

参考資料 3 参考図表

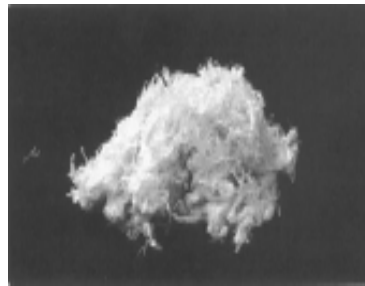
石綿(アスベスト)とは

火成岩が自然現象の力により
綿状に変化したもの

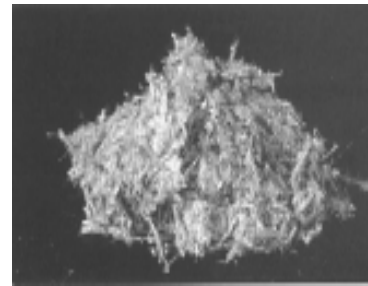
石綿の原石



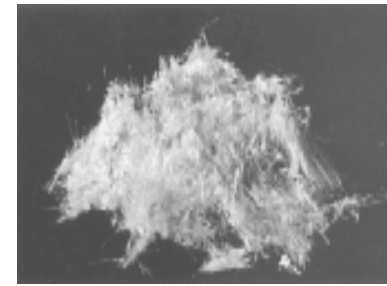
クリソタイル
(白石綿)



アモサイト
(茶石綿)



クロシドライト
(青石綿)



石綿の特性 : 不燃性、耐熱性、耐腐食性 等

用途 ・製品 : 石綿スレート、高圧管、防熱布団等の紡織品
・建築物の吹付石綿(不燃・断熱性を高められる)

アスベスト製品の事例

1 . 石綿スレート



2 . 高圧管



3 . 防熱布団などの紡織品

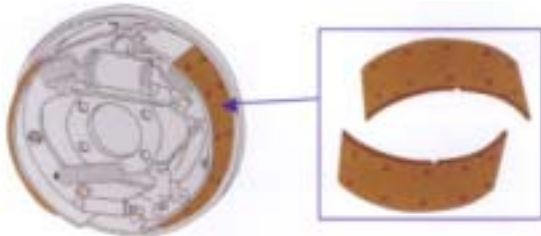


4 . 吹付石綿



5 . 摩擦材

(ブレーキライニング)

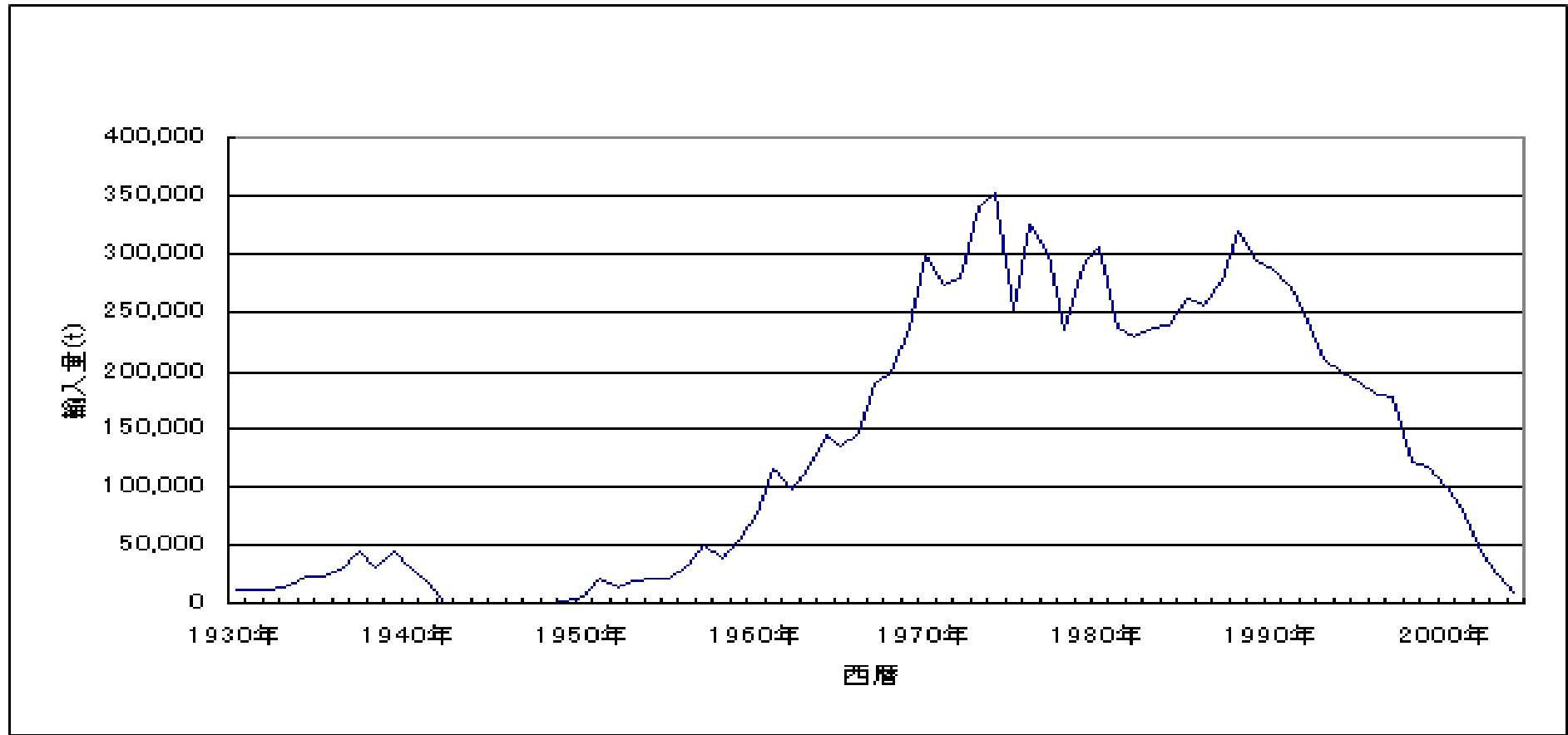


(クラッチフェーシング)

6 . シール材



日本国内のアスベスト輸入量の推移



日本への主な輸入元は、カナダ(65.7%)、ブラジル(19.5%)、ジンバブエ(10.8%)。(2004年)

石綿による健康影響

石綿粉じんを吸入することにより、次のような健康被害が発生するおそれがある。
これらの疾病については、石綿粉じんのばく露から発症までの期間が相当長いことがある。

石綿肺(じん肺の一種)

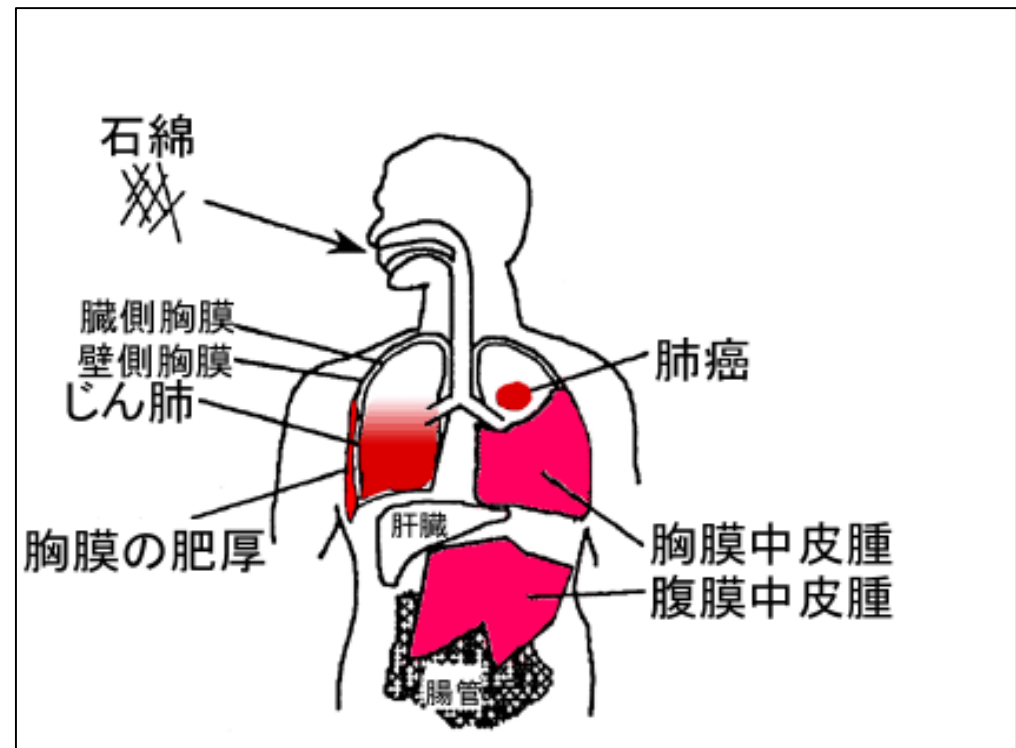
肺が線維化するもので、せき等の症状を認め、重症化すると呼吸機能が低下することがある。

肺がん

肺にできる悪性の腫瘍。

胸膜、腹膜等の中皮腫(がんの一種)

肺を取り囲む胸膜等にできる悪性の腫瘍。



アスベスト問題への当面の対応

(経済産業省関連部分のみ抜粋)

平成 17 年 7 月 29 日

アスベスト問題に関する関係閣僚による会合

1. 対応策

(1) 今後の被害を拡大しないための対応

製造・新規使用等の早期の全面禁止(厚生労働省、経済産業省)

既にアスベストの製造等を原則として禁止しているところであるが、例外的に用いられているアスベスト含有製品について、遅くとも平成20年までに全面禁止を達成するため代替化を促進するとともに、全面禁止の前倒しも含め、さらに早期の代替化を検討する。

- ・7月21日、「石綿の代替化に関する緊急会議」を開催し、関係20団体に代替化の促進を要請した。
- ・7月26日、業界団体に対し、在庫品の販売を直ちに禁止するよう要請した。
- ・アスベスト含有製品の適正な表示及び文書交付の徹底を改めて要請する。(7月中に要請)
- ・8月に代替化の促進のための検討会を発足させ、早期代替化に向けた対策を早急に確立するとともに、所要の代替化促進策を検討する。
- ・アスベストの代替化の推進により影響を受ける中小企業者に対して政府系三金融機関、信用保証協会において相談体制を整備し、状況に応じて事業転換等の支援に適切に対応する。

(2)国民の有する不安への対応

国民への積極的な情報提供(総務省、厚生労働省、経済産業省、国土交通省、環境省)

アスベストによる健康被害の状況把握について、労災認定に係る個別事業場名の情報開示、製造・使用企業別を実施された調査(アスベスト既製造企業、造船等運輸関連企業)の結果公表を通じて、積極的な情報提供に努める。(別紙1「アスベストによる健康被害に関する実態把握について」参照) 別紙1は省略

国民の一般的不安・疑問に応えるためのQ & Aの作成・公表(文部科学省、厚生労働省、国土交通省、環境省等)

・7月29日、Q & Aを関係省庁ホームページに掲載する。

(4)政府の過去の対応の検証

政府の過去の対応について、アスベストに関連するこれまでの通知・通達(別紙2「アスベストに関する過去の各省庁の通知・通達の一覧」参照)、行政文書、研究結果等についての関係省庁での調査を踏まえ、8月までに検証する。(厚生労働省、環境省等) 別紙2は省略

3.引き続き各省が緊密に連携し、スピード感をもって対策を実施していくとともに、国民に対する情報提供に努め

シール材とは (JIS B 0116)

シール材

ガスケット (固定用シール)

配管用フランジ，バルブボンネット
等の静止部分のシールに使うもの



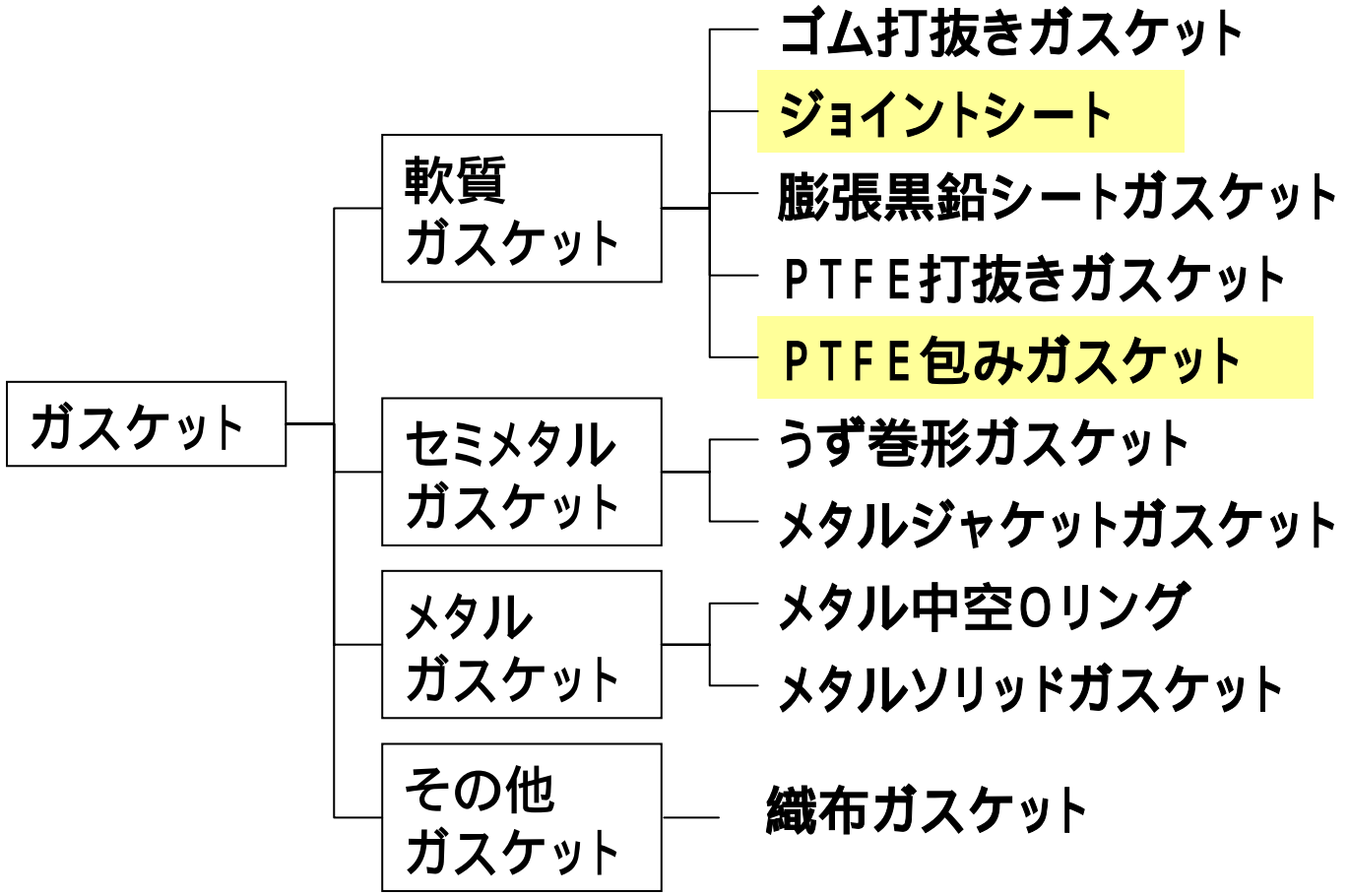
パッキン (運動用シール)

バルブやポンプの軸封等の
運動部分のシールに使うもの



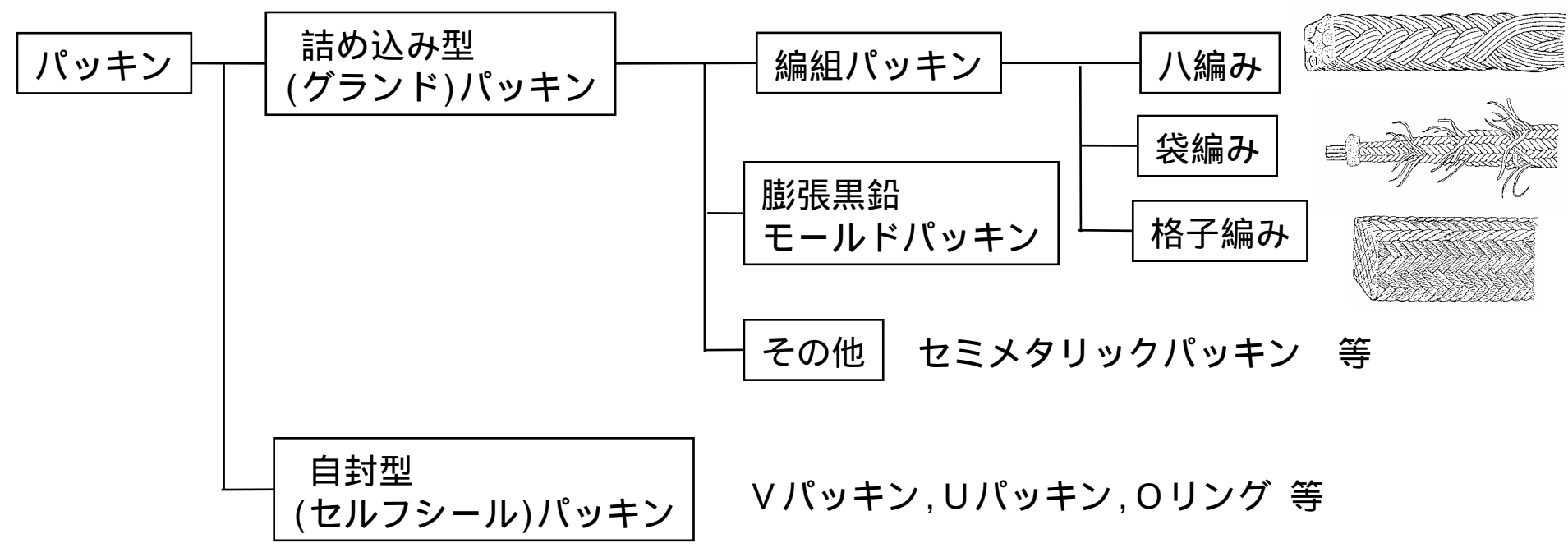
(注)慣用的にはシール材を総称してパッキンと呼ぶこともある

ガスケットの分類



: 石綿製品を既に廃止したガスケット
: 現在も石綿製品が残っているガスケット

パッキンの分類

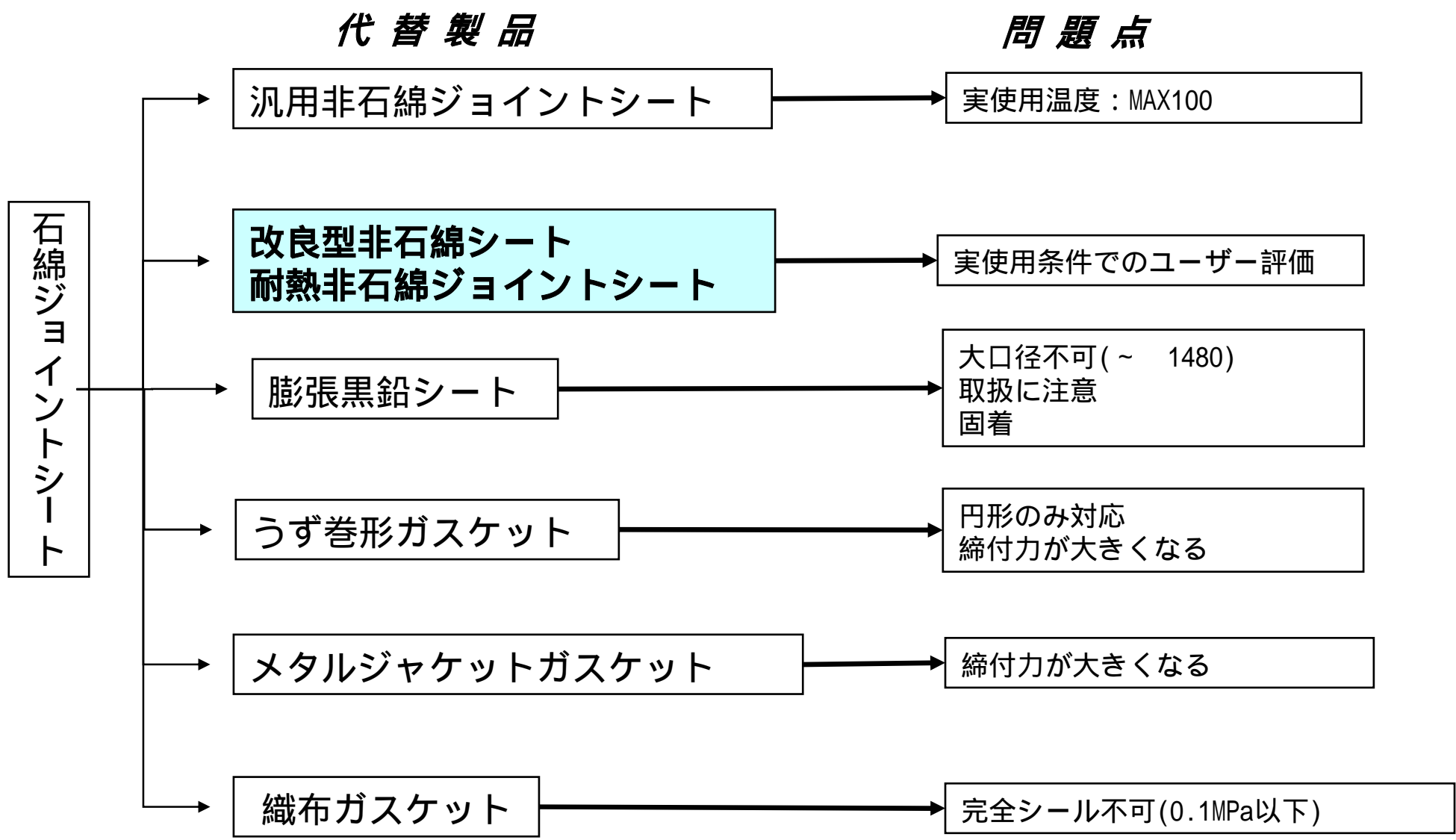


< グランドパッキン > 2005年9月末受注停止

- 1) パッキン用の石綿原料入手困難
- 2) 代替化の目処が立った

ガラス、カーボン、アラミド、PTFE、黒鉛、セラミック等の繊維や膨張黒鉛テープで代替

石綿ジョイントシートの代替製品



パッキンの代替品

繊維の種類	ガラス繊維	カーボン繊維	膨張黒鉛	膨張黒鉛
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剤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
色調	白色	黒色	黒色	黒色

構造	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	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	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、潤滑剤で処理したパッキン
外観	黄色	白色	黒色	黒色

非石綿ジョイントシート

構成材料

繊維材料：アラミド繊維、ガラス繊維、ロックウール、炭素繊維

バインダー：ゴム

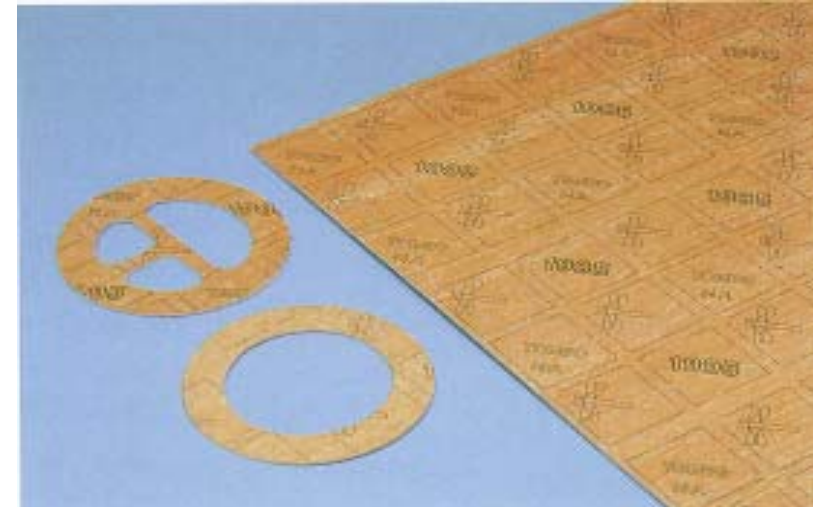
充填材：クレー、黒鉛

国内製品

- ・ニチアス：#1995、#1993
- ・日本バルカー工業：#6500、#6502、GF200
- ・日本ピラー工業：#5611、#5670

海外製品

- ・KLINGER：C-4430、C-4243、C-4400 他
- ・Garlock：#3000、#9800、#9850 他



改良型非石綿シートガスケット

ニチアス

製品番号：T/#1120

繊維材料：アラミド繊維

バインダー：ゴム

充填材：膨張黒鉛

最高使用温度：260

日本バルカー工業

製品番号：GF300

繊維材料：PTFE

充填材：黒鉛

最高使用温度：300

日本ピラー工業

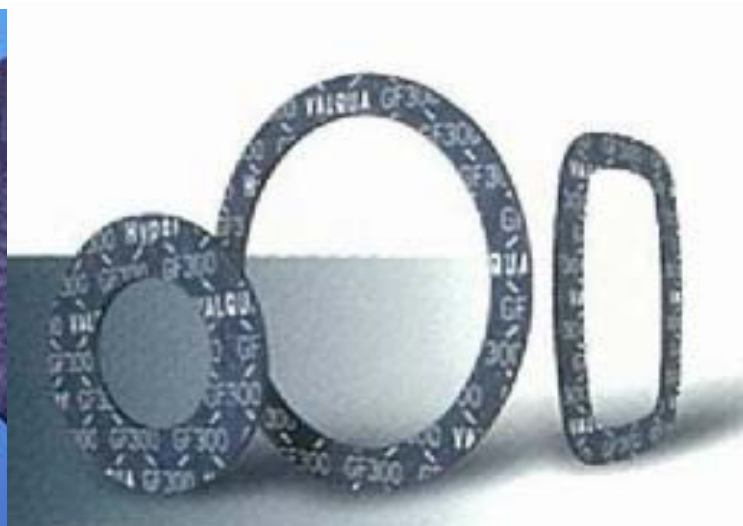
製品番号：P/#5650

繊維材料：アラミド繊維

バインダー：ゴム

充填材：黒鉛

最高使用温度：260



うず巻形ガスケット

構造と特徴

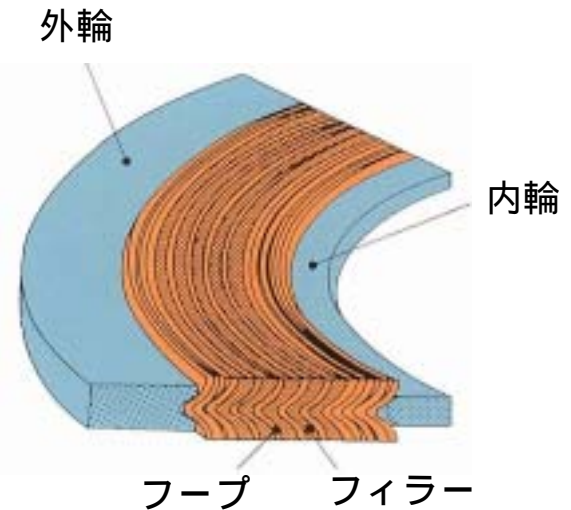
構造

V字形をした金属製薄帯板(フープ)とクッション材(フィラー)を交互に渦巻き状に巻き上げ、巻き初めと巻き終わりを強固に溶接したもの

対象フランジのガスケット座に合わせて基本形、内輪付、外輪付、内外輪付の4種類の形状がある

特徴

その特徴的な構造からメタルガスケットに近い高温高圧まで使用できる
シール性に優れている



うず巻形ガスケット

フィラー材の種類

膨張黒鉛、PTFE、マイカ、セラミック

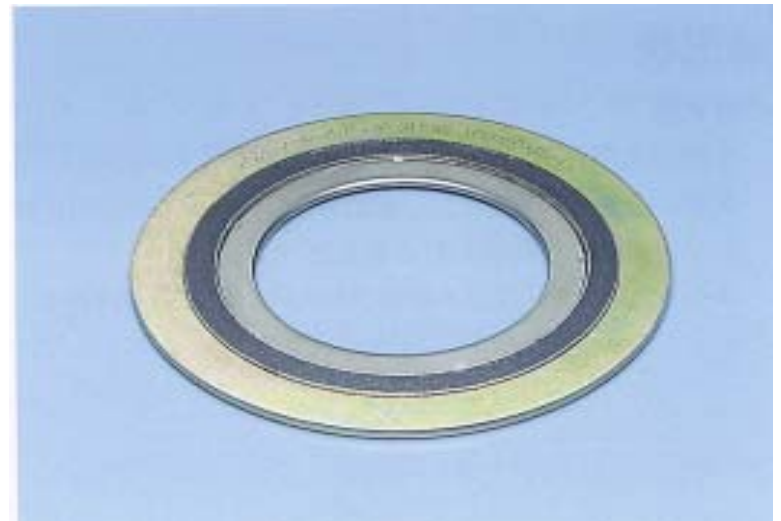
非石綿[°]-[°]パ[°]（アラミド繊維、セラミック繊維、ゴム、無機充填材、他）

国内製品

- ・ニチアス：グ[°]ラシールボ[°]ルテックス、ナフロンボ[°]ルテックス、NAボ[°]ルテックス、他
- ・日本バルカー工業：ブ[°]ラックタイト、ホ[°]イトタイト、ク[°]リータイト、他
- ・日本ピラー工業：ピ[°]ラフォイルうず巻形ガスケット、ピ[°]ラフロンうず巻形ガスケット、他

海外製品

- ・KLINGER
- ・Garlock

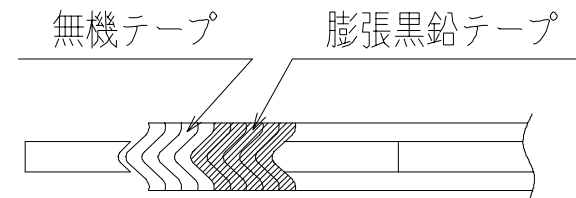


うず巻形ガスケット

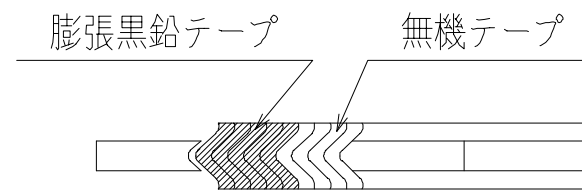
複合フィラー

膨張黒鉛フィラーと無機フィラーを複合した構造（3種類有）により、450 を越える高温領域に使用できる。

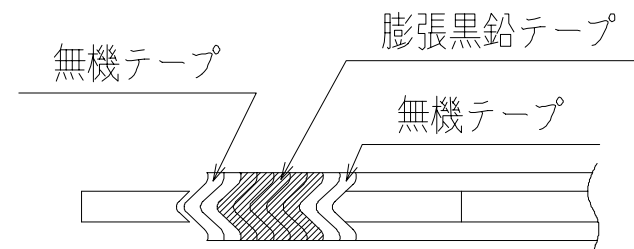
SW-E1：外周部からの膨張黒鉛テープの酸化消失を防止する。



SW-E2：内周部からの膨張黒鉛テープの酸化消失を防止すると共に内部流体への膨張黒鉛テープの流入を防止する。



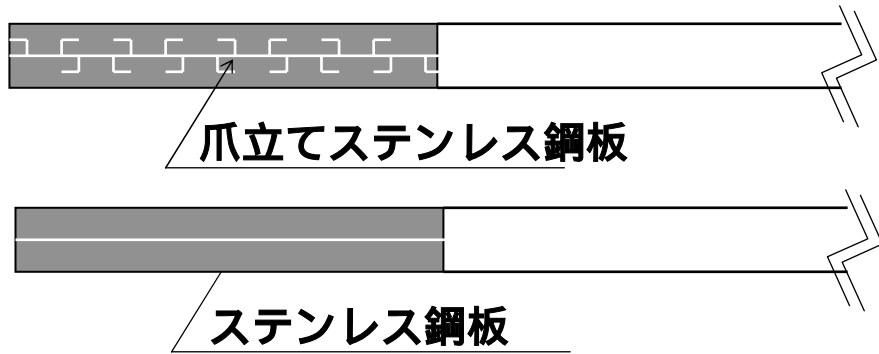
SW-E3：内外周部からの膨張黒鉛テープの酸化消失を防止すると共に内部、外部流体への膨張黒鉛テープの流入を防止する。



膨張黒鉛シートガスケット

構造

膨張黒鉛シートをステンレス薄板で補強



国内製造メーカー

ニチアス、日本バルカー工業、日本ピラー工業

海外製造メーカー

KLINGER、Garlock 他



PTFE打ち抜きガスケット

構造

純PTFEシートまたはPTFEにガラス繊維や耐食、耐熱性無機充填材を混合したシート

国内製造メーカー

ニチアス、日本バルカー工業、日本ピラー工業

海外製造メーカー

KLINGER、Garlock 他

PTFE 包みガスケット

構造

ジョイントシート，ミルボード等のクッション性のある中芯をPTFEの薄膜で被覆したもの

国内製造メーカー

ニチアス、日本バルカー工業、日本ピラー工業

海外製造メーカー

KLINGER、Garlock 他



織布ガスケット

構造

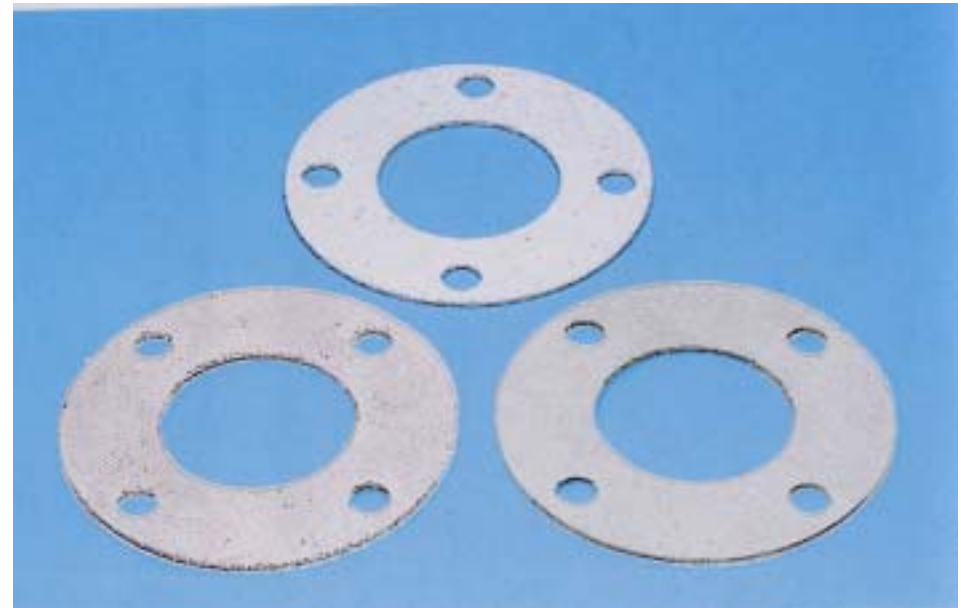
ガラスやセラミックの織布にゴムコンパウンドを塗布し、ガスケットの形状に加工したもの

国内製造メーカー

ニチアス、日本バルカー工業

海外製造メーカー

KLINGER、Garlock 他



メタルジャケットガスケット

構造

無機質のクッション材を中芯材とし、それを各種金属薄板で被覆したガスケット

中芯材：無機質ボード、セラミックボード
膨張黒鉛

国内製造メーカー

ニチアス、日本バルカー工業

海外製造メーカー

KLINGER、Garlock 他

・ガスケットの断面構造



中芯材

金属被覆材

メタルジャケットガスケット

国際がん研究機関の発がん性分類

IA R C (国際がん研究機関) の発がん性分類

Proven	Probable	Possible	Innocent
発がん性あり	確率的に発がん性あり	発がんの可能性あり	発がん性なしか分類できず
1	2A	2B	3又は4
石綿、結晶質シリカ 喫煙	紫外線照射 ベンゾ(a)ピレン	RCF、MF コーヒー	GF、RW、SW、GW ウォラストナイト、セピオライト、アタパルジャイト アラミド繊維、茶

備考：RCF・・・セラミック繊維、GF ガラス長繊維、GW グラスウール、MF マイクログラスファイバー、RW ロックウール

セラミックファイバー工業会HPより

石綿代替シートガasketラインアップ

ニチアス(株)、日本パルカー工業(株)作成資料

	ハンアス製品				備考
	代表品番	製品概要	温度範囲	圧力上限	
非石綿ジョイントシート	V6500 T1995	汎用タイプ	-50 ~ 160	2.94 M P a	締付け条件により100以上。
	V6502 T1993	耐熱タイプ	-50 ~ 183	2.94 M P a	
改良型非石綿シート	GE200 T1120	(膨張)黒鉛 + ゴム + アラミド繊維	-100 ~ 260	4.0 M P a	ジョイントシートの取扱性。締付条件あり。
	GF300	黒鉛 + フッ素樹脂	-200 ~ 300	3.5 M P a	耐熱性に優れる、膨張黒鉛シートより取扱い向上
膨張黒鉛シート	VF-35E T1215-A	金属補強膨張黒鉛シート	-240 ~ 400	4.90 M P a	バインダーを有さないため、耐熱性優れるが、取扱性は良くない。
	VF-30,T1200	膨張黒鉛シート	-240 ~ 400	1.96 M P a	
	VFT-35E	表面PTFE付き	-240 ~ 300	4.90 M P a	
	VFT-30	膨張黒鉛シート	-240 ~ 300	1.96 M P a	
フッ素樹脂系シート	7020,T9007-LC	充填材入り PTFE	-200 ~ 200	3.92 M P a	フッ素樹脂の緩和性能 充填材により向上
	7026,T9007-SC		-200 ~ 200	3.92 M P a	
	7010-EX,T9007	純PTFE	-50 ~ 150	0.98 M P a	
	7GP66,T9096-S	ソフトPTFE	-240 ~ 260	1.96 M P a	

非石綿シート
ガasketの使用領域

使用温度

300

200

100

~ 400 膨張黒鉛シート
VF35E
T1200シリーズ

~ 300
・黒鉛 + PTFEシート
GF300

・黒鉛 + ゴム配合ジョイントシート
GE200
T1120
P5650

・耐熱ノンアスジョイントシート
V6502
T1993

~ 100
汎用ノンアスジョイントシート
V6500
T1995

一部締付制約あり

~ 200
充填材入りフッ素
樹脂系ガasket
V7020、V7026
T9007LC、T9007SC

~ 100
純フッ素樹脂ガス
ケット
V7010
T9007

~ 800
セラミック繊維布
VN314
T1400-S

~ 400
ガラス繊維布
VN214
T1374

一般用途

耐薬品用途

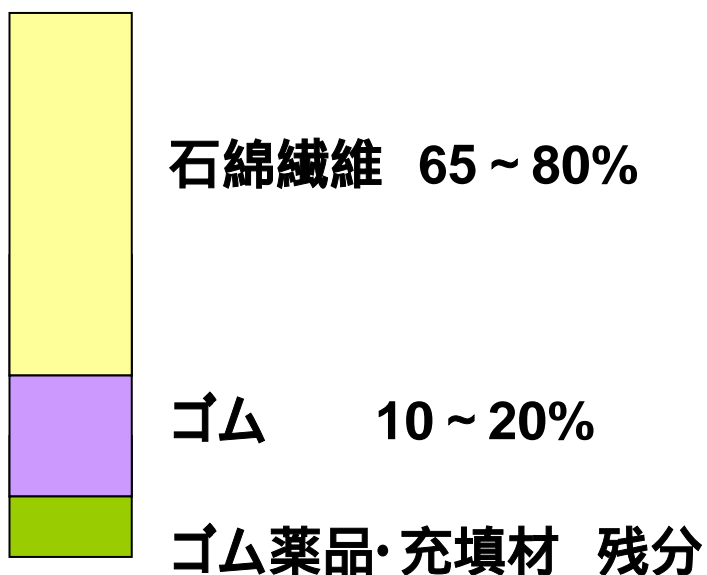
排気管煙道用途

非石綿ジョイントシートガasketを 100 以上で使用の場合の注意事項

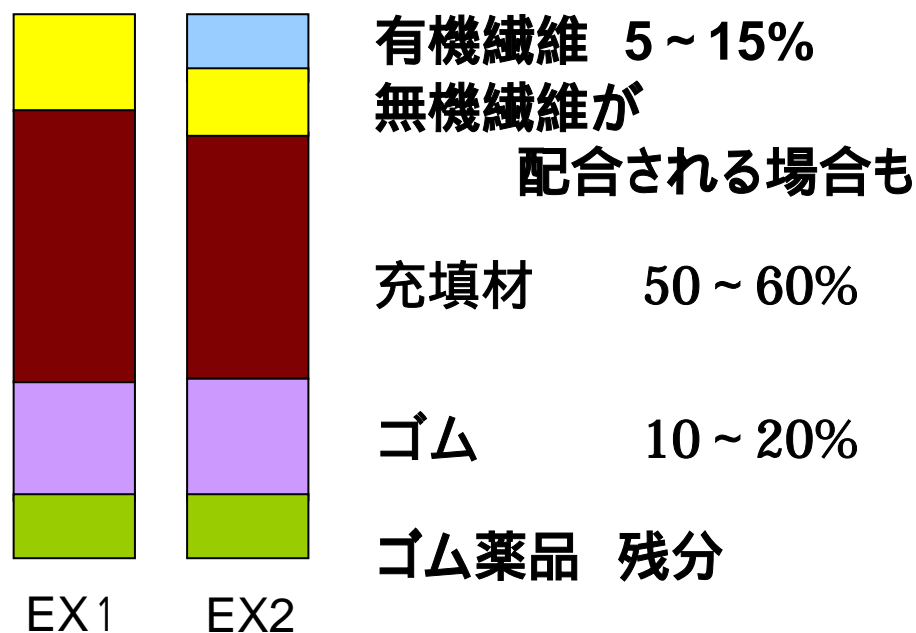
- 1) **ガasket厚さを1.5mm以下としてください**
厚みを小さくすることで応力緩和の影響を小さくし
増し締めをなくす
- 2) **ガasketペースト(No.5,5M,6,6M)を塗布してください**
シール性を向上させることで増し締めをなくす
- 3) **締付面圧を25.5MPa以上としてください**
(ガスシールの場合34.3MPa以上)
初期締め付けを高くとることで、外力の影響を
低減し、増し締めをなくす

ジョイントシートの材料構成

石綿ジョイントシートの材料構成比率

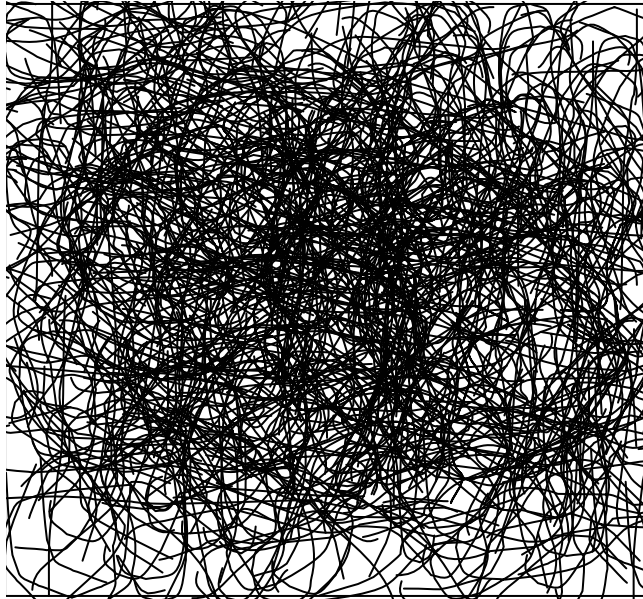


非石綿ジョイントシートの材料構成比率

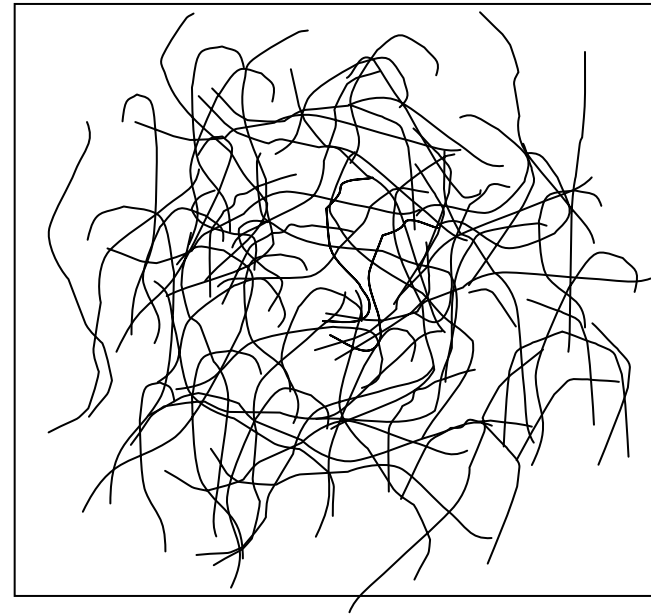


石綿ジョイントシートの主構成材料(=強度因子)は、石綿繊維

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 イメージ

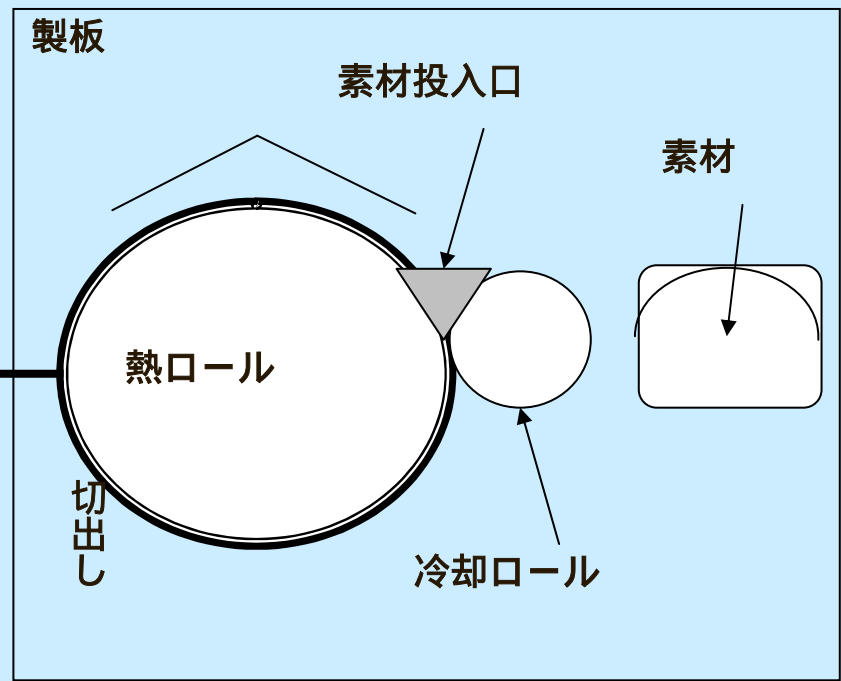
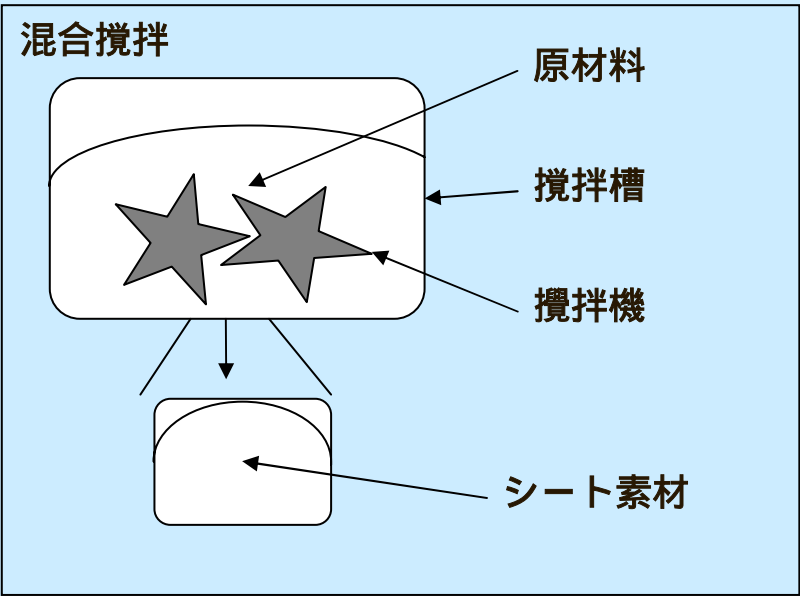


石綿ジョイントシート
65 - 80%



非石綿ジョイントシート
5 - 15%

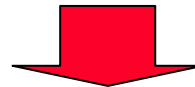
ジョイントシートの製造工程



ノンアスベスト繊維では、
繊維径、ゴムとの濡れ性
の違いなどから多量配合で
シート化できない

非石綿ジョイントシートの問題点 と 劣化機構

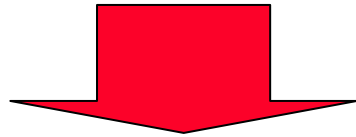
1. 石綿ジョイントシートにおける強度要素は、石綿繊維
2. ノンアスベスト繊維は、ゴムとの濡れ性が悪く、繊維径太い
繊維量を多く配合することができない。
3. ノンアスベストジョイントシートは、充填材をゴムで固めた
に近い状態
4. ゴムは、熱により架橋が過剰に進み硬化する(硬化劣化)
硬化後は、分子主鎖の裂断により、破壊が進む。



外力が加わると硬化割れを生じる

非石綿ジョイントシートガスケットにおける石綿代替化の問題点

シートに含まれるゴムバインダーが
熱により硬化(100℃以上)



配管応力や熱サイクル、増締めなどによる応力変動で割れ発生



海外における石綿ジョイントシート代替情報(参考)

	代替製品	製品比率	
		情報 1	情報 2
石油精製	非石綿ジョイントシート	10%	30%
	メタルガスケット(うず巻き形ガスケット)	60%	50%
	膨張黒鉛シート	30%	10%
	充填材入りPTEF		10%

石綿代替後の製品構成

	代替製品	適用
化学プラント	非石綿ジョイントシート	150 以下、腐食性少ない流体
	膨張黒鉛シート	150 以上
	充填材入りPTEF	腐食性流体や特殊流体
発電プラント	膨張黒鉛シートが主流	-

海外での非石綿ジョイントシートの使用範囲

	流体	適用温度
使用実績より	水，熱水，蒸気	150 まで
	その他流体	200 まで
米国（FSA） での見解	全ての流体	120 まで

ガスケットの寿命推定技術の現状

- ・ ガスケットの応力緩和に注目した寿命推定
- ・ 外力の影響については、考慮できていない。
- ・ 材料の劣化についても十分な考慮は難しい。

寿命に影響する因子

< ガasket >

応力緩和（粘弾性特性、
熱減量）

クリープ（粘弾性材料）

ガasketの熱膨張

初期締付力

材料劣化

など

< ガasket以外 >

フランジローテーション

フランジ、ボルトの熱膨張

配管応力

ベンディング

ボルトサイズ、本数

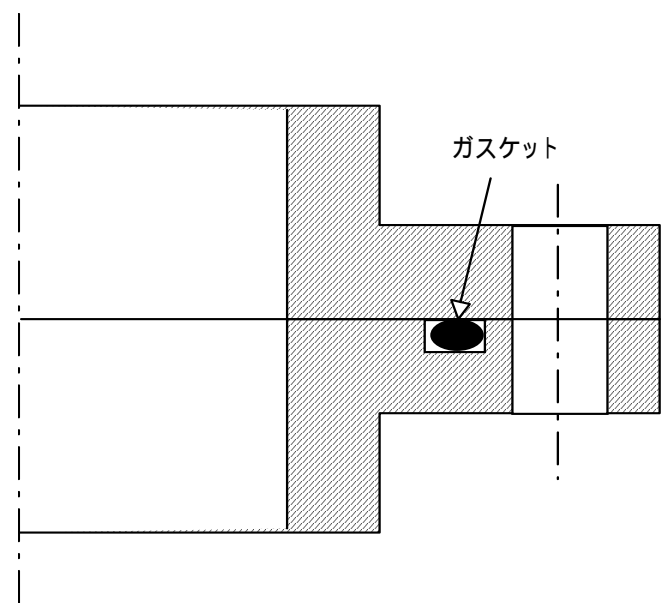
ボルトピッチ

など

ガスケットの寿命

[締切型]

ガスケットの歪が溝やリテーナーにより規制されており、十分な初期締付けがなされれば、ガスケット応力は内圧や温度変動によるボルト、配管応力の影響を受けない。



ガスケットの寿命評価

< ガスケットの応力緩和による密封性能低下を主要因と仮定 >

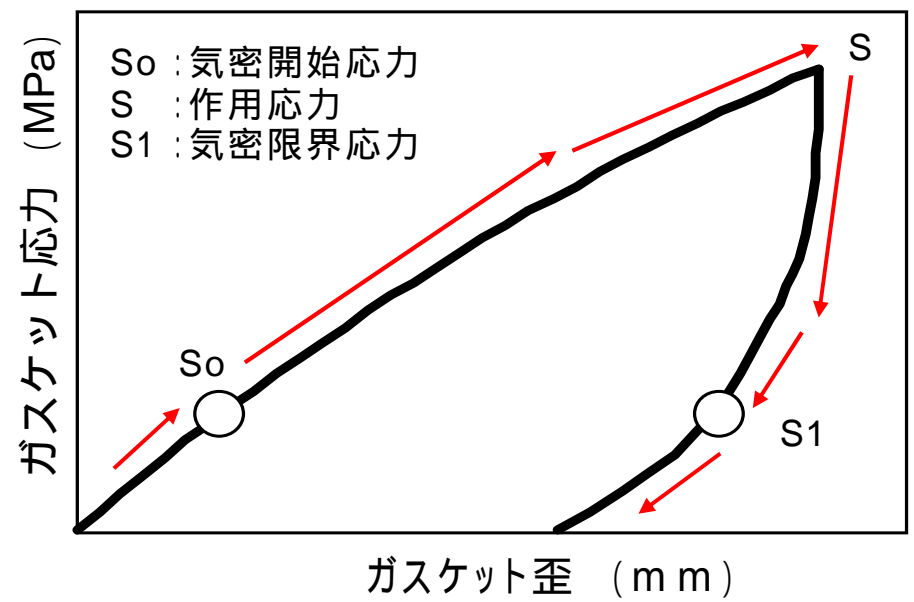


図1 ガスケット密封曲線

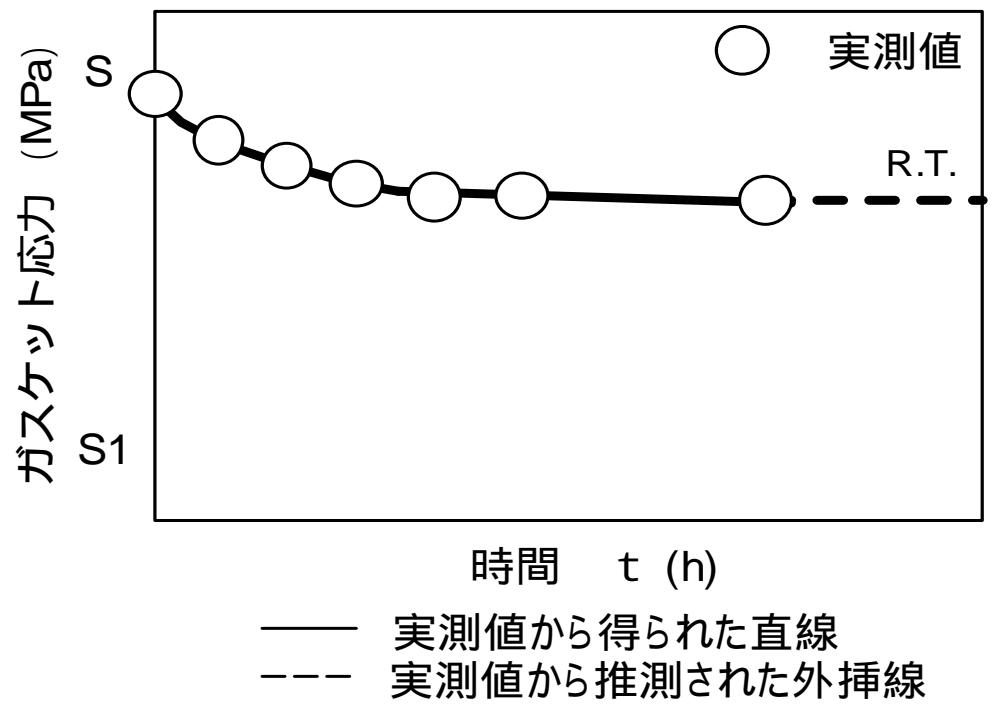
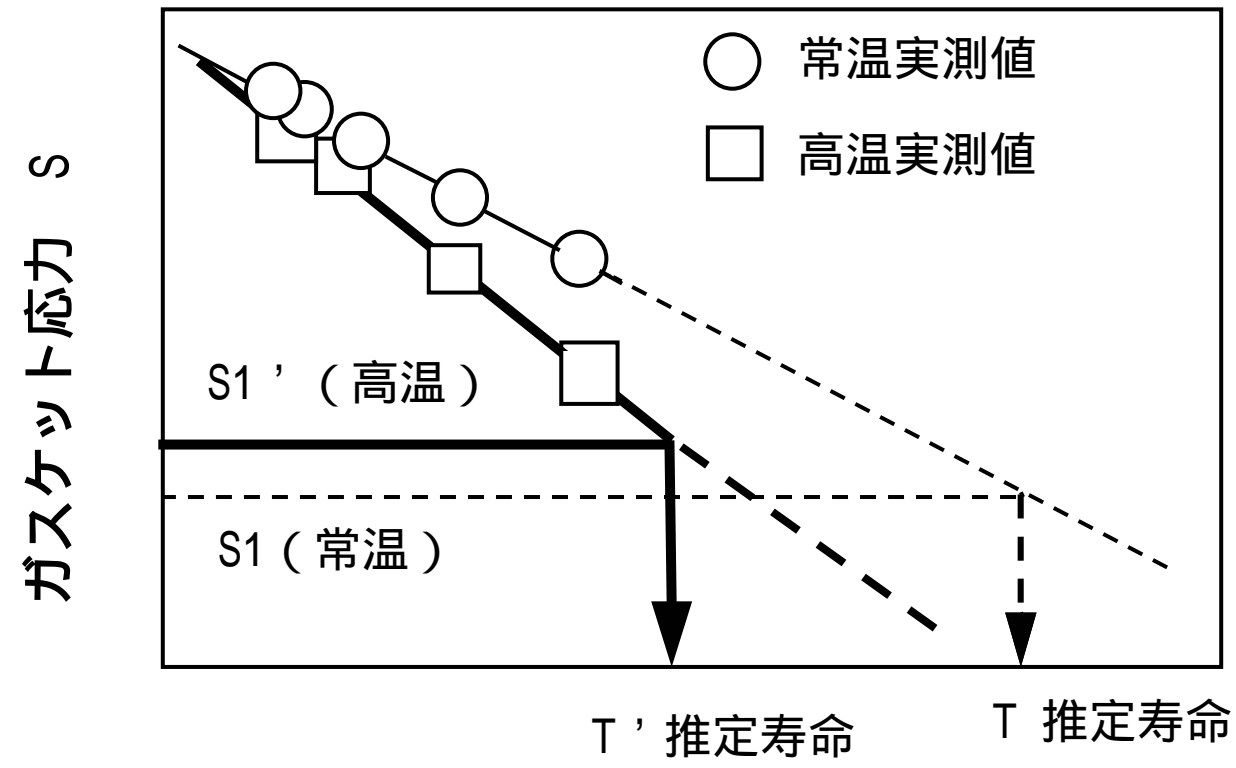


図2 ガスケット応力緩和曲線

推定寿命

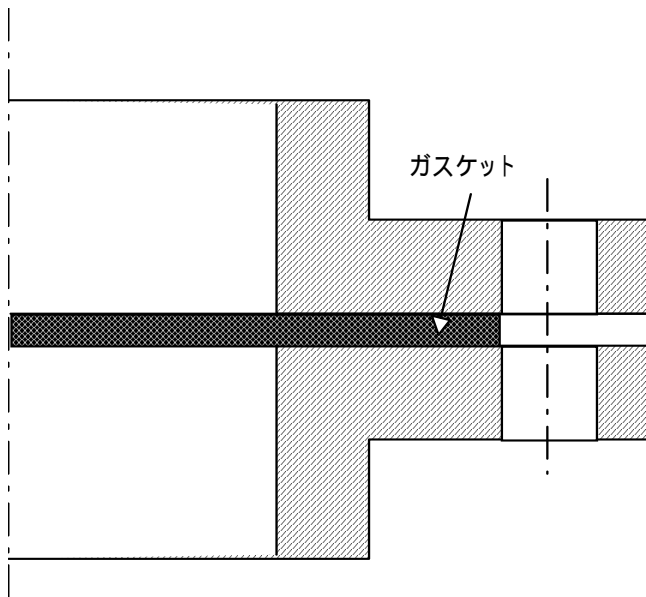


ガスケット推定寿命概念図

ガスケットの寿命評価例

[締込み型]

ガスケットの歪が溝やリテーナにより規制されておらず、外力によりガスケットの歪が変動し、ガスケット応力は内圧や温度変動によるボルト、配管応力の影響を受ける。



- うず巻形ガスケット
- ジョイントシートガスケット

代替製品について

高温用複合ボルテックスガスケット

(T/#1806-GS, GM, GHシリーズ)

使用フィラー材:膨張黒鉛テープ + マイカテープ

石綿との比較性能

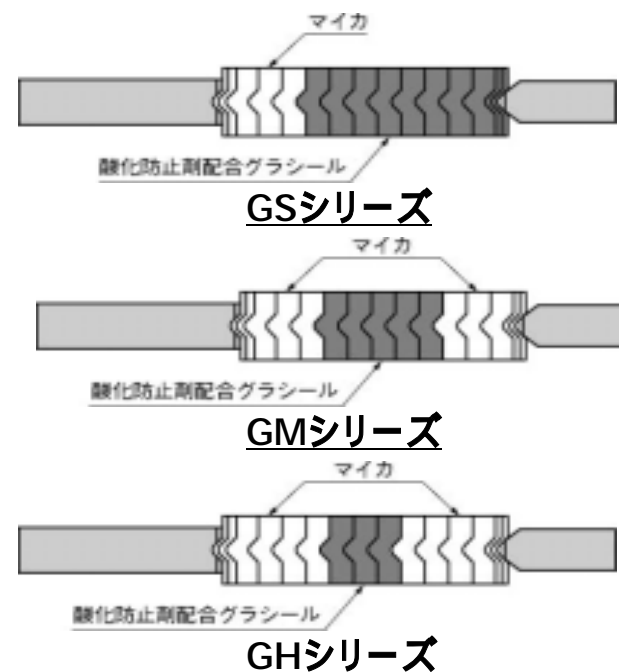
シール性能:優れている

最高使用温度:GS,GM/650

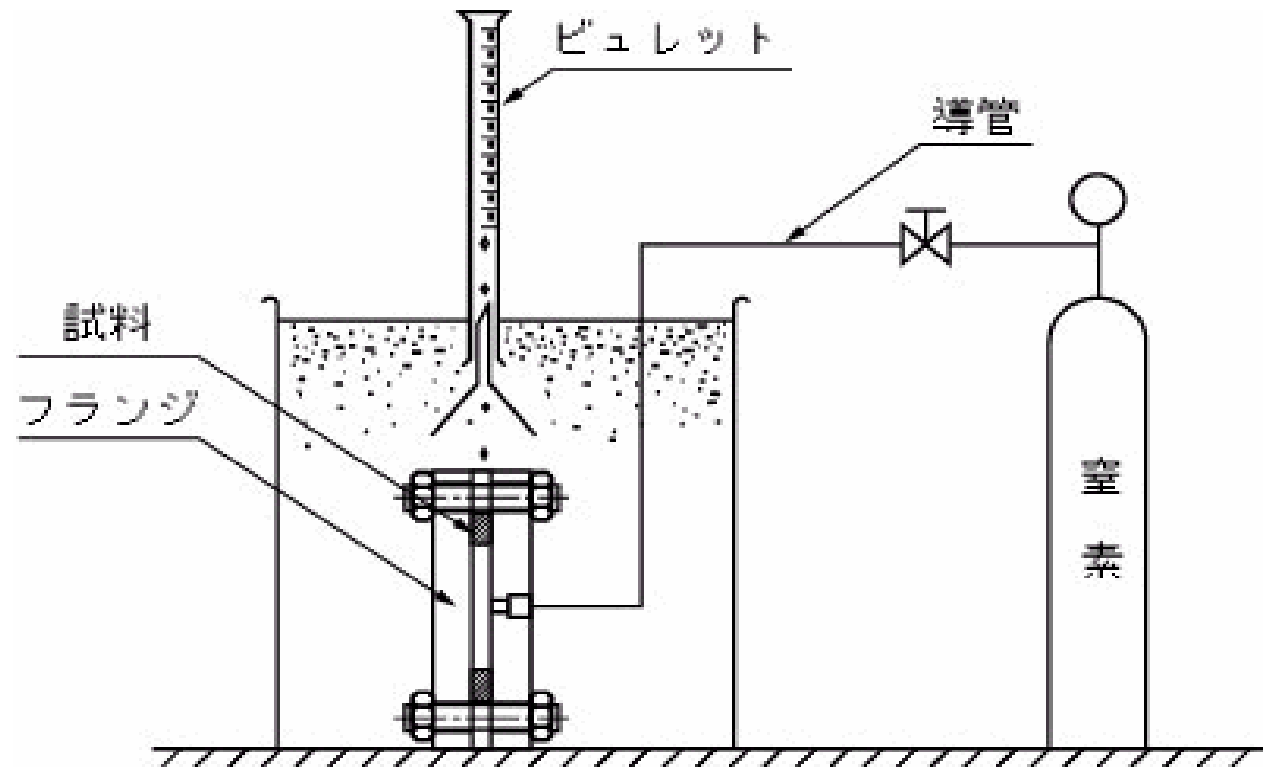
GH/750

納期:同等

特長:高温特性に優れるマイカとグラシールを
組み合わせることにより、450 を
超える温度条件に適している



シール試験 (装置)



水上置換法

加熱後シール試験

加熱後ガスシール性 (ml/10min)

種 類	常温	加熱温度					
		300	350	400	450	500	600
TOMBO No. 1834R-GR-EES	0	0	0	0	0.7	-	-
TOMBO No. 1834-NA-EOS	0	0.1	2.5	17.6	49.3	387	500
TOMBO No. 1834-EOS(石綿品)	0	0.1	1.3	2.7	3.1	22	183

高温加熱後シール試験

加熱温度とガスケットの種類、金属材質

非石綿品 (膨張黒鉛 + マイカ)	石綿品 (膨張黒鉛 + 石綿)	フープ材質	内輪材質	外輪材質	サイズ	加熱温度	加熱時間	負荷内圧
TOMBO No. 1836R-GS-GGG	TOMBO No. 1836R-LS-GGG	SUS316	SUS316	SUS316	JIS 30K 80A	650	1,4,5, 8,24,72 時間	2.9MPa
TOMBO No. 1836R-GM-GGG	TOMBO No. 1836R-LG-GGG							
TOMBO No. 1838R-GH-YYG	TOMBO No. 1838R-LG-YYG	インコネル600	インコネル600			750		

高温加熱後シール試験

高温加熱後ガスシール性 (ml/10min)

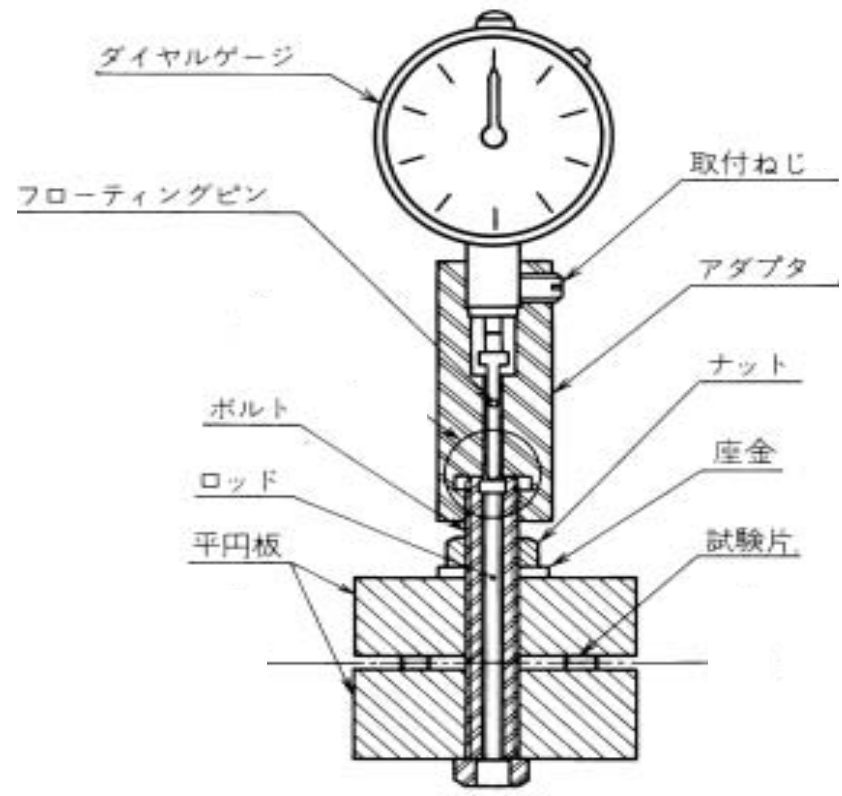
種類	加熱温度	加熱前	加熱時間 (h)					
			1	4	5	8	24	72
TOMBO No. 1836R-GS-GGG	650	0	0	0	0.1	0	0	1.2
TOMBO No. 1836R-LS-GGG (石綿品)		0	0.9	1	0.7	4.5	4.5	8.8
TOMBO No. 1836R-GM-GGG		0.4	1.5	3.3	3.7	4.8	6.5	7.6
TOMBO No. 1836R-LG-GGG (石綿品)		0.3	5.8	9	8.1	10.9	12.2	14.3
TOMBO No. 1838R-GH-YYG	750	0	0	32	19	37	150	430
TOMBO No. 1838R-LG-YYG (石綿品)		0	12	27	12	20	900	1300

フィルターの強熱減量

各温度での強熱減量 (%)

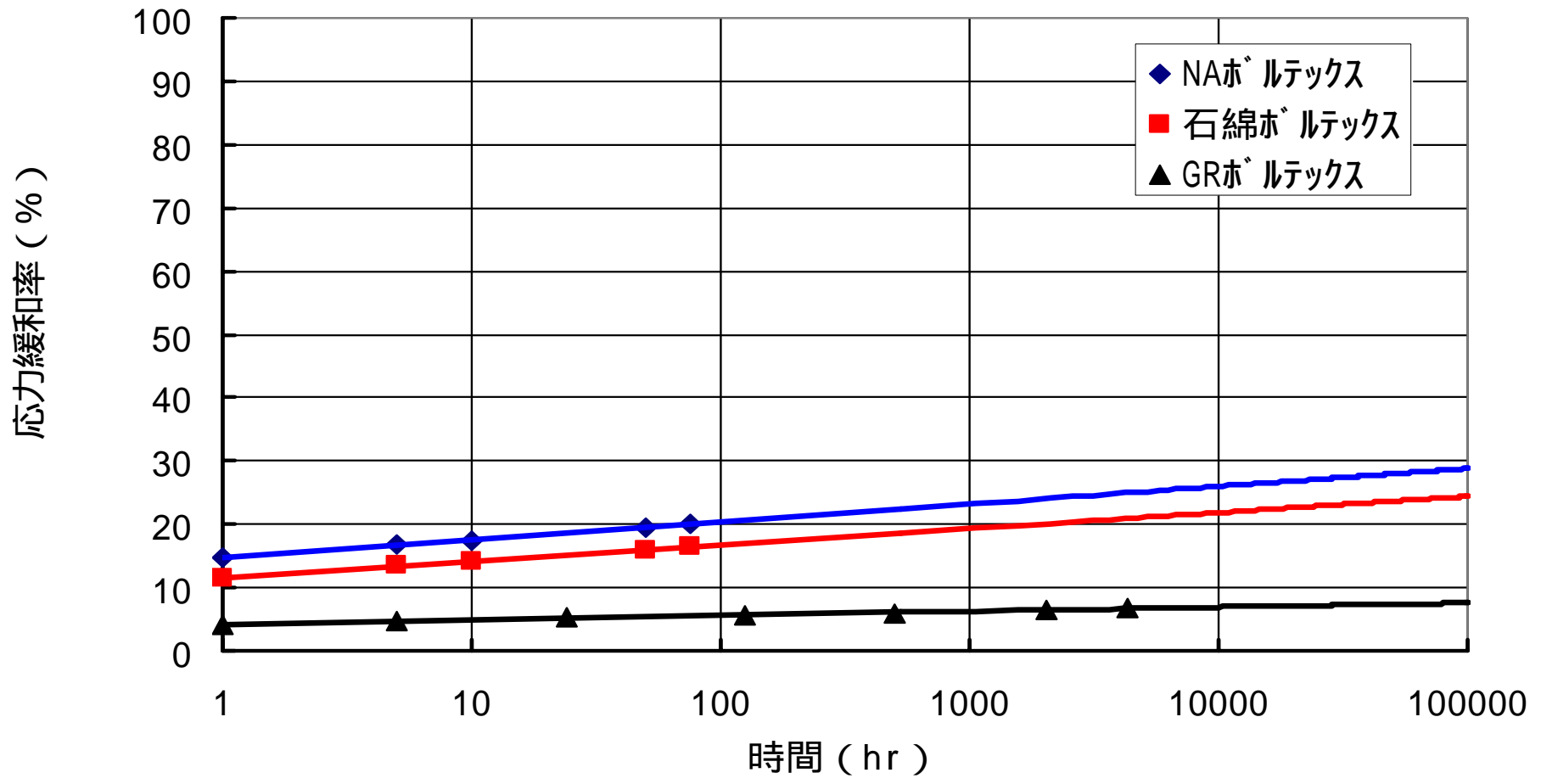
種 類	加熱温度					
	300	400	450	500	600	750
NAフィルター	6	13	15	19	19	19
石綿フィルター	10	12	12	13	22	22
マイカフィルター	2	4	4	5	5	5

応力緩和率 (装置)

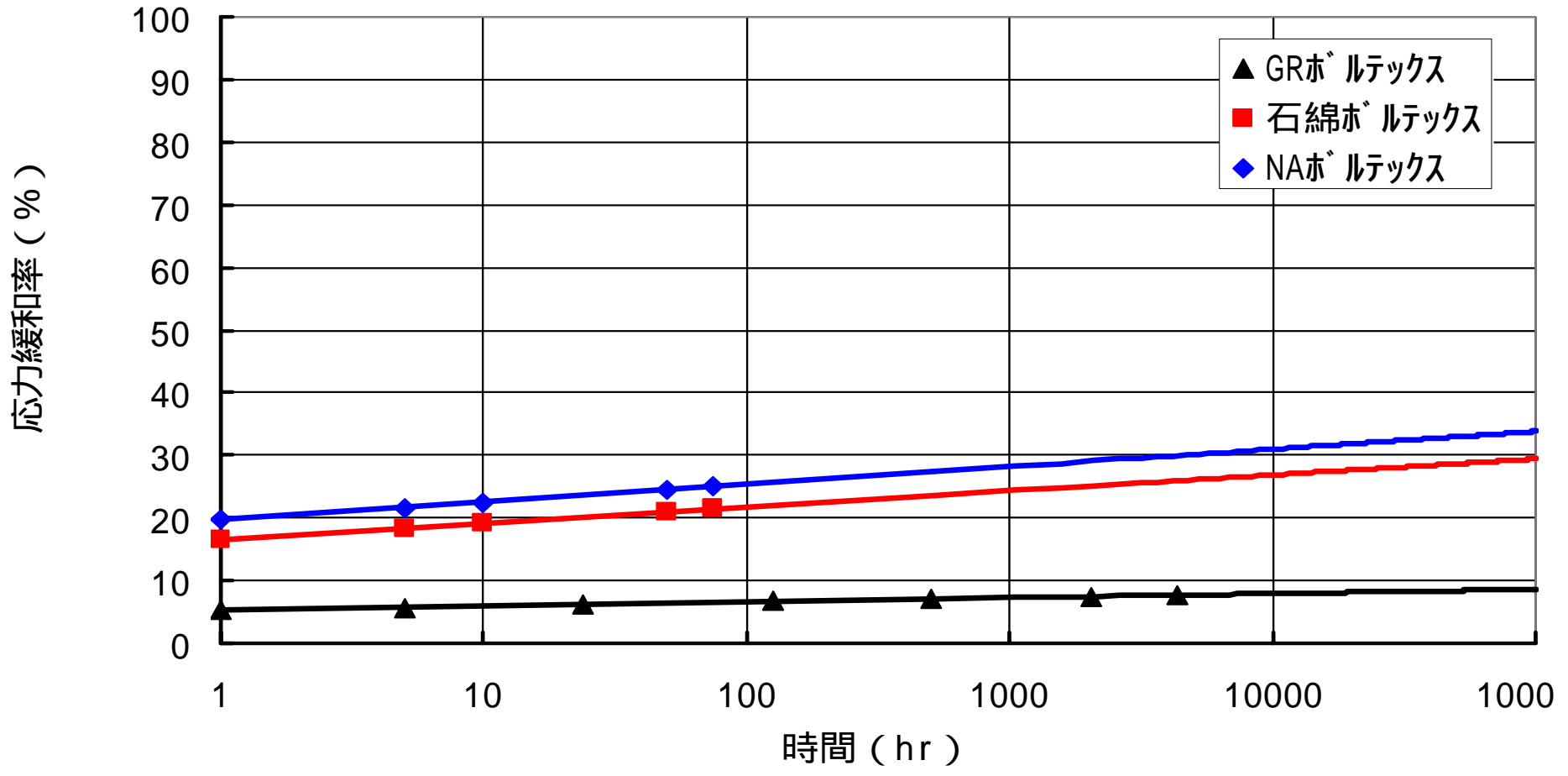


試験装置図

応力緩和率 (常温)



応力緩和率 (300)



加熱後シール試験条件

試験試料

	製品番号	被覆材質(耐熱性)	中芯材質(耐熱性)
非石綿品	T/#1841-S	軟鋼(535)	無機質ミルボード(530)
	T/#1841-Fi-E	SUS304(800)	セラミックファイバーフェルト(1300)
石綿品	T/#1840-S	軟鋼(535)	石綿板(530)
	T/#1840-Fi-S	SUS304(800)	セラミックファイバー入り石綿板(1300)

締付荷重と加熱温度

- ・サイズ: JPIクラス900 2B
- ・試験内圧: 0.1~1.5MPa
- ・加熱時間: 5時間

ガスケット	締付荷重	加熱温度
T/#1840-S	101.4N/mm ²	530
T/#1841-S		
T/#1840-Fi-E	120.4N/mm ²	700
T/#1841-Fi-E		

シール試験と強熱減量結果

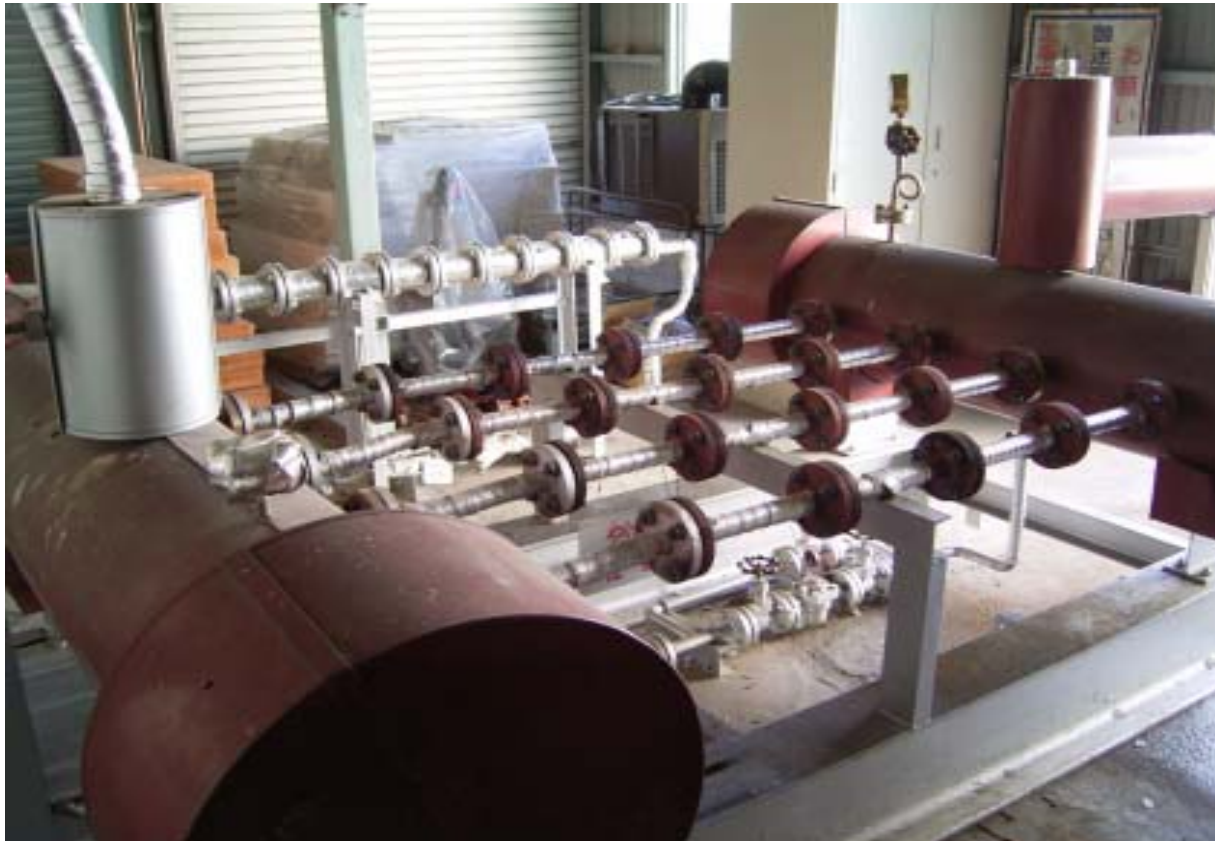
シール試験と強熱減量結果

(cc/5min)

	製品番号	加熱前	加熱後					中芯材の 強熱減量 (%)
		窒素ガス圧 (MPa)						
		0.1	0.1	0.5	1.0	1.5		
非石綿品	T/#1841-S	0.45	0.01	0.03	0.05	0.67	12	
	T/#1841-Fi-E	3.46	0.01	0.06	0.29	11.99	3	
石綿品	T/#1840-S	4.11	0.02	0.03	0.05	0.59	14	
	T/#1840-Fi-S	3.96	0.02	0.05	0.25	12.21	13	

強熱減量条件: 850 × 30min

長期蒸気シール試験（屋内）



条件
温度:194
圧力:1.37MPa

長期蒸気シール試験（屋外）

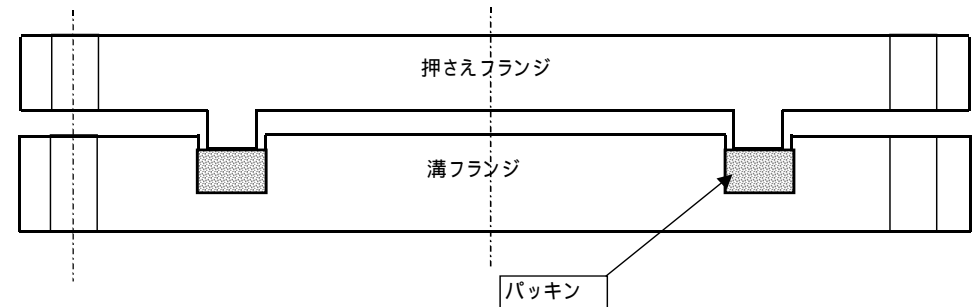


条件
温度:179
圧力:0.98MPa

セラミックス系パッキンシール試験

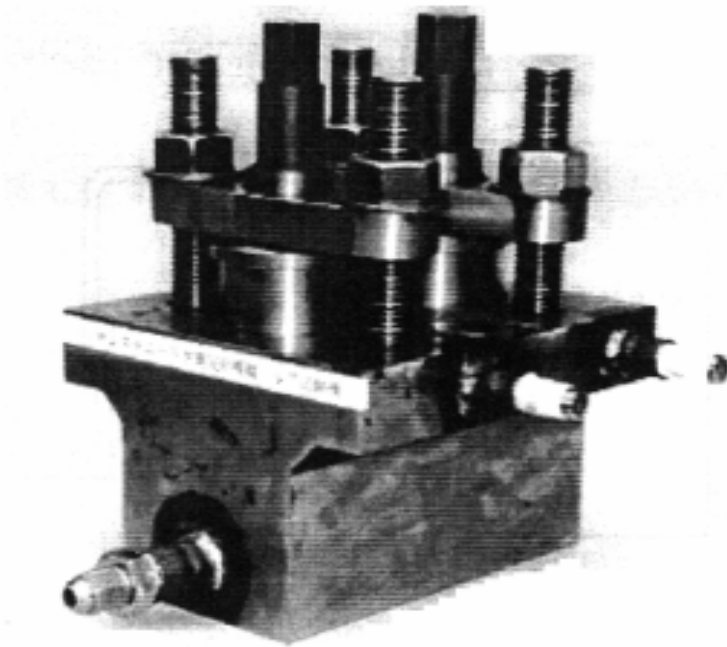
試験条件

試験治具	シール試験用溝付フランジ	
	溝内径 203.3×溝外径 228.7	
	溝深さ15mm、押さえ部高さ12mm	
	ボルト：M16×4本、SUS316	
	流量計：マスフローメータ	
試料寸法	12.7mm角×長さ680mm	
試験項目	常温シール性、加熱シール性	
締付面圧	4.9MPa (50kgf/cm ²)	
締付トルク	29.9N・m	
加熱条件	1 サイクル目	400 × 20時間
	2 サイクル目	650 × 20時間
試験ガス	窒素	
試験ガス圧	50, 100, 150, 200, 300, 400mmH ₂ O	



試験治具

バルブ用パッキン試験治具



硝酸塩浸漬試験（フィルター材）

フィルター浸漬試験の結果

試料	試料 NO.	加熱前重量 (g)	加熱後重量 (g)	減量 (g)	減量率 (%)
従来品フィルター（石綿ペーパー）	1	2.564	ヘドロ化して測定不可		
マイカテープ	1	2.544	2.323	0.221	8.7
膨張黒鉛テープ	1	2.455	0.796	1.659	67.6
NAペーパー（非石綿無機質紙）	1	1.853	ヘドロ化して測定不可		



石綿

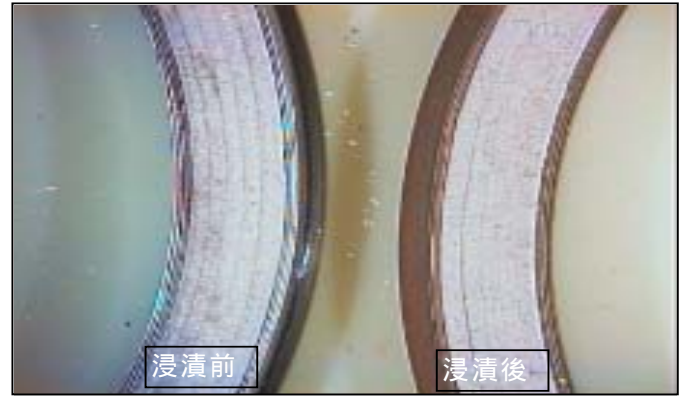


マイカ

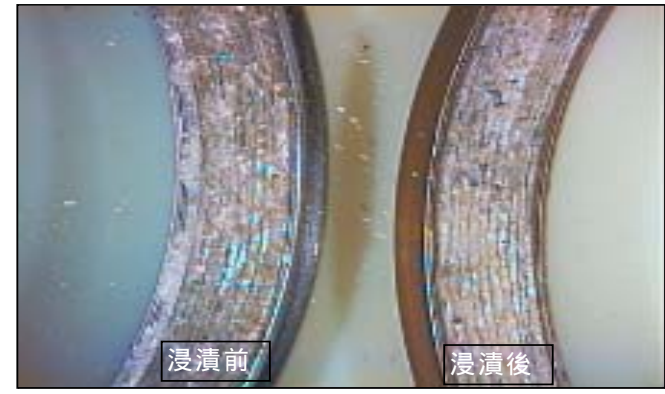


膨張黒鉛

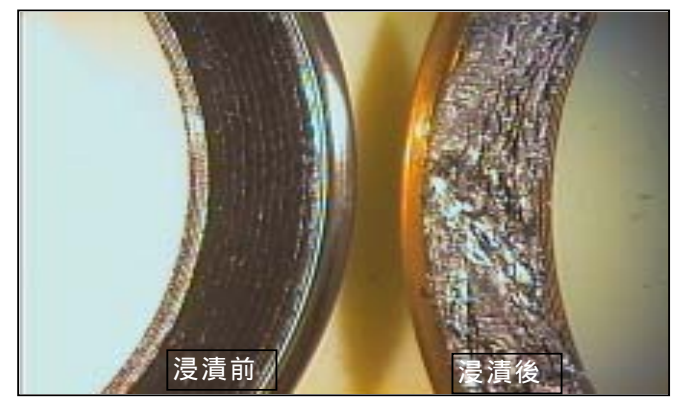
硝酸塩浸漬試験（ガスケット）



石綿



マイカ



膨張黒鉛

