

# Valqua Technology News

# バルカー 技術誌

2016年 冬号

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** ..... 1  
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** ..... 2  
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 ..... 3  
研究開発本部 開発部  
山下 純一
- **技術論文**  
回転用低トルクシール ..... 9  
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 ..... 14  
研究開発本部 開発部  
鈴木 憲
- **製品の紹介**  
産業機器用エラストマー製品 ..... 20  
研究開発本部 開発部  
南 暢
- **製品の紹介**  
飲料市場用エラストマー製品 ..... 25  
研究開発本部 開発部  
岡崎 雅則
- **製品の紹介**  
高機能パーフロロエラストマー製品 ..... 30  
研究開発本部 開発部  
大住 直樹



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



平成28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。

昨年を振り返ると、わが国経済は前半には企業収益の改善を反映して設備投資の増加傾向が持続するとともに、個人消費においても一部で回復に向けた動きがみられましたが、後半に入りやや勢いが鈍化し一部の経済指標で弱含みの数値が示されるようになりました。

海外経済では、米国は概ね拡大傾向を示しておりますが、中国をはじめとする新興国で成長の鈍化がみられ、更に地政学的問題の増加や通貨危機の再燃など、グローバル経済全体に悪影響を及ぼしました。

こうした状況の中、当社は2015年度から開始しました第7次中期経営計画「New Valqua Stage Seven」を基軸に、製品とサービスの品質向上を図るとともに、“選択と集中”を推進することで持続的成長に向けた基盤の確立に努めてまいります。当社は、創業より現在にいたるまで、シール技術をリードするメーカーとして、どのような製品・サービスを提供することが本当の顧客価値となるか常に考えてまいりましたが、そのような取り組みの一例として、より実践的で効果的な「シールエンジニアリング」の体験の場を実現し、皆さまに安全と安心をお届けしてまいります。これからも、様々な産業分野でのビジネスニーズに対して真の顧客価値を提供するために、製品だけでなく情報やサービスなどを包含したソリューションを新たな視点でスピーディーに継続的に開発・提供し続けてまいります。また、製品からサービスソフトにわたる、トータルとしてのH&Sバリューチェーンをあらゆる角度から見直し、さらなる顧客満足度の向上に努めてまいります。

さて、今回の本誌で取り上げました「エラストマー製品」は、自動車や半導体分野に対して豊富な供給実績があり、今後は宇宙ロケットや地中掘削など過酷な環境に需要の拡大が予測される製品群です。このエラストマー製品の材料物性や使用方法など全般にわたり、特に当社として顧客価値の高いソリューションを提供できる製品群の一つであり、今回の特集として取り上げることといたしました。

最後になりましたが、今後とも一層のお引き立てを賜りますようお願い申し上げますとともに、読者の皆さまの益々の発展を祈念いたしまして、新年のご挨拶とさせていただきます。

## 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



読者の皆さまには日頃から本誌をご愛読いただき、誠に有難うございます。

当社では、創業以来弛まぬ技術開発活動を継続し、世界中の市場へ多種多様なシール製品を供給し続けてまいりました。歴史を遡りますと、日本の高度経済成長に不可欠であった重厚長大といわれる基幹産業への多種多様な製品価値提供を通じて、今日の我々の技術の根幹を築き上げることができました。それらの基盤技術を活用し、進化させ、現在は電子産業、エネルギー産業などの新たな成長産業へとシール製品を拡大させてまいりました。これからも、このような先人達の独創的な技術成果を時代と共に発展させ、更なる成長の基盤となる技術を獲得し、「顧客感動の提供」を実現させてまいり所存です。

さて、今冬号では、当社の主力製品群の一つである「エラストマーシール製品」に焦点を当て、各種産業別の用途、その製品機能を支える技術成果をご紹介します。非常に小さな部品ではありますが、「シール」という極めて単純な機能を発現させるために、原材料を選択し、配合設計技術、コンパウンド技術、最適形状設計技術、成型加工技術を駆使し、全ての技術を積み上げてこそ完成される、当社の蓄積された技術の全てが包含されている製品となっています。単に顧客の要望に合った製品を提供するのではなく、真の顧客ニーズ（用途、使用環境、寸法形状）に徹底的にこだわり、これまでに2000社以上の顧客へ価値を提供し続けてまいりました。また、長年にわたって年間300件以上にも及ぶ顧客での多様な適用実績を日々技術情報として蓄積し、設計にフィードバックすることで、更なる開発パフォーマンスの研鑽に励んでおります。

今回は特に、「建設機械」、「工作機械」、「原子力」、「プレス加工機械」、「飲料市場」、「半導体」を抽出し、これらの産業界へ提供している製品の紹介、及び技術開発活動についてまとめた内容となっております。世界の中でも日本が競争優位性を持つこれらの市場において、当社の社名でもある「Value&Quality」のスピリッツが刻み込まれた製品が常に存在していることを本誌を通じて、より理解を深めて頂ければ幸いです。

今後も、当社は世界の産業発展に寄与できる技術開発を進め、H&S（H：ハード＝製品とS：シールエンジニアリング・サービス）の両面から、顧客価値の最大化を図ってまいります。読者の皆さまにおかれましては、引き続き、当社製品をご愛顧くださいますよう宜しく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

# 高圧油圧用シールシステム

## 1. はじめに

高圧で使用する油圧シリンダとして代表的なものとしては、油圧ショベルの油圧シリンダがある。建設機械の多くを油圧ショベルが占めており複雑な作業が可能であることから、様々な工事に使用され、災害による復興作業にもおおいに貢献している。油圧ショベルは近年、地球温暖化防止、環境への負荷低減への活動が行われており、<sup>1)</sup> 省エネルギー化、クリーン化が進みシステムの効率化、機器類の小型化などによる軽量化が進められてきている。油圧ショベルには、掘削作業を行うための油圧シリンダが使用され、この油圧シリンダのシールは、様々なエラストマー製品が使用されており重要な役割を果たしている。油圧シリンダは油圧ショベルの改良とともに改良され高圧化に伴う温度上昇等で使用条件が過酷になってきており、シールには、より耐圧性、耐摩耗性、耐熱性の向上が必要となってきている。<sup>2)</sup> また、環境への負荷低減としてシリンダからの油の外部漏れを抑制するため密封性の向上も必要となる。

本報では、この度、当社が開発した高圧領域用のシール技術、及び製品の紹介をする。

## 2. 油圧シリンダ用シールの構成例

油圧ショベルの油圧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シールと部品が使用されている。

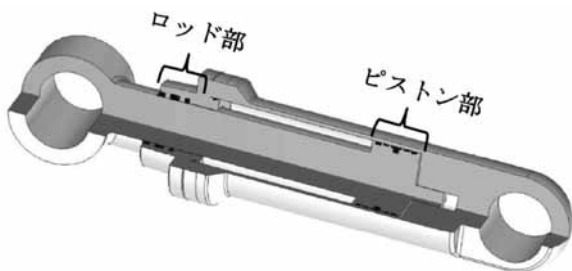


Figure1 油圧シリンダの構成

### 2-1)ピストン部のシールシステム構成

ピストン部はFigure2で示す構造とシールで構成されている。

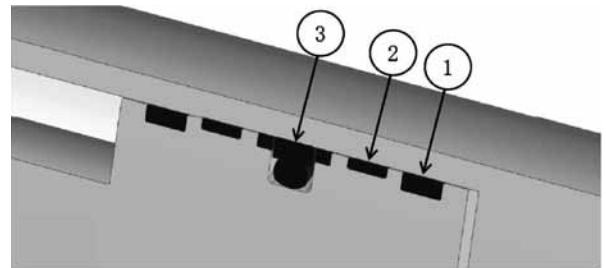


Figure2 ピストン部のシールシステム構成

#### ①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部に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。

#### ②ウェアリング

シリンダ作動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。

#### ③ピストンシール

シリンダを作動させるためのメインのシールであり、摺動リング、バックリング、バックアップリングの複数の部品から構成されている。

### 2-2)ロッド部のシールシステム構成

ロッド部はFigure3で示す構造とシールで構成されている。

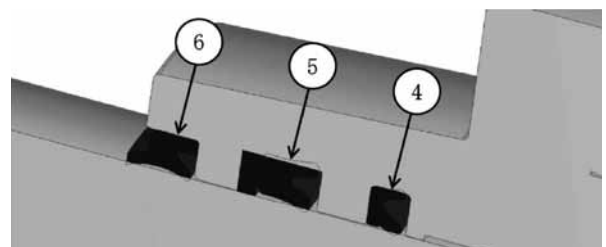


Figure3 ロッド部のシールシステム構成

④バッファリング

初期の高圧を受けることでメインシールであるロッドシールへの負荷を抑制するためのシールでありバックアップリングが併用される。

⑤ロッドシール(Uパッキン)

油を密封するためのメインのシールであり、油をシリンダの外部に漏れさせないための、重要なシールでありバックアップリングが併用される。

⑥ダストシール

外環に金属を使用し、ハウジングに圧入する構造を採用しており、外部からの異物、土砂などをシリンダの内部に侵入させないためのシールであり、ロッドシールからの微小な漏れを防止する機能も同時に果たす。

この様に油圧ショベルの油圧シリンダのような高圧用シリンダには多種の製品が使用されており、当社では新たに高圧シリンダ用のシールとしてラインアップしている。次章から油の外部漏れに対して重要なシールであるロッドシール(Uパッキン)に関する技術について述べる。

### 3. ロッドシール (Uパッキン) の技術開発

シリンダが作動する際に、シールと相手面の間に油膜が発生する。この油膜は、油の漏れに密接に関係している。ロッドシール(Uパッキン)からの油の漏れはFigure4のシリンダの引き工程の際に油膜がシリンダに戻せないために起こるとされている。シールが油膜をかきとることでシリンダ作動の繰り返しによって油膜をシリンダに戻しきれず外部漏れになると考えられる。一般的にシールの密封性には吸い込み/かき出しの特性が密接に関係しており吸い込み特性が良いものが密封性が良好なシールとされている。<sup>3)</sup>

このロッドシールの油膜の吸い込み特性はFigure5のリップの形状や相手面へ接触する応力勾配の大ききで決まり、ヒール側よりリップ側の応力勾配が大きいことが吸い込み特性が良いとされる。<sup>3)</sup>

このように、密封性はシールのリップとその接触状態が密接に関係しているとされているが、当社が開発したシールは

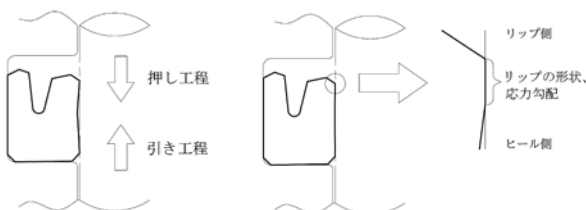


Figure4 シリンダの作動

Figure5 リップの応力勾配

吸い込み特性はリップの形状ではなくヒールの内径側の形状に関係するという仮説をたて検証を進めてきた。ヒール形状が吸い込み特性に影響を与えるという仮説に至った経緯を述べていく。初期評価として当社の標準的なUパッキン(UHR)の高圧シリンダへの適合性の評価をFigure6で実施したところ、外部漏れが多く発生し適合は困難という結果となった。

項目	条件
試験圧力	押し工程50MPa、引き工程0.6MPa
試験速度	押し工程約116mm/s、引き工程：142mm/s
ストローク	440mm
支持姿勢	水平
試験距離	30km
試料	UHRとダストシール(DHS)を装着し評価

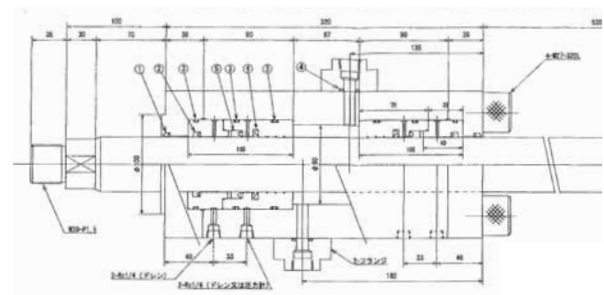


Figure6 標準的なUパッキンの評価

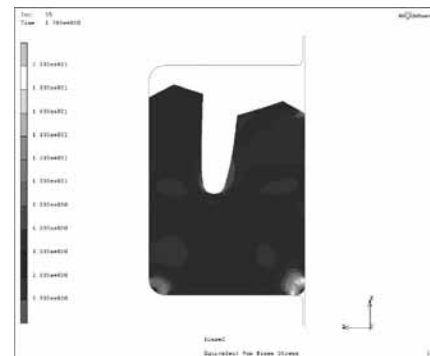


Figure7 FEM解析

当社の標準的なUパッキンのヒール形状はFigure7の形状をしており内径側のヒール形状がC面取りである。この形状の場合、FEM解析(有限要素法解析) Figure7の結果から面圧分布がFigure8の分布となる。

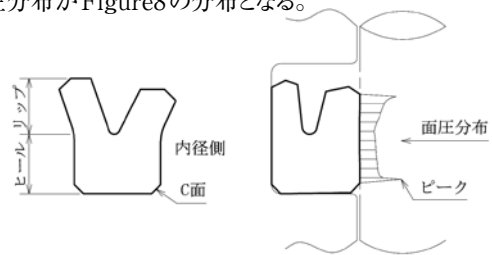


Figure8 標準Uパッキンのヒール形状、面圧分布

この面圧分布からヒールのC面取り部に面圧のピークが発生していることがわかる。当社は密封性に影響するのは、これまでの技術及び経験からリップカット時のカット角度も密封性に影響すると考えられていたこともあり、密封性を確認するためリップの角度とFigure8の内径ヒールのC面取り部の面圧のピークに着目しヒールの形状も複数にてTable1に示す条件下で評価した。

Table1 形状の違いによる密封性の評価

項目	条件
試験圧力	14MPa
シリンダ	140H-8D
試験速度	300mm/s
ストローク	300mm
支持姿勢	水平
試験距離	1,000km
試料	ダストシールは装着せずUパッキンのみ装着し評価

複数の形状で評価した中でFigure9に示す形状が、漏れ量が最も少ない結果が現れた。この結果から、リップカット角度よりも内径部のヒールの形状が吸い込み特性に影響を与えていることが実証された。両者の漏れ量をFigure10に示す。両者では漏れ量の差が明確に出ている。

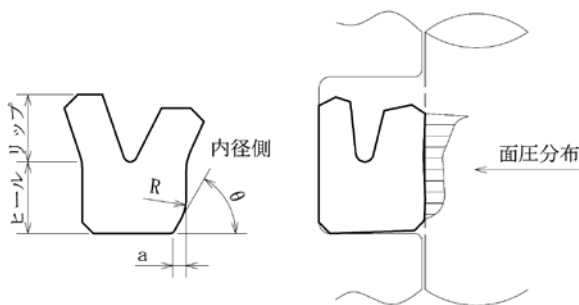


Figure9 開発品のヒール形状、面圧分布

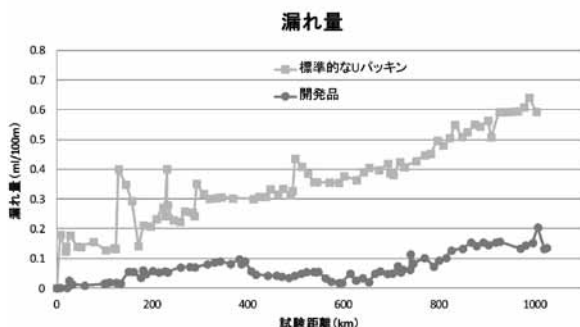


Figure10 標準的なUパッキンと開発品(Figure 9) (ヒール形状の違い)による漏れ量の比較

この漏れ量の差は標準的なUパッキンの形状Figure8のヒール部のC面取りの部分が油をシリンダに戻す際の抵抗となり、吸い込み特性を悪くしていると考えられる。対し、Figure9の形状は、FEM解析の結果からヒール部に面圧のピークが発生しておらずブロードの面圧分布を示している。この面圧分布にするためにはFigure9で示しているヒール部のRとa及びθが重要となり、このヒール形状を最適値に設定することで吸い込み特性の良いシール、すなわち密封性の良いシールが開発可能であることが検証出来た。

#### 4. 高圧シリンダ用ロッドシールへの技術展開

前章までは基礎的な技術開発及び検証であり、前章で得た技術を実際に高圧シリンダ用のシールとして高圧シリンダの仕様に耐え得るパッキンへの技術展開及び評価による検証を実施した。シールの形状はFigure9のヒール部を基本とし吸い込み特性を重視し、更にロッドシール自体の密封性も向上できるリップ部を最適設計とした。しかし、形状だけでは仕様に耐えられるシールの開発が達成できないことがFigure6の標準的なUパッキンの評価結果から得られている。そこで、シールの材料を標準のR5590ではなく、圧縮永久ひずみ特性に優れたR6390を適用した。

R5590とR6390の物性の比較をTable2に示す。R6390はR5590より圧縮永久ひずみが良く耐熱性<sup>4)</sup>に優れていることから高圧シリンダの過酷な温度条件においても使用可能、かつ、長寿命化が図れると考えた。

Table2 R5590とR6390の物性比較

項目	単位	R5590	R6390	
常態物性	硬さ	JIS A	89	93
	引張強さ	MPa	41	42
	伸び	%	420	510
	100%引張応力	MPa	9	12
空気老化試験 120°C×70h	硬さ変化	Point	-1	±0
	引張変化率	%	+32	+25
	伸び変化率	%	+11	+5
圧縮永久ひずみ(80°C×70h)	%	40	22	

※本データは規格値ではない。

##### 4-1) FEM解析による机上評価

FEM解析によりシールが異常変形を起こさないか、ヒール部にピークが発生しないかを評価した結果、問題ないことをFigure11で確認出来ている。

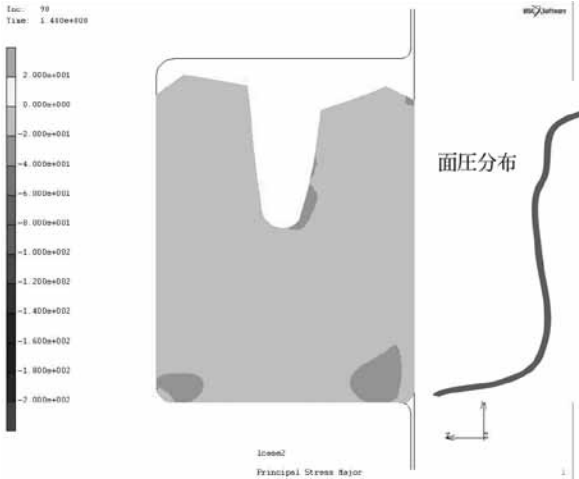


Figure11 開発品のFEM解析結果

#### 4-2) 模擬シリンダによる耐久評価

模擬シリンダにより密封性の評価を実施した。評価は、シリンダからの外部漏れと、ピストン部に装着されるシールから漏れが発生した場合、シリンダが正常に作動しなくなる内部漏れ(圧力保持状態)を実施した。Figure12の500km耐久試験における、外部漏れ量をFigure13、ピストン部の内部漏れ量をFigure14に示す。耐久評価後のいずれのシールも密封性に影響を与えるような異常はみられず十分に継続使用が可能な状態であることから密封性、及び耐久性において問題ないことが確認出来ている。

項目	条件
試験圧力	37.2MPa
逆圧(背圧)	19.6MPa
シリンダ	模擬シリンダ
試験速度	400mm/s
ストローク	400mm
支持姿勢	水平
試験距離	500km

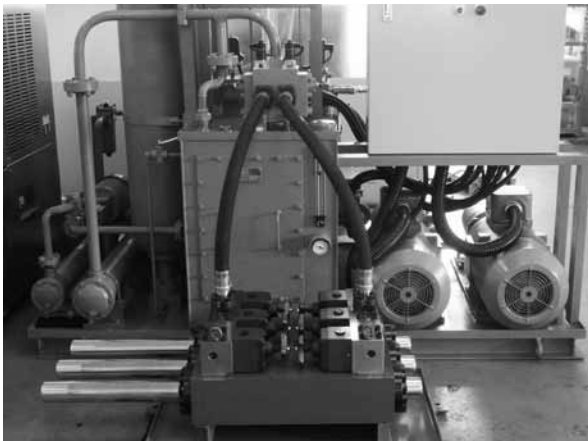


Figure12 開発品の耐久試験条件、試験機

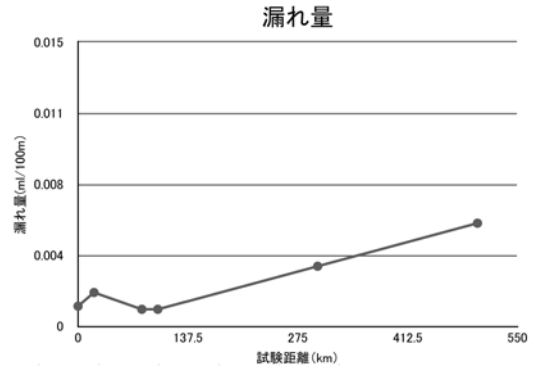


Figure13 開発品の外部漏れ評価結果

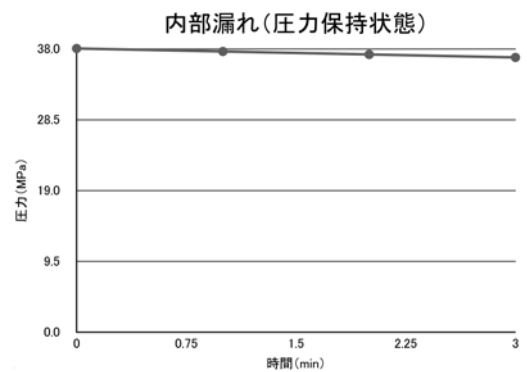


Figure14 開発品の500km試験後の内部漏れ評価結果

#### 4-3) 模擬シリンダによる耐圧評価

模擬シリンダにより高圧力負荷時のシールの耐圧性を評価するため、Figure15の耐圧評価を実施した。結果は50MPaの高圧負荷の100万回の繰り返しに対して、いずれの製品も密封性に影響を与えるような異常はみられず十分に継続可能な状態であることから耐圧性に関しては問題がないことが確認出来ている。

項目	条件
試験圧力	50MPa
加圧サイクル	約2秒毎
試験回数	100万回

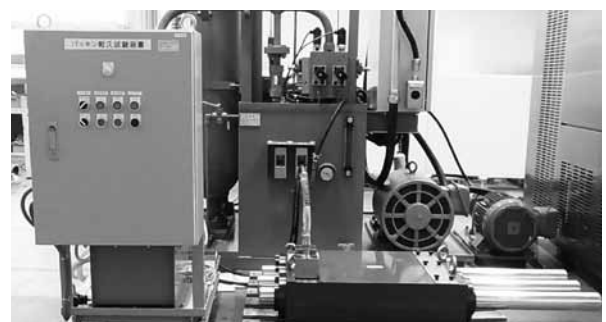


Figure15 開発品の耐久試験条件、試験機

#### 4-4) 模擬シリンダによる環境評価

模擬シリンダにより低温環境下に始動させた場合を想定し油漏れが発生しないかの確認、及び高温環境下の作動を想定しシリンダからの外部漏れとピストン部の内部漏れ(圧力保持状態)の評価をそれぞれ恒温槽 Figure16 を使用し低温評価は Table3、高温評価は Table4 で実施した。低温評価における始動時の油漏れは発生せず密封性は問題がない結果となった。高温評価においては外部漏れが Figure 17、ピストン部の内部漏れが Figure18 の結果であり評価後のいずれの製品も密封性に影響を与えるような異常はみられず十分に継続使用が可能な状態であることから密封性及び高温環境下での使用に問題ないことが確認出来ている。



Figure16 恒温槽

Table3 低温評価条件

項目	条件
試験圧力	37.2MPa
逆圧(背圧)	19.6MPa
シリンダ	模擬シリンダ
試験速度	400mm/s
ストローク	400mm
支持姿勢	水平
試験距離	100m
環境温度	-20℃

Table4 高温評価条件

項目	条件
試験圧力	37.2MPa
逆圧(背圧)	19.6MPa
シリンダ	模擬シリンダ
試験速度	400mm/s
ストローク	400mm
支持姿勢	水平
試験距離	100km
環境温度	110℃

#### 漏れ量

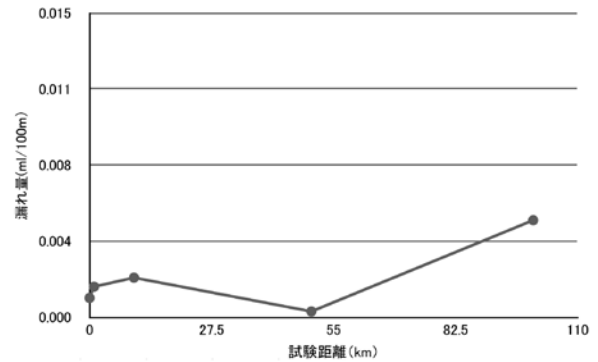


Figure17 高温評価の外部漏れ評価結果

#### 内部漏れ(圧力保持状態)

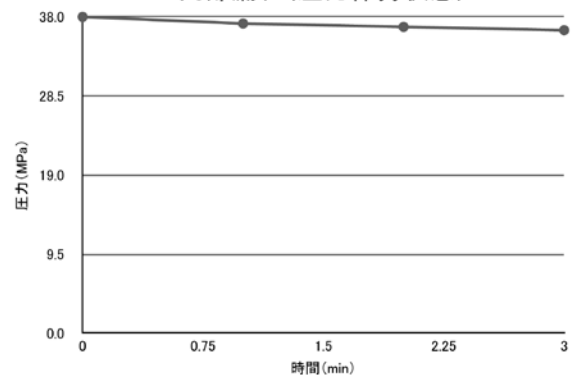


Figure18 高温評価の100km試験後の内部漏れ評価結果

以上にて新たな技術を取り入れて開発した各種シール、及び部品は十分な性能を有することが確認出来ている。

#### 4-5) 製品ラインアップ

当社はシール製品として Table5 をラインアップしており、使用している材料も汎用樹脂などを採用することでコストダウンを図っている。

Table5 製品ラインアップ

シールシステム	製品	呼び番号	材料・特徴
ロッド部	バフアリング	URBF 40~150	R6395 ロングライフグレード
	ロッドパッキン	URHP 40~150	R6390 ロングライフグレード
	ダストシール	DSB 40~150	R5590-S 特殊グレード
ピストン部	ピストンシール	CPL 80~215	PTFE: 摺動リング NBR: パックリング ナイロン: パックアップリング
	ウェアリング	WPG 80~215	ガラス入りナイロン 強化グレード
	スライドリング	SRPG 80~215	ガラス入りナイロン 強化グレード

問合せ先: シール営業本部 テクニカルシールソリューショングループ 村木 弘昌



## 5. おわりに

今回、紹介した高圧シリンダ用のシールシステムは、当社が技術開発で得たノウハウ、技術を用いて高圧領域で使用できるよう開発した製品であり、かつ、当社のグローバルに展開した生産拠点を活用しコストダウンを行った製品でもある。

既に数社で油圧ショベルの油圧シリンダで採用頂いている。油圧ショベルの油圧シリンダ以外にも高圧領域でのシリンダでも十分な性能を発揮できるものと考えている。

### 5-1) 用途例

- ・プレス機
- ・油圧ブレーカー
- ・圧延機
- ・高圧用特殊シリンダ

### (Abstract)

Hydraulic shovel is a typical application of high pressure hydraulic cylinder. In construction machinery, hydraulic shovel has been used in the various types of construction work, and also contributed for restoration work after disaster. Valqua has provided sealing products for general purpose cylinders, however, less for high pressure cylinders. In this paper, our new products and technologies for high pressure cylinders were shown. In general, their suction/scrape behaviors are known to influence the sealing performance, and the stress gradient with the contact surface which related with lip shape of sealing is known important factor in the suction behavior. We found the inner side heel design of sealing was more effective for improvement in suction behavior than its lip shape. The new type of sealing product for high pressure cylinder usage has been developed through combination with new design technology and low compression set elastomeric material in Valqua.

### Keywords:

hydraulic cylinder, sealing products, high pressure cylinders, suction behaviors, compression set

### (摘要)

油圧挖掘机上の油缸是有代表性的高压用油缸。油圧挖掘机也是建筑机械的主力机型，用于各种工程的施工，也为受灾后的重建做出了重大贡献。本公司虽然拥有通用油缸的密封技术，但是在高压领域的密封技术还有所欠缺。本文介绍了本公司研发的高压领域用密封技术及产品。一般来说油封的密封性与其吸入性/挤出性密切相关，唇口部的形状和接触面的应力梯度对吸入性来说比较重要。但是本公司通过研究后发现，内径侧跟部的形状对吸入性也有影响。将这种技术应用到高压油缸用的油封中，结合本公司压缩永久变形特性优异的材料，成功研发出在高压领域中使用的油封。

### 关键词:

油缸、密封、高压领域、吸入性、跟部的形状、压缩永久变形

## 6. 参考文献

- 1) 下垣内 宏, 油圧ショベルの技術動向, 建機の施工企画 2007.01.25
- 2) 清水 考悦, シール技術の最近の動向 油圧機器用パッキンの技術動向, 潤滑経済 2012.07.05
- 3) これでわかるシール技術, 工業調査会 1999.12.10
- 4) 中野 健次, バルカーレビュー第38巻第4号, タフレタン®新シリーズ, 1994.4



山下 純一  
研究開発本部 開発部

# 回転用低トルクシール

## 1. はじめに

近年、様々な産業で盛んに取り組まれている地球温暖化対策に関連して、各種生産設備や装置類の省電力化・低発熱化などが求められるようになってきている。その中でも、日本が技術で世界をリードする工作機械は、数多くの市場を支える重要なものとして幅広く活用されていることから、グローバル規模での効果が期待されている。

このような背景を受けて、工作機械を含む回転機器の省電力・低発熱を実現するために、回転用低トルクシールとしてLFR SEAL<sup>®</sup>を開発した。

本報では、低トルクとする技術、及びLFR SEAL<sup>®</sup>について紹介する。

## 2. 求められる特性

回転機器の省電力・低発熱を実現するために求められる特性をTable1に纏める。

Table1 求められる特性

特性	内容
低トルク	回転トルクの低減
省スペース	取付けスペースのコンパクト化

## 3. 技術紹介

### 3-1) 低トルク

回転用シールを低トルクとするためには、摺動抵抗を低くする必要があるが、摺動抵抗は摩擦係数、及び相手シール面(回転軸)との接触面積、緊迫力に関係性がある。

トルクの算出式を次に紹介する。

- ・[トルク]  $T = F \times d / 2000$
- ・[摺動抵抗]  $F1 = \mu \kappa \times A \times Pg$  (圧力負荷時)  
 $F2 = \mu \kappa \times Pf$  (非圧力負荷時)

- T : トルク [N・m]
- F : 摺動抵抗[N]
- d : 摺動部直径[mm]
- $\mu$  : 摩擦係数
- $\kappa$  : 側圧係数
- A : 接触面積[mm<sup>2</sup>]・・・ $\pi \times d \times H$
- Pg : 内圧[MPa]
- Pf : 緊迫力[N]

このことから、LFR SEAL<sup>®</sup>は、 $\mu \cdot A \cdot Pf$ を低減することで低トルクとしている。

製品構成をFigure1、製品写真をFigure2に示す。

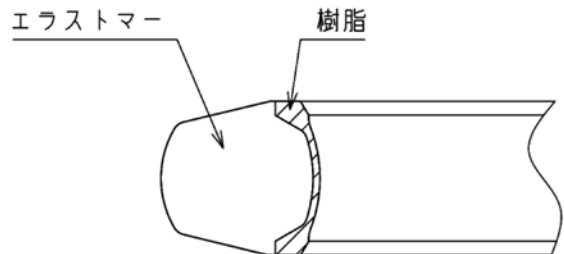


Figure1 LFR SEAL<sup>®</sup>の構成



Figure2 LFR SEAL<sup>®</sup>

①  $\mu$  : 摩擦係数

回転軸と接触するシールの内面に摩擦係数の低い樹脂

を、エラストマーと同時成型することで複合化する。

② A: 接触面積

流体圧力が作用した場合でも、非圧力側のテーパ面が溝側面に接触するセルフシール時の傾きにより、回転軸と接触する円弧状シール面の接触面積をコントロールする。(Figure3参照)

こうすることで、圧力の上昇に伴う接触面積の増加を抑える。(Figure4参照)

③ Pf: 緊迫力

基部となるエラストマーの外径ボリュームを小さくし、シール面となる内面と外面を円弧状とすることで緊迫力を低減する。(Figure5参照)

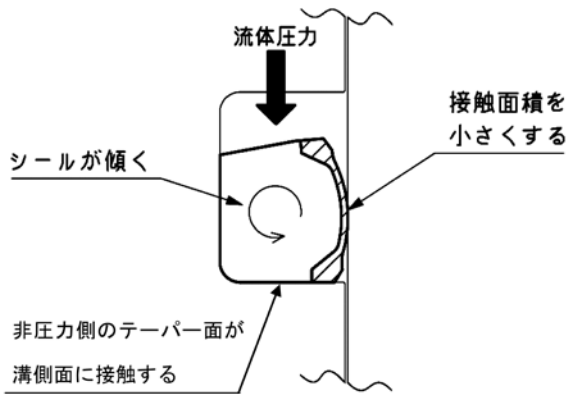


Figure3 接触面積のコントロール

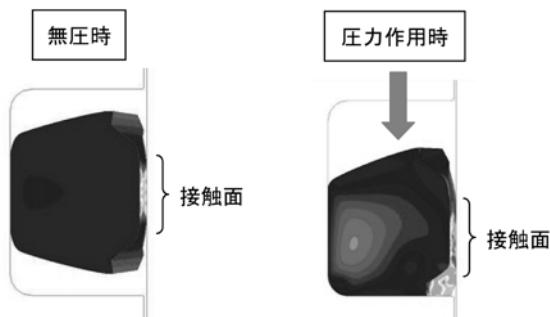


Figure4 接触面積の低減

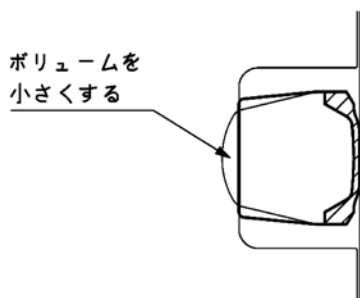


Figure5 エラストマー部の外径形状

3-2) 省スペース

LFR SEAL<sup>®</sup>は、回転用シールの取り付けスペースとして、汎用性が高く、規格が定められている溝寸法に適合するものとしている。

[適合溝]

- ・ JIS B 2406-P
- ・ ISO 3320

4. 機能評価

機能評価を回転軸φ100mmのFigure6に示す試験機にて、Table2の条件下で実施した結果、LFR SEAL<sup>®</sup>は低トルクで摺動特性に優れていることが検証された。評価結果をTable3、並びにFigure7～8に示す。

機能評価によって得られたLFR SEAL<sup>®</sup>の特徴を以下にまとめる。

- ・ 起動時のトルクが低い
- ・ 起動時と摺動時のトルク差が小さい
- ・ 圧力上昇に伴うトルクの増加が少ない
- ・ 長期にわたって漏れ量が極めて少ない
- ・ 回転速度3m/sでも良好なシール性能が得られる

(注) 連続回転時は発熱を抑えるための冷却が必要

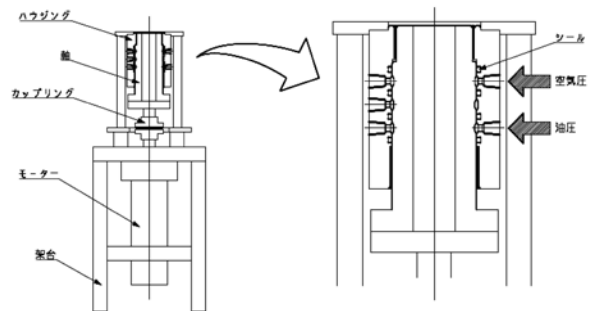


Figure6 試験機(概略図)

Table2 評価条件

溝寸法	Oリング溝 JIS B2406-P (φ100×φ110×G7.5)
シールサイズ	LFR 100
シール材質	NBR [B2560]+PTFE [3U8]
流体	作動油 空気
圧力	油圧 0 ⇔ 14 MPa 繰り返し 空気圧 0 ⇔ 0.7 MPa 繰り返し
温度	成り行き[~105℃]
速度	0.52m/s [回転数 100 min <sup>-1</sup> ] 注: 初期評価では~3m/sまでの評価を実施
走行距離	1000km

Table3 評価結果

回転トルク 【油圧】 〔1pcあたり〕	起動トルク	6.6N・m〔0MPa〕
		20.7N・m〔7MPa〕
		25.1N・m〔14MPa〕
	摺動トルク	5.6N・m〔0MPa〕
		20.4N・m〔7MPa〕
		24.5N・m〔14MPa〕
漏れ量	作動油	0.03cc/100m 以下
	空気	1cc/min 以下
耐久性	走行距離	1000km 以上
装着性	—	JIS Oリングと同等

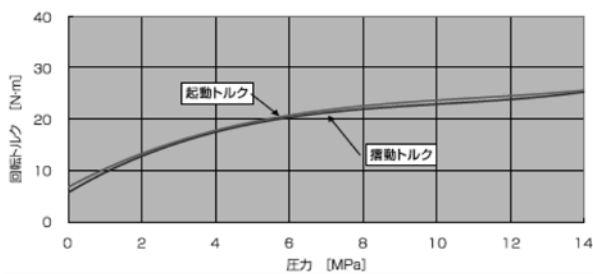


Figure7 回転トルクと圧力の関係(油圧 100min<sup>-1</sup>)

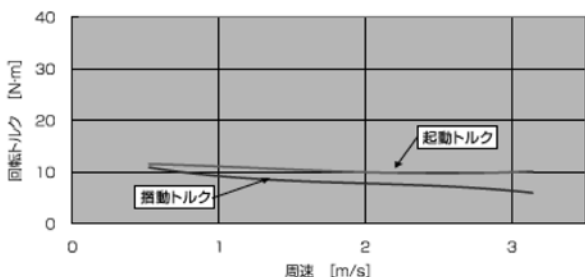


Figure8 回転トルクと速度の関係(油圧 3MPa)

## 5. 回転機器へのメリット

機能評価の結果に基づいて、LFR SEAL<sup>®</sup>を使用した場合の回転機器へのメリットをTable4に纏める。

Table4 回転機器へのメリット

LFR SEAL <sup>®</sup> の特性	回転機器へのメリット
低トルク	<ul style="list-style-type: none"> <li>省電力化</li> <li>低発熱化</li> <li>回転制御、位置精度の向上</li> </ul>
起動時と摺動時のトルク差が小さい	<ul style="list-style-type: none"> <li>軸のスムーズな動き出し</li> <li>残留トルクの低減</li> <li>バックラッシュの軽減</li> </ul>
流体圧力の上昇に伴うトルクの増加が少ない	<ul style="list-style-type: none"> <li>高圧環境下でもスムーズな軸動作</li> <li>軸動作が流体圧力変動に影響され難い</li> </ul>
高速回転まで良好なシール性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>高性能化</li> <li>高速化</li> <li>生産能力の向上</li> </ul>
長寿命	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器信頼性の向上</li> <li>メンテナンスの長期化</li> <li>メンテナンスの削減</li> </ul>

## 6. LFR SEAL<sup>®</sup>のラインアップ

LFR SEAL<sup>®</sup>のラインアップをTable5に紹介する。

Table5 LFR SEAL<sup>®</sup>のラインアップ

シリーズ名		LFR	LFRN
適合溝		JIS B 2406-P	ISO 3320
用途	ロッド用	回転/揺動	← 左同
使用範囲	圧力	~14 MPa	← 左同
	速度	~0.5 m/s	← 左同
	温度	-20~80 °C	← 左同
標準材質	エラストマー	NBR	← 左同
	樹脂	充填材入 PTFE	← 左同
サイズ (軸径) ○: 保有 —: 無	φ22.4	○	—
	φ25	—	○
	φ30	○	○
	φ35	○	—
	φ40	○	○
	φ42	○	—
	φ45	○	○
	φ50	○	○
	φ55	○	—
	φ60	○	○
	φ65	○	—
	φ70	○	○
	φ75	○	—
	φ80	○	○
	φ85	○	—
	φ90	○	—
	φ95	○	—
	φ100	○	—
	φ105	○	—
	φ110	○	—
φ120	○	—	

## 7. 使用実績の一例

現在、LFR SEAL<sup>®</sup>が使用されている実績の一例をTable6に紹介する。

Table6 使用実績

産業	機器
工作機械	マシニングセンタ
タイヤ	タイヤ成形機
自動車	ロータリージョイント
製鉄	ロータリージョイント
食品機械	ロータリージョイント
半導体	生産装置

## 8. ロータリージョイントの回転用シール

回転機器の駆動部を通る作動油、並びに空気などの圧力ポートは、Figure9に示すようなロータリージョイントの構造が採用されている。圧力ポートは使用する流体の数に合わせてそれぞれ設けられており、各圧力ポートを密封するために回転用シールが使用されている。一般的なシールとしては、汎用性が高く、コンパクトで取り扱いが容易なエラストマー製Oリングが使用されてきたが、漏れなどのトラブルが多いという問題点もあり、高性能化を阻害する要因となっていた。このような箇所にLFR SEAL<sup>®</sup>を使用することで、溝寸法を変更することなく、低トルクで摺動特性の優れたロータリージョイントとすることが可能となった。

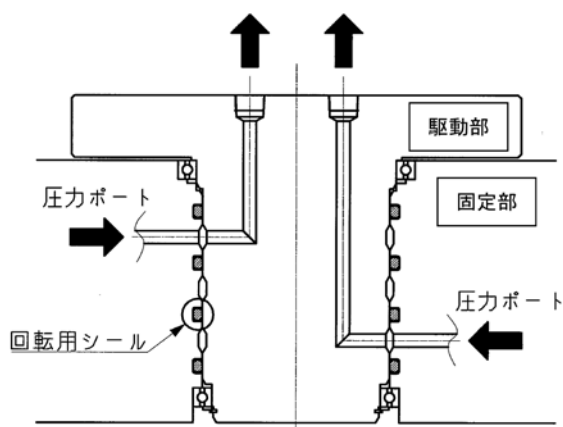


Figure9 ロータリージョイントへの使用例

## 9. その他の使用例

### 9-1) 真空用途

- ・ロボットの関節部
- ・半導体生産設備の回転導入部など

### 9-2) 食品機器用途

- ・攪拌機の軸回転部
- ・自動生産ラインの回転／旋回部など

### 9-3) 油空圧機器用途

- ・油圧シリンダ
- ・射出成型機
- ・モーター
- ・乾燥機(ドライヤー)
- ・コンプレッサー
- ・各種ポンプなど

## 10. おわりに

今まで使用されてきた回転用シールでは、実現することが困難であった回転機器の省電力化・低発熱化に対して、LFR SEAL<sup>®</sup>は有効な製品であると考えられる。更には、このLFR SEAL<sup>®</sup>の開発で得られた技術を応用することで、真空／空気圧市場や水圧市場へも用途展開が可能であると考えられる。今後も、様々な回転機器の多様化・高性能化に向けた製品開発を行っていきたいと考えている。

## 11. 参考文献

- 1) 南 暢, 永野 晃広 バルカー技術誌, No.21, 11-14(2011)
- 2) バルカー油圧用パッキン カタログ, No.LC10, 42 (2010)
- 3) バルカー回転用ローフリクションシール カタログ, No.LA08, 5 (2014)

(Abstract)

Nowadays, every industry is considering power-saving or low heat generation as measures against global warming. Japanese machine tool that is leading the world in technology, from the fact that it is widely used as an important position to support a number of markets, is expected the contribution to a global scale solution for the global warming.

In this paper, we introduced a low-torque technology for power-saving and low heat generation of the rotating equipment in machine tools. In addition, the LFR SEAL<sup>®</sup> using a low torque technology were also introduced.

To make the torque lower of rotating seal, it is necessary to lower the sliding friction. For this purpose, lowering the coefficient of friction and minimizing the contact area and the contact force were important. LFR SEAL<sup>®</sup> was developed by combining elastomer with low friction co-efficient material, controlling contact area by using self sealing mechanism under fluid pressure and reducing radial load by design. LFR SEAL<sup>®</sup> was expected to contribute to power-saving and low heat generation of rotating equipment.

**Keywords:**power-saving, low heat generation, low-torque, rotating equipment, LFR SEAL<sup>®</sup>, rotating seal**(摘要)**

近年来，各种产业为了配合温室效应防治的大力推进，要求生产设备和各种装置省电低热。其中，日本在机床方面的技术处于世界领先地位，作为支撑众多市场的主要产品在各领域被广泛使用，其在全球范围内的效果值得期待。

本文对包括机床在内的旋转机械实现省电低热所需的旋转用密封的低扭矩技术及LFR SEAL<sup>®</sup>进行了介绍。

为了实现旋转用密封的低扭矩，需要降低滑动阻力，因此降低摩擦系数、接触面积和张紧力是非常重要的。因此本公司研发了LFR SEAL<sup>®</sup>，其设计理念为采用低摩擦系数的树脂与弹性体复合，通过流体压力作用时的自密封控制接触面积，采用能够抑制张紧力的形状，通过这种设计可以实现旋转机械的省电低热。

**关键词:**省电、低热、旋转机械、旋转用密封、低扭矩、LFR SEAL<sup>®</sup>**永野 晃広**

研究開発本部 開発部

# 耐放射線性エラストマー製品の展開 高機能EPDM H3070 H0880

## 1. はじめに

原子力設備の安全性を向上させる取り組みが進んでおり、様々な部位、分野において、高いレベルでの安全性向上に向けての開発、改善が行われている。原子力規制委員会により制定された新基準は、原子力設備のハード的な改善にとどまらず、ソフト面においても深化しており、現在考え得る出来る限りの視点で検証が進められている。

当然、放射性物質の閉じ込め機能の強化といった観点から、シール材の耐性についても、重要視されており、シール材メーカーにて各種評価を実施している。シール材に求められる特性として現在最も必要なのは、特定の環境においてのみ発現される優位性ではなく、様々な条件において対応することが可能な、非常に幅広い使用範囲を持つシール材の提供である。

例えばFKMに関しては、耐熱、耐油に関しては非常に優れているものの、汎用グレードにおいては、耐アルカリ性や、耐蒸気性において、決して高い能力を有しているわけではない。耐アルカリ性や、耐蒸気性に耐性のあるグレードの場合においても、低温域でのシール性能に不十分であり、また、高線量の $\gamma$ 線<sup>1)</sup>に対しても十分な耐性を有しているとは言えない。シリコンゴムに関しても同様であり、乾熱の環境における高温、低温特性は優れているが、高温蒸気や、ガス透過性といった点では、万能な材料というわけにはいかない。

原子力発電におけるシール環境を考えた場合、熱、蒸気、放射線性を考慮する必要がある。この点を考慮した材料選定を行うと、選択肢は限られるが、中でもEPDMが有効な材料として浮上する。EPDM材は、炭化水素系油には膨潤するものの、合成油系には耐性を有しており、また、膨潤する場合においても決して溶解するわけではない。グリース使用時においても、耐熱を必要とする環境で使用されるシリコングリースや、ふっ素グリースに対して高い耐性を有している。総合的に考えると、原子力用途にEPDMを使用することは、安全性の更なる向上に大きく寄与すると言える。

上記より、本報ではEPDMの各種評価を実施し、EPDMの各種健全性を確認する。

なお、流体として、高温蒸気<sup>2)</sup>の他、水素シール<sup>2)</sup>を考慮し、水素透過性も確認する。原子力設備のハード面から考えると、決して高圧環境になることはなく、EPDMの水素シールは、低圧環境であれば、特別なシール技術を必要としないため、当該用途にあえて高圧水素対策されたシール材を設定することは不要である。

当該用途に限定せず、高圧水素シールを必要とする可能性を検証すると、周知されている用途として燃料電池シールが挙げられる。70MPa<sup>3)</sup>を超えるシール性を要求される環境であり、通常のEPDMでは非常に厳しい性能が必要とされる。本報では、EPDMの高圧水素用途への可能性検証も含めて高圧水素暴露評価も実施することとする。

## 2. 評価内容

### 2-1) 評価試料

評価試料に関しては、通常のEPDMの使用領域において、幅広い実績があり、かつ、原子力関連製品としても使用実績のある汎用EPDM当社材料番号H0970を基準材料として設定する。原子力関連用材料として当社が推奨する条件として、①耐熱性に優れる、②高温蒸気性に優れる、③耐放射線性に優れる、④破損し難い、ことを最低条件とする。また、EPDMの使用環境を大きく超えた場合であっても、容易に崩壊等のシール異常を起こさない特性を有する必要がある。これらを満足する材料として、JIS type A 硬度70度品当社材料番号H3070、及び動的用途を考慮したJIS type A 硬度80度品当社材料番号H0880を設定する。

なお、下記評価を実施するにあたり、試料に各種線量の $\gamma$ 線を照射し、未照射品との差異を確認する。照射条件はTable1に示す。

Table1  $\gamma$ 線照射条件

照射条件	放射線量
Co60 線量率10kGy/h	100kGy 500kGy 800kGy 左記3条件

## 2-2) 評価方法

### 2-2-1) 圧縮永久ひずみ試験

試料の健全性を確認するためには、シール健全性の指標である各種環境における圧縮永久ひずみ試験を実施する。

測定方法はJISK6262:2013「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-常温、高温及び低温における圧縮永久ひずみの求め方」に準拠する。試料形状は、JIS大型試験片(直径 $\phi$ 29mm、厚さ12.5mm円柱状試験片)を使用し、圧縮率は25%と設定する。

シール寿命に関しては、一般的に用いられている圧縮永久ひずみ率80%以下<sup>4)</sup>を採用する。安全率をかけた上での値であるため、静的用途はもちろんのこと、動的用途であっても80%到達、即漏洩を起こすことはないため、余裕をもった値であることは御理解頂きたい。

評価環境に関しては、原子力環境を考慮し、評価試料に各種線量の $\gamma$ 線を照射し、乾熱環境、飽和蒸気環境にて各種温度条件下の圧縮永久ひずみを行う。飽和蒸気環境においては、飽和蒸気圧を維持するため、耐圧容器中にて評価を実施する。

圧縮永久ひずみ試験環境を以下に示す。

Table2 圧縮永久ひずみ試験条件

試験環境	試験温度	試験時間
空気中	200°C、225°C、250°C	24h、72h、168h
飽和蒸気	200°C、225°C、250°C	24h、72h、168h

注：空気中、飽和蒸気試料は未照射及び各種 $\gamma$ 線照射品

### 2-2-2) 水素透過係数

測定方法はJISK6275-1:2009「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-ガス透過性の求め方-第1部：差圧法」の圧力センサ法に準拠する。試料の水素透過係数を $\gamma$ 線照射線量ごと(Table1参照)に測定し、 $\gamma$ 線照射線量による水素透過係数への影響を確認する。試料はH3070材を用い、未照射品をベースとして、各種 $\gamma$ 線照射品との水素透過係数の差異を確認する。

### 2-2-3) 高圧水素暴露試験

EPDMの燃料電池市場への展開を考慮し、高圧水素暴露試験を実施する。

根本的に水素に限らず、高圧からの急減圧時にはプリ

ターと呼ばれる発泡現象を発生し、試料のシール性に対してダメージを起こすことが確認されている。本報では、95MPa昇圧7分の高圧水素環境にて製品を20分保持し、0.1MPa(大気圧)までの急減圧を20秒にて実施するサイクルを、10サイクル実施し、製品のプリスターの発生状態を確認し、健全性を判断するものである。

なお、当該環境にてプリスターが発生しない可能性も考慮し、窒素環境にて製品を30MPaから0.1MPaまでの急減圧を1秒、0.1MPaから30MPaまでの急加圧を1秒にて実施するサイクルを、85°C環境で100サイクル実施する。

対象としては、高硬度品であり、高圧に対して優れた耐性を有しているH0880材(未照射)を使用する。比較対象としては、同様に高硬度でプリスターの発生リスクが低いH0190(未照射、JIS type A 硬度90度)を用いて差異を確認する。

## 3. 試験結果及び考察

### 3-1) 圧縮永久ひずみ試験 結果

圧縮永久ひずみの結果として、各種材料の $\gamma$ 線照射量を比較した乾熱及び飽和蒸気圧縮永久ひずみグラフをFigure1~8に示す。

また800kGy照射品の温度別乾熱及び飽和蒸気圧縮永久ひずみグラフをFigure9~12に示す。

#### 3-1-1) 各種材料の $\gamma$ 線による影響

各材料ともに、乾熱、飽和蒸気両環境において、シール健全性を維持する良好な値を示しているが、未照射品同士の比較を行った場合、明らかに基準材料であるH0970材の値が劣っていることが確認できる。また、乾熱、飽和蒸気のグラフの共通傾向として、H3070とH0880(特にH3070)は比較的 $\gamma$ 線照射量の違いによるグラフの傾きに大きな差異は確認されないものの、H0970には、 $\gamma$ 線照射線量によりグラフの傾きが大きく変化していることが確認できる。結果的に $\gamma$ 線照射線量が増えるごとに圧縮永久ひずみ率が良化しているが、これは $\gamma$ 線による主鎖の切断、再結合が顕著に生じており、架橋密度が上昇したためと推測される。



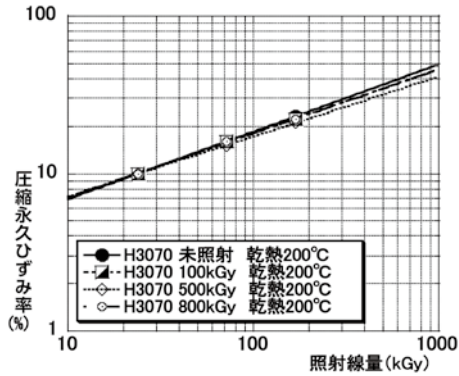


Figure1 H3070材γ線照射量別乾熱200°C圧縮永久ひずみ比較

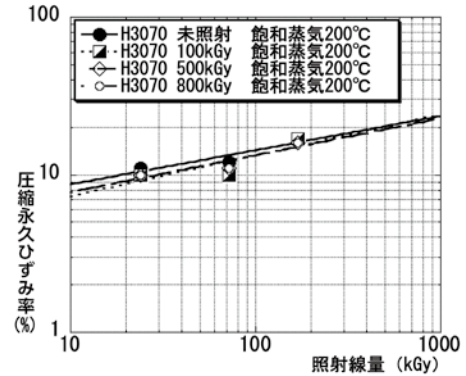


Figure5 H3070材γ線照射量別飽和蒸気200°C圧縮永久ひずみ比較

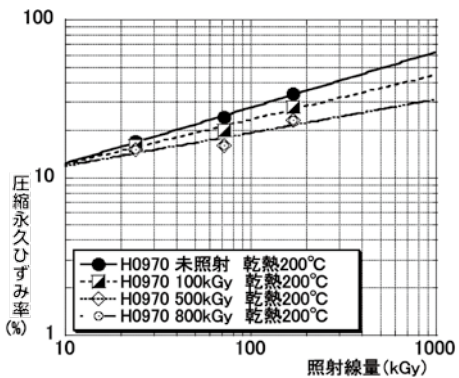


Figure2 H0970材γ線照射量別乾熱200°C圧縮永久ひずみ比較

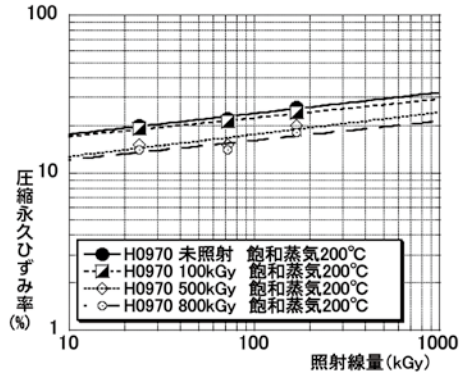


Figure6 H0970材γ線照射量別飽和蒸気200°C圧縮永久ひずみ比較

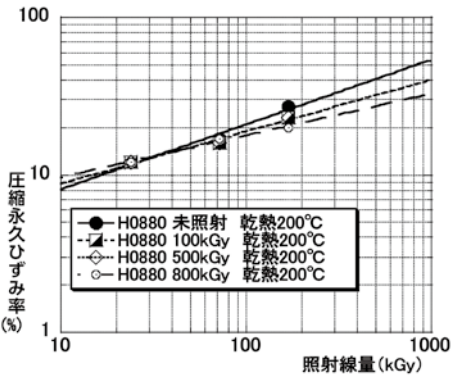


Figure3 H0880材γ線照射量別乾熱200°C圧縮永久ひずみ比較

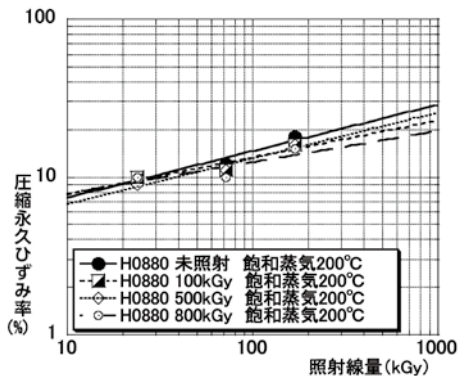


Figure7 H0880材γ線照射量別飽和蒸気200°C圧縮永久ひずみ比較

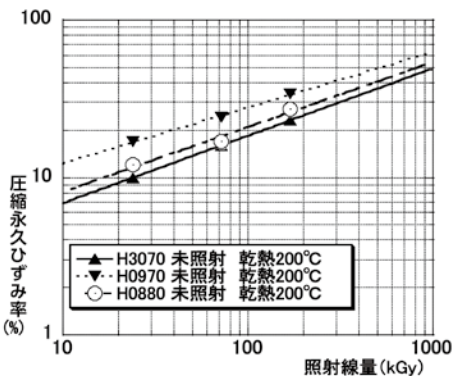


Figure4 各種材量未照射乾熱200°C圧縮永久ひずみ比較

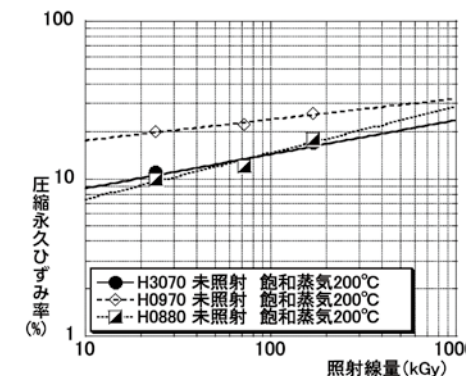


Figure8 各種材量未照射飽和蒸気200°C圧縮永久ひずみ比較

シール材として考えた場合、圧縮永久ひずみ率が良化する事は好ましいものの、あくまで結果論であり、それ以外の特性面で劣化変化している可能性も考えられる。未処理品と比べれば、「変化=劣化」であり、 $\gamma$ 線に対して変化しやすい傾向が確認されていることになり、好ましい傾向ではない。そのため、H3070及びH0880は $\gamma$ 線照射量による、圧縮永久ひずみ率への影響は少なく、EPDM中でも $\gamma$ 線に対して安定した耐性を有していると考えられる。

### 3-1-2) $\gamma$ 線照射品の温度依存性

800kGy照射されたH3070、H0880の温度依存性に関しては、最も条件の厳しい乾熱250℃168時間の段階でも、圧縮永久ひずみ率としては、両材料共に30%であり、乾熱200℃168時間の22% (800kGyH3070)に比べて極端に悪くなっているわけではないことが確認できる。

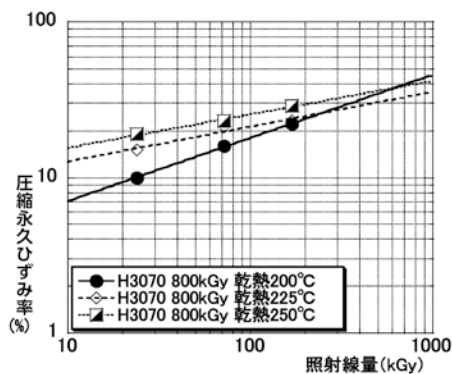


Figure9 H3070材800kGy乾熱温度別圧縮永久ひずみ比較

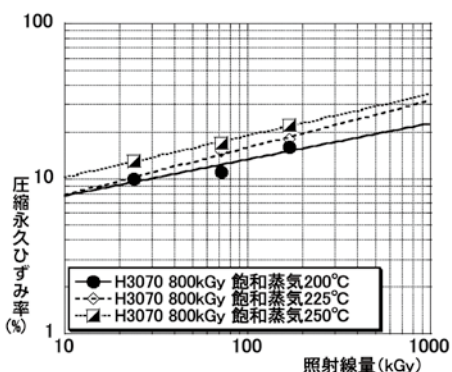


Figure10 H3070材800kGy飽和蒸気温度別圧縮永久ひずみ比較

また、飽和蒸気環境においては、最も条件の厳しい250℃168時間の圧縮永久ひずみ率22% (800kGyH3070)に対し、200℃168時間の圧縮永久ひずみ率は16% (800kGyH3070)と近似しており、乾熱環境に比べ、飽和蒸気の劣化傾向が緩やかになっていることが確認される。理由として、飽和蒸気環境の評価は、压力容器中で行われており、酸素の絶対量が、乾熱環境に比べ圧倒的に少なく、酸化劣化されにく

い環境になっており、圧縮永久ひずみ率の変化が緩やかになっていると考えられる。よって、当該評価は、純粹に飽和蒸気と熱による影響を確認していることになるが、現在まで、飽和蒸気によると考えられるH3070及びH0880材への悪影響は、特に確認されていない。

上記圧縮永久ひずみの結果より、H3070及びH0880材は、一般的なEPDMの耐熱温度を大きく上回っており、当該評価温度及び評価時間内の乾熱、飽和蒸気環境においては十分な耐性を有していると考えられる。

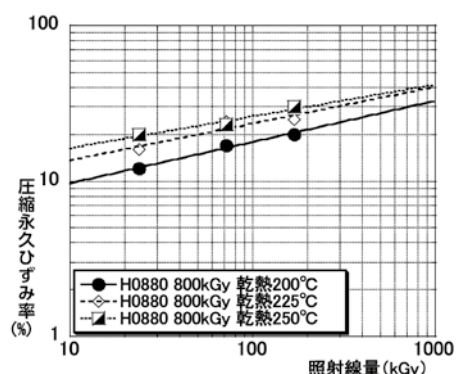


Figure11 H0880材800kGy乾熱温度別圧縮永久ひずみ比較

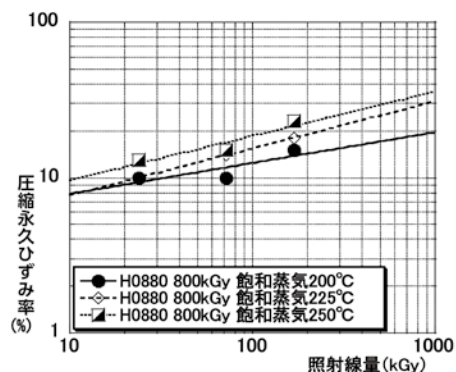


Figure12 H0880材800kGy飽和蒸気温度別圧縮永久ひずみ比較

### 3-2) 水素透過係数

H3070材の水素透過係数の照射線量別グラフをFigure13に示す。

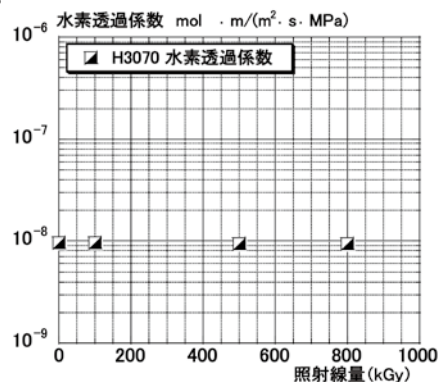


Figure13 H3070材 $\gamma$ 線照射量別水素透過係数比較

未照射品の水素透過係数は $9.6 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{m} / (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{MPa})$ であり、 $10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{m} / (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{MPa})$ 未満の値を示している。 $\gamma$ 線照射量別に比較した場合、全ての条件で未照射品と変わらない $10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{m} / (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{MPa})$ 未満の値を示していることが確認できる。これらの値に関しては、誤差範囲であり、差異は無いと考えられるため、 $\gamma$ 線照射量による水素透過係数に対する影響は非常に少ないと考えられる。これらは $\gamma$ 線による圧縮永久ひずみ率への影響の少なさと相通じるものであり、整合性は取れている。

### 3-3) 高圧水素暴露試験

H0880材及び比較用のH0190材の高圧水素暴露試験の試料外観写真をFigure14～17に示す。

これらの評価は、特殊な耐圧容器中で行われ、高圧から非常に短時間で0.1MPaまで減圧されており、汎用品レベルのシール材では、上記した発泡現象を生じる可能性が高い。しかしながら、今回の比較材料は高硬度であり、非常に応力も高く発泡し難いと考えられるH0190材を用いており、予想通り95MPa高圧水素暴露試験では、プリスターが発生しなかった。

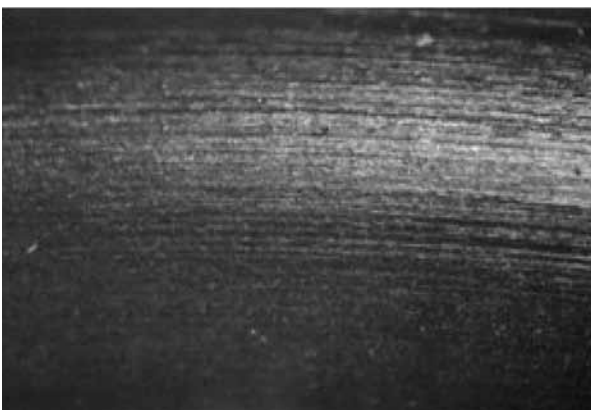


Figure14 H0880材窒素暴露試験後Oリング表面



Figure15 H0880材窒素暴露試験後Oリング断面

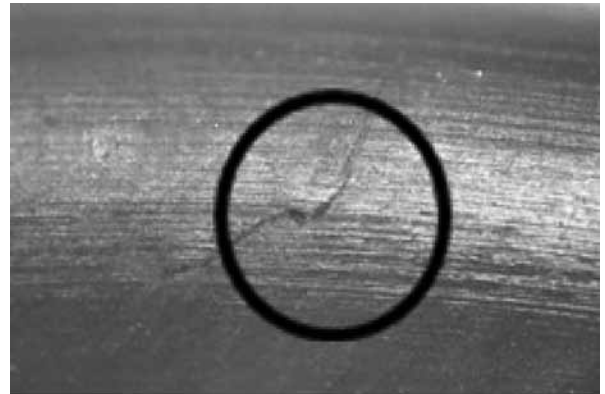


Figure16 H0190材窒素暴露試験後Oリング表面

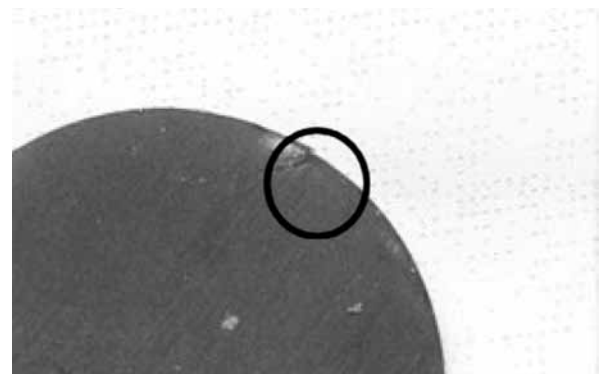


Figure17 H0190材窒素暴露試験後Oリング断面

30MPaの窒素試験に関しては、水素試験とは異なり、H0190材表面及び断面にFigure16、17のようにプリスターが確認されている。水素試験とは異なり、高温下での評価であり、圧力は低いながらも加減圧が1秒で行われていることから、材料への負荷は厳しいものになったと推測される。

H0880材は当該環境においても一切のプリスターは発生しておらず、ガスの急速な加減圧に対し、非常に強い耐性を有していることが確認できる。

## 4. まとめ

上記のように、H3070材及びH0880材は、高い $\gamma$ 線照射量、広い温度帯、乾熱、飽和蒸気問わず使用可能と判断され、原子力設備の安全性の向上取り組みに寄与する可能性が高い材料と考えられる。同様に $\gamma$ 線の暴露環境として航空宇宙産業でのシール材としての可能性も考えられる。

また、H0880材に関しては、それ以外にも水素、窒素などの高圧ガスに対する耐性も確認されており、電磁弁などの動的なシールはもちろんのこと、原子力設備にとどまらず、燃料電池シール用途や、同様なプリスター現象に対する対策として高圧フロン用途に使用できる可能性が高い。

## 5. おわりに

EPDM材は、FKMやシリコンゴムを除けば、それに追隨する耐熱性を有している。また、蒸気や、耐薬品性においても、秀でており、材料としてのポテンシャルは非常に高いと考えている。

昨今、原材料依存性が強くなる傾向が強い中、配合技術により、更なる高みへと引き上げることが出来る材料であると考えており、今後の可能性に関し、御意見、情報を頂ければ幸いである。

## 6. 参考文献

- 1) 伊野 浩史, “真空エラストマーの耐放射線性の調査”, 第27回リニアック技術研究会, 7P-19, Aug.2002
- 2) 原子力規制委員会, “実用発電原子炉及び核燃料施設に係る新基準について”, 10.2015
- 3) 高压ガス保安協会, “70MPa水素スタンド技術基準検討委員会報告書” 2.2012
- 4) 川村 敏夫, “Oリングの寿命と信頼性”, バルカーレビュー, Vol.26, No.6, 1982

(Abstract)

In nuclear power plant facilities, various efforts are going on to develop and improve safety higher in every parts and fields. Sealing product manufacturer should take more steps to improve safety. In this report, performances of our EPDM by considering  $\gamma$ -ray resistance, compression set in the high temperature steam and hydrogen permeation were shown. It was confirmed that our EPDM has excellent radiation resistant, heat resistance and steam resistance. From those result, our EPDM could contribute to further safety of nuclear power plant facilities.

### Keywords:

nuclear power, EPDM,  $\gamma$ -ray, compression set, high temperature, steam, hydrogen permeation, radiation

(摘要)

为了将核能设备的安全性提升到更高的水平, 在各种场所、各种领域内正在进行研发和改善。作为密封件厂家, 为了对提升密封件的安全性尽一份力, 本文对推荐用于核能设备的 EPDM的耐 $\gamma$ 射线放射性、高温蒸汽中的压缩永久变形、氢透过性等进行了验证。结果显示, 耐放射性、耐热性、耐蒸汽性都非常优秀, EPDM对进一步提升安全性有很大的帮助。

### 关键词:

核能、EPDM、 $\gamma$ 射线、高温、蒸汽、压缩永久变形、氢透过、放射线



鈴木 憲

研究開発本部 開発部

# 産業機器用エラストマー製品

## 1. はじめに

パッキンは、古くから使われ、シールの中でも大きな分野を占め、重要な役目を果たしている。

近年は高分子化学の発達のお陰で、優れたゴム材料が使え、その用いられる範囲も非常に広がった。

パッキンメーカーは各社それぞれ特色を持った形状のパッキンを製造・販売しているが、要は、「シール性をいかにして向上させるか」という問題と取り組んでいるのである。

産業機器用として、V字断面を有することでセルフシール効果を有し、広範囲の圧力に使用可能であるという特長を有するVパッキンが古くから現在に至るまで50年近く使用され続けている、Vパッキン、MVパッキン、バルフロンVパッキン、ハイドロリックリップパッキンについて、その特長を生かした使い方や、使用上注意すべき点などについて、紹介する。

## 2. パッキン紹介

### 2-1) Vパッキン



Figure1 Vパッキン

日本工業規格であるJIS B 2403 Vパッキンは、1963年に制定され今日まで大きな改定もされずに使われている、ゴム及び布入りゴムVパッキンを対象とした外国にも例のない規格である。

しかし、規格では使用条件の範囲を、石油系作動油を使用する一般油圧機器用としているが、実際には更に広い範囲で使われている。具体的には、水グリコール系作動油やエマルジョン系作動油などの水系作動油、回転部分の軸シールなどに使用されている。

Vパッキンは断面がV字形の加硫成形されたパッキンで、リップ部に弾性をもたせ、流体圧自身によってシール圧が発生するセルフシールパッキン(self seal packing)である。この

点でいわゆるグラントパッキン(締め込み式)と全く異なる。

VパッキンはJIS B2403に示されるように、一般には往復運動用のパッキンと認識されている。しかし、バルブシステムのような、ごく遅い回転軸ならば同じように使うことができる。

当社のVパッキン形状には、標準品(Sタイプ)とNタイプ品の2種類がある。標準品はJIS B 2403に基づき設計、Nタイプ品はJISに準拠しつつ、かつ、シール性能・耐久性の向上を計りさらにパッキンの装着作業性を改善すべく、当社独自の設計によるものである。

Table1 種類及び構成材料

バルカーNo. 品名	構成材料	
	布入りゴム製品	ゴム他単体製
No.2630 布入り合成ゴム Vパッキン	補強材綿布に合成ゴムコンパウンドを擦り込み、加熱加圧成形したもの	—
No.2631 合成ゴム Vパッキン	—	ニトリルゴムコンパウンド単体を加熱加圧成形したもの
N0.4630 布入りふっ素ゴム Vパッキン	補強材綿布にふっ素ゴムを擦り込み、加熱加圧成形したもの	—
N0.4631 ふっ素ゴム Vパッキン	—	ふっ素ゴムを加熱加圧成形したもの

布入りVパッキンのシール性は、Uパッキンよりも一般的には劣るが、ゴムVパッキンと組み合わせることで改善できる。

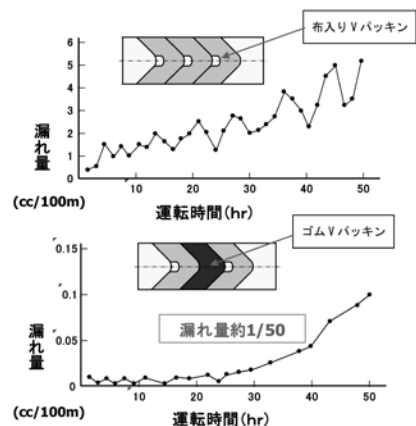


Figure2 シール性比較データ

## 2-2) MVパッキン



Figure3 MVパッキン

MVパッキンは特殊Uパッキン形状で布入りVパッキンとの組合せ使用の高性能複合シールで、下記の特長を持っている。

①シール性能：油圧用Uパッキンと同等の安定したシール性能を持っている。②摺動抵抗：布入りVパッキンに比べ摺動抵抗が低い。③耐圧性：布入りVパッキンがバックアップリング効果となるため高圧力でも使用可能。④耐久性：従来の布入りVパッキンのみの組合せと同等。⑤装着性：従来の布入りVパッキンと互換性があるので、パッキン溝はそのまま使用可能。

### シール性能

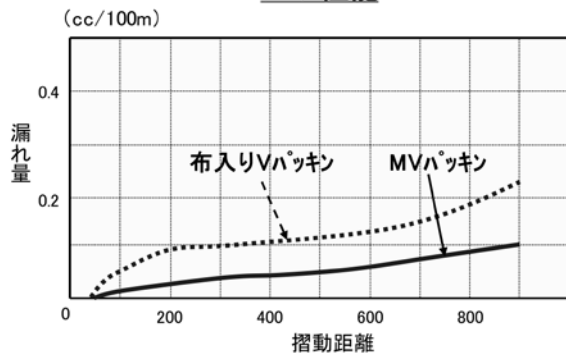


Figure4 シール性能比較

### 摺動抵抗

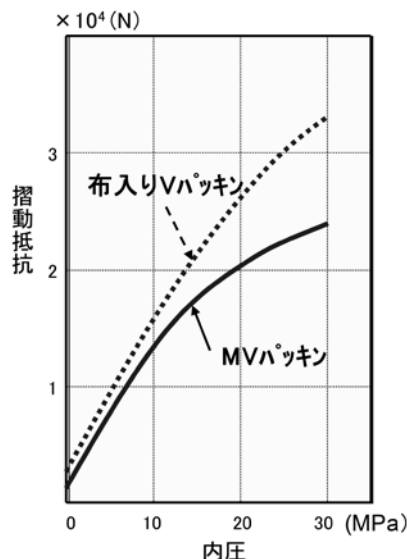


Figure5 摺動抵抗比較

## 2-3) Vパッキンの組合せ使用例

### ①スパーサーリングの使用例

Figure6に示す様に、Vパッキンにスパーサーリングを組合せて使用することで、更に広い範囲での使用が可能になる。

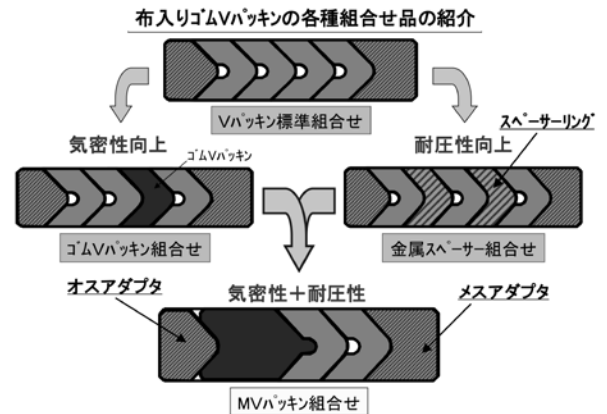


Figure6 布入りVパッキン組合せ例

スパーサーリングを使用することの効果と用途は、

- 一つ一つのパッキンリップの働きを確実にし、シール効果を良くする。
- 高摺動速度で使用した際に発生する摩擦熱を早く放散させる。
- パッキンの寿命をより長くし、圧力変動や衝撃的な負荷に対して、耐圧性、持久性が向上する。
- 特に、超高圧の場合にパッキン自体の浸透を防ぐ。

設計上の注意点は、通常アダプタと摺動面との接触を避けるが、静圧で約70MPa以上、衝撃圧力では20～30MPa以上の高圧になると、スパーサーリングやアダプタのリップ部は簡単にたわんで軸に接触する。

従って、軸がスパーサーリングやアダプタと接触することを前提に、軸の材質、硬さに対し考慮を払う必要がある。

スパーサーリングの材質としては、青銅、アルミ青銅、樹脂などが使用される。

### ②スプリングを併用する使用例

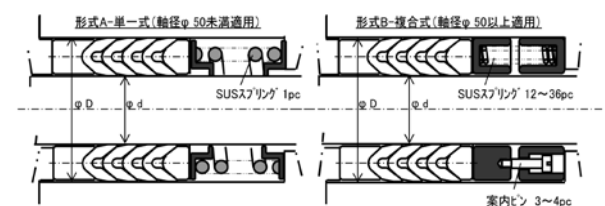


Figure7 スプリング組合せ例

Figure7に示すようにVパッキンの圧力側にスプリングを使用する方法があり、次の様な長所がある。

- a) パッキン押さえをスタフイングボックスの前面に密着させるような設計に出来る。増締めが必要がなく、組立て、保守が簡単になる。
- b) 摩擦抵抗を大略均一に出来るので、多数が同時に昇降する機械などに有利である。
- c) パッキンを締付け過ぎる危険が無く、常に適当な締付力が与えられるので、パッキンを傷めることが少ない。
- d) パッキンの高さが低くなっても、パッキンがスタフイングボックスの中で動く心配がない。
- e) 欠点として、スタフイングボックスの深さが大きくなる。

スプリングはパッキンの高さの変化(製作誤差も含めて)に対して、荷重が大きく変動しない様に小さなばね常数を設定することが肝要である。従って、スタフイングボックスを浅くしての無理なスプリングの設計は好ましくない。

スプリング荷重  $F(N) = k \times d$      $k: 4.9$  (ガス系流体: 8.8)  
 $d$ : パッキンボックス中心径

スプリングを使わない場合においてもパッキンをあらかじめ締付けておくときは、上記スプリング荷重を標準にとることが適当である。ただし、均等に締付けることはもちろん必要である。

**2-4) ワンカットした使用方法**

長尺であるなどの理由からシリンダを設置場所から搬出できない場合や、直接現場でメンテナンスが要求される場合などのように、装着部にパッキンを円形のままでは装着できないことがしばしば起こる。この

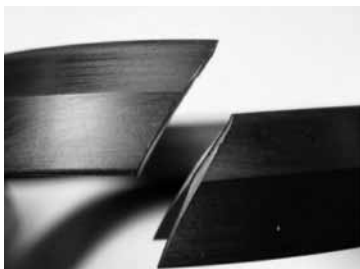


Figure8 パッキンカット例

ような時、Vパッキンは1ヵ所切断して軸をまたいで装着できる利点がある。

カットは図のように中心軸に対して45度の面になるように、鋭利な刃物などで切り、Vパッキン中央にある小さい溝へ、フィルターリングを装着する。

装着するときはカット部が重ならない様に、90度または120度ずつ互にずらす。切断面がちょうど合致しておさまるように押し込む。ワンカットしておく、パッキン間に空気、油などが留まりにくいことから、十分に密着させてきっちりパッキン押えを締めることが出来る。漏れの量はエンドレスの場合とほとんど変わらない。アダプタはエンドレスのまま最初の組立時にはめ込んでおけばよい。二つ割りにする方法もあるが、パッキンを安定させて押さえることが出来る前者の方が優れて

いる。

**2-5) バルフロンのVパッキン**

バルフロンのVパッキンはPTFE樹脂を切削加工したリップ形パッキンで、エラストマー製品に比べ、耐薬品性と低摩擦製に優れている。また、充填材入り材料を使用することで温度、圧力、耐摩耗性を改善することも可能である。



Figure9 バルフロンのVパッキン (PTFE)

Figure10 バルフロンのVパッキン (充填材入りPTFE)

種類	L 型	M 型	H 型
用途	バルブ (コントロールバルブなど) 攪拌機		プランジャーポンプ 高圧バルブ

Figure11 バルフロンのVパッキンの種類と用途

パッキンの断面形状はFigure11に示す様に、H、M、Lの3種類に別れ、各々用途区分がされている。

Table2 使用圧力とパッキン数

種類	使用圧力範囲, MPa [kgf/cm <sup>2</sup> ]	パッキン数
L	0 ~ 1.96MPa [0 ~ 20kgf/cm <sup>2</sup> ]	2 ~ 3
M	1.96 ~ 4.90MPa [20 ~ 50kgf/cm <sup>2</sup> ]	3
	4.90 ~ 6.86MPa [50 ~ 70kgf/cm <sup>2</sup> ]	4
H <sup>(1)</sup>	6.86 ~ 14.70MPa [70 ~ 150kgf/cm <sup>2</sup> ]	5
	14.70 ~ 29.40MPa [150 ~ 300kgf/cm <sup>2</sup> ]	6

注(1) スペーサーリング併用

装着すべきリングの数がむやみに多いことは、かえって摩擦を増加しシール効果を減じることになる。最小標準装着数はTable2に示す。

## 2-6) ハイドロリックリップパッキン



Figure12 ハイドロリックリップパッキン

ハイドロリックリップパッキンは、純良な厚織綿布に耐水、耐油性のゴムコンパウンドを擦込んだものを折りたたみ、摺動面のみリップ部を構成し、1ヵ所の堤(Dam)を設けたリング状に成型している。また摺動面とロッドとの摩擦を少なくする目的のためにパッキン摺動面に減磨合金を打ち込んで製作されている。このパッキンは主として高圧のプランジャー及びラムに使用するものであって、その構造上締過ぎになる懸念はない。パッキンの種類はTable3に示す。

Table3 種類と用途一覧

バルカーNo.	材料	用途			
		使用機器	流体の種類	温度	圧力
710	布入り天然ゴム	水圧プレスのラム	水、温水	70℃	29.4MPa {300kgf/cm <sup>2</sup> }
2710	布入りニトリルゴム	水圧プレスまたは油圧プレスのラム	水、温水 石油系作動油	80℃	29.4MPa {300kgf/cm <sup>2</sup> }

備考 表中の数値は一般的な条件下での圧力・温度それぞれの限界参考値である。詳細は別途相談のこと。

## 3. パッキン用途

ここに紹介したパッキンは、下記のようなところで使われている。

- ・[Vパッキン] 製鉄所製鋼設備用油圧シリンダ、油圧プレス用シリンダなど、使用環境が厳しい場所や急な設備のダウンが許されないような設備用機器。
- ・[MVパッキン] 射出成型油圧シリンダ用パッキン、油圧プレス用シリンダパッキンなど、Vパッキンよりもシール性が必要で使用環境が厳しい場所や急な設備のダウンが許されないような設備用機器。
- ・[バルフロンVパッキン] 耐薬品性を必要とする、コントロールバルブ、攪拌機、プランジャーポンプ、高圧バルブなど。
- ・[ハイドロリックリップパッキン] 水圧プレスのラム、油圧プレスのラムのシール。

上記以外に、作動条件によるもののグランドパッキンの代替としても使用可能である。

## 4. おわりに

油圧水圧機器、化学機器においては、新しい技術が開発され、高圧、高速化による小型、高性能に、あるいは大型、大容量にと発展して行くが、いつでもパッキンはそれらに満足して使われるように対応して行かなければならない。

一方で世の中は電動化が進んでいるが、いまだ産業機械と油圧機器は切っても切れない関係にあり、今後も重要な位置づけにあると考える。今後、電動とのハイブリッド化、サーボ制御による高精度な位置制御化が進むと考えられ、その要求に応えるためにパッキンも高寿命、低摺動化、シール性向上を目指して日夜開発を続けていく所存である。

## 5. 参考文献

- 1) 赤司 泰三, バルカーレビュー, vol8 No.6, (1964)
- 2) 赤司 泰三, バルカーレビュー, vol9 No.1, (1965)
- 3) バルカーレビュー編集室, バルカーレビュー, vol31 No.6, (1987)
- 4) バルカーハンドブック 技術編
- 5) 松下一男, バルカーレビュー, vol3 No.1, (1959)
- 6) バルカーレビュー編集室, バルカーレビュー, vol31 No.3, (1987)
- 7) パッキン及びガスケット用語 JIS B 0116:2105

## 6. 用語の解説

アダプタ: Vパッキンを支えるために用いる部品。オスアダプタ、メスアダプタがある。(Figure6参照)

スパーサーリング: パッキンの締付圧力の均一化、変形防止、放熱などの目的でパッキンの中に入れ、またはパッキンの締過ぎ防止の目的で取付部に用いる部品。(Figure6参照)

スタフィンボックス: パッキンを入れるパッキン室。ハウジングとも言う。

減磨合金: 機械の軸受け部分に用いる合金で、ホワイトメタル(すず、または鉛を主成分とする軸受け合金)・バビットメタル(すずを主体とし、少量のアンチモン・銅・鉛などを含む合金)などのことを指す。近年環境汚染を引き起こし得る鉛の使用が制限されつつあり、徐々に他の合金へ移行しつつある。



## (Abstract)

Rubber-proofed cotton fabric V-packing, MV-packing, VALFLON® V- packing, has been used in the industrial application for long time as sealing products. Although those are very basic type of packing, it was not well known how to use those. Those types of packing show excellent sealing performance and wear resistance depend on the combination. Therefore, They have played an important role in sealing under severe conditions and difficulties in maintenances. In this paper, those packing' s types, grades and combinations were shown with its properties and handling methods.

## Keywords:

Rubber-proofed cotton fabric V-packing, MV- packing, VALFLON® V-packing, basic, sealing performance, wear resistance

## (摘要)

产业界从很久以前就开始使用夹布V形密封圈、MV密封圈、华尔氟龙V形密封圈等产品。这些密封圈由于都非常普通，所以平常很少被谈及。

但是这些密封圈通过组合使用，可以得到优异的密封性和耐磨性，能够使用在维护困难或环境严酷的地方，发挥重要的作用。本文介绍了这些密封圈的种类和使用方法，重新对其作用进行说明。

## 关键词:

夹布V形密封圈、MV密封圈、华尔氟龙V形密封圈、密封性、耐磨性



## 南 暢

研究開発本部 開発部

# 飲料市場用エラストマー製品

## 1. はじめに

食品、飲料業界では食の安全に対する意識の高まりに伴い、異物混入や衛生上の問題が大きく取り上げられるようになり、各メーカーでは、消費者ニーズを満たした安全な製品を提供することが最も重要視されている。飲料市場においては消費者ニーズの多様化により、様々な種類の飲料が次々と販売され、その入れ替わりも激しく、年々増加する飲料品種への対応や、味、香りなどの品質の向上への対応も必要となってきている。更には厳しい製品価格競争に対応するためにコスト削減技術、あるいは環境に配慮した技術の導入も盛んに行われている。

このような飲料市場を取り巻く状況の中で、エラストマー製品は様々な飲料製造設備でガスケット、パッキンなど各種部品に使用され、安全、安心な飲料製品の製造に重要な役割を果たしている。

本報では、飲料製造設備に使用されているエラストマー製品に求められる特性、使用される材料と各種製品について説明する。

## 2. エラストマー製品に求められる特性

エラストマー製品は、Oリング、ダイアフラムをはじめ様々な形で各種装置に使用されているが、飲料市場用として求められる特性は機械的強度や圧縮永久ひずみなどのエラストマー材料としての基本的な特性の他に、次に示した様な特性が要求される。

### 2-1) 耐溶出性

食の安全の観点により、飲料製造設備に使用されるエラストマー製品には人体に有害な物質が溶出しないことが求められる。その判断基準の一つとして、食品衛生法・食品、添加物等の規格基準、ゴム製の器具または容器包装(哺乳器

具を除く):厚生労働省告示第595号があり、材質試験及び溶出試験について試験方法及び規格値が規定されている。規格に示されている成分以外の耐溶出性が求められる場合もあるが、飲料製造設備に使用するエラストマー製品として、この規格に準拠しているということは最低限必要である。

### 2-2) 耐CIP性

製造ラインを殺菌して清潔な状態に保つために、酸、アルカリ、蒸気などを用いたCIP洗浄が行われる。そのため、CIP洗浄に使用される酸、アルカリなどへの耐薬品性をはじめ、耐熱性や耐蒸気性が求められる。近年では、飲料品種の増加に伴い、品種切り替えに伴う洗浄頻度も増加する傾向であり、洗浄条件も高温化するなどエラストマー製品にとってますます過酷になってきている。

### 2-3) 非着香性

市販されている飲料には、様々なフレーバーが使用されており、このフレーバー成分がエラストマー製品に吸着し、残存してしまうことがある。この吸着したフレーバー成分が別のものに移ってしまう現象を着香という<sup>1)</sup>。吸着したフレーバー成分が洗浄で除去しきれずに、次に生産した飲料に移ってしまうと風味が失われ、商品価値がなくなり大きな損失となる。フレーバーにもよるが、果汁系飲料などフレーバーを使用した飲料を生産した後に茶系飲料などを生産した場合に起こりやすい。エラストマー材料は着香が起こりやすく、着香の対策として一般的には洗浄頻度、洗浄時間を増やしたり、四ふっ化エチレン樹脂(以下PTFE)被覆ガスケットへ変更するなどして対応している。

### 2-4) 耐次亜塩素酸性(耐墨汁現象性)

エラストマー製品を水道水などの消毒剤として使用される次亜塩素酸を含む流体に長時間曝すと、徐々に劣化が進行し、黒い異物や黒く濁った流体が流出することがある。この現象は墨汁現象(Figure1参照)と呼ばれる。墨汁現象はエ

ラストマーが次亜塩素酸によって塩素化、あるいは酸化されて劣化が進むことによりエラストマーの崩壊が起こり、エラストマー中に添加されているカーボンブラックの脱離、表面からの流出が起こり、水が黒く濁る現象である。<sup>2)3)</sup> この現象は飲料への異物混入要因の一つであり、商品価値を著しく低下させてしまうため、エラストマー製品には墨汁現象の発生しないことが要求される。



Figure1 墨汁現象による異物

### 2-5) 水環境における耐摩耗性

エラストマー製品が摺動用途で使用される場合は耐摩耗性が求められる。流体が油であれば、適度な厚さの油膜を形成するため、これによって潤滑性を保持するが、水の場合、粘性が低いため膜厚が薄くなってしまい、適度な潤滑膜を形成することができず、潤滑不良を起こしやすいことが問題である。<sup>4)</sup> そのため、潤滑不良の場合、エラストマー製品が摩耗し、異物の脱落、混入の可能性があるため注意が必要である。

## 3. 飲料市場用エラストマー材料

飲料製造設備に使用されるエラストマー材料は、主にエチレンプロピレンゴム (EPDM)、ニトリルゴム (NBR)、水素添加ニトリルゴム (HNBR)、シリコンゴム (VMQ)、ふっ素ゴム (FKM、FEPM)、パーフロロエラストマー (FFKM) などがあげられる。以下にそれぞれのエラストマー材料の特長を示した。

また、当社における代表的な飲料市場用エラストマー材料のラインアップを Table1 に示した。飲料製造装置の各種用途に対応できるよう、高機能なラインアップを取り揃えており、ますます過酷になってきている洗浄環境などに対応できる高機能材料として、汎用材料より耐熱性や耐薬品性を向上させた H3070 (EPDM)、H0880 (EPDM) や B5170 (HNBR)、白色系エラストマー材料として H1770 (EPDM) や B5490 (HNBR) を上市している。

### 3-1) エチレンプロピレンゴム (EPDM)

エチレンプロピレンゴムは、主鎖に二重結合を持たない分子構造を有しており、耐熱性、耐薬品性、耐熱水性、耐蒸気性に優れた材料である。特に熱水や蒸気の使用にできる材料として、価格も比較的安価であることから、現在では水に関連した用途のエラストマー材料として、最も一般的に使用されている材料である。<sup>5)6)7)</sup> ただし、耐油性は有しておらず、また、その他エラストマー材料と同様に非着香性も劣るため、着香が問題となる用途では PTFE で被覆して使用される。

Table1 飲料市場用エラストマー材料

試験環境	材料記号	B0570	B5070	B5170	B5075	B5490	H0870	H0970	H1770	H3070	H0880	E0170	D0970	FLUORITZ-SB
	ゴム種類	NBR	HNBR	HNBR	HNBR	HNBR	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	VMQ	FEPM	FFKM
	区分	汎用	汎用	耐熱性 耐摩耗性	潤滑性	白色	運動用	汎用	白色 耐墨汁用	耐熱性 耐CIP性	耐熱性 耐CIP性	耐熱性 低温性	耐アルカリ性 耐蒸気性	耐熱性 耐薬品性
硬さ	(shore A)	72	72	72	74	90	72	75	70	73	79	70	70	77
引張強さ	(MPa)	18.6	30.7	29.9	18.1	28.8	20.0	17.9	14.2	17.4	19.8	8.5	17.8	17.9
伸び	(%)	290	280	260	250	270	340	230	390	160	160	240	320	160
100%引張応力	(MPa)	6.0	5.6	6.8	6.9	8.9	3.9	5.0	3.7	7.4	9.1	3.4	4.0	8.1
耐酸性		×	△	○	△	○	○	○	○	○	○	×	○	◎
耐アルカリ性		○	○	○	○	○	◎	◎	△	◎	◎	△	◎	◎
耐熱水性		△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎
耐蒸気性		×	○	◎	○	◎	○	○	○	◎	◎	△	◎	◎
耐次亜塩素酸性 (耐墨汁現象性)		×	△	○	△	◎	△	△	◎	○	○	◎	◎	◎
食品衛生法		適合	適合	適合	適合	適合	適合	適合	適合	適合	適合	適合	適合	適合
用途		固定用	固定用 運動用	固定用 運動用	固定用 運動用	固定用 運動用	運動用	固定用	固定用	固定用 運動用	固定用 運動用	固定用	固定用	固定用
		Oリング等	パッキン ダイヤフラム等	Oリング パッキン等	Oリング パッキン等	Oリング パッキン等	パッキン ダイヤフラム等	Oリング等	Oリング等	Oリング パッキン等	Oリング パッキン等	Oリング等	Oリング等	Oリング等

◎: 優、○: 良、△: 可、×: 不可 表中の値は測定値の一例であり、規格値ではありません。

### 3-2) ニトリルゴム (NBR)

ニトリルゴムは分子構造に極性基であるニトリル基を有していることから、耐油性に優れる材料である。安価な材料であるため、これまで汎用のシール材料として様々な用途で使用されてきたが、耐熱性、耐薬品性、耐熱水性、耐蒸気性など、飲料製造装置に必要とされる特性に関してはEPDMと比較して劣り、非着香性も良くないため、飲料関連の用途では、耐油性が求められる個所、条件が比較的緩やかな個所など、限定的な使用となっている。

### 3-3) 水素添加ニトリルゴム (HNBR)

ニトリルゴムの持つ二重結合を水素化して二重結合を限りなく少なくした構造を有する材料であり、NBRの耐油性はそのままだけに、耐熱性、耐薬品性、耐熱水性、耐蒸気性を向上させた材料である。また、優れた機械的強度を有しているため、耐摩耗性にも優れる。そのため、摺動用途や耐摩耗性が必要とされる用途に適した材料である。しかし、汎用的に使用するには価格が高価であり、費用対効果を考慮しながら、EPDMの特性では不十分な個所などに使用される。

### 3-4) シリコンゴム (VMQ)

シリコンゴムは炭化水素系のエラストマー材料とは異なり、主鎖がシロキサン結合(-Si-O-)で構成されている材料である。そのため、耐熱性、低温性に優れ、極低温から高温まで広範囲にわたって使用できる材料である。耐熱性ではEPDMやHNBRより優れる。しかし、耐油性、耐薬品性、耐熱水性、耐蒸気性、耐摩耗性、機械的強度が劣り、価格もやや高価であることから、飲料製造装置用途での使用は一部の限定された個所のみとなっている。

### 3-5) ふっ素ゴム (FKM, FEPM)

ふっ素ゴムは、分子構造に結合エネルギーの大きなふっ素原子を有する材料であり、耐熱性、耐薬品性、耐油性に優れる材料であり、耐熱性に関しては、EPDM、HNBRやシリコンゴムよりも優れた材料である。一般的なふっ素ゴムは、アルカリ、熱水、蒸気に対して劣るが、これらに対して耐性を持たせたグレードのふっ素ゴム(FEPM)もある。また、非着香性は、EPDMに比べて優れている。しかし、価格が高価であるため、HNBR、シリコンゴム同様、費用対効果を考慮してメリットがある場合のみ使用されることが多い。

### 3-6) パーフロエラストマー (FFKM)

パーフロエラストマーは、PTFEと類似した構造を持つゴム弾性体で、分子構造に水素原子を持たず、炭素、ふっ素、酸素原子のみで構成されている。そのため、エラストマー材料の中で最も広範囲な耐薬品性を有し、耐熱性、耐熱水性、耐蒸気性に極めて優れた材料である。耐熱性についてもエラストマー材料の中で最も優れた材料である。<sup>8)</sup>また、非着香性にも優れる。特性だけをみると最も高性能なエラストマー材料と言えるが、価格が極めて高価であることが課題である。そのため、イニシャルコストが非常に大きくなり、ランニングコストでメリットがある場合などに使用は限られている。また、グレードによっては耐熱性が前述のふっ素ゴムと同等レベルのものや耐熱水性、耐蒸気性に劣る種類もあるので材料選定の際には注意が必要である。

## 4. 飲料市場で使用されるエラストマー製品

当社では、長年の実績で培った材料選定、製品設計技術を駆使して飲料市場向けにシール製品を主体として様々なエラストマー製品を提供している。以下に、飲料製造設備で使用されるエラストマー製品を紹介する。

### 4-1) 規格品

#### 4-1-1) Oリング

Oリングは、固定用、運動用の両方に使用できるシール材で、低コスト、省スペース、装着性が容易などの理由から、最も汎用的に使用されている製品である。使用用途に合わせた各種エラストマー材料での製作が可能である。



Figure2 各種Oリング

#### 4-1-2) Uパッキン

Uパッキンは、リップタイプのパッキンであり、主に往復運動用として使用される。往復運動部位ではOリングなどのスクイズタイプの場合、作動抵抗が高いことがしばしば問題と

なるため、作動抵抗を低減できるUパッキンのようなリップタイプのシール製品が使用される。



Figure3 Uパッキン

#### 4-1-3) Xリング

Xリングは、断面がほぼ角形に近いX形状をしたスクイズタイプのパッキンで、ワンリングで両サイドのシールが可能である。主に回転運動用として使用されるが、Oリングのねじれ対策用と往復運動用にも使用されることもある。



Figure4 Xリング

#### 4-1-4) ヘルールガスケット

ヘルールガスケットは、サンタリー配管のヘルールフランジに対応したガスケットである。使用用途に合わせて、各種エラストマー材料での作製が可能である。



Figure5 ヘルールガスケット

#### 4-2) オーダーメイド品

##### 4-2-1) PTFE被覆ガスケット

エラストマー材料は着香が起りやすいため、着香が問題となる個所にはPTFE被覆ガスケットが用いられる。PTFE被覆ガスケットはエラストマー材料の接液部を非着香性に優れたPTFEで被覆したガスケットである。



Figure6 PTFE被覆ガスケット

##### 4-2-2) ダイアフラム

ダイアフラムは圧力の作用により変位を生じる膜で、圧力変動によりダイアフラムに生じる力により駆動させたり、圧力を調整したりする役割を担っている。ダイアフラムは各種バルブなどに使用されているが、使用環境が過酷になるに従い、長寿命化が求められる。材料選定、補強布との組み合わせ、及び形状設計により各使用条件に最適な製品の提供が可能である。



Figure7 各種ダイアフラム

##### 4-2-3) 各種専用設計品

その他のエラストマー製品として、充填パッキンなど個別装置向けの専用設計品や、打ち抜きシートガスケット、エラストマー材料と金属、あるいは樹脂との複合製品、摺動用途に使用されるスリッパシーラ、往復運動、回転運動のいずれにも使用できるTリングなど様々なニーズに応じた製品が使用される。

当社では、これまでエラストマーと樹脂などの複合製品の開発にも積極的に取り組んできており、製品設計においてはFEA解析技術を駆使して、使用環境に合わせた製品形状の検討を行っている。そのため、飲料市場における各種製品に対して、長年培った実績と経験を生かした高性能、長

寿命なエラストマー製品の提案が可能である。



Figure8 スリッパシール

## 5. おわりに

飲料市場におけるエラストマー製品は、食の安全、品質の向上、コスト低減などに対応するため、異物対策や、耐薬品性、非着香性の向上が求められている。一つの材料ですべての特性を満足することは現状では困難であるため、用途、使用個所に応じて最適な材料を使い分けたり、エラストマーにPTFEを被覆するなどして対応している。そのため、

なるべく多くの用途に対応できる製品の開発が望まれる。

今後、皆さまからの貴重なご意見、情報を頂きながら、エラストマー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。

## 6. 参考文献

- 1) 平野耕生, 鈴木憲, 下村泰弘, バルカー技術誌, No.8 (2004)
- 2) 武義人, 古川睦久, 工業材料, Vol.45, No.7 (1997)
- 3) 武義人, 古川睦久, 工業材料, Vol.50, No.9 (2002)
- 4) フルードパワー工業会, フルードパワーの世界追補版 (2014)
- 5) 平野耕生, バルカー技術誌, No.3 (2002)
- 6) 鈴木憲, バルカー技術誌, No.13 (2007)
- 7) 鈴木憲, バルカー技術誌, No.15 (2008)
- 8) 岡崎雅則, バルカー技術誌, No.1 (2001)

(Abstract)

Contamination and hygiene issues are getting more focused with increasing awareness of food safety by consumers. For beverage manufacturers, providing safer products which meet the consumer's needs are becoming the most important issue.

Elastomeric products e.g. gaskets, packing and diaphragms are used in various locations of the beverage manufacturing equipment and are playing a very important role in providing safe beverage products.

In this paper, our elastomeric products and materials for beverage manufacturing equipment are explained in point of view of the required characteristics.

### Keywords:

elastomeric products, gaskets, packing, diaphragms, beverage manufacturing equipment

(摘要)

随着消费者对于食品安全的意识不断提高, 异物混入和卫生上的问题经常被热议。各饮料生产厂家把提供满足消费者需求的 safe 的产品作为最重要的任务。

弹性体产品用于各种饮料生产设备的垫片、密封圈、隔膜密封圈等各种部件中, 为提供安全的饮料产品发挥了重要作用。

本文对饮料生产设备上使用的弹性体产品所要求的特性、使用的材料及各种产品进行说明。

### 关键词:

弹性体产品、饮料生产设备、垫片、密封圈、隔膜密封圈



岡崎 雅則

研究開発本部 開発部

# 高性能パーフロエラストマー製品

## 1. はじめに

パーフロエラストマー (FFKM)は、ポリマーの主骨格が化学的に安定な炭素とフッ素(C-F結合)で構成されているため、極めて高い耐熱性と耐薬品性を有する。その特性を生かして、他のゴム材料では使用できない過酷な環境において用途を広げてきた。その用途例をTable1に示すが、用途によって求められる特性も異なり、FFKMも材質やグレードによって特性が異なるため、各用途に応じたFFKMが使用されている。

Table1 パーフロエラストマーの用途例

分野	用途例	求められる特性
石油化学 化学工業	プラント内重合装置 各種ケミカルポンプ コンプレッサーなど	耐熱性 反応性流体への耐性
航空宇宙	ガスタービン	耐熱性 反応性流体への耐性
食品	サンタリー配管 蒸気チャンパー	純粋性 高温蒸気耐性
電力	蒸気タービン (原子力、火力、地熱発電)	高温蒸気耐性
半導体	熱酸化、熱拡散 アニール、CVD、エッチング	純粋性、耐熱性 反応流体への耐性 低放出ガス性
その他	分析機器、樹脂ゴム成形機 タイヤ加硫機、掘削機、熱交換器	純粋性、耐熱性 高温蒸気耐性 反応性流体への耐性 など

また、近年各産業分野における技術革新に伴い従来よりも高いシール機能が求められるようになり、従来のFFKMでは十分にシール性能を発揮できないケースがあり、当社では用途に応じて要求される特性に対応したFFKMを展開してきた。

FFKMは他のエラストマーには無い類稀な特性を持つことから、本報ではFFKMを材料の視点から取り上げ、各用途に応じて適切な材料選定をして頂けるよう、当社のFFKM製品についてその特徴と特性を紹介する。

## 2. FLUORITZ®-SB

FLUORITZ®-SBは、耐薬品性に優れたFFKMであり、以下に各種特性を紹介する。

### 2-1)耐薬品性

Table2にFLUORITZ®-SBの耐薬品性を示す。フッ素ゴムや一部のFFKMでは使用できない有機酸、アルカリ、アミ

Table2 FLUORITZ®-SBの耐薬品性

	薬品名	試験条件	評価
酸	塩酸(10%)	40°C×168時間	A
	硫酸(97%)	40°C×168時間	A
	硝酸(69%)	40°C×168時間	A
	ふっ酸(60%)	23°C×168時間	A
	酢酸(10%)	40°C×168時間	A
	無水酢酸	23°C×168時間	A
	りん酸(85%)	80°C×168時間	A
アルカリ	水酸化ナトリウム(20%)	100°C×168時間	A
	水酸化ナトリウム(50%)	23°C×168時間	A
	アンモニア水(30%)	23°C×168時間	A
含窒素化合物	ジメチルアミン	40°C×168時間	A
	ジメチルホルムアミド	23°C×168時間	A
	エチレンジアミン	40°C×168時間	A
	トリエタノールアミン	23°C×168時間	A
	N-メチル-2-ピロリドン	23°C×168時間	A
アルデヒド フラン	ブチルアルデヒド	23°C×168時間	B
	フラン	40°C×168時間	A
ケトン エステル エーテル	アセトン	23°C×168時間	A
	ケトン	23°C×168時間	A
	エステル	23°C×70時間	A
	エーテル	23°C×168時間	A
アルコール	MTBT	23°C×168時間	A
	メタノール	40°C×168時間	A
	イソプロピルアルコール	23°C×168時間	A
炭化水素	ヘキサン	23°C×168時間	A
	アルコール	40°C×168時間	A
	ベンゼン	100°C×168時間	B
	炭化水素	40°C×168時間	A
	スチレン	40°C×168時間	A
ハロゲン化 炭化水素	Freon11	15°C×168時間	B
	Freon134A	23°C×168時間	B
	Freon134A	100°C×168時間	C
	トリクロロエチレン	23°C×168時間	A
	水	23°C×168時間	A
その他	水	100°C×168時間	A
	水	160°C×168時間	B
	エチレンオキシド	23°C×168時間	A
	IRM-903Oil	230°C×70時間	A
	Mobil2540il	200°C×70時間	A

A: 体積変化率5%未満      B: 体積変化率5~20%未満  
C: 体積変化率20~50%未満      D: 体積変化率50%以上

ン、ケトン、エステルなどほとんどの薬品に対して安定である。

## 2-2) 基本特性

Table3にFLUORITZ<sup>®</sup>-SBの基本特性を示す。機械的強度に優れ、各種用途に対応できる特性を有している。

Table3 パーフロエラストマーの用途例

分野外観		FLUORITZ <sup>®</sup> -SB	FLUORITZ <sup>®</sup> -TR	FLUORITZ <sup>®</sup> -HS	D5575
		黒色	濃褐色	黒色	黒色
耐熱温度 目安	°C	200	260	300	300
硬さ	ShoreA	77	72	77	77
引張強さ	MPa	17.9	11.1	20.0	20.8
伸び	%	160	160	160	180
100%引張 応力	MPa	8.1	3.1	9.3	10.7

## 2-3) FLUORITZ<sup>®</sup>-SBの用途

FLUORITZ<sup>®</sup>-SBは、耐薬品性、耐溶剤性、耐油性が非常に優れ、ほとんどの化学薬品、ガスに対して化学的安定性を示す。そのため、半導体分野をはじめ石油化学、化学工業、食品、航空宇宙、分析機器などにおける以下の用途への応用が期待できる。

- ・酸とアルカリ、極性溶剤と非極性溶剤の混合液など他のゴムシール材では、膨潤や溶解が起こる箇所
- ・ふっ素ゴムでは使用できないケトン、エステル、アミン、アルカリなどでふっ素ゴム相当の耐熱性が必要な箇所
- ・アミンや環状エーテルなど一般のFFKMでは使用できない箇所

## 3. FLUORITZ<sup>®</sup>-TR

FLUORITZ<sup>®</sup>-TRは、半導体分野でのエッチングプロセスやCVD成膜プロセスにおいて優れたプラズマ耐性を有するほか、非粘着性に優れ、耐熱性やシール寿命の目安として用いられる圧縮永久ひずみ特性は、当社のFFKMのなかで最も優れる。また、充填剤を一切配合していないため、純粋性に優れる。以下に、FLUORITZ<sup>®</sup>-TRの各種特性を紹介する。

### 3-1) 耐熱性

Figure1にFLUORITZ<sup>®</sup>-TRの260°Cにおける圧縮永久ひずみ率を示す。一般的に、圧縮永久ひずみ率が80%に達する時間がシール寿命と言われているが、FLUORITZ<sup>®</sup>-TRは260°Cの高温環境下において10000時間の圧縮永久ひずみ率が40%に達しないと予測され、極めて長いシール寿命を

有すると推測される。

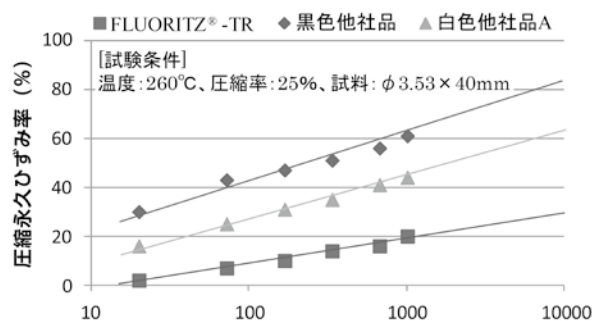
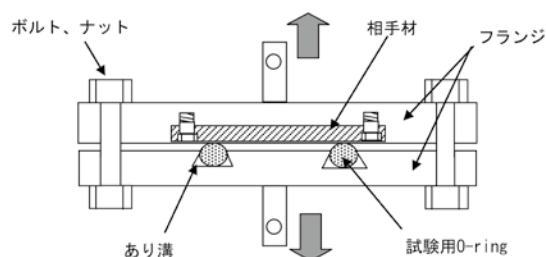


Figure1 圧縮永久ひずみ率測定結果

### 3-2) 非粘着性

ふっ素系エラストマーは、化学的に安定なC-F結合を有するため、他のゴム材料に比べ耐熱性や耐薬品性など優れた特性を示すが、一方で金属に固着しやすいという欠点がありFFKMも例外ではない。FLUORITZ<sup>®</sup>-TRは、当社独自の材料設計技術により金属に対する固着力を低減したFFKMである。Figure2に固着力の測定方法、Figure 3に固着力の測定結果を示す。FLUORITZ<sup>®</sup>-TRは、他のFFKMと比較して非常に低い固着力を示しており、シール面や溝への固着に対するトラブルのリスクを低減し、取り扱い性に優れると考えている。



あり溝にAS568-214 O-ringを装着し、ボルトナットでフランジを締め込む。所定時間加熱して常温に冷却した後、ボルトナットをはずして、フランジを上下に引き剥がす時の力を測定する。

Figure2 固着力測定方法の概要

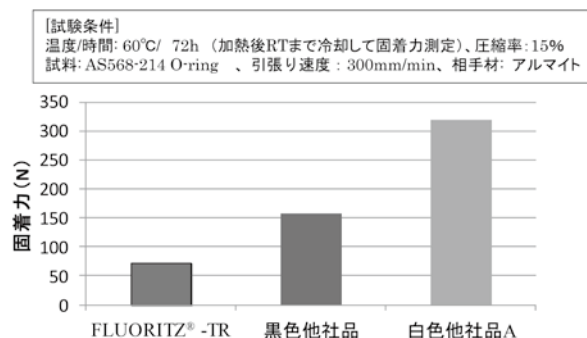


Figure3 固着力測定結果



3-3) 純粋性

Figure4にFLUORITZ®-TRの含有金属の測定結果を示す。FLUORITZ®-TRは、充填剤や無機配合薬品を一切含んでいないため、他のFFKMと比較して含有金属量が少なく純粋性に優れた材料である。

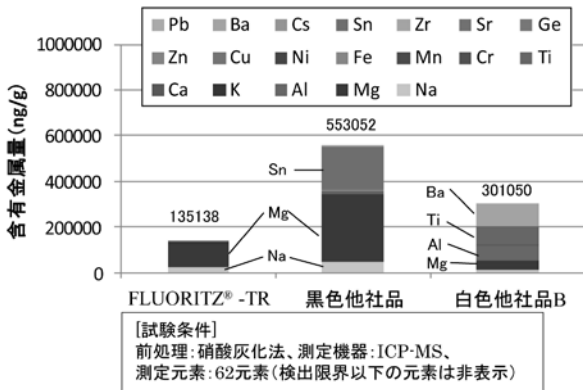


Figure4 含有金属測定結果

3-4) 耐プラズマ性(耐ラジカル性、耐クラック性)

プラズマ環境ではラジカルなどの活性種により、ポリマーの分子鎖が切断されることによって、シール材のエッチングが起こる。また、シール材に応力がかかった状態でプラズマにさらされると、シール材にクラックが発生し、クラックがシール面にまで達するとリークにつながる。半導体プロセスにおいては、充填剤や無機成分がシール材に含まれているとエッチングやクラックの発生により、充填剤や無機成分が真空チャンバーに放出され、真空チャンバー内の汚染やパーティクルエラーの原因となる可能性がある。Figure5にFLUORITZ®-TRの耐ラジカル性の評価結果を示す。FLUORITZ®-TRは従来のFFKMと比較しても重量減少率が少なく、ラジカルによりエッチングされにくい材料である。また、シール材を伸長して応力をかけた状態でプラズマを照射してクラック発生時間を評価した結果をFigure6に、クラック発生状況をFigure7に

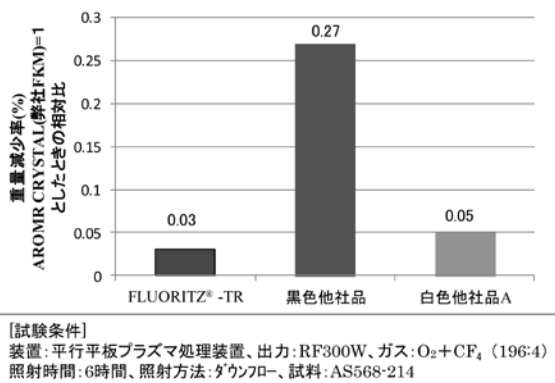


Figure5 耐ラジカル性評価結果

示す。FLUORITZ®-TRはクラックの発生時間が遅く、他の材料に比べ、耐クラック性に優れている。また、FLUORITZ®-TRは純粋性に優れるため、真空チャンバー内の汚染やパーティクルエラーに対して極めてリスクの少ない材料である。

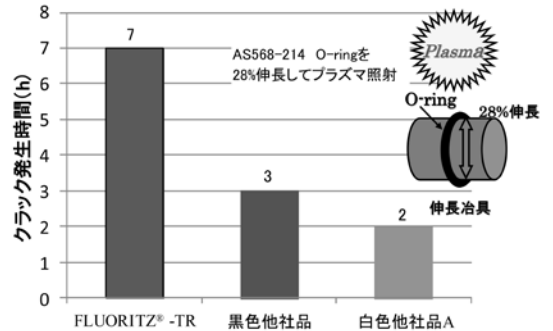


Figure6 耐クラック性評価結果

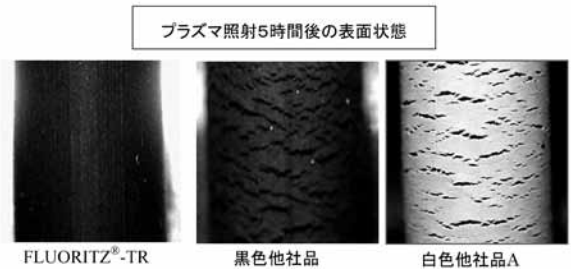


Figure7 クラック発生状況

3-5) 基本特性

Table3にFLUORITZ®-TRの基本特性を示す。FLUORITZ®-TRは、硬さ、100%引張応力がやや低めに設計されているため、比較的容易にあり溝へ装着でき、また、フランジの締付けも容易になると考えられる。

3-6) FLUORITZ®-TRの用途

FLUORITZ®-TRは、プラズマ耐性に優れるほか、圧縮永久ひずみ特性、非粘着性、純粋性に優れるため、半導体分野をはじめ食品、分析機器、石油化学、化学工業、航空宇宙などにおける以下の用途への応用が期待できる。

- ・高温環境下でシール寿命の延命が求められ、シールのランニングコストを低減したい箇所
- ・シール面との固着が問題になっている箇所
- ・プラズマ環境において、シール材のエッチングやクラックの発生が問題となっている箇所
- ・半導体プロセスにおいて、パーティクルや汚染が問題となっている箇所

## 4. FLUORITZ<sup>®</sup>-HS

FLUORITZ<sup>®</sup>-HSは、従来のFFKMと比較して極めて優れた耐熱性を有し、純粋性にも優れた材料である。以下に、FLUORITZ<sup>®</sup>-HSの各種特性を紹介する。

### 4-1) 耐熱性

Figure8にFLUORITZ<sup>®</sup>-HSの300℃における圧縮永久ひずみ率を示す。FLUORITZ<sup>®</sup>-HSは、300℃においても圧縮永久ひずみ率が小さく極めて耐熱性に優れた材料である。

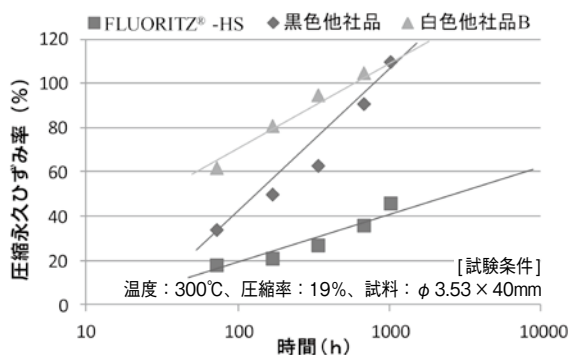


Figure8 圧縮永久ひずみ率測定結果

### 4-2) 純粋性

Figure9にFLUORITZ<sup>®</sup>-HSの含有金属測定の結果を示す。FLUORITZ<sup>®</sup>-HSは、充填材配合系の材料でありながら金属含有量が少なく純粋性に優れた材料である。

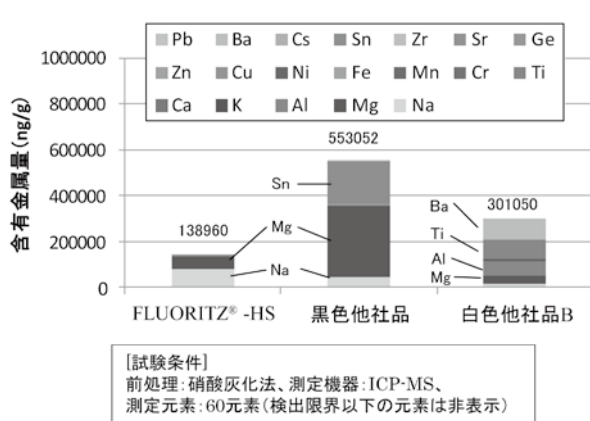


Figure9 含有金属測定結果

### 4-3) 基本特性

Table3にFLUORITZ<sup>®</sup>-HSの基本特性を示す。機械的強度に優れ、各種用途に対応できる特性を有している。

### 4-4) FLUORITZ<sup>®</sup>-HSの用途

FLUORITZ<sup>®</sup>-HSは、従来のパーフロロエラストマーと比較して極めて優れた耐熱性を有することから、半導体分野を

はじめ、各産業分野における高温環境のシール材として適した材料である。以下に応用が期待できる用途を示す。

- ・プラント、化学工業、分析機器、樹脂ゴム成形機など
- ・半導体、液晶分野におけるエッチング装置やCVD装置、拡散装置、アニール装置

## 5. D5575

D5575は、従来の耐水蒸気用ふっ素ゴムやFFKMでも使用が難しかった高温での耐水蒸気性に優れた材料である。以下に、D5575の各種特性を紹介する。

### 5-1) 耐熱性

Figure10にD5575の300℃における圧縮永久ひずみ率を示す。FLUORITZ<sup>®</sup>-SBは耐水蒸気性を有するFFKMであるが、300℃では圧縮永久ひずみ率が80%を超すため高温では使用できない。D5575は168hでも80%に達しておらず、300℃においても対応可能な耐熱性を有する。

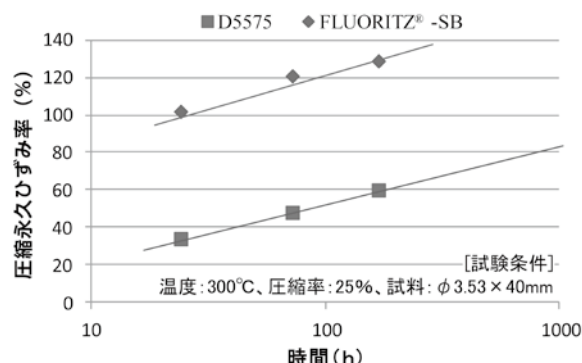


Figure10 圧縮永久ひずみ率測定結果

### 5-2) 耐水蒸気性

Figure11に175℃飽和蒸気下におけるD5575の圧縮永久ひずみ率を示す。他社の耐熱グレードは200時間に満たない段階でシール寿命である80%に達しているが、D5575は初

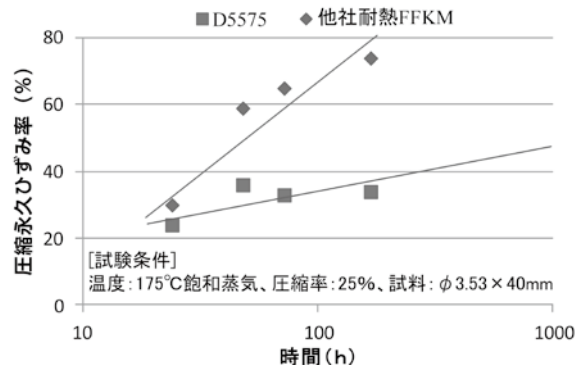


Figure11 圧縮永久ひずみ率測定結果(飽和蒸気)

期こそ変形がみられるものの48時間以降でもほとんど変化がなく、高温の水蒸気環境においても長期で使用できると期待される。

### 5-3) 基本特性

Table3にD5575の基本特性を示す。機械的強度に優れ、各種用途に対応できる特性を有している。

### 5-4) D5575の用途

D5575は、高温での耐水蒸気性に優れた材料であり、以下の用途への応用が期待できる。

- ・石油、ガス、地熱掘削機
- ・発電用蒸気タービン
- ・タイヤ加硫機および蒸気循環ポンプ
- ・ポリマー重合釜

## 6. おわりに

FFKMが使用される過酷な環境下において安定したシー

ル性能を得るためには、各FFKMの特徴や特性を把握し、環境に適したFFKMを選定することが重要となる。本報がその一助となれば幸いである。

また、今後も各産業分野の発展に伴ってシール材が使用される環境は厳しくなると予想され、新たな機能や更なる性能の向上が求められていくと考える。我々も、それらの期待に応えられるシール材を開発していく所存であり、皆さまのご意見ご要望をお寄せ頂きたい。

## 7. 参考文献

- 1) 岡崎 雅則, バルカー技術誌, No.1, 2-4 (2001)
- 2) 岡崎 雅則, バルカー技術誌, No.21, 8-10 (2011)
- 3) 岡崎 雅則, バルカー技術誌, No.23, 10-12 (2012)
- 4) 岡崎 雅則, 戸田 清華, バルカー技術誌, No.26, 7-10 (2014)
- 5) 川村 敏雄, バルカーレビュー, Vol.26, No.1 (1982)

(Abstract)

Perfluoroelastomer (FFKM) is known to have excellent chemical and heat resistance compared with other rubber materials because of its chemically stable structure composed with carbon and fluorine. However, in some severe environment, conventional FFKM is not applied for. Therefore, it is very important to select FFKM types and grades to keep reliable sealing performance according to the severe conditions. In this paper, the properties and performances of FFKM lineup in Valqua were shown related with recommendation usage.

### Keywords:

perfluoroelastomer, FFKM, chemical resistance, heat resistance

(摘要)

全氟弹性体 (FFKM) 由化学性质稳定的碳和氟构成, 所以与其他橡胶材料相比, 拥有极其优异的耐药品性和耐热性, 但也并非就是万能的。传统的FFKM在某些严酷的使用环境下无法使用。此外, FFKM根据材质或等级不同, 其特性和适用环境也不用。因此为了保证严酷环境下的密封性能, 根据各种FFKM特征和特性选择适合环境的FFKM显得尤为重要。本文对本公司生产的各种FFKM的特征、特性、用途进行说明。

### 关键词:

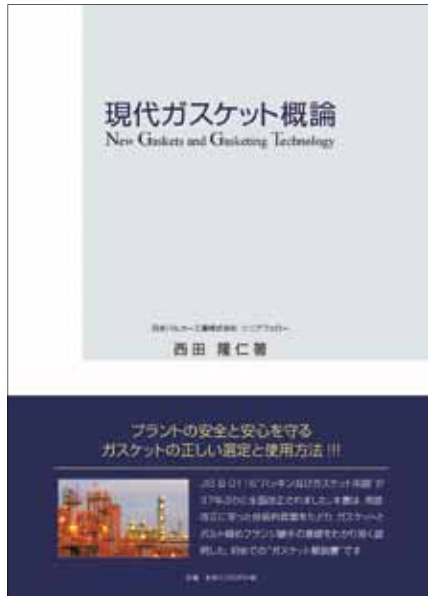
全氟弹性体、FFKM、耐药品性、耐热性



**大住 直樹**  
研究開発本部 開発部

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：SR室 Email: sr@valqua.co.jp  
TEL.03(5434)7372 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
- 四日市駐在 ☎(059)353-6952 Fax.(059)353-6950
- 彦根駐在所 ☎(0749)26-3191 Fax.(0749)26-7503
- 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
- 大分駐在 ☎(090)2502-6125 Fax.(097)555-9340

## VALQUA TECHNOLOGY NEWS

### 冬号 No.30 Winter 2016

発行日・・・2016年1月15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。