

プラスチック材料の破損・劣化の評価

■研究者のプロフィール

金沢大学 理工研究域
フロンティア工学系 准教授

ひ え じ ま ゆ う す け
比江嶋 祐介

TEL : 076-264-6256

E-mail : hiejima@se.kanazawa-u.ac.jp

解説動画は
こちらから



研究シーズの概要

01 プラスチック劣化状態の評価

洗濯ばさみ(多くはポリプロピレン製)がある日突然壊れてしまうことは、皆さん経験されていると思います。このようなプラスチックの劣化現象では、高分子鎖の切断が生じることはよく知られていますが、この分子レベルの化学反応がきっかけとなり、どのようにして最終的に材料の外観変化や物性低下をもたらすかは単純ではありません。我々の研究室では、ラマン分光法^{*1}や表面摩擦試験を用いて、ポリエチレンなどのプラスチックの劣化状態を非破壊で診断する手法を開発しました。これにより、強度低下が生じるより以前の劣化の前駆現象を捉えることが可能となり、プラスチック製品の品質を担保するための基盤技術と

なっています。

プラスチックの劣化が著しく進展すると、最終的に材料の崩壊に至ります。図1は、実験室で2カ月ほど高温条件に曝露した後のポリプロピレンシートの写真です。試料の左下部分から劣化が顕著に進んでおり、一部は黄変し、微細化して粉末状に崩壊しています(写真A)。崩壊した粉末を顕微鏡で観察すると、直径0.2mm程度のキレイな「針状結晶」が生成し(写真B)、これが割れることで微細化することが分かりました(写真C、D)。海洋中に漂うマイクロプラスチックの一部もこのように生成しているかもしれません。

02 プラスチック破損状態の評価

プラスチック材料は、PETボトルなどの身近な生活用品だけでなく、自動車や飛行機のような大型の長期用途部材にも利用が広がっています。実際に、自動車バンパーの大半はポリプロピレン製であるなど、自動車部品の約30%(体積比)をプラスチックが占めています。我々の研究室で、ポリプロピレンに衝撃を与えたときの内部の破損状態を調べたところ、衝撃により白く変色していても、材料強度はほとんど変わらないことがわかりました。このことは、バンパーが多少へこんだとしても、安全性能はそれほど低下しないことを示しています。

振動のような小さな荷重であっても、繰り返し作用することで、材料は徐々に壊れていきます。

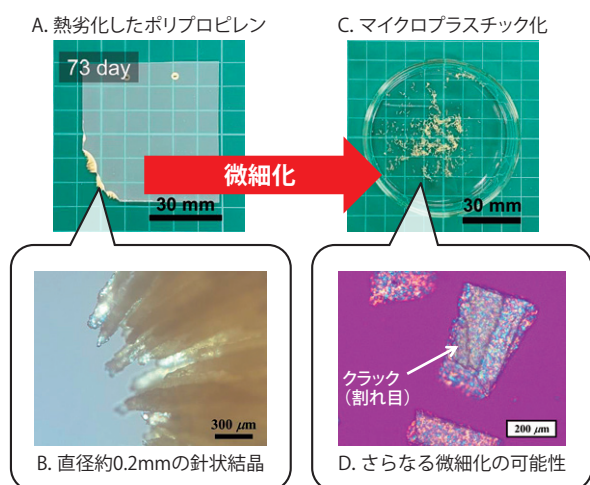


図1 熱劣化したポリプロピレンと生成したマイクロプラスチック

例えば、プラスチックの板を繰り返し曲げると、白く変色した後、ひびが入って割れてしまいます。このような破壊現象を「疲労」と呼びます。自動車や配管などの構造材料としての用途では、長期間にわたって繰り返し荷重を受けますので、疲労試験はその製品寿命を決める重要な試験となります。しかしながら、与える荷重の波形・大きさ・周波数など実験条件のパラメータが多く、疲労における耐久性を正確に評価することはなかなか困難です。我々の研究室では、疲労試験中に与えた変形量とそれにより生じる力の関係性から、材料が吸収するエネルギーを見積もり、「**プラスチックの疲労の程度を表す指標**」を見いだしました。この指標は、疲労試験条件にほとんど依存しないため、実際の使用環境中での疲労状態の評価や、疲労寿命の予測に活用できると期待されています。

03 産学連携による装置開発

上記の疲労試験は、1回の試験に数カ月を要することもあり、試験時間が非常に長いことが評価を行う上でのネックとなっています。汎用の疲労試験機は、金属のような固い材料にも対応するため高価で大型なものになりますが、軟質材料のプラスチックには安価で小型の試験機が適しています。そこで、測定機器メーカーのアクロエッジ社

と協力して、小型疲労試験機Syclus（サイクラス）の開発を行いました。共同開発においては、まず試作機を提供いただき、我々の研究室で疲労試験およびデータ解析を行ったうえで、その結果を装置改良や測定・解析ソフトウェア開発にフィードバックする形で実施しました^{*2}。こうして開発したSyclus^{*3}（図2）は、2020年に販売を開始していますが、この装置を用いることで、高温などの特殊環境に持ち込んでの疲労試験や、複数台並べての並列試験による試験時間の短縮が可能となっています。

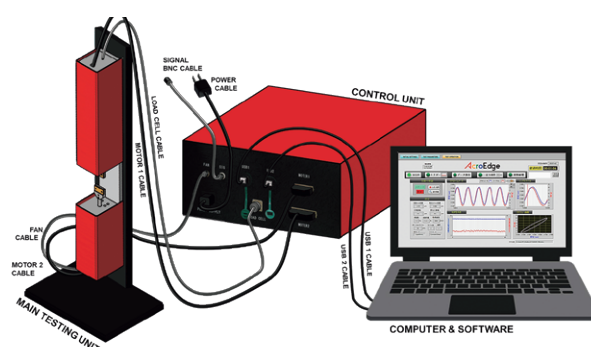


図2 共同開発した小型疲労試験機Syclus（アクロエッジ社提供）

- *1 “結晶性高分子の劣化測定方法”，新田晃平，比江嶋祐介，五十嵐敏郎，木田拓充，竹田健人，特許第6785002号
- *2 “疲労試験方法，疲労試験装置および疲労解析プログラム”，比江嶋祐介，長谷川舜弥，新田晃平，中宗基裕，西村将，立岡さゆり，特願2021-081197
- *3 小型振動疲労試験機Syclus，アクロエッジ社
<https://www.acroedge.co.jp/products/syclus/>

研究キーワード

- ◎ 高分子物性・高分子構造
- ◎ 材料力学
- ◎ 高分子成形加工

利用が見込まれる分野

- ◎ プラスチック成形加工
- ◎ 製品の品質保証
- ◎ 劣化診断・寿命予測

今後の展開と産業界へのメッセージ

プラスチックは、金属や無機材料と並ぶ三大材料の一つであり、軽量で安価、加工性に優れるなど、他の材料にはない特長を持っています。しかしながら、数千年の歴史を誇る他の材料と比べると、プラスチックは産業化から100年に満たない若い材料ですので、本稿で紹介した耐久性に関する知見はまだ不足しています。また、有機材料であるので、金属や無機材料とはひと味違った特性があり、プラスチックを上手く使いこなすためには、従来の材料力学や破壊力学とは異なる独自の知見が必要となります。本稿で紹介したプラスチックの劣化や破壊は、一見、複雑な現象に見えますが、正しくアプローチすると非常に素直な一面も見せてくれます。もし、プラスチック製品の物性について関心がある、もしくは、劣化や破壊で困っているなどありましたら、お気軽にご相談いただければ幸いです。

産学連携をお考えの方は上記または次の担当部署までお問い合わせください。

- ◎北陸経済研究所
- 米屋 TEL：076-433-1134
- ◎北陸銀行 地域創生部
- 山上 TEL：076-423-7180