

バイオプラスチック成形品の付加価値を向上させる成形加工技術

山田岳大* 大澤旺欣*

Molding technology of bio-plastics for value addition

YAMADA Takehiro*, OSAWA Akiyoshi*

抄録

循環型社会の実現要望から微生物により製造され、海洋中においても分解する生分解性バイオプラスチック（PHBHHx）が注目されている。PHBHHxは柔軟で、環境性能に加えて生体適応性も高い。今後、容器やスプーンなどの汎用品や高機能医療部材に加えて、省材料かつ緩衝性などの機能性を付与する発泡品への適用が想定されている。このため本研究では、良好な発泡品に加工するための初歩として、本材料における気泡の形成を制御できる温度範囲を動的粘弾性測定装置で調査した。その結果、80°C～120°Cの範囲で、発泡開始および停止の制御ができるものと判断した。

キーワード：バイオプラスチック，生分解性，ポリヒドロキシアルカン酸，発泡成形

1 はじめに

化石燃料を原料とするプラスチックは量産性も高く、機能性も高いことから、雑貨や汎用品、家電、自動車、医療機器などに幅広く使用される。一方で、プラスチックを焼却処理する際の二酸化炭素の排出や、一部プラスチック製品が河川や海洋中に流出し、粉砕されることで小片化したマイクロプラスチックが環境に与える影響が問題視されている。この問題解決の一つとして従来の化石燃料からバイオマス为原料とするバイオプラスチックへの転換が挙げられている。環境省からも第四次循環型社会形成推進基本計画における取り組むべき事項として、バイオプラスチックの実用性の向上と化石燃料を原料とするプラスチックからの代替促進が明記されている。

1.1 SAITECにおける取組

こうした背景から、SAITEC（埼玉県産業技術総合センター）では、バイオプラスチックの転換支援を始めた。現状、バイオプラスチックの材料価格や材料の供給状況、バリエーション、化石燃料を原料とするプラスチックとの性能差並びに成形性の違いなどから製品開発を行うことに困難をともなう状況にあるものの、多くの企業はバイオプラスチックに対して関心をもっており、今後を見据えて検討を進めている企業も多くある。また、バイオプラスチックの環境性能に加えて、付加価値の高い製品に対応するバイオプラスチックを提供するニーズもある。現状こうした企業に対して、成形加工装置や物性評価などを通じて支援をしている。これら取り組みの一環で、新規のバイオプラスチックの検証を進めている。

バイオマスを原料としコンポストなどの環境下で生分解するポリ乳酸の材料開発や製品開発が進められており、2000年頃から食品容器や家電部品の筐体^{2,3)}への使用が進んできた。近年の環境問題

* 機械技術担当

意識から、バイオマスを原料とし、自然環境や海洋中で迅速に分解するポリヒドロキシアルカン酸からなるプラスチック (PHA) と呼ばれるバイオプラスチックが注目されはじめています。このPHAは1920年代に微生物から作られるポリヒドロキシブチレート (PHB) の1種として発見された。このPHBは結晶性を有する熱可塑性樹脂であるものの、分解温度と融解温度が近く、通常の熱可塑性樹脂のように容易に成形することは困難とされている。また素材物性は脆い性質であるため製品への使用も限定される。近年では、これら成形性と物性の問題を改善した、PHBにヒドロキシヘキサネート (HHx) を共重合させた材料 (PHBHHx) の製造が検討されている⁴⁾。㈱カネカでは商業用の材料 (PHBH) として開発が進んでいる⁵⁾。PHBHHxは延性的な性質を有し、熱可塑性樹脂のように成形加工できるようになると期待されている⁵⁾。また、環境性能に加えて、生体の親和性も高い特徴を有しており、基礎検討では生体材料への適用も検討されている⁶⁾。SAITECにおいても新たなPHBHHxの開発に携わっており、工業材料としての検討を進めている。

PHBHHxは廃棄せざるを得ない製品や環境対応型の容器やスプーンなどの汎用品や高機能医療部材に加えて、省材料かつ機能性を付与する発泡品 (緩衝材や釣り具、柔軟部品、研磨パッド等) への適用が考えられる。そのためには、製品を作るための成形加工技術、さらに環境性能に加えて工業的な価値を付加できる加工技術が必要になると考えられる。

PHBHHxのような熱可塑性樹脂では、加熱により、熔融させて形状を付与し、冷却固化させ成形品を得るといった温度変化を利用する加工によって成形される。例えば、高い既成技術がある圧縮成形や押出成形、射出成形、省資源、機能性を付与できる発泡成形等による成形が考えられる。

しかし、新たな材料であることもありPHBHHxの既成の技術を利用した成形技術に関する報告は多くない。特に本プラスチックの特徴である環境や生体適応性能などを維持しつつ良好に発泡成

形させる報告はされていない。本研究では、素材の特徴を維持しつつPHBHHxを良好に発泡させる成形加工技術を確立することを最終的な目的とした。

樹脂の発泡成形では、気泡が肥大化すると強度や形状などに悪影響を及ぼすことから、良好な発泡体としては直径が100 μm 以下の緻密な気泡が分布する発泡体が望まれる。このため、気泡の形成過程で気泡の成長などを制御して気泡を形成させる必要がある。気泡の成長は気泡周囲の樹脂の粘度状況に影響を受ける。また、流動性を示すような粘性体では、成長が促進され、固化して弾性体となると成長が停止する。したがって、温度変化を利用した成形で樹脂中の気泡の成長を制御し、気泡の大きさを決定するには、温度に伴う材料の粘弾性状況の詳細な把握が必要となる。このため、本研究では、まず気泡成長や成長停止に必要なPHBHHxの温度変化に伴う粘弾性状況を明らかにした。

2 実験方法

2.1 材料

材料はHHxの割合が高いPHBHHxを用いた。粉末状のPHBHHxを小型射出成形機 (babyplast6/12P, Rambaldi社) で成形した成形品の一部を切り出し、物性測定サンプルとした。図1に小型射出成形機の外観図を示した。



図1 小型射出成形機外観

2.2 粘弾性測定

粘弾性測定装置 (PZ-Rheo NDS-1000, ㈱GMタイセイ) を利用して粘弾性特性を調査した。変形モードは圧縮として、センサー面積が19.5 mm^2 となる $\phi 4.98\text{mm}$ の圧子を使用した。試料の厚さは



図2 粘弾性測定装置外観

1.55mm とした。振幅は 30 μ m、周波数：10Hz (ひずみ速度：1.9 \times 10⁻¹/s) とした。測定温度範囲を 40 $^{\circ}$ Cから 160 $^{\circ}$ Cに設定した。図2に装置の外観図を示した。

3 結果及び考察

PHBHHx の温度に対する粘弾性特性を図3に示した。80 $^{\circ}$ Cから 120 $^{\circ}$ Cにかけて急激な粘弾性特性の変化が見られた。この範囲は、流動性を有する粘性体から固体への弾性体と遷移する領域であることが分かった。すなわち、気泡の成長・停止を制御できる粘度範囲が 80 $^{\circ}$ C~120 $^{\circ}$ Cの範囲にあることが想定された。このことから、加熱によりガ

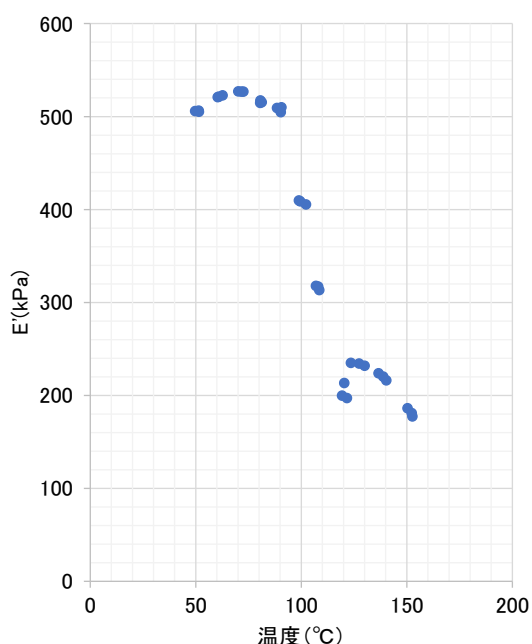


図3 PHBHHxにおける温度に対する粘弾性特性

スの生じる発泡剤を使用して、発泡させる場合、80 $^{\circ}$ C~120 $^{\circ}$ Cの範囲の温度に達したときにガスが生じる発泡剤が好ましいと判断した。

今後はこの温度範囲で気泡の成長開始停止を試み、気泡制御につなげていく予定とした。また、発泡剤の選定にも本情報を利用することとした。

4 まとめ

(1) PHBHHx においては、気泡の成長・停止を制御できる粘度範囲が 80 $^{\circ}$ C~120 $^{\circ}$ Cの範囲にあることが分かった。

以上の結論により、今後はこの温度範囲で気泡の成長開始停止を試み、気泡制御につなげる。窒素や二酸化炭素などの無機ガスをを用いた発泡剤に加えて、環境性能を維持した発泡剤を選定する予定である。

参考文献

- 1) 第四次循環型社会形成推進基本計画, 環境省, https://www.env.go.jp/recycle/recycle/circul/keikaku/pam4_J.pdf, (2018)
- 2) 位地 正年: 電子機器用バイオプラスチックの開発と今後, 日本ゴム協会誌, **81**, 5,(2008)181
- 3) 国宗敬弘: Innovation Takes Roots(ITR2012),成形加工, **24**, 6, 201(2012)318
- 4) Wong M. W., Brigham C. J., Rha C., Sinskey A. J., Sudesh K.: Biosynthesis and characterization of polyhydroxyalkanoate containing high 3-hydroxyhexanoate monomer fraction from crude palm kernel oil by recombinant *Cupriavidus necator*, *Bioresource Technology*, **121**, (2012),320
- 5) 佐藤俊輔, 有川尚志, 小林新吾, 藤木哲也, 松本圭司: 微生物による生分解性ポリマー PHBH 製造法の開発, **97**, 2(2019)66
- 6) Masood F., Yasin T. and Hameed A.: Polyhydroxyalkanoates - what are the uses? Current challenges, *Critical Reviews in Biotechnology*, **35**, **4**, (2015), 514