

平成 19 年度

石綿含有シール材の取り外し及び非石綿シール材の  
取扱いマニュアル

平成 20 年 3 月

中央労働災害防止協会  
労働衛生調査分析センター

(はじめに)

石綿については、平成7年4月に石綿のうち特に有害性の高いアモサイト及びクロシドライトの製造、輸入、譲渡、提供又は使用（以下「製造等」という。）が禁止され、また、平成16年10月に石綿を含有する建材、ブレーキ材等の摩擦材及び接着剤の製造等が禁止された。厚生労働省においては、その後も、石綿含有製品の代替化の状況を踏まえつつ、全面禁止についての検討を進め、平成18年9月1日から、石綿含有製品の製造等を全面禁止したところである。ただし、国民の安全上の観点等から非石綿製品への代替化には実証試験が必要である化学工業、鉄鋼業等の既存施設で使用される特殊な用途のジョイントシートガスケット等については、ポジティブリストに掲げられ、例外的に当分の間、製造等の禁止が猶予されている。

ポジティブリストに掲げられたジョイントシートガスケット等石綿含有シール材についても、早期の非石綿製品への代替化が強く求められており、今後、更に代替化が促進され、非石綿シール材の使用が増加していくことが予測される。このことから、本事業においては、「石綿含有シール材の取り外し及び非石綿シール材の取扱いマニュアル」を取りまとめることとし、「代替品交換施工者向けマニュアル作成委員会」（委員長：森崎 繁 産業安全技術協会技術顧問）を設置して検討を行った。

本マニュアルの目的は、化学工業等において広く多用されてきた石綿含有シール材が、今後、プラント等の装置の改修・メンテナンス時に非石綿シール材に逐次代替化されていくことから、①石綿含有シール材の取外し時における石綿ばく露防止についての基本的な注意事項や、②非石綿シール材を用いてフランジ締結作業を実施する際の基本的な技術事項を示すことである。特に、非石綿シール材は、使用されている素材が膨張黒鉛等種々であり、従来の石綿含有シール材と比較して、取扱い技術がシール材の素材ごとで異なることや、取扱い技術の難易度が高いことから、一定の知識を有して取り扱わないと、配管から液漏れ等を生じ、将来的に重大な事故に結びつく可能性もある。したがって、本マニュアルでは、基本的な非石綿シール材の選定及びボルトの増締め等における取扱い技術に係る初歩的な考え方を示すこととしたものである。なお、より高度の取扱い技術を必要とするときには、各シール材メーカーの担当者とよく打ち合わせを行ったうえで、取扱うことを希望する。

(委員名簿)

(五十音順：敬称略)

<委員>

岩崎 幸弘 三井化学株式会社 機能材料事業本部 開発センター  
木村 隆 東燃化学株式会社 環境安全部セーフティアドバイザー  
後藤 圭太 昭和エンジニアリング株式会社 工務部設備技術グループ 課長補佐  
清水 信之 (社) 日本化学工業協会 環境安全部 部長  
中田 幹俊 住友化学株式会社 生産技術センター材料設備技術グループ 主席研究員  
○森崎 繁 (社) 産業安全技術協会 技術顧問  
山岸 幹 旭化成ケミカルズ株式会社 環境安全部 副部長  
渡邊 知寛 三菱化学エンジニアリング株式会社 鹿島支社 受託設備機械1グループ チームリーダー  
(○：委員長)

<厚生労働省>

和田 訓 厚生労働省安全衛生部化学物質対策課 化学物質情報管理官

<事務局>

工藤 光弘 中災防 労働衛生調査分析センター 上席専門役  
荒木 明宏 中災防 労働衛生調査分析センター技術開発課 課長  
相羽 洋子 中災防 労働衛生調査分析センター技術開発課 課長補佐

## 目次

(はじめに)

(委員名簿)

<b>第1章 シール材の概要</b> .....	1
1. はじめに .....	1
2. シール材の基本 .....	1
2.1 ガスケット .....	1
2.2 パッキン .....	3
3. シール材の種類と使用範囲 .....	4
3.1 ガスケット .....	4
3.2 パッキン .....	7
<b>第2章 石綿含有シール材の取り外し時の基本的注意事項</b> .....	9
1. はじめに .....	9
2. 計画 .....	9
2.1 事業者の責務 .....	9
2.2 処理計画 .....	9
3. 除去作業 .....	10
3.1 通常の場合 .....	10
3.2 固着が進み容易に取り外せないケース .....	11
3.3 保護具と掃除機 .....	13
4. 保管 .....	14
4.1 除去現場での保管 .....	14
4.2 事業場での保管 .....	14
4.3 保管容器 .....	14
<b>第3章 非石綿シール材の組み立て要領</b> .....	17
1. はじめに .....	17
2. 準備作業 .....	17
2.1 工具の準備 .....	17
2.2 ボルト/ナット/座金 .....	17
2.3 フランジ .....	18
2.4 ガスケット .....	21
3. 組立て手順 .....	22
3.1 ガスケットの取付け .....	22
3.2 ボルトの締付方法 .....	24

3.3	ボルト荷重と締付トルク	24
3.4	ボルトの締付け	25
4.	増締め	27
4.1	ホットボルテイング	27
4.2	コールドボルテイング	28
4.3	増締め時におけるガスケット種類別の注意点	28
5.	解体	28
6.	タグ付け	29
6.1	ガスケット管理面での効果	29
6.2	取替え作業における効果	29
7.	各ガスケットの注意点	29
7.1	ジョイントシート	30
7.2	PTFE シートガスケット	31
7.3	PTFE 被覆ガスケット	32
7.4	膨張黒鉛シート	33
7.5	コルゲートメタル黒鉛被覆ガスケット (CMGC)	34
7.6	膨張黒鉛貼カンプロファイルガスケット	35
7.7	うず巻形ガスケット	36
	別紙	39
第4章	非石綿シール材の取付け時の不具合要因と防止	45
1.	不具合の要因	45
1.1	フランジの不具合	45
1.2	ガスケットの不具合	45
1.3	ボルト・ナット類の不具合	46
2.	不具合の防止	46
第5章	各種ガスケットのトラブル事例	49
1.	ジョイントシート	49
1.1	トラブル事例	49
1.2	個別事例	52
1.3	非石綿ジョイントシートガスケットを使う場合の注意事項	52
2.	うず巻形ガスケット	53
2.1	トラブル事例	53
2.2	個別事例	53
3.	PTFE 被覆ガスケット	54

3.1	トラブル事例 .....	54
3.2	個別事例 .....	55
3.3	非石綿 PTFE 包みガスケットを使う場合のその他注意事項 .....	58

## 第1章 シール材の概要

### 1. はじめに

化学工業の設備に使用するガスケットやパッキン（「シール材」と呼ぶ。）を適切に選択し、正しく使用することは、作業員や設備の安全確保、更に国民の安全確保を図る上で、極めて重要である。

過去にシール材として多用された石綿製品が事実上「万能」で、ほとんどの用途に対応できていたのに対し、非石綿製品は使用温度、圧力、流体によって使用できる製品が異なるため、使用条件を明確にした上で、適切な製品を選定する必要がある。

平成18年の労働安全衛生法施行令改正による石綿製品の製造、使用等禁止の対象外の用途・条件で用いられるシール材（「ポジティブリスト品」と呼ぶ。）においても、代替化の検討が進展しており、概ね代替化できる目処が得られている。

このような状況から、化学工業の設備に使用するシール材としては、石綿製品と種々の代替品とが混在して使用されている状況である。特に同一設備内で多種のガスケットを使用する場合、材質等を間違えないよう、フランジとガスケット双方に表示をし、使用箇所・使用条件ごとに型式や交換履歴をリストに記載し、寿命管理を行うことが必要となる。

本章では、各種のシール材の材質別の特徴と適応する用途を平成19年末時点の知見をもとに取りまとめ、更に、それらの取り扱い上の一般的注意点を述べる。

### 2. シール材の基本

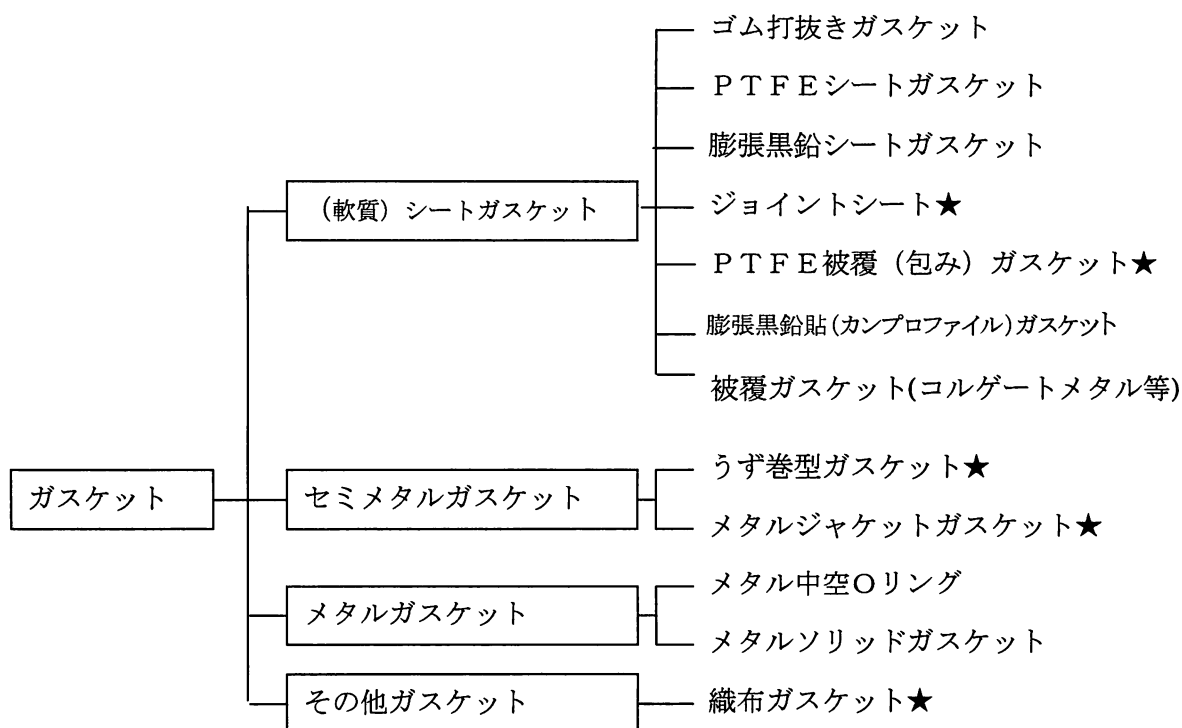
#### 2.1 ガスケット

静的シールの代表として、機器や配管のフランジ接合部に使用するものをガスケットと呼んでいる。ガスケットは、そのフランジ規格の種類、圧力段階、配管口径（例えば、JIS 10K, 100A; ANSI 150RTG, 4in.）、ガスケット座の形式に適合したものを使用する。

ガスケット座の形式（ガスケットの固定方法）としては、下記の種類がある。

- 平面座（レイズドフェース）：周囲のボルトで囲む方式で、一般的に使用される。
- 全面座（フラットフェース）：フランジ全面を密着させる方式で、均一な締付けが困難なため圧力配管にはあまり使用されない。
- 特殊な形式として、はめ込み形、みぞ形、テーパ形などがあり、高圧系では金属製のメタルガスケットを装着するリングジョイント式がある。

ガスケットは、その構造や組成からシートガスケット、セミメタルガスケット、メタルガスケット、その他のガスケットに大別され、更に図 1.1 の種別に区分される。



★：過去に国内メーカーが石綿製品を供給していたガスケット種別

図 1.1 ガスケットの種別

シートガスケットは、軟質ガスケット又は非金属フラットガスケットとも呼ばれ、膨張黒鉛や PTFE のシートのほか、繊維成分にゴムや充填材等を混和しシート状に加熱圧縮したジョイントシート（石綿系または非石綿系）などが含まれる。<sup>(注)</sup> また、これらを金属で補強したり被覆したのも、シートガスケットに分類される。

(注) 「ジョイントシート」の語は、シートガスケット全体（ゴムシートを除く）を指す意味で使われることがあるが、本マニュアルでは上記の意味で使用する。

ガスケットは、ゴムシートなどを除き、多くの成分から構成される。ガスケットの選定に当たっては、その種別を理解し、使用温度、使用圧力や使用流体の特性（腐食性、酸性、浸透性など）に応じて、各成分の材質として適切なものを使用する必要がある。

ガスケットの締付けに当たっては、均一な締付けにより適正な面圧を確保することが、気密性の確保の立場から最も重要である。特に、管とフランジの接合部が差し込み溶接（ス



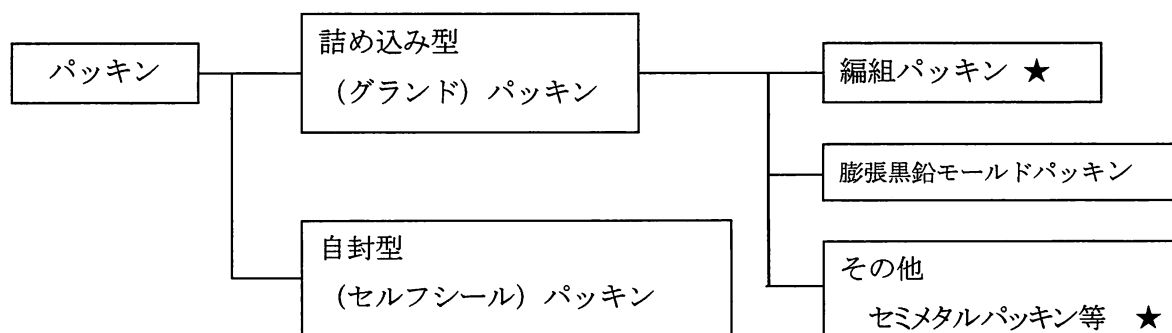
リップオン) 構造の場合は、フランジ面が平滑であることを確認してからガスケットを取り付ける必要がある。また、高圧用途では締付力管理のためにトルクレンチを使用する。

ガスケット成分中にゴムを含有させたものは加温下で長期使用することでゴム分が減り、締付応力の緩和(緩み)を生じる。またフッ素樹脂系のもは変形(クリープ)しやすく、膨張黒鉛系のもは高温での使用で酸化により成分が消失したり劣化する。このようにガスケットは長期使用に伴い、これら素材劣化のほか、配管系が受ける荷重、温度変化による熱応力、振動などにより、変形・硬化などの劣化を起こす。従って、運転開始後にフランジを開放した場合、復旧に際しては新品のガスケットに置き換えるのが必須である。

## 2.2 パッキン

弁類や回転機などで、可動部とケーシングとの接合部の密閉用に使用されるものを、動的シール、または通常パッキンと呼んでいる。

パッキンをその構造や組成から大別すると図 1.2 のようになる。



★：過去に国内メーカーが石綿製品を供給していたパッキン種別

図 1.2 パッキンの種別

弁類には、弁軸から内容物が漏出するのを防ぐグラントシール用のパッキンと、ボンネット部に組込まれるボンネットガスケットが使用される。グラントシール用のパッキンは、内部流体の遮断と、弁軸との摺動抵抗の抑制を図るため、慎重に取り扱う必要がある。

弁類の開閉における適正トルク(摺動抵抗)は、手動弁か、モーター駆動弁か、制御弁かで異なる。特に制御弁の場合は、弁軸とパッキンとの隙間が適切なものを採用するとともに、パッキン締付圧を適正範囲に管理することで、シール性と摺動性の双方を確保することができる。パッキン締付圧はグラントボルトの締付トルクによって左右されるので、バルブメーカーやパッキンメーカーの締付指針を参考にする。

ポンプなど回転機の軸封部のシール用パッキンについては、使用温度のほか、摺動部の

相対速度、即ち、回転式ポンプか往復動ポンプ（プランジャーポンプ）か、などで使用されるものが異なるので、メーカーと相談して取り扱い方法を決定している。

### 3. シール材の種類と使用範囲

#### 3.1 ガasket

ガasketの種類と適用範囲について以下に述べる。各種別ごとの適用範囲の例をまとめたものを図 1.3 に示す。

##### 3.1.1 シートガasket

###### ①ゴム系：

100℃以下の低温・低圧用、特に水、空気、不活性ガス用には、一般的にはゴムシート打抜きガasketが使用される。なお、流体が油類や溶媒の場合は、溶解されない種類のゴム（架橋ゴム、シリコンゴムなど）を選定する必要がある。

ゴムを耐熱性有機繊維（アラミド）等で補強したものは、100℃以下かつ 3MPa 以下の一般用途のほか、一定の要件のもとでは 200～260℃まで使用可能とされる。

###### ②膨張黒鉛（フレキシブルグラファイト）系：

200～400℃の範囲で使用可能であるが、変形に弱い、固着しやすいなどの難点がある。このため、耐熱性繊維や金属薄板で補強したものなど、これら欠点を改良したものが使用されている。装着する際の締付圧力の管理、増締めは使用開始後（昇温後）速やかに実施する等、取り扱い上の注意が必要である。また 300℃以上の高温では長期使用で酸化が進む点にも注意する。

フッ素樹脂を添加した膨張黒鉛シートは 300℃以下で多少の腐食性、低酸化性、又は浸透性流体に使用される。

なお、1.5m以上の大口径のものは、何枚かに分けて製作し接着する必要があり、納期等の制約がある。

###### ③フッ素樹脂（PTFE、PFA）系：

100～200℃（条件によっては 260℃）の範囲で、腐食性、酸化性の流体に使用される。単体ではクリープ変形しやすい機械的特性を補強するため、充填材を配合したもの、内部の芯材をフッ素樹脂で包む構造としたものがある。但し、添加される充填材や内部の芯材は、使用する流体の特性に合わせて慎重に選定する必要がある。なお、ハロゲンなど浸透性のある薬品用途でも、条件によって使用可能なものがある。

###### ④無機鉍物系：

無機素材にゴムを添加したものは 350℃まで、パーミキュライトにゴムを添加したものの（輸入品）は 450℃以下で酸性やアルカリ性が高くない場合に使用され、金属薄板

補強付きのパーミキュライト系シート（輸入品）は、高酸化性（硝酸、発煙硫酸など）物質を含め、条件によっては 980℃まで使用可能とされる。

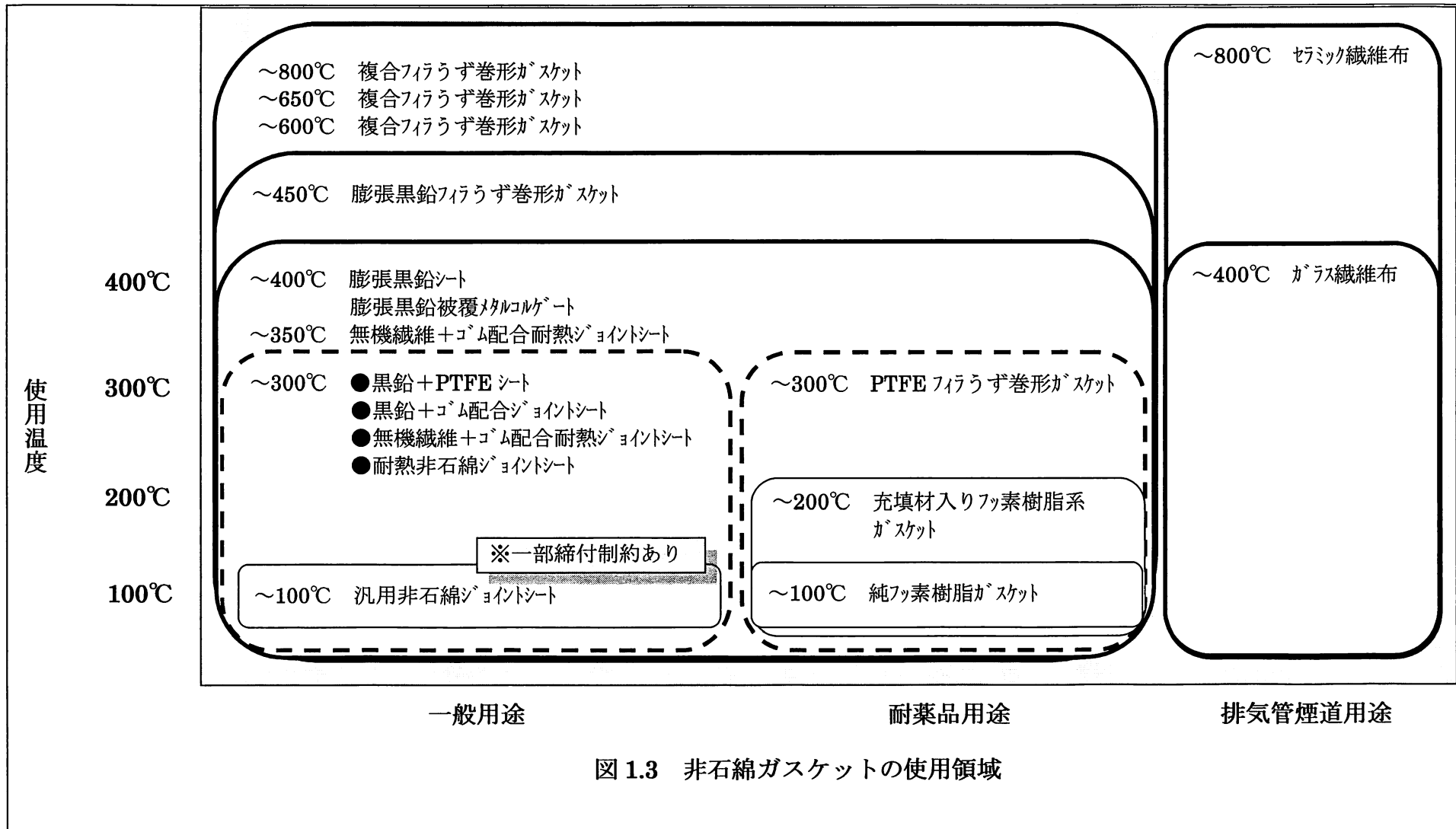
これらのほかに石綿系があり、既存の装置に平成 18 年以前から組み込まれて使用中のものは、多くがこれに該当する。取り外し作業や廃棄物処理について、法令に沿った特別な注意が必要である。

### 3.1.2 うず巻形ガスケット

うず巻形ガスケットにおいては、フィラーの材質、フープ（金属部）の材質、そして内外輪の有無と材質について、メーカーの型番で指定されている。うず巻形ガスケットは金属フープによる高い復元性を有するが、座屈変形（バックリング）するとシール性が失われるため、膨張黒鉛やフッ素樹脂（PTFE）をフィラーとしたガスケットを平面座フランジで長期間使用する場合は内輪付きとし、高圧用には内外輪付きとする。また金属部素材は耐熱性、耐食性を考慮して選定する。

- ①膨張黒鉛やフッ素樹脂（PTFE）をフィラーとしたもの：260℃、15～20MPa まで使用可能。
- ②有機・無機繊維で補強した膨張黒鉛をフィラーとしたもの：260～300℃（腐食性、酸化性や浸透性のない用途では 300～400℃）、又は高圧用として使用可能。
- ③パーミキュライトをフィラーとしたもの（輸入品）：高温流体、特に腐食性、酸化性、浸透性の流体（塩素、塩酸、濃硫酸、硝酸、熔融ナトリウム、硝酸塩系熱媒等）で 300℃以上の場合に使用される。
- ④膨張黒鉛フィラーと無機素材（マイカ、セラミック）フィラーとを組み合わせた複合型うず巻形ガスケット：腐食性、酸化性、浸透性の流体（塩素、塩酸、濃硫酸、硝酸、熔融ナトリウム、硝酸塩系熱媒等）で 300℃以上の場合や、腐食性、酸化性、浸透性がなくても 400℃以上の場合に検討対象となる。膨張黒鉛層が内部流体や高温空気にさらされないよう、締付上の注意事項を遵守する必要がある。

これらのほかに石綿系うず巻形ガスケットがあり、既存の装置に平成 18 年以前から組み込まれて使用中のものは、これに該当する可能性がある。取り外し作業や廃棄物処理について、法令に沿った特別な注意が必要である。



## 3.2 パッキン

パッキンの種別と適用範囲について以下に述べる。各種別ごとの適用範囲の例をまとめたものを図 1.4 に示す。

### 3.2.1 バルブのグランドパッキン

- ①炭素繊維+PTFE 繊維の編組パッキン：腐食性のない流体では 300℃まで使用可能。
- ②膨張黒鉛の編組パッキン：腐食性や酸化性のない流体では 400℃まで使用可能。
- ③PTFE 編組パッキン：強酸・強アルカリに対して 230℃前後まで使用可能。
- ④流体に接する部分（アダプター）に、耐熱無機繊維（セラミックファイバー）や耐熱性金属補強付き膨張黒鉛を使用した複合型パッキン：400～600℃の高温流体に使用可能。
- ⑤流体に接する部分に、金属繊維と無機繊維を無機鉍物で成型したアダプターを用いる複合型パッキン：300℃以上の酸化性流体（硝酸塩系熱媒等）用として開発されている。
- ⑥バーミキュライト系のパッキン：800℃前後までの高温用。

### 3.2.2 回転機のシールパッキン（回転軸シール）

- ①PTFE 系のもの：ポンプや攪拌機の回転軸シール用としては、取扱う流体の特性や摺動速度に応じて下記のパッキンが使用されるが、いずれも耐熱温度は 260℃とされ、流体温度が 80℃以上では冷却が必要である。摺動速度が大きく発熱しやすい条件では、流体温度が 80℃であっても摺動部の冷却が必要となる。
  - PTFE 繊維編組（PTFE 充填）：腐食性流体（強酸化性酸を含む）、低周速（摺速）用。
  - 炭素繊維編組（PTFE 充填）：腐食性流体（強酸化性酸以外）、比較的低周速（摺速）用。
  - アラミド繊維編組（PTFE 充填）：弱酸～弱アルカリ、比較的低周速（摺速）用。
  - 黒鉛入り PTFE 繊維編組（PTFE 充填）：腐食性流体（強酸化性酸以外）、高周速（摺速）用。
- ②炭素繊維や黒鉛（グラファイト）繊維を編組したもの：350～400℃まで使用可能とされる。また軸摺速の低い往復動（プランジャー）ポンプ用として、これらに PTFE を含浸させたものもある。但し、これらは強酸化性酸には不適合である。
- ③金属繊維と無機繊維を無機鉍物で成型したパッキン：300℃以上の酸化性流体用として開発されている。但し、金属繊維を含むパッキンを使用する場合は、スリーブの硬化処理を検討しておくことも重要である。

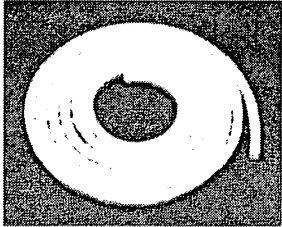
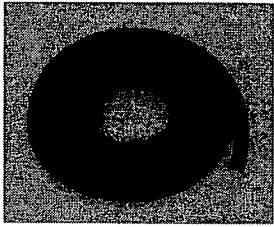
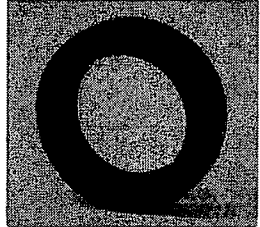
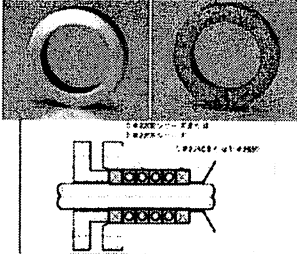
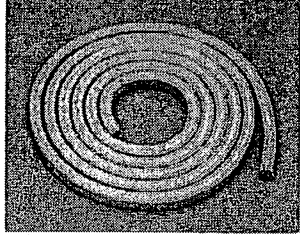
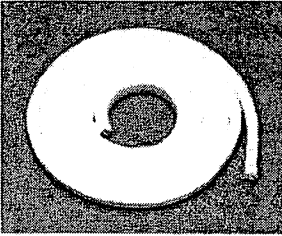
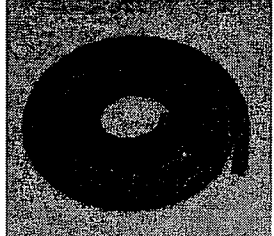
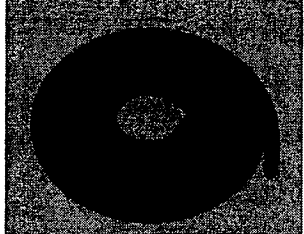
繊維の種類	ガラス繊維	カーボン繊維	膨張黒鉛	膨張黒鉛	アラミド繊維
構造	ガラス繊維を編組し、PTFEディスパージョンや潤滑剤で処理したパッキン	カーボン繊維を編組し、PTFEディスパージョンや潤滑材で処理したパッキン	耐熱性金属細線により補強した膨張黒鉛テープで編組し、特殊潤滑剤、黒鉛及び防食処理を施したパッキン	膨張黒鉛を圧縮成型したパッキンと黒鉛と金属繊維を主材としたパッキンの組み合わせ	アラミド繊維を編組し、PTFEディスパージョンや耐熱性潤滑剤で処理したパッキン
外観					
繊維の種類	PTFE繊維	PTFE+黒鉛	グラファイト繊維	マイカ	金属繊維
構造	PTFE繊維を編組し、PTFEディスパージョンや潤滑材で処理したパッキン	黒鉛入りPTFE繊維を編組し、PTFEディスパージョンや潤滑剤で処理したパッキン	グラファイト繊維を編組し、潤滑材で処理したパッキン	マイカ単独又はマイカに金属線等で補強し編組したパッキン。【試作品】	セラミック繊維の周りを金属繊維で編組し、固体潤滑材で処理したパッキン
外観				NO photo	NO photo

図 1.4 パッキンの代替品

## 第2章 石綿含有シール材の取外し時の基本的注意事項

### 1. はじめに

この章では、石綿含有シール材の取外し時の基本的注意事項について記す。除去時の保護具着用や廃棄時の取扱等の事項について、計画的な作業が必要となる。

石綿含有シール材は、通常の使用状態においては飛散しないとされ、除去・回収・廃棄時においても「非飛散性石綿」として扱われている。

但し、フランジ等に固着したシール材を除去・回収する際には、劣化状況に応じた、曝露・飛散防止対策が必要となる。長期間の使用によりフランジ等に固着している場合、はがす際に石綿の飛散の可能性が考えられ、回収による健康被害を防ぐため、作業員の曝露対策が必要となる。シール材の劣化が進まないうちに除去・回収を行い、代替製品に取替、管理することが重要である。

### 2. 計画

#### 2.1 事業者の責務

設備管理者は、設備の改修、解体及び定期点検を発注・実施する際は、設計図書、現地確認により、石綿含有シール材の使用状況の情報を施工業者・作業者に情報提供する必要がある。なお、石綿含有シール材の確認ができない場合は、必要な分析調査を実施する。分析を実施しない場合あるいは、石綿が含有していないことを確認できない場合は、石綿含有廃棄物として取り扱う。

#### 2.2 処理計画

計画の作成にあたっては次の点に注意する。

- ①石綿含有廃棄物の発生量（廃棄物置場の大きさ設定等に影響）
- ②除去方法：石綿含有廃棄物からの石綿の曝露及び飛散防止（劣化レベルに応じた方法）
- ③劣化等により石綿等の発じんのおそれがあるようなシール材を取り外す作業の場合には、石綿作業主任者技能講習修了者から石綿作業主任者の選定
- ④現場内における分別、保管方法
- ⑤収集運搬および処分方法

### 3. 除去作業

#### 3.1 通常のケース

接合部を切り離したとき、接合面よりシール材を容易に取り外すことができるケース(図2.1)。劣化は進んでいないが、接合面に表面剥離して付着する場合があるので湿潤を原則とする。取り外したシール材を破損しないよう十分気をつける。

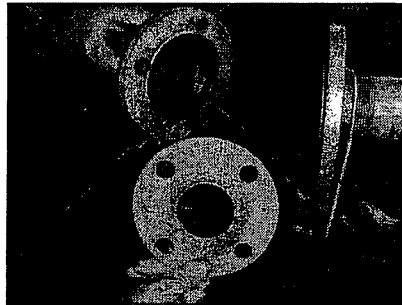
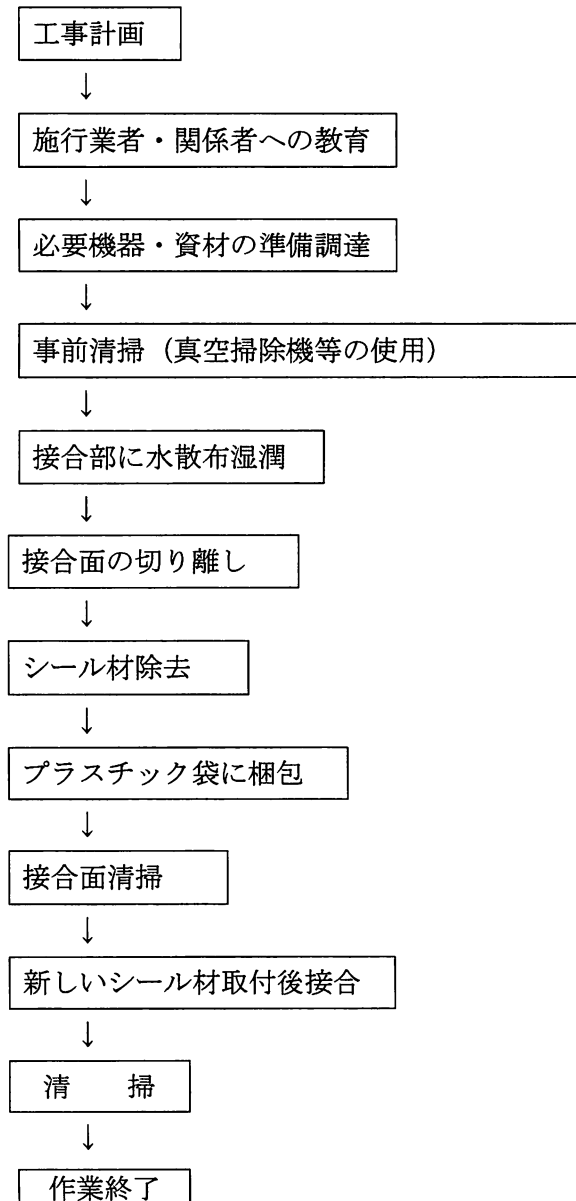


図 2.1 接合面の状態例

##### 3.1.1 作業手順





### 3.1.2 保護具

必要に応じ、石綿粉じんの曝露防止作業レベル3（石綿含有建材（形成版など）の除去作業）に相当する曝露防止保護具を装着する。

呼吸用保護具：半面形防じんマスク（フィルタは区分2）など

保護衣等：作業衣（粉じんの付着しにくいもの）、保護眼鏡、手袋など

### 3.2 固着が進み容易に取り外せないケース

接合部を切り離したとき、シール材が破断し、接合面に固着してしまい、電動式研削機や研磨機などで削り取らなければ取り除くことができない状態が生じるケース（図2.2）。

石綿の発じんの可能性が高いので、作業場所の隔離や高濃度の粉じん量に対応した防じんマスク、保護衣などを適切に使用するなど、曝露対策が必要となる。

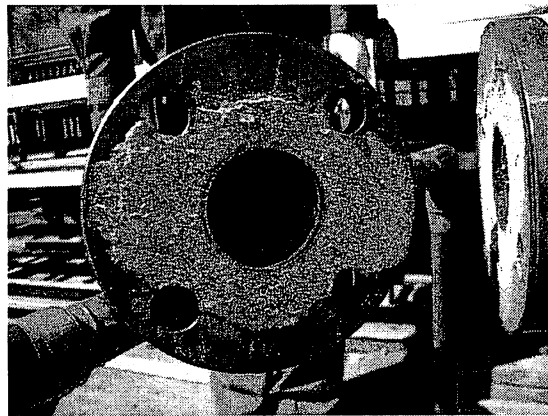


図 2.2 接合面の状態例

#### 3.2.1 隔離

シール材の使用されている接合部は、プラント施設の配管或いは機器の一部であるため、作業内容に応じて適切な隔離を行う。簡単にはがれない場合は、接合部1ヵ所を対象とした局所的隔離（グローブバッグ方式）（図2.3）と、接合部を複数含むグループ隔離方法の選定を必要に応じ行う。

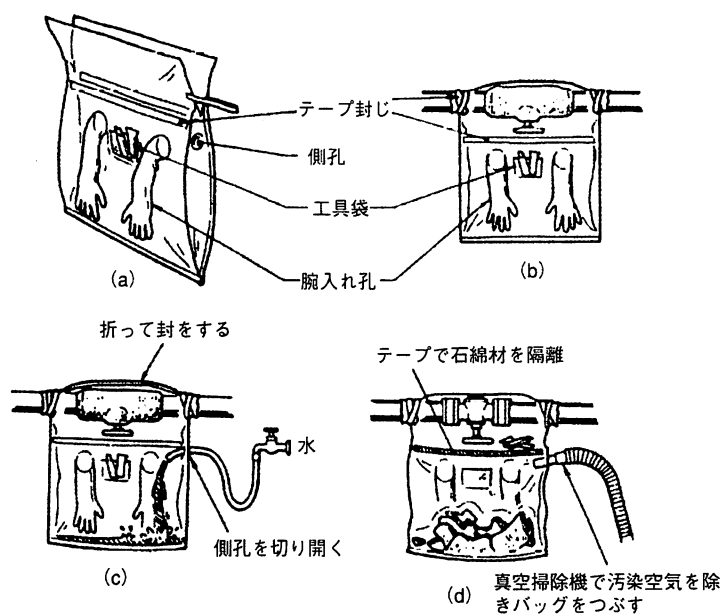


図 2.3 グローブバッグによる隔離

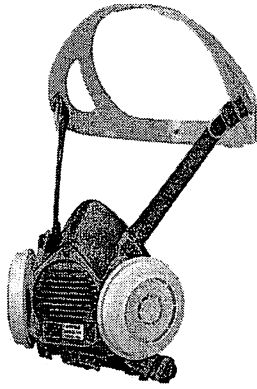
### 3.2.2 保護具

必要に応じ、石綿粉じんの曝露防止作業レベル1（石綿含有吹付け材の除去作業）に相当する曝露防止保護具を装着する。

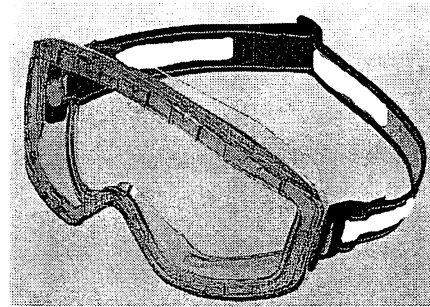
呼吸用保護具：全面形の防じんマスクなど

保護衣等：保護衣（全身を覆う服、又はつなぎ服、頭巾、シューズカバー）、保護眼鏡、手袋など

### 3.3 保護具と掃除機



半面形防塵マスク



保護メガネ



全面形マスク

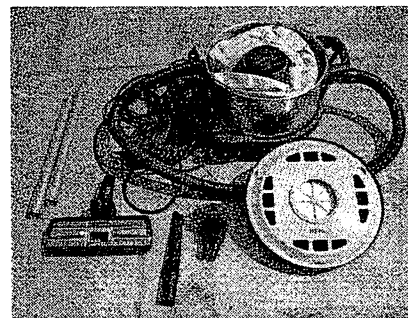


保護衣

図 2.4 保護具



真空掃除機(HEPA フィルター付き)



真空掃除機の内部  
蓋の裏に HEPA フィルターを組込んでいる

図 2.5 掃除機

## 4. 保管

### 4.1 除去現場での保管

現場において除去後の石綿含有シール材の切断等は最小限とし、破碎にあたるような作業を実施しない。除去されたシール材は、速やかに湿潤等の飛散防止対策を施し、プラスチック袋あるいは密閉容器に保管する。石綿含有シール材廃棄物は、石綿を含有しない廃棄物と分別して保管する（図 2.6）。



特別管理産業廃棄物袋の例

二重袋詰め

除去石綿の一時保管

図 2.6 除去石綿の袋詰

<独立した個室を一時保管場所とした例>  
個室であれば施錠して、出入口外部に一時保管であることを表示する。

### 4.2 事業場での保管

排出事業者は、石綿含有シール材廃棄物が運搬されるまでの間、当該廃棄物から石綿が飛散しないように保管する。

排出事業者は、産業廃棄物が運搬されるまでの間の保管は下記のように行う。

- ①飛散しないよう、プラスチック袋で梱包した後、密閉容器に入れて保管する。
- ②他の廃棄物と分別して保管する。
- ③石綿含有シール材廃棄物の保管場所であることを表示する。
- ④必要により密閉容器内に、湿潤あるいは水封して保管する。

### 4.3 保管容器

一時保管をする容器は最終処理の方法別に対応して下記の通りとする（図 2.7）。

- 溶融による無害化処理の場合：ドラム缶等
- 最終処分場に直接埋立処理する場合：密閉容器等

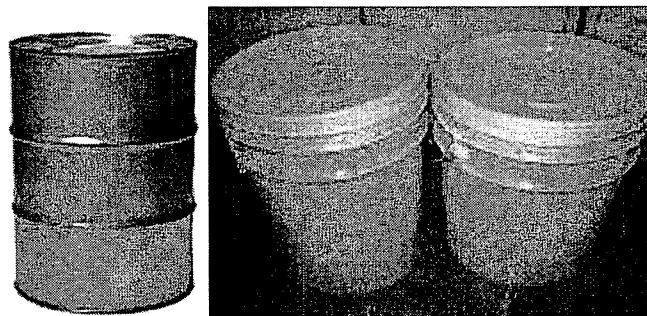


図 2.7 ドラム缶

密閉容器

<参考とした資料>

1. 建築物の解体等工事における石綿粉じんへのばく露防止マニュアル  
平成 17 年 8 月 9 日 編集・発行：建設業労働災害防止協会企画開発課
  
2. 平成 18 年度 石綿製品の代替化等促進事業報告書  
(シール材等の代替化検討に係る基本的な考え方と代替事例)  
平成 19 年 3 月 中央労働災害防止協会労働衛生調査分析センター
  
3. アスベスト含有シール材除去回収ガイドライン  
平成 19 年 3 月 30 日 特定非営利活動法人 アスベスト処理推進協議会

<建設労働災害防止協会による作業レベルの分類と作業の種類>

石綿含有シール材の場合は、通常はレベル 3 であるが、劣化状況により下記の対策が必要となる。

**建設労働災害防止協会による作業レベルの分類と作業の種類**

レベル 1：石綿含有吹付け材の除去作業、石綿等の封じ込め、囲い込み作業

レベル 2：石綿を含有する保温材、断熱材、耐火材などの除去作業

レベル 1 対応以外の石綿の封じ込め、囲い込み作業

レベル 3：レベル 1、レベル 2 以外の石綿含有建材（例えば成形板など）の除去作業



## 第3章 非石綿シール材の組立て要領

### 1. はじめに

この章では、非石綿シール材を用いてフランジ締結作業を実施する際に考慮すべき基本要領である、準備・組立て・締付方法・締付トルク・増締め・タグ付け・解体について記す。また、代表的な非石綿シール材の注意点についても記す。

本マニュアルは、現場におけるフランジ締結作業の監督者および実際に作業を行う作業員を対象としている。そのため、既にフランジやガスケットの設計・製造やガスケットの選定は完了していることを前提に、実際の締結作業の方法や注意点を重点的に記載している。材質選定やガスケットタイプ選定などの設計に関することは詳しく記載していない。

しかし、発注者や作業指示者が必ずしも適切なフランジ設計や選定を行っていない場合もある。そのような場合、どんなに丁寧に締結を行っても、フランジからの漏洩が止まらないこともある。したがって、もっぱら締結作業に関わる立場の監督や作業員でも、フランジ設計や締結技術、ガスケットの知識を身に付けることが望ましい。

なお、本章は以下の文献を主体に、その他の文献、メーカー技術資料や筆者らの経験を加味して作成されている。

JPI-8R-15-2005 「フランジ・ボルト締付管理」

JPI-7S-81-2005 「配管用ガスケットの基準」

JPI-7B-88-2000 「機器フランジ漏れ防止対策資料」

“Guidelines for safe seal usage – Flanges and Gaskets-”、ESA Publication No.009/98

“Sealing Technology –BAT guidance notes-”、ESA Publication No.014/05

### 2. 準備作業

#### 2.1 工具の準備

使用するボルト／ナットに応じた締付工具、ボルト張力を測定する為の計測器、フランジのシート面のクリーニングに用いる工具、ボルト／ナットの表面状態を手入れする工具等を準備する。

#### 2.2 ボルト／ナット／座金

ボルト／ナットは腐食で損傷することがあり、また降伏点を越えて締付けると延性を失うことがあるため、原則として再使用しないことを推奨する。再使用する場合はクリーニング後に目視検査等を行い、問題がないものを使用する。

### 2.2.1 クリーニング

ワイヤブラシ（真鍮製が望ましい）を用いて汚れや錆、ねじ山に付着した塗料などを除去する。

### 2.2.2 目視検査

- (1) 腐食、折損、クラック、ねじ山の変形・摩耗・破損・バリ等がないこと。  
(必要により非破壊検査を行うことが望ましい)
- (2) ボルトに曲がりがないこと。
- (3) ナットの座面、フランジへの座面及びワッシャーの接触面が平滑で傷やバリがないこと。

### 2.2.3 ボルト／ナット／座金の手入れ

- (1) 座面及びねじ山に小さな打ち傷やバリなどが認められた場合は、タップ、ダイス、組やすり、サンドペーパー等で手入れする。  
(手入れ時に発生する削り粉はエアーブロー等で完全に除去すること)
- (2) ボルトにナットを入れ、ナットを回して引っかかりがないことを確認する。
- (3) 潤滑剤（錆付き・焼付き防止剤）を塗布しておく。  
(使用時までゴミが付着しないように、ポリ袋等に入れて保管しておくことが望ましい。)

## 2.3 フランジ

### 2.3.1 クリーニング

- (1) フランジのシート面の材質に対して適切なツールを用いて、古いガスケット、錆、ゴミ、付着物等を取り除き清掃する。
  - ・使用するツールの例  
付着物等の除去：ガスケット剥離剤、スクレーパー、ワイヤブラシ、研磨材  
(サンドペーパー、スコッチブライト等)、ウエス類、その他
  - ・注意点
    - ① クリーニングで使用するツールは、フランジのシート面の傷及び摩耗を最小にするために、フランジのシート面の材質よりも軟らかいものを使用することが望ましい。
    - ② ツールを使用する際には、フランジのシート面の傷による漏洩を防止するため、図 3.1 のような方向（放射状）での使用は極力避ける。



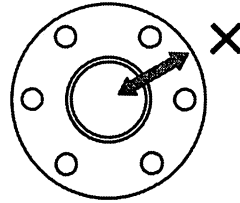


図 3.1 ツールを使用する際の方向（放射状）

- ③ 剥離剤は、酸性・アルカリ性のものもあり、腐食や肌荒れの恐れがあるため中性に近いものを選択したほうが無難である。
  - ④ 石綿含有のガスケットが破損し固着している場合は、第 2 章に示す取外し方法に従って除去作業を行う。
- (2) クリーニング後は、フランジのシート面への異物付着や錆付きを防止するため、粘着テープやポリシート等で養生しておくことが望ましい。
- (3) フランジのボルト穴やボルト／ナットの座面に錆などが固着している場合は、適切なツールを用いて除去する。
- ・使用するツールの例
  - 付着物等の除去：ワイヤブラシ、研磨材（サンドペーパー、スコッチブライト等）、丸ヤスリ、ウエス類、その他

### 2.3.2 目視検査

- (1) フランジのシート面に有害な傷がないことを確認する。接触面の内側から外側に貫通している傷は漏洩の原因となるため注意が必要である。
- (2) フランジのシート面に有害なうねりや傾きがないことを確認する。

### 2.3.3 フランジの手入れ

- (1) フランジのシート面に傷がある場合は、ヤスリ・サンドペーパー・オイルストーン等を用いて、手仕上げにより修正する。

シート面の表面粗さの呼び値及び流体区分別の代表的流体を表 3.1 及び 3.2 に示す。

- ・手仕上げの目安

ジョイントシート又はうず巻き形ガスケット：中目のヤスリ仕上げ

平形金属被覆ガスケット：中目のサンドペーパー

（出典：JPI-8R-15-2005 表 1-1 より引用）

- (2) 手仕上げによる修正が不可の場合は機械加工により修正する。

- ・機械加工による表面仕上げの例

フランジのシート面の表面仕上げ

- (3) 手入れ完了後、汚れや油等を清掃し、ガスケット接触面への異物付着や錆付き及び異物の混入を防止するため、粘着テープやポリシート等で養生しておくことが望ましい。

表 3.1 シート面の表面粗さの呼び値

名称	種類の記号	表面粗さの呼び値 (Ra)				
		水系流体 油系流体	腐食性 流体	ガス系 流体 I	ガス系 流体 II	低温 流体
非石綿ジョイントシートガスケット	<b>NS</b>	6.3	3.2	3.2	3.2	3.2
PTFE ソリッドガスケット	<b>PS-A/B</b>	6.3	3.2	3.2	3.2	3.2
非石綿 PTFE 被覆ガスケット	<b>PJ-B</b>	6.3	3.2	3.2	3.2	3.2
非石綿うず巻き形ガスケット	<b>SW-D</b>	6.3	3.2	3.2	3.2	3.2
黒鉛/PTFE うず巻き形ガスケット	<b>SW-B/C</b>	6.3	3.2	3.2	3.2	3.2
膨張黒鉛シートガスケット	<b>GS-A/B</b>	6.3	3.2	3.2	3.2	3.2
延伸 PTFE シートガスケット	<b>PE</b>	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3

備考) 表面粗さの呼び値は JIS B 0601 の算術平均粗さ( $\mu\text{mRa}$ )とし、表面粗さの範囲は JIS B 0659 による

(JPI-7R-91-2003 表 5, JPI-7S-81-2005 参考 1 表 2 抜粋 社団法人石油学会規格より引用)

表 3.2 流体区分別の代表的流体

流体区分	代表的流体
水系流体	水、海水、温水、熱水、水蒸気、過熱蒸気 など
油系流体	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、アンモニア液、フェノール、アクリロニトリル、アセトン、アセトアルデヒド、ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、シクロヘキサン、テトラメチルスルフォンなど
腐食性流体	鉱酸、有機酸、混酸、酸性溶液 などの酸類及びアルカリ類
ガス系流体 I	空気、窒素ガス
ガス系流体 II	ガス系流体 I 以外の可燃性ガス、支燃性ガス、不燃性ガス、毒ガス など
低温流体	プロパン、エタン、プロピレン、アルシン、塩素、ジボラン、沃化水素酸、塩化水素、アンモニア、アセチレン など

(JPI-7R-91-2003 表 2 抜粋 社団法人石油学会規格より引用)

## 2.4 ガasket

### 2.4.1 ガasketの準備

- (1) 一度用いたガasketは、再び用いてはならない。
- (2) 指定されたガasketを必ず用いる。ガasketは、メーカー、品番、形状などをあ  
らわす枝番まで確認し、確実に指定されたガasketを用いること。間違いを起こさな  
いためには、できるだけ使用直前までパッケージに入れておくこと。
- (3) ガasketペーストは、指定されたものを必ず用いる。ガasketペーストを指定さ  
れていないガasketに塗ってはならない。なお、プロセス液の性質上、ガasketペ  
ーストが混ざる事が問題になる場合は塗らないこと。
- (4) ガasketペーストを塗る場合は、ガasket表面にごく薄く均一に塗布する。浸透  
漏洩防止のためにはガasketの内周端面にのみできるだけ少量を塗布する。表面に塗  
布した場合、ガasketが圧潰しやすくなるので、過剰に塗布してはならない。

### 2.4.2 ガasketの製作

#### (1) シートからの切り抜き

製作する形状の切断に適したツールを使用する。

フランジ等の円形の場合は、市販されている専用のカッターを使用し、ボルト穴は  
ポンチで打ち抜く。

##### ・使用するツールの例

専用のカッターやハサミ、打ち抜きポンチ等

##### ・注意点

下記のような製作方法は、ガasketを損傷させるため避けること。

① フランジや定盤の端面等を利用し、ハンマー等で叩いて切り抜く方法。

② フランジ等のボルト穴を利用し、ハンマー等で叩いて打ち抜く方法。

#### (2) 製作時に考慮すべき事項

① 全面座形フランジに用いる全面ガasketを製作する場合、フランジ接触面  
の外側よりも僅かに小さく、フランジ接触面の内側及びボルト穴径より僅か  
に大きく製作する。

② 切断したガasketの端面が盛り上がっている場合は、磨き鋼等の表面が平  
滑なもので傷を付けないように注意し、平らにしておくことが望ましい。

※PTFE系ガasketで発生しやすい。

③ ガス系流体に使用する形状はリング状ガasket（ガasket外径がボルト  
の内側に入るタイプ）が推奨されている。

### 2.4.3 目視検査

ガスケット接触面に有害な傷や異物等の付着がないことを確認する。

・注意点

- ① 接触面の内側から外側に貫通している傷があるものを使用してはいけない。
- ② PTFE 被覆ガスケットの PTFE に傷、しわ、破れ等があるものを使用してはいけない。
- ③ うず巻き形ガスケットのフィラー部が損傷しているものを使用してはいけない。
- ④ 金属薄板入りガスケットの心材（金属）が露出しているものを使用してはいけない。

### 2.4.4 保管

- (1) 直射日光や新鮮な空気、オゾンにさらされないように冷暗所に保管する。
- (2) 保管場所は高温や多湿、腐食環境を避け、油やほこりのない清浄な場所を選定する。

※膨張黒鉛系は、酸化性酸・酸化性塩・ハロゲン化合物・支燃性ガス雰囲気での劣化するので注意を要する。

酸化性酸 : 硝酸、濃硫酸、熱硫酸、クロム酸、混酸など

酸化性塩 : 硝酸塩、塩素酸塩、次亜塩素酸塩など

ハロゲン化合物 : 臭素、フッ素、ヨウ素、二酸化塩素など

支燃性ガス : 酸素（純酸素）

- (3) ガスケットを立て掛けたり、釘などに引っかけて吊ると、破損、永久変形の原因となるため、なるべく缶に入れるかポリエチレン袋に包んで紙箱にしまっておく。
- (4) 大寸法のガスケットは丸めずに大きめの平板にはさみ水平に置いておく。
- (5) 表面が傷付きやすいガスケットは、購入時の包装のまま保管、あるいはポリテープ等で養生し保管する。

※膨張黒鉛系、PTFE 系、うず巻き形ガスケット、織布

- (6) PTFE 被覆ガスケットで中芯材が非石綿フェルトのものは、濡れると圧縮破壊強度が低下するのでポリエチレン袋等に入れて保管する。
- (7) 長期間保存すると、ゴム成分の硬化などの劣化が起こるので、長期間の保管は行わない。

## 3. 組立て手順

### 3.1 ガスケットの取付け

ガスケットは再使用しないこと。これはガスケットが運転条件下で著しく改質されてい

ることがあり、したがってシール性能を保証できないためである。

### 3.1.1 ガasketの取扱い

- (1) 表面が傷付きやすいので、ガスケット同士が擦り合うような運搬を避ける。
- (2) 安全帯にくくり付けたり、ポケットの中に入れたり、工具と一緒に持ち歩いたりすることは避ける。
- (3) 大寸法のガスケットを片持ちする、持ったまま振る等の取扱いをしない。
- (4) 投げる、踏みつける、引っ張る、曲げる、折り畳む等の取扱いをしない。

### 3.1.2 ガasket取付け時の留意事項

- (1) 装着に先立ち、下記事項を確認しておく。
  - ① ガasketの規格、サイズに誤りがないこと。
  - ② フランジの芯ズレ及び面の倒れがない（平行になっている）こと。
  - ③ フランジのシート面に汚れや異物の付着等がないこと。
- (2) 必要によりガスケットペーストを塗布する。
  - ・ 注意点
    - ① 内部流体、ガスケット種類に適したガスケットペーストを使用する。  
※うず巻き形ガスケットは、フランジのシート面不良やボルト強度が弱い時などでやむを得ない場合を除き、原則としてガスケットペーストを使用しない。
    - ② ガasketペーストは使用前によく攪拌し混合させる。
    - ③ 少量の可燃性溶剤を含むものは、作業中は換気を行い周辺の火気に十分注意する。
    - ④ 量は均一に、全面に薄く塗布する程度とし、過剰にならないように注意する。  
※非石綿ジョイントシートガスケットは、ガスケットペーストを塗布すると圧壊しやすいため、付着防止のみを目的とする使用は避けること。
    - ⑤ ガス等の浸透漏洩を防止する目的で使用する場合は、ガスケット内径側の切り口にも塗布する。
    - ⑥ ガasketペースト塗布後はゴミ等が付着しやすいので注意する。
    - ⑦ ガasketペーストが乾かないうちに締付ける。
    - ⑧ 非石綿及びうず巻きガスケットは、ペーストを塗布した場合の締付面圧力が指定されているため、メーカーのカタログ等で締付面圧値を確認すること。
- (3) ガasketはフランジのシート面の正規の位置に挿入する。
- (4) ガasketをフランジに使用する場合は、表面が損傷しないよう注意しながらフランジの間に挿入する。  
※フランジ面間が狭いときは無理して挿入しないこと。

- (5) ガasketをフランジに使用する場合は、偏心しないように中央に正しく装着する。  
 ※ガasketの芯ズレでガasketが内側にはみだすと、流体の流れる力で容易に損傷し、流体への異物混入や、ガasket破損による漏洩を起こすことがある。
- (6) ガasketをフランジに固定するためにテープを使用しないこと。  
 ※非石綿ジョイントシートガasketは、テープを剥がした跡に表層剥離がおきやすい。  
 ※テープの取外しを忘れると漏洩する場合がある。  
 ※フランジにガasketを固定する必要がある場合は、スプレー糊等を使用して固定する。

### 3.2 ボルトの締付方法

ガasket締付時、締付不足や締付過ぎにならないように、適切な締付荷重を負荷する。なお、締付方法は一般的な手締めのほか、締付荷重を定量的に管理する方法があり、非石綿ガasketは締付過ぎによる圧壊が起きやすいため、定量的な締付方法を推奨する。

#### 3.2.1 定量的な締付管理方法

##### (1) トルク管理

ボルトの締付トルクを管理することにより、ガasketの締付面圧を適正に管理する方法で、手動式トルクレンチやパワーレンチなどが用いられる。

##### (2) 軸力管理

ボルトの締付力を管理することにより、ガasketの締付面圧を適正に管理する方法で、ボルトの締付力は、ボルト締付に伴うボルトの伸びからボルト軸力を算出する方法、ボルト軸力を直接測定する方法などがあり、ボルトテンショナーや超音波軸力計などが用いられる。

##### (3) ガasket圧縮量管理

各種ガasketの締付に必要な荷重に対する圧縮量を基に管理する方法で、ガasketの流体別推奨締付面圧に対する圧縮率を基に、厚さを測定しながら締付ける。

$$\text{圧縮率} = \frac{(\text{締付前のガasket初期厚さ}) - (\text{締付後のガasket厚さ})}{(\text{締付前のガasket初期厚さ})} \times 100 (\%)$$

### 3.3 ボルト荷重と締付トルク

ボルトの締付トルクは、次に示すガasketの締付けに必要な荷重(Wm1、Wm2、Wm3)のうち最大のものを採用し算出する(求め方は別紙-1参照)。

- (1) JIS B 8265 (圧力容器の構造) などによる計算式

**Wm1**：使用状態で必要な最小のボルト荷重

**Wm2**：ガスケット締付に必要な最小のボルト荷重

主に、一般流体（液体など）の締付けに用いられる。

(2) 締付面圧とガスケット面積による計算式

**Wm3**：シールに必要な最小締付荷重

- ・ ガス系などの漏れやすい流体のシールは、**Wm1**、**Wm2** の計算式に基づく締付力では浸透漏洩する恐れがあり、**Wm1**、**Wm2** に加えて **Wm3** が用いられる。なお、ボルト及びフランジ強度の確認が必要である。

### 3.4 ボルトの締付け

ここでは一般的な手締め（トルク管理、ガスケット圧縮量管理を含む）について説明する。なお、初めて扱うガスケットの場合、ボルト本数の異なるいくつかの径のフランジで練習のための締付けを行うことを推奨する。

フランジの締付けは必ず指定された工具を用い、指定された締付力で締付ける。また、片締めは、締付面圧の部分的な極端な過不足を引き起こし、漏洩やガスケットの破損原因となるので避けなければならない。

(1) 作業に必要なツールを準備する。

- ・ 使用するツールの例

締付工具：スパナ、コンビネーションスパナ、めがねレンチ、ソケットレンチ、トルクレンチ\*など。

※トルクレンチは定期的に校正されたものを使用することを推奨する。

測定器具：ノギス、すきまゲージ、テーパゲージ等

潤滑剤：錆付き防止剤、焼付き防止剤 等

(2) ボルトなどに潤滑剤（錆付き・焼付き防止剤）を塗布する

(図 3.2)。

- ① ボルトのネジ部
- ② ボルト及びナットとフランジの接触面
- ③ ワッシャーを使用する場合は、ボルト、ナット、フランジとの接触面

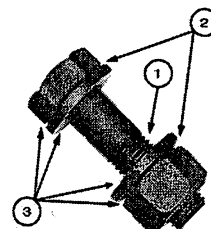


図 3.2 潤滑剤を塗布

(3) ガスケット圧縮量管理を行う場合は、下記事項を実施しておく。 する箇所

- ① ガスケットの厚さを計測しておく。
- ② フランジにボルトを 2 本（奇数の場合 3 本）取付け、フランジが密着するまで軽く締付ける。
- ③ フランジの面間を 4 箇所（0°、90°、180°、270°）測定し、測定箇所をマーキングしておく

- ④ 測定後、ガスケットを挿入できるようにボルトを緩める。
- (4) ガスケットを挿入できる本数を除きフランジにボルトを取付ける。
- (5) ガスケットを挿入した後、フランジ間の芯ズレがないか確認する。  
 ※芯ズレがある場合はシノ等を用いて修正する。  
 ※フランジ面間が狭くガスケットが接触している場合は、ガスケットの損傷を避けるため治具等で広げてから修正する。
- (6) ガスケットがずれない程度にボルトを軽く締め、残りのボルトを取付ける。
- (7) シート面の隙間がなくなるまで締付け、面の平行が出ていることを確認する。

・注意点

- ① 芯ズレや面の平行が出ていない場合はそのまま修正せず、ボルトを緩めてからやり直す。
- ② ガスケットにペーストを塗布している場合は滑りやすいので、ズレがないか確認する。
- (8) ボルトの締付けは、締付力が均等になるよう対角方向に交互に行うことを基本とする。フランジボルト本数が8本以下の締付けの順序の一例を、図3.3に示す。フランジボルトが12本以上の締付け方法について、図3.4に示す同一方向の周回方法が日本高圧力技術協会（HPI）より提案されている。概要は別紙-2を参考とされたい。

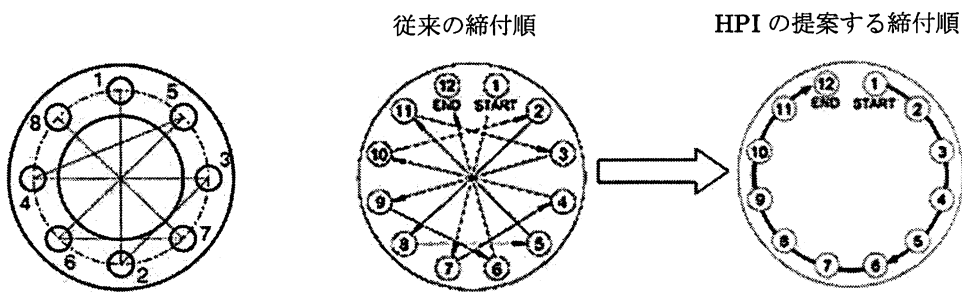
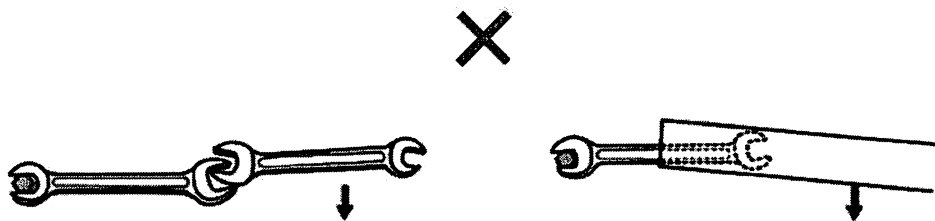


図 3.3

図 3.4

- (9) 図3.5のように、スパナの柄にパイプなどを取付けて締付けることは、締付荷重が過大になるため避けること（別紙-1 2.締付トルクの求め方 2.2 一般的な手締めの場合 参照）。



悪い使用例

図 3.5 スパナの使用



- (10) 締付けは、片締めを防止するため3～5回に分けて徐々に強く締付けを行う。
- ・初回の締付けは、所要ボルト荷重の25%～30%程度を目安とする。
  - ・必要に応じフランジ面間を計測しながら締付けを行う。  
※ガスケット圧縮量管理の場合は必須事項
  - ・トルク管理の場合は目標とする値まで締付ける。但し、ガスケットペーストの塗布（あり、なし）で締付面圧が異なるため注意が必要である。
  - ・膨張黒鉛系のガスケットは厳密にトルク管理を行って締付けないと破壊する危険性があり注意を要する。
  - ・うず巻き形ガスケットはメーカーのカタログに標準締付厚さが提示されているので参照されたい。但し、小口径の場合は締付力が大きくなりボルトの許容応力を超える場合があるので、指定された締付力と比較しメーカーと相談することを推奨する。
- (11) 所定の締付力（トルク）に達した後、同等の締付力（トルク）で1～2周し、均等に締付けられていることを確認する。
- (12) 締付後、ナットからボルトが2～3山出ていることを確認する。
- (13) ボルト締付後は、テストハンマー等で締り具合を確認する。

#### 4. 増締め

増締めは、締付トルクを増すことではなく、ボルトの軸力低下によりゆるんだトルクを締め直すことである。軸力の低下原因として、①ガスケットのリラクゼーション\*によるボルトの軸力低下②温度上昇や温度降下に伴って発生するボルトの軸力低下がある。前者は初期締付けから十分な時間が経過した後に、後者は温度が十分に安定してから段階ごとに実施し、ボルトの締付けは、締付力が均等になる締付方法で行う。また、漏洩による増締めを行っても漏洩が止まらない場合は、原因を調査するとともに、ガスケットは再使用せず新品のガスケットに取り替えることを推奨する。

※リラクゼーション：高温時のボルト抗張力低下に伴う締付力の弛緩をいう。

##### 4.1 ホットボルティング

高温流体部分のフランジ継手は常温では漏洩がなくても、フランジ、ボルト又はガスケットの熱膨張差により昇温時に漏洩を生じる可能性があるため、ホットボルティングを行うことが望ましい。

- (1) ホットボルティングの実施温度  
流体温度が200～250℃以上のフランジ継手。
- (2) ホットボルティングの実施時期

昇温途中で1回及び昇温後1回を推奨、場合によっては、昇温後1回でも可。

(3) ホットボルティングによる締付けの確認方法

ハンマリングによる確認が多いが、その他では次の方法でもよい

- ① スキマゲージによる確認
- ② 軸力管理
- ③ ナット回転角による確認
- ④ トルク管理

#### 4.2 コールドボルティング

高温流体部分で使用するフランジ継手は、降温時にフランジ、ボルト又はガスケットの熱収縮差により、漏洩を生じる可能性があり、これらのフランジ継手に関するコールドボルティングの必要性が提起されている。過去に漏れが顕在化したフランジ、懸念されるフランジについてはコールドボルティングが推奨される。

#### 4.3 増締め時におけるガスケット種類別の注意点

(1) 非石綿ジョイントシートガスケット

- ・使用直後の増締めは有効、長期の熱負荷によって硬化する場合があります、硬化した状態での増締めは、破損等を起こすことがあり注意を要する。

(2) PTFE シートガスケット

- ・コールドフローを起こしやすく定期的な増締めを考慮する必要がある、熱可塑性なため高温時の増締めは適さない。
- ・圧縮破壊を起こす恐れがあるため、許容面圧以上で締付けない。
- ・ロードアップまたは再スタートの場合には増締めを行う必要がある。

(3) PTFE 被覆ガスケット

- ・PTFE のコールドフローは、弾力性のある中芯材を使用するなどで改善されているが、長期間の使用や熱サイクルによるボルトの緩みを定期的に確認するなどの考慮が必要である。

(4) 膨張黒鉛シートガスケット

- ・ロードアップまたは再スタートの場合には増締めを行う必要がある。

## 5. 解体

ガスケットの交換などでフランジを開放する場合は、適切な保護具を使用するとともに、下記事項を考慮し作業する。

- ・系内の圧力や残液が無い事を確認してから作業に取り掛かる。

- ・ボルトを緩めるときは、作業者の手前側からではなく対角側から取り掛かり、残圧や残液による被害を受けないように注意し作業する。
- ・ボルトは1本ずつ完全に緩めて外すのではなく、締付けた時と同様の逆手順で平面を保ちながら少しずつ緩めていく。

## 6. タグ付け

プラントの定期修理などでは、多数のフランジが取外し、再組立てされる。現在使用されている石綿含有ガスケットは非石綿ガスケットに取り替えられることになるが、どのフランジが代替品と取り替えられたか把握することが必要となる。また、非石綿ガスケットは片締めや過大な締付面圧により圧壊が起きやすいため、取替え作業時のボルトの締付トルク、締付厚さに注意を要するため、タグ付けを行い管理することを推奨する。タグ付けの効果として期待される事項の一例を下記に示す。

### 6.1 ガスケット管理面での効果

#### (1) 取替え箇所、代替ガスケット種別の把握

工事ごとにタグを変える場合には、組立ての日付を容易に確認することもできる。

#### (2) ガスケット選定適否（性能）の判定

#### (3) 漏洩した場合の原因追求

### 6.2 取替え作業における効果

#### (1) 施工業者への代替品使用の明確化、ガスケット誤用の防止

#### (2) フランジ締付作業の管理（取替え作業の確実な実行、工程管理、指定された締付トルク・締付厚さ）

#### (3) 作業員の技量判定（教育への反映、技量向上への意欲）

不適切な組立てを行った作業者を容易に識別することができるため、作業者の施工品質への意識が向上し、施工不良を防ぐことが可能となる。また、施工レベルを上げる必要のある作業者を見極めることにも有効である。

## 7. 各ガスケットの注意点

ここまで紹介してきた一般的な取扱い、締付方法や注意点の他に、石綿製ガスケットの代替として用いられる主なガスケットの固有の注意点や参考となる特性について、以下に紹介する。

## 7.1 ジョイントシート

### 7.1.1 石綿ジョイントシートと非石綿ジョイントシートの違い

繊維、ゴム、加硫剤および各種充填材を混和し、ち密で均等なシート状に加熱圧縮した形態のものである<sup>2)</sup>。

繊維として石綿を用いていたものが石綿ジョイントシートである。石綿以外の繊維で構成されているものが、いわゆる非石綿ジョイントシートである。非石綿ジョイントシートは、石綿ジョイントシートとは材料構成がまったく違い、その適用範囲は石綿ジョイントシートより狭いので、単純に今まで石綿ジョイントシートを用いていたフランジに使用することはできない。

石綿ジョイントシートと非石綿ジョイントシートのおおよその材料構成を図 3.6 に示す<sup>3a)</sup>。石綿ジョイントシートは石綿繊維が 65~80wt%含有されているのに対し、非石綿ジョイントシートの繊維量は高々5~15wt%であり、クレーなどの充填材が相当量配合されている。

両者の繊維の存在量を模式的に示すと図 3.7 のようになる<sup>3b)</sup>。石綿ジョイントシート、非石綿ジョイントシートともにバインダーとして 10~20wt%のゴムが加えられている。ゴムは熱により硬化するが、石綿ジョイントシートはほとんどが繊維であるためゴムの硬化の影響は小さいのに対し、非石綿ジョイントシートは硬化したゴムの物性変化の影響がガスケットの特性に現れ、石綿ジョイントシートよりも耐熱性や耐薬品性が悪くなる原因となっている。

一般的な非石綿ジョイントシートの繊維としてはアラミド繊維が用いられることが多い。アラミド繊維は有機繊維としては耐熱性、耐薬品性が高いが、水蒸気によって分解するため、アラミド繊維を用いた非石綿ジョイントシートは蒸気には弱く、一般的には 100℃以下で使用される。

より耐熱性を挙げるため、アラミド繊維に加え黒鉛繊維や無機繊維を用いている非石綿ジョイントシートや、充填材を減らして粒状黒鉛や膨張黒鉛を添加したものもある。これらのガスケットは、メーカーカタログでは配管応力の変動が小さい、ガスケットを薄くす

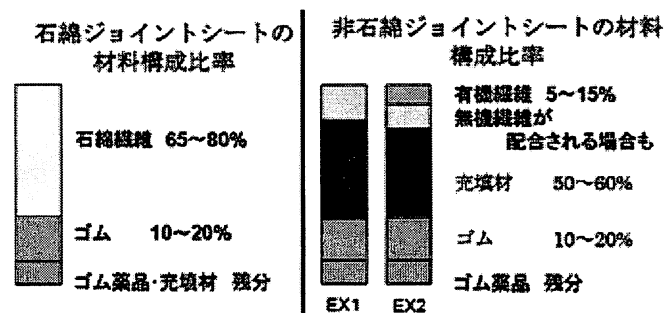
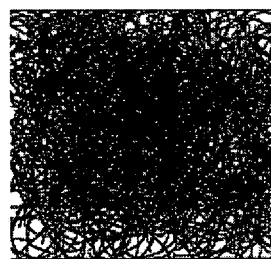
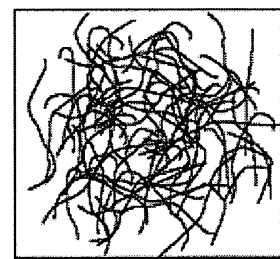


図 3.6 ジョイントシートの材料構成<sup>3a)</sup>



石綿ジョイントシート  
65-80%



非石綿ジョイントシート  
5-15%

図 3.7 石綿ジョイントシートと非石綿ジョイントシート繊維量の違いの模式図<sup>3b)</sup>

るなどの条件で二百数十℃まで使用できるとされている。それでもゴムの硬化の影響は石綿ジョイントシートより大きいので、100℃以上で使用するにはガスケットメーカーに使用条件を十分確認する必要がある。

### 7.1.2 保管、取扱い

バインダーとして添加されているゴムは常温でも徐々に硬化等の劣化が進むので（この現象はスコーチと呼ばれる。）、長期間保管したものは使用できない。

水に濡れると強度が低下するので、濡れたガスケットを使用してはならない。

常温では非石綿ジョイントシートは石綿ジョイントシートと同様な扱いができるような物性に設計されており、締付けなどの作業はほぼ石綿ジョイントシートと同様に行える。ガスケットペーストを使用する場合は、圧潰強度が低下するので締付け過ぎてはならない。ただし、シールに必要な締付面圧を確保する必要がある。

## 7.2 PTFE シートガスケット

純 PTFE と無機物などの充填材を添加したのがあり、それぞれ通常の成形法で作成されたシートと、延伸加工などの特殊な処理をされたシートがある。後者のシートの詳細な加工法は公表されていないので適当な呼び名がないが、ここでは特殊加工 PTFE シートと呼ぶことにする。

### ・純 PTFE シート

クリープ（コールドフロー）が大きく、締付け後も徐々に潰れていく。原則として溝形フランジに使用する。

### ・充填材入り PTFE シート

充填材を添加することで、クリープの欠点を改善したガスケットである。使用流体に適した充填材を混合したシートを選ぶこと。

### ・特殊加工 PTFE シート

特殊な加工で成形することで、充填材入り PTFE よりもさらにクリープ特性を改善したガスケットである。充填材を添加したものでは、使用流体に適した充填材を混合したシートを選ぶこと。

### 7.2.1 保管時の注意

ガスケットを釘などに引っ掛けて吊ると、破損、永久変形の原因となるため、なるべく缶に入れるかポリエチレン袋に包んで紙箱に保管する。

### 7.2.2 締付けの注意

(1) クリープを起こしやすいガスケットであるので、定期的な増締めするなど、締付管理

に注意すること。なお、増締めは、過熱時に行ってはならない。ロードアップまたは再スタートの場合には増締めを行う。

- (2) PTFE は滑りやすい材質であるので、ボルト締付荷重が不足していたり、片締めがあると、加熱・加圧時に外径側に押し出され、ちぎれる場合がある(ブローアウト。図 3.8<sup>4)</sup>)。特に高温条件や大口径フランジに使用した場合は、締付荷重の管理に注意が必要である。

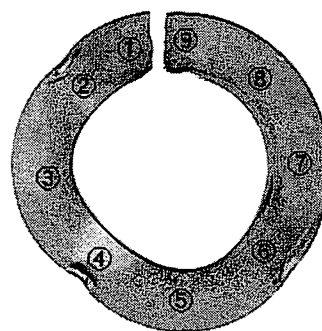


図 3.8 ブローアウトした充填材入り PTFE ガスケット<sup>4)</sup>

- (3) 特殊加工 PTFE シートは、他のガスケットに比べ締付け時の圧縮量が極めて大きい。一般的なガスケットでは初期厚さの 1/3 程度になる(図 3.9<sup>5)</sup>)。締付不足にならないよう適正な締付面圧が掛けられるように注意して締付ける。初めて扱う場合は、メーカーによる指導を受けることが推奨される。ガスケットの構造上、ガスケット内部に空気が含まれているので、初期はその空気が押し出されてくる。したがって、石けん水による気密試験は内包されている空気の影響がなくなってから行う必要がある。

### 7.3 PTFE 被覆ガスケット<sup>6)7)</sup>

ジョイントシートなどのクッション性のある中芯を、PTFE の薄いシートで被覆したガスケットである。PTFE 包みガスケットなどとも呼ばれる。この形式のガスケットに対する一般名称は確立されておらず、ここでは石油学会規格に用いられる“PTFE 被覆ガスケット”を用いることにする。

弾力性のある中芯材を使用することで PTFE のクリープを改善しているが、長時間の使用や熱サイクルがあるとボルトが緩むことがある。定期的にボルトの緩みが無いか確認し、適正な締付荷重を負荷できる箇所に使用することが推奨される。

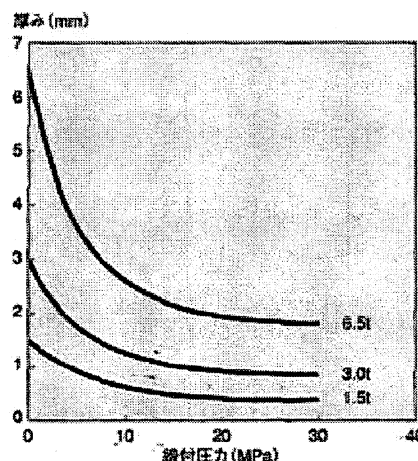


図 3.9 特殊加工 PTFE ガスケットの締付面圧と厚さの関係の例<sup>5)</sup>

#### 7.3.1 取扱いの注意

フェルトを挿入したタイプでは、水に濡れるとその強度が著しく低下するので、ポリエチレン袋などに入れて保管し、濡れた状態で締付けないこと。

### 7.3.2 締付けの注意

- (1) ガasketとフランジの間に小石などの異物をかみこむと、PTFE シートが破れ漏洩する可能性がある。清浄な作業現場で装着を行う。
- (2) PTFE 外被が滑りやすいため、締付け時に過大な締付荷重で締付けたり、片締めがあると、中芯が圧縮破壊を起こす。特に小口径ほどその傾向が大きい。メーカーの指定する許容締付面圧を超えないように注意する。従来の石綿製品に比べ非石綿製中芯の強度が低いため、一層、締付けには注意が必要である。小口径の場合、目いっぱい締付けると圧潰することがある。
- (3) ガasketの交換時にフランジ間の間隔が狭いと、平面座の外径部分やフランジの内径部分に PTFE 外被がぶつかり、めくれ上がったまま締付けられ、漏洩に至る。
- (4) グラスライニングや樹脂ライニングのフランジは、鋼管の規格フランジとガasketの当たり面のサイズが異なるので、配管の形式に合ったサイズのガasketを使用すること。
- (5) ライニング管の場合、メーカーによってガasket当たり面のサイズが異なる。そのため鋼管とライニング管の接続や、異なるメーカーのライニング間との接続では、当たり面の内縁や外縁のずれが生じ、ガasketに剪断力が働き破損する可能性がある。適切なサイズのガasketをメーカーに確認し、必ず指定されたサイズのガasketを使用すること。

## 7.4 膨張黒鉛シート

### 7.4.1 保管、取扱い

保管、取扱いは共通事項に記載したのと同様であるが、強度が低く脆い上、表面に傷がつきやすいガasketであり、いっそうの丁寧な取扱いが必要である。ジョイントシートと同様な取扱いはできない。

### 7.4.2 ガasketの準備

強度が低く脆いため、幅の狭いガasketや径の大きいガasketではステンレス薄板で補強したタイプ(図 3.10<sup>6)</sup>)を用いることが望ましい。

ガasketペーストを使用する場合は、塗布量を少なくし、できるだけ薄く、均一に塗布する。漏洩防止のためには、内側切り口断面に塗布する。

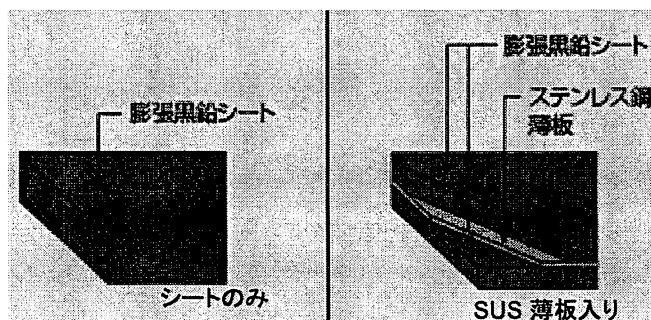


図 3.10 膨張黒鉛シートガasketの構造<sup>6)</sup>

### 7.4.3 締付け

締付手順は他のガスケットと同様である。

締付けに必要な面圧は石綿ジョイントシートと同程度であるが、圧縮率は大きい。最終的に40%以上圧縮しないと必要なガスケット荷重を負荷したことになるので注意する(図 3.11<sup>8)</sup>(石綿ジョイントシートでは9%程度でよい。)

また、締付けに必要な面圧以上では、急激に圧縮率が大きくなる。片締めや、芯ズレによる受圧面積の減少で部分的に大きな荷重を受けることがあると、その部分で圧潰を起こす可能性があるので注意すること。

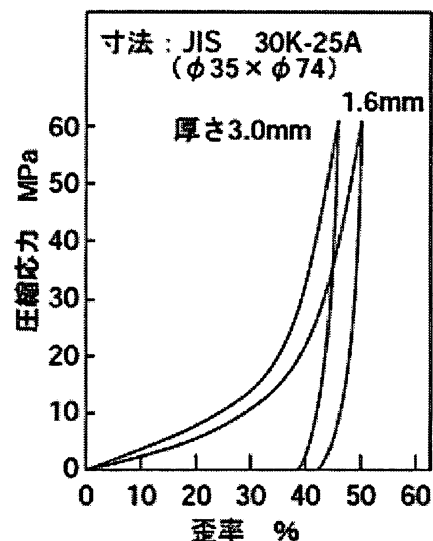


図 3.11 SUS 箔入り膨張黒鉛シート  
の圧縮復元特性の例<sup>8)</sup>

### 7.4.4 気密試験

構造上、ガスケット内部に空気が含まれている。締付けた直後に石けん水をかけると内圧を負荷しない状態でも気泡が出る場合がある。石けん水による気密試験では、内包されている空気の影響がなくなってから行う必要がある。あるメーカーは、約1時間後に実施することを推奨している。

### 7.4.5 ガスケットの取外し

膨張黒鉛は、使用中にフランジ面に固着しやすい。取外し時、固着したガスケットの残骸はフランジ面が傷付かないように樹脂製のヘラなどで擦り落とすこと。

## 7.5 コルゲートメタル黒鉛被覆ガスケット(CMGC)

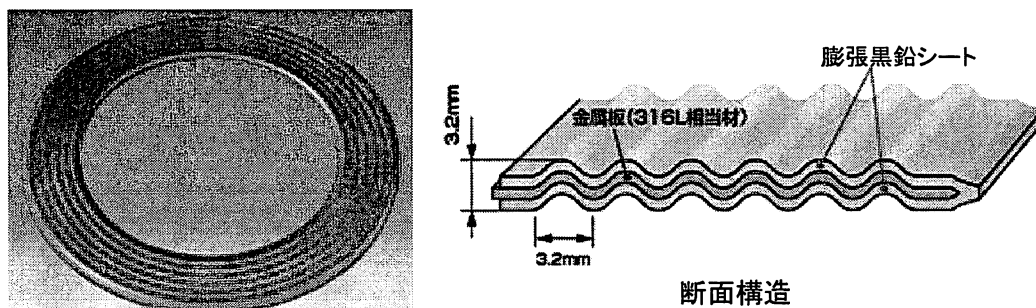


図 3.12 CMGC ガスケット<sup>9)</sup>

### 7.5.1 保管、取扱い

図 3.12<sup>9)</sup>のような波形加工をした金属板表面を膨張黒鉛のシートを積層して被覆したガスケットであり、膨張黒鉛シートガスケットと同様に、表面や内周部に傷をつけないよう



に丁寧に扱うこと。

### 7.5.2 ガスケットの準備

CMGC ガスケットには、ガスケットペーストを塗る必要はない。

### 7.5.3 締付け

締付手順は他のガスケットと同様である。図 3.13<sup>9)</sup>に示すように、CMGC ガスケットは石綿ジョイントシートの約 6 倍の圧縮量であるので、締付不足にならないように注意する。

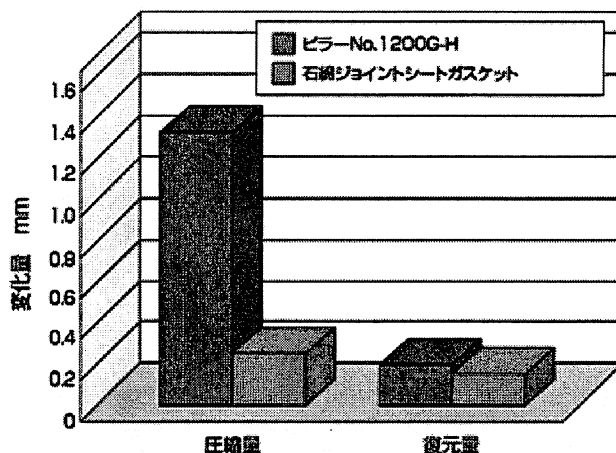


図 3.13 CMGC ガスケットの圧縮復元特性の例<sup>9)</sup>

### 7.5.4 気密試験

CMGC ガスケットも膨張黒鉛シートガスケットと同様に、ガスケット内部に空気が含まれている。締付けた後、石けん水をかけると内圧を負荷しない状態でも気泡が出る場合がある。石けん水による気密試験では、内包されている空気の影響がなくなってから行う必要がある。あるメーカーは、約 1 時間後に実施することを推奨している。

### 7.5.5 ガスケットの取外し

膨張黒鉛は、使用中にフランジ面に固着しやすい。取外し時、固着したガスケットの残骸はフランジ面が傷付かないように樹脂製のヘラなどで擦り落とすこと。

## 7.6 膨張黒鉛貼カンプロファイルガスケット

### 7.6.1 保管、取扱い

カンプロファイルガスケットは溝つきの金属板にシール機能を有するシートを貼り付けたもので、膨張黒鉛シートを貼ったものがよく使われている(図 3.14<sup>10)</sup>)。膨張黒鉛シートガスケットと同様に、表面や内周部に傷をつけないように丁寧に扱うこと。膨張黒鉛シートは剥がれやすいので注意すること。

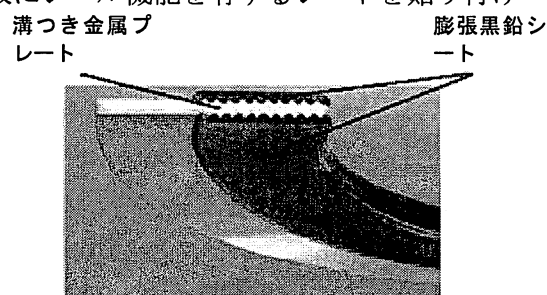


図 3.14 カンプロファイルガスケット<sup>10)</sup>

### 7.6.2 ガスケットの準備

必ずカンプロファイルガスケットとして製作されたものを用いる。膨張黒鉛貼カンプロファイルガスケットはのこ歯形ガスケットに黒鉛シートを単に貼り付けたものとは違う。

カンプロファイルガasketの溝つき金属プレートの山部分は、図 3.15<sup>11)</sup>に模式的に示すように、のこ歯形ガasketのような鋭角ではなく、形状間隔などが適切に設計されている。

ペーストは使用してはならない。このガasketは、膨張黒鉛がフランジ金属面と接触してシールするので、ペーストがあるとシール性が損なわれる<sup>12)</sup>。

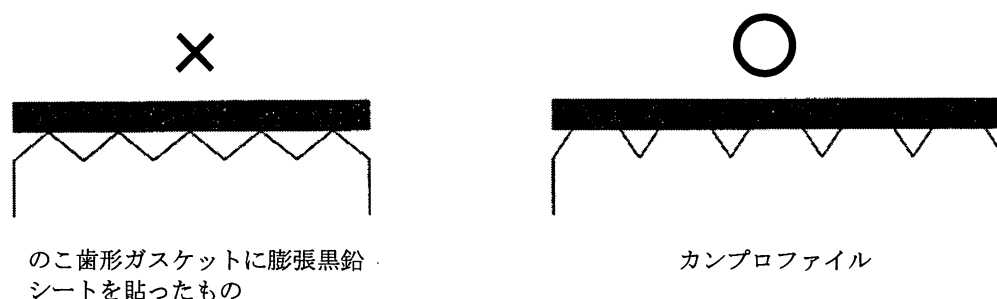


図 3.15 カンプロファイルとのこ歯形ガasketに黒鉛シートを貼り付けたものとの断面の違い (模式図)<sup>11)</sup>

### 7.6.3 ガasketの取付け

ガasket幅が狭いので、確実にフランジの中心になるように取付けること。

センタリングを容易にするため、取手付きや外つば付きの物が販売されているので、場合によってはそのような製品を用いる。

### 7.6.4 締付け

締付手順は他のガasketと同様である。

### 7.6.5 ガasketの取外し

膨張黒鉛は、使用中にフランジ面に固着しやすい。取外し時、固着したガasketの残骸はフランジ面が傷付かないように樹脂製のヘラなどで擦り落とすこと。

## 7.7 うず巻形ガasket<sup>13)14)</sup>

V字形断面の金属製フープと緩衝材(フィラー)とを重ね合わせ、うず巻状に巻いて、巻き始めと巻き終わり部分のフープを数箇所点溶接したガasketである(図 3.16<sup>13)</sup>)。

膨張黒鉛やPTFEをフィラーとするうず巻形ガasketは石綿フィラーうず巻形ガasketよりもシール性が良い。ただし、最高使用温度は石綿うず巻形ガasketより低い。さらに、黒鉛フィラーは酸素や硝酸などの酸化力のある流体に侵され、使用環境に若干の制約がある。また、より高耐食・高耐熱な素材であるマイカやバーミキュライト等の無機材料を主成分としたフィラーから成るうず巻形ガasketもある。

石棉うず巻形ガスケットを使用していたフランジには、使用環境を誤らなければ、黒鉛または PTFE フィラーうず巻形ガスケットを同じように使用できる。

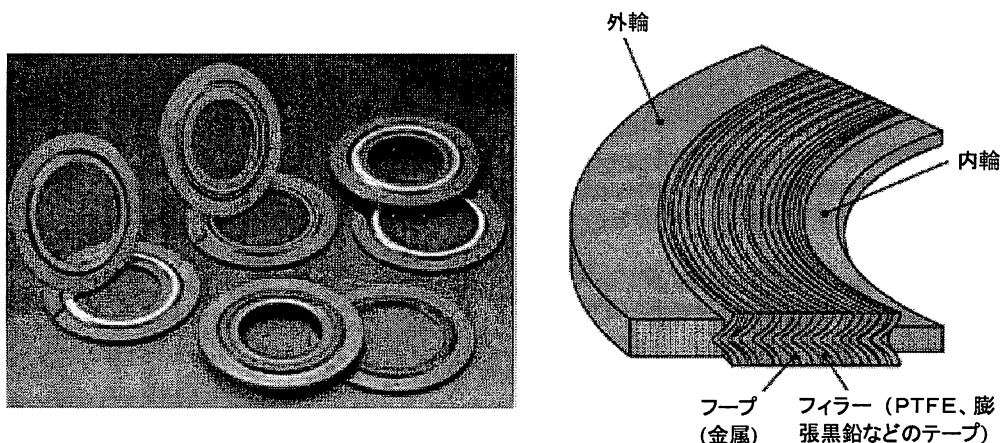


図 3.16 うず巻形ガスケット<sup>13)</sup>

石棉ジョイントシートに代替して用いる場合、液体のシールに必要な締付面圧が大きくなるので、締付不足に注意する。参考として、石油学会規格に推奨されている最小締付面圧を表 3.3 に示す<sup>15)</sup>。

### 7.7.1 取扱い

表 3.3 最小締付面圧<sup>(a)</sup> (JPI 7S-81-2005 社団法人石油学会規格より引用)

		石棉ジョイントシート		うず巻形ガスケット		
		厚さ0.8、1.5mm	厚さ3.0mm	黒鉛フィラー	PTFEフィラー	石棉フィラー
最少締付面圧 [N/mm <sup>2</sup> ]	水・油系流体	14.7	14.7	-	-	-
	ガス系流体	39.2	-	49	39.2	78.5 <sup>(b)</sup>

(a) 原規格では“最小締付圧力”と呼ぶ。(b) JPI 7S-81-96(旧規格)社団法人石油学会規格より引用

内輪、外輪のない基本形ガスケットや大口径のものはわずかな力で変形したり、バラけたりするので、慎重に取り扱う(図 3.17)。大口径のものは三人以上で取り扱うのが望ましい。

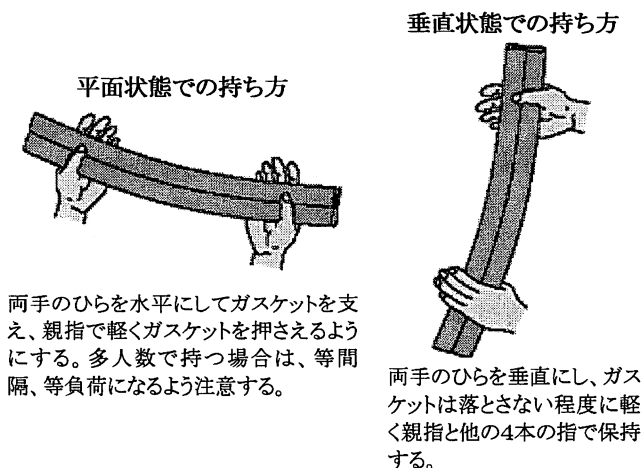


図 3.17 大口径ガスケットの持ち方 (運搬取り付け時)<sup>13)</sup>

## 7.7.2 取付け

(1) ガasketペーストは使用しない。フランジの表面の荒れやうねりなどでやむを得ず使用する場合、ガasket表面にできるだけ薄く均一に伸ばす。ペーストを塗ると圧潰しやすくなるので、過大な締付けをしない。

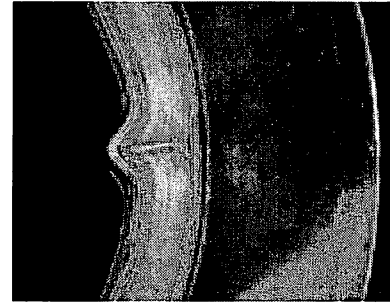


図 3.18 バックリングを生じたうず巻形ガasket 16)

- (2) 内輪、外輪付のガasketが指定されている場合、必ず指定された形式のガasketを用いる。特に、内輪があることで締付け時のガasket本体の内径側への変形(バックリング(buckling)、図 3.18<sup>16)</sup>)を防がれる。平面座フランジ等に内輪がないガasketを用いると、高い締付力によりバックリングを起こし、シールできない。内輪のないものは溝形フランジのような内径側に拘束のあるフランジに使われる。
- (3) フィラー材質が違ると、ガasketの密封特性も違うので、それぞれのガasketに適した締付面圧で締付けること。

- 
- 1) JIS B8265 や石油学会規格では締付圧力と呼ばれるが、本書では、容器の内圧などと混同しないように、フランジをボルトで締めてガasketに負荷する単位面積当たりの力を締付面圧と呼ぶことにする。
  - 2) JIS R3453:2001 「ジョイントシート」
  - 3) a) 朝比奈稔、「非石綿ソフトガasketとの現状」、「第4回圧力機器および配管におけるガasketフランジ締結体のシーリングテクノロジー」予稿集、p.114、日本高圧力技術協会(2005)、b) 経済産業省「アスベスト代替化製品対策検討会第一分科会(第2回)」(2007年9月16日)資料3
  - 4) 化学工学会化学装置材料委員会有機材料分科会編、「非金属材料損傷事例集」(2006)
  - 5) ジャパンゴアテックスカタログ、「ハイパーシート®ガasket」
  - 6) 日本バルカー工業カタログ「ノンアス製品」、カタログNO. YC06 0702 05 SEN
  - 7) ニチアスカタログ、「ナフロン®製品シール材」、カタログNO. T10-0511-02-FT-SH-改-0507
  - 8) 「バルカーハンドブック 技術編」日本バルカー工業(1996)
  - 9) 日本ピラー工業カタログ「ピラーテクノブラック® CMGC」、カタログNo. 210602 0609(Kc)1
  - 10) Garlock カタログ、「ENG-4GL Supercatalog」
  - 11) 石油学会規格 JPI-7B-88-2000 「機器フランジ漏れ防止対策資料」
  - 12) 田所孝之、バルカーレビュー、vol.40(2)、1(1995)
  - 13) 日本バルカー工業カタログ「バルカー うず巻形ガasket」、カタログNO. GC12 0609 03 SEN
  - 14) ニチアスカタログ、「トンボブランドガasket」、カタログNO.P01-0305-FT-BU-0301
  - 15) 石油学会規格 JPI-7S-81-2005 「配管用ガasketの基準」
  - 16) Fluid Sealing Association、PUMPS & SYSTEMS、2005(3)、18
-

## 別紙-1

### 1. ボルト荷重の求め方

ガスケットの締付面圧は、選択したガスケットの性能を十分に発揮させるために必要となるボルト締付荷重をガスケット接触面積当たりに換算した圧縮応力である。したがって、ボルト強度面での適合性を十分検討する必要がある。

ここでボルト荷重計算式は、通常 JIS (JIS B 8265 など) に規定されるフランジ継手の計算式が用いられる。その基本的な考え方は、フランジ継手の状態を使用状態でのボルト荷重 (Wm1) とガスケット締付時のボルト荷重 (Wm2) の独立した二つの計算式で表され、液体シールには有効である。ただし、気体シールや浸透性の強い流体に対しては締付力が十分でない場合があり、この場合には JIS より高い締付力 (Wm3) を負荷する必要がある。

これらの算出される数値の内の大きい方の値をボルト荷重として採用するが、最大締付面圧は、機器側強度 (フランジ剛性やボルト許容応力) とガスケット側強度 (ガスケット許容締付面圧) の両面から検討を加えた上で決定する。

#### 1.1 Wm1 (使用状態で必要な最小のボルト荷重 (N) ) の算出方法

$$Wm1 = H + Hp = \pi/4 G^2P + 2\pi bGmP = \pi GP/4 (G + 8bm)$$

H : 内圧によってフランジに加わる全荷重 (N)       $H = \pi/4 (G^2P)$

Hp : 気密を保つために、ガスケット又は継手接触面に加える圧縮力 (N)

$$Hp = 2\pi bGmP$$

b<sub>0</sub> : ガスケット座の基本幅 (mm) で、JIS B 8265 付属書 3 表 3 による。

b : ガスケット座の有効幅 (mm) で次による。

$$b_0 \leq 6.35\text{mm} \text{ の場合 } b = b_0$$

$$b_0 > 6.35\text{mm} \text{ の場合 } b = 2.52v b_0$$

G : ガスケット半力円の直径 (mm) で、次による。

$$b_0 \leq 6.35\text{mm} \text{ の場合 } G = \text{ガスケット接触面中心円の直径}$$

$$b_0 > 6.35\text{mm} \text{ の場合 } G = (\text{ガスケット接触面の外径}) - 2b$$

m : ガスケット係数 (ガスケットメーカーのカタログ値参照)

P : 設計圧力 (MPa)

## 1.2 Wm2 (ガスケット締付に必要な最小のボルト荷重 (N)) の算出方法

$$Wm2 = \pi bGy$$

y : ガスケット又は継手接触面の最小設計締付面圧 (N/mm<sup>2</sup>)  
(ガスケットメーカーのカタログ値参照)

## 1.3 Wm3 (シールに必要な最小締付荷重 (N)) の算出方法

$$Wm3 = \sigma_3 Ag$$

$\sigma_3$  : 最小締付面圧 (N/mm<sup>2</sup>)  
Ag : ガスケット接触 (投影) 面積 (mm<sup>2</sup>)

## 2. 締付トルクの求め方

### 2.1 トルクレンチを使用する場合

JIS B 1083 (ねじの締付通則) や機械工学便覧などに掲載されている次式を用いてトルクを算出する。

$$T = K \cdot F_f \cdot d$$

ここに、

T : ボルトの締付トルク (N・m)  
K : トルク係数 (通常 0.20 としてよい)  
F<sub>f</sub> : 総締付力 (N)  
d : ボルトの呼び径 (mm)

※ うず巻き形ガスケットに変更する場合は、比較的大きな締付力を必要とするため、ボルト材質は SNB7 など以上の高張力ボルトの使用を推奨する。  
また使用しているフランジ強度の確認も必要である。

### 2.2 一般的な手締めの場合

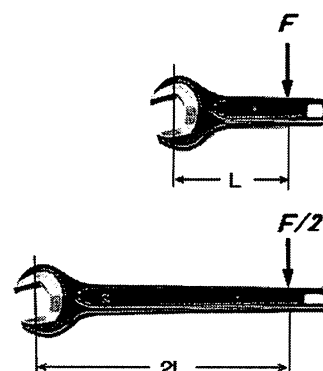
トルク管理を行わない場合、スパナの握り部に加える力を基に、次式により概略のトルクを求めることができる。

$$T = F \cdot L$$

ここに、

T : ボルトの締付トルク (N・m)  
F : スパナの握り部に加える力 (N)  
L : ボルトの中心からスパナの握り中心部までの長さ (m)

上記の式から、トルク＝力×長さ であり、  
 同じトルクで締付けるときスパナの長さが  
 2 倍の場合、締付ける力は 1/2 で良いこと  
 が解る。



<参考>

- ・スパナを締付ける力の目安  
 大人が手首の力だけで締付ける： 50～100 N  
 大人が片腕の力だけで締付ける： 100～200 N  
 大人が上半身の力で締付ける： 200～400 N

- ・規格スパナによる低炭素鋼（SS400）ボルト締付例

出典：バルカーハンドブック技術編

ねじの 呼 び	スパナ握り部に加える力 F h (N)	作業要領
M6	44.1	手首だけの力を加える
M 8	68.6	ひじから先の力を加える
M10	127.5	肩から先の力を加える
M12	176.5	上半身の力を加える
M16	313.8	全身の力を加える
M20	490.3	全体重を加える
M24	686.5	〃

手締めの場合は、個人の感覚により締付力が異なるため、トルクレンチを併  
 用し、締付力を習得しておくことを推奨する。

## 別紙-2

### 1. フランジ継手締付方法

必要な締付面圧で締付けられていないフランジ締結体は、決してシールできない。また、不適切な締付けは漏洩につながるため、適切な締付けを行う手順が提唱されている。代表的なものとして、アメリカ機械学会(ASME)の提唱する方法<sup>17)</sup>と日本高圧力技術協会(HPI)の提唱する方法<sup>18)</sup>がある。以下にその手順の概略を紹介する<sup>19)</sup>。

#### (1) ASME 法

**Install**： 締付準備としてガスケットおよびボルト・ナットを組み込み、最初に手で全てのボルトを対角(星型)(図 3.3<sup>20)</sup>)に軽く締付ける。次に、スナグトルク 15-30Nm で締付けを行う。ただし、スナグトルクは目標締付トルクの 20%を超えてはならない。これにより、ガスケットがフランジ面にある程度なじむ状態が得られる。

**Round 1 ~ Round 3**： 目標締付トルクの 20~30%、50~70%、100%とラウンドを重ねるに従い段階的に対角(星型)に締付け、締付トルクを増加させる。

**Round 4**： 目標締付トルクの 100%の締付トルクで時計回りの締付順序によりナットが回転しなくなるまで締付けを続ける。これにより、ボルト軸力の収束が得られる。

**Round5**： Round4 終了後、フランジとガスケットの接触面をなじませるために 4 時間以上のエージングを行う。その後、ガスケットのリラクゼーションによるボルト軸力の低下を補償するために Round4 と同様の締付けを行う。

#### (2) HPI 法、ボルト総数 8 本以上の場合

**締付準備**： ボルト・ナットをボルト穴に取付け、手でボルト・ナットを締付け、ねじ部品およびガスケットをフランジに軽く密着させる。

**ボルトの仮締付け(インストール)**： フランジのボルト総数が 12 本以上 24 本以下の場合には 4 本のボルト、ボルト総数が 24 本を超える場合には 8 本のボルトを仮締付けの対象とする。締付順序は対角(星形)(図 3.3)とする。締付トルクを段階的に増加させながら、均等に締付を行い、各段階でフランジ面間距離が均等になっていることを確認する。数段階で目標締付トルクの 100%に近い締付トルクを与え、同時にフランジ面間距離群が均等になっていることを確認して、仮締付け完了とする。フランジのボルト本数が 12 本未満の場合は、全てのボルトを仮締付けの対象とする。

うず巻形ガスケットを用いる場合、片締め防止のために次の手順を加える。全てのボルトに対し、目標締付トルクの 50%により、時計回りに 1 周の締付けを行う。



フランジ面間の平行度の確認： 仮締付け中の各段階、および終了後、フランジ面間をノギス等で対角に4ヶ所測定し、片締め防止を図る。

ボルトの本締付け： 全てのボルトを対象として、目標締付トルクの100%による締付けを行う。締付順序は時計回りとする。フランジボルトの本数が8本未満の場合は対角に締付ける。締付周回数はフランジ呼び径が10インチ以上の場合は6周、10インチ未満の場合は4周とする。本締付け終了後、フランジ面間をノギス等で対角に4ヶ所測定し、片締めが生じていないことを確認する。

ボルトの増締め： ガasketのリラクゼーションによる軸力低下を補償する必要がある場合は、本締付け終了から4時間以上経過してから本締付けと同じ工程を繰り返す。ただし締付けの周回数は1回ないし2回とする。

漏れの止まらないフランジは、ガasketの性能が原因ではなく、片締めなどの締付けの問題か、フランジ表面の傷やゆがみ、ボルトの強度不足などが原因であることが多い。漏れの止まらない場合は、設計者、施工管理者などに速やかに連絡し、適切な対策を相談すること。

- 
- 17) ASME PCC-1 - 2000 “Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly”
  - 18) 日本高圧力技術協会 規格基準 HPIS Z103TR-2004 「フランジ継手締付け指針」。JIS B2251 「フランジ継手締付け方法」としての制定作業が進んでおり、経済産業省の審議で承認された段階である。
  - 19) 辻、HPI 技術セミナー「第4回圧力機器および配管におけるガasketフランジ締結体のシーリングテクノロジー」、pp.168～173 (2005)
  - 20) 日本バルカー工業カタログ「ノンアス<sup>®</sup>製品」、カタログ No. YC06 0702 05 SEN
-

### 別紙-3 ガasketとフランジの摩擦力とペーストの関係

フランジ継手のガスケットによる密封は、一対のフランジ間にガスケットを挟みボルトで締結することで実現している。ガスケットはフランジ表面に存在する凹凸を埋め、内部流体の漏洩流路を遮断し、漏洩を防止する機能を持っている。一般的に用いられるジョイントシートやうず巻形ガスケットにおいて、このような機能を達成するためには次のような特性が必要とされている<sup>21)</sup>。

- 1) 変形能の高いこと
- 2) ボルトによる圧縮荷重と内圧に耐えること。このためには、フランジとガスケットの接合面の摩擦力が大きいことが必要である。
- 3) 締付け後のクリープ緩和特性が適当であること。
- 4) 使用条件に耐える、耐熱性と耐薬品性を有すること。

摩擦力が必要なことについて、もう少し詳しく説明する。ボルトによりガスケットに圧縮力が与えられると、この力はガスケットを外側へ押し出そうとする。しかし、フランジとの接合面摩擦力があると、外側への拡張を抑えるので、ガスケットには大きな周方向の引張り応力は発生しない。このため、ジョイントシートのように材料自体の引張強さが低くても問題とならない。したがって、ペーストや油が表面に付着していると摩擦力が低下して周方向への引張り応力が発生し、しかもガスケットは引張への強度を持つようには作られていないので、低い圧縮荷重で圧潰してしまう。そのため、ペーストの過剰な塗布やフランジ面の油や潤滑剤の塗布は避けなければならない。

---

21) 小林隆志、「ガスケットの密封メカニズムと漏洩特性表示」、「第3回圧力機器および配管におけるガスケットフランジ締結体のシーリングテクノロジー」予稿集、p.79、日本高圧力技術協会 (2004)

---

## 第4章 非石綿シール材の取付け時の不具合要因と防止

### 1. 不具合の要因

シール材を接合部に装着した時の接合部からの漏洩、噴出などの不具合は、しばしば発生するものであるが、これらの原因は、接続部を構成するフランジ、ガスケット及びボルト・ナット類のいずれかに異常がある場合に起こることが多い。通常の不具合は、接続部からのガス、液体などの漏洩であるが、装着時に異常が認められなくても、時間が経過したのちに突然ガスなどの噴出する場合もある。特に突然にガス・液体が噴出する原因の多くは、ボルト・ナット類の締付け時に、過剰な力をかけたときや、締付力が弱すぎた場合に発生しやすい。

第3章において、個別のガスケットの取付け時の留意事項について、一部記述されているが、接合部を構成するフランジ、ガスケット及びボルト・ナット類に関する共通的な不具合要因について、ESA (European Sealing Association) のガイドライン (Guidelines for Safe Seal Usage — Flanges and Gaskets —1998) の内容を次に掲げる。

#### 1.1 フランジの不具合

フランジの不具合による接合部からのガスなどの漏洩・噴出は、次のような場合に発生する。

- (1) フランジ表面が損傷している。
- (2) フランジ表面が歪んでいる。
- (3) フランジ表面が平行でない。
- (4) フランジ表面が腐食している。
- (5) フランジ組立て時にごみなどが付着している。

#### 1.2 ガスケットの不具合

ガスケットの不具合による接合部からのガスなどの漏洩・噴出は、次のような場合に発生する。

- (1) 温度、腐食などに対して十分な耐力がない。
- (2) ソフトガスケットの場合のようにガスケットの厚さが不適當である。
- (3) 通常時の操作時のたわみ又は配管作業での曲げ応力が生じる。
- (4) 保管、取扱い又は取付け時に損傷を受ける。
- (5) 組立て時に過大な負荷によって押しつぶされる。
- (6) 長期間のうちに劣化している。
- (7) 再利用される。
- (8) より高温になった時に再締付けする。

### 1.3 ボルト・ナット類の不具合

ボルト、スタッド、ナットなどによる不具合は、締付けが不十分な場合と強すぎる場合が考えられる。

#### (1) 締付けが緩い場合

- ・組立て部品が不備である。
- ・ボルト・ナット類に異常がある。
- ・自然に緩む。
- ・長時間の間に疲労し、又は緩む。

#### (2) 締付けが強すぎる場合

- ・ガスケットを押しつぶす。
- ・応力腐食割れを促進する。
- ・疲労が増加する。

## 2. 不具合の防止

非石綿シール材の取付け時のフランジ、ガスケット及びボルト・ナット類に関する基本的な留意事項は、表 4.1 のとおりである。

表 4.1 基本的な留意事項

	フランジ	ガスケット	ボルト・ナット類
選定	ボルト孔等が適切に配置されたフランジを選ぶ。	フランジ配置と使用条件に適したガスケットを選ぶ。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・信頼できる業者から品質の良いガスケットを購入する。</li> <li>・シートガスケットに接合材を使用しない。</li> <li>・ソフトガスケットは適切な厚さを選ぶ。</li> </ul>	フランジ/ガスケットに適切な負荷がかけられるボルト・ナット類を選ぶ。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・十分な延性を持つ。</li> <li>・同じ弾性率を持つ。</li> <li>・ボルトなどの最大引張り荷重より 20%大きい試験荷重を持つナットを使用する。</li> <li>・常にワッシャーを使用する。</li> </ul>
準備	石綿含有ガスケットの除去とフランジの清掃を行う。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ワイヤーブラシの使用</li> <li>・真鍮吹付け</li> </ul>	ガスケット用シートを切断する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・良いカッターで正しいサイズに切断する。</li> <li>・一度使用したガスケットは再利用しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ボルト・ナット類及びワッシャーをクリーンにする。</li> <li>・ボルト・ナット類は全ての接触面をワイヤーブラシなどで処理する。</li> </ul>
保管・取扱い		<ul style="list-style-type: none"> <li>・涼しい、乾燥した所に保管する。</li> <li>・直射日光を避けて保管する。</li> <li>・ガスケットは横にして保管し、使用の直前に包装から取り出す。</li> <li>・ガスケットは吊るさない。</li> <li>・ガスケットの表面に傷をつけない。</li> </ul>	

	フランジ	ガスケット	ボルト・ナット類
目視検査	ガスケットが接触するフランジ面に傷やゆがみなどがないか検査する。	ガスケットが正しい形、サイズ及び厚さであるか、また欠陥がないかを検査する。	ねじにばり又は割れのような欠陥がないか検査する。
潤滑		シートガスケットに接合物を使用しない。	ボルト・ナット類とねじの全ての接触面を潤滑する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 承認された潤滑材を使用する。</li> <li>● 均一に潤滑する。</li> </ul>
取付け	フランジの合せ面を拡げる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 合せ面が平行になるよう部品を準備する。</li> </ul>	フランジの間に注意してガスケットを挿入する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● ガスケットがフランジの中央にあることを確認する。</li> </ul>	
ジョイントの締付け			<ul style="list-style-type: none"> <li>● 手でナットを回す。</li> <li>● トルクレンチを使用する。</li> <li>● 締付け回数を最小 5 回とする。</li> </ul>



## 第5章 各種ガスケットのトラブル事例

### 1. ジョイントシート

#### 1.1 トラブル事例

石綿ジョイントシートでのトラブル事例を表 5.1 に示す。これらの事例は非石綿ジョイントシートでも発生する可能性がある現象である。

表 5.1 石綿ジョイントシートのトラブル事例 (JPI-7S-81-2005 解説付表 1  
社団法人石油学会規格より引用)

No.	状況	フランジ	流体名	圧力 MPa	温度 °C
(1)	フランジのガスケット接触面に孔食が発生	JPI150 RF	ヘキサンなど	0.1	60~80
(2)	150A 以下 間欠通気ラインで復水により ガスケット下部湿潤劣化		蒸気	0.7	170
(3)	少量のキシレン混入により膨潤 1年後定修時にSWGに変更	JPI150 SORF	分解ガソリン	0.6	170
(4)	15A~250A バインダー材の膨潤		スチレン	0.5	10
(5)	15A~600A 120°C以上で劣化著しい		BTX エチルベンゼン	0.96	260
(6)	20~80A 締付過多及び片締めのため、 ガスケットが圧壊	JPI150 300RF	油	大気圧	常温

事例(1)は、石綿ジョイントシートには塩化物が多く含まれていたことが主な要因である。非石綿製品では塩化物は少なくなっているが、製品によってはなお発生の可能性がある。腐食対策品もあるので、腐食が懸念される使用条件ではメーカーと相談されたい。事例(5)の流体は、多くの非石綿ジョイントシートで使用が推奨されない条件であるが、常温で使用できる薬液であっても加熱条件ではこの事例と同様な劣化が生じる可能性がある。

また、非石綿ジョイントシートによるトラブル事例と対策(1)(2)を表5.2及び5.3に示した。

表 5.2 トラブル事例と対策(1)

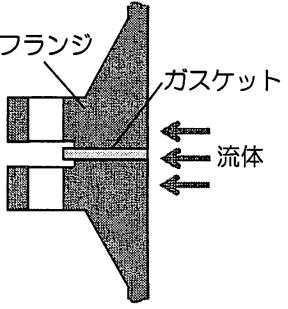
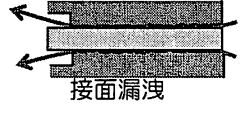
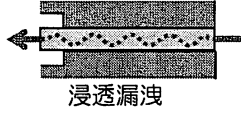
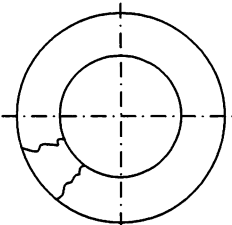
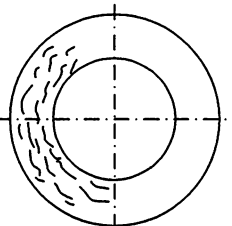
現象・状態	原因	対策
<p>漏洩</p>  <p>フランジ</p> <p>ガスケット</p> <p>流体</p> <p>接面漏洩：フランジとガスケットの間から内部流体が洩れる。</p>  <p>接面漏洩</p> <p>浸透漏洩：ガスケットの間から漏れが生じる。</p>  <p>浸透漏洩</p>	<p>締付面圧不足</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ボルトを高強度の材質に変更する。</li> <li>2. ガスケットの接触幅を狭くする。 JPI フランジの場合、JPI-7S-16『配管用非金属ガスケットの寸法』のグループⅡを使用する。</li> <li>3. ガスケットペーストを両面に薄く均一に塗布する。</li> <li>4. フランジ面を、セレーション仕上げする、または、表面粗さ <math>3.2\mu\text{mRa}</math> (12.5S) 程度とする。</li> <li>5. ガスケットを締め付けた後、半日程度フランジになじませてから内圧を負荷する。</li> </ol>
	<p>フランジのうねり、そり</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. フランジのうねりやそりを修正する。</li> </ol>
	<p>無理な配管外力、繰り返し熱応力</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 配管外力や熱応力を除去する構造にする。</li> <li>2. 締付面圧を大きくする。 (<math>35\text{N}/\text{mm}^2</math> {約 <math>350\text{kgf}/\text{cm}^2</math>} 以上)</li> <li>3. ガスケット薄くする。 薄いほど応力緩和率が小さく、締付面圧を保持できる。</li> <li>4. 再運転時や温度変化があった場合、増締めする。</li> </ol>
	<p>材質内の微小空隙</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 締付面圧を大きくする。 (<math>35\text{N}/\text{mm}^2</math> {約 <math>350\text{kgf}/\text{cm}^2</math>} 以上)</li> <li>2. ガスケットペーストをガスケットの両面だけでなく内径断面にも塗布する。</li> <li>3. 締付後、2～3時間放置する。</li> </ol>



表 5.3 トラブル事例と対策(2)

現象・状態	原因	対策														
ステンレス鋼製フランジのガスケット接触面に腐食が発生する。	隙間腐食 ピッチティング	1. 接液部に隙間が生じないように、非溶剤系のシーラント等で目止めを施す。 2. 可溶性ハロゲンがガスケット面に付着しないよう、素手や、塩分を含んだ物をガスケットに接触させない。 3. 腐食した面を修正する。 シール性に影響がある深い腐食の場合、新しいフランジに交換する。														
ガスケットの径方向に亀裂が生じる  	内圧による破損	1. ガスケットの耐圧性が設計・使用圧力に対して問題ないかどうか確認する。ガスケットの使用範囲を超えている場合、他材質のガスケットに変更する。 2. ウォーターハンマー、凍結等により設計圧力以上の内圧が発生していないかどうか確認し、異常内圧の発生を押さえる。 3. 設計圧力内であっても使用流体や熱の影響でガスケットが劣化していることがある。この場合はガスケットの寿命であり、交換する。														
ガスケットの周方向に亀裂が生じる  	締付過剰	1. ガスケットの許容締付面圧を超えて締付られているボルト締付トルクあるいは軸力を管理して、許容面圧を超えないように締め付ける。  <table border="1" data-bbox="722 1373 1398 1574"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ガスケット 厚さ (mm)</th> <th colspan="2">許容締付面圧</th> </tr> <tr> <th>ペーस्टなし (N/mm<sup>2</sup>)</th> <th>ペーस्ट塗布 (N/mm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.8</td> <td>294.2</td> <td>68.6</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>196.1</td> <td>68.6</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td>147.1(98.0)</td> <td>68.6</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">( ) は TOMBO No. 1120 の値</p> 2. 片締めをしないように、気を付ける。	ガスケット 厚さ (mm)	許容締付面圧		ペーस्टなし (N/mm <sup>2</sup> )	ペーस्ट塗布 (N/mm <sup>2</sup> )	0.8	294.2	68.6	1.5	196.1	68.6	3.0	147.1(98.0)	68.6
ガスケット 厚さ (mm)	許容締付面圧															
	ペーस्टなし (N/mm <sup>2</sup> )	ペーस्ट塗布 (N/mm <sup>2</sup> )														
0.8	294.2	68.6														
1.5	196.1	68.6														
3.0	147.1(98.0)	68.6														

## 1.2 個別事例

### ・流体凍結によるガスケットの損傷

温度：-14～37℃

圧力：1.7MPa

流体：消火水

フランジ：JIS 20K 15A RF

寸法：JIS 20K 15A 43.0

配管内の水が凍結。体積膨張のためガスケットが破損した（図 5.1）。

対策：うず巻形ガスケットに変更。

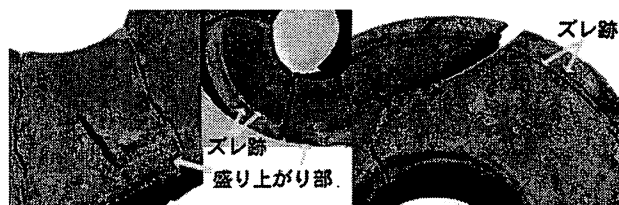
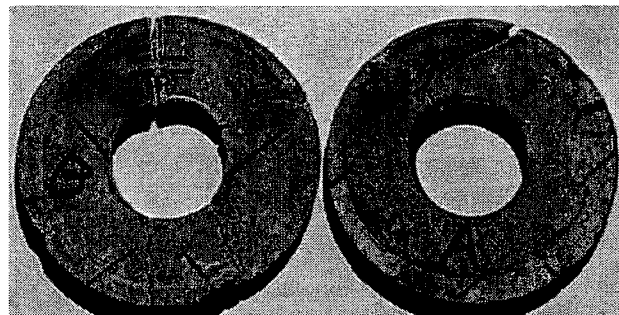
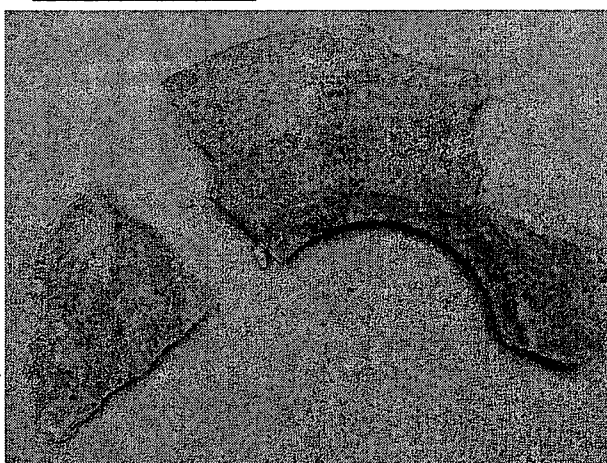


図 5.1 ガスケットの損傷

### ・熱劣化による破損



長期の熱負荷による、ゴムバインダー一部分の熱劣化により、硬化、脆化が発生。フランジ挙動による負荷変動により破損（図 5.2）。

対策：ゴムバインダー非配合の製品（PTFE 系、黒鉛系など）、うず巻形ガスケットへ変更。

図 5.2 熱劣化による破損

## 1.3 非石綿ジョイントシートガスケットを使う場合の注意事項

非石綿ジョイントシートを 100℃以上で使用する場合は、下記注意事項をお守り下さい。

- ① ガスケット厚さをなるべく薄く（1.5mm 以下推奨）として下さい
- ② ガスケットペーストを使用して下さい
- ③ 締付面圧を 25.5～29.4MPa {260～300 kg/cm<sup>2</sup>} 以上として下さい
- ④ 配管応力の負荷がかかりにくい個所や取り替え易い個所に使用して下さい

## 2. うず巻形ガスケット

### 2.1 トラブル事例

うず巻形ガスケットのトラブル事例を表 5.4 に示す。

表 5.4 うず巻形ガスケットのトラブル事例 (JPI-7S-81-2005 解説付表 1 より)

No.	状況	フランジ	流体名	圧力 MPa	温度 ℃
(1)	25A 以下 ガスケット当たり面がフランジ内径よりはみ出して有効幅が保てず、漏れ発生	JPI 150 JPI 300 SO, RF	—	—	—
(2)	200A 石綿ファイラー。外輪付。バルブ取合配管で挿入時、内輪が無いいため、フープがばらけた。	JPI 150 SO, RF	H.C	1.0	260
(3)	500A 石綿ファイラー。外輪付。締めすぎにより内輪が無いため座屈し、フープが内側へはみ出した。				
(4)	150A 石綿ファイラー。ガスケットを浸透してきた微量の油によって、フランジ部にコーク付着。	JPI 300 RF	重質油	1.5	380
(5)	25A 膨張黒鉛ファイラー。内外輪付。ファイラーの膨張黒鉛が大気との接触により、酸化消失しガスが漏洩した。		H.C, 蒸気	2.5	500

表内の石綿ファイラーうず巻形ガスケットの事例は非石綿製ファイラーの製品でも起こりうる。

### 2.2 個別事例

#### ・膨張黒鉛ファイラー材の酸化消失

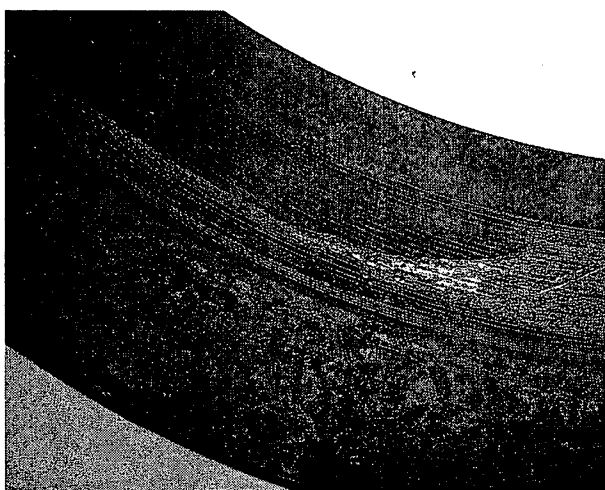


図 5.3 ファイラーの消失

ファイラー材質：膨張黒鉛  
寸法：JPI クラス 300 8B  
温度：420～450℃  
圧力：5 mmAq  
流体：熱媒（硝酸塩系）  
使用期間：4～5 年

漏洩したため取り外したところファイラーが消失していた（図 5.3）。

対策：酸化消失対策品（ライン入りなど）や金属ガスケットへの変更。

・過剰締め付けによる内径側異常変形

フィラー材料：特殊石綿紙

フープ材料：SUS304

外輪材料：SPCC

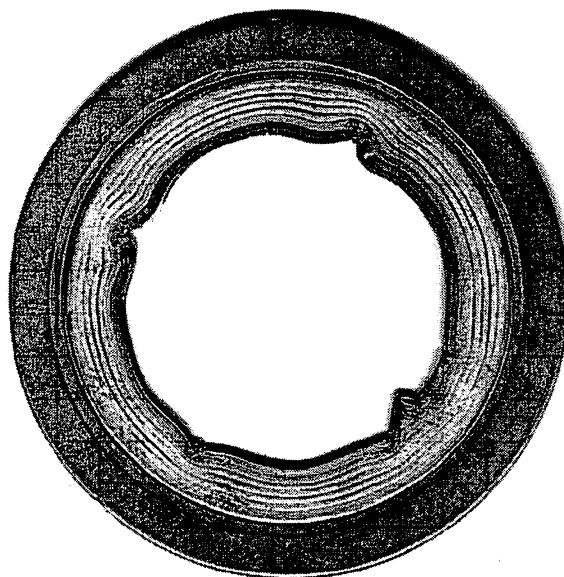
寸法：JPI クラス 300/600 3B

温度：常温

圧力：7.3MPa（耐圧）

4.9MPa（気密）

締め付け：シリコングリスを塗布し、締め付けた。



原因：ガスケットの過剰締め付け。

外輪の内周部分には、フランジのRF部で圧縮されたと推定される「へこみ」がみられる（図5.4）。

図5.4 フランジのへこみ

対策：内輪の追加、締め付け力管理の推奨など。膨張黒鉛および PTFE フィラー製品はフランジとの摩擦が小さく、このような変形が起りやすいので、内輪付が標準である。

### 3. PTFE 被覆ガスケット

#### 3.1 トラブル事例

表 5.5 PTFE 被覆ガスケットのトラブル事例 (JPI-7S-81-2005 解説付表 1 より)

状況	フランジ	流体名	圧力 MPa	温度 ℃
ガスケットの挿入ミスで PTFE が裏返り、洩れ発生。外周シール形に変更。	JPI 150 RF	ポリマースラリー	0.6	60~80
小口径 (25A 以下) ラインの締めすぎによりガスケットにフロー発生。		エステル	クラス 150	150
先端部の PTFE T が膨潤劣化。		流体に関係なし		120~150
ガスケットの応力緩和が大きく、強い締め付けに耐えられない。				
80A 締め過ぎにより破損	JPI 150 WN,RF	硫酸	0.15	110

### 3.2 個別事例

- ・ 締付力過大による中芯材の損傷

#### 不具合内容

一般配管（10K 20A）にて中芯材単一タイプ（非石綿）を使用したところ（流体：水、温度 40℃）、約 1 ヶ月使用後にリークが発生。開放したところ、中芯材が破断していた。

（図 5.5）

#### 原因

締付過大の場合に現れる PTFE 外皮の著しいフローが確認された（半透明化）。

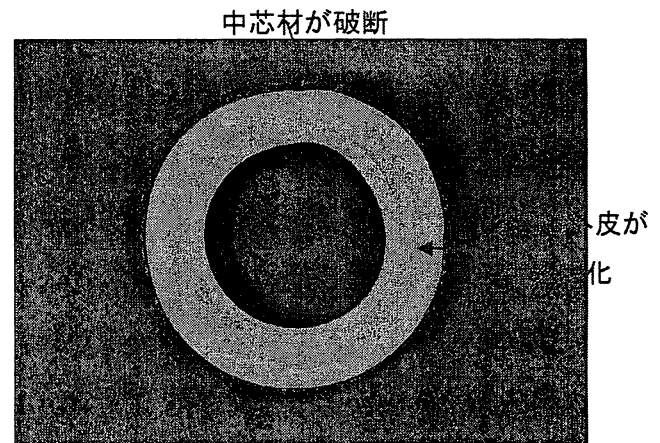


図 5.5 中心材の破断

→締付過大により中芯材が圧縮破壊した。

#### 対策

ガスケット中芯材にかかる面圧が 10～30MPa の範囲内になるよう締付力を調整する。

（中芯材が石綿品では面圧が 50MPa 程度でも破損がなかったが、非石綿品を石綿品同様の締付方法で使用してしまうと、面圧 30MPa 以上締付けてしまう可能性が考えられる）

PTFE 包みガスケットを使用する際に最も多いトラブルがこの「締付力過大・片締めによる中芯材の破断」である。

特に小口径は中芯材の受圧面積が小さいため、過大な面圧がかかりやすく、締付力を調整しながらボルトを締め付けることが必要である。（中芯材にかかる面圧は 30MPa 以下にする必要がある）

- ・ 雨水の浸入によるシール面低下

#### 不具合内容

一般配管（10K 20A）にて中芯材複合タイプを使用（非石綿）したところ（流体：LPG、温度：常温）、約 10 ヶ月使用後にリークが発生した。

## 原因

ガスケット現品を確認した結果、中芯材に使用している無機ペーパーが層間剥離していた。

→外周より水分が浸入しフェルトが軟化、シール面圧が不足した。

## 対策

- ・中芯材複合タイプは初期締付後の応力緩和が大きいので、初期締付後 24 時間以上経過後に増締めすることでガスケット面圧を維持させ、水分の浸入を防ぐ。
- ・一般配管では、中芯材単一タイプを使用する。

一般配管では、中芯材複合タイプを使用すると「初期応力緩和が大きく、増締めが必要」、「水分の浸入により応力緩和が進む」などがあることから、中芯材単一タイプの方が使い勝手が良い場合がある。

- ・非適正寸法品の使用による中芯材の損傷

## 不具合内容

PFA ライニング配管で、一般配管用寸法のガスケット（JIS 10K 100A 用）を使用したため、シール面積が少なく過剰な面圧が中芯材にかかり圧縮破壊を起こし、流体がリークした（表 5.6）。

## 原因

PFA ライニング配管で一般鋼管用寸法のガスケットを使用してしまうとシール面積が小さくなる場合があり、同じボルト締付力でも PFA ライニング配管寸法のものに比べ、中芯材にかかる面圧が約 2 倍になる。

→過剰な面圧が中芯材にかかり圧縮破壊を起こし、流体がリークした。

表 5.6 圧縮破損

ガスケット寸法	中芯材内径	フレア外径		受圧面積
JIS 10K 100A	φ 124mm	φ 145mm	→	38.5cm <sup>2</sup>
FG 100A	φ 112mm	φ 145mm	→	66.6cm <sup>2</sup>

## 対策

PFA ライニング配管用寸法のガスケットを使用する。

各種配管毎に適した寸法の製品を使用しないと、適正な締付面圧が得られないためにトラブルが発生する場合があるため、配管に適した寸法の製品を使用する。

- ・流体の透過・重合による中芯材の損傷

#### 不具合内容

SUS 配管(JIS 10K 50A)にて中芯材単一タイプ(石綿)を約 15 年使用した(流体: カプロラクタム(モノマー)、温度: 150℃)。フランジを開放したところ、著しい破損が確認された (図 5.6)。

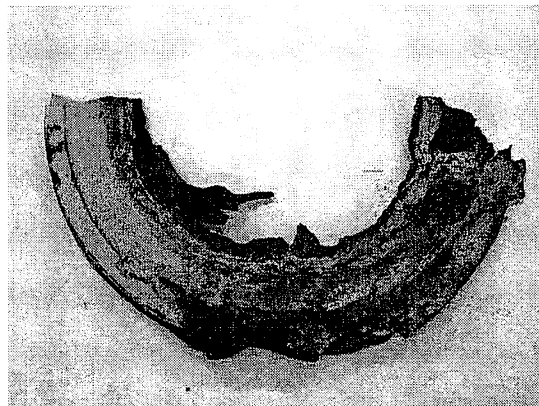


図 5.6 中心材の破損

#### 原因

PTFE 外皮に流体(モノマーは浸透性が高い)が浸透し、重合した。また、接面や内周側両側から中芯材が流体に侵された。

#### 対策

ガスケットを定期的に交換する。(モノマーによるPTFEの物理的劣化は防止が困難なため、交換頻度を設定する必要がある)

モノマーに限らずどんな流体でも、接面から微量な漏れや、PTFE外皮への僅かな浸透が起るため、中芯材は少しずつ劣化していく。PTFE包みガスケットは耐薬品性抜群のPTFEで包んでいるからといっても、半永久的に使えるわけではない。

- ・流体凍結によるガスケットの損傷

#### 不具合内容

SUS 配管(JIS 10K 40A)にて中芯材単一タイプ(非石綿)を使用し(流体: 塩酸、温度: 常温)、約半年後に開放したところ、ガスケットに破損が確認された (図 5.7)。

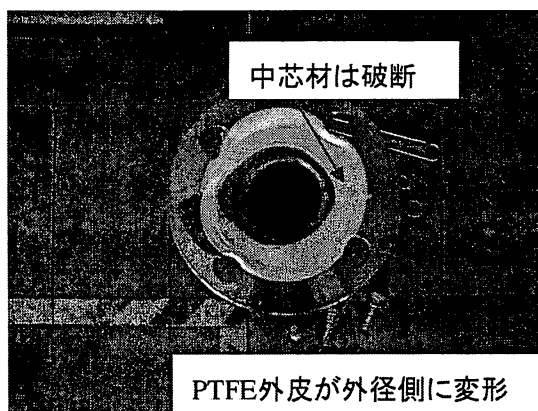


図 5.7 ガスケットの破損

#### 原因

配管系が閉止された状態で、流体が内部に満たされていた。

冬場だったため夜間に塩酸が凍結、体積膨張しガスケットが外側に押し出された。

## 対策

バルブ閉止箇所の見直しや、配管系の構造見直しなど流体の凍結などの内圧異常に対しては、ガスケットの取扱いだけでは防止が困難なため、配管設計などを見直す必要がある。

### 3.3 非石綿 PTFE 包みガスケットを使う場合のその他注意事項

#### 3.3.1 一般配管で非石綿 PTFE 包みガスケットを使用する場合の注意事項

##### ◆締めすぎ・片締めに注意が必要

初期締付け及び初期増締め方法については、締付面圧が 10～30MPa の範囲内になるように、また片締めにならないように締付ける。

##### ◆増締め時に注意が必要

長期間使用後に増締めする際には、流体の浸透や熱により中芯材が劣化している場合があるので、締過ぎや片締めに注意が必要である。

(中芯材を侵しやすい流体例：塩酸、ベンゼン、トルエンなど)

より耐薬品性の高い中芯材（例えば、膨張黒鉛系ジョイントシートなど）の使用や早めの交換、耐薬品性の優れた PTFE ソリッドガスケット (T/#9007 シリーズ) の使用などを勧める。

#### 3.3.2 樹脂ライニング配管で非石綿 PTFE 包みガスケットを使用する場合の注意事項

##### ◆締過ぎ・片締めに注意が必要

一般配管(金属)に比べ樹脂配管では外皮 PTFE が滑り易いため、締過ぎや片締めにより中芯材が圧縮破壊を生じることがある。

樹脂ライニング配管では一般配管(金属)以上に注意して、初期締付け及び初期増締めを行う。(締付面圧は 10～30MPa の範囲内になるように、片締めにならないように締付けてください)

圧縮破壊の対策としては PTFE ソリッドガスケットなどの使用を勧める。

#### <第 5 章執筆協力者>

ニチアス株式会社	内山和明氏
ニチアス株式会社	花島完治氏
日本バルカー工業株式会社	江西俊彦氏



