

# ガラスインサート金型による樹脂流動応答特性の解析

Visual Analysis of Melt Flow Behavior Responding to Screw Injection by Glass-Inserted Mold

横 井 秀 俊\*・村 田 泰 彦\*・澤 田 聡\*\*・岡 克 典\*\*\*

Hidetoshi YOKOI, Yasuhiko MURATA, Satoshi SAWADA and Kastunori OKA

## 1. 緒 言

射出成形においては、ウェルドライン、フローマーク、ジェットング等の成形不良が発生する。これら不良現象は、型内樹脂流動挙動と密接な関わりがあると考えられており、これらを回避するために生産現場において型内射出率を切り換えて成形する多段階射出制御が広く用いられている。しかし、金型キャビティ内はブラックボックスであり、成形機の射出率設定を切り換えた場合に、金型内の樹脂流量が正確に追従しているかについて、これまでにほとんど知られていなかった。間接法としてショートショット法<sup>1)~3)</sup>が、射出率の検証に用いられてきたが、著者らの一部により、ショートショットのフローフロントが、射出完了後においてスプルー・ランナー内樹脂に蓄積された残留圧力の解放等により前進し、離型後に取り出された成形品のフローフロント形状と流動中の同形状に違いが生じることが指摘されている<sup>4)</sup>。このような現状から著者らの一部は、実際の射出成形機上で、型内樹脂流動挙動を動的に観察できるガラスインサート金型を提案した<sup>5)</sup>。

本報告では、ガラスインサート金型を用いて、一定および多段階射出の場合において、成形機から射出される樹脂量、すなわち理論射出率と実際の型内流動樹脂量、すなわち実射出率を定量化し、それらの相関検討を行った。

## 2. 実 験 方 法

図1にキャビティ形状を示す。本キャビティは、厚さが可変である。ガラスインサート金型構造は、既報<sup>4)</sup>に詳しいので省略する。ゲート手前のランナー部のエジェクタピンPの直下に、水晶圧電式圧力センサ Type9221 (日本キスラー(株))が挿入されている。また射出成形機のノズル部および加熱シリンダ計量部の樹脂圧力もそれ

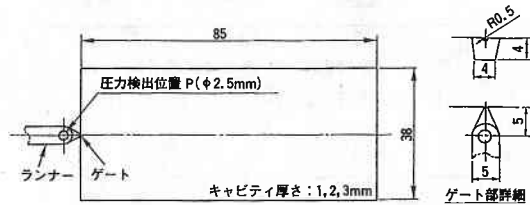


図1 キャビティ形状

表1 使用樹脂および成形条件

	GPPS (エスブライト2V 住友化学工業㈱)		HIPS (エスブライトIII-501 住友化学工業㈱)
	M.I値		3.5
射出率 [cm <sup>3</sup> /s]	一定	13.1, 19.7	13.1
	多段	6.6 → 13.1 19.7 → 6.6	—
樹脂温度 [°C]	210		210
金型温度 [°C]	40		40

ぞれ水晶圧電式圧力センサ Type6171 (日本キスラー(株))、ひずみゲージ式圧力センサ EPF-1000K-70B (ミネベア(株))により同時計測した。表1に使用樹脂および成形条件を示す。型内樹脂流動挙動は、高速ビデオシステム HSV-400 (株ナック)を用いて、スクリュ速度信号および樹脂圧力と同期を取りながら毎秒200コマで撮影した。キャビティ内の実射出率は、画像より得られる単位時間当りのフローフロント形状変化量とキャビティ厚さより画像処理装置 ID-8000 (株ナック)を用いて計算し、また理論射出率は、成形機より出力されるスクリュ速度信号と加熱シリンダ断面積より計算した。使用した射出成形機は、Ti-80G (東洋機械金属(株)、型締力80トン)である。

\*東京大学生産技術研究所 第2部

\*\*東レ(株) エンジニアリング研究所

\*\*\*東洋機械金属(株) 設計部

3. 実験結果および考察

3.1 一定射出率の場合における型内樹脂流動応答

3.1.1 実射出率と理論射出率の定量比較

図 2 に、一定射出率の場合の実射出率、理論射出率および各部位における樹脂圧力の経時変化を示す。実射出率は、立ち上がり後において理論射出率よりも小さく、その後ゆっくり増加し、流動後半においてようやく一致している。理論射出率への実射出率の応答が遅れる原因として、(1)スクリュチェックリングと加熱シリンダ内面との隙間からの樹脂の逆流、(2)チェックリング閉鎖動作中における同リングとチェックシート間からの樹脂の逆流、(3)流動樹脂の圧縮性が考えられる。0.5秒以降においてノズル内とシリンダ内樹脂の圧力差が、徐々に大きくなっていくことから、(1)の樹脂逆流量が増加し、その結果理論射出率と実射出率の差も徐々に大きくなるのが予想された。しかし図 2 では逆の結果を示しており、(1)は除外できる。シリンダ内圧力は、射出開始と同時に(2)の逆流により増加し、チェックリングが閉鎖すると逆流が止まり減少する。圧力ピークを生じる0.5秒付近が閉鎖完了時と見なされるので、それ以後に(2)の逆流が起きることは考えられない。したがって(2)も除外できる。(3)は、実射出率応答遅れの原因を、最も明確に説明することができる。図 2 より、実射出率が理論射出率と一致する時間と、ゲート手前のランナー内圧力がほぼ一定の平衡状態に達する時間が一致している。ランナー内圧力上昇中は、スプルー・ランナー内で樹脂が圧縮されている過程で、シリンダから押し出された樹脂量よりも少ない量の樹脂しかキャビティ内に充填されない。一方、圧力が平衡状態では、圧縮がこれ以上行われずシリンダから押し出された樹脂量と同量の樹脂がキャビティ内に充填される。以上、樹脂圧力に対するスプルー・ランナーのバッファ作用が実射出率の応答遅れの原因と推察できる。

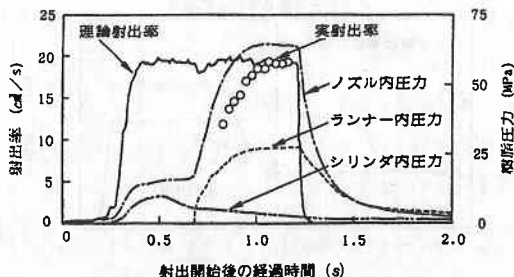


図 2 実射出率、理論射出率および各部位における樹脂圧力の経時変化 (GPPS, キャビティ厚さ 3 mm)

3.1.2 キャビティ厚さの影響

図 3 に GPPS, 理論射出率 $13.1\text{cm}^3/\text{s}$ においてキャビティ厚さを変化させた場合の実射出率、ランナー内圧力の経時変化を示す。厚さ 2, 3mm の場合は、ランナー内圧力がほぼ平衡状態に達した瞬間から、実射出率が理論射出率と一致している。一方、厚さ 1 mm の場合は、圧力が平衡状態に達せず、また実射出率も理論射出率と一致することはない。これは、厚さが薄いために、キャビティ内の樹脂流動長が長くなるにしたがいキャビティ壁面近傍において固化層が成長し、その結果流動抵抗が増加し、キャビティ内に樹脂が充填され難くなるためと推察される。未充填樹脂は、バッファ作用によりスプルー・ランナー内で圧縮され、このためランナー内圧力が上昇するものと考えられる。厚さ 2, 3mm の場合は、厚さ 1 mm の場合と比較して流動抵抗が小さいために、上記現象が起こらない。また図 3 (3)と図 2 を比較する限りにおいては、理論射出率が変化しても応答性に顕著な変化が見られない。

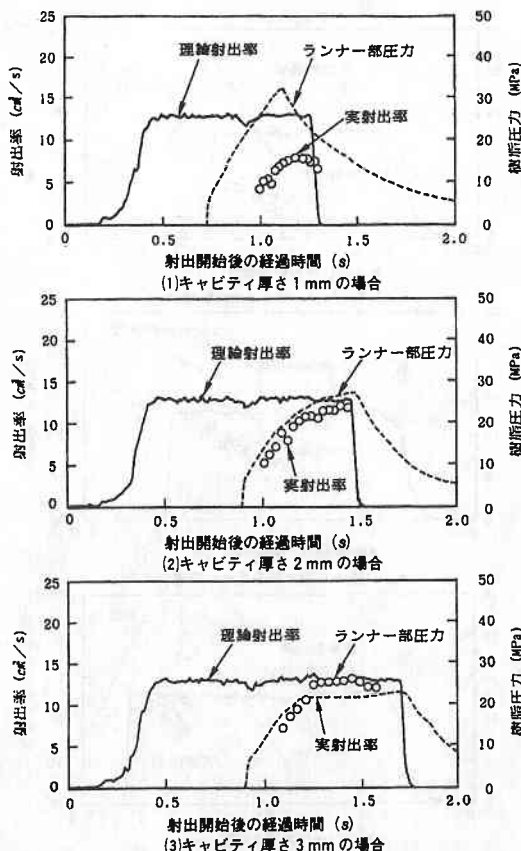


図 3 キャビティ厚さを変化させた場合の実射出率、理論射出率およびランナー内樹脂圧力の経時変化 (GPPS)

研 究 速 報

3.1.3 樹脂の影響

図 4 に HIPS の場合の実射出率, 理論射出率, ランナー内圧力の経時変化を示す. GPPS の場合と比較して実射出率が理論射出率に到達するのが遅れ, また圧力値が GPPS よりも大きくなっている. これは, HIPS の方が GPPS と比べて表 1 に示す MI 値が小さい, すなわち粘度が高いためにキャピティ内の流動抵抗が増加しやすいことが原因と考えられる. 特に厚さ 1 mm の場合に, 圧力上昇が顕著になり, 実射出率と理論射出率との差が大きくなっている. これらの結果は, 実射出率応答が樹脂粘度に依存することを示している.

3.2 多段射出の場合における型内樹脂流動応答

3.2.1 射出率を増加させた場合

図 5 に多段射出によりキャピティ中央部において射出率を 6.6 から 13.1 cm<sup>3</sup>/s に変化させた場合の実射出率, ランナー内圧力の経時変化を示す. グラフの横軸時間は, 多段切り換え開始の時間を 0 秒としている. 多段切り換

えと同時に, 実射出率は立ち上がるが, 厚さ 1, 2mm の場合は, 切り換え前後において実射出率が理論射出率よりもかなり小さな値を示す. その場合, ランナー内圧力は上昇を続けており, スプルー・ランナー内樹脂は, まだ圧縮されている過程にあると推察できる. また実射出率の切り換え前に, 圧力が平衡状態に達しておらず, この状態から射出率を増加させると応答がさらに遅れる. 一方厚さ 3 mm の場合は, 切り換え前に圧力が平衡状態に達し, 実射出率と理論射出率が一致しており, その結果切り換え後も, 時間遅れがあるものの理論射出率に到達する.

3.2.2 射出率を減少させた場合

図 6 に多段射出によりキャピティ中央部において射出率を 19.7 から 6.6 cm<sup>3</sup>/s に変化させた場合の実射出率, ランナー内圧力の経時変化を示す. 厚さ 2, 3mm の場合においては, 射出率を切り換え後, 実射出率が理論射出率よりも一旦大きくなり, 徐々に一致する傾向が見られる. これは, 切り換え時にスプルー・ランナー内には圧

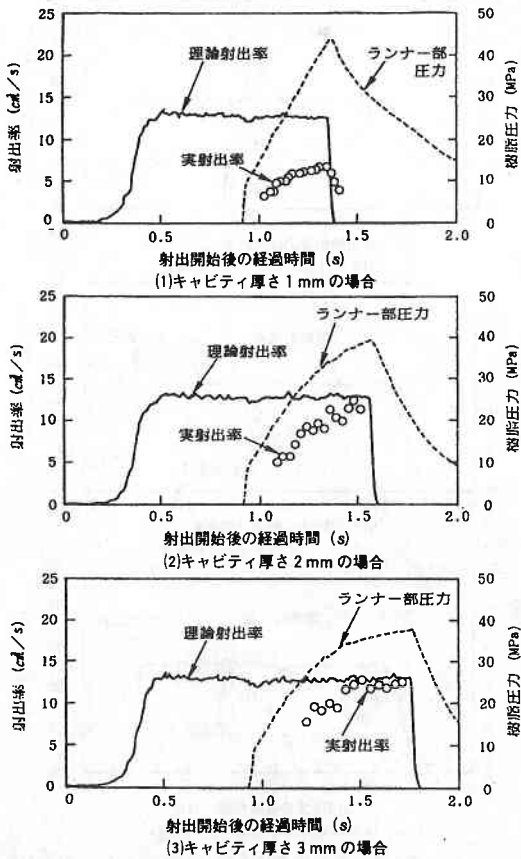


図 4 樹脂を変化させた場合の実射出率, 理論射出率およびランナー部樹脂圧力の経時変化 (HIPS)

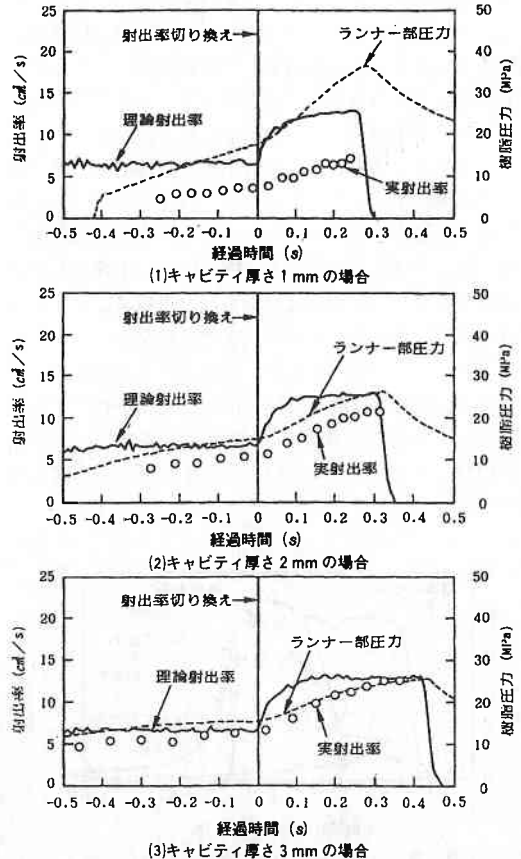


図 5 多段射出における実射出率, 理論射出率およびランナー部樹脂圧力の経時変化 (射出率を増加させた場合, GPPS)

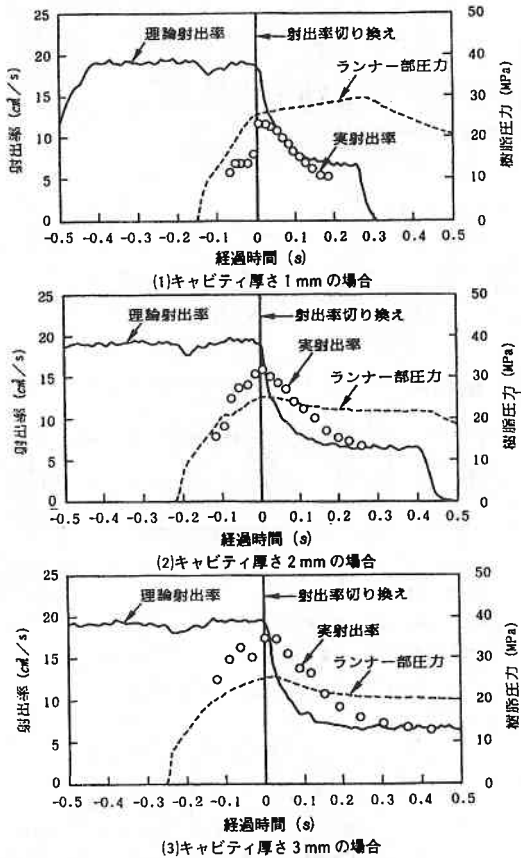


図 6 多段射出における実射出率、理論射出率およびランナー部樹脂圧力の経時変化 (射出率を減少させた場合、GPPS)

縮された樹脂が残っており、シリンダから押し出される樹脂量が減少しても、圧縮樹脂が膨張を起こし、圧力が緩和されるまでキャビティ内に流入することが原因と考えられる。切り換え後、圧力が平衡状態に達するのに時間を要し、平衡状態に達した時に実射出率と理論射出率が一致することがこれを裏付けている。厚さ 1 mm の場合は、切り換え前において流動抵抗の増加により、切り

換え後の設定射出率の  $6.6\text{cm}^3/\text{s}$  程度にしか達しておらず、そのため切り換え後は、圧縮樹脂の膨張によるキャビティ内充填量の増加も加算され、結果的には理論射出率に近づく。

#### 4. 結 言

- (1) スプルー・ランナー内における樹脂の圧縮すなわち同部のバッファー作用により、実射出率が理論射出率と等しくなるのに時間遅れを生じる。
- (2) キャビティ厚さが薄い場合には、キャビティ内における固化層成長により流動抵抗が増加し、実射出率が理論射出率より小さくなる。
- (3) 実射出率の応答時間は、樹脂の粘度に依存し、粘度が高いほど流動抵抗が増加し応答が遅れる。
- (4) 多段射出の場合も、(1)項の理由により時間遅れを生じる。理論射出率を減少させた場合、スプルー・ランナー内で圧縮された樹脂が圧力解放のために膨張し、キャビティ内に流入するため、一時理論射出率よりも実射出率の方が大きくなる場合を確認した。

以上の結果は、本ガラスインサート金型が、射出成形機の動特性評価に対し有効であることを示しており、今後の活用が期待される。  
(1993年 3月30日受理)

#### 参 考 文 献

- 1) Krueger, W. L. and Tadmor, Z.: Polym., Eng., Sci., 20, 6, 4268 (1980).
- 2) Hieber, C. A., Socha, L. S., Shen, S. F., Wang, K. K. and Isayev, A. I.: Polym., Eng., Sci., 23, 1, 20 (1983).
- 3) 後藤輝正, 飯塚邦彦, 宮本雅之, 久保 登, 逢坂正義, 佐原謙一, 馬渡恭三郎, 西岡郁夫: シャープ技報, 34, 63 (1986).
- 4) 村田泰彦, 宇高 靖, 曾布川敦, 横井秀俊: 成形加工 '90, 13 (1990).
- 5) 横井秀俊, 林 高樹, 平岡弘之: 生産研究, 39, 7, 306 (1987).