

発泡スチロールリサイクルの流れと実験

発泡スチロールには、3つの種類があります。魚を入れたり電気製品などを保護するために使うビーズ発泡ポリスチレン（EPS）と、食品容器やトレイのポリスチレンペーパー（PSP）、建設資材として使う押出發泡ポリスチレン（XPS）です。どれもポリスチレンというプラスチック原料をふくらませたものです。3種類の発泡スチロールのうち、一般的には、発泡スチロールといえばEPSを指すものとみられているようです。

リサイクルの流れ

購入・使用

分別・排出

分別回収

EPSは、日本国内では毎年10万トン以上使われています。2019年では、回収したうち51.4%が溶かしたり細かく砕いてマテリアルリサイクルして再製品を作っています。発泡スチロールは、燃すと大きな熱エネルギーを出すので、発電などのサーマルリサイクルにも活用されています。これも合わせると、EPSの89.5%が有効利用されたことになります。

発泡スチロールの成形法

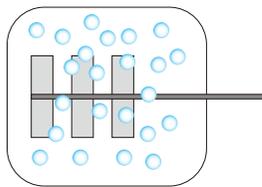
① ビーズをつくる

原料（ポリスチレン）にガスをとじこめ、直径1ミリぐらいのつぶ（原料ビーズ）をつくる。

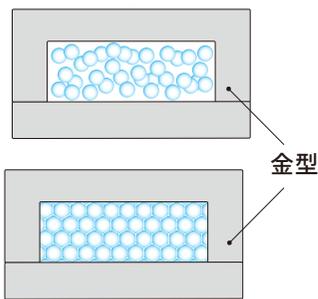


② 予備発泡する

蒸気で熱を加えて、一定の倍率（10～50倍）までふくらませて、発泡ビーズを作る。



③ 発泡ビーズを金型に入れ、蒸気でもう一度熱すると、もっとふくらみ、ビーズ同士が熱でくっつき金型通りの製品が完成する。



④ 完成した製品を乾燥させて出来上がり。



溶解・運搬

実験 1

リモンを使って発泡スチロールを溶かす実験

今回の実験（リモンを使った減容）は、かつて大手電機メーカーが、緩衝材の発泡スチロールの減容化に採用していた方法を模したものです。

現在は、200℃くらいに加熱して溶かしたり、摩擦熱で溶かしたりして柔らかくして空気を抜いて減容化するのが主流です。

原料化
分離する

実験 2

リモンに溶けたポリスチレンをエタノールで分離する実験

今回の実験は、ポリスチレンが溶けにくいエタノールを加えることで、溶けていたポリスチレンを固形化させ分離します。かつて、大手電機メーカーではリモン溶液を加熱し、リモンを蒸発させてポリスチレンを分離していました。現在では、熱で溶かし空気を抜いた発泡スチロール（ポリスチレン）を冷やして固めます。固める形状は減容機によってインゴット、板、粒などさまざまです。

固化したポリスチレンは、再生プラスチックとして再利用されたり、発電用の燃料として使用されます。

製品化
発泡させる

実験 3

ポリスチレンを再発泡し発泡スチロールを作る実験

今回の実験はあらかじめ準備しておいた発泡剤（アセトン）を含ませたポリスチレンのビーズを茶こしに入れ、沸騰水に浸けて発泡させます。

発泡スチロールから作ったポリスチレン原料は、文房具やプリンターといったプラスチック製品に再生されると共に、同じ発泡スチロールにも再生されています。工場では、発泡剤（ブタン）を入れたビーズ状の原料を作り、それを型に入れて加熱して発泡・成形します。（左図参照）

化学薬品(リモネン)を使って発泡スチロール(ポリスチレン)を溶かす実験

魚箱や電化製品などの容器などに使われる発泡スチロールは、原料のポリスチレンがわずか2% (残りの98%は空気) の製品です。このため、そのまま運ぶと空気を運搬するようなもので大変非効率であり、その分環境負荷も増えます。そこで、魚市場などではいらなくなった発泡スチロールの集積場所で減容化 (溶かして容積を小さくする) を行っています。この実験では、化学薬品 (リモネン 柑橘類の皮に含まれるオイル、別名オレンジオイル) を使った減容化を体験させます。



●スーパーマーケットなどから発泡スチロールの箱をもらってきます

●発泡スチロールを板状に切ったものを児童に渡します。それを、小指大にちぎり、リモネンの入ったビーカーに入れます。
●食品トレイも同じ原料でできていますので、溶けます。ただ、原料の量が5%と発泡スチロールより多いため、ビーカーに入れる量は2~3個にさせます。

●20ml程度のリモネンが入ったビーカーを班ごとに渡します
●割り箸で軽く混ぜながら、溶かしていきます。溶かす量は、発泡スチロールが20個程度、食品トレイは2~3個が目安です。
●透明になるまで、完全に溶かします。

注意事項

◆薬品がこぼれたり、体につかないよう、ビーカーをおさえるとともに、静かに攪拌させてください。
◆リモネンは洗剤の原料にもなっており、危険ではありませんが、体に付いた場合は、洗浄してください。

ポイントなど

★リモネンを入れたビーカーを渡したときに、

1. リモネンの量を確認させる
2. 匂いを確認させる

★溶かすときに、

1. 溶ける様子を観察させる
2. 発泡スチロールの箱と食品トレイの溶け方の違いを観察させる

★溶かし終わったときに

リモネンの量がどのように変化したかを確認させる

※発泡スチロールは泡を出しながら溶けていく。

これは、発泡スチロール中にあった空気が放出されるからである。発泡スチロールを溶かし終わったあとの溶液量は溶融前とあまり変わらない。これは、発泡スチロールの98%を占める空気が放出されたからである。

材料・器具

- 使用済み発泡スチロール (トコ箱など クラスで1個)
- 使用済み食品トレイ (各班1個)
- ビーカーなどの容器 (各班中小1つずつ)
- 割り箸 (各班1膳)
- リモネン (各班20~30ml)
- カッターナイフ

● オプション1:レモンの皮で発泡スチロールを溶かす

発泡スチロール減容化に用いるリモネンは別名オレンジオイルとも呼ばれ、柑橘類の皮に含まれている天然オイルです。この実験では、レモンの皮からオレンジオイルを手で絞り、発泡スチロールにこすりつけて溶かします。もちろん、純度がきわめて低いリモネンしか出てきませんので溶けるのに時間がかかりますが、それでも発泡スチロールの表面が粘つき、溶けるのが分かります。



●レモンの皮の側を絞り出すようにして、発泡スチロールにこすりつける。

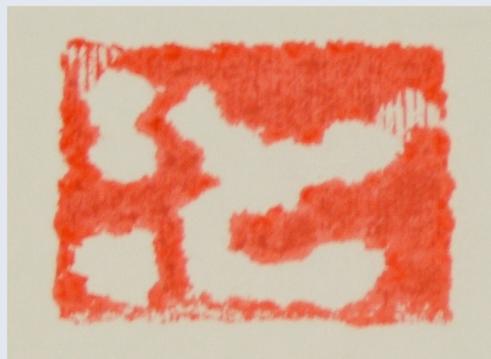
●しばらく放置すると溶けてへこんでくる。

ポイントなど

- ★最初にリモネンがどんな匂いがしたかを子供たちに聞き、柑橘類を想起させる。
- ★リモネンの正体を明かし、柑橘類の皮で発泡スチロールが溶けるかどうかを試してみようと提案する。
- ★なるべく厚めの皮のレモンを用意し、適当な大きさに切り分ける。
- ★左のように実験を行い、リモネンが柑橘類の皮を絞って作ったものであることを体感させる。

● オプション2:発泡スチロールのスタンプづくり

リモネンが発泡スチロールを溶かす性質を利用し、スタンプづくりを行います。



●四角に切った発泡スチロールに、リモネンを付けた綿棒で文字や絵を描く

●スタンプ台でインクを着け、紙に押ししてみる

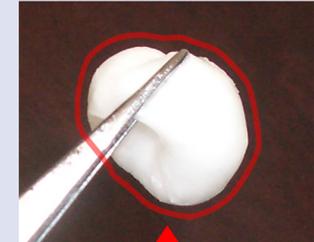
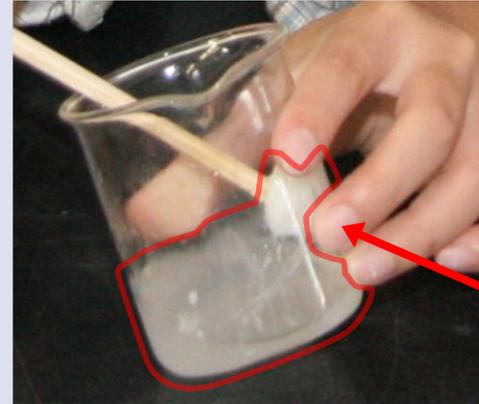
ポイントなど

- ★リモネン溶解・分離(実験2) 実験終了後、残った溶液(リモネンにエタノールが混ざったもの)を利用する。
- ★綿棒にリモネンを着けすぎると、あっという間にくぼみが広がるので、少量ずつ着ける。



リモネンに溶けたポリスチレンを薬品(エタノール)で分離する実験

リモネンを使って減容化したポリスチレン(発泡スチロールの原料)は、リサイクル工場ではリモネンとポリスチレンに分離します。工場では減容液を加熱し、揮発性の高いリモネンを回収します(回収したリモネンは冷却・液化し、再利用)。
 学校の実験では加熱分離が難しいことから、エタノール(エチルアルコール)で分離し、リサイクル原料製造工程を体験させます。



●ポリスチレンが入ったビーカーを両手でしっかり持たせる。
 もう一人に、割り箸を持たせる。

●エタノール(20ml程度)を入れたビーカーをあらかじめ用意する。
 ●ポリスチレンが入ったビーカーにゆっくりとエタノールを入れ、かき混ぜる。

●しばらくかき混ぜると、ポリスチレンが凝集しゲル状の固まりになる。これで分離が終了。

白く固まったものが、ポリスチレン。
 ビーカーにいっぱい発泡スチロール

これを乾燥させるとポリスチレン原料になる(乾燥には2~3日かかる)

注意事項

- ◆薬品がこぼれたり、体につかないよう、ビーカーをおさえるとともに、静かに攪拌させてください。
- ◆リモネン・エタノールが体に付いた場合は、洗浄してください。

ポイントなど

★リモネンを入れたビーカーを渡したときに、
 1.リモネンの量を確認させる
 2.匂いを確認させる

★溶かすときに、
 1.溶ける様子を観察させる
 2.発泡スチロールの箱と食品トレイの溶け方の違いを観察させる

★溶かし終わったときに
 リモネンの量がどのように変化したかを確認させる

材料・器具

- ポリスチレン溶融リモネン溶液の入ったビーカー
- エタノール(1班20ml程度)
- 割り箸



ポリスチレンを再発泡し発泡スチロールを作る実験

発泡スチロールから作ったポリスチレン原料は、ビデオカセットや文具、合成木材などに再生されるとともに、同じ発泡スチロールにも再生されています。工場では、発泡剤(ブタン:カセットコンロの燃料などにも使われている)を入れたビーズ状の原料を作り、それを型に入れて加熱して発泡・成型します。この実験では、使用済みの発泡スチロールにアセトン(有機溶剤、マニキュア除光液の主原料)を混ぜて発泡させ、再生発泡スチロールを作る体験をします。



- あらかじめ作っておいた発泡剤(アセトン)入りのポリスチレンからビーズ状の原料を作る。
- それを、茶こし(型枠)の中に入れる。全体の5分の1程度入れればOK。

- 鍋に水を入れ、IH調理器で沸騰させる。
- 割り箸に吊り下げた茶こしを沸騰したお湯につける。茶こしが浮かび上がらないよう、他の者がすくいアミでおさえる。

- 一分ほどして鍋から茶こしを取り出す。
- 茶こしが十分さめてから中身を取り出す。
- 発泡スチロール(ボール)の出来上がり。

※原料の作り方

大きめのビーカーにアセトンを50mL程度入れ、そこに発泡スチロールを溶かし込む。発泡スチロールには2%のポリスチレンしか含まれていないので、相当量の発泡スチロールが必要。アセトン液がなくなり、耳たぶ程度の固さになったら、ハンバーグを作る容量でよく練り込む。べたつきがなくなったら完成。

注意事項

- ◆ 火のそばには「リモネン」「エタノール」、あるいはそれらの溶液を置かないでください。
- ◆ 再発泡は、熱湯を使うため、細心の注意を払ってください。

ポイントなど

- ★ 魚箱などの発泡スチロール原料となるビーズは、米粒よりも小さい。綿棒の綿程度の大きさにこねて型に入れる。大きすぎると熱効率が悪く、発泡しにくくなる。
- ★ 沸騰したお湯の中に入れると、泡を立てながらふくらんでいくので、よく観察させる。これは、発泡剤が熱で発泡し、余剰の気体が逃げ出すため。
- ★ 実験で作るビーズ状原料は不均一で大きめであるため、発泡率はそれほど高くない。しかし、原料と完成品の一粒子を比べると、確実に膨らんでいることが分かるので、発泡スチロールができたことを確認させる。

材料・器具

- 発泡スチロール
- 鍋とIH調理器
- アセトン50mL程度
- 茶こし
- 割り箸
- すくいアミ

ビーカーにアセトンを入れ、そこに発泡スチロールを少しずつ入れながら、溶かしていきます。液状のアセトンが無くなるまで溶かし込み、それをべたつきなくなるまで手でこねます。