



マイクロプラスチック汚染の研究

会津若松市立第一中学校

2年 ^{むらおか}村岡 ^{けい}慧

1 概要

大型のプラスチックゴミが河川に入り、流下中、砂や泥などと摩擦すると、マイクロプラスチックができるかどうかを確認するために室内実験を行った。ガラス瓶の中に砂と大型プラスチックを入れて瓶をよく振ると、マイクロプラスチックが生じた。生じたマイクロプラスチックと砂を密度差により分離し、どのようなマイクロプラスチックができるかを観察した。プラスチックの種類によるが、大きさは2mm程度から0.25mm以下のサイズのものができる。

会津の河川（湖）堆積物を4カ所採取した。ここから堆積物を処理し、マイクロプラスチックの分離を試みた。結果は4カ所のうち2箇所からマイクロプラスチックを検出したと考えた。

2 研究の動機

テレビのニュース番組や新聞報道などで、亀や鯨などの海洋生物の体内からプラスチックが見つかったといったことが話題となっている。また大きなプラスチックのゴミだけでなく、細かいプラスチック片（マイクロプラスチック）による大規模な海洋汚染が進行しているといったことも報道されている。その対策として使い捨てのプラスチックストローの使用を控えることや先日のG20ではレジ袋の有料化が検討されているといった話題も聞くようになった。

私は内陸部の会津若松市に住んでいる。そのため海洋のプラスチック汚染については海岸を訪れた際などにプラスチックのゴミが砂浜に漂着しているくらいしか目にすることはなかった。

会津若松市の川でもペットボトルの空き瓶や発砲スチロールを目にすることがある。これらのプラスチックも最終的には海洋に流れこみ、マイクロプラスチックを生じる一因となるのではないかと考えた。また会津の身近なところでもプラスチックがぼろぼろとなり、マイクロプラスチックが生じている場面も観察することができた。

それは屋外で使われているブルーシートである。ボロボロになったシートを触ると、手にブルーシートの破片（これはいわゆるマイクロプラスチックである。）が付いてくる。これらも最終的には海にまで流され、海洋プラスチック汚染の一因ともなるのだろうか。



写真1 プラスチックごみ 新潟市海岸

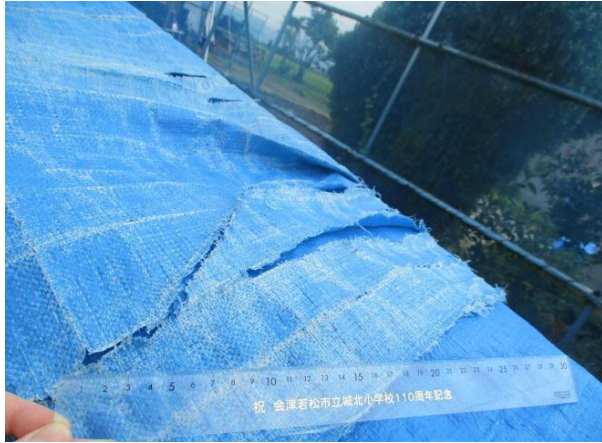


写真 2 - 1 屋外のブルーシート

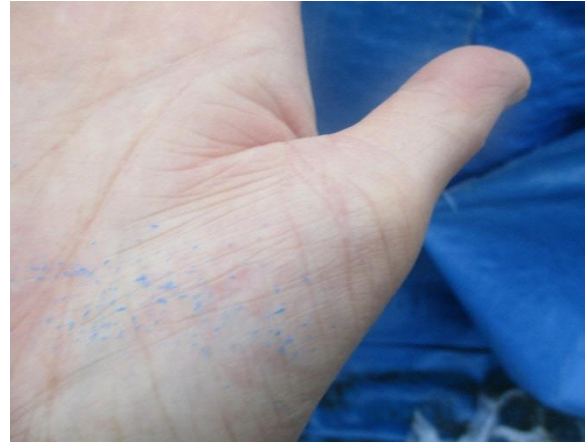


写真 2 - 2 ぼろぼろになったマイクロプラスチックサイズのブルーシート

また家屋の外壁も古くなったものを強くこすると、塗装が粉末状になって手についてくる。

そこで大きなプラスチックからどのようにしてマイクロプラスチックができるのかを様々な実験を通して確かめようと考えた（第一部）。またマイクロプラスチックが会津の河川にも流れ出せば当然砂や泥と一緒に埋まるのではないかと考え、河川堆積物中のマイクロプラスチック（以下MPと略記する）を検出しようと考えた（第二部）。

3 MP（マイクロプラスチック）とはなにか

MPとは5mm以下の微細なプラスチックとされる（チャールズ・モア他 2018）。肉眼で確認できるペットボトルや発泡スチロールの容器などは、5mm以上で大型プラスチックゴミとして分類される。5mm以下でも1mm以上のものは肉眼や拡大鏡などでも容易に判別や観察することが比較的容易である。しかし1mmサイズ以下の大きさのものは肉眼での検出や同定がかなり困難であった。

なおMPは（チャールズ・モア他 2018）によると以下のように一次と二次MPの2種類に分類されている。

- 一次MP 1 もともとマイクロサイズの大きさに製造されたプラスチック（洗顔料、化粧品などに使用されている）

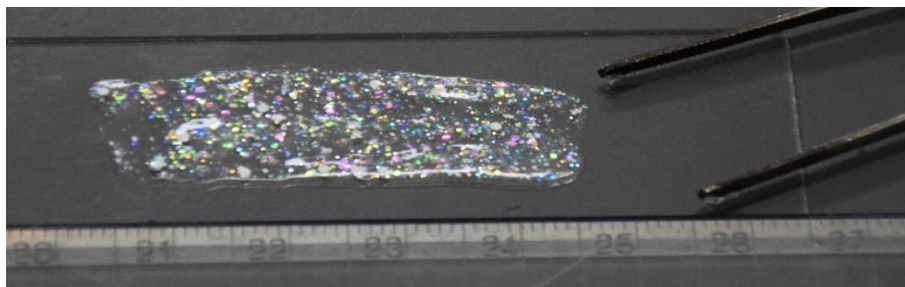


写真 3 マニキュアに使用されているMP

様々な色でキラキラと輝くのがプラスチックに金属でメッキしたものを細かく裁断したもの。

- 2 プラスチック製品がその製造、使用、メンテナンス中に摩耗し、微細なプラスチック片となったもの。

二次MP 大型のプラスチックが自然界の中で波の衝撃や、紫外線の影響を受けて砕けたり、分解したりしてMPとなるもの。

4 MP汚染の現状

以下の海洋汚染の記述については①～⑧は（チャールズ・モア 2018）による。

- ① 海洋に大量に蓄積されている。
- ② 2050年までに海洋中に存在するプラスチックの量は、重量ベースで魚の総量を超える試算がなされた。
- ③ これまでに海に流れ込んだプラスチックはすべて今なお海の中に存在している。
- ④ 2010年の一年間に480～1270万トンのプラスチックゴミが海に流れ込んだと推定される。
- ⑤ 北極や南極でもMPが見つかった報告がなされた。
- ⑥ 北大西洋の深海魚233匹の73%からMPが検出された。
- ⑦ 日本の5カ所の内湾と琵琶湖から採取された197匹の魚の消化管中から0.1mm以上のMPが74匹から検出された。割合は37.6%である。（牛島 2018より）
- ⑧ 雨中にもMPが存在する。（インターネット資料による）

5 MPはどうしてできるのか

MPは一次MPのように最初から微細なプラスチックとして製造されたものが、自然界に放出されたものがある。一方二次MPの様に大型のプラスチックゴミが自然環境中で、紫外線などの影響を受けて、次第に細かくなっていくものもある。

私の観察した中でのMPが生ずる一因について考えた。最初に動機の中で述べたように、ブルーシートの例を観察した。ブルーシートが風でたなびいたりして、次第に弱くなるとともに、紫外線により分解され、MPとなっていくことを観察した。

紫外線などにより弱くさせられるとともに、風等の物理的な力により、引きちぎられる要因もあるものと思われるが、最終的には紫外線の影響がより大きいとも考える。

2例目では屋外に放置されたプラスチック片の例である。正確な材質は不明であるが、数センチ四方（厚さ約2mm）の板状の白いプラスチック片である。手でさわると、0.5mm程度の砂粒子サイズとなってぼろぼろと崩れる例である。これはこたつのコードを棒にぶら下げるためについていたものである。約10年屋外に放置してあり、風雨や紫外線にもさらされていたものである。やや複雑な形をしているが、このプラスチック片の外側がぼろぼろとなりつつある。こすると約1mm程度の破片となってぼろぼろと崩れてくる。

3例目は家の外壁のペンキである。古くなると、手でこすると、粉末状の風化物が手についてくる。風雨や温度変化による風化も考えられるが、紫外線により劣化し、中間サイズを経ずに直に微細なMPができる例と考える。

このように大型プラスチックが紫外線により分解され、さらには弱くなったところで、波などの力で大きく砕かれ、数センチサイズのプラスチックゴミとなり、やがてはMPサイズとなっていくものとも考える。

空気中では紫外線の影響が特に大きいとも考えられる。しかし河川の水の中に入った場合はどうであろうか。紫外線の影響も無視できないが、水流による力や特に砂などの摩擦も大きいのではないかと考えた。

そこで、砂による摩擦でMPはできるのかどうかを検証することとした。

また大型プラごみやMPとなったものが河川に流れ込むと、土砂と一緒に堆積するのではないかと考えた。

6 第一部 –マイクロプラスチックはどうしてできるか？–

河川の砂や泥と摩擦してMPができるのかどうかを検証する室内実験である。

使用した実験使用機材について

- ・ガラス瓶 : 容量約1リットルの円柱状のガラス瓶である。
- ・砂 : 砂場の砂
- ・珪砂 : 山形県大石田町 東北珪砂株式会社製 5号
- ・ビーカー : 200ml など各種
- ・顕微鏡 : 実体顕微鏡
: 生物顕微鏡
- ・写真撮影 : 接眼レンズにコンパクトカメラのレンズを接して撮影
(いわゆるコリメート方式) あまり写りがよくない。
- ・薬品類 : 水酸化カリウム 10%濃度に調整して加えた。
: 過酸化水素 35%濃度の原液のまま加えた。
: 砂糖 白砂糖
- ・ふるい : 円柱状の小ふるい 直径 55 mm 高さ 40 mm
開き目 4 mmの円 (穴の個数 60 個)
2 mmの円 (穴の個数 85 個)
1 mmの円 (穴の個数 130 個)
0.5 mmの円 (穴の個数 160 個)
0.25 mmの円 (穴の個数 300 個)
- ・その他 ピンセットやガラス棒など



写真4 実験道具 ふるいとガラス瓶

検証実験 1

- (1) 目的 砂との摩擦でMPはできるのかどうかを検証する。
- (2) 方法 ガラス瓶に砂と大きな発泡スチロール片を入れ、よく振る。(1000回)
 - ① 砂: 砂場の砂をガラス瓶の4分の1程度入れた。
 - ② 発泡スチロール片: 1立方センチ程度 プラスチックの中ではかなり柔らかく、MP化しやすいと考えた。
- (3) 予想 白い発泡スチロール片が、細かな粒々となってたくさんできる。
- (4) 結果 大きな発泡スチロールは取り出すことができたが、細かな破片については、肉眼で確認して取り出すことができなかった。
発泡スチロールから分離してできたであろうMPが砂や泥と混ざり合い、白

い予想したMPが肉眼で検出できなかった。

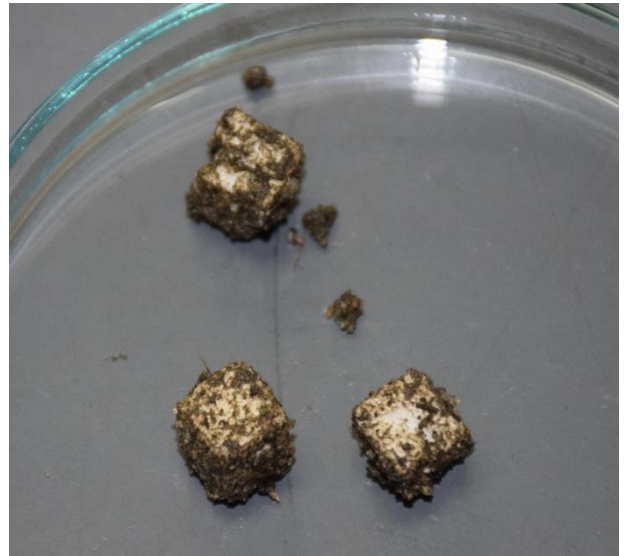


写真5 公園の砂と摩擦した後の様子 写真6 取り出した発泡スチロール

発泡スチロールに泥が付いている。他の細片については取り出せなかった。

- (5) 考察 検証実験1で、公園の砂場の砂を用いた。そのため砂（直径2 mm～0.08 mm）や泥（0.08 mm以下）が混じっている。このうち泥や砂が発泡スチロールのMPにはりつき、肉眼でMPが検出しにくくなったものと考えた。

検証実験 2

- (1) 目的 砂との摩擦でMPができるかどうかを検証する。
- (2) 考察 検証実験1で、公園の砂場の砂を用いた。そのため砂や泥が混じっていた。それならば泥成分を含まない砂だけ分離したものを使用すればできると考えた。砂をふるい洗浄すれば可能かとも考えた。しかしほぼ石英成分だけからなる珪砂があるということのを助言いただき、その砂を使用することとした。
- 珪砂について：山形県大石田町で産出、精製されているホームセンター等で市販の砂である。5号サイズとされている。直径約0.6 mm～0.425 mm（東北珪砂HPより）。約400万年前の前浜～上部海浜堆積物（守屋 2008）である。

(3) 方法

- ① 珪砂の質量を約100 gとした。
- ② 発砲スチロールを一辺1センチのサイコロ状に切り出した。これを3個使用した。
- ③ ガラス瓶に砂と発泡スチロールを入れ、ふたをする。
- ④ 1000回振る。

(4) 結果

発泡スチロール片は、当初に比べ角が取れたり、細かな破片が生じ、明らかにMPができたことがわかった。表面に白い小粒として認められる。しかし砂の中に埋もれているとも考えられるのもある。そのため次の方法を用いて、砂中のMPを浮かすこととした。

また砂を振ったことにより、砂同士の摩擦により、泥サイズの粒子も生じたよう

である。この細かな粒子もできるだけ取り除くこととした。

- ⑤ ガラス瓶に水を入れ、よく攪拌し、発泡スチロールMPを浮かす。
- ⑥ MPを含んだ上澄み液をふるいで濾過する。



写真7 検証実験2により生じたMP

検証実験 3

- (1) 目的 水より重いプラスチックで調べる。
- (2) 方法 ポリエチレンテレフタレート(ペットボトル)で調べる。
 - ① 珪砂の質量を 100 g とした。
 - ② 水より重いプラスチックでできた「ペットボトル」を 3 cm 四方くらいの大きさにはさみで切る。
 - ③ 砂 100 g と一緒に瓶に入れて 1000 回振る。
 - ④ 砂と一緒にふるいにかける。一番下「0.25mm 以下」の物だけをとっておく。
 - ⑤ 顕微鏡で見る。

(3) 結果

小さいほこりのような物はとれたが、顕微鏡では、ペットボトルのMPか、砂の破片かが区別がつかなくなった。

写真8 検証実験3で得られたMPと砂粒子？



検証実験 4

- (1) 目的 水より重いプラスチックで調べる。
- (2) 考察 検証実験3では、ポリエチレンテレフタレートの粉末と、砂や泥の区別がつかなくなってしまった。そこで、ポリエチレンテレフタレートより密度が大きく、砂より密度の小さい70%の砂糖水に入れてみることにした。

(3) 方法

- ① 70%の砂糖水に検証実験3でとれた、小さい物を入れて、混ぜる。
- ② ピンセットで、浮いた物だけを直接つまんで、顕微鏡で見た。

(4) 結果

透明で見づらいが、形は見る事ができた。

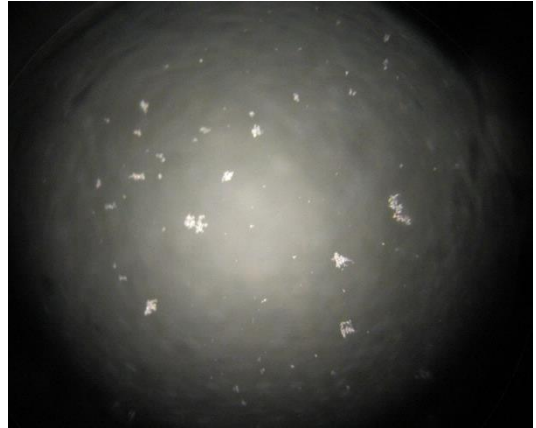
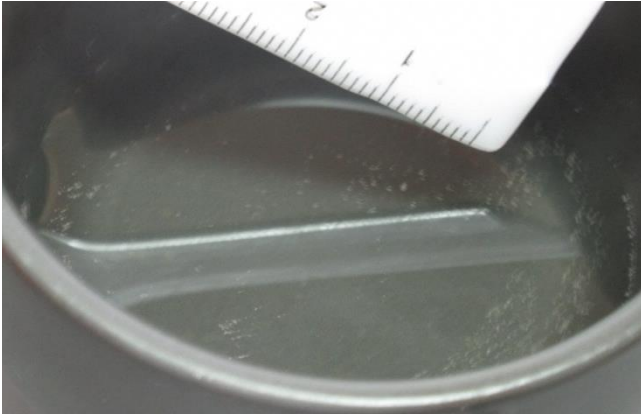


写真9 ポリエチレンテレフタラートのMP

写真10 ポリエチレンテレフタレートMP
顕微鏡写真 視野径 約8ミリ

7 検証実験のまとめ

たった1000回振ったほどで、いろいろなプラスチックからMPがとれたのは、とても驚いた。私は、たった1000回ほどでは、あまりでてこないと考えていたからだ。1000回でだめならば、さらに回数を増やすことを考えていた。

検証実験で分かったことは、大きなプラスチックは、砂との摩擦で少しずつつけずられて、MPが発生するという事だ。

検証実験3では、3cm四方のプラスチックを摩擦しても、2cmや、1cmの大きいプラスチック片は、発生しなかった。

今回は、砂だけを入れて実験したが、水や、温度変化、紫外線の影響があると、今回とは異なった結果となると考えた。水の有無については今後の課題としたい。

8 第二部

－会津地域の河川（湖）堆積物中にマイクロプラスチックは含まれているか？－

第一部では室内実験で砂とプラスチックの摩擦によりMPができるかどうかを確認した。第二部ではMPが自然界に放出されれば、最終的には河川の流れに入っていく、最終的には海洋まで到達すると考える。その途中で河川を流れる砂や泥と共に堆積するのではないかと考えた。

そこで会津地域の河川（湖）堆積物中にMPが含まれているかどうかを調べた。

9 MP検出用堆積物採取ポイントについて

会津地域は河川の流域別に3つに分けることができる。東部から猪苗代湖流域、中央の会津盆地、さらに西方の只見川流域に大別できる。会津地域最大の都市である会津若松市や喜多方市は会津盆地内に位置している。只見川流域は面積の割に人口は少ない。

猪苗代湖の流域は東を川桁山地域、北は山形県との境をなす吾妻山域、西側は会津盆地との境界に位置する背炙山域に囲まれた範囲である。これらの範囲から流れ出した河川の大部分は大小問わず、最終的には猪苗代湖に流れ込む。しかし猪苗代湖から流れ出す河川は日橋川（水力発電用の用水路も含む）だけである。つまり猪苗代湖流域の河川の水はほとんどが猪苗代湖に流れ込み、日橋川から流出する。

流れ込む河川で最大のものは北部から流れ込む長瀬川である。その長瀬川が猪苗代湖に流れ込む河口部付近は三角州となっており、たくさんの堆積物を堆積させている。その三角州の西側に位置する天神浜は長瀬川流域の砂泥にまざりゴミ等も堆積させていると考えた。実際天神浜では砂浜に植物片などに混ざって大型のプラスチックゴミも見いだされた。堆積物にもMPを含むと予想した。猪苗代湖湖岸の清掃活動などがよく行われる浜でもある。いいかえればゴミの集積の理由が自然的、人為的かの理由は不明であるが、集積が多いからであろう。

一方の猪苗代湖西岸の崎川浜は猪苗代湖から流れ出る水の入り口である日橋川に近い。付近には大清水川の流入もあるが、北部を流れる長瀬川流域に比べると付近の人口は圧倒的に少ない。

以上のことから猪苗代湖流域のMP検出用堆積物サンプル採取地点として選んだ。いわばMPの猪苗代湖の流入と流出（に近い）という上記の2地点を選んだ。

流域の2つめは会津盆地地域である。この盆地内には南会津地域（東側のみ）からの流入河川である阿賀川（大川）が流れ込むのを始め、猪苗代湖流域から流れ出す日橋川をはじめ盆地周辺から大小様々な河川が流れ込んでいる。しかし盆地域から流出する河川は、阿賀川（大川）だけである。すなわち会津盆地域の河川の水は最終的に阿賀川に合流し、西方へと流れ出るのである。

そこで阿賀川が会津盆地域に入る地点と、流出する地点である2地点の堆積物を採取することとした。



採取堆積物について

今回は、プラスチック（MP）、水、砂や泥の密度差とその堆積状況を考え、次のようなポイントで採取することとした。プラスチックゴミがあるとところを観察すると、砂の上に～半ば埋まった状態、完全に埋まった状態など様々なものが見られる。しかしプラスチックゴミ特にポリエチレンやポリプロピレンは比重は水よりも軽い。しかし自然状態ではプラスチックに泥がついたりコケなどの自然物が張り付き、見かけの比重が重くなることも指摘されている（高田 2016）。また礫の堆積物では、礫の表面に付着したものしか検出されないかとも考えた。反対に泥のような細粒な堆積物では、MPも細粒であり、小さすぎてプラスチックとして検出できない可能性も考えた。そのため砂サイズの堆積物を採取することとした。また軽いものは水面から打ち上げられ、やや重いペット樹脂などは沈むとも考えた。その両方を含む部分として、水面と砂浜が交わり汀線付近の砂堆積を採取した。ただし砂サイズだけを選ぶのではなく、礫と泥を含む砂質堆積物を主に採取した。

10 堆積物の薬品処理について

堆積物の薬品処理は、MPの表面についた泥やコケなどの有機物を取り除き、プラスチック片だけを取り出すことを目的に行う。ここでは（牛島 2018）ならびに（高田 2016）の方法を参考にして実験装置が使用できる範囲で行った。

- 方法 ① 堆積物約 100 g をビーカーに入れる。
（堆積物は特に乾燥させていない）
- ② 水酸化カリウム水溶液（10%）を加え約 24 時間放置する。
（堆積物が浸る程度の量）
- ③ 表面にMPが浮かんでいないことを確認し、上澄み液を捨てる。
（最小のふるいを使用した）
- ④ 過酸化水素水（約 35%）を少しずつ加え 24 時間放置する。
- ⑤ ④を繰り返す
- ⑥ ビーカー水面にMPが浮くことを確認する。

11 第二部結果 薬品処理後の水面写真

（水面の浮遊物にピントを合わせたが、鮮明に撮影できなかった）

猪苗代湖堆積物



猪苗代湖 天神浜



猪苗代湖 崎川浜

阿賀川堆積物



会津盆地流入域付近
(会津美里町)



会津盆地流出域付近
(会津坂下町)

4つの採取ポイントのうち、天神浜と阿賀川の会津盆地流出域付近の2か所からMPと考えられる浮遊物が検出できた。ただしこれが本当にプラスチックなのかどうかの同定はできなかった。大きさも1mm未満の小片であり、各種の観察や実験も困難である。しかし比重からすると鉱物でもないし、木材等でもないようである。またさらに微細な粒子についてはここでは残念ながら判別はできなかった。

12 まとめ

身の回りの観察からもブルーシートなどでMPは確実に生じており、自然界に放出されている。そのすべてが河川に流れ込むわけではないが、一部は河川の砂や泥などとの摩擦により、さらにMP化が進行しているものと考えられる。

紫外線や風雨、河川の砂、などにより風化していくものと考えていた。たとえばペットボトルのような大きなプラスチックが、数センチサイズの小さい破片となり、さらに数mm単位の大きさとなるものも考えていた。しかし野外の観察、今回の実験を通して、むしろ大型プラスチックから直接ミリ単位あるいはもっと小さいサイズのMPが直接生じるのではないかと考えている。一見プラスチックゴミが目に見える砂浜などでも数cm～数mmサイズのプラスチック片はそれほど検出できなかったからである。

プラスチックが紫外線により分解されるのが、おそらく表面だけであり、表面から分離するのが非常に小さいMPとなるのではないかと考えている。砂などの摩擦実験からも大きなプラスチック片は生じず、小さな1mm以下のMPだったこともそのことを裏付けるのではないかと考えている。ただし発泡スチロールのようにプラスチックが密でない場合などは、隙間に進入した水が凍るなどして、大きなプラスチック片となり、さらに小さく分解されることも考えられる。

会津地域の4点の河川(湖)堆積物のうち2カ所からMPと考えられる小片を検出した。天神浜ではプラスチックゴミも比較的目につき、波の力でさらにMP化されているのも明らかである。しかしここではプラスチックと断定する方法がなかった。確実にプラスチックの種類やその量を確定することについては今後の課題としたい。

13 謝辞

研究テーマの設定から様々な実験まで、終始ご指導いただきました福島県会津若松市立第一中学校 非常勤講師 香内修先生に感謝申し上げます。

また野外での試料採取等に関して両親の協力を得た。感謝申し上げます。

14 参考文献

チャールズ・モア、カッサンドラ・フィリップス 2018 「プラスチックスープの海」
NHK 出版

守屋俊治、他 3 名 2008 山形県新庄盆地西縁部の鮮新世古地理の変遷 —出羽丘陵の隆起時期と隆起過程— 地質学論集 第 114 巻 第 8 号 P.389-404

牛島大志 他 7 名 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 第 41 巻 第 4 号 P.107-113

高田秀重 2016 プラスチックによる海洋汚染の歴史と進行速度の柱状堆積物を用いた解析 科学研究費情勢事業 研究成果報告書

東北硅砂 H P 製品の情報 粒度分布表