

## 【環境保全活動報告】

## 海岸・清掃と生き物調べ学習会（2021 夏季、海岸清掃の部）の結果報告

野田賢司

## 1. はじめに

2021（令和3年）7月24日（土曜日）、豊橋市の前芝海岸で、市民参加型活動の「海岸清掃と干潟あそび 学習会」（主催 みなと塾・豊川流域圏通貨バンク協議会）を開催した。この活動は、三河湾・六条潟、前芝海岸（前浜干潟）の現状を多くの人に知ってもらい、昔のような豊かな海になるように願い、浜の環境を良くするため、手の届く身近なところから環境保全（改善）に取り組むことを目的とするものである。2021年の夏季イベントは、先ず海岸のゴミを拾い集める海岸清掃を行い、その後で干潟にどのような生き物がいるかを調べたり、潮干狩りなど遊びながら海を学ぶ内容とした。参加定員については、今回も「新型コロナウイルス感染症」の予防対策に配慮して30人に縮小した。

## 2. 活動概要（実績）

活動日時 2021年7月24日（土曜日）大潮（三河港 干潮時刻12:07、潮位6cm）

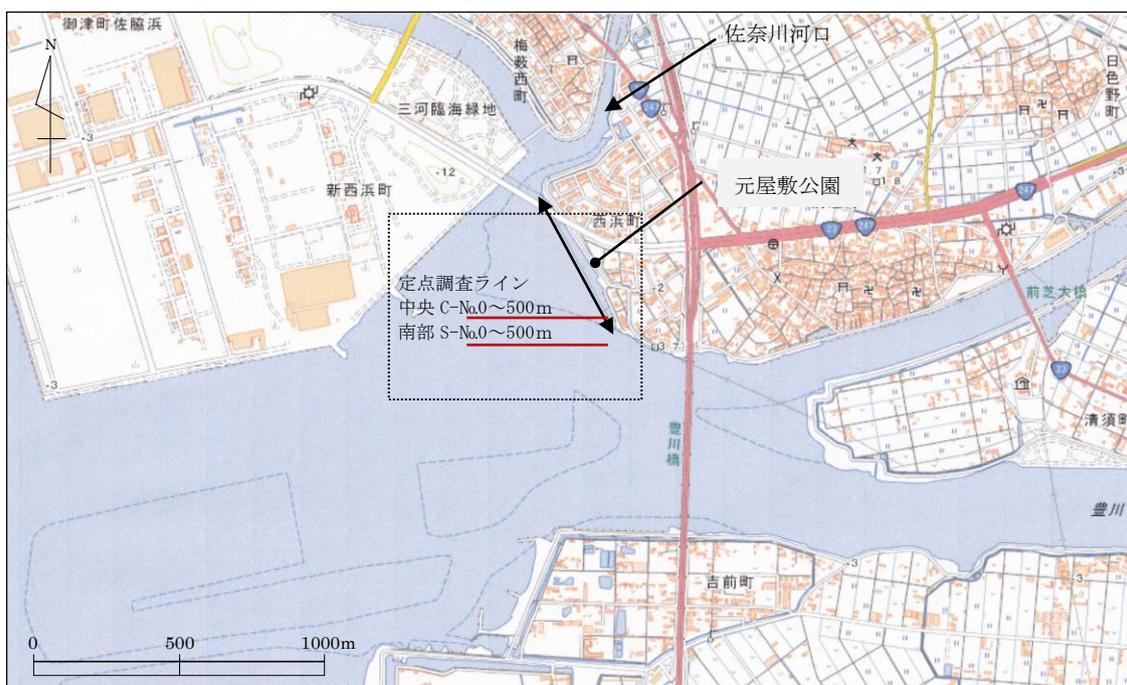
09:30 受付開始、09:50～10:10 開会式 主催者あいさつ（加藤代表）、活動スケジュール・範囲説明、安全面など伝達

10:10～10:40 海岸清掃、10:40～11:00 収集ゴミの計量、一時休憩、定点調査準備（一部の方は解散）

（ゴミ拾いで釣り針が指に刺さった方があり、加藤代表がその方を連れて医院に急行。手当処置対応した。スタッフでその後のスケジュールを進めた。）

11:00～13:20 潮干狩りと干潟の生き物しらべ

13:30 終了・解散（15:00～19:00 主催者・スタッフで採取生物計量）



海岸清掃範囲（両矢印の間）

(国土地理院 GSI Maps 2020.11 使用)

図1 活動場所の位置

(注) 長方形枠内は干潟の生き物しらべに係る範囲

活動範囲 海岸清掃は図1に示す豊川河口北側の前芝海岸（前浜干潟）の範囲とした。

活動内容 海岸漂着ゴミの収集

参加者には出来る限りプラスチック類を中心に収集して頂くようお願いした。  
潮干狩りと干潟の生き物しらべ

定点調査は、当日の参加者から8名程選出（希望・自由意思、スタッフ含む）。

活動人数 計16名（受付名簿記載者数、主催者スタッフ含む）

### 3. 活動結果

#### (1) 海岸ゴミの収集量

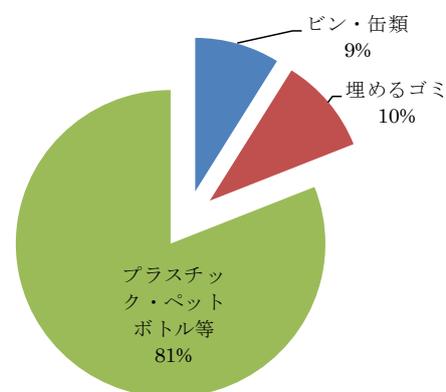
海岸漂着ゴミは、春季と同様、事前に見込んでいた場所に少なく、北方の佐奈川河口のヨシ帯側に回り込んだ形で集まっていた。また、収集が小人数であったため拾い場所が分散した。収集結果は、表1に示すとおりである。

表1 海岸清掃ゴミ収集量

2021年7月24日

区分	重量 (kg)	摘要
不燃物	3.5	ビン・カン：まとめて1袋
	4.0	塩ビ管1本
小計	7.5	
可燃物	6.0	プラスチック・ペットボトル等：1袋
	4.5	〃：2袋
	2.5	〃：2袋
	5.0	〃：2袋
	7.0	〃：2袋
	7.0	〃：2袋
小計	32.0	11袋
合計	39.5	計16人、一人当たり2.5kg

(備考) 活動時間 10:00～10:40 (30分間)  
計量時間 10:40～10:50 (10分間)



収集ゴミの構成（重量比率 %）

前芝海岸の海ゴミについて、参加市民への開会時間聞き取りによると、川ゴミの流出や海岸を離れた海ゴミは、先日まで岸寄りの海面に列をなして浮遊した状態であったという。また、その後、これらの海ゴミは分散し、前芝海岸に漂着したゴミは少なかったという。気象庁のアメダス豊橋観測所のデータによると、7月に入ってから強風は、上旬の大雨時（南寄り・東寄り・北西の風）、9日の降雨時（西南西の風）、12～13日の降雨時（北東・南南西、15～17日の小雨時（東南東～南南東の風）に発生している。近日の7月16日頃は小潮の時期で、最大風速8.2m/秒、最大瞬間風速14.2m/秒であった。海岸清掃当日の事前観察では、砂浜海岸や佐奈川河口の左岸に漂着ゴミは少なく、5月の清掃時に見た漂着流木の一部は岸を離れ、干潟の高所（干し出し部）に移動していた。海ゴミの殆どは沖に流されたか、豊川河口・放水路を遡上し、生育するヨシ帯の中に集積したと考えられた。

更に、海ゴミの一部は佐奈川河口を遡上し、ヨシ帯に捕捉されたものも多くあったのであろう。ここで予期しなかった出来事が起きた。佐奈川河口左岸のヨシ帯まで拾いに行かれた方の一人が、ヨシ帯中のゴミ（ペットボトル）を拾われた際、釣り糸（ナイロン製のテグス）がまとわり付き、しかもその先に三つ又で先端に返しがある釣り針があったため、拾い上げた勢いでテグスがバネとなって針が飛んで指に刺さってしまった。この場所は、活動範囲よりやや河口の奥で、以前からこの周辺では若者が釣りを楽しむ姿が見られたところであった。清掃時間が終わる頃、スタッフは、活動範囲の北端まで清掃する参加者に清掃時間の終了を告げてまわり、参加者が予定のゴミ仮集積場に集まる姿を見ていた。しかし、佐奈川河口の奥は防潮堤防が回り込んでいて、ヨシ帯までゴミ拾いに行かれた人の姿までは視認できなかった。ゴミの分別・計量時刻になって怪我をされた方がゴミ集積場に歩いて来られ、主催者側に怪我をされた事の次第が分かった。主催者代表は、急遽、

怪我人を車で医院（外科）に運び、医師の手当てを受けていただいた。

海ゴミは、この干潟に漂流すると季節的に南寄りの風によって、洪水、満潮時のゴミ移動が北奥になる。流木等の漂着状況からその傾向が伺われた。春季の清掃活動時点では佐奈川河口のヨシ帯方面に漂着ゴミが偏って多く、十分拾えなかったため、今回、事前説明で範囲をその方向まで広めたのも要因といえる。その河口周辺はこれまでの清掃活動などで見ても釣り人が多かったところであった。今後は、当日の開始前、主催者側の現場チェックを行い、更に打ち合わせにより、参加者に収集時の安全衛生諸配慮の説明をさらに加えたい。

今回の清掃活動で収集できたゴミの総量は **39.5kg** で、一人当たり収集量は **2.5kg** であった。昨年11月の場合は、総量 **77.0kg**、一人当たり収集量 **2.0kg** であった<sup>1)</sup>。今年5月の場合は、総量 **22.5kg**、一人当たり収集量 **2.3kg** であった<sup>2)</sup>。これらと収集量を比較すると、今回もコロナ禍で感染防止に配慮して募集定員を制限したこともあり、総量は普段よりやや少なかった。しかし、一人当たり収集量は、同等なものであった。



写真1 元屋敷公園（受付場所）



写真2 受付の様子



写真3 干潟の干し出し部～小砂浜の潮間帯  
5月に岸にあった流木が干潟側に移動していた。



写真4 満潮線上：小砂浜の満潮線付近  
漂着した流木やヨシ片・塵芥



写真5 西浜大橋下の砂浜（防潮堤防外）



写真6 同左、鉄塔付近のゴミ拾いの様子



写真7 防潮堤下の根固め石積護岸沿い  
満潮線付近のゴミ拾い



写真8 西浜大橋下の砂浜  
満潮線付近のゴミ拾い



写真9 同上：南方向（前芝海岸）7年程前、貝の蓄養  
場跡が高波で消失。その後、小砂浜も消滅した。



写真10 佐奈川河口（上流方向）左岸側にヨシ帯があり、  
流木・ゴミ塵芥が漂着している。



写真11 同上：北方向（西浜大橋）北東岸の砂・流木・  
ゴミ類は、風と潮汐流が北側に運んで少ない。



写真12 前芝海岸（集合地点）東岸はコンクリートの  
階段で、海ゴミは基部沿い（転石）に少し散在する。



写真13 収集ゴミの仮置き（清掃終了）



写真14 同左（マツ林下、道路側溝）分別・計量後



写真 15 市道の駐車規制表示 (元屋敷公園)



写真 16 西浜大橋下：臨時駐車場 (市・地区協力)

## (2) 干潟のマイクロプラスチック

### ① プラスチックゴミの問題

プラスチックは、軽くて耐久性があることから使用に便利で、1930年頃から世界で生産が始まった。その後、生産量が増加傾向にある一方で、消費後適切に処理されないプラスチックゴミ（以下、プラゴミと略）も地球上でどんどん増え続けている<sup>3)</sup>。特に海洋プラスチック汚染は21世紀最悪の環境問題の一つとも言われている<sup>4)</sup>。合成物質であるプラスチックが海洋環境に蓄積し続けるにつれて、生態系や社会・経済への悪影響も増大しつつあり、私たちの体にもその汚染が入り込んでいる可能性が指摘されている<sup>3~7)</sup>。プラスチック問題は「環境問題」であると同時に「資源問題」でもある<sup>4)</sup>。世界でプラスチック問題に対する取り組みが推進されているが、各国や自治体の対策の他、国際的にSDGs（国連の「持続可能な開発目標」）<sup>8)</sup>の一つ（目標6, 9, 11, 12, 14、およびターゲット6.3, 9.4, 11.6, 12.4, 14.1などに関連）として、企業や関係団体および市民レベルでの取り組みも進行し始めている。

### ② マイクロプラスチックの動きと生物への影響

プラスチックは、光学的に物理的に生物学的にどんどん破碎劣化して小片化したり、蓄積したりする。プラゴミの問題は、原型の海洋生物等への物理的被害だけでなく、その小片自体の成分と共に、金属や有害物質を吸着・変化させることである<sup>3,5,9)</sup>。最近では、微小なMP製品（化粧品、肥料、その他の工業原料・製品）も出回り、その流出が即問題化するわけである。

プラゴミのうちサイズが5mm以下の微細な人工ゴミは、2008年にアメリカ海洋大気庁NOAAの国際ワークショップでマイクロプラスチック（以下、MPと略）と呼ぶという定義が決まった<sup>9)</sup>。この定義はその後の国連の海洋環境保護の科学的事項に関する専門家グループ（GESAMP）の定義にも継承され、2010年以降世界が関心を寄せ始めた<sup>6,7,9)</sup>。これより大きな5~25mmサイズの微細片はメソプラスチック、25mmを超えるサイズの細片はマクロプラスチックと呼ばれ、動態調査などが行われている<sup>10)</sup>。国際的なMPの定義には合成高分子で作られた繊維やゴムもプラスチックとして扱われる。今やMPは、海洋はじめ内湾、湖沼、河川、および下水処理場での量的分布・動態・内容について調査が増加し、更に生態系や人の健康への影響等が実験室や野外で調べられている<sup>7,10~15)</sup>。

私たちは、豊川河口周辺や前芝海岸での清掃活動で、また渥美半島の西の浜の清掃活動で、塵芥や砂に混じったMPが多いことに気が付かされている（写真17・18、写真21・22）。しかし、微細な碎片は、ゴミを手で拾い集めるという一般的な方法では全く回収できない。それどころか、細片化した繊維、ひも、シート状のプラゴミ等は強風で自生植物の茎・枝・葉・根等に強く絡み付いたり、劣化したプラゴミは手で掴んだ瞬間に砕け、細片が風で周りに飛び散ってしまったりする（写真19・20）。今回の清掃活動でも、小さな砂浜の満潮線上の砂や塵芥に混じったプラスチック破片、



写真 17 渥美半島・西の浜：清掃活動  
2018年11月18日 AM (撮影 野田)



写真 18 同左、砂浜一帯に散在する  
マイクロ・メソプラスチック類 (撮影 野田)



写真 19 同上、2017年11月19日 AM  
強風で植物に絡まった多数の細片 (撮影 野田)



写真 20 同左、発泡スチロールの細片  
掴むと更に碎片化する (撮影 野田)



写真 21 豊川下流・放水路：清掃活動  
2019年10月26日 AM (撮影 野田)



写真 22 同左、防潮堤下（ヨシ帯）の塵芥に混入する  
マイクロ・メソプラスチック類 (撮影 野田)



写真 23 今回の海岸清掃（前芝海岸）  
ヨシ片・塵芥に混じるマイクロ・メソプラスチック類



写真 24 今回の海岸清掃（前芝海岸）  
漂着物に混入するプラスチックゴミ（電線状）

MP が数多く見られた (写真 23・24)。

### ③ マイクロプラスチックの簡易な試験調査

プラゴミは陸域が源である。プラゴミは不法投棄、暴風・動物による飛散、日常生活の排水混入などで、排水路、河川を經由して三河湾に運ばれる。伊勢湾や外海から流入する海ゴミもある。プラゴミは海上・海中を漂流し、海底に沈積したり海岸に打ち上げられ堆積したりする。漁網やノリ網にかかるものもある。私たちは毎年、清掃活動の場で漂着ゴミを拾って陸上に回収し、処分場に運んでいるが、プラゴミは一向に減らない。三河湾奥の河口海岸での MP の実態はまだ把握できていない。MP は干潟の生態系にどのような影響があるのだろうか。そこで今回は通常の清掃活動に加え、干潟に二枚貝が取り込む MP が有るか無いかを焦点を絞り、簡易な試験調査を行った。

#### ア. 調査方法

対象は当干潟に生息する二枚貝で、最近、アサリに替わって優占種になったハマグリを選んだ。そして MP が比較的容易に確認できるものとして、呼吸・摂食で排出される擬糞(ぎふん)に注目し、それを集めてその中に MP の存在有無等を調べることにした。そこで、当日の潮干狩りで採られたハマグリを当試験に供した。

#### (ア) 海産二枚貝の軟体部外部形態と消化器の特徴

二枚貝のうちアサリやハマグリが属するマルスダレガイ類は異歯類に分類されている<sup>16)</sup>。二枚貝の殻の向きは、足があり殻が開く方が腹縁、かみ合わさっている方が背縁、口がある方が前縁、水管側が後縁である<sup>16)</sup>。外套膜は殻と靱帯を形成し、内臓塊を覆う<sup>16)</sup>。2枚の殻は弛緩・収縮する外靱帯(マルスダレガイ類は筒状)と内靱帯によって結び付けられている<sup>16)</sup>。外套膜は左右二葉に分かれ、後ろ側で癒合して入水管(腹側)と出水管(背側)を形成する<sup>16)</sup>。肛門は背側に開口する<sup>16)</sup>。二枚貝の鰓(えら)は外套腔内に左右1つずつある<sup>16)</sup>。異歯類は全て弁鰓型で、鰓葉は格子状、長い柱状空間で、鰓糸結合間に小孔があり、水流はこの孔を通じて柱状空間に入り込み、背側に上がって出水管へ排出される<sup>16)</sup>。繊毛によって捕らえられた粒子は食溝に集められる<sup>16)</sup>。口の前側には唇弁があり、鰓から送られてきた餌粒子を選別し口に運ぶ<sup>16)</sup>。大型の粒子は排除され外套腔へこぼれ落ちて擬糞として殻外に排出される<sup>16)</sup>。消化管の前部は単純で、胃には1対の消化腺が付属する<sup>16)</sup>。腸は長く螺旋を描き、肛門は出水管の基部付近に開口する<sup>16)</sup>。(図2参照)

ハマグリは、胃の周囲(背側の一部を除く)に消化盲嚢(中腸腺ともいう)が展開する(山元・半田,2009)<sup>17)</sup>。消化盲嚢は胃壁に開口する主導管、二次導管、前細管導管および盲嚢細管で構成され、主導管、二次導管および前細管導管はともに繊毛を有する柱状の上皮細胞から成る(鳥羽ほか,2014)<sup>18)</sup>。餌は胃壁が大きく湾入した3箇所から出た主導管に入り、さらに枝分かれして次第に細くなる二次導管を経て房状の盲嚢部に運ばれ、盲嚢部の細胞に取り込まれて消化される。

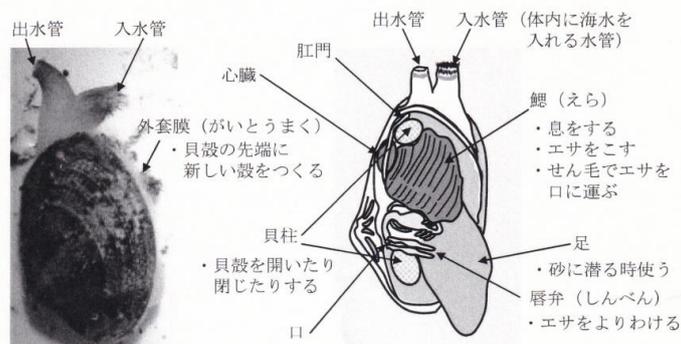


図2 アサリの形態と各部の名称(出典:三重県水産研究所,2011)<sup>19)</sup>

#### (イ) 海産二枚貝の濾水・摂餌の特徴

アサリは身から入水管を伸ばして海水を取り入れ、海域の栄養塩を吸収して増殖した水中の植物プランクトン(小型のキートセラス、スケルトネマ等)、付着珪藻および有機懸濁物(デトリタス)

などを鰓の繊毛（せんもう）でろ過して摂食し、成長や代謝に回す。また、アサリの出した糞はゴカイの餌となり、アサリの尿は栄養塩となってノリや植物プランクトンの栄養となる（三重県水産研究所,2011）<sup>19)</sup>。

アサリの成長と生息場所の海水の流速は正の相関関係にあり、流れは餌供給に影響を与えると推定されている（西沢ほか,1992）<sup>20)</sup>。また、底層水中の植物色素濃度（クロロフィル a、フェオ色素）が高い場所でアサリの肥満度が高いことが知られている（柴田ほか,1999）<sup>21)</sup>。アサリの飼料としては、植物プランクトンと底生微細藻類が重要である（水産庁,2008）<sup>22)</sup>。さらに、小池ほか（1992）は、東京湾の小櫃川干潟で行ったアサリの食性調査から、食物の主体は底生珪藻にあり、動物プランクトンや藻場に生息する生物との混食も示唆されたと報告している<sup>23)</sup>。

アサリは鰓で懸濁物質を濾し取って摂餌し、 $2\mu\text{m}$ 以上の粒子をろ過する能力を持っている（Y.Nakamura,2001）<sup>24)</sup>が、ろ過物の一部は擬糞として吐き出されたり、利用されずに糞として排出されたりする<sup>23)</sup>。アサリが有機物と無機物を直接的に選り分けることは証明されていないが、粒子サイズの選択性は存在し、殻長 $3.5\sim 4.5\text{cm}$ のアサリでは、 $20\mu\text{m}$ 以上の粒子が擬糞として排出されやすい（J.Defosse and A.Hawkins,1997）<sup>25)</sup>。海水中の大きな粒子は無機物が多く、粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の懸濁粒子はそれ以上の粒子に比べて植物色素量、有機炭素量、タンパク質量が多いことから、餌料価値が高いと考えられている（沼口,2001）<sup>26)</sup>。

ハマグリは、アサリと同様、呼吸や摂餌をする際に殻の後方から出水管と入水管を出し、入水管から海水を吸い込む。吸い込んだ海水は入水管から鰓を通り、そこで濾し取られた懸濁物のうち餌となるものは口へ運ばれ、不要なものは海水とともに出水管から排水される。ハマグリは水管の周りに粘液組織が発達しており、ここから分泌された粘液をひも状に長く伸ばして、潮流に乗って海底を滑走することができる（熊本県水産研究センター,2013）<sup>27)</sup>。緑川と白川の両河口域では、殻長 $2\sim 4\text{mm}$ で越冬したハマグリ稚貝は、個体によって大きく異なるものの、年に $10\sim 20\text{mm}$ 程度の速度で成長し、発生の翌年に殻長 $10\text{mm}$ 程度、2年後に殻長 $20\sim 30\text{mm}$ 程度のサイズに達すると考えられている（熊本県水産研究センター,2013）<sup>27)</sup>。

#### （ウ）試料

参加者から提供いただいた5個体の計量値を、表2に示した。これらが採られた場所は、毎年、定点調査を行う中央の西方ライン（C）より南側で、豊川河口の滞筋に近い並行したライン（S）、海岸から $100\sim 300\text{m}$ 西方の範囲であった（図1、写真25）。殻長は $41.0\sim 67.0\text{mm}$ 、1個体当たり殻付き湿重量は $17.6\sim 72.4\text{g}$ であった（写真26）。ハマグリは、殻長 $40\text{mm}$ 程度から繁殖可能になると考えられている。また、成熟に伴って肥満度が上昇することから、三河湾におけるハマグリの産卵期は6~7月と推定されている（岩田ほか,2019）<sup>28)</sup>。試験に供した5個体はサイズにバラツキがあるもののいずれも産卵期の親貝に当たり、活発に活動している時期のものと考えられた。



写真 25 潮干狩りの様子（干潟南部）  
この辺りで試料が採取された（図1参照）



写真 26 試験に供したハマグリ 5 個体  
右下は比較に添えたシオフキ

表 2 試験に供したハマグリ の計量値

試料No	項目	殻長 (mm)	殻高 (mm)	殻幅 (mm)	殻付き湿重量 (g)	貝殻重量 (g)
1		67.0	53.7	34.0	72.4	34.5
2		47.5	37.5	24.6	26.5	12.9
3		44.9	36.3	23.0	22.3	10.6
4		46.4	37.7	23.4	24.4	11.2
5		41.0	33.6	21.0	17.6	8.1
	平均値	49.4	39.8	25.2	32.6	15.5

生き物調べ終了時に、50のミニバケツを用い、岸寄りの干潟潮だまりで上澄み海水 20を汲み、試供の 5 個体を底に置いた。この砂出し状態で一晩静置し、排出された擬糞を収集して検鏡に供した。この中には消化管から排出された糞も混じっている。しかし、筆者は二者を正確に判別できなかったため、ここでは全て擬糞として扱った。顕微鏡は照明付光学顕微鏡（オリンパス製）を使用した。顕微鏡下の MP の判定・分類には、文献<sup>5,12~14</sup>などに掲載された図版や写真の MP 形状・色彩等を参考にした。

#### イ. 観察結果

12 時間後、5 個体を取り上げ、底に溜まった擬糞を、水を切りながら小平皿に収集した（写真 27）。擬糞の中には消化管を通して排出された糞塊も含まれている。しかし、今回は初めての試みで、形態やサイズは多様で二者の識別が正確にできなかった。よって、これらを一括して擬糞として扱い、まとめて風乾した。検鏡前に小塊を集めて再度、精製水でほぐし、その一部をスライドガラス面に載せた。この試料に精製水を 1 滴落とし、手操作でやや展開してカバーガラスをかけ、顕微鏡の基盤において明視野観察を行った。今回は、プレパラートの作成から検鏡、写真撮影までの一連の作業に約 3 時間を要した。

観察した結果、一つのプレパラートで、ハマグリの擬糞の間に微細な MP が幾つか確認できた。その主な例を、表 3 および写真 28~31 に示した。MP の形状は、砕かれたような断片が多く、中にはひも状の断片も見られた。幾何学的な断片で彩色があるものは判別し易いが、フィルム状で透明な断片は有機物・鉱物および塩の結晶との判別が難しかった。簡易な試験方法ではそこまでが限界であろう。

表 3 ハマグリの擬糞から確認された MP の形状など

形状による分類	外観（推定されるプラスチック種類）、色	摘要（MP サイズ：μm）
断片	硬質プラスチック（ポリプロピレン）、青緑色	写真 28、長径 300、短径 160
粒状	碎片（ポリエチレン）、半透明	写真 29、長径 150、短径 60
ひも状	繊維、暗灰色	写真 30、長径 400、短径 20
断片	硬質プラスチック（ポリプロピレン）、薄茶色	写真 31、長径 110、短径 70

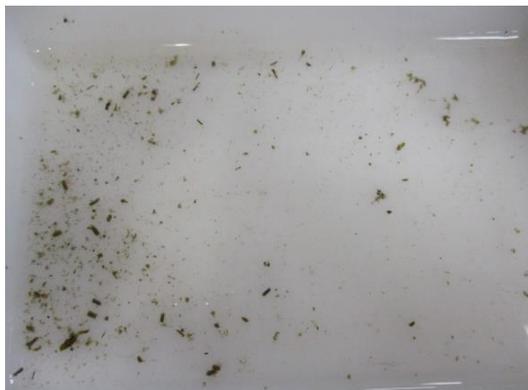


写真 27 干潟の水を採ったバケツに左の 5 個体を入れ、12 時間静置後に擬糞を平皿に集めた

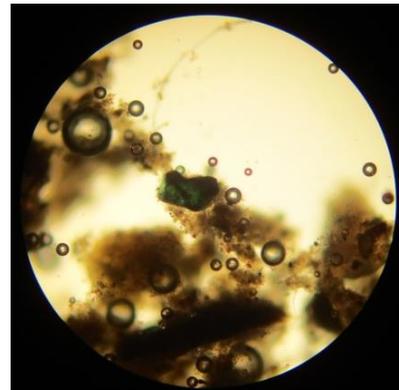


写真 28 擬糞に混入する断片 MP（検鏡 50 倍）散在する丸いのは気泡

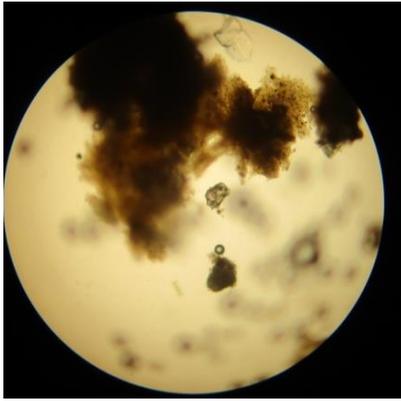


写真 29 擬糞に混入する碎片 MP (検鏡 50 倍)  
左下の緑色の小片はケイソウの一部



写真 30 ひも状 MP (検鏡 50 倍)  
丸いのは気泡

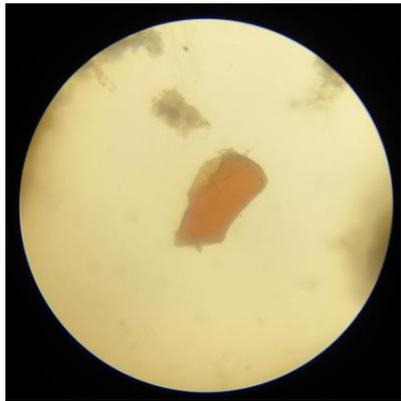


写真 31 断片 MP (検鏡 200 倍)  
周辺のは懸濁有機物の残渣

## ウ. 考察

### (ア) 二枚貝の摂食方法と餌料環境

二枚貝の排泄物量は、摂餌方法からみて海水中の懸濁質量と関連している。カキの場合、糞の量は懸濁質量と相関しないが、擬糞の量とは正の相関関係にあり、アコヤガイの場合、季節変化が排泄物のない冬季を除き懸濁質量の増減と同じ傾向があることが知られている。広島県におけるマガキでも排泄物量は季節変化し、10月に最も多く 290mg/日 (乾燥重量) に達する (楠木,1970)<sup>29)</sup>。摂餌量は10月に排泄物量より多いが、11月から摂餌が質的に変化し12月から4月までは逆に少ない (楠木,1971)<sup>30)</sup>。

一般に餌となる浮遊懸濁物を鰓によって摂取する二枚貝では、餌に対する特別な嗜好性は無く、それが消化吸収されるかどうかに関わりなく、適当な大きさの懸濁粒子であれば消化器官内に取り込まれ、そのうちで主に植物プランクトンが消化されて栄養になると考えられている。東北の松島湾において飼育されたチョウセンハマグリの場合、餌料密度が高い時、時折擬糞が多量に排出される。擬糞は粘液とそれによってからみを与えられた餌生物とから成り、外観はひも塊状である。擬糞と貝の糞の排泄量は、餌の種類・密度に変動し、餌摂取について選択性 (選択的排除) が備わっていると考えられている (藤井,1974)<sup>31)</sup>。

二枚貝の懸濁物のろ過から擬糞・糞の排出に至る過程は、水中からの懸濁物除去と底質への有機物輸送の面で重要である (中村ほか,2001)<sup>32)</sup>。宍道湖のヤマトシジミは、殻長が水温の上昇や餌料濃度の増加に伴い5月~8月にかけて急激に成長し、秋以降に成長が止まる周年変動を示す。ヤマトシジミ1個体の成長モデルは、次式(1)で表現される (中村ほか,2001)<sup>32)</sup>。

$$dB/dt = B_1 + B_2 - B_3 - B_4 - B_5 - B_6 \cdots (1)$$

ここで、 $B$  : 軟体部の炭素量、 $dB/dt$  : 成長過程 (速度)、 $B_1$  : 植物プランクトン摂餌速度、 $B_2$  : デトリタス (生物遺体や生物由来の物質の破片や微生物の死骸、あるいはそれらの排泄物を起源とする微細な有機物粒子) 摂餌速度、 $B_3$  : 擬糞排出速度、 $B_4$  : 排糞速度、 $B_5$  : 呼吸速度、 $B_6$  : 産卵・

放精（軟体部損失分）速度である。島根県水産試験場報告によると、ヤマトシジミの糞と擬糞の排出量（速度）は 33.4mg/g/hr（乾燥軟体部）であるが、一般に二枚貝の排糞量は餌濃度、水温、個体の大きさ（殻長、個体重）によって異なる。二枚貝は餌濃度が高くなると糞・擬糞の排出量が指数関数的に増加することが知られている。呼吸速度は水温 5~25°Cの間で指数関数的に増加し、25°C付近を境にしてそれ以上の水温では逆に低下する。また、単位重量当たりの呼吸量は大型個体の方が小さくなる（中村ほか,2001）<sup>32)</sup>。

底生微細藻には多様な種類があり、その生産速度は夏季から秋季にかけて最大になる。浅海域における二枚貝の食物として、植物プランクトン（浮遊微細藻）とともに底生微細藻も大切な機能を果たしている（伊藤,2009）<sup>33)</sup>。海産二枚貝の殆ど全てのものが水中の浮遊懸濁粒子を鰓により濾別を行っている。有機・無機質の固形粒子および海産珪藻・淡水産緑藻を海水中に浮遊懸濁させた濁水中で、アサリ等の二枚貝は水管または外套膜辺りの触手を内側に倒し、時折擬糞を輩出し、これに伴って殻の開閉運動が盛んになる。どの貝もこれらの粒子を濾別し、また摂餌して、体内に摂取されない部分は擬糞として殻外に排出する（千葉・大島,1957）<sup>34)</sup>。摂餌量は、一般に擬糞排出濃度まで増加するが、アサリ・ハマグリではそれ以上の濃度では殆ど一定値となる。一方、擬糞量は濁水濃度に比例して直線的に増加する。餌料濃度がいかに増加しても一定時間内に食される量は一定で、過剰の分は擬糞として排出される（千葉・大島 1957）<sup>34)</sup>。マガキやムラサキガイでは擬糞排出濃度以上でも摂餌量は増加するが、その割合は次第に減少する（千葉・大島,1957）<sup>34)</sup>。

アサリ漁場の干潟で、底泥表層に堆積したセジメント（沈殿物）中のデトリタスも、アサリの餌料環境として重要である（沼口,1990）<sup>35)</sup>。アサリ漁場のセジメントにはクロロフィル a やフェオ色素が含まれており、これらの植物色素量が多いと有機物量も多い。特に微細なセジメント粒子には高い割合で植物色素と有機物が含まれている。天然のアサリ漁場におけるアサリの消化管内容物には着砂性・着泥性の珪藻類が多く、アサリ餌料の主体が底性珪藻類であるという報告もある（小池ほか,1992）<sup>23)</sup>。アサリは、砂泥に付着した珪藻類をそのままでは摂取出来ないが、付着珪藻類が付着基質の微細な砂泥とともに潮汐流や波浪によって巻き上がり、再び沈降する時に入水管から取り込むことが出来る。一方、枯死した付着珪藻類、海藻・海草の分解物、浮遊性植物プランクトンの枯死したものが海底に沈積して出来る砂泥上のデトリタスも同様に、入水管から海水と共に取り込まれているとみられる。河川の出水により到達した植物由来のデトリタスもアサリ餌料の重要な供給源になっている可能性がある。微細なセジメント粒子を摂取したアサリは、消化盲嚢に含まれる植物色素量が増加し、アサリのグリコーゲン量も同時に増加する。10 $\mu$ m以下の懸濁粒子にはそれ以上のサイズの粒子に比べて植物色素量、有機炭素量、タンパク質量が多いことから、10 $\mu$ m以下の懸濁粒子はアサリの摂餌に適し、栄養面からも利用されやすいと考えられている（沼口,2001）<sup>26)</sup>。このようにセジメント表層に付着する珪藻類や、堆積したデトリタスなど植物由来の有機物はアサリの成長（生物生産）に役立っていると考えられているが、干潟のデトリタスはアサリの餌料として均質なものではなく、餌料効果も由来となる種類によって異なることが考えられる。

陸域・河川を期限とするプラゴミ、海の漂流・海岸漂着プラゴミ・沿岸海底に沈積したプラゴミは増加を続けている。更に、環境中を移動・拡散し、長く留まる過程で、劣化・碎片化して微細なMPに変容する。干潟に生息する二枚貝類は、このような摂食方法と餌料環境を基としており、海棲哺乳類・爬虫類、魚類にとどまらず、内湾・干潟の底生生物も全体的に、浮遊懸濁質やデトリタスの中に新たに加入するMPによっても何らかの影響を受けていることが推察される。

#### （イ）観察されたMPと魚類の体内および内湾・陸水から検出されるMPとの比較

世界の魚類体内から抽出されたMPの例は、表4のとおりである。日本における魚類の消化管内から検出されたMPの例は、表5のとおりである。魚類体内から検出されたMPサイズは、世界で最小16から最大4,740 $\mu$ m、平均727~941 $\mu$ m、日本で中央値400~2,250 $\mu$ m、25%タイル300 $\mu$ mから75%タイル1,700 $\mu$ mの範囲である。MPサイズは、魚種・体長によってバラツキがある

が、世界も日本も同様な傾向にある。

日本における内湾・陸水で検出される MP の例は、表 6 のとおりである。検出された MP サイズは、表層水から平均 1597~1622 (標準偏差 SD 838~1,219)  $\mu\text{m}$ 、底泥中から平均 1,004~1,824 (SD 559~1,673)  $\mu\text{m}$  の範囲である。これらは、日本の魚類消化管内の MP サイズと比べると、当然大きい。より細片化した MP が水生生物に誤飲される傾向にある。

摂食方法別でみると、ろ過摂食魚類はろ過摂食以外の魚類と比べて MP 検出率が 2.6 倍、1 匹当たり MP 数の平均が 1.6 倍であった (牛島ほか,2018) <sup>15)</sup>。また、検出された MP 成分は、ろ過摂食魚類がほとんどポリプロピレン (PP) とポリ-1.4-シクロヘキサジメチレンテレフタレート (PCT) であり、ろ過摂食以外の魚類がほとんどポリプロピレン (PP) とポリエチレン (PE) であった (牛島ほか,2018) <sup>15)</sup>。

表 4 世界の魚類体内から抽出された MP の事例

捕獲 海域	魚の 種名	試料数 (n)	MP 含有 率 (%)	MP 平均数 (個/個体)	MP サイズ ( $\mu\text{m}$ )	MP 形状 ( ) : 色彩
黄海	イカナゴ	50	40	0.5	16~4,740、平均 941	繊維、塊
北太平洋	カタクチイワシ	64	77	2.3	150~1,000	断片、玉
黄海	カタクチイワシ	280	33	0.4	16~4,740、平均 941	繊維、塊、断片
黄海	マルアジ	78	31	0.4	16~4,740、平均 941	繊維、塊、断片
黄海	マダラ	40	40	0.4	16~4,740、平均 941	繊維、塊、断片
南シナ海	ボラ	60	60	4.3	平均 1,180	繊維、塊、シート (緑・青・黒)
東シナ海	ハモ	30	58	エラ 1.9 消化管 0.8	ポリエチレン・ポリエチレン テレフタレート平均 727	繊維、断片 (青・黒・赤)
地中海	イワシ	36	47	1.8	39~857	繊維、断片 (青・ピンク)
南太平洋	カツオ	26	23	1.5	ポリエステル 100-500 ポリエチレン・レーヨン 500~1,000	繊維、断片 (黒・青・白・ 透明)
南太平洋	キハダ	26	32	1.8	ポリエステル 100~500 ポリエチレン・レーヨン 500~1,000	繊維、断片、フ イルム (黒・青・ 白・透明)

(出典 : C.J.Thiele et al. ,2021) <sup>36)</sup> 千葉,2021 の表 <sup>37)</sup> を筆者が改変した。数字の一部は丸めて表示した。

表 5 日本の魚類消化管内の MP の事例

捕獲 水域	魚の 種名	試料数 (n)	MP 含有 率 (%)	MP 平均数 (個/個体)	MP サイズ ( $\mu\text{m}$ ) 中央値 (25% - 75% 値)	MP の主成分
女川湾	マイワシ	30	40	1.3	600 (450 - 1,700)	PP、PE、PCT
東京湾	カタクチイワシ	34	79	2.7	400 (400 - 600)	PE、PP
東京湾	マアジ	16	25	1.0	1,250 (800 - 1,700)	PE、PP
東京湾	サッパ	3	0	0	N.D.	N.D.
敦賀湾	インダイ	30	13	1.5	800 (600 - 1,000)	PP
大阪湾	カタクチイワシ	30	47	1.6	650 (450 - 1,400)	PP、PE、PCT
大阪湾	スズキ	6	17	1.0	2,250	その他
英虞・五 か所湾	マアジ	17	18	2.3	650 (400 - 650)	PP、PCT
琵琶湖	ワカサギ	31	29	1.1	600 (300 - 650)	PP、PCT

(出典 : 牛島ほか,2018) <sup>15)</sup> 含有率、平均数は、筆者が計算して示した。サイズおよび主成分は、出典の図から読み取った値、種類を表示した。凡例 PP : ポリプロピレン、PE : ポリエチレン、PCT : ポリ-1.4-シクロヘキサジメチレンテレフタレート、その他 : 上記 3 成分以外の成分

表 6 内湾・陸水で検出される MP の事例

調査水域	採取位置	地点数 (n)	MP 密度		MP サイズ (μm)	調査年
					平均値 (標準偏差)	
琵琶湖	表層水中	6	0.11~1.26	平均 1.24 (個/m <sup>3</sup> )	1,597 (±1,219)	2015
		27	0.05~6.53			2016
	底泥中	21	0~27	(個/乾燥重量 10g)	1,824 (±1,673)	2015
大阪湾	表層水中	5	0.08~3.98	0.92 (個/m <sup>3</sup> )	1,622 (±838)	2015
〃	底泥中	8	1~19	(個/乾燥重量 10g)	1,004 (±559)	2015

(出典：田中,2017)<sup>12)</sup> 筆者が整理して表示した。主な成分：琵琶湖表層水中はポリプロピレンが最も多く、次いでポリエチレン、ポリスチレン、ポリアクリル酸アンモニウムであった。底泥中はポリエチレンが最多。大阪湾表層水中はポリエチレンが最も多く、次いでポリスチレン、ポリプロピレンなどであった(上位3種で97%)。底泥中はポリエチレンが最多である。

プラスチックの比重は、PPが0.90~0.91、PCTが1.24~1.27、PEが0.91~0.965である<sup>38)</sup>。比重が小さいプラスチックは長距離漂流しやすく、比重が大きいプラスチックは河口や陸に近い海底に沈み易いと考えられる。調査事例によると比重が比較的小さいプラスチック成分が多い傾向にある。平均粒径は、過摂食魚類が中央値500μm、ろ過摂食以外の魚類が675μmで有意な差は見られていない(牛島ほか,2018)<sup>15)</sup>。

#### (ウ) 中国の沿岸海域における二枚貝のMP汚染状況

近年、中国で上海最大の水産市場で販売されている二枚貝、9種類(サルボウガイ、ハイガイ、ムラサキイガイの近縁種、イソホテガイ、チチカケガキ、シカメガキ、アサリ、ハマグリ、オキシジミ)のMP汚染が調査されている(J.Li et al.,2015)<sup>39)</sup>。これらの種は中国の沿岸海域に沿った養殖場または野生の環境中から採られたものである。この事例では、全試料の二枚貝の軟体部組織から繊維、断片、ペレット(円柱・球状など長径数mmのプラスチック粒)を含む複数種類のMPが検出されている(表7)。

これらのMP総数は、軟体部組織の重量当たり2.1~10.5個/g、個体当たり4.3~57.2個/個体と様々であった。中でもサルボウガイ(フネガイ科、殻長平均36.4mm)は重量当たり平均10.5個/g、

表 7 中国の水産市場における二枚貝 9 種類の MP 汚染状況

二枚貝 種類	試料				MP検出個数	
	個体数 (n)	殻長 (cm) (cm)	殻付き湿重量 (g/ind.)	軟体部組織重量 (g/ind.)	重量当たり個数* (n/g)	個体あたり個数* (n/ind.)
サルボウガイ	6	3.64±0.16	14.62±1.54	4.43±0.69	10.5±3.5	45.0±16.0
ハイガイ	18	262±0.21	6.84±0.67	1.29±0.10	4.2±2.2	5.0±2.0
ムラサキイガイの近縁種	18	465±0.25	5.66±1.40	1.79±0.42	2.2±2.0	4.3±3.0
イソホテガイ	6	892±0.23	68.87±0.79	24.80±2.07	2.2±1.0	57.2±17.5
チチカケガキ	18	8.40±0.58	35.27±5.73	1.84±0.33	6.0±2.0	10.5±5.0
シカメガキ	6	6.21±0.45	13.52±2.74	7.53±1.60	2.1±1.5	14.5±5.0
アサリ	24	3.36±0.21	6.38±1.37	2.21±0.29	2.5±1.3	5.0±3.0
ハマグリ	18	3.49±0.18	11.32±1.45	2.33±0.54	4.2±1.3	9.5±1.0
オキシジミ	30	2.82±0.16	6.55±1.48	1.19±0.27	4.0±1.5	4.5±2.0

種類	MP分類構成			MPサイズ構成*			
	繊維 (%)	断片 (%)	ペレット(粒) (%)	0.005~0.25 (%)	0.25~0.5 (%)	0.5~1 (%)	1~5mm (%)
サルボウガイ	52	40	8	75	9	11	5
ハイガイ	80	20	0	32	10	32	26
ムラサキイガイの近縁種	67	31	2	59	14	10	17
イソホテガイ	70	13	17	47	17	21	15
チチカケガキ	26	14	60	84	6	5	5
シカメガキ	82	18	0	37	22	23	18
アサリ	64	10	26	75	6	9	10
ハマグリ	79	17	4	34	25	27	14
オキシジミ	65	31	4	66	12	17	5

(出典：J.Li et al.,2015)<sup>39)</sup> 注 \*：値の一部は、筆者が出典の図から読み取って示した。

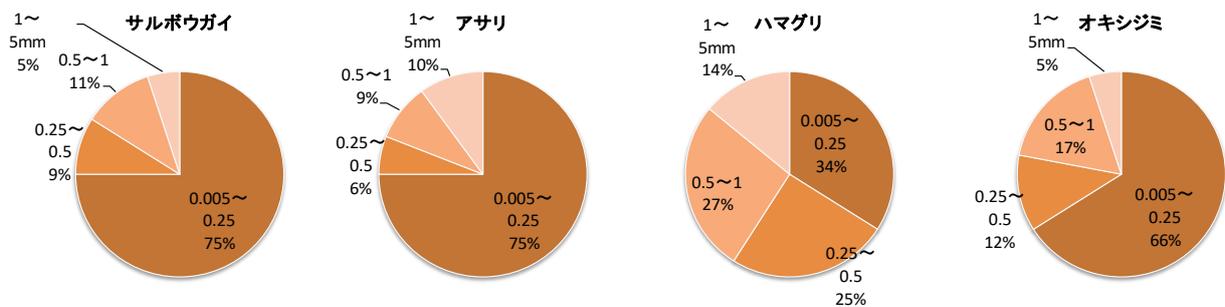


表 7 より筆者が作成した。

図 3 中国の水産市場における二枚貝の軟体部組織に含まれていた MP のサイズ構成の比較

個体当たり 45.0 個/個体を含み、重量で最高レベルの数量を示した。また、アサリ（マルスダレガイ科、殻長平均 33.6mm）は、重量当たり平均 2.5 個/g、個体当たり平均 5.0 個/個体で、ハマグリ（マルスダレガイ科、殻長平均 34.9mm）は、重量当たり平均 4.2 個/g、個体当たり平均 9.5 個/個体であった。繊維は、最も一般的な MP で、検出された 8 種類の MP 全体の半分以上を占めていた。ペレットは、チチカケガキ（イタボガキ科）において MP 全体の 60% を占めていた。MP の大きさは、二枚貝各種類で 33~84% が、250 μm 未満であった。

この結果は、MP 汚染が広範囲に及んでおり、中国の商業用二枚貝は比較的高いレベルにあることを示唆するものと報告されている（J.Li et al., 2015）<sup>39)</sup>。

#### (エ) 今回の試験調査から分かったこと

今回の調査で、観察に供したハマグリ の擬糞中にあった MP のサイズは、長径が中央値 225 μm、最小 110 μm、最大 400 μm であった。これらは前述（表 4, 5）の魚類消化管内の MP 検出サイズと比較すると小さい側の範囲にある。当然、魚類の口の大きさと二枚貝の入水管とでは後者の方の径が小さいことに違いがある。消化管を通して排出された糞中の MP サイズは更に小さい側にあると類推される。一方、MP の成分はほぼ同様とみられた。

J.Li et al. (2015)<sup>39)</sup> が調査した中国産二枚貝の中から、前芝海岸でも馴染みのある 4 種 MP のサイズ構成比率に注目してみると、図 3 に示すとおりである。サルボウガイとアサリの MP サイズ構成比率は近い。これに対してハマグリ の MP サイズ比率は、比較的大きなサイズ側に高い。オキシジミの MP サイズ比率は、ややサルボウガイ寄りに近い。これらの相違点は、殻長など生体の大きさ、呼吸・代謝量、摂食対象などの生態、塩分や流れなど生息場所や底質といった物理環境、それと MP の分布、漂流・沈積密度等が関係していると考えられる。前芝海岸の場合も同様な関係にあることが推測される。解析を進めれば、干潟の MP が二枚貝の体内に一度取り込まれる個数、干潟の MP 分布密度、潮干狩りで干潟から取り上げられる MP 量等が、有機物や栄養塩類と同様に、定点の生き物調査から推算できるかもしれない。詳しくは、精度管理、前処理（化学処理・選別）、定量方法を吟味して行う必要がある<sup>7,13,40)</sup>。今後の干潟調査で明確になるだろう。

MP は海水や餌と一緒にハマグリ の体内に一度取り込まれ、選別して排泄されていると考えられるが、一部は誤食などによって体内、消化器に残っている可能性が考えられる。しかし、今回は軟体部、消化管内の内容物までその有無を探索することはできなかった。今後の課題とするが、この点は試験設備が整った水産関係の専門機関、環境・工学関係の研究室などに調査を期待したい。

今回は簡易的な方法による結果であったが、MP が身近にも生態系を循環していること、プラスチックが私たちの生活に回帰している可能性が示唆された。よって、少なくとも当地で採れたアサリ、ハマグリ等の二枚貝を食材とする場合は、一先ず、MP が無い鹹水で十分に砂出しすることが、人への MP 取り込みを抑制し、健康への影響を回避することに繋がる。次に、私たちは広い視野に立って MP 汚染問題を考える必要がある。プラゴミの発生源である陸域・流域から川・海（干潟～内湾）への流出、伊勢湾や外海からの流入、移動と堆積、およびその過程でプラゴミサイズに変化

が起きている。MP は、生物に物理的に影響を与えるだけでなく、添加剤および環境中にある重金属類、残留する有害化学物質を運び屋となって海洋の生態系に広げている。そして、生物や人への暴露が増幅されると将来様々な病気や機能不全に繋がる<sup>6)</sup>という長期的影響が懸念されるからである。(コラム参照)

**【コラム】 マイクロプラスチック (MP) の生物への影響について**

マイクロプラスチック (MP) の生物への影響に関する論点について、日本学術会議 健康・生活科学委員会・環境学委員会 合同環境リスク分科会 (2020) の提言書<sup>6)</sup>を主に引用しながら概略紹介する。

**1. 水環境における MP の動態**

工業生産されているプラスチック類のうち、比重が小さいポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどは遠方に漂流し易く、比重が大きいポリ塩化ビニル、アクリル、PET、ポリカーボネート、フェノール樹脂等は河口近くに沈積し易い。軽く浮遊するものも表面に有機物・無機物が付着してくると重くなり海底に沈降する。海ゴミは様々な場所に移動 (再浮遊・移動)、環境中に長く残留する。

**(1) MP の分類**

成因系 一次 MP : 工業生産品 (原形)、二次 MP : プラスチック製品が使用後に陸域から川・海に流出して紫外線・熱、風波などの物理的な力によって破碎され、細片化したもの (生活排水中の洗濯屑の化学繊維、食器洗いスポンジの摩耗碎片なども含む。)

形状系 断片状、繊維、球状、シート状、粒塊状、フィルム状、棒状、パイプ状

製品系 徐放性肥料プラスチック、レジンペレット (円盤・円柱・球状の直径数 mm のプラスチック粒)、硬質プラスチック片、発泡プラスチック片、人工芝など

**(2) MP の分布**

プラスチックは細かくなり、難分解性で長期にわたり海域 (海面・海中各層、海底・底泥、海岸・海辺) に存在する。生物への取り込み過程について、海洋の生態系ピラミッドモデル (図 4 参照) で、一次生産者、第二次栄養段階 (植物食)、更に第三次以上の高次栄養段階 (肉食種) の構成を考えると、微細な MP は動物プランクトンに誤飲・摂食され体内に取り込まれる。小型動物はその動物プランクトンを摂食するとともに、自らも MP を呼吸や摂食で体内に取り込む。より大型の動物も動物プランクトンや小型動物を摂食するとともに、自らも誤飲・誤食によってプラスチック片を体内に取り込む。よって、MP は物理的・生物的生態系に拡散している。

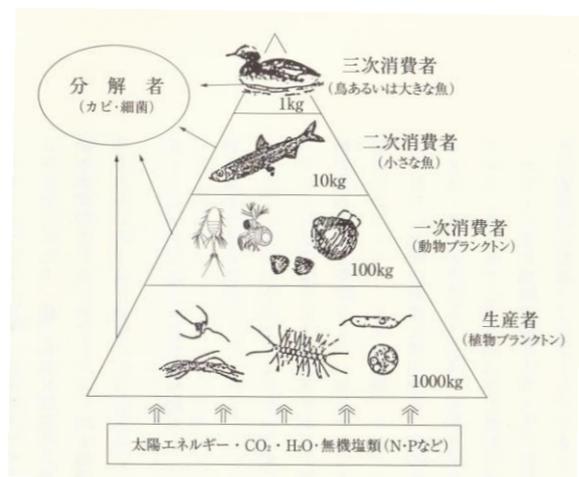


図 4 海の中の生態系ピラミッド (山室,1996<sup>41)</sup> の原因を改変した模式図 出典 : 西條,2002<sup>42)</sup>

**2. MP の生物への影響**

MP の生物への影響は、大きく分けると、1) プラスチック自体が物理的異物でありことによる影響 (粒子毒性)、2) MP に含有・吸着された化学物質による影響、および 3) それら 2 つが同時に作用すること、が考えられている。

**(1) 物理的影響**

物理的な影響について、大型生物は摂食した比較的大きなプラスチックの物理的な作用で生理

的な影響が観測されている。MP の粒子毒性は、室内実験から微粒子の暴露によって生物の再生産能力の低下、ホルモンバランスの異常、抗酸化酵素の誘導、合成酵素・輸送タンパクの発現抑制などが報告されている。また、ナノサイズ (20nm) のプラスチックが細胞膜を通過して生物組織へ損傷を与えることも示唆されており、コロイド粒子の領域にある微細な MP の細胞膜透過は人への影響を考える上で重要である。

### (2) MP に含有・吸着された化学物質による影響

プラスチックには構成ポリマー (高分子有機化合物) だけでなく、可塑剤、紫外線吸収剤、剥離剤、難燃剤など様々な添加剤が配合されている。中には有機化合物だけでなく重金属を含む化合物、内分泌物攪乱作用や生殖毒性を持つものも添加される場合がある。添加剤の多くは、疎水性が高く水に溶出し難いため、海洋漂流・海岸漂着物に残留していることが確認されている。添加剤はプラスチックの比表面積の増加と滞留時間の長さによって海水中に溶出する。漂流する MP には、自体の添加剤の他に、海水から吸着してきた疎水性の有害物質も含まれている。ストックホルム条約で規制対象の PCBs や DDT などの残留性有機汚染物質 (POPs) もプラスチックに吸着する。特に、ポリエチレンの場合は、POPs が単純に表面吸着するのではなく内部浸透を伴う緩やかな吸脱着になる。このような点がプラスチックの汚染物質輸送媒体 (運び屋) としての特徴である。また、レジンペレットや MP は、POPs 濃度が高い都市水域で POPs を高濃度に吸着し、急速に遠隔地の生態系に運び込まれる可能性が考えられている。

更に、都市水域には過去に使用禁止となった汚染物質 (レガシー汚染物質) の中で疎水性の高い物質が蓄積している。海底堆積物中の POPs が沈積した MP に吸着し、物理的・生物的作用で再懸濁や再移動が進行する。このようなレガシー汚染の長期化も懸念されている。

海洋生物等に取り込まれたプラスチックは体内を経て排泄されるが、有害化学物質の一部は体内に蓄積する。生物において摂食されたプラスチックに含まれる化学物質の影響が発現するのは、体内に取り込んだプラスチックから化学物質が溶出して生体組織に移行することから始まる。比較的高次の栄養段階の生物については、野外観測例からその移行・蓄積が確認されている。摂食プラスチックが微細で計測が難しい低次の栄養段階の生物についても近年調査が進み、イワシ、二枚貝、ヤドカリ等でプラスチック添加剤が体内から検出され、生体組織への移行・蓄積が起きていることが示唆されている。また、プラスチックから化学物質の移行は、摂食実験や飼育試験によっても証明されている。

### (3) バックグラウンド汚染物質、食物連鎖と影響の関係

プラスチックから生物組織への化学物質の移行・蓄積が確認されてきたが、生物は通常の餌からも有害化学物質にも暴露されているため、プラスチック以外の経路での暴露量との比較検討も必要である。プラスチックを介した生物への汚染物質の暴露は、その環境の一般的な汚染度 (バックグラウンド汚染) および対象とする汚染物質と生物種に依存する。バックグラウンド汚染やプラスチック以外の経路による有害化学物質の暴露が少ない離島や遠隔地に、高濃度の POPs を吸着したプラスチックが運ばれると、プラスチック経由の POPs 暴露の寄与は相対的に大きくなると考えられる。逆に一般的に汚染レベルが高い都市域では、MP を介した暴露は顕在化し難い。しかし、MP が将来増えた場合には、その寄与が大きくなる可能性がある。

栄養段階についても同様で、プラスチック添加剤が主な供給源になる成分では、MP を介した暴露が顕在化し易い。食物連鎖の過程で生物濃縮が起こる汚染物質について高次栄養段階生物を対象にすると、餌生物中の濃度が高く、MP を介した影響が顕在化し難い。逆に生物濃縮し難い成分の場合は、餌経由の暴露の寄与が相対的に小さくなり、MP を介した暴露が顕在化する。

MP を介した化学物質の暴露による生物影響は、魚やゴカイの場合、室内実験から肝機能障害や腫瘍の生成などの発現が報告されている。これらは自然の環境中で観測される暴露レベルよりかなり多い量での影響事例であるが、今後、プラスチックが更に環境中に増えた場合に起こりうる

影響の警鐘として捉えられる。

#### (4) 人の健康への影響

プラスチック添加剤の人の健康への影響も検討されている。一般に、疎水性が高い添加剤は、プラスチック容器内の飲み物や食べ物に溶出し難いため、プラスチック製品を使うことで人への直接の暴露は小さいと考えられて、プラスチックに添加されてきている。しかし、破片となり微細化したMPは魚介類に取り込まれ、消化液中に油分があると添加剤は溶出する。溶出した成分は腸から吸収され、脂肪や肝臓に蓄積される。魚介類に添加剤の代謝機能が低いと、食物連鎖を通して人も間接的に暴露される。一方、微細化の過程で海水中に溶出した添加剤は、別のMPや自然の懸濁粒子や堆積物に吸着し、これらも食物連鎖を通して間接的に人へ暴露される。

よって、近年の調査研究から、人類全体へのプラスチック添加剤の暴露が以前考えられていたよりも多い可能性がある指摘され、プラスチックとMPによる生物と人への影響において添加剤の問題は重要になった。

## 4. おわりに

今回は海岸の清掃活動に配慮すべき問題点が発生した。それは、前芝海岸の清掃活動に初めて参加された方が大きな釣り針で手に怪我をされたことであった。市民の皆さんは、暑い休日の中、ボランティア意識を持って参加頂いたが、怪我をされた方は残念ながらその日の干潟の活動には参加できなくなった。今後このような事故が起きないように、清掃計画に取り組み、参加市民の安全衛生対策に努めたい。

川・海のプラゴミ収集は、SDGsを目指した取り組みの中に位置づけられる。MP化する前のプラゴミを回収する活動は、MPの環境汚染を減らすために効果的な取り組みであることが分かった。しかし、際限なく増え続けるプラゴミの根本的な解決のためには、これ以上プラスチック汚染を発生させない、「モトから断つ」取り組みが不可欠である<sup>4)</sup>。プラゴミの発生を抑制するための取り組みは多岐にわたり、主体者も様々である<sup>4)</sup>。私たちは、流域市民がプラゴミ、MPの環境汚染に対してどうすべきか、何が出来るかを考えて頂くため、今後の活動に科学的知見と実践経験に基づく啓発学習を加えたいと思う。そして、プラスチックの使用削減・再利用・再資源化(3R)の取り組みとともに、産業活動はもとより商業施設、森林・農地、道路・公園など公共の場、市民生活の場で、川や海への流出・移動・堆積を防止する徹底管理<sup>7,37,43)</sup>の機運が高まることを期待したい。

なお、海岸清掃後に実施した潮干狩りと干潟の生き物しらべの結果は、データ整理途上であり、次回に報告したい。

#### 〈謝辞〉

今回の活動について後援をいただきました豊橋市、豊橋市教育委員会、530 運動環境協議会、海里山の伝統的食文化研究会、豊川流域圏づくり協議会、東三河交流ねっと、および三遠南信住民ネットワーク協議会に謝意を表します。また、当日都合をつけて活動に参加いただきました市民の皆様、MPの試験調査に試料を快く提供いただきました藪田 誠 様に感謝を申し上げます。更に、MPの追加的調査の契機は、今回の活動後の7月31日(土)に公開講座「マイクロプラスチックが生き物を苦しめている」(主催 矢作川流域圏懇談会)の開催<sup>44)</sup>が予定されたことでした。そして当講座に話題提供ができ、講座で得た知見はMP調査結果取りまとめの参考にさせていただきました。講師の千葉 賢 四日市大学環境情報学部教授並びに講座を企画・運営された矢作川流域圏懇談会の市民部会各位にも紙面を借りてお礼を申し上げます。

#### 〈註・文献〉

1) 野田賢司(2021): 海岸清掃と生き物しらべ学習会(2020年秋季Ⅱ)の活動結果, みなと塾, 第88号, 29-60,

- 2) 野田賢司 (2021) : 豊川 渥美 前芝フォーラム2021春季 海岸清掃と干潟あそび 学習の会 (海岸清掃の部) 結果報告, 1-4. (未発表、「みなと塾」投稿中)
- 3) 山下 麗・田中厚資・高田秀重 (2016) : 海洋プラスチック汚染: 海洋生態系におけるプラスチックの動態と生物への影響, 日本生態学会誌, Vol.66, No.1, 51-68.
- 4) 枝廣淳子 (2019) : プラスチック汚染とは何か, 岩波ブックレット 1003, 岩波書店, 87p.
- 5) 高田秀重 (2017) : マイクロプラスチック: 21世紀の環境問題 (下) 国際動向と対策, 化学経済, Vol.64, No.2, 69-72.
- 6) 日本学術会議 健康・生活科学委員会・環境学委員会合同 環境リスク分科会 (2020) : 提言 マイクロプラスチックによる水環境汚染の生態・環境影響研究の必要性とプラスチックのガバナンス, 36p.  
(URL. <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t288-1.pdf> 2021.8.31 閲覧)
- 7) 大塚佳臣・高田秀重・二瓶泰雄・亀田 豊・西川可穂子 (2021) : マイクロプラスチック汚染研究の現状と課題, 水環境学会誌, Vol.44, No.2, 35-42.
- 8) 外務省 (2015) : 我々の世界を変革する: 持続可能な開発のための 2030 アジェンダ (仮訳) .  
(URL. <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/000101402.pdf>)
- 9) GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (2015) : Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment : A Global Assessment. GESAMP Reports and Studies 90. International Marine Organization, London, UK.  
高田秀重 (2018) : マイクロプラスチック汚染の現状、国際動向および対策, 廃棄物資源循環学会誌, Vol.29, No.4, 261-269.
- 10) 藤山朋樹・吉田拓司・宮本颯太・村上依里子・岡本洋輔・片岡智哉・二瓶泰雄 (2019) : 河川におけるサイズ別プラスチックごみの堆積分布特性と劣化状況の把握, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.75, No.2, I\_433-I\_438.
- 11) 磯辺篤彦 (2017) : 海洋におけるマイクロプラスチックの漂流～海洋プラスチック循環論, 水環境学会誌, Vol.40 (A) , No.10, 349-353.
- 12) 田中周平 (2017) : 内湾・陸水におけるマイクロプラスチックの実態, 水環境学会誌, Vol.40 (A) , No.10, 358-361.
- 13) 亀田 豊 (2019) : 下水および淡水域におけるマイクロプラスチック汚染の状況, 月刊下水道, Vol.42, No.8, 24-29.
- 14) 磯辺篤彦 (2020) : マイクロプラスチックの海洋物理学, ながれ (日本流体力学会) , Vol.39, 264-269.
- 15) 牛島大志・田中周平・鈴木裕識・雪岡 聖・王 夢澤・鍋谷佳希・藤井滋穂・高田秀重 (2018) : 日本内湾および琵琶湖における摂食方法別にみた魚類消化管中のマイクロプラスチックの存在実態, 水環境学会誌, Vol.41, No.4, 107-113.
- 16) 東京大学総合研究博物館 (2002) : 貝の博物誌, デジタルミュージアム展示図録.  
(URL. [http://umdb.um.u-tokyo.ac.jp/DPastExh/Publish\\_db/2002Shell/](http://umdb.um.u-tokyo.ac.jp/DPastExh/Publish_db/2002Shell/))
- 17) 山元憲一・半田岳志 (2009) : ハマグリの中腸腺の構造, 水産大学校研究報告, Vol.57, No.3, 209-218.
- 18) 鳥羽光晴・小林 豊・高橋康男・斎藤良章 (2014) : 東京湾で放流ハマグリ of 夏季死亡に関する消化腺の組織学的観察, 水産増殖, Vol.62, No.4, 353-360.
- 19) 三重県水産研究所 (2011) : 三重県アサリ資源管理マニュアル～伊勢湾のアサリを守り育て活かす～, 三重県, 41p.
- 20) 西沢 正・柿野 純・中田喜三郎・田中浩一 (1992) : 東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と減耗, 水産工学, Vol.29, 61-68.
- 21) 柴田輝和・鳥羽光晴・酒井美恵・金子昭夫 (1999) : アサリ漁場の生産力評価のための植物色素量の指標性, 千葉水産試験場研究報告, Vol.55, 67-72.
- 22) 水産省 (2008) : 干潟生産力改善のためのガイドライン, 水産庁漁港漁場西武部整備課, 206 p.

(URL. [https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\\_gyozyo/g\\_guideline/index.html](https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/index.html))

- 23) 小池裕子・斎藤 徹・小杉正人・柿野 純 (1992) : 東京湾小櫃川河口干潟におけるアサリの植生と貝殻成長, 水産工学, Vol.29, No.2, 105-112.
- 24) Yasuo Nakamura (2001) : Filtration rates of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* : dependence on prey items including bacteria and picocyanobacteria, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol.266, 181-192.
- 25) J.-M.Defossez・A.J.S.Hawkins (1997) : Selective feeding in shellfish : size-dependent rejection of large particles within pseudofaeces from *Mytilus edulis*, *Ruditapes philippinarum* and *Tapes decussatus*, *Marine Biology*, Vol.129, 139-147.
- 26) 沼口勝之 (2001) : アサリ漁場の餌料環境としてのセジメント, 水産工学, Vol.37, No.3, 209-215.
- 27) 熊本県水産研究センター (2013) : 熊本県ハマグリ資源管理マニュアル, 熊本県, 22p.
- 28) 岩田靖宏・柴田晋作・服部克也 (2019) : 三河湾・蒲郡地先干潟に生息するハマグリに見られた肥満度の季節変化, 愛知県水産試験場研究報告, No.24, 22-23.
- 29) 楠木 豊 (1970) : カキ及び付着生物の排泄物量について, 水産増殖, Vol.18, No.1, 44-51.
- 30) 楠木 豊 (1971) : マガキ排泄物量と摂餌率との関連について, 水産増殖, Vol.19, No.2, 77-82.
- 31) 藤井武人 (1974) : チョウセンハマグリ成貝の室内飼育における問題点について, 東北主水研研究報告, Vol.33, 95-99.
- 32) 中村義治・寺澤和彦・中村幹雄・三村信男 (2001) : 宍道湖ヤマトシジミ個体群の水質浄化の評価解析, 海岸工学論文集, Vol.48, 1236-1240.
- 33) 伊藤絹子・佐々木浩一・南 卓志 (2009) : 河口・汽水域生態系における底生微細藻の果たす役割, 沿岸海洋研究, Vol.47, No.1, 51-60.
- 34) 千葉健治・大島泰雄 (1957) : アサリを主とする海産二枚貝の濾水・摂餌に及ぼす濁りの影響, 日本水産学会誌, Vol.23, No.7-8, 348-353.
- 35) 沼口勝之 (1990) : アサリ漁場における底層水、セジメントおよび底泥のクロロフィル a とフェオ色素量, 養殖研究, Vol.18, 39-50.
- 36) C.J.Thiele・M.D.Hudson・A.E.Russell・M.Saluveer・G.Sidaoui-Haddad (2021) : Microplastics in fish and fishmeal : an emerging environmental challenge ?, *Scientific Reports*, Vol.11, 2045.
- 37) 千葉 賢 (2021) : マイクロプラスチックが生き物を苦しめている, 2021年7月31日 矢作川流域圏懇談会 公開講座資料.
- 38) プラスチック素材辞典 (2021) : プラスチック素材辞典 - プラスチック関連情報サイト.  
(URL. <https://www.plastics-material.com/>)
- 39) Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., Shi, H. (2015) : Microplastics in commercial bivalves from China, *Environmental Pollution* 207, 190-195.
- 40) 中嶋亮太・山下 麗 (2020) : 海洋マイクロプラスチックの採取・前処理・定量方法, 海の研究, Vol.29, No.5, 129-151.
- 41) 山室真澄 (1996) : 感潮域の底生動物, 西條八東・奥田節夫編「河川干潮域」, 151-172, 名古屋大学出版会.
- 42) 西條八東 (2002) : 内湾の自然誌 - 三河湾の再生をめざして, 愛知大学総合郷土研究所ブックレット 4, あるむ, 76p.
- 43) 中嶋亮太 (2019) : 海洋プラスチック汚染 「プラなし」博士、ごみを語る, 岩波科学ライブラリー288, 岩波書店, 128, 12p.
- 44) 矢作川流域圏懇談会 (2021) : 公開講座「マイクロプラスチックが生き物を苦しめている」, 国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所. (URL. <https://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagigawa/ryuiki-kondan/pdf/r030731koukaikouza.pdf>)

(2021.9.4 初稿、10.5 校了)