

二枚貝と底生生物によるマイクロプラスチックの回収

浅田 凌佑 砂野 有香 韓 静坤 古川 絵里 眞鍋 洋平
兵庫県立神戸高等学校 総合理学科2年

近年、問題となっている海洋中を浮遊しているマイクロプラスチックの回収方法として、二枚貝の濾過摂食に注目した。濾過摂食は機構上、体内に取り込んだものをエラで分離した後、不要なものを粘液で固めて「偽糞」として排出する。我々は、この機能を用いれば、海洋中のマイクロプラスチックを偽糞に集められるだけでなく、二枚貝自体の摂食（必要なものとして体内に取り込む）に関係しないため、生物濃縮の影響も少ないのではないかと、また、濾過摂食の機構上、偽糞は消化されていない餌の塊であるため、その偽糞を摂食する生物が存在するのではないかと考え調べた。結果、マイクロプラスチックを偽糞にまとめることに成功し、さらにその偽糞を摂食する生物の存在を確認することができた。

1. はじめに

1.1. 動機と目的

二枚貝は摂食活動の際に、入水管から取り込んだ懸濁微粒子が鰓に引っ掛かり、繊毛運動により必要な物質は口に、不要な物質は粘液で固められ偽糞となった後、体外へ排出されることが分かっている。我々は、この仕組みを利用すればマイクロプラスチックを二枚貝が摂食した際に不要なものとして粘液で固まって排出される、つまり海洋中に浮遊しているマイクロプラスチックをまとめることができると考え、それを実現することをまず1つの目的とする。

先行研究により二枚貝（アサリ）は1時間に1ℓの割合で濾過できる。つまりこの割合で海水中のえさを取り込むことができると分かっているが、これに伴う偽糞の排出量や偽糞の性質は明らかになっていない。そこで、まずアサリの出す偽糞の基本的な性質を調べたのち、水槽に餌とともにマイクロプラスチックを投与し、それに伴うアサリの状態とマイクロプラスチックの経路を追跡する。

さらに、二枚貝によって偽糞としてまとめられたマイクロプラスチックを底生生物（イソメ）が取り込む可能性についても検証した。

1.2. 実験に使用した二枚貝と底生生物

実験に用いたアサリは（学名：*Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850)）はマルスダレガイ科に属する二枚貝。食用として重要な貝の一つである。アサリは日本だけでなく、朝鮮半島や台湾、フィリピンなどの沿岸各地に分布。主に内湾の干潟に多く生息し、砂に潜って伸ばした水管から珪藻類や



〈図1〉アサリ

有機物を吸い込み濾過して食べる。

底生生物として用いたイソメは釣り餌として使用されるものを使用、青イソメや赤イソメという名前で販売されているが、環形動物門多毛綱遊在目ゴカイ科の底生動物である。（学名：*Perinereis aibuhitensis*）本研究では、一般的に使われているイソメの呼称を用いる。



〈図2〉イソメ

1.3. 実験時の条件

本研究では、二枚貝は価格と入手のしやすさからアサリを利用する。また、マイクロプラスチックは「ケイムラ玉 ハード6号」（東方産業）を粉末状にしたもの（100 μm～400 μm）を使用する。

以下、人工海水（ジェックス）を1 Lあたり 36 g 入れ、エアーレーションをし、15 °Cのインキュベーターで観測した。餌として、二枚貝用微粒子配合飼料「M-1」を適量投与し、砂は、飼育時は底に敷くが実験中のみ観測がしづらくなるという点で入れなかった。



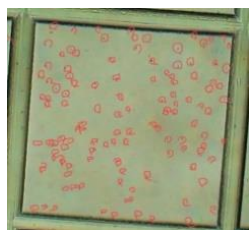
〈図3〉アサリの飼育の様子（この状態で、インキュベーターに入れる）

2. 予備実験

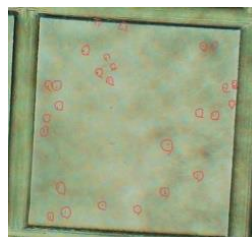
2.1. 実験方法

それぞれ6個体のアサリを入れた、4つの水槽を準備し、餌（この実験でのみ可視化することが必要な「クロレラ」）をそれぞれ 0.5 g、0.375 g、0.25 g、0.125 g を投与した。その後、それぞれ15 °Cのインキュベーター内に2日間入れ餌の摂食

量を測定した。アサリの餌の接食量の測定は、プランクトン計数版 MPC200（松浪硝子）を用い、水中の水の一区画（0.5 mm×0.5 mm）に存在するクロレラの数の差を測った。



〈図4〉クロレラを入れた直後の計数版



〈図5〉2日後の計数版

2.2. 結果

〈表1〉餌（クロレラ）の摂食量の変化による偽糞の排出量

クロレラの質量	1区画あたりの始めの餌の量(個)	1区画あたりの2日後の餌の量(個)	偽糞の排出量
0.500g	81	30	0.1g
0.375g	45	0	0.1g 未満
0.250g	30	0	0.1g 未満
0.125g	15	0	0.1g 未満

粘液で固められた偽糞は、沈んだ状態で確認されることから、水より比重が重いと考えられる。また、どの層でも与える餌の量が多いほど、偽糞の量が多くなることは写真では確認できるものの軽量すぎるが故に正確な定量はできなかったが、餌の量に伴って偽糞の量が増えたことが確認できたため、以後この餌の摂食量と偽糞の量を各々、正常なアサリの摂食量と偽糞の排出量と位置付ける。

3. 実験1

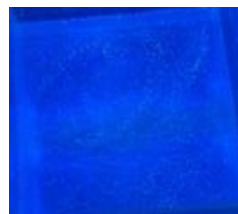
アサリにマイクロプラスチックを取り込ませる。

3.1. 実験方法

アサリのマイクロプラスチックの取り込みと排出の経路を可視化するため、ブラックライトを投射すると発光する「ケイムラ玉」を粉末状にしたものを用いた。このマイクロプラスチックを餌（M-1）に混ぜ、アサリに投与し、2日間インキューベータ内で飼育した後、偽糞内にマイクロプラスチックが

含まれているのか、また海水中にどれだけマイクロプラスチックが残っているかを調べた。

3.2. 結果



〈図6〉マイクロプラスチックを入れた直後の水槽



〈図7〉マイクロプラスチックを入れた2日後の水槽

3.3. 考察

水中に散乱していたマイクロプラスチックが2日後には底にある偽糞の中に塊として存在していた。このことから、アサリは偽糞を摂食し、排出することが可能であるといえる。また偽糞の量が実験1と同様に、多量排出されたことと、アサリの死亡個体が多かったために濾過摂食が正常に行われている中で、マイクロプラスチックが不要物として、偽糞で排出されたと考えた。ただ、マイクロプラスチックがアサリの体内にどのような影響を及ぼしているかを判断するには、これだけでは不十分なので、次の実験2を行った。

4. 実験2

マイクロプラスチックがアサリの体内から排出される速度はどのくらいか、体内に残る量はどのくらいかを検証する。

4.1. 実験方法

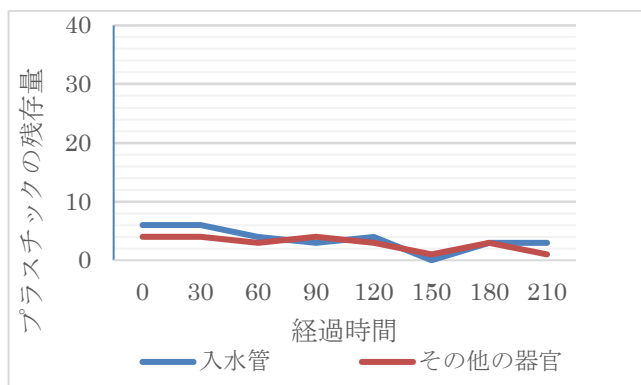
実験1と同様の条件の水槽を作った後、水中のマイクロプラスチックが無くなる前にアサリを別の海水のみが入っている水槽に移した。（この時アサリはマイクロプラスチックを含んだ濾過摂食の途中だと考える）そこから30分おきにアサリを2個体ずつそこから取り出し、アサリの貝殻を取り除いた。事前の簡易的な実験により、アサリの入水管と出水管については厚い筋肉で構成されている為、溶解に時間がかかるということ、また、入出管から直接水中の水を吸入、排出しているので、よりマイクロプラスチックと接する機会が多いことなどの観点により、その両者のみ解剖した。入水管とその他の器官において、3 mol/L の KOH を用いてそれぞれ肉塊部を溶解した。完全に溶解した後、3 mol/L の HCl で中和する。その液を濾過したのちブラックライトを投射し、マイクロプラスチックの残存量を調べた。

（事前に実験によりマイクロプラスチックは濾紙を

通過することを確認)

4.2. 結果

〈表1〉時間変化による体内のマイクロプラスチック量の变化



(投与したマイクロプラスチックの量は数百粒程度)

4.3. 考察

マイクロプラスチックを取り込んだアサリが、どの程度の時間で体内からマイクロプラスチックが出ていくのかを計測しようと試みたが、マイクロプラスチックが存在する海水中から取り出してすぐのアサリの体内にも、ほとんどマイクロプラスチックが確認されていなかったこと、時間が経過するごとにわずかに減少していたがほぼ変化せず、0ではないが体内のマイクロプラスチックはかなり少なかった。このことから、アサリはマイクロプラスチックが存在する海洋中でも濾過摂食が著しく速い速度で行われている可能性があると考え、マイクロプラスチックの体内残存量が極めて少ないことからアサリの体内への負担は少なく、アサリの生育に影響を及ぼすことなく回収は可能だろうと結論づけた。

5. 実験3

実験2でマイクロプラスチックが偽糞に回収されることが分かり、その偽糞を回収する方法を考えた。そこで偽糞は比重が重く沈むこと、濾過摂食の機構上、偽糞は消化前に排出されるため偽糞そのものが他の生物の餌になりうる可能性を鑑み、アサリと同様に干潟に生息している底生生物のイソメに注目し、イソメが偽糞をマイクロプラスチックとともに取り込むのか検証する。

5.1. 実験方法

2つの水槽を用意する。

A槽

ビーカーに海水 500 ml、潜るための砂、そしてアサリが排出したマイクロプラスチックが混入している偽糞を投入し、2日間放置した後、イソメを取り出して体表についたマイクロプラスチックを水で洗

い流し、体を絞り体液を摂取しブラックライトに投射する。

B槽

ビーカーに海水 500 mlに偽糞の代わりにマイクロプラスチックのみを投入し、A槽と同様の方法で投射する。

5.2. 結果



〈図8〉A層



〈図9〉B層

A層では、体内から発光が認められ、体内のマイクロプラスチックを確認。B層では、発光が認められなかった。

5.3. 考察

A槽の結果から、マイクロプラスチックが入っている偽糞をイソメは摂食したと考えられる。また、B槽の結果によりイソメの体内にマイクロプラスチックが確認できなかったため、イソメがプラスチックそのものを餌として認識したのではなく、偽糞を餌と認識して摂食したと考えられる。

このことから、偽糞の中に含まれるマイクロプラスチックは、底生生物であるイソメが偽糞と共に餌として取り込むことを検証することができた。

6. 今後の展望

今回の実験で、水中に浮遊しているマイクロプラスチックをアサリが集め、イソメがそれを摂食するという回収のシステムの一例を見つけることができた。このシステムはマイクロプラスチックだけでなく、海洋中を浮遊している微粒子も集めることができると考えられる。今回は、イソメを用いて偽糞を回収することを試みたが、もっと安全で効率のよい集め方を研究すれば、生物に負担をかけずにマイクロプラスチックを回収することができるのではないかと。

また、実験の途中で現在の二枚貝の養殖場でも偽糞が大量発生して回収に困っているという現状を知った。イソメが、どのくらいの速さで偽糞を食べるのかを測定し、定量化できれば、養殖場の底に必要な数のイソメを配置することで、この問題の解決につながると思う。

海洋中の有害物質は低濃度でも食物連鎖を通し

て生物濃縮され、生物に多大な影響を及ぼす。しかし、この食物連鎖を利用することで、海洋環境において極めて大きな懸念材料となっているマイクロプラスチック回収の1つの方法として、二枚貝と底生生物の食物連鎖を通して回収する方法を提案する。

7. 謝辞

本研究担当の本校教諭繁戸克彦先生、本校サイエンスアドバイザーの皆様には、本研究についてご指導いただいたことに、この場を借りて深く御礼申し上げます。また、本研究を進めるにあたって支えてくださったすべての方に感謝の意を申し上げます。

8. 参考文献・参考 URL

- [1] 宮崎研究室 淡水貝類による水質浄化 水質浄化室内実験
<https://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~miyazaki/hp2-1.html>
- [2] Environmental Pollution Volume 199, April 2015
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974911500010X>
- [3] アサリの体内にマイクロプラスチックは取り込まれるのか？
<https://www.umicon.jp/contest/img/award/pdf/2021/s-3.pdf>
- [4] アサリは美味しいだけではなく、海の環境保護にも役立っています
<https://umito.maruhanichiro.co.jp/article35/>