

# マイクロプラスチックに含まれる添加剤が食物連鎖を通して 魚類の組織に移行することを世界で初めて実証

～餌生物の摂食によるプラスチック添加剤の垂直輸送の重要性を解明～

## ポイント

- ・魚類がマイクロプラスチックの摂取によりプラスチック添加剤を体組織に蓄積することを発見。
- ・添加剤の一部は魚類がマイクロプラスチックを含む餌生物を捕食することにより移行。
- ・添加剤が食物連鎖を通じて人間を含む多数の動物に影響を与える可能性を指摘。

## 概要

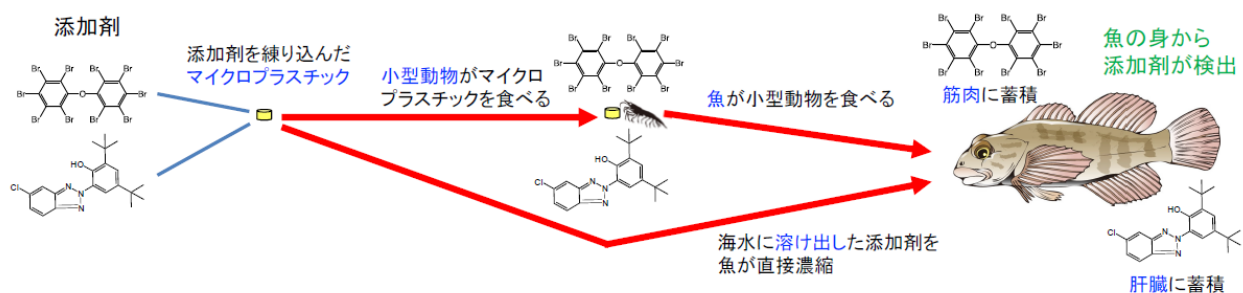
北海道大学大学院環境科学院修士課程（研究当時）の長谷川貴章氏と同大学北方生物圏フィールド科学センターの仲岡雅裕教授、東京農工大学の高田秀重教授、水川薫子助教、ヨービーギョク研究員を中心とした研究グループは、魚類がマイクロプラスチックの摂取を通じて、プラスチック製品に含まれる添加剤を筋肉や肝臓などの体組織に取り込み蓄積することを、世界で初めて実証しました。

添加剤は、プラスチックが細分化されると周辺環境に溶出しやすくなります。魚類はマイクロプラスチックを海水中及び餌生物から取り込むため、その2つの経路を介して添加剤が体組織に移行・蓄積する可能性が指摘されていました。そこで、肉食性魚類シモフリカジカとその餌生物であるイサザアミ類を用いて、魚類のマイクロプラスチック摂取による添加剤の組織への移行について、両経路の相対的重要性を検証しました。

その結果、添加剤入りマイクロプラスチックを含む海水中で魚を飼育した場合及びマイクロプラスチックを含む餌生物を魚に摂食させた場合に、魚の筋肉や肝臓に添加剤が蓄積することが示されました。両経路の相対的重要性は添加剤の種類や組織により異なっており、それには化学物質の特性が関連していることが示唆されました。

マイクロプラスチックを通じて魚類の体内組織に蓄積した添加剤は、食物連鎖を通じて人間を含む高次消費者の体内に濃縮され、さまざまな悪影響を与える可能性があります。それらの影響を解明するための研究のさらなる進展が期待されます。

本研究成果は、2022年11月18日（金）公開の *Marine Pollution Bulletin* 誌に掲載されました。



マイクロプラスチックが食物連鎖を通して添加物を魚類に運ぶメカニズム

## 【背景】

海洋におけるプラスチックごみの増加が深刻な環境問題となっています。特に、細分化され粒径が5 mm 以下になった「マイクロプラスチック」は、海洋動物に取り込まれると物理的、生理学的な悪影響を与えます。また、プラスチック製品には様々な化学物質（添加剤<sup>\*1</sup>）が高濃度で含まれていますが、それがマイクロプラスチックから溶出し生物体内に移行・蓄積することが懸念されています。添加剤には生物に有害な物質もあり、その蓄積・濃縮は、食物連鎖を通じて人間を含む大型動物にも悪影響を与える可能性が考えられます。魚類はマイクロプラスチックを水中から直接取り込むだけでなく、餌の摂食を通じて大量に摂取することから、添加剤の移行にもこの2つの経路があり、その相対的重要性の解明が必要です。

本研究では、肉食性魚類シモフリカジカ (*Myoxocephalus brandti*) とその餌生物である小型甲殻類イサザアミ類 (*Neomysis* spp.) を用いて、マイクロプラスチックからの添加剤の体組織への移行と蓄積を調べるとともに、その蓄積に対するマイクロプラスチックの水中からの摂取と、餌生物を通じた摂取の相対的重要性について、水槽実験を通じて検証しました。

## 【研究手法】

北海道東部の厚岸湖で採取したイサザアミ類（以下、アミ）とシモフリカジカ（以下、カジカ）を用いて、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所にて水槽実験を行いました（図1）。添加剤として2種類の臭素系難燃剤<sup>\*2</sup>(BDE209、DBDPE)と3種類の紫外線吸収剤<sup>\*3</sup>(UV-234、UV-327、BP-12)を含むポリエチレンペレットを粉碎して、平均粒径30 μmにしたマイクロプラスチックを実験に用いました。(1) 野外から採取した直後の個体、(2) 添加剤入りマイクロプラスチックを水中に入れ、マイクロプラスチックを摂取していないアミを餌として与えた個体、(3) 添加剤入りマイクロプラスチックを摂取したアミを餌として与えた個体について筋組織と肝臓の添加剤の濃度を測定し比較しました（図2）。

## 【研究成果】

マイクロプラスチックに含まれる添加剤が水中及び餌の2つの経路によりカジカの組織に蓄積することが実証されました（図3）。マイクロプラスチックを含むアミを摂食させた個体の筋組織からは、海水中にマイクロプラスチックを曝露させた個体や野外から採集直後の個体より、非常に高い濃度の臭素系難燃剤が検出されました。一方、紫外線吸収剤の濃度は、マイクロプラスチックを含むアミを摂食した個体と、水中でマイクロプラスチックに曝露させた個体の間で有意な差はありませんでした。この違いには、添加剤の疎水性などの化学特性の違いが関与していると考えられます。

## 【今後への期待】

本研究は、添加剤を含むマイクロプラスチックの摂取により、添加剤が魚類の体組織に大量に移行することを世界で初めて示しました。一方、添加剤の種類により、水中由来と餌由来の経路の相対的重要性が異なることも解明されました。この違いが起こった原因の解明には、添加剤の生物体内への移行や蓄積に関するより詳しいメカニズムを研究することが必要です。

これまでプラスチックから溶け出し生物に蓄積するリスクが少ないとされていた添加剤が、マイクロプラスチックの摂取により動物の体組織に移行、蓄積していることを示しました。

マイクロプラスチックが海洋生態系に与える影響をより詳しく理解し、かつ私たちが食料とする水

産資源の安全性を確保するためにも、今後、より多数の海洋生物を対象に今回明らかになった現象の普遍性を検証することが求められています。

## 論文情報

論文名 The significance of trophic transfer of microplastics in the accumulation of plastic additives in fish: An experimental study using brominated flame retardants and UV stabilizers. (魚類におけるプラスチック添加剤の蓄積におけるマイクロプラスチックの食物連鎖を介した垂直輸送の重要性：臭素系難燃剤と紫外線吸収剤を用いた実験)

著者名 長谷川貴章<sup>1</sup>、水川薫子<sup>2</sup>、ヨー ビーギョク<sup>2</sup>、関岡寛知<sup>3</sup>、高田秀重<sup>2</sup>、仲岡雅裕<sup>4</sup> (<sup>1</sup>北海道大学大学院環境科学院、<sup>2</sup>東京農工大学大学院農学研究院物質環境科学部門、<sup>3</sup>北海道大学水産学部、<sup>4</sup>北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所)

雑誌名 Marine Pollution Bulletin (環境科学の専門誌)

D O I 10.1016/j.marpolbul.2022.114343

公表日 2022年11月18日(金)(オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所 教授 仲岡雅裕 (なかおかまさひろ)

T E L 0153-52-2056 F A X 0153-52-2042 メール nakaoka@fsc.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.fsc.hokudai.ac.jp/akkeshi/>

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

東京農工大学総務・経営企画部 企画課 広報係 (〒183-8538 東京都府中市晴見町3-8-1)

T E L 042-367-5930 F A X 042-367-5553 メール koho2@cc.tuat.ac.jp

【参考図】



図 1. 実験に利用したシモフリカジカ (左) とイサザアミ類 (右)。体長はシモフリカジカが 8cm、アミが 1 cm 程度。

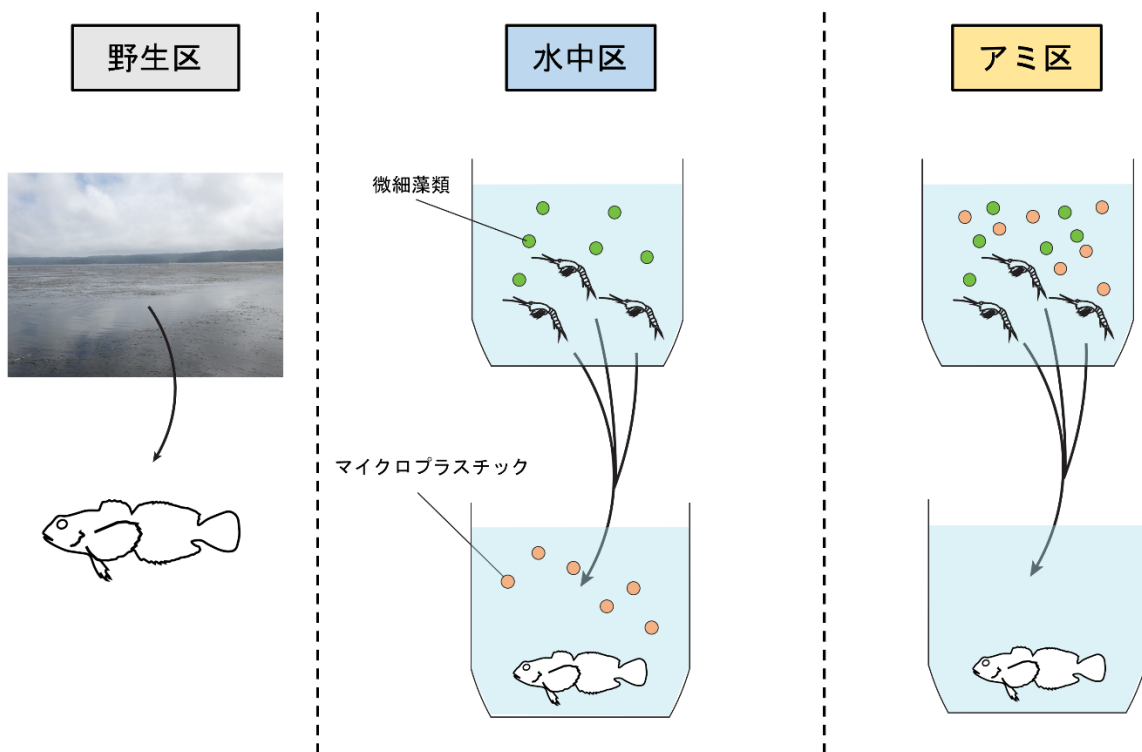


図 2. シモフリカジカとアミを用いた実験のデザイン。野外から採集した直後の個体 (野生区)、添加剤入りマイクロプラスチックを水中に曝露してマイクロプラスチックを摂取していないアミを与えた個体 (水中区)、マイクロプラスチックを摂取したアミを餌として与えた個体 (アミ区) の体組織中の添加剤の濃度を比較した。

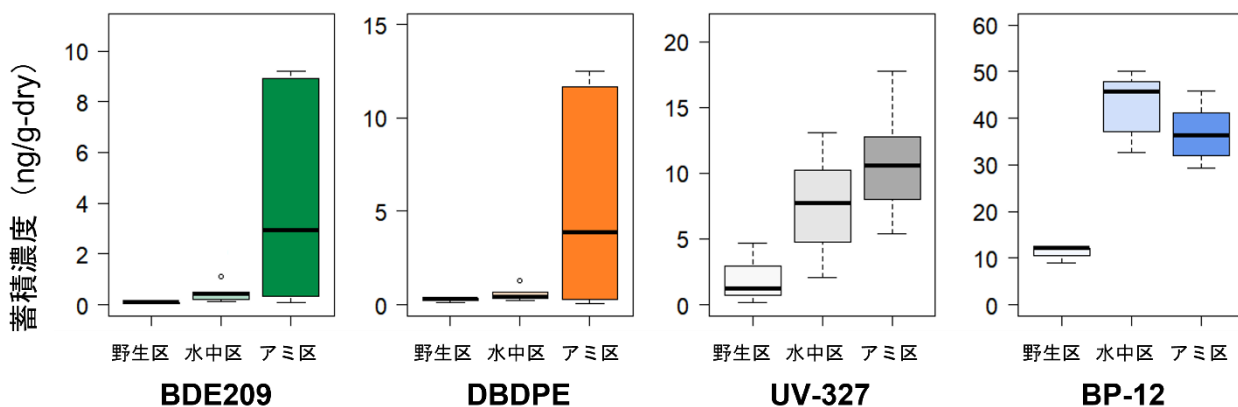


図 3. シモフリカジカの筋組織内の添加剤の濃度。臭素系難燃剤である BDE209 と DBDPE では餌生物由来でマイクロプラスチックを摂取した個体での濃度が高かった一方、紫外線吸収剤である UV-327 と BP-12 では水中由来と餌生物由来で濃度に差がなかった。

#### 【用語解説】

\* 1 添加剤 … プラスチック製品は、化学的親和性から PCB や PAH に代表される POPs（残留性有機汚染物質）を吸着するとともに、臭素系難燃剤や紫外線吸収剤などの添加剤と呼ばれる多様な化学物質を含んでいる。人間を含めた動物では、これらの化学物質が体内に高濃度に蓄積すると様々な悪影響が生ずることが知られている。

\* 2 臭素系難燃剤 … プラスチック製品を燃えにくくするために利用される添加剤。本研究で使用されたものは下記の 2 種である。

BDE209: decabromo diphenyl ether

DBDPE: decabromo diphenyl ethane

\* 3 紫外線吸収剤… プラスチック製品が紫外線により劣化するのを防止するために利用される添加剤。本研究で使用されたものは下記の 3 種である。

UV-234: 2-(benzotriazole-2-yl)-4, 6-bis(2-phenylpropan-2-yl)phenol

UV-327: 2, 4-ditert-butyl-6-(5-chlorobenzotriazol-2-yl)phenol

BP-12: (2-hydroxy-4-octoxyphenyl)-phenylmethanone