



Press Release

2025 年 1 月 15 日

芝浦工業大学

(株) 東レリサーチセンター

山形大学

東洋大学

東北大学

科学技術振興機構 (JST)

マイクロバブルと赤外吸収分光法を用いてナノプラスチックの 化学的特性を分析する新手法の提案

～環境中のナノプラスチック分析に期待～

* * *

芝浦工業大学（東京都江東区／学長 山田純）デザイン工学部デザイン工学科・田邊匡生教授は、(株) 東レリサーチセンター（東京都中央区／社長 吉川正信）、山形大学（山形県山形市／学長 玉手英利）、東洋大学（東京都文京区／学長 矢口悦子）、東北大学（宮城県仙台市／総長 富永悌二）と実施している共同研究において、水中の極めて微量のナノ粒子をマイクロバブル^{※1}を用いて凝集させることによって濃縮し、その局所的な化学的特性を原子間力顕微鏡（AFM）と赤外吸収分光法（IR）^{※2}とを組み合わせた方法（AFM-IR）で解析する新しい手法を提案しました。今後、この手法をさらに発展させることで、環境中のナノプラスチックの化学的特性をより深く理解できるようになり、ナノプラスチックに関する研究が進展することが期待されます。

※本研究成果は、2025 年 1 月 15 日（英国時間）にナノスケールの材料と環境におけるプロセスに焦点をあてた学術誌 *Environmental Science: Nano* に掲載されます。

ポイント

- 水中の極めて微量のナノ粒子をマイクロバブルを用いて凝集することによって濃縮し、その局所的な化学的特性を AFM-IR で解析する新しい手法を提案
- ナノ粒子の化学的特性を高精度に測定でき、環境中のナノプラスチック（NPs）の化学的特性を評価するための重要なツールとなることに期待
- NPs と物質との相互作用に関する新しい知見を提供し、環境問題の理解に向けた貴重なデータを提示

■ 研究の背景

海洋環境に浮遊するマイクロプラスチック（MPs）は、生物に摂取されることで食物連鎖に影響を与え、最終的に人間にも害を及ぼす可能性があります。特に、ナノプラスチック（NPs）はその小さなサイズにより、MPs よりも生物への影響や環境中での挙動などが十分に解明されていません。NPs はサイズが小さく、極めて微量であるため、その化学的特性の評価は非常に困難です。このため、NPs の化学的特性を測定する新たな手法が求められています。

本研究では、ナノ秒レーザーアブレーション^{※3}によって低密度ポリエチレン^{※4}（LDPE）フィルムから生成されたナノ粒子を使用し、水中の極めて微量のナノ粒子をマイクロバブルにより濃縮し、局所的に AFM-IR で測定する新しい手法を提案しました。この手法では、ナノ粒子の化学的特性を詳細に分析することができ、環境中の NPs の化学的特性に関する研究の進展が期待されます。

■ 研究方法とアプローチ

本研究で開発した手法では、ナノ粒子をマイクロバブルによって濃縮させ、原子間力顕微鏡（AFM）を基盤にした AFM-IR を用いて、その局所的な特性を測定しました。本研究チームは、ナノ秒レーザーアブレーションにより、LDPE フィルムからサイズが数十 nm から数百 nm のナノ粒子を得ることに成功しました。得られたナノ粒子は水中で極めて微量ですが、マイクロバブルを用いて凝集させることによって回収され、セレン化亜鉛（ZnSe）基板上に配置できます。

この基板上に配置されたナノ粒子を、AFM-IR によって詳細に分析しました。AFM-IR は、ナノスケールでの局所的な化学的特性を解析できる技術であり、ナノ粒子の分子構造の情報が高精度に測定できます。本研究で提案するこれらのプロセス（図 1）により、NPs の酸化反応の進行状況を追跡し、NPs と物質との相互作用を理解することが可能となります。

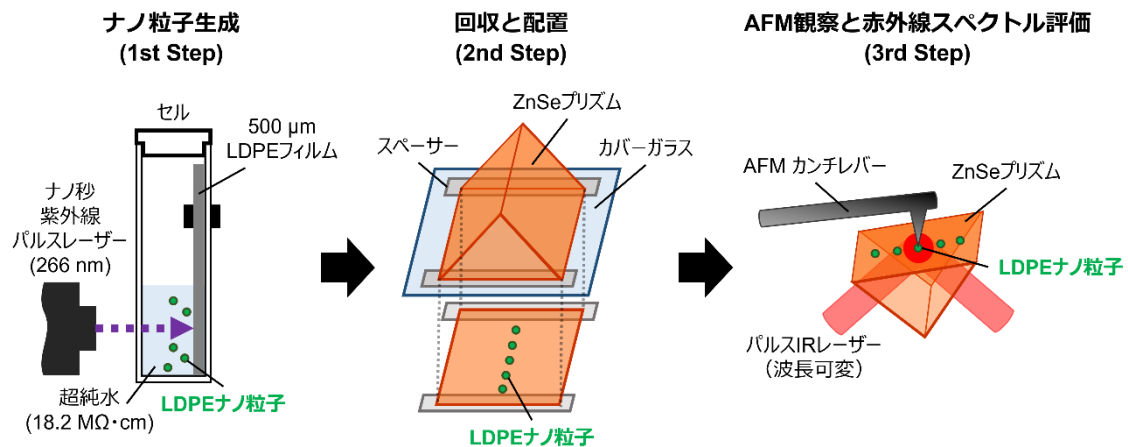


図 1 水中の極めて微量な NPs をバブル集積し、その化学的特性を評価するプロセス

具体的には、ナノ粒子のサイズ分布は 50 nm～500 nm の範囲にあり、最も多くの粒子が約 200 nm の大きさを持っていることが判明しました。しかし、粒子の濃度が極めて低いため、マイクロバブルを使って粒子を濃縮する必要があることを確認できました。この手法により、粒子は水中から ZnSe 基板上に効率よく回収、配置され、AFM-IR によって詳細な赤外吸収スペクトルが取得できました。

AFM 測定において、LDPE ナノ粒子が球状であるものもあり、またいくつかの粒子が凝集したり、形状が歪んだりしていることが確認されました。さらに、赤外吸収スペクトルの解析において、サイズが小さい粒子において酸化反応がより進行している傾向を確認しました。このように、ナノ粒子の化学的特性の変化について新たな知見を得ることができます。

■ 今後の展開

本研究で確立した手法を用いることにより、環境中の NPs の化学的特性をより深く理解できるようになります。これにより、NPs に関する研究が進展することが期待されます。

■ 語句解説

※1 マイクロバブル

1～100 マイクロメートル (μm) の大きさの泡のこと。

※2 赤外吸収分光法 (IR)

物質を構成する分子による赤外線の吸収現象に基づき、分子構造の情報を取得する方法。

※3 レーザーアブレーション

固体表面にレーザーを照射した際に、固体表面の構成物質が爆発的に放出される現象のこと。固体試料の分析や材料加工、医療分野等に応用されている。

※4 低密度ポリエチレン

繰り返し単位であるエチレンがランダムに分岐をもって結合した結晶性の熱可塑性

樹脂。他のポリエチレンと比較して軟質であり、成型加工しやすい。透明なポリ袋や食品用フィルムなどの原料として使用されている。

■ 論文情報

論文名：

Local Infrared Spectral Measurement System for the Inspection of Independent Nano-plastic Particles in Water-based Solutions

著者：

金原 生奈 （芝浦工業大学機械工学専攻 修士2年）

長坂 龍洋 （(株)東レリサーチセンター構造化学研究部 構造化学第2研究室）

関 洋文 （(株)東レリサーチセンター構造化学研究部 部長）

藤井 翔 （山形大学学術研究院 准教授（理学））

木村 剛 （東洋大学生命科学部生体医工学科 教授）

山本 雅哉 （東北大学大学院工学研究科 教授）

田邊 匡生 （芝浦工業大学デザイン工学部デザイン工学科 教授）

掲載誌：Environmental Science: Nano

DOI：10.1039/d4en00379a

URL：<https://doi.org/10.1039/D4EN00379A>

■ 研究助成

本研究は、JST CREST「分解・劣化・安定化の精密材料科学」研究領域の「生命循環と共生する分解・劣化ナノ材料の統合理解」（研究代表者：東北大学大学院工学研究科材料システム工学専攻 山本雅哉教授）（JPMJCR21L6）の助成を受けたものです。

芝浦工業大学とは

工学部／システム理工学部／デザイン工学部／建築学部／大学院理工学研究科

<https://www.shibaura-it.ac.jp/>

理工系大学として日本屈指の学生海外派遣数を誇るグローバル教育と、多くの学生が参画する産学連携の研究活動が特長の大学です。東京都（豊洲）と埼玉県（大宮）に2つのキャンパス、4学部1研究科を有し、約9,500人の学生と約300人の専任教員が所属。2024年には工学部が学科制から課程制に移行。2025年にデザイン工学部、2026年にはシステム理工学部で教育体制を再編し、新しい理工学教育のあり方を追求していきます。創立100周年を迎える2027年にはアジア工科大学トップ10を目指し、教育・研究・社会貢献に取り組んでいます。

デザイン工学部 田邊匡生研究室

<https://www.shibaura-it.ac.jp/faculty/laboratory/00214.html>

東レリサーチセンターとは

<https://www.toray-research.co.jp>

株式会社東レリサーチセンターは、東レ株式会社の研究開発部門から、1978年6月に独立して発足しました。「高度な技術で社会に貢献する」という基本理念に基づき、半導体、ディスプレイ・電池、材料、環境、ライフサイエンス分野など幅広い分野にわたり、受託分析や技術開発支援を行っています。長年の実績と豊富な経験を活かし、高度で広範囲にわたるお客様のニーズに応えることを目指しています。資本金は2億5千万円で、2024年3月期の売上高は約94億6千万円、従業員数は395名です。

山形大学とは

人文社会科学部／地域教育文化学部／理学部／医学部／工学部／農学部／大学院研究科

<https://www.yamagata-u.ac.jp/jp/>

山形大学は、人文社会科学部・地域教育文化学部・理学部・医学部・工学部・農学部の6学部と6つの大学院研究科を備え、約9,000人の学生が勉学に励む、東日本でも有数規模の総合国立大学です。山形大学には、山形市・米沢市・鶴岡市の3地区に4つのキャンパスがあります。人文社会科学部・地域教育文化学部・理学部のある小白川キャンパス、医学部のある飯田キャンパスは、蔵王連峰のふもと山形市に、工学部のある米沢キャンパスは、最上川の源をなす吾妻連峰のふもと、伊達・上杉藩ゆかりの城下町米沢市に、農学部のある鶴岡キャンパスは、日本海に近く鳥海山・月山を望む米どころ庄内平野の中心にある鶴岡市にそれぞれ位置しています。各キャンパスそれぞれの地域の特徴を生かした教育と研究を行っています。

学術研究院准教授（理学）藤井 翔

研究者情報 https://yudb.kj.yamagata-u.ac.jp/html/200001326_ja.html

東洋大学とは

<https://www.toyo.ac.jp/>

東洋大学は1887年に哲学者・井上円了により「哲学館」として創立され、「諸学の基礎は哲学にあり」「独立自活」「知徳兼全」を建学の精神としています。創立者の志を受け継ぎ、東洋大学の教育理念である「物事の本質に迫って深く考え、考察を重ねること」を基礎とし、科学する力、実践する力を育てることで、地球社会の様々な課題に取り組む力を養うことを目指しています。

2024年現在、白山、赤羽台、川越、朝霞キャンパスに14学部48学科と大学院15研究科を擁する総合大学へと発展しました。2024年に生命科学部、食環境科学部、理工学部生体医工学科を移転・改組し、朝霞キャンパスは「生命（いのち）と食」に関する総合的な教育研究拠点に生まれ変わりました。

東北大学とは

<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/>

1907年に創立。建学以来の伝統である「研究第一」と「門戸開放」の理念を掲げ、世界最高水準の研究・教育を創造し、研究の成果を社会が直面する諸問題の解決に役立て、指導的人材を育成することによって、平和で公正な人類社会の実現に貢献することを使命とする国立大学法人です。

大学院工学研究科材料システム工学専攻生体機能材料学分野 山本研究室

<https://www.material.tohoku.ac.jp/~seitai/>

科学技術振興機構（JST）とは

<https://www.jst.go.jp/>

＜科学を支え、未来へつなぐ＞

例えば、世界的な気候変動、エネルギーや資源、感染症や食料の問題。私たちの行く手にはあまたの困難が立ちはだかり、乗り越えるための解が求められています。ＪＳＴは、これらの困難に「科学技術」で挑みます。新たな価値を生み出すための基礎研究やスタートアップの支援、研究戦略の立案、研究の基盤となる人材の育成や情報の発信、国際卓越研究大学を支援する大学ファンドの運用など。ＪＳＴは荒波を渡る船の羅針盤となって進むべき道を示し、多角的に科学技術を支えながら、安全で豊かな暮らしを未来へとつなぎます。

ＪＳＴは、科学技術・イノベーション政策推進の中核的な役割を担う国立研究開発法人です。

取材に関する問い合わせ先

学校法人 芝浦工業大学 入試・広報連携推進部企画広報課 横溝

TEL 03-5859-7070 FAX 03-5859-7071 E-mail [koho\[at\]low.shibaura-it.ac.jp](mailto:koho@low.shibaura-it.ac.jp)

(株) 東レリサーチセンター 総務・管理部門 広報・秘書 G 武田

TEL 03-3245-5633 E-mail [public-relations.trc.mb\[at\]trc.toray](mailto:public-relations.trc.mb@trc.toray)

国立大学法人 山形大学 総務部総務課秘書広報室担当

TEL 023-628-4008 FAX 023-628-4013 E-mail [yu-koho\[at\]jm.kj.yamagata-u.ac.jp](mailto:yu-koho@jm.kj.yamagata-u.ac.jp)

東洋大学 総務部広報課 中村

TEL 03-3945-7571 FAX 03-3945-7574 E-mail [mlkoho\[at\]toyo.jp](mailto:mlkoho@toyo.jp)

国立大学法人 東北大学 大学院工学研究科情報広報室

TEL 022-795-5898 E-mail [eng-pr\[at\]grp.tohoku.ac.jp](mailto:eng-pr@grp.tohoku.ac.jp)

国立研究開発法人科学技術振興機構 広報課

TEL 03-5214-8404 FAX 03-5214-8432 E-mail [jstkoho\[at\]jst.go.jp](mailto:jstkoho@jst.go.jp)

JST 事業に関する問い合わせ先

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略研究推進部 グリーンイノベーショングループ

安藤 裕輔（アンドウ ユウスケ）

TEL 03-3512-3531 FAX 03-3222-2066 E-mail [crest\[at\]jst.go.jp](mailto:crest@jst.go.jp)

以上