

TEXEL 技報

Vol.3 2013.05

 **セイコー化工機株式会社**
技術開発研究所

DC ブラシレス フッ素樹脂マグネットポンプ MDC-040

ポンプ事業部 設計課 上岡 正弘

1. はじめに

DC ブラシレスモータとは、インバータ制御技術を一部応用して、回転磁界の周波数を変えることで変速運転を可能にした永久磁石同期電動機であり、DC モータと違ってブラシ(整流子)がなくメンテナンスフリーなこと、小型で効率が良いことが長所として挙げられる。今回、紹介するMDC-040 は、接液部にフッ素樹脂を採用した、インナーマグネットがモータの回転磁界により駆動するもので、駆動源に専用 DC ブラシレスモータを採用し、シンプル・コンパクトな本体に、専用インバータを組み合わせ、可変速運転を可能にしたポンプである。従来のマグネットポンプが持つ高耐蝕・ノンシール構造も継承している。

当社では、2005～09 年の期間に旧 MDC 形として 45 台の納入実績があるが、高コストが欠点であった。今回、低コスト化が実現したため、新型として販売するに至った。

2. 製品特長・仕様

2.1 製品特長

図-1、2 にそれぞれ製品本体とインバータの外観写真及び MDC 形と従来のマグネットポンプの構造の比較を示す。

今回、上市したのは、口径 40A(吸込)×25A(吐出)の 1 機種で、専用インバータ(市販品をカスタマイズしたもの)の回転数制御により流量を設定する。バルブによる流量設定を行わない条件で、省エネ効果が得られる。

従来のマグネットポンプが、汎用電動機に接続したアウターマグネットの回転に追従してインナーマグネット及びインペラが駆動する構造であるのに対し、MDC 形は、図-2 に示すように、ポンプと電動機が一体化し、インナーマグネット(ロータ)が駆動用電磁石(ステータ)で駆動するキャンド構造となっている。そのため、従来のマグネットポンプに比べ、大幅な省スペース化、軽量化(36kg)を達成することができた。

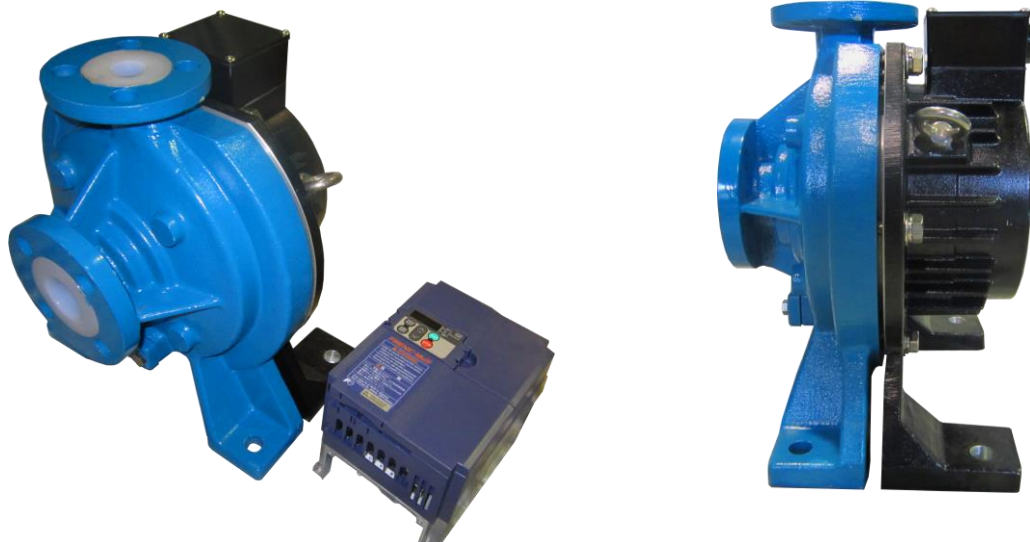


図-1 MDC-040 本体とインバータ 外観写真

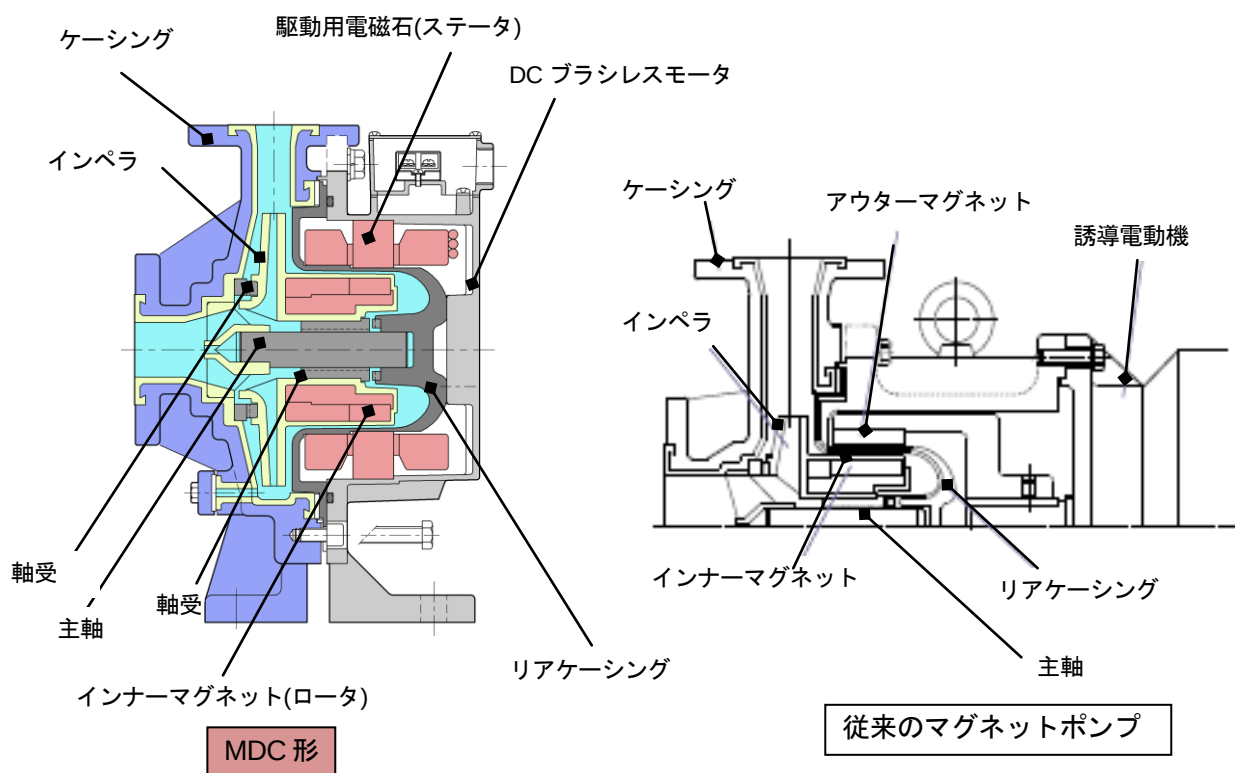


図-2 MDC 形と従来のマグネットポンプの構造比較

主要部の材質を表-1 に示す。フッ素樹脂の高耐蝕の特性を活かしている。

表-1 MDC-040 主要部材質

主要部名称	材 質
ケーシング	PFA(接液部)+FCD450
リアケーシング	C-PVDF
インペラ	PFA
主 軸	SiC セラミック
軸 受	C-PTFE/G-PTFE /SiC/カーボン

2.2 仕様

図-3 に MDC-040 の全体容量図を示す。
標準仕様は表-2 のとおりで、専用インバータにより回転数を制御する。液温度は 0～40℃の範囲で使用可能である。

表-2 標準仕様

回転数 min ⁻¹	標準吐出量 L/min	標準揚程 m	消費電力 kW
2900	100	24	1.9
1800	100	8	0.6
1500	100	5	0.4

電動機は、定格φ3 200/220V 50/60Hz、アルミダイキャスト製フレームの全閉自冷型 DC ブラシレスモータである。耐熱クラスは B 種、保護方式は IP44、出力 2.2kW 相当の屋外型である。周囲温度は、汎用誘導電動機同様、40℃以下の条件である。

3. おわりに

本装置は、PFA、SiC を駆使し、過酷な使用条件に耐えるだけでなく、ポンプと電動機を一体化したキャンド構造及び DC ブラシレスモータ採用による省スペース、省エネを図ったポンプである。

高耐蝕、高純度薬液の移送で流量制御を行うプロセス、又は装置への組み込み用ポンプとして期待できる。

今後、市場の要求があれば、口径アップを検討していきたい。

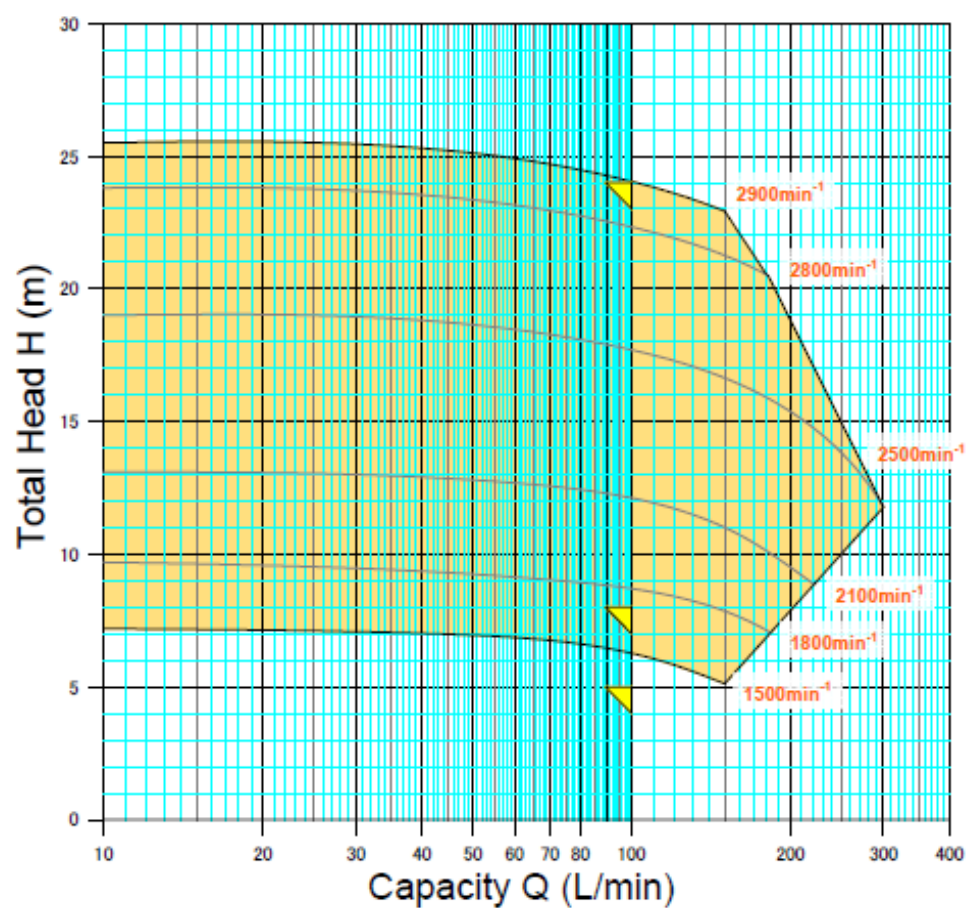


図-3 MDC-040 全体容量図

高効率ターボブロア FTB-EA 形

技術開発研究所 高梨 武

1. はじめに

近年のエネルギー問題、政府が掲げた CO₂ 排出量削減目標や東北地方太平洋沖地震の影響があり、日本だけでなく世界中で省エネルギー問題が叫ばれている。2011 年発売の高効率ターボファン FTE 形に続き、より低比速度*であるブロアタイプの FTB 形も高効率仕様にするにより、環境負荷の低減や CO₂ 排出量削減に貢献できる。

当社製品は耐蝕性の高い FRP を接ガス部材質に使用しており、金属製の送風機と比較して形状の制約条件や寸法公差が異なる。したがって、FRP で製作可能な精度、且つ、安定した性能を保持できるような部品形状や組立方法を検討する必要がある。(a)従来機種と比較し、5%ポイント以上の全圧効率アップもしくは 70%以上の全圧効率を達成する。(b)従来機との吸込・吐出フランジの位置、アンカーボルト位置等を変更することなく、送風機自体を変更可能にする。(c)従来機と一部の交換部品のみで、新機種と同等品に変更可能とする。

以上を目標として、高効率ターボブロアの開発を行った。

本報では、高効率ターボブロア FTB-EA 形の製品概要及び高効率化の手法について紹介する。

2. 製品仕様・特長

図-1 に製品外観写真を示す。

今回、上市したのは、FTB301EA、352EA、401EA、402EA 形の 4 機種で、容量範囲は図-2 に示すように 180m³/min×8kPa までカバーする。従来機種より、風量－静圧特性が向上し、全圧効率(最高効率点)も 301、352 で 10%ポイント改善し、60%以上、401、402 では、3~4%ポイント改善し 70%以上となっている。(従来機種に対して 5~20%効率アップ) また、従来機種との取合寸法も変わらないため、従来製品とそのまま交換ができる。

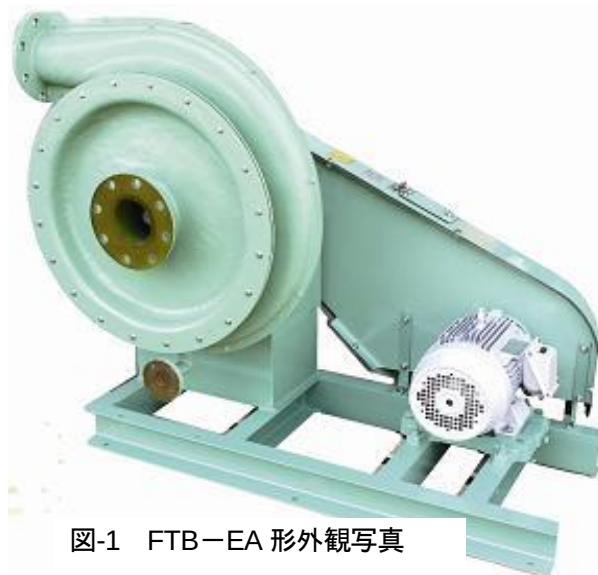


図-1 FTB-EA 形外観写真

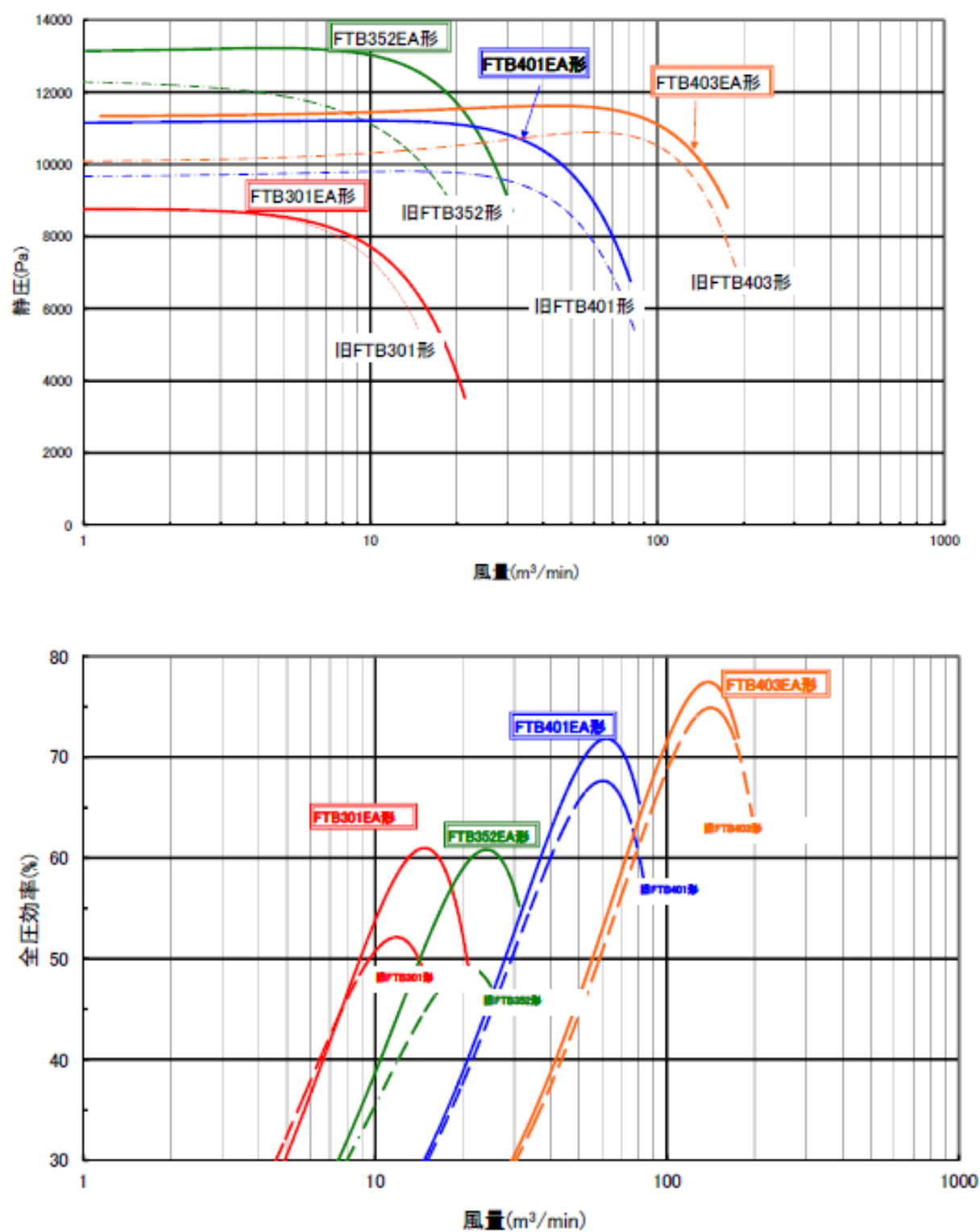


図-2 FTB-EA 形の容量図、全圧効率（従来機種との比較）

図-3 にFTB403 騒音特性を示す。

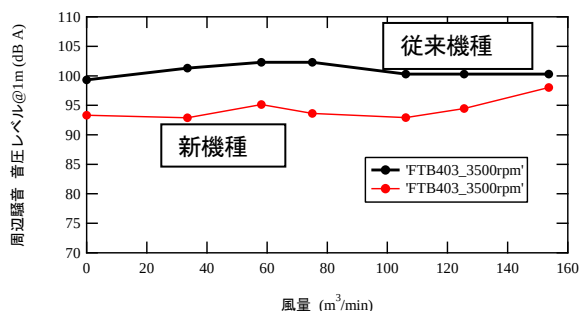


図-3 FTB403 騒音特性 (従来機種との比較)

横軸および縦軸がそれぞれ風量とA特性騒音値で、運転回転数は送風機の許容最高回転数での値である。従来機種と比べ最大8dB(A)程度の減音効果がみられた。

他機種についても、減音量は異なってくるが、従来機種より低い騒音特性である。

3. 高効率化の手法

3.1 流体解析

近年では常識となっている流体解析 (CFD) によりブロー寸法・形状が性能に与える影響を検討した。

図-4、5 に解析結果例を示す。

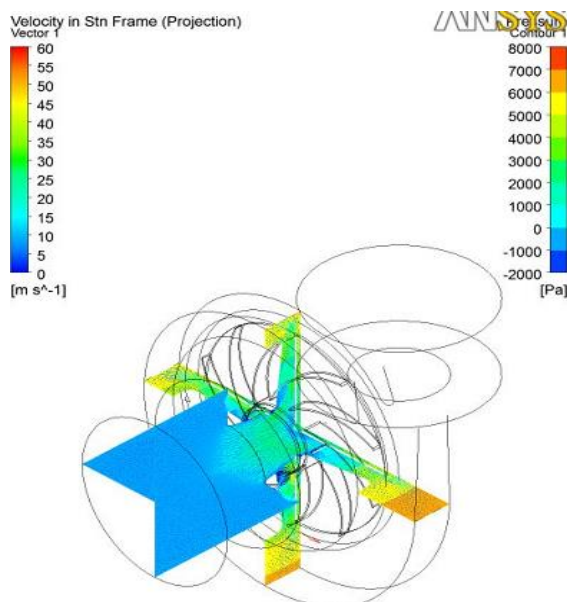


図-4 解析結果例 1 速度ベクトルと圧力コンタ (等圧線) の重ね合わせ

送風機吸込管は吸込側ダクトからの流れを効率的にインペラマウス部に運ぶ効果があり、性能向上のための要因の一つとなる。図-5 は、吸込管形状を変化させた時の性能曲線解析値である。従来型は台形錐形状であるが、円形状と楕円形状にすることにより効率が向上することがわかった。

最終的に高効率化を達成するためのポイントは、吸込管形状とインペラマウス径の最適化であった。

3.2 性能測定

流体解析の結果から、あらかじめ予想した効果を実験機で確認を行なった。

性能特性はJIS B8330「送風機の試験及び検査方法」に準じ、測定を行った。圧力計は静圧測定にデジタル圧力計、動圧測定に差圧計を使用し、送風機性能により測定レンジを使い分けた。回転計は非接触の反射式、電力計はデジタル表示式のクランプ電力計を使用した。

軸動力はモータメカのテストレポートを参照し出力効率特性から求めた。

図-6 に性能試験風景を示す。

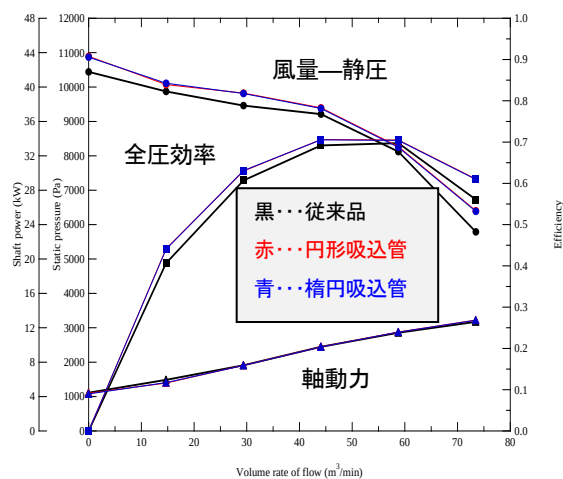


図-5 解析結果例 2 吸込管形状と性能

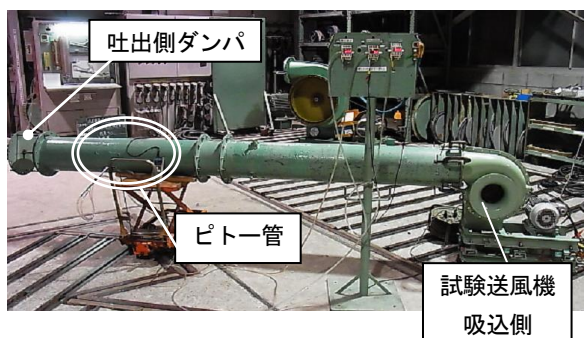


図-6 送風機性能試験風景

4. まとめ

ターボブロアの吸込管形状やインペラマウス径の最適化により、従来機種と比較し、5%ポイント以上の全圧効率アップもしくは 70%以上の全圧効率を達成することができた。また、騒音に関しても従来機種より低い騒音特性を得ることができた。

* 比速度

送風機やポンプの形状と相関のあるパラメータ。次式で表される。

$$n_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

n :回転数(rpm)、 Q :風量(m^3/min)、 H :羽根 1 段当たりのヘッド (m)

活性炭フィルタカートリッジ式 排ガス処理装置 SAF-Z シリーズ

技術開発研究所 中川 祥示

1. はじめに

SAF-Z シリーズは、大学、研究所のドラフト、動物畜舎、一般空調関係の排ガス・臭気処理する活性炭フィルタカートリッジ式のコンパクトな排ガス処理装置である。カートリッジの交換が手作業でできるという点でメンテナンス性に優れている。これまで、活性炭フィルタは室内ダクトチャンバ内に設置する等特設対応が主であったが、コストダウンを図り、装置の標準化を行った。

以下、装置概要を紹介する。

2. 概 要

2.1 装置構成

図-1、2 に SAF-Z の外観写真、構造図を示す。

本装置は、活性炭フィルタ塔本体(FRP)、送風機(FRP)、架台(SS)より構成され、塔本体内部には、活性炭フィルタ、プレフィルタ(塩化ビニリデン)が収納されている。



図-1 SAF-Z 外観写真

今回標準化したのは、最大処理風量 18m³/min、31 m³/min、55 m³/min の3タイプで、送風機を内蔵した一体形のコンパクトな設計により省スペース化が図れるとともに現地組み立ての手間が不要となっている。

本体の圧損も 0.3kPa 以下と低いため、送風機はシロッコファン(CES 形)を採用、またオプションとしてインバータ搭載型(CES-V)にすると、メインダンパによる風量調整が不要となり、省エネ対応が可能となる。

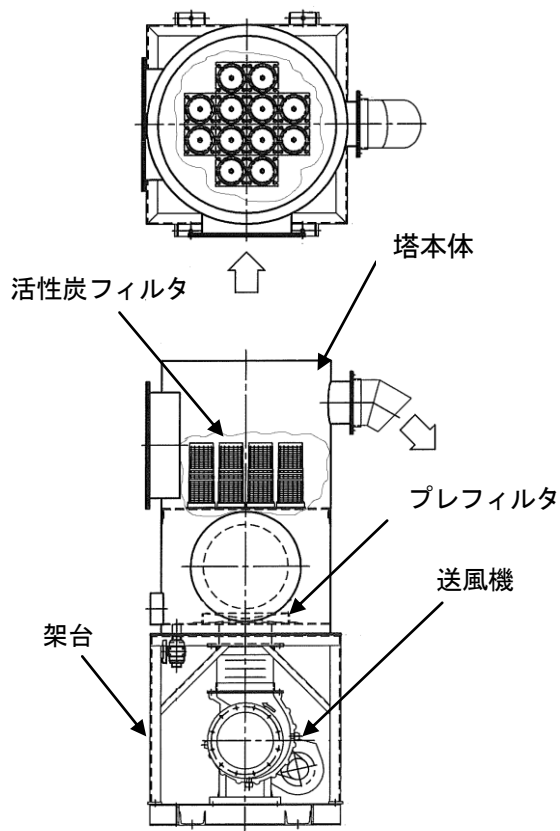


図-2 SAF-Z 構造図

2.2 活性炭フィルタ

活性炭フィルタとは、粒状の活性炭をポリプロピレン製でスリットのついた二重円筒のケーシング内に充填し、活性炭とケーシングを一体化（カートリッジ化）したものである。活性炭は気相用の高品質で高強度の特殊球状活性炭を使用し、1種類の活性炭で複合臭気に対応するが、ガスの種類により活性炭種類を選択することもできるし、入れ

替えることもできる。

図-3 に活性炭フィルタカートリッジ構造図を示す。

活性炭フィルタカートリッジ1本の寸法は、約 $\phi 110 \times 300\text{mm}$ 、活性炭は約 1kg 充填されている。1本あたりの最大処理風量は $1.5\text{m}^3/\text{min}$ であり、風量タイプにより収納本数（最大 37 本）が異なっている。カートリッジは、塔本体内部の 140mm 間

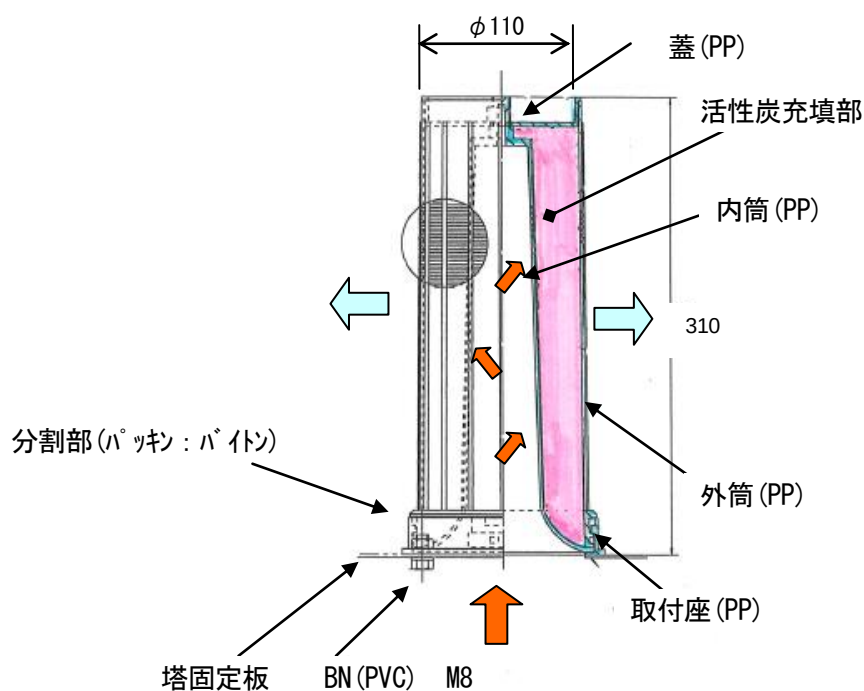


図-3 活性炭フィルタカートリッジ構造図

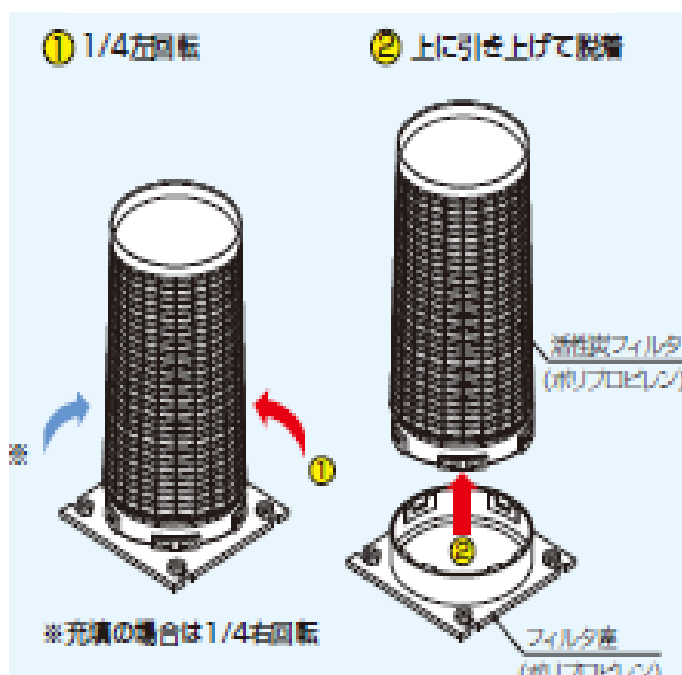


図-4 活性炭フィルタカートリッジ脱着方法

隔でφ100mm の穴の開いた固定板に取付けられており、排カガスは、固定板の開口を介してフィルタ本体にはいり、本体内筒より活性炭充填部を通過し外筒へと出ていく。1 本あたりの重さが 2kg 程度しかないため、現場で工具などを用いずワンタッチで脱着(1/4 左回転)、装着(1/4 右回転)ができるのが大きな特徴である。(図-4) また、活性炭は再生可能で、劣化活性炭カートリッジを新規活性炭カートリッジに入れ替えし、繰り返し使うことができる。(新規活性炭カートリッジの発送、劣化活性炭カートリッジの引取、再生が可能)

3. おわりに

今回、紹介する SAF-Z シリーズは、従来、雨水滞水池や低濃度下水臭気用途で使用していたものをコストダウンし、ドラフトから発生する臭気、有機ガス等に特化した製品である。ガス濃度が高く、活性炭の長期寿命が期待できない場合もあるが、短時間でカートリッジ交換ができ、再生も可能である。

活性炭フィルタカートリッジを 2～3 段とした特設や形式の異なるカートリッジでも対応可能であるので、弊社営業担当に相談していただければ幸いである。

プラスチックの特性・用途について

技術開発研究所 前田 信夫

1. はじめに

当社は、創業以来プラスチックの優れた耐食性を利用し、金属では腐食される薬液・気体を取り扱う、または顧客仕様要求に十分耐え得る製品を開発、提供してきた。その代表的な商品が、流体機械であるポンプ・送風機である。

1956 年(昭和 31)に硬質塩化ビニル製ケミカルポンプを製作販売、1957 年(昭和 32)に 硬質塩化ビニル製ケミカルファンを製作販売、その後、ポンプでは、需要家の要求に対応すべくオレフィン系 P.P、フッ素系 PVDF・PFA・ETFE と汎用から高強度・高耐蝕・耐熱対応のエンジニアリングプラスチックへと進化し、送風機では、熱硬化性樹脂にガラス繊維を複合した FRP、オレフィン系 P.P(ガラス繊維強化)を採用、メイン商品は FRP による製品づくりと進化してきた。(表-1)

以上のように当社製品には多様のプラスチック(広義)が使用されているが、本稿では、それら材料の特性・用途について紹介する。

2. プラスチックの分類

プラスチックを大別すると図-1 のようになる。熱可塑性樹脂とは、加熱により軟化、成形できるようになり、それを冷却すると固化する樹脂、熱硬化性樹脂とは、加熱すると重合し硬化、元にもどらなくなる樹脂の総称である。

2.1 汎用プラスチック

汎用プラスチックは、一般的には耐熱温度が 100℃未満で、耐熱や機械的特性はさほど高くないが、原材料費が安いことや大量生産しやすいことから、日常生活雑貨から工業用用途まで幅広く使用されている。

表-1 当社のプラスチックの製品への適用と歴史

1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
		耐蝕ポンプ、 送風機製作開始					
PVC							
			耐蝕ポンプ、 送風機製作開始				
	FRP						
			高温・高耐蝕フッ 素樹脂ポンプ製作				
		PVDF					
			NaOH に強いフッ素 樹脂製ポンプ製作				
			ETFE				
				コストパフォーマンスに優れ た P.P 製ポンプ、送風機製作			
				PP			
					最強のフッ素樹 脂製ポンプ製作		
					PFA		

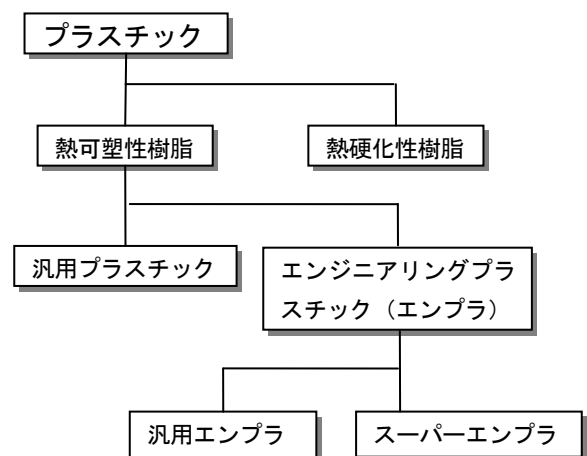


図-1 プラスチックの分類

表-2 汎用プラスチックの種類

◇ポリ塩化ビニル(PVC)
☆ポリプロピレン(PP)
☆ポリエチレン(PE)
☆ポリエチレンテレフタレート(PET)
◇ポリスチレン(PS)
◇アクリロニトリル-スチレン樹脂(AS)
◇アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン樹脂(ABS)
◇メタクリル樹脂(PMMA)
[☆:結晶性樹脂 ◇:非晶性樹脂]

表-3 に材料の一般的な機械的特性を示し、代表的な樹脂について紹介する。

表-3 汎用プラスチックの特性

	PVC	PP	PE	PET
引張り 破断強さ (MPa)	52-58	29-38	21-23	48-73
引張り 破断伸び (%)	40 -60	200 -700	250 -350	1-3
引張り 弾性率 (MPa)	2400 -2600	1100 -1600	—	30- 300
曲げ強さ (MPa)	69 -98	41 -55	—	71 - 130
曲げ 弾性率 (MPa)	—	—	—	—
比 重	1.45 -1.58	0.91 -0.96	0.93 -0.94	1.27 -1.40
荷重たわみ 温度(°C) 1.8MPa	56-68	57-65	—	70 -104

	PS	AS	ABS	PMMA
引張り 破断強さ (MPa)	13-43	69-82	35-59	65-77
引張り 破断伸び (%)	20 -65	2.0 -3.0	25 -40	6
引張り 弾性率 (MPa)	1100-2 600	3300 -3900	1800 -2900	2400 -2900
曲げ強さ (MPa)	23 -69	76 -131	49 -88	98 -120
曲げ 弾性率 (MPa)	—	—	—	—
比 重	1.03 -1.06	1.06 -1.08	1.04 -1.07	1.17 -1.20
荷重たわみ 温度(°C) 1.8MPa	77 -96	101 -104	80 -84	85 -100

以上の汎用プラスチックの PVC、PE、PP、スチレン系(AS,ABS)が四代汎用プラスチックと呼ばれ国内プラスチック生産量(1,000 万トン/年)の 70%程度を占めている。

汎用樹脂の共通点として、低比重(0.9~1.5)で成形し易く適度な強度と柔軟性、耐衝撃性、耐薬品性、耐腐食性、大気透過性或いは透過抵抗を有する。エンジニアリングプラスチックに比べると強度、耐熱性は劣る為、構造・工業用用途への適用には十分な設計検討をもって採用使用が必要となる。当社では、これら制約を十二分に把握し顧客要求に合致した製品を設計・製作し提供してきた。

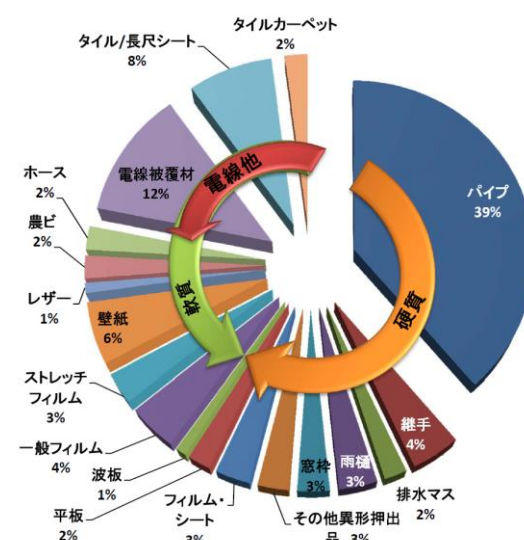
(1)ポリ塩化ビニル(PVC)

Polyvinyl Chloride



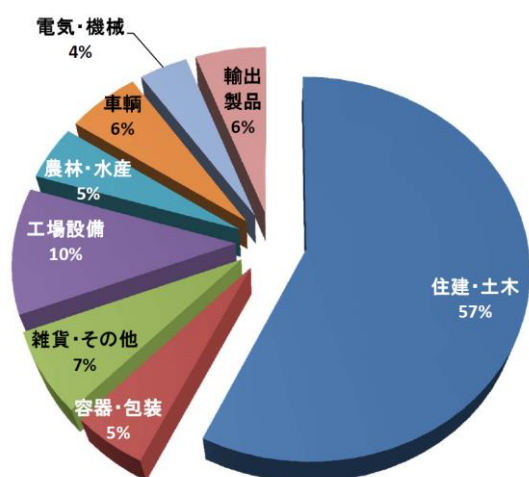
PVC は、日常生活品をはじめ工業用材料として広範囲に使用され、耐薬品性、耐候性、耐水性が高く難燃性、電気絶縁性に優れ安価なことから国内生産量の 17~20%を占める。当社においても操業まもなく硬質塩化ビニル材を用いてポンプ・送風機を製造開始した。今日現在でも塩ビ製品は製作出荷をしている。図-2 に用途別構成素比率、図-3 に産業部門別使用比率を以下に示す。

硬質材の主力は、パイプで順次、継手、雨樋、窓枠材の順で高い比率を占め、軟質材の主力は電線被覆材で順次、床タイル・長尺シートの順と国内では消費されている。用途では、圧倒的に住建・土木分野が突出している。順次、工場設備、雑貨、車両の順に使用頻度が高く市場の建設・設備投資と自動車関連の材料転換を含む消費に連動している。



出典：塩ビ工業・環境協会

図-2 PVC 国内用途別構成比率(2011 年度)



出典：塩ビ工業・環境協会

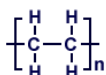
図-3 PVC 国内産業部門別使用比率(2011 年度)



図-4 PVC 製品用途参考事例

(2)ポリエチレン(PE)

Poly Ethylene

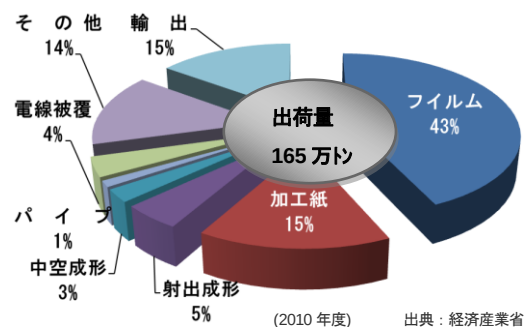


PE には、低密度(LDPE)、中密度(MDPE)、高密度ポリエチレン(HDPE)があり、JISK6760 では密度(単位:kg/m³)で区分されており、LDPE:910~930 未満、MDPE:930 以上~942 未満、HDPE:942 以上と規定されている。低密度ポリエチレンは、

1000 気圧超の圧力を与えラジカル重合により生成されるが、エチル基などの短鎖分岐および長鎖分岐含む高圧法 LDPE と低中圧(数十気圧)を与え遷移金属触媒を用いて配位アニオン重合により生成される直鎖低密度ポリエチレン(LLDPE)がある

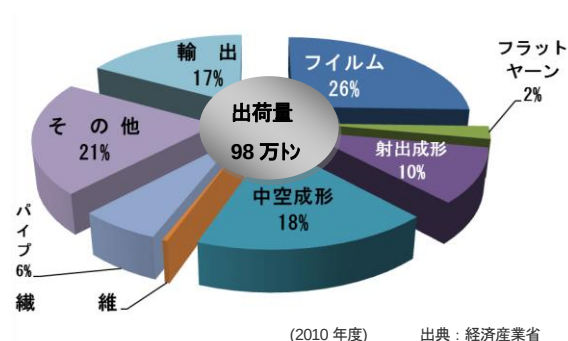
HDPE は、他のポリマーより Tg(ガラス転移点)が極めて低く(-125℃)、このため低温特性に優れている。熱安定性にも優れ成形加工時に劣化が生じ難い。また、結晶化度が高いため耐薬品性に優れ、ほとんどの酸、アルカリに耐性を示し常温ではほとんどの有機溶剤に不溶。蒸気遮断性、耐水性に優れ水中での物性変化が殆どない。絶縁抵抗、耐電圧が高いなど電気特性に優れている反面、印刷性、接着性は劣るなどの特徴・特性がある。

図-5 に低密度ポリエチレン(LDPE)、図-6 に高密度ポリエチレン(HDPE)の分野別需要構成比を示す。低密度ポリエチレンは、フィルム、加工紙、高密度ポリエチレンは、フィルム、中空成形、射出成形の順に高く、各々の材料特性を活用した構成比が見てとれる。



(2010 年度) 出典：経済産業省

図-5 低密度ポリエチレン分野別需要構成比



(2010 年度) 出典：経済産業省

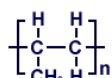
図-6 高密度ポリエチレン分野別需要構成比



図-7 ポリエチレン製品用途参考事例

(3)ポリプロピレン(PP)

PolyPropylene



ポリプロピレン(PP)は、立体規則性ポリマーでPEと並び低コストの割に性能がよく、比重が小さく(密度 0.90~0.91)、高融点(160~170℃)で成形加工性にも優れ、安全・衛生面や耐熱性・耐薬品性が高く透明性もあり電気特性(絶縁性、耐電圧、耐アーク性)もよいことから、各種包装材、自動車部品、物流資材、家電部品、家庭用品、医療容器、繊維ときわめて広範囲の用途で使用されている。ただし、注意する特性「吸湿率は低く耐水性に優れている。一方で、染色性、印刷性、接着性が劣る。低温脆化や熱・光(太陽光)により劣化をおこしやすい特徴がある」は、製品設計段階で用途に応じ必要な改質・対策を講じていることは言うまでもない。

図-8にPPの国内外需要構成を示すが、全体の50%近くが射出成形用途が占め、つぎに押出成形の順となる。樹脂の性能と製品需要用途から圧倒的な占有率を誇るのは当然といえる。

ポリプロピレンの種類では、プロピレンを重合すると、一つおきにあるメチル基(-CH₃)の枝が、(1)骨格に対し常に同一の立体的配置となる(アイソタクチックポリプロピレン[iPP])、(2)ポリマーの骨格に対して互い違いに出る立体配置となる

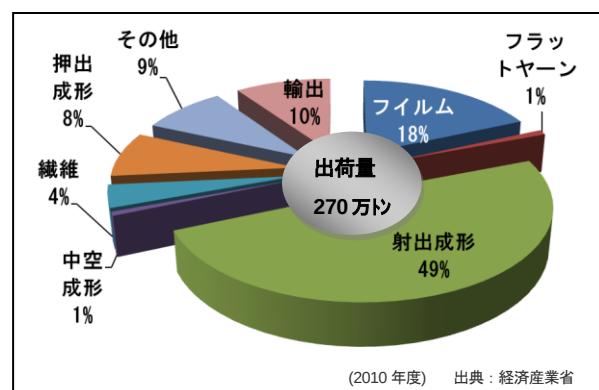


図-8 ポリプロピレン国内外需要構成

(シンジオタクチックポリプロピレン[aPP])、(3)全く無秩序に出特定の配列を持たない(アタクチックポリプロピレン[sPP])の三種類のポリマーができる。主として工業材料として使用されるのは、アイソタクチックポリプロピレンである。

表-5 ポリプロピレン立体規則性と特徴

構造・立体規則性	特徴
$\begin{array}{cccccccccccc} \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & & & & & \\ -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- \\ & & & & & & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ (1) アイソタクチックポリプロピレン (iPP)	融点高(165℃) 弾性率高(1640MPa) 透明性低(60%)
$\begin{array}{cccccccccccc} \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & & & & & & \\ -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- \\ & & & & & & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{CH}_3 \end{array}$ (2) シンジオタクチックポリプロピレン (sPP)	不定形
$\begin{array}{cccccccccccc} \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & & & & & & \\ -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- \\ & & & & & & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 \end{array}$ (3) アタクチックポリプロピレン (aPP)	融点低(150℃) 弾性率低(780MPa) 透明性良(10%)

iPPの特徴である透明性、ヒートシール性など改良する目的でエチレン、ブテン-1をコモノマーとしてランダムPPと衝撃性改善にエチレンをコモノマーとしてブロックPPなどの共重合体ができる。

一般にホモポリマー(単独重合体)は高剛性、光沢性、着色性に優れる。ランダムコポリマーは透明性が高く、ブロックコポリマーはホモポリマーよりも耐衝撃強度が優れているという特徴がある。特徴用途を表-6に示す。

表-6 PP 概略の分子組成と特徴・用途

概略分子組成イメージ	特 徴	用 途
○:ポリプロピレン ●:エチレン		
○○○○○○○○○○ ホモ PP	高剛性 高耐熱	PP バンド・フィルム・不織布(紙おむつ)
○●○○○●○○○● ランダム PP	高透明性 良ヒートシール性 柔軟性/ 光沢	フィルム・日用品 (透明衣装ケース)など
○○○○○○○ (ホモ) ●●●●●●● (PE) ●○●○●○● (EPR) ブロック PP	高耐衝撃性	自動車バンパ・スーツケース・洗濯機などの家電

PP は先にも述べたように、優れた特性を有しているが化学構造上、酸化劣化を受けやすい欠点を持っている。このため成形し安全に使用できるよう種々の安定剤が開発され使用されている。

表-7 代表的な安定剤例

	安定剤	種 類
酸化防止剤	一次酸化防止剤	フェノール系 アミン系
耐候安定剤 (耐光)	二次酸化防止剤	リン系 イオウ系
	紫外線吸収剤	ベンゾフェノン系 ベンゾトリアゾール系 ベンゾエート系 シアノアクリレート系
	ラジカル補足剤 (HALS)	ヒンダートピペリジン
	Ni クエンチャー	有機 Ni 化合物
	遮光剤	カーボンブラック
中和剤(塩酸吸収剤)		ステアリン酸金属塩 ハイドロタルサイト
銅害防止剤(金属不活性化剤)		キレート化剤

自動車部品では、自動車に使用される樹脂の約50%がポリプロピレン系樹脂で占められ、自動車用樹脂の代表格といえる。その多くはプロピレンとエチレンをブロック共重合させたタイプ(ブロックコポリマ)であり、これに無機フィラー(充填物)やエラストマー(ゴム状の弾力性に富む高分子材料)をコンパウンドして耐衝撃性と剛性のバランスをとったグレードが自動車のバンパやインストルメントパネルに採用されている。

自動車部品の中でもとりわけ注目されている部品が、フロントエンド、コックピット、ドアなどのモジュールの構造体である。高い剛性が求められるために、長繊維などのガラス繊維で強化したグレードが採用されることが多い。

物流資材は、ビールケースのようなコンテナ類、家電部品では、ドライヤー、洗濯機、掃除機外板、美顔器などに使用されるが、家電製品は外観美観が重要視されるため、部品表面には光沢感が得られるように材料の改質や成形方法を駆使し使用している。

このように、用途・要求に応じて改質・複合化あるいはアロイ化(2種類以上の樹脂の混合)が盛んに研究・開発がなされている。エラストマー添加(EPDM:エチレン・プロピレン・ジエンエラストマ/EPR:エチレン・プロピレンゴムなど)は衝撃強度の向上がメイン、フィラーの添加(タルク、クレイ、炭酸カルシウム、セルロース、ガラス繊維)は剛性強化が主流である。PP への添加ではこれら添加材の分散状態が成形物の物性に大きく作用影響する。一般的には熔融混練機によって PP 中に均一に微分散させるが、最適な押出機を選択とスクリー形状、運転条件などの条件設定も重要となる。

図-9 にポリプロピレン製成形品用参考事例を示す。



図-9 ポリプロピレン製成形品用途参考事例

自動車産業では軽量化・省エネに対するプラスチックへの材料転換が急速に進んでおり、大学・研究機関でも材料の研究開発が盛んにおこなわれている。材料の性能向上の一つの方法として、添

加材などを付与する方法があるが、添加材料を粒化・粉碎・分散・乳化する、またはナノ化により軽量・高剛性化を図る技術もできつつある。なかには研究室レベルではあるが、金属材料に匹敵する、あるいは凌駕するような比強度(引張強度/比重)の高い PP も研究発表がなされている。これら研究成果に期待するところは、実用的なサイズの生産技術への早期応用と展開である。

2.3.エンジニアリングプラスチック

エンジニアプラスチックは、汎用エンジニアリングプラスチックとスーパーエンジニアリングプラスチックに大別される。(図-1)

1956 年にデュポン社が開発した POM(ポリアセタール)を「金属を代替可能なエンブラ(エンジニアリングプラスチック)」と称したのが最初のものである。厳格な分類はないがエンブラは、構造用および機械用部材に適した高機能プラスチックで、主に産業用途に使用される。一般的には 100℃以上の環境下でかつ、「引張強さが 50MPa 以上、曲げ弾性率が 2.4GPa 以上」が対象となる。また、衝撃・疲労・クリープ・摩耗などに強く寸法安定性も優れている。上記の特性を有するものが汎用エンジニアリングプラスチックに該当する。(表-8)

表-8 汎用エンジニアリングプラスチックの種類

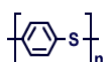
☆ポリアミド(PA)
☆ポリアセタール(POM)
◇ポリカルボナート(PC)
◇変性ポリフェニレンエーテル(m-PPE)
☆ポリブチレンテレフタレート(PBT)
☆GF 強化ポリエチレンテレフタレート(GF-PET)
☆超高分子ポリエチレン(UHPE)
[☆:結晶性樹脂 ◇:非晶性樹脂]

汎用特性以上の性能を発揮するものを「特殊」または「スーパー」エンジニアリングプラスチックと称され、耐熱温度が 150℃以上でかつ、高温の環境下に長期間使用可能で、耐薬品並びに溶剤に対して高い耐性を示す。ここでは、各材料の一般的な機械的特性を示し、代表的な特性・用途について紹介する。

2.3.1. 各樹脂の性質、用途

(1)ポリフェニレンサルファイド

(PPS) Poly Phenylene Sulfide



PPS は、結晶性の線状高分子で、熔融時の粘度が低く、常温では硬くて脆いので、ガラス、炭素

表-9 スーパーエンジニアリングプラスチックの種類

◇非晶ポリアリレート(PAR)
◇ポリスルホン(PSF)
◇ポリエーテルサルフォン(PES)
☆ポリフェニレンスルファイド(PPS)
☆ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)
◇ポリエーテルイミド(PEI)
☆液晶ポリマー(LCP)
フッ素樹脂
[☆:結晶性樹脂 ◇:非晶性樹脂]

表-10 スーパーエンジニアリングプラスチックの特性

	PAR	PSF	PES	PPS	PEEK
引張り 破断強さ (MPa)	64-77	73	68-95	66-86	71 -103
引張り 破断伸び (%)	40 -350	50 -100	6-80	1-3	30 -150
引張り 弾性率 (MPa)	—	2500	2400	3300	—
曲げ強さ (MPa)	78 -110	106	118 -128	96	110
曲げ 弾性率 (MPa)	—	—	—	—	4181
比 重	1.21 -1.33	1.24 -1.25	1.37 -1.46	1.35	1.3
荷重たわみ 温度(℃) 1.8MPa	170 -175	174	201 -203	105 -135	160
連続使用 温度(℃)	—	—	—	220	250

	PEI	LCP	PFA	ETFE	PVDF
引張り 破断強さ (MPa)	96	108	25-35	38-42	30-70
引張り 破断伸び (%)	60	1.3	300 -350	300 -400	200 -370
引張り 弾性率 (MPa)	300 0	1429	310 -350	700 -850	370 -2580
曲げ強さ (MPa)	152	137	—	—	—
曲げ 弾性率 (MPa)	—	12152	540 -640	900 -1200	600 -1990
比 重	1.27	1.35	2.12 -2.17	1.74	1.77
荷重たわみ 温度(℃) 1.8MPa	197 -200	347	47	74	100
連続使用 温度(℃)	—	—	260	150	150

繊維、ゴム等の充填材との複合材料として用いられている。耐薬品性に優れる PPS 樹脂であるが、37%塩酸、硝酸、N-ブチルアミン、四塩化炭素、トルエン、N-メチルピロリドンなどによって影響を受けるため、選定には注意が必要である。

硬さ、強度、寸法安定性、低摩擦係数、低磨耗特性、耐熱性、耐薬品性、電気特性に優れており、成形加工も容易であるため、機械構造部品、高機能絶縁体、電気・電子部品、各種金属代替分野に用いられている。

(2) ポリエーテルエーテルケトン $\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O}) \right]_n$
(PEEK) polyetheretherketone

PEEK は耐熱性、難燃性、耐薬品性の点で優れた特徴を持つエンジニアリングプラスチックであるが、ガラス繊維、カーボン繊維等により強化することにさらに優れた性能を示すようになる。当社では、炭素繊維強化 PEEK をマグネットポンプのリアケーシングの材料として採用している。

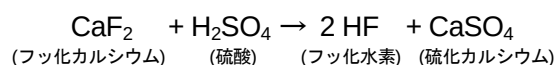
(3) フッ素樹脂

フッ素樹脂は優れた耐薬品性、耐熱性および表面特性をもつ特異な高分子材料であり、生産量は少なく高価であるが、当社では、その特殊性を生かして耐食ポンプの材料として利用している。

フッ素樹脂には、図-10 の様な鉱石「螢石」から生成されるフッ化水素酸が欠かせない。抽出にはこの螢石と濃硫酸を混練しロータリーキルンなどで加熱分解させフッ化水素ガスと無水石膏を得る。



図-10 螢石



フッ素樹脂として称されるものには種々のタイプがあるが、それぞれに特徴があり、適材適所で使い分ける必要がある。また、それぞれのフッ素樹脂を生産しているメーカは、限られており、その供給量は景気状況により大きく変化する。

① ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) Polytetrafluoroethylene
(4 フッ化エチレン)



PTFE はすべての薬品に対して溶解や膨潤が見られず、熔融金属ナトリウムや高温高濃度のフッ素ガスに侵されるだけで極めて優れた安定性を持

っている。テフロン(Teflon) の商品名で知られる。耐熱性に関しては、有機材料中で最高の部類に属し、連続使用温度は約 260℃と極めて高い。機械的強度は良好とは言えないが、250℃の高温に長時間放置後も強度はほとんど低下しない。しかし、PTFE は加熱しても流動しないので、射出成形や押出成形ができない。そこで通常は焼結法で成形される。すなわち、任意の形状の金型中に粉末材料を入れ、加圧した後、360-380℃で焼結する。主な用途として以下のようなものがある。

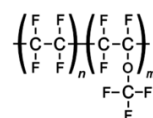
- ◆ モールドイングパウダー(パッキン、ガスケット、バルブシート、軸受け、電気部品)
- ◆ ファインパウダー (ネジシール用生テープ、チューブ、電線被覆)
- ◆ ディスパーション、エナメル、アラミド繊維、ガラス織布、焼結合金などの多孔質物質に含浸して、機密性と潤滑性を持たせ、粘着防止の目的に用いる。
- ◆ 充填材入り (ガラス繊維、カーボン繊維、ブロンズ、グラファイトなどの粉末を PTFE に分散し、PTFE の耐圧縮クリープ特性や耐摩耗性向上のために用いられる)



図-11 PTFE 製品用途参考事例

当社は、ガスケット材や、カーボン・ガラス等を充填し、軸受材として使用している。

② テトラフルオロエチレンパーフルオロアルコキシルビニルエーテル共重合体(PFA) Perfluoroalkoxy (パーフルオロアルコキシ樹脂)



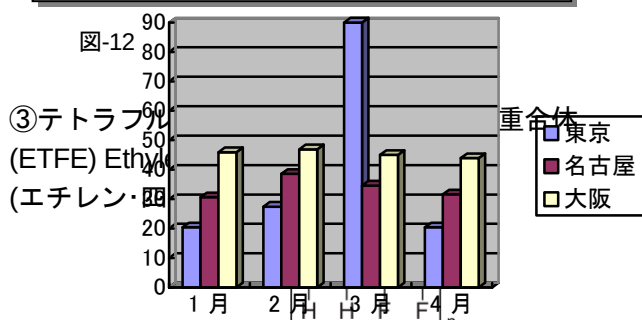
PFA は優れた熱安定性を持ち、連続使用温度は約 260℃と PTFE に匹敵する。

当社は、マグネットポンプのライニング樹脂

の主要樹脂となっており、射出成形・トランスファー成形等により各部品の成形を行っている。各メーカーのそれぞれのグレードには表-11 に示すような相関関係があり、それぞれ同等品グレードを持っている状態となっている。しかし、成形性、収縮率等の詳細な仕様は異なっており、選定には注意を要する。

表-11 PFA メーカー各社の樹脂グレード

MFR (g/10min)	一般グレード			特殊グレード		
	A 社	B 社	C 社	A 社	B 社	C 社
65-80			○			
25-30		○	○	○		○
12-16	○	○	○	○		○
5-8		—	○			○
1-3	○	○	○	○	○	○



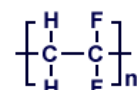
エチレンと TFE とを共重合させることによって得られる。融点 270℃で、重量的には TFE が 75%を占めており、成形加工法および機械的強度の優れた樹脂である。連続使用温度は 150～180℃であるが、低温特性が良好で、-190℃まで耐える。機械的強度の向上にはガラス繊維および炭素繊維が強化材として用いられるが、耐食性に関しては、強化材の耐食性も考慮する必要がある。熔融粘度が低いために射出成形では 0.25mm 厚の薄肉成形品が得られる。

また、パウダーグレードを用いた回転成形によりライニングを行うことが可能であり、ポンプケーシングのライニング材料として使用される。主に電線被覆材、コンピュータの機内配線や原子力発電所の原子炉制御関係ケーブル、離型用フィルム、ビニールハウス用フィルム等の用途がある。



図-13 ETFE 製成形品用途事例

④ポリフッ化ビニリデン(PVDF) Poly Vinylidene Difluoride (2 フッ化炭化水素)



PVDF は、融点が 170～175℃とフッ素樹脂の中では低く、220℃以上では徐々に熱劣化して着色する。PTFE と比較して強度は高いが、連続使用温度は 150℃と劣る。耐薬品性は、極性溶剤や有機アミンによって軟化や溶解が起こる。特にアルカリ薬液に対する脆化には注意が必要である。

バルブ本体、パイプ・ポンプなどの成形品やライニング、コーティングに用いられるが、熱収縮フィルムを作ることができるので特殊な収縮包装やプラスチックの中では高いレベルの圧電性および焦電性としての特異な誘電特性を利用して、機能材料として超音波探触子や赤外線センサとして使用されている。近年では、リチウムイオン電池のバインダ樹脂としての用途もある。



図-14 PVDF 製成形品用途参考事例

スーパーエンジニアリングプラスチックは、その優れた機械的特性が魅力であるが、生産メカは限られ、価格面では非常に高価な材料である。また、フッ素樹脂以外のスーパーエンジニアリングプラスチックでは、耐食性に得意不得意があるため、耐食機器の部品として使用する場合には、注意が必要である。

2.4.FRP(熱硬化性樹脂)

熱硬化性樹脂は一般的には表-12 に示すものが代表的である。

表-12 熱硬化性樹脂の種類

フェノール樹脂	(PF)
不飽和ポリエステル樹脂	(UP)
エポキシ樹脂	(EP)
メラミン樹脂	(MF)
ユリア樹脂	(UF)

熱硬化性樹脂は、官能基をもつプレポリマー(重縮合中間生成物)を主成分とする反応性混合物で加熱により、軟化流動し次第に三次元(立体的)網目構造形成する架橋反応を起こして硬化する。樹脂の種類により化学構造や官能基の種類が異なり、成形法や物性も相違がある。外部から熱を与えず硬化剤や硬化促進剤を混合することで自らの

発熱によって硬化する系として、不飽和ポリエステル樹脂があり、FRP(繊維強化プラスチック)に使用されている。FRP とは、繊維をプラスチックの中に入れて強度を向上させた複合材料で、比強度・比剛性・耐蝕に優れた材料である。当社では、送風機羽根車、ケーシング及びスクラパ本体の材料として使用している。

(1)FRP 樹脂

FRPに使用される樹脂の中では、不飽和ポリエステル樹脂(単にポリエステル樹脂と省略されることが多い)が最も多い。「不飽和」とは、文字どおり飽和に達しておらず、まだ化学反応する余地が残っているという意味で、FRPの原料を指す。

不飽和ポリエステル樹脂が最も多く使われるのは、成形性や作業性が良く、常温で硬化し、機械的特性、耐食性、電気的特性が優れ、着色や充填材添加で欲しい特性が得られるなど、多様なメリットを持つ一方で価格が安いという事情による。

FRP 樹脂材料の特性を表-13 示す。

①イソフタル酸系不飽和ポリエステル樹脂

比較的広い耐食性を持つが、高濃度酸化性酸(濃硫酸、硝酸、クロム酸など)、フッ化水素酸、有機溶剤、50℃以上のアルカリには使用できない。

②ビスフェノール系不飽和ポリエステル樹脂

きわめて広範囲の耐食性を持つが、高濃度酸化性酸、高濃度アルカリには使用できない。耐食FRP用樹脂として最も代表的な樹脂である。

③ビニルエステル樹脂(VE)

1966年に国産化・市販が開始された比較的新しい樹脂であり、大別するとビスフェノール系ビニルエステル樹脂とノボラック系ビニルエステル樹脂の二つがある。

ビスフェノール系ビニルエステル樹脂は、100℃までの酸、アルカリに耐える現在の耐食FRPでは最高レベルの高性能樹脂である。高濃度酸化性酸にも一部は耐えるが、クロム酸や40%を越える硝酸には使えない。

ノボラック系ビニルエステル樹脂は、ビスフェノール系ビニルエステル樹脂が市場に出た4年後、開発された樹脂で、酸、有機溶剤に幅広い抵抗を持ち、耐熱温度に優れているが、アルカリには侵される。

表-13 耐食FRPの代表的樹脂

	イソフタル酸系 不飽和 ポリエステル 樹脂		ビスフェノール 系不飽和 ポリエステル 樹脂	ビスフェノール 系 ビニルエステル 樹脂	
引張強さ MPa	55	48	50	80	80
粘 度 dPas/25℃	5~7	3.5	4.5~5.5	2 ~3.5	0.9 ~2.3
熱変形温度 ℃	151	110	120	105	110
伸び率 %	1.2	1.5	1.4	4.6	3.2
特 長	耐熱性、 耐 酸	耐 ク ロ ム酸	耐酸、耐アルカリ	耐 酸、 耐アル カリ	耐 酸、 耐アル カリ

	ノボラック系 ビニルエステル 樹脂	変性ノボラック 系 ビニルエステル 樹脂	臭素化ビスフェ ノール系 ビニルエステル 樹脂
引張強さ MPa	76	75	70
粘 度 dPas/25℃	6~12	1.8~2.2	3~5
熱変形温度 ℃	151	137	108
伸び率 %	2.5	2.8	3.0
特 長	耐熱性、耐 酸、 耐溶剤	耐熱性、耐 酸、 耐溶剤	難燃性、靱 性、 耐硫酸性

(2)強化材（繊維）

強化剤には、ガラス繊維を一般的に使用するが、炭素繊維、ケブラーを用いる場合もある。これらは、繊維の強度が高く、比重が軽いため、金属と比べると様々なメリットが得られる。高強度金属と各種繊維の強さは、(表-14)のとおりである。

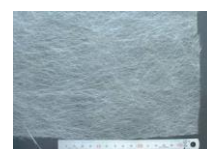
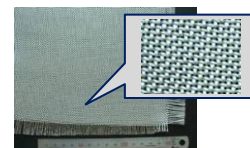
ガラス繊維には、サーフェッシングマット、チョップドストランドマット、ロービングクロス等の種類があり、FRPは、それらの積層構造となっている。(図-15)

接ガス・接液部（耐蝕層）には、サーフェッシングマットとチョップドストランドマット2層を使用し、樹脂含有率を高め、耐蝕性を付与している。ただし、ガラス繊維は、フッ化水素には

侵される（溶ける）ので、低濃度フッ酸の場合には最表面層（接ガス部）にガラス繊維サーフェスマットではなく、ポリプロピレン繊維製マットまたはポリエステル繊維製マットを採用している。この繊維は不織布であり、比較的型なじみが良い

表-14 高強度金属と各種繊維の強さ比較

		引張強さ MPa (A)	比 重 (B)	比 強 度 (A/B)	弾 性 率 GPa
金 属	高張力鋼	1400	7.8	179.5	210
	ジュラルミン	510	2.7	189	73
	チタン合金	1000	4.4	227.3	112
繊 維	ガラス繊維	2500	2.5	1000	75
	高強度炭素繊維	3000	1.7	1764.7	230
	ケブラー	2800	1.4	2000	130

サーフェッシングマット
(SM)チョップドストランド
マット(M)ロービングクロス
(RM)

クロス

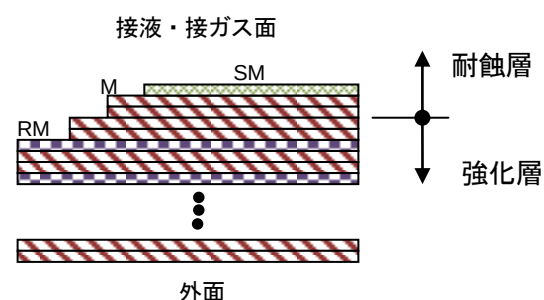


図-15 ガラス繊維の種類と積層構造

図-16に FRP 製成形品用途事例を示す。耐蝕分野だけでなく、船、タンク等にも利用されている。高い比強度が要求される用途として航空機の機体がある。機体材料の約50%にガラス繊維・炭素繊維複合材料が採用されており、燃費・航続距離の向上に寄与している。



図-16 FRP 製成形品用途事例

3.まとめ

当社は、事業創成期より汎用プラスチックをはじめとする、合成樹脂の優れた耐蝕性と特異な性能・特性を活かし耐蝕化学装置である、ポンプ、送風機、排ガス処理及び脱臭装置、冷却塔の製造販売を行ってきた。汎用プラスチックからはじまり熱可塑性樹脂は、高剛性、高耐熱、高耐蝕を併せもったスーパーエンジニアリングプラスチックを採用、また、熱硬化性樹脂においても改質された樹脂が上市されると材料転換や製品開発に取り込み商品化してきた。今後も優れた材料・製法の探求と基礎技術をもって、市場の欲するところの製品と、他方ではコスト低減を含めた製品づくりで、更なる社会貢献を目指していきたい。