

第178号（2022年4月15日発行）



# 愛研技術通信

掲 示 板

法令・告示・通知・最新記事・その他

新年度を迎え、弊社にも1名、期待のフレッシュマンが入社。御鞭撻をいただきますよう次号で紹介をさせていただきます。



< 新入社員を囲んで >

## ○ ヒト血液中のプラスチック粒子汚染の発見と定量化

～ Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood ～

2022年3月24日掲載「Environment International」抜粋

アムステルダム自由大学（VU University Amsterdam）、オランダ・デルタレス研究所、アムステルダム大学（Amsterdam UMC）の研究グループは、ヒトの血液中の微量およびナノプラスチック粒子を微量レベルで検出することを目的とした分析方法を開発し、生活環境からのプラスチック粒子が人間の血流に入ることを初めて示しました。

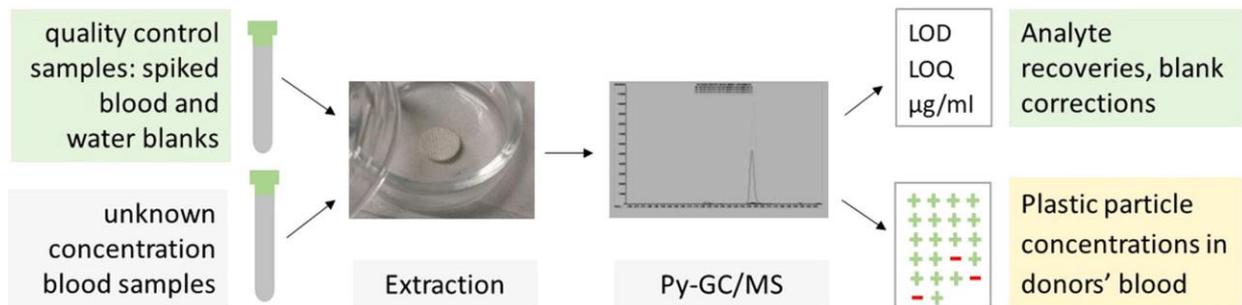


図. グラフィカルアブストラクト

### 【 要約 】

プラスチック粒子は、生活環境や食物連鎖の中に遍在する汚染物質ですが、これまでヒトの血液中のプラスチック粒子の内部暴露に関する研究は報告されていません。本研究の目的は、熱分解ダブルショット-ガスクロマトグラフ/質量分析を用いた堅牢で感度の高いサンプリングおよび分析方法を開発し、健康なボランティア22人のヒト全血中の700 nm以上のプラスチック粒子の測定に適用することです。

プラスチックに応用されている生産量の多い4種類のポリマーを、血液中ですべて初めて同定・定量化しました。ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレン、スチレンのポリマー（ポリスチレン、発泡ポリスチレン、アセトニトリルブタジエンスチレンなど）が最も多く、ポリ（メチルメチルアクリレート）がそれに続きました。ポリプロピレンも分析しましたが、分析結果は定量限界値以下でした。

少人数のドナーを対象としたこの研究では、血液中のプラスチック粒子の定量可能な濃度の平均は1.6 µg/mlで、ヒトの血液中のプラスチックのポリマー成分の質量濃度を初めて測定したことが示されました。

この先駆的なヒトバイオモニタリング研究は、プラスチック粒子がヒトの血流に取り込まれるために生物学的に利用可能であることを示しました。プラスチック粒子への曝露が公衆衛生上のリスクであるかどうかを判断するためには、ヒトにおけるこれらの物質の曝露と、その曝露に伴う危険性を理解する必要があります。

### 【 熱分解ダブルショット-ガスクロマトグラフ/質量分析とは 】

ガスクロマトグラフの分析では、通常試料を溶剤に溶解して分析します。プラスチックやゴムなどの高分子材料は、溶解するために複雑な前処理が必要になります。

熱分解ガスクロマトグラフ/質量分析計 (GC/MS) は、試料導入部に加熱炉 (パイロライザー) を設置したガスクロマトグラフ質量分析計です。加熱炉に分析試料を入れ、加熱により揮発した成分をガスクロマトグラフに導入して分析を行います。複雑な前処理なしで分析を行うことができます。熱分解装置の温度条件とサンプリング条件を変えること (ダブルショット法) で、同一サンプルから添加剤と高分子材料のように異なった 2 種類の情報を別々に得ることができ、未知の高分子材料の解析が容易となります。

本研究では、採取した血液のたんぱく質等を分解した後、プラスチック粒子を孔径 700nm のガラス繊維ろ紙でろ過捕集しています。ろ紙を熱分解ガスクロマトグラフ/質量分析計で分析することでプラスチックを分析しています。

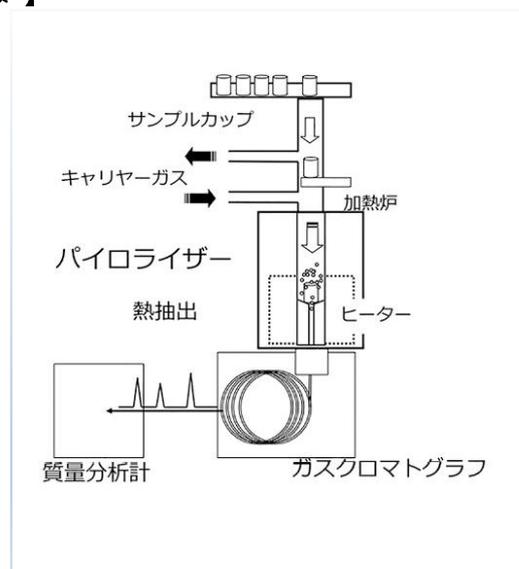


図. Py-TD-GC/MS の模式図

社) 日本分析機器工業会 HP から引用

## ○ 多環芳香族炭化水素類の代謝産物が魚類の骨奇形を引き起こすことを証明！

2022年3月17日 金沢大学報道発表資料抜粋

金沢大学、九州大学、富山大学を中心とする共同研究グループは、重油汚染などにより引き起こされる魚の骨奇形の機構を解明しました。

### 【 研究の背景 】

多環芳香族炭化水素類 (polycyclic aromatic hydrocarbons: PAHs) とは、ベンゼン環を 2 つ以上持つ芳香族炭化水素の総称です。PAH 類は、主に化石燃料の燃焼副産物として発生し、水環境へは重油流出事故や降雨等により流入します。ナホトカ号などの重油流出事故により、観察される魚類の骨奇形は、PAH 類が原因であることは報告されています

しかし、PAH 類の魚類の骨奇形に対するメカニズムは明らかになっていません。一方、ベンゾ[c]フェナントレン (benzo[c]phenanthrene: BcP) の代謝産物である水酸化体 (3- hydroxybenzo[c]phenanthrene:3-OHBcP) は女性ホルモンの受容体と結合することを妨げる働きがあることが報告されています。女性ホルモンは骨代謝に影響を及ぼすことが知られていることから、本研究では、3-OHBcP の骨代謝に対する影響に注目して実験しました。

## 【 研究成果の概要 】

本研究では、環境中に存在するぐらいの低濃度の 3-OHBcP が骨芽細胞に細胞死を引き起こして、魚類の骨形成を抑制することを初めて証明しました。以下に内容を示します。

3-OHBcP と BcP (図 1) をメダカの受精卵に投与して毒性を比較した結果、3-OHBcP の方が 1900 倍毒性が強いことがわかりました。ごく少量の 3-OHBcP

(0.001 nM) を投与したメダカの卵を飼育すると、3-OHBcP を投与したメダカの背骨に骨形成異常が認められることも判明しました (図 2)。

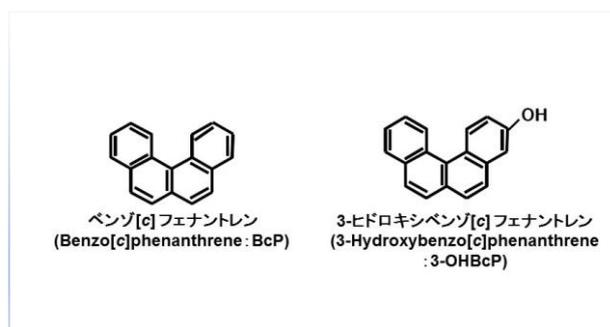


図 1. 本研究で用いた PAH 類

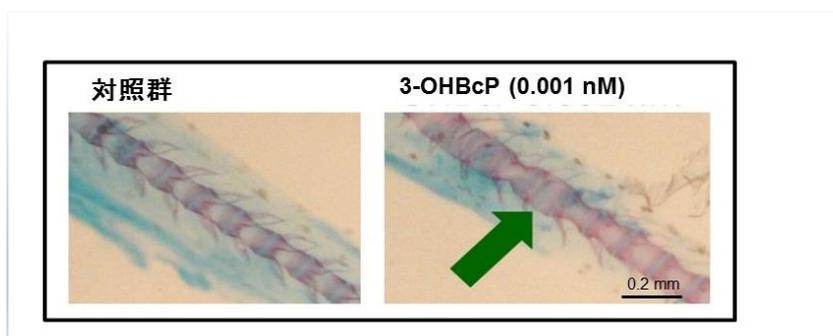


図 2. 3-OHBcP を投与したメダカの骨奇形

そこで次に、骨に対する 3-OHBcP の作用を調べるために、魚のウロコ (骨モデル) を用いました。ウロコには、骨芽細胞のほかに骨を壊す細胞 (破骨細胞) が共存しており、魚類はウロコで骨代謝をしております。例えば、サケが海から川に遡上する時に、卵にカルシウムを供給するために、破骨細胞が活性化してウロコを溶かします。さらにウロコには、再生するという特徴があります。麻酔をかけた状態でウロコを抜くと、約 10 日ぐらいでウロコが再生します。そこでウロコの骨再生に注目して、3-OHBcP の骨再生に対する影響を評価しました。

その結果、BcP (0.1 ng/g) をキンギョに投与すると BcP が代謝されて、代謝された 3-OHBcP などにより、キンギョのウロコの再生が抑制されることが判明しました (図 3)。

ウロコをプレートの中で培養することもできます。培養したウロコに、BcP と 3-OHBcP を加えて、骨芽細胞と破骨細胞に対する作用を調べた結果、3-OHBcP は骨芽細胞にのみ作用して、骨芽細胞の活性を低下させました。3-OHBcP は破骨細胞には影響を及ぼしませんでした。一方、BcP は骨芽細胞のみならず破骨細胞に対しても影響を与えませんでした。次に、ウロコで発現が変化した遺伝子を調べた結果、3-OHBcP によりウロコの骨芽細胞が細胞死を引き起こして、骨形成を阻害していることを証明できました。

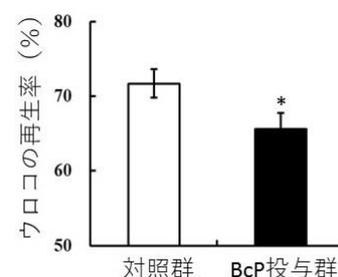


図 3. 3-OHBcP を投与したキンギョのウロコの再生率

## 【 今後の展開 】

BcP の環境中 (土壌中) の濃度は 0.1~30 ng/g ですが、生物濃縮により、魚の器官に 4.1~7.8 ng

/g で存在しているという報告があります。PAH 類の中でも BcP は、あまり注目されてこなかった化合物ですが、その代謝産物である 3-OHBcP の魚類への毒性は非常に強いので、今後調べていく必要があると思います。

私たちは、他の PAH 類の水酸化体 (4-hydroxybenz[a]anthracene: 4-OHBaA) が、ウニの初期発生に悪影響を及ぼすことを証明しています。日本海や太平洋の海水においても、PAH 類は存在します。現在、環境 DNA を用いて、魚類の生態調査を行っています。PAH 類の海洋生態系に対する影響を解析していきたいと考えております。

## ○ ヒトと共に去ったチョウたち ～ 「廃村」 から見た人口減少時代の生物多様性変化 ～

2022 年 3 月 22 日 国立研究開発法人国立環境研究所  
報道発表資料抜粋

東京大学、国立環境研究所、Team HEYANEKO、東北大学、ライプニッツ淡水生態学・内水面漁業研究所の研究グループは、日本各地の34の廃村とそれらに近接する現居住集落の比較から、土地放棄がチョウ類に与える影響を明らかにしました。

### 【 研究の背景 】

日本は人口減少の時代を迎え、2050 年には現居住地の 2 割が無居住化すると推計されています (国土交通省「国土のグランドデザイン 2050」による)。その結果、各地の農山村において土地放棄が進み、草刈りなど人間の活動によって維持されてきた里地里山の生物が脅威にさらされています。里地里山は耕作地、雑木林、草地など多様な景観要素を含み、寒冷な最終氷期(7 万年～1 万年前)に広がっていた草原性などの生物の逃避地として、現在まで高い生物多様性を有しています。なかでも、草原性のチョウ類は土地放棄の影響を受けやすく、多くの種が絶滅危惧種に指定されています。効果的な保全地域の選び方等、里地里山のチョウ類を保全するための国家スケールでの戦略を検討するには、どのような種が土地放棄に対して減少する (ネガティブな影響) かあるいは増加する (ポジティブな影響) かを広い範囲で明らかにする必要があります。しかしながら、広い範囲でどの場所が放棄されたかを知ることは容易ではなく、適切な調査設計が困難でした。

そこで本研究では、日本各地に存在する廃村に着目しました。廃村の位置や離村の履歴などに関しては、これまで愛好家による詳細な調査が行われてきました。本研究では、その情報を活用しながら日本各地で廃村とその周辺の居住集落のチョウ類の出現頻度を比較することで、以下の課題を検討しました。

- ①寒冷地に適応した種ほど土地放棄による減少の度合いが大きいのか
- ②種の生息地のタイプ (草原、農耕地、市街地、森林等) によって土地放棄の影響の受けやすさが異なるのか

さらに、得られたデータからチョウの種ごとに土地放棄の影響を予測する手法を開発し、1km 解像度で土地放棄がチョウ類にもたらすネガティブ・ポジティブな影響の大きさを地図化しました。

### 【 方法 】

廃村愛好家に取りまとめた既存の廃村データベースに基づいて北海道から九州にかけて廃村が含まれる 18 地域（図 1）を調査対象として選定し、計 34 の廃村集体落（離村後 8～53 年）の放棄耕作地・放棄建物用地とそれらに近接する 30 の居住集落の耕作地・建物用地において、チョウ類の定点調査を実施しました。得られたデータから、チョウ類に対する土地放棄および年平均気温の影響（環境の変化に対する調査時間あたり出現率の増減の大きさ）を種ごとに推定し、土地放棄の影響と年平均気温の影響に相関があるか調べました。さらに、図鑑の記載をもとに各種が好む生息地タイプ（草原、農地、市街地、森林など 11 タイプ）を決め、土地放棄の影響が生息地タイプ間で異なるか検討しました。

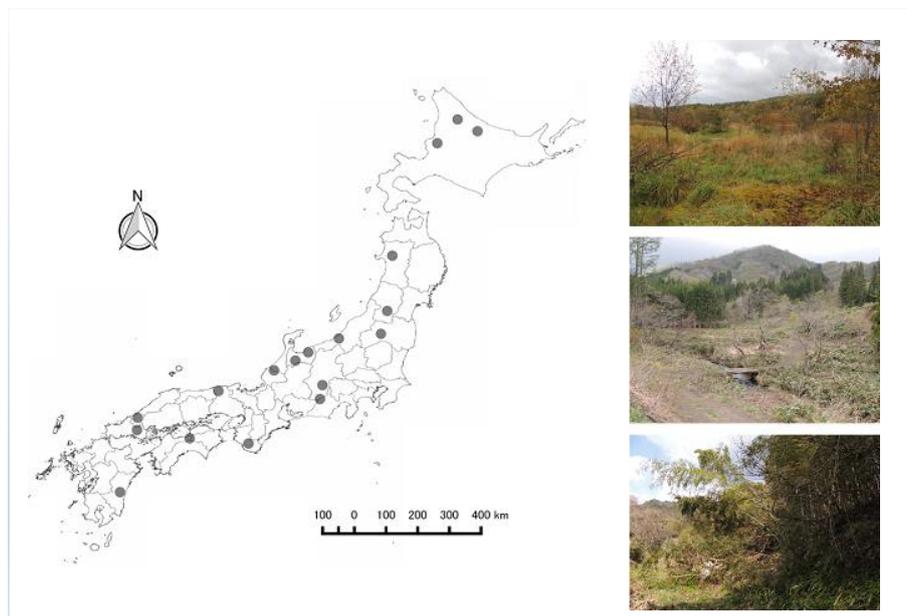


図 1 調査対象 18 地域の位置（左）と調査対象廃村の例（右）。

さらに、種ごとの土地放棄の影響を種の生息地タイプから予測する式を推定し、既存研究で得られているチョウ類70種の1kmメッシュ分布情報に当てはめました。そして、各1kmメッシュごとに分布する種について土地放棄のネガティブ・ポジティブな影響の大きさを積算し、それぞれ地図化しました。

### 【 結果と考察 】

出現した 43 種のチョウのうち、キアゲハ、ヒオドシチョウ、コヒオドシ、ツバメシジミ（図 2）など 13 種で土地放棄のネガティブな影響が検出されましたが、ポジティブな影響が検出されたのはアオスジアゲハ、イシガケチョウ、イチモンジチョウの 3 種にとどまりました。なお、耕作地と建物用地の間で出現種に明確な違いはありませんでした。



図2 土地放棄の影響が検出された種の例。

左上：キアゲハ、右上：クジャクチョウ、左下：コヒオドシ、右下：ツバメシジミ

種ごとの土地放棄の影響と年平均気温の影響には明瞭な正の相関がありました(図3)。このことは、土地放棄によって減少する種には寒冷地に適応した種が多いということを表しています。また、生息地タイプ別に比較すると、草原、農地、市街地を好む種がほかの生息地タイプに比べて土地放棄のネガティブな影響を受けやすいことがわかりました。一方、森林を好む種は必ずしも土地放棄のポジティブな影響を受けるとは限らないことがわかりました。

土地放棄したときのネガティブ・ポジティブな影響の大きさを地図化した結果、九州・中国地方の山地部、中部地方～東北地方、そして北海道の広い範囲でネガティブな影響が大きいことがわかりました。ポジティブな影響も類似した分布ではあったものの、北海道や本州以南低地部ではより低い値となりました。両者の大小関係を調べると、日本の大半の場所で土地放棄によるネガティブな影響がポジティブな影響を上回ることがわかりました。

### 【 今後の展望 】

寒冷地に適応した種は地球温暖化に対して脆弱であり、将来の人口減少に伴う土地放棄の増加は同時に進行する温暖化による影響に追い打ちをかける形でチョウの多様性の脅威になると考えられます。地域における農山村景観の保全は、温暖化に対して脆弱な種の生息地を提供することになるため、将来の気候変動下での生物多様性保全においても重要であると考えられます。同様の評価を様々な分類群で行うことで、将来の人口分布の変化に応じた生物多様性変化の評価を行うことが可能となり、保全地域の選定に生かせるようになると考えられます。

また、本研究は人口減少が生物多様性に与える影響を広い範囲で明らかにするための調査地として廃村に光を当てた先駆的な試みとなります。今後進行する人口減少と無居住化を「先取り」するモデルとして、廃村を舞台とした様々な研究が期待されます。

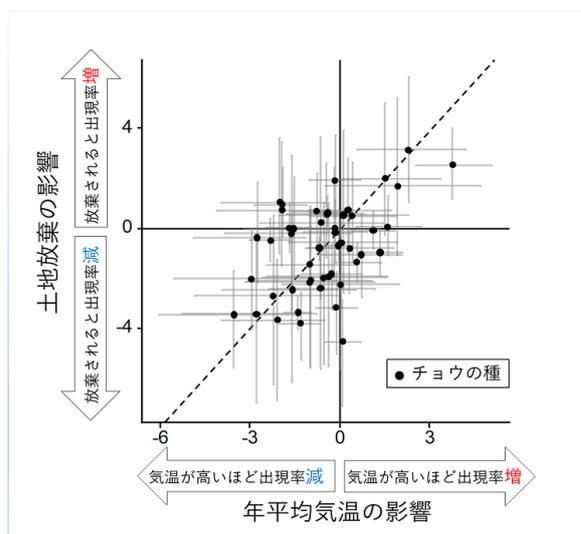


図3 土地放棄の影響と年平均気温の影響の関係。  
 それぞれの値は環境変化に対するチョウの出現率の変化の大きさを表す。  
 1つの点は1種のチョウが受ける影響の推定値、破線の直線は土地放棄の  
 効果と年平均気温の効果の回帰直線。

### 編集後記

生物絶滅による生物多様性の消失を防止するため、2030年までに地球の表面積30%以上を保護区にする国際的取り組みがスタートします。これは「30by30」と呼ばれ、生物多様性条約の次期目標です。環境省は目標の国内達成に向けた基本コンセプトを公表し、このための行程と具体策を示すロードマップを策定しました。また、ロードマップに盛り込まれた各種施策を実効的に進めていくための有志連合として、「生物多様性のための30by30アライアンス」を発足させました。30by30アライアンスサイトには参加者の取り組みが掲載される予定です。詳しくは下記のサイトをご覧ください。(A.K)  
<https://policies.env.go.jp/nature/biodiversity/30by30alliance/>



30by30のロゴマーク  
 (30by30アライアンス  
 サイトから引用)



株式会社 愛研  
 (https://ai-ken.co.jp)  
 本社 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710  
 電話(052)771-2717 FAX(052)771-2641  
 半田営業所 〒475-0088 半田市花田町 2-65  
 電話(0569)28-4738 FAX(0569)28-4749

