

超高耐熱エンジニアリング・プラスチック

スミカエクスセルTM PES
ポリエーテルスルホン

High heat Resistant Amorphous Polymer

スミカエクスル PES に関するご注意

この資料の記載内容は現時点で入手できる資料、情報、データに基づいて作成しており、新しい知見により改訂されることがあります。

(1) 取り扱い上の注意

次の事項はスミカエクスル PES の取り扱いの要点です。スミカエクスル PES の安全な取り扱いにご活用ください。なお、スミカエクスル PES の取り扱い上の注意については安全データシートを別途作成していますので、ご使用前に必ずお読みください。スミカエクスル PES 以外で貴社が用いる添加剤等の安全性については、貴社にて調査くださるようお願い致します。

①安全衛生上の注意

スミカエクスル PES の乾燥、熔融時に発生するガスの眼、皮膚への接触や吸入を避けるように気をつけてください。また、高温の樹脂には直接触れないようにしてください。乾燥、熔融の各作業においては、局所排気装置の設置や保護具（保護眼鏡、保護手袋等）の着用が必要です。

②燃焼に関する注意

スミカエクスル PES は、UL94 V-0 に該当し、難燃性ですが、取り扱い、保管は熱及び発火源から離れた場所で行ってください。万一燃焼した場合には有毒ガスを発生する恐れがあります。消火には水、泡消火剤、粉末消火剤が使用できます。

③廃棄上の注意

スミカエクスル PES は埋め立てまたは焼却により処理できます。埋め立てる時は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に従って、公認の産業廃棄物処理業者もしくは地方公共団体に委託して処理ください。焼却する時は、燃焼設備を用いて大気汚染防止法等の諸法令に適した処理を施してください。焼却時には有毒ガスを発生する恐れがあります。

④保管上の注意

スミカエクスル PES は直射日光、水漏れ及び湿気を避けて常温で保管ください。

(2) 適合規格に関して

スミカエクスル PES は、UL94、UL746 等の UNDERWRITERS LABORATORIES INC. (UL) が規定する規格や米国食品医薬品局 (FDA) 等の規格を取得、あるいは認可されている各種グレードがあります。詳細は本冊子をご参照頂くか、弊社担当までご連絡ください。その他特殊用途への使用をご検討の際は、弊社担当までご連絡頂ければ、個別にご相談に応じます。

(3) 規制貨物等に関して

スミカエクスル、スミプロイの各グレードは輸出貿易管理令別表第一の 1 から 15 の項、および同令別表第二に該当しません。ただし、同令別表第一の 16 項（キャッチオール規制）には該当します。

(4) その他

本資料に記載の数値は保証値ではありません。ご使用に際しては知的財産権等にもご注意ください。

スミカエクセル PES テクニカルノート目次

1. PES の特徴とグレード構成	03
1-1 PES の特徴	03
1-2 グレード構成	05
2. PES の物性一覧表	07
3. PES の物性	09
3-1 PES の耐熱性	09
3-2 PES の機械的性質	12
3-3 PES の寸法安定性	17
3-4 PES の難燃性	19
3-5 PES の化学的安定性	21
3-6 PES の電気的性質	27
3-7 PES の摺動性	28
3-8 PES のその他特性	31
4. PES の射出成形	33
4-1 PES の射出成形条件	33
4-2 PES の流動特性	36
4-3 PES の射出成形機と金型	40
4-4 PES の再生利用	43
5. PES の二次加工技術	44
5-1 PES の接着剤	44
5-2 PES の溶着	44
5-3 PES の超音波溶着	45
5-4 PES のレーザー溶着	45
6. PES の用途	46
6-1 電気電子分野	46
6-2 自動車、機械分野	47
6-3 その他射出成形分野	48
6-4 食器分野	49
6-5 スミプロイの用途	50
7. PES のパウダー用途	52
8. PES の規格	58

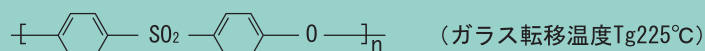
1. PES の特徴とグレード構成

1-1 PES の特徴

はじめに

スミカエクセル PES (Polyethersulfone の略称) は、ICI 社のライセンスを受け、国産化した非晶性の耐熱樹脂で、以下の分子構造を持っています。

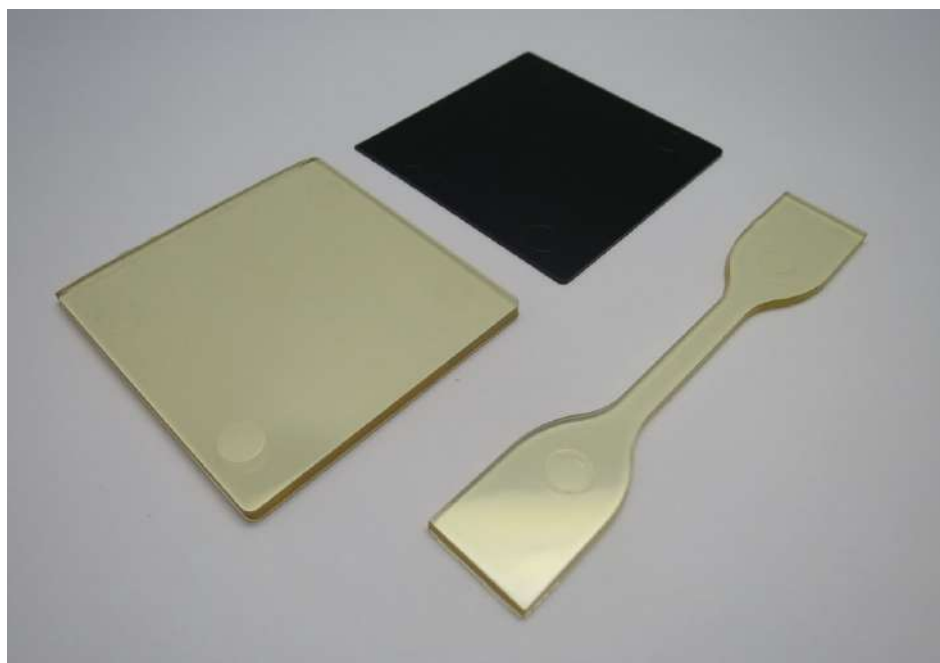
図 1-1-1 PES の化学構造式



スミカエクセル PES は、琥珀色を帯びた透明樹脂で、耐熱性、耐クリープ性、寸法安定性、難燃性、耐熱水性などの特徴を有し、成形材料としては、リレー、バーンインソケットなどの電子部品、IC トレー、プリンタおよび複写機部品、滅菌が必要な医療機器部品および歯科用備品、ページャーおよび LCD 基板用フィルムをはじめ、種々の用途に展開されています。

また、パウダーグレードも取り揃えており、航空機用途におけるエポキシ系複合材料の靱性付与剤、耐熱塗料、接着剤、医療用や食品用における平膜および中空糸膜などの用途に幅広く展開されています。

図 1-1-2 PES の成形品の写真



スミプロイは、スミカスーパー、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルエーテルケトン等のスーパーエンブラを中心とした樹脂をベースとして、当社が永年培い、蓄積した技術を応用した高機能、高耐熱ポリマーアロイコンパウンドです。

スミプロイ E は、耐熱性のポリエーテルスルホン (PES) とスミカスーパー E101 を主成分とする摺動材料で、射出成形可能な摺動材料の中では、最高レベルの摺動特性 (ドライで摩擦係数が低く安定し、限界 PV 値が高い) を有しており、さらに相手材が SUS やアルミのような軟質金属であっても傷つけにくいという特長を有しています。

スミプロイ S は、PES をベースにした摺動材料で、PES の機械的特性、熱的特性等を維持しつつ、摺動性を付与した材料です。比較的緩和な摺動条件下 (低 PV 値) で、さらにある程度の機械的強度が要求される用途に適しています。

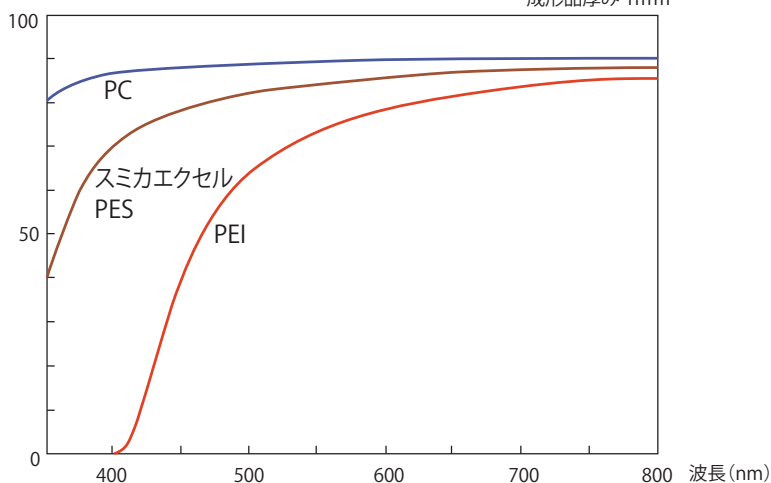
スミプロイ K は、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK) をベースとした摺動材料です。PEEK 本来の優れた耐薬品性、耐疲労性、耐放射線性、耐熱性を維持しつつ摺動性を付与した材料です。高温、高荷重の苛酷な条件下での用途に適しています。

光線透過率

耐熱エンブラの中では優れたレベルの光線透過率を有しています。

図 1-1-3

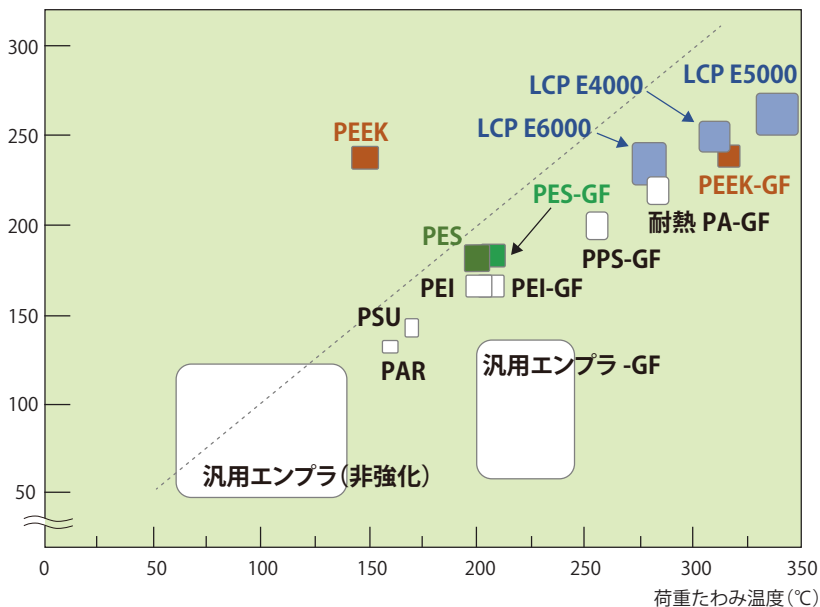
光線透過率(%)



耐熱性

図 1-1-4

連続使用温度(°C)



PES の特徴

表 1-1-1 スミカエクスセルとスミプロイの特徴

スミカエクスセル	スミプロイ
・高耐熱性 ・長期耐熱性(180 ~ 200°C) ・耐熱水性 ・高強度、耐衝撃性 ・耐クリープ ・高寸法精度 ・難燃性 ・低発煙、低発生ガス	・高耐熱性 ・高強度 ・高剛性 ・高摺動性

1-2 グレード構成

射出成形グレード

非強化グレード、ガラス繊維強化グレードからなる標準グレードと、摺動グレード、高寸法精度グレード、炭素繊維強化グレードなどの機能性グレードを取り揃えております。なお、機能性グレードは、スミプロイの商標で販売しています。

表 1-2-1 スミカエクスル及びスミプロイの射出成形グレード

グレード		充填材	特徴
スミカエクスル	3600G	非強化	射出成形用高流動
	4100G	非強化	射出成形、押出成形用標準
	4800G	非強化	射出成形、押出成形用高分子量
	3601GL20	20% ガラス繊維強化	射出成形用高流動
	3601GL30	30% ガラス繊維強化	射出成形用高流動
	4101GL20	20% ガラス繊維強化	射出成形用標準
	4101GL30	30% ガラス繊維強化	射出成形用標準
	ES5340	20% ガラス繊維強化	射出成形用超高流動
スミプロイ	E3010	40% E101 / フッ素樹脂	非強化、摺動
	FS2200	10% フッ素樹脂	非強化、摺動
	GS5620	40% ガラス繊維 / フッ素樹脂強化	摺動、高寸法精度
	CS5220	20% 炭素繊維 / フッ素樹脂強化	摺動、高寸法精度
	CS5530	40% 炭素繊維 / 無機フィラー強化	超高寸法精度
	CS5600	30% 炭素繊維強化	高強度
	CK3400	18% 炭素繊維強化	PEEK 樹脂ベース高速・高荷重摺動
	CK3420	30% 炭素繊維 / フッ素樹脂強化	PEEK 樹脂ベース高速・高荷重摺動
	CK4600	30% 炭素繊維強化	PEEK 樹脂ベース高強度

パウダークレード

分子量の目安となります RV (還元粘度) の異なる各種グレードを取り揃えており、用途に応じて使い分けられます。

また、スミカエクセル PES の溶剤としては N-メチルピロリドン (NMP)、ジメチルホルムアミド (DMF)、ジメチルアセトアミド、 γ -ブチロラクトン、塩化メチレン／1.1.2 トリクロロエタン=50/50 (重量比) などが用いられます。

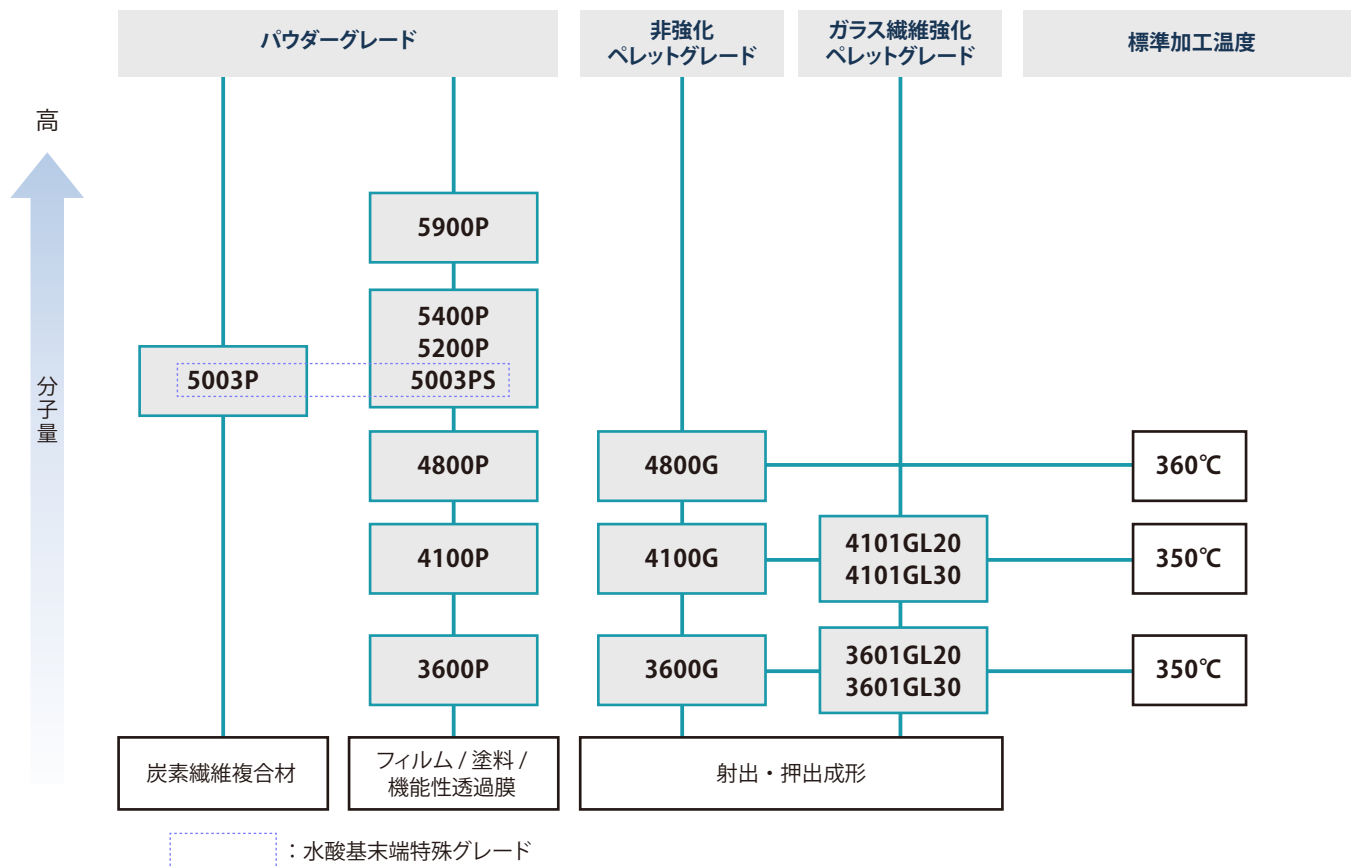
表 1-2-2 スミカエクセルのパウダークレード

グレード	還元粘度 (RV) *1	用途						
		コンパウンド	塗料	機能性透過膜	接着剤	フィルム	エポキシ強化剤	炭素繊維複合材 (航空機用途)
3600P	0.36	◎	—	—	—	—	—	—
4100P	0.41	◎	◎	—	○	○	—	—
4800P	0.48	○	○	○	○	—	—	—
5003PS *2	0.50	—	◎	—	◎	—	◎	—
5200P	0.52	—	—	○	—	—	—	—
5900P	0.59	—	—	◎	—	—	—	—
5003P *2	0.50	—	—	—	—	—	—	◎

*1 還元粘度は、ジメチルホルムアミド (DMF) 1% 溶液中で測定したものです。

*2 100 重合繰り返し単位当たり 0.6 ～ 1.4 と多くの末端水酸基を有しています。

図 1-2-1 スミカエクセル PES のグレードラインナップ



2. PES の物性一覧表

表 2-1 スミカエクスル PES の一般物性表

			スミカエクスル PES								
一般物性		試験方法	単位	3600G	4100G	4800G	3601GL20	3601GL30	4101GL20	4101GL30	ES5340
カラー				ナチュラル / ブラック	ナチュラル / ブラック	ナチュラル / ブラック	ナチュラル / ブラック	ナチュラル / ブラック	ナチュラル / ブラック	ナチュラル / ブラック	ブラック
充填材				非強化	非強化	非強化	ガラス繊維	ガラス繊維	ガラス繊維	ガラス繊維	ガラス繊維
充填材総充填量			wt%	—	—	—	20	30	20	30	20
物理的性質											
密度		ISO 1183	g/cm ³	1.37	1.37	1.37	1.51	1.60	1.51	1.60	1.52
比重		ASTM D792	—	1.37	1.37	1.37	1.51	1.60	1.51	1.60	1.51
吸水率	23℃, 水中 24hr	ISO 62	%	1.0	1.0	1.0	0.8	0.7	0.8	0.7	0.5
成形収縮率	MD	住化法 ※1	%	0.60	0.60	0.60	0.30	0.20	0.30	0.20	0.39
	TD		%	0.60	0.60	0.60	0.40	0.40	0.40	0.40	0.60
機械的性質											
引張強度		ISO 527-1,2	MPa	85	85	85	135	145	135	145	96
		ASTM D638	MPa	84	84	84	124	140	124	140	104
引張破壊ひずみ		ISO 527-1,2	%	6.5※2	6.5※2	6.5※2	2.4	1.8	2.4	1.8	1.5
引張伸び		ASTM D638	%	40-80	40-80	40-80	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0
引張弾性率		ISO 527-1,2	MPa	2700	2700	2700	7200	9800	7200	9800	8900
曲げ強度		ISO 178	MPa	130	130	130	190	210	190	210	139
		ASTM D790	MPa	129	129	129	172	190	172	190	138
曲げ弾性率		ISO 178	MPa	2600	2600	2600	6600	9500	6600	9500	7200
		ASTM D790	MPa	2600	2600	2600	6000	8400	6000	8400	7600
シャルピー衝撃強さ	ノッチなし	ISO 179-1/IeU	kJ/m ²	NB※3	NB※3	NB※3	45	55	45	55	19
	ノッチ付き	ISO 179-1/IeA	kJ/m ²	6	7	8	5	6	6	6	4
アイゾット衝撃強さ	ノッチなし	ISO 180/1U	kJ/m ²	NB※3	NB※3	NB※3	30	35	30	35	15
	ノッチ付き	ISO 180/1A	kJ/m ²	7	8	8	5	6	6	6	4
	ノッチなし	ASTM D256	J/m	NB※3	NB※3	NB※3	431	539	431	539	186
	ノッチ付き		J/m	85	85	85	80	81	80	81	—
ロックウェル硬さ	M スケール	ISO 2039-2	—	95	95	95	100	100	100	100	89
熱的性質											
荷重たわみ温度	1.80MPa	ISO 75	℃	205	205	205	221	221	221	221	211
	0.45MPa		℃	214	214	214	222	223	222	223	223
	1.82MPa	ASTM D648	℃	203	203	203	210	216	210	216	211
	0.45MPa		℃	210	210	210	—	—	—	—	—
線膨張係数	MD(50-150℃)	ISO 11359-1,2	10 ⁻⁵ /K	5.5	5.5	5.5	2.4	2.0	2.4	2.0	2.0
	TD(50-150℃)		10 ⁻⁵ /K	5.5	5.5	5.5	5.8	5.2	5.8	5.2	6.4
MFR	360℃/2.16kg	ISO 1133-1	g/10min	55	25	8	17	14	9	7	26
	400℃/2.16kg		g/10min	—	—	—	—	—	—	—	—
電氣的性質											
比誘電率 (絶乾)	100Hz	IEC 62631-2-1	—	3.5	3.5	3.5	3.8	3.9	3.8	3.9	—
	1kHz		—	3.5	3.5	3.5	3.8	3.9	3.8	3.9	—
	1MHz		—	3.4	3.4	3.4	3.7	3.8	3.7	3.8	—
	1GHz	IEC 60250	—	3.4	3.4	3.4	3.7	3.8	3.7	3.8	—
誘電正接 (絶乾)	100Hz	IEC 62631-2-1	—	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	—
	1kHz		—	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	—
	1MHz		—	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	—
	1GHz	IEC 60250	—	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	—
絶縁破壊強さ (1mm)		IEC 60243-1	kV/mm	43	43	43	39	38	39	38	—
体積抵抗率		IEC 60093	Ωm	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³
耐アーク性		ASTM D495	sec	70	70	70	120-180	120-180	120-180	120-180	—
耐トラッキング性		IEC 60112	V	150	150	150	—	—	150	150	—
難燃性											
難燃性ランク		IEC 60695-11-10	class	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0
UL イエローカード File No		—	—	E249884	E249884	E249884	E249884	E249884	E249884	E249884	E249884

※1 64mm×64mm×3mm の平板試験片の成形収縮率を測定。※2 引張降伏ひずみ ※3 破壊しない

表 2-2 スミプロイの一般物性表

				スミプロイ								
一般物性		試験方法	単位	E3010	FS2200	GS5620	CS5220	CS5530	CS5600	CK3400	CK3420	CK4600
カラー				ナチュラル	ナチュラル	ブラック	ブラック	ブラック	ブラック	ブラック	ブラック	ブラック
充填材				E101 / フッ素樹脂	フッ素樹脂	ガラス繊維 / フッ素樹脂	炭素繊維 / フッ素樹脂	炭素繊維 / 無機フィラー	炭素繊維	炭素繊維	炭素繊維 / フッ素樹脂	炭素繊維
充填材総充填量			wt%	40	10	40	20	40	30	18	30	30
物理的性質												
密度		ISO 1183	g/cm³	1.46	1.42	1.66	1.45	1.56	1.47	1.36	1.43	1.44
比重		ASTM D792	—	1.48	1.42	1.66	1.45	1.55	1.47	1.36	1.42	1.44
吸水率	23℃, 水中 24hr	ISO 62	%	0.7	0.9	0.7	0.9	0.5	0.8	0.1	0.1	0.1
成形収縮率	MD	住化法 ※1	%	0.92	0.60	0.14	0.18	0.09	0.10	0.18	0.16	0.13
	TD		%	0.97	0.60	0.30	0.35	0.03	0.25	0.48	0.50	0.55
機械的性質												
引張強度	ISO 527-1,2	MPa	35	72	117	107	135	178	197	176	231	
	ASTM D638	MPa	36	77	123	112	133	176	196	173	216	
引張破壊ひずみ		ISO 527-1,2	%	4.0	8.6	1.6	2.3	0.6	1.5	2.2	2.0	1.9
引張伸び		ASTM D638	%	7.6	15.0	4.5	6.0	3.4	4.0	6.4	6.3	4.0
引張弾性率		ISO 527-1,2	MPa	2490	2490	9890	7670	26800	20100	13900	16000	21800
曲げ強度	ISO 178	MPa	71	104	172	155	206	246	305	276	339	
	ASTM D790	MPa	64	118	159	147	162	255	290	240	333	
曲げ弾性率	ISO 178	MPa	2600	2200	8600	5900	26500	14700	13700	14100	16700	
	ASTM D790	MPa	2500	2500	8600	6600	18100	15200	12900	12100	18200	
シャルピー衝撃強さ	ノッチなし	ISO 179-1/IeU	kJ/m²	19	148	30	29	14	32	51	43	53
	ノッチ付き	ISO 179-1/IeA	kJ/m²	3	6	7	4	5	5	7	5	7
アイゾット衝撃強さ	ノッチなし	ISO 180/1U	kJ/m²	14	99	24	22	14	28	40	36	43
	ノッチ付き	ISO 180/1A	kJ/m²	4	6	7	5	6	6	7	6	7
	ノッチなし	ASTM D256	J/m	232	980	363	348	140	510	700	506	666
	ノッチ付き		J/m	29	78	71	—	—	59	—	69	98
ロックウェル硬さ	M スケール	ISO 2039-2	—	57	85	91	93	89	100	111	104	110
熱的性質												
荷重たわみ温度	1.80MPa	ISO 75	℃	214	189	216	214	217	219	313	311	329
	0.45MPa		℃	224	221	231	227	224	234	337	327	340
	1.82MPa	ASTM D648	℃	212	203	218	223	216	217	325	324	328
	0.45MPa		℃	—	—	—	—	—	—	—	—	—
線膨張係数	MD(50 -150℃)	ISO 11359-1,2	10 ⁻⁵ /K	5.7	5.7	1.6	1.4	0.7	0.7	1.0	0.8	0.6
	TD(50 -150℃)		10 ⁻⁵ /K	6.0	5.8	5.1	5.5	4.4	5.0	5.4	5.8	5.7
MFR	360℃/2.16kg	ISO 1133-1	g/10min	4	17	7	15	3	11	—	—	—
	400℃/2.16kg		g/10min	—	—	—	—	—	—	7	2	1
電氣的性質												
比誘電率 (絶乾)	100Hz	IEC 62631-2-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1kHz		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1MHz		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1GHz	IEC 60250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
誘電正接 (絶乾)	100Hz	IEC 62631-2-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1kHz		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1MHz		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1GHz	IEC 60250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
絶縁破壊強さ(1mm)		IEC 60243-1	kV/mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—
体積抵抗率		IEC 60093	Ωm	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	—	—	—	—	—	—
耐アーク性		ASTM D495	sec	90-100	80	—	—	—	—	—	—	—
耐トラッキング性		IEC 60112	V	—	—	—	—	—	—	—	—	—
難燃性												
難燃性ランク		IEC 60695-11-10	class	V-0	V-0	V-0	—	V-0	V-0	—	—	—
UL イエローカード File No		—	—	E249884	E249884	E249884	—	E249884	E249884	—	—	—

※1 64mm×64mm×3mm の平板試験片の成形収縮率を測定。

3. PES の物性

3-1 PES の耐熱性

スミカエクスル PES について設計に必要な熱的性質を表 3-1-1 に示します。

表 3-1-1 スミカエクスル PES の熱的特性

耐熱性	テスト方法	単位	非強化	ガラス繊維強化	
			4100G 4800G	3601GL20 4101GL20	3601GL30 4101GL30
荷重たわみ温度 (0.45MPa)	ASTM D648	℃	210	—	—
荷重たわみ温度 (1.82MPa)	ASTM D648	℃	203	210	216
荷重たわみ温度 (0.45MPa)	ISO 75	℃	214	222	223
荷重たわみ温度 (1.80MPa)	ISO 75	℃	205	221	221
ピカット軟化点 (1kg)	ASTM D1525	℃	226	—	—
ピカット軟化点 (5kg)	ASTM D1525	℃	222	—	—

アレニウスプロット

樹脂が持つ熱安定性によって、その樹脂の長期間使用できる温度範囲が制限されます。UL 準拠の相対温度指数 (RTI) において、エージング試験は、観察の対象となる特性値が初期値の半分に低下するまで続けられます。何段階かの異なる温度でエージング試験を行い、そのデータをもとにしてアレニウスプロットを作成します。アレニウスプロットは、特性値が初期値の半分に低下するまでに要するヒートエージング時間 (半減期とも呼ばれます) を、エージング温度 (K) の逆数に対してプロットして得られるグラフです。

図 3-1-1 4800G の引張強度半減時間の温度依存性

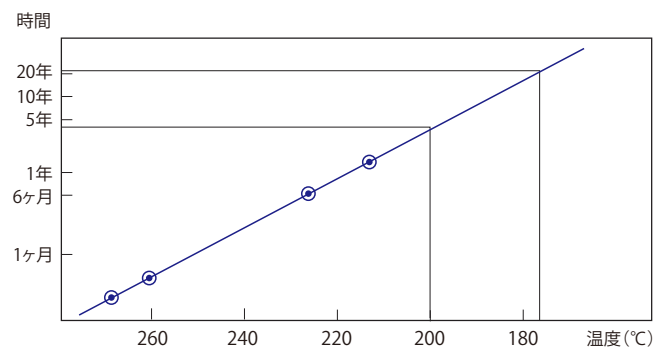
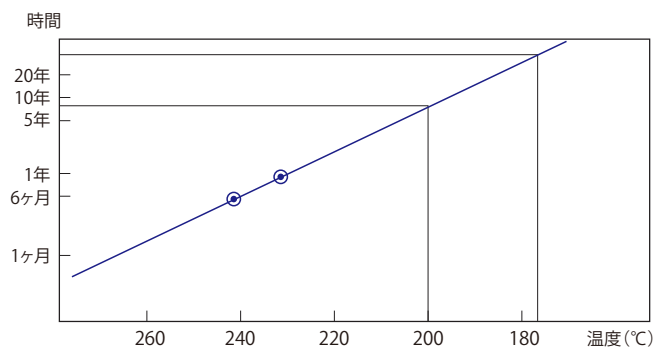


図 3-1-2 4101GL30 の引張強度半減時間の温度依存性



長期耐熱性

スミカエクスル PES は優れた長期耐熱性を有します。スミカエクスル PES の相対温度指数（RTI）は以下のとおりです。RTI は、電気的特性（Elec）、機械的特性（Mech）の衝撃強度（Imp）と引張強度（Str）において、10 万時間のエージングの後に、その初期値が半分の値になる温度を示します。一般に薄い試験片の方が劣化速度は速いことから、UL では試験片の肉厚に応じた RTI 評価を行っています。

表 3-1-2 スミカエクスル PES の相対温度指数(UL746B)

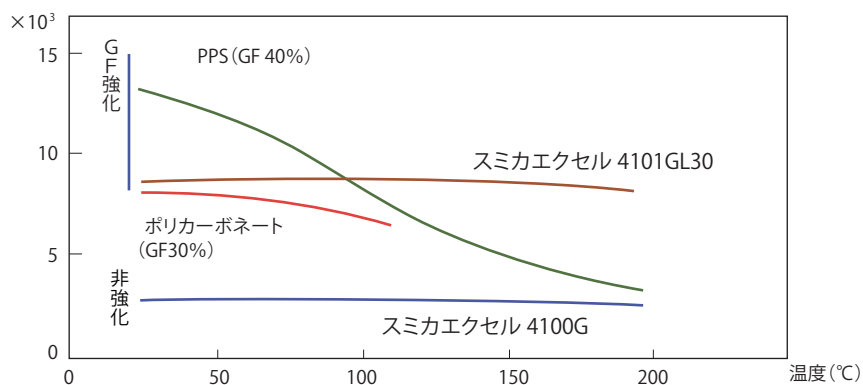
グレード	厚み (mm)	RTI		
		Elec	Imp	Str
3600G	0.41	-	-	-
	0.75	180	170	180
	1.6	180	170	180
	3.0	180	170	180
4100G	0.41	180	170	180
	0.75	180	170	180
	1.5	180	170	180
	3.0	180	170	180
4800G	0.30	180	170	180
	0.46	180	170	180
	1.5	180	170	180
	3.0	180	170	180
3601GL20	0.43	180	180	180
	3.0	180	180	180
3601GL30	0.43	190	190	190
	3.0	190	190	190
4101GL20	0.43	180	180	180
	1.5	180	180	180
	3.0	180	180	180
4101GL30	0.43	190	190	190
	1.5	190	190	190
	3.0	190	190	190

弾性率の温度依存性

図 3-1-3 に曲げ弾性率の温度依存性を示します。弾性率は 100℃～200℃までほとんど変化しません。特に 100℃以上では非晶性樹脂のポリカーボネート、結晶性樹脂の PPS ガラス繊維強化グレードよりもはるかに優れており、あらゆる熱可塑性樹脂の中で最高の部類に属しています。

図 3-1-3 4100G と 4101GL30 の曲げ弾性率の温度依存性

曲げ弾性率 (MPa)

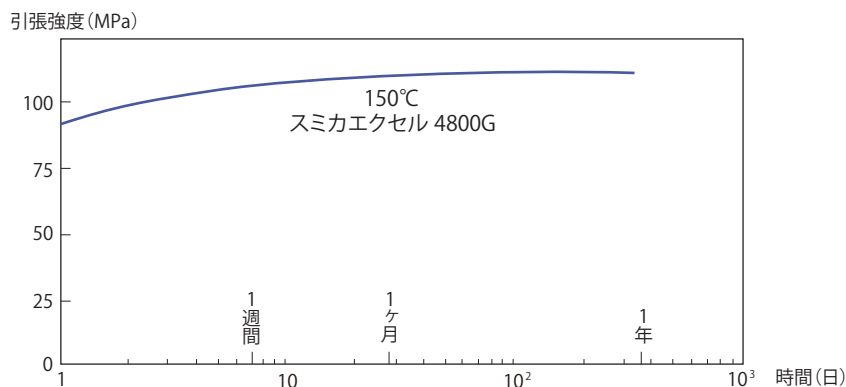


エージング特性(空気中および熱水中)

熱エージング性

スミカエクスル PES を 150℃の空气中でエージングした場合でも強度低下はなく、耐熱性に優れています。

図 3-1-4 引張強度の 150℃空气中エージング特性



耐熱水性

スミカエクスル PES を水中 (23℃) または熱水中 (100℃) において、無負荷でエージングした場合、引張強度はほとんど変化しません。衝撃強度は熱水中 (100℃) では初期に低下を起こしますが、その後は十分に高い耐衝撃性を維持して安定しています。

図 3-1-5 引張強度の水中におけるエージング時間依存性

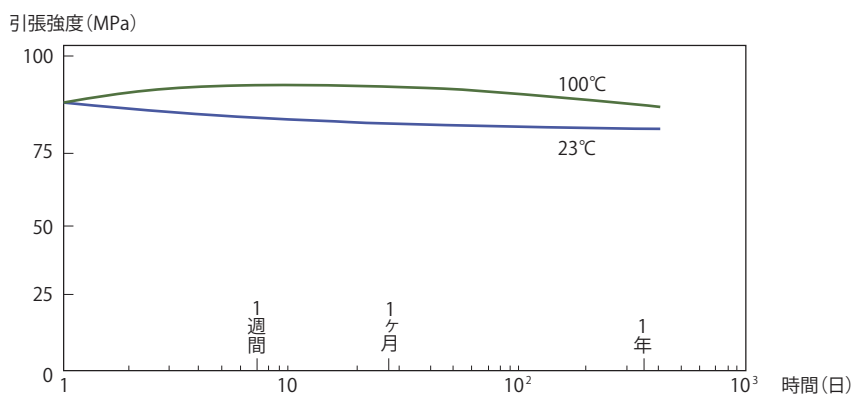
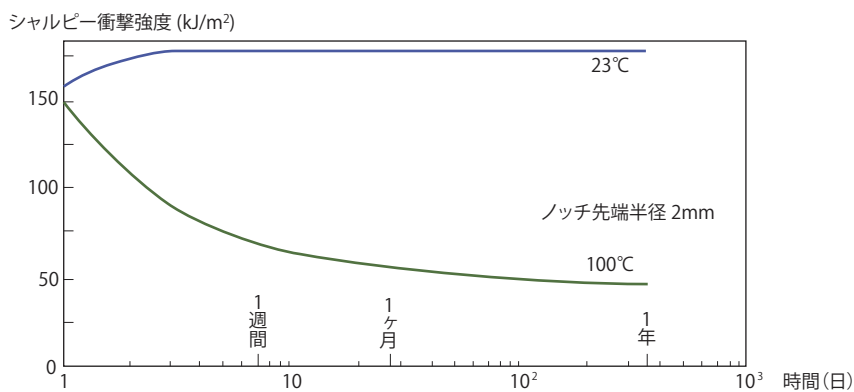


図 3-1-6 衝撃強度の水中におけるエージング時間依存性



耐スチーム性(スチーム殺菌サイクルの影響)

スミカエクスル PES を温度 143℃、3.2 気圧のスチーム圧と室温の真空乾燥サイクル試験の結果、衝撃強度に変化は見られませんでした。しかし、スミカエクスル PES をスチーム中で使用する場合は、それぞれの用途に応じて実使用雰囲気下でテストを行う必要があります。

3-2 PES の機械的性質

短期的変形

引張試験

スミカエクスル PES の引張試験における応力-ひずみ曲線（以下 S-S 曲線）を示します。応力があるレベルに達するまではひずみと応力が比例関係にあります。PES の強度設計を行う上では、応力とひずみが比例関係にならない部分がある点について考慮する必要があります。

図 3-2-1 4100G の引張強度の S-S 曲線

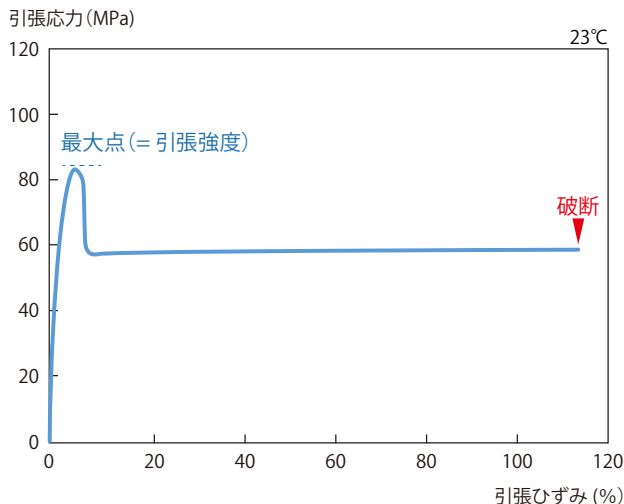
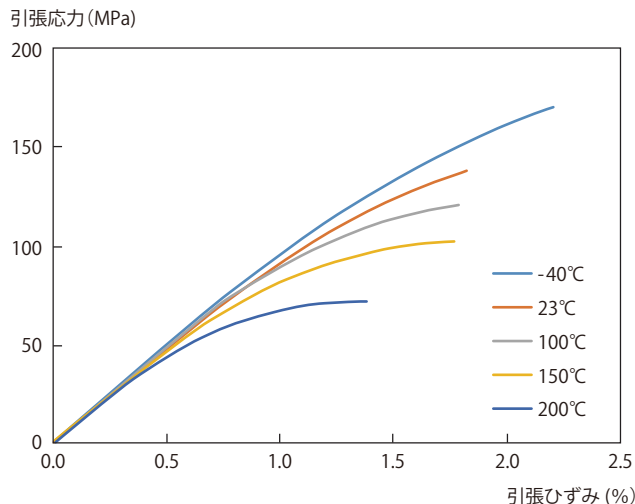


図 3-2-2 4101GL30 の引張強度の S-S 曲線

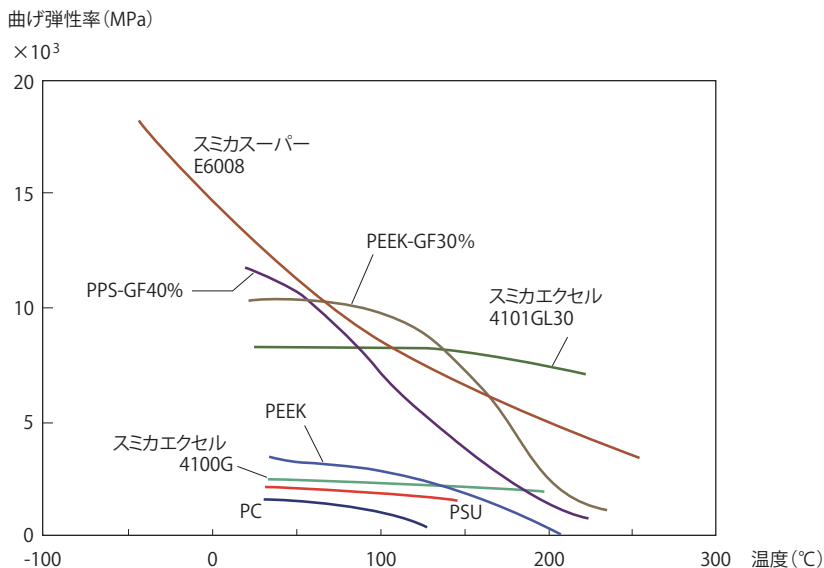


曲げ弾性率の温度依存性

熱変形温度は 200 ~ 220℃であり、連続使用温度は UL 温度インデックスで 180 ~ 190℃に認定されています。

弾性率は -100 ~ 200℃までの温度領域ではほとんど変化しません。特に 100℃以上では、あらゆる熱可塑性樹脂で最高レベルです。

図 3-2-3 曲げ弾性率の温度依存性



衝撃強度

スミカエクスル PES は強靱な樹脂であり、優れた耐衝撃性を有しています。アイゾット衝撃強度について他の耐熱樹脂と比較したものを示しますが、ノッチなしの非強化グレードでは破壊しないことがわかります。また、図 3-2-6 に衝撃強度の温度依存性を示します。スミカエクスル PES は 0℃以下の温度、たとえば -100℃でも十分な衝撃強度を有していることがわかります。

図 3-2-4 スミカエクスル PES の耐衝撃性
アイゾット衝撃強度 (3.2t, ノッチ無) (J/m)

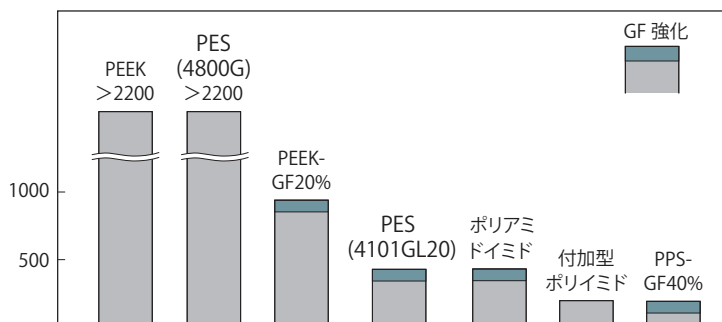


図 3-2-5 衝撃強度のノッチ先端半径依存性 20℃ (4800G)

シャルピー衝撃強度 (kJ/m²)

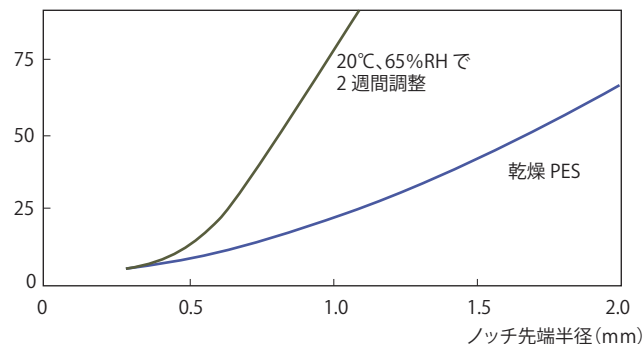
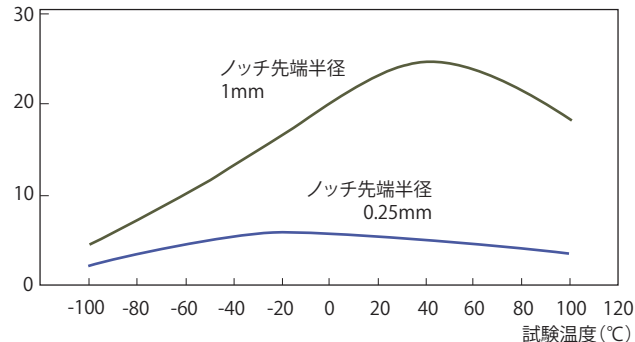


図 3-2-6 衝撃強度の温度依存性 (4800G)

シャルピー衝撃強度 (kJ/m²)



ウエルド強度

射出成形をする場合、ウエルド部（樹脂の合流点）は非ウエルド部より強度が低くなります。ガラス繊維強化グレードのウエルド部の強度はガラス繊維の含有量に応じて低下します。図 3-2-7 には非ウエルド部強度とウエルド部強度の比較を、表 3-2-1 にスミカエクスル PES のウエルド部の引張強度を示します。

スミカエクスル PES は他樹脂と比較して、ウエルド強度が非常に高いことがわかります。特に非強化グレードはウエルド部の強化低下がほとんどなく、非ウエルド部と同等の強度を有しています。

ウエルド引張強度

図 3-2-7 引張強度

引張強度 (MPa)

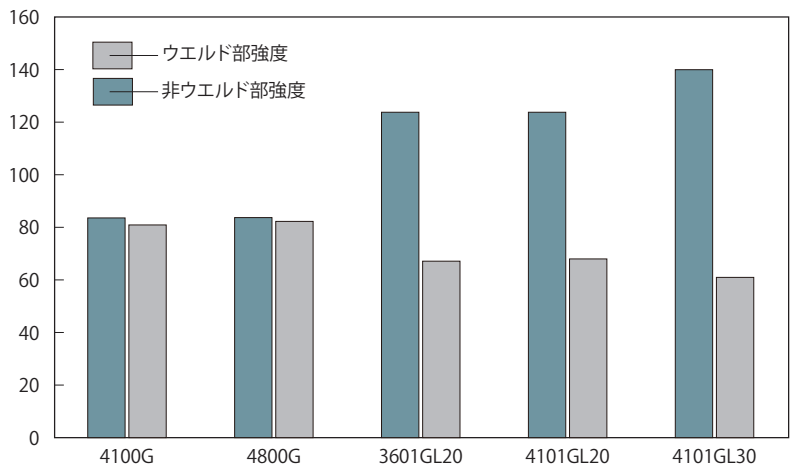


表 3-2-1 ウエルド部の引張強度

(単位: MPa)

グレード	非ウエルド部	ウエルド部
4100G	84	81
4800G	84	82
3601GL20	124	67
4101GL20	124	68
4101GL30	140	61

ウエルド曲げ強度

図 3-2-8 ウエルド評価用成形品形状

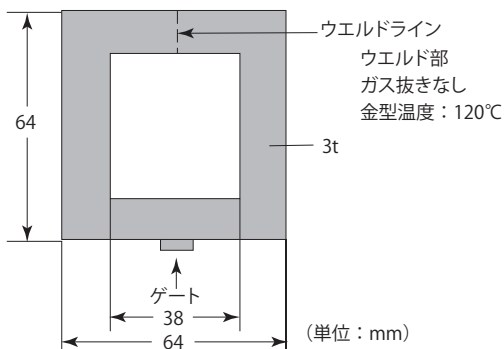


表 3-2-2 ウエルド部と非ウエルド部の曲げ強度とアイゾット衝撃強度

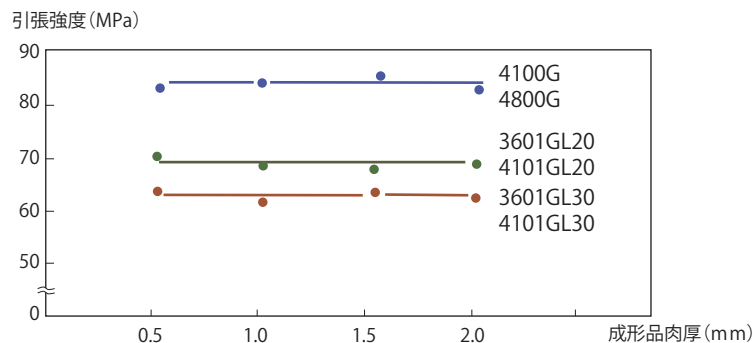
グレード	曲げ強度 (MPa)		アイゾット衝撃強度 (J/m)			
			ノッチなし		0.25 ノッチ	
	非ウエルド部	ウエルド部	非ウエルド部	ウエルド部	非ウエルド部	ウエルド部
4100G	140*	140*	> 1960*	2156	68	49
4101GL20	190	110	411	117	68	29
4101GL30	180	110	362	98	68	29
PPS-GF40%	170	70	166	29	49	19

*印＝破断しない

成形機 : 住友重機械製
ネオマット N47/28
射出圧力 : 130MPa
射出速度 : 60%
シリンダ温度 : 340℃ (4100G)
350℃ (4101GL20・4101GL30)
射出時間 : 10 秒
冷却時間 : 20 秒

薄肉成形品のウエルド強度

図 3-2-9 成形品肉厚とウエルド部の引張強度との関係



ウエルド強度の改善

ウエルドによる強度低下が実用上問題になる場合には、以下の方法により改善が図られる可能性があります。

● アニールによる改善

ガラス繊維強化グレードのウエルド部の強度は、150～180℃のアニール処理により15～20%向上します。

適切なアニール条件は0.5～1.5mmの肉厚の場合150℃×20分、2mmの肉厚の場合180℃×180分です。

表 3-2-3 アニールによるウエルド部の引張強度の改善

(単位：MPa)

グレード	アニール前	150℃	180℃	
		20min	20min	180min
3601GL20 4101GL20	68	76 (113%)	76 (113%)	77 (114%)
3601GL30 4101GL30	61	75 (123%)	75 (121%)	75 (121%)

() 内は、アニール前の強度を100%とした場合の比率

● 金型温度による改善

ウエルド強度は成形時の金型温度が高い方が高くなりますので、金型温度を160～180℃と高くして検討してください。

長期的変形

クリープ

実用部品の強度計算に当たって、標準テスト(例えば ASTM)による強度・弾性率のみを使用することは避けなければなりません。最適デザインを決定するにあたっては、クリープ特性と温度による特性変化を基に、使用条件下での成形品の寸法変化および強度変化を考慮する必要があります。図3-2-10 に、非強化グレード 4800G の 20℃および 150℃における引張クリープ特性を示します。図から明らかなようにスミカエクスセル PES は耐クリープ性に優れています。非強化グレードでは 20℃で 20MPa の負荷で 3 年後のクリープ変形がわずか 1%であり、150℃では 10MPa の負荷でも 3 年後のクリープ変形が 1%にすぎません。図3-2-11 にガラス繊維強化グレード(3601GL30、4101GL30)の 150℃における曲げクリープ特性を示します。結晶性の PPS(ガラス繊維 40%強化グレード)に比べ、スミカエクスセル PES は優れたクリープ特性を有していることがわかります。

図3-2-10 非強化グレード(4800G)の引張クリープ特性

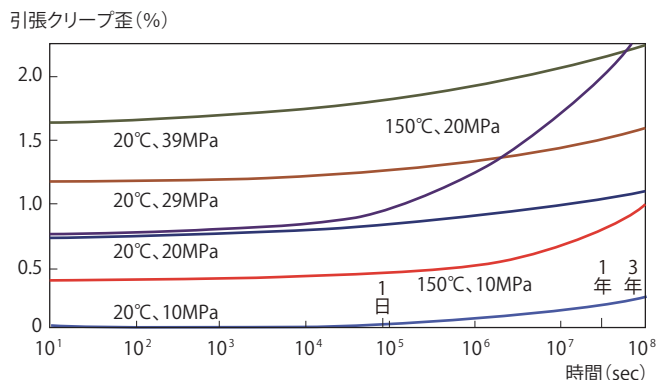


図3-2-11 ガラス繊維強化グレード(3601GL30、4101GL30)の曲げクリープ特性

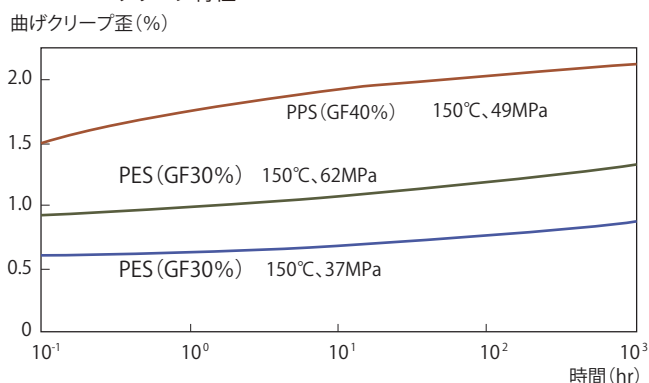


図3-2-12 非強化グレード(4100G)の引張クリープ特性

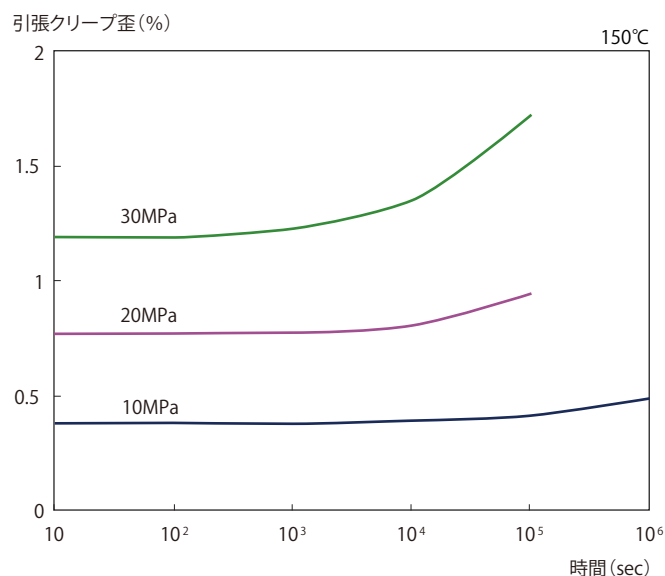


図3-2-13 ガラス繊維強化グレード(4101GL30)の引張クリープ特性

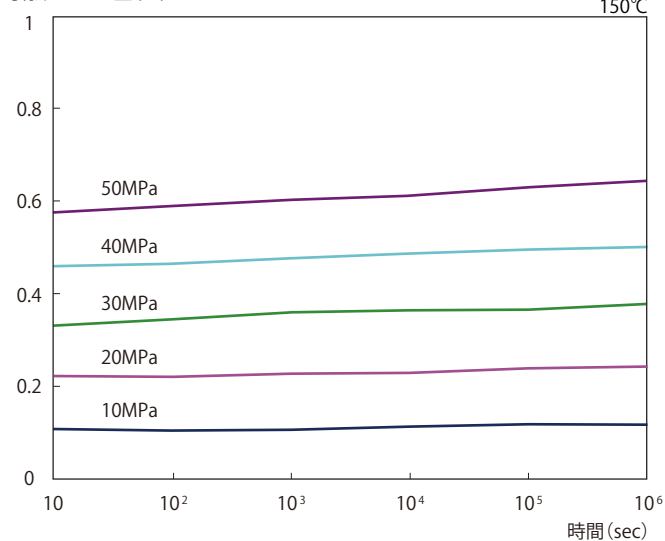
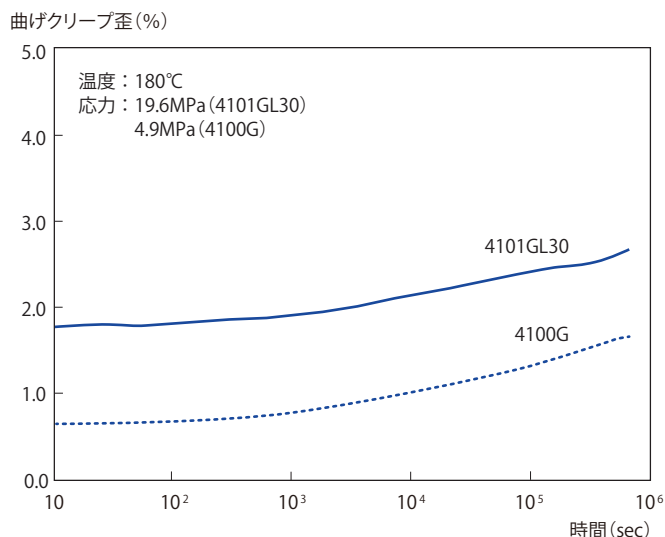


図3-2-14 曲げクリープ特性



疲労特性

長時間変動する荷重下にある材料は疲労破壊を起こします。引張疲労試験による応力-寿命曲線を示します。

温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 5\% \text{RH}$ の条件において、30MPa の繰り返し荷重でも 1.0×10^7 回程度まで疲労破壊しません。

図3-2-15 スミカエクセル非強化グレード
(3600G, 4100G, 4800G)の応力-寿命曲線

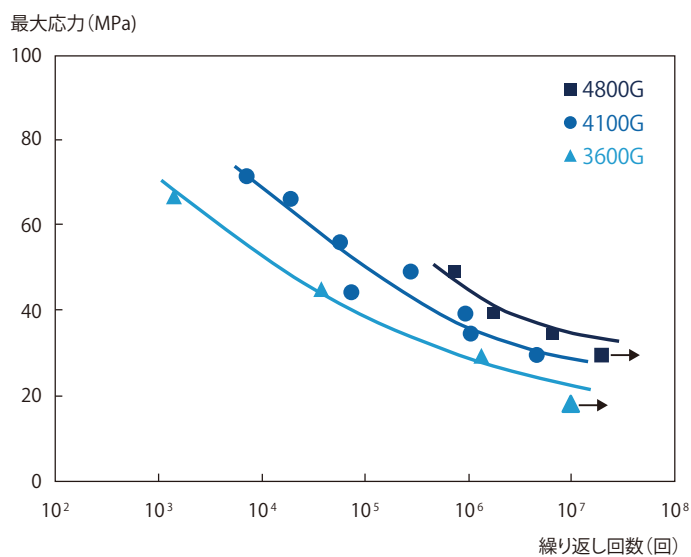
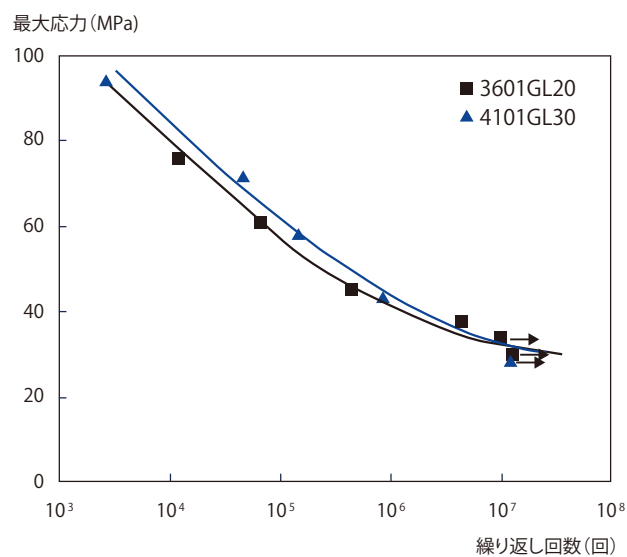


図3-2-16 スミカエクセルガラス強化グレード
(3601GL20, 4101GL30)の応力-寿命曲線



※右矢印 (→) 付きのシンボルは、その繰り返し回数において試験片が破断していないことを示す。

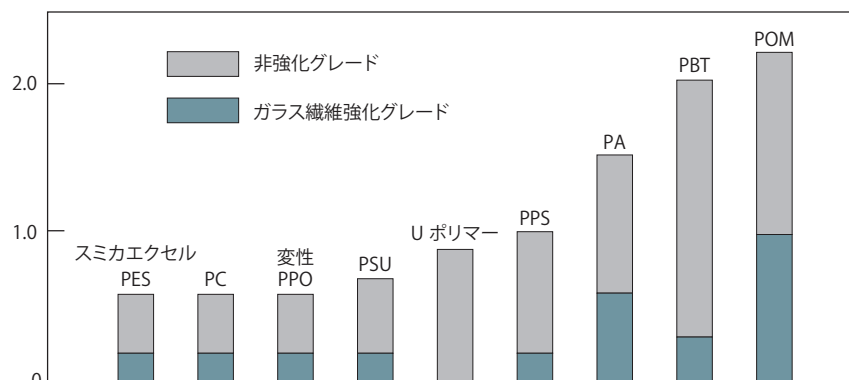
3-3 PES の寸法安定性

成形収縮率

スミカエクスル PES の成形収縮率は非強化品で 0.6% と小さく、かつ異方性がありません。ガラス繊維強化グレードは MD 方向 0.2%、TD 方向 0.4% と異方性を有します。

図3-3-1 成形収縮率の比較

成形収縮率 (%)

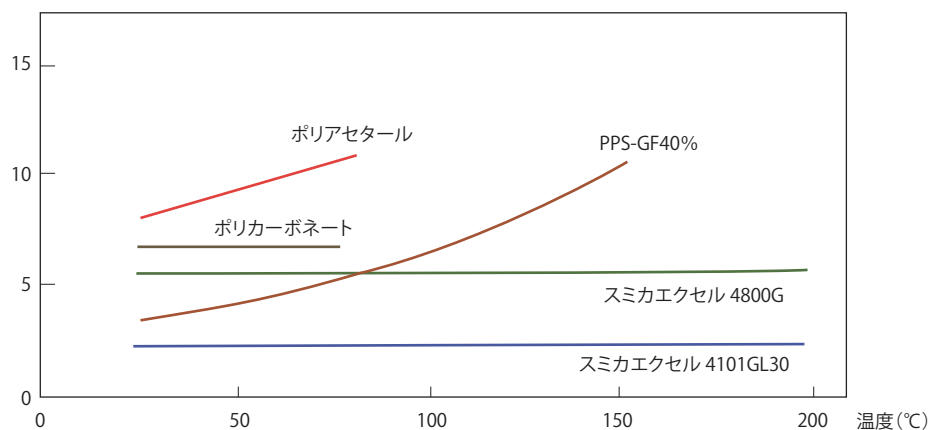


線膨脹係数

スミカエクスル PES は線膨脹係数が小さく、その温度依存性が小さいことが特徴です。図 3-3-2 に線膨脹係数の温度依存性を示します。結晶性の PPS-GF40% は温度上昇と共に線膨脹係数が大きくなりますが、非晶性のスミカエクスル PES は、温度に依存せず 200℃まで一定の値を示します。さらにガラス繊維強化の 4101GL30 は $2.0 \times 10^{-5} (/^{\circ}\text{C})$ とアルミニウム並の低い線膨脹係数を有することから、精密成形に適した材料といえます。

図3-3-2 線膨脹係数の温度依存性

線膨脹係数 ($\times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$)



PVT 特性

スミカエクスル PES を含む熱可塑性樹脂は、固体や熔融状態に関わらず圧力に依存して比容積が変化します。この樹脂の圧縮性は、圧力 (Pressure)、比容積 (Specific Volume) および温度 (Temperature) の関係 (PVT 特性) として表されます。PPS は結晶性樹脂であるため、結晶化に伴う体積収縮は大きいですが、PES は非晶性樹脂であるため、体積収縮が小さく、寸法精度や反りに優れます。

図3-3-3 PPS-GF30%のPVT特性

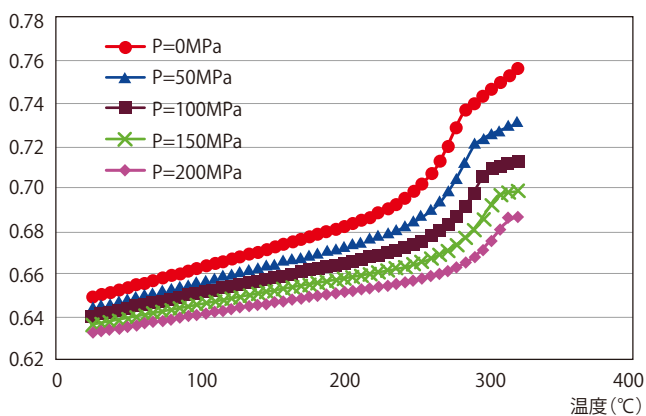
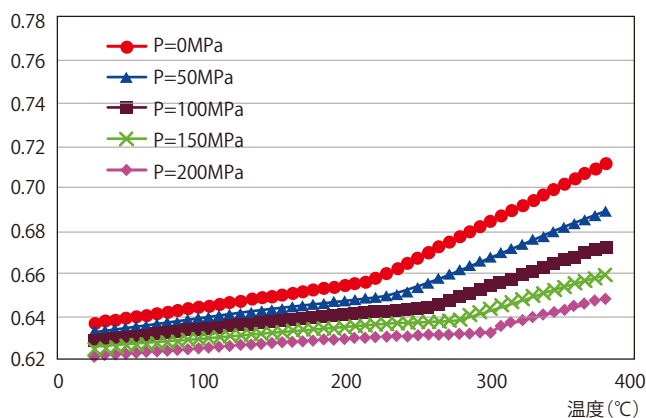
比容積 (cm³/g)

図3-3-4 4101GL30のPVT特性

比容積 (cm³/g)

吸水による寸法変化

スミカエクスル PES は吸水性がありますが、成形直後の部品の吸湿による寸法変化は飽和状態 (1.1%) で 0.15% と小さな値です。

図3-3-5 寸法変化の吸水率依存性

寸法変化 (%)

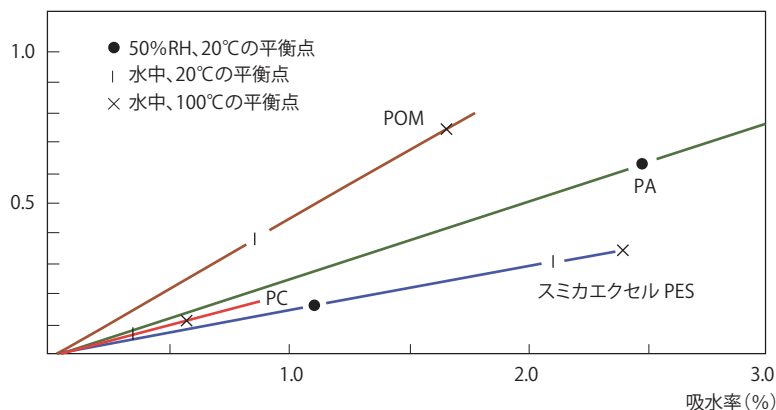
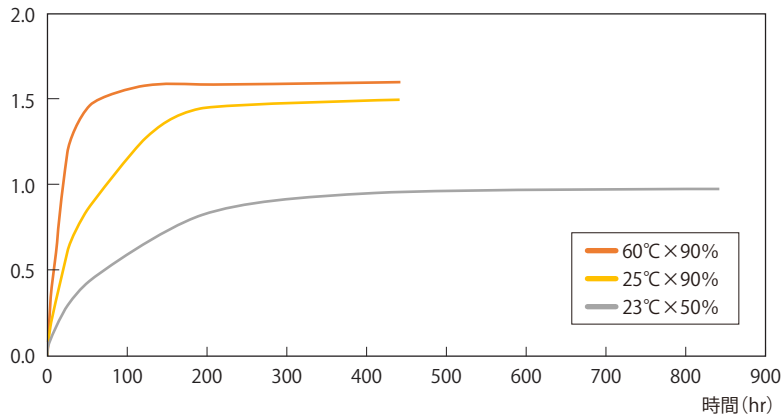


図3-3-6 スミカエクスル PESの吸水曲線

吸水率 (%)



3-4 PESの難燃性

限界酸素指数と発煙量

難燃性を他樹脂と比較するために、図 3-4-1 に限界酸素指数を示します。さらにスミカエクスル PES は発煙量が非常に少ないことでも知られており、航空機の内装部品にも採用されています。図 3-4-2 に The National Institute of Standards and Technology (NIST) の発煙量試験結果を他樹脂と比較して示します。

図3-4-1 限界酸素指数 (ASTM D2863)

限界酸素指数 (%)

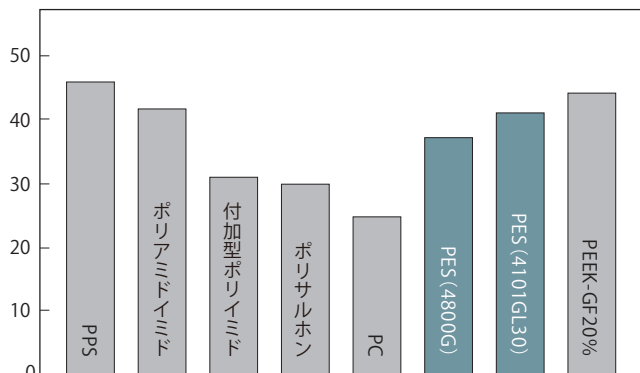
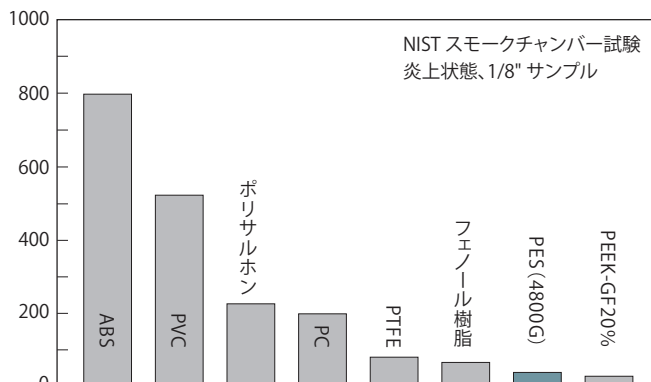


図3-4-2 発煙量

吸光度(補正值)

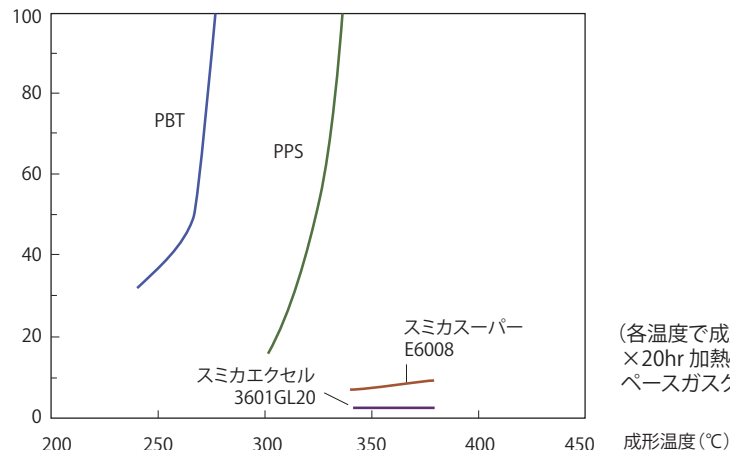


発生ガス

スミカエクスル PES は成形時の腐食性のガスの発生、および成形品からのアウトガスの発生も非常に少ない樹脂です。

図3-4-3 スミカエクスルの成形温度と成形品からの発生ガス量

発生ガス量 (ppm)



(各温度で成形したダンベル型試験片を 120℃ × 20hr 加熱した時に発生するガスをヘッドスペースガスクロマトグラフで分析)

燃焼特性

UNDERWRITERS LABORATORIES INC. が策定した UL 94 燃焼性規格は、プラスチック材料をその耐燃焼性を基準として分類するシステムです。スミカエクスル PES の UL ファイル番号は、E249884 に登録されています。

Color: 色調 (ALL: 全色 NC: 自然色 BK: 黒色 RD: 赤色 WT: 白色)

Flame Class: 燃焼性クラス

Relative Thermal Index(RTI): 温度インデックス

Hot Wire Ignition(HWI): ホットワイヤー耐発火性

High Ampere Arc Resistance(HAI): 高電流アーク耐発火性

High Voltage Arc Tracking Rate(HVTR): 高電圧アークトラッキング速度

D495: 耐アーク試験

Comparative Tracking Index(CTI): 比較トラッキング指数

PLC: HWI, HAI, HVTR, D495, CTI は、Performance Level Categories(PLC) の等級で表示されます。

表3-4-1 スミカエクスル PES と スミブロイ の UL 登録状況

グレード	色	厚み (mm)	Flame Class	HWI	HAI	CTI	HVTR	D495	RTI		
									Elec	Imp	Str
3600G	NC	0.41	V-0	4	1	4	2	7	-	-	-
	BK	0.75	V-0	3	1	-	-	-	180	170	180
	WT	1.6	V-0	3	1	-	-	-	180	170	180
	NC	3.0	V-0	2	0	-	-	-	180	170	180
4100G	ALL	0.41	V-0	3	4	3	1	6	180	170	180
		0.75	V-0	3	4	-	-	-	180	170	180
		1.5	V-0	2	2	-	-	-	180	170	180
		3.0	V-0	1	2	-	-	-	180	170	180
4800G	ALL	0.30	V-1	-	-	3	1	6	180	170	180
		0.46	V-0	3	4	-	-	-	180	170	180
		1.5	V-0	2	2	-	-	-	180	170	180
		3.0	V-0,5VA	1	2	-	-	-	180	170	180
3601GL20	NC, BK	0.43	V-0	-	-	4	3	5	180	180	180
		3.0	V-0	0	4	-	-	-	180	180	180
3601GL30	NC, BK	0.43	V-0	-	-	4	2	5	190	190	190
		3.0	V-0	1	4	-	-	-	190	190	190
4101GL20	NC, BK	0.43	V-0	-	-	4	3	5	180	180	180
		1.5	V-0	1	4	-	-	-	180	180	180
		3.0	V-0	0	4	-	-	-	180	180	180
4101GL30	NC, BK	0.43	V-0	-	-	4	3	5	190	190	190
		1.5	V-0	1	4	-	-	-	190	190	190
		3.0	V-0	0	4	-	-	-	190	190	190
ES5340	BK	0.52	V-0	-	-	-	-	-	50	50	50
	NC	0.81	V-0	-	-	-	-	-	50	50	50
	NC, BK	3.0	V-0	-	-	-	-	-	50	50	50
E3010	NC	0.53	V-0	-	-	-	-	-	130	130	130
FS2200	NC, BK	0.43	V-0	-	-	-	-	-	50	50	50
CS5530	NC	1.5	V-0	-	-	-	-	-	50	50	50
		3.0	V-0	-	-	-	-	-	50	50	50
CS5600	NC, BK	0.53	V-0	-	-	-	-	-	50	50	50
GS5620	ALL	0.75	V-0	-	-	-	-	-	50	50	50

3-5 PES の化学的安定性

- スミカエクスル PES は、加水分解を起こしません。
- 強酸には侵される場合がありますので注意を要します。
- スミカエクスル PES は非晶性ポリマーの中では、耐薬品性に優れますが、使用条件に応じて注意が必要です。ある種の有機薬品、特にケトン、エステルにより、ストレスクラッキングを受けます。さらに、ジメチルスルホキシド (DMSO)、芳香族アミン、ニトロベンゼン、およびある種の塩素化炭化水素 (ジクロロメタン、クロロホルムなど) のような極性の強い溶剤には溶解します。
- 脂肪族炭化水素、アルコール、ある種の塩素化炭素水素、一部の芳香族薬品、オイル類、グリースには優れた耐性を持ちます。また使用条件次第では、たいていの漂白剤、殺菌剤の影響を受けません。
- 実用にあたっては、実成形品での評価が必要になります。

アニーリング

成形品中の残留応力はアニーリングによって緩和することができ、耐薬品性の向上に効果があります。このことはトルエンあるいはメチルエチルケトン (MEK) に浸漬すれば容易に確認できます。

耐熱水性

加水分解を起こさず、160℃の熱水、スチーム下でも適用できます。ただし、吸水に伴う特性変化に注意が必要です。

表 3-5-1 熱水中、荷重下での耐性 (熱水 90℃)

		応力 (MPa)				
		13	20	26	33	40
スミカエクスル PES	4100G	R56.5	R20.2	R15.3	R12.5	-
	4800G	989.6	R65.5	R18.7	-	-
	4101GL30 (GF30%)	-	-	987.3	732.5	R25.5
PPS (GF40%)		-	-	R130	R87	-

表中 [R=Ruptured、数字は経過時間]

4100G は、13MPa の荷重下では、56.5 時間でクラック発生。

4101GL30 は、26MPa の荷重下では、987.3 時間まで問題なし (987.3 時間でクラックが発生することを意味しません)

表 3-5-2 140℃での耐熱水性 (4100G)

期間 (週)	引張強度 (MPa)	変化率 (%)	シャルピー衝撃強度 (kJ/m ²)	変化率 (%)
コントロール	81	100	39	100
2	88	108	18	46
7	93	114	14	35
14	92	113	14	34
29	81	100	14	37
42	84	104	15	39

● 140℃でのスチーム滅菌

スミカエクスル PES を 140℃で 24 時間スチーム滅菌をしても、引張強度はなんら変化を示しません。重量増加は 1% です。

※4100G よりも高分子量である 4800G の方が苛酷な条件の熱水に耐えます。

耐薬品性

ガソリン、エンジンオイルなどのオイル、グリース類、およびクロロセン、フロンなどの洗浄溶剤に耐えます。ただし、アセトン、クロロホルムなどの極性溶剤には侵されますので、使用にあたっては注意が必要です。一方、耐ストレスクラッキング性は、非晶性ポリマーの中で、最も優れています。また、高温下でもアルカリ、酸に耐性があります。

表 3-5-3 耐薬品性、耐ストレスクラッキング性

	浸漬試験	耐ストレスクラッキング試験	
	4800G	4800G	ポリスルホン
アンモニア	A	-	-
50%苛性ソーダ	A	-	-
濃塩酸	A	-	-
10%硝酸	A	-	-
濃硝酸	C	-	-
過酸化水素水	A	-	-
ベンゼン	A	a	c
キシレン	B	a	c
アセトン	C	c	c
メチルエチルケトン	C	c	c
ヘプタン	A	a	a
シクロヘキサン	A	a	a
グリセリン	A	a	a
エチレングリコール	A	a	a
四塩化炭素	A	a	a
ガソリン	A	a	b
酢酸エチル	C	b	c

A: 影響なし。
 B: 若干影響あり。
 C: 使用に耐えない。
 a: 荷重が余程大きい場合を除いて使用しうる。
 b: 荷重が小さい場合のみ使用しうる。
 c: 使用に耐えない。

表 3-5-4 無機薬品に浸漬した場合の重量および引張強度の変化

薬品名	グレード	温度(℃)	重量変化		引張強度変化(%)					備考
			浸漬時間 (日)	重量変化 (%)	浸漬時間(日)					
					14	30	90	180	360	
水	4100G	室温	1	0.43	-	-17.7	-16.6	-21.1	-	-
水	4100G	50	-	-	-	-13.5	-13.1	-17.7	-	-
水	4100G	100	-	-	7.0	7.4	9.8	9.2	9.5	-
10%塩酸	4100G	室温	180	1.95	-15.6	-14.9	-17.8	-21.1	-	-
濃塩酸	4100G	室温	180	2.19	-	-6.3	-12.2	-21.1	-	-
15%塩酸	4100G	90	-	-	-	-	-40.0	-49.0	-53.0	かなりクレーズ発生
10%硫酸	4100G	室温	180	1.82	-	-13.2	-17.7	-23.4	-	-
50%硫酸	4100G	60	14	-0.39	6.3	-	-	-	-	-
50%硫酸	4101GL30	60	14	-0.20	-	-	-	-	-	-
濃硫酸	4100G	室温	-	-	-	-	-	-	-	溶解
25%硫酸	4100G	90	-	-	-	-	2.0	3.0	7.0	-
40%硫酸	4100G	60	14	-0.55	-	-	-	-	-	-
40%磷酸										
40%硫酸	4101GL30	60	14	-0.37	-	-	-	-	-	-
40%磷酸										
10%硫酸	4100G	室温	180	2.27	-	-	-	-	-	-
濃硝酸	4100G	室温	-	-	-	-	-	-	-	溶解
5%硝酸	4100G	90	-	-	-	-	0.0	-29.0	-24.0	わずかにクレーズ
10%苛性ソーダ	4100G	室温	180	1.79	-	-13.9	-18.2	-22.3	-	-
飽和苛性ソーダ	4100G	室温	180	0.82	-	-4.8	-11.0	-14.2	-	-
5%苛性ソーダ	4100G	90	-	-	-	-	3.0	2.0	6.1	-
飽和塩化カリ	4100G	室温	120	1.46	-	-	-	-	-	-
飽和次亜塩素酸ソーダ	4100G	室温	180	1.42	-	-9.8	-15.8	-19.6	-	-
25%飽和次亜塩素酸ソーダ	4100G	90	-	-	-	-10.0	-9.0	-6.0	-	-
10%水酸化アンモニウム	4100G	室温	120	1.63	-	-	-	-	-	-
過酸化水素水	4100G	室温	120	2.52	-	-9.8	-	-	-	-
塩素化臭素水(PH4)	4100G	90	30	0.33	-	-1.0	-	-	-	-
5%みょうばん	4100G	90	-	-	-	-	-8.0	-11.0	-12.0	わずかにクレーズ
亜硫酸ガス	4100G	室温	180	8.49	-	-15.0	-	-34.0	-	-
二酸化窒素	4100G	室温	180	1.19	-	-4.5	-	-4.5	-	-
六弗化硫黄	4100G	室温	30	-0.11	-	2.4	-	-	-	-
塩素	4100G	室温	28	0.47	-	-62.8	-	-	-	クラック発生

耐有機薬品

耐ストレスクラッキング性

引張衝撃試験片 (1.6mm 厚) に一定荷重をかけ、各薬品に最大 20 分間浸漬した後の試験片の状態を凡例に従い示します。

表 3-5-5 耐ストレスクラッキング性

	応力 10MPa						応力 19MPa					
	ポリエーテルスルホン			ポリスルホン	ポリカーボネート	変性 PPO	ポリエーテルスルホン			ポリスルホン	ポリカーボネート	変性 PPO
	4100G	4800G	4101GL30	非強化	非強化	非強化	4100G	4800G	4101GL30	非強化	非強化	非強化
アセトン	R1S	R4S	○	R2S	R1S	○	R1S	R3S	○	R2S	R1S	○
メチルエチルケトン	R1S	R2S	○	R1S	○	R18	R1S	R1S	○	R1S	R5	R20S
シクロヘキサノン	R1S	R19S	○	○	○	D	R1S	R5S	○	D	D	D
ベンゼン	C20	○	○	R1S	R4	D	R2	C20	○	R1S	R3	D
トルエン	○	○	○	R1S	R11	D	R6	C20	○	R1S	R3	D
キシレン	○	○	○	R4S	R15	D	○	○	○	R2S	R11	D
トリクロロエチレン	C20	C20	○	D	○	D	R6	R11	○	D	R17	D
1.1.1-トリクロロエタン(クロロセン)	○	○	○	R8S	R3	D	○	○	○	R3S	R1	D
四塩化炭素	○	○	○	SLC20	R6S	D	○	○	○	R3	R3S	D
1.2-ジクロロエタン	R1S	R1S	○	D	D	D	R1S	R1S	○	D	D	D
パークロロエチレン	○	○	○	C20	R1S	D	○	○	○	R8	R1S	D
クロロホルム	R1S	R1S	○	D	D	D	R1S	R1S	○	D	D	D
トリクロロフルオロエタン(フロン)	○	○	○	○	○	D	○	○	○	○	○	D
メタノール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
エタノール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
n-ブタノール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	C20	C20	○
エチレングリコール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2-エトキシエタノール	C20	SLC20	○	C20	R17	○	C20	C20	○	C20	R10	○
プロパン-1,2-ジオール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヘプタン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SLC20	R19
酢酸エチル	R31S	C20	○	R3S	○	○	R17S	R7	○	R1S	R4	○
ジエチルエーテル	C20	S1.C20	○	C20	R1	○	C20	C20	○	R7	R1	R15
二酸化炭素	○	○	○	R8S	R1S	D	○	○	○	R5S	R1S	D
ガソリン	○	○	○	○	C20	○	○	○	○	C20	R3	R1
軽油	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(凡例) ○ …………… 試験片が 20 分間浸漬後も全く変化しなかった。
 C20 …………… 20 分間浸漬後、クレージングが起こった。
 SLC20 …… 20 分間浸漬後、わずかにクレージングが起こった。

R8 …………… 8 分間浸漬後、割れた。
 R2S …………… 2 秒浸漬後、割れた。
 D …………… 試験片が溶解した。

溶解性

スミカエクスル PES は極性ポリマーなので極性溶媒に溶けます。スミカエクスル PES の溶解性は、塗料・コート用途、溶剤接着において重要です。スミカエクスル PES の溶剤には、ジメチルスルホキシド、N,N-ジメチルホルムアミド、N-メチルピロリドン、ジメチルアセトアミドなどがあります。

有機薬品による重量変化、引張強度変化

種々の有機薬品に浸漬した場合の重量変化を表 3-5-6 に示します。非溶媒に対しては浸漬温度、時間により、-0.5 ～ 2%の重量変化を起しますが、寸法は変化しません。一部溶剤に対しては一般に軟化、膨潤し、重量は著しく増大します。

表 3-5-6 有機薬品に浸漬した場合の重量および引張強度の変化

商品名	グレード	温度 (℃)	重量変化		引張強度変化					備考
			浸漬時間 (日)	重量変化 (%)	浸漬時間(日)					
					7	30	90	180	360	
25%酢酸	4100G	90	-	-	-	-	-3.00	-27.00	-42.00	360 日ではクレーズ発生
氷酢酸		室温	30	0.31	-	-	-	-	-	-
5%フェノール		室温	90	6.66	-29.70	-35.70	-45.80	-	-	-
無水ヒドラジン		室温	14	3.50	-	-	-	-	-	軟化
ベンゼン		室温	180	1.48	-3.20	-3.10	-8.60	-13.50	-	-
キシレン		室温	7	0.49	-	-	-	-	-	-
ヘプタン		室温	180	0.21	-0.80	-1.00	-5.80	-10.00	-	-
シクロヘキサン		室温	120	0.12	-	-	-	-	-	-
メタノール		室温	14	2.09	-	-	-	-	-	-
エタノール		室温	180	1,46	-2.20	-5.00	-13.60	-18.70	-	-
エチレングリコール		室温	120	0.53	-	-	-	-	-	-
プロピレングリコール		100	14	-0.36	-	-	-	-	-	-
グリセリン		150	14	0.06	-	-	-	-	-	-
ホワイトスピリット		130	7	-0.51	+21.90	-	-	-	-	わずかにクラック
酢酸エチル		室温	60	10.70	-	-	-	-	-	軟化
酢酸アミル		室温	120	-0.08	-	-	-	-	-	-
ジエチルエーテル		室温	120	2.91	-	-	-	-	-	-
四塩化炭素		室温	180	0.44	-0.40	-0.30	-6.40	-11.30	-	-
1,1,1-トリクロロエタン (クロロセン)		室温	120	1.01	-10.20	-19.20	-32.80	-51.60	-	-
Genklene		室温	120	1.13	-	-	-	-	-	-
パークレン		室温	120	0.78	-	-	-	-	-	-
North Sea Gas		室温	180	0.01	-	-0.34	-	0.20	-	-
エチレンオキシド		室温	190	7.59	-	-14.00	-	-39.10	-	140kg/cm ² の応力下ではクラック
プロピレンガス		室温	180	0.21	-	-	-	-0.11	-	-

洗浄溶剤

特に塗装または接着などを行う際に、成形品表面のグリース、オイル、離型剤の除去がしばしば必要になります。その際には、アセトン、メチルエチルケトンなどの洗浄溶剤の使用は避けてください。下表に 4100G への洗浄溶剤の影響を示します。

表 3-5-7 洗浄溶剤の影響 (4100G)

洗浄溶剤(還流下)	時間(分)	硬度(初期値 =98)	重量増加 (%)
Arklone P	2	98	0
	10	98	0
	30	98	0
Arklone L	2	98	0
	10	98	0
	30	98	0
Genklene	2	98	0
	10	98	0
	30	98	0
Trinklone A	2	98	0
	10	98	1
	30	98	1
Trinklone N	2	98	1
	10	表面にクラック発生	1
	30	表面にクラック発生	2
パークロロエチレン	2	98	0
	10	98	0
	30	98	0
塩化メチレン	2	98	3
	10	溶解	
	30	溶解	

耐オイル、耐ガソリン、耐トランスミッションオイル性

表 3-5-8 オイル、ガソリン中での重量変化(4100G)

環境	浸漬時間(日)	温度(℃)	重量変化(%)
亜麻仁油	180	室温	0.63
Deep Frying Oil	2	180	-0.10
シリコンオイル(ICI 190)	180	室温	0.37
Veedol ATF 3433(トランスミッションオイル)	365	130	0.38
Castrol ATF	90	160	-0.55
Shell Diala トランスオイル	180	室温	0.30
Castrol ATF Solvent flushing Oil	90	室温	0.50
Duckhamz 20/50 oil	90	160	2.84
Gunk	90	室温	0.55
98 オクタンガソリン	180	室温	0.60
3 Star ガソリン	90	室温	0.20
ASTMII Oil	7	室温	0

図 3-5-1 トランスミッションオイル中での機械的性質の変化(4100G)

保持率(%)

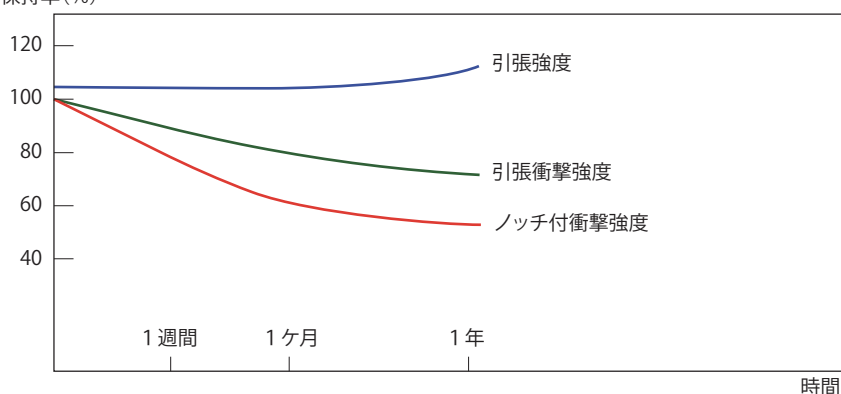


表 3-5-9 ガソリン中での耐ストレスクラッキング性(室温)

グレード	環境	応力(MPa)			
		9	19	28	37
4100G	ディーゼルガソリン	20	20	20	20
4100G	97 オクタンガソリン	20	20	SLC20	C20
4100G	100 オクタンガソリン	20	R270h	C20	R19
4100G	パラフィン	2110h	2110h	2110h	2110h
4101GL30	97 オクタンガソリン	20	20	20	20
4101GL30	100 オクタンガソリン	360h	360h	20	20

R : クラック
C : クレーズ発生
SLC : わずかにクレーズ発生
h : 時間 特に単位のないものは分
(凡例) 20 : 20 分間問題なし
R270h : 270 時間でクラック発生
2110h : 2110 時間まで問題なし

表 3-5-10 オイル(Vactralite Oil)中での耐ストレスクラッキング性(100℃)

グレード	ノッチ半径 (mm)	応力(MPa)					
		5	10	20	25	30	40
4100G	0.01	2000h	R150h	-	-	-	-
4100G	0.25	2300h	R110h	-	-	-	-
4100G	0.50	-	1450h	R330h	-	-	-
4100G	1.00	-	2000h	2000h	-	3000h	R790h
4100G	2.50*	-	-	2300h	-	2000h	R700h
4101GL20	0.50	-	-	-	1632h	R460h	R160h

*モールドノッチ
(*印のないものはマシンノッチ)
(凡例) 20 : 20 分間問題なし
R270h : 270 時間でクラック発生
2110h : 2110 時間まで問題なし

表 3-5-11 タービン・オイル中での耐ストレスクラッキング性(160℃)

グレード	オイル	ノッチ半径 (mm)	応力(MPa)			
			10	20	30	40
4800G	Aeroshell 555	2.5	3000h	R1h	-	-
4101GL20	Aeroshell 555	0.5*	250h	R3h	-	-
4101GL30	Aeroshell 555	2.5	-	3700h	-	-
4800G	Esso Turbo 2380	2.5	3200h	-	-	-
4101GL30	Esso Turbo 2380	2.5	-	-	1650h	R2h
4800G	Esso Turbo 2389	2.5	1400h	R20h	-	-

*モールドノッチ
(*印のないものはマシンノッチ)
(凡例) 20 : 20 分間問題なし
R270h : 270 時間でクラック発生
2110h : 2110 時間まで問題なし

表 3-5-12 オイルの機械的性質に及ぼす影響 (4800G)

オイルタイプ		温度(℃)	浸漬時間(週)					
			2	4	6	16	32	52
ミネラルオイル		100	+	+	+	+	+	+
		120	+	+	+	+	0	0
		140	+	0	0	0	0	
合成炭化水素油		100	+	+	+	+	0	0
		120	+	+	+	+	0	0
		140	0	0	0	0	-	
シリコーンオイル	ジメチル	120	+	+	+	+	0	0
		160	+	0	0	0	0	0
	メチルフェニル	120	+	+	+	+	+	+
		140	+	+	+	0	0	
		160	+	0	0	0	0	0
		180	+	0	-	-	-	-
	クロロフェニル	160	0	0	0	0	0	0
		180	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-
エステルオイル	ジエステル	120	+	+	+	+	0	0
		120	+	+	0	0	-	-
	ポリエステル	160	0	0	-	-	-	-
		180	0	-	-	-	-	-
ポリグリコールオイル		100	+	+	+	+	+	+
		120	+	+	+	0	0	0
		140	0	0	0	0	0	
フッ化アルキルエーテルオイル		180	0	0	0	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-
水性オイルエマルジョン		80	0	0	0	0	-	-
ミネラルベースオイル + シックナー								
a) カルシウム石鹸		80	+	+	0	0	0	0
b) リチウム石鹸		120	+	0	0	-	-	-
c) リチウム鉛石鹸		120	0	0	0	0	-	-
d) カルシウムコンプレックス石鹸		120	+	+	+	+	+	-
e) ナトリウム合成石鹸		120	0	0	0	-	-	-
f) ポリ尿素		120	0	0	0	0	-	-
ジエステル + リチウム石鹸		120	+	+	+	+	0	0
シリコーンベースオイル								
ジメチル + 変性アミド		120	+	0	0	0	0	0
メチルフェニル + リチウム石鹸		120	+	+	+	+	0	0
		140	+	+	+	+		
		160	+	+	0	0		

(凡例)
+ 耐性 優 保持率 75%以上
0 良 50%以上
- 不可 50%未満

表 3-5-13 種々のタービン・オイル中で一定変形を与えた場合の耐ストレスクラッキング性 (4800G)

オイル	温度			
	室温	150℃	160℃	
			変形量	
			3%	2%
Aeroshell 500	0.05	R5	0.15	15
Aeroshell 555	5	R5	15*	15
Aeroshell 750	5	R5	15	-
Castrol 580	5	R5	15	-
Esso Turbo 25	5	R5	25	-
Esso Turbo 274	5	R5	R25**	15
Esso Turbo 2380	5	R5	R25**	15
Esso Turbo 2389	5	R5	-	-

20 : 20 分間問題無し
(凡例) * 表面のクラックは樹脂の流れ方向に平行。
** 15 分ではクラックは発生しなかった。

耐漂白剤、滅菌液

スミカエクセル PES は高濃度でない限り、たいていの漂白剤および滅菌液の影響を受けません。滅菌液に浸漬後、スミカエクセル PES 成形品を引き続いてスチーム滅菌または乾熱滅菌する場合には、十分に水で洗浄しなければなりません。

表 3-5-14 漂白剤、滅菌液の影響 (4100G)

溶液	重量変化 (%)	引張強度変化 (%)
10% Lissapol N	1.46	-11.6
2% Ivisol	1.35	-14.6
0.5% Gevisol	1.40	-14.8
2% Instrusan	1.42	-15.6
1% Bentenol	1.30	-13.6
1% Soilay 901-SD	1.36	-14.7
家庭用漂白剤	1.27	-

浸漬条件：室温 1 カ月

3-6 PESの電氣的性質

スミカエクスル PES は耐熱性の電気絶縁材料であり、200℃を越える高温まで誘電率、誘電正接、絶縁抵抗に優れた特性を維持しています。

誘電率

スミカエクスル PES の誘電率は 60Hz ～ 1GHz にわたって一定であり、成形品が吸水している場合でも少し高くなる程度です。

図 3-6-1 誘電率の温度依存性

誘電率

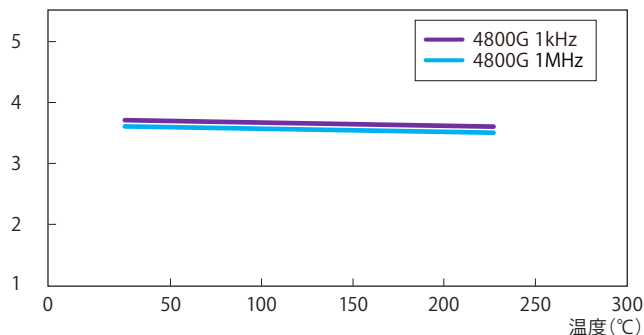
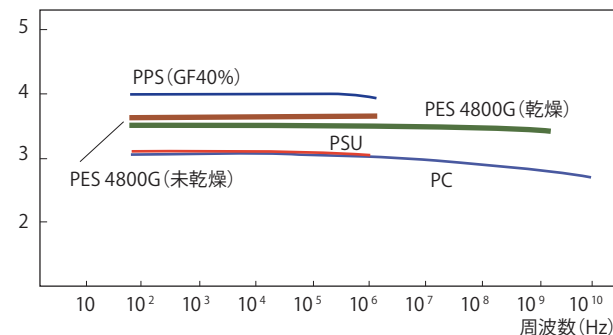


図 3-6-2 誘電率の周波数依存性

誘電率



誘電正接

スミカエクスル PES の誘電正接は 20 ～ 150℃の温度範囲でほぼ 0.001 程度と低い値で安定しています。誘電正接の周波数依存性では 10GHz でも 0.003 程度です。

図 3-6-3 誘電正接の温度依存性 (60Hz)

誘電正接 (—)

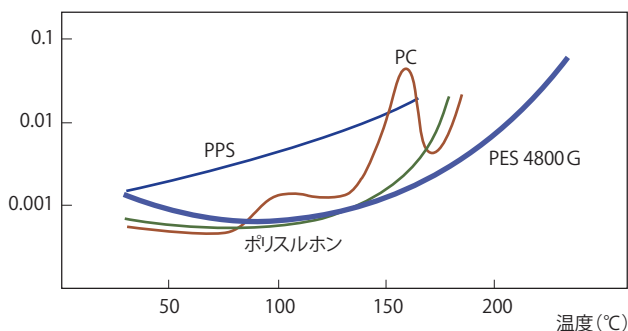
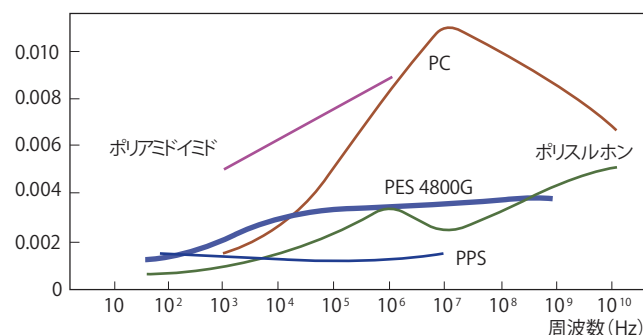


図 3-6-4 誘電正接の周波数依存性 (室温)

誘電正接 (—)

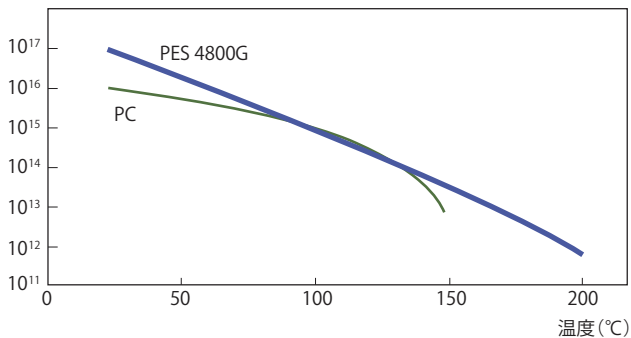


体積固有抵抗

スミカエクスル PES の体積固有抵抗は 200℃においても $10^{11} \Omega \cdot m$ と高い値を有しています。

図 3-6-5 体積固有抵抗の温度依存性 (分極時間 1000sec)

体積固有抵抗 ($\Omega \cdot m$)

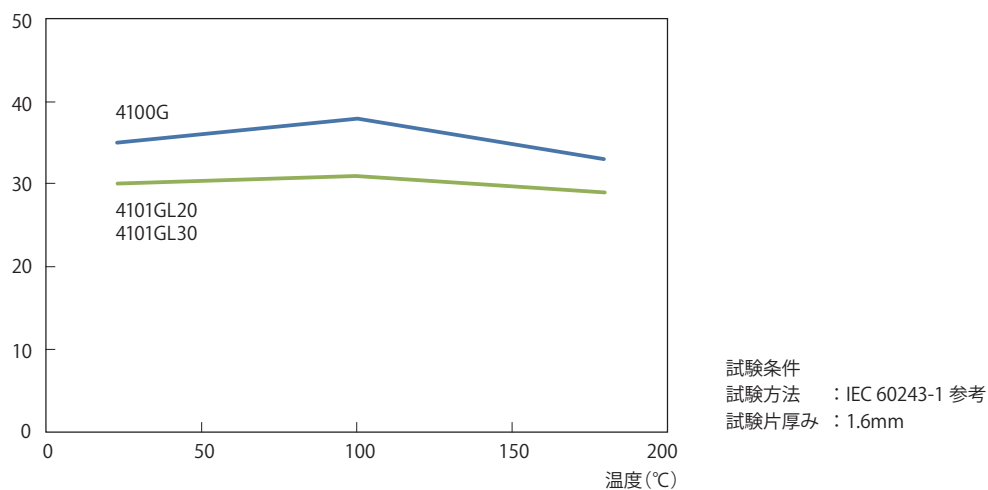


絶縁性

スミカエクスル PES は高い絶縁性を示し、温度が高くなった場合でも絶縁性はほとんど低下しません。

図 3-6-6 スミカエクスル PES の絶縁破壊強さの温度依存性

絶縁破壊強さ (kV/mm)



3-7 PES の摺動性

試験法

摺動特性の評価試験方法は種々の方法があり、適切な方法は用途・状況により異なります。樹脂の基本的な摺動特性を評価する装置として、鈴木式摩耗試験機、Pin-on-Disk 型摩耗試験機、スラスト型摩耗試験機 (アムスラー型など) などが挙げられます。

限界 PV 値

限界 PV 値 (荷重圧力 × 速度) とは、材料の摺動表面が摩擦発熱によって変形もしくは熔融する限界を表します。従って、限界 PV 値以上の条件では摩擦・摩耗共に著しく大きくなり、使用できなくなります。限界 PV 値は、耐熱性の高い樹脂ほど高くなります。実用的には限界 PV 値の約 50 ~ 60% 以下で使用する必要があります。

摩擦特性

摩擦特性を示す指標としては、静摩擦係数 (μ_s) と動摩擦係数 (μ_D) があります。ともにフッ素樹脂系の摺動材が最も小さな摩擦係数を示すといわれています。

μ_s は起動時の摩擦抵抗を表します。静止—運動が繰り返される用途に対しては、 μ_s は小さく、安定していることが重要です。また、成形直後の μ_s と初期摩耗後の μ_s では異なります。

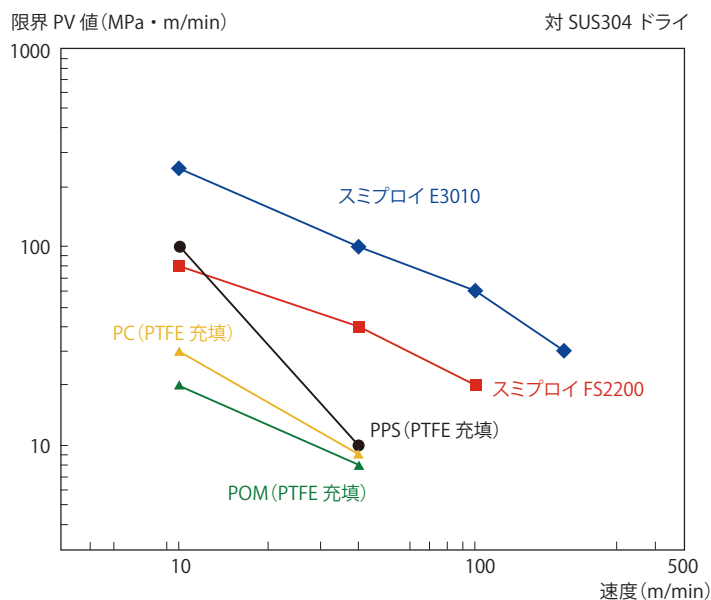
非強化系摺動グレードの摺動特性

強化繊維を含まない非強化系摺動グレードとしては、スミプロイ E3010 およびスミプロイ FS2200 があります。これらは相手材が SUS やアルミのような軟質金属でも、ドライ状態で相手材を非常に傷つけにくいという特長を有しています。

限界 PV 値

図 3-7-1 は、E3010 および FS2200 の限界 PV 値の速度依存性を他のエンブラ摺動グレードと比較して示したものです。比較摺動材に比して、いずれもかなり高い限界 PV 値を有していることを示しています。

図 3-7-1 非強化系摺動グレードの限界 PV 値の速度依存性



摩擦特性

E3010 は射出成形用摺動材の中ではドライ状態で最も小さな静止摩擦係数を示す材料の一つです。E3010 は摩耗後も初期の静止摩擦係数が維持され、長時間にわたって安定しています。

摩耗特性

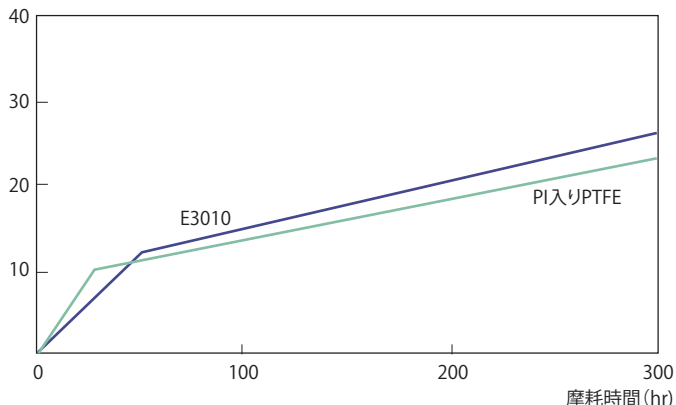
表 3-7-1 にスミプロイ摺動グレードの摩擦摩耗特性を、他の汎用エンブラの摺動グレードと比較して示します。低～高 PV 値にわたって安定した耐摩耗性を有していることが分かります。図 3-7-2 に $P=0.6\text{MPa}$ 、 $V=40\text{m/min}$ としたときの E3010 の摩耗量と時間との関係を示します。充填材入りフッ素樹脂に比較して初期摩耗が小さいという特長があります。また、ポリイミド入りフッ素樹脂と比較しても遜色ありません。

表 3-7-1 非強化系摺動グレードの摩擦摩耗特性 (スラスト型試験機)

測定条件			サンプル	動摩擦係数 μ_D	累積摩擦量 $\Delta W(\mu)$	摩耗係数 K (mm/km・MPa)	相手材摩耗量 (mg)
圧力 P (MPa)	速度 V (m/min)	相手材					
1	10	SUS304	E3010	0.16	3.5	1.2×10^{-6}	移着
			FS2200	0.12 ~ 0.30	11	3.8×10^{-6}	0.27
			PTFE 充填 PC	0.12 ~ 0.31	95	33.3×10^{-6}	0.13
			PTFE 充填 POM	0.13	8.7	3.0×10^{-6}	0.10
0.6	40	SUS304	E3010	0.18	11	1.6×10^{-6}	0.01
			FS2200	0.14 ~ 0.21	133	19.2×10^{-6}	0.16
			CF/PTFE 充填 PPS	0.40	132	19.2×10^{-6}	13.6
			PTFE 充填 PC PTFE 充填 POM	限界 PV 値以上 (数分以内で溶融)			
0.1	100	SKH-2	E3010	0.24	5.7	2.0×10^{-6}	0.16
			FS2200	0.29	85	29.5×10^{-6}	0.14
			CF/PTFE 充填 PPS	0.81	90	31.3×10^{-6}	10.5
0.2	100	SKH-2	E3010	0.22	5.4	0.9×10^{-6}	0.24
			CF/PTFE 充填 PPS	0.53	168	29.2×10^{-6}	4.30

図 3-7-2 非強化系摺動グレードの摩擦・摩耗特性

P=0.6MPa V=40m/min 相手材: SUS304

摩耗量 (μm)

繊維強化系摺動グレードの摺動特性

CS5220、CS5530、CK3420 は炭素繊維、無機フィラーなどの強化グレードです。寸法安定や機械強度・剛性に優れており、熱膨張係数も小さく、かつ PV 値の大きい苛酷な条件でも使用できるという特長を有しています。摩擦係数がやや大きく、また若干の変動がありますが、相手材金属に硬度の高い材質のものをを用いること、材質表面に硬化処理を施すこと、あるいは潤滑油と併用することによって各種の用途に特長を活かした使い方が可能となります。ただし、これらの系では SUS やアルミなどの軟質金属を損傷する場合がありますので注意が必要です。

スミブロイ繊維強化系グレードの限界 PV 値

表 3-7-2 に繊維強化系グレードであるスミブロイ CK3420 の限界 PV 値を示します。

表 3-7-2 繊維強化系摺動グレードの限界 PV 値

単位: MPa・m/min

	CK3420
V = 40m/min	160
V = 100m/min	100

相手材: SKH-2、室温 -DRY

スミブロイ繊維強化系グレードの摩擦・摩耗特性

速度を V=40m/min、100m/min の場合の動摩擦係数 μ_D の PV 値依存性を下記に示します。各グレードとも高 PV 値(高荷重)では 0.1 ~ 0.2 の小さな値を示しますが、低 PV 値(低荷重)では摩擦係数は大きくなります。したがって、高荷重・高速用の摺動材として適しています。

なお、これら繊維強化系グレードの耐摩耗性は、非強化系摺動グレードと比較して、あまりよくありません。表 3-7-3 に摩擦・摩耗特性の一例をまとめて示します。

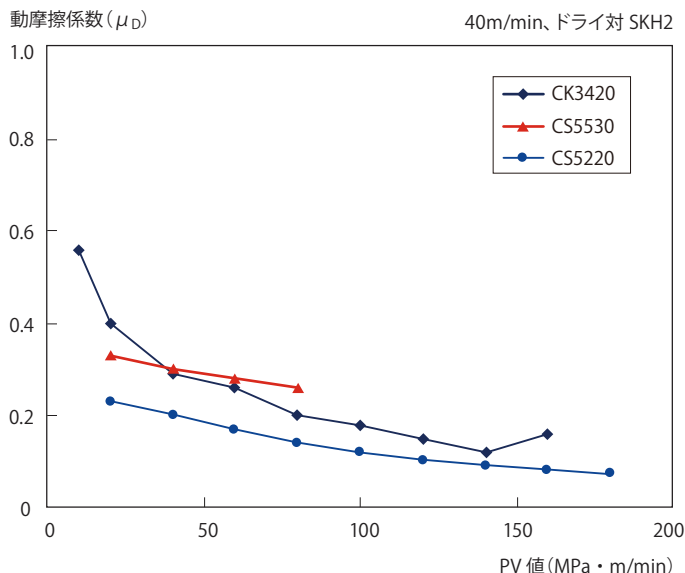
表 3-7-3 繊維強化系摺動グレードの摩擦・摩耗特性

摺動条件	項目	CK3420
P = 0.6MPa V = 40m/min 室温 -DRY	摩擦係数	0.81
	摩耗係数 (mm/km/MPa)	45×10^{-6}
	相手材重量変化 (mg)*	+1.9
P = 0.2MPa V = 100m/min 室温 -DRY	摩擦係数	1.00
	摩耗係数 (mm/km/MPa)	36×10^{-6}
	相手材重量変化 (mg)*	+0.2

相手材: SKH-2、摺動時間: 48hr

*: +は移着を表す。

図 3-7-3 動摩擦係数と PV の関係

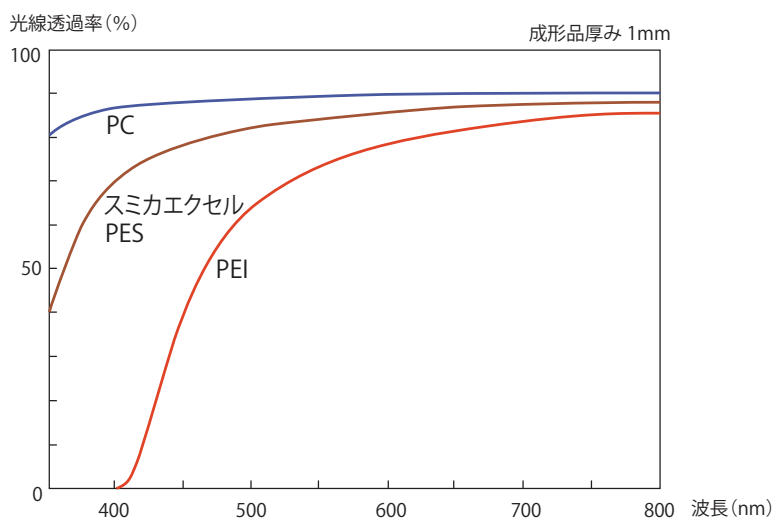


3-8 PES のその他特性

光線透過率

スミカエクスル PES は、やや黄色味を帯びた透明な樹脂であり、耐熱エンブラの中では、曇価が小さく、優れたレベルの光線透過率を有しています。

図 3-8-1 スミカエクスル PES の光線透過率



屈折率

スミカエクスル PES の屈折率を示します。PES の屈折率は大きいことから、レンズへの応用などで大きな利点となります。

表 3-8-1 スミカエクスル PES の屈折率

波長 (nm)	屈折率
544 (緑)	1.6677
589 (オレンジ)	1.6525
633 (赤)	1.6428
670 (赤)	1.6366

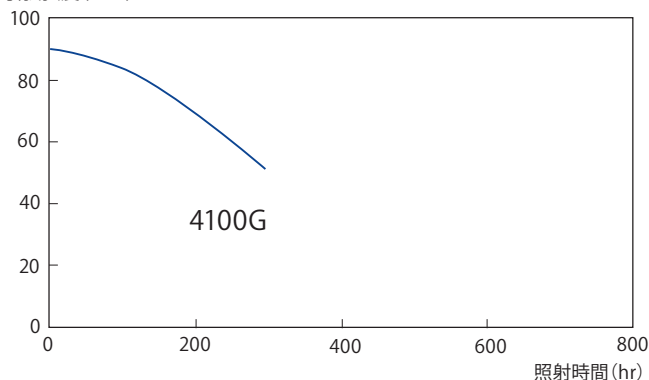
グレード：スミカエクスル 4100G
測定温度：23℃

耐候性

スミカエクスル PES は他のスルホン系樹脂と同様に耐候性は良好ではありません。紫外線によりポリマーの表面から劣化が起こります。また、黒色を使用することで強度の低下を抑え、屋外での使用が可能な場合があります。

図 3-8-2 スミカエクスル PES の耐候性

引張強度 (MPa)



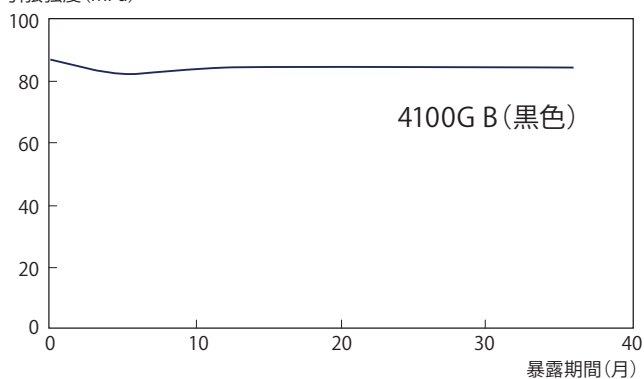
耐候性試験条件

試験装置: 紫外線カーボンアーク式ウェザーメーター

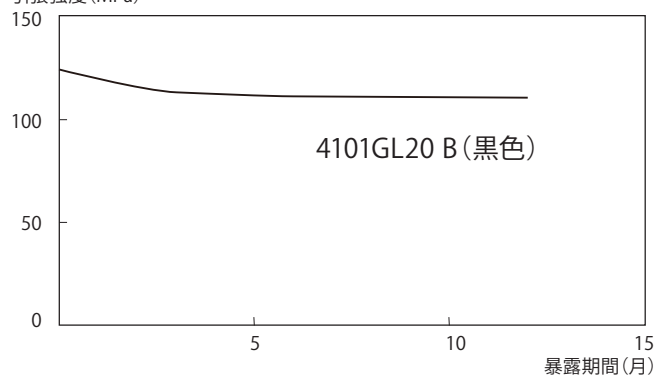
ブラックパネル温度: 63±3℃

水噴霧: 120分サイクル (108分間 照射のみ → 12分間 照射+噴霧)

引張強度 (MPa)



引張強度 (MPa)



CAE 解析用データ

CAE (Computer-Aided Engineering) 解析ではコンピューター上に疑似的に再現した製品の設計問題を評価 (シミュレーション) することができます。CAE に必要となる技術データの一部を下表に示します。下記のデータは、流動解析用に測定したデータとなります。CAE 解析にあたり、詳細な技術データが必要な場合は、弊社担当までお問合せください。

表 3-8-2 スミカエクスル PES の特性

	テスト方法	単位	非強化	ガラス繊維強化	
			3600G 4100G 4800G	3601GL20 4101GL20	3601GL30 4101GL30
比熱	ASTM E1269	J/(kg·K)	963	847	788
熱伝導度	ISO 22007-2	W/(m·K)	0.16	0.28	0.24
ヤング率 (MD)	ASTM D638	MPa	2,650	6,600	8,900
ヤング率 (TD)	ASTM D638	MPa	2,650	4,300	5,000
ポアソン比 (MD)	ASTM D638	-	0.40	0.40	0.41
ポアソン比 (TD)	ASTM D638	-	0.40	0.47	0.49
線膨張係数 (MD)	ISO 11359-2	10 ⁻⁵ /K	4.9	2.4	2.1
線膨張係数 (TD)	ISO 11359-2	10 ⁻⁵ /K	4.9	4.7	4.5

4. PES の射出成形

4-1 PES の射出成形条件

成形条件

スミカエクスル PES とスミプロイの標準的な成形条件を示します。

表 4-1-1 スミカエクスル PES の標準的な成形条件

グレード		3600G 4100G		4800G		3601GL20 / 3601GL30 4101GL20 / 4101GL30 ES5340	
		推奨条件	条件範囲	推奨条件	条件範囲	推奨条件	条件範囲
乾燥温度 (°C)		160 ~ 180		160 ~ 180		160 ~ 180	
乾燥時間 (hr)		5 ~ 24		5 ~ 24		5 ~ 24	
シリンダ温度 (°C)	後部	320	300 ~ 340	320	320 ~ 340	320	300 ~ 340
	中央部	340	320 ~ 370	340	330 ~ 370	340	320 ~ 370
	前部	350	330 ~ 380	360	340 ~ 390	350	330 ~ 380
	ノズル	350	330 ~ 380	360	340 ~ 390	350	330 ~ 380
最適な樹脂温度 (°C)		350	350 ~ 360	360	350 ~ 370	350	350 ~ 360
金型温度 (°C)		140 ~ 180	120 ~ 180	140 ~ 180	120 ~ 180	140 ~ 180	120 ~ 180
射出圧力 (MPa)		100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200
射出速度		低速	低速~中速	低速	低速~中速	低速	低速~中速
スクリュ回転数 (rpm)		50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100
スクリュ背圧 (MPa)		5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 20	5 ~ 10	5 ~ 10
保持圧力 (MPa)		50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 150	50 ~ 100	50 ~ 100

表 4-1-2 スミプロイの標準的な成形条件

グレード		GS5620 CS5220 / CS5530 / CS5600		E3010 FS2200		CK3400 / CK3420 CK4600	
		推奨条件	条件範囲	推奨条件	条件範囲	推奨条件	条件範囲
乾燥温度 (°C)		160	160 ~ 180	160	160 ~ 180	160	160 ~ 180
乾燥時間 (hr)		8	5 ~ 24	8	5 ~ 24	5	5 ~ 24
シリンダ温度 (°C)	後部	320	320 ~ 340	320	300 ~ 340	380	360 ~ 400
	中央部	340	330 ~ 370	340	320 ~ 370	390	370 ~ 410
	前部	360	340 ~ 390	350	330 ~ 380	390	380 ~ 420
	ノズル	360	340 ~ 390	350	330 ~ 380	400	380 ~ 420
最適な樹脂温度 (°C)		360	340 ~ 390	350	350 ~ 360	400	380 ~ 420
金型温度 (°C)		140 ~ 180	120 ~ 180	140 ~ 180	120 ~ 180	180	120 ~ 180
射出圧力 (MPa)		100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200
射出速度		低速	低速~中速	低速	低速~中速	低速	低速~中速
スクリュ回転数 (rpm)		50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100
スクリュ背圧 (MPa)		5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10
保持圧力 (MPa)		100 ~ 200	50 ~ 200	50 ~ 100	50 ~ 150	100 ~ 200	50 ~ 200

予備乾燥

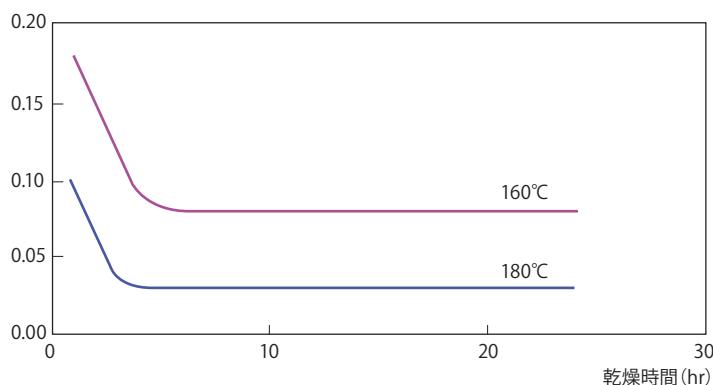
スミカエクスル PES は吸水性があるため、十分乾燥する必要があります。熱風循環式オープン、除湿乾燥機を使用し、160～180℃で5～24時間乾燥してください。棚段式オープンを用いる場合は50mm以下の厚さに広げ乾燥してください。特に大型成形品を成形する際には180℃での乾燥を推奨します。

また、非強化品や大型成形の場合は、除湿乾燥機を使用することをお奨めします。ホッパードライヤを使用する場合は、十分な容量があり熱容量の大きいものが必要です。予備乾燥が不十分な場合、成形品表面にシルバーストリークやフラッシュマーク等が現れることがあります。上記のような現象が発生した場合は、さらに乾燥が必要です。

スミカエクスル PES は加水分解しないため上記の条件下での乾燥による劣化はありません。

図 4-1-1 4100G の乾燥曲線

水分率(%)

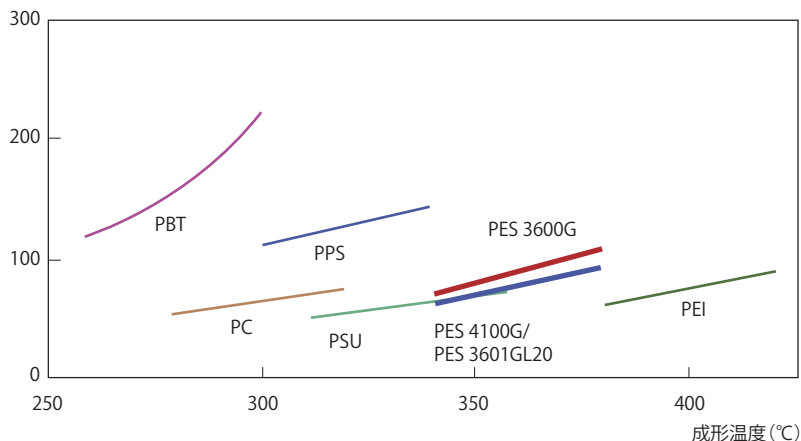


樹脂温度

樹脂温度として330～380℃を推奨します。スミカエクスル PES は熔融粘度が高いため、せん断発熱によりシリンダ温度設定値に比べ樹脂温度が高くなる傾向があり、40℃以上差が生じる場合があります。樹脂温度を確認しながら成形を行う必要があります。

図 4-1-2 PES の流動長 (1mm)

1mm 流動長(mm)



樹脂の滞留時間

シリンダ内に滞留する時間の長さは、射出成形品の品質に大きな影響を与えます。滞留時間は、10 分以下になるようにしてください。滞留時間が長くなると熱劣化を起こす可能性が高くなり、その結果として変色や黒条、あるいは黒点が成形部品に混入したりします。

金型温度

金型温度は表面温度が120～180℃になるように設定してください。また、金型表面の温度分布が小さくなるように設計してください。金型温度が低すぎると、残留応力による成形品の反りやクラック(割れ)が発生します。ガラス繊維強化グレードでは、ガラス繊維の浮き出しの原因になります。金型温度を高く設定することにより、残留応力の少ない成形品が得られます。ただし金型温度が高すぎると、成形品取り出し時の変形の原因となります。

加熱方法としては、ヒータ方式・オイル温調方式のいずれも使用できますが、複雑形状金型、深物金型およびスライドコアのある金型では、オイル温調方式を使用し、金型温度分布をできるだけ小さくしてください。

特に大型成形の場合や非強化品を使用する成形の際には、金型温度に十分な注意を払う必要があります。

射出圧力、保持圧力

一般的にスミカエクセル PES の成形では高い射出圧力が要求され、100 ～ 200MPa の射出圧力が必要です。薄肉成形品やガラス繊維強化グレード、流動長の大きい成形品は、150MPa 以上の射出圧力が必要です。

保持圧力は射出圧力の 1/2 ～ 1/3 に設定することを推奨します。ヒケが発生しない程度に保圧を低めに設定してください。保持圧力が低い方が、残留応力の少ない成形品を得られます。

ピーク圧力や保持圧力が高い程、離型しにくくなる傾向があるため、V-P 切替位置を調節してピーク圧が上昇しすぎないようにしてください。

射出速度

スミカエクセル PES は一般的に低速～中速の射出速度が適していますが、成形品形状により最適な射出速度は異なります。

スミカエクセル PES は熔融粘度が高いため、射出速度が速すぎると、せん断発熱やエアの断熱圧縮によるヤケやシルバーの原因になります。一方、薄肉成形品(1mm 以下)や流動距離の長い成形品では、速い射出速度が必要になります。一般的には射出速度を低速にした方が、残留応力の少ない成形品が得られます。

スクリュ回転数、背圧

せん断発熱による樹脂温度上昇を防ぐため、スクリュ回転数は低速が好ましく、50 ～ 100rpm を推奨します。

適当な背圧をかけることにより、均一な熔融状態となります。背圧は 5 ～ 10MPa が好ましく、分子量の高いグレードは、高めの背圧を設定してください。ただし、高すぎると樹脂の加熱や過負荷等の問題がおこる可能性があります。

成形の一時停止

成形を一時停止する場合には、樹脂の熱劣化を防止するためシリンダ温度は 250 ～ 260℃ に設定してください。樹脂温度が 250℃ 未満になると、スクリュ表面やシリンダ内壁を損傷したり、成形再開後の異物発生の原因になる恐れがあります。長時間停止する場合にはシリンダ内をパージ材でパージしてからシリンダ温度を下げてください。

パージ方法

スミカエクセル PES で使用時のパージ方法について、説明いたします。

パージ材としては、MFR が 0.05 程度の高分子量ポリエチレンまたはポリカーボネート、もしくは、それらのガラス繊維強化グレードが適しています。

- 加工温度が高いため、発煙、ガス噴出、樹脂の飛散等があることを十分に考慮してください。
- パージ材をシリンダ内で滞留させないようにご注意ください。

表 4-1-3 スミカエクセル PES への切り替え

項目		推奨条件
設定	背圧	高め(スクリュがゆっくり後退する程度にしてください。)
	スクリュ回転数	先行樹脂の成形時と同一の回転数にしてください。
洗浄手順	1. 先行樹脂の排出	ホッパー内とシリンダ内の先行樹脂をできる限り排出してください。
	2. パージ材投入とパージ方法	先行樹脂の成形温度のまま、パージ材を投入して十分にパージしてください。 パージ材はポリカーボネートや高分子量ポリエチレンが適しています。洗浄効果を上げるためにガラス繊維強化のパージ材をご使用になる場合には、ノンフィラーパージ材に置換いただいた後に、PES に置換して下さい。 ガラス繊維が残らないように十分ご注意ください。
	3. 温度変更	パージ材を流しながら、PES の成形温度に変更してください。
	4. パージ材排出と PES 投入	PES の成形温度に達した時点でパージ材を十分に排出し、PES を投入してパージしてください。
	5. 成形	PES でパージした後、シリンダー温度が安定したら成形可能になります。

残留応力の確認

スミカエクスル PES は成形品の残留応力により、離型時に割れたり、クラック発生等の不具合が生じます。保持圧力や保圧時間を調整して、ヒケや過充填にならないように最適な条件にしてください。

スミカエクスル PES の射出成形品の残留歪を調べる方法として、以下の方法が使用できます。またこの方法は、最適成形条件の決定手段としても使用できます。

●テスト方法

1. 成形品を室温まで放冷する。
2. 成形品をキシレン中に 90 秒浸せきする。
3. 冷水中で洗浄する。
4. 成形品にクラックがないか良く確認する。
5. クラックがなければ、トルエン中にて同様の試験を行う。以下溶剤を酢酸エチル、メチルエチルケトンの順に変えて行う。
6. クラックが発生したら、その溶剤にて数個の成形品で試験を行い確認する。

表 4-1-4 スミカエクスル PES の残留応力の確認方法 (4100G)

溶剤	残留歪	残留応力
キシレンでクラック発生	1.3～1.5%以上	30～40MPa以上
トルエンでクラック発生	1.0%以上	27MPa以上
酢酸エチルでクラック発生	0.50%以上	14MPa以上
メチルエチルケトンでクラック発生	0.35%以上	10MPa以上

4-2 PES の流動特性

流動性

スミカエクスル PES の流動性は、シリンダ温度、射出圧力および成形品肉厚の増加とともに大幅に向上します。一方、金型温度の影響はあまり大きくありません。離型不良やガラス繊維の浮出し、ウエルド割れが生じた場合は、金型温度を 160℃ 以上にすることを推奨します。

熔融粘度特性

スミカエクスル PES の見掛けの熔融粘度は以下のとおりです。

図 4-2-1 見掛けの熔融粘度の樹脂温度依存性

見掛けの熔融粘度 (Pa・s)

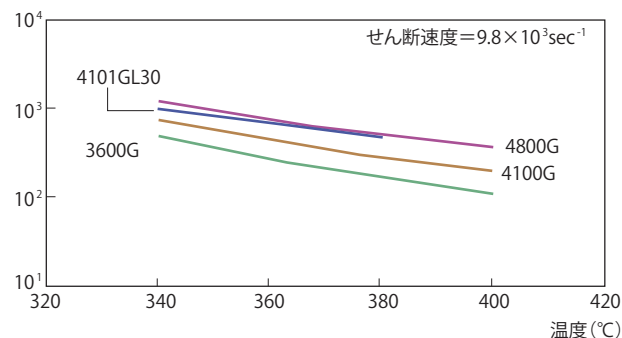
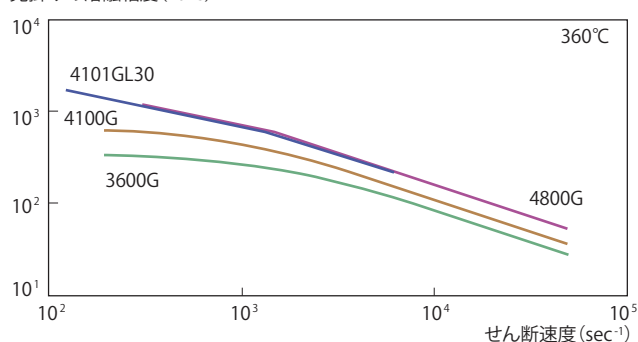


図 4-2-2 見掛けの熔融粘度のせん断速度依存性

見掛けの熔融粘度 (Pa・s)



一般成形

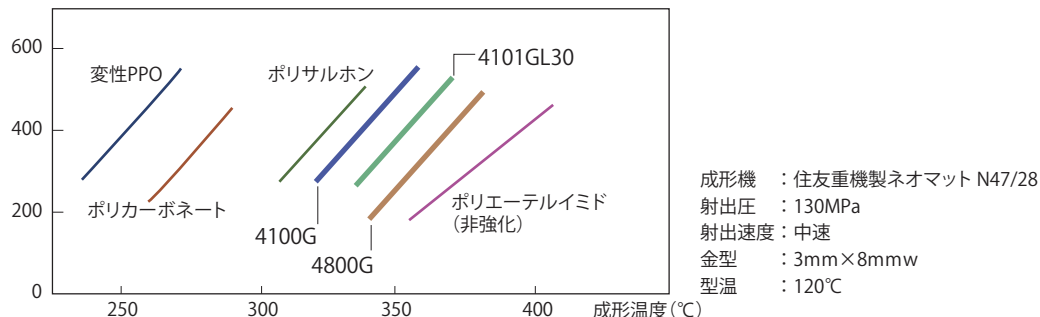
肉厚 3mm での流動特性を中心に述べます。

シリンダ温度の影響

シリンダ温度を上げると樹脂の熔融粘度が下がり、流動性が向上します。20℃ 高く設定することによりバーフロー長が 30 ～ 60% 向上します。

図 4-2-3 バーフロー長の温度依存性

バーフロー長(mm)

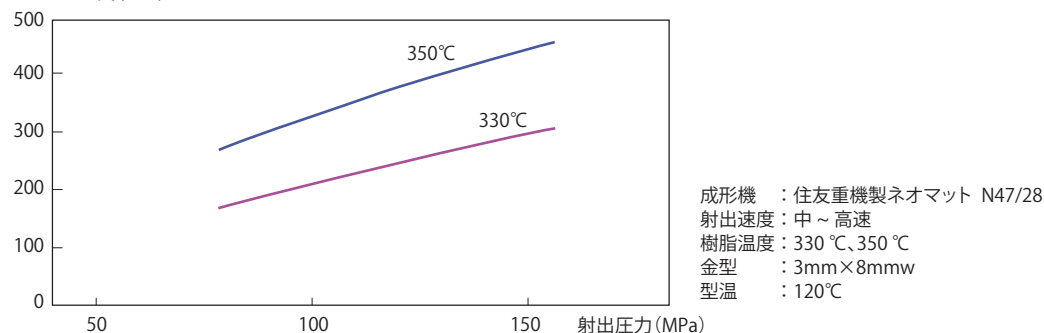


射出圧力の影響

射出圧力を 20MPa 高く設定することによりバーフロー長が 10 ～ 20% 向上します。一般には高圧成形を推奨しますが過充填による離型不良や残留応力に注意が必要です。さらに二次圧の設定により適正条件を選定します。

図 4-2-4 バーフロー長の射出圧力依存性 (4100G)

バーフロー長(mm)

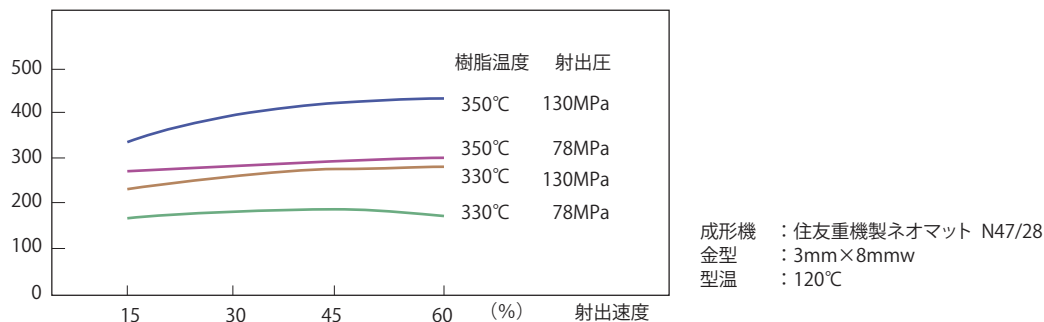


射出速度の影響

射出速度は、バーフロー長には大きな影響を与えません。

図 4-2-5 バーフロー長の射出速度依存性 (4100G)

バーフロー長(mm)

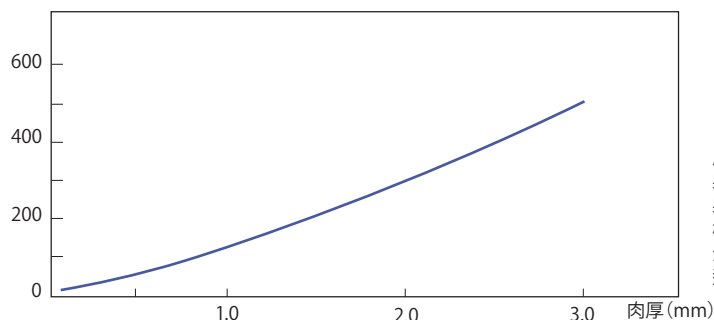


製品肉厚の影響

流動長は肉厚とともに急激に向上します。1.5mm 以上の肉厚では肉厚が 0.5mm 増すことにより、流動性は 40 ～ 70% 向上します。

図 4-2-6 パーフロー長の肉厚の影響 (4100G)

パーフロー長 (mm)



成形機 : 住友重機製 ネオマット N47/28
 射出圧 : 130MPa
 射出速度 : 60%
 樹脂温度 : 360℃
 金型 : 8mmw パーフロー
 型温 : 120℃

薄肉成形

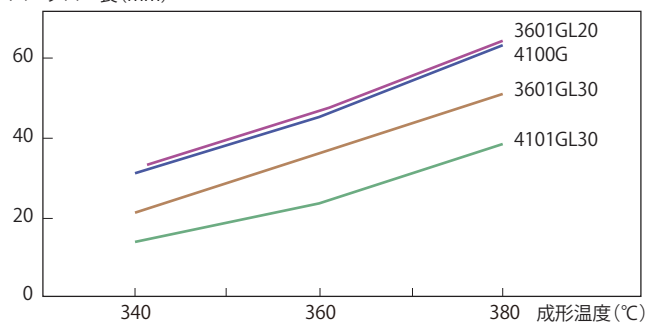
成形品の肉厚 0.1 ～ 0.7mm での流動特性について述べます。

シリンダ温度の影響

シリンダ温度の上昇で流動性は向上しますが、0.3mm 以下の肉厚ではその効果は小さくなります。滞留の影響を考慮すれば 380℃位までが適当です。

図 4-2-7 シリンダ温度依存性 (厚み 0.7mm)

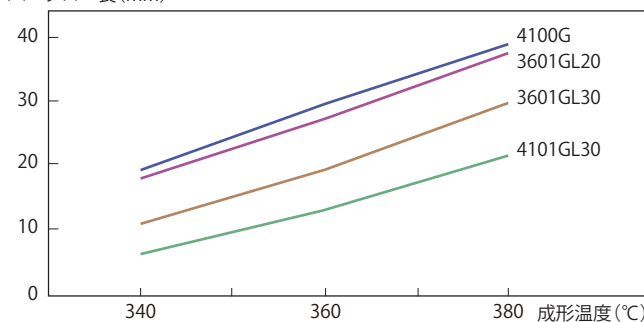
パーフロー長 (mm)



成形機 : 住友重機製 ネオマット N47/28
 射出圧 : 130MPa
 射出速度 : 75%
 金型 : 0.7mm × 8mmw
 型温 : 140℃

図 4-2-8 シリンダ温度依存性 (厚み 0.5mm)

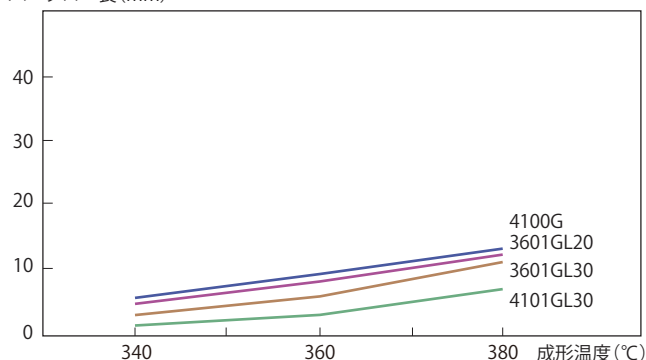
パーフロー長 (mm)



成形機 : 住友重機製 ネオマット N47/28
 射出圧 : 130MPa
 射出速度 : 75%
 金型 : 0.5mm × 8mmw
 型温 : 140℃

図 4-2-9 シリンダ温度依存性 (厚み 0.3mm)

パーフロー長 (mm)



成形機 : 住友重機製 ネオマット N47/28
 射出圧 : 130MPa
 射出速度 : 75%
 金型 : 0.3mm × 8mmw
 型温 : 140℃

製品肉厚の影響

流動性は肉厚に依存しますので、製品設計に際してはご注意ください。

図 4-2-10 肉厚依存性 (4100G)

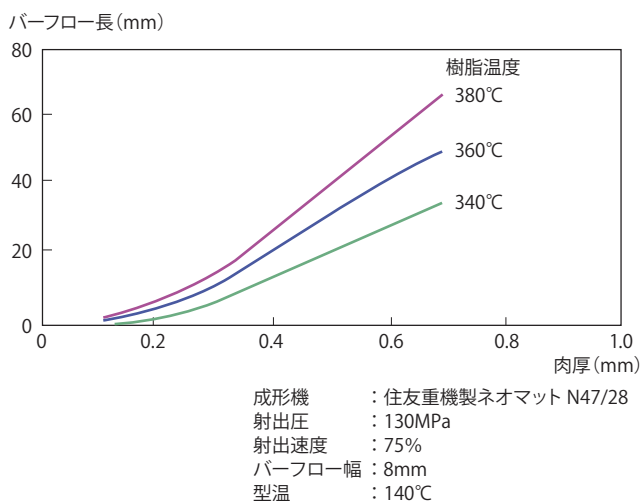
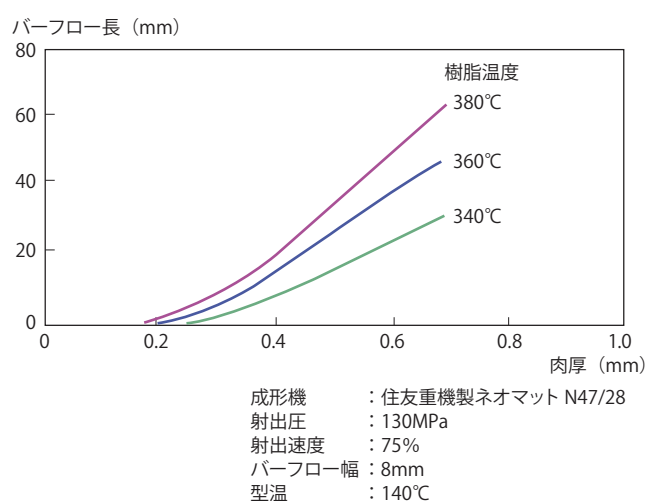


図 4-2-11 肉厚依存性 (3601GL20)



射出圧力の影響

薄肉流動性は、射出圧力の影響を比較的大きく受けます。100MPa 以上の射出圧力を推奨しますが、製品外観、残留応力を考慮して適正圧力を決定してください。

図 4-2-12 射出圧力依存性 (4100G)

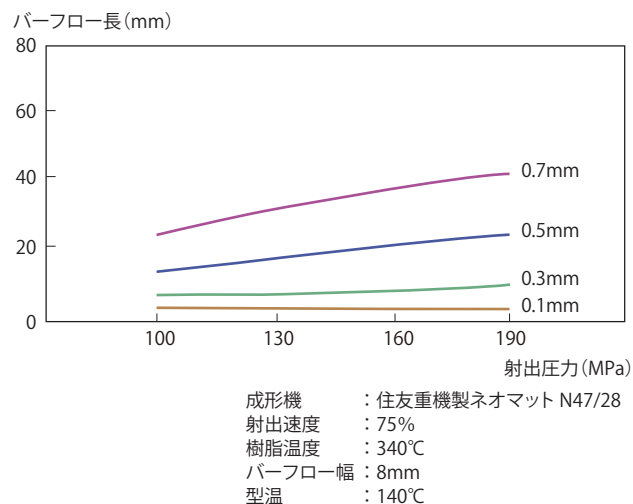
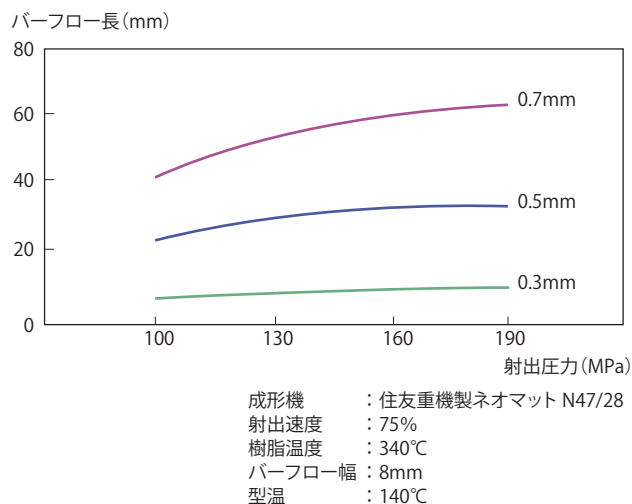


図 4-2-13 射出圧力依存性 (3601GL20)



射出速度の影響

薄肉流動性は射出速度の影響をあまり受けません。射出速度が大きすぎるとヤケ等の不良原因となる場合があります。

図 4-2-14 射出速度依存性 (4100G)

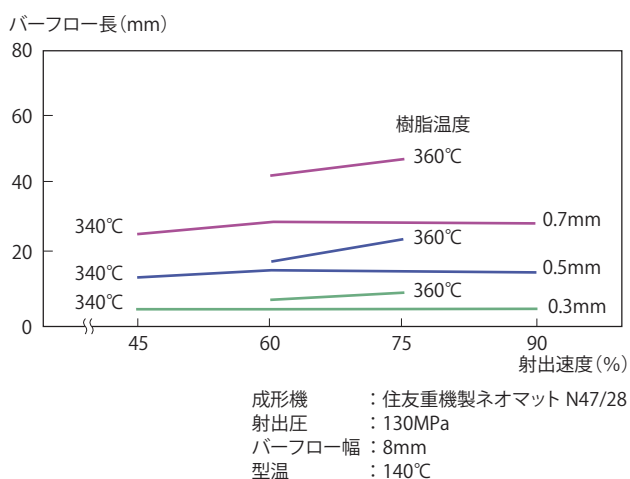
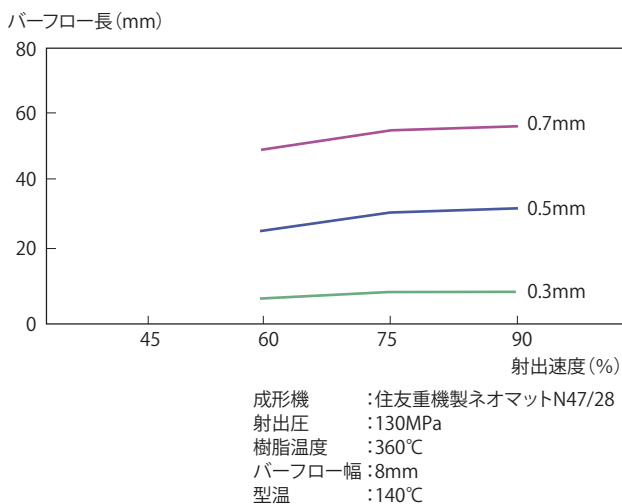


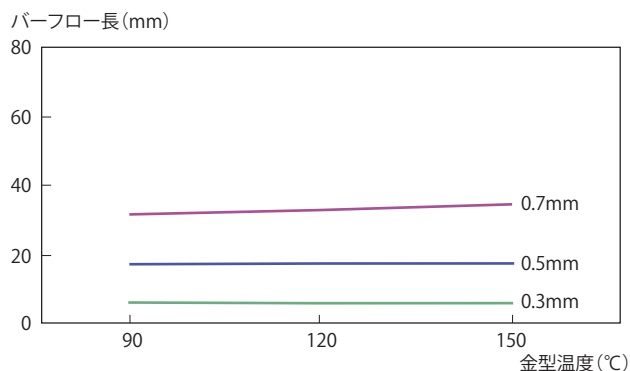
図 4-2-15 射出速度依存性 (3601GL20)



金型温度の影響

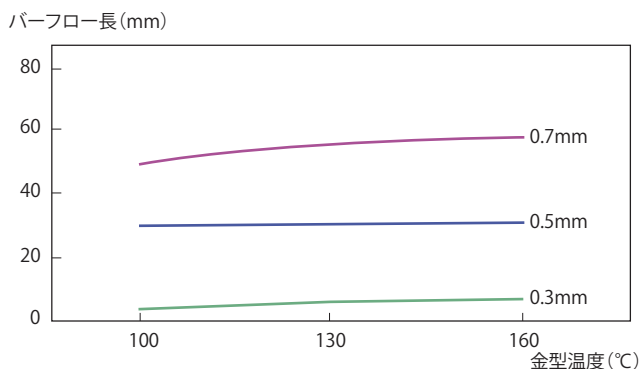
薄肉流動性は、金型温度の影響をあまり受けません。ただし、離型不良やガラス繊維の浮出し、ウエルド割れが生じた場合は、金型温度を160℃以上にすることを推奨します。

図 4-2-16 金型温度依存性 (4100G)



成形機 : 住友重機製ネオマット N47/28
 射出圧 : 130MPa
 射出速度 : 75%
 樹脂温度 : 340℃
 バーフロー幅 : 8mm

図 4-2-17 金型温度依存性 (3601GL20)



成形機 : 住友重機製ネオマット N47/28
 射出圧 : 130MPa
 射出速度 : 75%
 樹脂温度 : 340℃
 バーフロー幅 : 8mm

4-3 PES の射出成形機と金型

射出成形機の選定

スミカエクセル PES は、通常のインラインタイプの射出成形機やプランジャー（プリプラ）タイプの射出成形機で成形することが可能です。

スクリュ、シリンダ

- スミカエクセル PES のフィラー強化グレードは、ガラス繊維などを充填しているため、耐摩耗仕様の材質を推奨します。
- スクリューデザインは、せん断発熱量が少ない標準的なフルフライトタイプが適します。サブフライト付きスクリュや高混練スクリュの使用は、樹脂の滞留やせん断発熱により樹脂温度が 400℃以上になることがあるため好ましくありません。

以下に代表的なスクリュデザインを示します。

- L/D スクリューの長さ (L) / スクリューの径 (D) = 20 前後
- 圧縮比 : 2 ~ 2.2 前後
- 各ゾーン
 - 供給ゾーン : 55% 前後
 - 圧力ゾーン : 25% 前後
 - 計量ゾーン : 20% 前後
- スクリューヘッドは、逆流防止機構付きスクリュヘッドを推奨します。

ノズル

- 材質は、スクリュ、シリンダに準じます。
- オープンタイプのノズルの使用が適しています。シャットオフノズルは、デッドスペースが多く樹脂が滞留しやすいので好ましくありません。
- ノズルヒーターは、独立した温度制御器を使用し、制御性が良好な PID 制御方式を推奨します。

射出ユニットおよび制御系

- スミカエクセル PES は溶融粘度が高いため、最大射出圧力が 200MPa 以上の成形機を推奨します。
- スミカエクセル PES は溶融粘度が高く、計量時のトルクが大きくなりやすいことから、高出力タイプの可塑化装置を有する射出成形機を推奨します。

成形機容量

- 製品の大きさにもよりますが、計量値が全射出容量の 1/3 ~ 3/4 となるようなシリンダ径と型締め力の組み合わせを推奨します。計量値が小さいと、無用な樹脂滞留から種々の成形不良が発生する可能性が高くなるため注意してください。

金型設計

スミカエクスル PES は熔融粘度が高く、成形収縮率が小さいため、金型の設計にあたっては以下の点に留意してください。

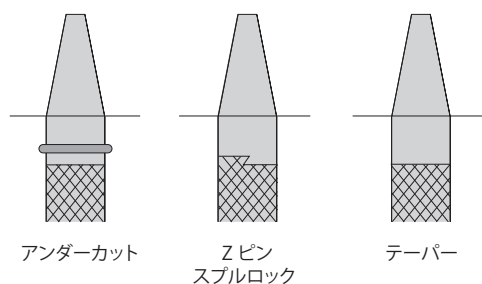
金型材質

- 試作および小ロットの成形に対しては、機械構造用炭素鋼 (S55C) が使用できますが、摺動部を有する場合には焼き入れを推奨します。
- 量産および高寸法精度が要求される場合には、より強靱なクロムモリブデン鋼 (SCM435、SCM440)、合金工具鋼 (SKD11、SKD61) の使用を推奨します。
- 上記以外の材質をご使用される場合は、事前に問題が無いか十分にご検討ください。(金型材質として Cu 系アロイ等は推奨できません。)

スプル

- 長さはできるだけ短く、テーパは大きく ($\sim 5^\circ$) とすることを推奨します。
- スプル抜きを良くするため、図に示すようなスプルロックを設けることが望めます。

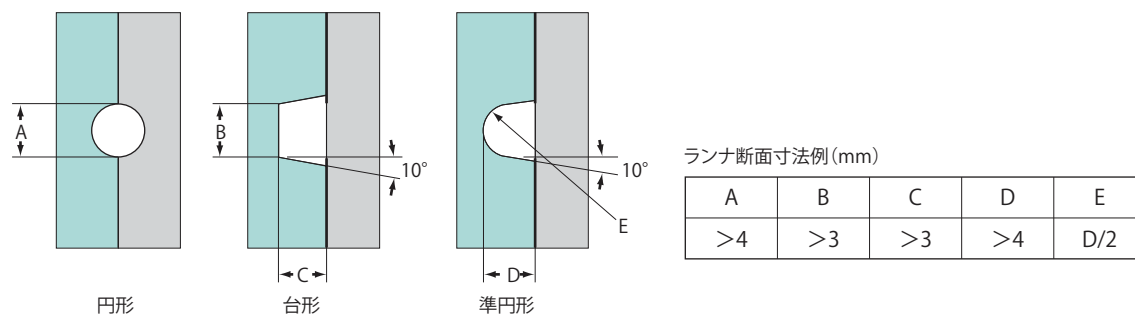
図 4-3-1 スプル形状



ランナ

- 可能な限り太く短くし、流動性を考慮して決定してください。
- 断面形状は、円形もしくは台形を推奨します。
- ゲートバランスを取ることが重要です。

図 4-3-2 ランナ形状



ゲートシステム

サイドゲート

- 矩形ゲートは、ランド長さを短く、深さを深くすると効率的です。ゲート深さは成形品肉厚 $\times 0.7$ を目安とし、ランド長さは 1mm 以下を推奨します。

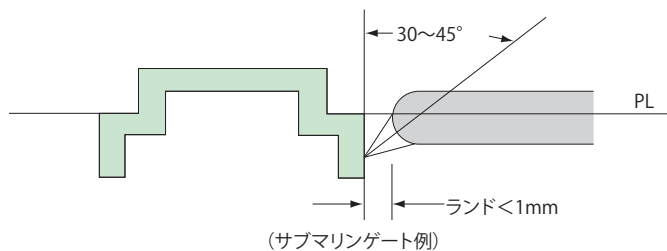
図 4-3-3 サイドゲート形状



ピンポイント／サブマリゲート

- ゲート径は 0.8 ～ 1.2mmφ、ランド長さは 1mm 以下を推奨します。また流動距離が長くなる場合は、ゲート径を大きくするよりも多点ゲートを推奨します。

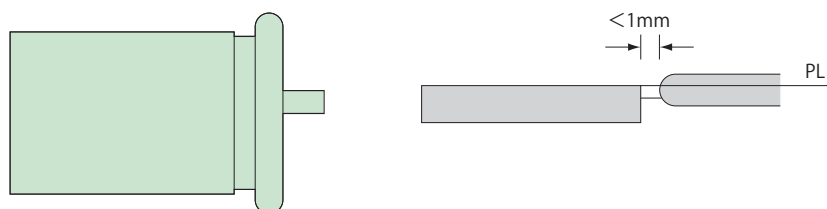
図 4-3-4 ピンポイント / サブマリゲート形状



フィルムゲート

- ゲートの厚みは成形品肉厚 × 0.5 が好ましく、ランド長さは 1mm 以下が好適です。

図 4-3-5 フィルムゲート形状



抜きテーパー

- スミカエクセル PES は成形収縮率が小さいため、浅いものでも 1° (1/60) ～ 2° (1/30) の抜きテーパーをとることが必要です。深いものはより大きくとることを推奨します。
- 薄肉成形品は過充填になりやすいため、抜きテーパーを大きめにとることを推奨します。
- ガラス繊維強化グレードも抜きテーパーを大きめにとることを推奨します。
- 製品の形状により、十分な抜きテーパーが取れない場合は、スライドコア、突出し方式を工夫する必要があります。

エアベント(ガス抜き)

- スミカエクセル PES は、1/100 ～ 5/100mm 程度のエアベントが好適です。スミカエクセル PES は熔融粘度が高いことから、5/100mm のエアベントを設置してもバリは発生しにくいですが。
- 薄肉成形品ではエアベントの設置が必要です。

4-4 PESの再生利用

バージンペレットに再生ペレットを混合させる場合は、グレードおよび用途により混合比の調整が必要です。各グレードの再生ペレットの混合可能な割合を表 4-4-1 に示します。

表 4-4-1 再生ペレットの推奨混合割合

グレード	再生ペレットの割合 (%)
4100G / 4800G	30 以下
3601GL20 / 4101GL20	20 以下
3601GL30 / 4101GL30	10 以下

非強化グレードは、再生ペレットを過剰に使用すると製品の着色が強くなり、脆くなる可能性があります。またガラス繊維強化グレードは、再生の際にガラス繊維長が短くなり、機械的強度の低下を起こすため、混合割合は制限されます。表 4-4-2 に各グレードの再生使用割合（再生繰り返し回数）と引張特性の変化を示します。

表 4-4-2 非強化グレードおよびガラス繊維強化グレードの再生使用割合と引張特性

グレード		4100G / 4800G				3601GL20 / 4101GL20	
再生ペレット割合 (%)		30		100		30	100
物性		引張強度 (MPa)	破壊の態様	引張強度 (MPa)	破壊の態様	引張強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
再生くり返し回数	バージン	86	延性	86	延性	126	126
	1	87	延性	87	延性	126	121
	2	89	延性	87	延性	125	116
	3	88	延性	87	延性	126	109
	4	88	延性	88	延性	124	102
	5	89	延性	87	延性	122	98

5. PES の二次加工技術

5-1 PES の接着剤

スミカエクセル PES は市販の一般的な接着剤（エポキシ、アクリル、フェノール、ポリウレタン、ポリエステル、ビニル樹脂など）を使用できます。特定の接着剤の使用法に関する推奨事項については、その接着剤メーカーにお問い合わせください。

表 5-1-1 スミカエクセル PES の接着剤

種類	名称	メーカー
エポキシ系	2液タイプ	エコボンド104、144B
	1液タイプ	スミマック ECR9000 系
		テクノダイン AH-3063R
ゴム系	ハマタイト PL605-50	横浜ゴム

表 5-1-2 各接着剤の接着強度

(単位：MPa)

接着剤	キュア条件	4100G	4101GL30
エコボンド 104	180℃×1hr	5.4	8.8
エコボンド 144B	150℃×1hr	2.0	3.5
スミマック ECR9000 系	100℃×1hr	4.6	6.7
ハマタイト PL605-50	250～300℃×5min	13.0	—

5-2 PES の溶着

スミカエクセル PES は非晶性樹脂であるため、スミカエクセル同士の溶着は種々の方法で比較的簡単に行うことができます。スミカエクセル PES の溶着に用いることができる代表的な溶着方法と特徴を表 5-2-1 に示します。溶着方法により特徴が異なるため、製品の大きさや形状、製品に求められる特性、経済性（装置価格やサイクルなど）を考慮して選択する必要があります。

表 5-2-1 スミカエクセルの PES の溶着

溶着方法		熱板溶着	超音波溶着	振動溶着	レーザー溶着	IR 溶着	CVT(IR+ 振動溶着)
溶着性	溶着強度	◎*	◎	◎*	◎	○	◎
	溶着部の外観	△	○	○	◎	◎	◎
	溶着可能な樹脂	熱可塑性樹脂	熱可塑性樹脂	熱可塑性樹脂	光透過性樹脂 光吸収性樹脂	熱可塑性樹脂	熱可塑性樹脂
	溶着時間	10 ～ 30sec	0.1 ～ 5sec	2 ～ 10sec	2 ～ 15sec	10 ～ 30sec	5 ～ 30sec
	溶着可能なサイズ	ヒータサイズ依存	名刺大サイズ	パレットサイズ	A3 サイズ程度	インパネサイズ	インパネサイズ
デザイン	製品形状制限	ヒータ形状に制限	基本的にフラット	ある程度の 3 次元形状	自由度高い	振動溶着より優れる	自由度高い
	溶着部デザイン	専用デザイン	専用デザイン	専用デザイン	専用デザイン	専用デザイン	専用デザイン

※PES の軟化温度が高いため溶着しない場合あり

5-3 PESの超音波溶着

スミカエクスル PES は非晶性の樹脂であるため、スミカエクスル PES 同士の超音波溶着は比較的簡単に行うことができます。溶着の組み合わせは以下の3通りが考えられます。

1. 非強化グレード同士
2. 非強化グレードと繊維強化グレード
3. 繊維強化グレード同士

1 が最も容易で、かつ溶着強度も大きくなります。しかしながら 2、3 のケースでも十分な溶着強度を示し、結晶性の樹脂 (例えば PPS) に比べて溶着性は優れています。

超音波溶着の条件は、ホーン出力、製品形状、溶着面積およびグレード等により変化しますが、標準的な条件は以下のとおりです。

表 5-3-1 超音波溶着の標準条件

圧力 (MPa)	30 ~ 60
振幅 (μm)	50 ~ 80
溶着時間 (sec.)	0.1 ~ 2.0

超音波溶着後のせん断強度の測定結果を以下に示します。試験方法および試験片は以下のとおりです。

超音波ウエルダー

SONOPET-1200B (精電舎電子工業株式会社)

公称出力 : 1200W

発振周波数 : 19.5kHz

加圧力 : 18N

振幅 : 34μm

図 5-3-1 溶着部せん断強度測定用試験片

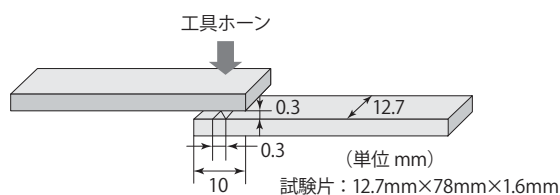


表 5-3-2 溶着部破壊時の最大荷重 (引張せん断試験)

(単位: N)

	発振時間 (sec.)		
	0.1	0.2	0.3
PES 3600G	680	700	溶着部以外で破断
PES 3601GL20	660	850	溶着部以外で破断
PES 3601GL30	740	830	溶着部以外で破断

5-4 PESのレーザー溶着

レーザー溶着とは、レーザー光を照射し、対象との境界面に熱を発生させて溶着する工法です。レーザーによる樹脂溶着では「光透過性樹脂 (厚さ 0.5mm)」と「光吸収性樹脂 (厚さ 0.8mm)」とを組み合わせます。スミカエクスル PES は光線透過率に優れますので、レーザー溶着が可能です。

図 5-4-1 レーザー溶着の試験条件

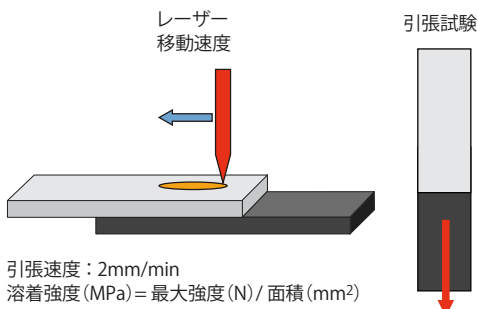


表 5-4-1 レーザー溶着強度

グレード		レーザー条件 (Φ0.6)		溶着強度 (MPa)
光透過性樹脂 (厚さ 0.5mm)	光吸収性樹脂 (厚さ 0.8mm)	出力 (W)	移動速度 (mm/s)	
4100G	4100G B	3	10	30
			15	33
			20	34
3601GL20	3601GL20 B	3	10	38
			15	37
			20	37

6. PES の用途

6-1 電気電子分野

低アウトガス性、寸法安定性、耐クリープ性、低バリ性、耐洗浄溶剤性などの特長が生かされ、以下の用途に展開されています。

電気電子分野の採用例

- リレーのベース ● コイルボビン ● 可動板 (接極子のブロック)
- スイッチのベース ● バーンインソケット ● コネクタ
- ヒューズケース ● 各種センサーのケース、カバー ● IC トレー
- プリント基板 など

バーンインソケット

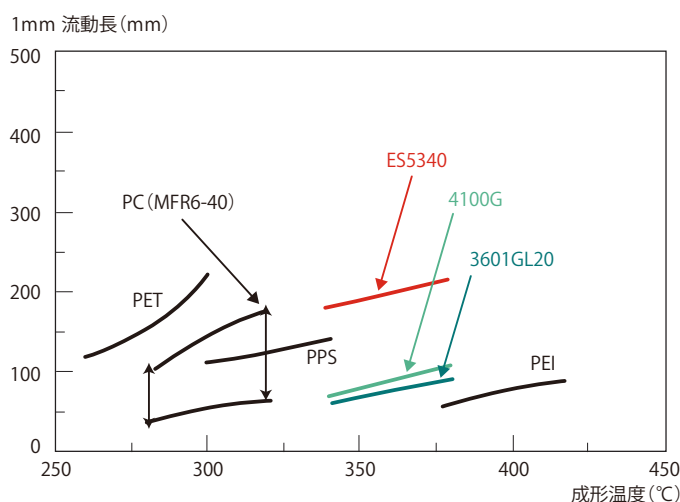
バーンイン試験 (電子機器の検体を、温度と電圧の負荷をかけることにより劣化を加速させ、初期不良を事前に低減させる試験) に使用するソケットで、検体には半導体やメモリモジュールなどがあります。スミカエクセル PES の優れた耐熱性、寸法精度、寸法安定性などが生かされています。

- スミカエクセル ES5340
スミカエクセル ES5340 は、3601GL20 より流動性を向上させた超高流動グレードです。
- スミプロイ GS5620
スミプロイ GS5620 は、摺動性能を向上させた低摩耗性、高強度グレードです。

表 6-1-1 スミカエクセル PES のバーンインソケット向けグレード

グレード		特徴
スミカエクセル	3601GL20	20% ガラス繊維強化高流動グレード
	3601GL30	30% ガラス繊維強化高流動グレード
	4101GL20	20% ガラス繊維強化標準グレード
	4101GL30	30% ガラス繊維強化標準グレード
	ES5340	20% ガラス繊維強化超高流動グレード
スミプロイ	GS5620	20% ガラス繊維強化低摩耗グレード

図 6-1-1 スミカエクセル ES5340 1mm 厚みの流動長



バーンインソケットでは、用途の違いから材料に求められる性能も異なります。グレードの選定にあたっては、弊社担当までお問合せください。

6-2 自動車、機械分野

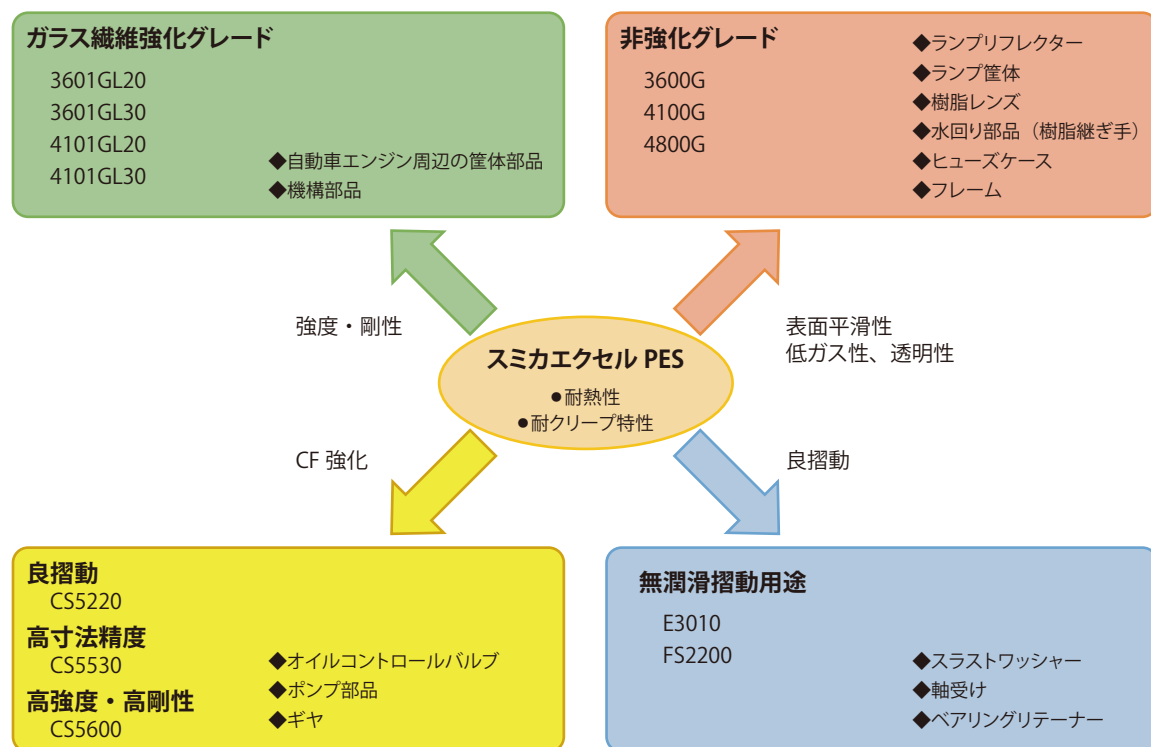
表面平滑性や透明性が求められる部材には非強化グレードが、より高い強度・剛性が求められる部材には繊維強化グレードが適しています。摺動性が必要とされる部品には、スミプロイシリーズが適用可能です。広い温度範囲(-100 ~ 180℃)での剛性、寸法安定性、高温での耐クリープ性、ガソリンやエンジンオイル等に対する耐薬品性に優れ、また、スミプロイシリーズでは摺動特性にも優れるため、以下の用途に展開されています。

- ランプ周辺部材 (リフレクター、レンズホルダーなど) ● ヒューズケース
- オイルポンプ ● プレーキシャフト用ブッシュ ● スラストワッシャー
- オイルコントロールバルブ用スプル ● ギヤ など

スミカエクスル PES の自動車用途における適用事例

スミカエクスル PES は耐熱性が高く、寸法安定性に優れることから、エンジンルーム内部品、ランプ周辺部品に適用が可能です。以下に適用事例を示します。

図 6-2-1 スミカエクスル PES の採用例



ランプ周辺

スミカエクスル 4100G は耐熱性が高く、寸法安定性に優れ、ガスの発生が非常に少ないことから、自動車のリフレクタ等に使用されています。

図 6-2-2 ランプリフレクタ



オイルコントロールバルブ

スミプロイ CS5530 は切削加工レスでアルミ切削品と同等の寸法精度を実現できます。CS5530 は寸法安定性が非常に優れており、耐熱性が高いことから、自動車のオイルコントロールバルブのスプリに使用されています。

図 6-2-3 オイルコントロールバルブ



6-3 その他の射出成形分野

OA・AV 機器部品

寸法安定性や優れたクリープ特性、スミプロイグレードの摺動特性が生かされ、以下の用途に展開されています。

- 複写機やプリンターの各種無給油軸受、ガイド、ギヤ類
- 光ピックアップ部品 など

熱水分野(調理器具、医療用器具用途など)

耐熱水、スチーム性(160℃)、寸法安定性、耐クリープ性などの特長が生かされ、以下の用途に展開されつつあります。

- 熱水、スチーム用のバルブのジョイント
- 防食電極の絶縁材
- 温度センサーのセル
- 温水ポンプ部品
- 限外濾過装置部品 など

LCD 基板用フィルム分野(押出成形を含む)

射出成形または押出成形により成膜したフィルムは、透明性(全光線透過率 89%)、耐熱性、寸法安定性に優れ、ITO(酸化インジウムスズ)膜を蒸着したものは、以下の LCD 基板として展開されています。

- カード電卓
- ページャ
- 電子手帳 など

6-4 食器分野

スミカエクスル PES は、耐熱性が 200℃と高く、耐衝撃性や耐スチーム性に優れるため、スチーム調理や油脂、脂肪性食品を含有する食品の調理などの食器に適しています。また、スミカエクスル PES の一部のグレードは各国の食品接触材料に関する規格に適合しています。

特徴

- 高耐熱性、冷熱耐性
 - ・ -40℃～ 200℃の広範囲な温度範囲で調理が可能です。
 - ・ 冷蔵庫での使用や油分の多い食材の調理に使用できます。
 - ・ 急速冷凍や冷凍からのレンジ加熱のような急激な温度変化にも耐えます。
 - ・ 金属とは異なり、電子レンジ(マイクロ波)の使用による調理が可能です。
 - ・ 蒸し調理が可能です。
- 熱伝導性
 - ・ 適度な熱伝導性を有し、加熱調理の際に均一に熱が伝わります。
 - ・ 熱源から外した際には速やかに冷却されるため、迅速かつ安全に取り扱うことができます。
- 高耐久性
 - ・ 耐久性に優れており、長期間使用することができます。
 - ・ 一般的な洗剤や漂白剤による洗浄が可能です。
 - ・ 金属では腐食するような環境、雰囲気に対しても強い耐久性があります。
 - ・ 熱水やスチーム条件における繰り返し使用にも優れた耐久性を有します。
- 安全性
 - ・ スミカエクスル PES の一部のグレードは米国、欧州および日本の食品接触容器(食器)用材料としての規格を満たします。
 - ・ 加熱した場合においても、ガスや溶出物が発生しにくいです。
 - ・ 割れにくいため、安全性に優れます。
- 軽量性
 - ・ 軽量で持ち運びと取扱い性に優れます。
- 意匠性
 - ・ 原色は薄い琥珀色、透明で落ち着いた色調です。
 - ・ 熱可塑性樹脂として様々な加工方法を選択でき、かつ加工性の良さから、様々な形状をデザインできます。
 - ・ 着色が可能です。

図 6-4-1 PES の食器分野の成形品の例



食器



トレイ(航空機)

6-5 スミプロイの用途

スミプロイ E は、耐熱性のポリエーテルサルホン (PES) とスミカスーパー E101 を主成分とする摺動材料で、射出成形可能な摺動材料の中では、最高レベルの摺動特性を有しており、さらに相手材が SUS やアルミのような軟質金属であっても傷つけにくいという特長を有しています。

スミプロイ S は、PES をベースにした摺動材で、PES の機械的特性、熱的特性等を維持しつつ、摺動性を付与した材料です。比較的緩和な摺動条件下で低摩擦係数、低摩耗を示し、ある程度の機械的強度が要求される用途に適しています。

スミプロイ K は、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK) をベースとした摺動材料です。PEEK 本来の優れた耐薬品性、耐疲労性、耐放射線性、耐熱性を維持しつつ摺動性を付与した材料です。高温、高荷重の苛酷な条件下での用途に適しています。

グレードの選定

まず使用用途に要求される特性や使用条件および各グレードの一般的特性や摩擦摩耗特性データに基づいて、表から数種類を選定してください。そのうえで実機による評価試験を実施し、最適なグレードを選定してください。

表 6-5-1 スミプロイのグレードの特徴

グレード			特徴
非強化グレード (アルミ等の軟質材に適する)	スミプロイ S シリーズ	FS2200	・ 180℃の耐熱性を有する。 ・ ドライでも摩擦係数、磨耗係数が低く安定している。
	スミプロイ E シリーズ	E3010	・ 相手材を傷つけない。 ・ ドライでも磨耗係数が低い。 ・ 高い限界 PV を有する。
繊維強化グレード	スミプロイ S シリーズ	CS5220	・ 寸法精度に優れる。 ・ 高い限界 PV を示す。
		CS5530	・ 寸法精度が非常に優れる。
		GS5620	・ 寸法精度が優れる。
繊維強化グレード (高速、高荷重に適する)	スミプロイ K シリーズ	CK3420	・ 成形収縮率、線膨張係数が小さく、寸法精度に優れる。 ・ 低速～高速領域で高い限界 PV を示す。

表 6-5-2 スミプロイのグレード選定のガイド

要求される特性/使用条件		非強化系摺動グレード		強化系摺動グレード
		E3010	FS2200	CK3420
相手材が軟質金属 (アルミ、SUS等)		◎	○	×
相手材が表面硬度の高い金属		○	○	◎
安定な低摩擦係数と耐摩耗寿命	低速・低荷重の場合	◎	◎	×
	中速・中荷重の場合	◎	△	△
	高速・高荷重の場合	△	×	○
湿度に対する寸法安定性		△	△	◎
温度に対する寸法安定性 (低線膨張)		△	△	◎
熱エージングに対する寸法安定性		○	○	△
耐荷重変形 (クリープ性)		○	○	○
高強度、高剛性、エッジ特性		△	○	◎
耐疲労強度		△	△	◎
耐衝撃強度		○	◎	○
使用環境温度	200～250℃	△	△	◎
	-50～20℃	○	○	○
使用環境雰囲気:	熱水、スチーム	○	○	◎
	有機溶剤	△	△	◎
	酸、アルカリ	○	○	○
	放射線	△	△	◎
相手材金属表面粗度	1.5S以上	△	○	◎
成形加工性 (流動性等)		○	○	△

表 6-5-3 スミプロイの同種、異種樹脂の摺動特性

※48hr

	P=0.2MPa			P=0.5MPa			
	限界 PV 値	最小 μ	μ 安定性	限界 PV 値	最小 μ	μ 安定性	摩耗係数※
FS2200—FS2200	100	0.06	◎	150	0.08	◎～○	9.7×10^{-5}
E3010—E3010	70	0.11	◎	125	0.08	◎	1.7×10^{-5}
FS2200—E3010	80	0.1	◎	125	0.09	◎	—

◎：非常に安定、○：安定

図 6-5-1 スミプロイの成形品の写真



用途

- 潤滑油を使用すると製品が汚染されて困る用途
紡績機械、食品加工機械、製氷機械、包装機械、空気圧縮機 など
- 高温または低温（オイルやグリースが劣化するか、固化する温度）で使用される用途
炉内のベルト、コンベア、台車、乾燥機、冷凍機、複写機・OA 機器 など
- 注油が困難な機械の用途
エレベーター、排水ポンプ、一般産業機械
- ゴミ、埃の多い場所で使用される用途
建設機械、紡績機械
- 化学薬品の中で運転する用途
ケミカルポンプ、ガソリン計量機器、攪はん機、一般化学機械
- 防音、消音が重要な用途
ブレーキ、クラッチ、エンジン周り
- 錆びると困る用途
自動車足回り、スチームを使用する機器

7. PES のパウダー用途

スミカエクスル PES のパウダーの特徴

スミカエクスル PES のパウダーグレードは以下の用途に好適です。

- 溶媒に溶解させて接着剤、塗料・コート剤として使用
- 溶媒に溶解させて中空糸膜やキャスト膜（平膜）に加工
- スミカエクスル PES ベースの各種コンパウンド用途やエポキシ強化用途

パウダーグレードとして次のグレードを取り揃えています。

表 7-1 スミカエクスル PES パウダーグレード

パウダーグレード	RV(還元粘度)*	主用途
3600P	0.36	コンパウンド
4100P	0.41	塗料・コート剤、接着剤
4800P	0.48	中空糸膜、接着剤
5003PS	0.50	塗料・コート剤、接着剤、エポキシ強化剤
5200P	0.52	中空糸膜
5900P	0.59	中空糸膜

*還元粘度は、ジメチルホルムアミド (DMF)1%溶液中で測定したものです。

表 7-2 スミカエクスル PES のグレードラインナップ

還元粘度		0.36	0.41	0.48	0.52	0.59
パウダー		3600P	4100P	4800P	5200P	5900P
		5003PS*				
ペレット	非強化	3600G	4100G	4800G		
	ガラス繊維強化	3601GL20	4101GL20			
		3601GL30	4101GL30			

*末端 OH 含有グレード

スミカエクスルパウダークレードの物性

スミカエクスル 3600P、4100P、4800P の性質

パウダータイプの 3600P、4100P、4800P の物性値は、ペレットタイプの 3600G、4100G、4800G の物性値と同等です。

表 7-3 3600G、4100G、4800G の物性値

		テスト方法	単位	3600G/4100G/4800G
一般的物性	密度	ISO 1183	g/cm ³	1.37
	成形収縮率 (MD)	住化法	%	0.60
	成形収縮率 (TD)	住化法	%	0.60
	吸水率 (23℃、24hr)	ISO 62	%	1.0
機械的性質	引張強度	ISO 527-1,2	MPa	85
	引張降伏ひずみ	ISO 527-1,2	%	6.5
	曲げ強度	ISO 178	MPa	130
	曲げ弾性率	ISO 178	MPa	2,600
	アイソット衝撃強さ (ノッチなし)	ISO 180/1U	kJ/m ²	破壊しない
	アイソット衝撃強さ (ノッチ付き)	ISO 180/1A	kJ/m ²	8
	ロックウェル硬さ (M スケール)	ISO 2039-2	—	95
熱的性質	荷重たわみ温度 (0.45MPa)	ISO 75	℃	214
	荷重たわみ温度 (1.80MPa)	ISO 75	℃	205
	線膨張係数 (MD)	ISO 11359-1,2	10 ⁻⁵ /K	5.5
	線膨張係数 (TD)	ISO 11359-1,2	10 ⁻⁵ /K	5.5
電氣的性質	比誘電率 (絶乾: 100Hz)	IEC 62631-2-1	—	3.5
	比誘電率 (絶乾: 1MHz)	IEC 62631-2-1	—	3.4
	比誘電率 (絶乾: 1GHz)	IEC 60250	—	3.4
	誘電正接 (絶乾: 100Hz)	IEC 62631-2-1	—	0.002
	誘電正接 (絶乾: 1MHz)	IEC 62631-2-1	—	0.004
	誘電正接 (絶乾: 1GHz)	IEC 60250	—	0.004
	体積抵抗率	IEC 62631-3-1	Ω・m	>10 ¹³
	絶縁破壊強さ (1mm)	IEC 60243-1	kV/mm	43
	耐トラッキング性	IEC 60112	V	150
燃焼性	難燃性分類	IEC 60695-11-10	—	V-0
	限界酸素指数 (1.6mm)	ASTM D2863	%	38

スミカエクスル 5003P、5003PS の性質

- ガラス転移点、230℃を有する非晶性樹脂です。
- 100 重合繰り返し単位当たり、0.6 ～ 1.4 と多くの末端水酸基を有しているために接着性が良好です。
- 他の性質はスミカエクスル PES の他のグレードと同等です。

塗料・コート分野

塗料・コート分野にはスミカエクスル 4100P、5003PS が使用されています。特に、5003PS は熱時硬度、耐薬品性と金属との接着力を強化したグレードです。

スミカエクスル 5003PS を使用した塗料・コート剤について述べます。

スミカエクスル 5003PS 使用塗料・コート剤の特徴

- 空气中で 250℃ の長期使用、あるいは冷熱サイクル (0℃ ⇄ 250℃) 使用に対しても安定です。
- 接着性、密着性 = ガラス、セラミックス、鉄、ステンレス、アルミニウム或いはアルミニウム合金等に対して優れた接着性を発揮します。
- 耐溶媒性 = 非晶性樹脂の中では優れた耐溶媒性を示します。
- 耐加水分解性 = ポリエーテルサルホン樹脂自体、耐加水分解性に優れた樹脂であり、5003PS は更に優れた耐加水分解性を示します。
- 良成膜性 = 成膜性に優れ、基材を十分に保護します。
- 難燃性 = 難燃剤無添加で高い難燃性を有しております。
- 透明性 = 優れた透明性を有しており、コート後も基材のままの外観を保持します。
- 衛生性 = 可塑剤等の添加剤を含まず衛生的です。

スミカエクスル 5003PS の塗布方法 (溶液法の例)

- 基材を脱脂、必要に応じてブラストまたはエッチングを行う。
- スミカエクスル 5003PS を溶媒に溶解させる。
- この溶液を浸漬、はけ塗り、スプレー法等で基材に塗布し、20 分間風乾する。
- 350 ~ 400℃、空气中で 30 分間焼成処理を行う。

ゲル化防止

スミカエクスル PES 溶液はゲル化する場合がありますが、PES 分子と溶媒の双方が絡む結晶化と説明されています。

(特徴)

- 溶液が濁り、全体が固化する場合がある。
- ゲルが生成した場合、溶媒を加えても再溶解は困難。
- ゲルは未ゲル化溶液をゲル化させる核となる。
- 温度をかけることで融解して元の溶液に戻る。

(ゲル化防止)

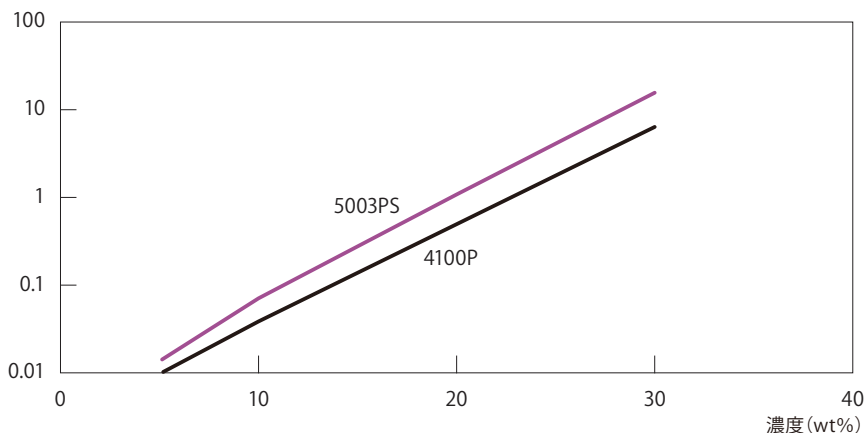
- 過度のせん断応力を加えない。ホモジナイザーの使用は避けてください。
- 高濃度状態で長時間置かない。未攪拌の溶媒中に膨潤した PES を放置しないでください。
- 混合溶媒の使用を推奨します (表 7-8 参照)。

濃度 - 粘度相関性

スミカエクスル 4100P と 5003PS の NMP 溶液の濃度 - 粘度相関性は下記の通りです。

図 7-1 スミカエクスル 4100P と 5003PS の NMP 溶液の濃度 - 粘度相関性

溶液粘度 (Pa・s)



アルミニウム板におけるスミカエクスル 5003PS コートの耐熱性(例)

表 7-4 連続使用耐熱性(250℃空气中)

評価項目	時間(hr)		
	0	115	235
外観変化	—	変化なし	変化なし
基盤目試験 *1	100/100	100/100	100/100
耐食テスト *2	腐食なし	腐食なし	腐食なし

表 7-5 冷熱サイクルテスト(0℃氷水中 2 分と 250℃空气中 2 分のサイクル)

評価項目	サイクル回数(回)		
	0	25	50
外観変化	—	ほとんど変化なし	エッジ部若干発泡
基盤目試験 *1	100/100	100/100	100/100
耐食テスト *2	腐食なし	腐食なし	腐食なし

*1 スミカエクスル 5003PS コート層を基材にいたるまで、安全かみそりで 100mm² の面積にわたり 1mm×1mm の交差基盤目状に刻みを入れ、次いでセロハン粘着テープを押つけて押圧後、剥離して、基材に残ったスミカエクスル PES 切片の個数。

*2 スミカエクスル 5003PS コート面に 15vol%硫酸溶液を滴下後、ガラス板を重ねて、24 時間放直後、表面の変化状態を観察することにより判断。

エポキシ系強化システム用途

従来よりスミカエクスル 5003PS は炭素繊維複合材に使用されてきました。5003PS 使用のメリットは次のとおりです。

- エポキシの破壊強度を向上させます。
- 非常に高い T_g を有します。
- 優れた機械的性質を有しています。

エポキシ樹脂の靱性強化

スミカエクスル 5003PS は本質的に靱性があり、高い T_g と弾性率を有しているので、システム全体の性能を低下させることなく、エポキシに靱性を付与することができます。下記表より大幅な破壊強度(G_{IC})の増加が見られ、T_g はそれほど低下していないことがわかります。

表 7-6 TGDDM/4,4-DDS 系での効果

5003PS 濃度 (%)	曲げ弾性率 (GPa)	T _g (℃)	G _{IC} (kJ/m ²)
0	3.34	205	0.28
10	3.21	205	0.41
15	3.07	200	0.47

(注)

1) G_{IC}は-65℃で平面歪み条件下で測定

2) T_gは捻れDMAで測定

エポキシレジン / As4CF 系、ポリマー濃度 30wt%での比較検討結果

表 7-7 スミカエクスル PES と PEI の比較

評価項目	単位	PEI	5003PS
CAI (Compressive after impact strength)	MPa	194	223
圧縮強度	MPa		
(室温)		1697	1731
(82℃)		1434	1648
(82℃) / Wet		N/A	1076
88℃粘度 (Pa·s)		130	100

N/A：分析データなし

航空機・スポーツ用品分野へのスミカエクスル PES の応用

CFRP (炭素繊維と樹脂とからなる複合材料) のマトリックス樹脂には熱硬化性エポキシ樹脂が使用されています。

エポキシ樹脂は機械的、熱的特性は優れていますが熱可塑性樹脂に比べると脆い欠点があります。航空機・スポーツ用品分野での利用においては破壊靱性 (衝撃後圧縮強さ: CAI = Compressive After Impact Strength) の向上が必須とされます。5003P を添加することによりエポキシ樹脂と反応してマトリックス樹脂中の層間剥離を伴う衝撃破壊に対して高靱性を持たせることができます。

●スミカエクスル PES の使用法

エポキシ主剤に 5003P を溶解し、均一系とします。これに硬化剤を加えて硬化させると 5003P の水酸基と反応して、海島構造の特殊なモルホロジーを形成して耐衝撃性が改善されます。エポキシ主剤に 5003P を溶解して均一系を得るには、5003P を微粉碎して直接エポキシ主剤に N₂ 雰囲気下、150℃程度で溶解させるか、溶媒にエポキシ主剤と 5003P を均一溶解させ、その後に溶媒を留去して均一系を得る方法があります。

●単位コンポジット当たりのスミカエクスル PES 使用量 (例)

○単位マトリックスレジン当たり

エポキシ主剤 (100 部) : 硬化剤 (30 ~ 40 部) : 5003P (30 部)

○単位プリプレグ当たり

~ 10wt%

●航空機用構造材としての使用法

実際に航空機等の構造材としての使用にあたっては、上記スミカエクスル 5003P の使用法で調製して得られる CF プリプレグの表面に、5003P の粒度調整した粒子 (Tough ball) をまぶして数十枚積層して成形すると、界面にある PES ball によって耐衝撃性が更に向上します。積層の方法については、種々な工夫がなされています。

(例: Boeing の航空機構造材としての規格)

○CAI (Compressive After Impact Strength) 値が 310MPa 以上

○CS (Compressive Strength, Hot/Wet Condition) 値が 1100MPa (82℃) 以上

接着剤用途

スミカエクスル PES は耐熱接着剤として利用できます。特に、金属同士の接着では優れた接着強度を有します。

特徴

- 接着層は高い引張せん断接着強度と、T 形剥離接着強度を有し、剛性と可撓性を併せもつバランスのとれた特性を示します。
- 市販熱可塑性樹脂接着剤の中では最高の耐熱性を有し、200℃においても実用的な引張破断接着強度は 20MPa と非常に高いものです。また、短時間であれば 250℃までの温度でくり返し使用できます。
- 耐薬品性、耐熱性が優れています。
- 溶剤または揮発成分を含まず、アルミニウム、ステンレス、鋼、真ちゅう等の広範囲の材料に対してプライマーなしで優れた接着性を示します。

接着方法

●スミカエクスル PES フィルム使用のホットメルトタイプ接着方法

○被着体の大きさにフィルムを切断します。

○必要に応じて被着体表面をサンドペーパー、ディスクサンダー等で粗面化し、アセトン、トルエン等で清浄します。

○被着体の間にフィルムを挟み、治具を使用して軽く圧着して 300 ~ 360℃で 10 ~ 30 分加熱します。圧着の程度は溶融した樹脂が被着体の間から僅かにバリとして出る程度で十分です。

○放冷すれば強固な接着体が得られます。

●接着溶液を用いる接着方法

スミカエクスル 5003PS の溶媒系

5003PS を単一溶媒に溶解すると不安定で PES が析出するため、通常混合溶媒系を使用します。(単一溶媒では溶液安定性が低くゲル化します。)

表 7-8 スミカエクスセル 5003PS の混合溶媒系の例

溶媒	溶媒	混合比(体積比)
A	ジメチルホルムアミド	20
	シクロヘキサノン	80
	メチルエチルケトン	25
B	N-メチル-2-ピロリドン	2
	トルエンまたはキシレン	1
C	N-メチル-2-ピロリドン	60
	トルエンまたはキシレン	30
	シリコン流動調節剤	0.5 ~ 1
	メチルエチルケトン	35
D	スルホラン	1
	γ-ブチロラクトン	1
E	スルホラン	1
	アセトンまたはメチルエチルケトン	1

接着方法

PES 接着剤の接着強度は、熱処理条件によって変化するため、使用方法に応じた条件設定が必要です。

(条件例 1) 130℃、2 時間乾燥

(条件例 2) 100℃、1 時間後に 350℃で 15 分間乾燥

スミカエクスセル 5003PS 接着剤系の性質

高温下での接着強度に優れます。例として、18-8 ステンレス同士をスミカエクスセル 5003PS 接着剤系を使用して接着した場合、温度を 220℃まで上昇させた時の接着強度の変化と 150℃でエージングした場合の接着力保持率についての結果を表 7-9 と表 7-10 に示します。

表 7-9 剥離強度と温度の影響

温度(℃)	剥離強度 (MPa)
23	37
150	26
220	14

剥離強度の測定は剥離速度 12.5mm/min で行った。

表 7-10 剥離強度と高温保持時間の影響

150℃での保持時間 (hr)	150℃での剥離強度 (MPa)
0	26
1000	21

150℃、1000 時間保持しても初期の接着強度の 81%を保持している。

PES メンブランフィルター製カートリッジフィルター(ご提供：東洋濾紙株式会社)

PES 製のメンブランフィルターとポリプロピレンから構成された、耐薬品性、耐熱性に優れたカートリッジフィルターです。

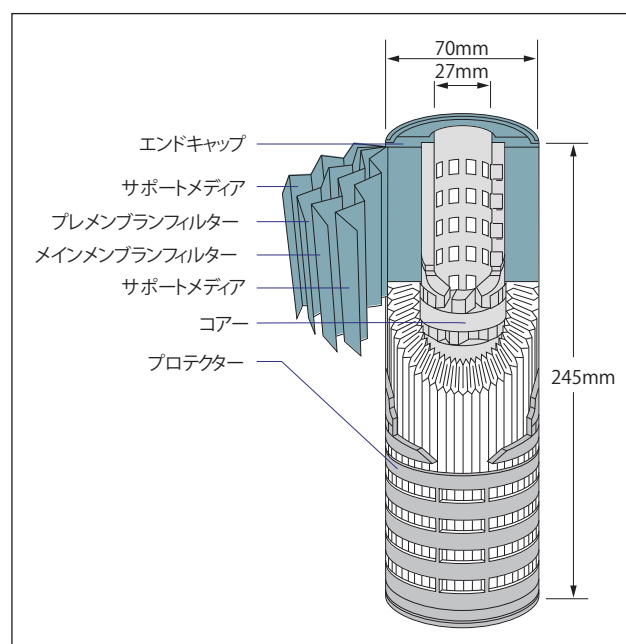
■ 特徴

- 溶出する物質がほとんど無く、前処理としてのカートリッジ洗浄が少量で済みます。
- メディアが非対称であり、また、異孔径のプレメンブランフィルターを内蔵する為、高効率・高流量で長い濾過寿命が得られます。
- オートクレーブ滅菌、インラインスチーム滅菌が行なえます。
- メディア自体が不活性であるため、試料中の成分が吸着されることはほとんどありません。

■ 応用用途

- エレクトロニクスにおける超純水の精密濾過。
- プロセスガス、ベントエアーの除粒子、除菌濾過

図 7-2



8. PES の規格

スミカエクスル PES は数多くの工業規格や仕様に適合し、認証を受けています。以下に示す一覧は現在までに取得した認証をまとめたものです。

難燃性

スミカエクスル PES は、UL94 V-0 に適合しています。UL は UNDERWRITERS LABORATORIES INC. が策定する製品安全規格です。標準的なグレードは UL746B に登録しています。

食品接触分野

米国

スミカエクスル PES の一部のグレードは、米国が食品包装材料規制「FDA 21 CFR § 177.2440」に定める要件に適合していることを確認しています。

欧州

スミカエクスル PES の一部のグレードは、欧州が食品包装材料規制「Commission Regulation (EU) No 10/2011」に定める要件に適合していることを確認しています。

日本

スミカエクスル PES の一部のグレードは改正食品衛生法第 18 条第 3 項及び告示 370 号に基づくポジティブリストに記載された成分より構成されています。スミカエクスル PES 3600P、4100P、4800P、5200P、5400P、5900P、5003PS、3600G、4100G、4800G はポリオレフィン等衛生協議会の発行する確認証明書を取得しております。記載のグレード以外にもございますので、最新の取得状況についてはお問い合わせください。なお、ポリオレフィン等衛生協議会は 2021 年 3 月をもって解散し、食品接触材料安全センターに業務が引き継がれました。確認証明書は引き続き有効です。

水接触分野

スミカエクスル PES の一部のグレードは NSF61「Drinking Water System Components（飲料水に使用する材料）」を取得しております。詳しくは NSF のサイト < <https://www.nsf.org/> > よりご確認ください。

医療分野

スミカエクスル PES の一部のグレードは、ISO 10993 および USP CLASS VI 試験を実施しております。詳細については、弊社担当にご相談ください。

TECHNICAL NOTE

超高耐熱エンジニアリング・プラスチック

SUMIKAEXCELTM PES



機能樹脂事業部

住友化学株式会社 機能樹脂事業部 エンジニアリングプラスチック部
〒103-6020 東京都中央区日本橋2-7-1 東京日本橋タワー
Tel: 03-5201-0266
URL: <https://www.sumitomo-chem.co.jp/sep/>
アクセス: https://www.sumitomo-chem.co.jp/company/group/detail/access_tokyo.html

住友化学株式会社 エネルギー機能材料研究所 <スーパーエンプラグループ>
〒300-3294 茨城県つくば市北原6
Tel: 029-864-4177
アクセス: https://www.sumitomo-chem.co.jp/company/group/detail/access_tsukuba_01.html

Sumitomo Chemical Advanced Technologies, LLC.
Add: 3832 East Watkins Street, Phoenix, AZ 85034, USA
Tel: +1-602-659-2500
URL: <https://sumichem-at.com/>

Sumitomo Chemical Europe S.A. / N.V.
Add: Woluwelaan 57, B-1830 Machelen, Belgium
Tel: +32-2251-0650
URL: <https://sumitomochemical europe.eu/>

Sumitomo Chemical Asia Pte Ltd.
Add: 3 Fraser Street, #07-28 DUO Tower, 189352, Singapore
Tel: +65-6303-5188
URL: <https://sumitomo-chem.com.sg/>

Dongwoo Fine-Chem Co., Ltd.
Add: 22, Sandanoryon-gil, Samgi-myeon Iksan-si, Jeollabuk-do, 54524, Korea
Tel: +82-63-839-2942
URL: <https://www.dwchem.co.kr/main.do?lang=eng>

住化電子管理（上海）有限公司 徐匯分公司
Sumika Electronic Materials (Shanghai) Corporation Xuhui Branch.
Add: Floor 1, Building 91, No.1122 North Qinzhou Road, Xuhui District, Shanghai, 200233, China
Tel: +86-21-5459-2066
URL: <https://www.sumika.com.cn/>

住化電子管理（上海）有限公司 上海テクニカルセンター
<Shanghai Technical Center>
Add: Floor 1, Building 91, No.1122 North Qinzhou Road, Xuhui District, Shanghai, 200233, China
Tel: +86-21-5459-2063

住化電子材料科技（深圳）有限公司
Sumika Electronic Materials (SHENZHEN) Co., Ltd. <Shenzhen Office>
Add: Room17G, Nuode Finance Centre, NO.1006 of Fuzhong Road3, Lianhua Street, Futian District, Shenzhen, China P.C:518026
Tel: +86-0755-2598-1596
URL: <https://www.sumika.com.cn/>

製品の詳細は <https://www.sumitomo-chem.co.jp/sep/>