

ナフロン® 素材の紹介

工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部

1. はじめに

ふっ素樹脂は優れた耐熱性、耐薬品性、電気絶縁性、非粘着性、耐候性を兼ね備えた合成樹脂で、化学、食品、電気・電子、半導体、自動車産業等において幅広く活躍しています。弊社では1951年、日本において他社に先駆けてふっ素樹脂加工品の研究を開始して以来、ふっ素樹脂の特性を活かした製品開発を行ってまいりました。弊社のふっ素樹脂製品を総称して「ナフロン®」(以下、ナフロン)と呼んでいます。

本稿ではナフロン製品の中でも、切削加工や、打ち抜き加工に使用される「ナフロン® 素材」(以下、ナフロン素材)の種類、および特長をご紹介します(図1)。

その中でもポリテトラフルオロエチレン(以下、PTFE)、テトラフルオロエチレン-パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体(以下、PFA)が工業用途に多く使用されています。また、その他ガスバリア性と機械的強度に優れたポリクロロトリフルオロエチレン(以下、PCTFE)などもその特性を活かして利用されています。なお、ナフロン素材はこれら3種のふっ素樹脂を原料としております(表1)。

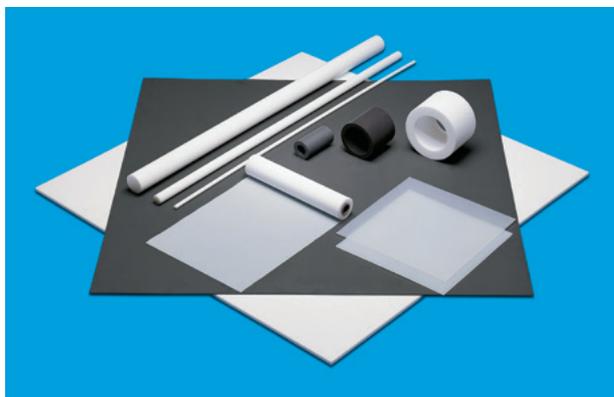


図1 「ナフロン® 素材」

2. ふっ素樹脂について

ふっ素樹脂は主に9種類が知られています¹⁾。

表1 各ふっ素樹脂の構造と特性

名称	構造式	特性
ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)	$\left[\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\ & \\ -\text{C}- & -\text{C}- \\ & \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right]_n$	耐熱性、耐薬品性、電気的特性、非粘着性、自己潤滑性に優れる。
テトラフルオロエチレン-パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体 (PFA)	$\left[\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\ & \\ -\text{C}- & -\text{C}- \\ & \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right]_m \left[\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\ & \\ -\text{C}- & -\text{C}- \\ & \\ \text{F} & \text{ORf} \end{array} \right]_n$	PTFEに匹敵する特性を持ち、かつ複雑な形状でも熱溶解成形ができる。
ポリクロロトリフルオロエチレン (PCTFE)	$\left[\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\ & \\ -\text{C}- & -\text{C}- \\ & \\ \text{F} & \text{Cl} \end{array} \right]_n$	機械的強度、光学的性質に優れ、極低温における寸法安定、耐衝撃性を有する。

2.1 ふっ素樹脂の特長

ふっ素樹脂は、以下に示す優れた特長を有しています²⁾。

- ①耐熱性：最高連続使用温度はPTFE, PFAで260℃, PCTFEはふっ素樹脂としては低く120℃
- ②耐薬品性：ほとんどの工業薬品に対して不活性（金属水素化合物などの一部を除く）
- ③電気的特性：電気絶縁性に優れる。誘電率が低く、高周波特性に優れる
- ④非粘着性：表面エネルギーが低く、他物質が付着しにくい
- ⑤低摩擦性：全ての固体の中で最も低い摩擦係数を示し、自己潤滑性を持つ
- ⑥耐候性：屋外で長時間使用しても劣化が見られない

2.2 PTFEの特徴と留意点¹⁾

PTFEは、融点以上、例えば380℃に加熱しても、その熔融粘度は $10^{10} \sim 10^{12}$ Pa・s程度（蒟蒻くらいの硬さ）もあり、ゴム状弾性体にとどまって流動性を示しません。このため、汎用プラスチックなどに用いられるスクリュ混練による押出成形法、射出成形などの成形方法は適用できません。

2.3 熔融流動性ふっ素樹脂(PFAやPCTFEなど)の特徴と留意点¹⁾

PTFE以外のふっ素樹脂は、成形温度における熔融粘度がおおよそ $10^3 \sim 10^4$ Pa・sであるので、一般の熱可塑性樹脂で行われる押出成形法、トランスファ成形法、回転成形法、ブロー成形法、圧縮成形法などの成形手段が適用できます。

また、ふっ素樹脂の中でもPCTFEは低融点の

樹脂なので、一般のプラスチックの成形機を使用することは可能です。ただし、PCTFEは熱分解温度と成形温度が接近しているため独特な加工技術を必要とします。

3. ナフロン素材

ナフロン素材とはPTFE, PFA, PCTFEを原材料とし、シート状、テープ状、ロッド状、パイプ状などの形状に成形した製品です。成形した素材は、ユーザーの用途に応じて種々の形状に加工されて使用されます。例えば、TOMBO™ No.9000「ナフロン® PTFEシート」は、打ち抜き加工してガスケットとして使用されます（図2）。PTFEのもつ耐熱性や耐薬品性を活かして、配管を流れる有機溶剤や熱油などの漏れを断つことが可能です。

また棒状のロッドは旋盤加工など切削加工が可能のため、自由に各種形状に成形が可能です（図3）。

このように、ナフロン素材はパッキン、絶縁材、断熱材、ベアリング、ワッシャーなどに生まれ変わり、その優れた材料特性を活かして私たちの生活の至るところで使用されています。ナフロン素材の製品一覧と主な用途例は図4のとおりです。

また、ふっ素樹脂単体だけではなく、ガラスファイバー、グラファイトなどの無機充てん材を配合することで特性を改善した素材も取り揃えています。例えば、軸受素材のパイプの場合、PTFE単体では柔らかく、クリープしやすいため、高荷重での軸受では変形などの障害を起こしやすい欠点があります。この場合、充てん材としてカーボンファイバーを配合することで、耐クリープ性を向上させた素材を成形することが可能です。充てん材を添加することによって、圧縮クリープ性の向

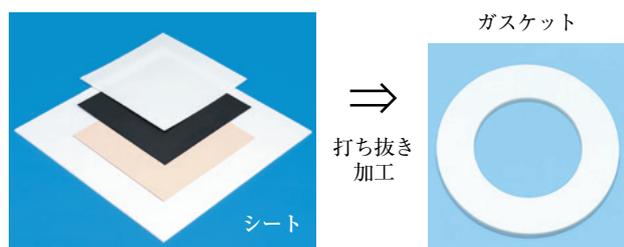


図2 シートの加工例

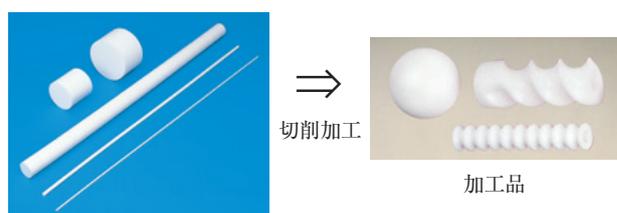


図3 ロッドの加工例

上、剛性の向上、硬度の向上、熱伝導率の増加、熱的寸法安定性の向上、耐摩耗性の向上などが図られます。充てん材の種類と特長および主な充てん材入りPTFEの特性は表2、表3のようになります。

4. 各種ナフロン素材の種類・用途

4.1 シート

シートは圧縮成形法により板状に成形した製品でPTFE、PFA、PCTFE製の3種類があります。PFAやPCTFEは、それらのペレットを金型に充てんした後に圧縮しながら熱をかけて成形します。PTFEは熔融粘度が高いため、図5のような

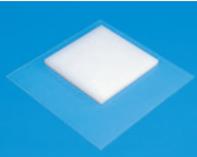
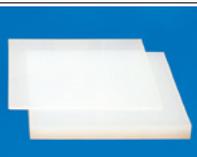
原材料	製品群	シート	テープ	ロッド	パイプ
PTFE	製品名	TOMBO™ No.9000 「ナフロン® PTFEシート」	TOMBO™ No.9001 「ナフロン® PTFEテープ」	TOMBO™ No.9002 「ナフロン® PTFEロッド」	TOMBO™ No.9008 「ナフロン® PTFEパイプ」
	写真				
	用途例	ガスケット用素材 ポンプ・バルブ部品	電子部品製造用離型材 絶縁フィルム	コネクター 実験器具のコック	ボールシート バックアップリング Oリング
PFA	製品名	TOMBO™ No.9000-PFA 「ナフロン® PFAシート」	/	TOMBO™ No.9002-PFA 「ナフロン® PFAロッド」	/
	写真				
	用途例	ガスケット用素材		溶接部品	
PCTFE	製品名	TOMBO™ No.9000-PCTFE 「ナフロン® PCTFEシート」	/	TOMBO™ No.9002-PCTFE 「ナフロン® PCTFEロッド」	/
	写真				
	用途例	半導体部品搬送用治具		高圧用バルブ	

図4 ナフロン素材の製品一覧と主な用途例

表2 主な充てん材の種類と特長

充てん材	特長	備考
ガラスファイバー	<ul style="list-style-type: none"> 機械的特性、耐摩耗性を大幅に改良 化学的特性、電気的特性をほとんど失わない 	<ul style="list-style-type: none"> 水中での使用は不向き 相手材を摩耗させる欠点あり
グラファイト	<ul style="list-style-type: none"> 高温荷重下の耐クリープ性が向上 熱伝導が良好、耐薬品性にも優れる 	<ul style="list-style-type: none"> ガラスファイバー、カーボンと併用される
ブロンズ	<ul style="list-style-type: none"> 耐摩耗性、硬度、圧縮強度、熱伝導が向上 	<ul style="list-style-type: none"> 金属のため耐薬品性が乏しい 導電性であり絶縁性は低い
カーボンファイバー	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮強度、耐摩耗性が向上 高温領域での耐クリープ性と水中での耐摩耗性が優れる 	

表3 主な充てん材入りPTFEの特性

充てん材 (重量%)	特性項目	硬度	圧縮クリープ (変形率)	熱伝導率	動摩擦係数	摩耗係数
	単位	shore D	%	W/(m・K)	-	mm/km/MPa
	測定条件		13.7MPa 25°C, 24hrs			65hrs 鈴木式試験機による
純PTFE		55	9.5	0.24	0.22	2.0×10^{-1}
ガラスファイバー 20%		62	8.5	0.41	0.38-0.42	1.1×10^{-4}
グラファイト 15%		61	5.0	0.45	0.22-0.25	6.8×10^{-4}
ブロンズ 60%		70	4.5	0.47	0.12-0.17	0.7×10^{-4}
カーボンファイバー 10%		63	4.2	0.46	0.27-0.30	0.4×10^{-4}

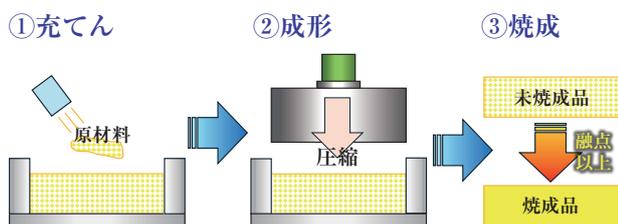


図5 PTFEシート成形方法

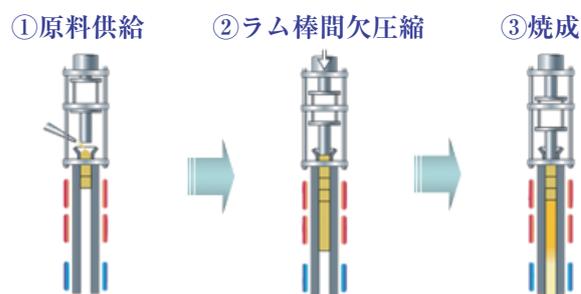


図6 ラム押出成形方法³⁾

圧縮成形法を用います。原材料であるPTFEパウダーを金型に充てん、圧縮成形し、成形された成形品を融点以上に焼成することによって製品となります。

4.2 ロッド

ロッドは圧縮成形法により、丸棒状に成形した素材でPTFE, PFA, PCTFE製の3種類があります。PTFEはサイズに応じて圧縮成形法以外にもラム押出成形法で成形しております。ラム押出成形法とは一定量の原材料パウダーを供給し、ラム棒で圧縮の工程を繰り返し焼成することにより、1本のロッド製品としています(図6)。

PFA製のロッドは熱可塑性という性質を活かしてふっ素樹脂同士の溶接部材に使用されています。また、PCTFEのロッドは圧縮強さ、ガスバリア性に優れている点を活かして高圧用のバルブシートに使用されています。

4.3 パイプ

パイプは圧縮成形法により、円筒状に成形した厚肉パイプ素材です。PTFE特有の低摩擦性を活

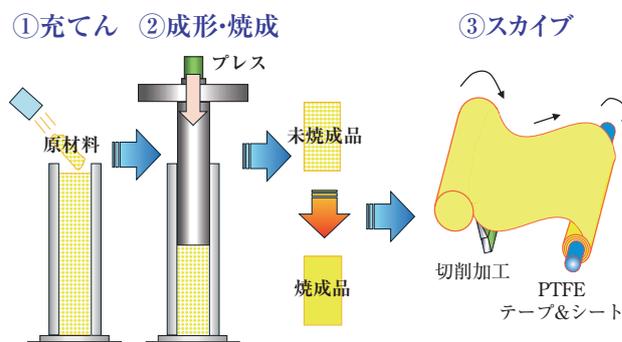


図7 PTFEテープ (シート) の成形加工法

かして、軸受などの素材に使用されています。また、リング形状部品の加工用素材として用いられます。

4.4 テープ

テープは円筒状のPTFE素材を切削してフィルム状に加工した製品です(図7)。電気部品製造用離型材や絶縁フィルムなどに利用されています。また、セメント処理を施して接着剤による接着加工を可能にしたTOMBO™ No.9004「ナフロン® PTFEセメント処理テープ」も取り揃えています。

表4 ナフロン素材の主な対応寸法

原材料	シート (mm)	テープ	ロッド (mm)	パイプ (mm)
PTFE	厚さ：1～80 幅：300～1220 長さ：300～1220	厚さ：0.05mm～3.00mm 幅：10mm～500mm 長さ：10MT～100MT	外径：1～210 長さ：100～1000	外径：20～1115 長さ：100
PFA	厚さ：5～40 幅：200～500 長さ：200～500	—	外径：12～50 長さ：250～300	—
PCTFE	厚さ：5～40 幅：200～500 長さ：200～500	—	外径：40～50 長さ：300	—

※厚さ，外径，充てん剤種類により製作可能な寸法の組合せが異なります。詳細はお問い合わせください。

5. ナフロン素材の強み

ナフロン素材の対応可能寸法を表4に示します。

弊社は、種々の製法を用いてナフロン素材を自社で製造し、幅広い寸法に対応した製品を取り揃えております。弊社はこの幅広い寸法に対する素材製品を成形し、その製品を自社工場にて加工する一貫した製造が可能となります。

6. おわりに

今回ご紹介したナフロン素材はパッキン，絶縁材，断熱材，ベアリング，ワッシャーなどに生まれ変わり，その優れた材料特性を活かして私たちの生活の至るところで使用されています。

今後とも，お客さまのニーズに対応し，より使いやすい素材製品とすべく，新たな技術・品質向上を目指していく所存です。本製品に対するお問い合わせは工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部までお願いいたします。

参考文献

- 1) 日本弗素樹脂工業会 編集委員会. ふっ素樹脂ハンドブック (改訂15版, 2025年3月発行), p.2, p.46～50, p.62～63
- 2) 三井・ケマーズ フロロプロダクツ株式会社編. フッ素樹脂テフロン™ 実用ハンドブック (2019年6月改訂), p.6
- 3) 一般社団法人日本弗素樹脂工業会ホームページ <http://www.jfia.gr.jp/molding.html>

* 「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

* 「ナフロン」はニチアス(株)の登録商標です。

* 本稿の測定値は参考値であり，保証値ではございません。