

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：84410

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12427

研究課題名（和文）マイクロプラスチックが淀川ワンドにおける二枚貝とタナゴ類の生態系に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effects of microplastics on the ecosystem of bivalves and bitterlings in the riverside pools ("wando") along the Yodo River

研究代表者

相子 伸之（Aiko, Nobuyuki）

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所（環境研究部、食と農の研究部及び水産研究部）・その他部局等・主幹研究員

研究者番号：30443526

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：淀川のワンドあるいは本流の底泥、二枚貝、およびバラタナゴを採取し、マイクロプラスチック（MPs）の存在量を調査した。底泥ではいずれの地点でもMPsが検出されたことから、広くMPsに汚染されており、特に小さいサイズのMPsの個数密度が高いことが明らかになった。イシガイやバラタナゴからも検出され採餌する際にMPsも誤飲していることが考えられた。また、水槽での飼育下でイシガイにMPsを暴露し、取込と蓄積を検証したところ、MPsを体内に取込みその多くは短期間に排出するが、一部は長期的残留することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ワンドは、流れのある本流に対して止水的な環境であり、河川生態系及び河川の生物多様性にとって重要な場所であることが知られている。多くの河川では、MPsなど河川流下物の本流やたまりでの挙動を検証するための調査地点を設定すること自体が困難であるが、淀川では多様なワンドが現在でも残されており、様々なタイプの水域の調査することができた。加えて、タナゴ類は二枚貝を産卵寄主とするという特異な性質を有するが、MPsがこのような生物間の関係に及ぼす影響の解明に寄与する試験方法を確立することができた。これらの方法や調査結果は、全国の河川における環境保全と生態系保全に応用できるものであると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Sediments, bivalves, and bitterlings were sampled from the riverside pools ("wando") or main course of the Yodo River to investigate the actual state of microplastic (MPs) contamination. MPs were detected in the sediments at all sites, indicating that the sediments are widely contaminated with MPs, especially the high number density of small-sized MPs. MPs were also detected in bivalves and bitterlings, suggesting that they also swallow MPs when feeding. The results of the uptake and accumulation of MPs by bivalves exposed to MPs in a breeding tank suggest that most of the MPs are taken up and discharged within a short period of time, but some remain for a long period of time.

研究分野：河川生態学

キーワード：マイクロプラスチック ワンド 底泥 二枚貝 タナゴ類

1. 研究開始当初の背景

環境中のマイクロプラスチックが生物に与える影響が懸念されている。絶滅危惧種のうち、生存への脅威としてマイクロプラスチックの影響があげられている種は現在のところ無いものの、近年の調査が明らかにしているように自然環境下でのマイクロプラスチックの広がりを考慮するとその影響は軽視できない¹⁻³⁾。

東京理科大学と愛媛大学の研究グループは、マイクロプラスチックの汚染状況に関して日本全国の河川で調査し、29 河川中 26 河川でマイクロプラスチックが発見され、またその密度は都市域を流れる河川で多いことを報告している⁴⁾。都市域を流れる大河川の 1 つである淀川は、琵琶湖を水源とする。この琵琶湖でも、水中および底質でマイクロプラスチックが検出されており、琵琶湖から流出したマイクロプラスチックは淀川に流下し、流下過程で支流などからさらに量を付加され、一部は淀川で長期間滞留すると推測される。

河川や池沼に生息するタナゴ類は、多くの種が国もしくは都道府県のレッドリストに記載され(イタセンパラ、ニッポンバラタナゴ、シロヒレタビラなど)、その産卵母貝となる二枚貝も生息数の減少が懸念されており、全国各地で保全対策が進められている。淀川を含め、流水中で二枚貝が生息できるのは、主に比較的流れが緩やかでプランクトンが繁茂できる砂地あるいは砂泥地(淀川ではワンドと呼ばれる水域)であり、このような環境はマイクロプラスチックが漂着・滞留しやすい水域である。

二枚貝はろ過食性であるため大量の水を体内に取り込み、その寿命も数十年にわたり、その一生で水中の懸濁有機物を餌としてろ過摂取し続ける。タナゴ類は二枚貝のなかでもイシガイ科二枚貝を産卵場所とし、ふ化後は二枚貝のエラの中で1~数か月を過ごす。マイクロプラスチックにより二枚貝へ与えられたダメージは間接的にタナゴ類にも影響を与えると考えられる。また、タナゴ類は分化の不完全な状態でふ化し、成長して貝の外に泳ぎだすまで二枚貝にろ過された水を供給され続ける。その間、貝のエラの孔径より小さい懸濁物に曝露される。近年、これまで環境中で観察されてきた 100 μm 以上のマイクロプラスチックよりも微小なマイクロプラスチックの存在量はさらに多いことが推測されており、これらのサイズのマイクロプラスチックが、ふ化直後のタナゴの未分化の体表に直接的な影響を与えることも懸念される。一方で、これらの二枚貝およびタナゴ類とマイクロプラスチックとの関係性については、基礎的研究すら皆無である。

2. 研究の目的

本研究では、河川に生育する二枚貝とそれらを産卵寄主とする淡水魚のタナゴ類の保全のため、河川におけるマイクロプラスチックの存在量と生体内への蓄積に関する現地の実態調査を行うとともに、水槽での飼育でその影響を明らかにすることを目的とした。マイクロプラスチックが二枚貝及びタナゴ類の生息場所であるワンドにどれだけ漂着し、底泥あるいは水中にどれだけ含有されるか調査した。また、飼育実験では、二枚貝および二枚貝内で保育されるタナゴ類の未成熟仔魚に対するマイクロプラスチックの影響を検証した。

3. 研究の方法

(1) 淀川における試料の採取

淀川の上流から順に A~H 地点の本流あるいはワンドより、底泥を採取した。この地点のうち、地点 C、D、F の本流、および地点 E、F、G、H のワンドでは二枚貝のイシガイ (*Nodularia douglasiae*) を、地点 C、F の本流、および地点 F、H のワンドではシジミ類 (*Corbicula* sp.; 以下、シジミ) 採取した。さらに、地点 G のワンドではタイリクバラタナゴ (*Rhodeus ocellatus ocellatus*; 以下、タナゴ) それぞれの地点で採取した。イシガイは1~2 個体を1つの試料として、殻から軟体部を取り出し、エラと腸管を含むその他の軟体部とに分けて測定した。シジミは、40 個体程度の全軟体部を1つの試料として測定した。タナゴは、腸管、あるいは雌個体の産卵管を取り試料とした。

それぞれの試料は、10% (w/v) -KOH 溶液を加え、55°C の温度条件で数日間有機物を変性させた。その試料を、100 μm 目開きのプランクトンネットで濾過し、残渣と濾液に分け、濾液はさらに 10 μm 目開きのプランクトンネットで濾過した。100 μm あるいは 10 μm 目開きのプランクトンネットで濾別した残渣は H_2O_2 を加えて 55°C で数日間夾雑の有機物を分解した。十分に夾雑の有機物が分解した試料は再びそれぞれの目開きのプランクトンネットで濾過し 100 μm 以上あるいは 10-100 μm の MPs として分析を行った。夾雑物を除去した試料中の MPs は、実体顕微鏡にて検鏡するとともに、この画像をもとに長軸径、短軸径を計測した。プラスチック成分の同定には、100 μm 以上の MPs はダイヤモンド ATR 検出器を装着したフーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) を用いて、10-100 μm の MPs は顕微 FT-IR 装置を用いて行った。

(2) 淡水産二枚貝への MPs 暴露試験

おおさか環農水研生物多様性センター(寝屋川市)内の野外池で自然飼育しているイシガイを

捕獲し、20℃のインキュベータ内でカルキ抜きした水道水（飼育水）にて予備飼育した。その後、直径が 106-125 μm、および 10-20 μm の球形の蛍光 MP ビーズ(PE 製；以下それぞれ 100μmMP、および 20μmMP) をそれぞれ 25 mg/L、および 1 mg/L 加

えた飼育水（暴露水）に移し 1 時間 MP ビーズを暴露した。暴露後、イシガイを取り出し、MP ビーズを含まない飼育水 1L に 3 個体ずつ入れ、20℃のインキュベータ内で飼育し、経時的にこの 3 個体を解剖し、エラと腸管を含むエラ以外の軟体部（その他軟体）に分けた。また、飼育水内に吐き出された糞や偽糞を 10 μm 目開きのプランクトンネットで濾過し、残渣を試料とした。それぞれの試料は、前述 3 - (1) と同様の方法で有機物分解の前処理したのち、蛍光顕微鏡下で計数した。

表 1 産卵母貝に暴露した MP ビーズの初期密度 (mg/L)

種類	MP 区				対象区
	I	II	III	IV	
100μmMP	100	1	1	0	0
20μmMP	1	1	0	1	0

(3) バラタナゴの産卵母貝への MPs 暴露試験

産卵期のニッポンバラタナゴとイシガイを高密度で同じ水槽で飼育し、産卵された可能性のあるイシガイを暴露水 (MP 区)、あるいは MP ビーズを含まない飼育水 (対象区) に入れた (表 1)。24 時間後にイシガイを取り出し、1 個体ずつ砂と飼育水を入れた 1L 容の容器に入れて飼育し、稚魚の浮出を毎日確認した。MP 区で浮出した稚魚は、速やかに飼育容器から取り出し、魚類用麻酔薬 (FA100) を投与したのちに蛍光顕微鏡下で体表面から体内の MP ビーズの有無を調べた。さらに、対象区で浮出した稚魚は、暴露水に 24 時間入れたのちに MP ビーズを含まない飼育水に移し、蛍光顕微鏡下で経時的に体内の MP ビーズの有無を調べた。

4. 研究成果

(1) 淀川における MPs の汚染実態

底泥では、100 μm 以上の MPs の個数密度は、0.1~5.9 個/gDW、10-100 μm は 11.5~232.9 個/gDW であり、10-100 μm で 1~2 オーダー高く検出された。

イシガイに含まれる 100 μm 以上の MPs の個数密度は、エラとその他の軟体部で、それぞれ 0.0~4.3 と 0.0~3.3 個/匹、10-100 μm ではそれぞれ 25.0~55.0 と 7.5~70.0 個/匹であり、底泥と同様に 10-100 μm で 1~2 オーダー高く検出された。シジミに含まれる 100 μm 以上の MPs の個数密度は、0.0~1.8 個/匹と見積もられ、イシガイのそれと同程度で検出された。また、地点 G のタナゴでは、100 μm 以上の MPs の個数密度は、腸管と産卵管でそれぞれ 0.8 と 0.0 個/匹、10-100 μm では 13.0 と 17.0 個/匹であり、10-100 μm で高く検出された。以上のことから淀川のワンドあるいは本流の底泥ではいずれの地点でも MPs が検出されたことから、広く MPs に汚染されており、特に小さいサイズの MPs の個数密度が高いことが明らかになった。イシガイやタナゴは巻き上がった底泥などを採餌する際に MPs も誤飲していることが考えられる。また、タナゴの産卵管から検出された MPs の汚染経路については不明であり、今後解明する必要がある。

採取された MPs のプラスチックの組成は、試料により差があるものの、100 μm 以上、10-100 μm の MPs のいずれでもゴム系、ポリエチレン、およびポリプロピレンが多い割合であった (図 2)。また、同じ試料中では成分の割合が 100 μm 以上と 10-100 μm が類似する傾向がみられた。

表 2 河川試料中の MPs の個数密度

地点	底質	底泥		イシガイ (エラ)		イシガイ (その他)		シジミ (全量)		タナゴ (消化管)		タナゴ (産卵管)		
		(個/g-dry)		(個/匹)										
		>100	10-100	>100	10-100	>100	10-100	>100	10-100	>100	10-100	>100	10-100	
A	ワンド	泥	0.31	-*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B	本流	砂	0.59	35.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C	ワンド	泥	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	本流	砂	0.58	11.5	0.17	50.0	0.00	7.5	0.00	-	-	-	-	
D	本流	砂	0.40	-	4.33	-	1.25	-	-	-	-	-	-	
E	ワンド	泥	1.08	232.9	0.00	50.0	0.00	70.0	-	-	-	-	-	
	ワンド	泥	5.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F	本流	砂	5.20	144.0	2.17	40.0	3.33	12.5	0.17	-	-	-	-	
	ワンド	泥	2.53	51.5	0.25	25.0	0.00	70.0	0.00	-	-	-	-	
G	ワンド	泥	1.71	80.0	0.33	55.0	0.00	65.0	-	-	0.80	13.0	0.00	17.0
H	ワンド	砂	0.20	-	0.00	-	0.00	-	1.80	-	-	-	-	

*: 表中の “-” は試料の未採取・未測定を示す

(2) イシガイのMPs 摂取と蓄積

イシガイでは、暴露終了直後から 100 μmMP はエアではほとんど検出されず、その他の軟体部で数 10 個程度が検出された。3 時間経過後、イシガイが取込んだ約 90%がその他軟体部に存在したが 6 時間後から徐々に減少し、1 日後には約 60%、9 日後には約 90%が体外に排出され、10%程度がその他軟体部に残留した (図 1)。20 μmMP もエアではほとんど検出されず、その他の軟体部で数 100 個程度が検出された。6 時間経過後、約 95%がその他軟体部に存在したが 1 日後には約 60%、9 日後には約 95%が排出され、5%程度が残留した。イシガイは 10μm~100μm 程度の MP ビーズを体内に取込、一部は長期的残留することが考えられる。

(3) バラタナゴの産卵母貝への MPs 暴露の影響

産卵母貝への暴露試験では 20 個体のイシガイのうち 4 個体から合計で 30 匹のニッポンバラタナゴの稚魚が浮出した (表 3)。1 個体のイシガイから浮出する稚魚の数は、MP 区で 0~12 匹、対象区で 0~5 匹であり顕著な差は見られず、今回使用した球形の 10μm~100μm 程度の MP ビーズは稚魚の浮出ほとんど影響しなかったと考えられる。MP 区から浮出した稚魚 30 匹のうち 29 匹からは 100 μmMP、20 μmMP のいずれも確認できなかった。MP ビーズが確認された 1 匹も、100 μmMP が腸管から 1 つだけ確認されただけであり、産卵母貝の中で取込まれたのではなく浮出後にイシガイの偽糞などを摂取したと考えられ、イシガイ内の卵あるいはふ化直後の稚魚に MP ビーズが取込まれる可能性はほとんどないと推察される。

一方で、対象区から浮出した 6 匹の稚魚への MP ビーズの暴露試験では、暴露直後には 6 匹すべてで 100μmMP、あるいは 20μmMP が数個から 10 数個確認できたが、2 日後には確認できなくなった。これらのことから、タナゴ稚魚では 10μm~100μm 程度の MP ビーズを速やかに摂食するが、短期間で排出することが明らかになった。

<参考文献>

- 1) 山下ら：日本生態学会誌, 2016, 66, 51-68
- 2) 牛島ら：水環境学会誌, 2018, 41(4), 107-113
- 3) 鍋谷ら：土木学会論文集 G (環境), 2017, 73 (7), III_1-III_8
- 4) 東京理科大、愛媛大:報道提供資料：<https://www.tus.ac.jp/today/201810310005.pdf>

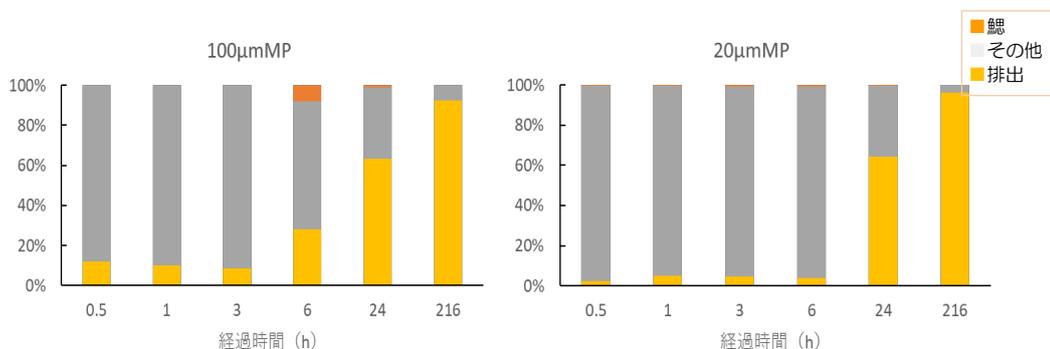


図 1 イシガイへの暴露実験における MP ビーズの所在の経時変化

表 3 MP ビーズを暴露した産卵母貝から浮上した稚魚の個体数 (匹)

試料番号	MP 区				対象区
	I	II	III	IV	
1	0	0	12	0	5
2	0	0	0	0	0
3	3	8	0	0	1
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	9	0

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 相子伸之・近藤美麻・近藤泰仁・田中周平	4. 巻 49
2. 論文標題 淀川ワンドの底泥と二枚貝におけるマイクロプラスチックの汚染実態	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 環境技術	6. 最初と最後の頁 311-315
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4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 相子伸之・近藤美麻・今川愛佑美・近藤 泰仁・田中 周平
2. 発表標題 淀川ワンドの二枚貝およびタナゴ類におけるマイクロプラスチックの汚染実態
3. 学会等名 日本陸水学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤美麻・相子伸之・今川愛佑美・近藤泰仁・田中周平
2. 発表標題 インガイにおけるマイクロプラスチックの取り込みと排出
3. 学会等名 令和3年度淡水貝類研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相子伸之・近藤美麻・今川 愛佑美・近藤泰仁・田中周平
2. 発表標題 淀川の淡水産二枚貝におけるマイクロプラスチックの汚染実態
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相子伸之・近藤美麻・田中周平
2. 発表標題 イシガイおよびタナゴ類によるマイクロプラスチックの取込と排出
3. 学会等名 第57回日本水環境学会年会
4. 発表年 2023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	田中 周平 (Shuhei Tanaka) (00378811)	京都大学・地球環境学堂・准教授 (14301)	
研究分担者	近藤 美麻 (Mio Kondo) (40737590)	地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所(環境研究部、食と農の研究部及び水産研究部)・その他部局等・副主査 (84410)	

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
---------	---------