

Valqua Technology News

バルカー 技術誌

2017年 夏号 90th
No.33 Summer 2017 ANNIVERSARY
SINCE 1927

【カスタマー・ソリューション特集】

- ご挨拶 1
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 2
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
- 技術論文
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 .. 4
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
- 技術論文
ガスケット装着時のトラブルとその対策 9
営業本部 テクニカルソリューショングループ
秋山 聡
- 技術論文
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) ... 12
研究開発本部 開発部
上田 彰
- 技術論文
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 ... 15
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 19
三菱ケミカル株式会社 水島事業所 設備技術部 機械2グループ
森本 史一
- テクノロジーニュース 直近のバックナンバー 22



日本バルカー工業株式会社

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



ご挨拶



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。

世界の環境激変下、今年は当社グループの第7次中期経営計画“NV・S7”の最終年度でもあり、次の中期経営計画に向けた大きな節目の年でもあります。企業理念『THE VALQUA WAY』のもと、『H&S』すなわちH（ハード=製品）とS（シールエンジニアリング・サービス）を通じて『顧客価値の最大化』、『顧客感動の提供』の実現を目指した施策を実行するとともに、柔軟な発想、俊敏な対応、グローバルリスクマネジメントにより次なる100周年に向けた成長の基盤づくりも図ってまいりますのでご期待いただきたくお願い申し上げます。

当社の技術情報誌は1957年に『バルカーレビュー』第一号が創刊されてから60年を迎えました。2001年に『Valqua Technology News』へとリニューアルされてからは本誌で33号になります。

さて、今回の『Valqua Technology News』は、前号、前々号に引き続き、お客さまへの問題解決を目的とした内容となっておりますが、特に『安心・安全』の観点で腐食や漏れといったトラブルを未然に防止するためのソリューション特集としております。

ガasketについて『トラブル事例とその対策』の一部をご紹介します。エラストマー系シールに関しては、シール材の選定サービス『Seal Quick Searcherエラストマー編』のご紹介、シール施工を体験・学習頂ける『シールトレーニングセンター（STC）』をご紹介します。

当社が長年にわたり蓄積した知見や評価・分析結果をもとにした内容となっておりますので、トラブルリスクの排除・事前対策に是非ご活用いただきたくお願い申し上げます。

当社では、今後とも皆さまのニーズに密着した新製品開発、独自技術開発、新サービス開発を行ってまいります。本誌では、これら当社の技術開発活動にご理解を深めて頂くための良い機会になれるよう、また読者の皆さまにおかれましては有用な情報を多く得ることができる機会となるよう、より一層努めてまいりますので今後ともお引き立て下さい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

ガスケットの使用条件不適合とその対策

1. はじめに

ガスケットの耐食性とは、酸やアルカリなど腐食性流体に耐えることを指すことも当然であるが、特定の流体にて起こりうる事象に関しての対応を指す場合がある。その事象への対応という目的を達するためには、シール材そのものの性能はもとより、シール材の適切な選定及び適切な施工が重要である。本報では、事象の例とその対策について紹介してみたい。

2. トラブルとその対策の例

2-1) 重合性モノマーによる樹脂系ガスケットの花咲現象

ふっ素樹脂ジャケットガスケットNo.N 7030系や充填材入りふっ素樹脂ガスケットNo. 7020、No. 7026、No.GF 300系などでまれに見られる現象として、花咲現象がある。この現象は構成している材料と流体が化学反応することは考えにくく、かつ事象の発生したガスケットの分析で構成材料以外の物質が確認できること及び破損の形態などの結果から、モノマー流体がガスケット内部に浸透することによって、また浸透した流体がガスケット内部で重合反応することによって体積膨張を起こし、ガスケットに破損が発生するという機構で起こると考えられている。

対策としては、流体が浸透・重合しても破壊を起こさないうず巻形ガスケット(No. 7596V)への変更や、より浸透を起

こし難いPTFE単体ガスケットの使用を推奨する。また、締付け不足によって浸透を起こしやすい場合もあり、適切な締付けも対策となる場合も見られる。

2-2) 強酸のN 7030PTFE外被浸透による 中芯ジョイントシートの化学劣化

PTFE包みガスケットは、ジョイントシートなどに比べ、PTFEの外被があるため耐薬品的に優位である。しかし、PTFEにも浸透性があるため、長年の使用により特に塩酸などの流体が中芯に浸透し、中芯が影響を受けることはまれに見られる現象である。このような場合、PTFE外被の内側や中芯の内径側に流体が析出している、変色などの浸透痕が見られる、中芯内径側の分析で流体成分が検出されるなどの事象が観測される。対策として、PTFEジャケットの内面側の厚さを厚くすることや、ガスケット材の変更(一例としてPTFE系ガスケットNo.MF 300やPTFEフィルターうず巻形ガスケットの使用)を推奨する。

2-3) 推奨温度以上の条件で使用したことによる 膨張黒鉛の酸化消失

膨張黒鉛は耐薬品性に優れる、クリープ緩和が小さいなど、シール材として適する面がある一方で、通常450℃以上になると大気中の酸素との結合反応により、一酸化炭素や二酸化炭素などへ変化することでガス化し消失現象を起こす。よって、構成材料そのものであり、より顕著な影響を表す黒鉛シートガスケットNo.VF-30、No.VF-35Eにおいて400℃、膨張黒鉛フィルターうず巻形ガスケットNo. 6590シリーズなどは構造上有利なものでも450℃が推奨範囲となっている。推奨範囲を超えた温度で使用した場合、比較的短期間でも構成材料を消失したことによる漏えいが見られる。うず巻形ガスケットの場合ではノンアスフィラーやマイカフィラーを内外周に配置することで、酸素との接触が阻害されて酸化減量が抑えられ、450℃以上でもシール機能を保つことができる。なお、ノンアスフィラーは高温で有機成分が消失するが



Figure1 樹脂系ガスケット花咲現象の例

(無機成分は通常変化しない)、フープ間に留まっていれば膨張黒鉛フィラーに対する酸素遮蔽効果は維持できているのが通例である。



Figure2 うず巻形ガスケット酸化消失の例

2-4) 熱媒油のガスケット浸透による漏れ

熱媒体として使用される油脂類は、一般的に効率向上のため粘度を低くし流れやすくしている。その結果、ガスケット類への浸透も起こしやすい結果となり、膨張黒鉛自体は熱の変化による体積変化などが少なく、安定した適性の高い材料ではあるが、比較的耐浸透性に劣り、シートガスケットなどにおいて浸透漏えいを起こす場合がある。

対策として、耐浸透性はガスケットの圧縮による密度上昇によって高まることから、より大きな適正締付力の負荷によって対応可能である場合や、より確実にシールするには、膨張黒鉛フィラーうず巻形ガスケットNo. 6590シリーズなどへの変更が推奨される。

2-5) ジョイントシートを溶剤(酸・アルカリ)ラインに使用したことによるガスケットの化学劣化

ガスケットを耐性の無い流体に使用した場合、消失、構成材料の一部溶解による脆化・軟化、それらに伴う締付け応力の低下などが見られ、これらは使用済み製品の分析で容易に判別できる事象である。これらの問題が発生した場合、一般的には原型を留めないほどの破損を起こしている場合

が多く、特に危険であるといえる。

対策としては、流体に対して耐性の高いガスケット(No.UF 300など)への変更を推奨する。

2-6) スラリー流体による軟質ガスケットのエロージョン

外観状態は大きく破損しているが、締付けには問題が見られない、使用後製品の分析から流体や熱による化学的な劣化も見られないという場合には、非常にまれなことではあるが物理的な破損であると推定され、高速の粉体がガスケットに衝突したことで、物理的な作用による侵食(エロージョン)が生じたものと考えられる。エロージョンは流体の性状や流路の構造によって発生の有無が大きく影響されるが、スラリーなど微小粒子を含む流体で多く見られる。

対策としては、侵食に耐えうる強度を持った構成材料を管内側に配置すること、具体的には内輪付きうず巻形ガスケットの変更やグロメット加工の追加などが有効となる。



Figure3 軟質ガスケットエロージョンの例

3. おわりに

ごく一部ではあるが、ガスケットの耐食性トラブルとその対策について紹介した。シール材の選定・検討に対して、本報が、漏れトラブルをなくし、シールという目的を達するための参考になれば幸いである。



江西 俊彦

海外統括本部 海外テクニカルソリューショングループ

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

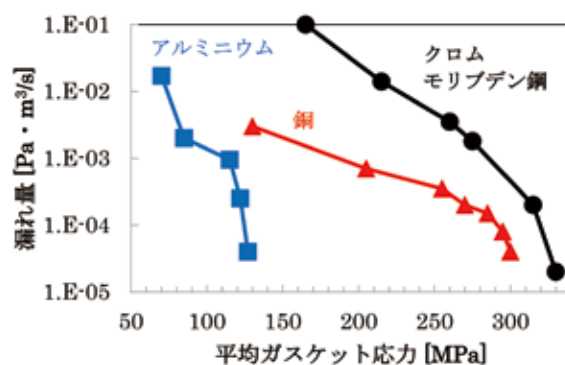
1. はじめに

金属平形ガスケット及びリングジョイントガスケットなどの金属ガスケットは石油精製、石油化学、発電プラントなどの高温高压条件下のフランジ締結体で広く使用されるが、しばしば締結部から内部流体の漏れが生じることが問題となっている。これは締結体の力学特性とボルト締付け法が十分解明されていないためと推測される。ジョイントシートガスケット、PTFEガスケット、うず巻形ガスケットなどのソフトガスケット、セミメタリックガスケット単体及び締結体に用いられた時の特性についてはASME（アメリカ機械学会）、HPI（日本高压力技術協会）、大学やメーカーで多くの研究が行われている。しかしながら、金属ガスケット付きフランジ締結体に関する研究はほとんど行われておらず、その挙動は明確になっていなかった^{1), 2)}。

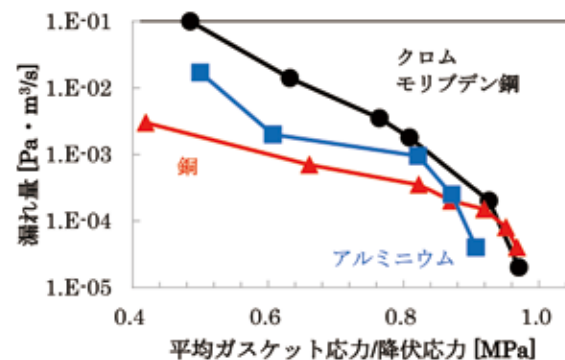
これまで、近藤らの研究によって金属平形ガスケット単体のシール特性はガスケット表面に塑性変形が生じることによってシール性が大きく向上することが明らかになっている^{3)~7)}。Figure1 (a)はクロムモリブデン鋼、銅、アルミニウムの金属平形ガスケットの漏れ量と平均ガスケット応力の関係を示す。同じガスケット応力の場合、材料のヤング率及び表面硬度の低い順にシール性が優れていることが分かる。更に、各材料の降伏応力に対する平均応力の割合で整理した場合、Figure1 (b)に示されるようにその値が1.0付近で急激に漏れ量が小さくなっていることがわかる。このように、金属ガスケットのシール性にはガスケット材料の降伏応力が大きく影響していることが明らかにされている。しかしながら、これまでの研究では評価装置の測定能力上、 $1 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ レベルでしか漏れ評価ができていない。

本研究では、金属ガスケットの基礎研究として、金属平形ガスケット単体及び締結体に用いた時の微小漏れ特性 ($1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ レベル)を明らかにすることを目的としている。対象となる材料はアルミニウムと銅の2種類、それぞれ3種類の幅寸法とし、剛プラテンを対象に実験と有限要素解

析によって評価する。加えて、ASME/ANSI class300 2inchフランジ締結体を用いた評価も行う。



(a) 漏れ量—平均ガスケット応力関係



(b) 漏れ量—降伏応力に対する平均ガスケット応力割合関係

Figure1 金属平形ガスケットの漏れ特性

2. 実験方法

Figure2は実験で用いたプラテン試験機を示す。万能圧縮試験機(島津製作所製 AUTO GRAPH 500KND)、試験体の金属平形ガスケットを挟み込むプラテン(SUS304製)、ヘリウムガスボンベ、圧力計、漏れ量計測装置及び変位計測機から構成される。漏れ量計測装置は、石けん膜流量計とヘリウムリークディテクター (ULVAC製)を切り替えられるようになっており、漏れ量がおおよそ $1 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下

ではヘリウムリークディテクターを適用する。ガスケットの材質は、アルミニウム (A1050) と銅 (C1020) の2種類、径寸法は $\phi 25 \times \phi 20$ 、 $\phi 30 \times \phi 20$ 、 $\phi 40 \times \phi 20$ の3種類で厚みは全て3mmである。所定の圧縮荷重を負荷した後にヘリウムガス内圧4MPaを負荷し、漏れ量及びガスケット圧縮量変位を計測する。ガスケット圧縮及び復元の試験シーケンスは、アルミニウムではガスケット応力 $0 \rightarrow 180 \rightarrow 0$ MPa、銅ではガスケット応力 $0 \rightarrow 450 \rightarrow 0$ MPaとして段階的に変化させる。

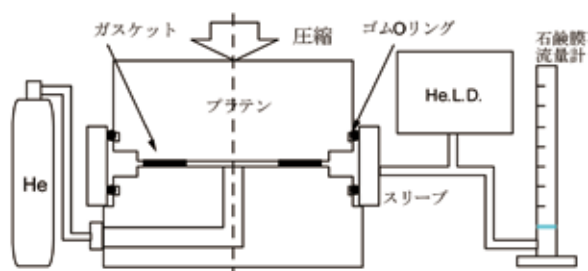


Figure2 プラテン試験装置概要

3. 有限要素解析方法

2項で述べた実験について有限要素解析を用いた評価も行う。有限要素解析には汎用コードABAQUSを用いる。Figure3は有限要素解析で用いた金属平形ガスケット付きプラテン試験装置の三次元モデルである。本来は軸対称モデルでも有効な評価は可能であるが、後述の締結体の場合と同条件にするために三次元モデルとしている。ガスケットは弾塑性要素、フランジは弾性要素でモデリングしている。所定の圧縮力でプラテンを圧縮し、その際のガスケット応力及び圧縮量、相当塑性ひずみを算出する。ここで、相当塑性ひずみ $\bar{\epsilon}^p$ は以下のように定義される。

$$\bar{\epsilon}^p = \int \sqrt{\frac{2}{3} \left\{ (d\epsilon_{xx}^p)^2 + (d\epsilon_{yy}^p)^2 + (d\epsilon_{zz}^p)^2 \right\} + \frac{1}{3} \left\{ (d\gamma_{xy}^p)^2 + (d\gamma_{yz}^p)^2 + (d\gamma_{zx}^p)^2 \right\}}$$

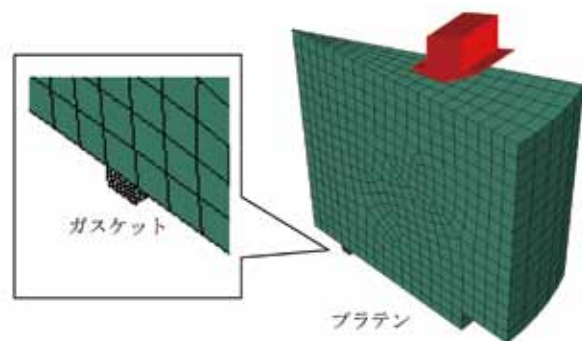


Figure3 プラテン試験に対する有限要素解析モデル

4. 実験及び解析結果

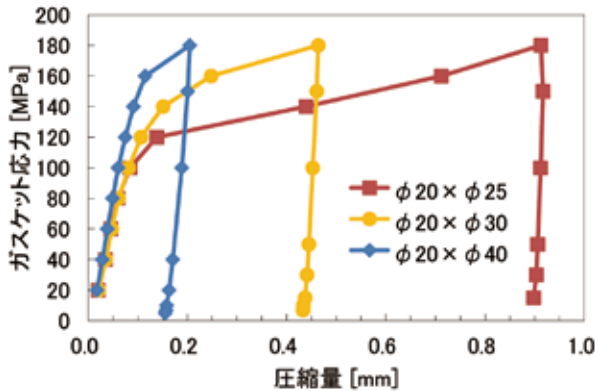
Figure4はプラテン試験から得られたアルミニウム及び銅の平形ガスケットの圧縮試験結果を示す。いずれの材料においても外径が小さいほど(幅が小さいほど)変形量が大きな結果となった。これは、ガスケット形状の影響によるものと考えられる。

Figure5は径寸法 $\phi 20 \times \phi 40$ のアルミニウム平形ガスケットの試験後のガスケット及びプラテン表面の様子を示す。ガスケット表面とフランジ表面の両方に内径側と外径側に変色が見られる。これは、アルミニウムの微細な粉末が残っていたためであり、圧縮によってガスケットがボアソン効果で内外径へ変形し、フランジと擦れたことに起因すると考える。

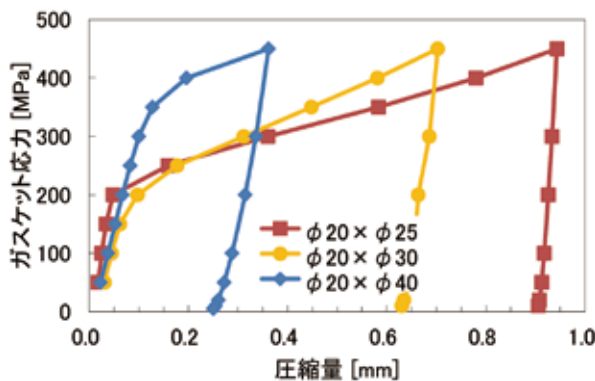
Figure6はプラテン試験から得られた漏れ量と平均ガスケット応力との関係を示す。ヘリウムリークディテクターを用いることによって $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ レベルまでの微小漏れ量測定が可能となっている。アルミニウム及び銅のガスケットのいずれの結果においても、高い平均ガスケット応力を負荷することで漏れ量は減少し、平均ガスケット応力を小さくすることによって漏れ量は増加している。また、アルミニウムでは120MPa程度、銅においては250MPa程度で漏れ量の減少が緩やかになっている。

漏れ量と平均ガスケット応力の関係はガスケット幅が変わっても同様であることから、金属平形ガスケットのシール性は平均ガスケット応力で整理できると言える。除荷過程において、アルミニウムガスケットでは約30MPa、銅ガスケットでは約50MPaで漏れ量が急激に増加している。これは、圧縮過程で得られたフランジ面とガスケット面のなじみが失われたものと考えられる。

Figure7はプラテン試験を再現した有限要素解析の結果である。ガスケット材料はアルミニウム、寸法は $\phi 20 \times \phi 25$ とした場合のガスケット応力分布及び相当塑性ひずみ分布のコンター図を示している。平均ガスケット応力が100MPaから120MPaに増加した際に相当塑性ひずみが急増していることがわかる。この時にガスケットが大きく塑性変形し、フランジ面の微小な凹凸を大きく埋め、シール性が向上していると考えられる。このことから、メタルガスケットが高いシール性を発揮するにはガスケット表面の塑性ひずみが必要と言える。



(a) アルミニウム平形ガスケットの圧縮特性

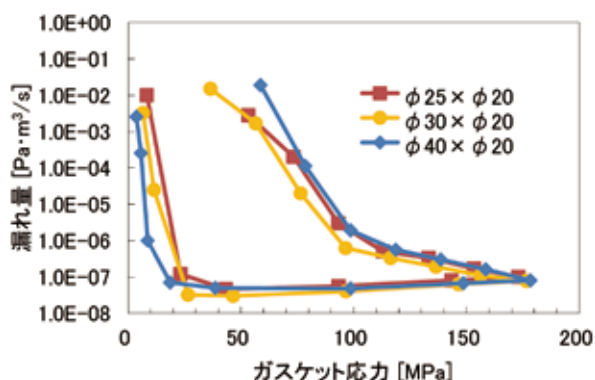


(b) 銅平形ガスケットの圧縮特性

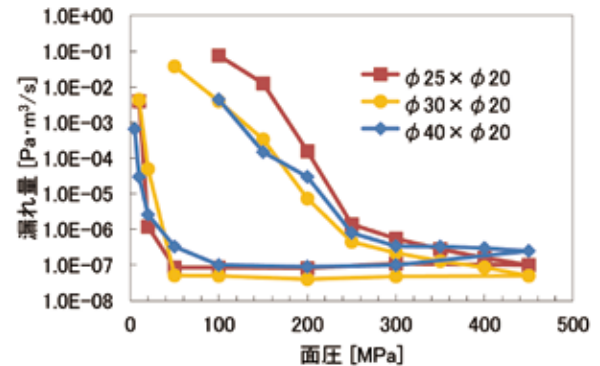
Figure4 金属平形ガスケットの圧縮特性



Figure5 圧縮試験後のガスケットとフランジ面



(a) アルミ平形ガスケットの漏れ量－ガスケット応力関係



(b) 銅平形ガスケットの漏れ量－ガスケット応力関係

Figure6 各寸法における漏れ量とガスケット応力関係

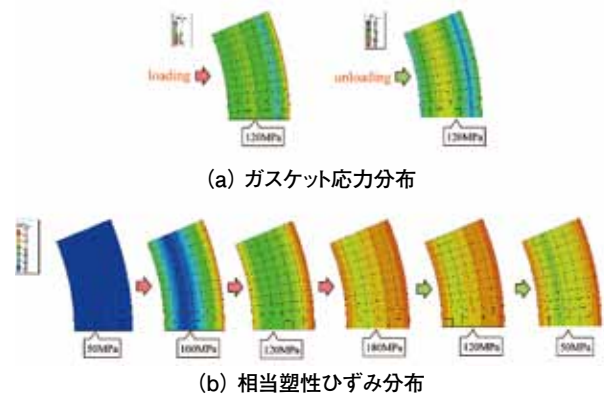


Figure7 有限要素解析から得られた各ステップにおけるガスケット応力と相当塑性ひずみ分布図

5. 金属ガスケット付き 管フランジ締結体の特性評価

ここまでは理想的に均一な圧縮が可能なブラテンを用いた評価を行ってきたが、以降は実際の管フランジ締結体での特性評価を行う。

Figure8は管フランジ締結体試験装置の概略図である。Figure9はその有限要素解析モデルを示す。寸法はASME/ANSI class300 2inchとし、ボルトはM16の8本である。有限要素解析では対称性を考慮して軸方向に1/2、周方向に1/16分割し、全体では1/32モデルとしている。ボルトのz軸対称面に締付けに相当する圧力を与え、ボルト締付けを再現している。実験ではボルト締付けはボルトに貼り付けたひずみゲージによって測定された軸力を指標に行う。連結したポンベより4MPaのヘリウムを封入し、圧力降下法によって漏れ量を測定する。

Figure10はアルミニウム平形ガスケットφ65×φ55を対象とし、ブラテン装置及び管フランジ締結体に組込んだ場合の漏れ量とガスケット応力の関係を示している。管フランジ締結体

では圧力降下法を用いているために微小な漏れ量が測定出来ていないが、おおよそプラテン試験の結果と一致している。ガスケット応力100MPaを負荷した際に著しく漏れ量が小さくなっていることが分かる。この時のガスケット応力及び相当塑性ひずみを、有限要素解析を用いて計算した結果をFigure11に示す。Figure11より、ガスケット応力90MPaでは軽微であった相当塑性ひずみが、100MPaの場合に急激に大きくなっていることが分かる。一様な圧縮ではない管フランジ締結体においても、ガスケットの相当塑性ひずみが増加することで、シール性が著しく向上することが分かった。

これまでの研究では、基準漏れ量を $1 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ とした場合に式(1)を用いた初期ボルト軸力の決定方法検討を行っている⁸⁾。

$$F_{\text{fmin}} = b \times \sigma_{\text{yield}} \times \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) / (N \times 1000) \quad (1)$$

ここで、 F_{fmin} :最低限必要な初期ボルト軸力[N]、 b :金属ガスケットの塑性変形発生に関する係数、 d_2 :ガスケット接触外径[mm]、 d_1 :ガスケット接触内径[mm]、 N :ボルト数[本]とする。

基準漏れ量を $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ とした場合の管フランジ締結体の初期ボルト軸力を検討する。Figure12は上記のASME/ANSI class300 2inch 管フランジ締結体における3種類の寸法のアルミニウム平形ガスケットと銅平形ガスケットの漏れ量-ボルト軸力関係である。実線は実験データ、○、△、□のマークは式1から算出した値を示している。式(1)から得られた値はおおよそ実験データ挙動の延長にあり、式(1)の妥当性が確認できる。このことより、式(1)を用いることによって、適切な初期ボルト軸力の検討が可能と考える。

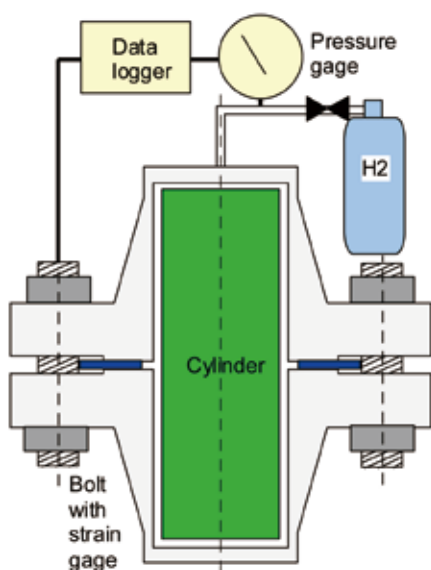


Figure8 管フランジ締結体装置概略図

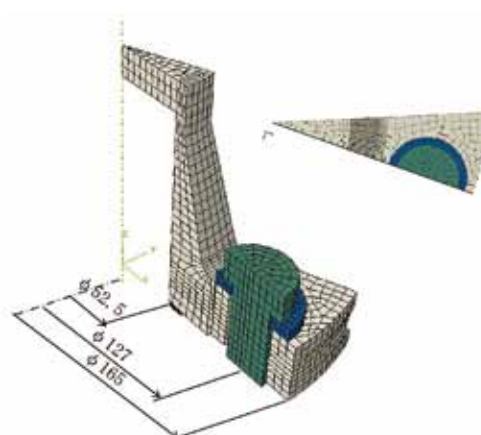


Figure9 金属ガスケット付き管フランジ締結体の有限要素解析モデル

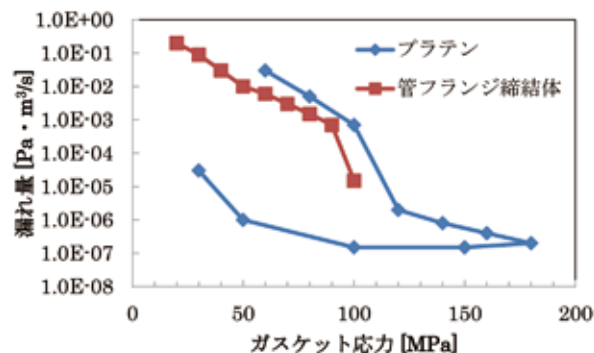


Figure10 プラテン試験結果と管フランジ締結体試験結果の漏れ量の比較

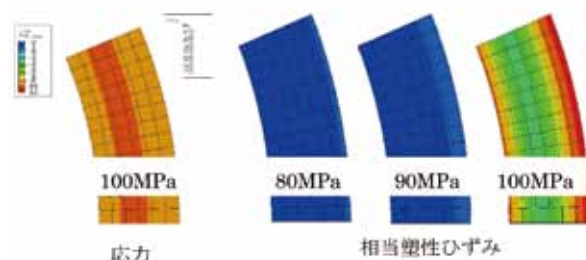
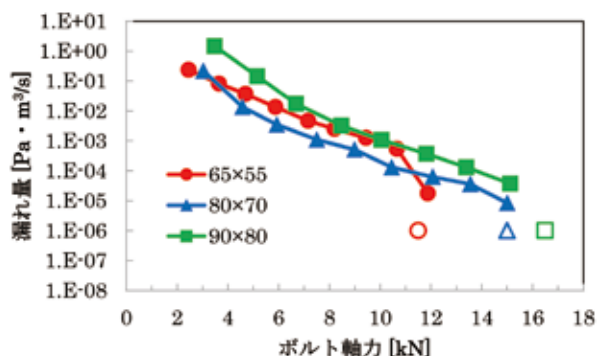
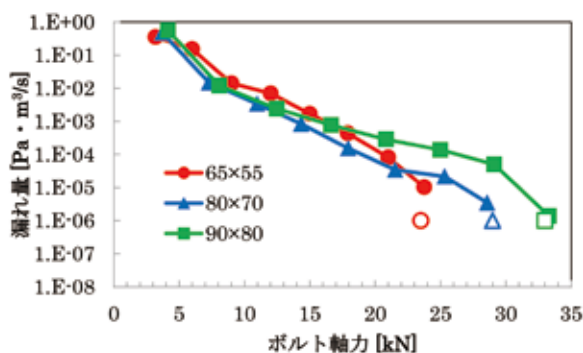


Figure11 管フランジ締結体でのアルミニウム平形ガスケットの応力と相当塑性ひずみ分布図



(a) アルミ平形ガスケット



(b) 銅平形ガスケット

Figure12 管フランジ締結体における漏れ量測定結果と推定結果

6. おわりに

本研究では実験と有限要素解析によってプラテン及び管フランジ締結体におけるアルミニウム及び銅の平形ガスケットの漏れ特性評価を行い、以下の結論を得た。

- (1) ガスケットからの漏れをスリーブで回収し、ヘリウムリークディテクターを用いてプラテン試験における金属平形ガスケットの $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ レベルの漏れ特性評価を行った。
- (2) プラテン試験において、金属ガスケットの表面が降伏し、塑性変形が生じるためシール性が著しく向上した。更に漏れ量が $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下になると、シール性向上は緩やかになることを明らかにした。この挙動はガスケット幅が変わっても同様であることも示された。
- (3) ASME/ANSI class300 2inch 管フランジ締結体においても、ガスケット接触面の一部が降伏するとシール性が著しく向上することを明らかにした。
- (4) 基準漏れ量 $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ とした場合の締結体のシールに必要なボルト初期締付け軸力の計算法を示し、実験結果との比較により妥当性があることを確認した。

7. 参考文献

- 1) SAWA, T., HIGURASHI, N., AKAGAWA, H., "Stress Analysis of Pipe Flange Connections", Transactions of the ASME, Journal of Pressure Vessel Technology, Vol.113, No.4, pp.497-503 (1991.11)
- 2) 福田忠生, 尾崎公一, 加治屋純, 早川悌二, "内圧を受ける配管フランジ構造部の構造挙動と漏れ特性(金属平形ガスケットによる検討)", 日本機械学会論文集, 75巻, 756号, pp51-56 (2009)
- 3) 近藤康治, 椿翔太, 澤俊行, 大宮祐也, "内圧作用下における金属平型ガスケット付きフランジ締結体の密封特性", 圧力技術, Vol. 52, No.1, pp. 4-15 (2014)
- 4) 近藤康治, 椿翔太, 澤俊行, 大宮祐也, "内圧を受けるリングジョイントガスケット付き管フランジ締結体の有限要素法応力解析と密封性能評価", 日本機械学会論文集, 80巻, 816号, pp.1-13 (2014)
- 5) Kondo, K., Sawa, T., Sato, K., T., Kikuchi, and Tsubaki, S., "The sealing characteristics of bolted flange connection with metal gasket", ASME Pressure Vessels and piping Conference, PVP2012-78413 (2012)
- 6) Kondo, K., Tsubaki, S., Sawa, T., Sato, K., and Omiya, Y., "Sealing performance evaluation in bolted flange connections with ring joint gasket subjected to internal pressure", ASME Pressure Vessels and piping Conference, PVP2013-97173 (2013)
- 7) Kondo, K., Tsubaki, S., Sawa, T., Omiya, Y., and Sato, K., "FEM stress analysis and the sealing performance evaluation of bolted flange connections with metal flat gaskets", ASME Pressure Vessels and piping Conference, PVP2013-97828 (2013)
- 8) Kondo, K., and Sawa, T., "A Determination method of bolt preload for bolted pipe flange connections with metal gaskets under internal pressure", ASME Pressure Vessels and piping Conference, PVP2015-45163 (2015)



佐藤 広嗣

研究開発本部 開発部

近藤 康治 新興プランテック株式会社

澤 俊行 広島大学名誉教授

高橋 聡美 研究開発本部

ガスケット装着時のトラブルとその対策

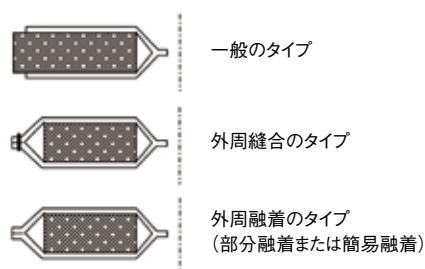
1. はじめに

シールとは、各種プラントの配管や機器、装置において、流体が内部から外部へ、あるいは外部から内部へ流れないようにすること、またはその部材を指す。シールという目的を果たすためには、シール材そのものの性能はもとより、シール材の適切な選定、及び適切な施工が重要である。その中で、ガスケットの締付けトラブルとその対策や適切な締付け方法を過去に紹介した¹⁾。本報では、更にガスケットの装着時のトラブルとその対策について紹介してみたい。

2. 装着時のトラブルとその対策の例

2-1) ふっ素樹脂ジャケットガスケットの外被のめくれ

ふっ素樹脂ジャケットガスケットNo.N7030系の外被は、Vの字、Uの字、コの字形をしており、いずれも外径側は開放されている。そのことから、ガスケット装着時、特に、狭いフランジ間に装着する場合に、ふっ素樹脂外被がめくれて、内径側に折れたまま締付けられてしまうことがある。これでは、その位置に段差が生じ漏れ流路となることから、シール不良になる。そのため、装着時にはふっ素樹脂外被のめくれが起こらないように注意する必要がある。もしくは、下記のように外周側を密着させた対策品を用いることで、めくれを防ぐことができる。その場合、全周を完全に融着する必要はないので、部分融着または簡易融着で良い。



※) 外周縫合は外径φ400以下のみ可。縫合で不可の場合は外周融着で対応可。

Figure1 ふっ素樹脂ジャケットガスケットの外被の例

2-2) ふっ素樹脂ジャケットガスケットのフェルトシートの濡れ

ふっ素樹脂ジャケットガスケットNo.N7030系は中芯にフェルトシートを用いるものがあるが、フェルトシートは濡れると圧縮破壊しやすくなる。

そのため、雨天時の装着や締付けは好ましくない。

2-3) 膨張黒鉛系ガスケットの表面への傷

膨張黒鉛は耐薬品性に優れる、クリープ緩和が小さいなど、シール材として適する面がある一方で、傷つきやすい、脆いなど取扱い性に劣る面がある素材である。そのことから、膨張黒鉛系のガスケットは運搬時や装着時において、粗雑に取扱うとシール面に傷がつくことで漏れ流路となりシール不良になる恐れがある。

そのため、膨張黒鉛シートガスケットNo.VF-35E、膨張黒鉛うず巻形ガスケットNo.6590シリーズ、カンプロファイルガスケットNo.6540H、膨張黒鉛貼り金属平形ガスケットNo.6560、膨張黒鉛貼りメタルジャケットガスケットNo.N6520は、表面に傷をつけないように梱包したままの状態で保管、運搬し、装着時も取扱いに注意する必要がある。爪や工具など鋭利なもので引っかいたり、製品を直に地面に置いたりすることは好ましくない。

2-4) 大口径うず巻形ガスケットの運搬時など使用前の破損

小口径のうず巻形ガスケットでは問題になることはないが、大口径のうず巻形ガスケットは内外輪の有無に関わらず、保管、開梱、運搬、装着の際、製品に無理な力が加わると破損(いわゆるバラケ)の恐れがある。特に2000mmを超えるうず巻形ガスケットはその恐れが大きい。破損してしまえば製品は当然使用できない。

そのため、製品にねじれ、ひずみなど無理な力が加わらないように、以下に注意しながら行う。

- ・保管は立て掛けずに平置きが望ましい。
- ・開梱は固定具を無理に取り外さない(大口径うず巻形ガスケットには開梱手順が同封されているのでそれに従う)。

- ・運搬や装着は製品の大きさによって下記の人数で行うことが望ましい。

Table1 ガasket取扱い人数の目安

ガスケット内径寸法	取扱い人数
1000 ～ 1500 mm	2 ～ 3人
1500 ～ 2000 mm	3 ～ 4人
2000 ～ 3000 mm	4 ～ 6人
3000 ～ 4000 mm	6 ～ 8人

2-5) 大口径うず巻形ガスケットの芯ずれ装着

はめこみ形フランジや溝形フランジにおいて凹凸のクリアランスが大きい場合、特にうず巻形ガスケットが縦配置になる場合は、うず巻形ガスケットの本体部がフランジ座から外れ、Vの字より内径側にフランジの先端が接触することがある。これでは、うず巻形ガスケットが隙間からはみ出したり破損や漏れにつながる恐れがある。

そのため、熱交換器に使用されるうず巻形ガスケットは、外径側のフープ空巻数や、各巻ごとのスポット溶接数を増やし、更に外径寸法もプラス公差を目標にして製作している。このことにより、本体部がフランジ座から外れても、はみ出しや破損や漏れの軽減を図っている。

それでも問題が起こる場合には、通常の4.5mmの本体部の更に外径側や内径側に3.2mm用のフープの空巻を加えることも可能である。これにより、本体部がフランジ座から外れるのを避けることが可能となる。また、同様の目的で内径側には金属製の丸棒を取付けることも可能である。



Figure2 うず巻形ガスケットとフランジ座の位置関係

他にも、仮保持のための保持板と保持板用のボルトでガスケットを適切な位置に保持し、ガイドボルトによりフランジを適切に合わせ、実機のボルトで仮止めした後、保持板を抜取って本締めするという装着方法もある。

2-6) メタルジャケットガスケットの装着向き間違い

メタルジャケットガスケットをはめこみ形フランジや溝形フランジで使用する場合、金属被覆の折り返し部をフランジの凸部に接触する向きで装着すると、装着時にフランジの先端で金

属被覆の折り返し部を破損してしまうことがある。

そのため、メタルジャケットガスケットは金属被覆の折り返し部を溝底部になるように装着する必要がある。また、表裏のあるガスケットなので、左右対称でない枝付形状のものは、図面上で金属の折り返し部がどちらかを指示する必要がある。

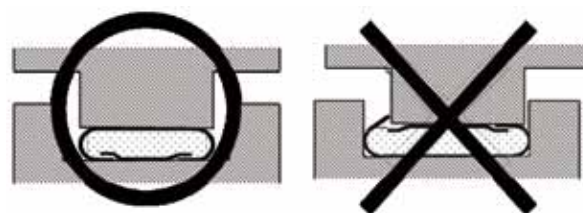


Figure3 メタルジャケットガスケットの装着向き

2-7) リングジョイントガスケットのフランジへの密着性不良

フランジ、ガスケットの両方が新品の場合は問題にならないが、長年使用したフランジでリングジョイントガスケットを使用する場合、フランジとガスケットの密着性不良でシール性が十分に得られないことがある。

そのため、まず、全周に接触(以下、当たり)があるかどうかを確認する必要がある。それにはガスケットに光明丹などの顔料を塗布して目標の20%程度のトルクで締付け、一旦開放して着色具合を確認する。当たりは外径側でも内径側でも良く(圧力が高い場合は外径側のほうが望ましい)、線接触でも良いので全周に渡って当たりがあるかを確認する。全周に当たりがあればその後適切に締付けて使用可能である。

全周に渡る当たりがなければ、すり合わせを行う必要がある。また、すり合わせはフランジ溝の傷や腐食を除くためにも行う。それにはガスケットに磨き粉を塗布してフランジ溝内でガスケットを回転させる。当たりが得られたかは再度光明丹などで確認する。なお、オクタゴナル形は装着するオクタゴナル形ガスケット自体ですり合わせを行って良いが、オーバル形はそれ自体で行ってしまうとせっかくの線接触による高シール性を低下させてしまうので、オクタゴナル形ガスケットまたはすり合わせ用治具を用いて行う。

更に、特にガスシールやSUSなどの硬い材質の場合はガスケットペーストを薄く塗布することが望ましい。

それでもシールが不十分な場合、膨張黒鉛や銅など軟質材料のカバー付リングジョイントガスケットに代替する策、更にはフランジに合わせて特別寸法にする策が挙げられる。

2-8) すべてのガスケットの共通事項

すべてのガスケットに共通する、装着時に注意すべき点を

以下に記載する。

- ・フランジにシール性に影響する有害な錆、傷、打痕がないか。
- ・フランジに前回使用したガスケットが付着していないか。
- ・ガスケット表面に傷や異物の付着がないか。
(特に、水平配管の上部のボルト挿入時、ボルト穴に異物があると、落下してガスケットに付着することがある)
- ・ガスケットの寸法が間違っていないか。
(外径が同じでも内径が異なる規格寸法がある。その場合、内径が小さいと流路にはみ出す恐れあり)
- ・ガスケットの種類が間違っていないか。

3. おわりに

ガスケットの装着時のトラブルとその対策について、ガスケット種類ごとに紹介した。シール材の施工は、お客様で行っていただくことから、本稿が、漏れトラブルをなくし、シールという目的を果たすための参考になれば幸いである。

4. 参考文献

- 1) 藤原 隆寛：バルカー技術誌. No.31, 8-11 (2016)



秋山 聡

営業本部 テクニカルソリューショングループ

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）

1. はじめに

『Seal Quick Searcher®』（シール・クイックサーチャー）は広い検索の窓口で、ご利用者の言葉で自由に、且つQuickに製品や仕様に関する情報提供を行うことをコンセプトに、2014年4月よりガasket編のサービスを開始した。

このシール・クイックサーチャー（SQS）はWEBカタログのような単なる製品検索ではなく、アウトプット表示に「温度・圧力選定図グラフを用いた製品選定」機能を搭載した当社独自のシステムである。（**特許出願中**「推奨封止材選定システム」）

本報では2014年10月よりサービスを開始したエラストマー版について紹介する。

2. シール・クイックサーチャー（SQS）の特徴

シール・クイックサーチャー（SQS）は平素から当社製品をご使用いただいている顧客から、一定条件下においてどのような物を使えばよいのか、あるいは使用することが可能なのか手がかりが少ない状況の顧客まで幅広くご使用いただけるものを目指した。本項でこの特徴をピックアップして紹介する。

2-1) 豊富なアプローチ

シール・クイックサーチャー（SQS）エラストマー編では形状、用途、ゴム材料からの検索アプローチを可能とした。これは製品を選定される顧客の「形状は決めているがどの品番が最適なのか」や「実績から材質は決めているがどのような形状の選択肢があるだろうか」あるいは「使用条件は決まっているが最適な形状と材質がどのようなものなのか」といったマインドによる検索を想定したことによる。

2-2) 最適な材料を選定

シールに使用するエラストマー材質は10種類、多くても15種類程度であるが、同じ材質の中でもその用途に応じて適

した物性や、耐油・耐薬品性、その他の特性などは異なるものである。

その顕著な特性の違いは、同じOリングという形状でも固定用途の場合は長期の信頼性を優先するために耐圧縮永久ひずみ特性（へたり難さ）に重点を置く材料が適切であり、運動用途であれば耐圧縮永久ひずみに加えて耐摩耗性など摺動によって起こるダメージに対抗できるような特性を優先させるなどがある。

シール・クイックサーチャー（SQS）エラストマー編では当社の材料選定のノウハウをシステムに組み込むことによって、顧客が用途や使用条件などを選択することによって自動的に最適な材料選定を行えるようにしている。

2-3) 技術情報とのリンク

Figure1 で示すようにシール・クイックサーチャー（SQS）では選定された製品の特徴やサービス条件（使用可能な条件範囲）などの関連情報をアウトプットとして表示する方式を選択している。またこれと同時にバルカーハンドブックの技術編



Figure1 アウトプット例

及び寸法編へのリンクを表示し、より詳細な製品情報並びに寸法ラインアップを同時に把握していただけるようにした。

3. シール・クイックサーチャー (SQS) の検索例

既にご活用いただいていることとは思われるが前項で紹介したシール・クイックサーチャー (SQS) エラストマー編の特徴的な部分に関して実際に検索を行いながら例として紹介してみたい。

3-1) 検索のアプローチ

シール・クイックサーチャー (SQS) エラストマー編では Figure2 に示すように、①形状 ②用途・産業分野 ③ゴム材料 の各々からの検索アプローチを可能としている。①形状からのアプローチでは、Figure3 に示す「形状選択」→「使用条件入力」のインプットで Figure6 に示す 1 次アウトプットが表示される。②用途・産業分野のアプローチでは、Figure4 に示す「分野」→「使用条件入力」のインプットで、③ゴム材料のアプローチでは、Figure5 に示す 材質／材料記号の選択によって Figure6 に示す 1 次アウトプットが表示される。



Figure2 検索アプローチ



Figure3 ①形状からのアプローチのインプット

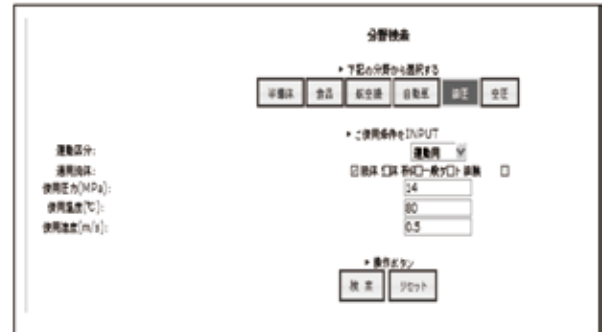


Figure4 ②分野からのアプローチのインプット



Figure5 ③材料からのアプローチのインプット



Figure6 1次アウトプット

3-2) アウトプット

1 次アウトプットに表示される品番・製品が、インプット項目に対する適用可能品の一覧であり、任意の品番・製品を選択すると Figure7 に示す 2 次アウトプットとして製品の詳細情報が表示される。2 次アウトプットの表示 (画面下の方のタブ) から任意の項目を選択すると、(一例として) Figure8、Figure9 (ハンドブック情報) などのさらなる詳細情報を得ることが出来る。

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

1. はじめに

近年、日本では団塊世代の引退による技能継承やプラント設備の老朽化が問題視されており、保守管理の重要性が増える一方、連続運転期間の延長などで若手作業員が定期修繕を経験できる現場環境は減少する傾向にあり、プラントのメンテナンス技能の維持向上が課題となっている。特に、プラントの管理者は、フランジ施工に関する規格や手順などの要領を知識として研修等で教えられ、フランジ施工の経験がほとんどないまま、現場のトラブルに対応しなければならないケースも増えてきている。しかし、研修等の知識だけではトラブルの真因はわからず、現場作業員の経験や勘に頼らざるを得ない状況が少なからずあり、事実、シールに起因する重大事故が発生している。総務省消防庁によると、全国の主な石油コンビナートで起きた火災や漏えいなどの事故（地震が原因の事故は除く）は2006年以降の発生件数が高水準で推移している。

また、新規設備や増設設備の計画が多い新興国などでも、人手不足から不確定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、作業員の確保・育成が急務となっている。

当社はこのようなニーズに応えるべく、日本の現場で行われてきた様々なシール施工を学習する場を提供するため、技能研修カリキュラムの作成、専属トレーナーの育成、各カリキュラムに応じたハード面の整備に着手し、2014年に奈良県の研究開発拠点に体験型のシール施工技能のトレーニングセンター『シールトレーニングセンター（STC）』を設立した。

2. 市場展開

Figure1に示すように、奈良県の研究開発拠点を皮切りに、国内には東京都町田市の研究開発拠点、更に海外の当社の拠点がある中国、台湾、ベトナム、タイ、韓国へSTCを開設し、国内外の顧客にシール施工のトレーニングサービ

スを展開することで、同トレーニングが広く認知され、その有効性が評価されてきた。

特に、ベトナムでは最大の国営エネルギー企業であるペトロベトナム傘下の技能教育機関であるペトロベトナムマンパワートレーニングカレッジ(PVMTC)において、工業用シール材の取り扱いに関する技能訓練に当社のトレーニングシステムが採用された。PVMTCは同国でプロセスプラントに関わる唯一の職業訓練校で、各種工業の現業部門から年間1万5000人を超える研修生が学んでいる。

当社はベトナム人専門トレーナー1～2名を派遣し、またSTCの主要設備を移設・貸与するとともに、訓練に必要な関連知識、テキストなどで技術の供与を行っている。同トレーニングを行うことで、シール施工技能の訓練支援を通じベトナム重化学工業の発展を後押しするとともに、当社ブランドの普及拡大につなげている。

更に中国でも、中国石油化学工業連合会と共催され、また中国摩擦密封材料協会に後援されている、シール及びふっ素樹脂製品の技術講習会となる『バルカー講習会』において、2016年にユーザーサイトでSTCのトレーニングを行う出張サービスの紹介を行い、高い関心が得られている。



Figure1 STCの所在地

3. 基本コンセプト

市場から高い関心が得られているSTCはこれまで当社が

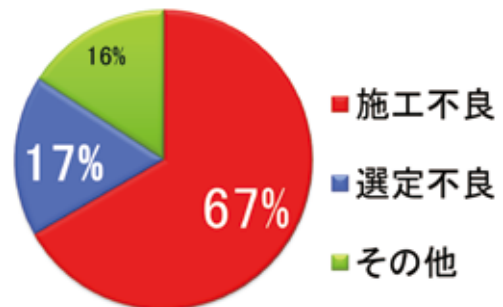
培ってきたシールに関する技術、特にトラブルの分析・改善から得られたエンジニアリングをベースに構築されている。Table1に、高圧ガス保安協会が開示している、高圧ガスの事故原因の分析結果を示す。表中の色づけした箇所がシール起因による事故件数であり、全体の20～25%を占めていることがわかる。

Table 1 高圧ガス事故の原因別による分析

区分 年	設備の設計、 製作の不良				設備の維持管理の 不良						組織体制の 不良				ヒューマン ファクター				合 計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	後操作・誤判断	不良行為	計		
平成27年	54	9	24	87	85	30	13	28	26	21	203	2	6	1	9	40	6	345	
平成26年	53	14	19	86	72	19	11	29	26	17	174	0	15	6	21	33	6	320	
平成25年	38	14	23	75	77	28	18	23	33	19	198	0	15	1	16	50	4	343	
平成24年	35	11	10	56	65	65	8	28	31	11	208	0	13	1	14	69	13	360	
平成23年	22	17	11	50	67	66	8	38	28	20	227	0	8	1	9	45	4	335	

高圧ガス保安協会「高圧ガス関連事故集計」平成27年12月現在

そのシールに起因する事故原因は、Figure2に示すようにシール施工不良及びシール選定不良が80%以上となる。



※出典: 高圧ガス保安協会

Figure 2 漏えい原因調査結果

そこで、STCではFigure3に示すように、当社がシールに関するトラブルを分析し、現場で起こっている問題の抽出とその対策をトレーニングに盛り込んだ。つまり、シールの選定の基礎からシール周辺部材の管理まで、なぜ漏えいが発生するのか、なぜ選定と施工が重要なのかというKnow-Whyから、どのような施工をすればいいのか、問題をどう解決すればいいのか、Know-Howを座学理論と施工実技を合わせてトレーニングするというコンセプトとした。

4. トレーニングプログラム

STCでは、シール起因による事故原因の大半を占めるシール製品の選定ミスと施工ミスの検証に基づき、有効な対策に焦点をあててトレーニングを行っている。選定のトレーニング



Figure 3 STCの基本コンセプト

は、顧客の仕様条件である流体の種類、圧力、温度から最適なガスケットを選定するための基本的なガスケットの選定指針を学習する。次に特殊な環境下におけるガスケットの力学的挙動を学び正しい選定をしなければどのような不具合が起り事故につながるのかという知識を身につける。

更にガスケットだけでなく、フランジ締結体に使用されるフランジやボルトなど周辺部材の管理状態がシールに及ぼす影響を学ぶことにより現場での管理・監督業務の勘所を習得する。

施工トレーニングは、Figure4に示すフランジ実習装置を用いて、まず講習者自身のボルト締結の技量の把握を行うため、特殊センサーボルトを用いて目標となる締付力に対し、どれくらいの精度でボルトの締付け作業が行えるのかを確認する。ここで、フランジを締めつけたときのボルト軸力は、特殊センサーボルトから出力される電子信号をデータロガーによりボルト軸力に変換してPCのディスプレイに表示する。予め設定された目標のボルト軸力と作業結果を比較することができる。

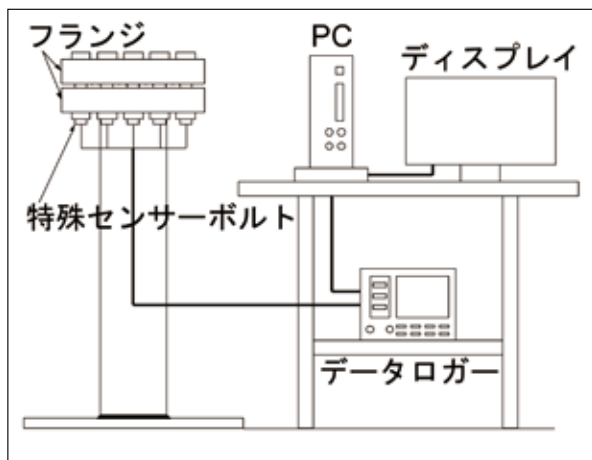


Figure 4 フランジ締付実習装置

その後、Figure5に示すトルク感覚実習装置を用いて、受講者の締付の特性や力加減を把握して、ボルトの締付け作業にバラツキが無くなる迄反復練習を行う。トルク感覚実習装置ではソケット口に締付工具を設置し、作業者の態勢や力加減での締付トルクをディスプレイに表示する。

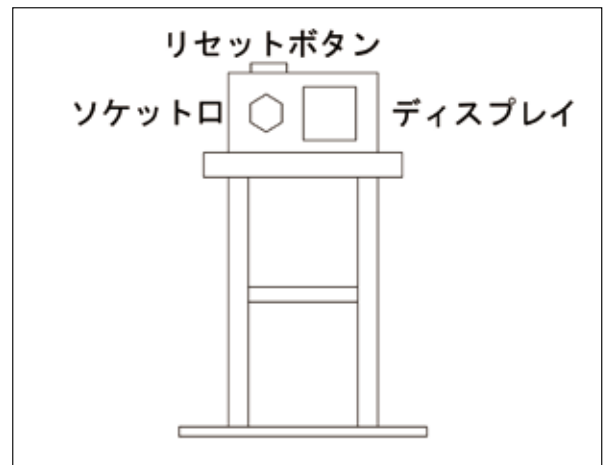


Figure5 トルク感覚実習装置

更に、過度な締付けや締付け不足が発生した場合の不具合を確認する実技を行う。まず、Figure6のシール性実習装置により、シールに必要なガスケット面圧よりも低い面圧になるようにフランジを締付け、圧力ゲージにより圧力が調節されたエアの漏れを体験することで、最適な締付条件の選択の必要性を理解する。次にFigure7の圧縮破壊実習装置により、過度な締付を行ったときの問題を体験し、理解する。

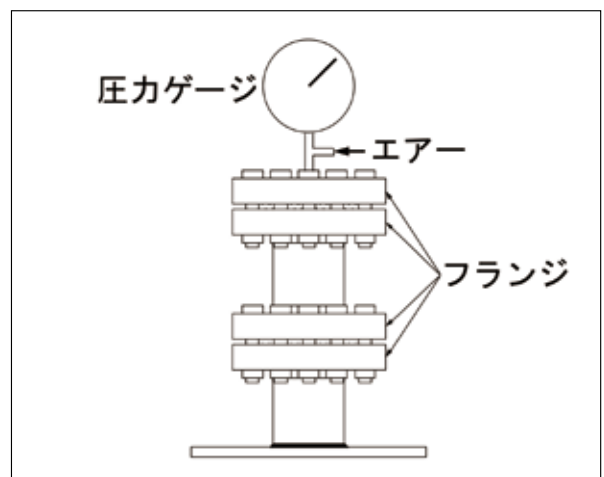


Figure 6 シール性実習装置

更に、ガスケットの温度特性であるクリープ現象を体験し理解する装置や配管のアライメントを再現し問題と対策を体験し理解する装置など上記の他にも現場で注意しなければならないカリキュラムも構築している。

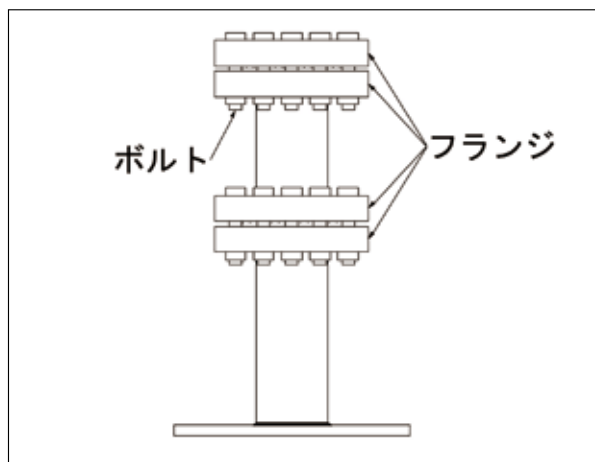


Figure 7 圧縮破壊実習装置

トレーニングの最後に、Figure8に示す現場模擬締付実習装置により、高所を想定し足場が狭い作業環境や締付対象以外の配管により作業環境が狭所となる場合を再現し、締結技能を正しく習得できているか、適切に発揮できるのか有効性を確認している。

このような当社の取り組みは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など多くのお客さまからご評価を頂いている。

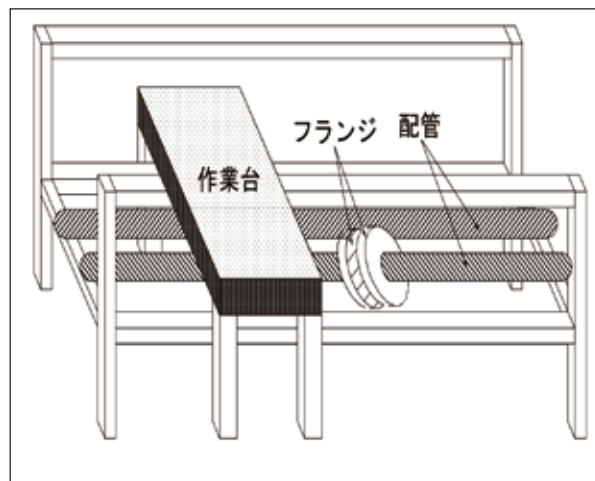


Figure 8 現場模擬締付実習装置

5. おわりに

これまでSTCをご活用頂いたお客さまから教育プログラムとして継続的にトレーニングを続けたいとご評価をいただいている。また、熱交換器などトラブルを起こしやすい機器のトレーニングを追加してほしいなどのご要望もあり、今後も継続的にカリキュラムの充実を図っていく所存である。また、プラントの定期修繕の現場でフランジ施工に従事する作業者全員を対象としたトレーニングに関するお問い合わせもいただいております。出張サービスの充実も検討している。

海外ではベトナムや中国で取り組んでいる公的機関との連携を他国でも同様に広げ、展開していきたいと考えている。

更に、当社は製品とサービスを融合させた『ハード&シールエンジニアリング・サービス』事業として、ITを活用した保守メンテナンスや異常診断などをパッケージ化したサービス体系の構築を進めており、技能研修で得たニーズを反映させたサービス開発に取り組んでいる。



村松 晃
H&S事業本部

プラントにおける フランジ締結体の締付け管理

1. はじめに

このたび、日本バルカー工業株式会社が創業90周年を迎え、記念誌が発行されることを心よりお祝い申し上げますとともに、シール産業界を支えてこられた関係者の皆さまに対しまして、深く敬意を表します。

フランジ締結体における内部流体の漏えい防止技術は、プラントの安定、安全操業に対し、非常に重要な位置づけである。更に、プラントの連続運転の長期化、漏えいの排出規制による環境問題対応として、高い信頼性が求められる。信頼性を得るためにはFigure1に示す段階ごとの技術や技量の確立が必要である。特にシートガスケットにおいては、石棉規制による非石棉化でふっ素樹脂系が主流となり、運転中の挙動を考慮した締付け力の設定と、その設定に応じた確実な締付け作業、管理が重要である。

本報では、非石棉化に伴う代替えガスケットの評価から、ふっ素樹脂系ガスケットの運転時の挙動を明らかにするための共同研究内容、及び適正な締付け管理を行うための当社の認証制度について紹介する。

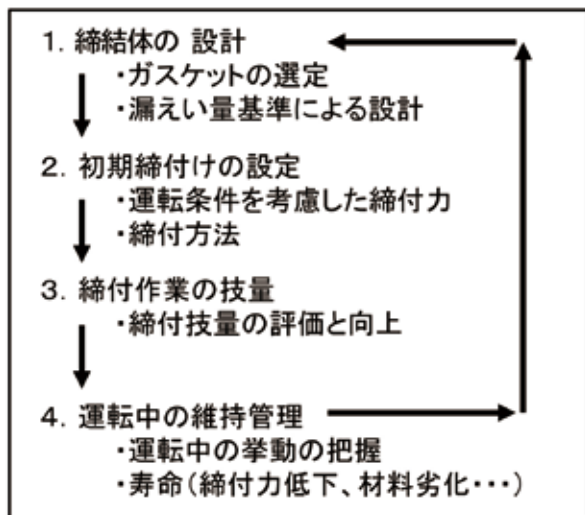


Figure1 締結体の管理概念

2. ガスケットの選定

シートガスケットは、耐熱性、シール性、取扱い性、及びコスト面などにより主に石棉ジョイントシートガスケットを使用されていた。

2006年に労働安全衛生法施行令を改正する法令により、一部を除き石棉等の製造、使用等が禁止された。それによ

り非石棉ガスケットへの代替えが必要となり、石棉ジョイントシートの代替えとしては、アラミド繊維などの有機繊維や無機繊維を使用した非石棉ジョイントシートが第一候補として挙げられた。しかしながら、石棉繊維は細く長く、繊維同士が強く絡み合い繊維自身がガスケットの強度部材となっていたが、非石棉繊維は、繊維が太く、繊維同士の絡み合いが弱いため、バインダーであるゴムが強度を担う形となった。そのため、ゴムの耐熱温度を超える条件で使用すると、ゴムの硬化による機能低下の懸念があった。そこで当社では、非石棉ジョイントシートの温度に対する評価テストを行うこととした。

Figure2に試験ラインの概要図を示す。内圧1.3MPa、190℃のプラント蒸気ラインにテスト用配管を設置し、6か月間の負荷試験を実施した。試験期間中での目視による外部の漏えいは認められなかったが、試験終了後の開放時、フランジシート面より非石棉ジョイントシートガスケットを取り外す際に硬化により割れが生じた(Figure3)。この結果より高温での長期間の使用及び、増締めが出来ず、代替え不可と判断した。また、本試験では、同時に他種類のカスケットを装着したが、膨張黒鉛系はフランジシート面への固着があり、取扱い性が悪いことより代替え不可と判断した。一方、ふっ素樹脂系については、外観上大きな問題はなく、代替えの第一候補とした。

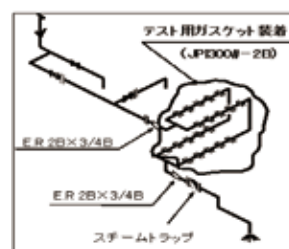


Figure2 試験ライン概要



Figure3 取り外し品

3. ふっ素樹脂系ガスケットの挙動確認試験

ふっ素樹脂系シートガスケットは、非石棉化以前から、耐薬品性の高いガスケットとして使用していた。ふっ素樹脂特有のフローにより締付け力が低下する場合は増締めにより対応をしてきたが、増締めの要否や時期は経験則に頼るところが大きく、適正な維持管理を行うためには、それらの挙動を把握し適正な対応をする必要があり各種試験を行った。

3-1) 試験装置

Figure4に試験概要図を、Table1に試験条件を示す¹⁾。締結ボルトに貼り付けたひずみゲージによりボルト軸力を測定し、ガスケット接触面積からガスケット面圧を算出した。このガスケット面圧が25MPaとなるようにJIS B 2251 (2008)に従い締付けを行った²⁾(以下、ボルト締結は同規格を準拠とする)。尚、ガスケットはNo.GF300を使用した。

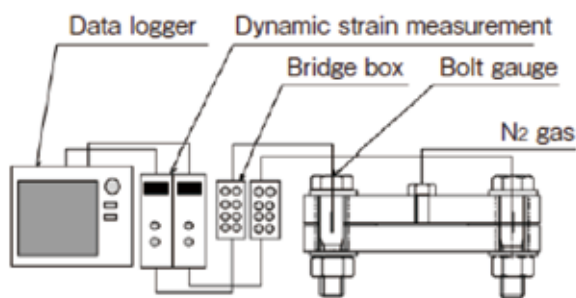


Figure4 応力緩和試験概要図

Table1 応力緩和試験条件

試験寸法	JIS 10K 50A RF
試験温度	200℃ (24時間リサイクル)
ガスケット	V/NO.GF300
フランジ	材質: SS400 シール面粗度: Rz = 14.4 μm (Ave.)
ボルト (ひずみゲージ付)	寸法: M16×4本 材質: SS400

3-2) 熱サイクル応力緩和試験

電気炉にて200℃の加熱を行い、ガスケット面圧の経時変化を測定した。常温と、加熱条件として200℃一定にて加熱し続けた場合と、200℃と常温の熱サイクルを負荷した場合の比較を実施した。なお、熱サイクルは24時間で1サイクルとし、昇温が2時間、降温を約3時間とした。

Figure5に試験結果を示す。常温に比べ、温度を負荷すると面圧の低下は大きくなる。熱サイクルにおいては、降温時に大きな面圧低下が確認され、再加熱時に、ガスケット面圧は上昇したが、降温前の面圧までは回復しなかった。定期修理後の運転スタート前は、常温状態(この試験での降温時)で気密テストを実施し、漏れの無いことを確認後スタート準備に入るため、降温による面圧低下量が多い場合は、面圧を回復させる対応が必要である。また、頻繁に熱サイクルのある箇所については、徐々にガスケット面圧が低下するため、同様に面圧を回復させる必要がある。

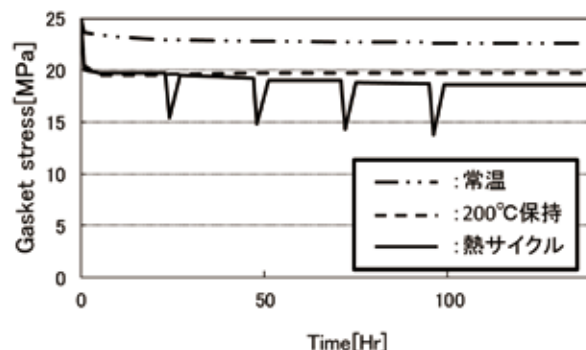


Figure5 熱サイクル応力緩和試験結果

3-3) 増締め効果の確認

面圧が低下した場合の対応として、一般的に増締めを行う。増締めのタイミングとしては、運転スタート後の高温状態で行う場合と、定期修理などで停止した常温状態で行う場合があり、それぞれについて効果の確認試験を行った。

Figure6に試験結果を示す。増締めにより残留面圧が高くなり、面圧保持の効果が確認された。増締めの時期については、高温状態で実施した方が、常温状態で実施するよりも残留面圧が高い結果となった。これは、高温状態では、ガスケットの剛性が低下し、フローさせながらの締付けとなるため、増締め後のフローが少なくなり、緩和が小さくなったと推測される。ただし、剛性が低下した状態での増締めは、圧壊強度も低下すると思われるため、締付力に注意する必要がある。高温状態での増締めより効果が低かったが、常温状態での増締めでも面圧保持の効果があり、運転スタート前の気密テスト時の対応としては十分と判断される。

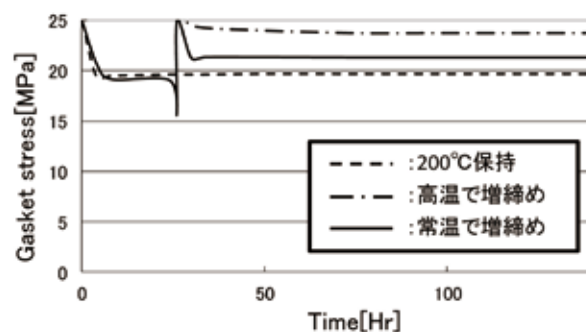


Figure6 増締め効果確認試験結果

4. 社内認証制度

フランジ締結体の挙動を把握し、すべてについて定量的な締付け管理を行い、管理された方法で締付けを行うことが理想だが、管理するための工具や測定のコスト、工期等により対象を絞り込んでいる。そのため大多数のフランジ締結体

の締付けは作業者の技量や経験に基づいて行われている。過去よりガスケットの仕様を間違えて装着、締付け不足や片締め等により不具合があり、当社ではガスケット作業主任者認定制度を制定し運用している。Table2に認定講習内容を示す。試験に合格したガスケット作業主任者は、ガスケット装着作業において、作業者を指揮、指導、監督し、自ら装着後の最終確認を行うことにより、ガスケット装着についての責任を有し、ガスケット作業主任者不在でのガスケット装着作業を禁止している。現在までに約3,000名がガスケット作業主任者として認定された。不具合発生防止に一定の効果はあると思われるが、認定講習は全て座学教育であり知識の向上は望めるが、技能に関しては現場での経験に頼るところが大きかった。しかしながら現場の経験だけでは、弾性相互作用によるボルト軸力の低下や締付け姿勢による締め具合の違いは理解しているが、ボルト軸力値やトルク値がどのタイミングで、どのように影響しているかを数値等で可視化することができない問題があった。そこで、モバイル・トレーニング・システムの一部を当社水島事業所に持ち込み、作業者向けに実技講習会を実施した。実技講習会風景をFigure7に示す。内容は、フランジ締付け技量評価、トルク感覚トレーニング、ボルト整備の重要性の理解、圧壊しやすいガスケットの理解の4種類で、現場経験のない新入社員や経験年数30年の熟練工など、43名が受講した。受講後の感想は、良く理解できた・理解できたが90%を超え、ボルト軸力の変化が可視化され分かりやすい等好評価が得られ、非常に効果があったと感じた。今後、本システムを活用した当社の認定制度への織り込みを検討していく。ただし、今回のカリキュラムでは1日40名程度の受講となるため、定期修理時期などの数百人の受講を想定した場合、カリキュラムの内容や装置複数化等の検討が必要である。

Table2 認定講習の内容

1. ガスケット作業者の責務
2. ガスケット誤装着防止教育
 - ・ガスケットの種類と取扱い
 - ・圧力レーティングとフランジ規格
 - ・プラント毎のボルト規格
 - ・芯、片締め確認要領
 - ・締付け要領(周回締め)
 - ・検収及び記録の提出
3. 石綿ガスケットの取扱い
4. 過去のトラブル事例
5. 確認試験



Figure7 講習会風景

5. おわりに

熟練作業者の高齢化による引退や若手作業者の職場離れ等によりフランジ締結作業への従事作業者の減少や、技術・技能レベルの低下が現実のものになってきている。今後は、熟練作業者に依存しなくても適正な締付け管理が行える仕組みが必要と考える。例えば、シール施工管理システムを利用すれば、自動締付工具でプログラム化された締付け手順通りに、設定したトルク値で自動的に締付けが可能のため、締付け作業の初心者であっても適正な締付力で手順通りの締付けが可能となる。

本報で紹介した教育や認証制度、モバイル・トレーニング・システムを利用した講習会等によりレベル維持に努めながら、新しいシステムを導入することで、より信頼性の高い漏えい防止技術を追求したい。

6. 参考文献

- 1) 野々垣 肇, 山邊 雅之, 森本 吏一: ガスケット締結体の応力緩和特性, 配管技術, Vol.52.No.7, p28 (2010)
- 2) フランジ継手締付方法, JIS B 2251 (2008)



森本 吏一

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

テクノロジーニュース 直近のバックナンバー

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** 日本バルカー工業創業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 岡崎 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プ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 (株)TAIYO 油圧機器本部 技術統括部 上田 利典

No.30 Winter 2016

【日本の主要産業を支えるエラストマー製品特集号】

- **ご挨拶** 代表取締役社長 兼 CEO 瀧澤 利一
- **日本の主要産業を支えるエラストマー製品特集号の発行にあたり** 常務執行役員 研究開発本部長 青木 睦郎
- **技術論文** 高圧油圧用シールシステム 研究開発本部 開発部 山下 純一
回転用低トルクシール 研究開発本部 開発部 永野 晃広
- **製品の紹介** 耐放射線性エラストマー製品の展開 高機能EPDM H3070 H0880 研究開発本部 開発部 鈴木 憲
産業機器用エラストマー製品 研究開発本部 開発部 南 暢
飲料市場用エラストマー製品 研究開発本部 開発部 岡崎 雅則
高機能パーフロロエラストマー製品 研究開発本部 開発部 大住 直樹

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)

〒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

VALQUA 日本バルカー工業株式会社

■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.33 Summer 2017

発行日・・・2017年8月31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。