

Valqua Technology News

バルカー 技術誌

2017年 春号 **90**th
No.32 Spring 2017 ANNIVERSARY
SINCE 1927

【創業90周年特集】

- ご挨拶 1
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 2
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 3
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 8
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 11
広島大学名誉教授 澤 俊行
- 寄稿
進化するガスケット及びシーリング技術 12
沼津工業高等専門学校 機械工学科 小林 隆志
- 寄稿
バルカー創業90周年おめでとうございます 13
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
- 寄稿
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 15
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
- 寄稿
CTO時代の思い出 16
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 17
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
- 技術論文
PTFE加工品の精度と成型品の方向性の解説 19
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
- 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(ガスケット編) 22
営業本部 テクニカルソリューショングループ 江西 俊彦
- 技術論文
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 26
研究開発本部 開発部 高橋 謙一
- 技術論文
Oリングの固着トラブル要因と解決法 30
研究開発本部 開発部 岡崎 雅則
- 技術論文
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 33
研究開発本部 開発部 佐藤 広嗣
- 技術年表 39
- テクノロジーニュース 直近のバックナンバー 42



日本バルカー工業株式会社

<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



読者の皆さまには日頃から本誌をご愛読頂き、厚く御礼申し上げます。さて、皆さまに支えられ当社は本年をもちまして創業90周年を迎えることができました。今後も、これまでの歴史のなかで培ってきたシールエンジニアリングを更に発展させ、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。この90周年を記念して、今号ではこのような当社の技術に対する取り組みを、読者の皆さまにより良くご理解いただけるための企画も盛り込んでおりますので、是非お楽しみいただきたいと思います。

昨年は英国のEU離脱、米国大統領選挙といった世界政治における大きな動きや、石油や天然ガスなどに代表される資源価格にも大きな変動がありました。その影響により、為替相場や各市場での株価は非常にダイナミックな動きを示し、ビジネス環境に対する先への見通しを立てることが難しい年でした。このような世界情勢の中、日本市場においては半導体製造装置産業を中心とした好調な産業に支えられ、年末にかけて緩やかな市場環境の回復があった反面、燃費不正問題、福岡道路陥没事故に見られるように、企業の社会的責任やリスクマネジメントの重要性が改めて浮き彫りになりました。また、その一方で自動運転技術、幅広い産業におけるAIの導入など、未来に向けた技術の進歩が加速した年でもありました。

こうした事業環境下、バルカーグループは第7次中期経営計画「New Valqua Stage Seven (NV・S7)」にて、多様化するグローバルリスクへのマネジメント強化を掲げて事業体制の整備を進めております。そして、その中においてシールエンジニアリングを基軸とした技術開発の推進を経営課題として捉え、H&S^{*}企業への脱皮に向けたストーリーの中で、H&Sの両輪となる製品とサービスについて、グローバル市場での新たな価値創造を目指した活動の強化を進めております。

このような、価値創造を目指した具体的な取り組みとして、シールエンジニアリングによって実現される「安全・安心」を、製品と共にサービスとして提供するトレーニングの場を世界の市場にて展開しており、多数のお客さまのご好評をいただいております。今号のテクノロジーニュースでは、このような顧客視点に立ったソリューションを提供させていただいている事例として、幅広い分野でのトラブル・お困りごとに対する解決事例を紹介させていただく内容で構成してお届けすることといたしました。

90周年を無事迎えることが出来たのも、お客さま各位のお引き立てがあればこそと心より御礼申し上げます。今後とも一層のご鞭撻を賜りますようお願い申し上げますとともに、皆さまの益々のご発展を祈念いたします。

※【H&S】とは、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を図ることを指します。

創業90周年特集号の発行によせて



読者の皆さまには、常日頃から本誌を、当社の技術に対する取り組みをご理解いただく有効なメディアとしてご活用いただき、誠に有難うございます。

当社は本年をもちまして創業90周年を迎えましたが、創業以来、基盤技術であるシール技術とふっ素樹脂加工技術で産業の発展に貢献してまいりました。今日では、半導体分野では更なる高集積化・高性能化の追及、エネルギー分野では低炭素社会の実現に向けた水素エネルギーの利用、また情報通信分野では人工知能や自動運転など、様々な分野において技術革新が行われております。当社におきましても、シール技術や素材加工技術をもとにこのような産業と深く係り、時代の変化に適合した技術開発活動を推進することにより、お客さまが求める製品価値を提供できるように努力してまいりました。

さて、今春号では90周年を記念する企画として、過去からの当社技術の変遷、またその過程及び結果としての現在における当社の技術について、当社の技術分野を育てていただいている皆さまからの寄稿文を掲載いたしております。更に、技術特集といたしましては、当社の主力製品であるふっ素樹脂やシール製品のお客さまへの製品価値提供、ソリューション提供を通して築き上げてまいりました技術成果を、前号に引き続きお客さまの問題を解決させていただくという視点を中心としてご紹介させていただいております。

特に、コア技術となるシール製品では、シールエンジニアリングのパイオニアとしていち早く石綿問題に着手し、全製品をノンアス製品（石綿代替製品）に切り替えました。そして、ノンアス製品をより安全・安心にご使用いただくための信頼性評価技術・寿命予測技術についても業界を先導してまいりましたが、更にこのような取り組みの中で獲得した技術・知識・ノウハウをもとに、H&S企業としてシールエンジニアリングサービスによる新たな価値をお客さまへ提供しております。今号では、そのようなサービスの一つとして展開しております“シール・クイック・サーチャー（SQS）”についてご紹介させていただきますと共に、シール製品をより安全・安心にご使用いただくための信頼性評価の一つとして「PTFE系ガasket付き締結体の高温・長期特性評価」についてもご紹介させていただきます。また、ふっ素樹脂加工やシール技術によるソリューション事例に関するテーマも取り上げましたので、是非、本誌をご一読いただき、ご活用いただければ幸いです。

当社は、これからもお客さまから当社製品とサービスを求め続けられる存在になるべく、時代の変化を捉えた独創的技術の開発を行ってまいります。読者の皆さまにおかれましては、引き続き、当社製品とサービスをご愛顧いただける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

90周年特集号発刊にあたって

はじめに

当社の技術情報誌としての、バルカーテクノロジーニュースは、その前身のバルカーレビューから通算で60年を迎えます。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、愛読者の方々に誌上をかりて、厚く御礼申し上げます。当社90周年特集号の発刊にあたり、その歴史を振り返り、ご紹介いたします。

1. バルカーレビュー創刊に至る時代背景

日本バルカー工業は、第一次大戦以来の日本の各種工業の興隆期にあたり、各種工業用品の国産化の機運に乗じ、シールの国産化を企画して設立され、当時日本で最初のシール専門メーカーとして誕生しました。

その頃の日本では石油化学工業が動きだした時期でもありましたが、主要なシール製品は欧米からの輸入に依存し、国産技術はなく、関連する技術情報が皆無といっても過言ではない状況にありました。そのため、海外製品に学びつつも、社名の由来となる「Value & Quality」の精神にのっとり、当時からシールの使用者と製造者の一体化により、製品に対する使用者の信頼感を増すことを基本姿勢として、産業界の復興に取り組んでいました。

当時の国産技術確立に向けて、当社は「高温・高圧蒸気用パッキンの研究」「工業用パッキン(石綿ジョイントシート)の研究」「珪素ゴム、テフロン®を主材とする航空機用パッキンの性能研究」「四ふっ化エチレン樹脂の製造加工方法」などを、当時の通産省当局から研究開発が命じられ、多くの成果も上げつつありました。

当社が弗素樹脂研究会を設立したのもその時

期です。当時はふっ素樹脂の勃興期であり、産業界への普及は後のこととなります。

一方、産業界におけるシールへの認識は低く、当時の記録では「広く各種生産工場において、各種機器類の固定部分や運動部分の気密を保ち、処理流体の漏洩を防止する重要な機械要素のパッキン類は、とかく目立ちにくい裏方的存在であるため軽視されがちであった。」と記録されています。

このような時代を背景として、創業30周年を迎えるにあたり、記念事業として技術情報誌を創刊することが企画されました。

企画にあたっては、「ふっ素樹脂の普及」と、「パッキンが「緊塞」と呼ばれていた時代に、これの講座を大学、工業高校に設置してもらおう」ために、バルカーとしては「理論的でアカデミックな技術誌を発行して、学校関係者を啓蒙」することが論議されました。そして1957年12月に月刊技術情報誌「バルカーレビュー」として第1号が発刊されました。

2. バルカーレビュー

2-1) バルカーレビュー創刊

バルカーレビュー創刊の目的について、当時の社長の瀧澤利壽は以下のように述べています。「需要家各位との連絡を一層緊密にし、日頃のご愛顧に報ゆるとともに、製品に対する忌憚ない御判断を仰ぎ、その進歩と改善の資料と致したいのであります。かつまた広く学会、業界の諸権威に御寄稿を煩わし、御意見を御紹介し御参考に供したいと思えます。さらには当社製品の説明、新製品の案内などを掲載することにします。」

また、創刊における時代背景と、バルカーレビューの役割については、「わが日本バルカーは、パッキンメーカーとして発足し、30有余年の歴史を

有し、その間パッキンを中心とし、これに関連する各種工業用品の生産に発展し、皆様に親しまれて今日に至りました。戦後はいち早く弗素樹脂をパッキンをはじめ、各種化学用品として供給して参りましたが、この樹脂の優秀な電気特性を応用し、耐熱耐高周波の絶縁材料の分野に進出することになりました。従って本誌に取りあげられる課題は機械、化学、電気などの広範な工業用製品に及ぶものと考えられます。」と述べています。

以降、この創刊の精神にのっとり、バルカーレビューは運営されてきました。まず、月刊誌とすること、科学技術情報誌として第三種郵便物の認可を取得すること、配布はシール技術の啓蒙活動を目的として顧客、大学、研究機関、図書館とすること、社内誌ではないので社外からの投稿を積極的に取り込むこと、などが創刊から44年余りにわたり一貫されてきました。

創刊に際しては、当時の工業技術院長黒川真武博士、東京大学工学部長山県昌夫博士、機械学会会長橋本宇一博士、東京工業大学内田俊一博士など多くの諸賢より相次いでご賛同、激励の玉稿をいただけたことも、時代の期待の大きさを物語っています。

当時の工業技術院長黒川真武博士は、創刊によせて「パッキンや絶縁材料に関する期刊刊行物の少ない現状においては適切な企画だと思ふ。由来パッキンや絶縁材料は工業的にみて、極めて重要な材料であるが、金属、無機物、有機物の各分野に跨り、特に合成樹脂系材料の発展と共に極めて多種多様となりつつあり、その性質を知悉して的確に使いこなすことは仲々容易ではない。本誌によってこの欠点をカバーされてゆくことを期待すると共に、また喜びとする次第である。」と期待を語っておられました。

創刊された1957年は、ちょうど「石油化学工業懇話会」(石油化学工業会の前身)がスタートした時期であり、前年に油圧機器工業会(日本フルードパワー工業会の前身)が発足していた時期でもありました。当時はシール技術に対する認識は薄く、こ



れを体系的にまとめる必要性が生まれはじめた頃であり、バルカーレビューもこの期待に応えようとする機運が高まっていたものと思われます。

2-2)バルカーレビューの記事の変遷(1957年12月~2000年6月)

創刊から1960年代にかけては、啓蒙を目的とした記事が掲載されることとなります。ふっ素樹脂の基礎研究、海外技術の紹介、シールのユーザー視点からの寄稿などの記事が多く掲載されていました。シールに関しては「シールの正しい使い方と選定法」などを主体に、内容面では実績に基づく記載から、次第に自社データに基づく論文も増加していたことが見てとれます。

この時期のシールに対する要求は、「緊塞」と呼ばれていた時代から変化し、処理する流体が高温・高圧化し、多種多様となってきたことに伴い、漏洩は、単なるエネルギーのロスにとどまらず、生産環境の保全も期しがたい状態の原因となるとの認識に変化つつありました。漏洩防止対策としてのパッキン類に対する関心が高まり、次第にこれらトラブルの解決をシールメーカーに要望されるようになっていくことになります。

1960年代は世界的に基礎研究が盛んであり、1970年代には多くの高分子が合成された時代でもありました。ふっ素樹脂、合成ゴムにおいても新材

料が次々と出現し、バルカーレビューの記事も、新材料を新たなニーズに適用したシステムを確立するためのアプローチが盛んに行われるようになっていきます。

1970年代に入り、日本経済は、ニクソンショック、石油ショック、高度成長期などに代表される、好景気と不景気の大きな変動期を体験し、過去の高度成長から転じて安定成長への道が模索されていくことになります。自動車、船舶、鉄鋼といった輸出産業が目覚ましく発展し、原子力、宇宙、情報産業などが新分野として発展が予測された時代です。

産業界が製品開発からシステム化、情報化をキーワードとした方向に舵を切る中で、当時の問題意識は、漏洩管理という立場から、シールエンジニアリングともいべき機械要素技術としてのシールを体系化することと、多角化を伴うシール周辺製品の導入によるソリューション拡大にあったことが見て取れます。社外からの多くの投稿にも支えられ、バルカーレビューの記事は要素技術ごとに逐次技術資料としてまとめられるようになりました。自社技術だけでなく業界横断的なコンソーシアムの形成にも取り組まれていました。その成果は成書として発刊されていきます。「Oリング」(1969年、Oリング研究会)、「ガスケット」(1974年、ガスケット研究会)、「空気圧用シール」(1977年、空気圧シール研究会)などがこの頃に近代編集社から発刊されました。これらの成果は、業界の規格化・標準化に大きく貢献しました。

また、ふっ素樹脂を用いた電気絶縁材料、ベローズ等の真空シール、ガラス繊維を用いた建材など、記事が広範囲な分野にわたり多様化され、特色のある技術情報誌として育ち、関係方面から技術文献として高い評価を受けるようになりました。

このような活動に伴い、創刊当初には皆無でありましたセールスエンジニアが当社にも育成されてきたのもこの頃でした。

創刊当時から旺盛に行われていました社外の権威を交えた対談記事も、技術動向の展望に加え、

「新春放談—80年代はどの様な時内に」(1980年1月)、「新春放談80年代の中国の展望」(1981年1月)など時代の展望にまで拡大していました。

バルカーレビューの名物エッセー「忙中閑話」から「閑中閑話」のシリーズ(井本立也氏)は1977年4月から2000年5月まで連載され、技術情報誌における技術者のひとり言として多くの愛読層を獲得し、バルカーレビューを楽しみにされたもう一つの要素だったと思われます。全188話は2冊の単行本として出版されました。

1980年代に入り、産業界は効率化、制御性・操作性の向上、安全性の向上、環境保全・災害防止、JIS/ISO国内規格／国際規格の標準化を重点課題とするようになります。また、バイオテクノロジーや宇宙産業、半導体／エレクトロニクス、新エネルギーの開発など、次代の経済社会を支える先端技術の開発が模索され始めた頃でもあります。

バルカーレビューの記事では、シール講座がスタートした他、当時の新エネルギー関連としての原子力やLNG低温用途、半導体関連では薬液用途の動向に対応したふっ素樹脂、ふっ素ゴムに関する報告が増加していきます。

一方では、環境規制の強化が始まり、化学物質の新規登録要件が強化されたこともあり新材料の出現は急速に鈍化し、製品開発に使用する材料も制約がかかるようになり始めました。バルカーレビューの記事も、非石綿化、ポリマーアロイや複合化、配合技術の高度化に関する研究が増えていきました。

1990年代に入り、産業界はグローバル化時代へと移っていきます。主要産業に成長した半導体／エレクトロニクス産業は、デジタル革命を経てその野を広げるとともに、その変動は景気に大きく影響するようになりました。環境面では、地球温暖化対策に伴うフロン規制や、廃棄物焼却に伴うダイオキシンや環境ホルモン問題がクローズアップされ、欧州では世界に先駆けて石綿規制が法制化されました。

バルカーレビューの記事は、1990年代前半は、エラストマー関連の論文が多数報告されています。

油圧シールやトライボロジーの特集があり、中でも「ゴム材料科学序論」(糴谷信三/京都大学教授(当時))は5年にわたり連載され、1995年に当社から出版されました。シールにおいては、ばね入りCリングメタルシールを加えた真空シール、半導体向けにはタンクライニングに関する研究が系統的に報告されています。

ニーズが多様化し、グローバル化する中で、1990年代後半には新規分野への取り組みや個別ニーズに関連した技術報告へと変化してきました。論文が多様化し専門的になるにつれ、紙面の統一観は薄れつつありました。そのため、新規中期計画となるNew Valqua Stage 1の初年度にあたり、経営理念(The Valqua Way)の刷新とともにバルカーレビューのあり方を見直す機運が高まり、発展的に継承する形態として、「バルカーテクノロジーニュース」として再出発することになります。

バルカーレビューは通算488巻、1707件の報告があり、内技術論文は1061報にのぼりました。社外からは延べ824名(内、大学280名)の方々からご執筆賜り、幅広くご愛顧いただきましたこと感謝の念に堪えません。ここに改めて厚く御礼申し上げます。

3. バルカーテクノロジーニュース (2001年秋～現在)

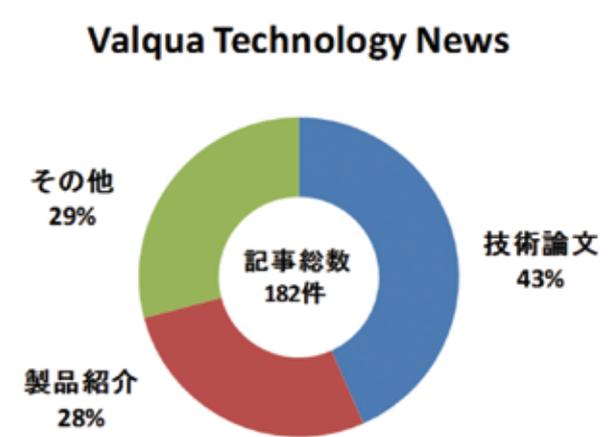
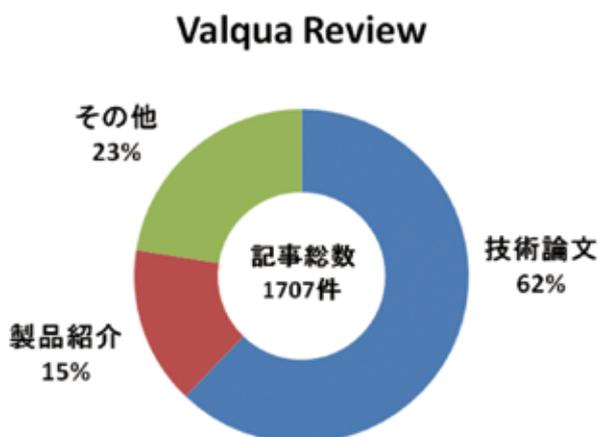
バルカーテクノロジーニュースは、自社技術のPR



をより明確にしたものにリニューアルすることを目的とし、論文を絞った季刊誌として2001年秋に創刊されました。創刊にあたり、社長の瀧澤利一は「シールと言うコアコンピタンスを中心に、バルカーの優れた技術を分かりやすく解説し、更にお客様へのソリューション提供に努めていきたいと考えております。」と述べています。

今日までに本誌を含め、通算32号、182件の報告があり、その内79報の技術論文を掲載してきました。自社技術に絞ったこともあり、社外からのご寄稿は減少しましたが、延べ15名(内、大学9名)の方々からご執筆をいただいております。

2000年代は、世界的な環境問題への対応やグローバル調達/分業化が大きな変化点を迎えた時



代でした。産業面では、半導体の微細化、液晶の大面积化、情報通信の大容量化、クリーンエネルギー化が進行し、ライフサイエンスやナノテクノロジーの勃興した時期でもありました。

バルカーテクノロジーニュースの記事では、当時様々な種類が提案された「ノンアス」ガasket製品のパフォーマンスに関する研究や、半導体装置の微細化に対応した高機能エラストマーシリーズの開発、ナノ開発環境を下支えする真空技術の開発など、当社の方向性を鮮明にした報告がされています。また、当時は社会への提供価値の拡大を、モジュール化、コンポーネント化に求めている時代であり、真空コンポーネント、次世代動力源としての水圧システム、メンブレンフィルター、ミリ波対応製品、廃液リサイクルシステム、レチクル自動搬送システムなど、多様な取り組みも報告されました。

2010年代から現在をどのように表現するのかは定かではありませんが、急速な社会の発展に伴う環境問題、資源問題、都市化など、社会の直面する課題が世界規模で連動するようになり、そのブレイクスルーには、産学／異業種連携でのオープンイノベーションが求められる時代になったことは確かだと思われま

その中でシールエンジニアリングメーカーならではの当社の存在価値を模索する記事が増えてきました。多岐にわたるシール寿命を実験データを基に統合的に解析するFEA (FINITE ELEMENT ANALYSIS)技術の進展は、可視化により顧客の直感的理解を可能とし、多くの論文で活用されてきました。また、それらの技術を総合したソリューションを、ユーザーのシステムの理解に基づいて提供する特集も試みられているとともに、時代の要請によりハードとソフトを融合したテクニカルトレーニングやトラブルの予防診断にも進出しようとしています。

4. おわりに

バルカー創業90周年を機に、バルカーレビューからバルカーテクノロジーニュースに至る歴史を振り返ってきましたが、創刊当初に掲げた産業界への貢献の精神は、今も発展的に受け継がれていると感じていただければこの上ない喜びです。そして、ご愛読いただいております諸賢の皆様のご要望にお応えすべく技術情報を発信して参りますので、今後ともご期待いただきたくお願い申し上げます。

バルカーの技術と顧客価値の変遷



当社は、技術のバルカーとして、1927年（昭和2年）の創業以来、シール製品及びそれに関わる材料の研究開発と普及に力を注いでまいりました。

シール製品は、明治以降、高級品のほとんどを輸入品に頼っていましたが、当社はその国産化に努め、油圧系統作動油の鉱物油転換に対応した合成ゴムの国産化においても、ゴム配合技術の確立に努力し、戦前から、一貫して国内産業の底辺を支えてまいりました。

そして、戦後すぐに、ふっ素樹脂の存在を知って、民生用途におけるその耐薬品性の高さに注目し、ふっ素樹脂成形の国産化を目指し、1951年には原料パウダーを輸入し、その加工研究と試作を開始しました。全てがバルカーの独自技術であり、日本最初の技術でした。こうして、1950年代にはふっ素樹脂製品は化学工業に広く利用されるようになり、その後の我国半導体産業の成長を支えて来た、との自負を持っています。

こうしたバルカーの製品は、機械や部品を構成する機械要素もしくはその素材であり、使用される領域は、戦後急速に拡大していきませんが、その使われているところを実際に眼にする機会は極めて限られています。しかし、我国工業の発展のためには、その技術が寄与するところを広く社会に知っていただき、関係各方面の関心を高める必要がありました。

こうして、1957年（昭和32年）、創業30周年を記念して、バルカーレビューを創刊いたしました。

バルカーレビューは、当社の技術を広く普及させ、社会の発展に貢献することを目的とし、顧客の方々をはじめ広く各研究機関の諸先生方にも執筆いただき、シール技術、ふっ素樹脂、エラストマーなどの各種材料の紹介に努めてまいりました。なかでも、戦後の産業復興を牽引した石油化学を主体としたプラント技術者の方々からは、バルカーレビューに多大な関心と高い評価をいただくことになりました。

その後、各種産業の発展に伴い、多様な材料が生み出され、産業用途に応じた様々な製品が開発されていきます。1970年代に入ると、膨張黒鉛が登場します。当初はグランドパッキン用の素材でしたが、その後、うず巻形ガスケット用フィラーとして、ふっ素樹脂フィラーとともに広く用いられるようになります。また、石油化学に次いで、半導体産業が発展したことで、高温でのベーキングが可能なふっ素ゴムOリングが半導体製造プロセスに使われるようになっていきます。

こうして材料が高級化していくのと同時に、ゴムの配合技術は一般化し、ガスケットなどのシールでは、基本的な構成が確立するようになっていきます。ある意味、技術の成熟とも言える状況になっていきます。

そのため、継続的に更なる発展を続けていくためには、成長市場への展開を加速する必要があり、新たな技術コンセプトの獲得が重要になってまいりました。

半導体製造プロセスでは、装置の高性能化に伴い、放出ガスが少なく、かつ各種のプラズマにも耐えるふっ素ゴムが求められるようになり、1998年（平成10年）、アーマークリスタル[®]（ARMOR CRYSTAL[®]）が開発

されました。

また、この時期は石綿規制に代表されるような、環境規制に対応した材料技術の大きな変化が起こりつつある時期にもあたります。

このため、半導体市場、各種機器の発展などの新分野及び新市場に関わる技術情報、及び社会環境変化に伴う技術対応情報をより一層充実させ、より多くの顧客の方々に参考にしていただく技術誌への転換を図るため、2002年度（平成14年度）春、従来のバルカーレビューに代えて、新たに季刊誌バルカーテクノロジーニュースを刊行することといたしました。

こうした技術変化に対しては、従来のような材料技術の紹介にとどまらず、新しい技術動向に対応した新機能の評価技術が不可欠なものとなっていきます。すなわち、新分野及び新市場で使っていただくための信頼性保障技術が求められるようになってきます。

特に、石綿規制のように、主要構成材料が根本的に置き換わる、と言った変化に対しては、従来技術を前提とした、使用実績に基づいて製品を社会に供給する、ということは出来ません。全く実績のない製品を社会的に、かつ技術的に認知していただく必要が出て来たのです。すなわち、実績に代わる信頼性評価技術が求められるようになります。こうした評価技術は、製品が本来必要とする機能を明確にし、その機能を評価して長期信頼性を保証するものでなくてはなりません。

バルカーは、2006年（平成18年）、汎用ノンアスシートGF300を世に出しましたが、その開発の基礎には、長年培ったふっ素樹脂材料加工技術とともに、原子力や航空宇宙と言った先端技術分野で開発を進めてきた信頼性評価技術が背景にあります。

また、近年は、こうした製品開発、機能評価にとどまらず、安全・安心な社会への転換が急速に進んでいます。こうした状況においては、信頼性の高い製品を社会に供給する、ということだけでは十分とは言えません。顧客の方々に對して、製品の選定や使い方についても、より技術的に明確な見解を示していくことが必要になってきています。そのためには、従来のような技術・技能伝承だけに頼るのではなく、より体系的な研修システムを確立し、当社の持つ基盤技術の更なる普及と活用を図って行く必要があります。長期の信頼性評価についても、今後は、その対象領域を拡大し、より積極的に解析的な手法を適用することも必要になってきます。

そのため、バルカーは、今後の成長のドライビングホースとして、H&S企業を目指すことを決めました。H&SのHはハードのHで当社の既存製品・商品であり、Sはソフトを含むサービスのことで、シールエンジニアリングを表すものでもあります。

H&S企業への脱皮は、顧客価値の最大化を目指すことを基本方針とするもので、単なるハードでの技術優位でなく、製品の周辺にはじまり、そのライフサイクルの隅々にいたるまで業態を広げた、より全体的なシールエンジニアリング企業への脱皮を目指すことです。

その一つの事例が、2014年（平成26年）に奈良事業所と町田のMRTセンターに開設した、シールトレーニングセンター（STC）です。

フランジ締結体でのガスケットの選定やボルト締付けにおける不具合は、近年においてもいまだ収束する様子はありません。また、世代交代が進んでいく中での熟練技術者や熟練技能者からの技術・技能継承の問題

も顕在化しつつあります。各プラントでもこうしたことに対する取り組みは進みつつありますが、そのための教育や研修を各企業内で個別に行うことにも様々な課題が存在しています。

これらの問題を解決するためには、シール製品の機能を最大限に発揮できる技術環境の整備と、人材育成のために施工作業者から施工管理・監督者までを系統的に教育し、実技研修を含む講習によって、適正な技術・技能水準の維持・向上を図る必要があります。

こうした考えは、既に欧米においては一般的なものとなりつつあります。ガスケット締結に関する規格として、ヨーロッパではEN1591-4が、アメリカではASME PCC-1が制定され、それら規格に基づく締結作業の技術認証制度が始まりつつあります。

当社のシールトレーニングセンター（STC）は、こうした規格にも準拠し、更には内外の新たな技術的知見をとり入れた体験型のシール施工教育センターです。

こうした取り組みは、多くのユーザーからも注目され、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ます。

すなわち、これからの当社の使命は、新しい製品を開発して市場に供給するだけにとどまらず、お使いいただく上での様々なソリューションを提供していくことであると考えています。

また、バルカーテクノロジーニュースは、これからも、こうした顧客の皆さまの要望に応えた技術情報の発信に心がけてまいります。

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



創業90周年特集号の発刊にお祝い申し上げます。1993年ごろ当時勤務していた山梨大学に欧米のガスケット及びシーリング技術の動向を聞きたいと来訪されたバルカーとの接触から、名称は変遷していますがバルカーテクノロジーニュース(VTN)を頂戴しています。その後、何回かVTNに投稿する機会もいただきました。当時の米国、カナダ、英国及びフランスではガスケットの非石綿化が進み研究開発担当者、しかも作動流体が気体の場合には微小漏えいが発生し、新ガスケット係数の導入とデータの収集、及びこれを用いた漏えい量基準のフランジ締結体設計法の確立が急がれていました。たまたま1989年から米国機械学会(ASME)圧力容器配管部門(PVP)の会議で論文を毎年発表していたことと、更に同時に米国圧力容器研究委員会(Pressure Vessel Research Council)の中にボルトフランジ締結体委員会(Bolted Flange Connection Committee略称BFC)にも参加していましたので、世界の研究状況と方向性は把握できていました。BFCの委員長はK. H. Hsu博士で彼の書いたレジュメ(OHP用紙にまとめられていた)を貰いましたので、同担当者にそのまま手渡しました。何回かの情報交換後、1994年のPVP会議の時に同担当者の質問事項をBFCの締結体設計研究の中心人物でおられたJim Payne氏に尋ね、回答を貰いそのまま担当者に回答した記憶があります。2008年の非石綿化まで、当時は依然国内では石綿ガスケット全盛で、研究開発状況は詳しくは記憶していませんが多分鎖国状態にあり、欧米との差異は歴然としていたと思います。しかし、同担当者に渡した米国の新技術に関する情報を元に勉強され、日本のこの分野の新展開へ準備されていたと感じました。

1997年ごろから日本高圧力技術協会のフランジガスケット委員会委員長を仰せつかってガスケット及び締結体の密封性能に関する研究に接する機会が増えました。1996、1998及び2000年のPVP会議にバルカーの技術者が論文を発表に参加され、米国のJim Payne氏にもガスケット技術で相当期待もされていました。山梨大及び広島大在職中からいくつかの共同研究もやらせていただき、最近ではPTFE系ガスケットを用いた締結体の力学的特性解析と密封性能評価及び大口徑フランジ締結体の応力解析と密封性能などについてPVP会議で論文を発表され、米国石油メジャーの研究者からも注目されています。

現在の主たる欧米の研究潮流は、 $10^{-7} \sim 10^{-9} \text{ Pa m}^3/\text{s}$ レベルの微小漏えい量の検出技術の開発と環境問題から、このレベルでのフランジ締結体設計施工法確立であると思われます。更に高温及び複合外荷重作用下での締結体設計とガスケットの開発及び効率的かつ信頼性の高い多数本数のボルト締付け法、大口徑フランジ締結体の漏えい防止設計施工など、ガスケットのみではなく締結体全体の研究と技術確立が要求されています。すなわち漏えい量基準のより信頼性の高いボルト締付け法を含めた締結体設計と施工法の確立です。バルカーの世界の最前線でのシーリング技術の開発発展への継続的貢献を期待いたします。

広島大学名誉教授 澤 俊行

【寄稿】進化するガスケット及びシーリング技術

このたび日本バルカー工業株式会社が創業90周年を迎えられたことをお祝い申し上げます。90年の長きにわたり、シール製品の開発・製造を通して産業界を支えてこられたご関係の皆さまのご努力に心より敬意を表します。会社の長い歴史はガスケットを中心とするシール製品が産業界でいかに重要であるかということを物語っています。



私がガスケットの研究に取り組んだのは、今から20年ほど前に沼津高専に赴任してからです。当時は北米の圧力容器研究委員会(Pressure Vessels Research Council)を中心にガスケットの微小漏えいの研究及び規格化が進められていました。この頃から現シニアフェロー西田氏、現執行役員朝比奈氏ほか、多くの方々のご支援を得て、ガスケットの漏えい特性に関する共同研究を始めました。研究を進める中で、ガスケットの漏えい量がガスケットの圧縮量と極めてよい相関があることを見出しました。ガスケットは圧縮時と除荷時では、同じガスケット面圧であっても漏えい量が異なることが知られていましたが、ガスケットの漏えい量がガスケットの圧縮量で一意に整理できることを見出したのは、ガスケットの漏えい特性を評価する上で大きな成果でした。この成果は国内外の学会で発表するとともに、2005年のバルカーテクノロジーニュースにも掲載していただきました。漏えい量をガスケットの圧縮量で整理する方法は、2008年にはJIS B 2490「管フランジ用ガスケットの密封特性試験方法」にも取り入れられました。共同研究の成果を規格に反映させることができ、多少なりとも社会に貢献できたのではないかと考えています。

ガスケットに石綿繊維が使われていたのは過去のこととなり、最近では耐熱性に優れたふっ素樹脂を主成分とするガスケットが広く用いられています。このガスケットの密封性能は非常に高く、ジョイントシートガスケットと比較して漏れを極めて小さくできます。化学プラントなどの工場の配管系フランジ継手から環境中に放出されるガスを大幅に削減でき、環境保全への貢献が期待できます。フランジ継手設計法に関しては、1940年頃に開発され、問題を指摘されながらも今なお主流であるガスケット係数(m,y)に基づく設計法から、ガスケットの漏えい特性を適切に考慮した、より合理的なフランジ設計法に移り変わる時期に来ています。

次なる記念すべき節目の創立100周年に向けて、一層高性能なガスケット開発に取り組むとともに、フランジ継手に関する総合的シーリング技術を提供する会社としても、益々発展されることを願っています。

沼津工業高等専門学校 機械工学科 小林 隆志

【寄稿】バルカー創業90周年おめでとうございます

昭和32年に創刊された技術PR誌「バルカーレビュー」の中で、また会社名バルカー、VALUE and QUALITY (価値と品質)で示されておりますように、バルカーグループでは、技術のバルカーとして他社に先駆けて、色々なシール製品を世に出してきました。

以下、開発しました製品についての概略を記述します。

私が入社しました昭和33年は日本が戦後の時期を乗り越え、これから発展する時期でもありました。石炭時代から石油の時代に大きく変貌する時期であり、各地にコンビナートが建設され、石油誘導体が生産され出しました。これにより新しいシール製品の要求が出てまいりました。



◎ふっ素樹脂製品

米国で開発されたふっ素樹脂は耐熱性、耐薬品性にて、従来にない特性を持ち、その特性に目を付けバルカー製品群に取り入れるべく、バルカーでは昭和31年に社員を米国に派遣し加工技術の研修を行い、日本で初めて厚木工場で加工を開始し、耐薬品用ふっ素樹脂ライニングパイプ、ライニング容器などの開発、販売を開始しました。また、電気的特性、特に高周波特性を生かした電気部品の生産販売も開始しました。

しかし、ふっ素樹脂は樹脂であるためシール製品としてそのまま使い辛く、ゴム、フェルト、金属と合わせたり、ふっ素樹脂の形状を考案し、シール製品として製作、販売しました(包みガasket他)。また、ふっ素樹脂製品で顕著な製品の開発にデュポン社よりプランケット賞が与えられておりますが、これも2回ほど受賞しております。

◎ゴム製品の品揃え

一方、シールの材料であるゴムも新しいゴム材料が次々開発され市場に提供されました。開発されたゴム及びゴムの添加物の説明会が開催され、色々な大学の講師による講習会に参加が許され、ゴムの技術を勉強することが出来ました。これら各種のゴム材料がシール材の使用条件に適するかどうかを徹底的に調べるため、各ゴム原料を配合、加硫して各薬液に浸漬して膨潤率、物性の変化を調べ使用の適否の一覧表を作成しました。

◎石綿代替製品

シール材料の主流は、戦前から石綿が使われておりました。石綿は耐熱性、耐薬品、価格の安さで多くのシール材としてのみならず建築材として使用されておりましたが、呼吸器に障害を与えることが判明し、使用禁止の動きが出てまいり、シールの業界でも使用禁止の動きとなり、非石綿製品の開発の進行が必要になりました。当社の製品ではジョイントシート、バルカタイト(渦巻き型ガasket)、グランドパッキンetc. なかなか適当な材料が見つからず、開発部門では色々苦勞しましたが、カーボン繊維、膨張黒鉛、アラミド繊維その他の代替材料を見つけ出し、開発を重ね、ラインアップが終了しました。

◎原子力関連製品

昭和45年当時エネルギー政策の1つとして原子力発電所が各地で建設され、シール材も次々と製品開発が行われました。金属ベローズ、フレクター、ラバーブーツ、膨張黒鉛製品、インフラシールなどが開発されこれが他の分野へも使用され出し、また、フレクターは脱硫、脱硝装置のダクトのフレキシブル継ぎ手として多く使用されました。

◎自動車産業

産業用ブレーキは創業当初より生産を行っていましたが、これに続き当社では自動車用クラッチフェーシング、電装封口用ゴム製品（ハーネス用シール）、オイルシートガスケットなど、自動車技術の変化に合わせ、時代に先駆けた開発にて、独自製品を生み出してきました。

◎メカニカルシール

産業用メカニカルシールについても、国産のパイオニアとして、開発、生産を行ってきました。自動車クーラ用メカニカルシールのシール材など、その基幹となるシール材の開発にも力を入れ、グランドパッキンシールに替わる高いシール性能を持つシール材を世に送り出して来ました。

◎バルブ生産

昔からパッキンをシール材としたピストンバルブの生産を行っていましたが、ふっ素樹脂を生産し始め、化学産業その他を対象にふっ素樹脂をシール材としたボールバルブの開発を行い生産を開始、多くの化学会社に採用をいただきました。また、腐食性の高い薬液用としてふっ素樹脂の各種ライニングバルブの開発も行ってきました。更に、高速にて開閉ができ、長寿命に優れたシリンダー形式の独自バルブの開発を行い、製鉄関係やガス発生装置などに多く採用いただきました。

◎耐食シール材の開発

シール材は常に金属と接しており、接触面の金属腐食の問題が各地で発生したことで、耐食性シール材の要求があり、大学などの協力を得て耐食性ガスケット、耐食性パッキンの開発を行いました。シール材に含まれる腐蝕性成分の特定と配合成分量とシール性能の最適化は、他社に先駆けて開発され、その後の耐食シール材のあり方に大きな影響を与えました。

◎建機用シールの開発

建設ブームが訪れ、建築用建機が続々製造され出しました。殆どは油圧駆動であり油圧用シールが使われておりました。それらのシールは従来ゴムを帆布などで補強した布入りパッキンが使用されておりましたが高压に耐えうるウレタンゴムが開発され、ウレタン製Uパッキンが主流になってまいりました。ウレタンゴムは極めて強靱な機械的強度と耐摩耗性を持ち、高压油圧パッキンには最適な材料であり、布入りパッキンの代替製品としてウレタンパッキンの機能試験を行い、生産販売することになりました。この時期ウレタン原料を製造する日本エラストラン株式会社を設立してウレタン原料を製造することになりました。このウレタンゴムはゴム弾性を持ちながら、射出、押出成型が可能であり、運動靴、機械部品などの材料として、様々な用途で活用され始めました。昭和30年代のシール開発には新しいプラントにも経験が無くシール材開発に当たり機能試験、実証試験が必要でした。しかし、プラントを作って試験するわけには行かず試験機を作って基礎試験を行います。最終的には実際のプラントでの確認試験が必要です。当時の客先にて最終試験に協力していただけたからこそ、有効なデータを取ることができ、シール製品の確立を図れたものと存じ、これまでのご愛顧に今尚、感謝申し上げる次第です。

以上30年代当時からのシール製品と開発について述べてみました。

【寄稿】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 技術開発部門の皆さま、「テクノロジーニュース90周年特集号」の発行おめでとうございます。

私も少なからずバルカーの技術開発部門でお世話になった一人として本当に嬉しく思います。

私はバルカーのシール事業製品の素材の一つとして導入されたふっ素樹脂にかかわる研究開発部門に従事しました。基礎研究もさることながら、どちらかという応用研究、用途開発に費やす時間が長かったような気がします。

その用途開発経験の中から思い出話をお話したいと思います。

ふっ素樹脂は、その卓越した特性から、半導体製造装置、化学プラント、自動車関連、電子部品等々あらゆる産業分野で使用されていることはいうまでもありませんが、新エネルギーのひとつである地熱発電の場所の探査にも国産のふっ素樹脂電線(バルフロン電線)が使用されました。

地熱発電開発調査のためには地下探査ケーブルが必要になります。場所は火山地帯ゆえに、探査には地下の高温に耐えるため、当然優れた耐熱性が要求され、当時四ふっ化エチレン樹脂電線(ケーブル)に勝るものはありませんでした。

しかし、この樹脂は卓越した性能を持つ反面、加工性には難点があり、数千メートルに及ぶ長さを確保するには、それなりの工夫が必要となり、苦勞の末、テープ巻電線での対応となりました。

この先端に各種のセンサーを付けたケーブルを引っ提げて、業者の方と火山帯山中の道なき道を車で迷走、無事発電予定地で地質調査所の方と一緒に数千メートル地下の高温熱水計測を泥まみれになりながら終えたものでした。今は遠いむかし(約40年前?)のお話です。

また、現代のIT社会のベースを築いた大手の半導体メーカーの製造ラインでの、耐薬品ヒーターなどの部品開発と不具合対応?も兼ねた立ち会い、製鉄現場での耐薬品ふっ素樹脂ライニングタンク、同ライニング配管検査など強酸・強アルカリに囲まれて冷や汗を流しながらの過酷な現場での開発体験は、懐かしい思い出として残っています。

そして多くの技術開発陣により様々の用途開発が進められた結果、ふっ素樹脂の元祖のメーカーである米国デュポン社より、優れた用途開発の功績が称えられるプランケット賞を、四度も受賞できたことは優秀な研究開発メンバーをはじめ、関係各位のたゆまない努力の結果と技術力の高さを証明できたことではないかと、喜ばしく感じたことでした。

今年は栄えある90周年ですが、更に輝かしい100周年に向けて、会社発展の原動力となる技術開発部門の更なる飛躍を祈念いたします。



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

【寄稿】CTO時代の思い出



私は2003年11月に製商品開発担当の執行役員として採用いただいて以降、直近の2年強にわたる技術顧問期間を含め、15年以上の長きにわたりバルカーで勤務させていただいております。その間、2010年4月から4年半、CTOを務めさせていただきました。前任者の五十嵐氏は、基礎領域から応用まで広く化学の知識と見識をお持ちで、実用的な技術を重視してきた私にとって、CTO在任中も貴重なアドバイスをいただけるありがたい存在でした。CTOに任命いただいたときの緊張感を経験して初めて、CTO在任中の飄々とした五十嵐氏の風韻に感心したものです。

ところで、私がかつとも印象に残っているひとつに、バルカーに入社した当日の奈良研究所出張があります。社長のご指示で、入社初日に当時の城谷常務にご案内いただいて、奈良の研究所員全員を対象に、謂わば、所信表明をしました。私は、企業収益に貢献するR&Dの必要性を強調したと記憶しています。昨今は、企業でのR&Dは企業収益に貢献すべしという考え方は当然になっていますが、当時は、バルカーに限らず、企業でのR&Dの中にも公的な研究機関並みの中長期的なR&Dという考え方が底流にあって、企業収益に貢献するR&Dを強調すると、それが生々しすぎて、当時の研究者には受け入れにくい面もあったようです。ところで、この出張は、日帰りでしたが、京都で近鉄線に乗り換え、田園地帯に立地する研究所へ行くのですが、その後、CTO時代を通して、幾度、この地を訪れたことか。それにしても遠かった(上海の方が時間的には近い)。その割に、残念ながら、橿原神宮以外には近隣に足を運んでいないので、改めて、旅行してみたいと思っています。

R&Dにおいては、人材育成と共に社外との人的ネットワーク作りは大きな課題です。特に中国など海外で研究・開発活動をするには、大学の先生方との適切な協業は不可欠です。当時、私も日本の大学や欧米諸国の大学との共同研究といったことには経験がありましたが、中国の先生方との共同研究は経験がありませんでした。大学などの公的機関の研究者の社会的な貢献について、日本では社会的にかなりの議論がありましたので、共同研究の求める成果については、かなり具体的に事前に規定するようになっていました。一方、中国では、こうした経緯がなかったので、中国の先生方に、期待する成果を説明し、R&D Programの目標を設定するというやりかたには、当時、かなりの反発がありました。社会的・文化的な背景には、相当の配慮が必要だと痛感させられたケースです。

最近、まったく異なる分野から、適用性の広い技術シーズが生まれている可能性が以前より高まっているように思いますので、研究の門戸を広く開け、他社あるいは他の研究開発機関との交流を深めることが益々、重要になっています。それらを通して研究者の視線を世界レベルに高めることで、研究所をより高度な価値を生み出す組織へ変革し続けることが今後とも重要な課題だと思います。

日本バルカー工業株式会社 元CTO 黒田 博之

PTFEに充填材を添加した材料の種類と用途の紹介

1. はじめに

PTFEは他のプラスチック系材料と比較して、耐熱性、耐薬品性、絶縁性、非粘着性や低摩擦性などの様々な特性を有している。その応用範囲は半導体装置や化学プラント分野、自動車、OA機器から家庭用品といった各分野で幅広く用いられている。

一方で、PTFEは耐摩耗性や耐クリープ特性に関しては十分な性能を持たないため、軸受けのような摺動部品に利用するには自身が激しく損傷したり、荷重がかかる部分での利用では変形が大きいという問題がある。そこでPTFEに異材料である充填材を混ぜることでこれらの問題点を改善することができる。

本報では、代表的な充填材についてその種類や特長、用途などを説明していく。

2. 特長

2-1) 改善できる特性

充填材を添加することで改質できる特性として、耐摩耗性や耐クリープ性、熱伝導率、熱膨張係数などが挙げられる。純PTFEと比較して、耐摩耗性は最高約1000倍、耐クリープ性は約2倍、熱伝導率は最高2倍に増加といった効果がある。どの特性を改質するかによって適切な充填材を選択する必要がある。

2-2) 充填材の種類

充填材としては、グラスファイバー、グラファイト、二硫化モリブデン、ブロンズなどの無機充填材が一般的である。また、有機系の充填材も用いられている。

各充填材入りPTFEについて、その特長を述べる。

○無機系充填材

・グラスファイバー：

化学的、電気的性質にはほとんど影響を及ぼさない。

純PTFEと比較して圧縮クリープ抵抗が約2倍、耐摩耗性が約1000倍改善されるため、耐摩耗性の向上には最適。また白色であるため、利用しやすい。ただし、軸受けとして使用した場合、相手シャフトを破損してしまう恐れがある。

・グラファイト：

耐クリープ性を向上させ、初期摩耗、始動抵抗を小さくする。熱伝導性、耐薬品性も良好である。相手材を摩耗させづらいため、耐摩耗性は劣るが経済性に優れる。

・カーボンファイバー：

圧縮強度、クリープ特性、耐摩耗性に優れ、200℃以上の高温領域で大幅に改善する。また、水中での摺動特性が優れており耐薬品性も良好であるので、酸・アルカリなどの低潤滑性流体においても優れた摺動特性を保持する。

・二硫化モリブデン：

耐クリープ性、潤滑性が向上する。電気絶縁性を損なうことがないため、電気的用途に用いられる。ただし、単独で充填材として用いられることはほとんどなく、グラスファイバーやブロンズとともに使用される。

Table1 充填材の種類と特長³⁾

充填材の種類	充填材識別記号	特長
グラスファイバー	15%…2K0 20%…2N0 25%…2T0	耐摩耗性が良好。 電気的特性が良好。 アルカリに侵される。 水中摩耗に弱い。
グラスファイバー+グラファイト	20%+5%…2N1	耐クリープ性が良好。 摺動特性を改善する。
グラスファイバー+MoS ₂	15%+5%…2K7	耐クリープ性、圧縮強さが良好。 摺動特性を改善する。 電気絶縁性が良好。
グラファイト	15%…1K0	摺動特性が良好。 軟質相手材を攻撃しない。
ブロンズ	60%…3M0	耐クリープ性、圧縮強さが良好。 熱伝導性がよい。
ブロンズ+炭素繊維	3U8	油中での摺動特性が良好。
カーボン・グラファイト	25%…6T0 33%…6P0	耐クリープ性、高温耐荷重性が良好。
炭素繊維	10%…8H0	水中での摺動特性が良好。 耐クリープ性が良好。
有機系充填材	9A1 9A2 9B1	軟質相手材を攻撃しない。 安定した摺動特性。 耐クリープ性、圧縮特性が良好。

Table2 充填材入りPTFEの物性一覧³⁾

項目	単位	ASTM測定法	充填材識別記号											
			純PTFE	2K0	2N0	2T0	2N1	2K7	1K0	3M0	6T0	6P0	8H0	
充填材含量	重量%	—	なし	15%	20%	25%	25%	25%	25%	15%	60%	25%	33%	10%
比重		D792	2.1	2.23	2.24	2.26	2.23	2.29	2.17	3.91	2.10	2.05	2.09	2.09
引張強さ	MPa	D638	30.9	23	20.6	18.6	14.7	18.5	16.0	18.5	17.5	13.5	20.0	20.0
伸び	%	D638	400	320	300	280	235	280	230	215	55	15	200	200
圧縮ク リ ー プ 性	%	D621 (23°C 13.7MPa)	60min	—	6.6	6.0	5.2	5.8	4.6	5.2	3.4	1.9	6.8	6.8
			24h	—	10.3	9.4	8.3	7.0	5.4	5.8	3.5	3.6	2.6	9.0
			永久変形 (24h後)	14.3	9.6	8.7	7.9	8.0	6.5	6.9	4.5	4.5	3.7	9.4
				16.7	14.3	13.1	12.4	9.8	7.8	8.0	4.9	4.9	3.7	13.2
				7.9	5.3	4.9	4.5	3.9	3.0	3.3	2.0	2.0	1.7	5.1
				8.4	7.6	7.5	7.5	5.2	4.0	4.5	2.3	2.3	1.8	7.1
曲げ強 さ	MPa	D790	60min	51.8	52.4	51.3	50.7	36.8	45.5	43.0	40.4	35.0	32.4	33.7
				—	—	—	—	—	—	—	—	36.1	35.6	38.7
曲げ強 さ	MPa	D790	0.2%	5.6	3.9	4.1	4.2	8.3	8.5	6.0	8.0	9.6	—	8.3
			弾性率	340~620	1,550	1,730	1,900	1,540	1,690	—	1,380	1,190	—	1,030
圧縮強 さ	MPa	D695	0.2%	7.6	11.6	12.3	13.1	10.0	12.9	10.2	11.9	11.2	—	8.7
			弾性率	—	8.9	8.9	8.9	10.1	12.7	10.7	12.2	8.4	—	9.6
硬さ	デューメーターD*	D2240	—	410	690	760	830	980	970	—	770	1,050	—	770
				—	600	650	700	960	830	—	800	840	—	770
衝撃強さ (izod)	J/m	D256	155	144	129	117	154	159	140	10.5	—	—	168	
熱伝導率	W/(m·K)	Cence Fitch	0.24	0.37	0.40	0.45	0.20	0.33	0.45	0.47	0.43	—	0.19	
線膨張係 数	10 ⁻³ /°C	D696	25~90°C	—	14.2	13.4	12.6	13.5	15.0	12.6	9.7	8.5	—	13.4
				12.2	10.6	10.2	8.3	9.0	6.3	7.9	7.8	7.2	—	9.9
			25~150°C	—	15.1	14.2	13.2	13.1	15.8	13.5	10.3	9.4	—	14.5
				12.6	10.9	10.3	8.6	9.0	6.4	8.5	7.9	7.7	—	10.0
			25~200°C	—	16.3	15.4	14.4	13.9	17.3	14.6	11.4	10.6	—	15.7
25~260°C	—	13.7	12.3	11.4	9.7	9.9	6.9	9.2	9.0	8.5	—	11.1		
	—	18.5	17.7	16.8	15.9	20.0	17.6	14.0	13.5	—	18.2			
	—	16.4	14.8	13.4	11.9	11.7	8.0	10.8	10.4	9.7	—	13.1		
限界 P V 値	MPa·m/s	D570	0	0	0.015	0.014	0.013	0.016	0.010	0	0	—	—	—
			0.1m/s	—	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.6	1.0	1.0	0.9
			0.5m/s	—	0.7	0.9	0.9	1.4	1.5	1.4	1.0	1.4	1.5	1.5
			5.0m/s	—	1.1	1.2	1.2	1.8	1.8	1.3	0.6	1.8	1.9	1.8
摩 耗 係 数 (空 中 、 50h 後)	cm ³ MPa·m ³ ·h ⁻¹ ×10 ⁻³	松原式試験機 による測定	7,100	5	7	7	7	6	9.8	13	8	13	6	
				5,500	—	5,100	—	—	470	—	20	26	20	
動摩 擦 係 数 (50h 後)		P=0.69MPa V=0.5m/s	—	0.39~0.42	0.29~0.35	0.50~0.54	0.30~0.32	0.29~0.31	0.22~0.25	0.12~0.17	0.31~0.37	0.31~0.35	0.27~0.30	
静摩 擦 係 数		P=3.4MPa	0.05~0.08	0.10~0.13	0.10~0.13	0.10~0.13	0.08~0.10	0.08~0.10	0.08~0.10	0.08~0.10	—	—	—	

・ブロンズ:

耐摩耗性・圧縮強さ・耐クリープ性・硬さ・寸法安定性が著しく改良される。摺動面に油を保持しやすいことや油潤滑下において耐摩耗性が優れており、油潤滑用途にも用いられる。ただし、電気的・化学的用途に不向きである点は注意する必要がある。

○有機系充填材

・ポリアミド系樹脂:

摩擦係数が低く、カーボンやグラファイトでは傷つけてしまう軟質金属可動部材を相手材として接触する場合に有効である。

・ポリフェニレンサルファイド樹脂:

耐クリープ性、寸法安定性を付与する。

・芳香族ポリエステル系樹脂:

圧縮・曲げなどの機械的特性を改良し、安定した摺動特性を付与する。

このように充填材には様々な種類があるが、荷重、摺動速度、寿命、摩擦環境、相手材、線膨脹、耐食性、電気的性質などの使用条件から、適切な充填材を選定する必要がある。

また、純PTFEは白色であるが充填材を添加することで外観が黒色や黒褐色などに着色されるものもあるので、使用する箇所や用途によっては考慮すべき点である。

3. おわりに

PTFEは優れた化学的特性を持っており、すべりや粘性も優れているため、軸受けや摺動部品として用いるのに適している。更に充填材を添加することで摩擦特性やクリープ性が向上し、機械的用途に適したものとなる。

充填材の種類によって改善される特性が変わってくるため、材料選定する上での一助になれば幸いである。

4. 参考文献

- 1)池田 隆治:バルカーレビュー, 1No.35, 1 (1991)
- 2)里川 考麻績:ふっ素樹脂ハンドブック
- 3)バルカーハンドブック



和田 陽一郎
研究開発本部 開発部
機能樹脂製品開発グループ

PTFE加工品の精度と成型品の方向性の解説

1. はじめに

PTFEは熱膨張係数が金属に比較して大きく、かつ室温転移点が20℃付近にあり体積変化約1~2%を生じる。また、柔軟性や弾力性があり、薄肉のものは切削しにくく寸法精度が出しにくい。成形加工の残留応力を残存する素材は、切削加工時の摩擦熱、または切削後の経時変化により変形を起こすことがあり、寸法精度への影響を及ぼすことがある。

このような性質を持ち、加工精度は金属材料と同等の寸法許容差を要求される場合があり、使用者と製作者とのトラブル要因の一つと考えられる。よってPTFEの加工精度について解説する。

2. 普通寸法許容差について

Table1にJIS K6884-1971に規定されている「四ふっ化エチレン樹脂普通寸法許容差(削り加工)」を示す。

Table1 四ふっ化エチレン樹脂普通寸法許容差(削り加工)
単位mm

呼び寸法の区分		許容差	
		1級	2級
1以上	16以下	±0.1	±0.3
16をこえ	40以下	±0.2	±0.6
40をこえ	63以下	±0.3	±0.8
63をこえ	100以下	±0.4	±1.0
100をこえ	160以下	±0.5	±1.2
160をこえ	250以下	±0.6	±1.4
250をこえ	400以下	±0.7	±1.7
400をこえ	630以下	±1.0	±2.0
630をこえ	1000以下	±1.5	±2.5

本規格は圧縮成形または押出成形によりPTFE成形品の素材を機械加工する場合について、1mm以上1000mm以下の寸法に対して定めたものである。この規格の「・普通・」の意味は、図面に数値または記号で指示されていない場合に適用することを意味する。

PTFEの加工精度を求める際には、本質的特性を考慮する必要がある、その項目を下記に示す。

1. 熱伝導率が小さい。
2. 熱膨張率が高い。
3. 23℃付近で大きな体積変化(約1%~2%)がある。
4. 弾力性がある。
5. 残留ひずみが存在する場合がある。

以上、加工精度は大きさや形状にもよるが、最小公差は±0.05程度、またはJIS K6884規定値(1級)の約1/2と考えられる。

ただし、弾性を持つため寸法測定の際に測定器端部を強く押し付けると正しい値が得られない。例えば、マイクロメーターの押し付け方によっては0.1mm以上の差を生じる場合もある。使用者と製作者には、この点のご留意も必要となる。

3. アニール(アニーリング)処理効果

PTFEは通常、圧縮成型した後フリーシタ(焼成)を行うので、コイニング(金型に入れてシンターし、加圧冷却)したり、外層が急冷された成形品に比べ内部応力は小さい。

ただし、高い寸法精度を要求する場合や、形状が複雑な場合は、素材のアニール処理(アニーリング)を行う。

素材成形時のストレスを解消することによって、寸法精度を向上させ、また、経時変化を抑えるには有効的な手法となる。

・アニーリング:

熱または機械的な応力によって生じた成形品の内部歪を除去するために、一定の温度を保持した後、徐冷する操作を言う。

4. 表面粗さ

加工精度は表面粗さにもいえることであり、普通寸法許容差同様に材料特性を考慮した数値設定が必要である。

樹脂は加工表面の切削熱の影響を受け、弾性体であるため、金属加工表面の要求は厳しいと考える。

一般的に表面粗さは、加工機の回転速度と送り速度の関係性と、加工切削工具(刃物)による仕上りの違いが発生する。

Table2: PTFE表面粗さの加工目安を表記

Figure1: 算出平均粗さ(Ra)

Figure2: 最大高さ(Rmax)

Figure3: 丸棒、スリーブ材から加工方法

Figure4: シート(板材)の加工方法

Table2 粗さの区分け

新JIS表記		旧JIS表記		加工可否の目安
記号	算術平均粗さ Ra	記号	最大粗さ Rmax	
√	12.5~25a	▽	50~100S	○
√	3.2~6.3a	▽▽	12.5~25S	○
√	0.4~1.6a	▽▽▽	1.6~6.3S	○(シートは△)
√	0.012~0.2a	▽▽▽▽	0.05~0.8S	×

(単位: μm)

2種類(新・旧)の相互関係は便宜上を表したもので厳密性はない。現在でも古いJIS(旧)表記を使用している企業も少なくない。

この旧表示は約60年前程に制定され、古くから慣れ親しんでおり、製作側の末端まで浸透するには時間がかかることに加え、機能部品であれば既存の技術に準じる傾向があるためと言える。

そのため新・旧の相対関係を知っておくことも大事である。

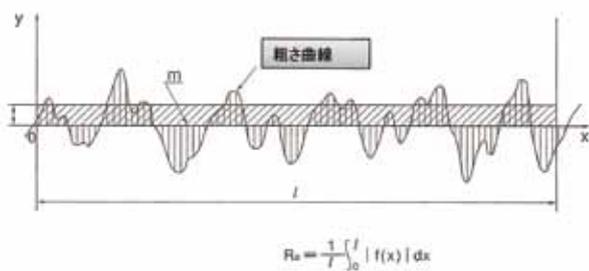
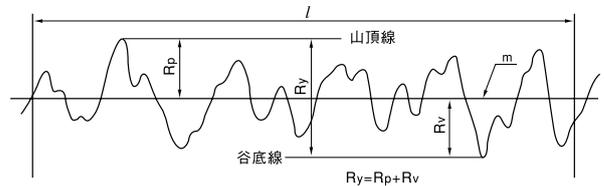


Figure1 表面粗さの種類: 算出平均粗さ(Ra)



備考 Ryを求める場合には、傷とみなされるような並はずれて高い山および低い谷がない部分から、基準長さだけ抜き取る。

Figure2 表面粗さの種類: 最大高さ(Rmax)

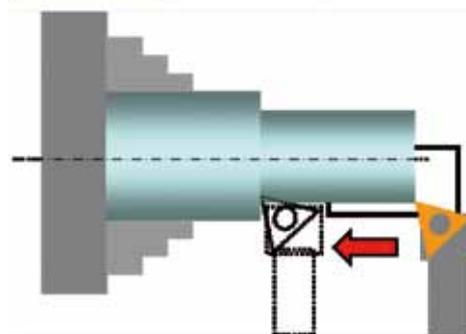


Figure3 外径加工

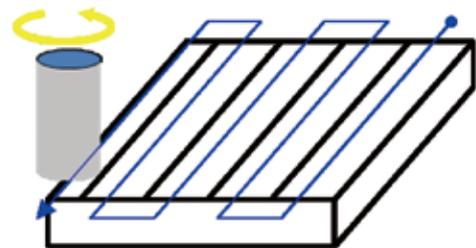


Figure4 面加工

5. 成型品の方向性

PTFE成型品は成型方法から方向性があり、方向により物性が異なる。PTFEの一般的な成型方法として圧縮成型法がある。

Figure5に圧縮成型方法の工程を示す。

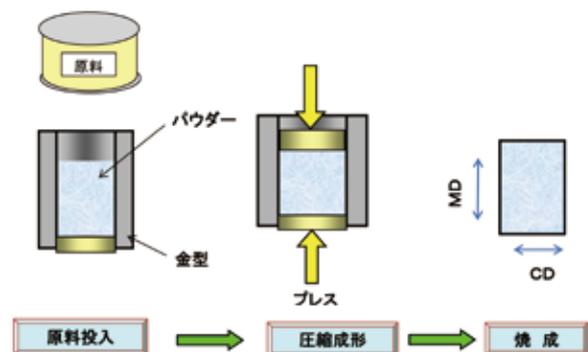


Figure5 圧縮成型方法の工程

圧縮成型方法は原料を金型内に投入し上下方向から押し固めていくため、方向性が生じる。成型時に圧縮方向に成型する方向をMD:molding direction、その直角方向をCD:crosssectional direction と呼んでいる。

PTFEの材料の中で充填材をPTFE原料に混ぜ合わせた充填材入りPTFEがあるが、繊維状の充填材は成型中に配向するため物性が著しくことなるので、設計・使用にあたっては注意する必要がある。

変化する特性としては、

圧縮クリープ性：MD方向の値がCDに比べが高い

引張り強度、伸び：CD方向の値がMDに比べ高く、
伸びやすい

線膨張係数：MD方向の値がCDに比べ大きい

素材がスリーブ状のものや丸棒状のものは見た目成型方向を確認し加工することが可能であるが、板状のもので複雑な加工が必要となる場合は初期の加工段階で印を付けるなどすることで方向性を付けて置く必要がある。

6. おわりに

PTFEは化学的に不活性であり耐薬品性に優れており、広い温度範囲においても使用出来る点や固体物質中で最小の摩擦係数を持っていることから多くの用途で使用されてきた。また、金属に比べると遥かに機械加工しやすい材料であり、樹脂材料の中でも比較的柔らかく、組み合わせて使用した場合は馴染みやすい特徴のある材料でもある。

近年、精密機械の分野でも多くのPTFE加工品が使用され、それに伴い寸法精度の要求も高くなってきている。工作機械や工具の進化とともに加工技術の加速に対応していく。なお、ご使用用途に合わせた寸法精度の要求と許容値をご使用者と製作者で確認する必要がある。

7. 参考文献

- 1) バルカーハンドブック 技術編 平成22年9月
- 2) 三井・デュボンフロロケミカル株式会社
ふっ素樹脂 デュボンTMテフロン実用ハンドブック
- 3) JIS K 6884-1971



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

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

訂正とお詫び バルカーテクノロジーニュース夏号 No.31に掲載いたしました、「PTFE線膨張係数解説」3.寸法補正計算例において誤記がございましたので、ここに訂正しお詫び申し上げます。

誤：寸法変化=1000×(100-0)×20×10⁻⁵=20 **正**：寸法変化=1000×(0-25)×20×10⁻⁵=-5
よって、0℃での長さは995mm(収縮)となる。

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)

1. はじめに

当社ホームページにて、お客さまの工業用シール製品の選定、課題解決にお応えするためシール製品検索ウェブサイト『Seal Quick Searcher[®]』(シール・クイック・サーチャー)を平成26年(2014年)より公開した。本検索ウェブサイトは、お客さまが必要としている技術情報をガスケットの専門知識の無い関連技術者の方などが、簡便に検索出来るよう設計している。また、技術情報をご希望される形式にて提供することも可能なサイトである。

ホームページ掲載以降、お客さまより非常に好評をいただいております。現在は日本語に加えて、英語・中国語にも対応している。

2. シール・クイック・サーチャー (SQS) とは

シール・クイック・サーチャー (SQS)は、工業用シール製品の選定条件である流体・温度・圧力による検索の他、キーワード、産業分野など多様な切り口で、当社推奨シール製品を幅広く検索できる。また、当社が培ったノウハウを、よくある質問 (FAQ) 形式で提供、ボルト締結力計算、圧力レーティング選定、他社相当品検索、カタログ、バルカーハンドブックもリアルタイムで検索することが可能である。

更に、実際の使用条件に対してのガスケット選定が可能であり、現場でのお困りごとをシール・クイック・サーチャーにて確認していただければ、問題解決方法をご提案することが可能なシステムである。また、産業分野を問わず製品・条件を切り口としてお問合せの対応を充実したシステムでもある。以下にシール・クイック・サーチャーの基本的な活用方法を示すので、是非、当社ホームページへアクセスしていただき当システムの活用をお願いしたい。

3. シール・クイック・サーチャー (SQS) の 活用方法① (流体、温度、圧力による検索)

シール・クイック・サーチャー (SQS)の特筆すべき機能として「仕様条件に合ったシール製品の推奨製品の検索」がある。この機能を活用することで「流体、温度、圧力」によるガスケット選定がどなたでも可能となる。以下に「推奨製品の検索」方法について説明する。

3-1) シール・クイック・サーチャー (SQS) へのアクセス

当社ホームページより『Seal Quick Searcher[®]』をクリックする。



①ボタン  をクリックする。

3-2) ガスケット検索へのアクセス

シール・クイック・サーチャー (SQS)の画面から「ガスケット検索」をクリックする。



②ボタン  をクリックする。

3-3) 「流体・温度・圧力から検索」へのアクセス

ガスケット検索の画面から「流体・温度・圧力から検索」をクリックする。



③ ボタン  をクリックする。

3-4) 検索条件を入力

「推奨ガスケットを探す」の画面から流体の選択、温度、圧力を入力する。

これにより、直感的な操作によりマウス操作だけで繰り返し検索を実施することが可能である。



④ 流体区分を選択する。

なお赤い反転色が流体区分の選択状態を表す。

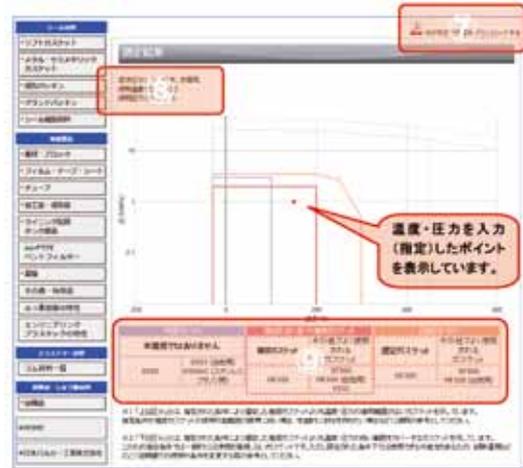
⑤ 温度・圧力の値を入力する。

なお、グラフ内をクリックしても温度・圧力が自動的に入力される。

⑥ 最後に「検索ボタン」  をクリックする。

3-5) 選定結果の確認

「検索」をクリックした後、グラフの下部に製品選定結果が表示される。



⑦ 結果をPDFでダウンロード可能である。

⑧ 選定条件を表示している。

⑨ 選定区分に基づく推奨ガスケットおよび上位区分・下位区分を表示している。

上位区分・下位区分は以下の解説をご覧ください。

検索結果に表示された「製品番号」をクリックすると製品の詳細画面に移ることが可能である。

解説

「上位区分」とは、指定された条件により選定した推奨ガスケットよりも温度・圧力の適用範囲が広いガスケットを示している。指定条件が推奨ガスケットの使用可能範囲の限界に近い場合、性能面で余裕を持ちたい場合などの参考としていただきたい。

「下位区分」とは、指定された条件により選定した推奨ガスケットよりも温度・圧力の低い範囲をカバーするガスケットを示している。このため指定条件では一般的には使用を推奨しないガスケットである。ただし、限定された条件下では使用できる可能性もあるため、試験運用など短期間での使用や条件を変更する際の参考としていただきたい。

4. シール・クイック・サーチャー (SQS) の 活用方法② (他社の製品番号から相当品を探す)

他社の製品からバルカーガasketの相当品を探すことが可能である。

4-1) 「相当品検索」へのアクセス

ガasket検索の画面から「相当品検索」をクリックする。



①ボタン  をクリックする。

4-2) 検索条件の入力

「他社の製品からバルカーガasket相当品を探す」の画面から検索条件を入力する。

「フリーワード」または「他社製品番号」から検索することが可能である。



- ② フリーワード(一部でも可)にて検索できる。
- ③ 他社メーカー名と製品番号による検索もできる。

なお、検索結果は「推奨品」と「提案品」が提示され、それぞれ以下のような趣旨で提案されている。

- 推奨品：構成材料が類似し、使用範囲もほぼ等しい製品
- 提案品：色調や使用範囲が一部異なるが、使用の対象となる可能性が高い製品

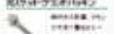
5. シール・クイック・サーチャー (SQS) の 活用方法③ (ガasket縮付力の計算)

シール・クイック・サーチャー (SQS)には、当社製品のご使用に際しお役立ていただけるよう様々な情報やツールを用意している。ここでは、縮付力を計算していただけるツールの使用方法に関して紹介する。

5-1) サポートツールへのアクセス

シール・クイック・サーチャー (SQS)の画面から「サポートツール」をクリックする。



①ボタン  をクリックする。

5-2) 「縮付力計算機」へのアクセス

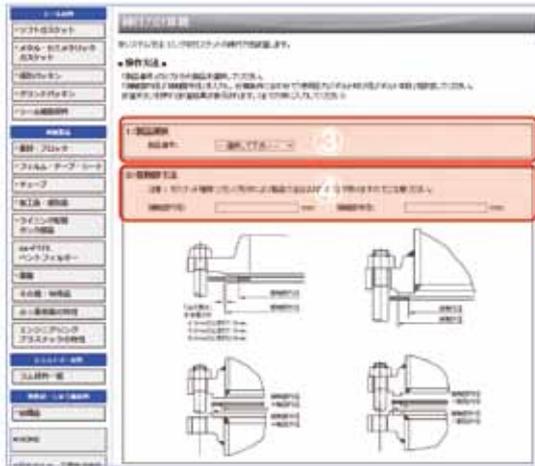
サポートツールの画面から「縮付力計算機」をクリックする。



②ボタン  をクリックする。

5-3) 計算条件を入力①

「締付力計算機」の上部画面で製品の選定と寸法を入力する。



- ③ 計算対象となる製品の製品番号を選択する。
- ④ 図を参考に接触部内径と接触部外径を入力する。
特にうず巻形ガスケットの本体外径寸法位置にご注意いただきたい。

5-4) 計算条件の入力②

「締付力計算機」の下部画面で計算対象となる圧力とボルト条件を入力する。

その後、「計算」をクリックする。



- ⑤ 計算対象圧力とボルトの呼び径、本数を入力する。
- ⑥ 最後にボタン **計算** をクリックする。

5-5) 計算結果の表示

締付計算結果は以下のように表示される。
また、PDFでの結果のダウンロードも可能である。



- ⑦ JIS B8265 による Wm1 と Wm2 を比較し、より大きい値を示している。
- ⑧ 液体シールを対象とした当社推奨ガスケット応力による値を示している。
- ⑨ ガス体シールを対象とした当社推奨ガスケット応力による値を示している。
- ⑩ 対象ガスケットの許容ガスケット応力による値を示している。
- ⑪ JIS による計算結果と当社推奨応力とを比較し、より大きな値を最終計算結果としている。

6. おわりに

本報では、当社シール・クイック・サーチャージャー (SQS) の機能の一部を紹介させていただいた。

ぜひご活用いただき、皆さまの業務の一助となれば幸いです。また、今後とも、お客さまのご要望にお応えするため、順次機能を向上させてまいります所存である。



江西 俊彦

営業本部 テクニカルソリューショングループ

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

1. はじめに

近年、油圧機器への要求として、油圧システムの効率化に伴う高圧化、高温化、小型・軽量化など、多様な使用条件への対応がある。そのため油圧シリンダをはじめ、油圧シリンダ用パッキンに求められる性能も多種多様となり、各種パッキンの性能向上のため改良が行われている。

当社においても、建設機械市場向けに油圧ショベル用シリンダのメンテナンスキットとして、高圧シリンダ用シールシステムを開発している。この開発段階の実機評価において、ある特定の条件でシリンダに鳴き(スティックスリップ現象)が発生することがわかった。シリンダの鳴きとは、シリンダ動作時に往復動パッキンの接触部にてスティックスリップ現象が生じ、異音や振動などを発生させることを言い、油圧シリンダにおける問題として認識されている。

今回の鳴きトラブルでは、パッキンと相手面との接触部に油膜成形不良が生じたことが要因と判断し、パッキンの設計により油膜の吸い込み特性を向上させ、改善した事例について紹介する。

2. 油圧シリンダ用パッキンの構成例

油圧ショベル用シリンダのような高圧用シリンダには、一般的にFigure1で示すような複数のパッキンと部品が使用されている。¹⁾

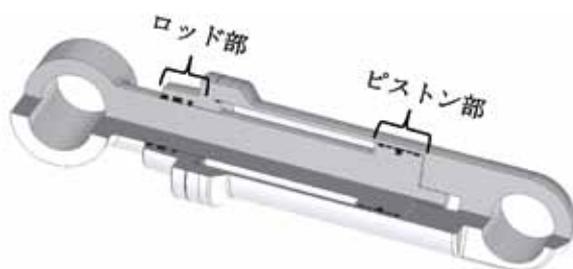


Figure1 油圧シリンダの構成

2-1) ロッド部のシールシステム構造

ロッド部に使用されるパッキンは、シリンダの性能として重要視される外部漏れ防止に対し、重要な役割を担っている。ロッド部のシールシステム構造をFigure2に、構成部品の概要をTable1に示す。

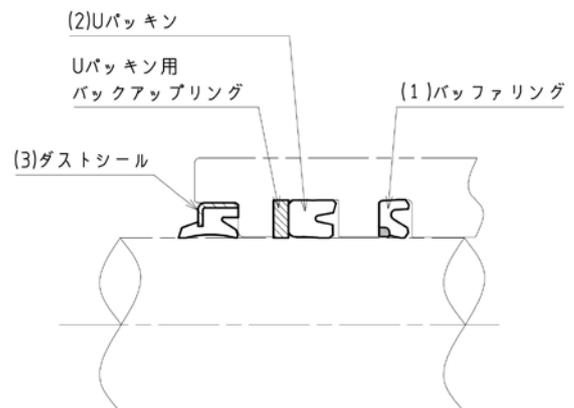
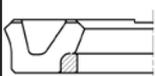


Figure2 ロッド部のシールシステム構成

Table1 ロッド部のシールシステム構成部品概要

(1) バッファリング	 初期の高圧を受けて、Uパッキンへの負荷軽減用のパッキン。高強度樹脂材のバックアップリングを併用させることで耐圧性を確保。
(2) Uパッキン	 外部への油漏れ防止のためのメインシール。高強度樹脂材のバックアップリングを併用させることで耐圧性を確保。
(3) ダストシール	 外部からの異物、土砂などの侵入防止用のパッキン。Uパッキンからの微小な漏れを防止する機能も備えている

2-2)ピストン部のシールシステム構成

ピストン部に使用されるパッキンは、油圧を保持し、ピストンに適正な推力と荷重保持能力を与え、シリンダを作動させる役割を担っている。²⁾ ピストン部のシールシステム構造をFigure3に、構成部品の概要をTable2に示す。

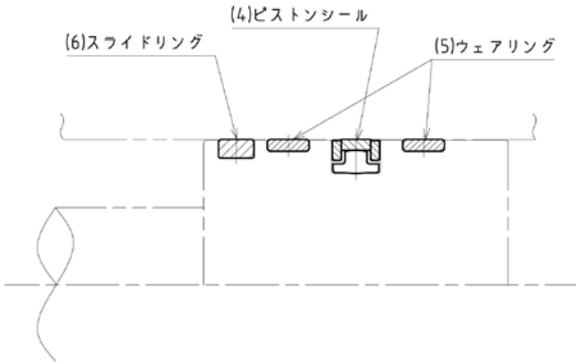


Figure3 ピストン部のシールシステム構成

Table2 ピストン部のシールシステム構成部品概要

(4)ピストンシール	
	シリンダ動作時の圧力を保持させるためのメインシール。以下の複数の部品から構成されている。 ①：摺動特性向上用の摺動リング ②：シール性確保のためのゴム製バックリング ③：耐圧性を補うためのバックアップリング
(5)ウェアリング	
	シリンダ動作時のピストンの軸受機能を果たす。主に材料は布入りフェノール樹脂が使用されている。
(6)スライドリング	
	油中に含まれる異物などがピストンシールへ侵入するのを防止する。主に材料はPTFE（四ふっ化エチレン樹脂）が使用されている。

3. 鳴き（スティックスリップ現象）

スティックスリップは、パッキンと相手面との接触する面に働く静止摩擦力と動摩擦力が深く関与しており、静止摩擦力（起動抵抗）が作用するスティック（固着）状態と、動摩擦力（摺動抵抗）が作用するスリップ（滑り）状態が、接触面に瞬間的に、かつ周期的に発生する現象である。²⁾³⁾

この現象は、油圧シリンダの使用条件によって、主に低速域で生じ、発音現象・振動発生などの問題になるケースがある。この発音現象が、鳴きと呼ばれている。²⁾⁴⁾

4. 鳴き評価

当社で開発した高圧シリンダ用シールシステムを、実機の油圧ショベルのシリンダに搭載し、シリンダ動作テストを実施した。その結果、低速作動、及び油温が高い場合においてシリンダに鳴き（スティックスリップ現象）が発生した。開発段階での社内評価では、鳴きが発生しないことを確認していたことから、実機での動作状況を再現出来ておらず、鳴き評価の難しさを再認識した。

4-1) 社内評価

当社で高圧シリンダ用シールシステムの、開発段階に実施した社内評価（スティックスリップ試験）の内容を以下に示す。試験の結果、鳴きは発生せず、スティックスリップ現象は確認出来なかった。

スティックスリップ現象においては、定量的な評価が難しく、使用状況、環境を的確に再現して、パッキンの特性を十分に把握した上で、試験の計画、実施が必要であることは認識していた。⁴⁾ しかし、社内評価では、シリンダの横荷重、及び油温が高いことによる油の粘度の低下など、実運用を再現出来ていなかった。

Table3 スティックスリップ試験条件

項目	試験条件
油温	常温（成り行き温度、約40℃）
速度	0.01m/sec
重り	25kg
潤滑油	油圧作動油（動粘度（40℃）：46.0mm ² /sec）
確認方法	シリンダが上下に移動する際の加速度計の波形から判断する

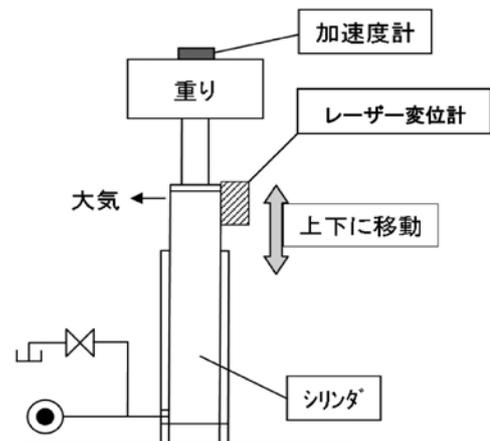


Figure 4 スティックスリップ試験装置

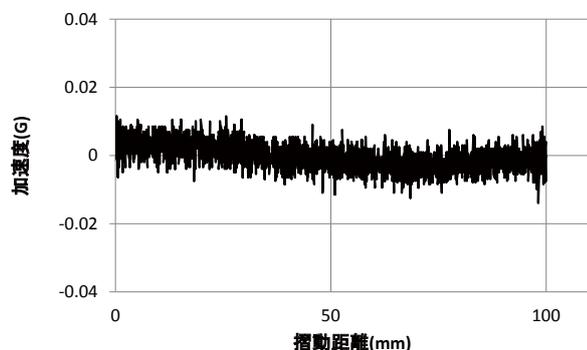


Figure5 スティックスリップ試験結果

5. パッキンのスティックスリップと油膜の関係

パッキンのスティックスリップ現象は、接触面の潤滑不良による摩擦抵抗の影響が関係しており、接触面の固着と、滑りの周期的な繰り返しにより発生するものである。このときパッキンは、固着状態では自身が変形して留まろうとし、外力などによって強制的に滑らされると元の形状に戻ろうとする。パッキンのスティックスリップ現象は、温度、速度、圧力、表面粗さ、作動油の粘度、油性などの因子の影響を受けるが、定量的に究明されていない。しかし、定性的には、高压・低速作動のとき、潤滑剤が不十分なとき、作動油の粘度が低く潤滑幕の破断が生じやすいときなどがある。⁵⁾

パッキンでスティックスリップ現象を改善させる対策は、摩擦抵抗全体を小さくすることがある。パッキンの摩擦抵抗を小さくする手段としては、相手面との摺動面に介在している油膜を適正に確保することによる改善がある。²⁾

5-1) パッキンの油膜形成

一般的な往復動用パッキンが摺動面に適正な油膜を維持するには、パッキンの流体入口側、及び大気側の面圧分布の圧力勾配が大きく関係している。⁶⁾ 圧力勾配の大小で、油膜を吸い込むか、または油膜を掻き取るかが決まり、油膜厚さとシール性に影響を与える。

当社では、高压用ロッドシール(Uパッキン)開発時にヒール側の形状とヒール部の面圧分布の圧力勾配にも着目し、これらを最適値に設定することで吸い込み特性の良いシールが開発可能であることが検証出来た。¹⁾

5-2) ピストンシールシステムへの油膜形成手段の展開

鳴きが発生したシリンダのロッドシールシステムには、前述の当社が開発したUパッキンを採用しており、適切な油膜が維持されていることから、ピストンシールシステムにて発生して

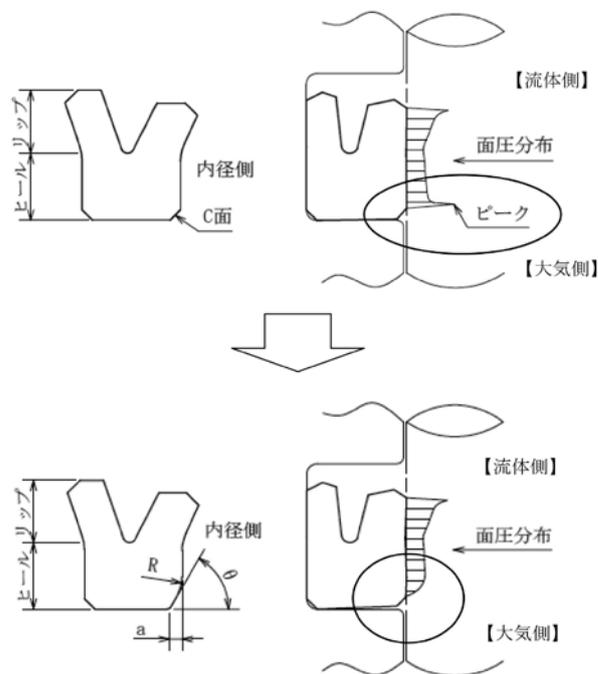


Figure6 開発品における油膜吸い込み技術

いると考えた。

実機の鳴き評価の結果から、鳴きは油温が高いことにより油の粘度が低い状態で、かつ、ピストンシールシステムに横荷重が負荷されている場合に発生していた。横荷重が負荷されると、軸受けのウェアリングが相手面に強く押し付けられ、接触面にピーク面圧が発生し、圧力分布の圧力勾配も大きくなると推定する。以上より、鳴きはウェアリングが油膜を掻き取り、摩擦抵抗が高くなったことで発生したと推定される。

本事象を検証するため、FEAによりウェアリングの面圧分布を確認した結果、両端部のC面取り部にピーク面圧、及び圧力勾配が大きいことが確認された。

この対策として、開発品のUパッキンで確認出来ている油膜の掻き取り、及び油膜の吸い込み特性を応用することにした。分析結果とその対策品検討結果をTable4に示す。

ウェアリングの両端部の形状は、Uパッキンの吸い込み特性を応用し、摺動面に適切な油膜を形成させるため、R状とした。

このウェアリングにて、実機での鳴き評価をした結果、鳴きが発生しなかった。この結果から、適切に油膜が維持出来ていると判断する。

Table4 ウェアリングの分析結果、及び対策品検証結果

項目	分析結果	対策品検討結果
端部形状	C面取り(エッジ) 	R形状
摺動面の面圧分布	端部のC面取り部に面圧の局所的なピークが発生している。 ピーク面圧 【流体側】 【ピストンシール側】	端部をR状にすることで、圧力勾配を小さくする。 滑らかな圧力勾配 【流体側】 【ピストンシール側】
材料特性	製品材質は、ガラス繊維入りナイロンである。代表的な材料であるPTFEや布入りフェノール樹脂より安価で、高強度。摩擦特性は、PTFEと比較し劣るため摺動面にローレット加工が施してある製品もある。 ²⁾	材料は、コスト上の問題から変更しない。

6. 実機シリンダでの鳴き評価

前項で述べた対策前と対策後において、実機の油圧シヨベルで鳴き評価を実施し、鳴きの音を周波数で可視化して確認した図をFigure7に示す。対策後の鳴き評価の結果、鳴きの波形が認められなかったことを確認した。

7. おわりに

油圧シリンダ用パッキンにおいて、適切な油膜を維持する

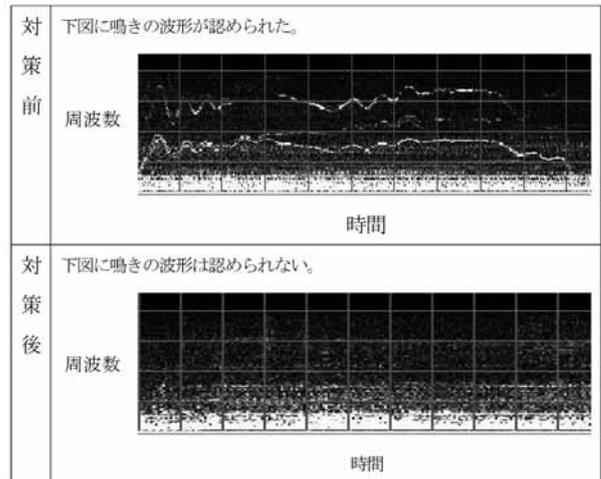


Figure7 シリンダの鳴き評価結果

ことで、鳴きの改善につながる事が検証出来た。適切な油膜を維持するには、油膜の掻き取り、及び油膜の吸い込み特性が、必要不可欠な要素である。この特性を把握することで、他の製品での鳴き改善や摩擦抵抗低減に展開できる技術となる。ただし、使用条件や製品別の適切な油膜厚さなど、数値的な把握にまでは至っておらず、いくつかの課題があり、今後の製品開発で検証していく必要がある。

8. 参考文献

- 1) 山下純一, バルカー技術誌, No.30, 3-8, (2016).
- 2) 安藤忠, 油空圧技術, 2003年5月号, 28-33.
- 3) 中野健, 日本ゴム協会誌, 第80巻, 第4号, 134-139, (2007).
- 4) 高牟禮辰雄, 辻和明, 村松晃, 吉田勉, 油空圧技術, 2003年5月号, 34-37.
- 5) 赤井英夫, 油空圧技術, 2003年5月号, 13-20.
- 6) 兼田禎宏, 日本ゴム協会誌, 第72巻, 第4号, 194-201, (1999).



高橋 謙一
研究開発本部 開発部

Oリングの固着トラブル要因と解決法

1. はじめに

ゴム製Oリングは静的シール(ガスケット)、動的シール(パッキン)の両方に適用できるシール材である。また、材質が軟質な弾性体であるため、相手面となじみやすく、小さな締付力でシールすることができるなど、その他にも以下に示すような数多くの利点を有している。

- ・低圧から高圧までの広範囲で使用可能。
- ・装着部分の省スペース化が可能。
- ・装着部の構造が簡単であり装着作業が容易。
- ・規格化されており、入手が容易で低コスト。

そのため、最も汎用性があるシール製品として、自動車、油空圧、工作機械、食品、半導体、航空宇宙などをはじめとする様々な産業分野の各種装置、機器で使用されている。

ゴムは本来、もとの形に戻るという弾性の他に、滑りにくい、くっつきやすいという性質を有している材料であり、動きを止める、抜けにくいなどの性質をうまく生かしてタイヤ、ホース、ベルトなど様々な機器部品に使用されている。その反面、それらの性質は製品を取り扱う際の事象として装着しにくい、外しにくいなどの不具合として問題となることがある。ゴム製Oリングの場合では、製品同士がくっついたり、相手面に固着するというトラブルに発展する場合がある。

本報では、Oリングの固着要因とその解決法について述べ、固着低減を目的として開発された当社製品を紹介する。

2. 固着現象と要因

2-1) Oリングの固着

ゴムOリングは加圧された状態で金属などの相手面に接触させると、相手面に固着する現象が発生することがある。この現象は程度が小さい場合は粘着と呼ばれていることもある。使用環境によっては、剥がす際にゴムの材料破壊が起こるほど強固に固着する場合もある。静的シールの場合、シール性能自体は固着が発生しても問題にならないことが多い

が、Oリング交換の際にフランジの開放に非常に大きな力が必要となったり、大口径Oリングの場合では相手面との接触面積が大きく、相当な固着力となるためフランジの開放ができない状態に陥ることもある。また、フランジ開放の際に固着したゴムが破断して溝や相手面に付着して清掃が困難になるなどのメンテナンス上の問題が生じることもある。

一方、動的シールの場合では固着により、Oリングが溝から脱落することによるシール性能自体への影響や、動作の遅れ、異音や異常振動などの機器の動作不具合の要因となり、使用されている機器の不具合へ直結する。

2-2) 固着メカニズム

固着現象はゴムが相手面に接触することにより、ゴムセグメント分子が相手面へ拡散、吸着することによる二次結合(水素結合やファンデルワールス力など)によって界面を形成し、まず、初期固着(物理固着)が発生すると考えられている。明確な区分はなく諸説あるようだが、固着の程度が小さい場合は粘着と呼ばれることもある。また、初期固着には投錨効果や負圧効果などが影響している場合もある。続いてその界面において一次結合(化学結合など)が生成し始めるとともに、固着強度が徐々に増加し、強固な固着(化学固着+物理固着)へと発展していくと考えられている。¹⁾²⁾

2-3) 固着に影響を与える因子

ゴムの種類や相手材の材質により固着強度は異なるが、それ以外に固着強度に影響を与える主な因子としてはゴムの硬さ、使用される温度や湿度、ゴムや相手面の表面粗さなどがあげられる。これら因子の固着強度への影響については他の因子も含めて詳細が報告されているが、³⁾ その報告を元に代表的な因子を一部抜粋して以下のようにまとめられている。⁴⁾

- ・ゴムは硬度が高いほど固着強度が小さい。
- ・温度は高いほど固着しやすい傾向があるが一概には言えない。

- ・湿度の影響はゴムと相手材との組み合わせによって異なる。
- ・表面粗さはゴム、金属とも粗いほど固着強度が小さくなる。これは接触面積が関係する。

3. 固着対策

固着を防止する方法として、簡易的にはグリスや潤滑剤の塗布などが行われているが、製品や装着部の汚染の要因となりやすく、また、作業時間の短縮などの観点から、Oリングそのものに固着防止対策を施した製品が求められている。Oリングの代表的な固着防止手法をFigure1に示した。

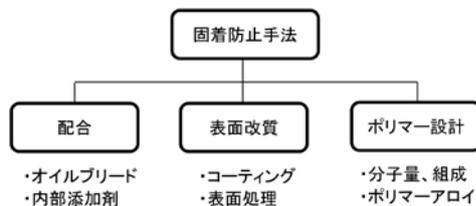


Figure1 固着防止手法の分類

3-1) 配合による手法

ゴム混練時にオイル、PTFEなどの固体潤滑剤、あるいは潤滑成分、離型成分などの内部添加剤を練り込むなど、配合薬品を選定して固着低減を図る手法である。一般的にこれらの配合薬品はゴムの物性や圧縮永久ひずみなどに影響を及ぼすことが多く、諸特性のバランスを考慮する必要がある。

3-2) 表面改質による手法

ゴムの表面に固着しにくい性質を付与させて固着低減を図る手法である。ゴム表面に固着しにくい薄膜を形成させるコーティングによる手法と、薬液などに浸漬したり、プラズマや放射線を照射して表面処理をする手法がある。コーティングには物理的に融着させているタイプとゴム母材との密着性を向上させるためにゴム表面と反応した薄膜を形成させるタイプがあり、薄膜がゴム母材との追随性を有していることも重要である。表面処理では加硫剤を含む薬液にゴムを浸漬、加熱して表面を硬化させる手法がよく知られている。しかし、表面改質による改質範囲は表面近傍のみにとどまり、摩耗により改質層がなくなると効力がなくなってしまうため、動的シールへ適用には注意が必要である。

3-3) ポリマー設計による手法

Oリングの原料となるポリマー自体を改良することにより固着低減を図る手法である。一般的に分子量の高いポリマー

は固着が少ないとされており、側鎖や末端基(例えば-COOH、-OH、>COなど)が少ない方が固着低減を図れると考えられている。また、分子鎖の運動を抑制するような構造、例えばガラス転移点の高い構造の付与なども考えられる。ただ、ゴムの弾性を保持しつつ固着低減を発現するような構造を合わせ持たせることは一筋縄ではいかないようであるが、今後、新規構造をもったポリマーやポリマーアロイなどによる分子設計レベルでの検討に期待したいところである。

当社では様々な固着防止手法を駆使して固着低減を図った製品をラインアップしており、その中でも代表的な製品をいくつか紹介する。

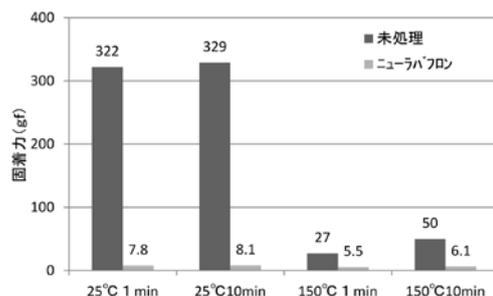
4. ニューラバフロン

固着防止に効果がある当社製品の一例としてニューラバフロン(ラバフロンは当社の登録商標)を紹介する。

ニューラバフロンは表面改質手法を用いた製品であり、単なるコーティングではなく、反応性処理であるため、ゴム母材との密着性に優れ剥離を起こしにくい。また、ゴム母材の物性に影響を及ぼさず、ニトリルゴムやフッ素ゴムなど、シリコンゴムを除くほとんどのゴム材料へ処理が可能である。ニューラバフロンは低固着性と同時に低摩擦性も合わせて有していることから製品同士や相手面への固着防止はもちろんのこと、円筒面シールなどのOリング装着時の挿入抵抗の低減も図ることができる。⁵⁾⁶⁾ ニューラバフロンの固着力測定結果をFigure2に示し、摩擦係数測定結果をFigure3に示した。

ニューラバフロン処理をOリングに施すことにより、次のような効果が期待できる。

- ・Oリング同士の固着防止
- ・相手面への固着防止
- ・Oリングの装着性改善(グリースレス)
- ・Oリングのねじれ現象や損傷の防止



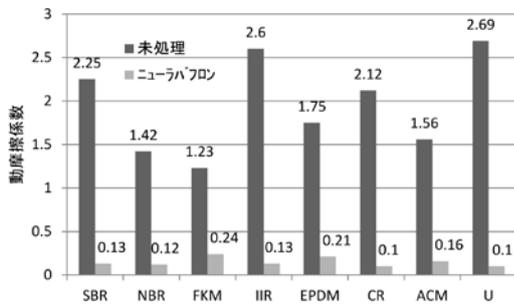
試験方法: タッキング試験機

試験片にプローブを所定条件で接触させた後引き離す際の力を測定

試験片: 厚さ2mmアクリルゴムシート、荷重: 100gf、

プローブ: ステンレス(φ5mm)、引き上げ速度: 600mm/min

Figure2 ニューラバフロン処理ゴムの固着力



試験方法：ボール圧子試験機、試験速度：60mm/min
試験片：厚さ2mmゴムシート、荷重：200gf、ボール圧子：SUS(φ6)
SBR：スチレンブタジエンゴム、NBR：ニトリルゴム、FKM：ふっ素ゴム、IIR：ブチルゴム
EPDM：エチレンプロピレンゴム、CR：クロロプレンゴム、ACM：アクリルゴム、U：ウレタンゴム

Figure3 ニューラバロン処理ゴムの動摩擦係数

5. 非粘着用ふっ素ゴム D2370

ふっ素ゴムは耐熱性、耐薬品性などに優れることから幅広い分野で使用されている。一般的に「ふっ素」と言えば、くっつきにくい、滑りやすいというイメージがあるかもしれない。しかし、ふっ素ゴムは予想に反して相手面への固着現象が発生することが多々あり、決して固着しにくい材料ではない。

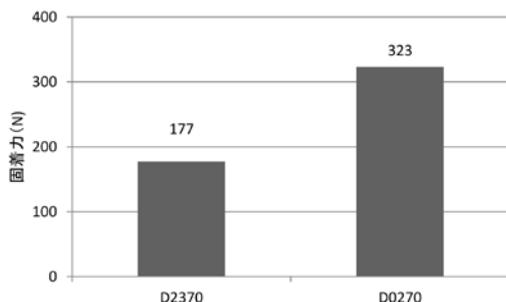
D2370 は当社独自の配合手法を用いて従来のふっ素ゴムの耐熱性や物性などの特性を維持したまま、固着低減を図った材料である。

Table1 にD2370 の物性一覧を示し、Figure4 にD2370 の固着力測定結果を示した。

Table1 非粘着用ふっ素ゴム D2370 の物性一覧

	D2370 非粘着用ふっ素ゴム	D0270 当社標準ふっ素ゴム
硬さ(Shore A)	70	71
引張り強さ(MPa)	14.0	13.9
伸び(%)	190	230
圧縮永久ひずみ率(%)*)	14	16

*) 200℃ / 70hrs、25%圧縮、φ 29ディスク
表中の値はすべて測定値の一例であり、規格値ではありません。



試験方法：試験片に相手材を所定条件で接触させ、温室で4時間冷却した後引き離す際の力を測定
試験片：厚さ2mmゴムシート、接触面積：5.88MPa、加熱条件120℃：×20hrs
相手材：φ 25 × φ 19のリング状(SUS304)、引き上げ速度：50mm/min

Figure4 D2370 の固着力測定結果

D2370 は、一般的なふっ素ゴム O リングを使用しているドアシール、ゲートバルブシールなど各種バルブにおいて、一般的なふっ素ゴムの代替材料としてシール材の固着現象を低減することにより開閉個所の動作不具合の改善に役立つと考えられる。また、フランジなど相手面への固着対策としても効果が期待される。

6. おわりに

O リングの固着現象について、固着要因と固着防止手法について説明し、当社の固着対策製品を紹介した。

静的シールの場合、固着現象はメンテナンス性を著しく悪化させる要因の一つである。しかし一方では、永久変形が大きく使用不可と判断されるような領域での使用において、O リングが固着しているためにシール性を保持し、延命されている場合などもあり、単に固着改善だけではなく、様々な使用状況を加味した上で対策を進める必要があると考えている。

また、固着現象は使用環境、条件など様々な因子が影響するため、シール材料だけで解決するのはなかなか困難なのも事実である。そのため、Oリングが使用されている状況を適切に把握する必要が重要であり、ユーザーの皆さまの生のご意見、情報をいただきながら、ゴム材料の特性を十分に生かした付加価値の高い製品を開発し、ご紹介していきたいと考えている。

7. 参考文献

- 1) 森邦夫ら、ゴム協会誌、第60巻 第7号(1987)
- 2) 日本ゴム協会編、ゴム工業便覧第四版(1994)
- 3) 森邦夫ら、ゴム協会誌、第60巻 第4号(1987)
- 4) 目功、バルカーレビュー、第38巻 第8号(1994)
- 5) 目功 岡崎雅則、バルカーレビュー、第41巻 第1号(1997)
- 6) 目功、月刊トライボロジー、1998.3 (1998)



岡崎 雅則

研究開発本部 開発部

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

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高温及び長期条件で使用されることが多い。日本ではその高い耐熱性、シール性、強度、取扱性、低コスト性から、2008年の規制まで多くの石綿ガスケットが使用されていた。これまでに石綿ガスケットに関する研究^{1)~5)}は多くなされ、石綿ガスケット付き締結体の密封性能などの特性が明らかにされている。日本では2008年からの石綿製品の使用の禁止に基づき非石綿製品の使用が義務づけられ⁶⁾、これに伴い非石綿ガスケット製品の開発改良が進んでいる。

従来の石綿ガスケットは大別すると、石綿ファイラーを含むうず巻形ガスケット、石綿ジョイントシートガスケットの2種類であった。石綿代替においては、うず巻形ガスケットでは膨張黒鉛に置き換えることにより大きな問題は生じなかったが、石綿ジョイントシートガスケットでは非石綿ジョイントシートガスケット、膨張黒鉛シートガスケットとPTFE系シートガスケットの改良が進められた。⁷⁾ アラミド繊維を含んだジョイントシートガスケットは多くのゴム成分を含有するために耐熱性がより低く、膨張黒鉛シートガスケットは傷がつきやすいという課題が残されていた。そこで、日本ではPTFE系ガスケットが新しく改良され、広く使用されている。新しく開発されたPTFE系ガスケットは、課題であったクリープ特性が大きく改善されたと認識されているが、ガスケットの応力-ひずみ線図、基本漏れ特性(文献、JIS B 2490)及びクリープ特性などの機械的特性の詳細は明らかにされていない。更に従来の石綿ガスケット付き締結体の密封性能に対してこのPTFE系ガスケット付き締結体の密封性能が良好なのかどうか也十分示されていない。

これまでの研究で常温におけるPTFE系ガスケット付き締結体の密封性能、フランジのハブ応力、ボルト軸力変動(内力係数)及びガスケット接触応力分布などの力学的特性は研究され、石綿ジョイントシートガスケット付き締結体に比べて

密封性能がかなり優れていることが示されている⁸⁾が、しかし高温下における特性は不明瞭な部分が多い。⁸⁾そのため、高温下におけるクリープ及び密封性能などの締結体の力学的特性の研究が必要とされている。

本報では、実験とFEM解析によって高温下におけるPTFE系ガスケット付き管フランジ締結体のクリープ特性とその影響を含むボルト軸力挙動及び密封性能などの力学的特性を評価することを目的としている。まずはPTFE系ガスケットの応力-ひずみ特性、線膨張率及び基本漏れ特性などの基礎特性を測定し、高温下のクリープ特性も測定する。有限要素(FEM)解析では、PTFE系ガスケット付きフランジ締結体のボルト軸力変動、フランジハブ応力及びガスケット接触応力分布を算出し、各温度における漏れ量をガスケット接触応力分布及び基本漏れ特性を用いて推測する。実験から得られたボルト軸力、フランジハブ応力及び漏れ量と比較も行うことによりFEM解析の妥当性も確認する。

実験ではPTFE系ガスケット付き締結体の密封特性、ハブ応力及びボルト軸力の変化を測定する。

本研究では、評価ガスケットを当社製品No.GF300とする。No.GF300は耐熱性が高くゴム分を一切含まないために熱や時間の劣化がなく、力学的な検討では精度良い評価が可能である。

2. 実験装置

Figure1は締結体試験装置を示し、この試験装置を用いて締結体からのヘリウムガスの漏れ量、ボルト軸力及びフランジハブ応力を測定する。SUS304製のフランジで、寸法はASME/ANSI class300 2inchとしている。締結体にはヒーターが埋め込まれており、3℃/minの速度で加熱される。熱電対を用いて温度を測定及び制御し、ひずみゲージによってフランジハブ応力を測定する。各ボルトにもひずみゲージが貼り付けられており、ボルト軸力の測定を行う。ボルト締付けは“JIS B 2251-2008 フランジ継手締付け方法”に準拠して行っ

た。

漏れ量は圧力降下法を用いて測定し、式(1)を用いて算出する。

$$L = \frac{MV}{tRT_1} \left(P_1 - \frac{T_2}{T_1} P_2 \right) \quad (1)$$

ここで、 L :漏れ率 [$\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$]、 M :モル質量[kg]、 V :装置内容積 [mm^3]、 t :測定時間[s]、 R :気体定数 [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$]、 T_1 :測定開始時温度 [$^{\circ}\text{C}$]、 T_2 :測定時間後温度 [$^{\circ}\text{C}$]、 P_1 :測定開始時内圧[MPa]、 P_2 :測定時間後内圧[MPa]としている。

ガスケット寸法はASME/ANSI class300 2inchに準拠し、厚さは1.5mmとしている。作用内圧は2MPa、管温度が常温、100 $^{\circ}\text{C}$ 及び200 $^{\circ}\text{C}$ としている。ボルト初期締付けは平均ガスケット応力35MPaに相当するボルト軸力が一様に16.4kNになるように締付け作業を行っている。

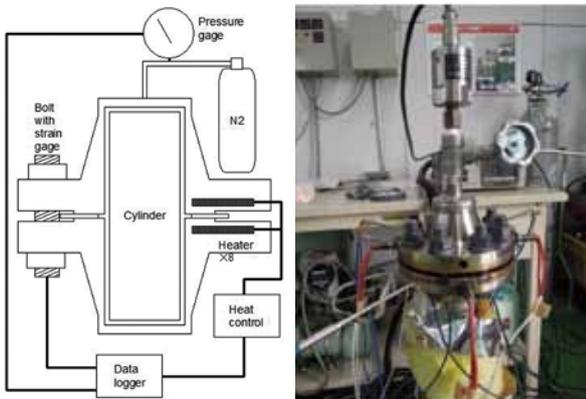


Figure1 締結体試験装置

3.ガスケット特性測定

FEM解析に用いるガスケット圧縮特性、基本漏れ特性、線膨張係率、及びクリープ特性を測定する。

3-1) ガスケット応力-ひずみ特性

Figure2に示す装置を用いて常温、50 $^{\circ}\text{C}$ 、100 $^{\circ}\text{C}$ 、200 $^{\circ}\text{C}$ 及び300 $^{\circ}\text{C}$ におけるガスケット応力-ひずみ関係を測定する。装置はJIS 10K50Aに基づいた寸法とし、フランジに埋め込まれたヒーターにより管内壁(Figure1)を加熱する。

Figure3は各温度におけるガスケット接触応力とひずみの測定結果を示している。温度がより高いほどひずみが大きくなっており、温度依存性が示されている。これは、高温にな

ることによりガスケット材料が軟化したためだと考える。

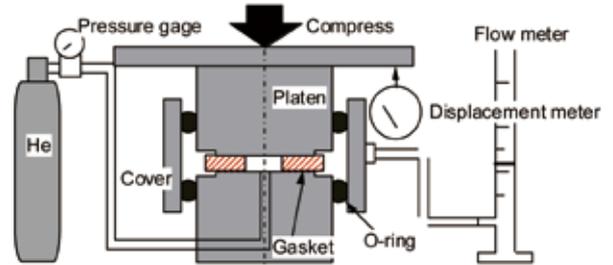


Figure2 プラテンによるガスケットの漏れ量測定装置、JIS B 2490)

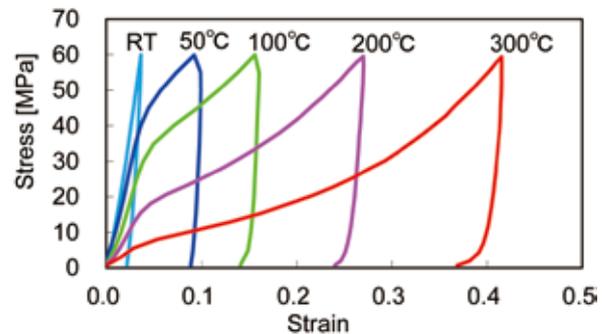


Figure3 測定されたガスケットの応力-ひずみ関係

3-2) 密封特性

JIS B 2490¹¹⁾に準拠した常温漏れ量測定と、200 $^{\circ}\text{C}$ における除荷過程での漏れ量測定を行う。試験装置は圧縮試験同様にFigure2に示すものを用い、試験ガスは2MPaのヘリウムガスとしている。

Figure4は実験から得られた常温基本漏れ率(単位時間あたりの漏れ率、 $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$)を示している。ガスケット接触応力が20MPa以上の場合は漏れ率が定測下限値 $5\times 10^{-5} \text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 以下であったため測定できなかった。

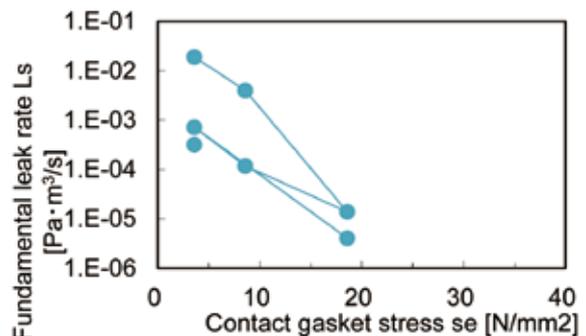


Figure4 プラテン試験による常温下の漏れ率-ガスケット接触応力関係

Figure5は初期ガスケット接触応力を198、25.5及び35.0MPaとした場合の200℃における除荷時の基本漏れ率を示している。結果より、高温の場合のほうが密封特性は高いことが分かる。これは、高温時にガスケット材料が軟化することにより、フランジの微小隙間をより密に埋められたからだと推測される。

3-3) 線膨張率

Figure6にTMA (Thermal Mechanical Analysis)を用いて測定して線膨張率を示す。温度が高くなるほど線膨張率は高くなることわかる。

3-4) クリープ特性

長期使用を想定し、Figure7に示す装置を用いてガスケットのクリープ特性を測定する。ガスケット寸法はφ22-φ58とし、ガスケット応力は12.5、25.0及び35.0MPa、温度は200℃としている。Figure8は測定されたガスケットのクリープひずみを示している。横軸は測定時間、縦軸はクリープひずみを表している。時間経過とともにクリープひずみが増加していることが示されている。また、ガスケット応力がより高いほどクリープひずみが大きくなり、応力依存性も確認できた。これらの実験結果を式(2)で同定し、有限要素(FEM)解析に入力する。

$$\dot{\epsilon}_c = a \cdot \sigma^n \cdot t^j \quad (2)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}_c$:クリープひずみ速度[1/s]、 σ :応力[MPa]、 t :測定時間[s]、 a 、 n 、 j 実験から得られる定数 $a = 1.61 \times 10^{-5}$ [1/MPa]、 $n = 1.25$ 、 $j = -0.915$ 。

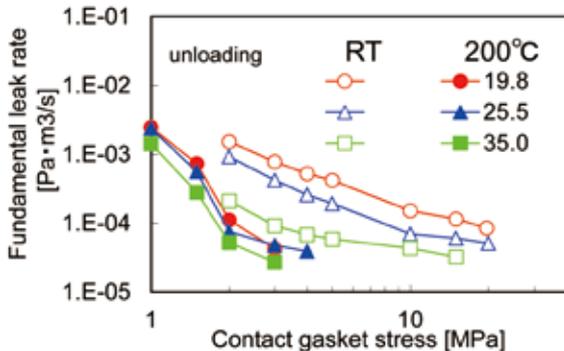


Figure5 プラテン試験による常温と200℃下の除荷過程におけるガスケット接触応力が漏れ率に及ぼす影響

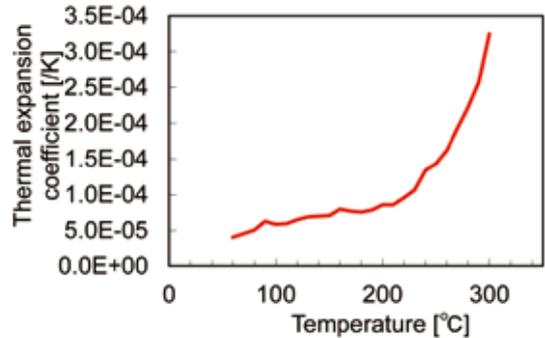


Figure6 ガスケットの線膨張率

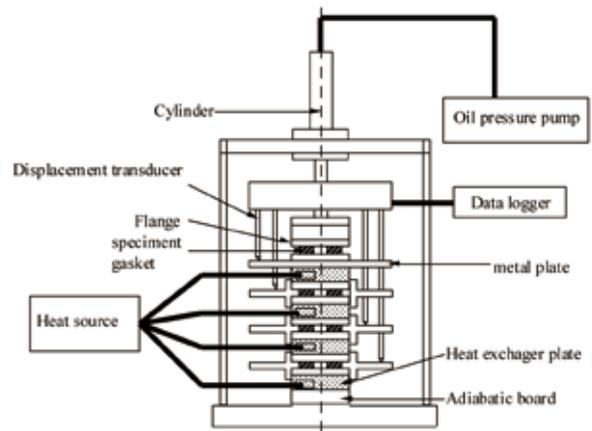


Figure7 ガスケットのクリープ試験装置

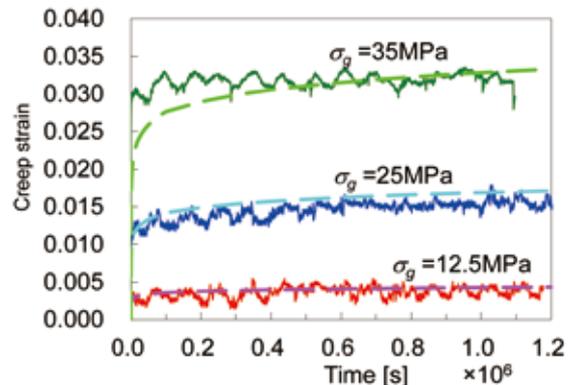


Figure8 測定されたガスケットのクリープひずみ

4. 有限要素 (FEM) 解析

有限要素(FEM)解析は汎用コードABAQUS(Ver.6.13.4)を用いる。Figure9はFEM解析モデルを示す。対称性を考慮し、軸方向に1/2、周方向に1/16としている。ボルトとナットは一体とし、ねじは省略している。また、ナットは六角形から円形に簡略化している。

Figure10は境界条件を示している。ボルトの対称面に各

ボルト応力を負荷している。Step2では容器内側に温度と内圧を作用させている。フランジ及びボルト・ナットは弾性-伝熱要素、ガスケットは弾塑性-伝熱-粘性要素でモデリングしている。Table1は各材料の材料定数を示している。

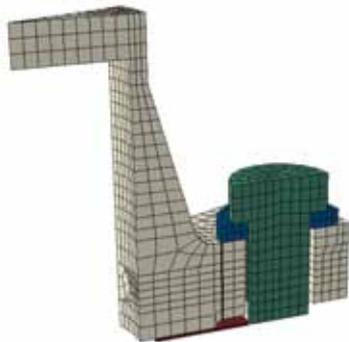


Figure9 FEM解析モデル

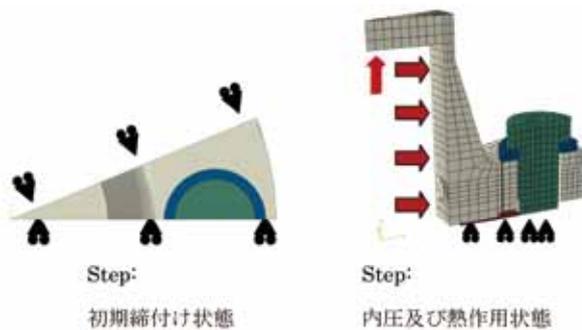


Figure10 境界条件

Table1 各部材の材料定数

	フランジ	ボルト	ガスケット
縦弾性係数[GPa]	200	200	Fig.3
ポアソン比	0.3	0.3	0.45
線膨張率[1/K]	1.12 E-05	1.09 E-05	Fig.6
熱伝導率[W/m・K]	4.4 E-02	1.1 E-02	2.5 E-05
比熱[J/kg・K]	500	500	1000
密度(常温)[kg/m ³]	7800	7800	2.3

5. 実験及びFEM解析結果

5-1) ボルト軸力変化

Figure11及び12はFEM解析から得られた100℃及び200℃条件下におけるボルト軸力変化を示す。実線はFEM解析結果、破線は実験結果を表している。なお、同図にはフランジ温度も示している。初期ボルト軸力は16.4kNである。フランジを100℃まで加熱し24時間保持、その後に24時間毎に室温まで冷却する熱サイクルを4回行っている。

Figure11及び12より、ボルト軸力は締結体の温度に大きく影響を受けていることが分かる。初期の加熱時には、ガスケットの剛性低下により、ガスケットひずみの増加、すなわちガスケット厚さが減少することによりボルト軸力が比較的大きく低下している。熱サイクルの温度増減とともにボルト軸力も増減するのは、各部材の熱膨張の差によるものである。ボルト軸力の変化については、加熱温度が100℃の場合よりも200℃の場合の方が大きいことから温度の影響が大きいことが分かる。200℃の場合、ガスケット接触応力が4.3MPaに相当する2kNまでボルト軸力が低下したが、漏れは確認されなかった。

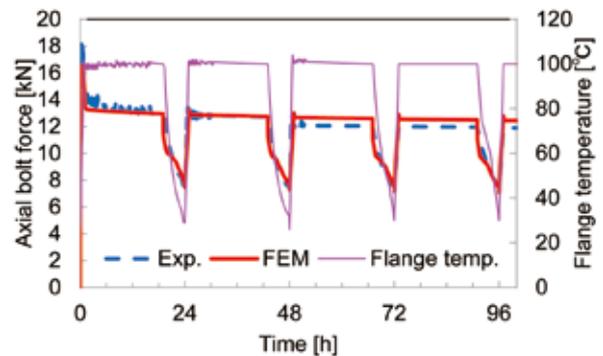


Figure11 100℃での締結体のボルト軸力変化の比較

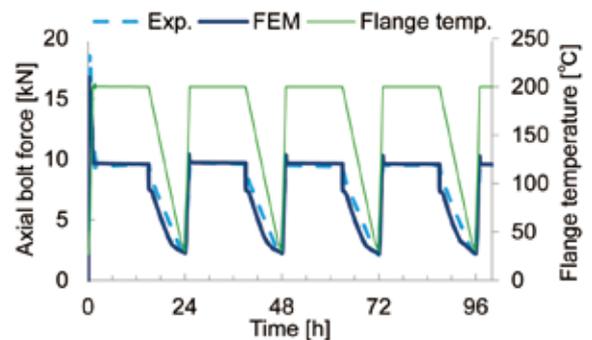


Figure12 200℃での締結体のボルト軸力変化の比較

5-2) フランジハブ応力

Figure13は初期ボルト締付け時及び、その後に加熱した時のフランジハブ応力の値を示している。同図にはASME Boiler & Pressure Vessel Code Section VIII Division 1¹⁴⁾に基づいて計算した結果も併記している。フランジハブ応力の値についても、実験結果と解析結果はかなり良く一致しており、FEM解析の妥当性が示されている。

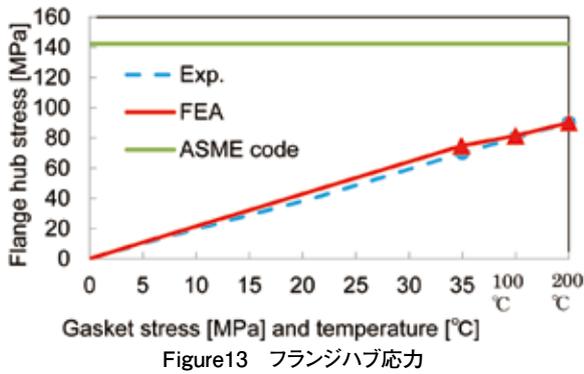


Figure13 フランジハブ応力

5-3) ガスケット接触応力分布と漏れ率

Figure14は初期ボルト締付け時、100℃加熱時及び200℃加熱時の締結体中のガスケット接触応力分布を表したコンター図である。外径側はフランジ座と接触していないために接触応力はゼロである。接触部においては、フランジローテーションに起因して外径側になるほどガスケット接触応力が大きく、円周方向においては分布がかなり小さいことが確認できる。加熱時にはボルトとの接触で外径側の一部が変形していることも認められる。

Figure15はガスケット接触応力の半径方向の平均値とFigure4及び5に示す密封特性を用いて漏れ量を推測した結果を示している。縦軸は漏れ率を接触外径で除した単位長さ当たりの漏れ率、横軸はガスケット接触応力としている。FEM解析結果と実験結果はかなり良く一致しており、FEM解析を用いた漏れ率推測の妥当性が示されている。

5-4) 締結体の高温・長期特性予測

ガスケット締結体は高温・長期条件で使用されるため、高温・長期条件で密封性能を評価することが必要である。Figure16はFEM解析を用いて推測した10年間のガスケット接触応力挙動を示している。同図には密封限界応力($1.7 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以上の漏れ率が生じる応力)も記載しており、ガスケット接触応力がこの値を下回ると漏れが生じるとする。締結体条件はこれまでの評価と同様で寸法はASME/ANSI class 300 2inch、流体(管内壁)温度は200℃としている。2年毎にシャットダウンがあり、FEM解析でも考慮している。初期ガスケット応力が25MPaの場合、シャットダウンの際にシール限界面圧を下回り、漏れが生じるおそれがあるという結果となった。それに対し、初期ガスケット応力を35MPaとした場合、ガスケット面圧は密封限界応力以上を保持し、シール性も保持されることが考えられる。増締めを行った場合も同様で、密封特性の保持が可能である。

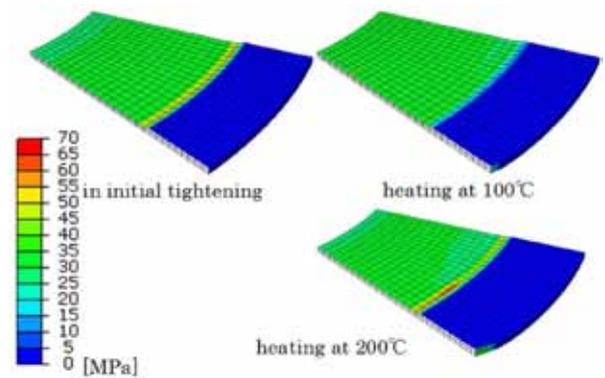


Figure14 FEM解析によるガスケット接触応力分布

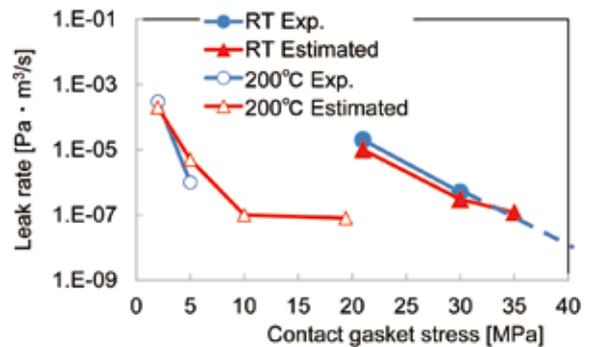


Figure15 実験から得られた締結体の漏れ率とFEM解析から推測された漏れ率の比較

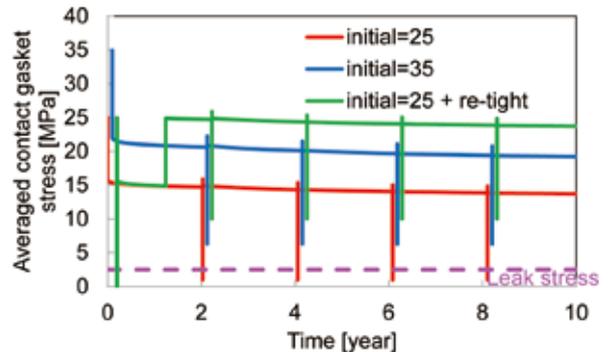


Figure16 FEM解析から推測した10年間の締結体のガスケット接触応力挙動

6. おわりに

本研究では実験とFEM解析を用いてPTFE系ガスケット(No.GF300)付き2インチフランジ締結体の高温・長期特性を評価し、締結体の常温及び200℃での長期健全性に関して良好な性能を示すことを明らかにした。得られた結論は以下の通りである。

- (1) PTFE系ガスケット(No.GF300)の圧縮特性や基本密封特性における温度依存性、クリープ特性の応力依存性など示した。その結果、常温では本PTFE系ガスケット付

き締結体の密封性能が良好であることを示した。

- (2) PTFE系ガスケット付き締結体におけるボルト軸力が熱サイクルに大きな影響を受けることを示し、更に200℃における締結体の密封性能も良好であることを示した。なお、ハブ応力はASME Codeの計算値よりも小さいことを確認した。
- (3) FEMから算出したガスケット接触応力分布と実験から得られた漏れ率-ガスケット接触応力関係を用いて締結体からの漏れ率を予測した。また、その予測値が実験値と比較することで漏れ量予測手法の妥当性を確認した。常温では密封限界応力が10MPa程度、200℃では35MPa程度まで良好な密封特性が得られることを示した。
- (4) PTFE系ガスケット(No.GF300)付きボルトフランジ締結体の高温・長期条件の挙動を予測する手法を提案した。その結果、本研究の場合には初期ガスケット接触応力が35MPaとすれば10年間の長期にわたり健全性が確保できることを示し、増締めを行えば更に健全性が良好となることを示した。

7. 参考文献

- 1) TAKAKI, T., SATOU, K., YAMANAKA, Y., FUKUOKA T., "Effects of Flange Rotation on the Sealing Performance of Pipe Flange Connections", ASME PVP Vol.478, (2004), pp.121-128.
- 2) 高木知弘, 福岡俊道, 山中幸, "FEMによる管フランジのボルト締付けシミュレーション", Valqua Technology News, No.2, (2002), pp5-13
- 3) 澤俊行, 尾方尚文, 西田隆仁, "内圧を受ける渦巻き型ガスケット付き管フランジ締結体の応力解析と密封性能評価", 日本機械学会論文集(A編), 68巻671号(2002), pp.1120-1128.
- 4) KOBAYASHI, T., NISHIDA, T., YAMANAKA, Y., "Effect of Creep-Relaxation Characteristics of Gaskets on the Bolt Loads of Gasketed Joints", ASME PVP Vol.457, (2003), pp.111-118.
- 5) KOBAYASHI, T., NISHIDA, T., YAMANAKA, Y., "Consideration on the Representations of Sealing Behavior of Gaskets: Effects of the Internal Pressure and the Gasket Width", ASME PVP Vol.457, (2003), pp.133-138.
- 6) 労働安全衛生法令第318号(2008)
- 7) 日本バルカー工業株式会社, "ノンiasガスケット", カタログ No.ZY03, (2011).
- 8) SATO, K., MURAMATSU, A., KOBAYASHI, T., SAWA, T., "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, m (2015).
- 9) ANSI/ASME B 16.5, "Pipe Flanges and Flanged Fittings", (1996).
- 10) 日本工業規格. JIS B 2251 "フランジ継手締付け方法", (2008).
- 11) 日本工業規格. JIS B 2490 "管フランジ用ガスケットの密封特性試験方法", (2008).
- 12) OMIYA, Y., SAWA, T., TAKAGI, Y., "Stress Analysis and Design of Bolted Flange Connections under Internal Pressure", PVP2014-28606, Proceeding of ASME PVP 2014 Conference, (2014).
- 13) OMIYA, Y., SAWA, T., "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).
- 14) 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 開発部

西暦	年号	当社技術事項
1927	昭和2	自動車及び各種高速機械用ブレーキライニングの製造を目的として日本ブレーキライニング製作所を設立
1929	昭和4	石綿ジョイントシート及び各種パッキンの研究を開始
1930	昭和5	クラッチフェーシングの生産を開始
1931	昭和6	石綿ブレードパッキンの生産を開始 ハイテスライニングの生産を開始
1932	昭和7	石綿スパイラルパッキンの生産を開始 布入りゴムモールドの研究試作を開始 積層式ジョイントシートの生産を開始
1933	昭和8	海軍艦政本部より特殊高温・高圧用金属パッキンの研究を依頼される 積層式石綿ジョイントシート(No. 902,305,1000)の生産を開始
1934	昭和9	特殊高温・高圧用パッキン(No.1250)の研究を完了 特殊高温・高圧用パッキンが「海軍購買名簿」に登録される
1935	昭和10	日本初の大型石綿ジョイントシート製造装置(120インチ用)を設置 圧搾大型石綿ジョイントシートの試作を開始
1936	昭和11	合成ゴム加工の研究を開始
1937	昭和12	合成ゴムパッキンが日本最初の製品として世界一周の神風号に装備される シール用潤滑剤(第一号)の生産を開始
1939	昭和14	多硫化系合成ゴム「ヒタコール*1」を入手、耐油性パッキンの研究を開始
1941	昭和16	航空機用合成ゴムパッキン、石綿ジョイントシートの生産を開始
1943	昭和18	陸軍燃料廠より「製油装置用パッキン」の研究を委嘱される 航空機用パッキンの生産を開始 国家総動員法第25条の規定により、「発電用高温・高圧パッキン」の研究試験を命ぜられる 燃料工業用金属ガスケットの製造を開始
1947	昭和22	ピストンバルブの製造を開始
1949	昭和24	塩化ビニール樹脂の成型加工法を完成、販売を開始 石綿モールブレードパッキンの新編組法の研究に着手 通商産業より「高温・高圧・過蒸気用パッキン」の研究を委嘱される
1950	昭和25	新編組法の研究に成功、モールブレード(格子編)パッキンの生産を開始 通商産業委嘱の「高温・高圧・過蒸気用パッキン」の研究を完了
1951	昭和26	軸承油止めの合成ゴム製オイルシールの研究を完了 珪素ゴムの加工研究を開始 テフロン*2パウダーをアメリカより輸入、テフロン成型加工法の研究を開始 Oリングの研究を開始
1952	昭和27	テフロンの加工技術に関する研究を完了、「バルフロン®」として加工、販売を開始 合成ゴム製オイルシールの生産を開始 金属片うず巻ガスケットの研究を完了、「バルカタイト」として生産、販売を開始
1953	昭和28	回転機用「メカニカルシール」を完成し、生産、販売を開始 「珪素ゴム、テフロンを主材とする航空機用パッキンの性能研究」に関して通商産業省より補助金を交付される
1954	昭和29	Oリングの生産、販売を開始
1955	昭和30	「ポリ四ふっ化エチレン加工製造技術」に関し、通商産業省より補助金を交付される
1956	昭和31	テフロン表面処理接着性テープの生産、販売を開始 テフロン押し出し機を輸入、薄肉チューブ、ホース及び被覆電線の研究を開始 ふっ素ゴム製品の生産、販売を開始 ジェット戦闘機(F-86)用合成ゴムパッキンが、我が国ではじめて採用される
1957	昭和32	通商産業省により「ポリ四ふっ化エチレン加工製造法」に関する工業化試験の完了を認定される 技術PR誌「バルカーレビュー」創刊
1958	昭和33	コンバインドリップリングパッキン(No.2800)の生産、販売を開始

西暦	年号	当社技術事項
1959	昭和34	ねじ継手用シール「テープシール」の生産、販売を開始
1960	昭和35	バルフロン [®] ガラスクロス(No.7920)の生産、販売を開始 ボールバルブの生産、販売を開始
1962	昭和37	超高分子量ポリエチレン(ホスターレンGUR ^{*3})製品の生産、販売を開始、商品名「バルレン」
1963	昭和38	テフロン潤滑剤「スプレーワックス」(「ユノンS」)の生産、販売を開始
1964	昭和39	日本で最初のテフロン繊維を開発し、生産、販売を開始 世界最大(400mm)のバルフロン [®] 大口径パイプが完成
1965	昭和40	独国エラストマーAGとの合併による日本エラストン(株)設立、熱可塑性ポリウレタン エラストラン ^{*4} の生産、販売を開始 「バルフロン [®] コードシール [®] 」の生産、販売を開始
1966	昭和41	米国デュラメタリック社との技術提携、デュラシールの生産、販売を開始
1967	昭和42	新開発の耐火被覆材「リフライト」が建設省の認定を受ける 米国ディナー社とバルブシールに関する技術提携を結ぶ 高温用金属被覆「バルフロン [®] ベローズ」の生産、販売を開始
1968	昭和43	カーボン繊維ブレードパッキン(No.97-CT、現No.6232)の生産、販売を開始 攪拌機用メカニカルシールの標準化が終了し、生産、販売を開始
1969	昭和44	「純バルフロン [®] ペースト」の生産、販売を開始 ダクト用フレキシブルコネクタ 「フレクター [®] 」の生産、販売を開始
1970	昭和45	メタル中空リングの生産、販売を開始
1971	昭和46	バルフロン [®] 粉末パッキン「フロロタイト」の生産、販売を開始 米国石油協会標準 API standard 6Dに該当するボールバルブ API認定マークの表示を許可される バルフロン [®] ライニングボールバルブの生産、販売を開始 DOH式及びMS式ガス除害装置の販売を開始 熱交用枝付うず巻きガスケット「熱交用枝付バルカタイト」の生産、販売を開始 ファイアセーフボールバルブの生産、販売を開始
1972	昭和47	空調機用フレキシブルチューブ「バルフレキ」の販売を開始 エラストランラミネートフィルムの生産、販売を開始 新デザインのガスケットカッターの生産、販売を開始 「バルフロン [®] フローレスガスケット」の生産、販売を開始
1973	昭和48	完全湿式吹付「バルカウエット」を開発し、受注施工を実施 新デザインのパッキンツールの販売を開始 「バルフロン [®] 熱収縮チューブ」の生産、販売を開始
1974	昭和49	カーボン繊維を編組したグラウンドパッキン「ケミシール [®] 」の生産販売を開始 防音工事材料「ノイズダンパー」の生産、販売を開始
1975	昭和50	日本初の完全無給油パッキン「ノルバック [®] 」の生産、販売を開始 「非接触シールに関する応用研究」について通商産業省工業技術院より開発補助金の交付を受ける 防食石棉ジョイントシート(No.1500AC, No.1501AC, No.921AC)を開発し、生産、販売を開始 鹿島建設と共同でスチールファイバー混入軽量コンクリート板を開発 「耐熱、耐アルカリ性ガラス繊維の製造技術」について新技術開発事業団より開発委託を受ける
1976	昭和51	白石綿製の耐酸石棉ジョイントシート(No.1000)を開発し、生産、販売を開始 「シラスのガラス繊維を用いる耐熱・耐火建材製造に関する工業化試験」について通商産業省工業技術院より重要技術研究開発費補助金を交付される 英国TBA インダストリアルプロダクツ社と「防じん処理石棉布」の技術提携契約を締結
1978	昭和53	米国フロロウェア社とふっ素樹脂PFA射出成型技術、ふっ素樹脂トランスファー及び圧縮成型技術のクロスライセンス契約締結
1979	昭和54	半導体製造用に溶融ふっ素樹脂PFAのウエハキャリア容器・治具の生産、販売を開始
1982	昭和57	ノンアスジョイントシート [®] の生産、販売を開始 スプリング入りメタル被覆ガスケット「トライバック [®] 」の販売を開始
1983	昭和58	バルカーオイルシートの販売を開始

技術年表

西暦	年号	当社技術事項
1983	昭和58	アラミド繊維製回転軸用グラインドパッキンの販売を開始
1984	昭和59	「バルフロンクリスタルラバー [®] 」の販売を開始
1985	昭和60	石綿を使用しない製品を「ノンアス [®] 」として登録商標 各種ノンアス [®] 製品の開発を促進 「グリーンタイト」の販売を開始
1990	平成2	「バルフロン [®] セミリジット」同軸ケーブルの販売を開始
1993	平成5	「オールふっ素樹脂バーコード」が米国デュボン社よりプランケット賞受賞 奈良県五條市に奈良工場を新設、高機能ゴム製品の製造を開始
1994	平成6	「クリーンタイト [®] 」の販売を開始
1995	平成7	「複写機ロール用PFAチューブ」が米国デュボン社よりプランケット賞受賞 大容量現場施工タイプ・バルフロン [®] シートライニングタンクの販売を開始
1997	平成9	現場施工タイプ・バルフロン [®] ライニング大型タンクが米国デュボン社よりプランケット賞受賞
1998	平成10	液晶・半導体装置向け高純度ふっ素ゴムシール「ARMOR [®] シリーズ」(4種類)の販売を開始
1999	平成11	半導体製造装置及びFPD製造装置メーカー向け矩形ゲートバルブの販売を開始
2001	平成13	「バルカーレビュー」を発展的に継承する形態として、「バルカーテクノロジーニュース」を季刊誌として創刊
2002	平成14	電気二重層キャパシタ電極膜が米国デュボン社よりプランケット賞受賞
2004	平成16	耐熱型ノンアス [®] シートガスケット「ブラックハイパー [®] 」の販売を開始 中国の上海市に「ふっ素樹脂研究所(上海)」、「バルカーシール研究所(上海)」を設立
2005	平成17	石綿含有製品の生産を全面中止
2006	平成18	石綿含有製品の販売を中止 高温用バルフロン [®] ジャケット形ガスケット「No.N 7030(H)シリーズ」の販売を開始
2008	平成20	「ふっ素樹脂研究所(上海)」と「バルカーシール研究所(上海)」を「中国総合研究所(上海市に新設)」に統合
2010	平成22	延伸ふっ素樹脂(sa-PTFETM)事業の強化を目的としてバルメイ株式会社(本社 東京)を設立 中国総合研究所管下に中国メンブレン研究所を設立 ダイキン工業株式会社と中国におけるふっ素樹脂事業で資本・業務提携 白色充填材入りPTFEシートガスケット「ブライツハイパー [®] 」の販売を開始
2011	平成23	技術拠点「中国機能樹脂技術センター」を上海バルカーふっ素樹脂製品有限公司内に設立
2012	平成24	環境対策として結晶性シリカを非結晶性シリカに代替した「結晶性シリカフリーシリーズ」の販売を開始
2013	平成25	中国に伊国ガニフロン社との合弁会社アドバンス フロン テクノロジーズ(上海)を設立 充填材入りPTFEシートガスケット「ユニバーサルハイパー [®] 」の販売を開始 耐震対策ガスケット「No. 6596A」の販売を開始
2015	平成27	現代ガスケット概論発刊(著者:当社シニアフェロー 西田 隆仁)
2016	平成28	環境対策としてセラミックファイバーを他材料に代替した「RCFフリーシリーズ」の販売を開始 韓国の平沢市に「韓国応用研究所」を設立 発がん性の毒劇物を含有しない安全・環境に配慮した配合で非危険物に分類される「改良版シールペースト」の販売を開始

*1 ヒタコールは株式会社日立製作所の商品名です。

*2 テフロンは、デュボン社が製造するふっ素樹脂の商品名です。

*3 ホスターレンGURはヘキスト社の商品名です。

*4 エラストランは、ビーエーエスエフ ポリウレタンズ ゲーエムペーハー社の登録商標です。

テクノロジーニュース 直近のバックナンバー

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
 - 大口径グラウ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
 - 産業機器用エラストマー製品 研究開発本部 開発部 鈴木 憲
 - 飲料市場用エラストマー製品 研究開発本部 開発部 南 暢
 - 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 岡崎 雅則
 - 研究開発本部 開発部 大住 直樹

No.29 Summer 2015

【ソフトガスケット特集号】

- **ご挨拶** 常務執行役員 研究開発本部長 青木 睦郎
- **総論** ガスケットをとりまく社会環境の変化 シール営業本部 テクニカルソリューショングループ 野々垣 肇
- **技術論文**
 - ガスケット締結体の面圧挙動と増締め効果 ソリューション開発部 栗原 和也
 - 有限要素解析を用いたふっ素樹脂ガスケットの長期特性予測 研究開発本部 開発部 開発グループ 佐藤 広嗣
- **製品の紹介** 高機能シートガスケットの紹介と使い分け 研究開発本部 開発部 開発グループ 黒河 真也
- **寄稿** ジョイントシートガスケット付き管フランジ締結体の密封特性について
広島大学 名誉教授 澤 俊行

地球に、そして人にやさしいモノづくり……

バルカー® 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
■大阪事業所	☎(06)6443-5221	Fax.(06)6448-1019
■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
●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
●彦根駐在所	☎(0749)26-3191	Fax.(0749)26-7503
●姫路駐在所	☎(079)241-9827	Fax.(079)241-8571
●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

春号 No.32 Spring 2017

発行日・・・2017年3月10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)4803-8280 Fax.(06)4803-8284
●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。