

# 溶剤減容物からの発泡性ビーズの調製

素材開発部 西元研了, 仮屋園広幸, 濱石和人

## Preparation of Expandable Beads from Expanded Polystyrene Dissolved Using Solvent

Kenryo NISHIMOTO, Hiroyuki KARIYAZONO and Kazuto HAMAISHI

使用済みの発泡ポリスチレンを再び発泡ポリスチレン製品にリサイクルする技術の開発を目的として、発泡ポリスチレンの溶剤減容物からの発泡性ビーズの調製を試みた。減容化のために使われる溶剤で膨潤した樹脂に対して発泡剤を常温で含浸処理する実験を行い、発泡性を付与できることを確認した。さらにこの処理が可能な溶剤の検索と処理方法の検討を行い、ビーズ法発泡ポリスチレンを溶剤で減容化した減容物から発泡性ビーズを作成し、発泡成形により再びビーズ法発泡ポリスチレンへ再生できることがわかった。

### 1. 緒言

一般的に発泡スチロールと呼ばれる発泡ポリスチレンは、衝撃吸収性、断熱性、耐水性、吸音性などの優れた特性を持ち、さまざまな形状に成形されて梱包材や食品容器、建材などに広く使用されている。発泡ポリスチレンは、ポリスチレンに発泡剤としてブタンなどの低級炭化水素を吸収させた発泡性ビーズを成形用原料とし発泡成形したものと、押出機を用いてポリスチレンと発泡剤を熔融混合し板状の発泡成形品としたものに大別される。前者は主に家電用緩衝材、水産用魚箱等の包装資材として、後者のうち発泡させた熱成形用材料シートはトレーに代表される食品容器などに、押出ボードは断熱材、畳床などの建材に利用される。

これらの発泡ポリスチレンは一般の廃プラスチックに比べ分別が比較的容易であり、発生源が分散していないことからリサイクルに適した素材と言え、業界団体、成形加工メーカー、再商品化事業者などによる回収・処理のシステムが整備されつつある。押出法シートを材料とする食品トレーについては、すでにメーカーによって再び食品トレーの原料への再生が行われ国内出荷量の1割程度が回収トレーを原料の一部にしたものになっており<sup>1)</sup>、今後さらにその割合が増加するものと考えられる。一方、ビーズ法発泡ポリスチレン(EPS)では、保管場所の確保、再生処理工場までの輸送コスト低減のために、機械的な圧縮、摩擦熱や外部加熱による熱収縮、有機溶剤を使った溶解などの方法により減容処理が行われる。ポリスチレン樹脂を溶解する溶剤には芳香族系炭化水素類、脂肪族系ハロゲン化炭化水素類、芳香族系ハロゲン化炭化水素類などの多種の有機溶剤があり、溶剤減容法での減容剤として用いられている。再生処理工場では減容剤を含んだ減容物から減容剤を除去し、ポリスチレン樹脂を回収し、主に再生ペレットとして

再商品化している。発泡性ビーズを得るためにはさらにペレットに発泡剤をオートクレーブ含浸したり、押出機での圧入、混合を行う必要がある。このためEPSをもう一度EPSに戻す技術は、家電製品などの緩衝材の一部に採用されているものもあるが、コスト面の課題が大きく普及を妨げている。

そこで本研究では、使用済みEPSからより低コストで高品質な再生発泡性ビーズを製造することを目標に、EPS溶剤減容物に対して溶剤抽出と発泡剤含浸を行う方法について検討を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 EPS溶剤減容物の調製

各種有機溶剤を減容剤としてEPSを膨潤溶解させ溶剤減容物とした。使用したEPSの物性を表1に示す。スクリュウ管瓶に入れた減容剤30gに対し、EPS40倍発泡品15gを常温で少量ずつ逐次投入して溶解させ、EPS:減容剤=1:2の溶剤減容物を調製した。

表1 EPSの物性

| 試験項目                   | 40倍発泡 | 50倍発泡 | 試験方法       |
|------------------------|-------|-------|------------|
| 密度(kg/m <sup>3</sup> ) | 26.0  | 20.8  | JIS K 7222 |
| 曲げ強さ(kPa)              | 320   | 250   | JIS K 7221 |
| 圧縮強さ5%歪時(kPa)          | 150   | 110   | JIS K 7220 |

各種減容剤の減容性能を比較する指標とするため、減容時間と減容体積を測定した。

減容時間の測定は、減容剤にEPSを投入して減容処理する場合を想定し、10mm角の立方体に切断したEPS50倍発泡品を試験片とし、液温20℃の各種減容剤50gに投入し、ガラス棒で押さえ試験片を液中に沈め、試験片が破泡し分散または溶解するまでの時間を測定した。

減容体積の測定では、E P Sに減容剤を噴霧して減容処理する場合を想定し、50倍発泡品の表面に各種減容剤を定速で100 $\mu$ L滴下し、直径60 mmの時計皿で覆いをして20 で1分間放置し、形成された穴の体積を測定した。

### 2.2 発泡剤への浸漬処理

溶剤減容物(E P S : 減容剤 = 1 : 2) 1.5 gをスクリュ管瓶に秤量し、発泡剤としてペンタン50 mLを加えて23 で時々攪拌しながら浸漬した。このときの減容物の接液面積は8.2cm<sup>2</sup>であった。規定時間経過後に液部を捨て管瓶の蓋を開放して23 で24時間放置後に、再び秤量し120 の加熱減量から発泡剤含有量を、メタノール析出法でポリスチレン量と減容剤含有量を求めた。

### 2.3 発泡性ビーズの調製

通常E P Sの発泡成形に用いられる発泡性ビーズは0.5~1.5 mm程度の球状である。これに近い粒状の発泡性ビーズを得るため、次の操作を行った。E P S 40倍発泡品7 gを減容剤10 gに溶解させた溶剤減容物を、直径2 mm程度の紐状に押出成形し、外径5 mmの低密度ポリエチレン製チューブに螺旋状に巻き付け10mLのn-ヘキサンに浸漬した。4時間後にチューブから外してさらに室温で16時間浸漬した後、1 mm程度の粒状に切断し発泡性ビーズを調製した。

### 2.4 発泡性ビーズの発泡性試験

発泡性ビーズを沸騰水上で1分間水蒸気加熱し、24時間後に発泡粒子の粒径を測定し、体積発泡倍率を求めた。

### 2.5 発泡成形試験

発泡性ビーズを沸騰水上で約10秒間水蒸気加熱し、予備発泡させた。これを24時間放置した後、内径40 mm、高さ10 mmのアルミ製型に充填し、水蒸気加熱で発泡成形を行った。図1に発泡試験装置の概略を示した。

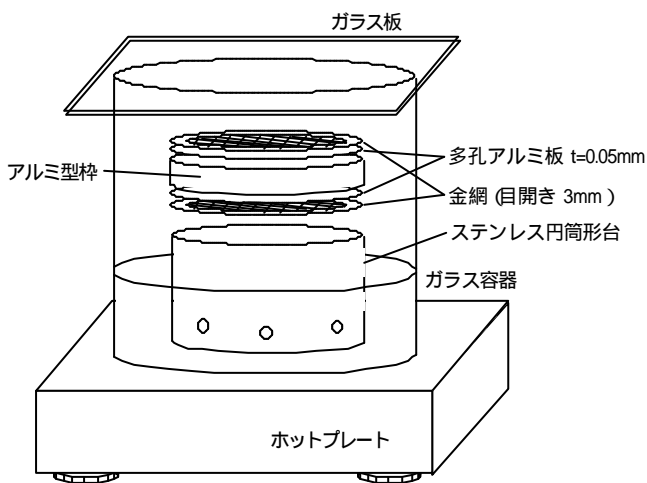


図1 発泡試験装置概要

リング状のアルミ型枠の下部に多数の細孔をあけたアルミ板とこれを保持するための金網を取り付け、型枠内に予備発泡粒を充填する。さらに上部を多孔アルミ板と金網で

覆いこれらをステンレス円筒形台に乗せ、スプリングで結束した。沸騰水に上部の中程までを沈め水蒸気加熱を行った。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 減容剤の減容性能

8種の有機溶剤の室温でのE P S減容性能を表2に示した。ここで減容剤の略号はA, B: 多価アルコールエーテル類, C~F: 多価アルコールエーテルアセテート類, G: 脂肪族エステル類, H: 芳香族炭化水素類である。

表2 減容剤の減容性能

| 減容剤 | 減容物外観 | 減容時間  | 減容体積                |
|-----|-------|-------|---------------------|
| A   | 白色2層  | 40分以上 | 0                   |
| B   | 白色2層  | 25分以上 | 0                   |
| C   | 透明均一  | 70秒   | 2.4 cm <sup>3</sup> |
| D   | 透明均一  | 17秒   | 3.1 cm <sup>3</sup> |
| E   | 透明均一  | 14秒   | 4.7 cm <sup>3</sup> |
| F   | 透明均一  | 11秒   | 4.7 cm <sup>3</sup> |
| G   | 透明均一  | 50秒   | 8.1 cm <sup>3</sup> |
| H   | 透明均一  | 8秒    | 6.5 cm <sup>3</sup> |

減容剤A, BはE P Sの膨潤、溶解が緩慢で実用的でないと考えられる。

### 3.2 減容剤抽出、発泡剤含浸挙動

減容剤Gでの減容物についての発泡剤浸漬処理による減容剤と発泡剤(ペンタン)の含有量の経時変化を図2に示した。減容物中の減容剤はペンタンに抽出され減少し、発泡剤が含浸される。この実験条件では16時間浸漬で樹脂中の発泡剤濃度はほぼ平衡に達した。

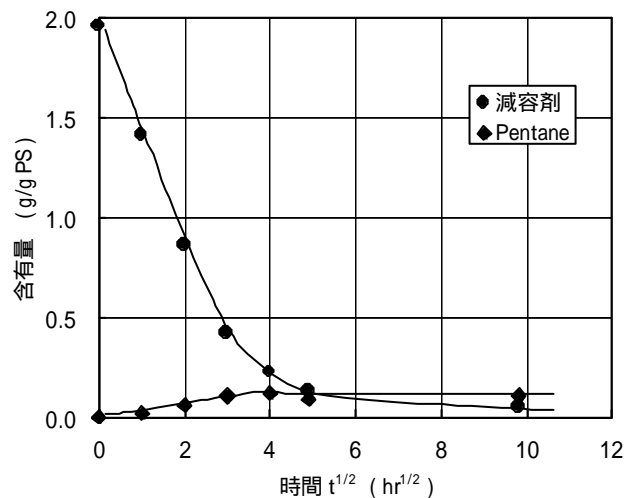


図2 減容剤抽出・発泡剤含浸挙動

一般的に発泡性ビーズに含まれる発泡剤の量は6~8%程度であり<sup>2)</sup>、16時間浸漬でこれに相当する発泡剤含浸処理

が行えた。対照としてEPSを溶融しスクリー管瓶の底に広げたポリスチレンについて同じ条件でおこなった発泡剤浸漬処理では、発泡剤含有量は24時間で0.2%、96時間で0.8%であり、溶剤を含まないポリスチレンの室温での発泡剤吸収は極めて緩慢であった。通常ポリスチレンへの発泡剤含浸処理は樹脂の軟化温度以上の加熱を行い、発泡剤を樹脂に浸透拡散させているが、減容剤で膨潤し粘稠物となった樹脂へは、常温でも発泡剤含浸が可能であることがわかった。

### 3.3 発泡性ビーズの発泡性

ポリスチレン樹脂に溶解性を示す種々の溶剤で減容物を調製し、常温での含浸処理を試み、その発泡性試験を行った。その結果、表2に示した溶剤のうち減容剤C～Gでの5種の溶剤減容物から、発泡倍率で5～47倍の良好な発泡性を示す発泡性ビーズを調製できることを確認した。

減容性能は良好であった減容剤Hによる溶剤減容物から調製したものは発泡剤の含浸量が少なく、発泡倍率も1.4と小さなものであった。減容剤Hによる減容物は、発泡剤浸漬後20分程度で白色に硬化したことから、減容物から減容剤が比較的短時間で抽出され、発泡剤があまり吸収されなかったと考えられる。

軟化温度以下の温度で発泡剤を樹脂に含浸する場合、比較的緩慢に抽出され、樹脂を膨潤状態に保つ溶剤を用いることが有効であると思われる。溶剤のポリスチレンに対する溶解性と溶剤と発泡剤の相互溶解性をもとに、この手法で利用可能な減容剤の範囲を溶解度パラメータ<sup>3)</sup>で記述することができた。

### 3.4 発泡性ビーズの発泡成形適性

発泡性試験で良好な発泡性を示した溶剤減容物から調製した発泡性ビーズについて水蒸気加熱による発泡成形試験を行い、定法により発泡成形が可能であることを確認した。

### 3.5 再生発泡性ビーズの製造方法の提案

以上の実験結果から図3に示すような再生発泡性ビーズの製造についての新しい手法が考えられる。

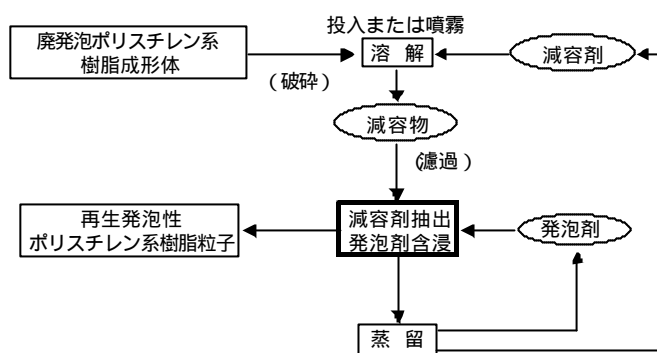


図3 再生発泡性ビーズの製造方法

この手法には次のような特徴がある。

- (1) 従来の技術に比べ工程が簡単で、熱エネルギーが節約でき、再生材の低コスト化が期待できる。
- (2) 減容化から発泡性ビーズの製造までの過程で加熱操作がなく、樹脂の劣化が少ない高品質の再生材を提供できる。
- (3) 廃棄物を元の材料に再生する理想的な循環型リサイクルシステムを構築できる。

## 4. 結 言

EPSの溶剤減容物からの発泡性ビーズの調製を試み、各種減容剤での減容物に対する発泡剤の含浸挙動、調製した発泡性ビーズの発泡性試験などを行った。得られた結果は次のように要約できる。

- (1) 適当な溶解度パラメータの溶剤でEPSを膨潤、溶解した減容物を、低級炭化水素類である発泡剤に浸漬処理すると、ポリスチレンの軟化温度以下の温度であっても発泡剤の含浸が可能であった。
- (2) 溶剤減容物の常温での発泡剤含浸処理によって調製した発泡性ビーズは、水蒸気加熱により良好な発泡性を示した。
- (3) 得られた発泡性ビーズは、定法による予備発泡、発泡成形で成形体に加工できた。

## 参 考 文 献

- 1) 影山輝幸: "実用プラスチック成形加工事典", 産業調査会 (1997) p.643
- 2) 特許庁編: "周知・慣用技術集(発泡成形)" (1982)p.21
- 3) Wesley L.Archer: "Industrial Solvents Handbook", Marcel Dekker(1996)p.35

