

ポリアセタールコポリマー

*Dupital*<sup>TM</sup>

成形編

## ユピタルの射出成形

### 1. 成形機

- 1.1 射出容量からの成形機選定
- 1.2 型締圧力からの成形機選定
- 1.3 ノズル構造
- 1.4 射出構造について
- 1.5 逆流防止リングについて
- 1.6 周辺機器
  - 1.6.1 材料乾燥
  - 1.6.2 金型温度調節
  - 1.6.3 局所排気設備

### 2. 成形条件

- 2.1 予備乾燥
- 2.2 樹脂温度
- 2.3 射出圧力
- 2.4 射出速度
- 2.5 金型温度
- 2.6 成形サイクル
  - 2.6.1 成形サイクルの構成
  - 2.6.2 射出時間（充填時間、保圧時間）
  - 2.6.3 可塑化時間
  - 2.6.4 冷却時間
  - 2.6.5 ドライサイクル
- 2.7 成形作業の開始及び終了、作業中断、及び材料交換
  - 2.7.1 材料交換
  - 2.7.2 作業中断・分解清掃
- 2.8 安全上の注意

### 3. 成形品品質

- 3.1 寸法精度（公差）
- 3.2 安定成形性
- 3.3 成形不良対策

### 4. 熱安定性

- 4.1 熱分析
- 4.2 滞留変色
- 4.3 再生特性
- 4.4 モールドデポジット
  - 4.4.1 MDの生成要因
  - 4.4.2 成形条件とMDの生成傾向
  - 4.4.3 MDの除去及び金型保管上の注意点

## 5. 流動特性

### 5.1 ユピタルと他樹脂の流動特性

### 5.2 成形品肉厚と流動長

### 5.3 成形条件と比流動長

#### 5.3.1 射出圧力

#### 5.3.2 金型温度

#### 5.3.3 ゲート径

### 5.4 流れ値 (MI)と流動長の関係

## 6. 収縮特性

### 6.1 成形収縮

#### 6.1.1 肉厚と成形収縮

#### 6.1.2 MI値と成形収縮

#### 6.1.3 成形収縮率の異方性 (グレード比較)

#### 6.1.4 成形条件と成形収縮

##### ① 射出圧力

##### ② 射出時間

##### ③ 金型温度

##### ④ 樹脂温度

### 6.2 加熱収縮 加熱処理による寸法変化

### 6.3 後収縮 成形品寸法の経時変化

ユピタルの成形機はインラインスクリータイプが最も一般的である。

## 1.1 射出容量からの成形機選定

成形機の射出容量 $Q$  (gr) は一般に、スプルー、ランナーの重量を含んだ1ショット重量 $W$  (gr) が以下の範囲で成形するのが望ましい。

$$Q = (1.3 \sim 1.5) \times W$$

射出容量が小さすぎる場合は可塑化が間に合わず、ユピタルが十分に可塑化されないうちにスクリー先端に送られるため、成形品として本来の物性が得られないことがある。

逆に、射出容量が大きすぎる場合はシリンダー内での滞留時間が長くなり、樹脂の分解を起こし易くなる。

成形機はインラインスクリータイプが最も一般的である。

## 1.2 型締圧力からの成形機選定

ユピタルを成形する場合、トグル式、直圧式のいずれでも良い。

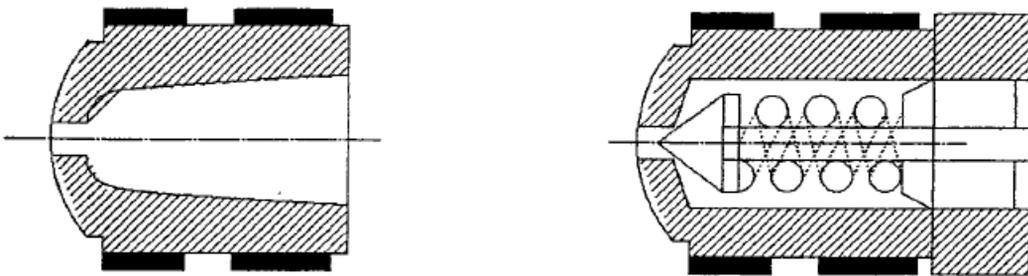
成形品投影面積 $A$ ( $\text{cm}^2$ )と所要型締力 $P$ (トン)の関係は、次式で表される範囲が望ましい。

$$P = (0.5 \sim 0.7) \times A$$

## 1.3 ノズル構造

ユピタルの成形には、オープンノズルが一般的である。

市販射出成形機に有するノズルは、図-1.3-1に示す通り、(A)オープンノズル、(B)シャットオフノズル等があるが、何れの場合にも温度制御付きであることが必要である。



(A) オープンノズル

(B) シャットオフノズル

図-1.3-1 成形機ノズル

ノズルからの鼻タレ(ドレーリング)を懸念する場合には、シャットオフノズルを用いると良い。ただし、スライド部分にユピタルが滞留して、シルバーストリークや焼けの発生原因となることがあるので注意を要する。

## 1.4 射出機構について

ユピタルを成形するには、『1速、2圧』（射出速度一定、射出圧力2段制御）という基本的な機能の成形機で充分であるが、寸法、外観、成形性（流動性、離型性）など厳しい製品を成形するに際しては、射出速度や射出圧力をコントロールできるプログラム制御を有したものが効果的である。

## 1.5 逆流防止リングについて

ユピタルの成形においては、その熔融粘度が比較的低いのでスクリーには逆流防止リングが不可欠である。

この逆流防止リングが摩耗や腐食等により損傷していると、射出（保圧）時にシリンダー内の樹脂がホッパー側に逆流して、クッション量が保てず、後述する射出圧力（保持圧力）がキャビティに有効にかからない場合がある。このような場合、良好な成形品は得られないので、保守・管理面では成形時のクッション量とその安定性には常に注意する必要がある。

逆流防止リングは特別な耐食・耐摩耗の鋼種を必要としないが、ガラス繊維、炭素繊維充填グレード等フィラーを充填したものや、腐食性ガスを発生する他樹脂を並行して成形する場合には、耐食・耐摩耗の鋼種の使用が望ましい。

## 1.6 周辺機器

### 1.6.1 材料乾燥

ユピタルは材料の予備乾燥なしでも成形可能であるが、モールドデポジットの低減や表面外観を重視する場合などには80～90℃で3～4時間の材料乾燥が望ましい。特に、各種充填剤を添加した複合系ユピタルにおいては、充填剤の吸湿がその物性や外観に影響する場合があります。予備乾燥の励行が必要である。乾燥は、一般に棚段式乾燥機やホッパードライヤーで充分であり、特に脱湿型の乾燥機を必要としない。

### 1.6.2 金型温度調節

ユピタルの金型温度調節は、安定した寸法、物性の成形品を得るために、成形時に樹脂が金型内へ持ち込む熱量を速やかに除去して、金型温度を一定に保つ能力が必要である。金型温度調節システムとしては、表-1.6-1に示す方法がある。

表-1.6-1 金型温度調節システム

方 式	ポリアセタルに対する適応
温水循環式	ポリアセタルに最も一般的に用いられている。 長期間使用後の流路内のスケール除去に注意。
加圧温水循環式	金型温度90℃以上の場合に用いられる。
加熱油循環式	金型温度90℃以上の場合に用いられる。
ヒーター加熱	金型温度の上がり過ぎを防止できないので不適。 補助加熱用に用いることあり。
チラー	コア、その他金型の局所的な過熱防止に効果あり。

どのシステムを選ぶかは製品の要求品質、作業性、金型設計との関係などを配慮して選定すれば良いが、ヒーター加熱は一般に適さない。

## 1.6.3 局所排気設備

ユピタルは熱安定性の優れた樹脂であり、通常の成形条件では心配ないが、条件によっては熱分解によりホルムアルデヒドを発生する。ホルムアルデヒドは目、鼻、のどなどに対し強い刺激性を有するガスであり、その発散は刺激臭で判る。この臭いは個人差はあるものの、一般的には0.2～0.3 ppmで感じると言われている。

作業環境濃度については、米国産業衛生専門会議や日本産業衛生学会が「0.1 ppm以下」を勧告している。従い成形機周辺などの作業場のホルムアルデヒド濃度は「0.1 ppm以下」を守り、更に出来るだけ低くする方向で管理することが望ましい。このため、成形工場には局所または全体換気設備の設置等の検討が必要である。

また、濃度測定には、ホルムアルデヒド用の検知管が使用できる。

## 2.1 予備乾燥

標準グレードの乾燥温度、乾燥時間と吸水率の関係を図-2.1-1に示す。ユピタルは吸水率が小さく、開封直後であれば予備乾燥なしに成形可能であるが、モールドデポジットの低減や表面外観を重視する場合には、80℃～90℃、3～4時間の予備乾燥が望ましい。

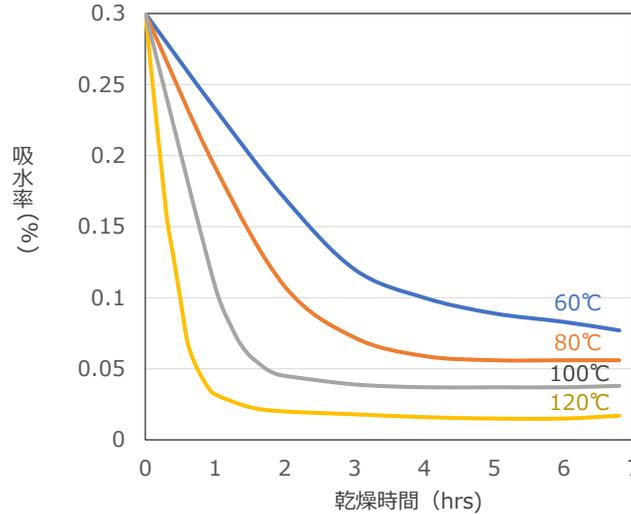


図-2.1-1 乾燥時間と吸水率の関係

## 2.2 樹脂温度

表-2.2-1にユピタルの代表的なグレードの標準的シリンダー設定温度を示す。ユピタルの流動性は樹脂温度の依存が低いため、樹脂温度を上げて流動長は期待ほど伸びず、逆に熱分解を誘発してモールドデポジットの増加やシルバーストリークの発生をまねく恐れがある。逆に、樹脂温度が低すぎる場合には、ユピタルの結晶が可塑化溶解しないうちに射出され、成形品の十分な物性が得られないこともあるので最低でも160～170℃の設定温度が必要である

表-2.1-1 ユピタル各グレードの標準的成形条件 (単位: °C)

グレード	ノズル	シリンダー前部	シリンダー中部	シリンダー後部
標準グレード	180 ~ 210	190	180	170
耐候グレード		190	180	170
FG,MF,FB		200	190	180
FC		200	190	180
FT		190	180	170
LO,FX,WA		190	180	170
ST		190	180	170
FU		190	180	170
ET		190	180	170
TC		190	180	170

FU : 金型温度 40℃以下を推奨  
ET : 射出速度は低速

・ノズル温度 ノズル閉塞～鼻タレしない範囲で調整  
・設定下限温度 160℃

## 2.3 射出圧力

射出圧力は、充填圧力と保持圧力とに分けて考えられる。充填圧力は、一般的には保持圧力より大きく設定する。保持圧力は、ユピタルのような結晶性樹脂の場合、冷却固化時に大きな収縮が起きるので、充填補充のため不可欠で成形収縮に大きく影響を及ぼす要因である。保持圧力を増加させることは、ヒケやボイドの解消に有効であるが、増加し過ぎると、バリを生じることがあり注意を要する。

## 2.4 射出速度

薄肉成形品や多数個取りキャビティーで寸法精度の厳しい成形品では、射出速度は大きい方がよい。逆に、肉厚の大きい成形品では、射出速度は小さい方がよい。また、ジェッティング、フローマークの解消には、射出速度のプログラムコントロールが有用である。

## 2.5 金型温度

ユピタルの金型温度は、60～80℃が一般に適しており、成形条件の中では重要なポイントである。ハイサイクル成形を目的にチラー等により金型温度20～30℃近傍で成形することも可能であるが、成形品に残留歪みによる変形や、使用環境温度や経時的な後収縮による寸法変化の危険があり注意を要する。高温雰囲気下の寸法安定性や表面光沢が必要な場合は、金型温度を120℃まで上げると効果的である。

## 2.6 成形サイクル

### 2.6.1 成形サイクルの構成

成形サイクルの一般的な構成は以下の通りである。

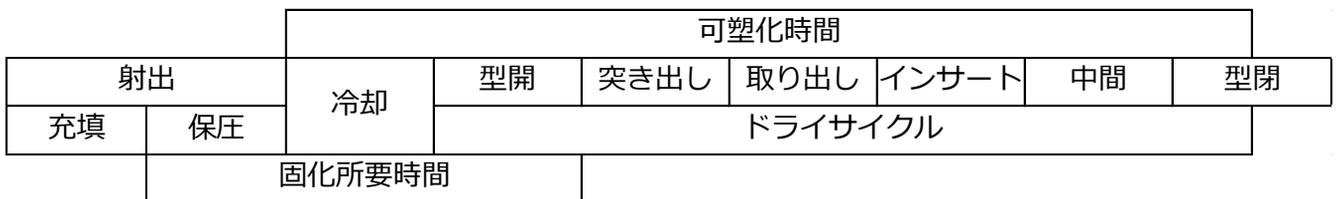


図-2.6-1 成形サイクル構成図

$$\text{成形サイクル} \geq \text{充填時間} + \text{固化所要時間} + \text{ドライサイクル時間}$$

## 2.6.2 射出速度（充填時間、保圧時間）

成形機により設定の仕方は種々あるが、以下のように考える。

$$\text{射出時間（充填時間 + 保圧時間）} > \text{ゲートシール時間}$$

ゲートシール時間とはゲート部の樹脂が固化流動停止する時間で、図-2.6-2に示すように、射出時間を長くしたとき、成形品重量が一定となる位置の射出時間ととらえることができる。

ゲートシールする前に保圧をきると、溶融したユピタルがゲートから逆流し、寸法や物性のばらつきが大きくなる。反り、ヒケやボイドの原因はこれによることが多い。

ゲートシール時間を判定するには、射出時間を変化させた成形品重量を測定すれば簡単に測定できる。

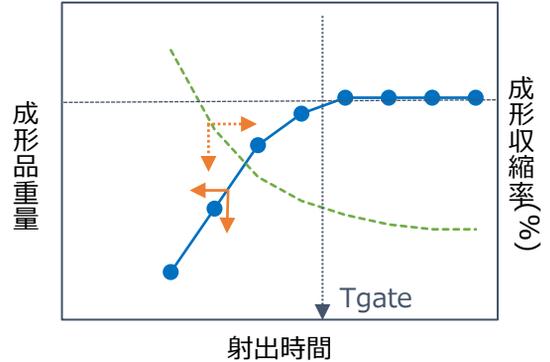


図-2.6-2 ゲートシール時間

## 2.6.3 可塑化時間

必要な最短冷却時間より可塑化時間の方が長くなると、成形サイクルはそれだけ長くなる。このような場合には、スクリー回転数を上げたり、可塑化容量の大きい成形機を用いて可塑化時間を短縮すると良い。また、成形機によっては複合動作によって型開き以降でも可塑化できる方式のものもある。

## 2.6.4 冷却時間

固化所要時間は保圧時間完了後ユピタルが固化し、成形品が変形することなく突き出せる最短時間のことである。当然、冷却時間は成形品肉厚や抜き勾配、突き出し方式や位置、保持圧力、金型温度などによって左右される。図-2.6-3に、ユピタルの成形品肉厚と金型温度との固化所要時間を算出した結果を示す。

同図より、成形サイクルの律速となる成形品肉厚部の固化所要時間を求めることで、成形サイクル中の固化所要時間を推定することが出来る。

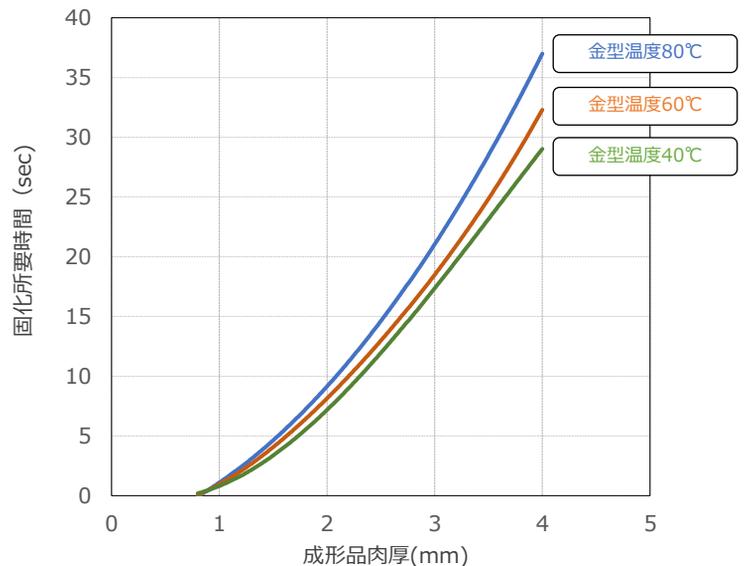


図-2.6-3 成形品肉厚と固化所要時間  
(標準グレード, 樹脂温度: 200°C)

### 2.6.5 ドライサイクル

ドライサイクルとは、金型の開閉時間、製品の突き出し時間、取り出し時間及び中間時間（待機時間）等のメカニカルな時間をトータルしたものである。これらの時間は成形機種種、製品の形状及び金型方式、構造により支配されるものであり、各成形の条件により異なる。

## 2.7 成形作業の開始及び終了、作業中断、及び材料交換

### 2.7.1 材料交換

加熱筒中の材料をユピタルから他の材料（ユピタルの成形温度で熱分解するおそれのある材料、ユピタルを分解させる可能性のある材料、あるいは成形温度が大きく異なる材料）に交換する場合、また、その逆の場合には、中間に成形温度幅の広いポリエチレンまたは、ポリスチレンをはさむことが望ましい。

### 2.7.2 作業中断・分解清掃

作業中断時は、加熱筒温度を150℃以下として保持することが安全上、また炭化物の混入などを防ぐ上で望ましい。

また、長期間に渡る作業停止の際は他樹脂と置換しておくことが必要で、置換材料としてはポリエチレンまたは、ポリスチレンが良い。

加熱筒内には長時間の成形作業中に分解樹脂層が形成され、徐々に炭化していく。この加熱筒内の炭化層は次第に厚くなり分解が進むと成形品に混入してくるため、時には分解清掃をすることが望ましい。

## 2.8 安全上の注意

ユピタルを230℃以上の高温に加熱したり、200℃以上の成形機シリンダー中に長時間、滞留させることは避けるべきである。ユピタルも、他のポリアセタルと同様に融点以上の高温に長時間放置しておく、部分的な分解が起こって、ホルムアルデヒドを遊離する。したがって、成形現場には、標準的な換気装置を設けることが必要である。もし誤って、ユピタルを過熱し過ぎた場合には、シリンダー設定温度を下げると共に、ページし、過熱したユピタルを水槽に直接入れて、作業環境の雰囲気にはガスが拡散しないように努める処理が必要とされる。

## 3.1 寸法精度（公差）

ユピタルの一般的な寸法公差としてはS P Iの寸法公差表が参考になる。S P Iの寸法公差表を図-3.1-1に示す。多数個取りの場合は一個取りに比べて寸法ばらつきは大きくなるので注意が必要である。

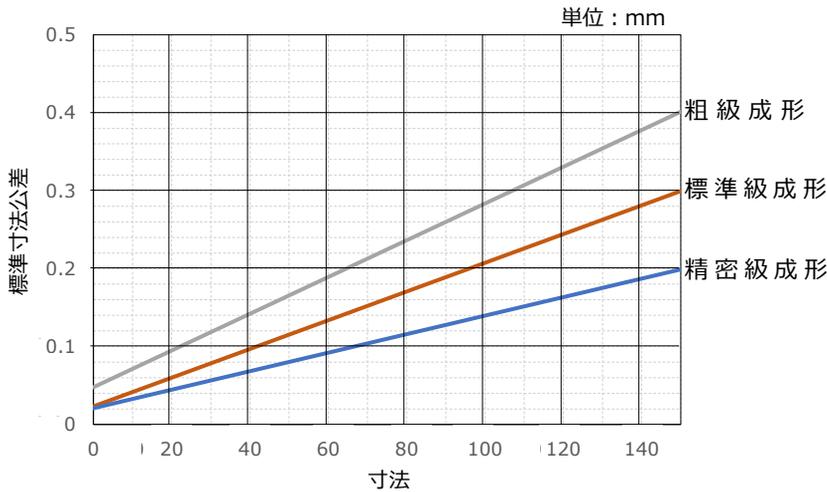


図-3.1-1 ユピタルの寸法公差

## 3.2 安定成形性

安定した寸法の成形品を得るには適正な成形条件を設定することはもちろんであるが、結晶性樹脂のユピタルの場合、特に温度の安定に注意が必要である。ここでの温度とは金型温度、樹脂温度のみならず成形機の作動油温度、成形環境温度も含んでいる。

ユピタルは金型温度などによっても異なるが、成形直後より成形収縮し安定するまでに約48時間以上必要である。成形直後に寸法が公差範囲にあるか否かを判定したい場合、予備実験とした成形条件を変化させた成形品の寸法と重量の関係を求めておけば、成形直後の成形品の重量を測定することで寸法を簡易的に管理することも可能である。

## 3.3 成形不良対策

ユピタルの成形において現れる成形不良現象の原因と対策を表-3.3-1に示す。

表-3.1-1(1) 不良現象の原因及び対策

不良現象	原因	対策
銀条 (シルバーストリーク)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペレット中の水分</li> <li>計量可塑化時の空気の巻き込み</li> <li>樹脂の過熱分解（シリンダーまたはノズルの局所の過熱、もしくは滞留部分がある）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペレットの乾燥（80℃～90℃、3～4時間）</li> <li>背圧を高め可塑化時に脱気効果を高める。</li> <li>過熱部分の温度を下げる。</li> <li>滞留部の清掃または滞留部のない部品と交換</li> </ul>
変色または焼け	<ul style="list-style-type: none"> <li>樹脂の過熱分解</li> <li>滞留時間の長過ぎ</li> <li>ペレットにより巻き込まれた空気</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シリンダー、ノズルの滞留部、嵌合部の点検</li> <li>シリンダー温度の適正化</li> <li>適正射出容量の成形機の使用</li> <li>背圧を高め脱気効果を高める</li> </ul>
局所的な変色または焼け	<ul style="list-style-type: none"> <li>金型内空気の脱気不十分により断熱圧縮により発熱</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>金型にエアイベントを設ける</li> <li>射出速度の低下</li> </ul>
汚点	<ul style="list-style-type: none"> <li>異物または他樹脂の混入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ホッパー、シリンダー、ノズルの清掃</li> <li>樹脂の貯蔵、ホッパー仕込に際し注意</li> </ul>
暗褐色ないし黒色の点または小片の混入	<ul style="list-style-type: none"> <li>シリンダー内壁に徐々に形成された分解樹脂皮膜の剥離</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>成形前のシリンダーパーズ清掃の強化</li> </ul>
表面のヒケまたは内部の気泡 (ボイド)	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融樹脂固化の際の収縮が保圧により充分補われていない</li> <li>材料供給不足</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保持圧力を高くする</li> <li>保圧時間を長くする（ゲートシール時間以上）</li> <li>ノズルの閉塞を避ける</li> <li>肉厚をできるだけ薄くする</li> <li>ゲート厚みを厚くする</li> <li>ゲートを肉厚部分に設ける</li> <li>クッション量の確認</li> </ul>
バリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>型締力の不足</li> <li>射出圧力の高すぎ</li> <li>射出速度の高すぎ</li> <li>金型の摩耗</li> <li>樹脂の溶融粘度の低すぎ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>型締力の増加</li> <li>射出圧力、保持圧力の低減</li> <li>射出速度の低下</li> <li>金型の修理または更新</li> <li>高粘度樹脂への変更</li> </ul>

表-3.1-1(2) 成形不良現象の原因および対策

不良現象	原因	対策
離型不良または離型時の際の変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>高い離型力が必要</li> <li>金型と成形品の間が減圧になる</li> <li>離型力が成形品と金型の密着部分に作用していない</li> <li>成形品が離型に際に充分冷却していない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>射出圧力の低減</li> <li>抜きテーパーをつける</li> <li>金型の磨きを良くする</li> <li>金型に減圧を破る装置を設ける</li> <li>型開速度を十分に遅くする</li> <li>突き出しピンを増加する</li> <li>金型温度を低くする</li> <li>冷却時間を長くする</li> </ul>
充填不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>シリンダー温度の低すぎ</li> <li>ランナーの固化速すぎ</li> <li>金型温度の低すぎ</li> <li>各キャビティの充填が不均一</li> <li>溶融樹脂供給量が不足</li> <li>金型内の脱気不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シリンダー温度上昇</li> <li>ランナーサイズの拡大</li> <li>金型温度の上昇</li> <li>流路の変更、ゲートバランス等を検討</li> <li>可塑化計画の増加</li> <li>金型内の脱気効果の向上（ガスベント等）</li> </ul>
縁辺部の円弧状縞模様およびあばた模様	<ul style="list-style-type: none"> <li>樹脂温度が低い</li> <li>金型温度が低い</li> <li>射出圧力、保持圧力が低い</li> <li>射出速度が小さい</li> <li>樹脂の流動性の不足</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>樹脂温度の上昇、ノズル温度の上昇</li> <li>金型温度の上昇</li> <li>射出圧力、保持圧力の上昇</li> <li>射出速度の向上</li> <li>樹脂の流動性の向上</li> </ul>
フローマーク（ジェットング、ゲート近傍のくもり）	<ul style="list-style-type: none"> <li>射出された樹脂が金型にて冷却されて固化した部分が溶融樹脂に再度押し流されることによる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ゲートの拡大</li> <li>射出速度の低下</li> <li>ゲート位置の変更</li> <li>金型温度、樹脂温度の上昇</li> <li>樹脂の流動性の向上</li> </ul>
ウェルドマーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融樹脂が流動先端で合流する時に発生</li> <li>金型内空気の排気不良にて助長</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>樹脂温度、金型温度を高くし高速射出する</li> <li>ゲートを拡大する</li> <li>金型にガスベントを設ける</li> </ul>
ゲート近傍のしわ	<ul style="list-style-type: none"> <li>保圧がかかるまでに樹脂が冷却してしまい充填時の模様が凍結される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ゲートを拡大する</li> <li>適正な射出速度を検討する</li> </ul>
そり・変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融樹脂の収縮の不均一</li> <li>成形品肉厚の不均一</li> <li>金型温度の不均一</li> <li>金型内圧の不均一</li> <li>成形収縮率の異方性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>射出圧力、保持圧力を増加</li> <li>金型温度が均一となるように配慮（冷却溝の数、配置）</li> <li>成形品肉厚の均一化、デザインの対称化</li> <li>適正な射出速度の検討</li> <li>金型内での拘束時間の延長</li> <li>ゲート位置の配慮、ゲート断面積の拡大</li> </ul>

## 4.1 熱分析

プラスチックの熱安定性の評価方法として、高温熔融状態におけるポリマーの熱分解にともなう重量減少の挙動を調べるTGA (Thermogravimetric Analysis)法がある。図-4.1-1に示すTGAによる重量減少曲線より、ユピタルが熱安定性に優れていることが判る。

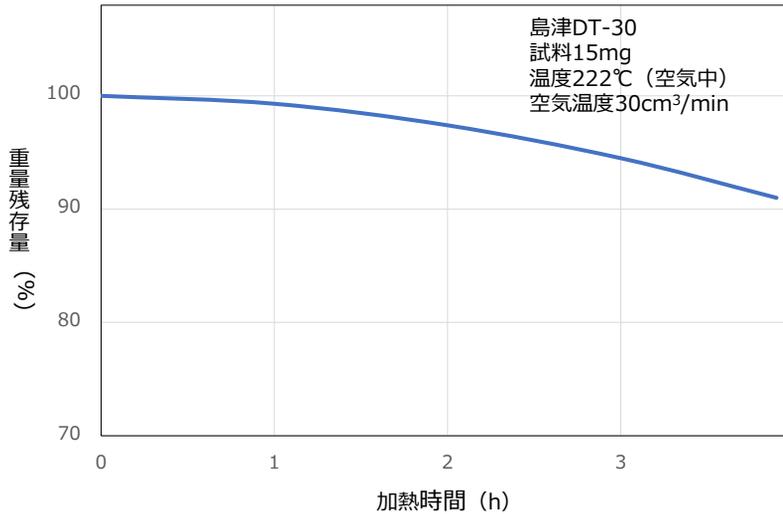


図-4.1-1 TGAによる重量減少特性 (標準グレード)

## 4.2 滞留変色

ピタルの成形機内滞留の変色特性曲線を図-4.2-1に示す。これは樹脂温度190℃にて定常成形した場合を基準として、 $\Delta E=2.0$ となる場合の樹脂温度と滞留時間との関係を示した。

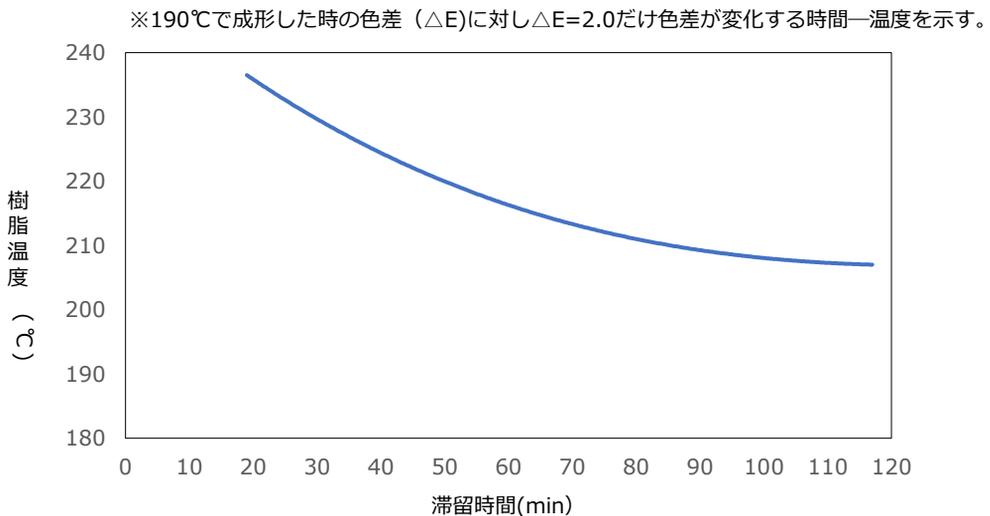


図-4.2-1 成形機内滞留変色特性曲線 (F20-03)

## 4.3 再生特性

ユピタルは、その優れた熱安定性より成形時の再生使用は基本的に可能である。ユピタル標準グレードの再生率100%、50%、30%の場合の強度、成形収縮率および色の変化を図-4.3-1~図-4.3-4に示す。再生率100%で10回繰り返しても物性の劣化はほとんど見られないが、色調や成形収縮率は若干変化する。50%以下の再生利用においては強度、成形収縮率、色相共に変化はみられず、バージン材と同等の性能を保持できると考えられる。

しかし、再生使用においては異物の混入等の危険が考えられるので十分な注意が必要である。また、フィラー充填グレードでは繊維の破砕により機械的性質等が大幅に低下することから再生使用はすすめられない。

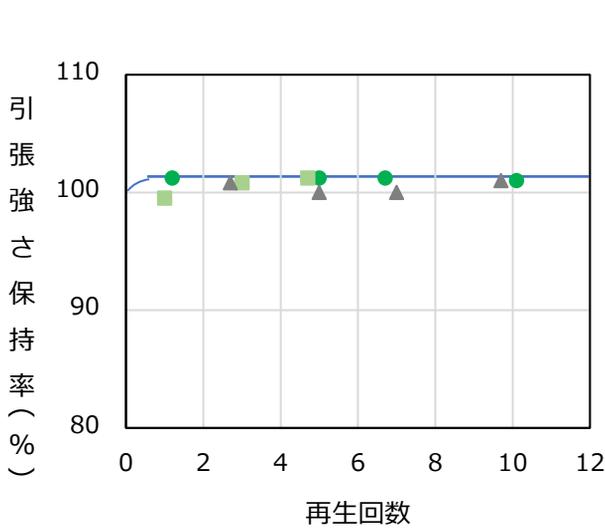


図-4.3-1 引張強さの変化

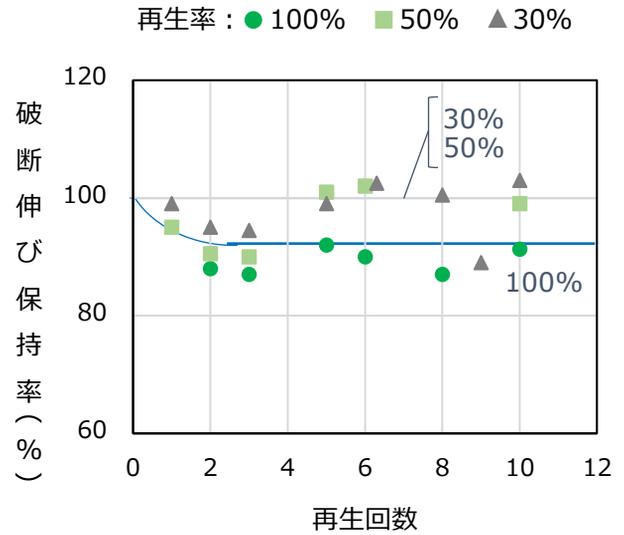


図-4.3-2 破断伸びの変化

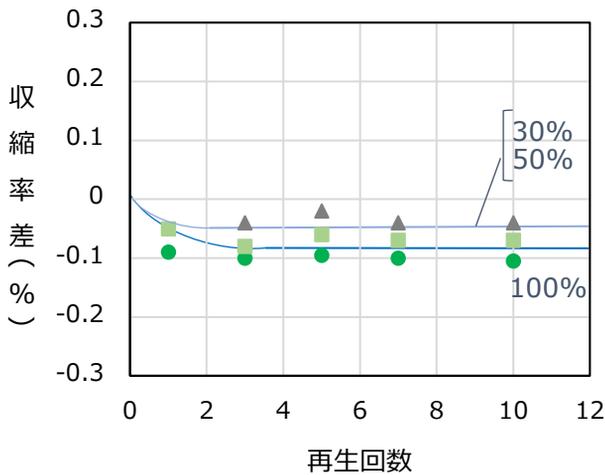


図-4.3-3 成形収縮率の変化

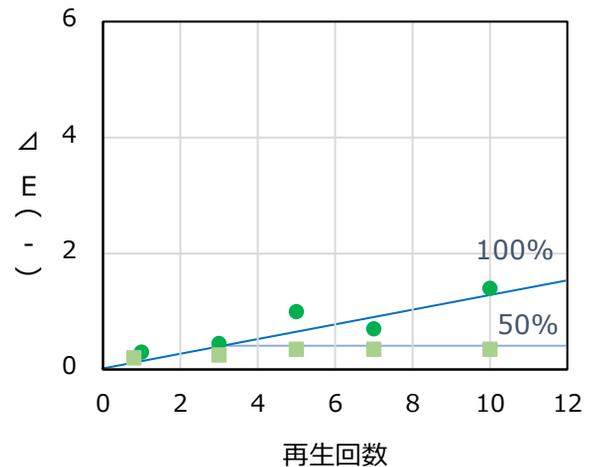


図-4.3-4 色の変化

## 4.4 モールドデポジット

モールド・デポジット（以下MD）とは、成形において金型に付着した汚染物質のことをいう。ポリアセタール（以下POM）樹脂の場合、MDの付着が進行すると、寸法精度が得られない、離型が悪くなる、また、表面外観も悪くなるといった現象を生じる。

### 4.4.1 MDの生成要因

MDとしては次のような原因がある。

- (1) POMに添加された物質のブリードアウトが金型に付着する
- (2) ホルムアルデヒド〔HCHO〕ガスが金型表面で再重合し、パラホルムアルデヒド〔HO(CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>H〕を生成する。

### 4.4.2 成形条件とMDの生成傾向

MDの生成と成形条件には以下のような傾向があり、これらをふまえた条件設定が望ましい。

#### (1) 樹脂温度

低い方がMDの生成は少ない。

表-4.1-1 成形条件による影響（MD測定用金型）：F20-03

	固形分	ガス分	合計
成形条件. 1	10	90	100
成形条件. 2	4	36	40

	シリンダー温度	射出速度
成形条件. 1	230℃	85%
成形条件. 2	195℃	50%

成形条件. 1の合計を100とした相対値  
(成形機 IS90B)

#### (2) 射出速度

過度に大きくしない。

※過度に射出速度が大きい場合、キャビティ内の空気の排出が間に合わず、断熱圧縮を起こしMDの生成を促進する。

#### (3) 樹脂のシリンダー内滞留

短い方がMDの生成は少ない。成形機容量は製品重量とのアンバランスを避け、樹脂のシリンダー内での材料の滞留を避ける。

#### (4) 金型温度

高い方がMDの生成は少ない。

表-4.1-2 金型温度による影響

	MD発生SHOT数
金型温度25℃	400より
金型温度90℃	1400 OK

- F20-03
- 未乾燥
- シリンダー温度：230℃
- 射出速度：85%

## (4) 樹脂の乾燥

水分があるとMDの生成を促進するため、樹脂の乾燥は充分に行う。

表-4.4-3 予備乾燥の影響：F20-03  
※成形により生ずるMD発生相対値

樹脂乾燥条件	MD発生相対値
乾燥無し（吸着水分量 約0.4%）	118
乾燥有り（吸着水分量 約0.0%）	100

（乾燥有り 合計を100とした相対値）

### 4.4.3 MDの除去及び金型保管上の注意

(1) 金型の掃除を頻繁に行う。

MDがわずかについた状態なら布で拭くだけで除去できる。

(2) MDが付着した状態で金型を放置しない。

特に梅雨から秋雨にかけての高温多湿な時期にサビ発生の原因となる。

(3) MDが付着した場合

過度についた場合は金型を傷つけない素材、例えば竹ベラ、銅、真鍮などで落とす。  
金属磨き剤も効果有り。

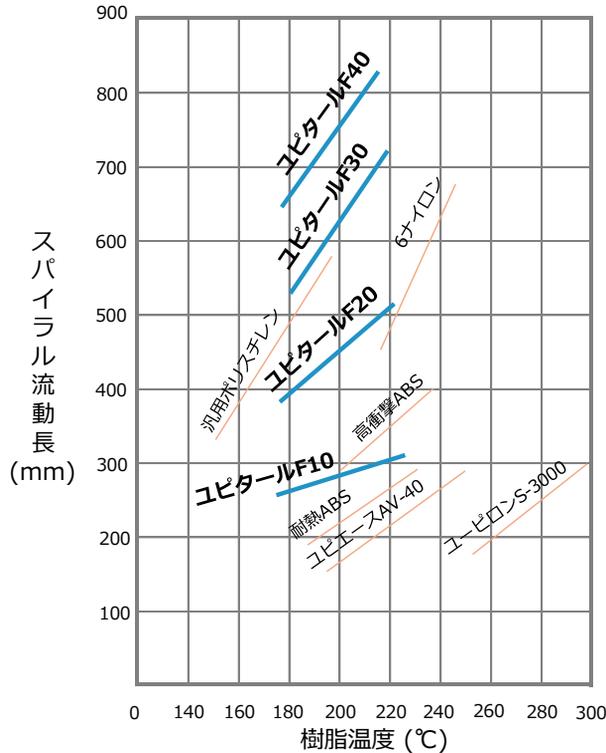
MD除去剤の利用

(4) MD除去剤について

MDの着き始めに成形金型にスプレーすることにより、MDの付着を抑える。  
過度にMDが固着した場合には、除去効果は低いと考えられる。

## 5.1 ユピタルと他樹脂の流動特性

ユピタル各グレードと他の熱可塑性樹脂の流動性を図-5.1-1に示す。

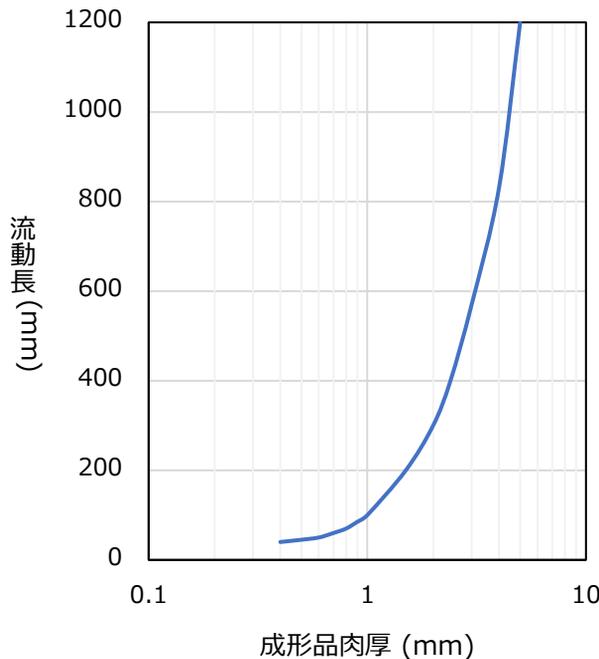


アルキメデススパイラル  
肉厚 2mm  
射出圧力 118MPa  
(1,200kgf / cm<sup>3</sup>)  
金型温度 30℃  
射出速度 34 cm/s

図-5.1-1 ユピタルとた樹脂の流動性

## 5.2 成形品肉厚と流動長

成形品の肉厚により流動長が変化する傾向を図-5.2-1に示す。



標準グレード  
Ph=79MPa  
(800kgf / cm<sup>2</sup>)  
Tm=80℃  
Tc=200℃

図-5.2-1 成形品肉厚と流動長

## 5.3 成形条件と比流動長

流動長は成形加工条件により種々の傾向を示す。次に成形加工条件と流動長の関係を流動長を比流動長として示す。比流動長を求めた条件は次のものを基準とした。

グレード : F20-03

射出圧力 : 79Mpa(800kgf/cm<sup>2</sup>)

樹脂温度 : 200℃

金型温度 : 80℃

射出速度 : 68cc/sec

この条件の時の流動長をL<sub>0</sub>として各条件に於ける流動長をLとして比流動長L/L<sub>0</sub>を求めた。以下の結果から判るように比流動長は射出圧力、樹脂温度とは直線関係を示し、金型温度とは曲線関係を示す。

### 5.3.1 射出圧力

射出圧力と比流動長の関係を図-5.3-1に示す。

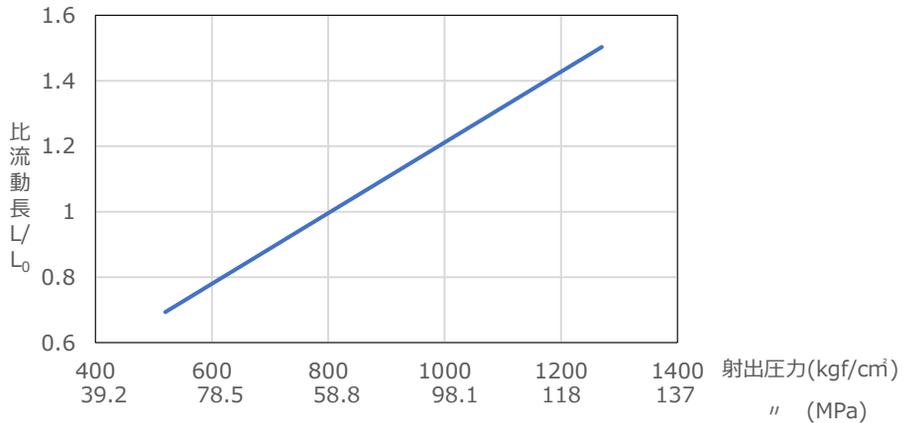


図-5.3-1 射出圧力と比流動長

### 5.3.2 金型温度

金型温度と比流動長の関係を図-5.3-2に示す。

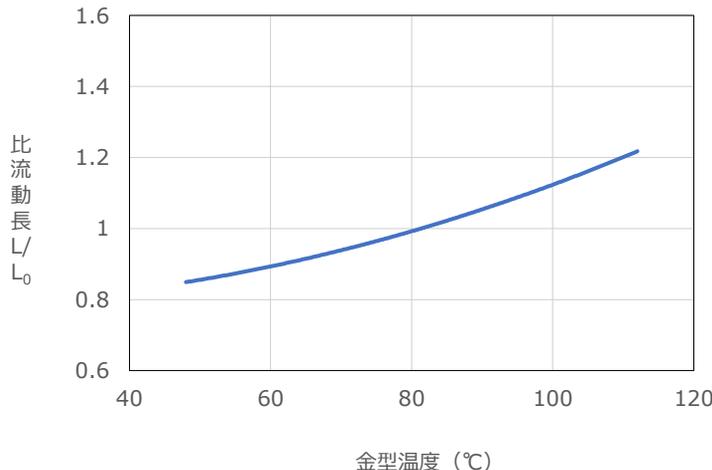


図-5.3-2 金型温度と比流動長

## 5.3.3 樹脂温度

樹脂温度と比流動長の関係を図-5.3-3に示す。

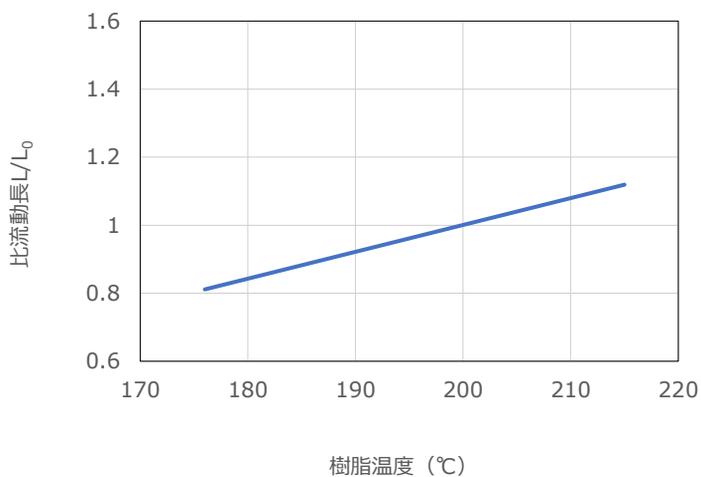


図-5.3-3 樹脂温度と比流動長

## 6.1 成形収縮

成形収縮を起こす要因としては、熱による膨張収縮、圧縮弾性回復、結晶化度の変化による比容積の変化、分子の配向等が考えられる。参考にユピタル標準グレードの比容積と温度の関係を図-6.1-1に示す。結晶性樹脂であるユピタルの成形収縮は以上のような諸要因の変化によって大きく変動するため、金型設計における見込み収縮の把握は重要なことである。

成形収縮は成形品の形状（肉厚）、成形条件（射出圧力、射出時間、金型温度、樹脂温度）、金型構造（スプルー・ランナーのサイズ及びゲート形状）等の影響を受ける。

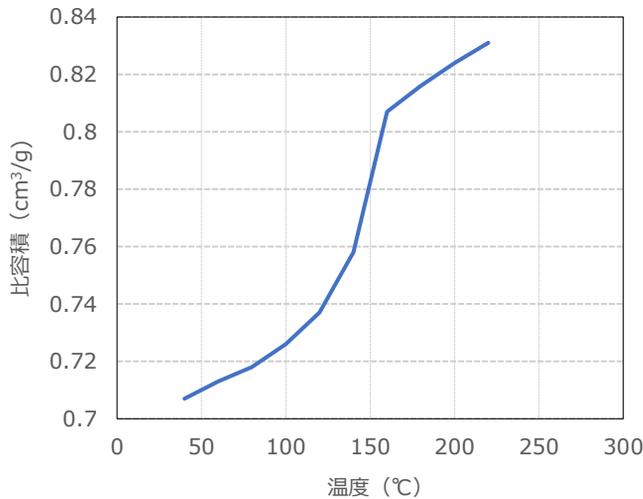


図-6.1-1 比容積と温度の関係

### 6.1.1 肉厚と成形収縮

成形品肉厚により成形収縮率は大きく変化し、成形条件、成形品形状が同じで肉厚のみ変化させると肉厚 2～3 mmの時に最も小さい値を示す。ユピタル標準グレードの成形品肉厚と成形収縮率の関係を図-6.1-2に示す。

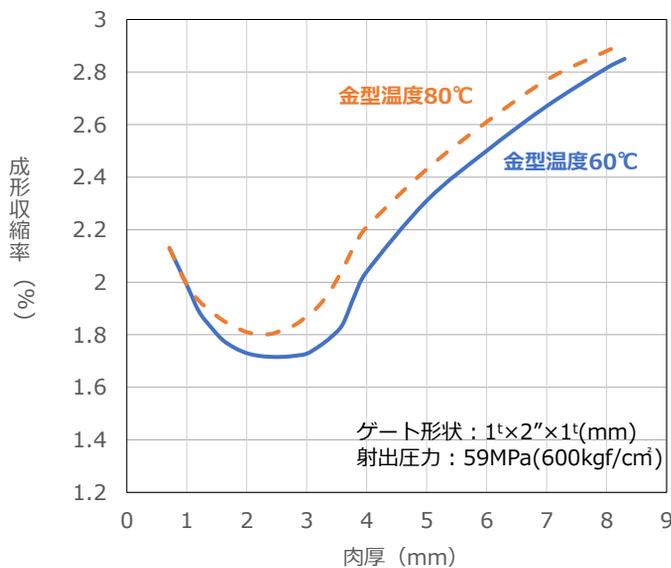


図-6.1-2 成形品肉厚と成形収縮率

## 6.1.2 MI値と成形収縮

ユピタル標準グレードのMI値変化と成形収縮率の関係を図-6.1-3に示す。

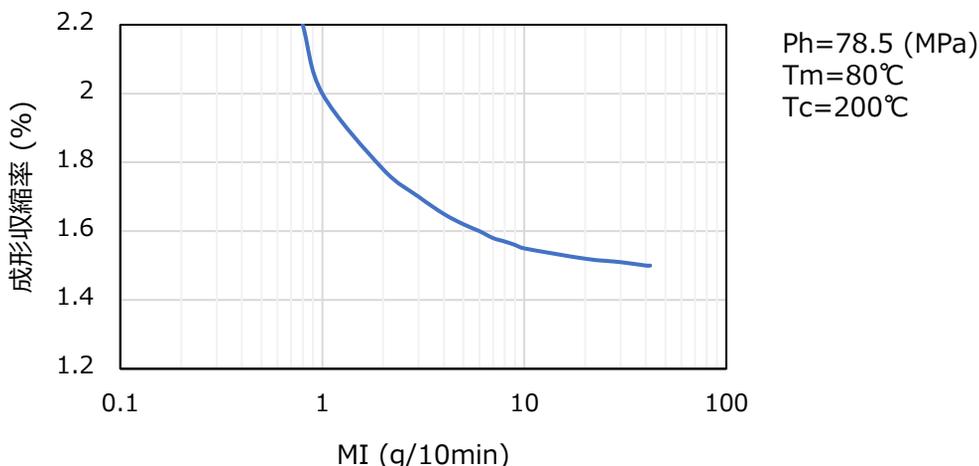


図-6.1-3 MI値と成形収縮率の関係

## 6.1.3 成形収縮率の異方性

成形収縮の流動方向とそれの直角方向で差を成形収縮率の異方性と呼んでいる。この異方性はグレードによっては大きな値を示すので注意が必要である。ユピタル各グレードの異方性を表-6.1-1に一覧する。

表-6.1-1 ユピタル各グレードの収縮率の異方性(%)

グレード	流れ方向//	直角方向	異方性//
F10	1.8	1.8	0.0
F20	1.6	1.6	0.0
F30	1.5	1.5	0.0
F40	1.5	1.5	0.0
FV-30	1.5	1.5	0.0
FG2025	0.5	0.8	-0.3
MF3020	1.5	1.0	0.5
FB2025	1.3	1.3	0.0
FC2020D	0.2	0.6	-0.4
FC2020H	0.3	0.6	-0.3
FT2010	1.4	1.4	0.0
FT2020	0.8	0.8	0.0
LO-21A	1.6	1.6	0.0
FX-11	1.6	1.6	0.0
FL2010	1.6	1.6	0.0
FL2020	1.6	1.6	0.0
FU2025	1.3	1.3	0.0
FU2050	0.8	0.8	0.0
ET-20	1.1	1.1	0.0
TC3015	1.2	1.2	0.0
TC3030	0.9	0.9	0.0

Ph: 78.5Mpa  
(800kgf/cm<sup>2</sup>)  
Tm: 80°C  
4in円板, 3mmt

## 6.1.4 成形収縮率の異方性

ユピタルの成形収縮率は成形条件によっても影響を受け変化する。  
以下に、ユピタルの成形収縮率に特に大きく影響を及ぼす成形条件について傾向を示す。

### ① 射出圧力（保持圧力）

ユピタルの成形収縮率と射出圧力（保持圧力）の関係は図-6.1-4に示すような関係を示す。

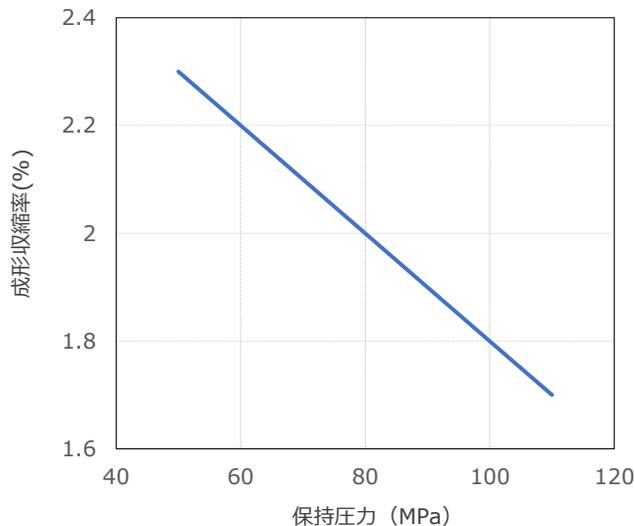


図-6.1-4 成形収縮率と保持圧力の関係（標準グレード）

### ② 射出時間

ユピタルの成形収縮率と射出時間の関係は図-6.1-5に示すようにゲートが固化するまでは比例に近い関係を示すが、ゲートが固化した後では成形収縮率はほぼ一定の値を示す。

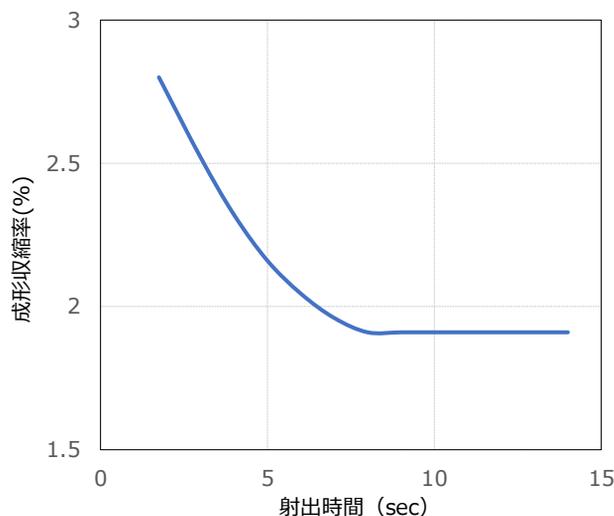


図-6.1-5 成形収縮率と射出時間の関係（標準グレード）

### ③ 金型温度

ユピタルの成形収縮率と金型温度の関係は図-6.1-6に示すように比例の関係を示す。

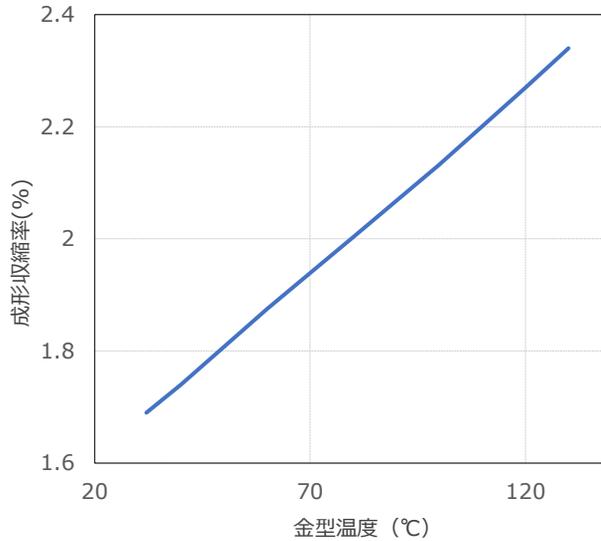


図-6.1-6 成形収縮率と金型温度の関係 (標準グレード)

### ④ 樹脂温度

ユピタルの成形収縮率と樹脂温度の関係は図-6.1-7に示すような関係を示すが、金型温度と比べればその影響は小さい。

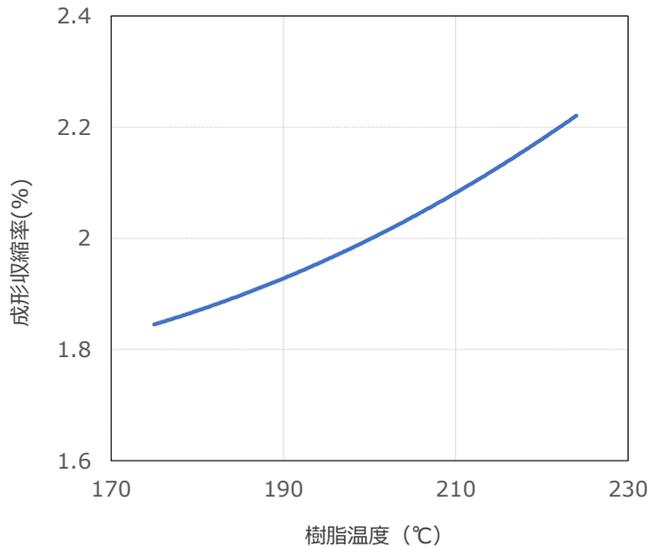


図-6.1-7 成形収縮率と樹脂温度の関係 (標準グレード)

## 6.2 加熱収縮 加熱処理による寸法変化

結晶性樹脂のユピタルはアニーリングや実使用条件の環境で加熱されることにより再結晶化が進み寸法収縮が起こる。成形品の寸法はその成形品が成形され成形条件、加熱される温度、及び加熱時間によって大きく変化するので注意が必要である。図-6.2-1～図-6.2-6に、ユピタル標準グレードの成形品肉厚1～3mm、金型温度50、80℃、加熱温度60～150℃、加熱時間30～120分での加熱収縮データを示す。テストピース寸法は70mmL×20mmW×t mm

### ◎加熱収縮率の加熱温度と時間の影響

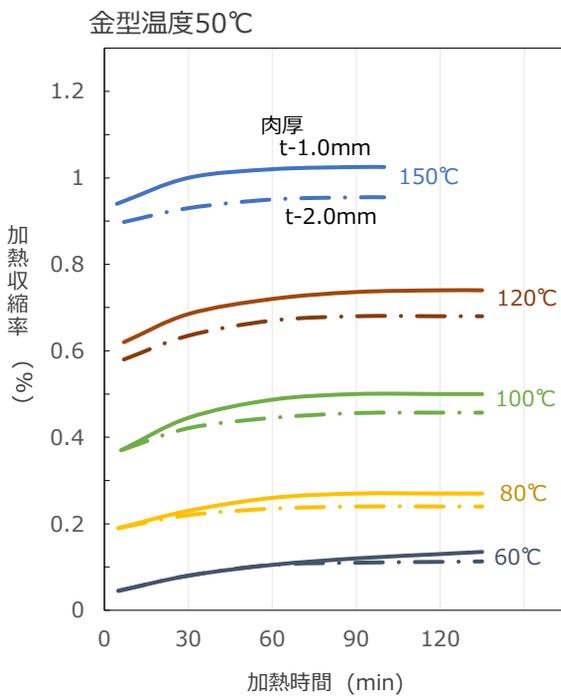


図-6.2-1

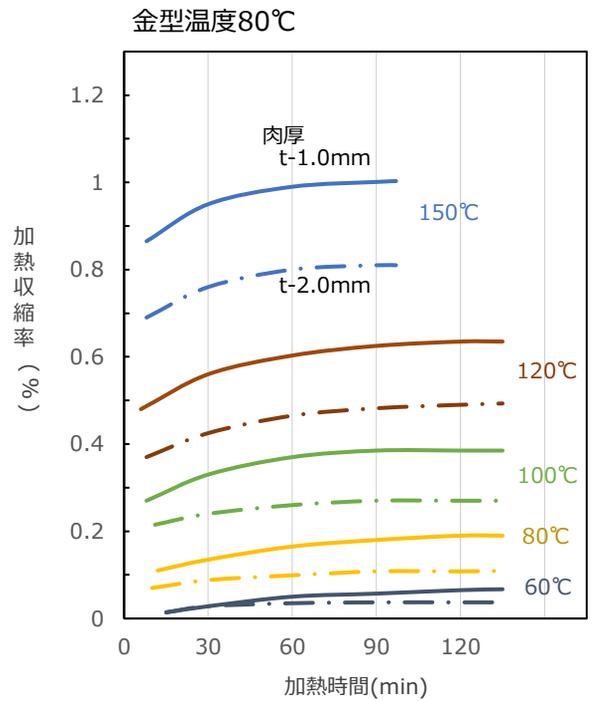


図-6.2-2

## ◎加熱収縮率の成形品肉厚の影響

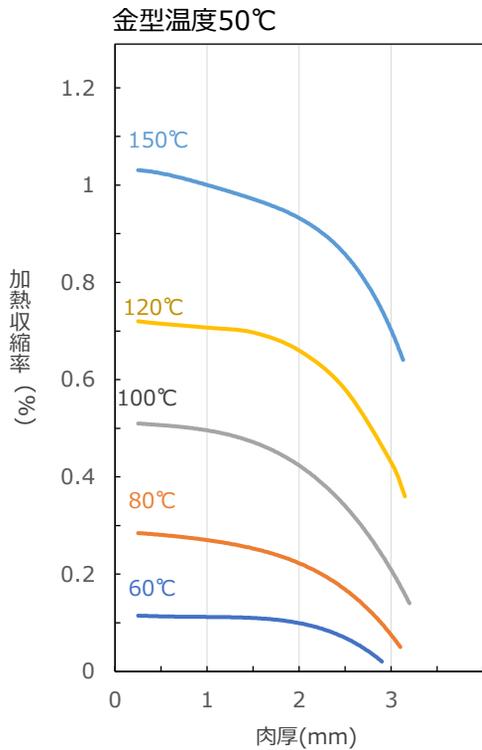


図-6.2-3

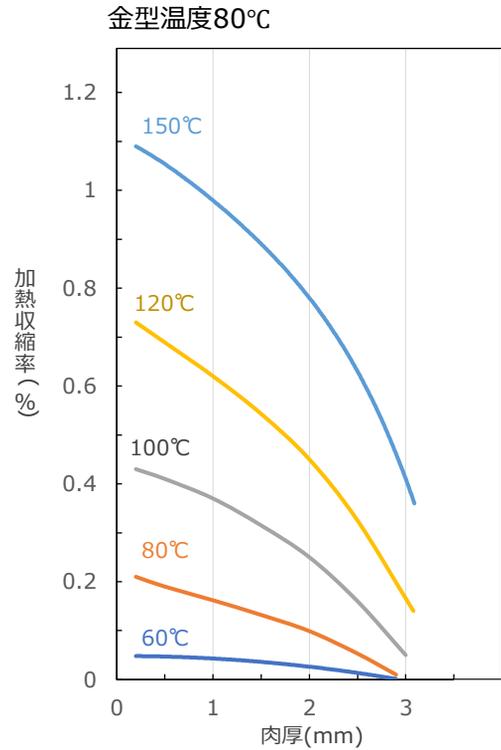


図-6.2-4

## ◎加熱収縮率の加熱温度の影響

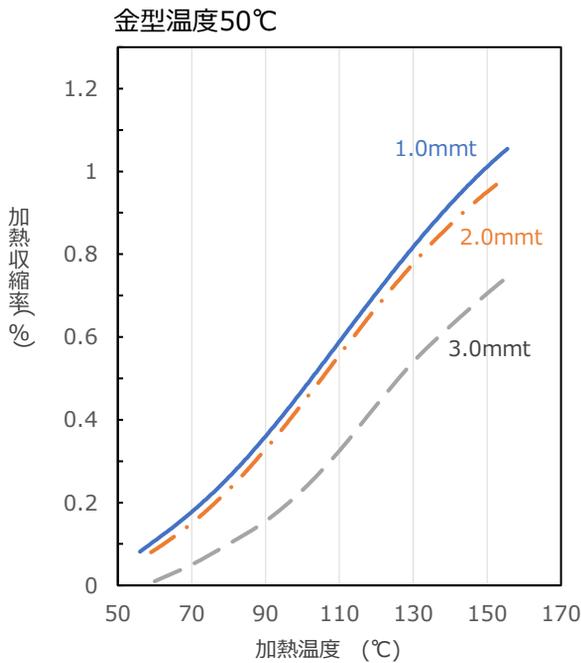


図-6.2-5

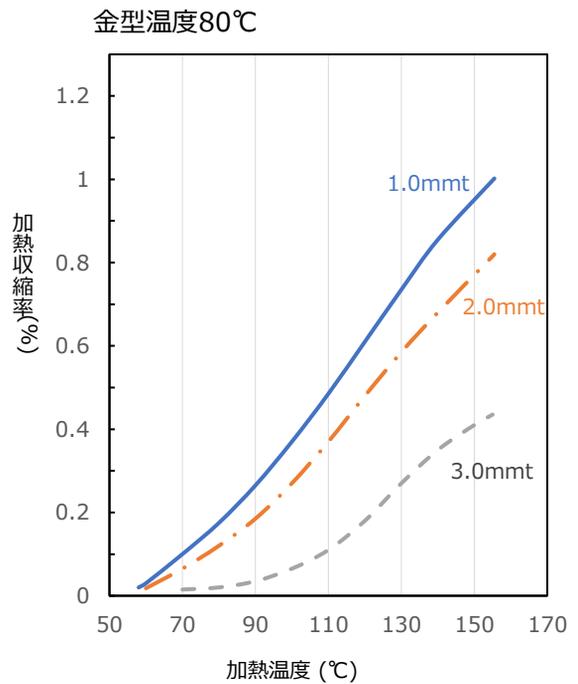


図-6.2-6

## 6.3 後収縮 成形品寸法の経時変化

成形品は、成形直後より結晶化の進行にともない寸法の収縮を起こす。特に、成形時の金型温度が低い場合にはより長時間にわたり寸法変化する。図-6.3-1にユピタルの長期寸法変化データを示す。

(Φ30円板による成形直後からの長期収縮変化)

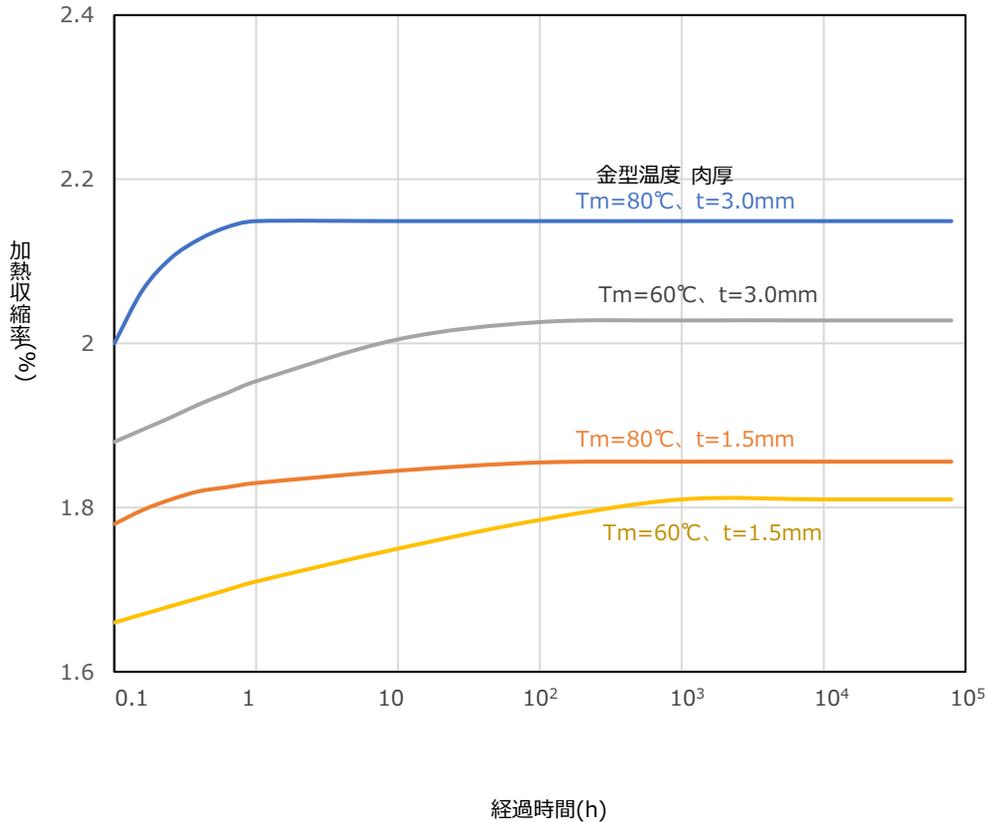


図-6.3-1 ユピタルの長期寸法変化 (標準グレード)

【参考文献】

- ポリアセタール樹脂ハンドブック 日刊工業新聞社
- 金型設計の基礎 プラスチックエージ
- 射出形成 プラスチックエージ
- 射出形成用金型 日刊工業新聞社
- 金型設計入門 シグマ出版
- プラスチック金型ハンドブック 日本合成樹脂技術協会