

高性能パーフロロエラストマー製品

1. はじめに

パーフロロエラストマー（FFKM）は、ポリマーの主骨格が化学的に安定な炭素とフッ素（C-F結合）で構成されているため、極めて高い耐熱性と耐薬品性を有する。その特性を生かして、他のゴム材料では使用できない過酷な環境において用途を広げてきた。その用途例をTable1に示すが、用途によって求められる特性も異なり、FFKMも材質やグレードによって特性が異なるため、各用途に応じたFFKMが使用されている。

Table1 パーフロロエラストマーの用途例

分野	用途例	求められる特性
石油化学 化学工業	プラント内重合装置 各種ケミカルポンプ コンプレッサーなど	耐熱性 反応性流体への耐性
航空宇宙	ガスタービン	耐熱性 反応性流体への耐性
食品	サニタリー配管 蒸気チャンバー	純粋性 高温蒸気耐性
電力	蒸気タービン (原子力、火力、地熱発電)	高温蒸気耐性
半導体	熱酸化、熱拡散 アニール、CVD、エッチング	純粋性、耐熱性 反応流体への耐性 低放出ガス性
その他	分析機器、樹脂ゴム成形機 タイヤ加硫機、掘削機、熱交換器	純粋性、耐熱性 高温蒸気耐性 反応性流体への耐性 など

また、近年各産業分野における技術革新に伴い従来よりも高いシール機能が求められるようになり、従来のFFKMでは十分にシール性能を発揮できないケースがあり、当社では用途に応じて要求される特性に対応したFFKMを展開してきた。

FFKMは他のエラストマーには無い類稀な特性を持つことから、本報ではFFKMを材料の視点から取り上げ、各用途に応じて適切な材料選定をして頂けるよう、当社のFFKM製品についてその特徴と特性を紹介する。

2. FLUORITZ®-SB

FLUORITZ®-SBは、耐薬品性に優れたFFKMであり、以下に各種特性を紹介する。

2-1) 耐薬品性

Table2にFLUORITZ®-SBの耐薬品性を示す。フッ素ゴムや一部のFFKMでは使用できない有機酸、アルカリ、アミ

Table2 FLUORITZ®-SBの耐薬品性

薬品名	試験条件	評価
酸	塩酸(10%)	40℃×168時間 A
	硫酸(97%)	40℃×168時間 A
	硝酸(69%)	40℃×168時間 A
	ふっ酸(60%)	23℃×168時間 A
	酢酸(10%)	40℃×168時間 A
	無水酢酸	23℃×168時間 A
アルカリ	りん酸(85%)	80℃×168時間 A
	水酸化ナトリウム(20%)	100℃×168時間 A
	水酸化ナトリウム(50%)	23℃×168時間 A
	アンモニア水(30%)	23℃×168時間 A
含窒素化合物	ジメチルアミン	40℃×168時間 A
	ジメチルホルムアミド	23℃×168時間 A
	エチレンジアミン	40℃×168時間 A
	トリエタノールアミン	23℃×168時間 A
	N-メチル-2-ピロリドン	23℃×168時間 A
アルデヒド フラン	ブチルアルデヒド	23℃×168時間 B
	フラン	40℃×168時間 A
ケトン エステル エーテル	アセトン	23℃×168時間 A
	ケトン	23℃×168時間 A
	エステル	23℃×70時間 A
	エーテル	23℃×168時間 A
	MTBT	23℃×168時間 A
アルコール	メタノール	40℃×168時間 A
	イソプロピルアルコール	23℃×168時間 A
炭化水素	ヘキサン	23℃×168時間 A
	アルコール	40℃×168時間 A
	ベンゼン	100℃×168時間 B
	炭化水素	40℃×168時間 A
	スチレン	40℃×168時間 A
ハロゲン化 炭化水素	Freon11	15℃×168時間 B
	Freon134A	23℃×168時間 B
	Freon134A	100℃×168時間 C
	トリクロロエチレン	23℃×168時間 A
	水	100℃×168時間 A
その他	水	160℃×168時間 B
	エチレンオキサイド	23℃×168時間 A
	IRM-903Oil	230℃×70時間 A
	Mobil254Oil	200℃×70時間 A

A: 体積変化率5%未満

B: 体積変化率5～20%未満

C: 体積変化率20～50%未満

D: 体積変化率50%以上

ン、ケトン、エステルなどほとんどの薬品に対して安定である。

2-2) 基本特性

Table3にFLUORITZ®-SBの基本特性を示す。機械的強度に優れ、各種用途に対応できる特性を有している。

Table3 パーフロエラストマーの用途例

分野外観		FLUORITZ®-SB	FLUORITZ®-TR	FLUORITZ®-HS	D5575
		黒色	濃褐色	黒色	黒色
耐熱温度 目安	℃	200	260	300	300
硬さ	ShoreA	77	72	77	77
引張強さ	MPa	17.9	11.1	20.0	20.8
伸び	%	160	160	160	180
100%引張 応力	MPa	8.1	3.1	9.3	10.7

2-3) FLUORITZ®-SBの用途

FLUORITZ®-SBは、耐薬品性、耐溶剤性、耐油性が非常に優れ、ほとんどの化学薬品、ガスに対して化学的安定性を示す。そのため、半導体分野をはじめ石油化学、化学工業、食品、航空宇宙、分析機器などにおける以下の用途への応用が期待できる。

- ・酸とアルカリ、極性溶剤と非極性溶剤の混合液など他のゴムシール材では、膨潤や溶解が起こる箇所
- ・ふっ素ゴムでは使用できないケトン、エステル、アミン、アルカリなどでふっ素ゴム相当の耐熱性が必要な箇所
- ・アミンや環状エーテルなど一般のFFKMでは使用できない箇所

3. FLUORITZ®-TR

FLUORITZ®-TRは、半導体分野でのエッチングプロセスやCVD成膜プロセスにおいて優れたプラズマ耐性を有するほか、非粘着性に優れ、耐熱性やシール寿命の目安として用いられる圧縮永久ひずみ特性は、当社のFFKMのなかで最も優れる。また、充填剤を一切配合していないため、純粋性に優れる。以下に、FLUORITZ®-TRの各種特性を紹介する。

3-1) 耐熱性

Figure1にFLUORITZ®-TRの260℃における圧縮永久ひずみ率を示す。一般的に、圧縮永久ひずみ率が80%に達する時間がシール寿命と言われているが、FLUORITZ®-TRは260℃の高温環境下において10000時間の圧縮永久ひずみ率が40%に達しないと予測され、極めて長いシール寿命を

有すると推測される。

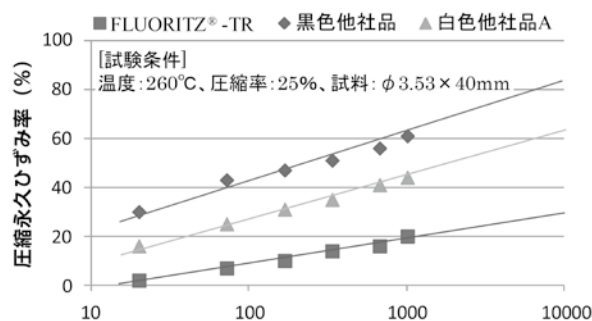
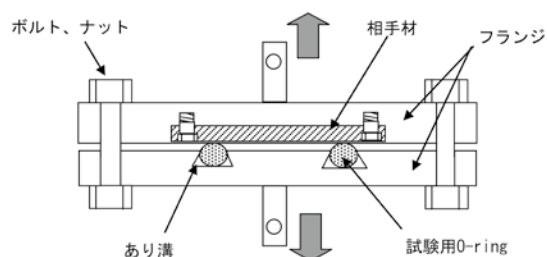


Figure1 圧縮永久ひずみ率測定結果

3-2) 非粘着性

ふっ素系エラストマーは、化学的に安定なC-F結合を有するため、他のゴム材料に比べ耐熱性や耐薬品性など優れた特性を示すが、一方で金属に固着しやすいという欠点がありFFKMも例外ではない。FLUORITZ®-TRは、当社独自の材料設計技術により金属に対する固着力を低減したFFKMである。Figure2に固着力の測定方法、Figure 3に固着力の測定結果を示す。FLUORITZ®-TRは、他のFFKMと比較して非常に低い固着力を示しており、シール面や溝への固着に対するトラブルのリスクを低減し、取り扱い性に優れると考えている。



あり溝にAS568-214 O-ringを装着し、ボルトナットでフランジを締め込む。所定時間加熱して常温に冷却した後、ボルトナットをはずして、フランジを上下に引き剥がす時の力を測定する。

Figure2 固着力測定方法の概要

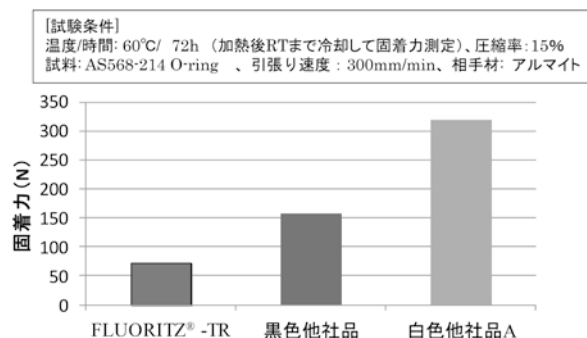


Figure3 固着力測定結果

3-3) 純粋性

Figure4にFLUORITZ®-TRの含有金属の測定結果を示す。FLUORITZ®-TRは、充填剤や無機配合薬品を一切含んでいないため、他のFFKMと比較して含有金属量が少なく純粋性に優れた材料である。

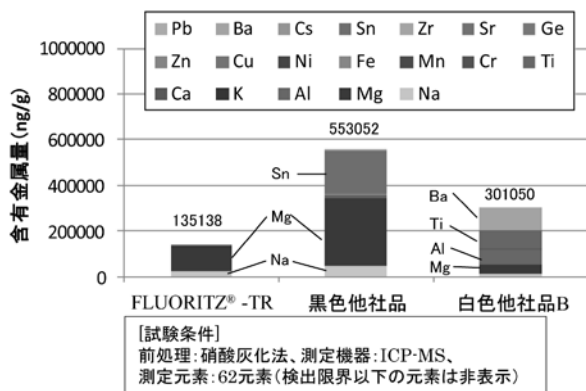


Figure4 含有金属測定結果

3-4) 耐プラズマ性(耐ラジカル性、耐クラック性)

プラズマ環境ではラジカルなどの活性種により、ポリマーの分子鎖が切断されることによって、シール材のエッチングが起こる。また、シール材に応力がかかった状態でプラズマにさらされると、シール材にクラックが発生し、クラックがシール面にまで達するとリークにつながる。半導体プロセスにおいては、充填剤や無機成分がシール材に含まれているとエッチングやクラックの発生により、充填剤や無機成分が真空チャンバーに放出され、真空チャンバー内の汚染やパーティクルエラーの原因となる可能性がある。Figure5にFLUORITZ®-TRの耐ラジカル性の評価結果を示す。FLUORITZ®-TRは従来のFFKMと比較しても重量減少率が少なく、ラジカルによりエッチングされにくい材料である。また、シール材を伸長して応力をかけた状態でプラズマを照射してクラック発生時間を評価した結果をFigure6に、クラック発生状況をFigure7に

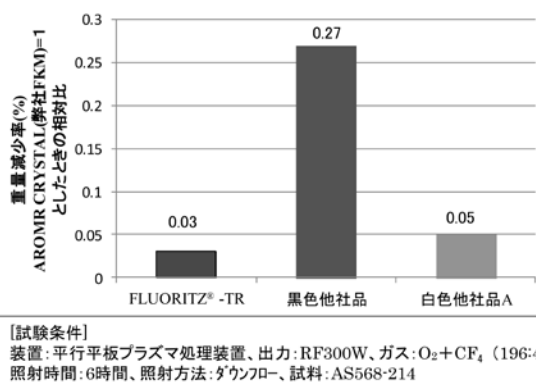


Figure5 耐ラジカル性評価結果

示す。FLUORITZ®-TRはクラックの発生時間が遅く、他の材料に比べ、耐クラック性に優れている。また、FLUORITZ®-TRは純粋性に優れるため、真空チャンバー内の汚染やパーティクルエラーに対して極めてリスクの少ない材料である。

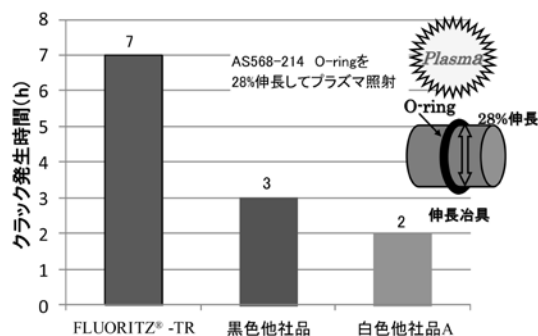


Figure6 耐クラック性評価結果

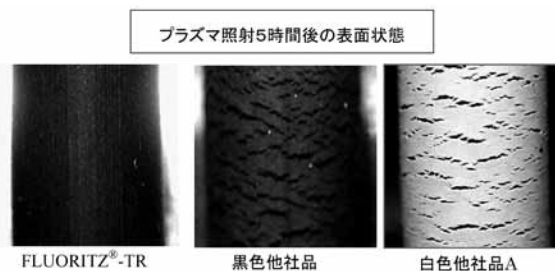


Figure7 クラック発生状況

3-5) 基本特性

Table3にFLUORITZ®-TRの基本特性を示す。FLUORITZ®-TRは、硬さ、100%引張応力がやや低めに設計されているため、比較的容易にあり溝へ装着でき、また、フランジの締付けも容易になると考えられる。

3-6) FLUORITZ®-TRの用途

FLUORITZ®-TRは、プラズマ耐性に優れるほか、圧縮永久ひずみ特性、非粘着性、純粋性に優れるため、半導体分野をはじめ食品、分析機器、石油化学、化学工業、航空宇宙などにおける以下の用途への応用が期待できる。

- ・高温環境下でシール寿命の延命が求められ、シールのランニングコストを低減したい箇所
- ・シール面との固着が問題になっている箇所
- ・プラズマ環境において、シール材のエッチングやクラックの発生が問題となっている箇所
- ・半導体プロセスにおいて、パーティクルや汚染が問題となっている箇所

4. FLUORITZ®-HS

FLUORITZ®-HSは、従来のFFKMと比較して極めて優れた耐熱性を有し、純粋性にも優れた材料である。以下に、FLUORITZ®-HSの各種特性を紹介する。

4-1) 耐熱性

Figure8にFLUORITZ®-HSの300℃における圧縮永久ひずみ率を示す。FLUORITZ®-HSは、300℃においても圧縮永久ひずみ率が小さく極めて耐熱性に優れた材料である。

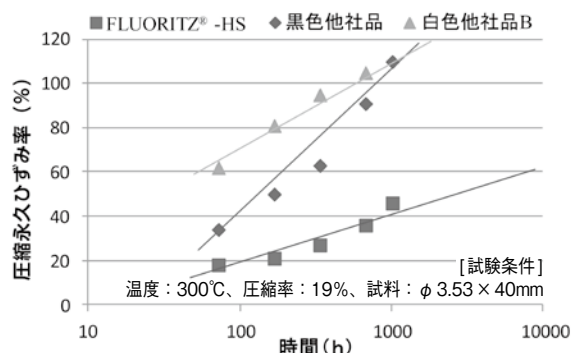


Figure8 圧縮永久ひずみ率測定結果

4-2) 純粋性

Figure9にFLUORITZ®-HSの含有金属測定の結果を示す。FLUORITZ®-HSは、充填材配合系の材料でありながら金属含有量が少なく純粋性に優れた材料である。

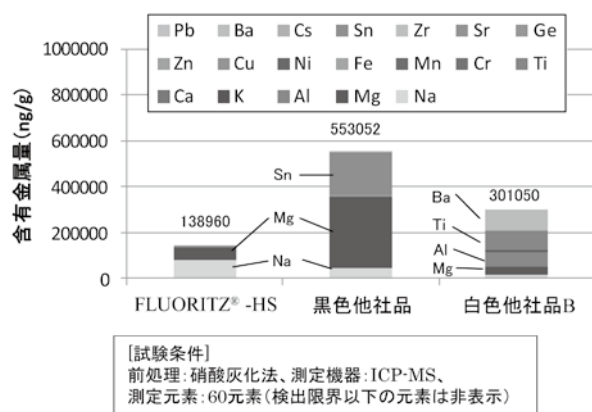


Figure9 含有金属測定結果

4-3) 基本特性

Table3にFLUORITZ®-HSの基本特性を示す。機械的強度に優れ、各種用途に対応できる特性を有している。

4-4) FLUORITZ®-HSの用途

FLUORITZ®-HSは、従来のパーフロエラストマーと比較して極めて優れた耐熱性を有することから、半導体分野を

はじめ、各産業分野における高温環境のシール材として適した材料である。以下に応用が期待できる用途を示す。

- ・プラント、化学工業、分析機器、樹脂ゴム成形機など
- ・半導体、液晶分野におけるエッチング装置やCVD装置、拡散装置、アニール装置

5. D5575

D5575は、従来の耐水蒸気用ふっ素ゴムやFFKMでも使用が難しかった高温での耐水蒸気性に優れた材料である。以下に、D5575の各種特性を紹介する。

5-1) 耐熱性

Figure10にD5575の300℃における圧縮永久ひずみ率を示す。FLUORITZ®-SBは耐水蒸気性を有するFFKMであるが、300℃では圧縮永久ひずみ率が80%を超すため高温では使用できない。D5575は168hでも80%に達しておらず、300℃においても対応可能な耐熱性を有する。

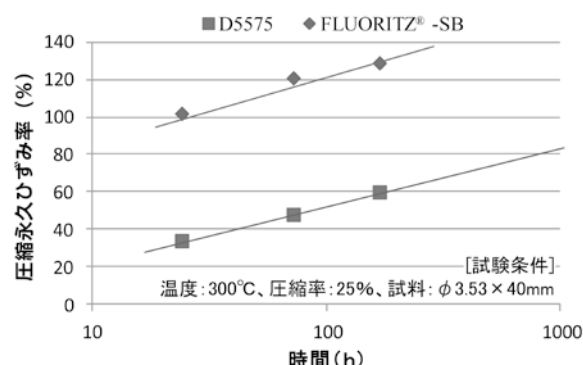


Figure10 圧縮永久ひずみ率測定結果

5-2) 耐水蒸気性

Figure11に175℃飽和蒸気下におけるD5575の圧縮永久ひずみ率を示す。他社の耐熱グレードは200時間に満たない段階でシール寿命である80%に達しているが、D5575は初

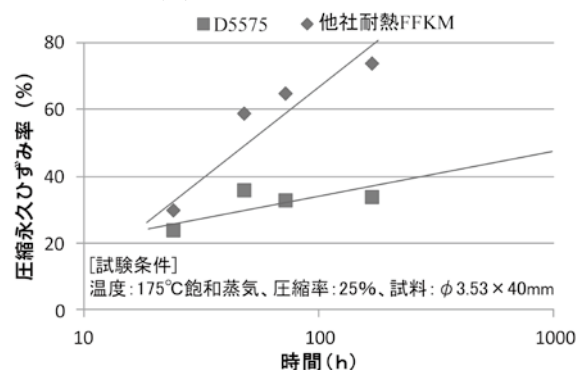


Figure11 圧縮永久ひずみ率測定結果(飽和蒸気)

期こそ変形がみられるものの48時間以降でもほとんど変化がなく、高温の水蒸気環境においても長期で使用できると期待される。

5-3) 基本特性

Table3にD5575の基本特性を示す。機械的強度に優れ、各種用途に対応できる特性を有している。

5-4) D5575の用途

D5575は、高温での耐水蒸気性に優れた材料であり、以下の用途への応用が期待できる。

- ・石油、ガス、地熱掘削機
- ・発電用蒸気タービン
- ・タイヤ加硫機および蒸気循環ポンプ
- ・ポリマー重合釜

6. おわりに

FFKMが使用される過酷な環境下において安定したシー

ル性能を得るためには、各FFKMの特徴や特性を把握し、環境に適したFFKMを選定することが重要となる。本報がその一助となれば幸いである。

また、今後も各産業分野の発展に伴ってシール材が使用される環境は厳しくなると予想され、新たな機能や更なる性能の向上が求められていくと考える。我々も、それらの期待に応えられるシール材を開発していく所存であり、皆さまのご意見ご要望をお寄せ頂きたい。

7. 参考文献

- 1) 岡崎 雅則, バルカー技術誌, No.1, 2-4 (2001)
- 2) 岡崎 雅則, バルカー技術誌, No.21, 8-10 (2011)
- 3) 岡崎 雅則, バルカー技術誌, No.23, 10-12 (2012)
- 4) 岡崎 雅則, 戸田 清華, バルカー技術誌, No.26, 7-10 (2014)
- 5) 川村 敏雄, バルカーレビュー, Vol.26, No.1 (1982)

(Abstract)

Perfluoroelastomer (FFKM) is known to have excellent chemical and heat resistance compared with other rubber materials because of its chemically stable structure composed with carbon and fluorine. However, in some severe environment, conventional FFKM is not applied for. Therefore, it is very important to select FFKM types and grades to keep reliable sealing performance according to the severe conditions. In this paper, the properties and performances of FFKM lineup in Valqua were shown related with recommendation usage.

Keywords:

perfluoroelastomer, FFKM, chemical resistance, heat resistance

(摘要)

全氟弾性体 (FFKM) 由化学性质稳定的碳和氟构成, 所以与其他橡胶材料相比, 拥有极其优异的耐药品性和耐热性, 但也并非就是万能的。传统的FFKM在某些严酷的使用环境下无法使用。此外, FFKM根据材质或等级不同, 其特性和适用环境也不用。因此为了保证严酷环境下的密封性能, 根据各种FFKM特征和特性选择适合环境的FFKM显得尤为重要。本文对本公司生产的各种FFKM的特征、特性、用途进行说明。

关键词:

全氟弾性体、FFKM、耐药品性、耐热性



大住 直樹

研究開発本部 開発部