

# 環境



## ロータリーの重点分野

ロータリーの新しい重点分野は、環境に悪影響を及ぼす問題を総合的に解決することに焦点を当てています。世界を変える行動人として、私たちの地球に、測定でき持続可能な、好ましい影響を与えることができるプロジェクトに取り組みましょう。



ロータリーの新しい重点分野について詳しくはこちら  
[rotary.org/environment](http://rotary.org/environment)

# Rotary

# 科学の目で見た 海のプラスチックごみ

浜辺に行って砂をバケツの中に入れてみてください。そこに海水を入れて手で混ぜる。すると、プラスチックがふわりと浮かんできます。発泡スチロールも浮かんでくるでしょう。どれだけプラスチックが浮いているか、ぜひ観察してほしいのです。今の海の現実を、一度、しっかりと自分の目で見てください。

九州大学応用力学研究所附属  
大気海洋環境研究センター教授  
**磯辺 篤彦**  
Atsuhiro Isobe

## 海流の動きを知る

私たち九州大学のチームは10年ぐらい、今日の講演タイトルをテーマとして研究を続けています。僕自身は初めは海、特に海流がずっと研究の対象でした。

数式を解いて、コンピューターを使って計算して、船に乗る。そんな仕事をしているうちに、海のプラスチックごみがやけに、非常に目立つようになってきたな……と、私だけではなく世界中の海の研究者、海洋学者が感じ始めました。そして今や、世界中でこの問題を研究しているといつても過言ではありません。

僕たちの研究は、アメリカの西海岸のある町に出かけ、海岸にカメラを設置するようなことに取り組んできました。海岸にある流れてきたモノがいつ、どういうときにたどり着くのかを調べるために、そこにカメラを置いて1時間に1回、写真を2年間にわたって撮り続けたのです。

東日本大震災の時、津波でたくさんの品物が、日本からアメリカの西海岸に流れ着いたということで、アメリカまでどのように流れていくのか調べてみました。その定点カメラの記録を見ていると、常に水が

行ったり来たりします。波ではなく、潮の満ち引きです。きれいな浜邊になっているかと思つたら、いきなりどかつとモノが流れ着いたり、それが消えたり。海はこうやってモノを運んではまたそれを持っています。皆さん海を見ていると、まず波が海に戻し、運んでは元に戻して、という動きであります。波自体にはあまりモノを運ぶ力はありません。モノは基本的に海流と風が運びます。海流とは、川のような流れというよりも、大きな1個の渦のようなものです。日本列島でいうと、黒潮や対馬海流などがあります。

下に沈んでいるモノは、海流に押され、上に浮かんでいるモノは風に押されどんどん運ばれています。海流はほぼ時速3~4キロメートル、人が普通に歩く速度で動いています。風はそれよりも10倍くらい速いので、海面に浮いているモノはより速く動く。下に沈めば沈むほど、ゆっくりと海流に運ばれて動くことになります。

そうやって海流、あるいは風に乗って運ばれたモノが流れ着いた海岸の事例を、石垣島で撮影しました。島でも人が行かないような海岸です。ということは掃除がされない。海流は南から北へ流れますから、ペットボトルなどが海岸に漂着したままになります。

この記録映像を見て、このようなごみは一体どこからやって来るのだろうか、ということを僕らは知りたくなりました。そこで「Argo（アルゴ）」という名前の、ミサイルみたいな形をしたロボットを使って、海の様子を観測するシステムを利用



太平洋での浮遊マイクロプラスチックの引き網採取 写真提供 九州大学応用力学研究所附属大気海洋環境研究センター

することにしました。アルゴは勝手に歩いたりはできないのですが、海流に乗れば自然に流されてしまいます。ただし10日に1回くらい、海面近くから2000m以下の海の中まで、上がつたり下がつたりし、海面に出た時に自分が流された場所、海温、海流の向き、強さなどのデータを人工衛星に飛ばします。人工衛星はそれを受けて、僕たちに情報を渡します。この情報は、インターネットで誰でも見ることができるようにしました。現在、世界の海にはアルゴが4000台ぐらい流れています。

その情報を、僕らはコンピューターで解析し、いわば「もう一つの海」をコンピューター上につくりました。画像は左から右に、南から北に動くようにしました。日々、渦が発生してその渦が割れたり、曲がったり、とてもダイナミックに動きます。そして、コンピューターの中につくった海流なので、流れを自由に変化させるという実験ができるわけです。

## 日本の海のごみはどこから

そこで、海流の向きを逆にする実験をしてみました。つまり、もし日本列島の周りの海流が全部逆向きになつたら、どんな世界になるかをコンピューターの中につくつたということです。逆向きの流れの世界。ごみは元あつた場所に海流をさかのぼつて、帰つていくことになります。

その実験の結果は？ある地点に、モノたちは吸い込まれていきました。その地点とは、中国の揚子江の河口でした。川の水が海に出る所に向

かつて、たくさんのごみが黒潮をさかのぼつて帰つていきました。

コンピューターの中につくる世界は、あまり小規模だと再現できません。しかし、揚子江の河口は巨大ですからコンピューターの中でも十分、再現できます。全てのごみが揚子江から来たわけではなく、きっとコンピューターでは再現できない小さな川からもごみは出ているのでしょうか。

類推すれば、世界の海のごみのほぼ80%は陸からやつて来る、ということです。ある日、皆さんが街中でごみを落としてしまった。そのごみは小さな川に入つて、それがもう少し大きな川に移り、それからもっと大きな川に移動して、という流れが世界中で起きているのです。そして最後に海に流れていつてしまふ。海岸にごみがじかに捨てられるという状況ではない。実際、遠賀川という福岡県を流れる大きな川の河口を、大雨が降つた次の日に観察してみると、土手にたまつてある大量のごみが増水した川の水によつて、一気に海に流れ出でいました。

では、福岡県の最西端に位置する糸島のごみはどこから来たのか。またもやコンピューターでつくった海で、今度は糸島の海岸にごみを戻してみたのです。すると、そのごみは黒潮に乗つて沖縄、そして台湾に戻つていきました。台湾で使われている文字が書かれたプラスチックごみが、糸島で発見されるのもむべなるかな、でした。

片や、糸島から出したごみはどう流れいくのでしょうか？ 先ほどは逆向きの海流の世界をつくりましたが、今度は先に進む海流の世界を、実験で再現すればいいわけです。すると、糸島から流したごみは2カ月後には津軽海峡を抜け、北海

道まで行つてしまつことが分かりました。

さらにその2カ月後には、ごみのほとんどは太平洋に流れ出ます。太平洋全体の流れで見れば、東京から流れたごみは、1年後にはアメリカに。2~3年後には、福岡からのごみもアメリカに到着するでしょう。

大事なポイントを繰り返します。単純に「海のごみ」と言いますが、海に直接遺棄されるごみは実はあまりありません。ごみのほとんどは陸で捨てられます。そして、川から海に出る。海は海流でつながっていますので、皆さんのが海岸で拾つたごみは、他所から来たごみかもしれません。逆に、皆さんのが捨てたごみはどこかに行くごみです。常に回り回つていて、自分たちの周りだけが散らかっているという話ではないのです。

## プラスチックが問題になる理由

先に申しましたように今、海のごみで目立つのは、プラスチックごみです。陸で、私たちの毎日の暮らしの中で使う、いろいろなモノが海のごみの中に混じります。

無論、プラスチックが悪いわけではありません。とても優れた素材です。70年くらい前に出回り始めた新しい論文の成果を紹介しましょう。世界の水辺で検出されるごみの種類1200万個を全部記録しました。どんなごみがどこで多いのか。川、海岸、海の上、何千メートルという深海まで、地球上の水のある所に散らばる1200万個のごみを全部、調べたのです。

ごみ全体の約3分の2を食品に関わるプラスチックが占めました。食品の入っているケース、ティクアウト用のフォークやスプーン、そしてレジ袋。世界中で一番多いプラスチックごみとはレ

素材です。水をプラスチックで運ぶとしたら、プラスチックの重さは考えなくていいわけです。水の成分には影響せず、きちんと長期にわたり保存することができます。しかも製造するにあたつて安い。良いことづくめの素材です。

しかし世の中、裏と表があつて、良いことがあると悪いことがある。安いということは、誰もが無造作に買えるということで、そのまま平氣で捨ててしまう、という行為につながりがちです。

腐らないという性質も、自然界の中ではマイナスの要素に転じてしまいます。「腐敗」は自然界で大事な特徴の一つですから。モノが腐らないということは、遠くに散らばつたまま永遠に、自然界の中に残つてしまふということなのです。

結局、プラスチックの特徴の一つとして「ごみになりやすい」ということも挙げられるのです。

従つて、プラスチックの廃棄方法はとても難しいことになります。今、世界中の海岸に落ちているごみの70%はプラスチックとされるほどです。70年前、プラスチックがなかつた頃の海岸の景色とは随分、変わつてしまつたと思います。

11カ国にわたる、僕らの研究仲間と一緒に出した新しい論文の成果を紹介しましょう。世界の水辺で検出されるごみの種類1200万個を全部記録しました。どんなごみがどこで多いのか。川、海岸、海の上、何千メートルという深海まで、地球上の水のある所に散らばる1200万個のごみを全部、調べたのです。

ジ袋です。プラスチックごみの14%を占めます。これがとにかく一番多い。

では、プラスチックごみが海に出てしまうと、どういう問題が発生するのか？

単純にまず景色が台無し。ごみがたまっているような海岸で海水浴をしようとか、キャンプをしないので永遠に残る。腐るということはモノが消滅し、別のモノに変わって、自然界の中にもう一回、戻って使えるようになることも意味しますから。腐敗は、無機物を使って植物が増え、その植物を食べて生き物が暮らしていく、という自然の大好きな循環の中に取り込まれるとということです。別の問題として、プラスチックにからまつて苦しみ、死んでしまう生き物もいます。

そして、初めは大きな形状のプラスチックですが、放置しておくと、どんどん細かく碎けていきます。厄介、面倒極まる特徴です。大きなプラスチックごみをマクロプラスチックと称しますが、海に漂っているうちに浜辺や海岸に打ち上げられ、紫外線に当たるとマクロプラスチックは劣化し、もろくなつて波にのみ込まれると、べきべきつと割れ、直径5ミリメートルほどになります。その小さくなつたプラスチックを「マイクロプラスチック」といいます。初めてマイクロプラスチックが認識されたのは、1972年のことです。アメリカの東海岸で網を引いた研究者が、微細なプラスチックがいっぱい浮いていたと報告しました。1キロメートル×1キロメートルの海の中に、だいたい30000粒ぐらいあつたということです。

以後、世界中の研究者が、海にどんなプラスチックがあるかを一生懸命調べてきました。僕た

ちも南極から東京に向けて地球を縦断する航海を計画し、東京海洋大学の船に乗り込み調査した結果、マイクロプラスチックが浮いていない海はも

はや、どこにもなかつたのです。

研究室では、海のプラスチックの写真を分析しています。魚の卵や子ども、プランクトン、微生物など以外の、かけらのように見えたものは全部プラスチックでした。本来の海の小さな生き物と同じくらいの大きさのプラスチックが海に漂つて、散らばつていたのです。ですから、海の小さな生き物を食べる生き物が、それらと同じような大きさのマイクロプラスチックを間違つて、どんどん食べてしまふ現象が起きています。ということは、世界中の生き物の体の中にプラスチックが入っているのが、今の地球の海の様子です。

海の生き物の関係ですが、小さなプランクトンが育つていくうちに、もう少し大きな魚に食べられます。その魚をもつと大きな魚が食べる。その大きな魚を哺乳類、アシカとかイルカ、クジラ、あるいは人間が食べていく。これを海の生態系といいます。いわゆる食物連鎖です。



### ■九州大学応用力学研究所附属大気海洋環境研究センター教授 磯辺 篤彦

1964年 滋賀県生まれ。86年 愛媛大学工学部卒業後、水産大学校を経て、94年 九州大学大学院総合理工学研究院助教授。2008年 愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授。14年 九州大学応用力学研究所附属大気海洋環境研究センター教授、現在に至る。理学博士。  
18年 環境省漂着ゴミ研究プロジェクト代表。2019年 第12回海洋立国推進労働者（内閣総理大臣賞受賞）。著書に『海洋プラスチックごみ問題の眞実 マイクロプラスチックの実態と未来予測』2020年、化学同人。

プラスチックは食べても実は害はありません。しかし、プランクトンと同じくらいの大きさに砕けたプラスチックの表面には汚れが付きますので、それを魚が体内に運び込んでしまうことがあります。でも、それを魚が体内に運び込んでしまったまま将来、プラスチックのごみがさらには成長できなかつたり、体内のどこかがプラスチックで傷つき、弱くなつていつたりするとされます。このまま将来、プラスチックのごみがさらに増え、マイクロプラスチックの量がもっと増え、ということになれば、さすがに自浄能力のある海にとっては、最終的な海の生態系に悪い影響が出るだろうということが提唱されています。

冒頭で述べたように、僕らはずつと、このマイクロプラスチックがどれだけ海に浮いているかを、10年かけて調べ続けています。ひたすら船で網を引き、波間に漂うプラスチックのかけらを採集します。1回につき40分くらい引きります。非常に単純な仕事ですけれど、瀬戸内海で、南極海から東京まで、網を引き続けました。引っかかるたつたモノを全部九州大学に持ち帰り、研究室でプラス

チックを一つずつ、つまみあげて分けていきます。その仕分け作業のみ担当の研究員が僕の研究室に3人いますが、朝の9時から午後4時まで、ひたすら赤外線カメラでプラスチックか否かを判別していきます。7年間で20万粒くらい、仕分けたど思っています。

ここではつきりしたことは、世界の海に比べると、日本の周囲の海にはマイクロプラスチックがひどく多いということでした。現在、赤道から北の北太平洋でならば、海面1平方キロ<sup>1/2</sup>当たり平均10万粒ほどが採集されます。南極海だったら、1万粒ほどです。ところが、日本の周りの海、東アジアの海、あるいは東南アジアの海ではもう一桁上がり1平方キロ<sup>1/2</sup>当たり100万粒は浮いていました。

太平洋の平均値の、その10倍の量がアジアの海には浮いているという結果です。アジア世界は、プラスチックごみをひどく捨ててしまっています。日本では、1年に約14万トンのプラスチックごみが道端に捨てられているそうです。

どうしたらいんだろうか。よく言われるのが「3R」。「リデュース、リユース、リサイクル」。

リユースは、再利用する。リサイクルは、またプラスチックを使う。でも、この二つの方法では間に合わない。もう減らすしかない。「リデュース」ですね。プラスチックをもうちょっと使わないよう、減らしていくしかないといけない時期ではないですか。とても便利で優れた素材だけれども、いくら何でも使い過ぎかなと。自然の中に残つてしまふものを、ここまで使うのはよくない。日本でも近年、国を挙げて、プラスチックごみ削減へ向けて動き出していますよね。

海岸でプラスチックごみを掃除する。これ、どちらも良いことなんですよ。皆さんが海岸でペットボトル1本を拾い上げることは、太平洋で1平方キロ<sup>1/2</sup>当たりに浮かんでいるマイクロプラスチックをざつとすくう行為と基本的には一緒、重量的には同じです。マイクロプラスチックになってしまえば回収しきるのは不可能ですが、マクロプラスチックのままの時に集めてしまえば回収できる。海岸で掃除することはそういう意味もある、といふことも知つておいてほしいと思います。

## まずは

### マイクロプラスチックを 自分の目で見てみてください

今日話したように「プラスチックはダメだ」と言われると、ちょっとつらい、という人が世の中にはいっぱいいます。何といっても、とても便利な代物ですから。ペットボトルなら、水を安全に清潔に、軽く遠くに運ぶことができ、それにより命をつなぐことができるのです。それも、世界の一方の現実です。

ですから、プラスチックが今の世の中の役に立つてているという事実を「一気にただす」のは、それはそれでちょっと無理があつてよくないな、と感じるのは自然な感覚だと思います。便利で快適な暮らし、清潔な暮らしを支えている現実がプラスチックにはあります。しかし、そのプラスチックの良さに僕らは頼り過ぎました。いくら何でも使い過ぎている。減らす方向に向くべきだと今、人類は反省を始めた地点に立っています。

プラスチックを捨て続けると、海の生態系が崩

れます。何より、こんなに広がつてしまつたマイクロプラスチックは、回収不可能です。繰り返しになりますが、海岸で掃除をすることは良いことです。マイクロプラスチックになる前に、プラスチックごみを掃除する、それはとても大事なことです。でも今、もっと大事なことは、これ以上プラスチックを使わないようにすることでしょう。今も変わらず、プラスチックを使わないといけない人は世界にいるのです。その人たちのためにプラスチックの使用量を残し、使わなくともやつていける人たちは使わない、という選択をする時期に来ています。

最後になりますが、実際に海へ出かけて、自分の目で、マイクロプラスチックというものをぜひ観察してみてください。残念なことに、これは簡単なことなのです。もう、どこにでもあります。すぐ見つけるコツは、満潮後の浜辺に行くこと。海藻などが流れている辺りを何となく見てみると、小さなプラスチックが目に入ると思います。もし見えないぞ、と思われたら、砂をバケツの中に入れてみてください。そこに海水を入れる。そして手で混ぜる。すると、プラスチック、特にポリエチレンやポリプロピレンという水より軽いプラスチックが、ふわりと浮かんできます。発泡スチロールも浮かんでくるでしょう。バケツに海水を入れて混ぜ、浮かんでくるものはほとんどビーチチックだと思います。

よくよくバケツの中を見て、どれだけプラスチックが浮いているか、ぜひ観察してほしいのです。今の海の現実を、一度、しつかりと自分の目で見てください。