

Valqua Technology News

バルカー技術誌

2006年 夏号

No.11 Summer 2006

●ご挨拶 1

執行役員 PM (プロダクトマネージャー) 担当
西田 隆仁

●技術論文

FPD装置用新型ゲートシールの開発

The development of New Gate Seal for FPD Equipment ...

日本バルカー工業株式会社
先端産業開発部 辻 和明

●技術論文

半導体装置用シール材の酸素透過率に関する調査

日本バルカー工業株式会社
先端産業開発部 吉田 勉

●シール講座

ノンアスベスト(非石綿製品)パッキングasketの
現状と選定

日本バルカー工業株式会社
海外事業部 朝比奈 稔
市場開発グループ 岡田 勝志



日本バルカー工業株式会社

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





ご挨拶

平素は、本誌をご愛読いただき、誠にありがとうございます。

弊社は、主に、ガスケット・パッキンなどのシール製品、ふっ素樹脂に代表される機能樹脂製品、ベローズ、バルブといった真空製品を取り扱い、プラント・機器等の基幹産業及び半導体を中心とした先端産業に向けた研究開発を行っております。

特に環境問題については、全社をあげて対応を強化しており、なかでも石綿問題に関しては、90年代より各種非石綿製品の開発を進め、すでに全製品についてノンアス[®]製品（石綿代替製品）のラインアップを完成いたしました。これらノンアス[®]製品のなかには、従来製品とは全く異なるコンセプトを持った新製品も含まれ、石綿代替製品としての実績を積み重ねつつあります。また、石綿製品は長期の実績に基づきユーザー各位の信頼を獲得してまいりましたが、ノンアス[®]製品にあっては、実績に代わる信頼性評価技術の確立が不可欠であり、こうした評価技術領域についても、弊社は業界を先導してきたとの自負を持っております。

こうした状況を踏まえ、弊社は先期末をもって全石綿製品の製造を停止し、全面的ノンアス[®]化に先鞭をつける決意を固めるにいたしました。

また、国内産業の海外移転を受けて、弊社も生産部門の海外移管、海外販売拠点の充実に努めてまいりましたが、アライアンス、サテライト生産の一層の拡大と海外での現地技術要請に迅速に対応することを目的として、2004年、上海にシールとふっ素樹脂の研究技術機構を立ち上げその拡充に努めるとともに、中国の大学及び学協会との交流を進めています。

一方、国内におきましても、今年はじめ、東京都町田市にMRTセンターを開設し、ふっ素樹脂をはじめとする機能樹脂製品の研究開発を集約し、奈良県五條市にあるシール・エラストマー製品研究開発部門とともに、ユーザー各位の要望に対し、一層迅速な対応が取れるよう、体制を確立いたしました。

今後とも、弊社は、その保有する基盤技術の強化を図るとともに、さらに各種先端技術を組み合わせることで、新たな製品開発と市場開拓を進めてまいりたいと考えております。

また弊社は来年、創業80周年を迎え100年に至る節目の年となります。もう一度原点に戻り、私共の基本理念である「世界を舞台に常に新たなValue & Quality 企業価値の創造と経営品質の向上」を社員一丸となりめざしていく所存です。

皆様方におかれては、忌憚ないご意見を頂戴できますよう、また弊社製品を変わらずご愛顧いただけますよう、よろしくお願い申し上げます。

執行役員 PM（プロダクトマネージャー）担当 西田 隆仁

FPD装置用新型ゲートシールの開発

The development of New Gate Seal for FPD Equipment

日本バルカー工業株式会社 先端産業開発部
チーフエンジニア 辻 和明

The request for elastomer seal has changed as the FPD size enlarges. As the competition intensifies in the FPD market, the progress of throughput becomes a big problem. For the elastomer seal they are requesting a stable sealing ability more than before. Especially the improvement of the gate seal influences the maintenance period. This paper reports the concept, technical characteristics for the new developed gate seal that takes the place of the conventional o-ring seal.

1. FPD産業の動向

FPD（フラットパネル・ディスプレイ）は、非発光型である液晶（LCD）とプラズマディスプレイ（PDP）、有機EL、発光ダイオード（LED）などの自発光型ディスプレイに大別される。

現在FPDの中でも最も大きな市場シェアを有するLCDパネルデバイスは、当初PC用パネルが中心であったが、液晶テレビ、携帯電話、デジタル家電などへの搭載が一般的となってきた。取り分け近年では、地上波デジタル放送内容の充実化が進み、鮮明な画像をより大迫力で楽しみたいとの一般ユーザーの要望と相まって、大型液晶テレビ需要が急激に拡大している。

世界のTFT-LCD産業は2005年に520億USドル（前年比20%増）となり、2006年には600億ドルに達する見込みである。市場が拡大すると同時に、需給状況による価格変動の激しいパネルデバイスにおいては、製造原価低減が大きなテーマとなっている。よって、パネル製造各社では、

- ①大型パネル製造における量産効果を出すための大型基板化
 - ②製造装置スループットの向上
 - ③歩留の向上
- が大きな課題である。
- 今後は、低価格化による製品普及を目指し、製造装

置の大型化や更なる製造技術の開発競争がますます激化すると予想される。

2. FPD装置用ゲートシールに求められるもの

トータルシールメーカーとして、当社はパネルデバイスメーカーやパネル製造装置メーカーへ様々なシールを供給している。顧客の現状に応じたシール材料や形状の開発により、製造ラインのトータルランニングコストを低減することに取り組んでいる。近年の装置の大型化は、ゲートバルブの大口径化につながり、これに使用されるゲートシールについても高機能化が求められている。

今後のゲートシールにおいては、現場のメンテナンススケジュールに応じたシール寿命の延長が必要不可欠であり、このためには、大型化によるシール面圧への影響に配慮した最適シール設計が必要となる。

誤ったシール設計を行うと、シール材の転動やパティクルの異常発生等を招くことになり、著しく寿命を短くする。特に大口径化したゲートバルブは、高い位置精度でシールプレートを駆動させることが難しくなる。装着箇所によって、シールへの面圧が変動し、また装着箇所へのプレート接触タイミングのわずかなずれが発生しやすくなる。このような状態で使用する

と溝内でのシールの転動が加速される。これまでゲートシールは、一般にO-ringが使用されていたが、今後ますます大型化する装置への対応は、もはやO-ringの設計最適化では対応できなくなっている。

当社は、これまで培ってきたシール設計技術を基盤に、ゲート駆動部の大型化に対応した転動防止異型ゲートシールを開発した。異型シールは一般に装着性の悪化を招く危険性があるが、大口径化するゲートバルブへのシール装着時間の短縮を狙い、従来のO-ringと同等以上の装着性を実現している。

3. 新 F P D ゲート用シール

前述の問題点を克服し、かつ長期間に渡り安定したシール特性を得ることを目的に、異型ゲートシールを開発した。以下にそのデザインコンセプト、シールの特徴を概説する。

3.1 デザインコンセプト

開発したゲートシール用異型シールの断面図を図1に示す。形状を検討する際のデザインコンセプトは以下の通りである。

(1) 転動防止

溝形状に合わせた特殊デザインとすることで高い転動防止効果を得る。

(2) 装着性改善

形状の検討により脱落抵抗力を増加させることは比較的容易であるが、装着性が一般的に悪化させ、装着治具の使用、装着における熟練度向上が必要である。装着性をO-ring同等程度まで向上させる。

(3) 対称形状

ゲートシールは、一般的に矩形形状であるため、上下、左右では転動方向が異なる。一方向への転動防止効果を高めても転動を完全に防止することはできない。対称断面を有することで、左右双方からの転動に対して耐性を有する。

(4) 脱落防止

脱落は、転動に伴い発生するケースが多く、転動を防止することで脱落の危険性を回避する。

3.2 形状の特徴

(a) 上記突起部の直上に溝開口幅に合わせた第2の突起部を設ける。転動に起因するスラスト方向の負荷が与えられた場合、溝開口部に接触し、転動を確実に防止する。また、装着時には、シール材の傾きを防止し、シールの装着性を大幅に向上させる。

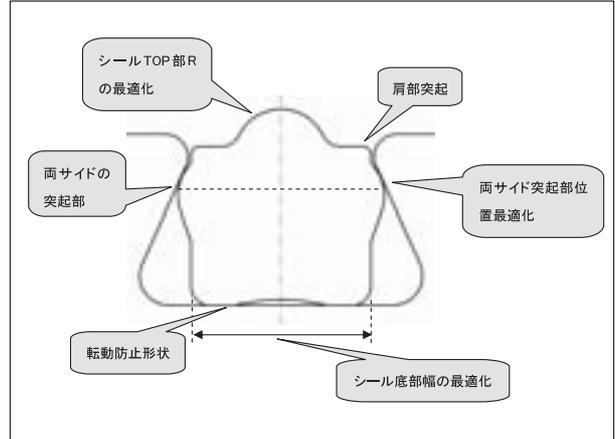


図1 ゲートバルブ用新型異形シール

(b) 溝開口部下部に位置するように、両サイドに開口幅よりも広い突起部を設け、シール材の溝からの脱落、転動を防止させる。

(c) シールトップ部は、製品幅に対して小さなRを有する。これにより、低荷重でも十分なシール面圧を得ることができる。また装着時の押し込み力がシールTOP部のみに作用し、両サイド突出部の変形を妨げることがないため、装着性の向上がはかれる。

(d) シール底部は、溝開口幅よりも狭いシール幅とし、装着の際の位置きめを容易にさせる。また、両サイドの突起部をできるだけ上方に設けることで、前述装着時の位置きめ時のシール材の傾きを防止する。

(e) 溝底面との接触部に平坦部を設け、装着時のシールの挙動を安定させる。シール性向上、圧縮反力低減を目的に若干の凹みを設ける場合もある。

4. シール設計

4.1 転動防止

本シールの最大の特徴である転動防止機能を実現するために、シール設計は、主にFEA (Finite Element analysis、有限要素解析) を用いて実施した。転動解析の一例を図2に示す。所定の圧縮荷重を与えた状態で、スラスト方向(紙面水平方法)に接触プレートを移動させたときの変形状態をシミュレーションした。この結果、本開発シールは、シールトップ部の変形に留まり、溝底面との接触位置に要素の移動は確認されない。プレートの変形を原点位置に戻すことで、初期状態に戻る。一方、O-ringは、シール全体に回転が発生する。

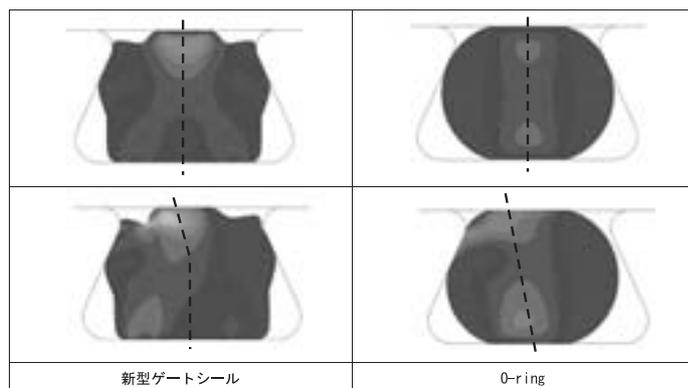


図2 転動解析結果

この状態では、プレートを原点位置に戻しても、溝との摩擦により初期状態に戻ることはなく、歪みが残留し、結果的にシールの転動の発生につながる。

なお、本解析は、転動優位性を調査するため過度に変形を与えている。実際には、わずかな変形が動作の繰り返しによって蓄積され、不具合となるまでの転動発生に至る。

4.2 装着性改善

開発シールの装着は、シール底部を溝内に挿入し、その後垂直方向に押し込むことで完了する。シール形状の持つ転動防止効果によって、装着時の傾きが抑えられることから、O-ringで見られる装着時の転動も発生しない。

装着手順を図3に示す。垂直に押し込まれる過程で、厳密には、与えられる力の向きやシール左右の摩擦力の違いによって、シール材の傾きは発生する。このときにシールの肩部突起が、溝開口Rに接し、傾きの増大を抑える。これによって未装着部分が挿入されやすくなる。

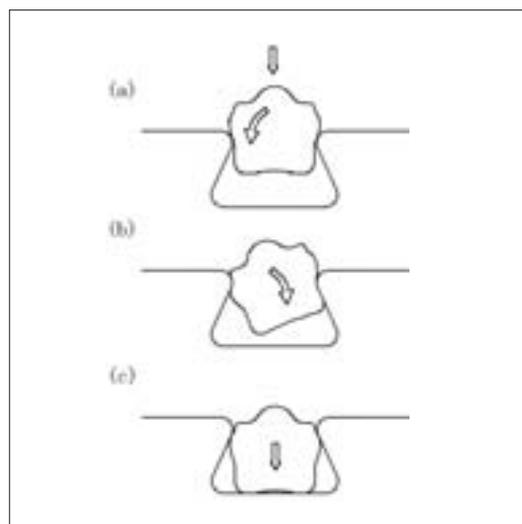


図3 装着手順



図4 試験状況一例

5. 機能評価

5.1 評価環境

本開発品の性能を確認するため、ゲートバルブ実機を使用し、表1に示す試験条件にて動作試験を行った。図4に試験状況一例を示す。

5.2 評価結果

評価結果一覧を表2に示す。シール性、脱落性能等は、O-ringと同等であるが、転動防止性能、装着性については、O-ringと比較して、大きな優位性を有する。

特に転動性能については、新型ゲートシールには全

表1 試験試料および試験条件

項目	条件
バルブ開口サイズ	× (G5.5)
シール寸法 (幅×高さ)	5.5mm×5.4mm
シール材料	DS403
操作圧力	0.5MPa
試験温度	100℃

表2 シール評価試験結果

項目	新型ゲートシール	O-ring
転動特性	◎	△
装着性	◎	○
シール特性	○	○
耐脱落性能	○	○
圧縮特性	○	○
パーティクル特性	○	○

表4 ロケーション毎の材料選定 (参考)

材料	主なロケーション
DC156	ゲートバルブ、チャンバLIDなど
DS403	ゲートシール、チャンバ繋ぎ部、除き窓、APCバルブ、Cut Offバルブなど

表3 FPD材料のラインナップ

材料		DS403	DC156	一般FKM	Black FFKM A (参考)
材料種別		FFKM	FKM	FKM	FFKM
一般特性	ゴム硬さ (A/S)	69	62	72	75
	色調	黒	濃青色	黒	黒
	含有金属 (ppm) ⁽¹⁾	615	91	58400	553
機能特性	耐プラズマ性 ⁽²⁾ (耐ラジカル性)	0.02	0.31	1	0.05
	固着力 ⁽³⁾	0.7	0.5	1	1.2

注(1)灰化後ICP/MSによる測定

(2)一般FKMを1としたときの重量減少率の相対比較 ガス種:O2+CF4

(3)一般FKMを1としたときの固着力相対比較

く転動は確認されていない。一方、O-ring形状は、比較的短期使用において転動が発生する。具体的な諸性能に関する問い合わせは、ゲートバルブの機種や駆動形態、試験温度等の評価環境に影響するため、当社までご連絡いただきたい。

6. FPD装置用エラストマー材料の選定

FPD装置は、今後ますます大型化、微細化が進むと予測され、それに伴う耐プラズマ性の向上、パーティクル低減など、シール材料に対する要求レベルも高くなると考えられる。特にゲートバルブ用シールなど駆動部のシールは、固定部よりもメンテナンスサイクルが短く、また大型化するほどメンテナンス時間を要することから、シール材の長寿命化が必要となる。

当社では、FPD装置用シール材として、表3に示す材料をラインナップしている。参考として、表4に各材料のロケーション毎の選定基準を示す。本材料は、半導体製造装置でも十分使用可能なパフォーマンスを有し、かつFPD装置の大型化に対応できるよう大口径シールの製作が可能である。

DC156は、FKMでありながら、当社独自の配合技術により耐プラズマ性を大きく向上させ、次世代を見越した高いパフォーマンスを有する材料である。また、シール材の固着も抑え、溝からのシールの脱落の危険性を低減させている。FKM代替シール材料として高いコストパフォーマンスを有する。

DS403は、FFKM系材料であり、一般FKMに比べ卓越した耐プラズマ、耐クラック性を有する一方、配合技術により低コスト化を実現させた材料である。従来のFFKMから大幅にランニングコストを低減できる。

7. おわりに

FPD装置用ゲートシールとして、転動を確実に防止し、かつ装着性の優れた異型シールの開発を行った。ゲートバルブ実機による作動試験では、その性能効果が実証され、これまでのO-ringでは実現できなかった長寿命化が期待できる。しかしながら、実機プロセス環境によりシールの寿命は大きく左右されるため、シールの最終可否判断は、実機による動作試験が不可欠である。同シールは、一部のデバイスメーカーで既に評価が行われており、良好な結果を得ている。

今後も当社の有するシール設計技術を基盤に、独創的な技術で高機能シールの開発を行っていきたい。

〈参考文献〉

- (1) 半導体産業新聞, 2005.
- (2) 三重県生活部勤労室. FPD産業の動向, 2005広報.
- (2) 村松ほか. あり溝用シール, 特許公開2003-14126号広報.
- (3) 辻ほか. 動的用途シールのデザイン選定指針, 社内報No.0408209, 2005.
- (4) 土岐ほか. Developing product[DS403], 社内報HPEPG-MT104-S4-05, 2005.
- (5) 土岐ほか. 製品紹介~DC156, 社内報HPEPG-TM106-005-2, 2005.

半導体装置用シール材の 酸素透過率に関する調査

日本バルカー工業株式会社 先端産業開発部
吉田 勉

In recently, the process lying of the oxygen molecule becomes a problem in the semiconductor manufacturing. The oxygen penetration of elastomer O-ring is an especially big issue along with it. The result of investigating the oxygen penetration of the elastomer O-ring is shown in this paper.

1. はじめに

半導体デバイスの微細化・高集積化に伴い、ゲート絶縁膜の薄膜化が進められてきた。近年では、その高性能化も限界に達しつつ、原子層レベルでの膜厚制御が必要とされている。このレベルまで薄膜化が進められると、雰囲気中の酸素がシリコン基板との界面まで透過し、酸化シリコンが形成されるために均一な膜が形成されないという問題が起きる。

これを解決するにあたって最も重要なことは、如何に雰囲気中の残留酸素を減らすかということである。その際に問題になるのが、チャンバの密封に使用されているエラストマーOリングの酸素透過である。高分子材料は金属材料とは異なり、表面層からのガス放出のみならず、内部における拡散吸収の寄与を大きく受ける。この拡散吸収がいわゆるガス透過であるが、これにより、高分子材料のガス透過は、金属材料と比較して大きく増加することになる。

エラストマーのガス透過率は、原料ゴムの構造によるものだけでなく、ガス種、温度、架橋密度、充填剤等により大きく変わる。一般的に、半導体製造装置で使用されるふっ素ゴム (FKM) やパーフロロエラストマー (FFKM) は、シリコンゴム等の他のエラストマーに対してガス透過率は小さくなっているが、100~200℃ぐらいの高温で使用されることが多く、やはりガス透過の問題は無視出来なくなる。

ここでは、現在使用されているFKMやFFKMについ

て、高温時の酸素透過率について調査した。以下に、その調査結果をまとめて報告する。

2. 実験

2.1 実験装置

図1にOリングの酸素透過試験装置の概略図を示す。一般的な真空排気系であるが、B-Aゲージ、メタルバルブを取り付けた2.4Lのチャンバを、主バルブを介してターボ分子ポンプにて排気する。チャンバは、放出ガスの影響を小さくするため、到達真空が得られるまで予め200℃にて1week程度ベーキングしておく。

試験試料は、AS568-214のOリングを使用し、メタルバルブに取り付けられたSUSフランジに装着する。更に、試験試料の外周側にもOリングを装着し、試験試料との間の空間に酸素を充満させて、酸素透過率を測定する。また、バックグラウンド測定時には、その空間を真空引きし、測定系の放出ガスおよび試験試料以外からのリーク量を測定する。SUSフランジは、所定温度に加熱出来るようにヒータを取り付ける。

2.2 実験方法

測定はビルドアップ法にて行う。主バルブ、メタルバルブを開、V3を閉状態とし、SUSフランジ (試験試料) が所定温度になるまで十分に加熱する。その後、V1、V2を開状態として酸素を供給し、十分な拡散吸収が得られるように、その状態で3時間保持する。その後、

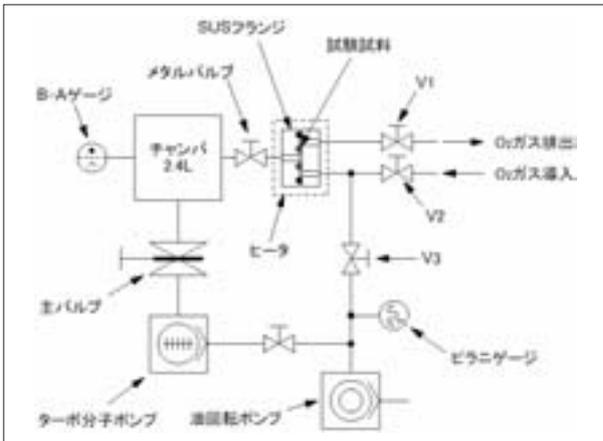


図1 酸素透過試験装置

主バルブを閉状態として、15分間のチャンバ内圧力変化を、B-Aゲージにて測定する。

上記測定で得られた結果には、チャンバ等の放出ガスおよびその他のシール部位からのリークも含まれるため、その量をバックグラウンドとして測定する。基本的な測定方法は上記と同様であるが、V1、V2を閉、V3を開状態として、試験試料外周側も真空引きする。これにより、試験試料のガス透過は無視出来るほど小さくなるため、測定系の放出ガスおよび試験試料以外からのリークが測定出来ることになる。

2.3 実験条件

主に、半導体用途で使用される4種類のFKM系材料と5種類のFFKM系材料にて測定を行う。また、SUSフランジ（試験試料）温度を、100℃、150℃、200℃として、すべての試料とすべての温度の組み合わせにて測定を行う。

3. 実験結果

3.1 測定結果概要

図2に測定結果の一例を示す。(a)が実際に得られた結果であるが、この値からバックグラウンドの値を差し引くことによって、(b)に示す酸素透過による圧力上昇カーブが得られる。

3.2 酸素透過係数

3.1で得られたそれぞれの試験試料の圧力上昇カーブに対して、その傾き $\Delta P / \Delta t$ にチャンバ容積Vを掛けることによって酸素透過量Qが求まる。

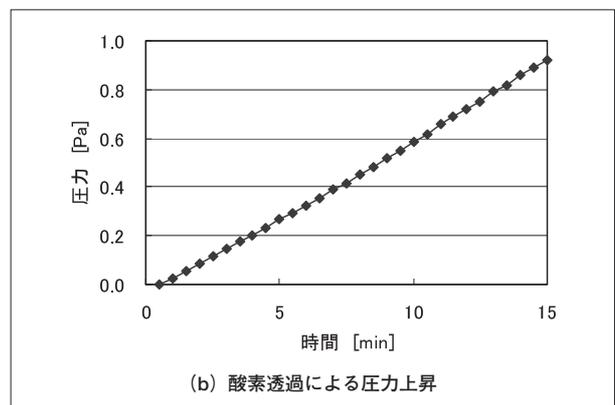
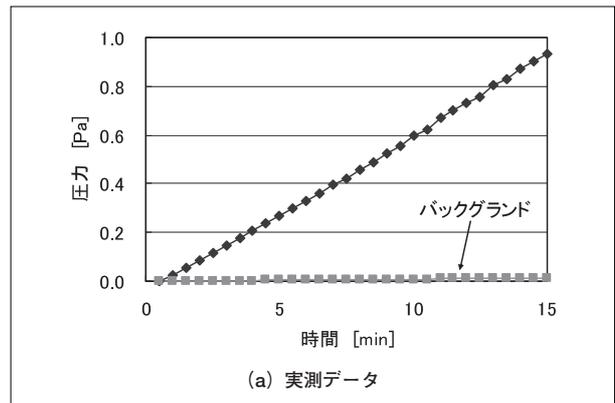


図2 FFKM 1 150℃測定結果

$$Q = V \cdot \Delta P / \Delta t$$

また、その酸素透過量Qを用いて、次式の計算によって酸素透過係数Pを求める。

$$P = Q \cdot d / \{ A \cdot (P_1 - P_2) \}$$

d : Oリング線径

A : Oリングセンター周長×圧縮後Oリング高さ
(25%圧縮)

P₁ : 高压側圧力 (Oリング外周側圧力)

P₂ : 低压側圧力 (Oリング内周側圧力)

ただし、上式はあくまで近似計算で、圧縮されたOリングの断面特性を厳密に表現したものではない。

上式により求めたそれぞれの試料のそれぞれの温度での酸素透過係数を、図3、4にまとめた。

どの試料においても、温度の上昇に伴い透過が大きくなる事がわかる。また、FKM、FFKMそれぞれに

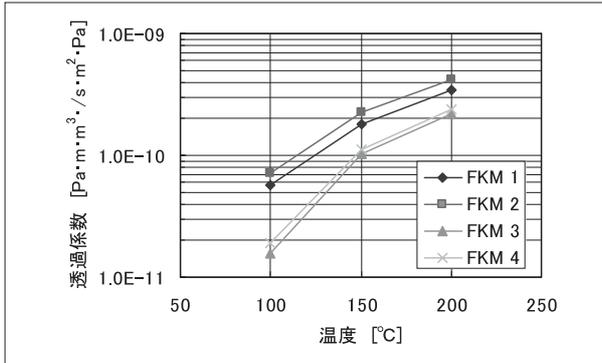


図3 FKMの酸素透過係数

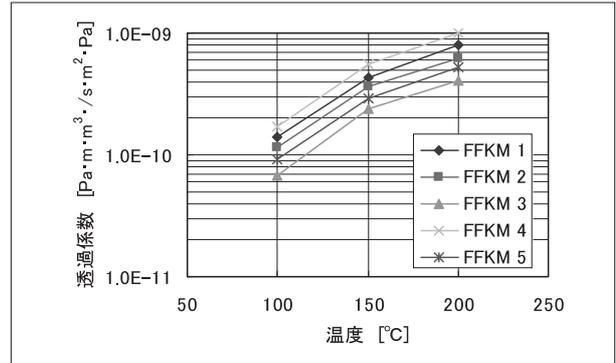


図4 FFKMの酸素透過係数

ついて、最も透過の大きいものと最も透過の小さいものでは、2倍程度の差がある。また、FKMの最も透過の大きいものとFFKMの最も小さいものがほぼ同等の透過で、FKMの最も透過の小さいものとFFKMの最も大きいものでは、1桁近い差になることがわかる。

4. まとめ

半導体製造装置で使用されているエラストマーOリングについて、その酸素透過係数を測定し、次の結果が得られた。

- (1) 温度上昇に伴い、透過は大きくなる。
- (2) 同じFKM系の材料、同じFFKM系の材料でも、最大で2倍程度の透過の差がある。
- (3) FKMとFFKMの透過を比較した場合、FKMの方が透過は小さく、最大で1桁近い差になる。

5. おわりに

半導体製造装置の高機能化により、Oリングをはじめとするシール材に対する高機能化・高性能化の要求もますます大きくなってきている。酸素透過だけでなく、耐プラズマ性、低発塵性、耐熱性、非粘着性等についても、更なる改善が必要である。

今後、これらの課題を解決するために、エラストマー材料には留まらず、広い視点でのシール製品の開発を行っていきたいと考えている。当社の開発するシール製品・シール技術が、半導体製造を通して社会発展に寄与出来るよう、今後も一層努力する所存である。

6. 参考文献

- 1) 中村邦夫, “各種ゴムのヘリウムガス透過係数について”, バルカーレビュー, 第20巻No.2

ノンアスベストパッキンガasketの現状と選定

日本バルカー工業株式会社
海外事業部 朝比奈 稔
市場開発グループ 岡田 勝志

1. はじめに

昨今の石綿健康障害に関する報道に見られるように、石綿による健康障害は、長期の期間を経てあらわれるため、特に毒性の強い青石綿（クロシドライト）、茶石綿（アモサイト）などが大量に使用された約30年前の影響がはじめている。日本国内においては、1995年4月に青石綿、茶石綿の使用が法律上禁止されたが、実質的には、青石綿、茶石綿は、80年代には多くの企業で使用されることが少なくなり、以降、主に使用されている石綿は、白石綿（クリソタイル）となっている。

石綿に関する法規制は、2004年10月に、労働安全衛生法施行令が改正され、1. 石綿セメント円筒、2. 押出成形セメント板、3. 住宅屋根用化粧スレート、4. 繊維強化セメント板、5. 窯業系サイディング、6. クラッチフェーシング、7. クラッチライニング、8. ブレーキパッド、9. ブレーキライニング、10. 接着剤の10品目について、石綿製品の輸入・製造・譲渡・提供・使用が禁止されている。

これにより、日本での石綿使用の95%が規制されたが、代替が困難とされた、シール製品やクロスなどは、現時点では、規制対象からはずれている。

また、2005年7月には、石綿障害予防規則が施行され、建物の解体をはじめとする石綿に関する取扱いについて、規定されると同時に、より計画的な代替化が努力義務とされている。

さらに、厚生労働省は、本稿作成中の2006年1月に、シール材において一部除外条件は設けるものの、2006年度中に基本的に石綿の使用を禁止する法改正を行うことを発表した。また、2008年までには、全面規制へ向けた除外条件の見直しも行われると思われる。

一方、シール材の石綿代替は、ガasketでは、うず巻き形ガasketやメタルジャケット形ガasketなど、金属材料と複合されたセミメタルガasketで、既に、石綿製品は生産されなくなっており、石綿からの代替が必要なガasketとして主として残るのは、ジョイントシートを中心としたソフトガasketとなっている。またグラウンドパッキンにおいては、原料となる長繊維石綿が入手困難となっており、国内における主要パッキンメーカーでの生産は2005年までに停止されている。

本報では、ノンアスベストシール材への移行に際して、ソフトガasketおよびグラウンドパッキンの仕様について述べ選定のポイントについて解説する。

2. ノンアスベストソフトガasket

ソフトガasketの代表である石綿ジョイントシートガasketは、石綿繊維とゴムバインダー、無機充填材からなるシートガasketであり、最も汎用性の高いガasketとして、各種分野で多用されてきた。これを代替するノンアスベストシートガasketは、各社より多種開発上市されているが、石綿ジョイントシートが、その高い耐熱性、耐薬品性により、非常に広い範囲で使用されてきたために、単一製品で完全に代替できるシートガasketはなく、条件によって使い分ける、あるいは、ガasketのタイプを変えて（たとえばうず巻き形ガasketに置き換えるなど）代替する必要がある。以下に各々のノンアスベストソフトガasketについて述べる。

2.1 各種ノンアスベストソフトガasketの特徴

2.1.1 ノンアスベストジョイントシート

石綿繊維を用いた石綿ジョイントシート

(Compressed Asbestos Fiber：以下CAFという)に対して、石綿以外の繊維(代表的なものはアラミド繊維)を使用したジョイントシートが非石綿ジョイントシート(Compressed Fiber Sheet：以下CFSという)である。(写真1)

CAFは、主として、石綿繊維とゴムバインダーで構成され、一般に石綿繊維は重量比で65~80%、バインダーのゴムは10~20%、その他の成分としては、ゴム薬品と少量の充填材となっている。

一方、CFSは有機繊維・無機繊維・充填材とゴムバインダーで構成されたもので、各社の製品によって多少の違いはあるが、有機繊維が重量比で5~15%、充填材は10~60%、バインダーのゴムは10~20%、その他ゴム薬品となっている。繊維として、無機繊維(カーボン繊維やロックウールなど)が配合されるものもある。(図1)

このように、CAFの組成の大部分は、石綿であって、石綿自体の耐熱性、柔軟性、弾性及び耐薬品性を活用したガスケットである。ゴムはバインダーとして用いられ、かつては、天然ゴム(NR)が用いられていたが、近年では、耐油性、耐薬品性を向上させる目的もあり、スチレンブタジエンゴム(SBR)、クロロプレンゴム(CR)などの合成ゴムが使用されてきた。ゴム自身の耐熱温度は、多少異なるが120℃程度までである。ゴム薬品としては、加硫剤、加硫促進剤、加硫助剤、老化防止剤、カーボンブラック、充填剤などが、使用される。また、着色のために顔料を用

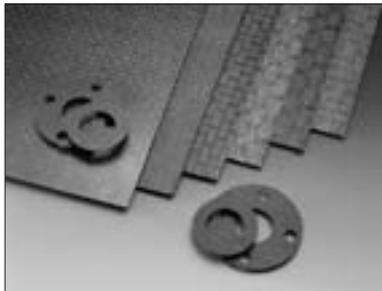


写真1 ノンアスベストジョイントシート

いることもある。

一方、CFSの繊維としては、一般的にはフィブリル化した有機繊維の芳香族ポリアミド繊維(アラミド繊維)が使用されるケースが多く、その他に無機繊維として、人工鉱物繊維(ロックウール)やカーボン繊維などが使用される。

CFSはその取扱性や加工性でCAFに近いものであり、CAF代替の最初の候補製品になるが、CFSに使用されるノンアスベスト繊維は石綿のように繊維径が細くないこと、ゴムとの濡れ性に劣ることなどから、CAFにおける石綿のように多量に配合することは困難であり、上述のように、10%前後にとどまる。そのため、CAFでは、構成材料のほとんどが石綿であるために、ゴム成分が熱硬化しても、その影響は小さいのに対して、CFSでは充填材の配合量が多くなり、ゴム成分の熱硬化がシート自体の硬化となり、CFSの硬化割れなどを発生させる原因となっており、耐熱温度を低くしている。

また、CFSに多く使用されるアラミド繊維は加水分解を起こすため、高温蒸気での使用には注意が必要である。

このため、CFSの高温条件での使用に対しては、初期の締め付け力を高くする、あるいは厚さを限定するなど、使用方法に注意する必要がある。

2. 1. 2 改良型ノンアスベストシートガスケット



写真2 ブラックハイパーガスケット

主に黒鉛などの無機成分とPTFEからなり、CFSの硬化劣化の主要因であるゴムをまったく含んでいない新しいタイプのノンアスベストシートガスケットである。その使用材料から、熱がかかっても

硬化することがなく柔軟であり、また経時変化もほとんどないため、ノンアスベストジョイントシートの適用が困難であった高温領域でも、使用可能であり(耐熱300℃max.)、かつ優れた耐薬品性も有するガスケットである。

耐熱性、耐薬品性の面でCAFのほとんどの領域を代替しうるガスケットである。

なお、ゴムバインダーを使用して

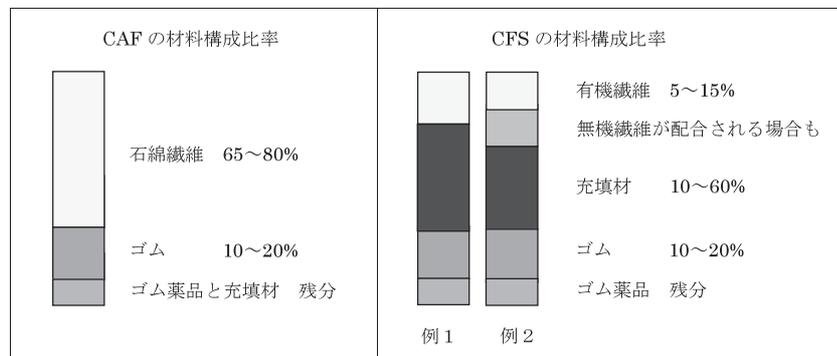


図1 ジョイントシートの材料構成図

いないことにより、CFSに比べて取り扱い性に劣る部分があったが、改良により、現在では旧石綿製品を上回る柔軟性を有する。

2. 1. 3 膨張黒鉛シートガスケット

膨張黒鉛シートの特性を生かし、耐熱性、耐薬品性に優れたシール材である。応力緩和が非常に小さく、長寿命である。ステンレス鋼薄板 (t0.05mm) の両面に、膨張黒鉛シートを貼り合わせた金属薄板入り膨張黒鉛シートが一般的である。

このガスケットは、膨張黒鉛の空气中で酸化が始まる400℃までは、非常に安定しており、またゴムバインダーなどを含有しないために、CAFのほとんどの使用温度領域に対して対応が可能である。

一方で、表面が非常にやわらかく、脆いため、取扱性に難があり、高温で使用した場合にフランジ表面に固着することもあり、施工性は良くない。

また、より低い締付力でのフランジ接触面とのなじみを良くし、シール性能を向上させるために、膨張黒鉛シートの両面にふっ素樹脂シートを貼り合わせたガスケットもある。これらは、250℃以下では、フランジ面への固着も少なく、電気絶縁性があるため、異種フランジ間での絶縁機能も果たすので、膨張黒鉛ガスケットの使用範囲を広げるものである。

補強の金属については、薄板 (t0.05mm) だけでなく、鋼板に突起を設けたタイプや金属波板が挿入されたタイプも取り扱い性向上のために検討され始めている。

2. 1. 4 ふっ素樹脂製品 (PTFEガスケット、充填材入りPTFEガスケット、延伸PTFEシートガスケット、非石綿PTFE被覆ガスケット)

耐薬品性に優れたふっ素樹脂 (以下PTFE) を用いたPTFE製ガスケットである。

PTFEシートを打抜き加工したガスケットは、コールドフロー (クリープ) を起こしやすいため、原則として、溝形フランジでの使用をお願いしている。

また、PTFEの弱点であるクリープ特性を改善するため、無機質の充填材を配合し、特殊製法により成形した充填材入りPTFEガスケットがある。(バルカロンガスケット)

さらに、PTFEからなる連続多孔質構造のシートを加工した延伸PTFEシートガスケットがある。非常に高い柔軟性を持つことから、グラスライニングなど締付力の十分とれない箇所で使用される。

複合タイプのガスケットとして、中芯材にジョイントシート、フェルトシート、波形金属板などを単独も

しくは併用して、クッション材とし、接液部をPTFEで被覆したPTFE被覆ガスケット (フッ素樹脂包みガスケット) もある。PTFE被覆材のフローを抑制するため、ジョイントシートとPTFE被覆材の間にフェルトシートを装着したものは、高温・高圧用として使用される。

2. 1. 5 その他のガスケット



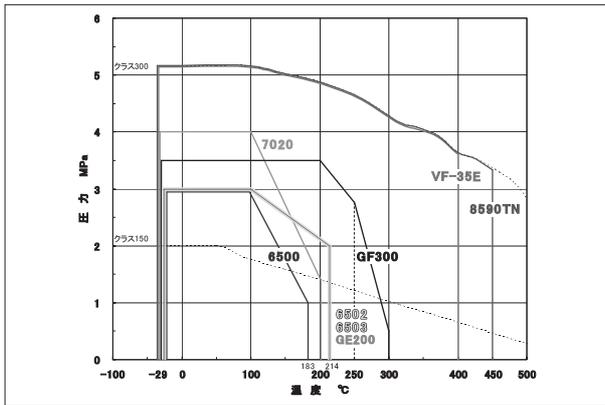
写真3 ノナスーパー

石綿ジョイントシートの代替品として、黒鉛にゴムバインダーを配合したシートも各社より開発上市されている。その耐熱温度については、各社表現は異なるものの、200℃程度がうたわれている。ただし、ゴムを含有しているため、非石綿ジョイントシートと同様に、100℃を超える領域では、ゴムの硬化が生じるため、締め付け力など一部使用上の制限を設ける必要がある。

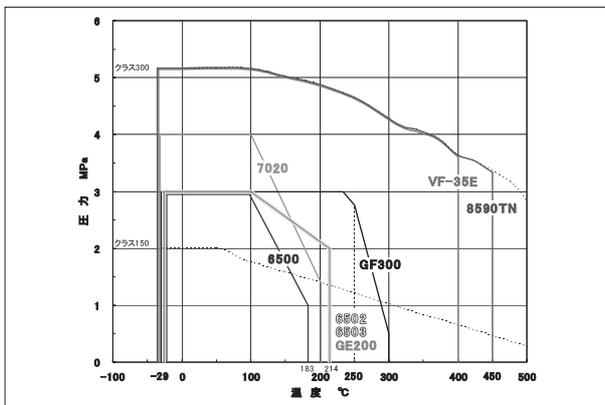
また、ソフトガスケットではないが、機能上石綿ジョイントシートの代替品となりうるガスケットで、うず巻形ガスケット本体の外周部に、メタルリングに代えて金属帯のみを巻き回したガスケット (ノナスーパー No.8590TN) がある。石綿ジョイントシートガスケットに比べて、低締付力で良好なシール性を示し、非石綿ジョイントシートガスケットの使用できなかった、高温、蒸気ラインにも信頼性が高く、うず巻形ガスケットに高締付力を負荷した場合などに懸念される内径側への異常変形 (菊形変形) を抑制している。その最高使用温度は450℃、使用圧力レーティングはジョイントシートが多く使用される、JIS10Kを標準とする。

また、ソフトガスケットではないが、機能上石綿ジョイントシートの代替品となりうるガスケットで、うず巻形ガスケット本体の外周部に、メタルリングに代えて金属帯のみを巻き回したガスケット (ノナスーパー No.8590TN) がある。石綿ジョイントシートガスケットに比べて、低締付力で良好なシール性を示し、非石綿ジョイントシートガスケットの使用できなかった、高温、蒸気ラインにも信頼性が高く、うず巻形ガスケットに高締付力を負荷した場合などに懸念される内径側への異常変形 (菊形変形) を抑制している。その最高使用温度は450℃、使用圧力レーティングはジョイントシートが多く使用される、JIS10Kを標準とする。

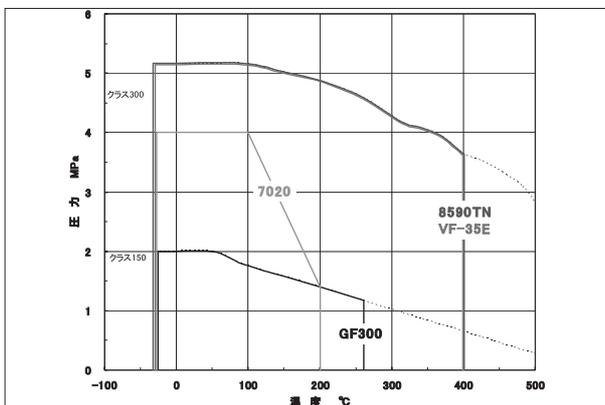
2.2 ソフトガスケットの選定



対象流体：水、海水、温水、熱水、水蒸気、過熱蒸気、等
図2 水系流体でのソフトガスケットの選定基準



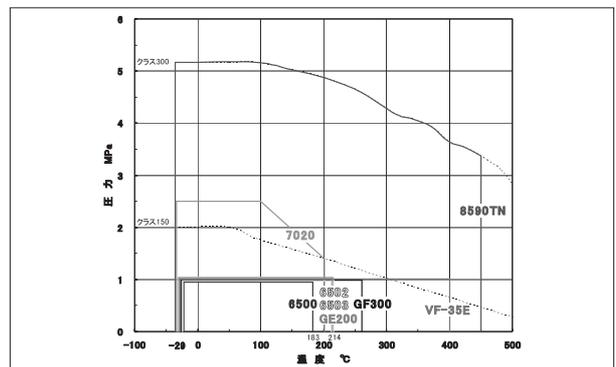
対象流体：原油、揮発油、ナフサ、灯油、軽油、重油、LPG、アルコール、フルフラール、エチレングリコール、エチレン、プロピレン、B-B留分、ブタジエン、等
図3 油系流体でのソフトガスケット選定基準



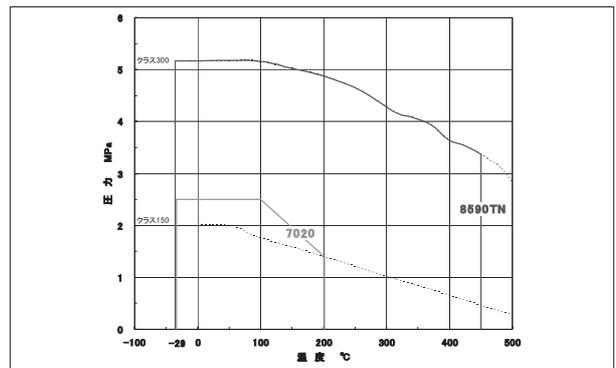
対象流体：一般的な溶剤、芳香族炭化水素 (B. T. X等)、ケトン類、アミン類、エーテル類、鉱酸、有機酸、混酸、酸性溶液等の酸類、アルカリ類、等
図4 溶剤、腐食性流体での使用基準

表1 選定対象ガスケット

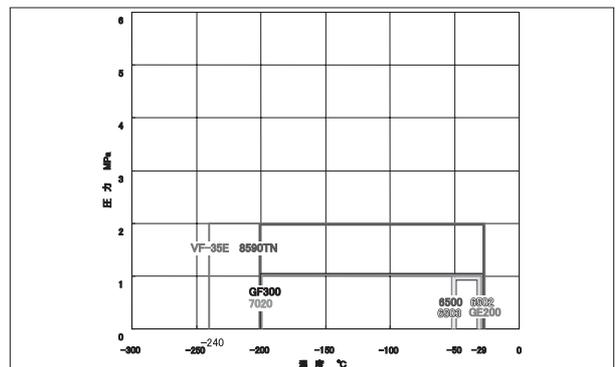
品番	製品名	製品概要
6500	ノンアスジョイントシート	非石綿ジョイントシート
6502		
6503		
GE200		
GF300	ブラックハイパー	改良型ノンアスベストシート
7020	バルカロン	充填材入りPTFE
VF-35E	バルカホイル	膨張黒鉛シート
8590TN	ノナスーパー	外輪空巻きうず巻形ガスケット



対象流体 空気、窒素ガス、不活性ガス、等
図5 ガス系流体での使用基準



対象流体：可燃性ガス、支燃性ガス、不燃性ガス、毒性ガス、等
H₂、都市ガス、LNG、CO、等
図6 ガス系流体Ⅱでの使用基準



対象流体：LPG、液化エチレン、LNG、液体酸素、液体空気、液体窒素、DME、等
図7 低温流体での使用基準

表1に対象となるソフトガスケットの一覧、図2から図7に各流体別のソフトガスケットレーティングを示した。

このように、石棉製品からの代替においては、従来、石棉ジョイントシートが使用されていた領域に対して、複数のノンアスベスト製品から条件に応じて、選定する必要があり、また、選定にあたっては、各製品の使用範囲のほか、使用上の注意点や取扱性を考慮する必要がある。

たとえば、ノンアスベストジョイントシートの高温での使用においては、2-1-1項で解説したように、使用上の注意(表2)が必要であるし、膨張黒鉛製のソフトガスケットでは、広範囲の条件使用が可能である半

面、上述したように施工性が良くないなどの問題点がある。

このように、ノンアスベスト製品の使用にあたっては、石棉ジョイントシートと異なる使用方法や注意事項があり、従来の施工方法や取り扱い方を変えて、ご使用いただく必要がある。

3. グランドパッキング

バルブメーカーや一部の産業では、早くから脱石棉化に向けた取り組みがされていたが、昨年、石棉が引き起こす疾病が社会問題となり、ここにきて今まで消極的であった産業も含め、一気に脱石棉化への動きが加速している。

現在、バルブ用非石棉(ノンアス[®]) グランドパッキングは、炭素繊維、膨張黒鉛、PTFEを主材にしたノンアス[®] グランドパッキングが使われている。

ここでは、その中でも主流となる膨張黒鉛を主材としたノンアス[®] グランドパッキングを中心に、その紹介と、石棉グランドパッキングとノンアス[®] グランドパッキングの諸特性の比較試験結果を記す。

表2 ジョイントシート使用上の注意事項

※ 6500、6502、6503、GE200を100℃以上で使用する場合は下記注意事項をお守りください。
①ガスケット厚さを1.5mm以下とする。
②ガスケットペーストをガスケット接面に塗布する(GE200は内径断面のみ)。
③締付面圧を30MPa以上とする。
④配管応力の負荷がかかりにくいところに使用する。
⑤ガスケット形状はリング形(FR)を使用する。

表3 バルブ用ノンアス[®]グランドパッキング推奨組合せ

用途	ANSI Class	アダプターパッキング	メインパッキング	最高使用温度 ^(注)
手動弁 (ON-OFF弁)	4500	No.VFC-25	No.VF-10W	650℃(400℃)
	2500	No.VFC-25	No.VF-10 No.VF-20	
手動弁 (ON-OFF弁)	2500	No.VFC-25	No.VF-20LF	650℃(400℃)
		No.VFC-25	No.VF-20L	400℃
自動弁 (CONTROL弁)	1500	No.6399L	No.VF-20L	350℃
		No.VFC-25	No.VFT-22	300℃
	600	—	No.VFT-22	300℃

注) 最高使用温度の括弧内は大気中や強酸化剤等の酸化雰囲気下における温度限界

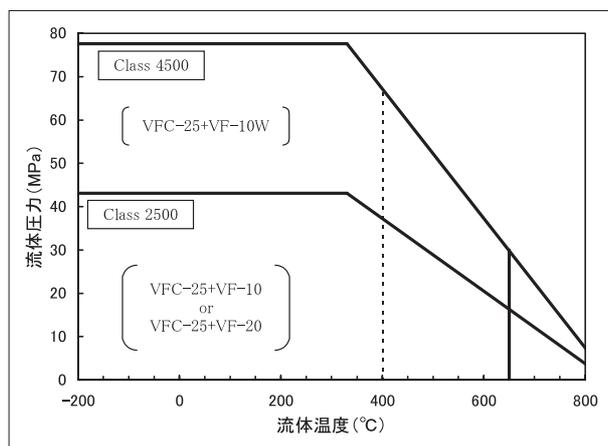
表4 グランドパッキング構成材料一覧

品番	基材	備考
VFC-25	膨張黒鉛、炭素繊維、インコネル線	特殊潤滑処理、外被金属線無し リング成形品のみ
6399L	炭素繊維、PTFE	潤滑油処理
VF-10	膨張黒鉛テープ	リング成形品のみ
VF-10W	膨張黒鉛テープ、金属線	リング成形品のみ
VF-20	膨張黒鉛、インコネル線	外被金属線無し
VF-20L	膨張黒鉛、インコネル線	潤滑油処理、外被金属線無し
VF-20LF	膨張黒鉛、インコネル線	特殊潤滑処理、外被金属線無し
VFT-22	膨張黒鉛、PTFEフィルム、有機繊維	黒鉛露出無し

3.1 バルブ用グランドパッキン石綿代替品の選定

3.1.1 推奨製品と構成概略

弊社石綿グランドパッキン（および組合せ品）の代替ノンアス®品は、品番の置換えではなく、用途別の選定が主体となる。



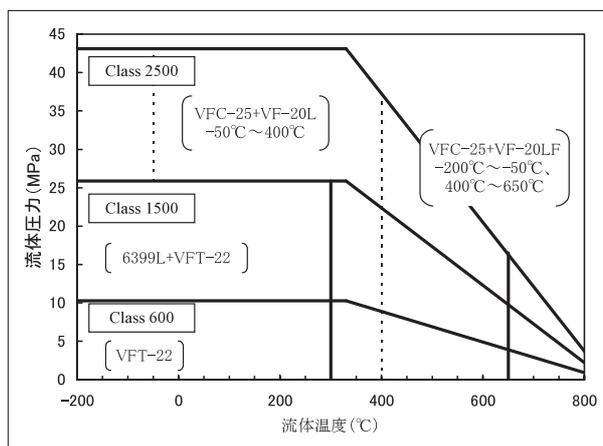
温度限界は不活性雰囲気下では650°C、大気中や強酸化剤がある場合は400°C

図8 手動弁用グランドパッキンのレーティング

表1に各用途に対する推奨製品を、表2に各製品の主な構成材料を記載する。

3.1.2 バルブ用ノンアス®グランドパッキン選定レーティング

以下に各用途に対するレーティング表を示す。



温度限界は不活性雰囲気下では650°C、大気中や強酸化剤がある場合は400°C

図9 手動弁・自動弁用(低トルク品)グランドパッキンのレーティング

3.2 バルブ用グランドパッキンの構造

代表的な石綿グランドパッキンとノンアス®グランドパッキンの構造構造を一覧に示す。(表5)

3.3 バルブ用ノンアス®グランドパッキンの装着について

3.3.1 バルブ用ノンアス®グランドパッキンの推奨リング数

バルブ用ノンアス®グランドパッキンの主流である膨張黒鉛系の製品は、石綿グランドパッキンと比較してシール性能が優れている反面、軸抵抗が非常に大きくなる傾向がある。

バルブの作動性能への影響を軽減するためには、装着リング数の削減が最も効果的である。

以下に圧力クラス別の推奨リング数と組合せ例を示す。(表6)

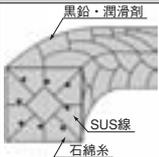
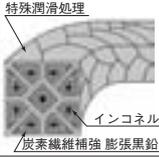
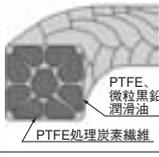
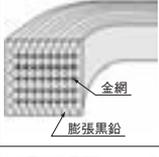
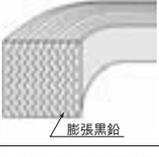
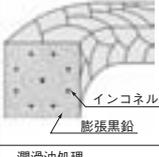
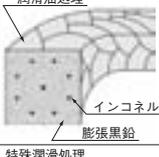
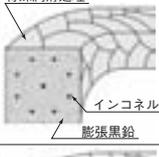
3.3.2 バルブ用ノンアス®グランドパッキンの標準締付け面圧

バルブ用ノンアス®グランドパッキンは、石綿グランドパッキンと比較して標準締付け面圧に大きな差異はないが、膨張黒鉛系の場合は素材が特性上、締付け面圧が不十分な場合には内部流体に対する耐圧性能が確保できないため、状況により吹き抜けなどの不具合が懸念される。

特にClass 1500以上の条件下で使用する場合には、確実に締め付けを行う様、安全管理を徹底する事が重要となる。

以下にノンアス®グランドパッキンの組合せ-圧力クラス別の標準締付け面圧を示す。(表7)

表5 代表的なグランドパッキンの構造一覧

分類	品番	断面概略図	構造概略	使用範囲
石綿	1271 (参考)		石綿、黒鉛、耐熱充填剤からなる中芯をステンレス線入り石綿糸で袋網し、黒鉛と潤滑油で処理したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 1500 温度：500℃
ノンアス® 膨張黒鉛 アダプター パッキン	VFC-25 (リング成形 のみ)		炭素繊維およびインコネル線で補強した膨張黒鉛ヤーンを編組したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 4500 (組合せ使用のこと) 温度：650℃ (400℃)
ノンアス® 炭素繊維 アダプター パッキン	6399L		PTFEで処理した炭素繊維を編組し、さらに黒鉛、PTFE、潤滑油で処理したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 1500 温度：350℃ (VF-20Lと組合せ時) 300℃ (VFT-22と組合せ時)
ノンアス® 膨張黒鉛 メイン パッキン	VF-10W (リング成形 のみ)		膨張黒鉛テープと金属網を巻回し、圧縮成型したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 4500 (組合せ使用のこと) 温度：650℃ (400℃)
	VF-10 (リング成形 のみ)		膨張黒鉛テープを巻回し、圧縮成型したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 2500 (組合せ使用のこと) 温度：650℃ (400℃)
	VF-20		インコネル線補強の膨張黒鉛ヤーンを編組したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 2500 (組合せ使用のこと) 温度：650℃ (400℃)
	VF-20L		「VF-20」を潤滑油で処理したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 2500 (組合せ使用のこと) 温度：650℃ (400℃)
	VF-20LF		「VF-20」を特殊潤滑処理したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 2500 (組合せ使用のこと) 温度：650℃ (400℃)
	VFT-22		PTFEフィルムで被覆した膨張黒鉛ヤーンを編組したグランドパッキン	圧力：ANSI Class 600 温度：300℃

使用範囲の括弧内温度は大気中や強酸化剤等の酸化雰囲気下における最高使用温度

表6 ノンアス®グラウンドパッキンの推奨リング数と組合せ例

ANSI Class	最低必要 リング数	組合せ図(例)		
4500	7	大気側		流体側
2500	6	大気側		流体側
1500	6			
900	5	大気側		流体側
600	5	大気側		流体側
300	5			
150	4	大気側		流体側

: アダプターパッキン
 : メインパッキン

注) Class 900以上でランタンリングを使用する場合、ランタンリングに接するパッキンをアダプターパッキンにすること

表7 ノンアス®グラウンドパッキンの組合せ—圧力クラス別標準締付面圧

区分	パッキン組合せ	最高使用温度	標準締付面圧 (MPa)				
			Class 600	Class 900	Class 1500	Class 2500	Class 4500
手動弁 (ON-OFF弁)	VFC-25+VF-10W	650°C (400°C)	24.5	39.2			58.8
	VFC-25+VF-10	650°C (400°C)	24.5	39.2			
	VFC-25+VF-20	650°C (400°C)	29.4	39.2			
手動弁 (ON-OFF弁) 自動弁 (CONTROL弁)	VFC-25+VF-20LF	650°C (400°C)	19.6	34.3		39.2	
	VFC-25+VF-20L	400°C	19.6	34.3		39.2	
	6399L+VF-20L	350°C	19.6		34.3		
	VFC-25+VFT-22	300°C	24.5		34.3		
	6399L+VFT-22	300°C	24.5		34.3		
	VFT-22	300°C	24.5				
	1271(参考)	500°C	29.4	34.3	39.2		

標準締付面圧は一括締付の推奨値。使用条件、許容漏洩量によっては異なる場合あり

注) 最高使用温度は、不活性雰囲気下で650°C、大気中や強酸化剤がある場合は400°Cまで

3.4 バルブ用グラウンドパッキンの特性比較一覧

バルブ用ノンアス®グラウンドパッキンは、その組合せによってパッキンとしての各種性能が異なる。

以下に、主なバルブ用ノンアス®グラウンドパッキンと石綿グラウンドパッキンについて、主要6項目の特性比較一覧を示す。(表8)

表8 バルブ用グランドパッキンの特性比較一覧

圧力クラス		Class 4500	Class2500			
最高使用温度		650℃ (400℃)		650℃ (400℃)		
パッキン	アダプター	VFC-25	VFC-25			
	メイン	VF-10W	VF-10	VF-20	VF-20L	VF-20LF
圧縮特性		○	○	○	○	○
シール特性		○	○	○	○	○
摺動特性		△	△	○	○	○
応力緩和特性		○	○	○	○	○
動的耐久性		△	△	△	○	○
固着		△	△	○	○	○
用途		手動弁			手動弁・自動弁	
圧力クラス		Class1500			Class600	Class1500
最高使用温度		350℃	300℃	300℃	300℃	500℃
パッキン	アダプター	6399L	VFC-25	6399L	—	—
	メイン	VF-20L	VFT-22		VFT-22	1271(参考)
圧縮特性		○	○	○	○	△
シール特性		○	○	○	○	○
摺動特性		○	○	○	○	○
応力緩和特性		△	○	△	○	△
動的耐久性		○	○	○	○	○
固着		○	○	○	○	○
用途		手動弁・自動弁				

注) 最高使用温度は、不活性雰囲気下で650℃、大気中や強酸化剤がある場合は400℃まで

4. おわりに

4.1 ソフトガスケットについて

石綿ジョイントシートは、広範囲に使われると同時にその取り扱い方法もきわめて容易で、締め付け力についても非常に幅広い許容域を有していた。まさに「万能ガスケット」といえる。

これに対し、代替する非石綿ソフトガスケットは、使用条件や使用方法で限定的にならざるを得ない。

また、従来多用されてきた石綿製品の寿命は、経験則に基づき設定されたもので、ガスケットの正確な寿命を把握し、設定しているものではない。しかしながら、その石綿製品に代わる非石綿製品は、近年その使用例も徐々に増加しているものの、石綿製品に対比できるような長期の使用実績は少なく、これまで使用さ

れてきた石綿製品と、その寿命を対比できる評価方法の確立が望まれるところである。

これら、様々な課題や使用上の制約事項はあるが、石綿の健康障害拡大を防ぐためにも、早期の代替が必要であり、使用者のご理解とご協力をお願いしたい。

4.2 グランドパッキンについて

弊社バルブ用ノンアス®グランドパッキンの中でも主に水・蒸気ラインに使用される膨張黒鉛系製品を中心に説明させていただいた。

特性値については、石綿グランドパッキンとノンアス®グランドパッキンを多角的に比較するために概略一覧のみとしたが、大まかな特長を掴んでいただけたものと考えている。

今後、実際の適用に当たっては、各条件毎に吟味する必要性はあるものの、本記事が、機械装置の設計や保全に関わる方にとって、いくらかでも参考になれば幸いである。

改良品のご紹介

ブラックハイパー

VALQUA No. GF300

GF300は高温下でも硬化しない耐熱性・耐薬品性に優れたシートガスケットです。しかし、圧縮破壊強度が低く、柔軟性が乏しいため取扱性に問題が残っていました。この改良品はGF300の優れた特性をそのままに、圧縮破壊強度を従来品の約2.5倍、柔軟性を10倍以上にも向上させることに成功しました。

改良品GF300はより幅広い用途にご使用頂ける製品となりました。



日本バルカー工業(株)

先端産業開発部

シール技術グループ

研究部

樹脂製品開発部

各事業所 営業所



日本バルカー工業株式会社

本社	☎(03) 5352-3421	FAX(03) 5352-3436
先端産業開発部	☎(042) 798-6771	FAX(042) 798-1041
シール技術グループ	☎(0747) 26-3914	FAX(0747) 26-3920
研究部	☎(0747) 26-3910	FAX(0747) 26-3920
樹脂製品開発部	☎(042) 798-6781	FAX(042) 798-1043

東京事業所	☎(03) 3560-0701	FAX(03) 3560-0727
仙台営業所	☎(002) 264-5514	FAX(022) 265-0266
日立営業所	☎(0294) 22-2317	FAX(0294) 24-6519
福島営業所	☎(0240) 34-2471	FAX(0240) 34-2473
岡山営業所	☎(086) 460-1181	FAX(086) 460-1182
北九州営業所	☎(093) 521-4181	FAX(093) 531-4755
宇部駐在所	☎(0836) 31-2727	FAX(0836) 32-0771
九州営業所	☎(096) 364-3511	FAX(096) 364-3570
甲府駐在所	☎(055) 242-0018	FAX(055) 242-0018

大阪営業所	☎(06) 6443-5221	FAX(06) 6448-1019
名古屋営業所	☎(052) 671-6251	FAX(052) 682-7264
豊田営業所	☎(0566) 77-7011	FAX(0566) 77-7002
四日市営業所	☎(059) 353-6951	FAX(059) 353-6950
京滋営業所	☎(077) 581-3201	FAX(077) 514-3346
松山営業所	☎(089) 974-3331	FAX(089) 972-3567
中国営業所	☎(0827) 81-0230	FAX(0827) 81-0250
長崎営業所	☎(095) 861-2545	FAX(095) 862-0126
大分駐在所	☎(097) 555-9586	FAX(097) 555-9340

VALQUA TECHNOLOGY NEWS

夏号 No.11
Summer 2006

発行日・・・2006年07月28日
編集発行・・・日本バルカー工業株式会社
〒163-0406
東京都新宿区西新宿二丁目1番1号
新宿三井ビルディング6階
TEL:03-5325-3422
FAX:03-5325-3437

制作・・・株帆風

<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。