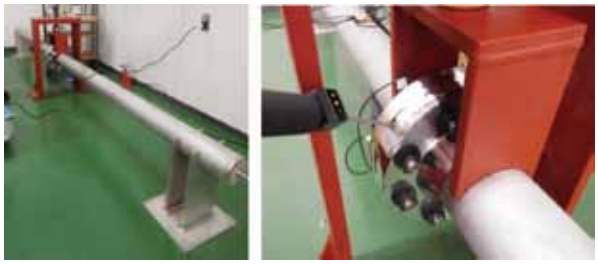
本研究に用いる評価ガスケットはNo.GF300を用いている。No.GF300はゴム分を一切含まず、熱や時間による化学劣化などがないため、精度の良い力学評価が可能と考えられる。

2. 実験方法

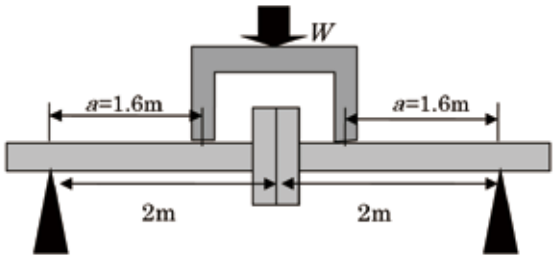
Figure1（a）は管フランジ締結体配管曲げ実験装置の写真、Figure1（b）は概要図を示している。四点曲げ方式によって配管曲げモーメントを負荷し、連結したヘリウムガスボ

ンベによって内圧も負荷できる。締結体の寸法はASME/ANSI class300 4inchで、フランジ及び管の材料はSUS304である[17]。各管の長さは2m、両方を合わせて約4mの装置である。ガスケットの径寸法も締結体に合わせてASME/ANSI class300 4inchとし、厚さは1.5mmとしている。

フランジハブ応力、ボルト軸力はひずみゲージを用いて測定し、漏れ量はヘリウムリークディテクターを用いてスニファー法によって測定する。また、初期のボルト締付けはJIS B 2251 “フランジ継手締付け方法”に基づいて行う[18]。ボルト締付け後に四点曲げモーメントと内圧を負荷し、フランジハブ応力、ボルト軸力、及び漏れ量を測定する。作用曲げモーメントMは$M=W/2\times a$で求められる。なお、aは有効管長さ(=1.6m)である。ボルト初期締付け力は平均ガスケット応力が10MPaになるように一本あたり11.1kNとし、作用内圧は2MPaとしている。



(a)装置写真



(b)装置概要

Figure1　四点曲げモーメントが作用する管フランジ締結体の力学挙動測定実験装置

3. ガスケット特性

FEM応力解析に用いるため、ガスケットの圧縮特性及びシール特性を評価する。

3-1)圧縮特性

室温におけるガスケットの応力−ひずみ特性を評価する。Figure2は評価のための実験装置概要を示している[19]。フランジの平面座はJIS 10K 50A相当の寸法とし、圧縮試験機によって圧縮される。Figure3は実験から得られたNo.GF300ガスケットの応力−ひずみ関係である。ひずみの値は3つの変位計の平均値から得られた圧縮量を初期厚さで除したものである。

3-2)シール性

ガスケットのシール性はFigure2に示す装置を用いてJIS B 2490に基づいて評価した。ボンベから供給されるヘリウムガスを2MPaまで加圧し、スリーブで回収したガスケットからの漏れ量を石鹸膜流量計によって測定する。Figure4は実験から得られた漏れ量とガスケット接触応力の関係を示している。ガスケット接触応力は約40MPaまで負荷したが、20MPa以上では漏れ量が過小で測定ができなかったためにデータが示されていない。

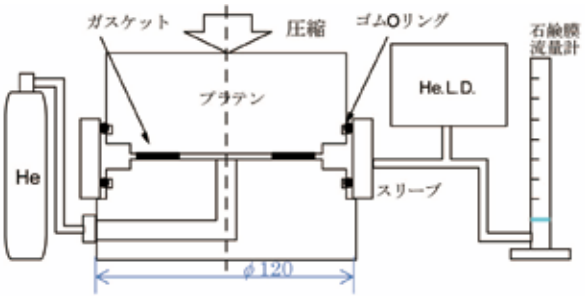


Figure2　ガスケット特性評価試験装置概要

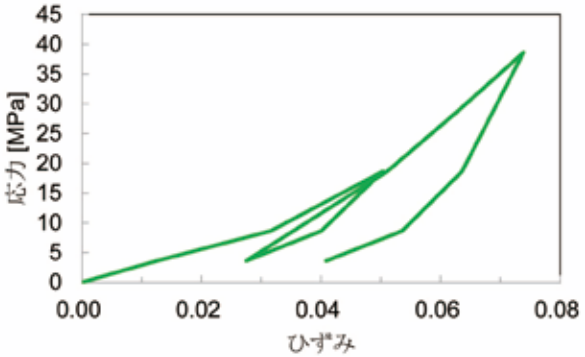


Figure3　No.GF300ガスケットの応力−ひずみ特性

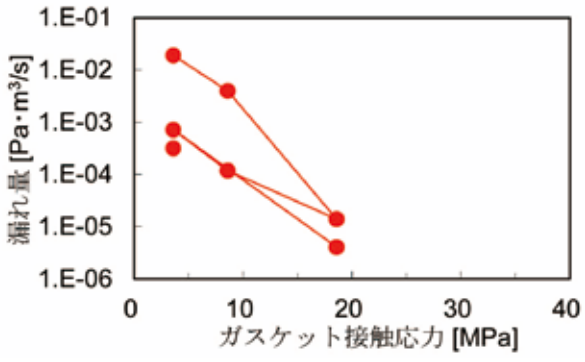


Figure4　漏れ量−ガスケット接触応力関係

4. 有限要素法（FEM）応力解析

Figure5はFigure1に示す四点曲げ及び内圧を受けるガスケット付き管フランジ締結体のFEMモデルである。対称性を考慮し、1/4（軸方向に1/2、周方向に1/2）モデルとなっている。ボルト・ナット部のねじは省略し、ナットも六角形から同じ断面積の円に簡略化している。Figure6はFEM応力解析の境界条件を示している。各対称面を拘束し、ボルト締付けは各ボルトに軸力に相当する引張を与えることで再現している。四点曲げは配管端部を拘束した上でフランジ付近のジグに$W/2$の荷重を負荷している。内圧の影響は管フランジ容器内側に圧力を負荷する。フランジ及びボルトは弾塑性要素、ガスケットはABAQUSガスケット要素によってモデリングする。FEM解析では、ボルト軸力、フランジハブ応力、ガスケット接触応力分布を算出する。

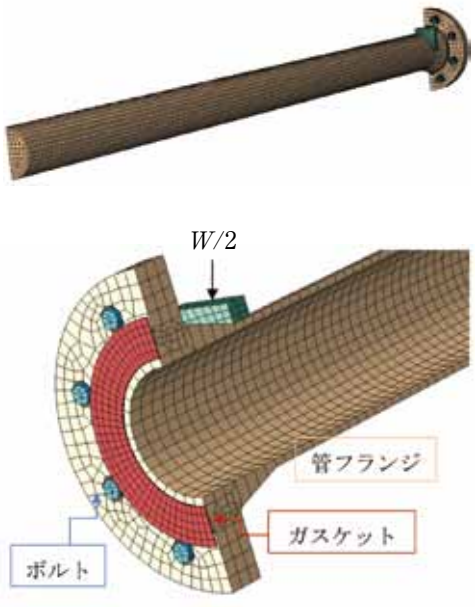


Figure5　管フランジ締結体のFEMモデル

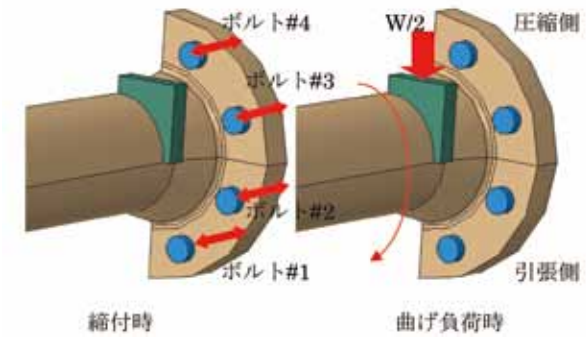


Figure6　FEM応力解析の境界条件

5. FEM応力解析結果と実験結果

5-1）ボルト軸力

Figure7はFigure6に示す4本の各ボルトの軸力変化をFEM応力解析及び実験から得られた値を示している。横軸に曲げモーメントM、縦軸にボルト軸力、実線は実験結果、破線はFEM応力解析結果を示している。#1と#2のボルトは曲げモーメントが増加するにつれて軸力が増加するのに対し、#3と#4は低下している。配管曲げによって#1、#2側はフランジ接触面が口開きすることによってボルトが引張を受けて軸力増加しているためである。一方、#3、#4側は配管曲げによってフランジ接触面が閉じることによってボルトが収縮して軸力低下する。FEM解析結果と実験結果はよく一致しており、FEM応力解析の妥当性が示されている。

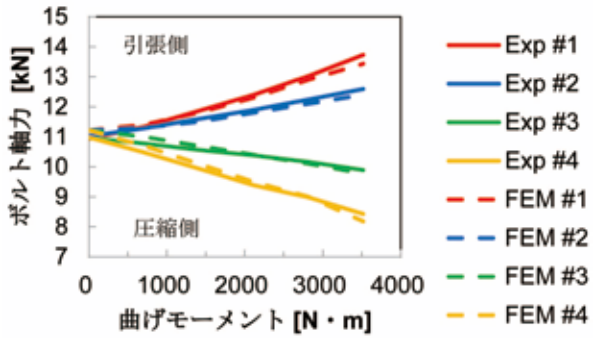


Figure7　FEM応力解析と実験から得られた配管曲げを受けた場合のボルト軸力の変化

5-2）ガスケット接触応力分布

Figure8はFEM応力解析から得られた初期締付け時、3500N·mの配管曲げ負荷時、及び3500N·mの配管曲げ＋内圧負荷時におけるガスケット接触応力分布のコンター図である。ガスケット外縁部が接触応力ゼロなのは、平面座の外側でフランジと接触していないためである。初期締付け時のガスケット接触応力分布を見ると、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より高くなっていることがわかる。また、周方向の接触応力勾配はほとんどない。3500N·mの曲げモーメントを負荷した場合、一部（図では左側）のガスケット接触応力が著しく低下しており、内圧を負荷した際にはさらにガスケット接触応力が低下している。

Figure9は各ステップの接触最外径部（r=46.05mm）周方向のガスケット接触応力分布を示している。曲げモーメント負荷によってフランジ接触面が口開きし、接触応力分布が大きく変化していることが分かる。

ここで、このFEM応力解析から得られたガスケット接触応力分布とFigure4に示すシール特性の関係からガスケット漏

れ量を推定する[20)-21)]。Figure10は推測した漏れ量と実験で測定された漏れ量の値を示している。曲げモーメントが増加するにつれ徐々に漏れ量は増加し、曲げモーメントが約3000N·mを超えた際に漏れ量が著しく増加している。これは、Figure8に示すように、曲げモーメントによって一部のガスケット接触応力がゼロになったためだと考える。漏れ量の推測値は実験値とよく一致しており、FEM解析及び漏れ量推測方法の妥当性が示されている。

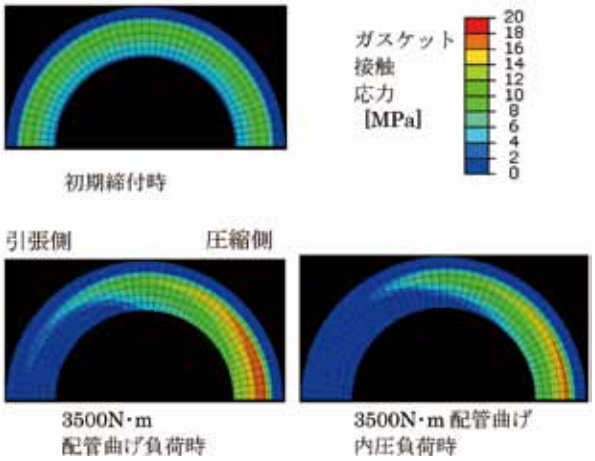


Figure8　FEM応力解析から得られたガスケット接触応力分布

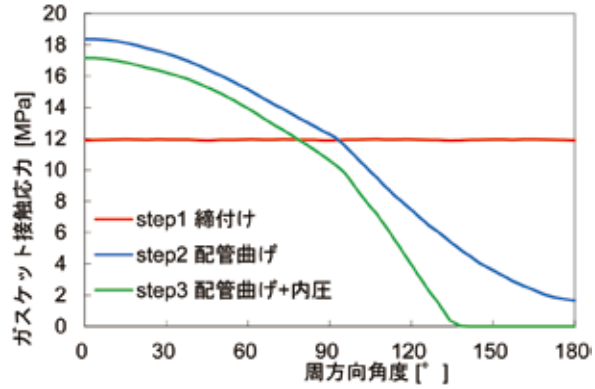


Figure9　各ステップの接触応力分布

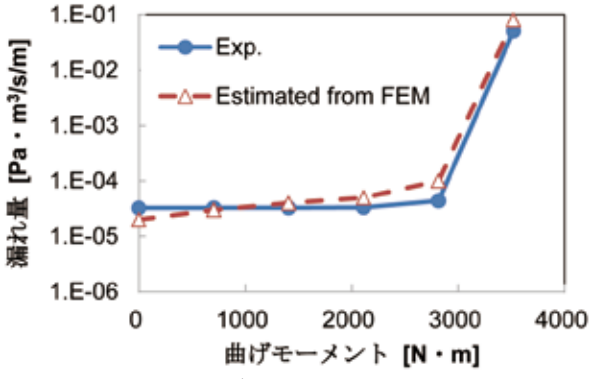


Figure10　配管曲げ作用下の締結体の漏れ量の比較

5-3）フランジハブ応力

Figure11はフランジハブに発生する軸方向の最大主応力と曲げモーメントの関係を示している。同図にはASMEで提案される方法で計算した値も併記している（ただし、ASMEの値は曲げモーメントがゼロの場合）[22)]。曲げモーメントが増加するにつれて、実験及びFEM応力解析から得られたハブ応力の値は増加していることが分かる。実験結果とFEM応力解析結果はよく一致しており、本解析の妥当性が確認できる。

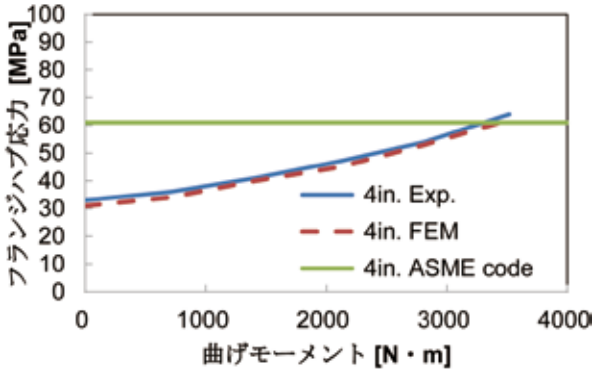


Figure11　曲げモーメントがハブ応力に及ぼす影響

6. 考察

6-1）締結体呼び径がボルト軸力挙動に及ぼす影響

FEM応力解析を用いて締結体のボルト軸力挙動に対する呼び径の影響を調べる。Figure12はNo.GF300ガスケットを組込んだ管フランジ締結体に曲げモーメントを負荷した場合の最も増加したものと、最も減少したボルト軸力の変化を表している。呼び径は4、8、12、16、20、24inchとし、内圧は負荷しない条件とする。縦軸は初期ボルト締結時のボルト軸力比、横軸はボルト1本あたりに負荷される曲げモーメントとしている。締結時のガスケット接触応力は10MPa、負荷される最大曲げモーメントMは3500N·mとし、つまり、呼び径が大きい場合はボルト数Nが大きくなるため、M/Nの最大値は小さくなる。曲げモーメントによって引張を受けるボルトのデータは実線、圧縮（収縮）を受けるボルトのデータは破線で表している。Figure12より、呼び径が小さいほどボルト軸力は曲げモーメントの影響を大きく受けていることが分かる。仮に同等の曲げモーメントが負荷された場合、呼び径が大きい程シール性については安全であると言える。

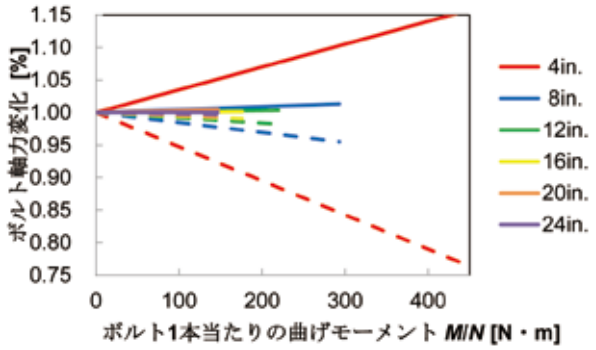


Figure12　曲げモーメントを受ける管フランジ締結体のボルト軸力挙動に及ぼす呼び径の影響

6-2) 曲げモーメントと内圧の負荷順序の影響

Figure13は漏えい量に及ぼす曲げモーメントと内圧の負荷順序の影響を示す。step1：締め付け、step2：曲げモーメント負荷、step3：内圧負荷という順序（赤実線）、step1：締め付け、step2：内圧負荷、step3：曲げモーメント負荷という順序（青実線）の2種類の順序で漏れ実験を行った結果をFigure13に示す。縦軸に漏れ量、横軸に負荷される曲げモーメントを表している。曲げモーメントが3000N・m以上の場合にstep2：内圧負荷、step3：曲げモーメント負荷という順序の場合の方がわずかに漏れ量は大きいが、ほぼ誤差レベル程度で漏えい量の差異は小さく、本実験では漏れ量に対しては曲げモーメントと内圧の負荷順序の顕著な影響は見られなかった。

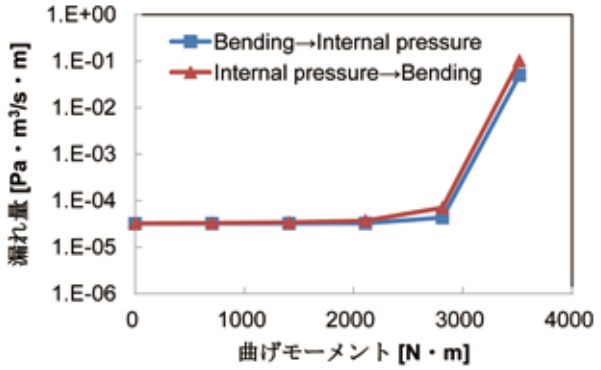


Figure13　シール性に及ぼす曲げモーメントと内圧の負荷順序の影響

6-3) 曲げモーメントの作用位置の影響

Figure14に示すようにボルト配置に対して異なる位置に曲げモーメントを負荷した場合を検討する。Figure14（a）は一般的に使用される垂直方向に対してボルトが対象に位置された条件である（パターンA）。Figure14（b）は垂直位置にボルトを位置した条件である（パターンB）。Figure15はそれぞれのパターンの漏れ量と曲げモーメントの関係図である。パターンAはパターンBよりも漏れ量が小さい結果となった。最も口開きが顕著な位置にボルトを位置することで面圧低下を軽減しシール性低下も軽減すると思われたが一般的に使われるパターンAの方がシール性は高かった。これは、パターンAでは4本のボルトが口開きに抵抗するのに対し、パターンBでは3本のボルトが抵抗するため、総合してパターンBの方が口開きが大きかったためと考える。

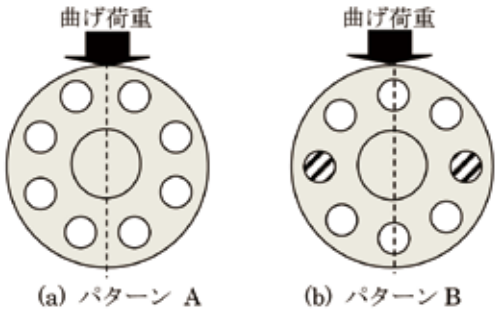


Figure14　曲げモーメント作用位置

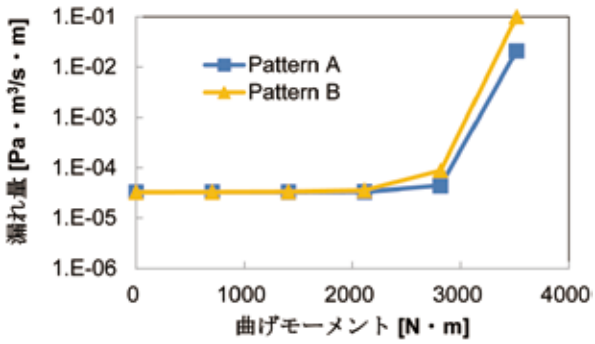


Figure15　シール性に対する曲げモーメント作用位置の影響

7. おわりに

本報では、配管曲げを受けるPTFEガスケット付き管フランジ締結体のボルト軸力、ハブ応力、シール性などの力学的挙動を実験及びFEM応力解析を用いて検討し、以下の結論を得た。

(1)　FEM応力解析を用いて配管曲げと内圧を受けた4inch管フランジ締結体のガスケット接触応力を算出した。配管曲げを負荷した場合に接触面の一部のガスケット接触応力が低下し、約3500N·mに達した際に接触応力がゼロとなり、漏れ量が急激に大きくなることを示した。

(2)　曲げモーメントを受けた際の締結ボルト軸力を実験とFEM応力解析で評価し、FEM応力解析結果が実験結果とかなり良く一致していることを示した。加えて、ボルト1本当たりの曲げモーメントM/Nで整理した場合、

呼び径が大きいほど、配管曲げに耐性が高くなることを明らかにした。

(3) FEM応力解析から得られたガスケット接触応力分布と実験から得られたガスケットの漏れ量−接触応力分布から漏れ量を予測した。実験値と比較的良く一致しており、FEM応力解析手法及び漏れ量予測手法の妥当性を示した。

(4) 曲げモーメントと内圧の負荷順序がシール性に及ぼす影響を調べ、負荷順序が漏れ量には大きな影響を及ぼさないことが分かった。

(5) シール性に及ぼす曲げモーメント作用位置の影響を調べ、一般的なボルト位置(パターンA)のほうが垂直位置にボルトが在る位置(パターンB)よりも配管曲げの耐性がより大きいことを明らかにした。

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)T. SAWA, Y. TAKAGI, K. SATO, Y. OMIYA, H. DOI, "Effects of scattered bolt preload on the sealing performance of pipe flange connection with gaskets under external bending moment and internal pressure", PVP2012-78411, Proceeding of ASME PVP 2012 Conference, (2012).

9)Y. Takagi, H. Torii, T. Sawa, K. Funada, "Evaluation of Sealing Performance of Pipe Flange Connection Subjected to External Bending Moments", PVP2009-77494, Proceeding of ASME PVP 2009 Conference, (2009).

10)F. Ando, T. Sawa, M. Ikeda, and T. Furuya, "Assessing Leakage of Bolted Flanged Joints under Internal Pressure and External Bending Moment", Proceeding of ASME PVP 1998 Conference, 376, pp.39-44, (1998).

11)TTRL Tightness Testing and Research Laboratory, "Room temperature external bending moment tightness test (ROBT) on the selco seal 4" cl 150 lb 316SS/GORE-TEX gasket style", 1996.

12)W. J. Koves, "Analysis of Flange Joints Under External loads", Journal of Pressure Vessel Technology, Vol.118, pp59-63, (1996).

13)W. J. Koves, "Design for Leakage in Flange Joints under External Loads" PVP2005-71254, Proceeding of ASME PVP 2005 Conference, (2005).

14)E. C. Rodabaugh, S. E. Moore, "Evaluation of the Bolting and Flanges of ANSI B16.5 Flanged Joints – ASME Part A Design Rules", (1976).

15)C. J. Dekker, H. J. Brink, "External flange loads and 'Koves' -method", International Journal of Pressure Vessels and Piping, Vol.79, pp145-155, (2002).

16)W. Brown, "Improved Analysis of External Loads on Flanged Joints" PVP2013-97814, Proceeding of ASME PVP 2013 Conference, (2013).

17)ANSI/ASME B 16.5, "Pipe Flanges and Flanged Fittings", (1996).

18)日本工業規格JIS B 2251 "フランジ継手締付け方法", (2008).

19) Japanese Industrial Standards. JIS B 2490 “Test method for sealing behavior of gaskets for pipe flanges”, (2008).
20) 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).
21) 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).
22) ASME Boiler & Pressure Vessel Code Section Ⅷ Division 1 “Rules for construction of Pressure Vessels” App.2, (2004).

佐藤 広嗣
研究開発本部
第1商品開発部

澤　俊行　広島大学
森本 吏一　三菱ケミカル株式会社
小林 隆志　沼津工業高等専門学校
元野 雄太　研究開発本部　第1商品開発部

改良EPDM材料の高温環境特性の評価

1. はじめに

改良EPDM材（当社配合№H3070）の高温環境特性の評価実施は、原子炉格納容器（以下PCVという）のシール材に200℃の高温蒸気、数百kGyの高放射線量が重畳する重大事故時（以下SA時という）の環境においてもシール機能を維持するシール材を求められたことが発端である。

これまで、PCVに使用されてきたシール材は、一般的に耐熱性に優れているシリコーンゴムやふっ素ゴムが用いられてきたが、200℃の高温蒸気、数百kGyの高放射線量が重畳する環境では、ポリマーの構造上の問題から、加水分解による分子量の低下や、γ線のような高エネルギー暴露による低分子量化が進行し、シール機能の喪失が想定されるため、新たな材料への切り替えが必要と考えられた[1)]。

新たな材料として、高温蒸気環境下での使用を想定して開発された改良EPDM材を提案し、今日に至るまで、シール健全性確認のため様々な評価を行ってきた。健全性確認のための評価を行うに際し、SA時のPCVの放射線物質閉じ込め機能を確保できる条件として設定した200℃、0.854MPa高温蒸気環境を基本条件として各種試験を行い、当該環境において十分なシール性能を有していることが確認されている[2)]。

Figure1は、改良EPDM材のデータや、既存シール材であるシリコーンゴム、ふっ素ゴムの過去の評価結果から特性を図示したものである。横軸に蒸気温度を、縦軸に放射線量を示している。シリコーンゴムやふっ素ゴムは、SA時の環境ではシール機能の維持が難しい一方で、改良EPDM材は200℃以上の高温蒸気、かつ、γ線800kGy以上の環境においても機能を維持することが分かる。

このように、改良EPDM材は、SA時の環境適合性が確認され、PCVの新たなシール材料として採用されることとなった。このため、改良EPDM材のシール機能が維持できる限界環境を確認し、SA時の環境に対する優位性を検証することが非常に重要と考え、SA時の環境を大きく超えた高温環境での評価についても実施することとした。

なお、評価手法としては、シール寿命を検証するのに有効な圧縮永久ひずみ試験と、実機フランジを模擬した小型フランジによる漏えい試験を実施し、シール健全性を確認することとした。

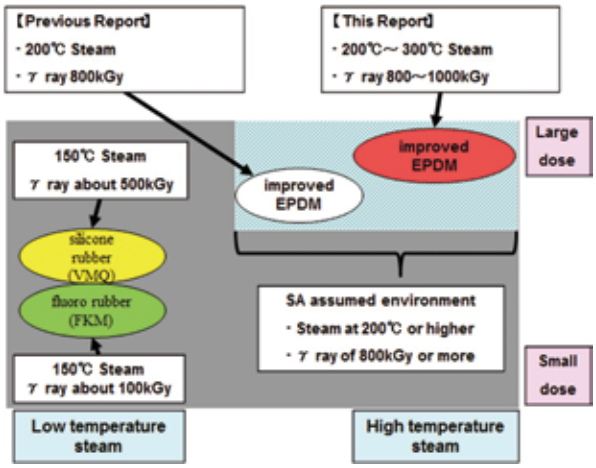


Figure1　シール材の一般特性図

2. 評価

2-1）評価温度設定のための予備試験

当該評価の目的は、改良EPDM材のシール限界を確認することであるため、材料として有意な変化が生じない温度を上限として評価を行うこととした。手法としては、熱重量分析により判断することとした。Figure2の紫色の曲線が熱重量減少率を示しており、300℃を超える温度帯より重量減少が生じ始めていることから、300℃までは主骨格構造に大きな変化は生じていないと考え、上限300℃の健全性確認を行うこととした。

2-2）評価方法

2-2-1）圧縮永久ひずみ試験

300℃環境における健全性を確認するため、2つの評価手

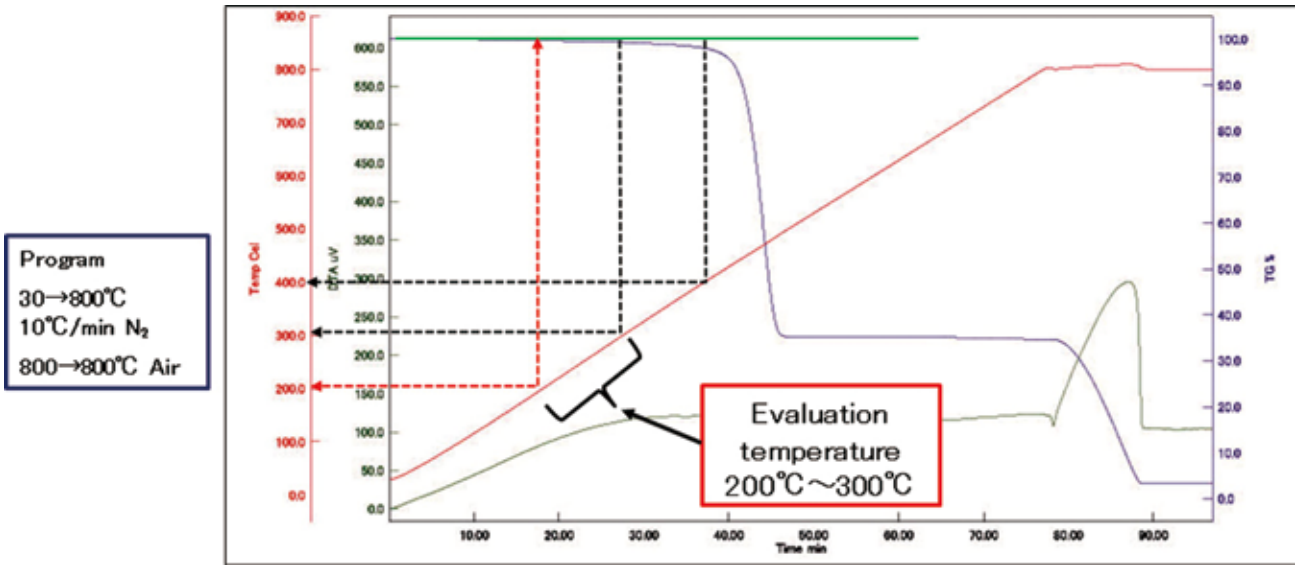


Figure2　熱重量分析結果

法を用いることとした。そのうちの一つが、シール寿命を確認する上で、非常に有効な手段である圧縮永久ひずみ試験を採用した。

測定方法はJISK6262:2013「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－常温、高温及び低温における圧縮永久ひずみの求め方」に準拠する。試料形状は、JIS大型試験片（直径φ29mm、厚さ12.5mm円柱状試験片）を使用し、圧縮率は25%と設定した。

圧縮永久ひずみは、高温環境下、圧縮状態で使用した場合に生じる塑性変形（必ずしも高温環境に限定するものではない）を数値化したものであり、圧縮状態を開放し、完全に元の形状に復元した状態を0%とし、全く復元しなかった場合を100%として最も悪い状態と定義した。ゴムの劣化は化学反応と考えられるため、Figure3のように横軸に時間、縦軸に圧縮永久ひずみ率をプロットすることで、所定変形までの到達時間を予測することが可能となる。

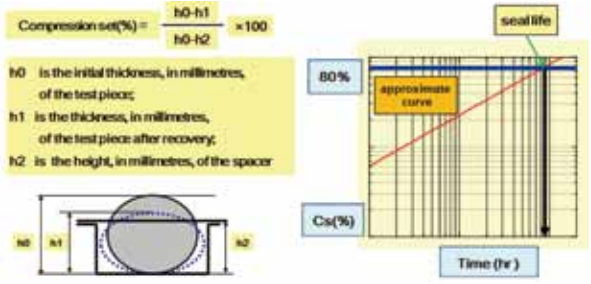


Figure3　圧縮永久ひずみ試験及び寿命予測グラフ

評価条件をTable1に示す。SA時の環境を踏まえ、飽和蒸気環境、γ線照射量800～1000kGy、温度200～300℃にて評価を実施する。ただし、SA時に想定されているPCV内環境は、上限0.854MPaであるのに対して、今回実施する環境は、飽和蒸気条件下で実施するため、試料にかかる圧力が格段に高く（200℃の飽和蒸気圧1.6MPa、300℃の飽和蒸気圧8.6MPa）、SA時のPCV内よりも厳しくなっている。

Table1　圧縮永久ひずみ試験条件

Test No.	Radiation dose kGy	Environ -	Temp ℃	Time hr
1-1	800	Steam	200	24
1-2	800	Steam	200	72
1-3	800	Steam	200	168
2-1	800	Steam	225	24
2-2	800	Steam	225	72
2-3	800	Steam	225	168
3-1	800	Steam	250	24
3-2	800	Steam	250	72
3-3	800	Steam	250	168
4-1	1000	Steam	265	72
4-2	1000	Steam	265	168
4-3	1000	Steam	265	336
5-1	1000	Steam	280	168
6-1	1000	Steam	300	24
6-2	1000	Steam	300	72
6-3	1000	Steam	300	168

2-2-2）小型フランジによる漏えい試験

2つ目の評価手法として、小型フランジによる漏えい試験を採用した。SA時の温度、圧力においてシール機能が維持されることを確認するために、実機フランジを模擬した小型フランジを用いることとした。小型フランジ略図をFigure4に、小

型フランジ寸法をTable2に示す。フランジ溝断面形状及び断面寸法は実機と同等であり、またガスケットの断面形状及び断面寸法も同等とした。SA時に発生する内圧により、PCVフランジが開口するが、これを模擬するため、小型フランジ内の平滑部に調整シムを挿入して開口量を調整し、小型フランジの内側からHeにて加圧することで、実機環境を模擬した状態での漏えい試験を実施することが可能となった。

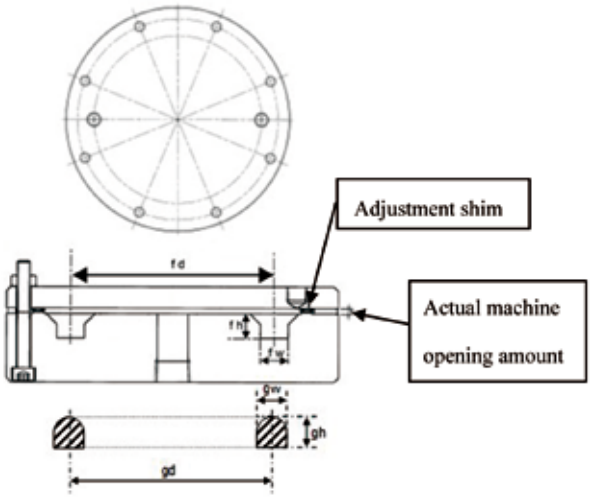


Figure4　小型フランジ略図

Table2　小型フランジ寸法

	Seal material dimensions			Groove dimensions			Opening amount
	Center diameter (gd)	Width (gw)	Height (gh)	Center diameter (fd)	Width (fw)	Height (fh)	
Small flange	Shrink actual machine	Same dimension as actual machine	Same dimension as actual machine	Shrink actual machine	Same dimension as actual machine	Same dimension as actual machine	Actual machine opening amount

Table3　漏えい試験条件

Test No.	Radiation dose	Heating				
		Exposure environment			Test environment	
		Environ	Temp	Time	Environ	Temp
	kGy	-	℃	hr	-	℃
7-1	1000	Steam	280	168	Dry	280
8-1	1000	Steam	300	168	Dry	300

試験条件はTable3の通りであり、所定温度にフランジ温度が到達後、1MPaのHeにより10分間加圧し、漏えいの有無を判断する。この試験によりHeが漏えいした場合、フランジ外径側から漏えいが確認されるため、水上置換により漏えいしたHeを収集し、Heの時間当たりの漏えい率を算出する。試験装置概略はFigure5に示す。

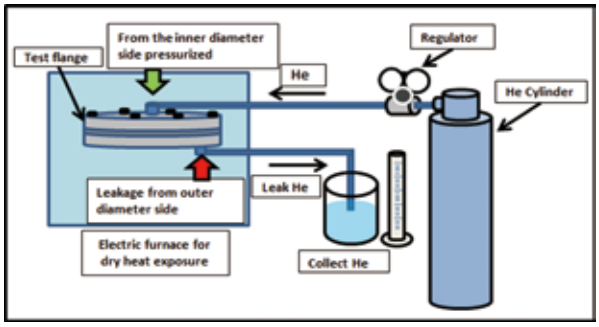


Figure5　小型フランジ漏れ試験装置概略

3. 評価結果

3-1）圧縮永久ひずみ試験

圧縮永久ひずみ試験の結果はTable4に示す。Table4の“Cs”が圧縮永久ひずみ率を示しており、温度一定の場合、圧縮永久ひずみ率は、時間が長くなるに従い増加し、時間一定の場合、温度が上昇するに従い増加することが確認された。

Table 4　圧縮永久ひずみ試験結果

Test No.	Radiation dose	Environ	Temp	Time	Cs
	kGy	-	℃	hr	%
1-1	800	Steam	200	24	10
1-2	800	Steam	200	72	11
1-3	800	Steam	200	168	16
2-1	800	Steam	225	24	10
2-2	800	Steam	225	72	15
2-3	800	Steam	225	168	18
3-1	800	Steam	250	24	13
3-2	800	Steam	250	72	16
3-3	800	Steam	250	168	22
4-1	1000	Steam	265	72	25
4-2	1000	Steam	265	168	34
4-3	1000	Steam	265	336	38
5-1	1000	Steam	280	168	53
6-1	1000	Steam	300	24	47
6-2	1000	Steam	300	72	67
6-3	1000	Steam	300	168	84

最も条件の厳しい300℃ 168時間の試験片（TestNo.6-3）の外観写真をFigure6に示す。側面には異常は確認されなかったが、シール面の中央付近に凹みが確認されたため、当該試料を切断し断面を確認した。凹みの原因は内部に発生した亀裂によるものであったが、シール面まで貫通していないことが確認された。亀裂が発生した原因は、高圧飽和蒸気減圧時の圧縮された蒸気の急激な膨張と考えられる。具体的には、300℃飽和蒸気環境での評価のため、8.6MPaの蒸気圧が負荷されており、ゴム中に入り込んだ蒸気も圧縮された状態であるが、評価終了に伴い、高圧蒸気を圧力容器から放出する時点で、急減圧が生じるため、ゴム中で圧縮さ

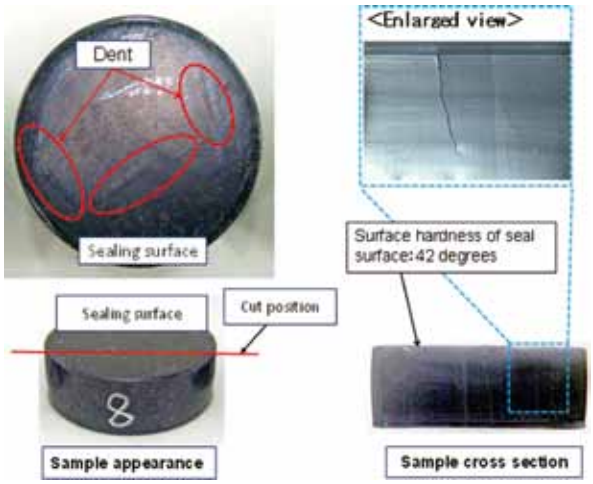


Figure6　Test No.6-3　試験後試料写真

れていた蒸気が、急激な膨張を生じ、ゴム中で亀裂を生じたと考えられる。

ただし、今回の亀裂は、評価設備由来の物理的原因であるところ、SA 時に想定される圧力の上限値は0.854MPa であることから、実機のSA 時においては、亀裂は生じ得ないと考えられる。

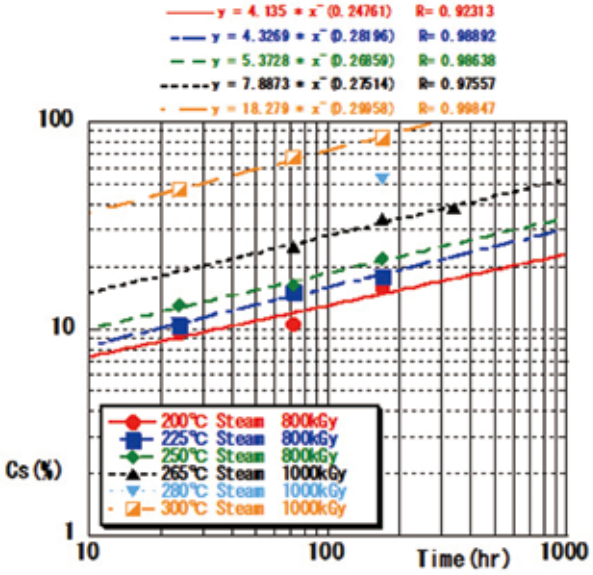


Figure7　圧縮永久ひずみ試験結果グラフ

圧縮永久ひずみの結果をFigure7にグラフ化した。横軸を時間、縦軸を圧縮永久ひずみ率とし、得られたデータをプロットして各種温度に対する近似曲線を得た。Figure7の通り、いずれも非常に高い相関係数を有しており、かつ、近似曲線の傾きも、近似していることが確認できた。またFigure8は、各温度に対し、一般的にシール機能が確保できる圧縮

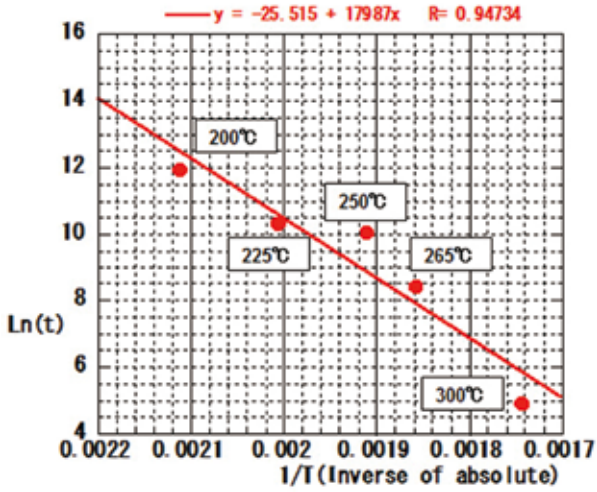


Figure8　200～300℃データによるアレニウスプロット

永久ひずみ率80%[3]となる時間で整理した結果（アレニウスプロット）であり、こちらも非常に高い相関係数を持って直線近似可能であることが確認できた。

熱劣化は化学反応であるため、投入された熱エネルギーに則って劣化が進行するため、材料としての限界を大きく超えていない温度帯であり、かつ、評価環境が不安定でなければ、規則正しい劣化挙動を示すと考えられる。

よって今回の200℃～300℃飽和蒸気環境においては、化学反応論に則った劣化であり、突発的な異常劣化を生じるものではないため、寿命予測可能な劣化であることが確認できた。

3-2）小型フランジによる漏えい試験

小型フランジによる漏えい試験の結果、280℃及び300℃、168時間飽和蒸気環境で暴露された試料から漏えいは確認されなかった。

評価終了後の小型フランジを分解し、ガスケットの外観を確認した。Figure9に280℃、168時間暴露後の試料写真を示すが、外観異常は確認されなかった。同様に300℃、168時間暴露後試料には一部周方向に亀裂が確認されたが、漏えいに影響するような内外径方向への亀裂や破損は確認されなかった。上記亀裂については、圧縮永久ひずみ試験の内部亀裂と同様に、急減圧による圧縮蒸気の急膨張が原因と考えられる。

Figure9　Test№7-1　漏えい試験後試料写真

よって、280℃、300℃飽和蒸気環境において、168時間の段階では、有意なシール材の欠損などは確認できないため、シール機能は維持できると考えられる。

4. まとめ

高温飽和蒸気環境における圧縮永久ひずみ試験及び小型フランジによる漏えい試験より結果をまとめる。

・改良EPDM材（当社配合№H3070）は、200℃～300℃の劣化挙動としては同一の機構と考えられ、温度変化による突発的な異常劣化が発生している可能性は低い。
・小型フランジによる漏えい試験の結果、300℃飽和蒸気168時間の条件では漏えいは認められない。
・上記から、約300℃までの飽和蒸気環境下で安定的に使用可能なシール材である。

5. おわりに

本評価により、当該環境に限定すれば、EPDM材が300℃という非常に厳しい環境においても、シール機能を維持することが確認できた。このことから、先入観、一般常識にとらわれない自由な発想に基づいて開発、検証を続けること、ユーザの要望に耳を傾けることが如何に大事であるということを改めて実感した。このような報告を、今後発信し続けることができるように、現状に甘んじることなく精進し続ける所存である。

なお、今回の報告は、2017年日本原子力学会　秋の大会に発表した内容を一部編集したものである。

本報掲載にあたり、御協力いただきました中部電力株式会社の関係者各位に心より感謝申し上げます。

6. 参考文献

1）伊藤　浩史,“真空エラストマーの耐放射線性の調査”第27回リニアック技術研究会, 7P-19
2）鈴木　憲：バルカー技術誌, No.30, 14-19（2016）
3）川村　敏夫,“Oリングの寿命と信頼性”, バルカーレビュー Vol26, 1982

鈴木 憲
研究開発本部
第1商品開発部

松田 真一　中部電力株式会社
杉村 卓哉　中部電力株式会社

ガスケットの選定指針及び選定トラブルとその対策

1. はじめに

シール材におけるプラントでのトラブルの原因はFigure1に示す通り、「施工不良」と「選定不良」が多くを占め、選定不良によるトラブルは全体の1/4程度と過去に紹介した[1]。シール材の性能を十分に発揮するためには、適切な選定が必要となる。

本報では、ガスケット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。

Figure 1　漏れ原因調査統計例

2. ガスケットの選定指針

2-1）ガスケットの選定の考え方

多種多様なガスケットの使用条件がある中で、適切なガスケットを選定するには、多くの条件を把握した上で判断していく必要がある。まず、選定する際に考慮すべき条件をFigure2に挙げる。

Figure2　ガスケットの選定条件

上記の条件の中でも必ず配慮すべき条件は、「流体」「温度」「圧力」である。この3つの条件は、選定において必ず必要な情報である。

次に、フランジ形状や寸法（径・厚さ・幅）を確認する必要がある。例えば、異形状や極端にシール幅の狭いものは、うず巻形ガスケットは使えずシートガスケットなど、他のガスケットを選定する必要がある。なかには、標準外寸法のガスケットを製作したり、フランジを変更する場合もある。

この他に、許容漏れ量や締付力、更にはコストや作業性なども選定をする上で考慮すべき項目である。許容漏れ量を少なくするなど性能を重視すると製品コストが高くなる場合もあるため、優先する条件を考慮し最適なガスケットを選定する必要がある。

また、これらに加えて配慮すべき条件として、ガスケットの使用箇所がある。用途や装置により使用できるガスケットはある程度限定される。Table1に装置、機器別でよく使われるガスケット示す[2]。例えば、ポンプのケーシングなどの機器に用いるガスケットは複雑な形状であり、また厚さの薄いガスケットが主に使用されるため、これに対応できるガスケットでなければ選定できない。また、製造プロセス上で重要な箇所や、万が一漏れが発生した場合に周囲に与える影響が大きい箇所などは、より信頼性の高いガスケット材質を選定することも必要である。

Table1　ガスケットと使用機器

ガスケットの種類	装　置・機　器				
	配　管	熱交換器	バルブ	塔槽反応器	ポンプ
ノンアスジョイントシート	◎	◎	◎	◎	◎
膨張黒鉛ガスケット	○	△	○	△	○
PTFE包みガスケット	◎	○	○	◎	○
充填材入りPTFEガスケット	◎	○	◎	◎	○
うず巻形ガスケット	◎	◎	◎	◎	◎
膨張黒鉛貼付溝付金属ガスケット	○	◎	△	○	△
メタルジャケット形ガスケット	○	◎	○	○	△
メタル平形ガスケット	△	○	△	○	△
のこ歯形ガスケット	△	○	△	○	△
リングジョイントガスケット	◎	△	◎	◎	△

記号説明　◎：使用頻度の高いもの
○：使用されているもの
△：使用頻度は低いが、条件によって使用可能

2-2）ガスケットの選定手順

ガスケットの選定の流れをFigure3に示す。なお、各STEPの詳細については、以降に示す。

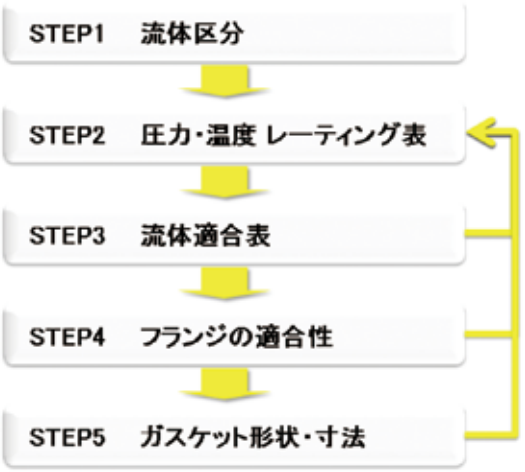


Figure3　ガスケットの選定条件

STEP 1 流体区分

使用流体の種類により流体区分を確認する。当社では流体区分を以下の10区分に分けている。各区分の代表流体については、Table2にまとめる。

Table2　流体区分と代表流体

流体区分		代表的流体
①	水、熱水、水蒸気	清水、工業用水、温水、熱水、水蒸気、過熱蒸気、ボイラー給水、ドレーン、都市排水、汚水、など
②	原油、アルコール、動植物油、熱媒油、など	原油、ナフサ、油ガス、ガソリン、軽油、灯油、重油、タール、燃料油、潤滑油、一般鉱物油、作動油、メタノール、エタノール、エチレングリコール、グリセリン、動植物油、熱媒油、など
③	一般溶剤、弱酸、弱アルカリ、など	一般的な溶剤、芳香族炭化水素（B. T. Xなど）、ケトン類、アミン類、エーテル類、フェノール、アクリロニトリル、など 酢酸、ギ酸、シュウ酸、クエン酸、ホウ酸、リン酸、など アンモニア、炭酸ナトリウム、など
④	強酸、強アルカリ	硫酸、硝酸、塩酸、過マンガン酸、など 水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、水酸化カルシウム 水酸化バリウム、水酸化リチウム、黒液、など
⑤	空気、窒素ガス、不活性ガスなど	空気、窒素ガス、ヘリウム、アルゴン、ネオン、など
⑥	排ガス	排気ガス
⑦	可燃性ガス	水素、メタン、エタン、プロパン、ブタン、エチレン、アセチレン、プロピレン、など
⑧	毒性ガス	アンモニア、一酸化炭素、ホスゲン、二酸化硫黄 塩化ビニル、酢酸ビニル、酸化メチレン、 フッ素、塩素、臭素、ヨウ素、硫化水素、 亜硫酸ガスなど
⑨	酸素、など	酸素、オゾン、液体酸素
⑩	極低温流体	LNG、LPG、液体窒素、液体水素、 液化エチレン、液化アルゴン、など

STEP 2 圧力・温度レーティング表

流体区分に対応した圧力・温度選定図を選び、圧力・温度から使用可能なガスケットを選定する。例えば、流体が水蒸気、圧力1MPa、温度180℃の場合、流体区分は①水、熱水、水蒸気となる。この選定図をFigure4に示すが、圧力と温度条件が交わる箇所が②であり高機能シートガスケットが選定される。

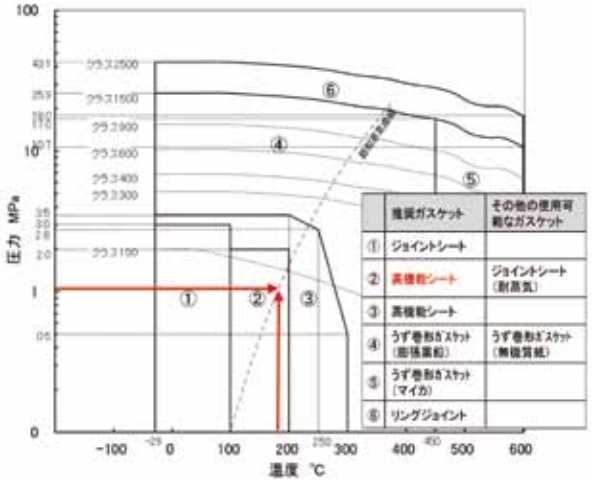


Figure 4　水、熱水、水蒸気の温度圧力選定図

STEP 3 流体適合表

STEP2で選定したガスケットが、使用流体に適合しているか、更に流体適合表で確認する。適合していなければ、STEP2に戻り「その他の使用可能なガスケット」あるいは上位に位置するガスケットを再選定する。例として、①水、熱水、水蒸気の流体適合表をTable3に示す。STEP2で例示した条件の場合、流体は水蒸気であり、選定した高機能シートガスケットは適合していると判断できる。

Table 3 水、熱水、水蒸気の流体適合表

流体区分 Fluid Segment	流体種類 Type of Fluid	流体名 Fluid	高機能シート UF300	MF300	GF300	SF300	6500・6500AC	6502・6503・6503AC	7010・7GP66・7GP66S	7020	7026	VF-30・VF-35E	8590 Series・8590TN 8590L Series	6590 Series	7590 Series	M590 Series M590L Series	N7030 Series	1500 (reference)
①水・熱水・水蒸気 water・hot water・steam	水・水蒸気 water・steam	温水・熱水・ボイラー給水 warm water・hot water・boiler feedwater	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		清水・工業用水 clear water・industrial water	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		水蒸気・過熱蒸気 steam・superheat steam	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		ドレーン・都市排水・汚水 drain・municipal effluent・dirty water	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	中性塩類水溶液 aqueous solution of a neutral salt	塩化カルシウム calcium chloride	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		塩化ナトリウム sodium chloride	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		海水 seawater	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		硝酸ナトリウム sodium nitrate	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		フッ化ナトリウム sodium fluoride	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		硫酸ナトリウム Sodium sulfate	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

STEP 4 フランジの適合性

フランジのガスケット座の形状の適合を確認する。各フランジ座のソフトガスケットの適合をTable4、フランジ及び呼び圧力・径に対するうず巻形ガスケットの適合をTable5に示す。

Table4　フランジ座とソフトガスケットとの適合

ガスケット		フランジ座の種類			
種類	形状	全面座	平面座	はめ込み形	溝形
ジョイントシート／高機能シート ふっ素樹脂シート(充填材入り)	FF	●	●	—	—
	FR	●	●	●	●
ふっ素樹脂シート (単体)	FF	—	—	—	—
	FR	—	—	● 16Kまで	● 20Kまで
ふっ素樹脂ジャケット	FF	▲	—	—	—
	FR	●	●	—	—
膨張黒鉛シート	FF	▲	—	—	—
	FR	●	●	▲	▲

Table5　フランジ座とうず巻形ガスケットとの適合

26～60B	1/2～24B	呼び径／呼び圧力／ガスケット座	クラス150	クラス300～600	クラス900～1500
内外輪付	外輪付(1)(2)	平面座(全面座)	内外輪付	外輪付(1)(2)	
内輪付		はめ込み形	内輪付		
基本形(3)		溝形	基本形		

注(1) フィラーが膨張黒鉛及びPTFEの場合、内外輪付を推奨
(2) 流体がモノマーの場合、内外輪付を推奨
(3) 大口径の場合、取扱いを容易にするため、内輪付を推奨

STEP 5 ガスケットの形状・寸法

最後にガスケット形状、寸法を決定し、製作可能か確認する。製作不可であれば随時STEP2に戻って再選定する。

その他、ガスケットの締付力が適合するか否かの確認をする。締付け・取り外し作業の容易性、経済性、市場での入手性(納期)などにおいては、いずれを優先するかを考慮し、選定する。

また、流体、温度、圧力条件からのガスケットの選定については、当社の「ガスケット」カタログ(No.YC08)及び選定お役立ちウェブサイト「Seal Quick Searcher®」(シール・クイックサーチャー)にて選定することができる[3]。

2-3)選定上、注意を必要とする流体

以下の流体については、選定上、特に注意を必要とする。

① 酸素・支燃性ガス：可燃性材料を用いたガスケットは避けるべきである。PTFEフィラーのうず巻形ガスケットやPTFE系ガスケット、銅製ジャケット形ガスケット、金属平形ガスケットを推奨する。

② 重合性モノマー：スチレンモノマー、塩ビモノマーなどの重合性モノマーには、ジョイントシート、PTFE系ガスケットは不具合が発生することがある。内外輪付うず巻形ガスケットやメタルガスケットを選定することを推奨する。

③ スラリーを含む流体：ソフトガスケットはエロージョンにより破損・漏洩することがある。内外輪付うず巻形ガスケットやメタルガスケットを選定することを推奨する。

④ 熱媒体油：ジョイントシートは、ゴムバインダーが劣化し漏れが生じる場合がある。また浸透性が強いため、ノンアスフィラーのうず巻形ガスケットでは長期間使用していると漏れることがある。膨張黒鉛のシートガスケットや膨張黒鉛フィラーのうず巻形ガスケットを推奨する。

⑤ 放射性流体：PTFEは、放射線に弱く推奨できない。膨張黒鉛は、1.0×10^{6}Gyの耐放射線性がある。放射線量を確認して選定することを推奨する。

2-4)厚さの選定

シートガスケットのガスケット厚さとガスケットの特性の関係についてTable6に示す。ガスケット厚さは、厚いほど圧縮量が大きくなり、フランジのひずみやうねりを吸収できる。一方、薄いガスケットほど浸透漏れが小さくなるためシール性が高く、またクリープ緩和が小さいため長期安定性に優れる。圧縮破壊特性についても、薄い方が外力に対する強度が高い。これらのことから、基本的には薄いガスケットが推奨される。しかしながら、フランジのうねりやひずみの大きい大口径フランジや、長期間の使用により若干面荒れが発生しているフランジにおいては、ひずみを吸収する必要があるため、厚いガスケットを推奨する。

Table6　ガスケット厚さと特性について(シートガスケット)

特性	ガスケット厚さ	
	薄い	厚い
圧縮量	小さい	大きい
シール性	高い	低い
クリープ緩和	小さい	大きい
圧縮破壊面圧	高い	低い

3. 選定によるトラブル事例とその対策

流体の不適合によるトラブル事例は、過去に紹介した[4]。これら以外の選定ミスによるトラブル事例について紹介する。

3-1）ジョイントシートガスケットの熱劣化

ジョイントシートガスケットは構成材料中にゴムバインダーを含む。このため、100℃を超える温度条件下では、ゴムバインダーが硬化し、ガスケット全体が硬くなる。この状態で、増締めや配管応力などによる外力がかかるとFigure5のように割れる場合がある。保全上、増締めをする場合は、ジョイントシートガスケットの使用は100℃以下とするのが一般的である。また、100℃以上の条件の場合、ゴムバインダーを含んでいない高機能シートガスケットNo.GF300などを推奨する。

Figure5　ジョイントシートガスケットの硬化割れ

一方で、機器用途では厚さを薄くし応力緩和が生じにくい状態とし、初期の締付面圧を30MPa以上で管理することで漏れを抑え劣化を軽減しながら使用されている例もある[4]。100℃以上の環境でジョイントシートを使用する場合は、増締めをしなくても済む対処として以下を守ることを推奨する。

① ガスケット厚さを1.5mm 以下とする。
② ガスケットペースト（シールペーストなど）を塗布する。
③ 締付面圧を30MPa 以上とする。
④ 配管応力の負荷がかかりにくい箇所や取り替えやすい箇所に使用する。
⑤ ガスケット締付面圧を高めるため、ガスケット外径寸法がボルト内接寸法となるリングガスケットの使用を推奨する。

3-2）ふっ素樹脂系シートガスケットの変形

ふっ素樹脂系のガスケットは、常温でもクリープ緩和しやすく、特にふっ素樹脂単体のガスケットを使用する場合は、クリープ緩和による変形に注意が必要である。このため、ふっ素樹脂単体のガスケットを使用する場合、原則として溝形フランジでの使用を推奨する。

また、ふっ素樹脂のクリープ緩和は高温条件で顕著になり、Figure6のように軟化による変形も発生しやすくなる。このため、温度が100℃程度を超えるような高温条件では、充填材を加えふっ素樹脂の量を減らしたガスケットを選定し、クリープ緩和を軽減することが望ましい。

Figure6　ふっ素樹脂シートガスケットの変形

3-3）うず巻形ガスケットの変形

うず巻形ガスケットのフィラーが膨張黒鉛及びPTFEの場合、外輪付うず巻形ガスケットを使用するとフィラーのすべりによりFigure7のように内径側が座屈変形し、シール性が低下する場合がある。このため、フィラーが膨張黒鉛及びPTFEの場合は、内外輪付のうず巻形ガスケットを選定することを推奨する。

また、流体がモノマーの場合も、浸透・重合を抑制するために、内外輪付ガスケットを推奨する。

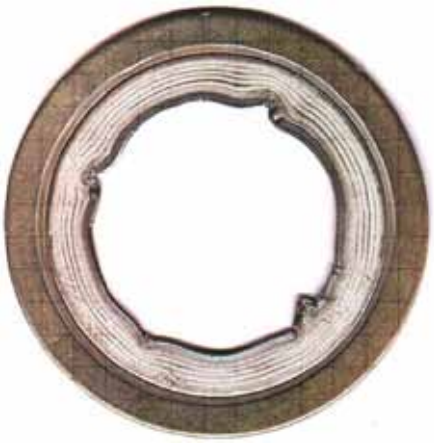


Figure7　うず巻形ガスケットの変形

3-4）寸法設定ミスによるトラブル

本来、フランジ寸法に適合したガスケットの寸法設定が必

要であるが、フランジ寸法に適合しない寸法のガスケットを使用することで、漏れに繋がる場合がある。例えば、平面座フランジと適合する寸法より径の小さいガスケットを使用した場合、正確にセンタリングできずFigure8のように芯ずれ状態となり、局部的にガスケット接触幅の狭い箇所が発生する。これにより接触幅の狭い箇所では内圧に耐えられず、外径側に押し出され変形もしくは破断する場合がある。また、芯ずれによりガスケットそのものが配管内径にはみ出し、ガスケットが破損し漏れる場合も考えられる。

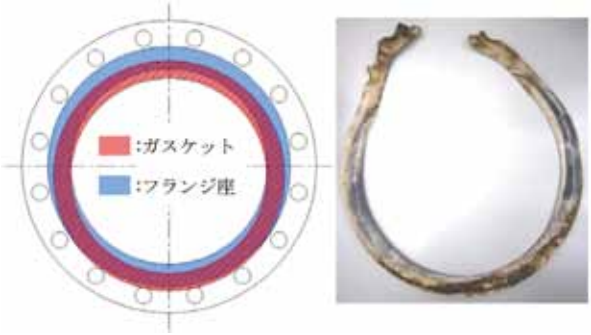


Figure8　ガスケットの芯ずれによる変形

3-5）腐食によるトラブル

ガスケットによる腐食として、まず「隙間腐食」がある。これは、ガスケットとフランジの隙間やガスケット自体に流体が浸透し、流体中の塩素イオンなどが作用して生じる腐食である。特に塩素イオンの多い海水で、ステンレス鋼フランジを用いた際に発生することが多い。フランジとガスケットの接触面の内径側の締付面圧は低く、微小な隙間が発生しやすい。ステンレス鋼フランジとガスケットの隙間に、塩素イオンを含んだ流体のしみ込みやガスケット内部への流体の浸透が発生すると、ステンレス鋼は不働態膜の形成反応により、酸素濃淡電池が形成され、これによりpHの低下と塩素イオン濃度の上昇が生じる。このため、フランジ金属の急激な溶解、すなわち隙間腐食が発生する[5)]。この隙間腐食を防止するには、低塩素のガスケットを用いることや、極力隙間をなくすため、防食ペースト（シールペースト）の塗布が有効である。また、締付けにおいては高いガスケット面圧の負荷、フランジひずみの補正、フランジ座面の平滑化などの対応方法がある。

また、一方で異種金属フランジ同士の接合部で発生する「ガルバニック腐食」もある。これは、イオン化傾向の異なる金属が接触する場合、電解液中に浸すとそれぞれの金属間に電位差が生じ、ガルバニック電池を形成し、イオン化傾向の低い金属の腐食が発生する現象である。異種金属同士のフランジ接合部で、金属などの電気を通しやすいガスケットを使用すると、電池を形成しフランジが腐食する場合がある。これを防止するためには、フランジ継手を絶縁する必要がある。絶縁性の高いガスケットとしては、ふっ素樹脂ジャケットガスケットなどのふっ素樹脂系のガスケットとなる。ガスケットのみならず、ねじ部の絶縁のための絶縁ボルトなどの使用を推奨する。

4. おわりに

本報にて、ガスケット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紹介した。ここで紹介しきれなかったガスケット選定においては、当社の「ガスケット」カタログ（No.YC08）及び選定お役立ちウェブサイト「Seal Quick Searcher®」（シール・クイックサーチャー）をご活用頂きたい。これらに記載のない選定条件においては、当社にお問合せ頂きたく思う。

製品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ガスケット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）池田 隆治：バルカー技術誌. No.31, 2-7（2016）
2）バルカーハンドブック. 92（2011）
3）江西 俊彦：バルカー技術誌. No.32, 22-25（2017）
4）江西 俊彦：バルカー技術誌. No.33, 2-3（2017）
5）西田 隆仁：現代ガスケット概論. 87（2015）

松下 明日香
営業本部
テクニカルソリューショングループ

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

1. はじめに

ボルトの締結は作業に用いられる締付けツールには、様々なものがあり、使用する環境や求める締付け精度に応じて、適切なツール選定を行い、そのツールを正しく使うことで、作業負担を軽減し、締結精度や作業効率、安全性を向上することができる。

ボルトの締結作業は、プラントの建設時のみならず、保守点検の際にも必ず付いてまわる作業でありながら、管理が難しく、作業者の勘や経験を頼って行われているケースが現在においても散見される。また、熟練作業者の減少とともに、プラントでの漏えい事故や火災などの大きな要因となっているにも関わらず、系統だった締付けツールの選定や使用方法の教育などあまり行われていない。近年、諸外国ではフランジ締結作業資格の認定制度[1)]を設け、漏えい防止に一定の成果が出ているようだが、こと日本国内においては、設備オーナーやエンジニアリング会社の判断に委ねられているのが現状である。

当社では、主に人力では締付けることが困難な大型ボルトの締付けに用いられるツール販売、レンタルを行っており、都度作業者が変わり、締付けスキルが安定しない現場でのスーパーバイザーにも力を入れており、好評を博している。

ここでは、これまで当社が現場で培った締付け作業におけるツールの選定、施工上の注意点の2つに分けて述べていきたい。

2. 適切なツールの選定

まず、ツールを使用するメリットとして以下が挙げられる。

施工品質上のメリット

・ボルトに正確な締付力を与える。
・ガスケット、フランジ、ボルトに対して過度な負荷を与えない。
・トルク値や軸力値で管理できるため、再現性がある。

作業上のメリット

・少人数化や作業時間の短縮による工数低減ができる。
・重筋作業を無くし、作業者の負担を軽減できる。
・狭所など周囲にスペースの無い場所でも作業ができる。

これらのメリットを享受するためには、現場に合わせたツール選定を行うことが非常に重要となるため、ひとつずつポイントについて、解説する。

① 締付けトルク値もしくは軸力値

締付トルクが判明したら、ツールの最大出力の70%以下でそのトルクが発揮できること。

【ポイント】ツールの締付け能力を考慮する。

目安として、目標トルク値の1.5倍程度の能力を持つツールから候補を選定する。軸力値（ボルト伸び値）を目標とする場合は、Figure1に示すようにボルトテンショナーまたは、油圧トルクレンチと超音波軸力計による管理となる。

Figure1　超音波軸力計による伸び計測

② ボルト、ナットの形状、本数

全ネジボルト、植込みボルト、六角ボルト、袋ナットなど、ボルト、ナットの形状でツールが限定されるため、ツールが装着できること。

【ポイント】ツールが装着できるか確認

ナット頂面より、ボルトが長く突き出している場合は、六角ソケットが装着できないため、センターホール型のツールやボルトテンショナーを選定する必要がある。

【ポイント】ツールのスピードを考慮

1本あたりの作業時間を短くする必要があるため、締付

けスピードの速いツールや、複数台での同時締付けを考慮する必要がある。

③　周囲のクリアランス、設置環境

締付け対象ボルト周囲のクリアランスや設置環境を確認する。

【ポイント】ボルトの軸方向へのスペースの有無

エアートルクレンチなど、いわゆるピストル型のツールは軸方向にスペースが大きく必要であるのに対し、油圧トルクレンチは省スペース性に優れるので適用範囲は広い。ただし、配管のエルボの下など、部分的にスペースが無いケースには注意が必要である。

【ポイント】ツールを設置する向き

作業性に大きく影響を及ぼすので、特に下から行う場合には、ツールの重さが重要である。10kgを超えるツールを下から上向きに使う場合は、何らかの保持及び落下防止対策が必要である。

④　確保できる動力源

準備ができる動力源の確認をする。

【ポイント】200V 電源、安定した圧縮空気を確保

動力が無い場合は倍力レンチか、バッテリートルクレンチ（充電は必要）の選択となる。ボルトテンショナーをハンドポンプで加圧することも可能である。

上記の要素を踏まえて、Table1にある各ツールの特長を当てはめると、候補となる機種が浮かび上がってくる。中でもボルトテンショナーは、トルク法での締付けとは異なり、ボルトを直接、引っ張ることで軸力を与えるツールであり、接触面の摩擦係数の影響をほとんど受けないため、高い締付け精度とねじ部やフランジ面を傷つけないメリットがある。ただし、ボルトテンショナーで締付けを行うことを前提として設計されていない機器が多いので、既存設備に適用するには、ボルトを交換するなど一部設備の改造が必要となることがある。

3. 施工上の注意点

3-1）ボルト、ナットの手入れ

次に大切なのは、締付け対象のボルト、ナットの手入れである。特にトルク締付けの場合は、この手入れ状態の違いで

Table1　各ツールの特長と評価

	倍力レンチ	バッテリートルクレンチ	エアートルクレンチ	油圧トルクレンチ	ボルトテンショナー
対象ボルト	M16～36	M20～48	M20～56	M30～76	M30～100以上
トルク範囲	300～2,000N・m	500～4,000N・m	500～6,000N・m	1,000～30,000N・m	軸力（kN）で管理
主な特長	軽い力で非常に大きなトルクを負荷できる	コードレス&ピストル式の簡単な操作	ピストル式の簡単な操作	同じトルクなら最も小型で軽量	ねじのかじり無し 多数本同時締付け可
メリット	動力いらず	誰でもすぐ使える スピードが速い	誰でもすぐ使える スピードが速い	トルク精度が高い トルクの範囲が広い	精度の高い締付け 共回りしない
弱点	締付けに時間がかかる	定期的な充電が必要	安定したエアー供給が必要	ポンプと油圧ホースが必要	セットが面倒 ツールが重い
動力源	不要（人力）	充電式バッテリー	圧縮空気500Kpa～	圧縮空気500Kpa～、 電源100V、200V	圧縮空気500Kpa～
防爆対応	○	×	○	○ポンプに準ずる	○
適用条件1	ボルト軸方向に250mm以上のスペースが必要	ボルト軸方向に500mm以上のスペースが必要	ボルト軸方向に500mm以上のスペースが必要	ボルト軸方向のスペースは最小限でよい	ボルト軸方向に概ね300mm以上のスペースが必要
適用条件2	隣接ボルトなどでの反力点の確保	←	←	←	ボルトの頭が1d以上の飛び出し必要（d:直径）
管理方法	入力トルクレンチ	デジタルプリセット	エアー圧力	油圧力～70Mpa	油圧力～150Mpa
同時締付け	不可	不可	不可	可（～4本）	最適（2本～半数）
作業人数	1人/台	1人/台	1人/台	1～2人/台	0.5～1人/台
ナット装着	ソケット	ソケット	ソケット	ソケットor直掛け	プラーバー
スピード	☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆
精度	☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
操作性	☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
ツールの軽さ	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆
多数本締付	☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆
多サイズ対応	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
導入コスト	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆	☆☆☆

ボルトに負荷される軸力が異なるため、非常に重要である。

以下①～④は手入れの手順を示している。

① 錆びやスケールの除去
② ねじ山の損傷の手入れ
③ ナット座部やねじ部への潤滑剤の塗布
④ フランジ表面の平滑さ(不可ならワッシャー取付け)

これまで立ち会った現場では、①、②は行われているが、③が不充分なケースが多く見受けられる。トルク締付けの場合、摩擦の影響を大きく受けるナット座面には、潤滑剤を塗布することで軸力値は大きく変動する。また、フランジ表面の状態が良くない場合、ワッシャーを入れることで改善される事例を多く経験している。

また、全ネジボルトの場合、締付け側と反対側のナット座面に潤滑剤を塗布しないことで、共回りが起きにくくなる。

3-2)締付け手順

ガスケットを均一に圧縮しながらフランジのボルトを締めるには、JIS B2251[2]やJPI-8R-15[3]などに示されるように、段階的に行わなければならない。

現実的にこれらの基準は、守られているとは言い難く、また、あくまでも1台のツールを使用した際の手順を示したものである。ツールの台数によっても適切な手順が異なってくるので、ツールの台数に合わせた効率的な手順の制定を行うことが望ましい。

その中で当社が特に推奨するのが、Figure2のように最低でも対角に2台以上のツールを使用しての並行締付けである。

Figure2　油圧トルクレンチ2台による並行締め

締付け完了までのボルト1本当たりの作業回数が少なくて済み、施工時間の短縮と、均等なガスケット圧縮効果が得られるので、特に片締めによる不良を防止できる。この効果については、日本バルカー工業株式会社殿のシールトレーニングセンター[4]にて、大口径フランジでの並行締付けの体験ができる設備が整っているので、ぜひその効果について実体験をお勧めしたい。

3-3)反力点の注意

トルク締付けを行うツールは、基本的に反力を取らなくてはいけない構造である。安定した反力点の確保が、正確な締付け力と安全性に直結するので、締付けたいナットの中心から水平延長線上を基準とした位置で、力が掛かったときに反力アームがしっかり固定されることが重要である。一般的なフランジの場合は、隣接するナットで反力点が確保できるケースが多いが、それ以外の場合は、事前に正しく反力点が確保できるか十分にチェックしておきたい。

3-4)効率のよい作業のために

ツールを選定し、実際の作業に入るにあたり、ちょっとした準備を行うことで施工時間に大きな差が生じることがある。このため、可能な限り以下を準備しておくことをお勧めする。

① バックアップレンチ

Figure3は、バックアップレンチの写真である。締付け側と反対側のナットにセットして共回りを抑え、簡単に取り外すことができるツールである。これが無いと、打撃スパナや鏨などを用いて共回りを抑えねばならず、ナットを締める時間よりスパナを外すのに時間を費やしてしまう。

Figure3　バックアップレンチ

② 吐出量の大きな油圧ポンプ

油圧トルクレンチやボルトテンショナーのスピードはポンプの吐出量で決まるため、特に大型のツールを使用する時には大きな差が生じる。ただし、可搬性が悪くなるため現場

の状況を考慮し、検討されたい。

③　長すぎない油圧ホース

油圧ホースが長すぎると、足場などで邪魔になり、取り回しが悪いだけでなく、ツールのスピードも遅くなってしまう。5m程度を基準にする。

④　ナットスプリッター

Figure4は油圧式のナットスプリッターの写真である。これは緩め時に限定されるが、ナットとボルトの固着が激しく、ナットが回らなくなることがある。その際に油圧力でナットを素早く切断し、ボルトを抜くことができる。

Figure4　ナットスプリッター

4. おわりに

大口径フランジに用いられるボルト締結におけるツール選定と施工上の注意点について、解説した。

当社はこれまで、現場でのボルト締付け作業の問題や課題を解決することを一番の目的に、現場で役立つ製品の開拓、個々の現場に合わせたツール選定とタイムリーな手配、取扱いの立会い指導、超音波軸力計による締付け管理などを行ってきた。

その経験の中で、ほんの些細なことを知らなかったり、出来ていなかったりすることで、トラブルに繋がっている例を数多く目にしている。20年前はまだ熟練の職人の方がいて、見事なハンマー振り作業をよく目にしたものだが、実際に締付けたボルトを超音波軸力計で計測すると、ほとんどが過剰な締付けになっていたものである。おそらくガスケットが本来の機能を果たしていない状態のフランジがたくさんあったと想像される。

日本バルカー工業株式会社殿が展開しているシールトレーニングセンターの取り組みは、「知らなかった」を無くし、ユーザーが抱える未知によるリスクを大幅に減らすことができるはずである。

そして、フランジ締結部における漏えい原因の多くを占める「施工不良」のうち「ボルト締付け」のパートに当社の製品やサービスを加えることで、机上では得られない経験値を深め、設計者から作業者に至るまでに有益な情報提供ができることを目標に、「シールの選択からボルト締付けの完了」までをトータルサポートができる体制を共同で築いていきたい。

5. 参考文献

1）配管技術誌：2017.11月号　菊池　務・近藤康治
『フランジ・ボルト締付管理規格』
2）フランジ継手締付方法，JIS B 2251（2008）
3）フランジ・ボルト締付管理基準，JPI-8R-15-2013
4）村松 晃：バルカー技術誌：No.33, 15-18（2017）

北原 真一
トルクシステム株式会社
代表取締役

H&Sデモカーのご紹介

1. デモカーリニューアル

当社が目指すH&S企業は、顧客価値の最大化を提供することを基本方針とするもので、シール製品（ハード）だけではなく、シールエンジニアリング全般を提供することを目指すものである。

その一環として、体験型シール施工教育センターである、シールトレーニングセンター（STC）を2014年から開設している。またその価値訴求と有効性の浸透を図るべく、2015年から、STC講習設備の一部を搭載し、顧客構内で簡易体験デモを行う“STCデモカー”の運行を開始した。

こうした取り組みは多くの顧客からも受け入れられ、プラントオーナーやエンジニアリング関係者などからも高い評価をいただいている。STC講習も年々増加傾向にあり、幸甚の至りである。

STCデモカーは2年間の活動の中でSTCの価値訴求という目的を果たしたものと考え、より多様なH&Sサービス・パッケージの宣伝・訴求力を向上させるべく、“H&Sデモカー”として全面リニューアルし、2017年秋より運行を開始した。

Figure1　H&Sデモカー

2. コンセプト

“H&Sデモカー”は、STC講習への誘引にとどまらず、シールエンジニアリングを中心とした当社のH&Sソリューション領域において新たに開発・取扱いを開始したサービス・パッケージの一部を搭載し、デモ実演並びに顧客の体験機会を提供することで、視覚的体感的に価値訴求を行うことを基本コンセプトとした。

また、全面リニューアルを行うことで、過去に運行、デモを行った顧客に対しても、新たな“H&Sのサービス・パッケージ”に関する価値訴求を可能とした。

3. 搭載設備概要

3-1）モバイルシールトレーニングシステム（MSTS）

モバイルシールトレーニングシステム（MSTS）はSTC講習設備を移動・組立式設備とすることにより、現地にて現場作業者の方々を対象としたシールトレーニングを、顧客自身が講師となって実施いただけるよう、設備及び講師育成を一体としたサービス・パッケージである。

デモカーには特に訴求力の高い“フランジ締付け実習設備”及びトルク感覚実習設備”を搭載し、トレーニング体験の機会を提供する。

Figure2　モバイルシールトレーニングシステム（MSTS）

3-2）フランジ・ソリューション・ツール

シールを確実に行うには、適切なシール選定はもちろんのこと、適切な施工管理が重要となる。配管フランジ同士が適切

な位置関係にない場合の修正作業は危険を伴ううえ、多くの作業人員と時間を要する。当社ではこれら作業を安全かつ効率的に行えるフランジ・ソリューション・ツールの提供を開始している。

デモカーには大型のデモ・フランジ・ユニットを搭載し、フランジのずれ（アライメント）調整などのデモ実演を行うとともに、油圧レンチやボルトテンショナーなどのボルト締結工具の実物展示も行っている。

Figure3　フランジ・ソリューション・ツール

3-3）防錆施工サービス

各種プラント、船舶などは流通面を考慮して、主として国内沿岸地に立地・運用されている。沿岸部では流通の利便性が優れている反面、プラントや船舶を構成する機器・配管には、塩害（設備の錆び）が課題となっている。

これに対し、防錆塗装が主として適用されているが、寿命・施工工期・スマート化など種々の課題を抱えており、新しい防錆技術が要望されている。

一般的に使用される防錆塗料は、接着性に乏しく設備と塗料の間に生じる間隙をきっかけに剥離が発生し、2～3年に一度の再施工が必要となる。また、再施工に当っては、劣化塗膜を剥離させることを目的としたケレン作業が必要となるため、可燃を嫌うプラントなどでは操業停止時の限られた時間で施工する必要性があるが、乾燥工程含め、多大な工数を要する。

以下の特性を有した特殊防錆樹脂材料を用いた防錆管理サービスにより、これらの課題を解決できる。

① 長期防食性
- 樹脂内部より滲出する油分により、酸素・水分を遮断
- 滲出期間が長期にわたるため、持続性に期待できる

② 運転中の施工が可能
- 一般塗装と比較し、工具を使ったケレン作業が不要
- 接合部などケレンができない（塗装ができない）部位に対しても施工が可能

③ 施工後の作業性に優れる
- カッター切断が可能なため、開放検査が簡便

デモカーでは、“特殊防錆施工ユニットを搭載し、特殊防錆樹脂塗工の実演を行い、一般塗装との差別化を訴求する。

Figure4　特殊防錆施工ユニット

Figure5　防錆施工例

4. おわりに

H&Sソリューションの宣伝・訴求力向上を目的とした“H&Sデモカー”を紹介した。搭載内容については顧客ニーズに対して、新たに開発、取扱い状況に応じて、順次改訂していくことも想定している。

顧客のお役立ちを求めて、日本全国を運行していく予定である。

野々垣 肇
H&S 事業本部

改良版シールペースト

1. はじめに

シールペーストはガスケットに塗布して使用することで、フランジ表面の傷を埋め、シール性向上に効果があるため、古くからガスケット締結体に用いられてきた。

従来のシールペーストでも性能に問題なかったが、使用者に対する安全や環境に対しての社会的要求が高まって来たため、改良版シールペーストを開発した。

2. 製品概要

改良版シールペーストは、特殊な不乾性油質の接合剤に無機充填剤と少量の溶剤を配合した薄茶色のペーストである。

従来品シールペーストから配合を変更し、発がん性物質を含まなくなった。更に消防法の分類が非危険物となり、安全・環境に配慮した製品に改良した。

Figure 1　改良版シールペースト

3. 特徴

① 発がん性を有する結晶性シリカや、有害性の高いジクロロメタン、トルエンなどの有機溶剤を含まない安全・環境に配慮した製品である。

② 引火点の高い溶剤を使用することで、非危険物（※指定可燃物　可燃性固体類）に分類される。

③ 従来品シールペーストと同等の性能を有する。ガスケットに塗布して使用することでシール補助剤として用いられ、フランジの防食効果、ガスケットのフランジへの固着防止などの効果がある。

④ フタにハケが付いており、ガスケットなどへ塗布が容易である。

※指定可燃物　可燃性固体類：火災が発生した場合にその拡大が速やかであり、または消火の活動が著しく困難となるものを指す。石油アスファルトなどが該当し、定める数量（3000kg）以上の場合、指定可燃物　可燃性固体類に分類されるが、3000kg未満の使用・保管の場合、非危険物に分類さる。

4. 適用流体

水、空気、ガソリン、灯油、潤滑油、天然ガス、LPG、冷水、硫化水素に適用可能である。

また、エチレン、ブタン、エタンなどの炭化水素を取り扱う場合で、特にステンレス鋼製フランジ表面に隙間腐食の発生を防ぐ用途でも使用可能である。

5. 使用温度範囲

－50～300℃

6. 製品形態

730g　金属缶入り
ハケ付きフタ仕様

7. 性能データ

この性能データは改良版シールペーストと従来品シールペーストが同等の性能であることを示す。

7-1）常温シール性能試験

低面圧で面圧を変動させ、シール性能を評価した結果、面圧7.5MPaで漏れが止まり、シール性能が同等以上であること確認した。

Table1　常温シール性能試験条件

使用ガスケット	No.GF300
ガスケット寸法	JIS　10K　50A　t=1.5mm
流　体	窒素ガス　3.5MPa
ガスケット面圧	5、7.5MPa
使用ペースト	改良版シールペースト 従来品シールペースト
ペースト塗布量	両面で約0.7g

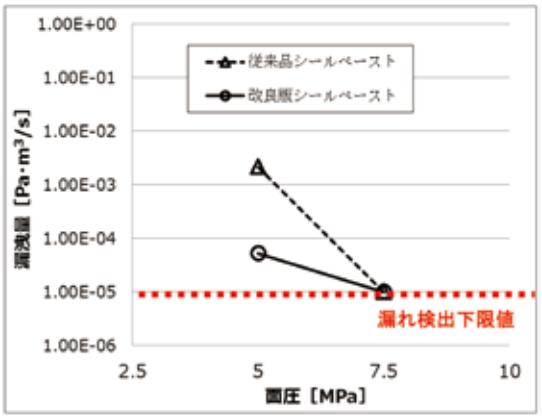


Figure2　常温シール性能試験結果

Table2　圧縮破壊試験条件

使用ガスケット	No.6500
ガスケット寸法	φ100×φ64　t=3mm
ガスケット面圧	70、100MPa
ペースト塗布量	両面で約1.75g

7-2）圧縮破壊試験

シールペーストを塗布したガスケットに70、100MPaの面圧をかけ、圧縮破壊が起こる面圧を測定した。

改良版シールペーストと従来品シールペースト共に70MPaまで異常なく100MPaで圧縮破壊が発生し、同等性能であることを確認した。Figure 3と4は圧縮破壊が起こったガスケットの拡大写真である。

Figure 3　従来品シールペーストの圧縮破壊試験
100MPaで圧縮破壊を確認

Figure 4　改良版シールペーストの圧縮破壊試験
100MPaで圧縮破壊を確認

8. おわりに

社会的な安全や環境に対する要求から、有害物質や危険物への法規制が厳しくなり、顧客からもこれらに配慮した製品のニーズが高まっている。我々はこのニーズに応えるために、これからも使用者に対し安全で環境に配慮した製品の開発を進める所存である。

濱出 真人
研究開発本部
第1商品開発部

多用途ケミカル用グランドパッキン

1. はじめに

これまでケミカル用グランドパッキンとして耐熱、耐薬品性を有する炭素繊維系の製品が多く使用されてきた。しかしながら、単一製品では用途・使用条件によりパッキンを使い分ける必要があった。このため複数のパッキンを在庫品から使用した場合、取り違いによるパッキンの誤使用によりプラントの稼働に損失を与える可能性が考えられ、安全性にも係わるリスクが潜んでいた。

今回新たに提供する製品はこれまでと同様に炭素繊維を基材としたパッキンでありながら、耐熱、耐圧、耐薬品性は変わらず、各使用用途において使い分ける必要がなく単一製品で幅広い条件において使用可能ある。そのためプラントの安定稼働、安全性を向上するとともに、在庫削減に貢献できる。

2. 構成

No.6137シリーズは、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グランドパッキンを基本に、オイルの有無の選択ができ、用途に応じてNo.6137、No.6137-O、No.6137-SOの3種類を使い分けることができる。

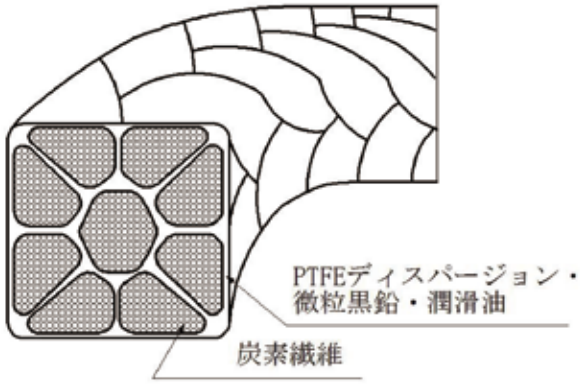


Figure1　No.6137シリーズ構成概念図

Figure2　No.6137シリーズ外観

3. 特徴

① バルブ・ポンプ・機器用途などの幅広い用途に使用できる。
② 耐薬品性の優れた炭素繊維とPTFEディスパージョンを主材としており、強酸化性流体を除くほとんどの流体に使用できる。
③ 幅広い用途に使用できるため、コストパフォーマンス（在庫量の削減）に優れる。

4. 用途

・シリーズ共通
ケミカル流体などを取扱うバルブ・ポンプ・機器の軸封用パッキン（濃硫酸、濃硝酸などの酸化性酸・酸化剤は除く）。

・No.6137　：バルブや機器などで、禁油指定や潤滑油の混入を嫌う用途、潤滑油の減少によるパッキンの緩和や緩みを抑えたい用途。
・No.6137-O：低トルク性やガスシール性を要求されるバルブや機器用途、渦巻巻ポンプなどの高速回転ポンプ用途。No.6232, No.6262の代替（品番統合による在庫低減）。

・No.6137-SO ：低トルク性やガスシール性を要求される機器で、No.6137-Oよりも高温渦巻ポンプなどの高速回転ポンプ用途。

5. 製品使用範囲

Table1　製品仕様

用　途	バルブ	ポンプ	機器
最高使用温度	260 ℃		
最高使用圧力	15.5 MPa	1.6MPa	9.8MPa
ANSIレーティング	Class 900	—	—
最高使用速度	—	20m/s(1)	5m/s(1)
許容PV値	—	14.7MPa·m/s(1)	—
pH範囲	0～14		

注(1) 最高使用速度・許容PV値はNo.6137-O及びNo.6137-SOが対象。

6. 製品仕様

呼び寸法：□3.0 mm～□25.0 mm
包装単位：3m(リング成型品も製作可能)

7. 機能試験結果

7-1)基礎特性評価

基礎特性試験はバルブ用途、グランドパッキンに関する圧縮ひずみ特性、摺動特性、シール特性を評価する。

＜試験条件＞

Table2　試験条件

供試パッキン	No.6137-O, No.6232(1)
試験装置	Figure3　基礎特性試験概念図参照
パッキン寸法	φ20×φ33×6.5H
パッキン数	6リング
軸半径隙間	0.5mm
締付面圧	4.9～58.8 MPa
流　　体	窒素ガス
流体圧力	1.0～9.8 MPa

注(1) No.6232はバルブ、往復動機器用途品である。

＜試験方法概要＞

① 試験治具に供試パッキンを装着する。
② 圧縮試験機により、所定面圧にてパッキンを締め付ける。
③ パッキン高さ、軸トルクを測定する。
④ 流体圧を負荷し、漏れ量を測定する。
⑤ 段階的に締付面圧を上げ、②～④を繰り返し行う。

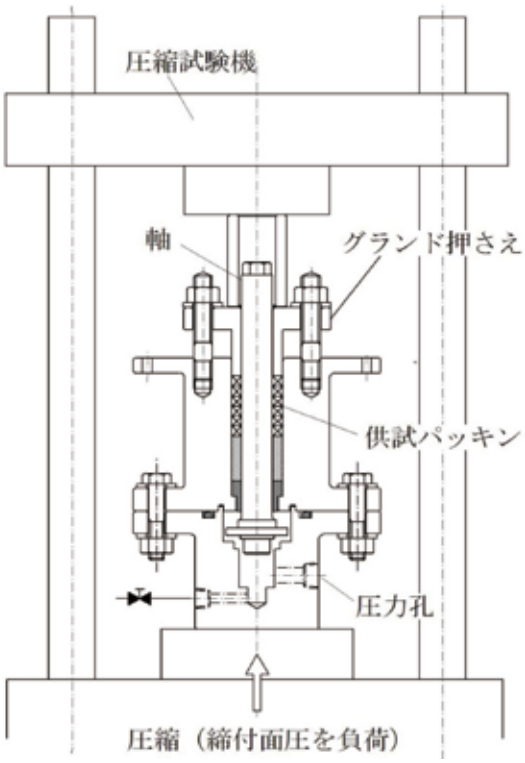


Figure3　基礎特性試験概念図

＜試験結果＞

Figure4からFigure7に基礎特性評価結果を示す。

既存品No.6232と比較し、圧縮率は若干低下、摺動特性である軸抵抗は低減し、性能は向上している。また、シール性は同等の結果となった。

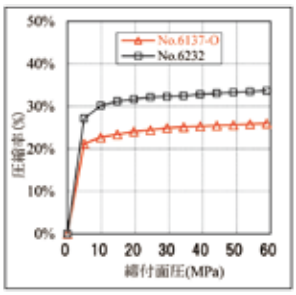


Figure4　圧縮特性

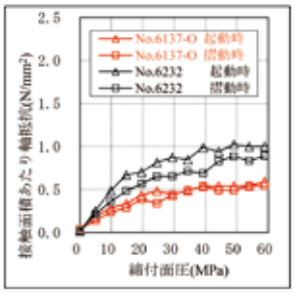


Figure5　摺動特性

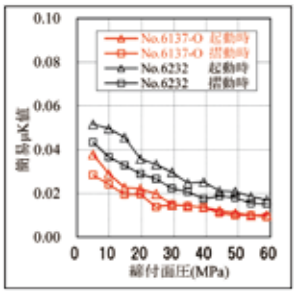


Figure6　摺動特性(μk値)

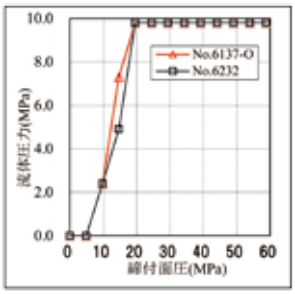


Figure7　シール特性

7-2）往復動耐久試験

往復動耐久試験評価はバルブ用途のグランドパッキン往復作動に関する摺動抵抗特性及びシール特性を評価する。

Table3　試験条件

供試パッキン	No.6137-0, No.6232[(1)]
試験装置	Figure9　往復動耐久試験装置概念図参照
パッキン寸法	φ20×φ33×6.5[H]
パッキン数	8リング (2リング゛＋ランタンリング＋6リング)×2
パッキン組合せ	
流　　体	水及び加熱水
試験温度	260℃
軸半径隙間	0.7mm（内径φ21.4）
摺動回数	1000往復×3サイクル（計3000往復）
締付面圧	初期締付面圧：39.2 MPa 増締め面圧　：39.2 MPa
軸作動条件	軸ストローク：50 mm 軸速度　　：25 mm/sec 軸停止　　：1 sec
流体圧力	加熱時　　：10.2 MPa 常温耐圧時：11.0 MPa

注（1）No.6232はバルブ、往復動機器用途品である。

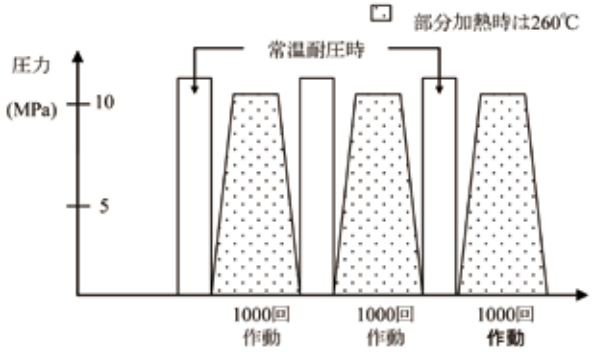


Figure8　試験サイクル概略図

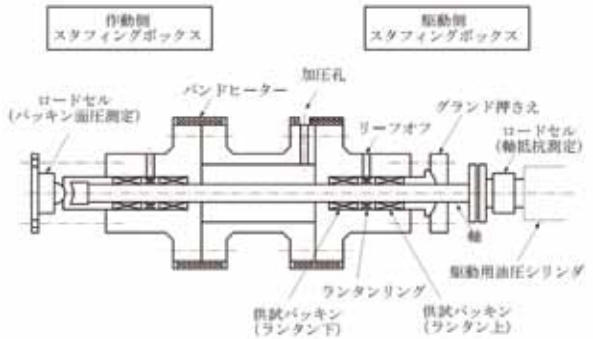


Figure9　往復動耐久試験装置概念図

＜試験結果＞

Figure10に往復動耐久試験結果を示す。

既存品No.6232と比較し、摺動特性である軸抵抗は低減し性能は向上している。また、シール性は同等の結果となった。

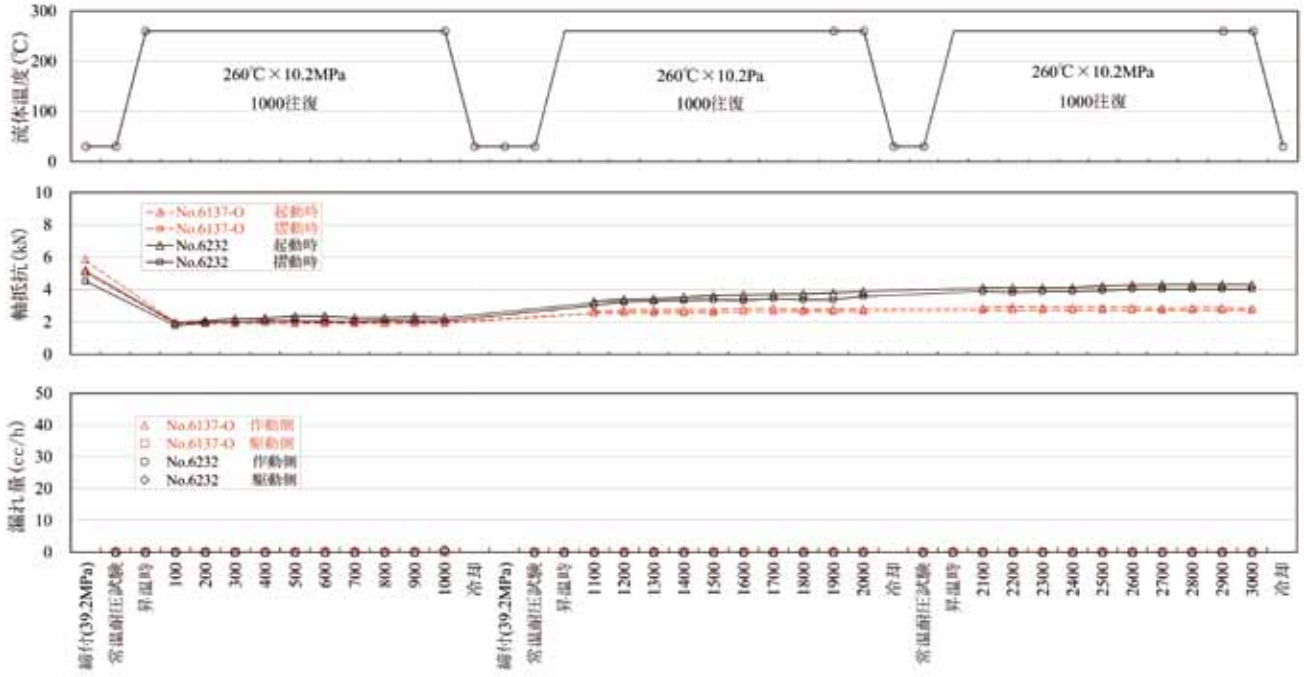


Figure10　往復動耐久試験結果

7-3）大口径耐圧試験

大口径耐圧試験はグランドパッキンの耐圧性を評価する。

Table4　試験条件

供試パッキン	No.6137-0
試験装置	Figure11　大口径耐圧試験装置概念図参照
パッキン寸法	φ80×φ112×16.0^{H}
パッキン数	6リング
軸半径隙間	1.2mm（内径φ82.3）
締付面圧	39.2 MPa
温　　度	常温
流　　体	水
流体圧力	15.5MPa , 19.4MPa , 23.3MPa （最大　ANSI Class 900×1.5）

＜試験方法概要＞

① 試験治具に供試パッキンを装着する。
② トルクレンチを用い、所定の締付面圧により供試パッキンを締め付ける。
③ 水圧ブースターにより所定の流体圧を負荷する。
④ 30分間圧力を保持した後、吹き抜け及び漏れがないか確認する。
⑤ 段階的に流体圧を上げ、④の確認を繰り返し行う。

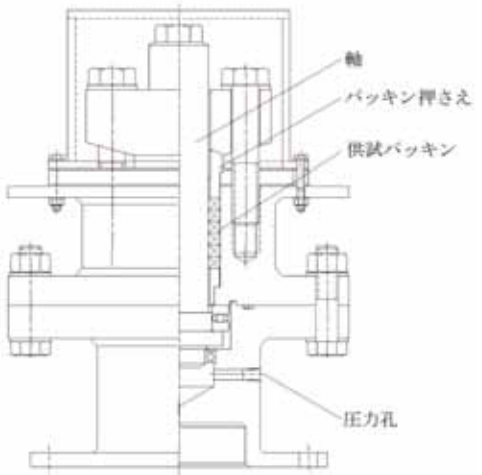


Figure11　大口径耐圧試験装置概念図

＜試験結果＞

Table5に大口径耐圧試験結果を示す。

既存品No.6232のANSI Class600 より耐圧性が向上し、ANSI Class900まで使用可能である。

Table5　大口径耐圧試験結果

流体圧力（MPa）	19.4	23.3
ANSIレーティング	Class 900 × 1.25	Class 900 × 1.5
吹き抜け	なし	なし
漏　れ	なし	なし

7-4）実機ポンプによる長期インバーター耐久性能

インバーター耐久試験は、実機ポンプをインバーターにより、回転ポンプモーター回転数を60Hzと30Hzに交互切り替え周速と吐出圧を変化させることにより、定常運転より過酷な状況下で漏れ量、軸トルクの特性を評価する。

Table6　試験条件

試験装置	Figure13　長期インバーター耐久試験装置概念図参照	
供試パッキン	No.6137-0, No.6262[(1)]	
パッキン寸法	φ35×φ51×8^{H}（4リング）	
流　　体	水	
温　　度	成り行き	
押し込み圧力	0.5MPa	
試験周波数	60Hz	30Hz
回転数	1800rpm	900rpm
周　　速	3.30m／s	1.65m／s
吐出圧力	0.8MPa	0.6MPa
PV値	2.64MPa・m／s	0.99 MPa・m／s

注（1）No.6262は回転ポンプ、回転機器用途品である。

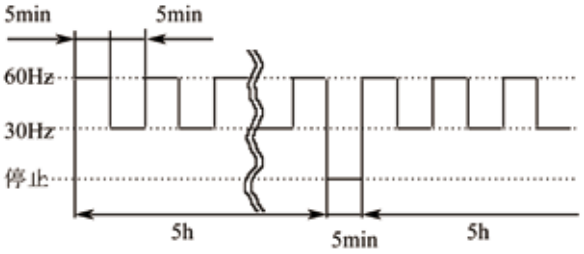


Figure12　インバーター作動サイクル

試験使用ポンプ：汎用片吸込み渦巻きポンプ
モーター　　：4相200V（60Hz）　4極5.5kW
ポンプ口径：65×50

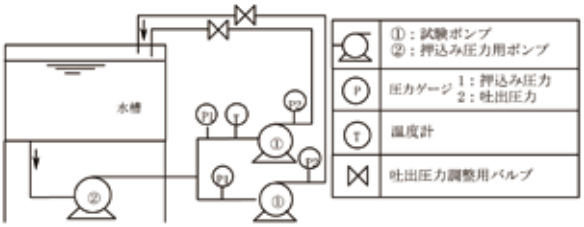


Figure13　長期インバーター耐久試験装置概念図

＜試験結果＞

Table7及びFigure14にインバーター試験結果を示す。

実機回転ポンプのインバーター運転による圧力変動、周速変動を与えた試験に対して安定しており、既存品No.6262と比較して漏れ量、摺動抵抗共に同等の結果となった。

Table7　インバーター試験シール試験結果

運転時間		約1000時間			
流体温度[(1)]		成り行き			
供試パッキン		No.6137-0		No.6262[(3)]	
周波数		60Hz	30Hz	60Hz	30Hz
漏れ量[(2)]（cc/min）	最小値	6	6	9	9
	最大値	18	15	90	90
	平均値	14	13	26	26

注（1）流体温度はパッキンの摩擦熱及び配管抵抗により変動する。
（2）インバーター作動直後の漏れ量
（3）試験結果には、慣らし運転及び初期調整の時間は含まない。

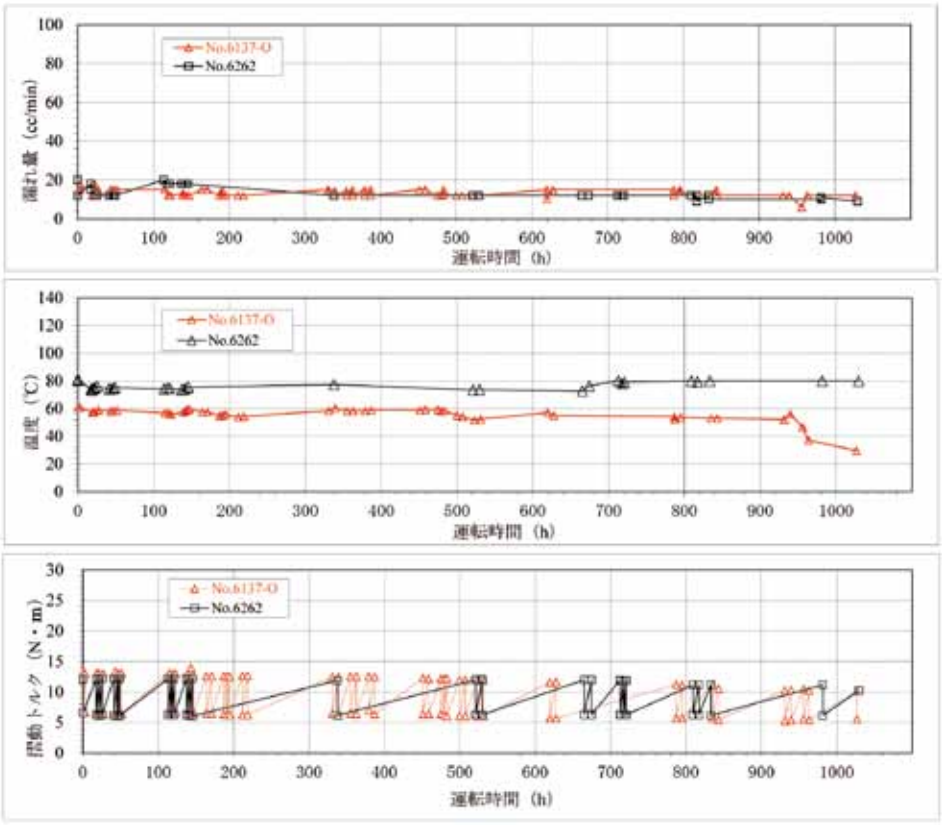


Figure14 インバーター試験結果

8. おわりに

今回紹介した製品は、用途に応じた使い分けの必要がなく、製品の在庫管理の効率化、製品の取り違いによるリスク低減を図れるものと考えている。

これからもユーザー各位の多様なニーズに応える新たなる新製品開発に注力していく所存である。

須川 修司
研究開発本部
第1商品開発部

濱出 真人
研究開発本部
第1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.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　ガスケット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　吏一

No.32 Spring 2017

【創業90周年特集】

●ご　挨　拶　代表取締役社長　兼　CEO　瀧澤　利一

●創業 90 周年特集号の発行によせて　常務執行役員　研究開発本部長　青木　睦郎

● 90 周年特集号発刊にあたって　バルカーテクノロジーニュース創業 90 周年特集編集委員会

●バルカーの技術と顧客価値の変遷　シニアフェロー　西田　隆仁

●寄　　稿　日本バルカ-工業創業 90 周年特集号に寄せて　広島大学名誉教授　澤　俊行

進化するガスケット及びシーリング技術　沼津工業高等専門学校　機械工学科　小林　隆志

バルカー創業 90 周年おめでとうございます　日本バルカー工業株式会社 元取締役技術本部長　岩根　孝夫

バルカーテクノロジーニュース 90 周年特集号の発刊によせて
日本バルカー工業株式会社 元常務取締役（技術・事業開発担当）　森　嘉昭

CTO 時代の思い出　日本バルカー工業株式会社 元 CTO　黒田　博之

●技 術 論 文　PTFE に充填材を添加した材料の種類と用途の紹介
研究開発本部　開発部　機能樹脂製品開発グループ　和田 陽一郎

PTFE 加工品の精度と成型品の方向性の解説
研究開発本部　開発部　機能樹脂製品開発グループ　樹脂第3チーム　川井　成子
研究開発本部　開発部　機能樹脂製品開発グループ　樹脂第3チーム　太田　伸幸

シール・クイック・サーチャー（SQS）の紹介と活用方法（ガスケット編）
営業本部　テクニカルソリューショングループ　江西　俊彦

シリンダ用ピストンシールシステムの鳴きトラブルの原因と解決方法　研究開発本部　開発部　高橋　謙一

Oリングの固着トラブル要因と解決法　研究開発本部　開発部　岡﨑　雅則

PTFE 系ガスケット付きボルトフランジ締結体の高温・長期特性評価　研究開発本部　開発部　佐藤　広嗣

●技 術 年 表

No.31 Summer 2016

【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

●解　　説　カスタマー・ソリューションと評価技術　研究開発本部　開発部　部長　池田　隆治

●技 術 論 文　ガスケットの締付けトラブルとその対策　研究開発本部　開発部　藤原　隆寛

大口径グランドパッキンの装着トラブル事例と装着指針　研究開発本部　開発部　濱出　真人

高圧ガス、高揮発性液体によるブリスタートラブルの原因と解決方法　研究開発本部　開発部　圖師　浩文

O-リングの転動トラブル要因と解決法　研究開発本部　開発部　西　亮輔

ライニング配管トラブル事例　研究開発本部　開発部　機能樹脂製品開発グループ　樹脂第1チーム　沓澤　義文

PTFE線膨張係数解説　研究開発本部　開発部　機能樹脂製品開発グループ　樹脂第3チーム　太田　伸幸

●寄　　稿　一般産業機械用油圧シリンダの特徴と使用されるシールシステムのトラブル、MRO 市場への対応
㈱TAIYO　油圧機器本部　技術統括部　上田　利典

地球に、そして人にやさしいモノづくり……

現代ガスケット概論

定価3,000円＋税

近年の様々な環境規制に伴い、ガスケットの種類及びその材料は大きく変容し、ボルト締めフランジ継手の設計基準にも大きな動きが見られます。

そうした技術的情況を受け、JIS B 0116 “パッキン及びガスケット用語”も37年ぶりに全面改正されました。

このほど当社が刊行いたしました“現代ガスケット概論”は、JIS用語規格改正に至った技術的背景をたどるとともに、ガスケットとボルト締めフランジ継手の技術的基礎を分かり易く説明した初めての“ガスケット解説書”と言えるもので、ガスケットにかかわる多くの方々の参考になると信じております。

著者：日本バルカー工業株式会社
シニアフェロー　西田隆仁
（にしだ・たかひと）

バルカー®
日本バルカー工業株式會社

〒141-6024　東京都品川区大崎2-1-1　ThinkPark Tower 24F
お問い合わせ先：総務部　Email：sr@valqua.co.jp
TEL.03(5434)7370　FAX.03(5436)0560

日本バルカー工業株式會社

■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	☎(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	☎(090)2502-6125	Fax.(097)555-9340

VALQUA TECHNOLOGY NEWS

冬号 No.34
Winter 2018

発行日・・・2018年 1 月25日
編集発行・・日本バルカー工業株式会社
〒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

■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。