

VII-56

発泡スチロール溶融物の微生物分解

東北学院大学大学院
新エネルギー産業技術総合開発機構フェロー

学生会員 ○遠藤 剛
正会員 及川 栄作

東北学院大学 フェロー会員 石橋 良信

1. はじめに

発泡スチロール（EPS）は、ポリスチレンビーズを蒸気で過熱することによって形成され、衝撃緩衝性に優れ、任意の形に加工することが容易で、安価であることから食品トレイや家電製品の梱包材として大量に使用されている。発泡スチロールの再生利用と処理・処分の現状はリサイクル化が64.7%、埋め立て処理が24.7%、焼却処分が10.6%である。この内のリサイクル化の内訳は、発泡スチロール再生やビデオカセットなどのプラスチック製品に利用されるマテリアルリサイクルが39.1%、温水プールなど焼却熱エネルギーに利用されるサーマルリサイクルが25.6%となっている¹⁾。

マテリアルリサイクル工程において、かさばる体積を減らすための減容剤として、オレンジの皮から精製されるモノテルペンの香り物質リモネンが知られている。リモネンは人体に影響がなく、安全で、減容スピードも速く溶剤に適した物質として利用する企業も知られている。筆者らは従来オレンジの皮から精製されるリモネンを組換え大腸菌を用いることによって、より低コストに大量生産する方法に取り組んできた²⁾。

一方、今後さらなるリサイクル率を向上させるために、単純焼却処理や埋め立て処理していた発泡スチロールの生分解処理法についても提案している。これは前述のリモネンを用いた減容の後に、溶出したポリスチレンやスチレンを微生物によってコンポスト化する方法である。減容剤リモネンの大腸菌生産とポリスチレンやスチレン分解微生物を併用した発泡スチロール処理法を確立することができれば、リサイクル効率を高めるだけでなくゼロエミッション処理法の構築につながるものと考えられる。

このような発泡スチロールゼロエミッション処理構想実現のために、本研究では既に環境中から単離したポリスチレン分解微生物³⁾を用いて、有機溶剤ジクロロメタンおよびリモネンで溶融した発泡スチロールの分解性を調べることを目的とした。

2. 実験方法

1) ポリスチレン分解微生物の発泡スチロール溶融物分解能測定実験

発泡スチロール溶融物分解実験は単離したスチレントリマー耐性細菌 PSD-1, PSD-2 および PSD-6 株、スチレン酸化細菌 STR-Y-0 株について試みた。-85℃でグリセロール溶液保存していた菌株を LB 寒天培地に白金耳で画線し、30℃で一晩静置培養した。翌日、寒天培地上の単一のコロニーを白金耳でかき取り、50 ml 容の三角フラスコを用いて、10 ml の 1×LB 液体培地に植え継ぎ、37℃で一晩振とう培養した。さらに、25 ml の M9 液体培地を加えた 100 ml 容の共栓付三角フラスコに 250 μ l を植え継ぎ、30℃で振とう培養を続けた。コントロールとして M9 液体培地のみを用いた。吸光度 OD600 nm が 0.2 に達したところで、0.3 mg/ml の発泡スチロール溶液（リモネンまたはジクロロメタンで溶融した EPS）を 200 μ l 添加した。その後、30℃で 8 日間振とう培養を続けた。0, 2, 5, 8 日目の培養液 25 ml を 0.4 g の塩化ナトリウムを加えた 50 ml 容共栓付ガラス製遠心管に移し、混合した。次にジクロロメタン 3 ml を加え、2 分間ボルテックスで混合し、室温 3000 rpm、5 分間遠心を行った。ジクロロメタン層を無水硫酸ナトリウム 0.1 g を加えた 2 ml 容マイクロチューブに移し、よく混合した後、室温 10 分間放置した。フラッシュ遠心後、上清をふた付のバイアルビンに移し、分析まで 4℃で保存する。この内の 10 μ l を高速液体クロマトグラフ分析（HPLC）に用いてポリスチレン濃度を測定した。HPLC 装置は島津の LC-10AD を用いた。カラムは Shim-pack GPC-803（島津）を用いた。HPLC

分析の条件は移動相をテトラヒドロフラン、流速 1 ml/min、カラム温度 30℃、検出波長 254 nm で行った。

3. 実験結果および考察

1) ポリスチレン分解微生物の分解能測定実験結果

図-1 は STR-Y-0 株を用いてリモネンで溶解した発泡スチロールの分解結果を示している。STR-Y-0 株は初期濃度の約 70 % (23 μ g) の分解率を示した。しかしながら、PSD-1, PSD-2 および PSD-6 株による分解のデータは得られなかった。この理由は、油性成分であるリモネンと混じり合わず浮遊したため分解が阻害されたと考えられる (データは示していない)。STR-Y-0 株は、このような浮遊状態を解いてポリスチレンを分解可能な状態にする能力をもっていると推測される。また図-2 より、STR-Y-0 株によるジクロロメタンを用いた発泡スチロール溶解物の分解能測定を行った結果、減容剤リモネンで溶解した発泡スチロール溶解物の分解と同様に分解を示した。それぞれの減容剤を用いて溶解した場合を比較したところ、分解の初期段階ではジクロロメタンを用いて溶解した場合の方が、ポリスチレンの濃度が低くなることが示された。なお、ポリスチレン分解率は約 77 % (14 μ g) と高くなったが、分解量は初期濃度が低いこともあり 14 μ g にとどまった。

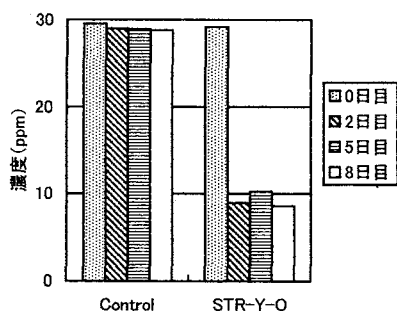


図-1 ポリスチレン分解微生物によるリモネンを用いた発泡スチロール溶解物の分解能経日変化

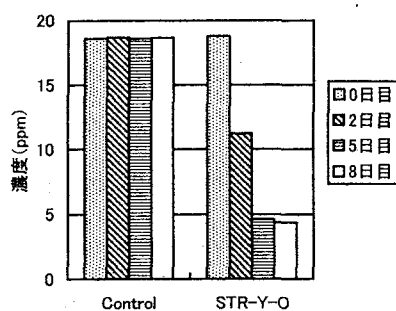


図-2 ポリスチレン分解微生物によるジクロロメタンを用いた発泡スチロール溶解物の分解能経日変化

4. おわりに

本研究で単離したポリスチレン分解微生物は、発泡スチロール溶出物の主要成分であるポリスチレンの分解を確認した。ポリスチレンの分解によって、本研究で既に開発された遺伝子組換え大腸菌によるリモネン生産とポリスチレンやスチレン分解微生物を組み合わせることによって発泡スチロールゼロエミッション処理構想を実現できる可能性が示された。今後の課題として、発泡スチロールを土壤中でポリスチレン分解微生物によるコンポストの開発を試みる考えである。さらに、最も重要である微生物分解による無害化を確認するため、微生物によるポリスチレン分解後の代謝物を分析する必要がある。

参考文献

- 1) 発泡スチロール再資源化協会 <http://www.jepsra.gr.jp/> (2004年1月)
- 2) 及川栄作、鈴木祐介、Khin Thida Linn、及川胤昭、石橋良信 (2001) リモネン産生遺伝子組換え大腸菌を主体とする発泡スチロールのゼロエミッション処理への提案、29 回環境システム研究論文発表会講演集、215-220
- 3) 及川栄作、Khin Thida Linn、遠藤剛、及川胤昭、石橋良信 (2003) 発泡スチロールゼロエミッション処理構築のためのポリスチレン分解微生物の単離と分解特性、環境工学研究論文集・第 40 巻、373-379