

Valqua Technology News

バルカー技術誌

2012年 夏号

No.23 Summer 2012

- ご挨拶 1
常務執行役員 CTO(最高技術責任者)
黒田 博之
- 技術論文
ガスケットの寿命推定技術の開発 2
シールマーケティング開発本部 シール開発グループ
野々垣 肇
- 技術論文
地震対策うず巻形ガスケットの検討 7
シールマーケティング開発本部 シール開発グループ
佐藤 広嗣
広島大学 大学院工学研究院 特任教授
澤 俊行
- 製品の紹介
耐熱タイプパーフロエラストマー FLUORITZ®-HS 10
シールマーケティング開発本部 シール開発グループ
岡崎 雅則
- 製品の紹介
PTFEナノファイバー不織布 13
研究開発部
辻 和明
研究開発部 メンブレン開発グループ
瀬戸口 善宏
- 製品の紹介
優れた耐熱性を有するマイカフィラーうず巻形ガスケット
No.M590シリーズ 16
シールマーケティング開発本部 シール開発グループ
黒河 真也
- 製品の紹介
火力発電所向けグラندパッキンのラインアップ紹介 20
シールマーケティング開発本部 シール開発グループ
出口 善久
佐藤 広嗣



日本バルカー工業株式会社

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

ご挨拶



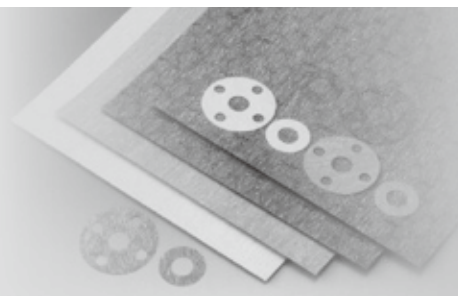
2012年がスタートし早や半年を過ぎようとしています。昨年、日本では東日本大震災による多くの被災地、被災者の皆様への打撃、福島原発事故による安全神話への不信、中国などの台頭によるパワーバランスの変化、南欧諸国の不安定な政治経済情勢など、様々な出来事を通して多くの問題が顕在化しました。今年に入っても、フランスとギリシャの政治情勢の変化や北朝鮮をはじめとする新興国への核拡散など、不安定な世界情勢を反映して経済見通しも困難な時期が続いています。21世紀に入って10年を過ぎ、新しい秩序への変化があらゆる面で起きているようにも感じられます。しかしながら一方で、「混迷する日本政治」という根本的な問題を抱えながらも、多くの日本企業が戦略的な新たな行動をとりつつあり、また、昨年来の想像を超えた災害からの復興の過程で時代に合った規制緩和へ僅かながら進んでいると思われ、将来への明るい兆しも感じます。こうした行動が今後の発展と安定に必ず繋がるものと確信し、当社も積極的に事業環境の変化に対応して、バルカーらしさを追求して参ります。

当社では、この4月から新しい中期経営計画“NV・S6”をスタートいたしました。中国をはじめとする海外市場における成長機会への挑戦、環境ビジネス拡大に向けた環境関連事業部の設置など、新たな飛躍へ向けて積極的に事業基盤の拡張を図っております。研究開発においても、日本だけでなく中国総合研究所においても中国の大学との共同研究を含め環境関連開発を加速しつつあります。この夏号では、地震災害などの際も機器・配管接合面での高度なシール性を保持するための研究などの技術論文に加え、新たなふっ素樹脂系メンブレン素材としてPTFEナノファイバー不織布などの製品をご紹介します。本誌でのご紹介が、当社をご理解いただく一助となれば幸いです。今後とも当社の理念である“The Valqua Way”に基づき、差別的で独自性の高い技術の追求を通じて、当社ならではの製品とサービスを提供し社会に貢献して参る所存です。読者の皆様にはなお一層のお引き立てを賜りますようお願いいたします。

最後になりましたが、読者の皆様のご発展を祈念いたします。

常務執行役員 CTO (最高技術責任者) 黒田 博之

ガスケットの 寿命推定技術の開発



シールマーケティング開発本部 シール開発グループ
野々垣 肇

Nowadays, we have to focus on non-asbestos gaskets development and evaluate the long term reliability of gaskets. The long-term reliability evaluation is especially important depending on demand for safety and reliability over a long period of time.

Our company was a pioneer in introducing life time evaluation technology of the various gaskets.

Aging of gasket stress is predicted from a stress-time curve. This is a lifetime evaluation technique. Duration of lifetime is determined when residual gasket stress reaches the limiting sealing point. Another lifetime evaluation technique is measuring activation energy degradation during oxidation of expanded graphite. Lot of problems still remain in predicting lifetime of composite materials containing organic material.

However, aging of gasket stress is the most important factor to predict the lifetime of a seal. One of the merits of creep relaxation characteristics at high temperature is that it gives a clear view of reliability fluctuation for non-asbestos gaskets.

Keywords:

long term reliability, safety and reliability, creep relaxation

1. はじめに

労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令(平成18年政令第257号)により、平成18年(2006年)9月1日から、石棉等の製造、輸入、譲渡、提供または使用が一部を除き禁止された。さらに、平成24年(2012年)3月1日をもって、一部の適用除外事例も廃止され、石棉品の製造などは全面禁止となった。

非石棉化の過程にあっては、非石棉ガスケットの開発と並行して、その信頼性評価についても様々な検討が加えられてきた。非石棉ジョイントシートにおいては、従来からの規格物性試験で石棉ジョイントシートと同等の性能を持つことが確認されたにもかかわらず、実際のフィールドでは、非石棉ジョイントシートには多くの課題があることが明らかとなった。このことは、従来の規格物性試験が、実績評価に代わる信頼性評価試験としては使えないことを意味し、実績に代わる新たな機能

評価方法が必要となった。非石棉製品の実績は乏しく、長期間使用の安全性に対する信頼を得るには、ユーザー個々の使用条件における実証試験とともに、長期性能を理論的に評価推定する技術が必要であると考えられる。

本報では、当社が他社に先駆けて技術開発を行ってきた各種ガスケットの寿命評価技術について紹介する。

2. 締切型フランジにおける メタルガスケットの事例

信頼性評価のための寿命推定方法は、使用済み核燃料輸送貯蔵容器(キャスク)用ガスケットの開発を契機として検討が始められた^{1)~3)}。その方法はFigure1に示すように、使用環境におけるガスケット応力の経時変化を応力緩和線より予測し、ガスケット残留応力が密封限界点に達する時点を寿命とするものである。

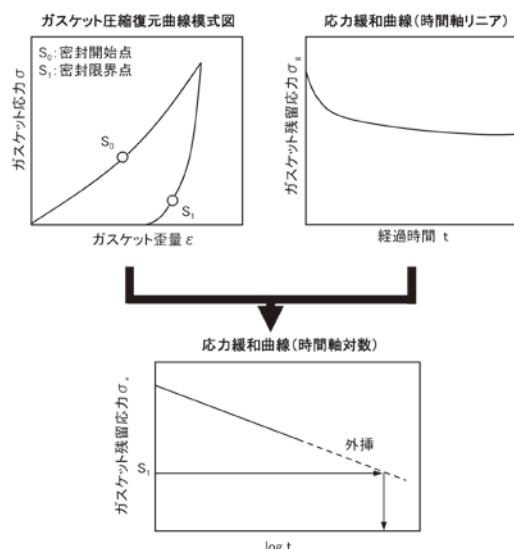


Figure1 寿命予測の考え方

使用済核燃料輸送貯蔵容器用ガスケットには、バネ入りメタルCリング(トライバック®)が採用され、断面径φ10のバネ入りメタルCリングの200℃における寿命評価を実施した³⁾。Figure2に示す応力緩和試験装置を用い、ガスケット溝までの締切を想定したガスケット変位を与え、変位量一定状態での応力経時変化を荷重計で測定した。Figure3に応力緩和試験結果を示す。別途、200℃における密封限界応力を測定し、Figure3の応力緩和線の外挿線が密封限界応力となる経過時間を寿命とした。このとき、200℃における密封限界応力は30kN/mであり、推定寿命は500年以上という結果となった。

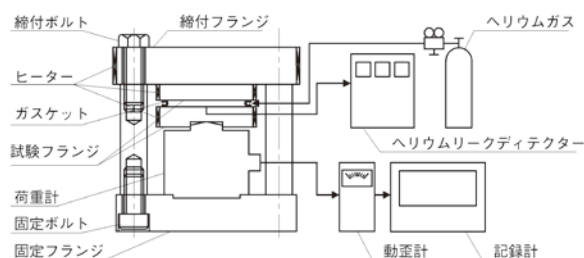


Figure2 応力緩和試験装置

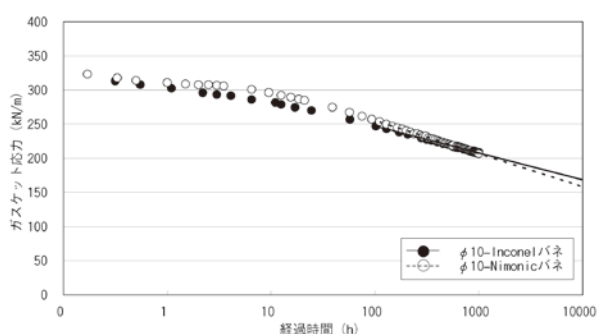


Figure3 応力緩和試験結果(時間軸対数整理)³⁾

さらに、ガスケット応力の低下がシール寿命に関係することから、加藤ら⁴⁾⁵⁾はLMP (Larson-Miller Parameter)を適用し、塑性変形(圧縮永久歪)およびシール性能の温度・時間依存性の相関を求め、所定温度におけるシール寿命を予測する手法を提案した。

ただ、こうした試みは、締切型フランジにおけるメタルガスケットについての事例であり、非石綿ガスケットに適用するについては、より一般的な締込型フランジにおけるガスケット残留応力について考慮する必要がある。

3. 締込型フランジへの適用

締込型フランジにおける寿命評価についても、ガスケット残留応力が密封限界応力に達する時点をも寿命とするという、基本的な考え方は同じである。ただし、ガスケット残留応力については、ガスケットだけではなく、フランジ締結体の応力変化をも考慮する必要がある。最近では、こうした締込型フランジにおけるガスケット応力の経時変化について、粘弾性モデルを用いた有限要素解析(Finite Element Analysis: FEA)による研究^{6)~9)}が進められている。特に、常温で締め付け、高温で使用するという、非定常条件や長期条件を考慮に入れ、ガスケット圧縮特性の温度依存性、非線形性、ヒステリシス特性、粘弾性、熱膨張などを考慮した有限要素解析を行うことによって、より現実的なガスケット応力の経時変化の推定が可能となった。

Figure4に粘弾性要素モデルの一例を、Figure5にふっ素樹脂系シートガスケットであるNo.GF300¹⁰⁾の200℃におけるシミュレーション結果を示す。なお、ふっ素樹脂系ガスケットでは、推奨使用温度が、材料の耐熱温度を超えることがないため、密封限界応力は熱劣化によって上昇することはない、むしろ軟化による“なじみ”の向上によって低下する傾向にあるため、寿命予測においては、ガスケットの熱劣化は考慮する必要はなく、応力減少だけを考慮すればよいと考えた。

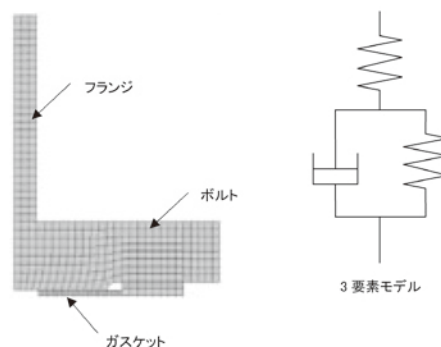


Figure4 粘弾性要素モデル

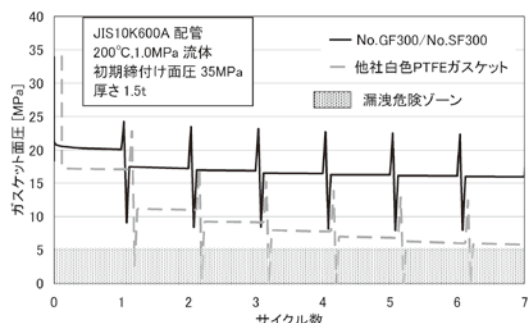


Figure5 有限要素解析による寿命推定例

Figure5に示すように、No.GF300は温度サイクルが負荷される使用条件であっても長期使用が可能であるが、ガスケット種によっては温度低下時などの面圧低下時に密封限界を下回るケースも見られた。

また、締結ボルトに取り付けた歪みゲージにより、ボルト軸力の経時変化を測定することで、ガスケット応力緩和を実験的に求めることも行っている¹¹⁾。Figure6にその試験装置概要図を、Figure7に熱サイクル試験結果の一例を示す。

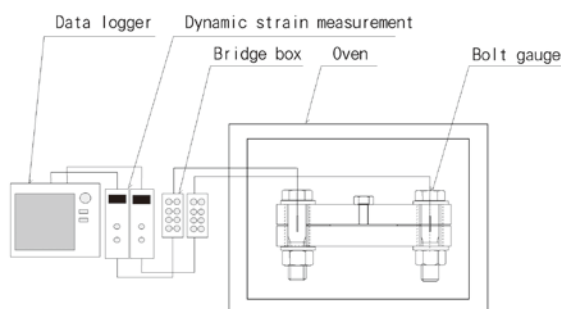


Figure6 応力緩和試験装置概要図

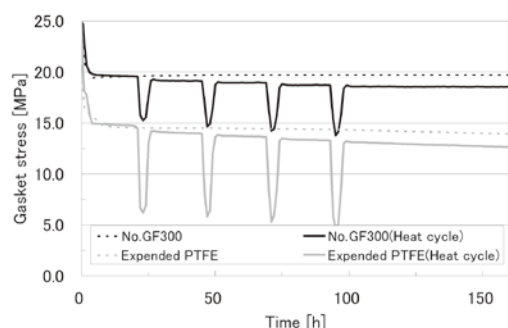


Figure7 熱サイクル応力緩和試験結果

この取り組みの中では、ガスケットの寿命評価以外に、増締め効果[Figure8]や片締めの影響[Figure9]など、非石棉ガスケットを安全に使用するための管理手法についても検討している。

一方、ジョイントシートでは、ゴムバインダの耐熱限界を超え

での使用が一般的であり、非石棉ジョイントシートのように繊維成分が少ないと、熱劣化による割れといった初期故障が発生する場合があります、そのガスケット応力変化から寿命を推定するには至っていない。また、熱劣化がある場合、石棉ジョイントシートの密封限界応力の経時変化¹²⁾はFigure10のように増加傾向を示す。そのため、ゴムなどの有機材料については、高温下での熱劣化をも考慮した密封限界応力の経時変化を確認する必要がある、今後の課題である。

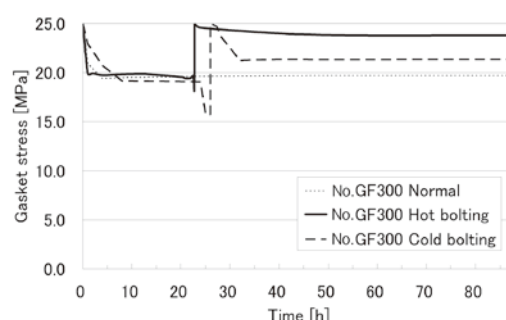


Figure8 No.GF300増締めによる面圧変動

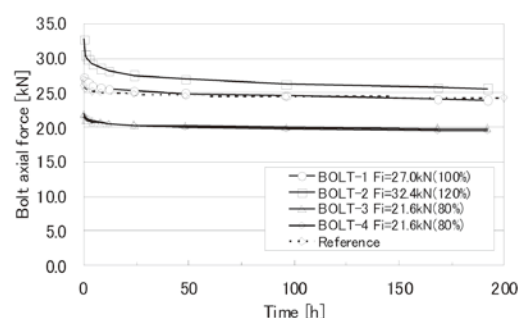
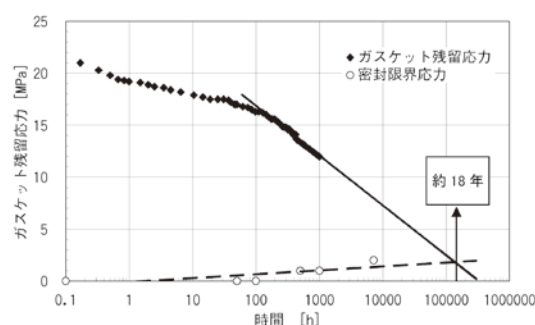


Figure9 No.GF300片締め時のボルト軸力変動

Figure10 石棉ジョイントシートの寿命予測(200°C)¹⁰⁾

4. 材料劣化による寿命

原子力工学分野にあっても非金属材料の健全性評価¹³⁾が検討されていた。ASME QME(Qualification of Active Mechanical Equipment Used in Nuclear PowerPlants)

は、電気絶縁用ゴム材料の規格を参考に、非金属材料識別のためにArrhenius式による活性化エネルギーを規定していた。しかし、複合材の劣化反応は複雑であり、劣化の指標となる代用物性の設定にも課題が残るため、Arrhenius式のシール材への適用は限定的なものとなると考えられる。

そうした中、非石綿化のための緊急プロジェクトである2006年NEDO開発支援事業において、膨張黒鉛の酸化減量にArrhenius式の適用を検討した。内外周にマイカフィラーを配した複合型膨張黒鉛系うず巻形ガスケット[Figure 11]について、膨張黒鉛フィラー酸化の活性化エネルギーを測定し、その寿命予測が可能であることを確認した¹⁴⁾。

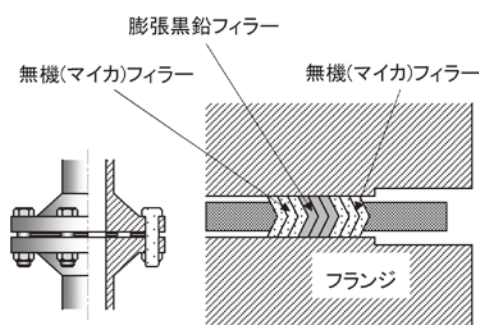


Figure11 複合型うず巻形ガスケットの構成と使用状態

すなわち、許容漏洩量以上の漏洩が発生する膨張黒鉛の消失量(限界消失量)が求めれば、膨張黒鉛消失の反応速度定数から算出される膨張黒鉛の消失速度によって、シール寿命を推定できると考えるものである。フランジ締結状態での膨張黒鉛の反応速度は、膨張黒鉛熱減量線の傾きから求められ、この温度領域での任意温度での反応速度定数は活性化エネルギーを用いて求めることができる。

複合型うず巻形ガスケットにおいて提案した寿命推定手順を、内圧0.1MPaの場合について、以下に示す。

① 許容漏洩量を確認する。

通常、許容漏洩量は、使用者が使用条件に応じて決定するが、ここでは、石綿うず巻形ガスケットのシール性能データから、内圧が0.1 MPaの場合の漏洩量を換算し、許容漏洩量として $4.7 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ を用いた。

② 膨張黒鉛限界減量率を確認する。

Figure12に示す膨張黒鉛の熱減量と漏洩量の関係から、ガスケットの漏洩量が、許容漏洩量に達する膨張黒鉛の限界減量率を求める。

漏洩量が、①で求めた $4.7 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ になる膨張黒鉛減量率は、約67%であった。

③ 寿命を推定する。

フランジ締結状態での膨張黒鉛消失の活性化エネ

ギーから対象温度での膨張黒鉛消失の速度定数を求め、膨張黒鉛消失速度を算出する。さらに消失速度から、限界減量率となる時間を導出する。

NEDOの実証試験では、Table1に示したように、600℃で4.5ヶ月、450℃で約16ヶ月といった寿命予測結果が得られた。

また膨張黒鉛については、熱減量後の圧縮復元線から、ガスケット残留応力を求める手法¹⁵⁾も開発されている。

Figure13は、うず巻形ガスケット(SWG)のガスケット応力と歪みの関係に対する熱減量の影響を表している。

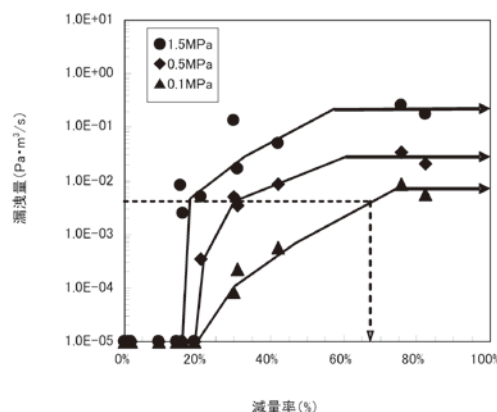


Figure12 膨張黒鉛熱減量と漏洩量の関係

Table1 シール寿命推定例

温度	℃	600	500	450
推定寿命	month	4.5	9.8	15.7
	day	136	294	470
	h	3,260	7,066	11,272

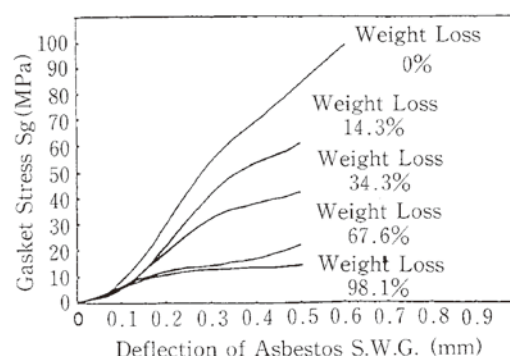


Figure13 エイジングした膨張黒鉛 SWG の圧縮曲線

Figure14は、膨張黒鉛 SWG の熱減量とガスケット応力の関係を示している。

減量の生じたガスケット(エイジングガスケット)の圧縮応力は、その歪みが、フィラー減量を生じていないガスケット(バージンガスケット)の所定応力での歪みに等しいとして、

Figure13から求められる。ここで、所定応力として膨張黒鉛SWGの初期締付応力50MPaとすると、Figure13よりバージンガスケットの所定応力による歪みは0.28mmとなる。ガスケット圧縮応力の減少は、フィラーの熱減量による応力低下であるとして、Figure14の縦座標は高温時のガスケット残留応力を意味する。すなわち、Figure14は熱減量と高温時の残留応力の関係を表すものとなる。

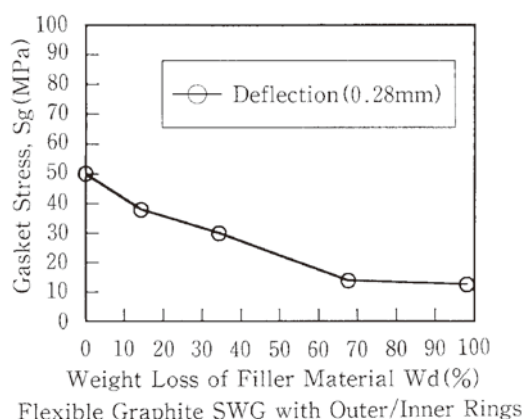


Figure14 膨張黒鉛SWGの熱減量とガスケット応力の関係

5. おわりに

石綿ガスケットの長期実績に代わる、非石綿ガスケットの信頼性評価のための寿命評価方法の検討はまだ緒に付いた段階であり、特に、有機材料を用いた複合材の熱劣化についてはまだまだ課題が多く残されている。

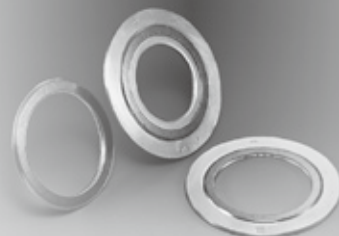
しかしながら、シール寿命については、ガスケット応力の経時変化が最も重要な要素であり、高温でのクリープ緩和特性の優劣が非石綿ガスケットの信頼性を大きく左右するものであることは明白である。

今後更に、「安全・安心」をキーワードに、信頼性評価のための寿命評価技術を構築していくとともに、信頼性の高い製品の研究開発を進めていく所存である。

6. 参考文献

- 1) Nishida T., Sealability of Spring-Energized Elastic Metal Gaskets, SAE Technical Paper Series 870004, Proc. '87 SAE International Congress and Exposition Detroit, Michigan, Feb 23-27 (1987)
- 2) 堀井, トライパックの長期性能評価, バルカーレビュー, 35 (3), p7 (1991)
- 3) 野々垣, 大断面径トライパックの長期性能評価, バルカー技術誌, No.6, p1 (2003)
- 4) 加藤, 伊藤, 使用済核燃料貯蔵容器用ガスケットの長期密封特性, 電力中央研究所報告, U92009 (1992)
- 5) 加藤, 伊藤, 三枝, 使用済核燃料貯蔵キャスクの長期密封性能評価手法の開発, 日本原子力学会誌, 38 (6), p95 (1996)
- 6) 高木, 名護, 佐藤, 山中, ガスケットの粘弾塑性挙動を考慮したボルト締結体の力学的特性の評価, 日本機械学会論文集C編, 73 (728), p1245 (2007)
- 7) 名護, 高木, 佐藤, ガスケットの粘弾塑性特性とボルト締結体の軸力緩和予測, バルカー技術誌, No.16 p11 (2009)
- 8) 渡辺, 山口, 本田, 辻, フランジ継手用ガスケットの高温粘弾塑性特性の評価, 日本機械学会山梨講演会講演論文集, p145 (2008)
- 9) 佐藤, 黒河, 高木, ガスケットを用いた締結体の長期漏洩特性の予測手法の検討, 日本機械学会山梨講演会講演論文集, p139 (2008)
- 10) 黒河, 高機能ノンアスベストシートガスケット「ブラックハイパー No.GF300」, バルカー技術誌, No.9, p5 (2004)
- 11) 野々垣, 山邊, 森本, ガスケット締結体の応力緩和特性, 配管技術, 52 (7), p28 (2010)
- 12) 山中, 石綿ジョイントシートガスケットにおける高温寿命評価, バルカー技術誌, No.7, p10 (2003)
- 13) 西田, 原子力用非金属シールの環境劣化と寿命の予測, バルカーレビュー, 44 (6), p6 (2000)
- 14) NEDO平成18年度成果報告書, 緊急アスベスト削減実用化基盤技術開発プロジェクト, シール材の非石綿代替製品に関する寿命推定実証技術の研究開発, 2007年3月
- 15) Asahina, M., Nishida, T. and Yamanaka, Y., Gasket Performance of SWG in ROTT and Short Term Estimation at Elevated Temperature, ASME PVP 326, p28 (1996)

地震対策うず巻形ガスケットの検討



シールマーケティング開発本部 シール開発グループ

佐藤 広嗣

広島大学 大学院工学研究院 特任教授

澤 俊行

More importance has been attached to the earthquake resistance of plants since the Great East Japan Earthquake and tsunami that followed. The anti-earthquake spiral wound gasket which suppresses the increase of the amount of leakage due to the bending moment has been discussed. The main concept of the anti-earthquake spiral wound gasket is to increase the bending rigidity of the connection by achieving a metal contact between the flange face and the inner and centering ring at the bolt tightening. In this study, a sealing performance evaluation of the various gaskets including the anti-earthquake spiral wound gasket using the actual pipe flange connection under the bending moment is conducted. Results demonstrated that the increase of the amount of leakage in case of the connection with the anti-earthquake spiral wound gasket under the bending moment is small. It was found that the anti-earthquake spiral wound gasket is highly earthquake-resistant.

Keywords:

earthquake, gasket, leakage, bending

1. はじめに

1995年の阪神・淡路大震災、2011年の東日本大震災では多くの建造物が破壊され、多大な被害が報告されている。各種プラントや港などの配管ラインにおいても漏洩が生じ、火災が発生した例もあった¹⁾。多くのプラントにおいては、地震発生の際に緊急停止装置が作動し、ライン運転が停止することで大きな事故は生じなかったが、ライン運転が停止することで、様々な製品の出荷が止まることがあった。特に、石油化学製品の原料、ガソリン、ガス、電力などは我々の生活に欠かせないものであり、速やかに再稼動を行わなければならないという課題も浮かび上がった。

プラントなどでは、すでに耐震補強として機器や配管の固定が広く行われつつある。しかしながら、この耐震補強は機

器や配管の倒壊防止を目的としたものであり、機器、配管接合面からの漏洩に対するものとはなっていない。従って、地震による漏洩事故への対策が急務となっている。

本研究では、ガスケット付締結体に対する地震の影響を実際の管フランジ締結体を用いて考察し、地震を受けても漏洩が増加し難いガスケットの検討を行う。

2. 締結体に対する地震の影響の検討

地震が管フランジ締結体に及ぼす影響として「振動」と「配管曲げ」が想定される。振動については時間が数十秒であることと、熱応力吸収用の配管などで影響は軽微となると考える。それに対し、配管曲げは地盤の沈下や液状化などにより機器やそれを繋ぐ配管が大きく移動することによって、機器・

配管接合部に大きな曲げモーメントが作用することがあり、この配管曲げによりフランジの一部が開き、漏洩が生じる事例がある。Figure1は地震により配管に配管曲げが作用し漏洩が発生する模式図を示す。阪神・淡路大震災の際には大事には至らなかったものの地盤の液状化による配管曲げが生じ、LPGの漏洩が発生している²⁾。地面ごと揺れる地震では機器や配管の移動を防ぐことは困難であり、それに伴う配管曲げは避けられない。

以上より、地震による管フランジ締結体への影響は配管曲げが大きいと考えられる。従って、管フランジ締結体に配管曲げが作用した際の漏洩防止が地震対策の重要事項となる。地震対策ガスケットについて次項から述べる。

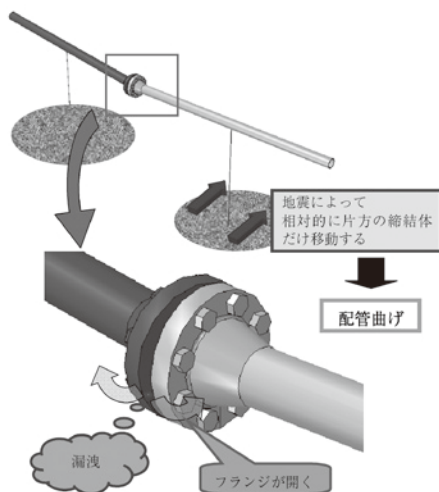


Figure1 地震による配管曲げの発生

3. 地震対策うず巻形ガスケット

Figure2, 3に耐配管曲げとして開発した地震対策うず巻形ガスケットの写真とコンセプトを示す。内部流体が流出する流路が広がるということすなわち、フランジが開くことにより締結体から漏洩が生じる。このフランジの開きを防ぐためボルト締結時にフランジ面とガスケット内外輪がメタルタッチするまで締め付け、締結体全体の曲げ剛性を増加させることで、フランジ面間が開きにくいようにする考えである。

標準的なうず巻形ガスケットでは圧縮剛性が高く、メタルタッチには大きなボルト締め付け力が必要となる。地震対策うず巻形ガスケットでは、小さなボルト締め付け力でも圧縮変形を大きくとり、締結体に十分な剛性を与えるため、金属フープ、内外輪の突起・溝の寸法形状に工夫がなされている。加えて、フープ、フィラー形状も工夫してガスケット接触応力50MPa程度でメタルタッチするよう設計されている。



Figure2 地震対策うず巻形ガスケット

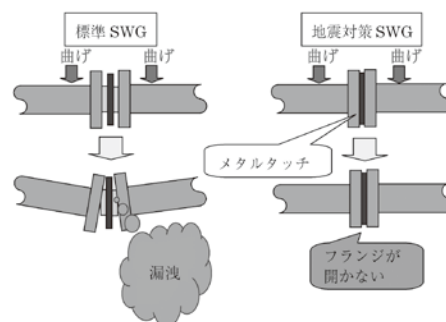


Figure3 地震対策ガスケットのコンセプト

4. 実験方法

Figure4, 5に配管曲げに対する性能を評価するために用いた装置の概略図と写真を示す。配管曲げを与える試験体は、片方2mずつの配管を有するJPI 600lb 3inch 管フランジ締結体である。8本すべてのボルトに歪みゲージを貼り付けてあり、ボルト軸力が測定できる。配管曲げは4点へ応力を作用させることで発現する。試験はヘリウムガス内圧5MPaを作用させ、一定時間後の圧力変化から漏洩量を計測する圧力降下法を用いる。圧力降下法から漏洩量を算出する式は以下に示す。

$$L = \frac{MV}{RTt\rho} (P_1 - P_2)$$

L : 漏洩量 [$\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$]、 M : ヘリウムガスのモル質量 [mg/mol]、 V : 配管容器内体積 [mm^3]、 R : 気体定数 [$\text{cc} \cdot \text{MPa}/\text{K} \cdot \text{mol}$]、 T : 試験温度 [$^{\circ}\text{C}$]、 t : 測定時間 [s]、 ρ : ヘリウムガスの密度 [mg/mm^3]、 P_1 : 試験初期内圧 [MPa]、 P_2 : 一定時間後の内圧 [MPa]

試験ガスケットは、地震対策うず巻形ガスケットと標準的な膨張黒鉛フィラーうず巻形ガスケットNo.6596に加え、シートガスケットNo.6500とNo.GF300も評価した。

試験手順は以下に示す。配管曲げの前後で漏洩量測定を行い、配管曲げが管フランジ締結体の漏洩に及ぼす影響を評価する。

- ① 平均ガスケット応力50MPaに相当する初期締め付け力でボルトを締結
- ② 内圧5MPaを負荷
- ③ 実使用時のボルト軸力低下を想定し、ガスケット面応力が10MPaとなるまでボルトを緩める
- ④ 漏洩量を測定
- ⑤ 配管曲げを負荷
- ⑥ 漏洩量測定

Table1 試験条件

締結体寸法	JPI 600lb 3inch
ボルト寸法×数	10UNI×8
試験ガス	ヘリウムガス
試験内圧	5MPa
漏洩量測定	圧力降下法

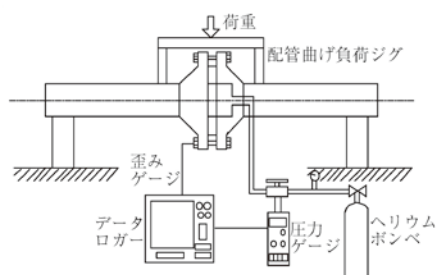


Figure4 配管曲げ試験装置概要

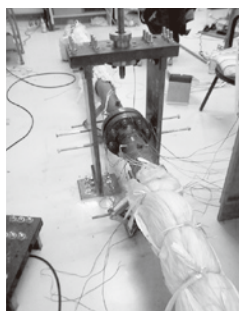


Figure5 配管曲げ試験装置

5. 漏洩量測定結果

Figure6は配管曲げ負荷前後の各ガスケットの漏洩量測定結果を示す。全てのガスケットにおいて、配管曲げを負荷することで漏洩量が増加することが確認された。しかしながら、地震対策うず巻形ガスケットは標準品に比べて漏洩量増加がわずかであり、その優位性が確認できる。

標準的なうず巻形ガスケットに対する優位性も確認できたが、特にシートガスケットに対する優位性は顕著であった。シートガスケットに換えて地震対策うず巻形ガスケットを用いることも、有効な地震対策になると考える。Figure7に示すように、地震対策うず巻形ガスケットはシートガスケットに比べて

必要な締め付け力が小さく、代替は可能である。

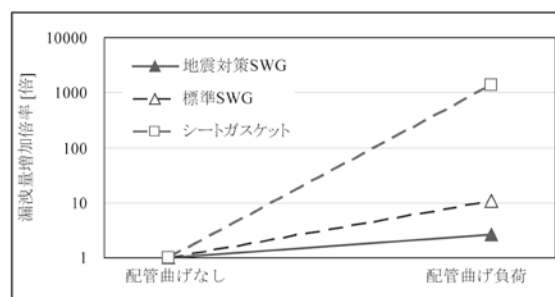


Figure6 曲げ負荷時のシール性評価

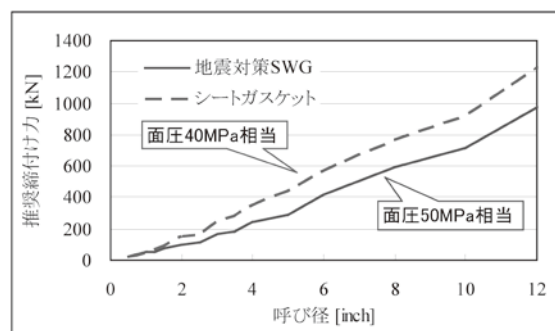


Figure7 地震対策SWGとシートガスケットの締め付け力

6. おわりに

地震対策うず巻形ガスケットを含む様々なガスケットを対象に配管曲げを受けた配管を有する管フランジ締結体装置のシール性評価を行い、以下の結論を得た。

- ・配管曲げが作用すると、配管接合部からの漏洩量が増加することが明らかとなった。
- ・地震対策うず巻形ガスケットは配管曲げを受けた場合でも漏洩量増加は軽微であり、優位性が確認された。

本研究において、フランジ面をガスケット内外輪にメタルタッチさせることで、配管曲げに対する耐性が向上することが確認できた。地震を受けても高いシール性を保持するシール製品を提供することがシールメーカーの責務と考え、このコンセプトのガスケットを2012年夏に製品化する予定である。

7. 参考文献

- 1) “最新 シーリングテクノロジー -密封 漏れの解明とトラブル対策-”
- 2) 高圧ガス保安協会, “兵庫県南部地震に伴うLPガス貯蔵設備ガス漏洩調査最終報告書”

耐熱タイプ パーフロロエラストマー FLUORITZ®-HS



シールマーケティング開発本部 シール開発グループ

岡崎 雅則

In semiconductor fabrication equipment, many of the manufacturing processes are performed within a vacuum environment. Seal materials are an important factor in achieving this vacuum environment. In recent years, semiconductor manufacturing has become more complicated and the manufacturing process is also more severe for seal materials requiring a higher performance than previous generations of seal material. FLUORITZ®-HS has been developed in response to these factors. It is a heat-resistant type of perfluoroelastomer with excellent heat resistance, low adhesion property, purity, and low outgassing performance compared to conventional perfluoroelastomers.

Keywords:

semiconductor, vacuum, seal, perfluoroelastomer, heat resistance, low adhesion, purity, low outgassing

1. はじめに

半導体製造装置の製造プロセスの多くは真空環境下において実施されている。この真空環境を作り出す上で、シール材は非常に重要な役割を果たしており、従来より、ふっ素ゴム(FKM)やパーフロロエラストマー(FFKM)が耐熱性、耐プラズマ性、純粋性、低放出ガスなどの特性の面から主に用いられてきた。近年、半導体の回路パターンの微細化、高集積化、多層化、及び三次元化が進み、それに伴い製造プロセスも複雑化してきており、シール材にとってもこれまで以上に過酷な環境下での機能発現が求められるようになってきている。そのため、これらの厳しい環境下においては従来のシール材では性能が不足するケースが見られ、特に耐プラズマ性、耐熱性などが必要とされる部位にはより高性能なパーフロロエラストマーが使用されるようになってきている。

当社は、技術革新が進む半導体製造装置環境へ対応できるシール材として、耐プラズマ性、非粘着性、純粋性、耐熱性に優れた無充填系パーフロロエラストマーFLUORITZ®-TRを上市し、バルカーテクノロジーニュース2011年夏号で紹介した¹⁾、今回はエッチング装置やCVD装置の高温部位や拡散装置など、高温下における使用を想定して、独自の材料設計技術、及び加工技術を駆使し、耐熱性を従来品より向上させ、非粘着性、純粋性、低放出ガス特性に優れた耐熱タイプパーフロロエラストマーFLUORITZ®-HSを開発したので紹介する。

介したが¹⁾、今回はエッチング装置やCVD装置の高温部位や拡散装置など、高温下における使用を想定して、独自の材料設計技術、及び加工技術を駆使し、耐熱性を従来品より向上させ、非粘着性、純粋性、低放出ガス特性に優れた耐熱タイプパーフロロエラストマーFLUORITZ®-HSを開発したので紹介する。

2. FLUORITZ®-HSの特長

FLUORITZ®-HSは従来のパーフロロエラストマーと比較して、耐熱性を大幅に向上させ、非粘着性、純粋性、低放出ガス特性に優れた製品である。以下に、FLUORITZ®-HSの各種特性を紹介する。

2-1) 耐熱性

シール材の耐熱性を評価する代表的な指標の一つとして、圧縮永久歪率が用いられる。圧縮永久歪率は、Figure1に示した方法により算出され、シール材の劣化による塑性変形の度合いを表したものであり、圧縮永久歪率が小さいほど

良好なシール特性を有していると判断され、一般的に圧縮永久歪率80%をシール限界と考えて寿命評価する²⁾。Figure2にFLUORITZ®-HSの300℃における圧縮永久歪率測定結果を示した。FLUORITZ®-HSの圧縮永久歪率は、従来のパーフロエラストマーと比べ、非常に優れており、より長寿命化が期待できる。

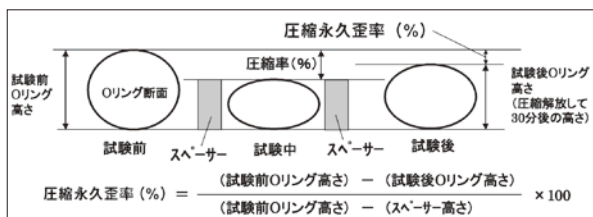


Figure1 圧縮永久歪率算出方法

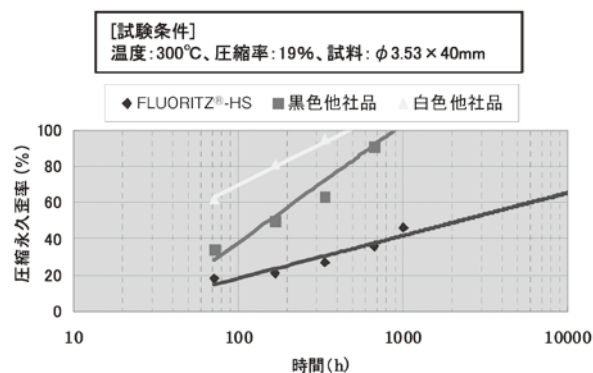


Figure2 圧縮永久歪率測定結果

2-2) 固着特性

一般的に、エラストマーシール材は金属などの相手材に固着しやすく、リッドなどの開閉部位を開くために大きな力が必要となる場合や、ゲートバルブの動作遅れ、シール材の脱落などの問題が生じることがある。また、通常、フランジの開閉は、高温時ではなく、冷却された後に行われ、高温から常温付近に冷却された後のシール材の固着力は非常に大きな値

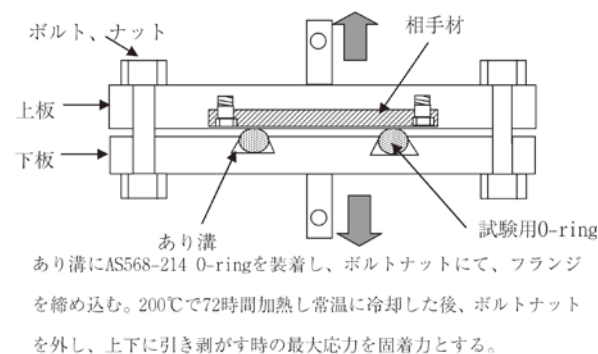


Figure3 固着力測定方法概要

を示す場合が多い。そのため、シール材には固着力が低いことが求められる。

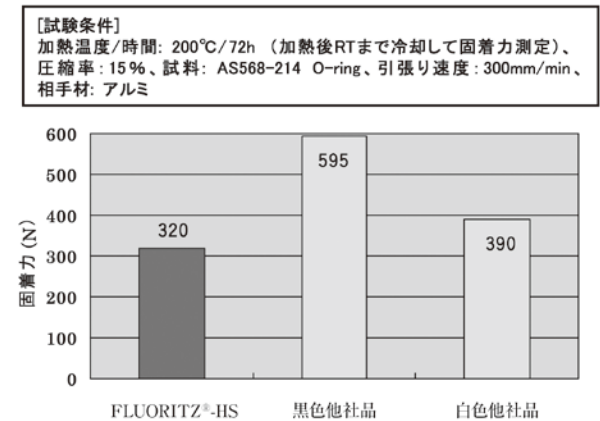


Figure4 固着力測定結果

固着力測定方法概要をFigure3に示し、FLUORITZ®-HSの固着力測定結果をFigure4に示した。FLUORITZ®-HSは、従来のパーフロエラストマーと比較して、低い固着力を示しており、フランジへの固着、脱落などを低減できると考えられる。

2-3) 含有金属成分

シール材がプラズマ環境で使用されると、プラズマによるエッチングにより、シール材の体積減少が起こる。シール材に金属成分を多量に含有した充填材を使用している場合、エッチングにより金属成分が飛散し、パーティクルエラーなどの不具合を起こすことが考えられる。Figure5にFLUORITZ®-HSの含有金属測定結果を示した。FLUORITZ®-HSは、充填材配合系の材料でありながら、従来のパーフロエラストマーより、金属含有量が少ない材料である。

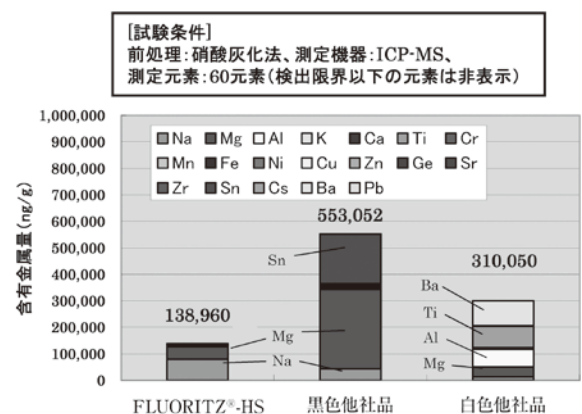


Figure5 含有金属量測定結果

2-4) 放出ガス特性

真空シールとして使用される場合、シール材からの放出ガスが多いと、真空の立ち上げ速度や到達真空度の低下を招く要因となることがある。また、ウェハー表面の汚染など、クリーンな真空環境を形成する上での阻害要素となることも考えられる。そのため、シール材には低放出ガス特性が求められる。Table1にGC-MS(ダイナミックヘッドスペース法)により測定した放出ガス量測定結果を示した。FLUORITZ[®]-HSの放出ガス量は検出限界以下で、放出ガスは検出されず、従来のパーフロロエラストマーと比較して、低放出ガス特性に優れる。

Table1 放出ガス測定結果 (μg / g)

推定成分	FLUORITZ [®] -HS	黒色他社品	白色他社品
テトラフルオロシラン	ND	110	ND
N-エチルトルエン スルホンアミド	ND	8	4
ジブチルフタレート	ND	2	2
その他	ND	ND	ND
合計放出ガス量	ND	120	6

ND：検出限界以下

(試験条件)

分析装置：GC-MS(ダイナミックヘッドスペース法)

加熱条件：250℃×30min

放出ガス量：ペンタデカン換算した場合の放出ガス量

検出下限値：1μg / g

2-5) 機械的特性

Table2にFLUORITZ[®]-HSの機械的特性を示した。FLUORITZ[®]-HSは優れた機械的特性を有している。

Table2 FLUORITZ[®]-HSの機械的特性

	FLUORITZ [®] -HS
外観	黒色
硬さ(shore A)	77
引張り強さ(MPa)	20.0
伸び(%)	160
100%モジュラス(MPa)	9.3

注) 上記データは測定値であり、規格値ではありません。

3. FLUORITZ[®]-HSの用途

FLUORITZ[®]-HSは従来のパーフロロエラストマーと比較して、優れた耐熱性を有することから、耐熱性が必要とされる様々な高温環境に適用可能である。以下にFLUORITZ[®]-HSの用途事例を示した。FLUORITZ[®]-HSは、以下に示したよ

うに半導体製造装置分野の高温環境のみならず、一般産業用途における高温環境のシール材としても使用可能である。

- ・半導体製造装置や液晶製造装置分野におけるエッチング装置やCVD装置の高温となる部位のシール材
- ・拡散装置、LPCVD、アニール装置等の高温プロセスが行われる装置のシール材
- ・プラント、化学工業、分析機器等において高温環境で使用される装置、部位のシール材
- ・その他、耐熱性が要求される装置、部位のシール材

4. おわりに

半導体製造装置におけるシール材の使用環境は、回路パターンの高集積化、多層化、3次元化に伴う製造プロセスの複雑化、高温化により、ますます、厳しくなっていくと思われる。これらの使用環境に適したシール材を今後も開発していきたいと考えるが、そのためにはユーザー各位からのシール材使用環境の情報が不可欠であり、ご協力をお願いしたい。

なお、本文中のデータは、当社における一定環境での評価データの一例であり、すべての使用環境に適合するわけではない。そのため、実際の使用に際して、使用環境での評価を実施し、特に高温環境においては、十分に適性を確認した上で使用して頂きたい。

5. 参考文献

- 1) 岡崎 雅則 バルカーテクノロジーニュース
2011年夏号 P8(2011)
- 2) 川村敏雄：バルカーレビュー，Vol26, No.6(1982)

PTFEナノファイバー 不織布

研究開発部

辻 和明

研究開発部 メンブレン開発グループ

瀬戸口 善宏

PTFE Nanofiber non-woven is a nano-fiberized polytetrafluoroethylene product fabricated by electro spinning technology and it is the first product in the world of its kind to be industrialized.

This submicron, non-woven PTFE structure not only has the properties of PTFE such as chemical resistance, heat resistance, low friction, low dielectric constant etc. but also additional unique features.

In this report, we will present PTFE Nanofiber non-woven as a filter media, its distinctive properties, and potential applications.

Keywords:

PTFE, nanofiber, non-woven, polytetrafluoroethylene, filter, electro spinning

1. はじめに

ナノファイバーとは、繊維径が $1\mu\text{m}$ を下回る極細繊維を意味し、その繊維の細さゆえ、ミクロン繊維では考えられなかった以下のような特長を有することが知られている。

- ① 空気の抵抗が非常に小さくなる
- ② 比表面積が大きくなる
- ③ 超分子配列効果が得られる

ナノファイバーの作製方法としては、様々な方法があるが、近年、エレクトロスピンニング法にて工業化がなされている。

エレクトロスピンニング法の原理をFigure1に示す。

紡糸装置は、一般に直流高圧電源、紡糸口および、アースされたコレクターから構成されている。高電圧が印加された紡糸口からポリマー溶液が一定の速度で押し出され、コレクターに到達する際には、繊維径がナノレベルまで減少することによりナノファイバーが得られる。

エレクトロスピンニング法では一般的に溶媒に高分子を溶解させた紡糸液を用意しそれを紡糸することで得られる。しか

し、ポリテトラフルオロエチレン(以下、PTFEと略)は溶媒に溶解させることが困難なため、エレクトロスピンニング法を用いて紡糸できない材料のひとつとされていた。

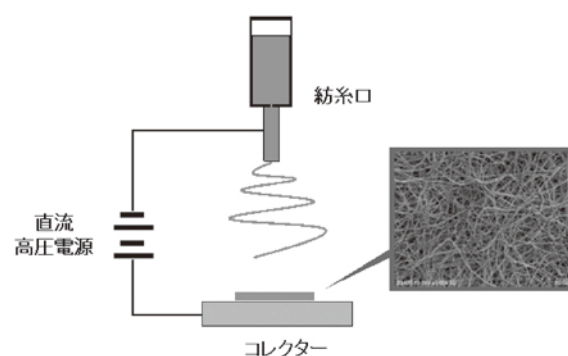


Figure1 エレクトロスピンニング法の原理

2. PTFEナノファイバー不織布

PTFEナノファイバー不織布は、特殊なエレクトロスピンニング法によりPTFEディスパージョンから作られた繊維である。100%PTFEからなるPTFEナノファイバー不織布の製法技術については、米国ZEUS社が、世界ではじめて工業化に成功した。当社はZEUS社との共同開発体制の下、日本国内における用途開発を進め、その用途に合わせた製品改良を米国ZEUS社とともに進めてきた。

本報ではPTFEナノファイバー不織布の製品と用途例を紹介する。

3. PTFEナノファイバー不織布の特徴

Figure2にナノファイバー不織布のSEM画像(上:500倍、下:1000倍)を示した。PTFEナノファイバー不織布の繊維径は600-700nmの繊維径であり、汎用不織布と比較するとその繊維径の細さがわかる。

その形態と製法に起因するさまざまな特徴を有する。

- ① 低圧損で高通気性を実現
小繊維径化による抵抗の低減、不織布形態による高通気性
- ② 高い分級性能
繊維径のばらつきが小さく、平均流量径分布幅が小さい
- ③ 高耐熱
260℃まで収縮せず連続使用が可能
- ④ PTFE 100% バインダーレス
- ⑤ 高い耐薬品性
酸、アルカリ、有機溶剤で使用可
- ⑥ 撥水・撥油性
・親水化(コーティングタイプ)対応可
・他の材料(汎用不織布)との複層化にも対応
- ⑦ 紡糸液にナノ粒子を混合することで複合膜が作成可能

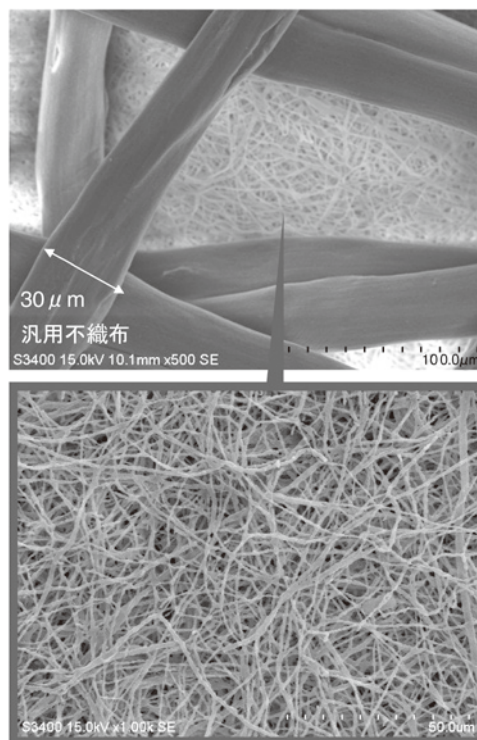


Figure2 PTFEナノファイバー不織布(SEM写真)

4. PTFEナノファイバー不織布 物性表

Table1にPTFEナノファイバー不織布の物性表を示す。不織布の平均流量径(ポアサイズ)は、繊維径および厚みに依存する。1μm強から2.0μm程度のポアサイズに対応する。そのため、ガーレー値が低く、高い通気性が得られる。

エレクトロスピンニング法で得られたナノファイバーは、安定した繊維径となるため、ポアサイズのばらつきが小さい。フィルターに使用した場合は高い分級性能が期待できる。不織布厚さは、ナノファイバーの堆積量を増すことで容易に調整が可能である。

Table1 PTFEナノファイバー 物性表

厚み [μm]	目付 [g/m ²]	平均 流量径 ¹⁾ [μm]	バブル ポイント 細孔径 [μm]	ガーレー ²⁾ [s]	通気性 [L/min/ cm ² /psi]
39	15.2	2.0	3.0	1.1	4.8
56	16.7	1.9	3.1	1.2	4.3
73	24.1	1.6	2.5	1.7	3.2
137	45.0	1.2	2.3	2.8	2.0

備考 1)測定法:ガスフロー法 試液:Galwick

2) JIS P 8117に準拠

5. エアフィルターとしての評価

PTFEナノファイバー不織布の評価として、空気中からゴミ、塵埃などを取り除き、清浄空気にする目的で使用するエアフィルターの一種であるHEPA (High Efficiency Particulate Air Filter)、ULPA (Ultra Low Penetration Air Filter)との膜の特性の比較評価を行った。

5-1) HEPAフィルターとの比較

HEPAフィルターの評価方法として、JIS Z 8122 によって「定格風量で粒径が $0.3\mu\text{m}$ の粒子に対して99.97%以上の粒子捕集率をもち、かつ初期圧力損失が 245Pa 以下の性能を持つエアフィルター」と規定されている。

一般的にHEPAフィルターとして使用されているグラスファイバーHEPAと比較した。結果をFigure3に示した。その結果PTFEナノファイバー不織布はグラスファイバーHEPAと比較して圧力損失を約1/2以下に低減させることができる。

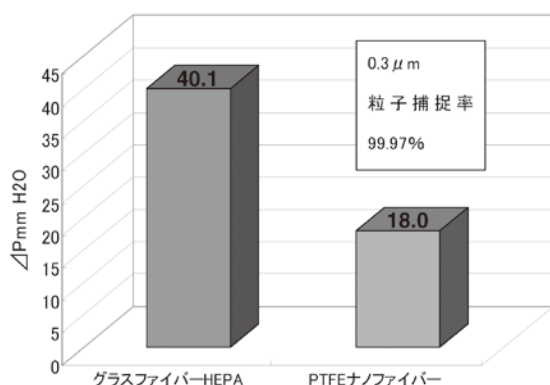


Figure3 HEPAフィルター評価結果

5-2) ULPAフィルターとの比較

ULPAフィルター (Ultra Low Penetration Air Filter)の評価方法としてJIS Z 8122 によって「定格風量で粒径が $0.15\mu\text{m}$ の粒子に対して99.9995%以上の粒子捕集率をもち、かつ初期圧力損失が 245Pa 以下の性能を持つエアフィルター」と規定されている。

一般的にULPAフィルターとして使用されている延伸PTFE膜(e-PTFE)と比較した。結果をFigure4に示した。

その結果、PTFEナノファイバー不織布は延伸PTFE膜(e-PTFE)と比較して圧力損失を約1/5以下に低減させることができる。

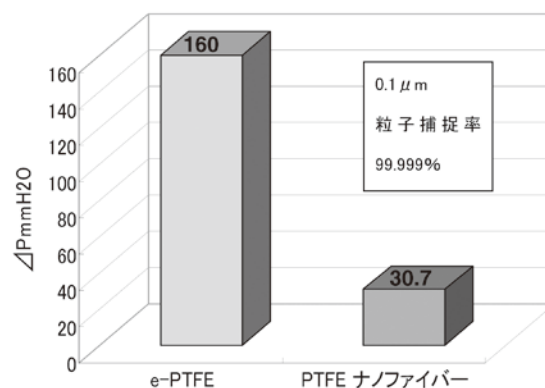


Figure4 ULPAフィルター評価結果

6. PTFE ナノファイバー不織布用途例

以上に述べた特異的な性能より、PTFEナノファイバー不織布は様々な分野への用途が考えられる。

- ◆ 酸、アルカリ、有機溶媒などの液体フィルター
- ◆ 腐食性ガス、高温下で使用するエアフィルター
- ◆ クリーンな環境のエアフィルター (半導体用途)
- ◆ UF膜、NF膜の基材
- ◆ 電池用セパレーター
- ◆ ベントフィルターなど

7. おわりに

PTFEナノファイバー不織布は、世界で初めて工業化された製品である。PTFEの素材の持つ特徴を生かした用途、小繊維径不織布の形態を最大限生かせる用途、エレクトロスピンニング法という製法を利用した機能付与など、さまざまな視点で用途展開が可能と考える。顧客ニーズに合致した提案を行い、さまざまな用途への展開を進めることで、社会の発展に貢献したい。

優れた耐熱性を有する マイカフィラーうず巻形ガスケット No.M590シリーズ



シールマーケティング開発本部 シール開発グループ

黒河 真也

Requirements for seal materials with high heat resistance have dramatically increased recently due factors including the yield improvements in cracking furnaces in petrochemical plants and more efficient operation of thermal power generation. Since 2006, we have sold spiral wound gaskets using mica filler with outstanding heat resistance. This product is popular to users as seal material for high temperature fluid. Features of our mica product are outstanding high temperature resistance and our not using glass fiber cloth which is inferior in steam resistance. Once again, we would like to introduce the mica filler spiral wound gasket.

Keywords:

heat resistance, spiral wound gasket, mica filler

1. はじめに

うず巻形ガスケットは、高温高压用として設計されたセミメタルガスケットであり、優れたシール性や耐熱性と高い信頼性から、石油化学、石油精製、造船、鉄鋼など、幅広い分野に使用されている。当社では2006年より、耐熱性に優れたマイカフィラーを用いたうず巻形ガスケットを販売しており、高温流体のシール材としてユーザーにご好評いただいている。近年、石油化学プラントにおける分解炉の高収率化や火力発電における発電効率向上に伴い、耐熱性の高いシール材の必要性は飛躍的に高まっている。そこで改めて、耐熱性に優れたマイカフィラーうず巻形ガスケットの製品紹介を行う。

2. 特徴

2-1) ガラスクロスレスマイカフィラー

マイカは鱗片状の天然鉱物であり、その分解温度は900℃以上と極めて高い耐熱性を有する。しかし、マイカ自身には結着力がないため、マイカをフィラーとして加工するためには、結着材である有機成分とともに、補強材としてガラス繊

維のクロスを用いたものが一般的である。

しかし、ガラス繊維は、高温水蒸気雰囲気下で重量減少をおこし強度低下することが知られており、また、バインダーとのぬれ性が悪いいため微小な空隙ができやすく、この空隙が漏洩経路となりシール性に影響する。そのため、耐蒸気性とシール性を考慮するとガラス繊維を排除する必要があるが、当社では、ガラス繊維を排除するために補強材を必要としないフィラー開発を行った結果、十分なフィラー強度を付与するためマイカ粒子の形状を最適化し粒子同士を緻密に積層化することにより、マイカフィラーうず巻形ガスケットに優れた耐蒸気性とシール性を付与することができた。

2-2) 耐熱性に優れたクロスレスマイカフィラー

本開発においては、ガラス繊維を使用しないだけでなく、粒子同士を結びつける結着材をも減らすことにも成功し、耐熱性能を左右する有機成分を大幅に低減することができた。その結果、当社のマイカフィラーうず巻形ガスケットは、極めて優れた高温シール性を有するものとなった。

2-3) 酸化性流体に適用可能

うず巻形ガスケットの高温用途の一つとして熔融塩系熱媒体 (HTS) が挙げられる。HTSは、高温で用いられること、そのため熱交換効率が低いこと、また消防法上非危険物扱いであることなど多くの利点がある反面、酸化性を有しているため、シールに用いる素材として膨張黒鉛や無機質フィラー材などでは劣化による漏洩リスクがある。このHTSに対しても、クロスレスマイカフィラーは酸化する成分を極限まで低減しており有用である。

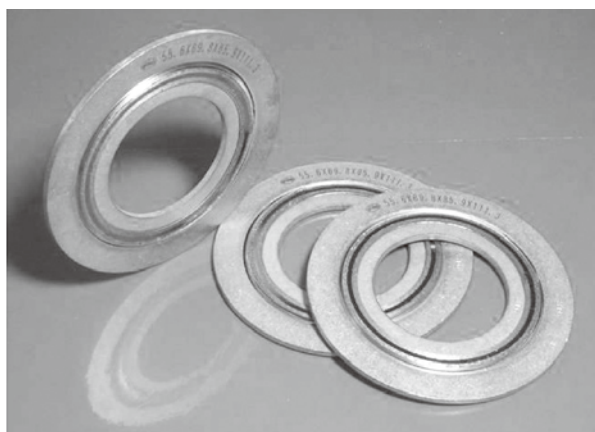


Figure1 No.M590シリーズ外観

3. No.M590シリーズの用途

3-1) 用途

石油精製、石油化学などの各種工業用配管フランジおよび各種機器接合部などに適用する。とりわけ、流動接触分解装置 (FCC) やエチレンプラント、高温加熱蒸気ラインなどの高温環境を有する箇所や、HTSを熱媒体とする熱交換器やポンプ、バルブなどに適する。

3-2) 適用流体

クラッキング装置における熱分解ガスや加熱蒸気などの超高温流体や、酸化性熔融塩からなる熱媒体 (HTS) などに適用する。

4. 製品構成

フィラーを全てクロスレスマイカフィラーとしたうず巻形ガスケット No.M590 シリーズと、クロスレスマイカフィラーの中間部にバルカホイル®フィラーを巻き込んだライン入り製品 No.M590L シリーズがある [Figure2]。金属製内外輪の有無により、以下の通り品番を定める [Table1]。

高压ガスなどの高い密封性が要求される箇所には No.M590L シリーズ、HTS などの酸化性流体には No.M590 シリーズを推奨する。

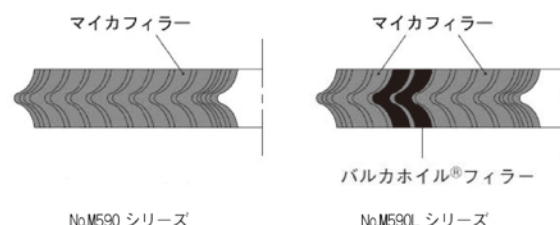


Figure2 No.M590, No.M590L シリーズ模式図 (断面形状)

Table1 マイカフィラーうず巻形ガスケット品番

構造	マイカフィラー製品	ライン入り製品
基本形	No.M590	No.M590L
外輪付	No.M591	No.M591L
内輪付	No.M592	No.M592L
内外輪付	No.M596	No.M596L

5. 製品寸法

JIS 10K ~ 63K、JPI150lb ~ 2500lb の他、ASME など各種規格管フランジ用に製作可能である。また、規格外フランジ用としても Table2 の範囲内で製作可能である。

Table2 製作可能寸法

呼び厚さ (mm) (厚さ記号)	製作可能内径 (mm)	
	最小	最大
4.5 (V)	10	2,500
6.4 (W)	300	2,500

6. 使用可能範囲、設計資料

マイカフィラーうず巻形ガスケットの使用可能範囲を Table3 に示す。推奨締付面圧および m, y 値を Table4, 5 に示す。

Table3 使用可能範囲

最高使用温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)
750	30

Table4 m, y 値

ガスケット係数 m	最小設計締付圧力 y (N/mm ²)
3.00	68.9

ガスシールの場合、上記 m, y 値によって求められるボルト荷重では十分な密封性が得られないことがあるため、最小締付圧力として Table5 に記載の推奨締付面圧を推奨する。JIS B 8265 付属書 3 に基づき計算された締付力 (Wm1 および Wm2) と Table5 の推奨締付面圧から計算した締付力とを比較し、最大の値以上で締め付けを行う必要がある。

Table5 推奨締付面圧

推奨締付面圧 (MPa)
70

内部流体圧力によるオープニングフォースは考慮されていない一般的な条件で必要な面圧である。

7. 特性評価

7-1) フィラー加熱劣化試験 (マイカフィラー)

各種フィラーを空气中で 600℃ に加熱し、その後の重量減少率を測定した [Table6]。マイカフィラーは加熱による重量減少が軽微であり、耐熱性に優れていることが確認された。

Table6 フィラー加熱劣化試験結果

フィラー材料	空气中 600℃×96Hr
	重量減少率 (%)
クロスレスマイカ	1.9
他社マイカ	4.8
他社バーミキュライト	6.0

7-2) No.M590 シリーズの熱サイクルシール特性

全量マイカ製品 No.M596 における 600℃ 加熱後の熱サイクルシール試験結果を Figure3 に示す。他社品は加熱後に大きな漏洩を示し、増締め効果も乏しいが、No.M596 は他社品と比較して優れたシール性を示しており、他社品と比較して高温シール性に優れていることが確認された。

試料寸法 : JPI 300Lb-2B (内外輪付)
加熱サイクル : 600℃×24時間×20 サイクル
面圧 : 150MPa
流体 : 窒素ガス
内圧 : 1.5MPa
シール試験方法 : 水没法

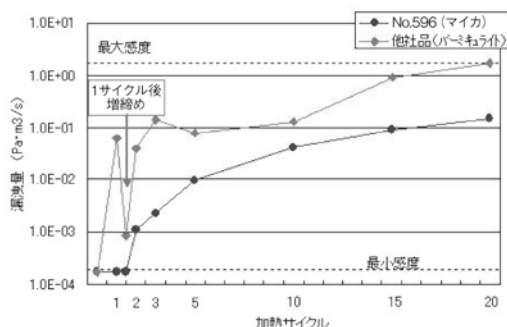


Figure3 No.M596 熱サイクルシール試験結果

7-3) No.M590L シリーズの熱サイクルシール特性

ライン入り製品 No.M596L における 600℃ 加熱後の熱サイクルシール試験結果を Figure4 に示す。他社品は加熱直後から漏洩を示し加熱サイクルの増加に伴い漏洩量も増大しており、増締め効果も乏しいが、No.M596L は、熱サイクルを受けても長期間密封状態を保持しており、他社品と比較して優れたシール性を示すことが確認された。

試料寸法 : JPI 300Lb-2B (内外輪付)
加熱サイクル : 600℃×24時間×20 サイクル
面圧 : 150MPa
流体 : 窒素ガス
内圧 : 1.5MPa
シール試験方法 : 水没法

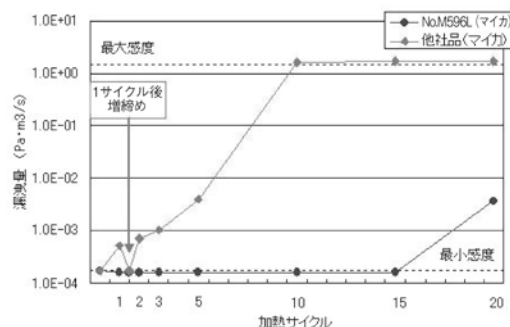


Figure4 No.M596L 熱サイクルシール試験結果

7-4) フィラーの HTS 耐性

各種フィラーを 400℃ に加熱した HTS へ浸漬し、その後の劣化状態を確認した [Table7]。クロスレスマイカフィラーは HTS 浸漬後も形状を保持し劣化状況は軽微であったことから、耐酸化性に優れていることが確認された。

Table7 フィラー劣化試験結果

フィラー材料	HTS 中 400℃×96Hr	
	劣化状態	
クロスレスマイカ	良好 形状保持	
他社マイカ	不良 破壊	

7-5) HTS 浸漬試験 (No.M590 シリーズ)

フランジ締結体の内側に流体として HTS を封入し、420℃ 加熱下で HTS に加圧した際の漏洩有無を評価した [Figure5, Table8]。No.M590 では HTS の漏洩が見られず、酸性性流体への耐性が高いことが確認された。

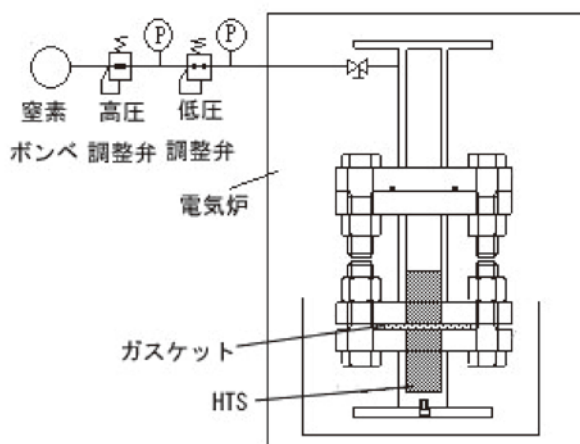


Figure5 HTS 浸漬試験概要図

Table8 HTS 浸漬試験結果

フィラー材料	漏洩痕跡
クロスレスマイカ	漏洩なし
他社マイカ	漏洩あり
試験条件 試料寸法：JIS 10K-25A 締付面圧：初期締付68.6MPa→41.2MPaに強制緩和 浸漬液：HTS（硝酸ナトリウム・硝酸カリウム・亜硝酸ナトリウム混合物、融点142℃） 加熱条件：420℃×144時間	

8. 実績

マイカフィラーうず巻形ガスケットの使用実績をTable9に示す。FCCやエチレンプラントなど600℃を超える事例も多く、高温蒸気やHTS用機器の実績もあり、高温用ガスケットとして十分な実績がある。

Table9 マイカフィラーうず巻形ガスケット使用実績

製品コード	プラント名・設備名	温度	使用期間*	使用状態
No.M596L	RFCC 設備	600℃	1年で定期交換	良好
No.M596L	FCC 設備	400-650℃	数ヶ月使用中	良好
No.M596L	エチレンプラント	700℃	不明	良好
No.M596L	エチレンプラント	350-500℃	4ヶ月で定期交換	良好
No.M596L	エチレンプラント	500℃	1年10ヶ月使用中	良好
No.M596L	ボイラー	400℃以上	11ヶ月使用中	良好
No.M596L	無機繊維製造ライン	650℃	1年2ヶ月使用中	良好
No.M596	HTS ポンプ	420℃	2年～6年使用中	良好

*2012年4月現在

9. おわりに

今回紹介したマイカフィラーうず巻形ガスケットは、優れた高温シール性と酸化性流体への適性を有しており高温環境で使用可能とした製品である。危険性の高い領域でこれまでに無い高いパフォーマンスを発揮するハイレードガスケットになったと自負している。

今後ともユーザーの抱える困難な課題の解決に貢献をしていきたい。

火力発電所向け グランドパッキンの ラインアップ紹介



シールマーケティング開発本部 シール開発グループ

出口 善久
佐藤 広嗣

Following the suspension of nuclear power plant operations, the importance of thermal power plants has increased. Gland packing is used as dynamic seal material, such as boilers, fuel tanks, water supply machines, steam condensers, and stack gas desulfurization facilities in thermal power plants. Suitable selection becomes very important for the prevention of accidents since these products are used under very harsh conditions. Here, gland packing suitable for thermal power plant equipment is introduced.

Keywords:

thermal power plant, gland packing

1. はじめに

先の東日本大震災以降、定期メンテナンスで停止した原子力発電所の再稼動がかなわず、ほとんどの電力会社では電力供給のために停止していた火力発電所を再稼動させており、火力発電への依存が高まってきている。こうした中、火力発電においては、高温高圧化による効率の向上が検討されており、加えて、これまでの石油ガスの他にシェールガスやメタンハイドレートを燃料とした発電も期待されてきている。

グランドパッキンは、火力発電設備における燃料タンク、ボイラー、蒸気タービン、給水器、復水器、通風器などのバルブ、回転ポンプに使用されるが、中には流体圧力や温度が高く非常に厳しい使用条件があり、事故防止のためには適切な選定が肝要である。

本報では火力発電所設備に適したグランドパッキン製品のラインアップを紹介するとともに、各製品の特徴を紹介する。

2. 各設備への推奨グランドパッキン

火力発電所では、ボイラー、燃料タンク、給水器、復水器、排煙脱硫装置などに使用されるバルブ・ポンプの動的シールに

グランドパッキンが使用されている。Figure1は各設備に推奨する当社のグランドパッキンを示している。流体の圧力、温度、弁の種類に合わせて適切なグランドパッキン選定が必要であるため機器に応じた選定について以下に述べる。

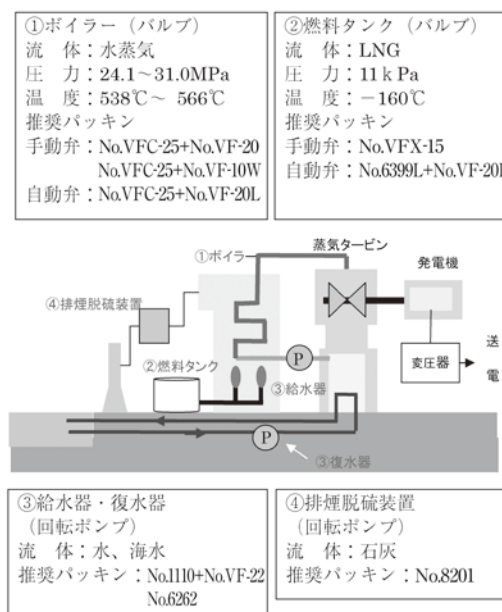


Figure1 火力発電設備と推奨パッキン

2-1) ボイラー (バルブ)

ボイラーは流体圧力が約30MPa、温度が600℃近くにもなり非常に厳しい条件となる。グラントパッキンには高温で気化減量しないこと、高圧で破壊されないことが求められる。

Table1にボイラー機器の手動弁と自動弁に推奨するグラントパッキンを示す。自動弁には軸を往復させる力が小さい摺動性の高いパッキンが望まれる。以下に各パッキンの特徴を概説する。

Table1 ボイラーに推奨するグラントパッキン

	アダプター パッキン	メイン パッキン	温度範囲	最高使用 圧力
手動弁	No.VFC-25	No.VF-20	-200～650℃	43.1MPa
	No.VFC-25	No.VF-10W		77.6MPa
自動弁	No.VFC-25	No.VF-20L	-200～400℃	43.1MPa

No.VF-20、No.VF-20L (メインパッキン)

膨張黒鉛ヤーンをインコネルワイヤーで補強することで耐圧性を向上したパッキン。パッキン表面ではなく、パッキン内にワイヤーを編組することで、摺動性が失われず、軸の損傷が少ない。比較的安価で耐熱性、耐薬品性に極めて優れており、幅広く使用されている。自動弁向けには潤滑剤を含有させ摺動性とシール性を向上させたNo.VF-20Lが最適である。

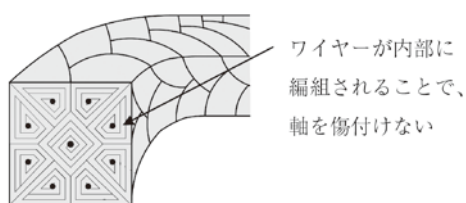


Figure2 No.VF-20, No.VF-20L

No.VF-10W (メインパッキン)

膨張黒鉛テープと金属網を層状に配して成形したパッキン。金属ワイヤーを用いたNo.VF-20シリーズに比べて金属補強材の比率が高いため、高圧な条件にも対応可能となっている。

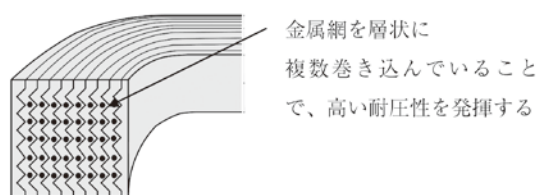


Figure3 No.VF-10W

No.VFC-25 (アダプターパッキン)

膨張黒鉛ヤーン、炭素繊維、インコネルワイヤーを編組し、

強度を向上させたパッキン。No.VF-20と同様に、硬度の高いインコネル線を内部に編組しているため軸へのダメージを低減できる。

2-2) 燃料タンク (バルブ)

燃料タンクのバルブでは流体圧力は比較的低いものの、LNG (液化天然ガス) などの極低温流体が流されるため、極低温条件下でも凍結や破壊がない製品が求められる。

Table2に燃料タンクの手動弁と自動弁に推奨するグラントパッキンを示す。以下に各パッキンの特徴を概説する。

Table2 燃料タンクに推奨するグラントパッキン

	アダプター パッキン	メイン パッキン	温度範囲	最高使用 圧力
手動弁	No.VFX-15		-200～650℃	25.9MPa
自動弁	No.6399L	No.VF-20L	-50～300℃	25.9MPa

No.VFX-15 (単一使用)

膨張黒鉛ヤーン一本一本に金属線を巻きつけることによって、シール性と耐圧性の両立を達成したパッキン。膨張黒鉛は極低温においても物性変化がほとんどなく凍結や破壊することがない。No.VFX-15を用いればアダプターパッキンが不要で単一使用が可能であることから、管理が容易という利点もある。

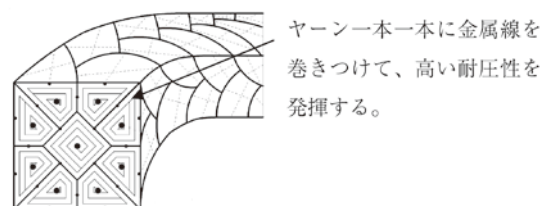


Figure4 No.VFX-15

No.VF-20L (メインパッキン)

特徴は前述のとおりであるが、材料構成が膨張黒鉛と金属ワイヤーであるため、極低温条件においても物性変化がほとんどなく、凍結や破壊がない。

No.6399L (アダプターパッキン)

高強度の炭素繊維糸を編組しているため、高い耐圧性を発揮するアダプターパッキン。

2-3) 給水器・復水器 (回転ポンプ)

回転ポンプは、バルブに比べて摺動速度が速いため、軸との摩擦によって発熱してパッキンが焼き付いて、破壊されることがある。そのため、回転ポンプに使用されるグラントパッキン

には摺動性と耐摩耗性が求められる。

Table3に給水器・復水器に推奨するグラントパッキンを示す。以下に給水器・復水器に推奨するグラントパッキンの特徴を示す。

Table3 給水器・復水器に推奨するグラントパッキン

アダプターパッキン	メインパッキン	最高温度	最高圧力	最高速度
No.1110	No.VF-22	350℃	2.0MPa	20m/s
No.6262		260℃	1.6MPa	20m/s

No.VF-22 (メインパッキン)

膨張黒鉛ヤーンの編組パッキンであるが、金属を一切含まないため、摺動性が高く、軸を傷付けにくいパッキン。摺動速度の速い回転ポンプに適している。

No.1110 (アダプターパッキン)

軟質なアルミニウムと黒鉛から構成されていることから、耐圧性と摺動性を両立している。安価であることからアダプターパッキンとして広く使用される。

No.6262 (単一使用)

高強度の炭素繊維糸にPTFEディスパージョンと潤滑油を含有させることで高い摺動性と耐摩耗性を達成したパッキン。アダプターパッキンを用いずに単一使用が可能であることから、管理が容易という利点がある。

2-4) 排煙脱硫装置

排煙脱硫装置の回転ポンプが対象とする流体は、排気ガス内のSO_xを除去するための水と石灰のスラリー流体であるため、パッキンが研磨されやすい条件となる。そのため、排煙脱硫装置には耐摩耗性が優れたNo.8201が適している。

No.8201

高強度のアラミド繊維で編組したパッキン。優れた耐摩耗性を有しており、高寿命であることからメンテナンス回数の低減が望める。

3. おわりに

本報では、火力発電所における設備に適したグラントパッキンラインアップを紹介した。エネルギー供給の火力発電への依存が高まる今、より安全・安心なグラントパッキン選定に役立てば幸いである。今後も、社会に貢献できる製品の開発のため

に一層の努力をしたいと考える。

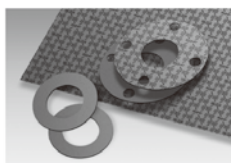
地球に、そして人にやさしいモノづくり……

バルカー ノンアスガスケット®



ブライトハイパー®(MF300)

バルカーのノンアスガスケット®が更に使いやすく進化いたしました。
高温・長期安定性はもとより、耐薬品性を更に向上させ、より広域の用途に適用可能となりました。
ユーティリティからプロセス用途、白色を必要とするラインまで幅広く使用でき、複数の流体に対するガスケットの使い分けを緩和する製品です。



ブラックハイパー®(GF300)

多くの実績に裏付けされた信頼性と、高いコストパフォーマンスでノンアスガスケット®のベストセラーです。

■MF300・GF300 共通

●使用温度範囲: -200~300℃ ●最高圧力: 3.5MPa
※カタログ、技術資料の注意事項をご参照下さい。



〒141-6024 東京都品川区大崎2-1-1
ThinkPark Tower 24F
TEL.03(5434)7370(代) FAX.03(5436)0560(代)
<http://www.valqua.co.jp>

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
■新城事業所	☎(0536)23-2158 Fax.(0536)23-3804
■奈良事業所	☎(0747)26-3330 Fax.(0747)26-3340

●札幌営業所	☎(011)242-8081 Fax.(011)242-8082
●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
●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
●四日市駐在所	☎(059)353-6952 Fax.(059)353-6950
●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	☎(097)555-9586 Fax.(097)555-9340

VALQUA TECHNOLOGY NEWS

夏号 No.23 Summer 2012

発行日・・・2012年7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・・・株式会社千修プリコム

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)5434-7431 Fax.(03)5436-0579

<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。