

令和 5 年 4 月 15 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02778

研究課題名（和文）海洋マイクロプラスチックの真実に迫る 熱分解分析を基盤とする包括分析法の開発

研究課題名（英文）Truth of marine microplastics-development of comprehensive analytical method based on analytical pyrolysis technique

研究代表者

大谷 肇 (Ohtani, Hajime)

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：50176921

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：近年、マイクロプラスチック（以下MP）による海洋汚染が大きくクローズアップされている。その実態を解明するためにはMPの分布や動態の信頼性の高い解析が不可欠である。そこで本研究では、高い確度と感度で試料高分子の分析を行い得る熱分解分析法を基盤として、水圏におけるMPの動態や分布状態を包括的に解明する分析方法を開発した。具体的には、1. 分析システムの超高感度・高精度化、2. 複雑なデータから目的情報を抽出・解析する新規ソフトウェア開発、などの分析手法の総合的な高性能化を実現した。さらにこの方法を用いて、MP存在下でモデル的に培養したプランクトンが摂食したMPsの定量分析にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海面付近に浮遊しているMPsのうち、1 mm以下の微小片については、確認された量や濃度が、環境中へのプラスチックの流出量から想定される値を下回っていることが指摘されている。したがって、この「消失成分の行方」を明らかにすることは、MPsの動態や環境影響を把握する上で極めて重要である。消失成分の行方としては、1) 試料採取あるいは分析操作における見落とし・損失、2) 表層から底質への沈降、3) 生物による捕食などが考えられるが、いずれも明確には実証されていない。本研究の成果は、これらのうち、1)および3)の課題に対する新たな解決策を提案したものであり、その学術的及び社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：Marine pollution by plastic debris, often referred to microplastics (MPs), has recently become a global issue. Accordingly, analysis of microplastics in the environment has been paid much attention. Among various analytical techniques, pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry (Py-GC-MS) is a useful method for the environmental microplastics, especially applicable for the tiny debris (e. g. less than 10 μm). In this work, by using Py-GC-MS, sophisticated techniques to analyze mixed MPs were developed on the basis of a advanced instrument and a dedicated analytical software. In addition, MPs ingested in individual plankton was successfully determined by Py-GC-MS. Furthermore, airborne MPs collected on quartz filters were also analyzed.

研究分野：分析化学

キーワード：海洋マイクロプラスチック 熱分解分析法 プランクトン GC-MS 消失成分

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

プラスチック製ストローがウミガメの鼻に突き刺さった写真が世界中でセンセーショナルに扱われて以来、海洋プラスチック汚染が俄かにクローズアップされ、プラスチックの使用抑制の動きが世界的に広がっている。しかし、やみくもに製造や利用を制限して排出抑制を行う前に、本来まずは環境中のプラスチックの分布や動態を正しく把握して、適切な方策を図るべきである。しかしながら、実際の海洋プラスチック、なかでも環境影響が大きく懸念されている微粉碎されたマイクロプラスチック (MPs) の実態解明はあまり進んでいない。このためには、MPs の分布や動態の信頼性の高い解析やモニタリングが不可欠であるが、現状ではまだ十分にはなされておらず、この目的に則した分析手法の確立が不可欠である。

一般に MPs は、粒径あるいは繊維長が 5 mm 以下に破砕されたプラスチック小片とされている。海面付近に浮遊している MPs のうち、1 mm 以下の微小片については、確認された量や濃度が、環境中へのプラスチックの流出量から想定される値を下回っていることが指摘されている。したがって、この「消失成分の行方」(missing sink) を明らかにすることは、MPs の動態や環境影響を把握する上で極めて重要である。missing sink としては、

- 1) 試料採取あるいは分析操作における見落とし・損失
- 2) 表層から底質への沈降
- 3) 生物による捕食

などが考えられるが、いずれも明確には実証されていない。

海洋 MPs の代表的な採取法には、プランクトン捕集用のニューストネットを接続した船舶を曳航することにより、海面表層部の浮遊成分を捕集する方法などがある。その後は捕集した浮遊物から主に人の手により MPs を選別し、目視による小片の計数や、顕微赤外・ラマン分光法による同定・定性が行われる。ニューストネットの網目は 300 μm 程度であるため、それよりも微細な MPs はより微細な網目のフィルターで捕集される。また、人の手による選別が難しい場合には、フィルター上に MP 小片を分散させてそのまま分光測定する方法がとられるが、微粉化が進んだ極微小断片の視認は困難となり、この方法では粒子・細片として識別できる μm オーダー以上の MPs に分析対象が限定されている。

プラスチックの中でも生産量が最も多い、ポリエチレンやポリプロピレンなどは水よりも比重が小さいため、それらは海面上に浮遊するはずであるが、バイオフィルムなどの付着により全体として水より比重が大きくなり沈降する可能性がある。また、大型の海洋生物がプラスチックゴムを誤食していたことが度々報道されており、魚などが MPs を捕食していることも報告されている。プランクトンなどの微小生物も、より微細な MPs を捕食していると考えられるが、それを実際に単離して分離することは困難である。

2. 研究の目的

熱分解ガスクロマトグラフィー-質量分析法 (GC-MS) に代表される熱分解分析法は、煩雑な試料前処理を必要とせず高感度に測定できることから、各種ポリマー材料の実用的な分析手法として幅広く活用されている。近年、これらの特徴が前項の課題解決を含めた MPs の分析に適していることから、MPs の熱分解分析に関して世界的に数多くの論文発表がなされるようになってきた。実際に、底質中の MPs の分析に成功した例などが報告されている。また、 μm 以下の極微小 MPs も分析できるが、単離測定は不可能であるため、複数の MPs が共存する混合系試料の測定が必要となる。本研究では、この課題に対して 1) 分析装置の性能を極限まで高めたシステムの使用、2) データ処理ソフトウェアとそれに必要な標準試料の開発、などにより解決を図る。さらに、共存成分の影響を受けにくい特徴から、3) プランクトン中に捕捉された MPs をそのまま単離せず分析する試みも行う。また、河川や海洋などの環境水中だけでなく、4) 大気中に浮遊する MPs の分析についても取り組む。

3. 研究の方法

1) 極微小 MP 試料を単一粒子で測定することは困難であり、混合系の試料を測定することになる。近年開発された、大気圧化学イオン化 (APCI)-四重極飛行時間型 (QToF)-質量分析法 (MS) を用いた GC-MS システム (APGC-MS) は、APCI による特異なフラグメンテーションを伴う高効率な分子イオンの生成、および QToF の高い質量分解能により、混合系の各構成成分を高感度かつ高選択的に検出することができる。そこで本研究では混合系の MP 試料のモデルとして調製したプラスチック混合物試料を、Py-APGC-MS により測定し、各構成成分の熱分解生成物に特徴的なイオンを抽出し、試料を構成する各プラスチック成分の情報を個別に引き出すことを試みる。

2) 汎用的な Py-GC-MS システムを用いて、試料が複数の MPs の混合物である場合でも定性定量を容易かつ高確度に行えるソフトウェアを開発する。

3) Py-GC-MS により、プランクトン 1 個体に摂食された MPs を分析するための基礎検討として、ポリスチレン (PS) マイクロビーズを MPs のモデルとして、ミジンコ 1 個体に摂食されたそれらを Py-GC-MS により定量し、共存成分 (餌) の影響などについて考察する。

4) エアーサンプラーを用いて大気粉塵を捕集したフィルターを、特別な前処理を施すことなく直接 Py-GC/MS により分析し、大気中 MPs の分析を試みる。

4. 研究成果

1) 高性能 Py-APGC-MS システムを、パイロライザー(フロンティアラボ, EGA/PY-3030D)を装着した GC (Agilent, GC7890) と APCI-QToF-MS (Waters, Xevo G2-XS QToF)により構成した。また、比較のため一般的な Py-GC-電子イオン化 (EI) -四重極 (Q) MS による測定も行った。試料として、生産量の多い 5 種のプラスチック(ポリプロピレン(PP), ポリエチレン(PE), ポリ塩化ビニル(PVC), ポリスチレン(PSt), ポリエチレンテレフタレート(PET))を 2018 年の国内生産量と同じ比率で混合・凍結粉碎した粉末試料を用いた。さらに、実際に日本近海で採取された MP の混合試料の解析も試みた。

一般に、海洋マイクロプラスチックの中で最も存在比率が高い PE と PP は、それらを熱分解すると両者から同一元素組成の様々な炭化水素が生成されるため、MS によりそれぞれの熱分解生成物を識別することは容易ではない。実際に、Py-GC-EI-QMS 測定では、選択イオン検出手法を用いても、PE と PP の熱分解生成物をパイログラム上に明確に区別して観測することはできない。一方、PP 試料を単独で Py-APGC-MS 測定すると、PP の主な熱分解物に共通して m/z 156.139 のフラグメントイオンが観測された。そこで、この m/z 156.139 のイオンを ± 20 mDa の精度で選択し、PP 単独および混合物試料の 600 における熱分解生成物の抽出イオンクロマトグラムをそれぞれ記録し比較した結果、Fig.1 に示すように両試料についてほぼ同じ抽出イオンクロマトグラムが観測された。APCI によるイオン化の過程で PP の熱分解物に特異的なフラグメントイオンが生成し、それらを QToF-MS により高精度で抽出することにより、プラスチック混合物試料から他のプラスチック成分の影響をほとんど受けることなく、PP の情報を選択的に引き出すことができた。同様に、PE、PVC、PSt および PET についても、Py-APGC-MS 測定により観測されるそれぞれの熱分解物に特徴的なイオンを高質量精度で抽出してイオンクロマトグラムを記録することにより、プラスチック混合物試料から個別の成分情報を識別して観測することに成功した。さらに、実際に海洋から採取された MP 混合物試料についても、本法により試料中に含まれるプラスチック成分を同定することができた。

2) 生産量が多く、MPs として流出する可能性の高い 14 種のポリマーを、熱分解温度 600 で Py-GC-MS 分析し、観測されたパイログラムと主要な分解生成物ピークのマススペクトルの情報(総数: 58)をライブラリーとして登録した。次に、パイログラム上の一定閾値以上の強度のピークを検出した後、ライブラリー登録された分解生成物のマススペクトルに対して類似度を計算し、その値が一定値以上の成分を特定することで、14 種のポリマーに対してどの程度の割合で合致しているかを自動的に示すソフトウェアを開発した。最後に、環境中のマイクロプラスチックを模した 6 種(ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリ塩化ビニル(PVC)、ポリスチレン(PS)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリウレタン(PU))のテスト用のポリマー試料を各ポリマーの世界生産量に応じた割合で混合し、Py-GC/MS 分析を行った。得られたパイログラム上で検出された主要ピークに対して、構築したライブラリーとソフトウェアを用いて一括検索した。

その結果、テスト用試料のパイログラム上の多数のポリマー由来のピーク群に対して、相対強度 1.0%を閾値として選択した結果、185 本が検出された。これらのピークのマススペクトルを、開発したソフトウェアとライブラリーを用いて検索し、マススペクトルの類似度 80%以上の場合に合致していると判定した。14 種のポリマーのうち、8 種類についてテスト試料の検出ピークと合致する登録ピークがあり、テスト試料の調製に用いた 6 種のポリマーに関しては、すべての登録ピークがテスト試料中のいずれかの検出ピークと合致した。また、PE と類似した熱分解物を生成するエチレン酢酸ビニル共重合体 (EVA)は、登録ピーク 5 本中 4 本の 80%という比較的高い合致確率を示したが、このポリマーに最も特徴的な酢酸に合致するピークがテスト試料では検出されなかったため、このテスト試料には含まれないことが示唆された。アクリロニトリルスチレン共重合体 (AS)では、登録ピークの合致確率は 5 本中 2 本の 40%と低く、この共重合体に特有のアクリロニトリルとスチレンの混成二量体、および混成三量体の登録ピークがテスト試料中のいずれの検出ピークとも合致しなかったため、このテスト試料にはやはり含まれないことが示唆された。従来解析ソフトウェアでは、混合したポリマー試料の定性を行うためには、パイログラム上の各分解生成物ピークを逐次同定したのち、個々のポリマーの同定を行う手法を取っていたが、以上の結果から、開発したソフトウェアではピーク一括検索によりマイクロプラスチック混合物試料の解析を短時間で有効に行えることがわかった。

3) モデル実験にはプランクトンとしてオオミジンコ (*Daphnia magna*)を用いた。オオミジンコは海洋ではなく淡水に生息するプランクトンであるが、環境影響を評価する様々な実験によく用いられている。また、摂食させる MPs として、市販のポリスチレン (PS) ミクロスフェア (粒径 10.0 μm) を選択した。培養にはマイクロプレートを使用した。マイクロプレートの各セルに、以下に示す 4 つの異なる条件の培養液を 5 mL 満たし、そこにあらかじめ飢餓状態にしたオオミジンコを 1 個体ずつ入れて、 21 ± 1 で 4 時間培養を行った。培養後のオオミジンコをマイクロプレートから取り出し、ホルマリン中に保存した。

- (1) コントロール (無添加): 塩素を除去した水道水のみ
 - (2) PS: 塩素を除去した水道水に PS を 49000 粒子 / mL 添加
 - (3) PS + クロレラ臭気: クロレラ培養液 (80000 細胞 / mL) を孔径 0.7 μm のフィルターを使用してろ過した液中に、49000 粒子 / mL の PS を添加
 - (4) PS + クロレラ: クロレラ培養液 (80000 細胞 / mL) に 49000 粒子 / mL の PS を添加
- 条件(3)(4)で用いたクロレラは、オオミジンコの餌となる典型的な植物プランクトンで、PS の摂食に対して共存する通常の餌の影響を調べるために選択した。各条件について 3 個体ずつ、合計 12 個体のオオミジンコを培養した。

続いて、培養したオオミジンコをホルマリンから取り出し、蒸留水で洗浄、乾燥後、内部標準を加え、1 個体ずつ 600 で熱分解 GC-MS 測定した。検出は SIM モードで行った。PS を添加した条件(2)~(4)では、いずれもスチレントライマーのピークが明確に観測されており、PS を摂食していることを裏付けている。しかし、内標に対するトライマーの相対ピーク強度は、条件(4)では条件(2)(3)に比べてかなり小さく、PS ミクロスフェアの個数換算で、条件(2)(3)では 1 個体あたり数千~1 万個以上であるのに対し、条件(4)では 180~400 個程度にとどまっていることが分かった。PS はミジンコにとって本来の餌ではないため、それだけではあまり摂食せず、通常の餌であるクロレラ (あるいはその臭気) が存在する条件ではそれらと一緒に PS を摂食するのではないかと予想して本実験を行った。しかし、実際にはこの予想とは異なり、本来の餌であるクロレラが存在する場合には、PS の摂食量は逆に著しく小さくなる結果となった。

4) 大気粉塵のサンプリングは、東京ダイレック製マルチノズルカスケードインパクト (MCI) サンプラーを用いた。PM_{>10} および PM_{2.5-10} の分級段には Pall 製石英繊維フィルター (2500QAT-UP、ドーナツ型 47×20 mm 径、厚さ 432 μm) を装着し、PM_{2.5} に対しては Whatman 製石英繊維濾紙 (QM-A、円盤型 47 mm 径、厚さ 475 μm) を用い、徳島大学薬学部実験研究棟 (徳島市庄町) の屋上 (地上 24 m) にて流量 20 L/min でサンプリングを行った。測定にあたっては、粉塵を捕集した部分を 4 mm 径のステンレス製パンチで円盤状に打抜き、その 3 枚を、事前に 600 で空焼きしたサンプルカップに入れて測定に供した。

試料分析においては、熱脱着 (TD) および熱分解 (Py) を組み合わせたダブルショット法を用いた。具体的には、試料を入れたサンプルカップを加熱炉に挿入後、30 /min で 250 または 300 まで昇温して 3 分間維持して揮発性物質を除去した後、引き続き 600 に加熱した炉にサンプルカップを落下させて測定試料を瞬間熱分解し、その際に発生したガス状分解生成物を測定した。

本測定条件のもと、Py で得られた全イオン電流クロマトグラムを詳細に見ると、C₇ から C₃₀ までの α 、 ω -ジオレフィン (C_n^{''})、 α -オレフィン (C_n[']) およびアルカン (C_n) の明確なピーク群が検出されたほか、1、3-ブタジエン、イソプレン、メタクリル酸メチル、トルエン、スチレン、ジペンテン、エチルベンゼンなどが検出された。これらの物質はすべて Py のみで検出された。粉塵を捕集していないフィルターからは上記物質は一切検出されず、ブランク測定との違いは明確であった。C_n^{''}、C_n[']、C_n に由来するシグナル群は、ポリエチレン (PE) の存在を示すには十分であり、 $m/z=82$ の抽出イオンクロマトグラム (EIC) における 1、20-ヘンエイコサジエン (C₂₁^{''}) のピークから PE が定量された。このほか、ポリスチレン (PS) は、スチレンモノマー、ダイマーおよびトライマーのピークから存在が確認され、スチレンブタジエン共重合体 (SBR) は、そのハイブリッドダイマー、トライマー等の熱分解生成物から確認できた。各分級段での分析結果からは、プラスチック成分は空気動力学径の小さい方へ集まり、SBR は粗大粒子として存在する傾向にあるように見える。これらのデータの解釈については今後の継続した観測結果を待つ必要があるが、ここで示された結果は、石英繊維フィルターと MCI サンプラーで分級捕集した大気中のプラスチック成分を、特別な前処理を施すことなく定性・定量分析した世界で初めての例である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Matsueda Mai, Mattonai Marco, Iwai Itsuko, Watanabe Atsushi, Teramae Norio, Robberson William, Ohtani Hajime, Kim Young-Min, Watanabe Chuichi	4. 巻 154
2. 論文標題 Preparation and test of a reference mixture of eleven polymers with deactivated inorganic diluent for microplastics analysis by pyrolysis-GC/MS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	6. 最初と最後の頁 104993 ~ 104993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jaap.2020.104993	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ishimura Takahisa, Iwai Itsuko, Matsui Kazuko, Mattonai Marco, Watanabe Atsushi, Robberson William, Cook Anna-Marie, Allen Harry L., Pipkin William, Teramae Norio, Ohtani Hajime, Watanabe Chuichi	4. 巻 157
2. 論文標題 Qualitative and quantitative analysis of mixtures of microplastics in the presence of calcium carbonate by pyrolysis-GC/MS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	6. 最初と最後の頁 105188 ~ 105188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jaap.2021.105188	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Nakano Risa, G?rses R?dvan Kaan, Tanaka Yuji, Ishida Yasuyuki, Kimoto Takashi, Kitagawa Shinya, Iiguni Yoshinori, Ohtani Hajime	4. 巻 817
2. 論文標題 Pyrolysis-GC/MS analysis of ingested polystyrene microsphere content in individual Daphnia magna	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 152981 ~ 152981
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2022.152981	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Harata Kenji, Kitagawa Shinya, Iiguni Yoshinori, Ohtani Hajime	4. 巻 148
2. 論文標題 Identification of polymer species in a complex mixture by pyrolysis-gas chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-high resolution time-of-flight mass spectrometry as a basis for environmental microplastic analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	6. 最初と最後の頁 104828 ~ 104828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jaap.2020.104828	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsui Kazuko, Ishimura Takahisa, Mattonai Marco, Iwai Itsuko, Watanabe Atsushi, Teramae Norio, Ohtani Hajime, Watanabe Chuichi	4. 巻 149
2. 論文標題 Identification algorithm for polymer mixtures based on Py-GC/MS and its application for microplastic analysis in environmental samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	6. 最初と最後の頁 104834 ~ 104834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jaap.2020.104834	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tei Koji, Matsueda Mai, Matsui Kazuko, Ishimura Takahisa, Watanabe Atsushi, Pipkin William, Teramae Norio, Ohtani Hajime, Watanabe Chuichi	4. 巻 168
2. 論文標題 Highly sensitive detection of polystyrene by on-line splitless pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry with cryo-trapping of pyrolyzates and forced venting of carrier gas	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	6. 最初と最後の頁 105707 ~ 105707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jaap.2022.105707	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Lim Se Jeong, Park Young-Kwon, Kim Hyein, Kwon Jihye, Moon Hye Mi, Lee Yeonsook, Watanabe Atsushi, Teramae Norio, Ohtani Hajime, Kim Young-Min	4. 巻 434
2. 論文標題 Selective solvent extraction and quantification of synthetic microfibers in textile laundry wastewater using pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 134653 ~ 134653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cej.2022.134653	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 大谷 肇	4. 巻 591
2. 論文標題 熱分解法を用いたマイクロプラスチック分析～プランクトン1個体の摂食状況を調べる～	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンバーテック	6. 最初と最後の頁 100 ~ 104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計51件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 H. Ohtani, R. Nakano, Y. Tanaka, R. K. Gurses, Y. Ishida, T. Kimoto
2. 発表標題 Determination of microplastics ingested in plankton individuals by pyrolysis-GC-MS
3. 学会等名 International eConference on Analytical and Applied Pyrolysis: ePYR02021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松枝真依, 石村敬久, 渡辺 壱, 寺前紀夫 Bill Robberson, 大谷 肇
2. 発表標題 熱分解 GC/MS によるマイクロプラスチック分析法および参照試料の開発 その 1: 希釈剤としての石英微粉末の検討
3. 学会等名 マテリアルライフ学会第32回研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石村敬久, 渡辺忠一, 寺前紀夫, 大谷 肇
2. 発表標題 スプリット熱分解GC/MSを用いるマイクロプラスチック定量分析における諸因子の基礎検討
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鄭 甲志, 渡辺忠一, 寺前紀夫, 大谷 肇
2. 発表標題 スプリットレス熱分解GC/MSを用いる環境試料中の微量マイクロプラスチック分析 (その1) スプリットレス熱分解装置を用いる測定条件の検討
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松枝真依, 渡辺忠一, 渡辺 壱, 寺前紀夫, 大谷 肇
2. 発表標題 スプリットレス熱分解GC/MSを用いる環境試料中の微量マイクロプラスチック分析 (その2) ポリスチレン分析への応用
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤真純, 渡辺忠一, 渡辺 壱, 寺前紀夫, 大谷 肇
2. 発表標題 スプリットレス熱分解GC/MSを用いる環境試料中の微量マイクロプラスチック分析 (その3) ポリエチレン分析への応用
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石村敬久, 渡辺忠一, 寺前紀夫, Barbara Scholz-Boettcher, 大谷 肇
2. 発表標題 スプリットレス熱分解GC/MSを用いる環境試料中の微量マイクロプラスチック分析 (その4) 底質試料中の微量マイクロプラスチック分析における課題と対策
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石村敬久, 渡辺忠一, 寺前紀夫, 大谷 肇
2. 発表標題 熱分解 GC/MS を用いたマイクロプラスチックの定量分析における分析条件の検討
3. 学会等名 第26回高分子分析討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷 肇
2. 発表標題 熱分解分析法による高分子材料分析の到達点
3. 学会等名 第52回中部化学関係学協会支部連合秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ohtani
2. 発表標題 Microplastics Analysis by Pyrolysis-GC/MS - Recent Developments -
3. 学会等名 International On-line Symposium on Environmental Microplastics: Microplastics 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平下夏帆，北川慎也，大谷 肇，
2. 発表標題 微小マイクロプラスチック粒子分析のためのキャピラリーサイズ排除クロマトグラフィーの開発
3. 学会等名 第32回クロマトグラフィー科学会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ohtani, R. Nakano, Y. Tanaka, R. K. Gurses, Y. Ishida, T. Kimoto
2. 発表標題 Analysis of microplastics ingested in individual planktons by pyrolysis-GC-MS
3. 学会等名 Pacifichem 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ohtani, K. Harata, S. Kitagawa, Y. Iiguni
2. 発表標題 Identification of polymer species in mixed microplastic model sample by pyrolysis-gas chromatography-atmospheric pressure chemical ionization quadrupole time-of-flight mass spectrometry
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷 肇
2. 発表標題 海洋マイクロプラスチック分析の現状と課題
3. 学会等名 第46回分析展と講演・技術発表会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷 肇, 原田賢二, 北川慎也, 飯國良規, 松井和子, 渡辺 壱, 石村敬久, 寺前紀夫, 渡辺忠一
2. 発表標題 熱分解GC-MSによる海洋マイクロプラスチック分析の基礎検討
3. 学会等名 第80回分析化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷 肇, 原田賢二, 中野里咲
2. 発表標題 高性能熱分解GC-MSによる海洋マイクロプラスチック分析
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井和子, 渡辺 壱, 渡辺忠一, 寺前紀夫, Harry L. Allen, 大谷 肇
2. 発表標題 熱分解 GC/MS を用いた環境中のマイクロプラスチック混合物の定性および定量分析用解析ソフトウェアの開発
3. 学会等名 マテリアルライフ学会第31回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野里咲, 大谷 肇, 田中祐志, 石田康行, 紀本岳志
2. 発表標題 プランクトン1個体に捕捉されたマイクロプラスチックの熱分析GC/MSによる分析の基礎検討
3. 学会等名 マテリアルライフ学会第31回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松枝真依, 渡辺 壱, William Robberson, 大谷 肇, 寺前紀夫
2. 発表標題 環境中のマイクロプラスチックの熱分解GC/MSによる定量分析法および参照物質の開発 (その1) 希釈剤としての石英微粉末の利用
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石村敬久, 松枝真依, 岩井逸子, 渡辺 壱, Anna-Marie Cook, 大谷 肇, 寺前紀夫
2. 発表標題 環境中のマイクロプラスチックの熱分解GC/MSによる定量分析法および参照物質の開発 (その2) 希釈剤としての炭酸カルシウムの利用
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野里咲, 大谷 肇, 田中祐志, 石田康行, 紀本岳志
2. 発表標題 プランクトン1個体に摂食されたマイクロプラスチックの熱分解GC/MSによる分析
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷 肇
2. 発表標題 マイクロプラスチック分析の現状と将来展望
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井和子, 渡辺 壱, 寺前紀夫, Harry L. Allen, 大谷 肇, 渡辺忠一
2. 発表標題 熱分解GC/MSを用いたマイクロプラスチック混合物の定性および定量分析ソフトウェアの開発
3. 学会等名 第25回高分子分析討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hajime Ohtani
2. 発表標題 Analytical Pyrolysis for Environmental Microplastic Analysis: Challenges and Solutions
3. 学会等名 PYRO ASIA 2020 E-Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野里咲, 大谷 肇, 田中祐志, Ridvan Kaan Gurses, 石田康行, 紀本岳志
2. 発表標題 プランクトン 1 個体に摂食されたマイクロプラスチックの熱分解 GC/MS による定量分析
3. 学会等名 マテリアルライフ学会第25回春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷 肇
2. 発表標題 熱分解分析法によるマイクロプラスチック分析
3. 学会等名 マテリアルライフ学会第3回マイクロプラスチックシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Soll, A. Watanabe, K. Matsui, T. Ishimura N. Teramae, M. Mattonai, H. Ohtani, C. Watanabe
2. 発表標題 Development of mass spectrometry search algorithm for mixed microplastics by Py-GC/MS
3. 学会等名 23rd edition of the International Conference on Analytical and Applied Pyrolysis (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水口仁志, 竹内政樹, 竹田大登, 木下京輔, 松枝真依, 渡辺忠一, 寺前紀夫, 大谷 肇
2. 発表標題 熱分解-GC/MS による大気浮遊粒子状物質中のマイクロプラスチックの分析
3. 学会等名 マテリアルライフ学会33回研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鄭 甲志, 石村敬久, 渡辺 竜, 渡辺忠一, 寺前紀夫, 大谷 肇
2. 発表標題 環境試料中の極微量マイクロプラスチック分析を可能にするスプリットレス熱分解 GC/MS 法の開発
3. 学会等名 マテリアルライフ学会33回研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷 肇
2. 発表標題 熱分解分析法による環境中のマイクロプラスチック分析
3. 学会等名 第39回分析化学中部夏期セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水口仁志, 竹田大登, 木下京輔, 竹内政樹, 高柳俊夫, 大谷 肇, 寺前紀夫, William Pipkin, 松井和子, 渡辺忠一
2. 発表標題 熱分解 GC/MSによる分級捕集した大気浮遊マイクロプラスチックの分析
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石村敬久, 渡辺忠一, 寺前 紀夫, 大谷 肇
2. 発表標題 炭酸カルシウムを希釈剤に用いた熱分解 GC/MSによるマイクロプラスチック分析条件の検討
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田夏菜, 大谷 肇
2. 発表標題 解析ソフトウェアを用いたマイクロプラスチック混合物の熱分解 GC/MSによる定量評価
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水口仁志, 竹田大登, 木下京輔, 竹内政樹, 高柳俊夫, 大谷 肇, 寺前紀夫, W. Pipkin, 松井和子, 渡辺 脛, 渡辺忠
2. 発表標題 石英繊維フィルターに捕集した大気マイクロプラスチックの熱分解GC/MSによる分析
3. 学会等名 第27回高分子分析討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西 航, 北川慎也, 飯國良規, 大谷 肇
2. 発表標題 微小マイクロプラスチックの誘電泳動捕獲・分離における分散媒体組成の泳動挙動への影響
3. 学会等名 第27回高分子分析討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 海老名美歩, 飯國良規, 大谷 肇
2. 発表標題 ナノプラスチック分析のための誘電泳動法を用いたナノ粒子サンプリング法の検討
3. 学会等名 第27回高分子分析討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平下夏帆, 北川慎也, 大谷 肇
2. 発表標題 微小マイクロプラスチック粒子分析を指向したキャピラリーサイズ排除クロマトグラフィーの開発
3. 学会等名 第33回クロマトグラフィー科学会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷 肇
2. 発表標題 熱分解GC/MSによるマイクロプラスチック分析
3. 学会等名 第21回日本質量分析学会中部談話会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	石田 康行 (Ishida Yasuyuki) (70273266)	中部大学・応用生物学部・教授 (33910)	
研究 分担者	田中 祐志 (Tanaka Yuji) (90207150)	東京海洋大学・学術研究院・教授 (12614)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------