

# 高機能プラスチック製品の紹介

## 1. はじめに

当社のプラスチック事業は1951年に米国よりPTFE原料パウダーを10kg輸入し、1952年にふっ素樹脂加工技術研究を終えPTFEを「バルフロン®」として製品化し販売したことから始まった。以来PTFEを中心とした様々なバルフロン®製品の供給を行っている。ふっ素樹脂は耐薬品性、耐熱性、絶縁性、非粘着性、低摩擦性など様々な特性を有する優れたプラスチックである。その特有な性質から半導体分野をはじめ化学プラント、自動車、OA機器、食品産業など様々な産業分野で使用されている。しかし市況変化の著しい現在、ふっ素樹脂に特化した供給体制では多様化した顧客要求に応えるのは難しくなっている。そこで、国内外のサプライチェーンを新たに再構築し、一般工業から先端産業用途に適した高機能なプラスチック製品を中心にラインアップの拡充を図っている。本報ではふっ素樹脂以外の当社が取り扱う高機能プラスチック製品から一部の素材製品を抜粋し紹介する。



Figure1 バルフロン®素材

## 2. 素材製品ラインアップ

### 2-1) 樹脂製品の分類

樹脂は成形加工過程の加熱時の挙動によって熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂に大別される。両者の違いとして熱硬化性樹脂は加工過程で加熱されると、材料として使用されるプレポリマーが化学反応を起こして三次元網状構造となり、硬化するのに対して、熱可塑性樹脂では当初からポリマー状態のものが加熱すると熔融し、また冷却すると固化する挙動を繰り返す。また、熱可塑性樹脂は分子構造、分子量、分子量分布の差によって耐熱性、機械的性質などの性能差が生じ、汎用樹脂、エンブラ、スーパーエンブラに分類される。Figure2に示すのは当社が取り扱いをしている樹脂素材製品である。樹脂素材とは樹脂原料をシート、ロッド、スリーブ形状に成形加工した製品である。樹脂素材は主に機械加工の母材となり、当社ではグループ生産子会社におけるPTFE製品の一貫生産の他、多種多様な加工技術を得意とした加工メーカーとパートナーシップを締結し多品種少量の要求仕様に応じた機械加工品の供給も行っている。

### 2-2) HMWPE

PTFEはプラスチックの中で最小の静摩擦係数を有し、ほとんどの化学薬品に対して安定していることから食品産業での摺動・離型材料として使用されている。PTFEに匹敵する摺動性を有し、食品産業での使用実績も多いHMWPE(超高分子量ポリエチレン)を紹介する。HMWPEは汎用プラスチックのPEと同じ分子構造であるが、一般の高密度PEの平均分子量が2~30万であるのに対して、100~900万まで高めたプラスチックである。その高い分子量ゆえ加工法や特性が汎用プラスチックのPEとは異なるため、エンブラとして区分されている。PTFEと同様に分子量の高さから流動性が極めて悪く圧縮成形にて成形されるのが一般的である。特性としては、ふっ素樹脂に次ぐ静摩擦係数を有しており、耐摩耗性はふっ素樹脂や摺動材として広く採用されるPA66や

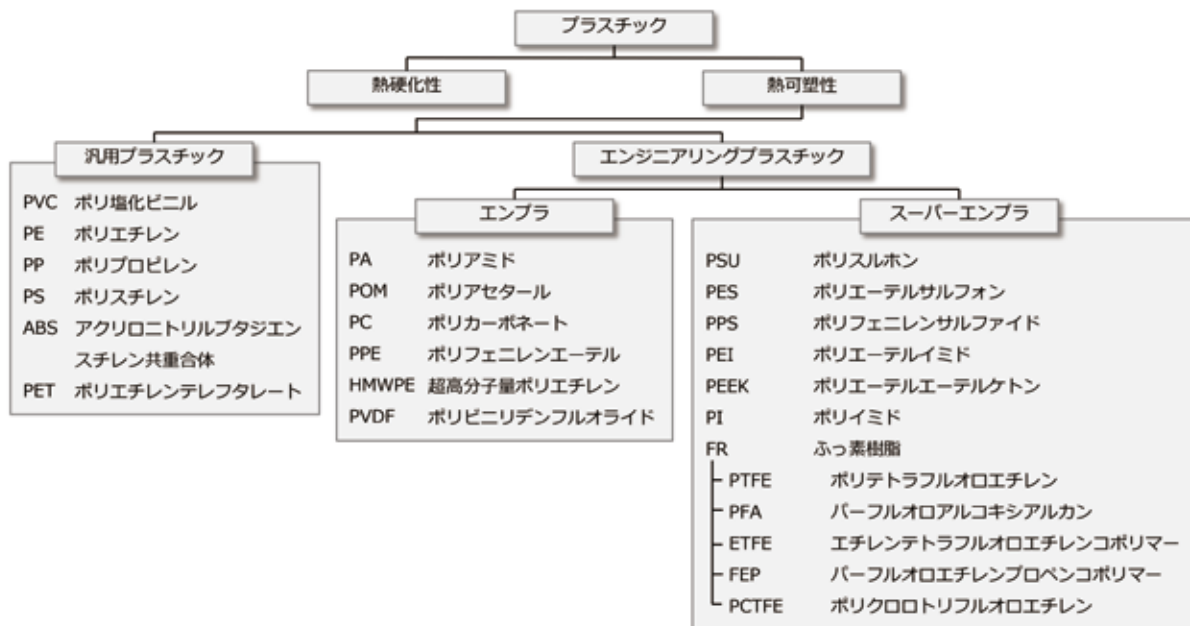


Figure2 プラスチック製品の分類

POMより優れている。高い耐衝撃性と耐摩耗性は-100℃の低温環境下においても持続するため、冷凍工程で使用される部材としても適している。PTFEと比較すると安価であるものの、耐熱温度は約80℃であるため、仕様環境温度に応じて材料選定が必要である。

Table1 HMWPE板取り扱いサイズ

名称	厚さ(mm)	幅(mm)	長さ(mm)
HMWPE	3~60	100	2000

Table2 HMWPE棒取り扱いサイズ

名称	外径(mm)	長さ(mm)
HMWPE	10~300	1000

### 2-3) PEEK

PEEK (ポリエーテルエーテルケトン)は耐靱性に富むエーテル結合と剛性、耐熱性に富むフェニレン基からなる分子構造を有しており、耐熱性、耐薬品性、耐衝撃性、摺動性、電気特性に優れたスーパーエンブラである。特に耐熱性は連続使用温度250℃かつUL94 V-0規格に適合する難燃性を有しており、摩耗特性も優れているため、航空宇宙用途など金属代替材料として採用されている材料である。PTFEは優れた耐薬品性や低溶出性から半導体製造装置の部材として広く使用されている材料であるが、耐摩耗性や機械的

強度に関しては十分な性能を持っていない。PEEKは濃硫酸を除くほとんどの薬品に耐性を有し、低溶出性に優れ、PTFEが不得意とする耐摩耗性や機械的強度にも優れているため、半導体製造装置の部材としても適している。また、半導体やFPD製造工程で使用される搬送ツールなどは静電気対策としてカーボンファイバーを添加した帯電防止グレードのプラスチックが主に採用される。当社が取り扱うPEEKも帯電防止グレード(PEEK CF30)を用意している。一般的に押出成形をした素材は分子配向の影響により表面抵抗率のバラツキが生じるが、当社では圧縮成形したグレードを取り扱っているため、表面抵抗率の均一性に優れる。

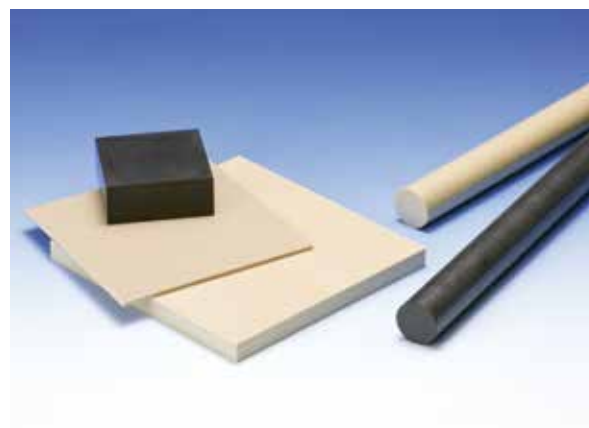


Figure3 PEEK素材

Table3 PEEK板取り扱いサイズ

名称	厚さ(mm)	幅(mm)	長さ(mm)
PEEK	1~60	500~620	1000
PEEK CF30	6~60	395	395

Table4 PEEK棒取り扱いサイズ

名称	外径(mm)	長さ(mm)
PEEK	6~200	1000
PEEK CF30	6~200	1000

## 2-4) PPS

PPS(ポリフェニレンスルフィド)は、ベンゼン環と硫黄が交互に繰り返した結合を有した結晶性のスーパーエンブラである。PPSはPEEKと比較し耐熱性や機械的特性に劣るが、安価でPEEKに匹敵する耐薬品性、寸法安定性、難燃性、電気特性を有しており幅広い産業で使用されているプラスチックである。機械加工品としては半導体製造装置部材や医療機器部材として主に使用される。PPSの市場全体としては自動車部品や電気電子部品の用途が多く、そのほとんどが多量生産でコスト低減を図れる射出成形品が占めている。当社は長年熔融ふっ素樹脂であるPFAをはじめ各種エンブラの射出成形品の供給も行っており、要求形状や数量に応じて射出成形品の提案も可能である。

Table5 PPS板取り扱いサイズ

名称	厚さ(mm)	幅(mm)	長さ(mm)
PPS	8~50	620	1000

Table6 PPS棒取り扱いサイズ

名称	外径(mm)	長さ(mm)
PPS	6~20	1000

## 2-5) PI

PI(ポリアイミド)は分子主鎖骨格中に環状イミド基を含むプラスチックの総称である。イミド基に結合する結合基の構造によって特徴も異なるが、一般的に熱的性質、電気的性質、機械的性質に優れているため、電気電子部材や航空宇宙用途などで使用されるプラスチックである。当社では自社ブランド品として航空宇宙など過酷な環境下での使用を想定したポリアイミド積層品を長年供給している。ポリアイミド積層品はポリアイミドフィルムを加熱圧着し積層することでポリアイミドの持つ優れた耐熱性、電気特性、寸法安定性を有しながら機械的強

度を向上した製品である。素材製品としては主鎖にエーテル結合を持つPEI(ポリエーテルイミド)を新たにラインアップしている。PEIは他のイミド系プラスチックと比較すると耐熱性に劣るものの、優れた機械的性質、電気的性質、寸法安定性を有し航空宇宙、半導体製造装置、医療機器などで使用されている。

Table7 PI板取り扱いサイズ

名称	厚さ(mm)	幅(mm)	長さ(mm)
PEI	8~50	620	1000
PI積層品	0.25~3	300	300

Table8 PI棒取り扱いサイズ

名称	外径(mm)	長さ(mm)
PEI	6~100	1000

Table9 PI積層品特性

項目	規格	物性値
引張強度	ASTM D 638 TYPE 1	147 MPa以上
引張弾性率		3920 MPa
曲げ強度	ASTM D 790 METHOD 1	235 Mpa 以上
曲げ弾性率		4410 MPa
比重	JIS K 6911	1.5 以下



Figure4 PI積層品

2-6) 特性

熱可塑性プラスチックの代表特性を以下に示す。特性はグレードによって異なるため、詳細は問い合わせいただきたい。

Table10 汎用プラスチック・エンブラの代表特性

性質		低密度 ポリエチレン	高密度 ポリエチレン	硬質塩化 ビニル	軟質塩化 ビニル	ナイロン6	ガラス強化 ナイロン6	ナイロン66	ガラス強化 ナイロン66	ナイロン12
成形性	成形性(秀、優、良、可、不可のうち)	優	良	秀	秀	秀	秀	秀	優	良
	圧縮成形温度(°C)	135~177	200~230	190	180					
	射出成形温度(°C)	0.7~7	5~15	任意		230~250	250~270	280~305	288~310	210~240
	成形収縮率(%)					30~40	30~40	70~140	70~140	70~100
物理的性質	透明性(透明、半透明、不透明のうち)	半透明~不透明	半透明	配合により透明から不透明まで可能	配合により透明から不透明まで可能	半透明	不透明	半透明	不透明	不透明
	比重	0.910~0.925	0.940	1.40	1.25	1.13	1.35	1.13~1.15	1.38	1.23
	容積率	1.100~1.080						877	725	
	摩擦係数(同種材料間の静、動)	1.51	0.10~0.22			0.22(動)		0.36/0.11	0.15~0.4	
機械的性質	引張強さ(MPa)	7~16	22	52	20	77	190	77(23°C)	190	60~70
	伸び(%)	90~650	500	150	320	130	5	>300	3.3	4~6
	引張弾性率(MPa)	117~241				2900	7400			2300~2500
	圧縮強さ(MPa)		590			108		210	34(1%変形)	240
電気的性質	曲げ強さ(MPa)								262	140~150
	衝撃強さ、シャルピー(J/m)	>160	破壊せず	152						
	アイゾット(J/m)					80	120	112(23°C)		60~80
	硬さ、ロックウエルその他の方式	D41~D46(ショア)	40	(ショアD)85	(ショアA)84	R~120	R~120	R108、M59	M101、R122	R110
熱的性質	熱伝導率(W/(m·K))								0.24	0.16
	比熱(J/(K·g))	2.3				1.7	1.3	1.3~2.1	21.2	2.1
	熱膨張率(K <sup>-1</sup> )		(10~20)×10 <sup>-5</sup>			0.8×10 <sup>-4</sup>	0.3×10 <sup>-4</sup>	8.1×10 <sup>-5</sup>	2.5×10 <sup>-5</sup>	0.3×10 <sup>-4</sup>
	熱変形温度(°C)	41~49	85	84		160	224	243	249	170
電気的性質	脆化温度(°C)	-70以下	<-80			70(60)	214	104	249	155
	ガラス転移温度(°C)					-60	-60	-80		
	連続耐熱温度(°C)	100	<70			40	140	105	120	100~110
	体積抵抗率(Ω-cm)	>10 <sup>16</sup>	10 <sup>17</sup>	10 <sup>16</sup>	5×10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	5×10 <sup>15</sup>	7×10 <sup>13</sup>
電気的性質	絶縁破壊強さ(kV/mm)	18.0~27.5	48			20	15		21.2	27
	誘電率	2.25~2.35	2.3			4~5	4~6	4.1	3.7	3.2
	誘電正接	0.0003	(1~3)×10 <sup>-4</sup>			0.03	0.02	0.05	0.022	0.03
	耐アーク性(s)	135~160				180~190	130~140		135	120
化学的性質	吸水率(%)	<0.015						1.5	1.0	0.3
	平衡吸水率(%)					4	2.7	8.5	5.4	1.2
	耐薬品性(年)		優	良		優		優	優	優
	耐熱性(屋外保証寿命)	UL難燃等級			94V-0		94V-2	94-HB	94V-2	94HB
他	強化材の種類と含量(wt%)				DOP 50PHR		ガラスファイバ 30wt%		ガラス短繊維33%	ガラスファイバ 30%

性質		ポリカーボネート	ガラス強化 ポリカーボネート	ポリエステル	不飽和 ポリエステル	ポリアセタール (ホモポリマー)	強化ポリアセタール (ホモポリマー)	ポリスチレン	耐衝撃ポリスチレン
成形性	成形性(秀、優、良、可、不可のうち)	優	優	秀	優	優	優	良	良
	圧縮成形温度(°C)	260~300							
	射出成形温度(°C)	3~16	270~310	280~300	注型	190~220(205°C最適)	180~230	190~290	180~290
	成形収縮率(%)	250~290	80~120			70~140	40~140	50~150	50~150
物理的性質	透明性(透明、半透明、不透明のうち)	透明	不透明	透明	透明	不透明	不透明	透明	不透明
	比重	1.2	1.42	1.385	1.20	1.42	1.56	1.05	1.05
	容積率	1.587	704	722	833	704.2	641		
	摩擦係数(同種材料間の静、動)			1.52	1.52	0.3		1.59~1.60	1.59~1.60
機械的性質	引張強さ(MPa)	63・74	110~130	64	49	69(23°C)	65	53	33
	伸び(%)	9~11・118	5以下	300~400	1.9	12	15	2.3	50
	引張弾性率(MPa)			1320		3590(23°C)	6200	3290(曲げ)	2200(曲げ)
	圧縮強さ(MPa)	77	150~190	83		125(10%変形)	97	100	93
電気的性質	曲げ強さ(MPa)	92		93					54
	衝撃強さ、シャルピー(J/m)								
	アイゾット(J/m)	590~900	120~140	50	15	123(23°C)	44	13	69
	硬さ、ロックウエルその他の方式	M70~80	R122 M92	M70		M94、R120	M90/R118	84	80
熱的性質	熱伝導率(W/(m·K))	0.19		0.15	0.29	0.23	0.23		
	比熱(J/(K·g))			2.3	1.3	1.5	1.5		
	熱膨張率(K <sup>-1</sup> )		2.01×10 <sup>-5</sup>	(6~8)×10 <sup>-5</sup>	8×10 <sup>-5</sup>	9×10 <sup>-5</sup>	3.4~8.1×10 <sup>-5</sup>	6~8×10 <sup>-5</sup>	6~9×10 <sup>-5</sup>
	熱変形温度(°C)	7×10 <sup>-5</sup>	140~142	145~155		170	174	85	82
電気的性質	脆化温度(°C)	133~138	142~150	80	110	124	1.61		
	ガラス転移温度(°C)	-100以下	145	67~81		-60			
	連続耐熱温度(°C)	145~150	120		100	80			
	体積抵抗率(Ω-cm)	2~5×10 <sup>16</sup>		10 <sup>19</sup>	10 <sup>15</sup>	1×10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	>10 <sup>16</sup>	>10 <sup>16</sup>
電気的性質	絶縁破壊強さ(kV/mm)	80~100	(22/0(新電) 22.8(20°C) 遊脚吸本)	16	15	20			
	誘電率	2.90	3.15	2.7	2.7	3.7		2.5	2.5
	誘電正接	0.009	0.0074	0.021	0.007	0.0048		0.0002~0.0005	0.0003~0.0005
	耐アーク性(s)	120	112(カズスF電線)		130	0.38mm試験片で129			
化学的性質	吸水率(%)	0.24	(0.09(20°C, 2時間) 0.21(30°C, 長期))	0.12	0.3	0.25	0.20	0.04	0.08
	平衡吸水率(%)	0.58		0.30		0.9	0.25		
	耐薬品性(年)			優	優	優	優	有機溶剤、オイル類不可	有機溶剤、オイル類不可
	耐熱性(屋外保証寿命)	UL難燃等級	(1/16" 94V-2 1/8" 94V-2 1/4" 94V-2)	94V-0(1/16"厚)	優	94HB	94HB	94HB(1.47mm厚)	94HB
他	強化材の種類と含量(wt%)		ガラス繊維30%				ガラス短繊維20%		

Table11 スーパーエンプラの代表特性

物性	試験法	単位	PPS	PAR	PTFE	PSU	PES	物性	試験法	単位	LCP	PEEK	PEI	PAI	TPI					
分類および特長			GF40% 架橋タイプ	ナチュラル	ナチュラル	ナチュラル	GF30%	ナチュラル	GF30%		GF30% I型	GF30% II型	GF30% III型	ナチュラル 高流動	ナチュラル	ナチュラル	非晶質 ナチュラル			
機械的性質																				
引張強さ	ASTM D 638	MPa	150	70	27~34	71	108	84	140	引張強さ	ASTM D 638	MPa	137	211	113	97	236	105	191	92
引張破断伸び	ASTM D 638	%	1.2	70	200~400	50~100	2	80	3	引張破断伸び	ASTM D 638	%	1.7	2.2	3.8	80	5	60	15	90
曲げ強さ	ASTM D 790	MPa	206	78	118 <sup>(3)</sup>	108	157	129	190	曲げ強さ	ASTM D 790	MPa	157	250	176	142	330	145	240	137
曲げ弾性率	ASTM D 790	GPa	13.7	1.9	0.34~0.62	2.6	7.6	2.5	8.3	曲げ弾性率	ASTM D 790	GPa	13.3	14.7	12.6	3.7	21.1	3.3	5.0	2.9
Izod衝撃強さ：ノッチ付き	ASTM D 256	J/m	69	245	157	69	78	88	78	Izod衝撃強さ：ノッチ付き	ASTM D 256	J/m	108	137	118	88	—	49	147	88
ロックウェル硬度	ASTM D 785	Rスケール	123	125	—	120	134	120	134	ロックウェル硬度	ASTM D 785	Rスケール	77	84(M)	69	126	124	109(M)	86(E)	129
熱的性質																				
荷重たわみ温度 <sup>(1)</sup> ：0.45MPa荷重	ASTM D 648	℃	260	175	55	—	—	203	216	荷重たわみ温度 <sup>(1)</sup> ：1.82MPa荷重	ASTM D 648	℃	346	240	180	152	300	200	278	238
：1.82MPa荷重		℃	—	—	121	174	181	210	—	：0.45MPa荷重		℃	—	—	—	—	210	—	—	
連続使用温度 <sup>(2)</sup>	UL746B	℃	200~220	140~160	180	140~160	140~160	180~190	180~190	連続使用温度 <sup>(2)</sup>	UL746B	℃	240~280	~220	—	240	240	170~180	200~220	—
線膨張係数	ASTM D 696	10 <sup>-5</sup> ×K <sup>-1</sup>	2.9	6.2	10	5.6	1.9	5.6	2.3	線膨張係数	ASTM D 696	10 <sup>-5</sup> ×K <sup>-1</sup>	1.2	—	—	4.6	—	5.6	3.1	5.5
燃焼性		—	V-0/5V	V-2	V-0	HB	V-0	V-0	V-0	燃焼性		—	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0/5V	V-0	V-0
物理的性質																				
比重	ASTM D 792	—	1.67	1.21	2.14~2.20	1.24	1.49	1.37	1.60	比重	ASTM D 792	—	1.60	1.62	1.60	1.30	1.44	1.27	1.42	1.33
吸水率	ASTM D 570	%	0.05	0.26	<0.01	0.3	0.49	0.43	0.30	吸水率	ASTM D 570	%	<0.1	0.05	0.02	0.14	—	0.25	0.33	0.34
成形収縮率	ASTM D 955	mm/mm	0.0025	0.008	—	0.007	0.002	0.006	0.002	成形収縮率	ASTM D 955	mm/mm	—	—	0.0023 <sup>(4)</sup>	—	0.006	0.006	—	0.008
電気的性質																				
体積抵抗率	ASTM D 257	Ω・mm	1×10 <sup>15</sup>	2×10 <sup>15</sup>	>10 <sup>17</sup>	—	—	10 <sup>16</sup>	10 <sup>15</sup>	体積抵抗率	ASTM D 257	Ω・mm	1×10 <sup>15</sup>	3×10 <sup>15</sup>	5×10 <sup>15</sup>	10 <sup>16</sup>	—	10 <sup>16</sup>	2×10 <sup>16</sup>	—
絶縁破壊強さ	ASTM D 149	kV/mm	17.2	—	30~35	17	19	16	16	絶縁破壊強さ	ASTM D 149	kV/mm	25	43	—	19	—	30	24	—
誘電率 (10 <sup>6</sup> Hz)	ASTM D 150	—	3.8	3.0	<2.1	3.1	3.7	3.5	—	誘電率 (10 <sup>6</sup> Hz)	ASTM D 150	—	3.6	3.8	2.7	3.3	—	3.15	3.9	3.1
誘電正接 (10 <sup>6</sup> Hz)	ASTM D 150	—	0.0014	0.01	0.0001	0.005	0.004	0.0035	—	誘電正接 (10 <sup>6</sup> Hz)	ASTM D 150	—	0.034	0.017	0.030	0.003	—	0.0013	0.031	0.0034

注(1) 以前の「熱変形温度」  
 (2) 機械的強度（衝撃あり、なし）、電気的性質の3項目がある。  
 (3) 圧縮強度  
 (4) MD、TDの平均値 実際値は：MD/TD=0.0013/0.0033

備考 各樹脂の略号と名称は、以下の通りである。  
 PPS：ポリフェニレンスルフィド、PAR：ポリアリレート、PTFE：ポリテトラフルオロエチレン、  
 PSU：ポリスルホン、PES：ポリエーテルスルホン、LCP：液晶ポリマー、  
 PEEK：ポリエーテルエーテルケトン、PEI：ポリエーテルイミド、PAI：ポリアミドイミド、  
 TPI：熱可塑性ポリイミド、GF：ガラス繊維

引用文献  
 1) 三井デュボンフロロケミカル株式会社「テフロン実用ハンドブック」1989  
 2) 里川孝臣編「ふっ素樹脂ハンドブック」日刊工業新聞社、1990  
 3) 工業材料、1976.11 日刊工業新聞社  
 4) 池田隆治、バルカーレビュー、VOL.35 No.1  
 5) 高分子学会編「プラスチック加工技術ハンドブック」日刊工業新聞社、1995  
 6) ダイキン工業株式会社 技術資料  
 7) 三井デュボンフロロケミカル株式会社 技術資料

### 3. おわりに

当社はふっ素樹脂加工のリーディングカンパニーとして長年製品供給責任を果たしてきた。近年は環境的リスク、地政学的リスク、経済的リスクなどサプライチェーンリスクが顕在化している。当社では現在、サプライチェーンの強化を図り、軸であるふっ素樹脂事業の基盤を強固にすべく推し進めている。更に、昨今の多種多様な顧客要求に応えるべく従来のふっ素樹脂に捉われない高機能プラスチック製品の拡充により様々な市場に提供していく所存である。

### 4. 参考文献

- 1) バルカーハンドブック技術編：株式会社バルカー（2007）
- 2) 宮坂 啓象：プラスチック事典，株式会社朝倉書店（1992）
- 3) 旭化成アミダス株式会社、「プラスチック」編集部共編：プラスチック・データブック（1999）
- 4) 日刊工業新聞社：プラスチック加工技術ハンドブック（1995）



佐藤 俊輔  
 高機能樹脂・製品本部 調達グループ