



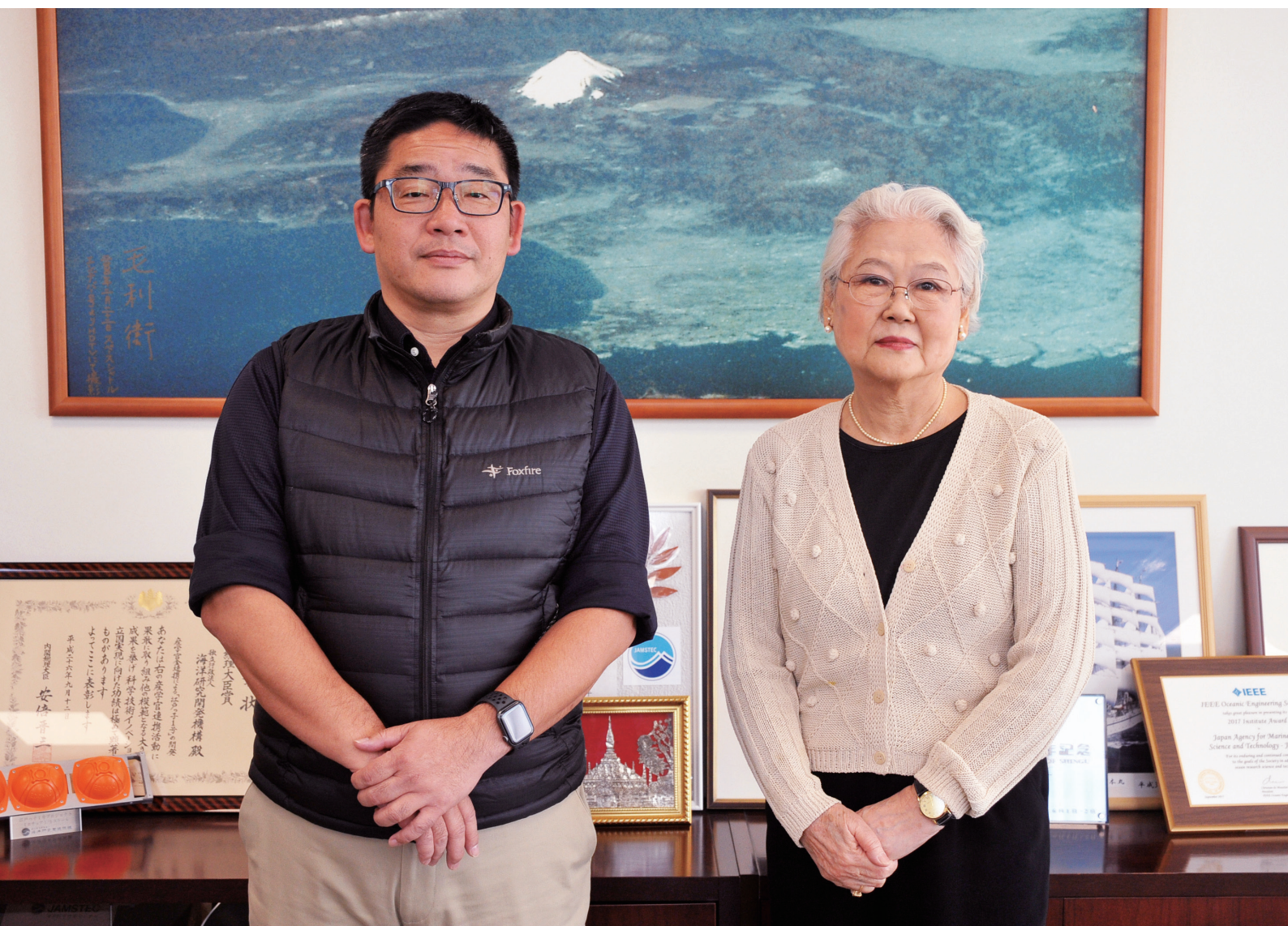
2020(令和2)年
4月1日発行

Vol.82

ELCO RADAR

Ecological Life and Culture Organization

公益社団法人 環境生活文化機構 季刊エルコレダー



CONTENTS

TOP

深海生物学者/国立研究開発法人海洋研究開発機構

地球環境部門海洋生物環境影響研究センター上席研究員 藤原 義弘氏インタビュー
深海は静かに語っている

—地球温暖化がもたらす、深海の不可逆的な変化— 1

《特別連載》昆虫・すぐとなりの異世界① 多様性のるつぼ、アリの巣の居候

昆虫学者 小松 貴氏 8

《連載》環境を見つめる人々 65

立教大学大学院 21世紀社会デザイン研究科 教授 萩原 なつ子氏 11

《連載》エコ&ユニフォーム最前線 33 ダイセン株式会社 記者 富永 周也氏 12

《寄稿》日本で起きている水問題

アクアスフィア・水教育研究所 代表 橋本 淳司氏 13

《案内》2020年度持続可能な社会づくり活動表彰募集/第24回環境文化講演会開催 15

深海は静かに語っている

地球温暖化がもたらす、深海の不可逆的な変化

深海生物学者 / 国立研究開発法人海洋研究開発機構
地球環境部門海洋生物環境影響研究センター上席研究員

藤原 義弘氏

温暖化の影響は、ゆっくりと、確実に、深海にも及んでいる。そこには、まだ人間が遭遇したことのない生き物もいるだろう。このままでは、誰にも知られないまま消えていくかもしれない。日本の海洋研究を牽引する「海洋研究開発機構」を訪ね、深海生物学者・藤原義弘氏に、いま深海で起きていることをうかがった。
(聞き手：公益社団法人 環境生活文化機構 広中和歌子 会長)

深海へは有人か、無人か

広中 本日は深海とそこに棲む生物がテーマです。深海とは太陽光が届かない水深 200m より深い海のこと、高水圧、低水温、暗闇の非常に過酷な環境です。いまだ解明されていないことの多い未知の世界のお話を、いろいろとうかがいたいと思います。

その前に、こちらの研究機関「海洋研究開発機構」について簡単に教えてください。英語名のイニシャルをとって JAMSTEC と表示されていますね。

藤原 JAMSTEC (ジャムステック) と呼んでいます。

広中 活動内容について、大まかで構いませんのでうかがえますか。

藤原 本日も越しいただいたこの施設は、JAMSTEC の横須賀本部で、他に国内に 5 つの研究施設や事務所があります。その活動内容を簡単に紹介しますと、ここでは「海洋」を軸にした多方面の研究が進められています。それらの学術的な成果を統合させて、地球という多様で複雑なシステムの実態を把握しようとしています。ここで得られたデータを基に地球の将来も予測しようとする研究も行われていますし、データを取得するためのさまざまな研究や技術開発も進めています。これらの成果は、もちろん広く一般の人々にも提供されていますし、国や国際社会のさまざまな決定にも役立てられています。こうした活動をとおして、人類の持続可能な発展、いわゆる SDGs にも貢献しています。

研究対象としているのは、海の表層から深海、海

底、その下の地殻・マントルまで、さらに海と関わっている陸地や大気も含めた広大な範囲にわたります。これらを研究調査することで、海洋にあるさまざまな資源の開発につなげたり、地震や津波、火山活動を解明することで災害被害を軽くしたり、地球温



1989年に完成した有人潜水調査船「しんかい6500」は深度6,500mまで潜ることができる。これほどの大深度まで潜ることのできる有人潜水調査船は世界でも数隻。1回の調査で、深海への潜航に片道約2時間半、海底で3時間程度の探索で、トータル約8時間かかる。写真は「しんかい6500」の実物大模型の船内の様子。水深が深くなればなるほど高くなる水圧に耐えられるように、人が乗り込む空間は歪みのまったくない真円の球形をした直径約2mのチタン合金で作られている。

暖化の影響による地球環境の変化も調べています。それらの膨大なデータを集めてきて、スーパーコンピュータを使って高速で処理できるような解析手法の開発もしています。

広中 今日は窓の外には船が2隻停泊していますね。どちらも JAMSTEC の船ですか？

藤原 そうです。「新青丸」と「よこすか」といいます。「新青丸」は東日本大震災で大きな被害を受けた地域沿岸の海洋生態系の調査等を行っています。「よこすか」は JAMSTEC が所有する深海を探索する「しんかい 6500」という有人潜水調査船の活動を主にサポートしています。

広中 「しんかい 6500」は有人なのですね。技術的には無人の探査機も可能だと思うのですが、深海の情報をこまめに集めるには、やはり有人で潜っていかなければなりませんか？

藤原 そこはいくつかの意見がありまして、有人だから出せる良さもありますし、無人だから上げられる効率みたいなものもあります。そのバランスをうまく取りながら進めるのがいいと思います。

例えば、多くの研究者が同時に参画している時には、無人が便利です。船上の大きなモニターにロボットからの画像を映して、研究者たちがあれこれ議論しながら探索を進められます。一方で、現場で実物を見ながら、じっくり一人で考えながら動いたほうがいい場合もあります。有人で直接現場に行ってみたらこそインスパイアされることもありますからね。

広中 宇宙開発も同様で、「はやぶさ」のように無人探査機が貴重な資料を採集し、素晴らしい画像もどんどん送ってくるのですから、人間がわざわざロケットに乗って行くことに意味があるだろうか、という議論もあるようです。そうは言っても、やはり研究者としては現場に行くことで、何よりも科学的なインスピレーションが得られるものなのかもしれませんね。

性転換する魚の不思議

広中 JAMSTEC が実に幅広い分野の調査や研究をしていることが分かりました。藤原さんの研究はその中の一つとして、JAMSTEC の多岐にわたる分野と連携されているのですね。そこで藤原さんのことですが、もともと海のそばで生まれ育ったのですか？

藤原 生まれは岡山県ですが、家は少々山がちなところで、海にそれほど馴染みのある場所ではありませんでした。

広中 それがなぜ、こうして海と関わることになったのですか？

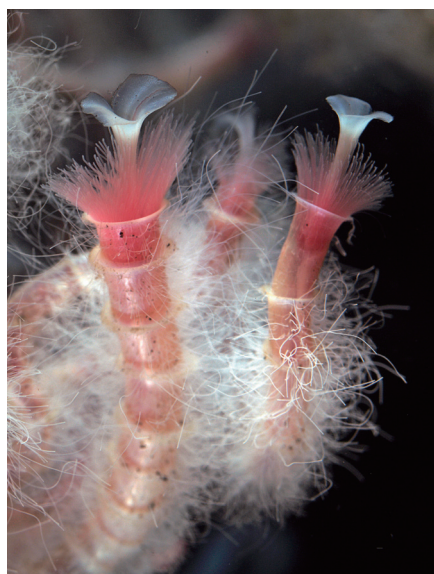
藤原 偶然なのですけれど、大学の先輩から「海洋

研究会」という名前のサークルに誘われたのが契機になります。そのサークルでは素潜りを楽しみながら生き物を観察していました。もともと生き物が好きでしたし、生まれ育ったところは海からは遠かったものの、近くに川が流れていて、年中その川に入っては水の中の生き物と戯れていましたので、海洋生物にも強い興味を覚えるようになりました。そして、個人的にスキューバダイビングのライセンスもとって、さらに深いところに潜るようになったら、海の浅いところ、深いところで生物が違って、もっともっと深いところを見ていったら面白いと思ったことが現在につながっています。

広中 大学院ではどのような研究をなされたのですか？

藤原 大学院では魚の性の仕組みを研究していました。ベラのグループにキュウセンという魚がいます。このキュウセンはメスからオスに性転換するんです。生き物というのは2つの性がありますね。オスやメス、おしべにめしべ、というように、かなり高等な生き物からあまり高等ではない生き物まで、性はたいがいこの2つのタイプだけなのです。5種も10種もある要素の組み合わせでもいいのに、なぜかオスとメスという2種類だけなのか。だからこそ2種類であるということには生物を考えていく上で何か重要な意味があるのではないかと思ったのです。

魚は動物の中でも高等な部類に入ります。その魚には、性に結構フレキシビリティがあるものがあります。例えばクマノミの仲間などは、オスからメスに変わりますし、私が研究対象としたキュウセンではメスか



硫化水素を利用して生きるサツマハオリムシ。熱水に含まれる硫化水素を体内に取り込んで共生細菌に送り届け、それを利用して共生細菌が化学合成によって有機物を生産する。ハオリムシは共生細菌が作り出す有機物のおこぼれをもらって生きている。(撮影：藤原義弘 ©JAMSTEC)

らオスに変わります。なかにはひとつの個体の中に、オスとメスの両方の生殖腺を持っているものもいます。生まれ育った時の pH によって、オスになりやすかったり、メスになりやすかったりするものもいます。

2 種類の性が重要なはずなのに、一部の魚ではこのように性のフレキシビリティが高いですから、その魚の性を決定する仕組みが面白いのではないかと思います。大学院では性転換する魚を使って、タンパク質レベルの研究をしてきました。

化学合成で栄養を摂る生き物

広中 大学院を出て、JAMSTEC に入られてからは、何を研究なさったのですか？

藤原 ここでは、多くの時間を深海の中でも非常に特殊な環境で暮らしている生き物たちの研究に費やしてきました。例えば海底には数百度の熱水が湧いている熱水噴出孔というところがあり、その周辺に棲んでいる生き物です。もう一つ長く研究してきたのは鯨骨生物群集です。

広中 クジラですか？

藤原 そうです。クジラは死ぬと海底に沈み、肉はすぐに他の生き物に食べられたり分解されたりして骨が残ります。その残った骨に群らがる特異な生物群がいるんです。

特殊な環境の生物と言いましたが、普通の深海の底には餌がほとんどありません。ですから生物も非常に少ない。海底の 1 m 四方の泥を全部集めても、そこにいる生物は平均で数 g しかいません。1 円玉数個分です。深海と言えども餌の源は、海の表層で植物プランクトンが行う光合成によって作られます。



公益社団法人環境生活文化機構 広中 和歌子会長

それが海の表面から海底に向かって沈んでいく中で、どんどんと他の生き物に食べられていき、深海の底まで到達するものは、ほんの数パーセントにしかなりません。だから海底ではいつも餌不足です。

ところが、熱水噴出孔という海底から熱水が湧いているところでは、1m 四方の中に生き物が、多い場合で数十 kg も棲んでいます。人間の大人一人分ぐらいになります。深海で餌がないはずなのに、なぜそれほど多くの生き物が棲めるのかというと、噴き出している熱水の中に硫化水素が大量に含まれているからなのです。これは人間が大量に吸い込むと死んでしまうような危険な化学物質です。非常に反応性の高い物質ですが、この硫化水素が酸化する時に発生するエネルギーを利用する細菌がいます。そして、この細菌を体の中に取り込み共生させている生物がいます。その生物は、熱水の中の硫化水素を取り込んで体内の共生細菌である細菌に渡し、その細菌が硫化水素を使って有機物を作ります。そうしてできた有機物が、その動物の栄養となるのです。

無機物から有機物を作るときの化学反応は光合成と似ています。光合成は植物が光のエネルギーを使って、二酸化炭素から有機物をつくり、酸素を排出します。深海には光がないので、光の代わりに硫化水素が酸化される時に発生するエネルギーを使って、光合成のようなことをしているのです。これを化学合成と言います。

深海の熱水噴出孔周辺に棲んでいる多くの動物は、化学合成する細菌を体の中に共生させています。太陽の光が届かないし、上から降ってくる餌も非常に少ないけれど、海底から湧いてくる硫化水素があれば、共生する細菌が栄養を作り出してくれるので生きていけます。このような海底から熱水を噴き出しているところに棲む生き物を、「熱水噴出孔生物群集」と呼んでいます。ここに暮らす生物たちは、他の似たような分類群と比べると、体がずいぶん大きかったり、成長速度が早かったりするといった特徴があります。

広中 そういう魚がいるのですね。

藤原 魚ではなく動物の仲間です。その多くは、動物なのに口も肛門もなく消化管も退化しています。例えばハオリムシ、またはチューブワームとも呼ばれている生物がいます。それは大きいものと、2.5m ぐらいの高さになります。自分で管状の家を作って、その中に棲んでいます。その先端に真っ赤なエラがあって、そこから硫化水素を取り込みます。体の下の方には袋状の構造があって、そこが体の大部分

になります。袋の中には細菌が大量に共生して、そこにどんどん硫化水素を送り込みます。それを細菌がエネルギーにして有機物をつくり、できた有機物の一部がハオリムシの栄養となっていく。ですから自分では何も食べなくて、体の中にまるで牧場があるようなものです。

広中 そのような生物がいるとは知りませんでした。いつごろから知られるようになったのですか？

藤原 それが初めて発見されたのは1977年のことです。アメリカの研究チームがガラパゴス諸島の沖、水深2,500mのところで見つけました。発見したのは地質学者で、海底火山を調べに行ったら、そこに変な生物群があったというわけです。そこで、なぜこれほど深い海に生き物がたくさん棲めるのか、そのメカニズムを解明しよう、あるいはそういうものが他にないのか、などとさまざまな方向に研究者の興味は広がり、その後、相次いで同じような例が発見されていきました。そこには今まで誰も見たこともない生き物が数多く出てきたので、生物の多様性を調べる研究も一気に発展しました。

広中 まだ新しい発見なのですね。発見されたときは驚かれたことでしょうか。

藤原 生物学の中では、海での発見として20世紀最大のものが、この熱水噴出孔での生物群集の発見だという人もいますほどです。私もこの動物とそこに棲む細菌との共生現象に強く惹かれて、その仕組みを長らく研究してきました。

広中 海の平均深度は3,800mを越すそうですが、その深さにまで行けるようになったのは、ごく最近の技術ですよね。熱水噴出孔の周りの生物群集の発見も、ちょうどその頃に、深海にまで潜るための技術が開発されたという事情もありますか？

藤原 その通りです。潜水調査船ができて初めてできるようになりました。熱水噴出孔というのは、たいてい海底火山など険しいところにあります。船上からカメラを吊るして引っ張ったり、網を曳こうとしても、複雑な地形に引っかかってしまって、海底火山はうまく調査ができない場所でした。そこにロボットや潜水船が導入されると、細かく複雑な地形をした場所にも入れるようになり、海底火山から湧き出す熱水現象やそこに群がる誰も見たことのない生物群集が発見できるようになってきたのです。

広中 熱水噴出孔の周りに生息する生物群は、化学合成をしているとの話ですが、光合成というのは小学校でも習うので分かるのですが、化学合成で生きている生き物がいるとは知りませんでした。熱水噴出孔以外にもそのような生き物はいらっしゃいますか？

藤原 最初に見つけたのはいま申し上げましたガラパゴス諸島の沖ですが、その後、同じような熱水噴出孔とそれを取り巻く生物群が世界中で見ついています。さらに熱水以外のところでも化学合成で生きている生き物が発見されてきています。

例えば、地球はプレートで覆われていますけれど、プレートとプレートがぶつかって片方のプレートの下にもう一方が沈み込んでいくところでも見られます。プレートが沈み込んでぎゅっと圧縮されたところに湧き水が湧いてくるんです。その湧き水にメタンや硫化水素が含まれて出てくる場所があります。そこには、いまお話したような体の中に共生細菌をもっている生き物が生息しています。多くは二枚貝ですけど、その貝のエラに大量の共生細菌を宿しているものがいて、そこで化学合成をしています。

それと先ほど申し上げました海底に沈んだクジラですね。クジラの骨も実は沈んでしばらくすると、有機物が嫌氣的に分解されて硫化水素を発生します。そうすると、そこにも硫化水素に依存する生物が棲むようになります。このように、いろいろな場所で、光合成ではなく化学合成によるエネルギーによって有機物をつくる生命現象があることが分かっています。

無機物、有機物、そして生命

広中 深海の熱水噴出孔で生きる生命体の話をうかがっていると、私のような素人には、どうしても生命の発生に思いがいてしまいます。無機物と有機物となり、それを栄養とする生き物が、それも見る



JAMSTEC (国立研究開発法人 海洋研究開発機構)
藤原 義弘氏

からに原始的に思える生き物がいるとなると、そこは生命の発生につながったところではないか、というような想像をしてしまうのです。深海で見られた化学合成の世界に、生命の誕生を考える上で、ヒントになるようなものはありますか？

藤原 実際に深海底の熱水噴出域と似たような環境が太古の地球にあったのは間違いありません。そういうところでは、熱も重要なエネルギーの一つです。熱があれば化学反応が促進されますし、先ほどの硫化水素は、いろいろと反応性に富んでいますので。

いろいろな生き物のDNAを調べると、どれがより生命の起源に近い古い生き物なのかが分かります。かなり生命の起源に近い、系統の古いものの中には、熱水噴出孔のところに棲む微生物が含まれています。そういう意味で、熱水噴出孔の周りが、生命の生まれた場所ではないか、という説もあります。生命の発生というのは、生き物の歴史の中で最も大きな出来事です。それが分かるということは、生物学にとって非常に大きなことです。その研究ターゲットとして、有望なものの一つが熱水噴出孔だと思います。

私も生物学者なので、「生命」というものには当然興味があります。ただ私自身は、より生命の起源に近いと言われるバクテリアなどの原核生物の研究をしているわけではありません。生命の起源というと、進化の歴史をたどるような研究になるのですが、それよりもっと命そのものを理解したいという思いが強くあります。

広中 それはどういうことですか？

藤原 例えば、今まさに生きている生き物と、今まさに死んだばかりの生き物があるとします。その二つの物質は、化学の世界で言えばほとんど同じものではないかと思えます。ところが、生物学の世界で考えると、この二つは全く違ったもの、つまり片方は生きているもので、片方は死んでいるものとなります。その二つの現象の間にある違いを説明できたら、「生命とは何か」を説明できるのではないかと思っています。いつかそういうところに切り込みたいとは思っています。

それは私に限らず大昔の生物学者も当然考えてきたことです。でも、誰もまだ説明ができない。未だに解かれていないわけです。やり方も定まらないから、誰もそこにアプローチできない。言葉は少し悪いのですが、私が今まで研究を続けさせていただいてきたのは、ある意味モラトリアムみたいなもので、いつかそこに切り込みたい。生物学に触れていれば、いつかこの二つの違いを見極めることができるのではないかと、そういう思いが私の一番根底にあります。

す。多分、生きているうちにこの答えは出ないとは思いますが(笑)、目指すところはやはりそこですよね。

地球温暖化と深海の現状

広中 生物学者のロマンを感じさせられるお話です。ところで、私たちは今、地球環境問題を大きなテーマとして抱えています。深海及びそこに棲む生き物を研究なさっている立場からは、この問題はどのような形で見えてくるのでしょうか？

藤原 深海で、これまでどういうことが起こっていたのかということとは十分に分かっていません。私たちが、いま現在知っていること以上に、温暖化の影響が、深海にも及んでいるのだらうとは思っています。すでに、そう推測できるものが出てきています。

分かりやすい事例でいいますと、海洋自体の温暖化が進んでいます。海の表層部はもちろんですが、深海にまで温暖化は及んでいます。それで何がかわるかということ、例えば生き物というのは、その環境にうまく適応したものが生きているのですが、温度が少し上がるだけでその分布も大きく変わります。全部の種が同じように温度に対する耐性があるのなら、同じように変わっていくのですが、種ごとに耐性は違いますので、適応できない種も現れて生態系のバランスが崩れます。

例えば、イバラガニという一見するとカニのような巨大なヤドカリの仲間がいます。タラバガニの仲間といった方が馴染みがあるでしょうか。これはもともと南極海には分布していませんでした。それが近年、南極海に現れるようになりました。イバラガニは体も大きいし、ガツガツ大量の獲物を捕らえます。いわゆるプレデターです。今までこのような敵がいなかった南極の生き物たちの前に、突然、体が大きく食欲旺盛な捕食者が入ってくると、当然生態系に影響を与えてしまいます。今、こうして私たちがお話ししているこの部屋に、いきなり飢えたライオンを放たれたようなものです。既存の生き物たちは、そんなプレデターが来るとは分かっていないので防御する用意も術もありません。このようなことが、あちこちで報告されています。これも地球温暖化の影響だと考えられています。

海洋の酸性化がもたらすもの

広中 世界中の海で海水温が上がってきていると報告されています。その影響で海洋生態系も、世界規模で変わってくるということですね。

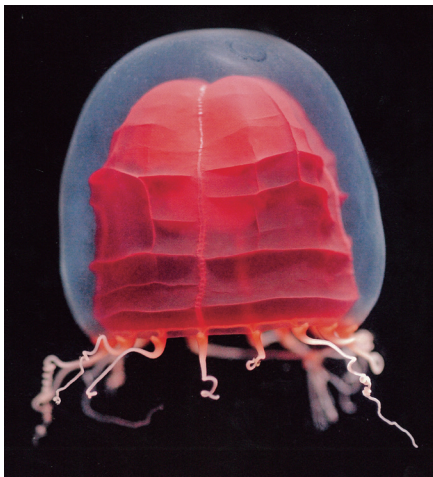
藤原 あと海洋の酸性化も進んでいます。海水に二

酸化炭素が溶け込んだり、海中の酸素の消費が上がって酸化してきたからです。温暖化に加えてこれも心配です。その影響がもたらした分かりやすい例を紹介します。

アカチョウチンクラゲという大きなクラゲがいます。このクラゲは深海の中層にポカリと浮かんでいるのですが、体が大きいこともあって、いろいろな生き物がこのクラゲの表面にくっついて、そこを棲みかとしています。いわば森の木のような役割を果たしています。このアカチョウチンクラゲは、幼生の段階ではポリプとって、サンゴやイソギンチャクのように何かに付着して生息しています。何に付着するかというと、海の表層に暮らしている翼足類になります。翼足類というのは、中層を泳ぐ巻貝の仲間です。

「海中の天使」などとも呼ばれて人気のクリオネってご存じですよ。クリオネは殻を持たない翼足類です。またこのクリオネの餌になるミジンウキマイマイという巻貝がいますが、これも翼足類なんです。アカチョウチンクラゲの幼生は、翼足類の貝殻にポリプとなって付着します。ところがその翼足類の貝殻は、泳げるぐらいですから非常に薄いものです。そのため、わずかな酸でも溶けてしまいます。地球温暖化で海の表層が酸性化してくると、翼足類の薄い貝殻が溶けてしまい生息数を減らします。その貝殻に付着するアカチョウチンクラゲの幼生は足場を失い生きられなくなります。こうして、深海の中層で大きな森の木の役割を果たしていたアカチョウチンクラゲも減少し、そのクラゲを頼っていた他の生き物も棲めなくなり、一気に表層から連鎖して生態系に影響が出てしまいます。

このようなことが、ちょっとした環境変動で起こりうると言われています。酸性化とか海の温暖化とか、それに加えていま、低酸素化も進んでいます。海水



アカチョウチンクラゲ。その姿が居酒屋の赤提灯に似ているところからこの名がつけられた。(撮影：Dhugal Lindsay ©JAMSTEC)

中の酸素濃度も下がってきています。そうすると深海の生態系の様子も変わってしまい、今までうまく機能していた仕組みがうまくまわらなくなります。

さきほど、深海では生き物が少ない、と言いましたけれど、それでも海洋は地球の中で圧倒的なボリュームを占めています。大型生物が生きられる地球上で最大の場所が海洋です。そして海の9割以上が深海なんです。

深海は、そのほとんどが、まだ人間には確認されていない世界です。その生態系が、人間が気づかないうちに崩れてしまうかもしれない。それによって何が起るか、我々には想像できないくらいのが起こってもおかしくありません。このまま進むとどうなっていくのか、非常に心配です。

深海での変化はもどせるか

広中 ちなみに、いま話されたような変化は、我々人間自身の手で修復できる可能性はあるのでしょうか？

藤原 ちょっとやそつとで元に戻せるようなものではありません。対象とするのが圧倒的に広く大きな世界です。人間の持っている技術だけで、簡単に解消できはしないでしょう。それから温暖化が進むと地層の中にハイドレートの形で閉じ込められているメタンが海中に放出され、やがて大気に出ていきます。メタンも温室効果ガスの一つですので、地球環境の変動にさらなる影響を与えます。このように、いろいろなものが複合的に絡み合っていて、ますます人間には止められない方向にいつてしまう可能性があります。まずはしっかりと状況を把握して、海洋全体でどういう変化が起きているのか、理解していかないといけないでしょう。

広中 海洋全体の変化といいましても、深海にいたっては、先ほどの熱水噴出孔周辺に棲む生物の発見すら、それほど歴史がありません。つまりデータとしての蓄積がまだまだ乏しい中で、どのようにその変化を理解していくのかということは難しいことではないですか？

藤原 深海や深海生物の研究は、確かにまだ始まって年月がそれほど経つものではありません。今お話しました深海での変化というのも、ここ数年の観察結果から得られることで、おっしゃるように過去のベースラインの情報は、まだまだあまりにも少ないです。しかし、その少ない状態の中でも、生き物の分布が大きく変わり始めていることが分かります。何か起きているのは間違いありません。だからこそ、早急に全体をうまく捉えていかないと、何がどう変化して、どのような方向に向かっているのかが見えて

きません。

手軽に調査できる手法の開発

広中 最後に藤原さんの今後の研究の方向性について、お聞かせください。

藤原 今まさに取り組んでいるのは、「楽しんで、深海の様子を知ろう」というプロジェクトです。これは陸上に汲み上げられている海洋深層水を使い、その中の環境 DNA (eDNA) を調べることで、そこに棲む生物の多様性を調べようという取り組みです。すでに昨年、2019 年度から始めています。

これの何がいいかというと、普通、深海の様子を知ろうとすると、大きな船で海洋に出て、そこからロボットなり有人の調査船なりを仕立てて、深海まで潜らせて観測するのですが、それは JAMSTEC のような専門の調査船がある機関だからできることです。それも年に何度も同じ場所を調査できるほど潤沢に船は使えません。しかし、海洋深層水なら 365 日ずっと同じところから陸に汲み上げてきています。つまり、深海への窓がそこに開いているようなものです。それをうまく利用できないものかと考えたわけです。

海洋深層水の環境 DNA を見ることによって、そこでの生物の多様性の変化が、その様子を長く継続してモニタリングすることで見えてくるのではないかと考えています。

まず今は、海洋深層水が本当に使えるのかどうか、それを調べるために、相模湾や駿河湾から深層水を汲み上げている取水施設にお邪魔して、海洋深層水を大量にろ過し、その中の環境 DNA を調べる作業を始めています。

広中 海洋深層水というと、ミネラルの豊富な飲料水として販売されていますね。そういう産業用の目的で汲み上げられているものを学術研究にも利用しようというのは面白いアイデアだと思います。

藤原 これにはまだ難題もあります。まずは、環境 DNA の分析結果が、実際のその現場の状態を正しく表しているのかどうか確認しなければなりません。これは、そう簡単ではありません。川ですと、川の水を汲んで環境 DNA を調べて、そこにオオサンショウウオがいるという分析結果が出たら、実際に現地を調べてオオサンショウウオが出てくるかどうか調べることで、環境 DNA の分析結果の精度が見えてきます。

しかし深海となると、環境 DNA の分析結果の精度を確認しようにも、そう簡単には取水口付近に行けません。幸い JAMSTEC には、実際に深海の現場に行き、ロボットで観察したり、現場の水を汲

んだりする技術があるので、環境 DNA の分析結果と答え合わせのできるデータも取ることができます。こうした作業をしながら、手軽に入手できる海洋深層水を利用する方法を確立させたいと思っています。

広中 環境 DNA の分析ということなら、海洋深層水以外にも利用できるものはありそうですね。

藤原 もちろんそうです。海水中の DNA を調べるだけで、その生物の多様性が分かるのであれば、研究の裾野が広がります。小型の船とか専門性のない一般の船でも、水を汲む装置さえあれば、簡単に生態系の様子を調べることができるようになるわけです。

海水の環境 DNA を調べるだけで、海洋生物の多様性がどれほど精緻に分かるか、ということは非常に重要なことです。それができるようになれば、民間の船にもお願いして水を汲んできてもらい、それを分析すればいいことになります。

こうした観測を 10 年でも継続できれば、そこに本来いたはずの生き物がいなくなったとか、今までそこにいなかったとんでもないプレデターがやってきたとか、そういう事実も分かるようになります。

できるだけ省力化し、いかにコストも抑えながら、海洋生物をモニタリングするか。それができる技術の確立がますます重要だと思っています。

広中 まだまだ未知の部分が多い深海ですが、そのデータを蓄積していかなければなりませんね。いま現在、人類が持っている海洋に関する情報量は海の広さに比べてあまりにも少ないわけで、より簡便に、なおかつ精緻な調査方法が確立されていきますよう期待しております。本日はお忙しいところをありがとうございました。

JAMSTEC (国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

藤原 義弘 (ふじわら よしひろ) 氏

1969 年岡山県生まれ。筑波大学第二学群生物学類卒業。筑波大学大学院修士課程環境科学研究科修了。博士 (理学)。海洋研究開発機構地球環境部門海洋生物環境影響研究センター上席研究員。東京海洋大学客員教授。1993 年より海洋科学技術センター (現海洋研究開発機構) に入所。米国スクリプス海洋研究所留学等を経て、2019 年より現職。近年、深海域のトップ・プレデター (食物連鎖の頂点に位置する捕食者) に関する研究や環境 DNA の研究に取り組む。海洋生物の撮影にも力を注ぎ、今まで撮影した深海生物は 1,500 種にのぼる。

著書『深海のとっても変わった生きもの』(幻冬舎)、『深海調査船が観た深海生物―深海生物研究の現在』(共著、東海大学出版会)、『追跡! なぞの深海生物』(あかね書房)、『深海 鯨が誘うもうひとつの世界』(山と溪谷社) など。



多様性のるつぼ、アリの巣の居候

昆虫学者 小松 貴氏

私は現在、「昆虫学者」を名乗りつつ身の回りに住む数多の昆虫を観察している。彼らの、その不思議な行動生態を研究しては新知見を論文にしたり、本を書くなどして、さらに研究を進めるための資金を集める日々だ。昆虫は、この世で最も種数の多い生物分類群で、また地球上のあらゆる環境に適応することに成功した、まさしく地球の支配者である。あるものは発達した翅^{はね}で自在に天空を駆け、またあるものは巨大な大顎で獲物を捕獲することに長けている。種数の多さを反映し、彼らは種により「本当にこれが同類の生物なのか」と思わず疑いたくなるほど、その形態も多様さに満ちている。幼い頃、暇さえあれば家で眺めていた昆虫図鑑。その中の彼らが持つおびただしい、見ていて全く飽きがこない多様性に触れて圧倒されたことが、現在の私を形作る要因の一つである。そんな私が、数ある昆虫類の中でも特に目をかけて研究してきたのが、アリと関わりを持つ昆虫だ。

大概の人間ならば、一度や二度は庭先でアリの巣をほじくって遊んだことがあるだろう。あるいは、道端のアリを無意味に踏んだり、地面の巣穴に水を大量に流し込んだりして遊んだこともあるはずだ。少なくとも、私は幼い頃それら全部をやっていた。そんなことを繰り返しながら、私は「アリとは何て弱くてすぐ死ぬ生き物なんだろう」としみじみ思ったものだった。そう、日常の会話の中で「アリの様に小さい」などという例え話を使うように、我々はアリを弱々しい虫の代表のように思って生きている。しかし、実はその考えは、全くもって正しくない。アリは本当はとても強く、また他の多くの生き物たちから恐れられている存在だ。

アリは集団生活をし、仲間と協力することで、一匹ではできない仕事を成し遂げたり、一匹では倒せない獲物や敵を倒すことができる。他の昆虫はおろ

か、昆虫以外の生き物全体を見渡しても、こういう特性を持つものは他になかなかいない。さらに、アリは体に強力な武器を持つ。試しに、その辺にいるアリの指で摘み、少し顔を離してから匂いをかいでみるとよい。途端に、鼻をつくものすごい強烈な刺激臭で、目の前が一瞬クラクラするだろう。これはギ酸といって、アリが体内に武器として持っている化学物質、平たく言えば毒の匂いである。アリは危険を感じると、このギ酸を尻から出して戦う。普通の種類のアリのギ酸ならば、人間に対してはさほど影響はないが、この毒は小さな生き物にとっては肌を火傷させてダメージを与える、とても恐るべきものなのだ。イモムシなどが一度にたくさんのアリに襲われて噛みつかれ、さらにその噛み傷にギ酸^すを搾り込まれると、たちまち弱って動けなくなる。北海道や本州の涼しい高原などに住むエゾアカヤマアリという赤いアリは、怒らせると強いギ酸を水鉄砲のように大量に飛ばしてくるので有名だ。こいつをまともに食らうと、人間でも肌が荒れてしまう。また、ギ酸だけでなく、ハチのように毒針を持つアリの仲間もたくさんいる。そもそも、アリは地面に住むように進化したハチの仲間なので、アリが毒針を持つことは



ヤマクロヤマアリの巣内にいたムネトゲアリツカムシの一種

別に不思議でもなんでもないことである。ともあれ、アリは噛みついたり毒を持ったり、はたまた刺したりしてくるため、多くの生き物はアリを嫌がり、なるべく関わらずに生きている。ところが、世の中にはこんな恐ろしくて嫌な生き物に、わざわざ仲良くなり近づいていく生き物がいるのだから不思議なものだ。

アリは、自分の体の表面に付いている匂いを嗅ぎ分けて、自分と同じ巣のアリとよその巣のアリとを厳しく見分けている。たとえ同種のアリでも、巣が違うもの同士ではこの匂いの組成比が微妙に違い、したがって匂いそのものも違う。アリにとって別種のアリは勿論、同種であっても巣の違うアリは、同じエサを奪い合う敵同士なので、すぐに殺し合いのケンカが始まってしまう。ましてや、そもそもアリですらない生き物が相手ならば、言い訳も聞かずに敵かエサと見なしてすぐ殴りかかっていく。もしこんな奴が友達にいたら、全くもってたまらない。こういう話を聞けば、アリが人間よりはるかに小さい生き物で本当によかったと、心から思わないだろうか？ しかし、逆に考えてみてほしい。「同種のアリでも、匂いが違えば敵同士」と先ほど書いた。ならば、アリではない生き物がアリと同じ匂いを体につけてアリの巣に入ったら、一体どうなるだろうか。

実は、アリの巣の中にはおびただしい種類と数の、アリではない生き物が勝手に住み着いている。「好^{こう}蟻^ぎ性^{せい}生物^{せいぶつ}」と呼ばれるそいつらは、匂いをはじめアリ達の巣仲間認識システムをうまく逆手にとってアリのだまをくらし、アリのふりをして生きているのだ。好蟻性生物は動物、植物、菌類、果てはウイルスに至るまで様々な分類群のものから知られているが、圧倒的に節足動物、特に昆虫類において多くの種が記録されており、これらを好蟻性昆虫と総称する。

たとえば、アリヅカコオロギという小さなコオロギは、アリの巣内をものすごい早さでこそこそ走り回りつつ、アリの体にちょっと触っては逃げる行動を何回も繰り返す。そうして、アリの体についている匂いを剥ぎ取り、自分の体にくっつけているのだ。一週間くらいその行動を続けると、アリヅカコオロギは自分の体からアリの匂いを出すことができるようにな

る。このコオロギは、アリとは似ても似つかない姿をしているが、何しろ体を覆う匂いがアリそのものなので、周りのアリ達は当然仲間と思いこんでしまう。それをいいことに、アリヅカコオロギはアリの巣内を好き勝手にうろついては、せっかくアリが蓄えたエサなどを盗み食いする。

ハネカクシという甲虫は、もつとずる賢い方法を持っている。こいつはアリヅカコオロギと違い、アリから匂いを奪い取らずとも最初からアリの騙す作用のある化学物質を体に持つ。こうして仲間のふりをしつつアリの巣内に入り込み、手近なアリに腹部から出す特別な汁を舐めさせる。この汁は、アリがとても好きな匂いと味を含んでおり、これを舐めたアリはハネカクシに自ら進んでエサを差し出すようになってしまう。この甲虫の仲間には多くの種類がいて、隙についてアリの食べ物を盗み殺すもの、ものすごく小さな体でアリの運ぶエサに飛び乗り、盗み食いするもの、はてはそのようにアリの巣に集まってくるハネカクシを捕食するためにやってくるものさえいる。

そうかと思えば、匂いをまったく使わないという輩もいる。アリシミという虫は、体の表面に匂いを持たない。匂いがないものの存在を、アリは認識できない。まるで透明人間か、幽霊のような奴だ。アリに全く気づかれることなく、彼らはアリからエサを盗み食いして生きている。ちなみにこのアリシミ、白くて雫のような体形をした虫で、偶然ながら見た目も非常に幽霊じみたなりをしている。

こんな不思議な生き物があるならば、ぜひとも自分の目で見てみたいと思う人が、この連載を読んでいる読者のうち一人か二人はきっといるはずだ。だが、アリの巣は深い地面の中にある。地面をスコップで懸命に掘らねば、中の様子は見られないんじゃないかと考える人は多いかと思う。でも、そんなことしなくても、アリの巣の中は見る事が出来る。道端に浅く埋まった石を、ただ裏返すだけでいい。地中においてアリは、大きくて硬いものにそって巣を作りたがるくせがあり、地面に大きめの石が埋まっていると、大抵その裏に沿って巣部屋を作り、通路を渡す。ゆえにこうした石を起こすと、その裏側にはキレイに作られたアリの巣が形成されており、沢山のア



り達とともにそこに住みつく生き物を見つけることが出来るのだ。私は2歳くらいの頃からその事実を経験則で知っており、暇さえあれば庭の石を裏返してはアリヅカオオロギを見つけたものだった。アリの巣の中に住む生き物は、どれも非常に体の小さい連中ばかりである。よくよく目を凝らさないと、何も発見できない。コツは色の薄い生き物を探すこと、周りのアリ達とは明らかに歩くスピードや振る舞いが違うものを探すことだ。すばやく動くアリヅカオオロギやアリシミは、いればすぐに発見できるだろう。目が慣れてくると、赤い色をしたアリヅカムシという甲虫を見つけられるようになる。微少なながらも、カクカクしたロボットじみた触角と、立体感溢れる不思議な姿をした虫だ。コインのように真ん丸で、宝石のルビーのように輝く赤色の甲虫、アリヅカエンマムシを見つけられたら、大したものである。こいつは数が少ないうえ、春先から初夏にかけての時期にしか地表浅い所まで上がってこないレア物だ。好蟻性昆虫の中には、専門家さえ滅多に姿を見られない珍しい種が少なからずいる。こうした珍種は、数あるアリの種の中でも特定の1、2種の巣の中にしかおらず、しかも仮にその種のアリの巣をほじくり返したからとて、季節や気温、湿度などの条件が揃わなければ採れないことが多い。いつどんな種が目の前に現れるか分からない。好蟻性昆虫探しは、昨今巷で流行っている「GPS機能を使い、歩きながら突如道すがら出てくる宝を集めるスマホゲーム」に相通じる面白さがある。

さて、先述の通り好蟻性昆虫には、特定種のアリにその生存を完全に依存したものが多い。何しろ、アリは厳格なセキュリティシステムを巣内に敷き、そのシステムの内訳も個々のアリの種によって異なってくる。よって、そんなアリの巣内に入り込んで効率よくアリを騙し手玉に取るには、カモとするアリの種を最小限に絞り、そのみを徹底的に騙すための適応を遂げる必要があるのだ。アリは世界におよそ1万種もおり、そのそれぞれの種（無論、その1万種全てにおいてではないものの）にはそれ専門に取り付くよう特殊化した各種好蟻性昆虫たちが存在す

る。アリの種の多様さが、そっくりそのまま好蟻性昆虫の種の多様さを作り出していると言っても過言ではない。さらに、1種のアリの巣を例にとってみても、それに依存する好蟻性昆虫たちは複数種いる場合が多く、それらは種によってアリの利用形態も異なっている。アリからエサを奪うもの、アリを捕って食らうもの、アリの体内でじわじわ養分を吸い取るもの、はては同居する他の好蟻性昆虫を食物にするもの……。アリの巣内には、幼虫の部屋や卵の部屋、翅アリの部屋や獲物の一時的貯蔵庫、それら部屋同士をつなぐ通路といった、役割の異なる様々な場所がある。また、巣の出入り口から外へと延びる採餌用の行列や、その行列の行き着く先にある餌場もアリの息がかかった「巣内環境の延長版」と言える。これら環境のそれぞれにおいて、居候が得られる餌資源やアリの庇護の種類は異なってくるため、好蟻性昆虫たちは種毎に自身の身を置く環境を違えるように進化し、結果として好蟻性昆虫同士での資源をめぐる争いが避けられている。好蟻性昆虫たちの種を多様化させたのは、アリという分類群そのものの種数はもとより、単一のアリの巣内における環境や資源の多様さであることは疑うべくもなからう。アリとそれにまつわる昆虫の世界だけでも、ここまでの多様さを見せる昆虫たちの世界。その範疇の枠を超えた時、その多様さはどれほどすさまじく、美しく、恐るべきものになるのだろうか。

昆虫学者

小松 貴（こまつ たかし）



1982年、神奈川県生まれ。信州大学大学院総合工学系研究科山岳地域環境科学専攻・博士課程修了。博士（理学）。九州大学熱帯農学研究センターを経て2017年より国立科学博物館にて協力研究員。アリと共生する好蟻性生物を研究する傍ら、国内外にて様々な生物の観察、撮影を行う。著書に「裏山の奇人 野にたゆたう博物学（東海大学出版部）」、「虫のすみか 生きざまは巣にあらわれる（ベレ出版）」など多数。

「命水」(ぬちぐすい)

立教大学大学院 21世紀社会デザイン研究科 教授 萩原 なつ子氏

2月初旬、沖縄県八重瀬町を訪れた。目的は琉球大学と八重瀬町が協働して行っている水循環に関するプロジェクトのヒアリングと地下ダムの視察である。八重瀬町は那覇市から車で20~30分のところに位置し、近年ベッドタウン化し、人口も緩やかに増加傾向にある町である。八重瀬町は農業、漁業、養豚・酪農の三拍子揃った町である。とくに豊かな地下水と土壌をいかした多彩な野菜やフルーツの栽培、そして洋ラン、菊などの花卉栽培も盛んである。

地下ダムの視察の前に訪れたのは八重瀬町観光拠点施設『南の駅やえせ』。特産品売り場でまず目に入ってきたのは、思わず口ずさんでしまいそうな色鮮やかなパプリカ、沖縄一と言われているピーマン、色も形も大きさもいろいろなたマト。そして独特の香りを漂わせる塩セロリ。塩セロリとは、八重瀬町の農家が沖縄の塩や岩塩を水で薄めて散布して栽培しているもので、癖がなく食べやすいことから、有名料理人からも高評価を得ているそうだ。東京では某高級スーパーなどでしか手に入らない、ということで迷わず購入した。次に目に飛び込んできたものは「パタフライピー」。気品漂う薄紫色の花。色の美しさもさることながら、健康にもよいと女性を中心に人気急上昇中。お湯を注ぐと本当に沖縄の海のような青いハーブティが楽しめる。

「今、八重瀬町が力を入れているのが『カラベジプロジェクト』なんです」と売り場を案内してくれたフィールドコーディネーターの三沢陽子さん。三沢さんは「次の世代のために食育が大事だと痛感」して、プロジェクトを応援している。カラベジプロジェクトとは、八重瀬町生まれの安心安全で、美味しい「パワーのある色鮮やかなカラフルベジタブル=カラベジ」を活用したプロジェクトのことで、平成21年度にスタートした。最初はカラフルな野菜を素材にした特産品づくりに取り組んでいたそうだが、今は「食と暮らしに彩を!」を合言葉に八重瀬町のイメージ

戦略と地域活性化、経済活性化の取組となっている。八重瀬町カラベジプロジェクトが大事にしている考え方は「1.楽しい食のイベントやフェアを通じた生活者との接点づくり、2.モノづくり、3.これらを組み合わせた情報発信、を基本軸にカラベジブランドを構築して八重瀬町のイメージアップと地域経済の活性化を結びつけること」。

カラベジプロジェクトは環境にやさしい農業を行う農家を応援するために、カラベジファーマー制度を設けている。基準をクリアして認証された農家が栽培した作物は安全、安心であることを証明するためのラベルの使用が認められる。そして安全、安心な作物を作る要となるのが地下ダムである。地下ダムとは、「水を通さない壁を地下に造って、海に流れる地下水をせき止め、琉球石灰岩を利用して地下水を貯める施設」のこと。地下ダムの第一印象は、ローマ遺跡にあるような円形劇場みたい。八重瀬町ではカラフルベジと共に水資源や水環境に対する意識の向上を目指したプロジェクトも進行している。なぜならば、豊富な地下水が八重瀬町の「命水」(ぬちぐすい)であり、「みつつやあらいーやすかーいん(水は洗って使えない=水のかわりになるものはない)」からである。



命水のもと地下ダム

ゴールに到達するために

ダイセン株式会社 記者 富永 周也氏

街で着られるようなユニフォームが増えています。若い世代の感性に合わせたカジュアル化に加え、「ワークマンプラス」やフランス発の「デカトロン」のような低価格な機能性ウェアのヒット、さらにオフィスカジュアルの定着によってデザインや素材の自由度が増したなどが理由です。ファッションブランドやセレクトショップ、スポーツメーカーも、認知度を強みにユニフォーム提案を行っており、混戦模様です。

ユニフォームと一般衣料の違いを簡単に言えば、ユニフォームは着られたら必ず廃棄されます。豪華なドレスや和服は歳月を経ても骨董品、美術品としての価値を持ちます。オーダーメイドの高級スーツは世代を超えて受け継がれ、高額でも元が取れます。作業着だったジーンズも、ヴィンテージとなれば驚くような値段がつきます。対して、ユニフォームは着用されれば数カ月から数年で不要品となります。一般衣料が生産・流通・消費・廃棄で役割を終えるのに対し、ユニフォームは回収やリサイクルまで設計されている点で一線を画しているといえるでしょう。

もっとも、一般衣料も近年はリサイクルにグッと注力するようになりました。大量生産・消費のビジネスモデルが批判されていたファストファッションも、サステナビリティ（持続可能性）やSDGs（持続可能な開発目標）を追い風に、新興国の支援、エコ素材の採用、簡易包装などに取り組み、日本の消費者にも受け入れられつつあります。

では、専門メーカーは一般衣料とどこで差別化しているのでしょうか。オフィスウェア・サービスウェアパレルの展示会をチェックしました。

セロリー（岡山市）は今年から環境活動「Re, ユニフォームプロジェクト（リユニフォームPJ）」を開始しました。ユニフォームの回収リサイクルシステム「M. A. P（マップ）」を構築、廃棄ユニフォームの再資源化を促進しています。

チクマ（大阪市）は、“ユニフォームをゴミにしな

い”リサイクル事業を実践してきました。特に、環境省から広域認定を取得し、各地のエンドユーザーから使用済みユニフォームを回収、再資源化を事業化した先駆者です。展示会やウェブサイトでは自社の取り組みを発信しています。

素材面からのアピールも進化しています。ボンマックス（東京都中央区）は昨年からスウェーデン発の抗菌防臭加工「ポリジン」を採用、アイテムを拡充しています。

ポリジンの主成分である銀塩はすべてリサイクルされたものを使用。世界で最も厳しいとされる環境対策基準「ブルーサイン」認定を受けています。ポリジン加工された製品なら洗濯回数を減らし、水や電気の使用量を削減できるとうたいます。

商品が華やかに並ぶ展示会ですが、生産面では品質管理の徹底と生産数の適正化が進められています。特に生産量については将来の就労人口の減少を見据え、各社がロスを作らないよう、精度を高めています。

SDGsは、世界の明るい将来を目指すゴールです。しかし、到達するまでにシビアな競争があることも事実です。エコロジーに長年取り組んできたユニフォーム業界も、さらなる前進が促される局面なのかもしれません。



チクマの新商品展示会

社会の変化、気候の変化にあった水政策が必要

アクアスフィア・水教育研究所 代表 橋本 淳司氏

水道の課題が変わった

水問題は国や地域によって異なる。地理環境や経済状況に左右されるからだ。日本の水問題は、インフラ設備の老朽化、水質汚濁の進行、気候変動による豪雨災害の増加とされる。

近年、水道経営が厳しくなった理由は3つある。

1つ目が水道事業の収入減。1人あたりの水使用量は減っている。理由は、節水機器が普及したこと。水洗トイレを流すと20年前は13ℓの水が流れたが、現在は5ℓほどだ。今後も世界的な水不足に対応するため節水技術は進歩し、使用量は減っていく。同時に人口が減る。1人が使う水の量が減り、人口が減るので全体の水使用量が減った。こうして水道事業は大幅に減収した。

2つ目が施設の老朽化。老朽化した水道管の破裂事故は、毎年1,000件超。2018年6月18日に発生した大阪北部地震では、水道管が破損し、21万人が一時的に水を使えなくなった。同年7月4日には東京都北区で老朽化した水道管が破裂し、地面が陥没した。厚生労働省は水道事業者に更新を急ぐよう求めるが、財政難から追いつかず、すべての更新には130年以上かかる。

3つ目が水道職員の減少。業務の民間委託が進み、水道現場を担う職員の減少が加速した。1980年に全国に7万6,000人いた水道職員は、現在は4万5,000人ほどになった。全国的に水道事業から地域の水環境についての知見や専門性の高い技術が失われ、多発する災害への対応が懸念される。

ただ、昭和時代の水道普及期と現在では課題は異なる。昭和は人口増加、需要増加、水質汚染への対応が急務だった。一方現在は人口減少、需要減少、気候変動が課題である。現在の水道事業者には後者に対応する知見が不足している。

2019年、台風15号が直撃した千葉県で、電柱が倒れ、電線はズブズブ、電力喪失した。台風による大規模停電は県内で約64万戸、断水は約8万

9,000戸に上った。さらに台風19号は全国各地に甚大な被害をもたらした。国土交通省によると、豪雨で川の堤防が壊れる決壊は7県、71河川、140カ所。川の水が堤防を越える越水は16都県の延べ285河川で発生した。同時に数多くの浄水場が浸水し、断水が発生した。福島県いわき市では平浄水場の運転停止により4万5,400戸が断水した。宮城県丸森町では町内の浄水場の取水機能が停止。水道管も各所で破損し、全域で断水となった。完全に断水が解消されたのは10月末である。このとき発覚したのが危ない場所にある浄水場だ。浸水想定地域にある浄水場3,152、そのうち2,552施設が防水対策がなかった。

水道ではなく水点

インフラ更新は定期的に行ってくる。たとえば1970年に設備投資のヤマがあれば、2020年、2070年頃に更新投資のヤマがくる（施設の材質などが同じ場合）。一方、まちの様子は変わる。人口が減少すれば、過去につくったインフラの稼働率は低くなる。現在の水道施設の利用率は全国平均で6割ほどだから、人口減少に直面する地方ほど、まずは施設のダウンサイジング（小規模化）が急務だ。水道普及期には東京方式を見習えばよかったが、現在はそうではない。人口の多い地域とそうでないところではやり方を変える必要がある。

岩手県北上市、花巻市、紫波町の3市町は、水道事業を共同で行う、岩手中部水道企業団を設立した（2014年4月1日）。3市町では人口減少が進み、今後の給水人口は大幅に減少、水道料金は増加すると予測されていた。企業団が設立されてから5年が経過。2018年4月までに、34あった浄水場を29に減らし（2025年まで21に減らす予定）、取水施設は36から32に減らした（2025年までに23に減らす予定）。その結果、約76億円の経費が削減され、浄水場の稼働率も5割から8割まで上昇した。

同時に考えたいのが、さらに人口が極端に少ない地域（もしくは「ボツンと一軒家」）だ。大きな施設で浄水処理し、そこから水を道に通して運ぶのが「水道」だとすれば、給水ポイントを小規模分散化して、水の道を極力短くして「水点」をつくり、浄水やポンプ導水にかかるエネルギーを減らし、安価で管理のしやすい方法に切り替える。

宮崎市の持田地区では水道水の集落デリバリーを行っている。給水車が週数回、ステンレス製の受水タンクに水を運んでくる。そのタンクから各家庭に安全な水が供給されている。水道の専門家の中には「そのような形態は望ましくない」という声もあるが、安全な水を安価に持続的に供給するという目的が達成できるのなら、手段は柔軟でよい。

前述の岩手中部水道企業団では当初、「小規模施設は原則廃止。基幹浄水施設や送水幹線を整備し、施設の統廃合を行うこと」というのが基本路線だったが、小規模でも効率よい施設は存続させることになった。現在、小又地区で「上向流式粗ろ過」と「緩速ろ過」を組み合わせた小型施設の実証実験を行っている。「緩速ろ過」と、ろ過層の表面に棲む目に見えない生物群集の働きで浄水する方法だ。この設備は、コンクリート層と砂利があればよく、地元の業者でも施工できる。メンテナンスも安価で簡単に行える。

「小さな水道」の中には地下水を水源とするものも多い。いわゆる井戸である。自主管理する場合もあるし、供給業者に管理してもらうケースもある。地下水の水質は地域によってまちまちだ。そのまま飲用可能な水が得られる地域もあるが、汚染されている地域もある。供給業者は100m超の深井戸を掘り、地下水を汲み上げる。深井戸のほうが一般的に水質が安定しているからだ（ただし、深くなればポンプで水をくみ上げるための動力代は高くなる）。その水を濾過して利用者へ供給する。料金の支払い方は契約によって変わる。設備は供給業者が負担し、利用者は使った分の料金を支払うというケースもあるし、すべてのコストを利用者が払うケースもある。

水点の水源は地下水、沢水、湧水などが一般的だが、もう一つ忘れてはいけないのが雨水だ。雨は汚水ではない。降り始めこそ、大気中の粉塵などといっしょに降下するので汚れているが、降り出してから30分以上たった雨の水質はむしろ蒸留水に近い。

雨水を資源化するための雨水地下貯留システムも開発されている。長崎県五島列島にある赤島は住民

が十数名の二次離島（本土との直接の交通手段が無い島）であり、生活用水を各家庭に備えられた雨水タンクでまかなう日本でも非常に珍しい島だ。雨水活用は利水、治水の両面で都会でも有効だ。かりに東京都内のすべての一戸建て住宅が屋根に降った雨をためたとすると、1億3,000万tの水が確保でき、これは利根川水系の八木沢ダムが東京都に供給している水量を上回る。突発的なゲリラ豪雨、それにとまなう都市型洪水対策という面もある。

流域に視野を広げる

水道事業の広域化で人知を集積してダウンサイジングを図ったり、逆に、数軒しか家がないような集落では独立型の水道を考えるなど、地域や環境に合ったさまざまな対策を講じていかなければ水道事業は継続できない。さらには多発する豪雨災害への対策、荒廃した森林の保全など、水道の枠を超えて総合的に水行政を担う人材も必要になる。そこで注目したいのが流域である。山に降った雨は、尾根で分かれ、低い所へと流れ、川に集約され、海へ出る。この流域という視点で水を見直すと、さまざまなものが見えてくる。森林が荒廃すれば貯水機能は弱まり、渇水や水害のリスクは高まる。水田の減少は地下水の減少につながる。同じ流域に住む人は同じ水を使い、時には洪水や渇水、水質汚染などの影響をともに受ける。流域という視点で水循環を健全にしていく人材と部署が自治体に必要だ。もちろん流域境と自治体境は異なるので、流域単位の管理が理想であるが、そうした組織づくりには時間がかかり、豪雨災害はそれを待たない。だからまずは自治体内に「水循環健全部」をつくり、そのなかに上下水道課、林業課などができるとよい。流域固有の水問題を総合的に取り扱う人材の養成が急務だ。



2020年度持続可能な社会づくり活動表彰 募集案内

本機構は、地域社会・国際社会への貢献、資源循環、環境教育及び生物多様性保全活動等、豊かな環境を引き継ぐため、環境、経済、社会が一体となった持続可能な社会づくりに資する活動を行う・企業団体を表彰する持続可能な社会づくり活動表彰を実施しています。ぜひふるってご応募ください。

【応募資格】 持続可能な社会づくりに資する活動を行う日本国内に主たる事務所を有する企業・団体

【応募方法】 ホームページに掲載している既定の推薦書に必要な資料を添えて事務局へご郵送ください。

【応募締切】 8月31日(月) 必着 **【審査】** 10月に審査委員会において受賞者決定

◇◇ 2019年度受賞者紹介 ◇◇

【環境大臣賞】 プリンズ電機株式会社「地域・社会に寄り添う環境教育と広報『スリムエコ®活動』」

照明メーカーの持続可能な社会を目指した環境・社会啓発活動。



【(公社)環境生活文化機構 会長賞】

econnect project

(北九州市立霧丘中学校 特別支援学級)

「エコをテーマに人とつながる『econnect project (エコネクト プロジェクト)』」

中学校特別支援学級のESD・SDGs活動。

もおか環境パートナーシップ会議

「もおか環境パートナーシップ会議の環境保全活動」

市民・事業者・行政の3者の協働による環境保全活動。

【(公社)環境生活文化機構 理事長賞】

株式会社アキュラホーム

「間伐材を活用した「木のストロー」普及活動(ウッドストロープロジェクト)」

住宅事業者による間伐材の「木のストロー」の開発、普及活動。

一般社団法人日本繊維機械学会 繊維リサイクル技術研究会 学校制服リサイクルワーキンググループ

「廃棄学校制服のアップサイクルによる衣類ごみ減量化啓発活動」

学校制服3Rをテーマにした啓発授業のモデル事業。

第24回環境文化講演会 開催案内

【日時】 6月25日(木) 15:00～16:30

【場所】 航空会館 201会議室(東京都港区新橋)

【講師】 東洋大学 経済学部国際経済学科教授 川野 祐司氏

【演題】 キャッシュレスで社会を改善する

キャッシュレス化はビジネスを大きく変える可能性を秘めています。キャッシュレス化による支払い行動のデジタル化は、社会問題を解決する手段にもなり、すでに成果を挙げ始めています。途上国では金融包摂に役立ち、人々の生活の向上や環境の改善にも役立っています。しかし一方で、先進国ではキャッシュレス化による社会の分断も懸念されています。本講演では、世界の動向・日本の現状、環境・SDGsの面からみた意義など、キャッシュレス化と社会を取り巻く様々なトピックをお話します。

【参加費】 無料 **【参加申込締切】** 6月22日(月)

表彰応募、講演会参加申込の詳細については、ホームページ (<https://www.elco.or.jp>) を参照ください。



季刊 エルコレター vol.82

発行者：公益社団法人 環境生活文化機構 発行日：2020年4月1日 〒105-0003 東京都港区西新橋1丁目20番10号 サンライズ山西ビル6F
TEL：03-5511-7331 FAX：03-5511-7336 <https://www.elco.or.jp> E-mail:jimukyoku@elco.or.jp