

**H05**

# ポリマーの微細発泡における発泡開始圧力と気泡数密度 に対する操作条件の影響

(広大工) (学) ○檜垣 奈那・(広大院工) (他) 西野 陽平・

(正) 春木 将司・(正) 木原 伸一・(正) 滝嶋 繁樹\*

**1. 緒言**

$N_2$  や  $CO_2$  を使用した物理発泡法では、従来困難であった含有気泡径が数  $\mu m$  のマイクロセルラー発泡体の製造が可能であり、幅広い分野での応用が期待されている。しかしながら気泡の核生成・成長過程においては不明な点が多いのが現状である。そこで、本研究では可視化実験と気泡核生成速度式による実験結果の相関を行うことにより、発泡開始圧力と気泡数密度に対する操作条件の影響を明らかにすることを目的とした。

**2. 試料及び実験方法**

Fig. 1 に実験装置を示す。実験装置は、右側のガス供給部、中央の可視化セル部、左側の減圧部からなる。ポリマー試料には重量平均分子量  $1.9 \times 10^5$  g/mol の polypropylene、発泡ガスには  $CO_2$  を用いた。試料は厚さ 0.5 mm、直径 6 mm の円盤状である。試料を可視化セルに設置した後、設定温度・圧力を発泡ガスを飽和溶解させた。その後大気圧まで一定の速度で減圧し、この様子を CCD カメラによって撮影した。これを画像解析することにより気泡数密度の経時変化を得た。実験は飽和温度を 180 ~ 220 °C、飽和圧力を 10.0 ~ 20.0 MPa で変化させ、減圧速度は 0.6 MPa/s とした。

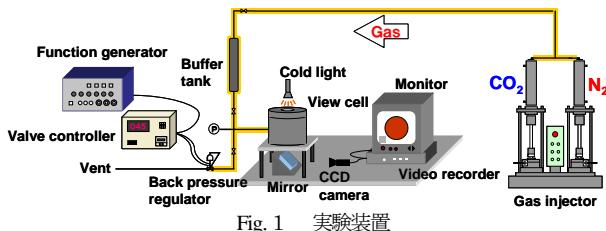
**3. 実験結果と考察**

Fig. 2 に飽和温度 180 °C、飽和圧力 10 MPa、15 MPa、20 MPa の解析画像を示す。飽和圧力 10 MPa では、発泡開始から 4.3 秒後、圧力 7.17 MPa の時に 1 つ目の気泡が生成し、その後 0.4 秒間に気泡生成が起こり、発泡開始から 4.7 秒後、圧力 6.87 MPa で気泡の生成が終了した。Fig. 2 の画像は、気泡の生成が停止し、かつ気泡同士が合一しないタイミングでの画像である。これより、飽和圧力が大きくなると気泡数が増加していることが分かる。

Fig. 3 に飽和温度 180 °C における減圧時の圧力と気泡数密度の関係を示す。飽和圧力を上げると気泡数密度は増加した。これは、飽和圧力を大きくするとガスの溶解量が増え、さらにポリマーの界面張力が低下するためだと考えられる。

Fig. 4 に飽和圧力と発泡開始圧力の関係を示す。発泡開始圧力は飽和温度にはほとんど依存しないことが分かった。また、飽和圧力が高い程、飽和圧力と発泡開始圧力の差が小さくなつた。

**4. 気泡核生成速度及び臨界気泡径の計算**

Blader-Katz の気泡核生成速度式<sup>1)</sup>(1)を用いて実験結果の相関を行つた。この際、Fig. 3 の実験結果に気泡核生成速度の計算値が合うように、フィッティングパラメータ  $F$  を決定した。 $F$  は気泡内の圧力と飽和圧力の差に相当すると考えられる。また、Laplace の式(2)より臨界気泡径  $R^*$  を算出した。以上の計算において界面張力は Goel の式<sup>2)</sup>を用いて計算した。Goel の式中の混合密度は、Sanchez-Lacombe 状態方程式<sup>3,4)</sup>および混合則を用いて計算した。

$$J_s = \sqrt{\frac{2\gamma}{\pi M}} \cdot C N_A \cdot \exp\left(-\frac{16\pi \gamma^3}{3(P_D - P_C + F)^2} \cdot \frac{1}{k_B T}\right) \quad (1)$$

$$R^* = \frac{2\gamma}{P_D - P_C + F} \quad (2)$$

Fig. 5 に飽和圧力とフィッティングパラメータ  $F$  の関係を示す。 $F$  は、飽和圧力が大きくなる程小さくなつた。Fig. 6 に飽和圧力と臨界気泡径  $R^*$  の関係を示す。これより  $R^*$  は 2.5 ~ 3.5 nm であると推定された。また臨界気泡径は、 $F$  より飽和圧力・温度の影響が小さいため、これを用いて広い温度・圧力における発泡開始圧の推定が可能であると思われる。

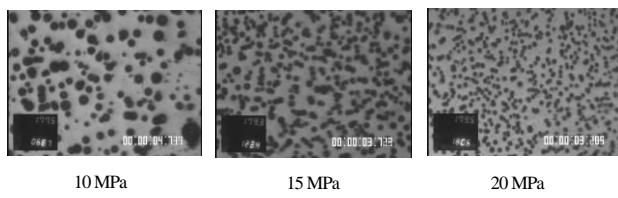


Fig. 2 解析画像 (飽和温度 180 °C)

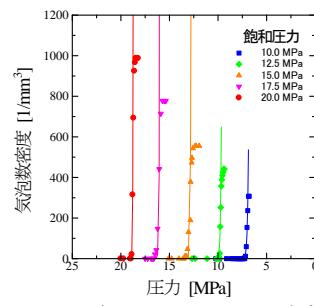


Fig. 3 減圧時の圧力と気泡数密度の関係(180 °C)

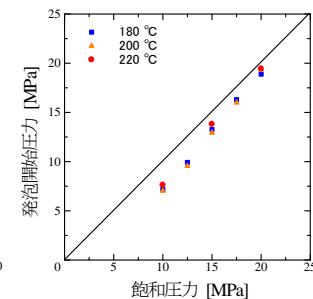


Fig. 4 飽和圧力と発泡開始圧力の関係

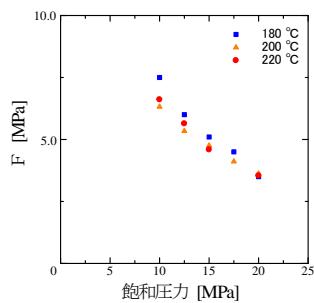


Fig. 5 飽和圧力とフィッティングパラメータ F の関係

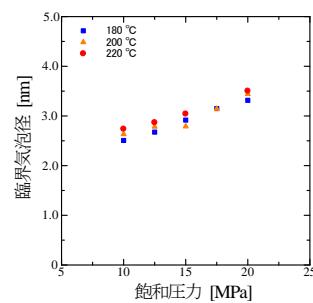


Fig. 6 飽和圧力と臨界気泡径の関係

**5. 参考文献**

- 1) Blander, M. and J. L. Katz, AIChE J., **21**, 833 (1975)
- 2) S. K. Goel and E. J. Beckman, Polym. Eng. Sci., **34**, 1137 (1994)
- 3) I. C. Sanchez and R. H. Lacombe, Macromolecules, **11**, 1145 (1978)
- 4) I. C. Sanchez and R. H. Lacombe, J. Phys. Chem., **80**, 2352 (1983)

\* E-mail: r736735@hiroshima-u.ac.jp