

# 押出成形におけるダイリップ部可視化装置の開発

Development of Visualization Unit for Die-Lip

横井 秀俊\*・那須 哲\*\*・室富 昭広\*\*\*

Hidetoshi YOKOI, Akira NASU and Akihiro MURATOMI

## 1. 緒 言

自動車、電子・電気製品、日常生活用品などに幅広く用いられている樹脂を何らかの方法で発泡または多孔質化したものが発泡樹脂である。発泡樹脂は、材料の節約とともに軽量化や断熱性、衝撃強度に優れた性質を持っており、近年商業的にも非常に注目されている。

発泡樹脂における気泡の成長過程について、理論的には多くの研究がなされている。しかし、実験的な研究、特に実際の押出機による連続成形のような動的過程における気泡の成長過程については、辻村ら<sup>1)</sup>の研究を除いて、研究例はほとんど見られない。

本研究では、コートハンガー型Tダイリップ部の一部に石英ガラスの観察窓を設け、正面ならびに横方向から気泡生成過程を観察可能にしたダイリップ部可視化装置を開発した。そして、観察実験を通して、その有用性を実証するとともに、気泡の生成過程および成長過程に影響を及ぼす因子について検討を行った。以下にその概要を報告する。

## 2. ダイリップ部可視化装置

図1にダイリップ部可視化装置の基本構造を示す。リップ部の一部に石英ガラスブロックを組み込むことにより、気泡の生成・成長過程などのリップ内部挙動の観察を可能にしている。また、対向側のリップ部にも石英ガラスブロックを組み込み、透過光方式による観察ができるようになっている。可視化窓はダイリップの2ヶ所に設置されているが、リップ部全域の観察を可能にするため、リップ部をスライドさせて任意の位置で観察できる構造とした。

さらに、対向側のガラスブロックを、その一部に45°傾斜の鏡面を有する横方向可視化ブロックに変更することに

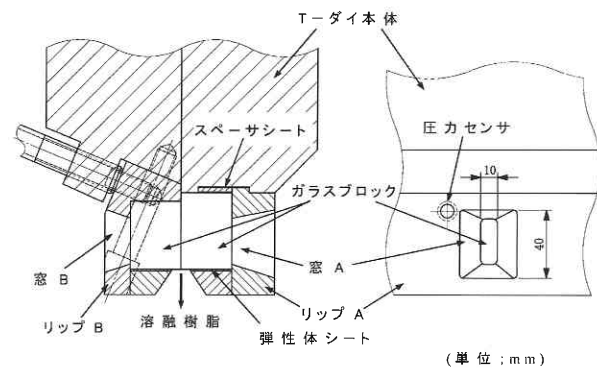


図1 ダイリップ部可視化装置の基本構造

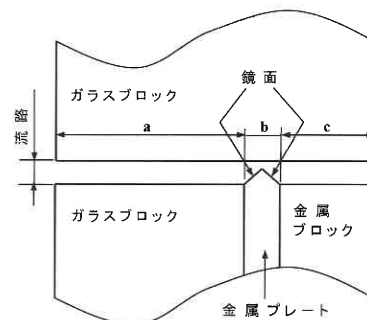


図2 横方向可視化ブロック概略図

より、横方向から発泡状況の観察を行うことができる。横方向の観察画像からは、ダイリップの隙間方向における気泡生成位置などの情報が得られる。図2に、横方向可視化ブロックの概略図を示す。

## 3. 実験方法

実験には、スクリュ径40 mmの単軸押出機(株)ジー・エム・エンジニアリング)を使用した。また、CCDカメラと透過光方式により、正面と横方向からリップ部内における

\*東京大学国際・産学共同研究センター

\*\*元新日鐵化学

\*\*\*宇部興産(株)

研 究 速 報

表 1 ポリスチレン発泡成形の条件

ベース材 (PS)	グレード	G-15L	G-19	G-32
	分子量	$17 \times 10^4$	$22 \times 10^4$	$39 \times 10^4$
ベース材 : 発泡剤	90:10 / 70:30 / 50:50			
添加剤 (流動パラフィン)	0/0.5/3.0 wt%			
核 剤 (タルク)	0/0.4/0.8 phr			
分散剤 ( $C_{17}H_{35}COOMg$ )	0/0.06/0.12 phr			
T ダイ温度	200/220/240 °C			
シリンダ温度	200/220/240 °C			
スクリュウ回転数	15/25/35 rpm			

表 2 ポリプロピレン発泡成形の条件

ベース材 (PP)	B701WB (ブロックコポリマー) J103 (ホモポリマー)
シリンダ温度	200/220/240 °C
T ダイ温度	200/220/240 °C
リップ温度	180/200 °C
スクリュウ回転数	15/30/45 rpm

気泡の成長過程の観察を行った。

ベース材と発泡剤の組み合わせとして、①ポリスチレン PS (新日鐵化学株) とクエンチペレット (大日プラボード株) との組み合わせ、ならびに②ポリプロピレン PP (株) グランドポリマー) とポリスレン EE 506 (アゾジカルボンアミド, 永和化成株) との組み合わせにより押出実験を行った。表 1 と表 2 に、実験条件の詳細を示す。

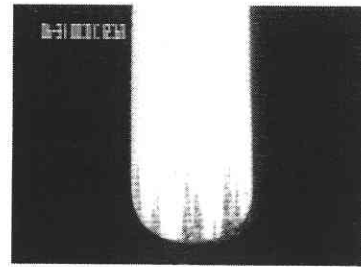
4. 実験結果および考察

4.1 正面方向からの可視化観察

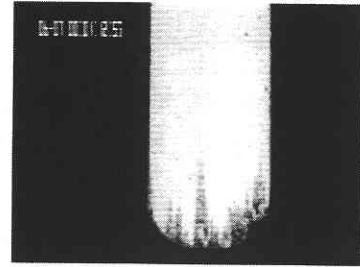
4.1.1 ポリスチレンの発泡状況の観察結果

実験結果の一例として、分散剤の添加量を変化させた場合の発泡状況の観察結果を図 3 に示す。また、得られた画像から可視化窓内でバックライト光が気泡に遮断される程度を、窓内流動位置の平均輝度変化として表した図を図 4 に示す。同図は、気泡が成長する様子を定量的に評価したものである。なお、同図の X 軸は可視化窓の出口側から発泡開始位置に向かって表示している。

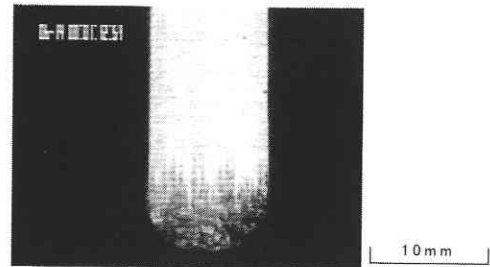
分散剤を 0.06 phr 添加した結果と無添加の結果に大きな変化は見られない。しかし、分散剤の添加量を 0.12 phr と増やすと、発泡状況を示す画像では明らかに発泡量が増していることがわかる。また、輝度変化でも発泡量が増していることが確認できる。さらに、これらの図では、気泡発生位置の分布にばらつきが小さくなっていることも示さ



(a) PS/QP/液状パラフィン/ $C_{17}H_{35}COOMg=70/30/0.2/0$



(b) PS/QP/液状パラフィン/ $C_{17}H_{35}COOMg=70/30/0.2/0.06$



(c) PS/QP/液状パラフィン/ $C_{17}H_{35}COOMg=70/30/0.2/0.12$

図 3 分散剤量の発泡状況に及ぼす影響観察画像

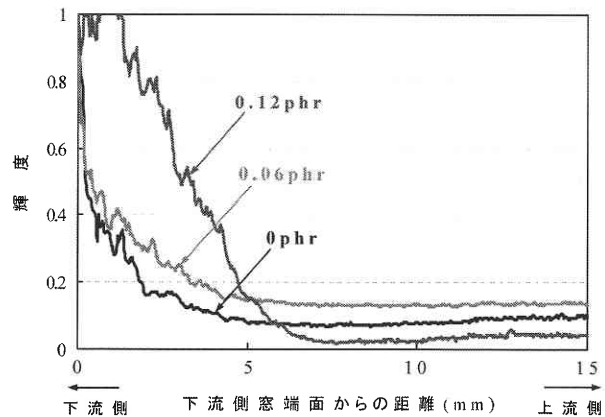


図 4 分散剤量と観察窓内平均輝度との関係

れている。以上のことから、分散剤の添加は、発泡を促進させる効果と発泡開始位置を一定領域へ収束させる効果が

あるものと考えられた。

以下に、各実験条件の発泡状況への影響をまとめて示す。

- (1) 分子量が小さい場合、すなわち低粘度樹脂で発泡が起りやすいことが確認された。
- (2) 発泡剤の配合比を大きくすると発泡量は増加する傾向が示された。
- (3) 流動パラフィンの添加により発泡の起点が上流側へ移動し、発泡量は増加する。これは、流動パラフィンの添加により樹脂粘度が低下したためと考えられた。
- (4) 核剤の添加により、発泡量の増加と発泡起点を一定領域へ収束させる効果が示された。
- (5) 分散剤の添加により核剤の添加効果が増大され、発泡起点数および発泡量が増大することが確認された。また、分散剤は発泡起点を上流側へ移行する性質を持つことが示唆された。
- (6) Tダイ温度を上げると、Tダイ内での樹脂粘度が低下し、発泡量が増加することが観察された。
- (7) シリンダ温度を変化させた場合では、発泡状態に大きな差は見られない。これは、Tダイ温度が一定であるために、ダイ内部の樹脂温度の変化が抑制され、流動

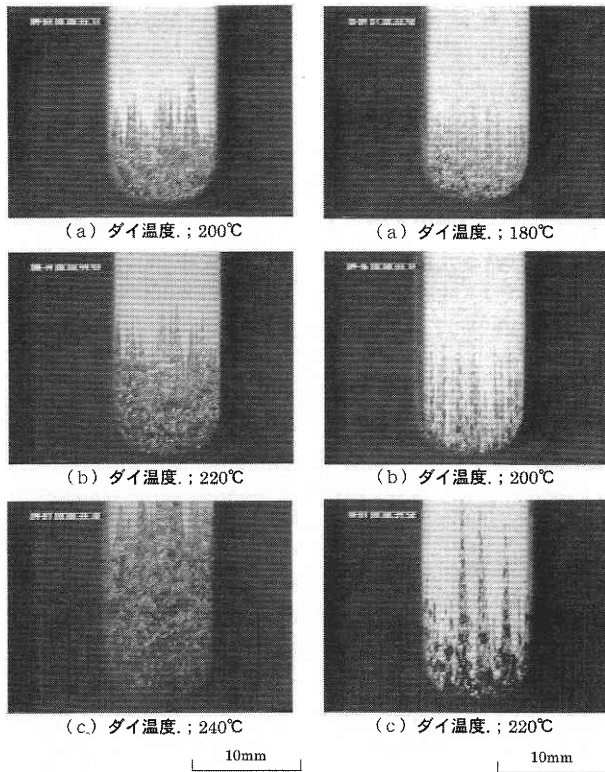


図5 T-ダイ温度の発泡状況に及ぼす影響観察画像 (PP; B701WB)

図6 T-ダイ温度の発泡状況に及ぼす影響観察画像 (PP; J103)

状態が変化しにくくなっていることに起因したものと考えられた。

- (8) スクリュ回転数を増加させると、発泡起点数と発泡量が増加することが確認された。

#### 4.1.2 ポリプロピレンの発泡状況の観察結果

観察結果の一例として、Tダイの温度を変化させた場合の、B 701 WBとJ 105での発泡状況の観察画像を、それぞれ図5と図6に示す。また、それぞれの画像から、観察窓内のバックライト光の平均輝度変化を、図7に示す。

上記の図より、両樹脂ともにTダイ温度を上昇させた場合、発泡起点が上流側へ移動し、発泡量が増加していることが観察された。これは、Tダイ温度の上昇に伴い、Tダイ内を流れる樹脂温度が上昇し、樹脂粘度が低下したためであると考えられた。

発泡状況に及ぼす各種実験条件の影響を、以下にまとめて示す。

- (1) スクリュ回転数の増加に従い、発泡起点は下流側へ移行する。また、発泡後の気泡成長速度は、スクリュ回転数の増加に伴って小さくなると考えられた。その理

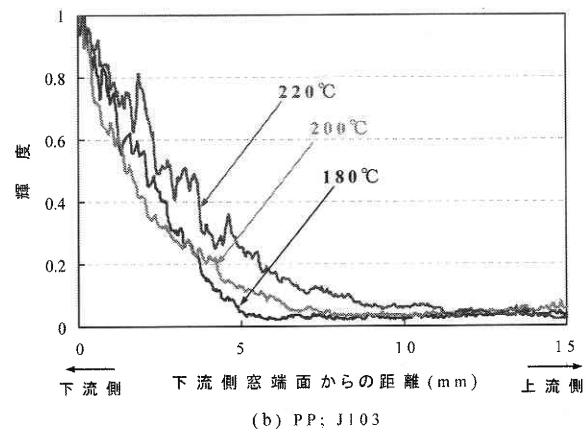
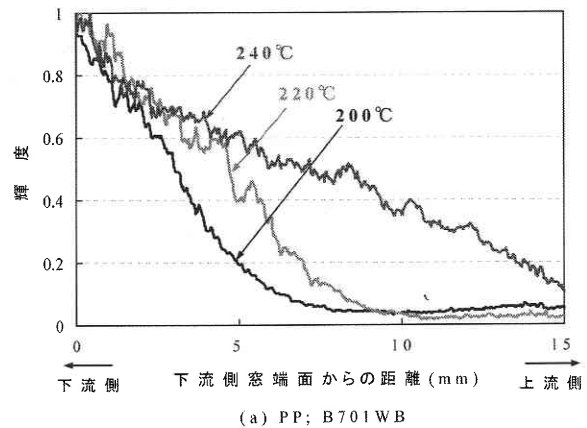


図7 T-ダイ温度と観察窓内平均輝度との関係

## 研 究 速 報

由として、スクリュ回転数の増加に伴う圧力勾配の増加が挙げられた。

- (2) シリンダ温度を上昇させると、発泡起点が上昇することが確認された。これは、化学発泡剤を用いたため、シリンダ温度によって発泡剤の分解速度に差が生じ、ダイ内を流れる樹脂中のガス量に違いが出たためと考えられた。
- (3) Tダイ温度の上昇に伴い、発泡起点は上流側へ移動する。これは、樹脂粘度の低下と発泡剤の分解速度に差が生じたことに原因するものと考えられた。

## 4.2 横方向からの可視化観察

図8に、ポリスチレン、ポリプロピレンでの横方向から観察した画像例を示す。同図では、領域aで生成した気泡群が、45°傾斜させた鏡面のb領域に映し出されている。このb領域での気泡は、左端部で発生した後、左端部に沿ってのみ移動している。すなわち、気泡はガラス壁面で発生した後、下流側へ流れるに従いガラス壁面より流路中央へ剥離していくのではなく、発泡起点を流動方向に伸ばした線上を下流に流れながら、樹脂中に膨張するように上流側から下流側に向かって成長していくことを示している。

樹脂温度と外壁（リップ）温度に差を生じさせても、樹脂中央よりの発泡は起こらないことから、発泡現象は基本的には、リップ壁面近傍にて起こると考えられる。ただし、発泡し易い条件ほど発泡起点が流路中央部側へ移動することも観察されている。

## 4.3 気泡の発生、成長に関する考察

気泡の発生開始位置については、ポリスチレンによる物理発泡、ポリプロピレンの化学発泡ともに、樹脂の粘度により変化し、樹脂圧力が小さくなるものほど上流側で発泡を開始していた。気泡の成長については、発生起点より下流側へ流れていくに従い、樹脂中に膨張するように大きく成長していく様子が観察された。辻村ら<sup>1)</sup>は、正面方向の可視化観察により、気泡生成について、壁面から生成し下流に流れていく時に楔状のガス膜を伴うもの（パターンA）と、ガス膜としてではなく単一の独立気泡として生成するもの（パターンB）の2種類の気泡生成パターンがあると報告している。

上記報告を基に考えると、今回観察した気泡の多くは単一の独立気泡として観測し得るもので、パターンBの弾丸型ということになる。したがって、弾丸型と称される気泡の生成・成長については、上記の横方向可視化結果に基づいて、以下のように考察された。

- (1) 気泡の発生は壁面近傍より生成される。この発生位置は発泡し易い条件ほど隙間方向の中央側（中心部側）へ移動する。

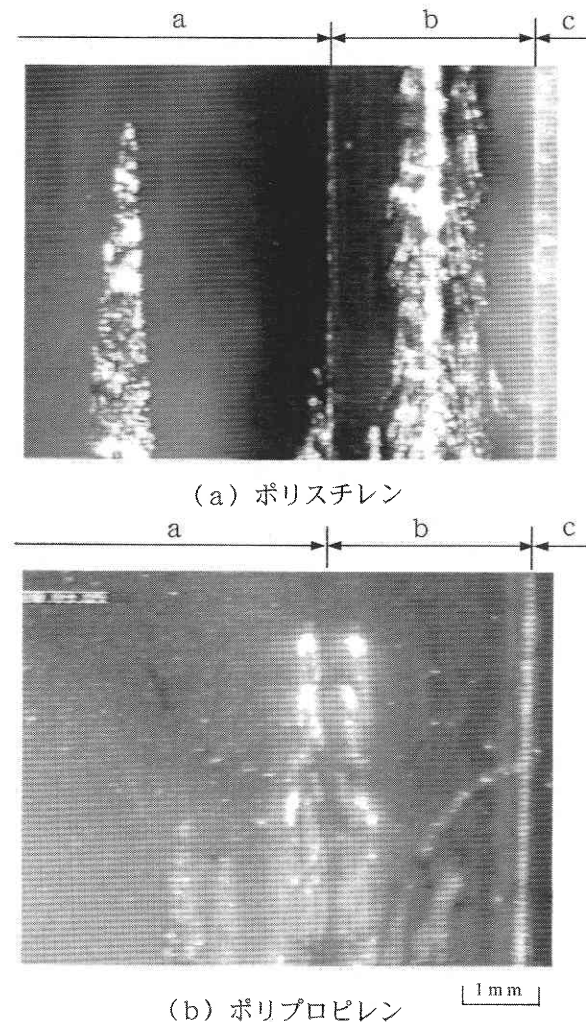


図8 バックライトと反射鏡面による発泡状況の横方向観察画像

- (2) 発生した気泡は、起点から流動方向へ直線状に伸ばした線上を流れていく。
- (3) 発生した気泡は、樹脂内層部へ向かって膨張するような形で、上流側から下流側に向かって成長しつつ流れる。

こうした弾丸型は、核剤としてタルクを入れた場合にのみ発生すると報告されていたが<sup>1)</sup>、本実験では核剤、タルクを含有しない場合にも弾丸型の発泡現象が確認されたことになる。その原因として、辻村らの物理発泡に対して、ここでは化学発泡剤を用いていることと関係があるものと推察された。一方、ブロックコポリマー（B 701 WB）では、単一気泡は確認されず、明らかに楔型のガス膜が起点から形成されており、材料種類によって発泡形態が異なることが示された。

## 5 結 言

ダイリップ部における気泡生成過程の観察を可能とするダイリップ部可視化装置を開発し、観察実験を通して以下の結果を得た。

- (1) ポリスチレンの発泡生成では、発泡剤や添加剤、分散剤、核剤のいずれも配合量を増大させることにより、発泡量も増加することが観察された。また、分子量が小さい樹脂を使用した場合とダイ温度を上昇させた場合など、樹脂粘度が低くなる条件にて発泡しやすくなることが確認された。
- (2) ポリプロピレンの発泡成形は、シリンダ温度やダイ温度の上昇に伴って発泡起点が上流側へ移動することが観察された。これは、樹脂温度の上昇が化学発泡剤の

分解を促進させた結果と考えられた。

- (3) 横方向の観察結果に基づき、気泡はリップ壁面近傍で発生し、壁面から樹脂中央へ剥離することなく、発泡起点を流動方向に伸ばした線上を下流に流れながら、上流側から下流側に向かって大きくなるとの気泡生成・成長モデルを提示した。
- (4) ホモポリマー (J 103) とブロックコポリマー (B 701 WB) とでは、発泡形態で大きな相違が確認され、前者では独立気泡型、後者はガス膜生成型になることが示された。

(2002年4月10日受理)

## 参 考 文 献

- (1) 辻村勇夫, 石田 守: 成形加工 '00, 153 (2000)