

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

3. PES の射出成形

High heat
Resistant
Amorphous
Polymer

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

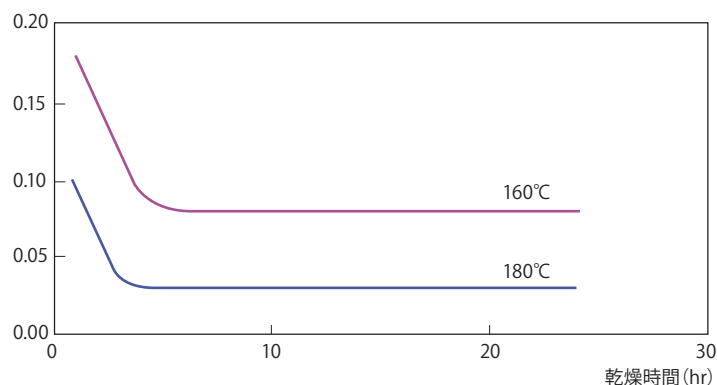
スミカエクスル PES は吸水性があるため、十分乾燥する必要があります。熱風循環式オープン、除湿乾燥機を使用し、160～180℃で5～24時間乾燥してください。棚段式オープンを用いる場合は50mm以下の厚さに広げ乾燥してください。特に大型成形品を成形する際には180℃での乾燥を推奨します。

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(%)

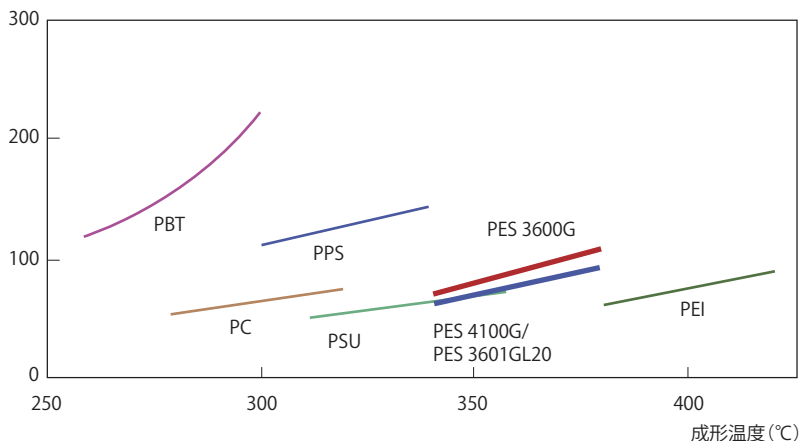


樹脂温度

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)

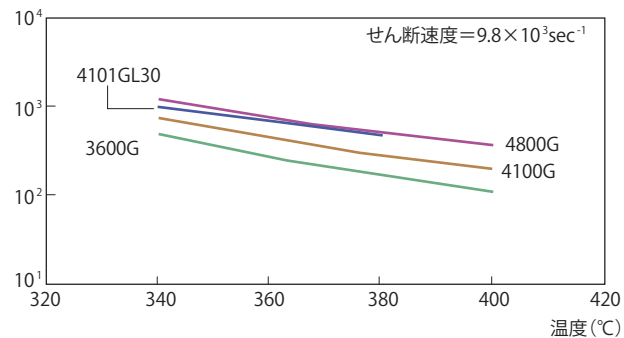
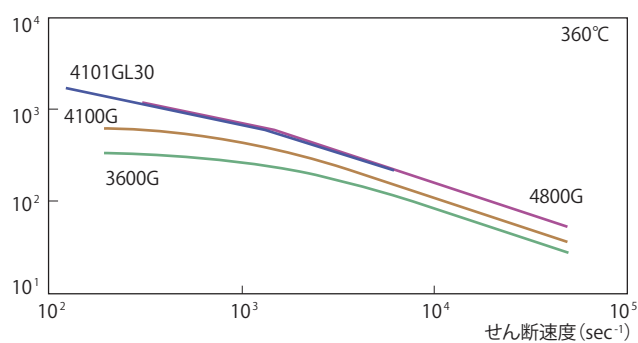


図 4-2-2 見掛けの熔融粘度のせん断速度依存性

見掛けの熔融粘度 (Pa・s)



一般成形

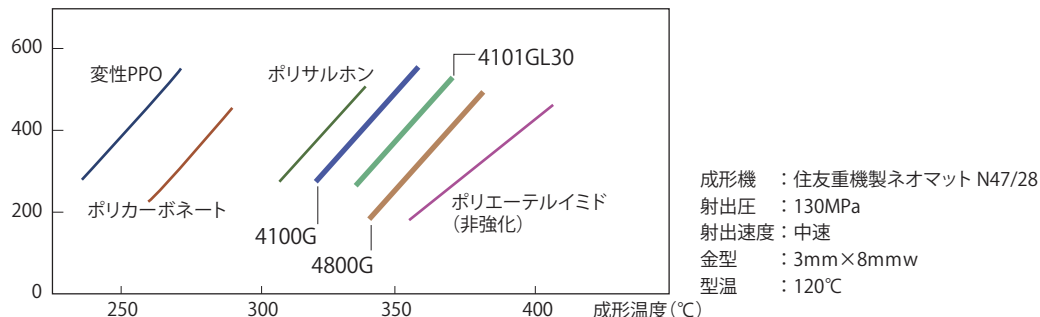
肉厚 3mm での流動特性を中心に述べます。

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)

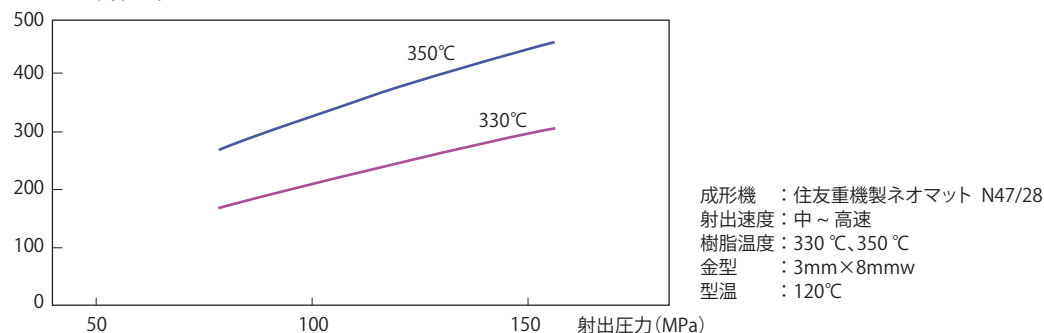


射出圧力の影響

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)

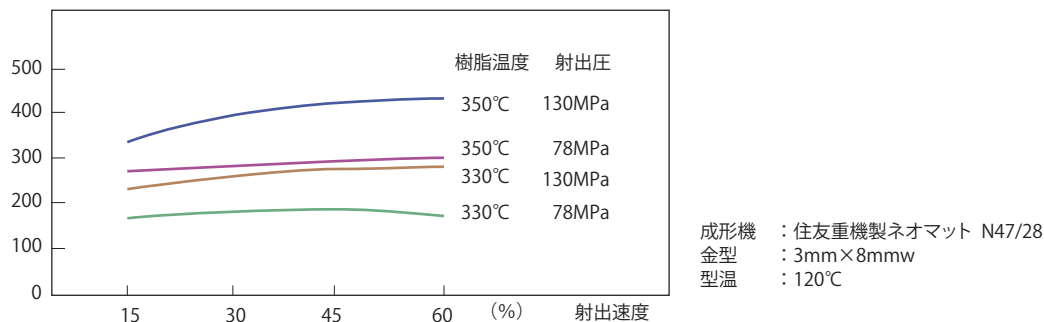


射出速度の影響

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)

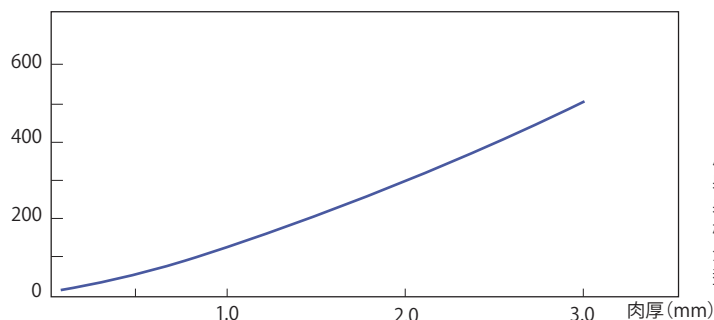


製品肉厚の影響

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

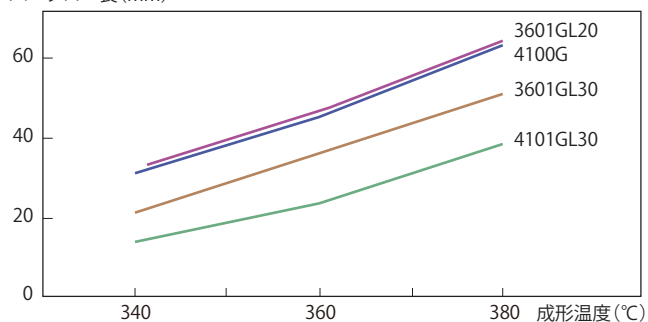
成形品の肉厚 0.1 ～ 0.7mm での流動特性について述べます。

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)

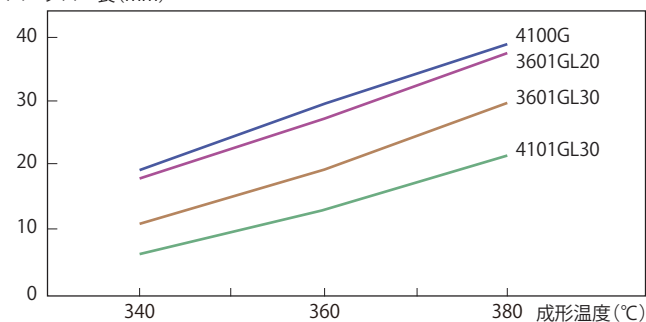
パーフロー長 (mm)



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)

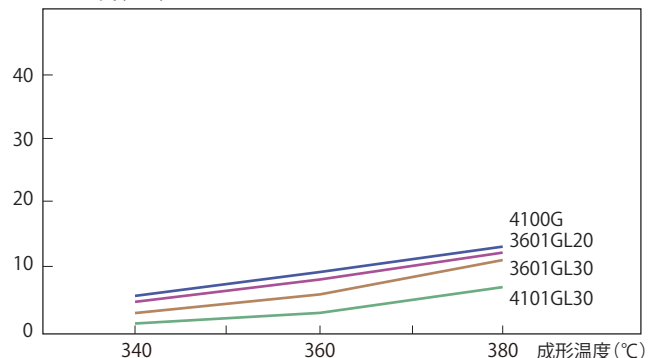
パーフロー長 (mm)



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)

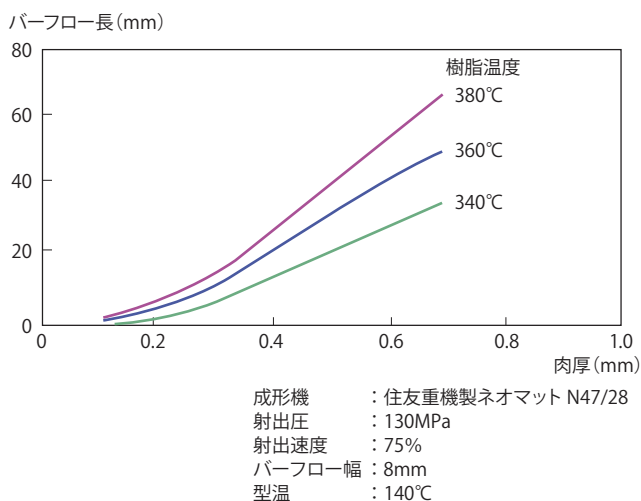
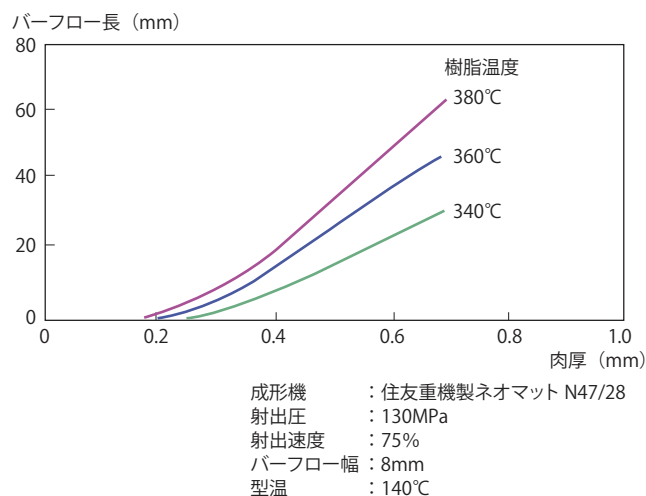


図 4-2-11 肉厚依存性 (3601GL20)



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)

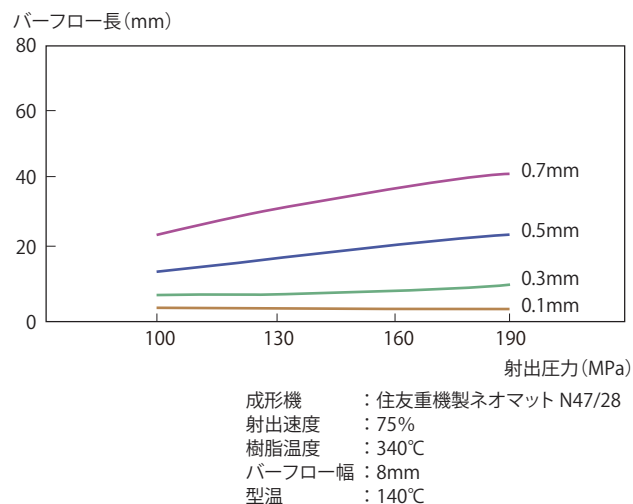
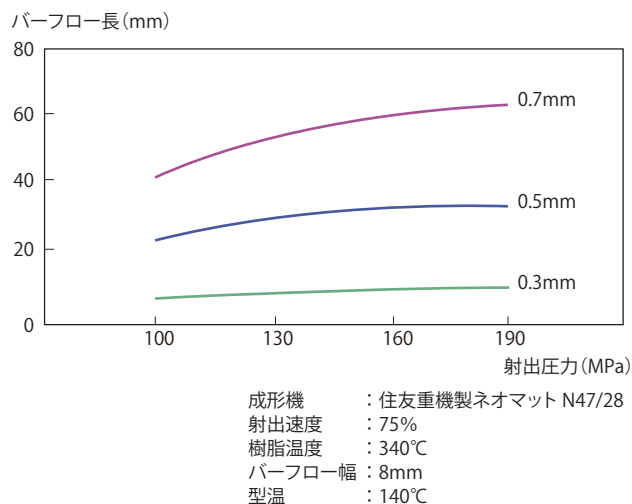


図 4-2-13 射出圧力依存性 (3601GL20)



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)

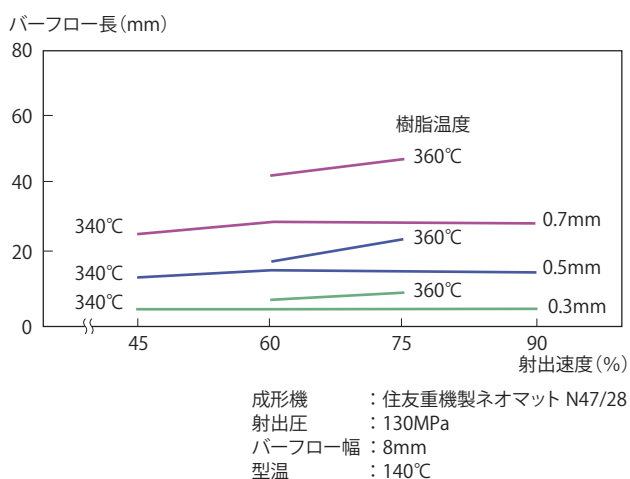
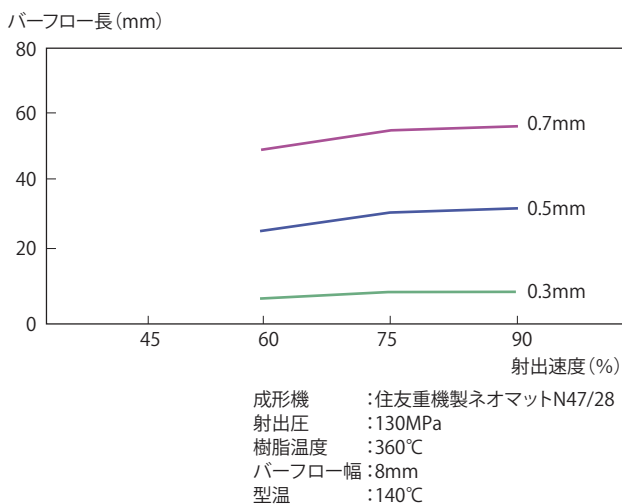


図 4-2-15 射出速度依存性 (3601GL20)



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)

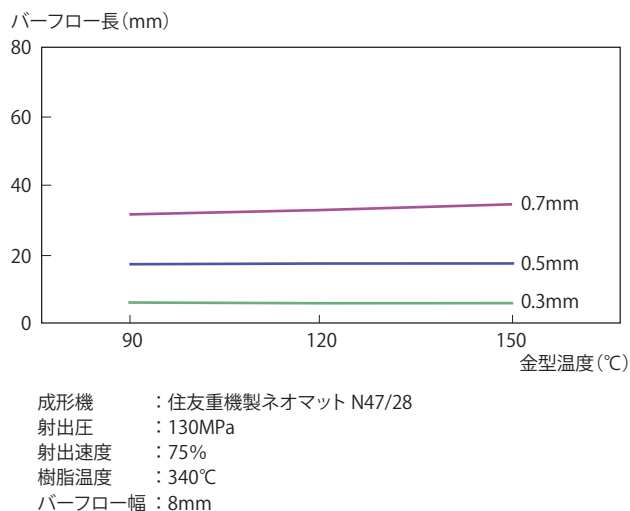
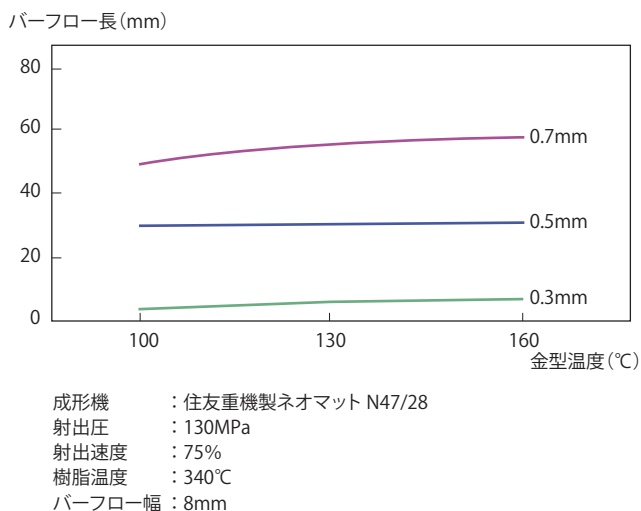


図 4-2-17 金型温度依存性 (3601GL20)



4-3 PES の射出成形機と金型

射出成形機の選定

スミカエクスル 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

- スミカエクスル 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

- スミカエクスル 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。
- スミカエクスル 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。

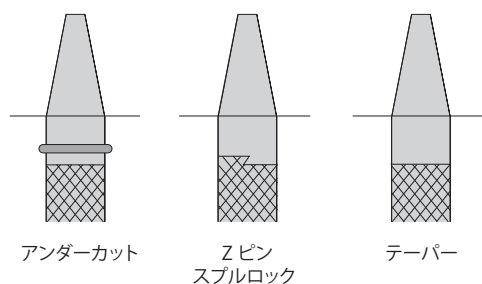
金型材質

- 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。

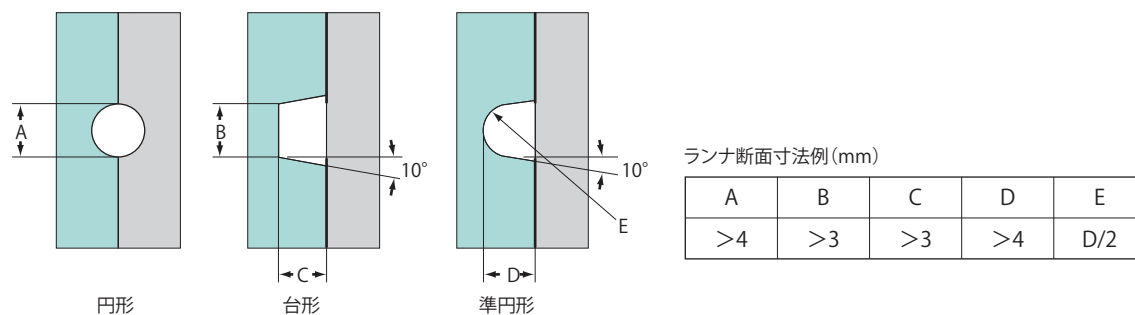
図 4-3-1 スプル形状



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。

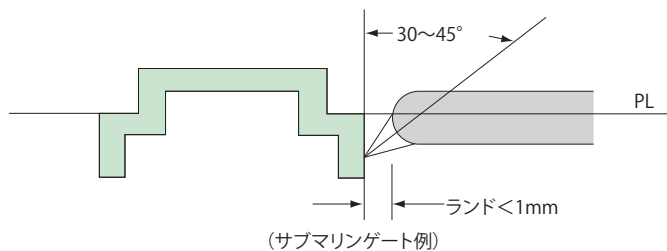
図 4-3-3 サイドゲート形状



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。

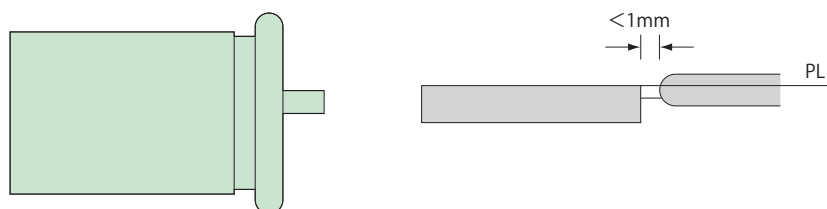
図 4-3-4 ピンポイント / サブマリゲート形状



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

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/>