

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02263

研究課題名(和文)水圏の食物網における動物プランクトンを介したマイクロプラスチックの経路

研究課題名(英文)Path of microplastics through zooplankton in the aquatic foodweb

研究代表者

田中 祐志(Tanaka, Yuji)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：90207150

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：海洋において、マイクロプラスチック(MPs)の調査に従来用いられてきた目幅0.3 mmの網を抜けるサイズの超マイクロプラスチック(SMPs)が、水面だけでなく深度50mまでにも無視できない量で分布していることが明らかになった。
また、水圏生態系における食物連鎖の中で重要な役割を担う動物プランクトンを代表するミジンコを用いた摂食実験の結果、サイズ1から2 mm程のミジンコが10マイクロmのSMPs粒子を貪食することも確かめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

MPsの分布調査は従来用いられてきた目幅0.3 mmの網に依るだけでは不十分であること、また、水面だけの調査で三次元の水圏全体のMPsの分布を語ることは不適切と分かった。
また、ミジンコのような1 mm程のプランクトンが10マイクロmの微小MP粒子を貪食することは、MPs及びMPsに吸着された化学物質の食物連鎖を通じた上位捕食者への転送と糞粒に包まれての水底への供給への重要性を示した。
水圏に懸濁するMPsは現実的には除去困難と考えられてきたが、プランクトンを用いて集塵除去できる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：It was found that, in the ocean, the amount of supermicroplastics (SMPs) that can pass through a net with a mesh width of 0.3 mm, which has been conventionally used for microplastics (MPs) survey, is not negligible, not only at the sea-surface but also up to a depth of 50 m.

In addition, as a result of feeding experiments using Daphnia representing zooplankton, which plays an important role in the food chain in the aquatic ecosystem, it was confirmed that Daphnia of size 1 to 2 mm voraciously eat 10 microm SMPs particles.

研究分野：水圏環境学

キーワード：マイクロプラスチック 動物プランクトン

1. 研究開始当初の背景

世界の海に毎年約 8 百万トンのプラスチック廃棄物が流入し、それらは碎片化してサイズ 5 mm 以下の、いわゆる「マイクロプラスチック」(MPs)となっている。MPs は、分解も溶解もせず漂流/沈殿するとみられていたが、動物プランクトン(ZP)や魚介類等に摂食され、MPs 自体に含有されるか表面に吸着される疎水性有毒物質が生物体内に移り、さらに食物網を経て体内に入る、という点で看過できない。MPs による海洋汚染は、このように、海環境だけでなく、人間の健康にも悪影響を及ぼすと考えられ、地域的にも全球的にも重大な問題となっているが、どこにどれだけの量の MPs が浮遊/沈殿しているのかは十分には明らかになっていない。

従来、MPs の分布と現存量は目幅 0.3 mm の網で採取して調べられてきたが、サイズ 0.3 mm 未満のもの(Super Micro-Plastics: SMPs)は、その網では捉えられず見逃されていると考えられる。また、MPs 分布調査の多くは、海面付近の水平曳網によるもので、三次元の海における空間分布を正しく捉えられているかどうか不明である。

さらに、海洋生態系の中で量的に最も重要な ZP は、体サイズが 0.1 から数 mm で、体サイズの 1/10 か 1/100 の微粒子を摂食する。摂食の際、0.3mm よりも碎片化された SMPs を餌と区別せずに摂食するならば、環境中の MPs は、生物体内に取り込まれ、MPs 自体あるいはそれに吸着していた化学物質が海洋生態系の食物連鎖に沿って上位捕食者に転送され、人体にも影響を及ぼすと危惧される。

2. 研究の目的

(1) 現場海洋においてサイズ 0.3 mm よりも小さい超マイクロプラスチック(SMPs)の分布を、0.3 mm よりも目開きの小さい網を用いて深度別に調べ、三次元の海において実際にはどのように分布しているのかを知ること。

(2) ZP による SMPs の摂食の実態を調べ、SMPs およびそれに吸着された物質が、食物網において ZP を介して高次捕食者にどれほど転送されていくかを考察すること。すなわち、SMPs を動物プランクトンが摂食するか、摂食するとすれば餌粒子と区別するか、あるいは、選択的に排除するような行動を示すか、さらに、どれほど食べるか、を、室内実験により明らかにする。

3. 研究の方法

(1) マイクロプラスチック分布調査

東京海洋大学の練習船神鷹丸により、日本海南西部(図 1)において深度別の採水および多段階開閉式プランクトンネット(MOCNESS)による層別サンプリングを行った。

採水には大容量ポンプを用いて、0、2.5、5.0、10、20、30、40、50 m(深度計で正確に定めた深度)から甲板上に汲み上げた海水を 100、64、20、7 μm の 4 サイズの網で濾過し、浮遊粒子を採取した。

MOCNESS では目幅 64 μm の網を用いて、0.3 mm の網では採取されない小型の粒子を採取した。曳網深度は、0-5、5-10、10-20、20-54、54-105、105-204、204-500、500-894 m(計 8 層)であった。

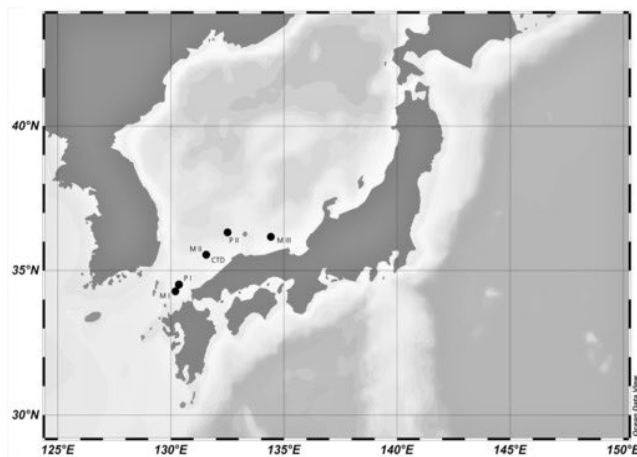


図 1. 2018 年 7 月に実施したマイクロプラスチック分布調査の観測点。東京海洋大学の練習船神鷹丸による。

(2) 動物プランクトンによる超マイクロプラスチック(Super-Micro-Plastics: SMPs)の摂食能力の測定

実験室で動物プランクトンを継代培養し、ウェルプレート内において、a. 10 μm のポリスチレン粒子(PS)だけ懸濁、b. PS と餌となるクロレラが混在懸濁、c. クロレラだけが懸濁、及び、d. 水だけ、の 4 条件での摂餌実験を行った。とくに、オオミジンコ *Daphnia magna* を用いた実験を繰り返し行った。

4. 研究成果

(1) SMPs の深度別分布

SMPs はどの深さにも浮遊していた(図 2)。本研究の結果から、深度 0 m(海面付近)のサンプリングだけでは三次元の海における MPs の分布は把握できないことは明らかである。

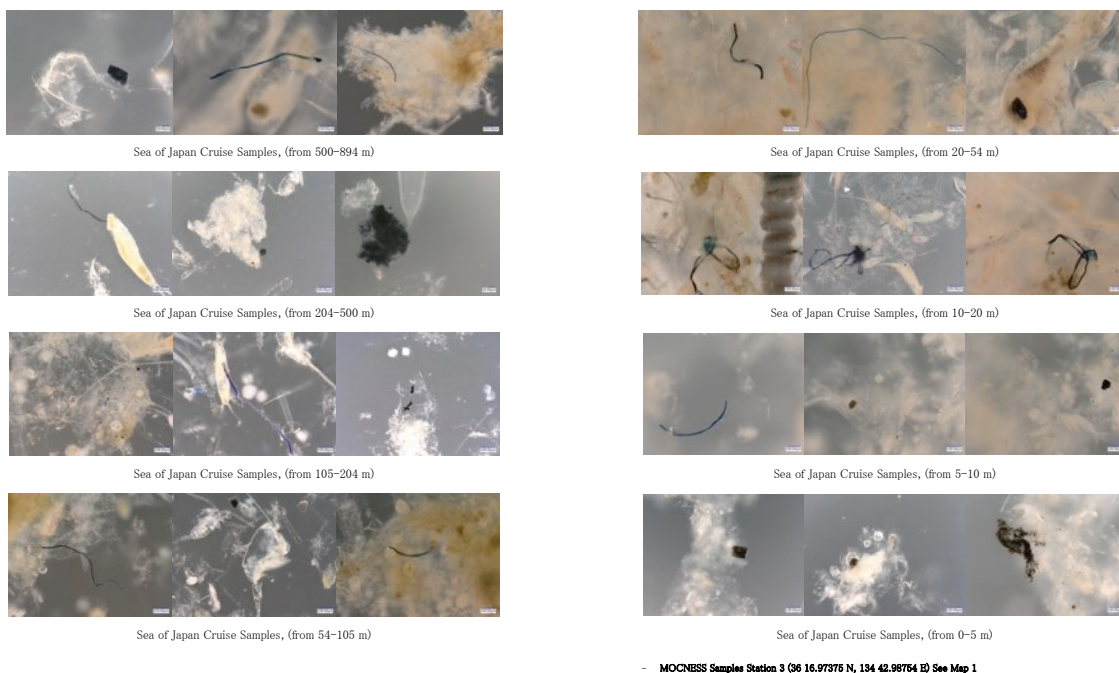


図 2. 日本海南西部における目幅 64 μm の網を用いた層別サンプリングにより、水面から 894 m まであらゆる深度からプラスチック碎片とともに繊維状の物体が採取された。

面積 3.6 億 km^2 、平均深度 3.8 km、最大深度 11 km の広大な海において、海面から海底までのどこにどれだけの SMPs が存在するかの調査をくまなく行おうとすることは現実的ではないが、今後の研究では、廃棄物由来のマクロプラスチック、衣服等を由来とするマイクロプラスチック繊維、元から微小なプラスチック粒子の水圏への流入と、移流、拡散、碎片化、沈降、浮上等の素過程を定量化した上で、それらの行方を三次元モデリングによって推測せざるを得ないと考えられる。

(2) オオミジンコ (*Daphnia magna*) を用いた摂餌実験で、サイズ 10 μm のポリスチレン (PS) 粒子を、全く拒絶せず、消化管に詰め込むように摂食し、排泄することが明らかとなった(図 4)。餌となる植物プランクトンとともに PS 粒子を与えると、より活発に、餌と PS 粒子とを区別せずに摂食することも分かった。*D. magna* は、自発的な摂食の結果、消化管内に 10 μm のポリスチレン PS 粒子を詰め込み、水中に PS 粒子が有る限り、摂食と排泄を続けた。粒子のない水中では、消化管内容物は 3 時間以内に排泄され、消化管は空になった。これらの結果から、自然の海洋湖沼で浮遊粒子を摂食する動物プランクトンを介して、SMPs 自体と、SMPs の表面に吸着した物質が、上位捕食者に転送され、延いては人間の体内にも入っていく可能性があるとして十分に予想された。



図 3. オオミジンコ *Daphnia magna* (体長約 2 mm)。自発的な摂食の結果、消化管内に 10 μm のポリスチレン PS 粒子を詰め込んだもの。水中にクロレラや PS 粒子が懸濁している限り摂食と排泄を続けた。粒子のない水中では消化管内容物は 3 時間以内に排泄され消化管は空になっ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Khin Khin Gyi, Takuo Omura, Rie Nakamura, Yuji Tanaka | 4. 巻 57 |
| 2. 論文標題 High-resolution observations on fine-scale spatial and temporal heterogeneity of phytoplankton communities using FlowCAM | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 La mer | 6. 最初と最後の頁 73-87 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.32211/lamer.57.3-4_73 | 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 - |

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 相原 沙紀、伊東 宏、 田中 祐志 |
| 2. 発表標題 海産枝角類の微細鉛直分布 -水柱の成層構造との関係 |
| 3. 学会等名 海洋理工学会2019年度春季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 助川すみれ子、 田中祐志 |
| 2. 発表標題 ヒトツクラゲとカイアシ類の微細鉛直分布 |
| 3. 学会等名 2019年度日仏海洋学会学術研究発表会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 秋葉龍郎、田中祐志 |
| 2. 発表標題 カイアシ類 <i>Oithona davisae</i> の摂餌率の直接観察 |
| 3. 学会等名 海洋理工学会2019年度春季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大村卓朗、中村理絵、R. K. Gurses、田中祐志 |
| 2. 発表標題 Voluntary Observation Ship (篤志観測船) を用いた高分解能サンプリング: 東京湾ー苫小牧間の植物・動物プランクトンの種組成とサイズ組成 |
| 3. 学会等名 海洋理工学会2019年度秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 柴田正志、田中祐志 |
| 2. 発表標題 Underwater Vision Profiler を用いたプランクトン観測: 太平洋における鉛直プロファイル |
| 3. 学会等名 海洋理工学会2019年度秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Gurses, R. K., T. Omura, T. Akiba, Y. Tanaka |
| 2. 発表標題 Microplastic ingestion capacity of Daphnia magna in different food conditions |
| 3. 学会等名 2020年度日仏海洋学会学術研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 秋葉龍郎、R. K. Gurses、田中祐志 |
| 2. 発表標題 メソプランクトンの種別サイズ別個体数計測技術の開発 |
| 3. 学会等名 海洋理工学会2021年度春季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Gurses, R. K., Q. Zhang, Y. Tanaka |
| 2. 発表標題 A New method to quantify the filtration rate of zooplankton |
| 3. 学会等名 2021年度日仏海洋学会学術研究発表会 |
| 4. 発表年 2021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 | 秋葉 龍郎 (Akiba Tatsuro) (00221713) | 国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・主任 研究員 (82626) | |
| 研究分担者 | 石井 晴人 (Ishii Haruto) (30251680) | 東京海洋大学・学術研究院・准教授 (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 |
|---------|---------|