

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年前の影響がではじめている。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、ガスケットでは、うず巻き形ガスケットやメタルジャケット形ガスケットなど、金属材料と複合されたセミメタルガスケットで、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スケット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スケットとなっている。またグラند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、ソフトガスケットおよびグラند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スケット

ソフトガスケットの代表である石綿ジョイントシートガスケットは、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スケットであり、最も汎用性の高いガスケットとして、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スケットは、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スケットはなく、条件によって使い分ける、あるいは、ガスケットのタイプを変えて（たとえばうず巻き形ガスケットに置き換えるなど）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スケットについて述べる。

2.1 各種ノンアスベストソフトガスケットの特徴

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、カーボンプラック、充填剤などが、使用される。また、着色のために顔料を用

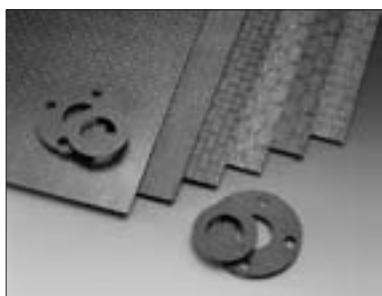


写真1 ノンアスベストジョイントシート

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

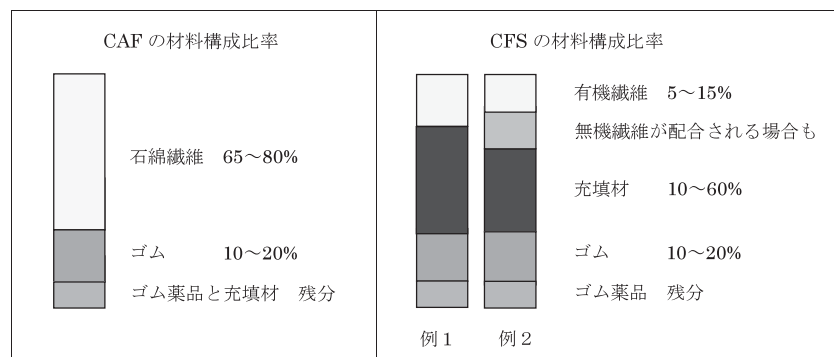


図1 ジョイントシートの材料構成図

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、耐薬品性に優れるシール材である。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、取扱いに難があり、高温で使用了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。

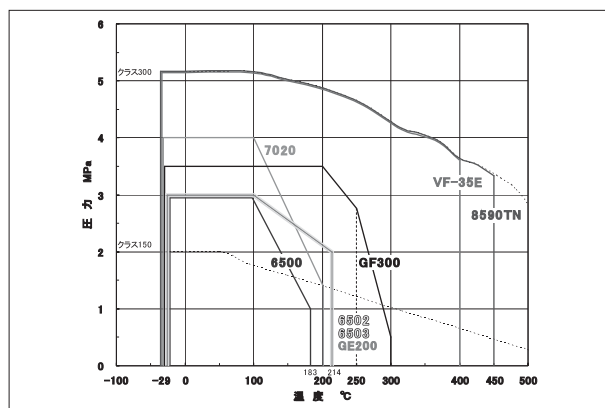
2. 1. 5 その他のガスケット



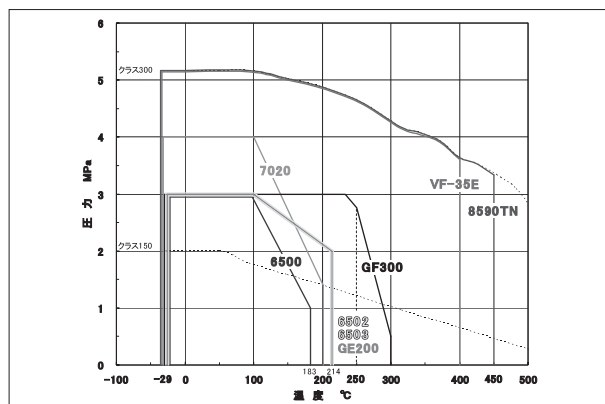
写真3 ノナスーパー

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

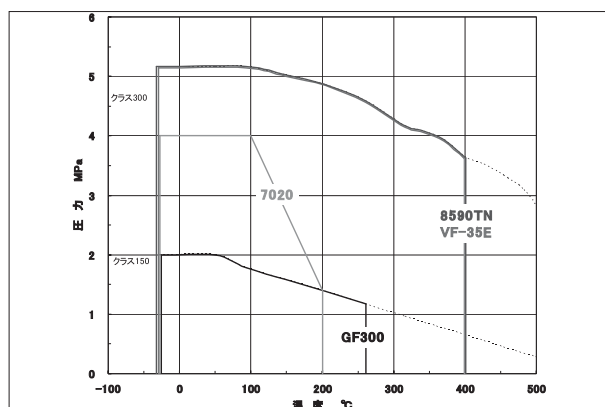


対象流体：水、海水、温水、熱水、水蒸気、過熱蒸気、等
図2 水系流体でのソフトガスケットの選定基準



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

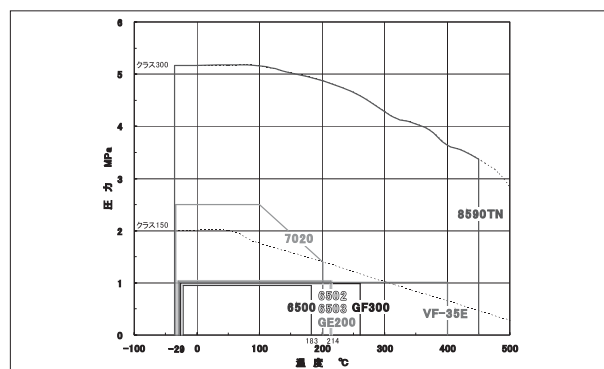


対象流体：一般的な溶剤、芳香族炭化水素（B. T. X等）、ケトン類、アミン類、エーテル類、鉱酸、有機酸、混酸、酸性溶液等の酸類、アルカリ類、等

図4 溶剤、腐食性流体での使用基準

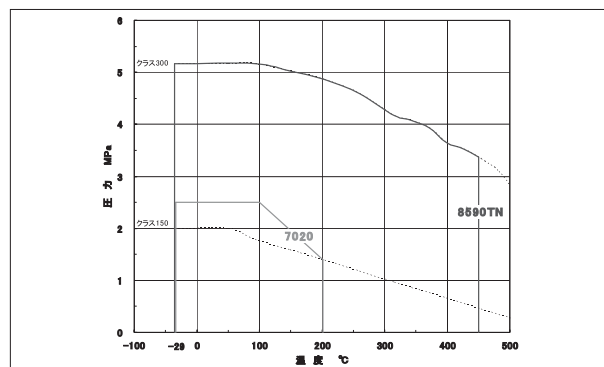
表1 選定対象ガスケット

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



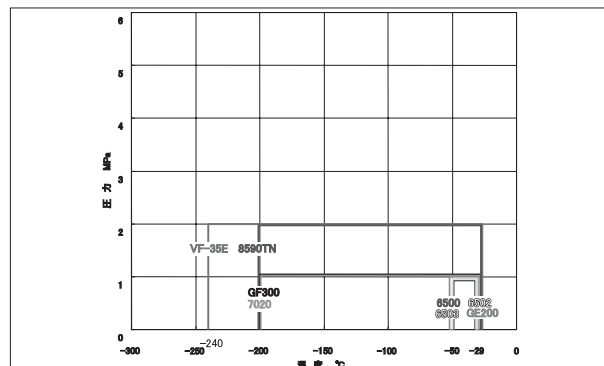
対象流体：空気、窒素ガス、不活性ガス、等

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

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®）グラントパッキンは、炭素繊維、膨張黒鉛、PTFEを主材にしたノンアス®グラントパッキンが使われている。

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®グラントパッキンを中心に、その紹介と、石棉グラントパッキンとノンアス®グラントパッキン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®グラントパッキン推奨組合せ

用途	ANSI Class	アダプターパッキン	メインパッキン	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） 自動弁 （CONTROL弁）	2500	No.VFC-25	No.VF-20LF	650℃（400℃）
		No.VFC-25	No.VF-20L	400℃
	1500	No.6399L	No.VF-20L	350℃
		No.VFC-25	No.VFT-22	300℃
		No.6399L	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

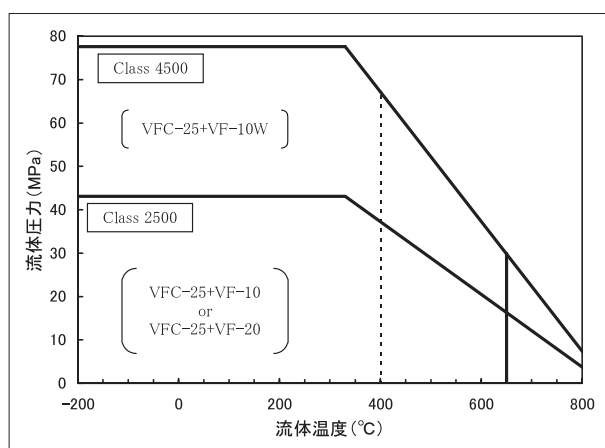
表4 グラントパッキン構成材料一覧

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。



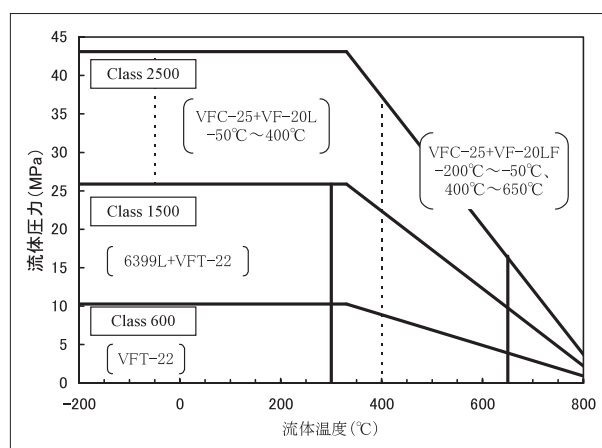
温度限界は不活性雰囲気下では650℃、大気中や強酸化剤がある場合は400℃

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℃、大気中や強酸化剤がある場合は400℃

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)

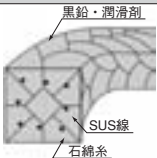
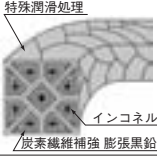
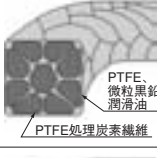
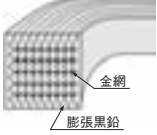
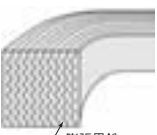
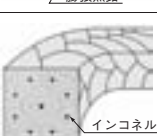
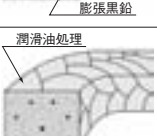
3. 3. 2 バルブ用ノンアス®グランドパッキンの標準締付け面圧

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ー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®グラント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®グラントパッキンの組合せー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℃ (400℃)	24.5	39.2			58.8
	VFC-25+VF-10	650℃ (400℃)	24.5	39.2			
	VFC-25+VF-20	650℃ (400℃)	29.4	39.2			
手動弁 (ON-OFF弁) 自動弁 (CONTROL弁)	VFC-25+VF-20LF	650℃ (400℃)	19.6	34.3		39.2	
	VFC-25+VF-20L	400℃	19.6	34.3		39.2	
	6399L+VF-20L	350℃	19.6		34.3		
	VFC-25+VFT-22	300℃	24.5		34.3		
	6399L+VFT-22	300℃	24.5		34.3		
	VFT-22	300℃	24.5				
	1271 (参考)	500℃	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℃、大気中や強酸化剤がある場合は400℃まで

3. 4 バルブ用グラントパッキンの特性比較一覧
バルブ用ノンアス®グラントパッキンは、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®グラントパッキンと石綿グラントパッキンについて、主要6項目の特性比較一覧を示す。(表8)

表8 バルブ用グラント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 グラントパッキンについて

弊社バルブ用ノンアス®グラント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、石綿グラントパッキンとノンアス®グラント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。