



- 挨拶..... 1  
代表取締役会長CEO 瀧澤 利一
- バルカーテクノロジーニュース 冬号発刊にあたって ..... 2  
取締役CTO 青木睦郎
- 技術論文  
ボルト締付け方法が大口径管フランジ締結体の  
密封特性に及ぼす影響について.....3

- 技術論文  
グランドバックギンの圧縮方法による  
シール性への影響評価..... 10
- 技術論文  
セミメタリックガスケットの性能比較及び  
カンプロファイルガスケットシリーズの紹介..... 14

- 製品の紹介  
急速開閉形シリンダバルブの紹介..... 18
- 製品の紹介  
タンク洗浄用スプレーボール®の開発 ..... 21
- テクノロジーニュース 直近のバックナンバー..... 26



# ご挨拶

株式会社バルカー  
代表取締役会長CEO

瀧澤 利一



令和2年の初春を迎え謹んでお慶びを申し上げます。  
読者の皆さまには日頃から本誌をご愛読いただき、厚く御礼申し上げます。

昨年5月1日から新しい時代「令和」が始まりました。

初めての令和の新年は、米中関係悪化や新型コロナウイルスの影響などが市況に反映し世界景気が減速する懸念が増大する中、我が国においても消費増税による内需の減退や自然災害の爪痕の残る中で迎えることになりました。今後は、落ち込みを続けてきた半導体需要や自動車販売などに底打ち反転の兆しもあるとは言え、昨今の事業環境は恒常的に激しい変化にさらされております。このような、変化の激しい事業環境を企業が勝ち抜いていくためには、市場の課題に対するソリューションを迅速に提供していくことを可能とすることが重要となっております。

当社グループも、昨年を新生バルカー元年と位置付け、H&Sカンパニーとして飛躍するための強い決意のもとに、ハードオンリーからサービスを含めた顧客価値の創造を追求するマインドセットとビジネスモデルの構築を目指す企業へと脱皮出来るように、自らを変革していく強固な覚悟を持ち事業に取り組んでまいりました。その中で昨年は、そのような当社の決意を明確に内外へと発信するために新たな経営体制の構築も行い、当社の社名の由来でもあります「Value (価値)」と「Quality (品質)」に対する徹底的なこだわりの下、グローバル市場が必要とする足元から未来に起こりうる様々な課題へのソリューションを提供していくために、イノベーションの創造に注力し顧客の皆さまに対して新たな価値を持つ製品とサービスを提供するための体制強化に努めてまいりました。

このような背景の下、当社は2018年度よりスタートした第8次中期経営計画「New Valqua Stage Eight (NV・S8)」を2019年度において終了させ、2020年度より新たな中期経営計画の下で創業100周年に向けた事業成長を実現する活動を新たに構築していく決断をいたしました。この新たな中期計画においては、H&Sコンセプトを基軸として更にイノベティブな活動を実行することにより、世界市場での課題に寄り添ったソリューションを顧客の皆さまに提供してまいり所存です。当社にとって基本的な課題である、「安心・安全」をシールエンジニアリング・サービスにより顧客の皆さまに提供することに加えて、喫緊のグローバルな課題である環境負荷問題に対しても、当社が提供出来る技術解により広義の持続可能性に関する課題解決へ取り組むことで、国連による国際的な開発目標であるSDGs (Sustainable Development Goals) にも即した多様な社会における健全で持続的な成長に貢献していくことも考えてまいり所存です。

夏に東京五輪が予定される本年は、当社にとっては変革元年となる新しい令和の時代にふさわしい幕開けとなりました。本年も一層のお引き立てを賜りますようお願い申し上げますとともに、読者の皆さまの更なる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



謹んで令和2年新春のお慶びを申し上げます。皆さまには日頃からValqua Technology Newsをご愛読いただき、心より感謝申し上げます。

令和の時代を迎えて、企業の成長に向けてイノベーションが果たす役割に対しては関心と期待が非常に高まっております。IoTやAIなどの技術革新がもたらす変化は、単一の製品技術開発によるソリューションが他の技術解と結びつき、複合化あるいは多様化された新たな付加価値を持った製品やサービスが市場へ提供されることが求められるように変遷しつつあります。また、その変化を後押しする技術開発では、効率化とスピードを追求した成果を創出することが必要不可欠であり、グローバルに展開する多種多様な技術開発活動が有機的に結びつく技術開発のエコシステム構築が、産官民の組織を巻き込んだオープンイノベーションというキーワードの下で鋭意実行されております。

そのような潮流の中で、当社も時代の流れに乗り遅れることが無いように、2018年より開始された中期事業計画NV・S8の中では様々な取り組みを行ってまいりました。特に、昨年度は産業技術総合研究所内にバルカー産総研先端材料技術研究所を開設するとともに、シリコンバレーなどのStart Ups企業から発信される技術を活用する仕組み作りを推進してまいりました。本年度から開始される新たな中期経営計画の中においても、これらの新たな技術解を活用し、当社は創業以来蓄積されたシーリング技術、ふっ素樹脂をはじめとする樹脂の加工技術といったコア技術領域に、先端新素材、センシング技術、IoTやAI技術といった新たな技術要素を組み込み、顧客が真に求めるソリューションをハード製品からサービスまでを包含する領域に対しH&S商品として提供する技術開発活動を強化しております。更に、先端的技術ソリューションを高品質な商品として市場へ提供するため、生産技術革新に対してもRPAの導入なども視野に入れた活動の展開を推進しております。

このような背景の下、今号のテクノロジーニュースでは当社が推進する次世代技術の導入を見据え、まずはそのベースとなるべきシールエンジニアリングのコア技術に焦点を当てて、当社の技術を紹介する論文、そしてコア製品の紹介という構成といたしました。技術論文につきましては、大口径フランジ締結体で締付け方法が密封特性などに与える影響の解析、グランドパッキンの締付けによる圧縮挙動に対する考察、セミメタリックガスケットの性能評価を取り上げ、読者の皆さまがプラントの安心安全のためご参考いただける技術レビューとして構成いたしました。また、製品紹介は、有用性が市場で再認識されている急速開閉シリンダーバルブ、新たに開発された洗浄用スプレーボールを取り上げ、顧客の皆さまにとって今後の製品選定に対して有用な情報を提供させていただいております。

本年も、これまでと同様にこのバルカーテクノロジーニュースを引き続きご愛顧いただけますようお願い申し上げます。

取締役CTO 青木 睦郎

# ボルト締付け方法が大口径管フランジ締結体の密封特性に及ぼす影響について

## 1. はじめに

ガスケット付き管フランジ締結体は様々な産業の圧力容器や配管締結部に多数使用されている。締結部の密封特性は、ガスケット特性だけでなくガスケットを圧縮するボルトの締結方法も影響することが知られている。高圧ガス保安協会によると<sup>1)</sup>、ガスケット締結部からの漏えい事故の約67%はボルト締付け不良によるものと報告されている。締付け不良の要因の一つとして、ボルト締付けの際に生じる弾性相互作用が挙げられる。多数のボルトを締結する際に相互に影響する現象であり、各ボルト軸力が目標ボルト軸力より低下し、更に個々のボルト軸力がばらつく。この結果、適切なボルト軸力を発生させられないため、密封に必要なガスケット圧縮力が得られず漏れが生じることがある。この弾性相互作用の影響をゼロにすることは困難であり、締付け周回数を多くする、あるいはボルトを対角で締め付けるなど、その影響を低減するための対策が行われている。しかしながら、いずれも経験に基づいたものであり、十分な技術的検討がなされているとは言えない<sup>2)~5)</sup>。

このような背景のもとで、近年では適切なボルト軸力を達成するためのボルト締付け方法が各規格で提案されている。米国ではASME PCC-1<sup>6)</sup> Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assemblyが2000年に提案され、2013年及び2019年には改定されている。日本ではJIS B 2251<sup>7)</sup> “フランジ継手締付け方法”が2008年に発行され、2018年には中国で“フランジ方法取付技術仕様書”も公表されている。しかしながら、これら規格で指標とされているのは最終のボルト軸力であり、実際に必要な締結体の密封特性については扱われていない。

前報のValqua Technology News Vol.37ではASMEクラス150 4インチの小口径とASMEクラス300 24インチの大口径管フランジ締結体を用いASME PCC-1<sup>6)</sup>とJIS B 2251<sup>7)</sup>の締付け方法が密封特性に及ぼす影響を検討評価し、いずれも十分な密封特性を発揮する為に適切な方法であるこ

とを明らかにしている<sup>8)</sup>。しかしASME PCC-1<sup>6)</sup>でもいくつかのボルト締付け方法が示されているが、これらの締付け方法が締結体の密封特性に及ぼす影響は検討されていない。

本報ではASMEクラス300 24インチ締結体を用い、ASME PCC-1<sup>6)</sup>に新たに追加されたAlternative #1、#2、#3も合わせた締付け方法がボルト軸力のばらつき、密封特性、ボルト締付け時間及びレンチ移動距離に及ぼす影響を検討することを目的としている。ここでは対象ガスケットを当社製品の高機能ガスケットNo.GF300及び膨張黒鉛フィラーうず巻形ガスケットNo.6596Vとする。

## 2. 試験方法

### 2-1) 試験装置

Figure1は本研究で用いたガスケット付き管フランジ締結体である。寸法はASME規格の中で最大呼び径である24インチとし、圧力レートはクラス300、形状はW/N、座はRF、材質はSUS304である。管の有無によってフランジ締結体の力学的挙動が変わることが知られており、本研究では約800mmの管を有した装置を用いることで実機に近い条件での検討を行う。

ボルトはSNB7製とし、呼び寸法M39の六角ボルトを24本用いている。各ボルト胴部には2枚のひずみゲージを貼り付けており、全てのボルトの軸力が測定出来るようにしている。なお、各ボルトのひずみゲージは予め校正されており、ボルト、ナットのねじ部及び座面には二硫化モリブデンを塗布している。

試験ガスはヘリウムガスを用い、内圧は2MPaとしている。締結体の漏れ量は圧力降下法で測定した。圧力計で圧力変化を測定し、次の式(1)により算出する。

$$L=1atm \times \frac{MV}{\rho tRT_1c} \left( P_1 - \frac{T_1}{T_2} P_2 \right) \quad (1)$$

ここでは

- $L$ : ガasketの外周あたりの漏れ量、 $[Pa \cdot m^3 / (s \cdot m)]$
- $M$ : モル質量、 $[mg/mol]$
- $V$ : 管フランジ締結体の内容積、 $[ml]$
- $\rho$ : 試験気体密度、 $[mg/ml]$
- $t$ : 測定時間、 $[s]$
- $R$ : 気体定数 ( $=8.314$ )、 $[J/mol \cdot K]$
- $T_1$ : 試験開始時の絶対温度、 $[K]$
- $T_2$ : 試験終了時の絶対温度、 $[K]$
- $P_1$ : 試験開始時の絶対内圧、 $[MPa]$
- $P_2$ : 試験終了時の絶対内圧、 $[MPa]$
- $c$ : ガasketの接触外径周長、 $[m]$
- $atm$ : 標準気圧 ( $=0.101325$ )、 $[MPa]$

Figure2は管フランジ締結体の締付け作業の写真を示し、ボルト締付けはトルクを指標にトルクレンチを用いて行う。目標ガスケット面圧をガスケットNo.6596Vでは40MPa、ガスケットNo.GF300では25MPaとし、以下の式(2)から目標トルク値  $T$  を決定した。Table1は目標ガスケット応力とトルクを示している。

$$T = K \frac{\sigma_g}{N} A_g d \quad (2)$$

ここでは

- $T$ : トルク、 $[N \cdot m]$
- $K$ : トルク係数、( $=0.135$ )
- $\sigma_g$ : 目標ガスケット応力、 $[MPa]$
- $A_g$ : ガasket接触面積、 $[mm^2]$
- $N$ : ボルト数、 $[本]$
- $d$ : ボルト呼び径、 $[m]$

実験では締付け周回毎にボルト軸力とフランジ隙間を測定する。



Figure1 実験に用いたASME クラス300 24インチ管フランジ締結体装置の写真



Figure 2 締付け作業の写真

Table1 目標トルク、目標ボルト軸力及びガスケット面圧

フランジ締結体寸法	Class300 24B	
	No.6596V	No.GF300
ガスケット		
推奨締付け面圧 [MPa]	50	35
目標ガスケット応力 [MPa]	40	25
目標ボルト軸力 [kN]	98.4	85.6
目標トルク [N·m]	520	451

## 2-2) 使用ガスケット

本研究に用いるガスケット寸法は、No.GF300では $\phi 612 \times \phi 772 \times t3.0$ 、No.6596Vでは $\phi 603.2 \times \phi 628.6 \times \phi 685.8 \times \phi 717.6 \times t4.5$ である。いずれもASMEクラス300 24インチの径寸法である。

## 3. 締付け方法

本研究では7種類のボルト締付け方法により締結体のボルト軸力のばらつき、密封特性及び締付け時間の比較を行った。Table2は各締付け方法を示し、以下に各締付け方法の概略を述べる。

### 3-1) JIS B 2251 による締付け方法<sup>7)</sup>

JIS B 2251 フランジ継手締付け方法<sup>7)</sup>では、4b) 項に「フランジボルト本数が12本以上の場合は、指定された締付けトルクの110%を目標締付けトルクとする。」と述べられており、本研究では目標トルクを100%に加えて110%とした場合も測定及び検討する。5.3b) 4) 項には「うず巻形ガスケットを用いる場合は、ガスケット幅が狭いので片締めが生じやすく、これを防止するために仮締付けの最後に、すべてのボルトに対し、締付けトルクを目標締付けトルクの50%として、時計回り又は反時計回りの締付け手順によって1周の締付けを行う」と記述されているため、うず巻形ガスケットNo.6596Vとシートガスケット

No.GF300では締付け方法が異なる。また、JIS B 2251<sup>7)</sup>では場合によっては増締めを提案されており、本研究でも増締めを実施した。

JIS B 2251による締付け方法<sup>7)</sup>の大きな特徴は、4本だけ(ボルト本数が24本以下の場合)を先に仮締めし、本締めでは全てのボルトを周回締めすることである。本締めは単純な周回締めであるため、時間短縮と締忘れなどのミス防止が期待出来る。

### 3-2) ASME PCC-1 による締付け方法<sup>6)</sup>

ASME PCC-1<sup>6)</sup>ではJIS B 2251<sup>7)</sup>とは異なりガスケット種類によって締付け方法が変わることはない。本研究では従来から提案されているLegacy、及び2013年から新たに追加されたAlternative #1、#2、#3を対象としている。

Legacyは全てのボルトを対角締めする方法で、最も広く採

用されている締付け方法であるが、多くの時間を要するという課題が指摘されている。

Alternative #1及び#2はStep1とStep2では4本ずつ異なるボルトに対して段階的にトルクを上げることで序盤のステップにおいて締結ボルト本数を低減する方法である。

Alternative #3はJIS B 2251<sup>7)</sup>と同様に4本だけを仮締めした後に周回締めという単純な締付け方法となっている。

ASME PCC-1<sup>6)</sup>の4種類の締付け方法の最終ステップは、いずれも「ナットが回らなくなるまで」とされており、Table2に記載されている締付け周回数は本実験でナットが回らなくなった周回数の結果である。

### 3-3) 3 Rounds 締付け方法

JIS B 2251及びASME PCC-1の締付け方法に加えて、段階的に対角締めを3周する簡便な方法も検討する。

Table2 本研究で用いたボルト締付け方法

	目標トルク	ガスケット		Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	計
JIS B 2251 110%	110%	No.6596V	ボルト数	4	24	24	24	232 bolts
			締付け周回数	4	1	6	2	
			順序	対角	周回	周回	周回	
		No.GF300	ボルト数	4	24	24	—	208 bolts
			締付け周回数	4	6	2		
			順序	対角	周回	周回		
JIS B 2251 100%	100%	No.6596V	ボルト数	4	24	24	24	232 bolts
			締付け周回数	4	1	6	2	
			順序	対角	周回	周回	周回	
		No.GF300	ボルト数	4	24	24	—	208 bolts
			締付け周回数	4	6	2		
			順序	対角	周回	周回		
ASME Legacy	100%	No.6596V No.GF300	ボルト数	24	24	24	—	216 bolts
			締付け周回数	3	3	3		
			順序	対角	周回	周回		
ASME Alt.#1	100%	No.6596V No.GF300	ボルト数	4	16	24	24	120 bolts
			締付け周回数	2	1	1	3	
			順序	対角	対角	対角	周回	
ASME Alt.#2	100%	No.6596V No.GF300	ボルト数	4	16	24	24	120 bolts
			締付け周回数	2	1	1	3	
			順序	対角	対角	対角	周回	
ASME Alt.#3	100%	No.6596V No.GF300	ボルト数	4	24	—	—	108 bolts
			締付け周回数	3	4			
			順序	対角	周回			
3rounds	100%	No.6596V No.GF300	ボルト数	24	—	—	—	72 bolts
			締付け周回数	3				
			順序	対角				

## 4. 実験結果

### 4-1) フランジ面間隙間分布

Figure3は7種類の方法で締め付けた場合のフランジ面間隙間分布を示している。組み込んだガスケットがNo.GF300の結果は実線、No.6596Vの結果は破線で示されている。ガスケットがNo.GF300の場合、締め付け方法の影響は軽微であった。一方でNo.6596Vの場合、JIS B 2251<sup>7)</sup>とASME PCC-1<sup>6)</sup>の規格に基づく方法ではほぼ同様の結果が得られたが、3rounds方法では少し隙間が大きく、圧縮量が小さいという結果であった。

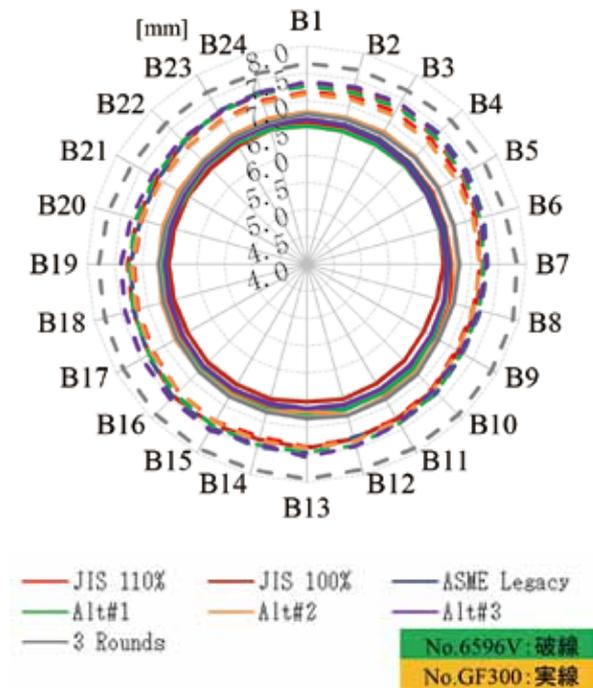


Figure3 フランジ面間隙間分布

### 4-2) ボルト軸力分布

Figure4及びFigure5はガスケットをNo.GF300とした場合のそれぞれ最終ボルト軸力分布及び軸力のばらつきを示している。いずれの締め付け方法でも弾性相互作用によって軸力のばらつきが見られる。特に3 Rounds方法ではばらつきが大きく、締め付け係数 $Q (=F_{max}/F_{min})$ は2.62であった。最小ボルト軸力 $F_{min}$ については弾性相互作用の影響により全ての締め付け方法で目標ボルト軸力85.6kNを達成出来なかった。これによると、JIS110% (Table2)で $Q$ の値は1.31であり、Alt#3の場合が $Q=1.33$ となり一番小さい値を示している。

Figure6及びFigure7はガスケットをNo.6596Vとした場合のそれぞれ最終ボルト軸力分布及び軸力のばらつき結果を示している。No.GF300の場合と同様に3 Rounds方法ではばらつきが著しく、3本に1本はボルト軸力がゼロであった。Figure7において、 $Q$ の値はJIS110%で $Q=1.47$ となり一番小さい値を示している。さらに $Q$ の値はNo.6596Vの締め付けの方がNo.GF300の締め付けより大きいことを示している。

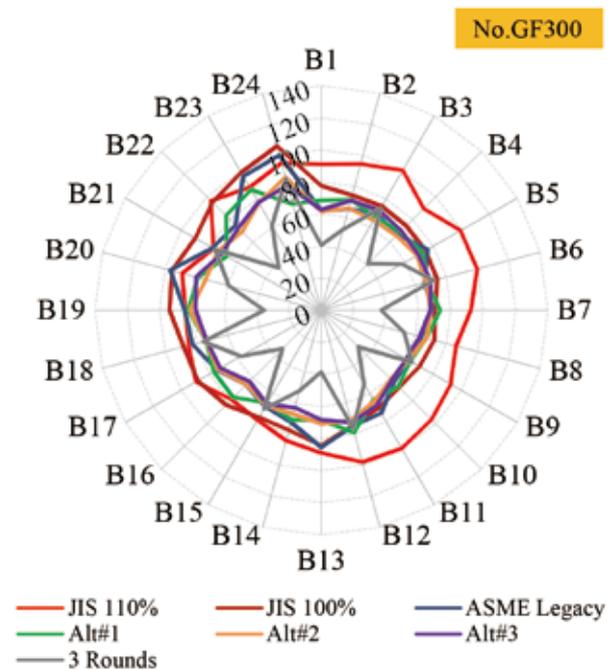


Figure4 ボルト軸力分布 (No.GF300)

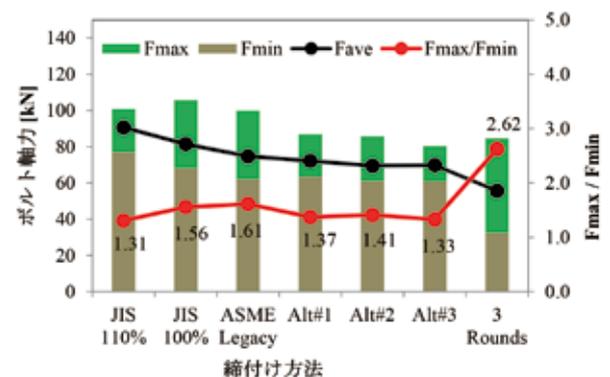


Figure5 ボルト軸力のばらつき (No.GF300)

No.6596V

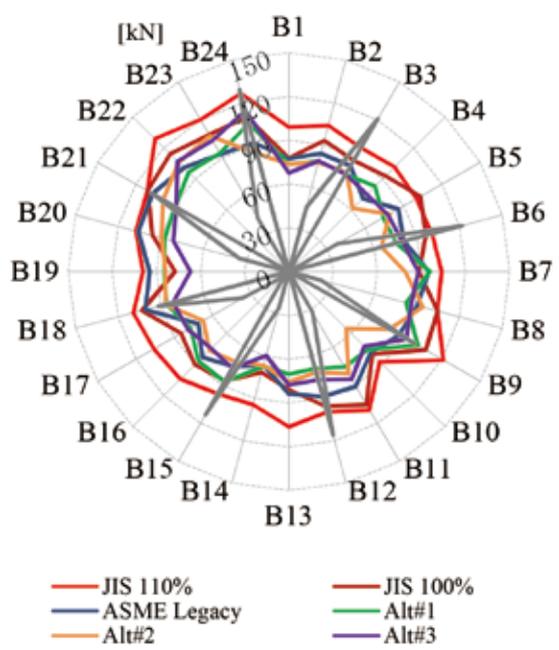


Figure6 ボルト軸力分布 (No.6596V)

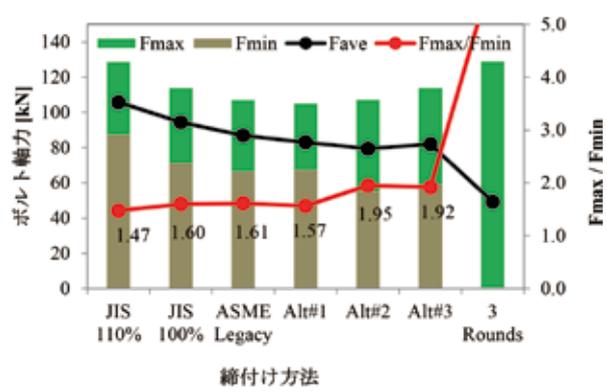


Figure7 ボルト軸力のばらつき (No.6596V)

### 4-3) 密封特性

Figure8は各方法で締め付けた管フランジ締結体の漏れ量の測定結果を示している。いずれの締付け方法でもガスケットがNo.GF300の場合の締結体の方が、No.6596Vの場合の締結体よりも漏れ量が小さかった。また、同図には24本の最小ボルト軸力  $F_{min}$  も併記している。各締付け方法による漏れ量を比較すると、最小ボルト軸力が大きいほど、漏れ量が小さくなるのが分かる。逆に言えば最小ボルト軸力が小さいほど局所的にガスケット接触応力がより小さくなり漏れ量が大きくなる。すなわち最小のガスケット接触応力が漏れ量に及ぼす影響が大きいことを示している。ガスケット付き管フラン

ジ締結体においては、一部でもボルト軸力が低い場合はその付近のガスケット接触面から漏れが生じやすくなると考えられる。密封特性向上のためには最小ボルト軸力を出来るだけ大きくすることが重要であることが示されている。

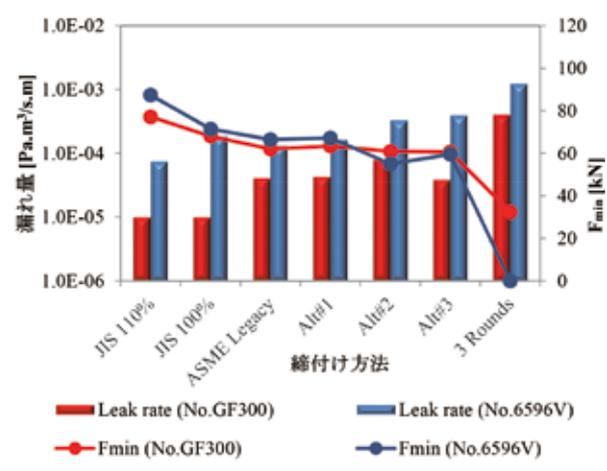


Figure8 密封特性

### 4-4) レンチの移動距離

Figure9は6種類の締付け方法における締結時のレンチの移動距離を示す。移動距離はボルト穴間の直線距離ではなく、円周に沿った最短距離で計算している。JIS B 2251及びASME Alt#3は比較的移動距離が短かった。3 Rounds方法は締結ボルト数が最も少ないにもかかわらず移動距離が長かった。周回締めが多い締付け方法では移動距離が短くなり、対角締めが多い締付け方法では移動距離が長くなる傾向と言える。

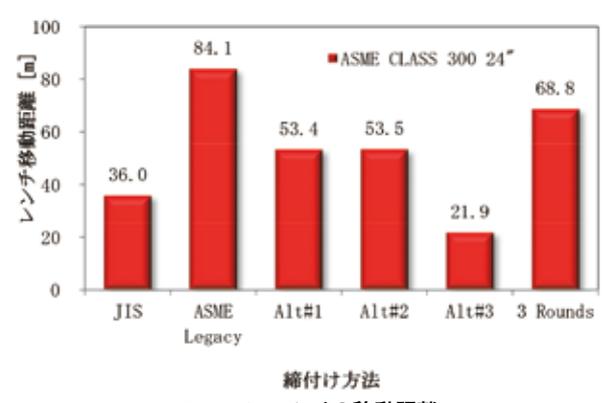


Figure9 レンチの移動距離

### 4-5) 締付け時間

Figure10は6種類の締付け方法のそれぞれに要した締付け時間を示す。本実験では締付け作業中にフランジ面間隙間を測定しているが、Figure10の結果は隙間測定時間を

含まないものとする。締付けボルト数が多いJIS B 2251<sup>7)</sup>及びASME PCC-1<sup>6)</sup> Legacyは締付け時間がより長く、締付けボルト数が少ない3 Rounds締付け方法は最も短い締付け時間となった。ここではトルクレンチを用いたが、油圧レンチ、トルクテンショナーなど、工具及び現場の環境によって締付け時間は大きく変わると考えられる。

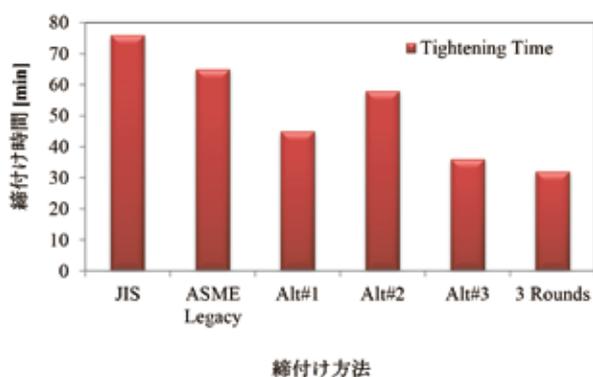


Figure10 締付け時間

## 5. まとめ

本報では、大口径管フランジ締結体を用い、No.GF300及びNo.6596Vの2種類のカセットに対し、7種類の締付け方法で締め付けた際の密封特性、フランジ隙間、ボルト軸力、トルクレンチの移動距離及び締付け時間を測定し、以下の結果が得られた。

- (1) いずれの締付け方法を用いてもフランジ隙間分布に大きな差異は見られなかった。
- (2) 管フランジ締結体の密封特性は締付け方法に影響され、JIS B 2251<sup>7)</sup> 110%締付け方法が最も漏れ量が少なかった。ついでJIS B 2251<sup>7)</sup> 100%であった。3 Rounds締付け方法は簡便であるが密封特性が劣ることが示された。
- (3) 管フランジ締結体の密封特性は最小ボルト軸力に影響されることを示し、最小ボルト軸力をできるだけ大きくすることが密封特性向上に重要であることが示された。
- (4) 締付け方法は、対角締めが多いとトルクレンチの移動距離が長くなる傾向にあり、締付け回数が多い締付け方法は締付け時間が長くなる傾向にある。
- (5) JIS B 2251<sup>7)</sup> 及びASME PCC-1<sup>6)</sup> Legacy、Alt#1は漏れ量が比較的少ないが、多くの締付け時間が必要となる。3 Rounds方法は比較的漏れ量が大きかったものの、JIS B 2251<sup>7)</sup>に比べると締付け時間は半分以下である。

## 6. おわりに

米国機械学会(ASME)では締付け効率 $\eta$ (assembly efficiency)なる因子を導入している。 $\eta$ は達成された全ボルト軸力と目標ボルト軸力の比であり、値は1より小さい。すなわち実際の設計施工ではボルト軸力の目標値に更に $1/\eta$ を掛けて大きめに設定する。JIS B 2251<sup>7)</sup> 110%の基本的考え方は10%大きめに締め付けることである。しかしこれはボルト軸力基準であり、必ずしも適切ではないことが知られ、漏れ量基準の締付け効率を用いることも提案されている<sup>9)</sup>。求めるガスケット締結体の密封特性を指標とする、より効率的な締付け方法へと改良の余地があると考えられる。本研究がプラントの締付け作業の一助になれば幸いである。

なお、本実験に関しては三菱ケミカル株式会社の森本更一氏より御助言を賜った。記して感謝の意を表したい。

## 7. 参考文献

- 1) 村松 晃, “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”, Valqua Technology News Vol. 33, (2017)
- 2) H. Lejeunt, Y. Birembaut, Alexander Riedl, Arne Schunemann, “Investigation on Different Tightening Procedures on Several Bolted Flange Types, dimensions and Their Associated Gasket Types”, PVP2011-57525, Proceeding of ASME PVP 2011 Conference, (2011)
- 3) H. Gong, Russell R. Flocken, “Study of Bolt Tightening Methods Using Load Indicating Bolts”, PVP2016-63723, Proceeding of ASME PVP 2016 Conference, (2016)
- 4) H. Gong, Wesley Pudwill, Elysia J. Sheu, “Study of Alternative Assembly Patterns Using Finite Element Analysis and Lab Tests”, PVP2018-84465, Proceeding of ASME PVP 2018 Conference, (2018)
- 5) W. Brown, “Efficient Assembly of Pressure Vessel Bolted Joints”, PVP2004-2635, PVP-Vol. 478, Analysis of Bolted Joints, (2004)
- 6) ASME PCC-1, “Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly”, (2013)
- 7) Japanese Industrial Standards. JIS B 2490 “フランジ継手締付け方法”, (2008)
- 8) 藤原隆寛, “密封特性に対する締付け手順の影響”, Valqua Technology News Vol. 37, (2019)

9) X. Zheng, K. Sato, T. Fujihara, Y. Akamatsu, T. Sawa, "Effect of Tightening Procedure on the Sealing Performance of Bolted Gasketed Pipe

Flange Connections", PVP2019-93497, Proceedings of ASME PVP 2019 Conference, (2019)



**鄭 興**  
中国総合研究所  
シールエンジニア開発チーム



**佐藤 広嗣**  
研究開発本部  
第1商品開発部



**藤原 隆寛**  
研究開発本部  
第1商品開発部



**澤 俊行**  
広島大学 名誉教授

# グランドパッキンの圧縮方法によるシール性への影響評価

## 1. はじめに

グランドパッキンはパッキン押えをボルトで締付け、グランドパッキンを圧縮することで内部流体をシールさせる。そのためシール性は圧縮面圧に大きく依存していることが分かっているが、圧縮する手順の影響は分かっていない。圧縮手順には数リングを一回で圧縮する一括圧縮及び、2～3リング毎に分けて圧縮する分割圧縮がある。分割圧縮の方がグランドパッキンの密度が高くなりシール性が良いと考えられているが、定量的な効果は分かっていない。また手間がかかるため一括圧縮の方が一般的に使用されている。本研究では材質の異なるグランドパッキンを用いて、圧縮手順によるシール性への影響を応力緩和などの力学的挙動とともに評価した。また、圧縮手順ごとにかかる作業時間の測定を行い、シール性と作業効率の観点からも評価した。

## 2. 試験方法

### 2-1) 試験装置及び試験方法概略

圧縮試験機及び試験治具の概要図をFigure1に示す。

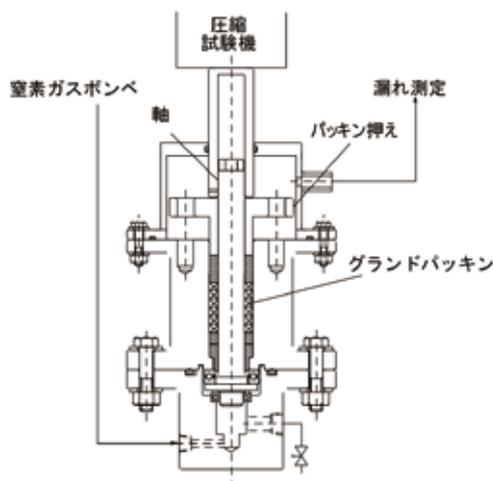


Figure1 圧縮試験機及び試験治具

この試験装置を用い一括圧縮及び分割圧縮での圧縮手順によるシール性能を比較した。更に一括圧縮又は分割圧縮した後、増締めと同じ効果が得られる再圧縮した時のシール性も測定した。グランドパッキンには炭素繊維グランドパッキン(No.6137)及びPTFEグランドパッキン(No.7233)、膨張黒鉛グランドパッキン(No.VF-10T)の3種を使用した。

### 2-2) 試験条件

圧縮面圧	: 19.6MPa
流体	: 窒素ガス
流体圧力	: 1、5、10MPa
パッキン数	: 6個

### 2-3) 試験手順

一括圧縮、一括圧縮+再圧縮(以下、一括+再圧縮)、分割圧縮、分割圧縮+再圧縮(以下、分割+再圧縮)の4種類の圧縮手順で行い、応力緩和が安定した後、シール試験を実施した。

#### 一括圧縮

- ① グランドパッキンを試験治具に6個装着
- ② 圧縮試験機でグランドパッキンを19.6MPaで30秒圧縮後、圧縮試験機のヘッド位置固定
- ③ 応力緩和が安定するまで放置
- ④ 試験治具に窒素ガス(1、5、10MPa)を導入し漏れ測定
- ⑤ 窒素ガスを排出
- ⑥ ②と同条件で再圧縮(一括+再圧縮)
- ⑦ ③～④を実施

#### 分割圧縮

- ① グランドパッキンを試験治具に2個装着
- ② 圧縮試験機でグランドパッキンを19.6MPaで30秒圧縮し圧縮開放
- ③ ①～②を2回繰り返し合計6個装着し圧縮した状態

で圧縮試験機のヘッド位置固定

- ④ 応力緩和が安定するまで放置
- ⑤ 試験治具に窒素ガス(1、5、10MPa)を導入し漏れ測定
- ⑥ 窒素ガスを排出
- ⑦ 圧縮試験機でグランドパッキンを19.6MPaで30秒再圧縮後、圧縮試験機のヘッド位置固定(分割+再圧縮)
- ⑧ ④~⑤を実施

### 3. 試験結果・考察

#### 3-1) 炭素繊維グランドパッキン(No.6137)

Figure2は炭素繊維グランドパッキン(以下、炭素繊維)の応力緩和後の残留応力を示す。残留応力は低い順に、一括圧縮<分割圧縮<一括+再圧縮<分割+再圧縮となった。

Figure3は応力緩和後のシール試験結果を示す。漏れは多い順に、一括圧縮>分割圧縮>一括+再圧縮>分割+再圧縮となった。残留応力が高い圧縮手順ほど漏れが減少することから、残留応力と漏れに相関性があると考えられる。

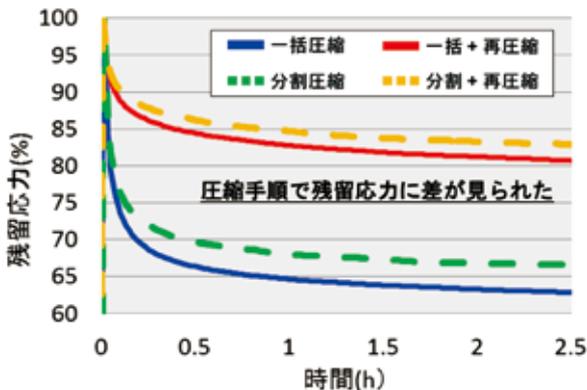


Figure2 炭素繊維(No.6137)の残留応力

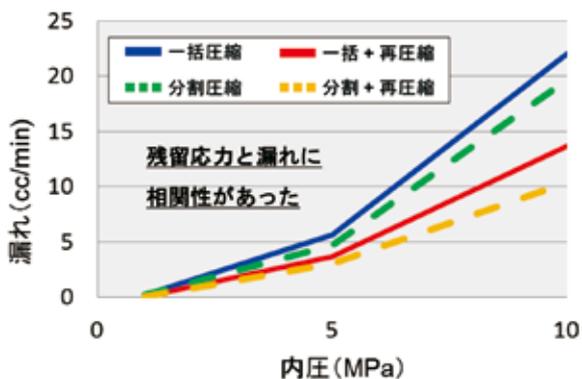


Figure3 炭素繊維(No.6137)の漏れ

#### 3-2) PTFEグランドパッキン(No.7233)

Figure4はPTFEグランドパッキン(以下、PTFE)の応力緩和後の残留応力を示し、Figure5は応力緩和後のシール試験結果を示す。一括圧縮と分割圧縮の残留応力がほとんど同じになり、一括+再圧縮と分割+再圧縮もほとんど同じになった。しかし、それぞれのシール性には差が見られた。

これはFigure6に示すように一括圧縮は圧縮回数が1回だと圧縮によるシール面への押し付けられる回数が少ないため、シール面とグランドパッキンの隙間が大きくなることから漏れが多くなり、分割圧縮は3回圧縮したことでグランドパッキンとシール面の隙間が埋まり漏れが減少したと考えられる。

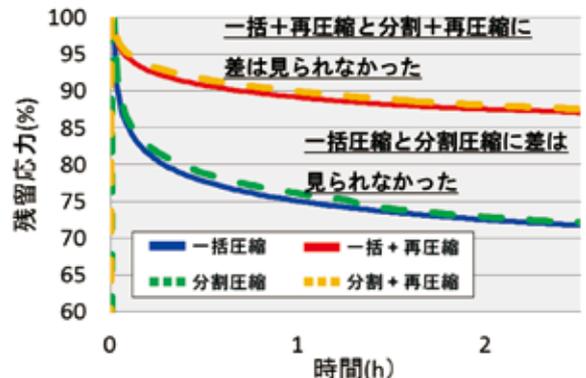


Figure4 PTFE(No.7233)の残留応力

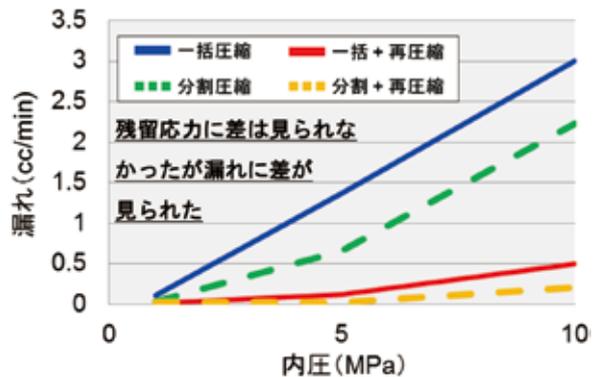


Figure5 PTFE(No.7233)の漏れ

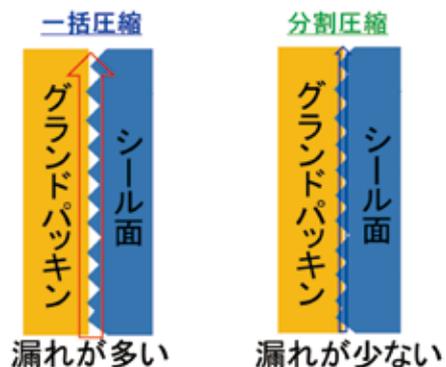


Figure6 シール面の状態と漏れ量

### 3-3) 膨張黒鉛グランドパッキン (No.VF-10T)

Figure7は膨張黒鉛グランドパッキン(以下、膨張黒鉛)の応力緩和後の残留応力を示す。膨張黒鉛は元々空隙が小さく密度が高いため応力緩和が小さく全ての圧縮手順で残留応力が95%以上と高くなり、差も小さかった。圧縮手順での残留応力に差はほとんどなかったが、シール性に差が出た。

Figure8は応力緩和後のシール試験結果を示す。炭素繊維及びPTFEは一括+再圧縮の漏れの方が分割圧縮よりも少なかったが、膨張黒鉛は逆に分割圧縮の漏れの方が一括+再圧縮よりも少なくなった。分割圧縮は次のグランドパッキンを入れるために一旦圧縮を開放する。膨張黒鉛は粉を押し固めたものであるため、分割圧縮で圧縮が開放されても復元しにくく、密度低下やシール面への馴染みの悪化が起りにくくなり分割圧縮の漏れの方が一括+再圧縮よりも小さくなったと考えられる。

繊維状である炭素繊維及びPTFEは復元しやすいため、グランドパッキンの密度低下及びシール面への馴染みの悪化が起りやすく、膨張黒鉛と比較すると分割圧縮の効果が小さかったと考えられる。

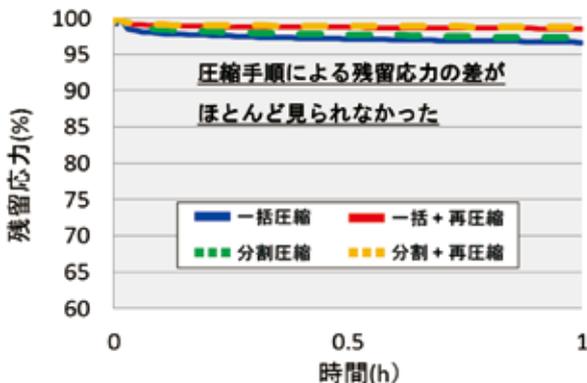


Figure7 膨張黒鉛 (No.VF-10T)の残留応力

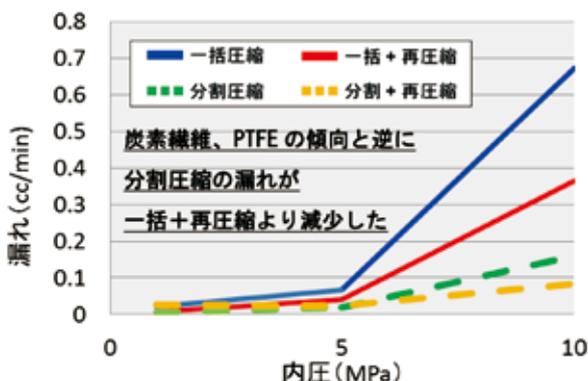


Figure8 膨張黒鉛 (No.VF-10T)の漏れ

### 3-4) パッキン種類ごとの圧縮手順の効果

Figure9に圧縮手順の効果のパッキンの材質ごとに比較したグラフを示す。グラフの縦軸は青色の一括圧縮の漏れを100%としたとき、その他の圧縮方法の漏れの変化率を表している。全ての種類のパッキンで分割+再圧縮が最も漏れが少ない圧縮手順だった。

一括+再圧縮と分割+再圧縮を比較すると炭素繊維とPTFEの漏れの差は10~14%と圧縮手順による差が小さかった。これに対し膨張黒鉛は漏れの差が43%と圧縮手順による差が大きくなった。これは3-3)で述べたように炭素繊維及びPTFEは繊維状で復元しやすい性質に対し、膨張黒鉛は粉を固めた物で復元しにくい。これにより密度低下やシール面への馴染み悪化が起りにくいため、膨張黒鉛では分割圧縮による効果が顕著に出たと考えられる。

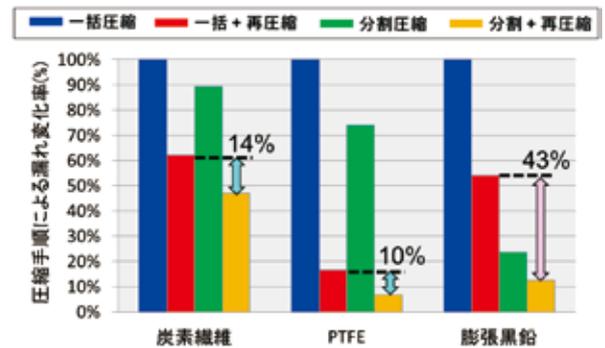


Figure9 圧縮手順による漏れ量の違い

### 3-5) 圧縮手順ごとの作業時間

Figure10に圧縮手順ごとの作業時間を示す。分割+再圧縮にかかる作業時間は一括+再圧縮の3.6倍かかった。漏れの差が10~14%の炭素繊維及びPTFEで分割+再圧縮を実施するのは非効率であると考えられる。

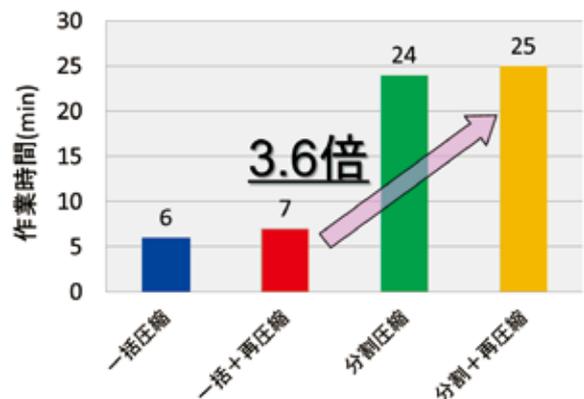


Figure10 圧縮手順ごとの作業時間

膨張黒鉛は分割+再圧縮が一括+再圧縮より43%シール性が改善した。分割+再圧縮は3.6倍作業時間がかかるので高いシール性が求められる用途で推奨する。

#### 4. おわりに

本研究により圧縮手順の違いによるシール性と作業時間の関係の評価することが出来た。本試験条件において炭素繊維及びPTFEの場合、一括+再圧縮及び分割+再圧縮

の漏れに大きな差がなかったことから作業効率の観点から一括締め後増締めを行うことが推奨される。膨張黒鉛の場合、作業効率を優先する場合は一括締め後増締めを実施し、シール性を優先する場合は分割締め後増締めを使用するなど、用途にあった圧縮手順を使用することで求める効果を選択可能であることが分かった。

プラントなどの現場においてグランドパッキンの脱着や締付けなどの作業は非常に多くの時間が掛かっている。本研究が作業の効率化の一助になれば幸いである。



濱出 真人  
研究開発本部  
商品開発部

# セミメタリックガスケットの性能比較 及びカンプロファイルガスケットシリーズの紹介

## 1. はじめに

石油精製、石油化学、及びエネルギーなどの分野では、セミメタリックガスケットである、うず巻形ガスケット、メタルジャケットガスケット、カンプロファイルガスケットが多く使用されている。

うず巻形ガスケットは、配管から機器類まで幅広く使用されており、メタルジャケットガスケットは、シール幅が狭く、枝付きのガスケットも出来ることから、熱交換器などの機器類に多く使用されている。カンプロファイルガスケットは、海外で多く使用されていたが、近年、性能や取扱性の良さから国内でも普及しつつある。

セミメタリックガスケットはこのように使い分けされてきたが、設備の経年劣化や保守管理に対する考え方が多様化する中で、使用条件により再選定されるようになってきた。しかしながら、これらのセミメタリックガスケットの性能比較データはあまりない。そこで今回、ユーザーがガスケットを選定する一つの指標となるよう、セミメタリックガスケットの比較評価データを示す。併せて、当社でラインアップを拡充させたカンプロファイルガスケットシリーズの特長を紹介する。

今回対象とした製品は、膨張黒鉛を使用したうず巻形ガスケット(No.6596V)、カンプロファイルガスケット(No.6540H)、及びメタルジャケットガスケット(No.N520)である。

## 2. 特性比較評価

### 2-1) 常温シール特性

常温シール特性をFigure1に示す。評価方法はJIS B 2490に基づいて実施した。なお、メタルジャケットガスケットは一般的な使用方法に基づきペースト(No.6)を塗布した。

常温シール性は、うず巻形ガスケットが最も優れている結果であった。カンプロファイルガスケット及びメタルジャケットガスケットは、低面圧(12.5~50MPa)では漏れ量が多く、50MPa以上を負荷すると、測定感度以下の漏れ量であり、

プラント稼働時の漏れ量判定で使用される石鹸水発泡法での検知以下となるシール性が得られる。

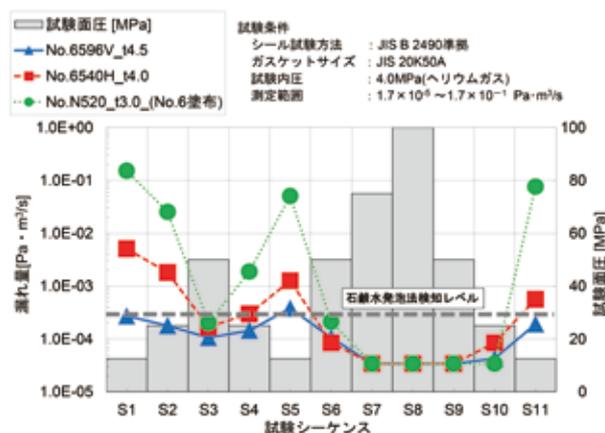


Figure1 常温シール特性

### 2-2) 圧縮復元特性

圧縮復元特性をFigure2示す。面圧5MPaと面圧100MPa時のガスケット変位量差を圧縮量、面圧100MPaとその後面圧12.5MPaまで除荷した際のガスケット変位量差を復元量とした。Table1に各ガスケットの圧縮量、復元量を示す。

Table1より、うず巻形ガスケットが圧縮量、復元量とも最も大きい結果であった。メタルジャケットガスケットは、圧縮量は大きいが復元量は小さく、カンプロファイルガスケットでは、圧縮量、復元量とも小さい結果であった。熱サイクルなど、フランジ面間の変化が大きい場合は、圧縮復元特性が最も優れているうず巻形ガスケットが適している。

Table1 圧縮量と復元量

	圧縮量 [mm]	復元量 [mm]
	面圧 5MPa → 面圧 100MPa	面圧 100MPa → 面圧 12.5MPa
No.6596 t4.5	0.850	0.198
No.6540H t4.0	0.432	0.060
No.N520 t3.0 (No.6塗布)	0.918	0.079

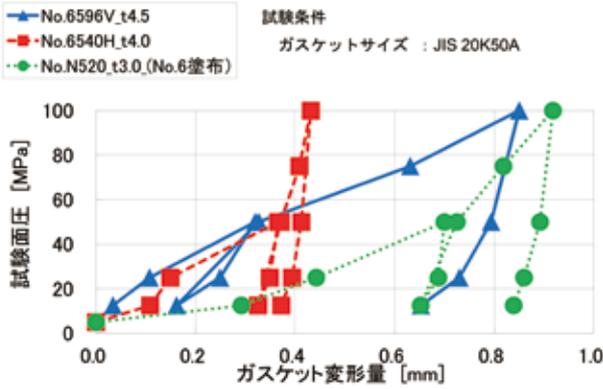


Figure2 圧縮復元特性

### 2-3) 熱サイクル特性

高温のシール特性評価として、ガスケットをフランジに締結した状態で加熱、冷却を繰り返し、冷却後の常温シール性を評価した。

熱サイクル特性をFigure3、4に示す。締付け面圧は全サンプル共通で70MPaとし、合わせて各ガスケットの推奨締付け面圧でも実施した。加熱温度は400℃及び500℃とした。

Figure3、4より、うず巻形ガスケット、カンプロファイルガスケットは安定したシール性を維持していた。一方、メタルジャケットガスケットでは、加熱前は測定検知以下の漏れ量であったが、加熱後に漏れ量が増加した。これは、温度サイクルを繰り返すことにより、中芯材の復元性が低下するためと考えられる。

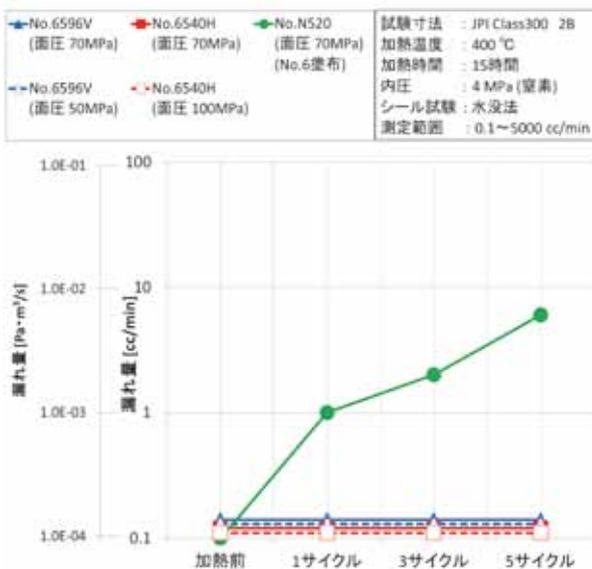


Figure3 400℃熱サイクル特性

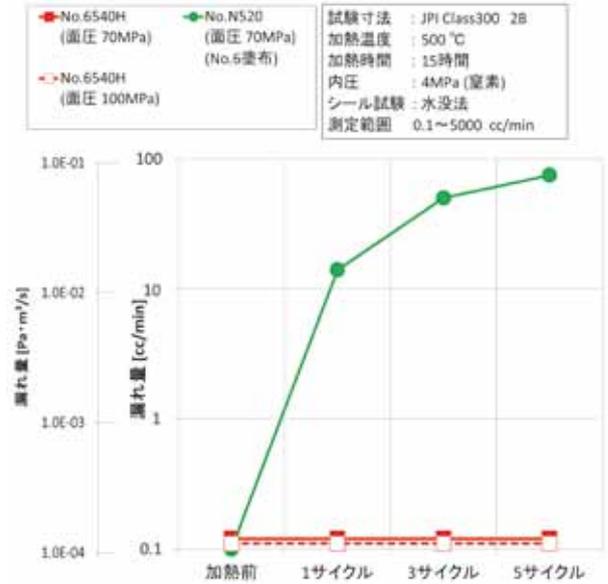


Figure4 500℃熱サイクル特性

### 2-4) セミメタリックガスケットの使い分け

セミメタリックガスケットの中で性能面ではうず巻形ガスケットが最も優れている。しかしながら、取り扱いし難い大口径、及びガスケット幅が狭い形状など、うず巻形ガスケットの使用が難しい場合がある。よって、ガスケットの径がおおよそφ1000未満、及びシール幅が確保できる場合はうず巻ガスケットが適している。一方、大口径(φ1000以上)、シール幅が確保出来ない場合、及び高所作業ではカンプロファイルガスケットやメタルジャケットガスケットが適している。また、メタルジャケットガスケットは、楕円や矩形など様々な形状に加工できる特長があり、カンプロファイルガスケットと比較すると経済的なガスケットである。

## 3. カンプロファイルガスケットシリーズ

### 3-1) 特長

先に述べたようにカンプロファイルガスケットは、近年、国内でも普及しつつある。これを受け、当社では、新たなカンプロファイルガスケットを開発し、製品のラインアップを拡充した。使用条件に従い、溝付きメタルガスケットに貼り合わせる表層材を選択することが可能となった。

膨張黒鉛シート貼り合わせ品(No.6540H)は様々な条件で使用出来る汎用品である。膨張黒鉛の酸化消失が懸念される温度領域である400℃以上で使用する場合は、より耐熱性の高いバルカーヒートレジストシート®貼り合わせ品(No. HR540H)が適している。PTFEシート貼り合わせ品

(No.7540H)は、膨張黒鉛品と比較して使用温度は低くなるが、コンタミが懸念され膨張黒鉛の使用が難しいラインに適している。

### 3-2) 特性評価

No.HR540Hの特長として耐熱性が挙げられる。Figure5は、表面層をバルカーヒートレジストシート®、膨張黒鉛シートとしたカンプロファイルガスケットの600℃での熱サイクル特性である。

600℃の結果より、No.HR540Hは加熱温度が高くなった場合でも、漏れ量に大きな変化はないが、No.6540Hは大きく漏れ量が増加した。これは、膨張黒鉛の酸化消失による影響である。膨張黒鉛は400℃以上では徐々に酸化消失するため、長期的なシール性維持が懸念される。Figure6、7に膨張黒鉛シートとバルカーヒートレジストシート®の温度、時間ごとの重量減少率を示す。Figure7は、240時間までの評価結果であるが、400℃～500℃程度の温度でも膨張黒鉛の減少は生じるため、2～4年の長期的に見ればシール安定性に欠ける。バルカーヒートレジストシート®は、加熱初期にわずかに減量するだけで、長期的に大部分が残存している。また、加熱温度を上げても減少率は変わらず、長期的な減少率も一定であり、安定したシール性が得られる。

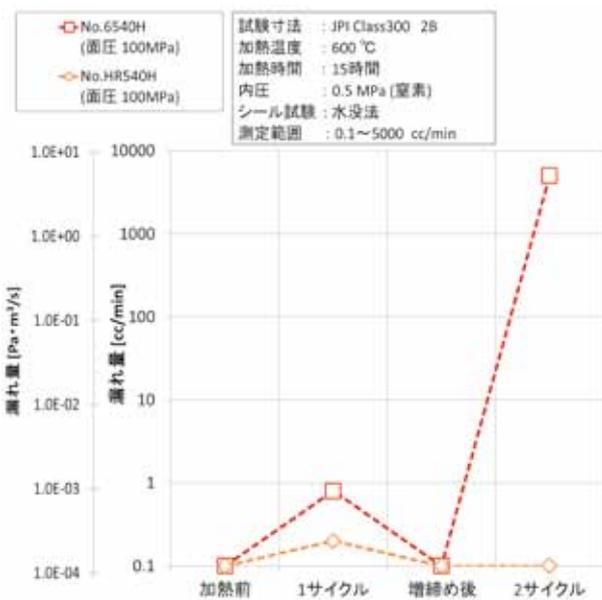


Figure5 600℃熱サイクル特性

大口径はフランジローテーションなどで、ガスケットに推奨締付け面圧以上の荷重が負荷される場合がある。そのため、締付け時に金属部分が露出し、フランジを傷つける懸念

がある。カンプロファイルガスケットに過剰な面圧を負荷し、表層材に亀裂が入るか評価した結果を Table2、Figure8に示す。No.HR540H、No.6540Hでは、面圧200MPaを負荷しても金属の露出は見られず、過剰面圧を負荷してもフランジを傷つける恐れは少ない。No.7540Hは面圧140MPaで金属の露出が確認された。これは、PTFEシートが膨張黒鉛シートと比較してフローしやすいためと考えられる。しかしながら、No.7540Hの推奨締付け面圧は60MPaであり、推奨締付け面圧の2倍の面圧を負荷しても金属の露出は見られず、使用上は問題ないとする。

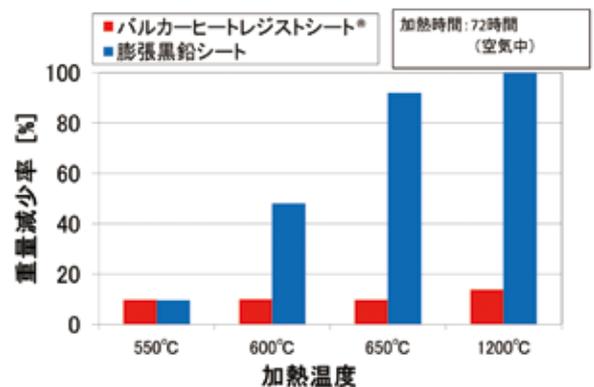


Figure6 温度による重量減少率の変化

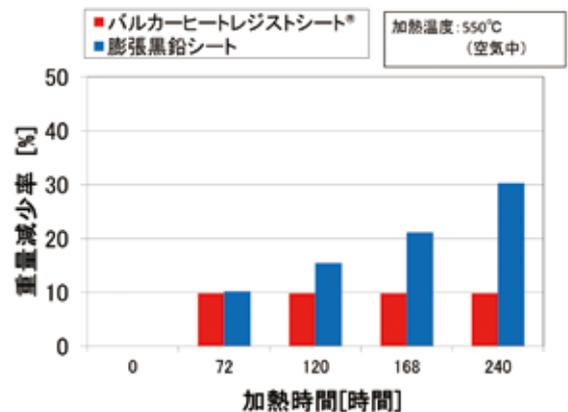


Figure7 時間による重量減少率の変化

Table2 圧縮変形特性

寸法: JPI Class300 2B		金属露出の有無
No.HR540H	バルカーヒートレジストシート®	200MPaで金属露出なし
No.6540H	膨張黒鉛シート	200MPaで金属露出なし
No.7540H	PTFEシート	140MPaで金属露出

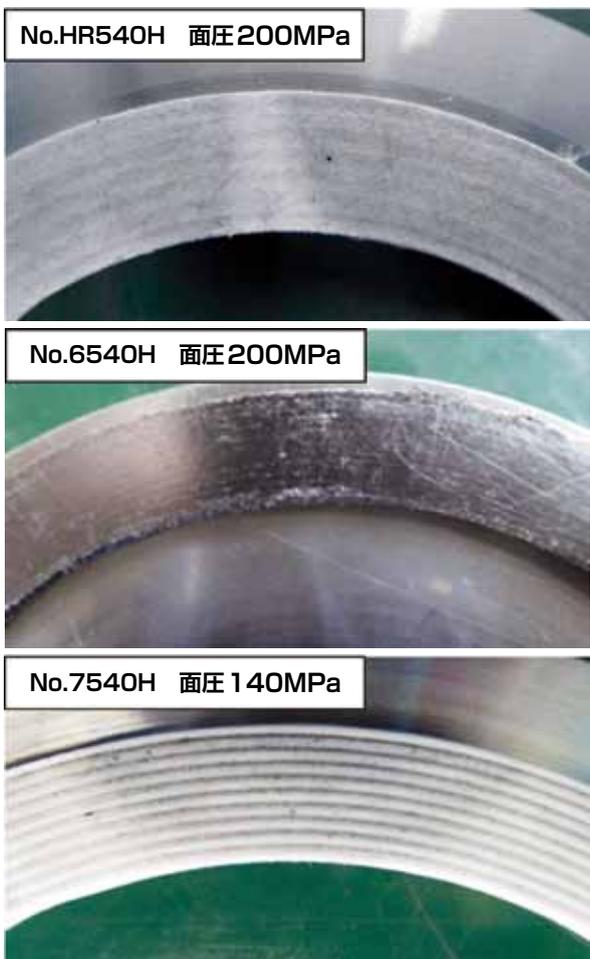


Figure8 過剰面圧負荷後の外観写真

#### 4. おわりに

国内の石油精製、及び石油化学プラントでは、プラントの老朽化や定期メンテナンスの長期化で、より安定したシール製品が求められている。今回のセミメタリックガスケットの性能比較、及びラインアップを拡充させたカンプロファイルガスケットシリーズがガスケットを選定する一つの指標に活用いただければ幸いである。



高橋 聡美  
研究開発本部  
商品開発部

# 急速開閉形シリンダバルブの紹介

## 1. はじめに

従来、短時間で開閉操作が出来、流体の流れ抵抗が小さいエア操作式自動弁としてはボールバルブやバタフライバルブが多用されてきたが、「耐久性・高速作動性」に難点があった。

これらの難点は、通常の使用条件では問題になることは少ないが、高頻度、高速作動で使用される製鉄所の圧延ライン冷却水切替弁では問題となることがあった。

その問題とは、弁座シール部が摺動接触となっており、作動回数の積み重ねにより弁座が摩耗、損傷するため、長期間良好なシールを達成することが困難なことである。開閉回数としては10万～20万回が限度であった。また、開閉作動時間が短い場合には、急閉止に伴って発生するウォーターハンマ現象によるバルブ1次側の急激な圧力上昇が、弁座シール部や弁体支持軸受、操作用システムに損傷を与えバルブが操作不可能になることがある。

本報では、これらの問題を解決出来、更なる価値を付加して約40年前に開発・製造販売開始し、現在も沢山のご支持を得ている急速開閉形シリンダバルブを紹介する。

## 2. 特長

### 2-1) シール寿命が長い

弁座シールは摺動接触ではないため、摩耗によるシール性の低下はない。

### 2-2) 作動信頼性は良好

内部構造をシンプルにして、可動部品を少なくしたため、トラブルの発生は極めて少ない。また、ウォーターハンマ現象による、急激な圧力負荷に対してもバルブ全体が円筒形状であるので、十分な強度を有しているため、作動不良になることはない。

### 2-3) コンパクトで取扱い性抜群

バルブに駆動部を内蔵し一体化されているので、コンパクトかつ軽量であり、取扱いも容易である。また、駆動部が出っ張っていないため、配管スペースも少なくでき、取付姿勢に制限がない。シリンダバルブカットサンプル写真をFigure1に示す。



Figure1 駆動部を内蔵し一体化したシリンダバルブ

### 2-4) 高速作動性良好

可動部は軽量であり、作動ストロークも短いため高速作動が可能で、その作動性も良好である。標準仕様での作動時間一覧表をTable1に示す。

Table1 シリンダバルブ標準作動時間

流体圧力 呼び径	作動時間(秒)				使用エア-機器(甲南電機製)	
	0.98MPa		1.96MPa		電磁弁	スピコン
作動	開→閉	閉→開	開→閉	閉→開		
15A	0.10	0.10	0.10	0.10	453S202C	SC6-02-8A
20A	0.11	0.10	0.13	0.10		
25A	0.14	0.12	0.17	0.12		
32A	0.21	0.19	0.26	0.17		
40A	0.21	0.19	0.26	0.17		
50A	0.33	0.28	0.43	0.26	413S302C	SC6-04-10A
65A	0.30	0.26	0.36	0.25		
80A	0.34	0.29	0.42	0.27		
100A	0.44	0.38	0.57	0.35		
125A	0.68	0.59	0.85	0.54		
150A	0.94	0.81	1.2	0.74	413S603C	SC6-04-15A
200A	1.7	1.5	2.1	1.3		
250A	2.4	2.0	3.1	1.8		
300A	2.6	2.1	3.5	1.9		
350A	3.1	2.6	4.0	2.4		
400A	3.4	3.1	3.8	2.8	413S806C	SC6-08-20A
450A	4.8	4.5	5.3	4.1		

### 2-5) 空気消費量が少ない

内部流体圧力がバルブの作動に与える影響は、最小限にしているためシリンダ有効面積は少ない。作動に必要な圧縮エアは同一サイズのボール弁を作動させる必要量よりも少ない。

### 2-6) 流体流れ抵抗は小さい

弁座が摺動接触しないバルブ(例:グローブバルブ)では、流体の流れ方向が数回にわたり変化するため流れ抵抗は大きい。シリンダバルブは流れ方向の変化が少なく、また流路形状も流線形なので、流れ抵抗は小さく、比較的大流量用途でも使用出来る。2方向弁のCv値—差圧—流量関係図をFigure2に示す。

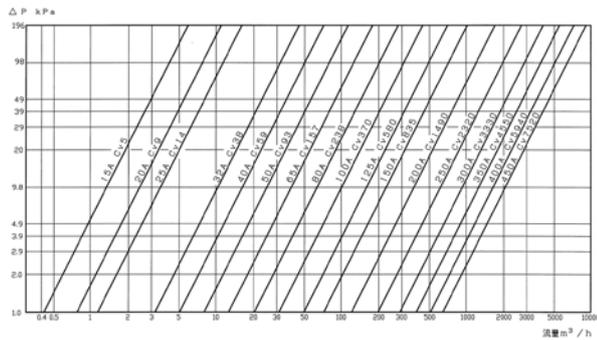


Figure2 Cv値—差圧—流量関係図

も製作できる。3方シリンダバルブの断面構造図をFigure4に示す。

ピストンはシリンダ(本体)に供給される作動エア圧の切換えによって、弁座側または反弁座側に移動する。弁座側に移動したとき、ピストン先端が弁座パッキンに押し付けられ、本体流路及びピストン内部を流れてきた流体をシールし、バルブは「閉」の状態になる。次に、作動エア圧を切換えピストンが反弁座側に移動したとき、ピストン先端と弁座パッキンの間は流路として開放され、流体は本体流路及びピストン内部を経てキャップ流路を通してバルブは「開」の状態になる。

バルブの開閉状態は、ピストンに取り付けた開閉指示棒により目視で容易に確認できる構造である。また、開閉指示棒に操作バーなどを取り付けることにより、リミットスイッチ及び近接スイッチによる開閉状態の検知、ポジショナの取り付け・コントロール弁化が可能である。

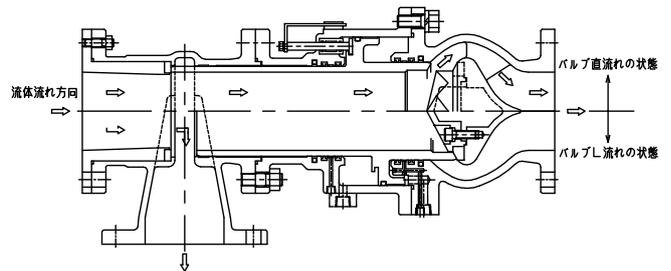


Figure4 3方シリンダバルブ断面構造図

## 3. 構造と作動

シリンダバルブの主な構成部品は本体、キャップ、ピストンの3点であり、その他に各接合部、可動部シールのシール材が用いられた構造となっている。2方シリンダバルブの断面構造図をFigure3に示す。また、2方弁の1次側(本体ラインフランジ側)にT形部品を取り付けることにより3方シリンダバルブ

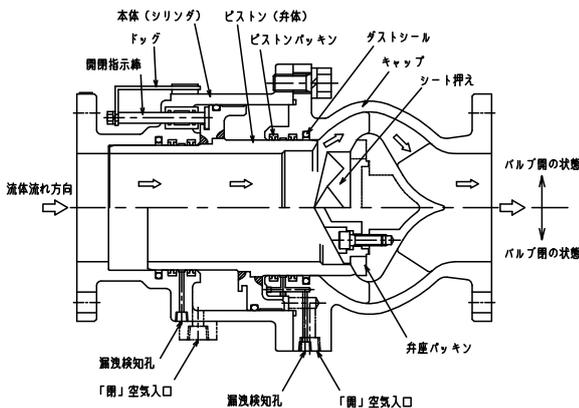


Figure3 2方シリンダバルブ断面構造図

## 4. 標準仕様

シリンダバルブの標準仕様は以下の通りである。

- 接液金属材質…… SCS13、SUS304
- パッキン材質 …… NBR,AU (流体により他も選定)
- 接続…………… JIS 10k、20k フランジ(CLASS 150も可)
- サイズ …………… 呼び径 15A～450A
- シール寿命 ……… 50万回サイクル
- 最高使用圧力…… Table2による
- 操作エア圧力 …… 0.4～0.7MPa
- 使用温度範囲…… パッキン材質により異なる(要相談)

Table2 シリンダバルブ最高使用圧力

分類	呼び圧力	最高使用圧力
2方弁	10K	1.37MPa
	20K	3.33MPa
3方弁	10K	0.98MPa
	20K	2.45MPa

備考 ただし、20k-15A～25Aは2方、3方共1.97MPa

## 5. 用途

### 5-1) 従来からの主要用途

開発目的であった製鉄所及びPSA式窒素ガス発生装置が主要用途である。

#### 5-1-1) 製鉄所(非鉄金属含む)

厚板及び熱間圧延ラインの製品、ロール冷却用切換弁。  
顧客ニーズ：シール寿命、作動信頼性、高速開閉、自動弁

#### 5-1-2) PSA式窒素ガス発生装置

大型マウント式PSA式窒素ガス発生装置のガス切換弁。  
顧客ニーズ：シール寿命、シール性、高速開閉、  
自動ON-OFF弁

### 5-2) 最近の新規用途事例

最近の用途事例を以下に紹介する。

#### 5-2-1) テーマパーク噴水設備

テーマパーク内の噴水を含むショーに採用。シリンダバルブは噴水エフェクトのON-OFF弁、及びコントロール弁として使用される。高速開閉を伴う噴水流量コントロールにより、従来になく表現豊かなショーの実現に寄与。

顧客ニーズ：作動信頼性、高速開閉、自動ON-OFF弁、  
コントロール弁

#### 5-2-2) 工場廃水設備濾過機

工場廃水は濾過機を通し、基準を満たした状態で工場外に排出される。廃水を濾過した濾過機のフィルタにはゴミが付着するが、そのまま使い続けると濾過能力の低下につながる。そこでエアブローによるゴミの除去が行われるが、ON-

OFF弁の使用頻度が高い場合、エアの内部漏れが発生しラインを止めてメンテナンスを実施しなくてはならない。

通常上記用途ではON-OFFボール弁が使用されるが、弁座が摺動接触のため、シール寿命が短い。シリンダバルブの採用により廃水設備の稼働率向上、メンテナンス工数削減に寄与できる。

顧客ニーズ：シール寿命、自動ON-OFF弁

## 6. おわりに

今回紹介した急速開閉形シリンダバルブは、顧客の抱える難点・問題(=課題)を確かなシール・バルブ技術ソリューションにより解決(=価値の提供)したバルブであり、現在も継続してご使用いただいているのは高い品質を維持しているからである。まさに当社名の由来である「Value & Quality」を具現化したものである。

これからも顧客の潜在ニーズを掘り起こし、ソリューションの提供により顧客とWin-Winの関係構築に邁進していきたい。

## 7. 参考文献

- 1) 社団法人日本バルブ工業会：新版 バルブ便覧，368-370 (2011)
- 2) 北澤 正広：バルブ技報，No.52, 80-81 (2004)



**村山 聡**

営業本部  
テクニカルソリューショングループ

# タンク洗浄用スプレーボール®の開発

## 1. はじめに

近年、産業用タンク・配管などを対象として、組み付けや取り外しに出来るだけ手間をかけず、作業員がほとんど又は全く介在しないCIP(定置洗浄:Cleaning In Place)が主流となっている。

ここでは、様々な業界のタンク内の洗浄について、洗浄ノズルに着目し、当社製品の固定式・回転式スプレーボール®及び開発品の回転式スプレーボール®を紹介する。

なお、医薬品業界の重要工程の設備装置については洗浄バリテーションが実施されている。当社スプレーボール®も洗浄設備の1重要部品として採用され、顧客のリスクマネジメントに貢献している。

## 2. 洗浄とは

一般的に洗浄とは、汚れを取り除く行為を言う。

本報では、汚れ(表面に付着した固体物質)を後工程の処理・加工などに問題ない程度まで取り除く行為を洗浄と定義づける。

なお、広義の洗浄には気体や液体の中の不純物を取り除く行為も含まれるが、ここでは除外する。

洗浄の清浄度は、目的及び用途によって付着物を100%除去するレベルから、見た目で少なくなっていれば合格とするレベルまで各業界からの要求は様々で、非常に幅が広いのである。

## 3. 固定式スプレーボール®

医療・化学・食品など、あらゆる業界の反応槽、攪拌槽、貯槽などのタンク内の洗浄用として使用する。接液部がPTFEなので耐熱・耐薬品性を生かし、タンク内に常時装着しておくことが出来る。また、顧客のタンクノズルオリエンテーションに合わせて噴射位置を設計するので、短時間に効率

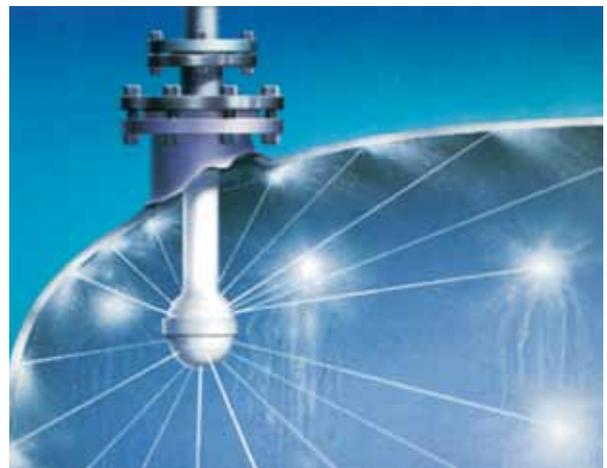


Figure1 固定式スプレーボール®のイメージ図

の良い洗浄が可能であり、洗浄液の消費量を抑えられる。

穴は高精度の加工で効率よく配置されているが、小さな穴から圧力をかけて噴射されるため流体が引火性の場合、材質は導電性PTFEを推奨する。これは、噴射時に静電気が蓄積され、それが原因で引火する可能性があるからである。

使用本数の目安は、Table1のとおりである。

Table1 缶体容積あたりの型式ごとの使用本数

缶体容積	スプレーボール®の使用本数		
	型式	縦型反応槽	縦型貯槽
600ℓ以下	50	2本	1本
1~5m <sup>3</sup>	80	2本	1本
6~10m <sup>3</sup>	100	2本	1本

備考 上表の使用本数については、目安とする。

タンク内に攪拌軸やパッフルなどがある場合は、軸の裏側を洗浄するためにスプレーボール®の本数を増やすことを推奨する。

構造はFigure2のように①上ボール②下ボール③2段フランジで構成される。的確に狙った洗浄ポイントに噴射するため、ズレ防止目的から取り付けは2段フランジを採用している。

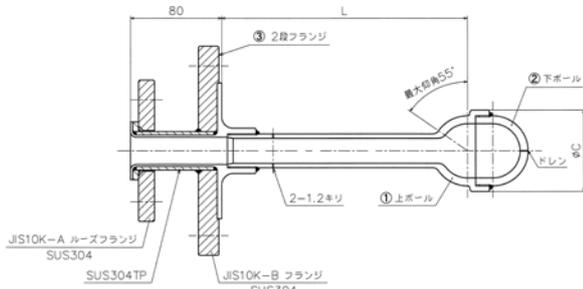


Figure2 固定式スプレーボール®の標準構造

標準寸法については、Table2のとおりである。

Table2 標準寸法

型 式	洗浄水量 (L/min)	フランジ 組み合わせ	φC	L(最大)	
				PTFE	導電性PTFE
SB-50	15~40	25A×50A	46	400	300
SB-80	30~70	25A×80A	72	600	370
SB-100	70~100	40A×100A	97	500	370

また、T字管などへスプレーボール®を取り付ける場合は、つなぎや振れ止めを付ける。これは、一定個所に穴が集中し、そこに噴射圧が加わることで反れを防止するためである。

フランジ組み合わせについては、Table2の他にサイズ指定が可能であり、フランジの材質についても標準ではSUS304となるが、SS400などの他材質の指定が可能である。

#### 4. 回転式スプレーボール®



Figure3 回転式スプレーボール®のイメージ図

回転式スプレーボール®も用途・材質特性については、固定式スプレーボール®と同様だが、特徴としては以下のとおりである。

- 構造はFigure4にあるように、①本体②上ボール③下ボール④固定用リング⑤ツバで構成されており、上下のボールが逆回転する。洗浄水そのものが回転をコントロールするため、内部には回転用の部品がない。よって、シンプルな構造のため、メンテナンスが容易である。
- スプレーパターンは直進棒流を形成し、低圧でも効率的な洗浄が出来る。
- 噴射パターン(角度)、流量(穴径・穴数)は、顧客仕様により変更可能である。

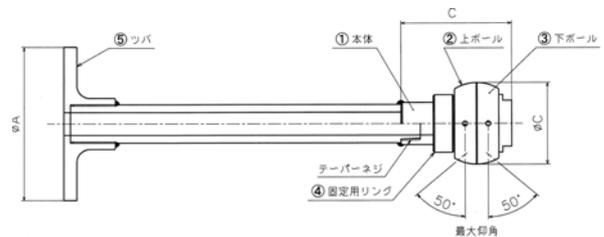


Figure4 回転式スプレーボール®の標準構造

取り付け方法は、タンクのノズルと配管側のノズルに⑤のツバを挟み込む形で取り付け。回転式スプレーボール®の場合、固定式スプレーボール®とは異なり、狙ったポイントに噴射する必要がないからである。

標準寸法については、Table3のとおりである。

Table3 標準寸法

型 式	洗浄水量 (L/min)	φA	φB	C	テーパネジ
SB-50R	約25	100	42	57	1/2"
SB-80R	約90	130	64	86	3/4"
SB-100R	約140	155	88	118	1"

#### 5. 固定式と回転式の選定について

これまで、固定式スプレーボール®と回転式スプレーボール®について説明したが、実際にどちらを取り付けたら良いのかわからないというご意見をよくいただくので、固定式と回転式の特徴についてTable4で比較する。

Table4 固定式と回転式の比較

タイプ	洗浄水量	洗浄時間	ポイント洗浄	メンテナンス	価格
固定式	○	○	○	△	○
回転式	△	△	△	○	○

洗浄水量・洗浄時間・ポイント洗浄については、固定式は狙って洗浄するため、回転式のように洗浄液をまき散らすより

も効率的な洗浄が出来、洗浄水量と洗浄時間を抑えることが出来る。

一方、回転式はタンク内のリンスに向いており、構造がシンプルなので分解メンテナンスが容易である。また、穴径が大きいので目詰まりの心配がない。

## 6. 洗浄の課題

### 6-1) 背景

タンク洗浄の課題となるのが各ノズル内の洗浄である。

従来はタンク内の上鏡、マンホール(ハンドホール)、照明口(透視灯口)が洗浄出来ていれば、洗浄検査は合格であったが、近年では業界に限らず各ノズルの内部まで洗浄出来ていなければ不合格と判定されるようになった。

その背景として、従来はスプレーボール®で洗浄出来ないノズルの内部等の細かい部分は、作業員がブラシや布などの手作業で洗浄していた。その結果、人が介在したことにより布の繊維や埃などがタンク内に残留し、後工程に甚大な被害をもたらした。いわゆるコンタミネーション(以後コンタミと表記)問題である。

そこで、各業界ではコンタミゼロを目標に人手を介さない洗浄CIP(定置洗浄)を掲げたのである。CIPの利点として一つ、一定の洗浄効果が期待出来るため、製品の品質安定と向上が図れることが挙げられる。これらのことから、CIPが主流となり洗浄ノズルが注目されるようになったのである。

### 6-2) 課題の解決

まず、各ノズル内の洗浄について固定式スプレーボール®で検討した。同品で洗浄する場合、Figure5のようにパイプを長くし、下方向から各ノズルに噴射すれば洗浄は可能だが、Figure2のように最大仰角が55°のため、固定式スプレーボール®の真上に洗浄出来ない範囲が出来てしまう。また、顧客のタンクノズルオリエンテーションごとに噴射ポイントを設

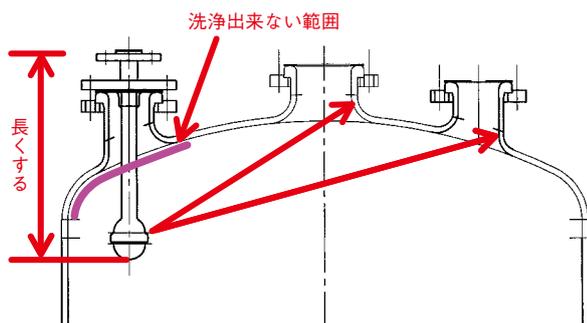


Figure5 ノズル洗浄検討案

計することは、骨が折れる作業である。

次に回転式スプレーボール®で検討した。同品で洗浄する場合、Figure4にもあるように最大仰角が50°であることと、決まった噴射軸しか通らないことからノズル内を洗浄することは到底不可能である。

## 7. 開発品 回転式スプレーボール®

前述のとおり固定式スプレーボール®では設計に手間がかかり、従来品の回転式スプレーボール®ではノズル内が洗浄出来ないことから、顧客要望に応えるため、新規にスリットタイプと穴配列タイプを開発した。次に各開発製品の特徴を説明する。



Figure6 回転式スプレーボール®のノズル(タイプ別)

### 7-1) スリットタイプ



Figure7 スリット洗浄イメージ

スリットタイプの構造・材質については従来からある標準品と同様で上下ボールが逆回転し、効率的な洗浄が可能である。洗浄不可範囲となりやすい真上・真下は直進棒流で洗浄し、マンホール・照明口・各ノズルは広域噴射(スリット)で洗浄する。(Figure7)

スリット開口部が広がっているため、噴射圧は穴形状と比較して若干弱くなるが、噴射に広がりがあるため穴よりも広範囲の洗浄を得意とする。

### 7-2) 穴配列タイプ

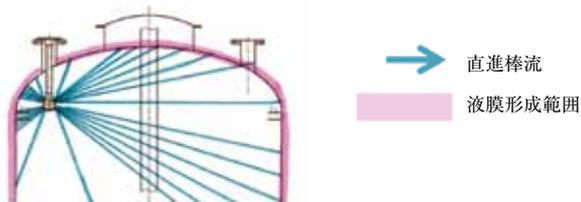


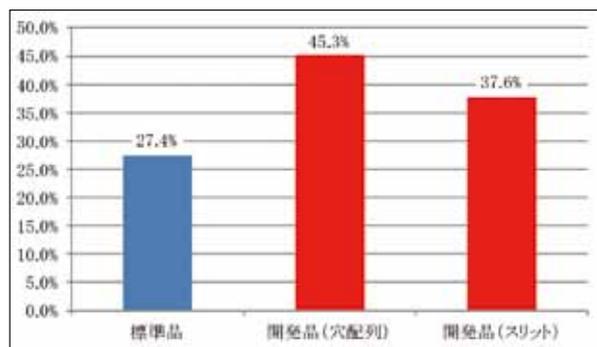
Figure8 穴配列洗浄イメージ

穴配列タイプの構造・材質についても従来からある標準品と同様で、上下ボールが逆回転する。洗浄不可範囲となりやすい真上・真下は直進棒流で洗浄し、マンホール・照明口・各ノズルは、縦2列に配列された小さな穴で洗浄する。この穴は水压を保ったまま洗浄ポイントに到達するので、固定式スプレーボール<sup>®</sup>のような高い洗浄力を発揮する。穴と穴との距離は、当社独自の設計・加工により密接されており、これにより各ノズル内への入射が可能となった。

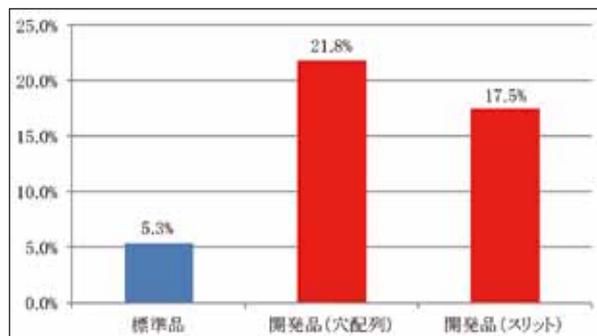
また、回転速度もスリットタイプと比較して低速のため、効率の良い洗浄が可能である。(Figure8)

### 7-3) 標準品と開発品の洗浄率比較

次に標準品と開発品であるスリットタイプ・穴配列タイプを洗浄率で比較するとFigure9のようになる。



タンク内洗浄率



ノズル内洗浄率

Figure9 タンク内とノズル内の洗浄率

この結果からもわかるように、タンク内・ノズル内の洗浄において標準品より開発品のスリット及び穴配列の方が優れていることがわかる。スリットタイプは短時間で広範囲を洗浄出来、穴配列タイプは強い圧力を保ったまま洗浄ポイントに到達するため、特にノズル内の洗浄に優れている。

なお、本洗浄評価試験は次の8. 洗浄評価試験で述べている当社が考案した洗浄評価試験で実施した結果であり、グラフの数値が低めに出ているのは、汚れに見立てた試料に固着性の高い物質を使用しているからであり、より厳しい条件で評価試験を実施しているためである。

## 8. 洗浄評価試験

代表的な洗浄評価方法として、目視検査や水を主体とした溶媒摘出法・表面からのサンプリング検査などがあるが、洗浄評価方法を定める際には、対象とする設備装置に関する一般的な汚れをまず考え、適切な洗浄評価方法を選択する必要がある。

代表的な洗浄評価方法とその長所・短所について、Table5にまとめる。

Table5 洗浄評価法の比較

評価方法	長 所	短 所
目視検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>容易に実施可能</li> <li>表面の汚れが検出可能</li> <li>分析装置等が不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主観的</li> <li>設備全体の検出は不可</li> <li>低濃度が検出不可</li> </ul>
リンス水のサンプリング検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>容易に実施可能</li> <li>洗浄剤その他の水溶性物質が検出可能</li> <li>洗浄サイクルの日常的モニタリングに使用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>付着残留物が検出不可</li> <li>高精度の分析対象物の回収が煩雑</li> </ul>
スワブ検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>付着物質が検出可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>検査者により結果が変動する</li> <li>設備内に入ったり分解する必要がある</li> </ul>

洗浄評価試験方法や検査タイミングについては、各社運用マニュアルで規定されており、各業界において特に基準が定められているわけではない。

当社製品のスプレーボール<sup>®</sup>を納品する際、顧客立会いのもと洗浄評価試験が実施されることがある。これは、実機タンクにスプレーボール<sup>®</sup>を取り付け、顧客要望レベルの洗浄が可能か確認するためである。ここでの検査方法は目視検査が主流で、方法としては汚れに見立てたリボフラビン又は食紅(粘度は約100cp程度)を実機タンク内に霧吹きなどで全体にまんべんなく吹き付けた後、スプレーボール<sup>®</sup>を1~2分程度(顧客により異なる)稼働し、その後、目視にて汚れが落ちているか確認するというものである。リボフラビンの場合は、ブ

ラックライトを照らすと反射するので汚れを見つけやすいが、光に弱いという特性があるので取扱いには注意が必要である。食紅は入手・取扱が簡単のため利用されることが多い。洗浄判定で目視を採用する場合、Table5にもあるように、容易に実施可能で分析装置が不要であるという長所はあるが、判定者の知識や経験により判定レベルが左右されるという短所がある。そこで、このような差を無くすために、洗浄評価試験結果を簡易的に数値化する方法を考案した。この評価方法の長所は、特殊な材料や分析機器を必要としないため、簡単に安価で洗浄評価試験を実施出来、結果がすぐに得られるというところである。また、目視とは異なり数値化が可能なので、判定レベルが判定者により左右される心配がない。課題として、設備全体の試験が難しく、設備に入ったりする必要があるということである。

現在、実用化に向けて改良を検討している。

## 9. おわりに

今回はタンク内洗浄ノズルと、洗浄評価試験について紹介した。従来は当社の洗浄ノズルは固定式・回転式共に1種類しかなかったため、顧客の広い要望にお応えすることが出来なかった。

このたび新しい洗浄ノズルの開発により、様々な噴射パターンを提供が可能となった。それにより、今後は各用途に合わせた洗浄ノズルを選定いただければ幸いである。

また、従来の技術の枠にとらわれることなく、洗浄評価試験の数値化に成功した。この取り組みを皮切りに、更なる洗浄率の向上や新しい洗浄方法を考案し、時代や環境に順応したサービスの開発にも努めていきたいと考える。

今後も真の顧客ニーズを追及し、新しい製品・サービスを提供出来るよう尽力していく所存である。

## 10. 参考文献

- 1)バルカー バルフロンライニングカタログ



本吉 真由美  
研究開発本部  
商品開発部

# テクノロジーニュース 直近のバックナンバー

## No.37 Summer 2019

- **ご挨拶** 取締役 CTO 青木 睦郎
- **カスタマー・ソリューション《寄稿》**  
 新たな防錆技術の提案 東京電設サービス株式会社 地中事業本部副本部長(現埼玉センター長) 三栖 達夫
- **カスタマー・ソリューション** ASME PCC-1に基づくガスケット締結体組立の基本トレーニングの紹介  
営業本部 テクニカルソリューショングループ 野々垣 肇 営業本部 H&S事業推進担当 山本 隆啓
- **技術論文** シール性に対する締付手順の影響 研究開発本部 商品開発部 藤原 隆寛  
中国総合研究所 シールエンジニアリングチーム 鄭 興  
三菱ケミカル株式会社 岡山事業所 森本 吏一  
 エラストマーOリングの選定指針及び選定トラブルとその対策  
営業本部 テクニカルソリューショングループ 保科 正次
- **製品の紹介** ハンディすき間・段差測定器 GD-PROBER™の紹介 研究開発本部 P&Iサービス開発部 本居 学  
 高温用ガスケット新ラインアップ うず巻形ガスケット No.H590シリーズ  
 カンプロファイルガスケット No.HR540H 研究開発本部 商品開発部 高橋 聡美

## No.36 Winter 2019

- **ご挨拶** 代表取締役社長 兼 CEO 瀧澤 利一
- **2019年:バルカーテクノロジーニュース冬号発刊にあたって** 常務執行役員 研究開発本部長 青木 睦郎
- **カスタマー・ソリューション《共著》**  
 船舶機器の異常振動を検知するシステムの紹介～予防保全に向けた異常振動検知システムの可能性～  
商船三井テクノトレード株式会社 常務取締役 羽根田 誠 研究開発本部 第1商品開発部 佐藤 央隆  
研究開発本部 第1商品開発部 米田 哲也 研究開発本部 先行技術開発部 油谷 康
- **カスタマー・ソリューション《寄稿》**  
 温度差によるフランジ締結力変化体験学習設備 昭和四日市石油株式会社 四日市製油所 工務部装置管理課 高村 健一
- **技術論文** No.GF300付き24インチ管フランジ締結体の力学的特性とシール性評価  
研究開発本部 第1商品開発部 佐藤 広嗣 中国総合研究所 シールエンジニアリングチーム 鄭 興  
広島大学 名誉教授 澤 俊行  
 ライニングタンク(応用編) 機能樹脂PM付 横山 竹志
- **製品の紹介** 長寿命FEPM TOUGHUORO 研究開発本部 第1商品開発部 圖師 浩文  
 低トルク&長寿命スィベルジョイント LFR JOINT 研究開発本部 第1商品開発部 西 亮輔

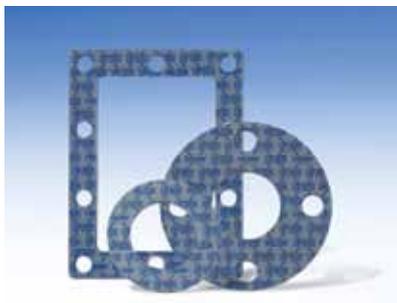
## No.35 Summer 2018

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

地球に、そして人にやさしいモノづくり……



# シートガスケット



## ユニバーサルハイパー®(UF300)

薬液ラインにおけるガスケットの統合を可能にするシートガスケットです。

高温・長期安定性に加え、耐薬品性を向上させたことにより、適応流体が大幅に広がりました。

強酸、強アルカリ、どちらのラインにもご使用いただけます。



## ブラックハイパー®(GF300)

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

### ■UF300・GF300共通

●使用温度範囲：-200~300℃ ●最大圧力：3.5MPa

※カタログ、技術資料の注意事項をご参照下さい。

## 株式会社バルカー

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

お問い合わせ先：総務人事部

Email: sr@valqua.co.jp

TEL.03(5434)7370

FAX.03(5436)0560



## 株式会社バルカー

■本社(代)	☎(03)5434-7370	Fax.(03)5436-0560
■M・R・Tセンター	☎(042)798-6770	Fax.(042)798-1040
■奈良事業所	☎(0747)26-3330	Fax.(0747)26-3340

●札幌営業所	☎(011)736-5620	Fax.(011)736-5621
●仙台営業所	☎(022)264-5514	Fax.(022)265-0266
●日立営業所	☎(0294)22-2317	Fax.(0294)24-6519
●京浜営業所	☎(045)444-1715	Fax.(045)441-0228
●高崎営業所	☎(027)341-8469	Fax.(027)341-6717
●豊田営業所	☎(0566)77-7011	Fax.(0566)77-7002
●名古屋営業所	☎(052)811-6451	Fax.(052)811-6474
●北陸営業所	☎(076)442-0522	Fax.(076)442-0523
●彦根営業所	☎(0749)26-3191	Fax.(0749)26-7503
●大阪営業所	☎(06)6265-5031	Fax.(06)6265-5040
●姫路営業所	☎(079)241-9827	Fax.(079)241-8571
●岡山営業所	☎(086)435-9511	Fax.(086)435-9512
●中国営業所	☎(0827)54-2462	Fax.(0827)54-2466
●周南営業所	☎(0834)27-5012	Fax.(0834)22-5166
●松山営業所	☎(089)974-3331	Fax.(089)972-3567
●北九州営業所	☎(093)521-4181	Fax.(093)531-4755
●長崎営業所	☎(095)861-2545	Fax.(095)862-0126
●厚木駐在所	☎(046)401-1554	Fax.(046)401-1553
●富士駐在所	☎(0545)87-2757	Fax.(0545)87-2213
●四日市駐在所	☎(059)353-6952	Fax.(059)353-6950
●堺駐在所	☎(072)227-1680	Fax.(072)227-1681
●広島駐在所	☎(082)250-7551	Fax.(082)256-8623
●宇部駐在所	☎(0836)31-2727	Fax.(0836)32-0771
●熊本駐在所	☎(096)364-3511	Fax.(096)364-3570
●延岡駐在所	☎(0982)92-0193	Fax.(0982)92-0192
●大分駐在所	☎(090)2502-6125	Fax.(097)555-9340

## VALQUA TECHNOLOGY NEWS

# 冬号 No.38 Winter 2020

発行日・・・2020年2月28日

編集発行・・・株式会社バルカー

〒141-6024 東京都品川区大崎2-1-1

ThinkPark Tower 24F

TEL.03-5434-7370 FAX.03-5436-0560

制 作・・・株式会社 千 修

### グループ会社 国内販売拠点

#### ■株式会社バルカーエスイーエス

●本社(千葉) ☎(0436)20-8511 Fax.(0436)20-8515

●鹿島営業所 ☎(0479)46-1011 Fax.(0479)46-2259

#### ■株式会社バルカーテクノ

●本社・東京営業所 ☎(03)5434-7520 Fax.(03)5435-0264

●大阪営業所 ☎(06)4801-9586 Fax.(06)4801-9588

●福山営業所 ☎(084)941-1444 Fax.(084)943-5643

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

※VALQUAの登録商標はVALUEとQUALITYを意味します。 ※本誌の内容は当社のホームページにも掲載しております。

※許可なく転載・複製することを禁じます。