

# 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」

製商品開発部  
黒河 真也

The regulation on asbestos products has been tightened up within and outside Japan in consideration of the bad influence to the human health. The compressed asbestos fiber sheet (CAF) has been used for years in the field of oil-refining industry, the chemical industry and so on. Recently in response to the tendency of asbestos elimination, the non-asbestos compressed fiber sheet (CFS) has been partially adopted as CAF substituted. However, it was impossible to substitute CFS for CAF perfectly because of CAF's relatively lower heat resistance. We developed the Black Hyper No. GF300 as a new product which substitutes for the CAF. The Black Hyper No. GF300 mainly consists of Graphite and PTFE, and it is the non-asbestos sheet which has the outstanding heat resistance and chemical resistance. In this report, we introduce the characteristics of the Black Hyper No. GF300.

Key word: asbestos, Graphite, PTFE, non-asbestos, heat resistance, chemical resistance

## 1. はじめに

近年の非石綿化の流れを受けて、我々ガスケットメーカーでは石綿ジョイントシートや石綿うず巻き形ガスケットを代替すべく、ノンアス<sup>®</sup>製品を順次上市してきた。

そのうち、うず巻き形ガスケットやメタルジャケットガスケットなどのセミメタリックガスケットでは、石綿製品と同等の性能を有する製品が開発・販売されており、市場でも多くの実績を上げつつある。

一方、シートガスケットでは、各ガスケットメーカーより、石綿ジョイントシートを代替すべく、耐熱性有機繊維や無機繊維などを配合したノンアスベストジョイントシートが上市されているが、ゴム成分の熱硬化現象が顕著であるため、100℃以上では、ガスケット厚さや初期締付面圧など、使用上の制限を設けており、高温域での使用実績は多くないのが実状である。また、ノンアスベストジョイントシート以外のシートガスケットとしては、膨張黒鉛シートガスケットやフッ素樹

脂シートガスケットが各社からラインアップされているが、取扱性に難があることや応力緩和が大きいなど、それぞれに問題を有しており、石綿ジョイントシートを置き換える製品にはなっていない。

本報では、石綿ジョイントシート代替が期待される製品として、上述したノンアスベストシートガスケットのウィークポイントを改善し、高温域での使用を可能にした『ブラックハイパー』GF300について、その特徴及び特性を紹介する。

## 2. 非石綿化の動向

近年、人体に対する石綿の悪影響を考慮し、諸外国では石綿製品に関する規制が強化されてきた。欧州では、2005年には石綿含有製品の販売および新規使用の禁止、2010年には交換部品を含む全面使用禁止を、1999年に決定している。また、米国では、石綿製品の法的規制は存在していないものの、石綿訴訟が活発で

あり補償問題が各メーカーの経済負担を大きくしていることなどから、実質的に石綿は使用されていない。このような石綿規制の動きは、オーストラリア、ニュージーランド、チリ、アルゼンチン、ブラジルなど各国にも広がりつつある。このため、世界レベルで石綿の使用量は激減してきている状況である。

こうした流れの中、日本では、労働安全衛生法施行令が改正され、2004年10月以降、10品目（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. プレーキパッド、9. プレーキライニング、10. 接着剤）を対象として、石綿を1%以上含有する製品の製造、輸入、譲渡、提供、使用が禁止された。今回の規制では、シール材は規制対象外であるが、今後、対象製品の見直しが行われる可能性はある。

あわせて、2004年2月には厚生労働省より各ユーザー業界団体に宛てて、石綿製品の代替に関するスケジュールについての調査が行われており、非石綿製品への移行は加速していくものと予想される。

また、規制に至らない場合も、石綿の流通量の減少に伴い、石綿の供給不安や価格の高騰、石綿品質の低下など、多くのリスク要因が存在している。

## 3. ブラックハイパーNo.GF300の特徴

ブラックハイパーNo.GF300は、独自のコンセプトと新規の特殊加工技術を導入し、黒鉛とPTFEを主要構成材料とした耐熱性、耐薬品性に優れたノンアス<sup>®</sup>シートである。

ゴムバインダーを用いていないので、熱硬化に伴う

割れや経時劣化が生じないことが最大の特徴である。

### (1) コンセプト

#### ○材料劣化からの解放

熱硬化や経時劣化の要因となるゴムを含んでいないため、材料的な劣化を起こさず、従来のノンアスベストシートガスケットの使用が困難であった100℃以上の高温領域（最高使用温度300℃）での使用が可能となった。

#### ○良好なハンドリング性の実現

柔軟なPTFEをバインダーとして配合することで、従来の膨張黒鉛シートの欠点である脆さや傷つきやすさを解消した。

### (2) 製作寸法

JIS規格品、JPI規格品、その他各種寸法打ち抜き品

最大外径：φ1,235mm

呼び厚さ：1.0、1.5、2.0、3.0mm

色 調：ブラック（プリントカラー：ホワイト）

### (3) 用途・適用流体

表1 ブラックハイパーGF300の用途例、適用流体例

用途	従来石綿ジョイントシートが使用されてきた、石油精製、化学、船舶、など各種産業の配管フランジ、弁ガスケット、各種機器の接合面ガスケットなど特に100℃以上の温度条件下での用途に最適
適用流体	水、海水、熱水、水蒸気、空気、酸（熱濃硫酸、濃硝酸等酸化性酸を除く）、アルカリ、塩類水溶液、油類、アルコール、脂肪族・芳香族系溶剤とその蒸気など

### (4) 設計資料

m、y値は、JIS B 8265付属書3に定められている石綿ジョイントシートの値が適用できる。

表2 ブラックハイパーGF300のガスケット係数

厚さ [mm]	m	y [N/mm <sup>2</sup> {kgf/mm <sup>2</sup> }]
3.0	2.00	11.0 {1.12}
1.5	2.75	25.5 {2.60}



(5) 使用可能範囲

表3 ブラックハイパー-GF300の使用温度、圧力

製品名	ブラックハイパー
製品番号	No.GF300
使用温度 [°C]	-200~300
最高使用圧力 [MPa]	3.5

注1) 使用温度、最高使用圧力は、それぞれ個別の使用限界を示す。  
 注2) 流体区分により、使用温度、最高使用圧力は異なる。(図1参照)

## 4. ブラックハイパーNo.GF300の特性

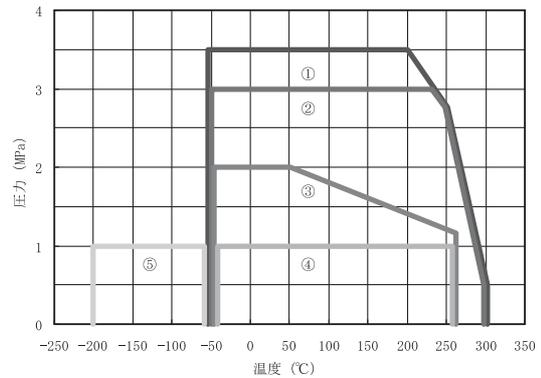
(1) ガスケット一般物性

表4に、ブラックハイパーNo.GF300の物性を示す。応力緩和特性は、石綿ジョイントシートに比べても小さく、高温下でも長期間使用できることを示す。また、耐油性および耐燃料油性については、ゴムバインダーを使用しないことにより、石綿ジョイントシート以上に優れた特性を有している。

一方で、柔軟性は石綿ジョイントシートより劣り、ジョイントシートのように円筒に丸めての運搬は難しいが、使用上の問題ないと考えられる。

表4 ブラックハイパー-GF300の物性値

項目		ブラックハイパー		項目		ブラックハイパー		石綿ジョイントシート	
		No.GF300	No.1500			No.GF300	No.1500		
厚さ	mm	1.5	1.5	耐燃料油<JIS燃料油 B RT×5h>					
常態試験				厚さ増加率	%	0.7	14.5		
圧縮率(34.3MPa)	%	7	9	重量増加率	%	3.3	9.4		
復元率(34.3MPa)	%	52	61	応力緩和率<ASTM F-38 締付20.6MPa>					
引張強さ(横方向)	MPa	9.7	28.4	100°C×22h	%	15.7	31.0		
柔軟性(縦方向)	厚さの倍数	36	11	200°C×22h	%	34.4	39.7		
密度	kg/m³	2,030	1,880	200°C×96h	%	37.4	46.6		
耐油<IRM903 OIL 150°C×5h>				200°C×168h	%	39.4	52.8		
引張強さ減少率	%	4.2	26.8	応力緩和率<社内トルク法 締付14.7MPa>					
厚さ増加率	%	0.5	20.1	300°C×15h	%	50.0	46.3		
重量増加率	%	3.0	24.9	物性値はすべて測定値例であり、規格値ではありません。					



備考  
 ガスシールの場合は、ガスケットペーストを内径断面に塗布の上、締付面圧を34.3MPa程度とすることを推奨いたします。ガスケットペーストを接面に塗布する場合、圧壊しやすくなるため、締付に注意してください。

図1 ブラックハイパー-GF300の使用可能領域

引張強さについては、GF300は石綿ジョイントシートの約1/3と小さく、後述する圧壊特性に影響を与えており、フランジとの接触面にペーストを塗布する場合は締め付けに注意が必要である。

(2) 圧縮復元特性

図2にブラックハイパーNo.GF300の圧縮復元曲線を示す。GF300は、石綿ジョイントシートと比較して、

やや硬い傾向があるが圧縮率の違いは約2%であり、実用上問題ないレベルといえる。

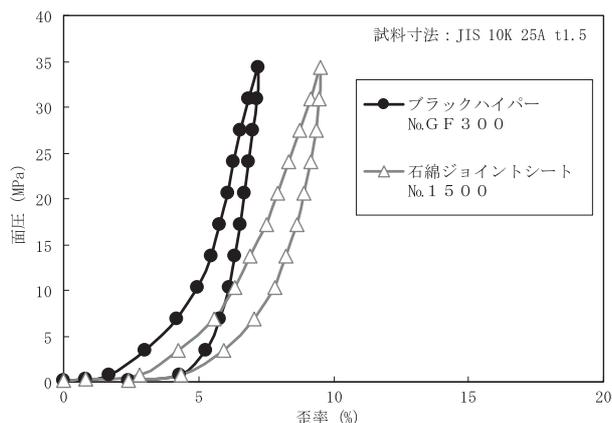


図2 ブラックハイパーGF300の圧縮復元曲線

### (3) 常温シール特性

#### (3)ー1 常温ガスシール特性

ブラックハイパーNo.GF300の常温ガスシール特性を表5に示す。GF300の常温シール特性は、石棉ジョイントシートと同等で、シートガスケットとして十分な特性を有している。

但し、ガスシールの場合は、石棉ジョイントシートと同様、ペーストの使用が望ましい。その際は、内径断面への塗布が推奨される。

表5 ブラックハイパーGF300の常温ガスシール特性

試料	バルカーシールペースト塗布箇所		
	塗布なし	ガスケット内径断面	ガスケット界面
	面圧 34.3MPa*	面圧 30MPa	面圧 20MPa
ブラックハイパー No.GF300	漏洩 検出せず	漏洩 検出せず	漏洩 検出せず
石棉ジョイントシート No.1500	漏洩 検出せず	漏洩 検出せず	漏洩 検出せず

\*ガス系流体の推奨締付面圧

#### ●試験方法

圧縮試験機により、ガスケットに所定面圧を与えた後、窒素ガス内圧1.0MPaを負荷し、10分放置後、石鹸膜流量計により漏洩測定を行った。

#### ●試験条件

- 試験寸法 : JIS 10K-25A、t1.5mm
- 圧縮方法 : 圧縮試験機
- フランジ面粗度 : Ra=5.7μm、Rz=22μm (中心値)
- 試験流体 : 窒素ガス (内圧1.0MPa)
- 漏洩検出方法 : 石鹸膜流量計
- 測定感度 :  $1.7 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  (0.1cc/min相当 : 測定感度未満を検出せずとする)

#### (3)ー2 常温液体シール特性

ブラックハイパーNo.GF300の常温液体シール特性は、既存の石棉ジョイントシートと同性能であり、十分なシール性能を有している。

表6 ブラックハイパーGF300の常温液体シール特性

試料	バルカーシールペースト塗布箇所
	塗布なし
	面圧14.7MPa相当*
ブラックハイパーNo.GF300	漏洩検出せず
石棉ジョイントシートNo.1500	漏洩検出せず

\*JPI-7S-81-96参考2の最小締付圧力

#### ●試験方法

ボルト締めによりガスケット面圧14.7MPaを与えた後、水圧5.1MPaを負荷し、10分放置後、濾紙をガスケット外周部に接触させ、濡れを観察することにより漏洩の有無を確認した。

#### ●試験条件

- 試験寸法 : JIS 10K-25A、t1.5mm
- 圧縮方法 : ボルト締結
- フランジ面粗度 : Ra=2.4μm、Rz=12μm (中心値)
- 試験流体 : 水道水 (内圧5.1MPa)
- 漏洩検出方法 : 濾紙による漏洩水の検出

#### (3)ー4 熱サイクルシール特性

熱サイクルシール特性はガスシール、液シール共に図3の加熱サイクルパターンを負荷して、シール性能を確認した。

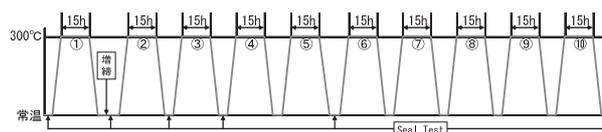


図3 加熱サイクルパターン

(4)ー1 熱サイクルガスシール特性

ブラックハイパーNo.GF300の熱サイクルガスシール特性は、最高使用温度300℃での加熱サイクルを负荷した場合も良好であった。

表7 ブラックハイパーGF300の熱サイクルシール特性

試料		ブラックハイパー No.GF300		石綿ジョイントシート No.1500	
温度 [℃]		300			
内圧 [MPa]		0.5	1	0.5	1
加熱 サイ クル	加熱前	Seal	Seal	Seal	Seal
	1 cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal
	2 cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal
	3 cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal
	5 cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal
	10cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal

●試験方法

ガスケットをフランジ間に装着、ボルト締結し、図3の加熱サイクルを与え、常温時に内部流体を導入し、10分放置後漏洩を検出した。

●試験条件

- 試験寸法 : JIS 10K-25A、t1.5mm
- 圧縮方法 : ボルト締結
- 締付面圧 : 34.3MPa相当
- フランジ面粗度 : Ra=2.4μm、Rz=12μm (中心値)
- 試験流体 : 窒素ガス (最高内圧1.0MPa)
- 漏洩検出方法 : 水没法
- 測定感度 : 1.7×10<sup>-4</sup>Pa・m<sup>3</sup>/s (0.1cc/min相当 : 測定感度未満をSealとする)

(4)ー2 熱サイクル液体シール特性

ブラックハイパーNo.GF300の熱サイクル液体シール特性は、最高使用温度300℃での加熱サイクル負荷後も良好であった。

●試験方法

ガスケットをフランジ間に装着、ボルト締結し、図3の加熱サイクルを与え、常温時に内部流体を導入し、10分放置後濾紙をガスケット外周部に接触させ、濡れを観察することにより漏洩の有無を確認した。

●試験条件

- 試験寸法 : JIS 10K-25A、t1.5mm
- 圧縮方法 : ボルト締結フランジ

表8 ブラックハイパーGF300の熱サイクル液体シール特性

試料	ブラックハイパー No.GF300			石綿ジョイントシート No.1500		
	温度 [℃]	300			300	
内圧 [MPa]	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5
加熱 サイ クル	加熱前	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
	1 cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
	2 cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
	3 cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
	5 cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
	10cyc.	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal

- 締付面圧 : 14.7MPa相当
- フランジ面粗度 : Ra=2.4μm、Rz=12μm (中心値)
- 試験流体 : 水道水 (最高内圧1.5MPa)
- 漏洩検出方法 : 濾紙による漏洩水の検出

(5) 圧壊特性

(5)ー1 ベーストを塗布しない場合・内径断面にのみベーストを塗布した場合の圧壊特性

ブラックハイパーNo.GF300が締付時に圧壊が発生する面圧は、t1.5にて98.0MPa以上、t3.0にて73.5MPa以上である。石綿ジョイントシートと比較すると、圧壊面圧は低くなっているが、ガスシールに推奨されるガスケット面圧34.3MPaの2倍以上の面圧に耐えうる圧壊特性を有している。

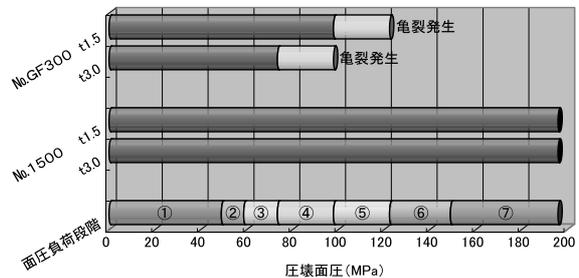


図4 ベーストなしの場合・内径断面にのみベースト塗布の場合のGF300圧壊特性

●試験方法

ガスケットをフランジ間に装着し、圧縮試験機にて所定面圧に相当する荷重を负荷後、取り出し亀裂・異常変形の有無を確認した。亀裂等なければ一段階上の面圧を负荷し、発生していればその面圧を圧壊面圧と

した。

### ●試験条件

- 試験寸法 : 外径100×内径64mm  
 フランジ面粗度 : Ra=5.7μm, Rz=22.0μm (中心値)  
 面圧負荷段階 : ①49.0MPa、②58.8MPa、  
 ③73.5MPa、④98.0MPa、  
 ⑤122.5MPa、⑥149.0MPa、  
 ⑦196.0MPa  
 使用ペースト : バルカーシールペースト

### (5)ー2 フランジガスケット接面にペースト塗布した場合の圧壊特性

フランジガスケット接面にペーストを塗布した場合、ブラックハイパーNo.GF300に圧壊が発生する面圧は、t1.5にて58.8MPa以上、t3.0にて49.0MPa以上であり、これら以下の面圧では圧壊を生じなかった。通常の使用においてはこれら以下の面圧で使用されることから、ペーストを塗布したとしても使用上圧壊が問題になる可能性は低いと思われる。

ただし、ガスシール性能を向上させるためにペーストを使用する場合は、内径端面に塗布することが望ましい。フランジガスケット接面に塗布する場合は、片締めや締付過多に注意が必要である。

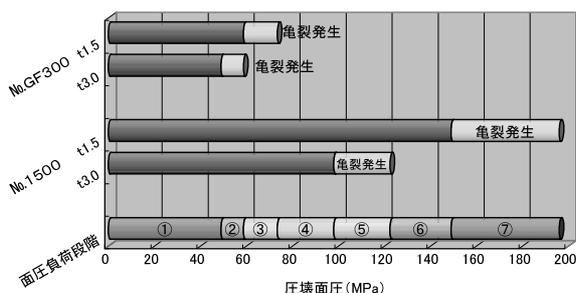


図5 フランジガスケット接面にペースト塗布した場合のGF300圧壊特性

### (6) 高温硬化割れ特性

ブラックハイパーNo.GF300では、300℃×24時間の加熱によっても硬化現象が生じておらず柔軟性を保持していた。これは、熱劣化の要因となる、ゴムバインダーを含んでいないことによる。

一方、石綿ジョイントシートおよびノンアスジョイントシートでは加熱による硬化現象が顕著に見られることから、熱硬化現象に関してブラックハイパーNo.GF300が優位にあることが確認された。

表9 ブラックハイパーGF300の高温硬化割れ特性

試料		ブラックハイパー No.GF300	ノンアスジョイントシート No.6500	石綿ジョイントシート No.1500
円	φ 60	○	×	×
	φ 90	○	×	×
直	φ 120	○	×	×
	φ 150	○	×	○

### ●試験方法

加熱後の試料をφ60、φ90、φ120、φ150の円筒に半周巻きつけ、割れ発生の有無を確認した。(○割れなし、×割れ発生)

### ●試験条件

- 試験寸法 : 長さ100mm、幅20mm、厚さ1.5mm  
 (長手方向が繊維方向と直角になるよう試料作製)  
 加熱条件 : 300℃、24時間

### (7) 溶出ハロゲンイオン濃度測定

ブラックハイパーGF300の溶出塩化物イオン濃度は、防食タイプである石綿ジョイントシート(1500AC)よりも低濃度であった。GF300はPTFEを主要構成材料のひとつとしているが、フッ化物イオンの溶出は少なく、塩化物イオンとの合計でも35ppmと実使用上問題ないと考えられる水準である。

表10 ブラックハイパーGF300の溶出ハロゲンイオン

イオン種	単位	ブラック ハイパー No.GF300	石綿ジョイントシート	
			No.1500	No.1500AC
Cl <sup>-</sup> (塩化物イオン)	ppm	13	343	35
F <sup>-</sup> (フッ化物イオン)	ppm	22	1未満	1未満

上記特性値はすべて測定値例であり、規格値ではありません。

### ●測定条件

- 抽出条件 : 100℃、2時間  
 測定機器 : イオンクロマトグラフ (DX-500型、DIO  
 NEX 社製)

### (8) 耐芳香族系溶剤性

既存の石綿ジョイントシートは、含有するゴムの耐薬品性の問題から、ベンゼンなどに代表される芳香族

系溶剤には基本的に使用不可（条件により使用可能）としている。

これに対し、ブラックハイパーNo.GF300は、ゴムバインダーを含んでいないため、耐溶剤性に優れている。表11のデータでも、浸漬後の厚さ増加率・重量増加率ともに極めて小さく、芳香族系溶剤に耐性を有していることがわかる。

表11 ブラックハイパー-GF300の耐芳香族系溶剤特性

溶剤	項目	単位	ブラックハイパー	石綿ジョイントシート
			No.GF300	No.1500
ベンゼン	厚さ増加率	%	1.1	40.6
	重量増加率	%	3.4	23.8
トルエン	厚さ増加率	%	1.3	42.3
	重量増加率	%	3.9	25.9
キシレン	厚さ増加率	%	1.3	38.4
	重量増加率	%	4.0	25.1

上記特性値はすべて測定値例であり、規格値ではありません。

#### ●測定条件

浸漬時間：24時間  
試料厚さ：t1.5mm

#### (9) 低温シール特性

表12 ブラックハイパー-GF300の低温シール特性

温度 [°C]	内圧 [MPa]	ブラックハイパー	ノンアス	膨張黒鉛
		No.GF300	ジョイントシート No.6500	シート No.VF-35E
		漏洩量 [Pa・m³/s]		
常温	2.5	1.2×10 <sup>-4</sup>	1.5×10 <sup>-4</sup>	3.4×10 <sup>-4</sup>
	4.0	3.7×10 <sup>-4</sup>	2.9×10 <sup>-4</sup>	8.9×10 <sup>-4</sup>
-50°C	2.5	2.0×10 <sup>-5</sup>	1.0×10 <sup>-4</sup>	4.1×10 <sup>-5</sup>
	4.0	6.1×10 <sup>-5</sup>	2.4×10 <sup>-3</sup>	3.9×10 <sup>-4</sup>
-196°C	2.5	1.0×10 <sup>-4</sup>	—	2.0×10 <sup>-5</sup>
	4.0	1.2×10 <sup>-4</sup>	—	2.5×10 <sup>-4</sup>

上記特性値はすべて測定値例であり、規格値ではありません。

ブラックハイパーNo.GF300の低温特性は良好であり、最低 -196°Cにて常温と同じシール性能を保持していた。これは低温シール性に優れているといわれる膨張黒鉛シートと同水準である。

#### ●試験方法

ガスケットをフランジ間に装着、ボルト締結し、低温槽あるいは液体窒素槽に浸漬し、フランジ温度が安定した後、圧力降下法にて漏洩量を測定した。

#### ●測定条件

試験寸法 : JIS 10K-25A、t1.5mm  
締付面圧 : 40MPa相当  
フランジ面粗度 : Ra=2.4 μm、Rz=12 μm (中心値)  
試験流体 : ヘリウムガス

## 5. おわりに

本報では、シートガスケットのノンアス化の切り札との位置付けで製品化した、ブラックハイパーNo.GF300を紹介してきた。ご紹介してきたように、この製品は、熱硬化および経時劣化が生じないといった、既存のノンアスベストシートガスケットにはない特長を持ち合わせ、これまで、ノンアス化の最大の懸案であった100°C以上での使用を可能にしたノンアスシートガスケットである。

今後、国内外ともに、石綿製品の規制は強化されることが予想され、環境問題、企業コンプライアンスの観点からも、ノンアスベスト化は避けられないものと考えられる。

現時点では、石綿ジョイントシートの供給に問題はないが、変化に際しての混乱がないよう、早期にノンアスベストシートガスケット使用の目途をたてられることをお勧めしたい。

当社の、ブラックハイパーNo.GF300をはじめとする各種のノンアスベスト製品が、ノンアス化をスムーズに進めることと確信している。また、そのための様々なサポートを行っていく所存である。

## 6. 参考文献

山中幸、黒河真也, 環境に優しいシール技術 新しいノンアスベストシートガスケット, プラントエンジニア, Vol.36, No.2, Feb., 2004