

— 土壌中のナノプラスチック濃度の測定技術を開発 — — 地圏環境中に拡散したプラスチック粒子量分布 の把握に貢献 —

土田 恭平^{1,2}・井本 由香利¹・斎藤 健志¹・原 淳子¹・川辺 能成²

※本稿は、2024年6月14日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240614/pr20240614.html) に加筆し、再編したものです。

ポイント

- 紫外可視分光光度計を用いて、土壌中のプラスチック濃度を簡便に測定する技術を開発
- 従来法では検出が困難だった大きさ 1 μm 以下のナノプラスチックに対応
- 地圏環境中のナノプラスチック量分布を基に、ヒトへのプラスチック暴露量の評価に貢献

概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(以下「産総研」という)地質調査総合センター地圏資源環境研究部門地圏環境リスク研究グループ土田恭平研究員(現在、早稲田大学大学院創造理工学研究科地球・環境資源理工学専攻博士課程在籍)、井本由香利主任研究員、斎藤健志主任研究員、原淳子研究グループ長、早稲田大学創造理工学部環境資源工学科川辺能成教授は、土壌中のナノプラスチック^(注1)の濃度を測定する技術を開発しました。

近年、増え続けるプラスチックごみが社会問題となっています。とりわけ、大きさ 1 μm 以下のプラスチックはナノプラスチックと呼ばれ、人体への影響が懸念されていま

す。ナノプラスチックは摂取や吸入などによって人体に取り込まれると考えられているため、ヒトへのリスク評価のためにも土壌を含む地圏環境にどれだけの濃度で分布しているかを知る必要があります。しかし、従来手法で検出できる土壌中プラスチックの最小サイズは約 1 μm であるため、土壌中のナノプラスチックの分布状況は明らかになっていません(第1図)。

今回開発した技術は、ナノプラスチックと土壌粒子の吸光度スペクトル^(注2)の差を利用して、土壌有機物や土粒子とナノプラスチックを分離せずに、従来法では難しかった土壌試料中のナノプラスチック濃度を算定します。

なお、今回の成果の詳細は、2024年5月28日に「Ecotoxicology and Environmental Safety」に掲載されました。

開発の社会的背景

ごみの不法投棄や河川の氾濫、農耕地でのプラスチックの利用、建築土木利用された資材の劣化や摩耗などに起因して、マイクロプラスチック^(注3)が環境中へ流出していることが報告されています。陸上に存在するマイクロプラスチック量は海洋の4～23倍と推定されており、土壌中に



第1図 土壌中にあるナノプラスチックのイメージ。

1 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

2 早稲田大学 大学院創造理工学研究科環境資源工学科 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51号館

キーワード：ナノプラスチック、土壌、紫外可視分光光度計

多量のマイクロプラスチックが存在している可能性があります。また、ナノプラスチックはマイクロプラスチックが粉砕されることで生成され、マイクロプラスチックと同様に土壌中に存在していると考えられます。

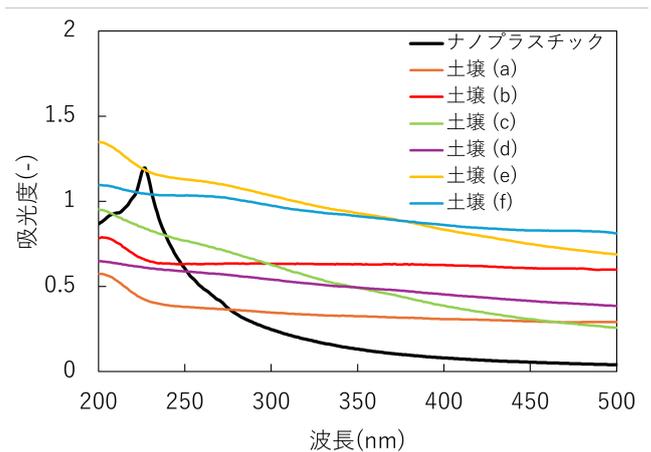
ナノプラスチックは赤血球を破壊し、細胞に侵入してミトコンドリア DNA に損傷を与えることが明らかになっています。ナノプラスチックはマイクロプラスチックよりも人体への影響が大きい可能性があるため、土壌を含む地圏環境中のナノプラスチックの存在量を明らかにすることで暴露^(註4)・リスク評価を行う必要があります。土壌中の微小なプラスチックの濃度を測定する従来の手法では、土壌試料を適切に前処理した後に土粒子と比重分離を行い、フィルターでプラスチックを回収します。この方法では、フィルターや装置の性能から 1 μm 以上の大きさのプラスチック粒子しか検出できないため、土壌中のナノプラスチックの分布状況は明らかになっていません。よって、ヒトへのナノプラスチックの暴露量評価をより詳細に行うために、土壌中ナノプラスチックの濃度評価手法を確立する必要性がありました。

研究の経緯

産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門地圏環境リスク研究グループは、環境中のプラスチックのリスク評価を目指しており、プラスチックと化学物質との相互作用や、プラスチックの土壌中での移動性の解明、環境中のプラスチック分布状況の調査を行ってきました。今回はマイクロプラスチックより人体への影響が大きい可能性があるナノプラスチックの地圏環境中の分布を明らかにするために、土壌中のナノプラスチックの濃度測定技術を開発しました。

研究の内容

本研究では、粒度分布や有機物の含有量など特性の異なる 6 種類の土壌サンプルと 203 nm のポリスチレンの微小な粒子を混合して 6 種類の土壌懸濁液（ポリスチレン濃度 5 mg/L）を用意しました。土壌粒子とナノプラスチックの吸光度スペクトルは第 2 図のように異なるため、1 つの土壌懸濁液に対して 2 つの波長の吸光度を測定することで、懸濁液中の土壌とナノプラスチックのそれぞれの濃度を定量できます。今回の 6 種類の土壌懸濁液に対して 200 nm から 500 nm までの範囲で 20 nm 間隔で異なる 2 つの波長の組み合わせを試しました。その結果、波長 220～260



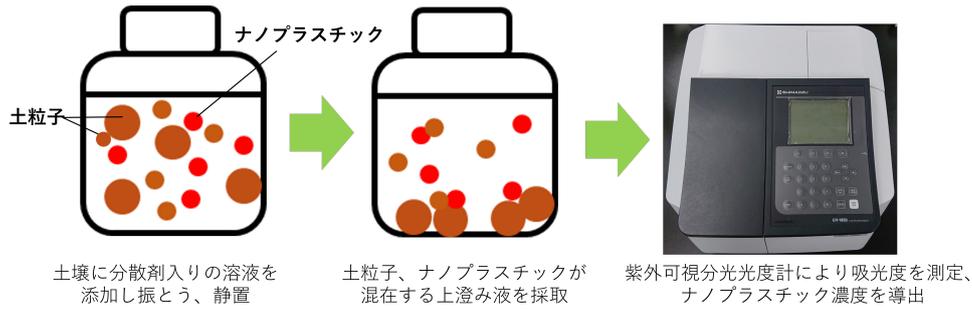
第 2 図 ナノプラスチックと土壌の吸光度スペクトル。※原論文の図を引用・変更したものを使用しています。

nm および波長 280～340 nm の吸光度での組み合わせで、算出されるナノプラスチック濃度とサンプル濃度の 5 mg/L との差が最小になりました。これら 2 つの範囲の波長の組み合わせがさまざまな性質の土壌懸濁液中のナノプラスチック濃度を算定するのに適していると考えられます。

また、ナノプラスチック含有量の異なる乾燥土壌サンプルを用意し、これらの試料から土壌懸濁液を作成しナノプラスチック濃度を測定することで（第 3 図）、土壌懸濁液中のナノプラスチック濃度と乾燥土壌中のナノプラスチック濃度との検量線を作成しました。この検量線はナノプラスチックの土粒子への吸着を考慮したものであり、直線関係を示していました。以上から、ナノプラスチックの土粒子への吸着を考慮した検量線を作成することで、もとの土壌中のナノプラスチック濃度を正確に測定できることが分かりました。また、本技術の測定下限を明らかにするため、さまざまなナノプラスチック含有量の乾燥土壌サンプルを用意し本技術でナノプラスチック濃度を算出したところ、土壌中ナノプラスチック濃度が 0.2 mg/g 以上のとき、用意した 6 種類すべての土壌ナノプラスチック濃度を変動係数 10 % 以内の誤差で測定できました。これにより紫外可視分光光度計^(註5)を用いた乾燥土壌中ナノプラスチック濃度測定は、測定下限 0.2 mg/g で有効であると示されました。

今後の予定

今回開発した技術により、環境土壌におけるポリエチレンやポリエチレンテレフタレートなどのナノプラスチックを定量し、地圏環境におけるナノプラスチック分布とその



第3図 土壤中ナノプラスチック濃度測定の流れ。 ※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

移動について明らかにしたいと考えています。

論文情報

掲載誌：Ecotoxicology and Environmental Safety

論文タイトル：A novel and simple method for measuring nano/microplastic concentrations in soil using UV-Vis spectroscopy with optimal wavelength selection.

著者：Kyouhei Tsuchida, Yukari Imoto, Takeshi Saito, Junko Hara, Yoshishige Kawabe

DOI：10.1016/j.ecoenv.2024.116366

用語解説

注1 ナノプラスチック

大きさが1千分の1 mm (1 μm)以下のプラスチック。マイクロプラスチックより人体への影響が大きいと懸念されている。

注2 吸光度スペクトル

物質が各波長の光をどの程度吸収するかを表したグラ

フ。

注3 マイクロプラスチック

大きさが5 mm以下のプラスチック。環境中への流出が問題視されている。

注4 暴露

物質が体内に入ること。体内への侵入経路は呼吸や飲食などのほかに皮膚接触なども考えられる。

注5 紫外可視分光光度計

紫外から可視領域までの光を試料に照射することにより、各波長に対する試料の透過率を取得する装置である。特定の波長において対象物が光を吸収する値が異なる特性を利用して、幅広い分野で化学分析に利用されている。

TSUCHIDA Kyouhei, IMOTO Yukari, SAITO Takeshi, HARA Junko and KAWABE Yoshishige (2024) Novel method for measuring nano/microplastic concentrations in soil using spectroscopy.

(受付：2024年7月1日)