

**【3K143013】高性能・高耐久性リサイクルプラスチック創製のための再生技術に関する基礎研究
(H26～H28 累計予算額 52,799 千円)**

研究代表者 八尾 滋 (福岡大学)

1. 研究開発目的

これまでの廃棄プラスチックの物性低下原因は化学劣化や異物の混入にあるという定説は、廃棄物という先入観から導かれたものであり、分子的・物理的な根拠に裏付けられたものではない。一方で我々は、分子量などの分子物性が全く同じ材料であっても、成形履歴を持つプラスチックから成形した薄膜が、著しく物性が劣ることを見出した。たとえば、バージンペレットを通常のプレス条件である 210°C、2min、徐冷で成形した薄膜と、分子物性が全く同じ工場内再生品を同じ条件で成形した薄膜の引張挙動を見た場合、成形履歴があるだけで、物性が著しく劣るようになる。即ち、物性低下の主原因は化学劣化ではなく成形履歴による物理劣化と考えられる。

我々はさらにこのように低下した物性が、単純な成形法の最適化により、物理的に再生することも見出した。また昨年度からの研究により、本手法が大量の異種高分子や無機異物を含む系に対しても適用できることを見出した。市販のポリプロピレン選別容器包装リサイクルペレットを用い、通常のプレス成形条件と最適化したプレス条件で作成した薄膜の引張試験の結果、市販品の容器包装リサイクルペレットでも、成形条件を最適化することで物性が大きく向上していることが分かる。

これらの知見はこれまでの一般常識とは大きく異なるものであり、本知見が一般化することは、マテリアルリサイクルの現状を大きく変えるパラダイムシフトを引き起こせる可能性がある。

これらの知見をもとに、主に廃棄容器包装プラスチックに関し、成形法の最適化などの物理的手段で物性再生が可能であるか、さらに射出成形などの汎用的成形法まで拡張が可能か否かの検討を行うことを本研究の目的とした。また学会発表を通じて成果を広く公開するとともに、企業や研究機関との共同研究を推進することを目的とした。

2. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

廃棄プラスチックに関しては、化学劣化しているために分子量が使用に耐えない程度に低下している、異種高分子が混在している、また無機異物が混入している、普通の条件で再成形したものの物性値が著しく低下している、などの諸因子が積み重なり、大学・研究機関が研究対象としては来なかったという経緯がある。しかもこれら因子のほとんどが感覚的な思い込みであることを実証するような取り組みもなされてこなかった。

このような社会情勢に対し、我々は廃棄プラスチックの物性低下原因に対して、高分子の基礎物性的観点から、解明を試みた。

その成果は、①廃棄プラスチックの分子量はほとんど低下しておらず、物性が低下している主要因とはなりえないこと、②物性低下の原因は、成形時の成形履歴などにより内部構造が変化した、物理劣化であること、③成形条件を最適化することで、単一品ではほぼバージン並みに、混合物ではその混合比に応じた物性に再生できること、④無機異物は、性能低下にほとんど影響しないこと、⑤ペレタイズ条件を最適化することで、多くのマテリアルリサイクル成形品の物性を向上することができることなど、これまでの常識を覆すものである。またこの物理劣化の原因としては、成形時あるいは再ペレタイズ時の履歴により、プラスチックの高分子内部構造が、応力が伝達しにくい構造となっていること、すなわち結晶間を結ぶタイ分子数が極端に減少しているためであることを、理論およびシンクロトロンを用いた研究から明らかとした。

さらに本研究は、感覚的、思い込みにより研究対象から除外するのではなく、基礎的に物性発現因子を解析することで、これまで培われてきた高分子物性の知見が、廃棄プラスチックの高度マテリアルリサイクルに有効に活用することが可能であることを明らかにしてきた、という視点からも意義深

いものである。

またこれらの成果は新聞・雑誌にも取り上げられたこともあり、社会的認知度が上がり、企業のみならず多くの大学・研究機関からも注目を集めるようになってきている。この種の取り組みが進展することで、より高度なリサイクル手法が効率的に開発されるようになると考えられ、その糸口を構築したという意味で、本研究は社会的意義も極めて高いと考えることができる。

(2) 環境政策への貢献（研究代表者による記述）

廃棄プラスチックのマテリアルリサイクルを取り巻く現状の社会情勢は、①大学・研究機関が研究・開発対象からは排除している、②それ等も相まって中小のリサイクル業者が経験と勘、そして自助努力でマーケットの構築に邁進している、という状況にあると考えられる。そのため、用途的には擬木や車止めなど、本来樹脂が保有している靱性などの特性が十分に発揮されていない、付加価値の低いレベルに利用されているにもかかわらず、需要を満たす廃棄プラスチックを収集することが困難であるという、市場が閉鎖した一種硬直した状況にある。この様に低レベルでの需要がある程度あるために、高度な再生法の検討や適用製品範囲の拡張などの取り組みの意義に対する疑問や不必要論・悲観論も強く存在している。他方、回収が十分に実施されず焼却処理されている使用済み樹脂が7割近く存在しているが、マテリアルリサイクルによる高度かつ高付加価値な再生は不可能であるという常識に縛られていることにより、これらにマテリアルリサイクルを適用しようとする機運も盛り上がっていない。

我々の研究成果は、このようなこれまで何ら物理的な考察なく構築されてきた一般社会通念と大きく異なるものであり、適切な回収法と適切な再生処理法を適用することにより、廃棄プラスチックは再資源化が十分に可能であり、複数回の資源循環を行うことができることを示しているものである。

これまでの廃棄プラスチックに対する一般的な認識は、分別処理を実施しても高度な資源循環は不可能である、というものであったため、取り扱いがぞんざいであり、そのために色調も含めてさらに低付加価値品となっていたと考えられる。しかし我々のこの成果が一般化すれば、上記のような認識も大きく変えることが可能であり、結実性のあるリサイクルプラスチックのマテリアルリサイクルが可能な社会システムへの変革を導き出すことができると考えられる。

さらに我々の研究成果は、リサイクルプラスチックの再生のための新たな加工プロセスの開発指針に関する示唆情報も含んでいる。これらは、新たなペレタイザーや成形機の開発につながる物であり、新たな産業創生の目も含んでいると考えられる。

以上のように、本研究成果は、産官学を網羅した、本格的な 3R の実現のための施策に大きく寄与するものであると考えられる。

3. 委員の指摘及び提言概要

プラスチックのマテリアルリサイクルが困難になる要因が物性の化学的特性の劣化であるとの見方は今回覆されて、物理的成形プロセスの効果であることが再確認できたことは、現状をブレークスルーする最大の研究成果であり、循環型社会形成への大きな一歩となる。ただ、科学的エビデンスが学会で検証されているかどうかという点で課題が残っている。実用化に当たっては可能性のある様々なコンタミネーションについての評価が望まれる。

4. 評点

総合評点：A