

「循環」再ハッケン!

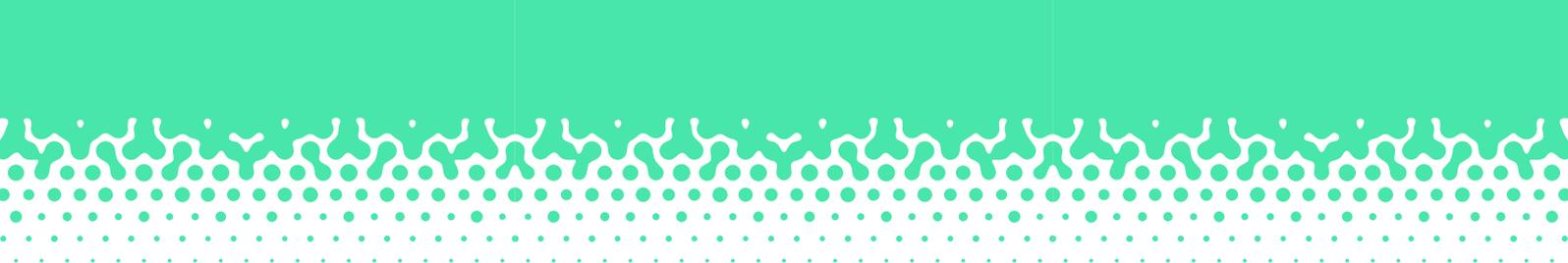
# 月刊日本館

特集 | Feature

小さな  
働き者たち

Issue

04



# From Our Bodies to Outer Space, Observing the Cycles Everywhere.

これから向かうのは、目に見えない働き者たちの職場体験。  
それは体の中、牧場、そして宇宙まで。  
あらゆるところで巻き起こる循環を見つめて。

issue 04

Little Hard Workers

## 特集記事



### 微生物は「いま私と一緒にいる」。 〈BIOTA〉伊藤光平さんに聞く、 人と見えないものたちの共生関係

目には見えないけれど、あらゆるところに確かに存在する微生物。伊藤光平さんは、都市にこそ微生物の多様性が必要なのだと語ります。

P.04



### 微生物は地球の外側から やってきたのか 宇宙規模の循環に 思いを馳せながら

微生物は極限環境でも生き長らえる？ 生命の起源にまつわる様々な説を紐解きます。

P.12

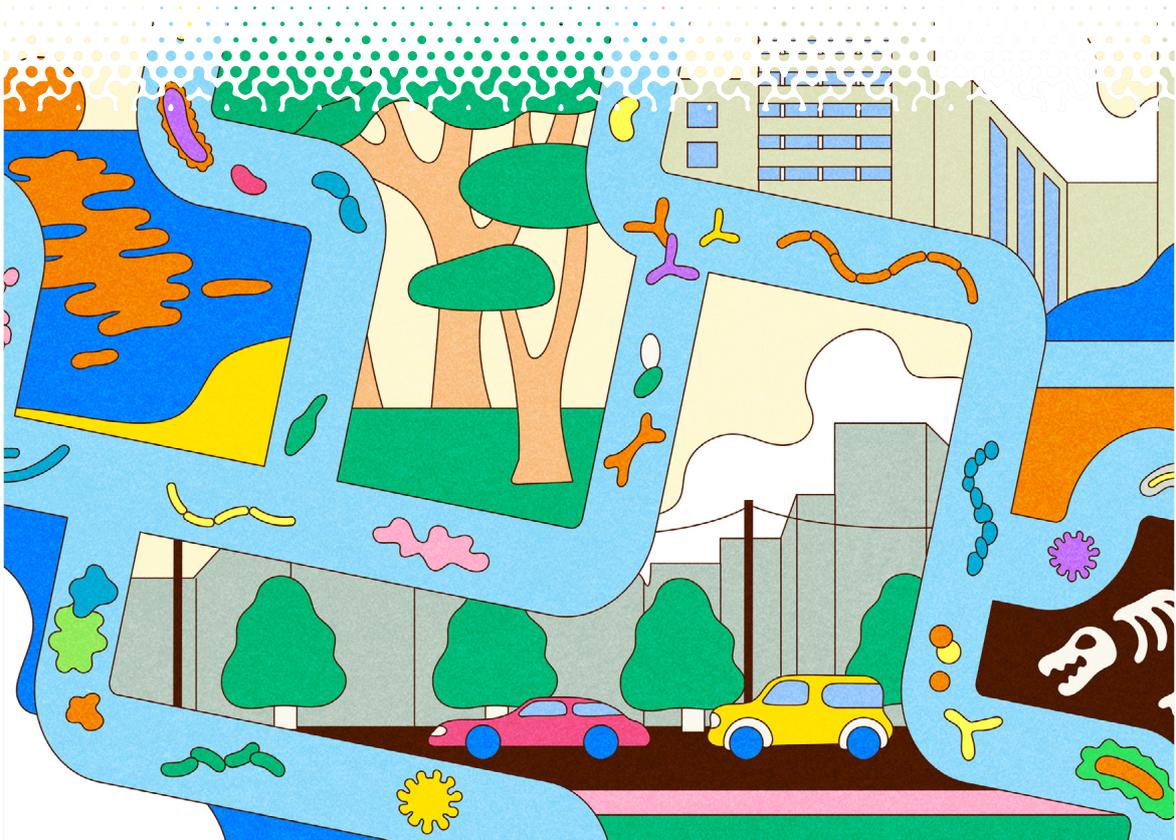


### 「発酵パワーで生ごみを救え！」 メタン発酵戦隊・ バイオガスレンジャー参上！

悩める少年の元に現れた謎の三人組。その正体は、発酵パワーで地球を救うバイオガスレンジャー!? メタンの力に刮目せよ。

P.19

微生物は「いま私と一緒にいる」。  
〈BIOTA〉伊藤光平さんに聞く、  
人と見えないものたちの共生関係



## Index

- ・ 人間にとっての都市と、腸内細菌にとっての腸内は似ている ..... 5
- ・ 自然に対する「触れ方のセンス」を磨く ..... 6
- ・ 微生物は、都市のインフラである ..... 8
- ・ 循環とは、多様な生き物や資源と共に遊び尽くすこと ..... 9

第3号で触れた「発酵」。第4号では、その立役者である「微生物」の世界に注目します。電気、水道、ガス、電車、道路といった、私たちの暮らしを支える存在と同じように、実は「微生物」もインフラであると語る人がいます。

それは微生物の研究事業者であり、株式会社BIOTAの代表の伊藤光平さん。ランドスケープデザインや建築設計の際に、微生物の多様性を高める仕組みを取り入れることで、人々が健康で安心して暮らせる都市づくりを目指しています。

目には見えないけれど、私たちの手の上から、人やものが行き交う街にまで、確かに存在する微生物。彼らは、ときに脅威になることもあるけれど、私たち人間の生活にとって欠かせない存在なのです。

伊藤さんの視点から、すぐそこにある微生物たちの社会をのぞいてみましょう。



## 人間にとっての都市と、腸内細菌にとっての腸内は似ている

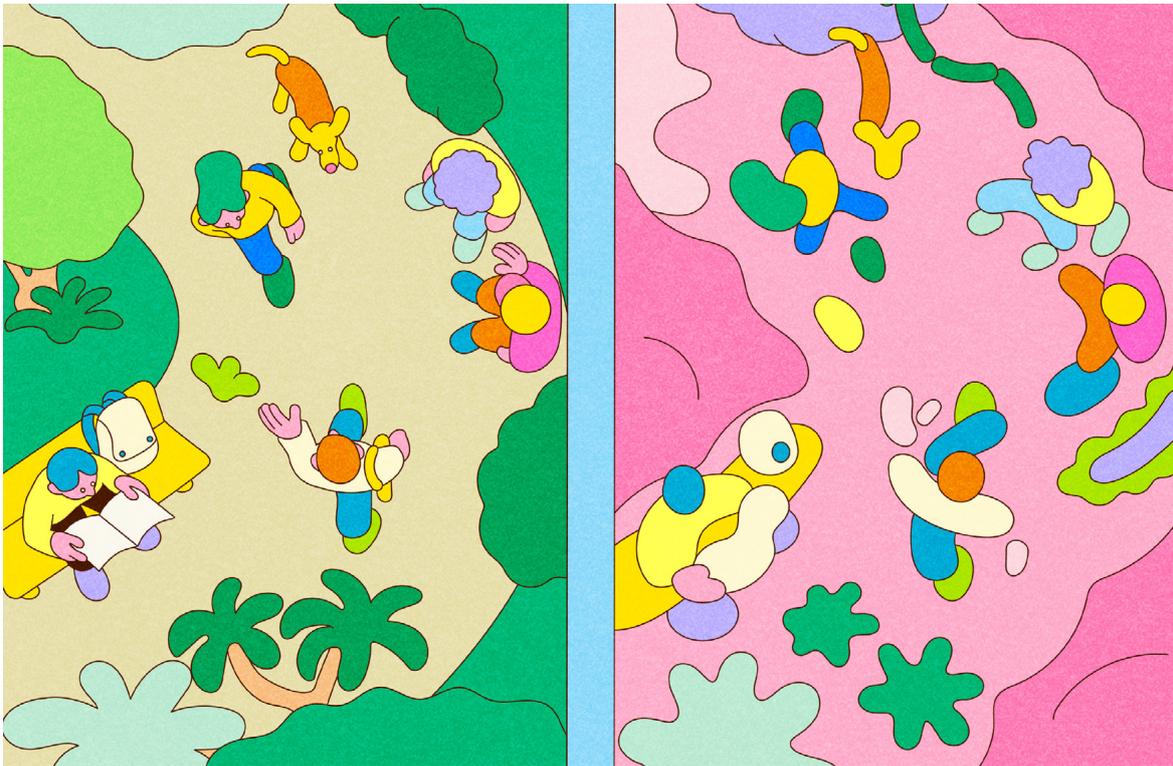
——伊藤さんは研究の中で、都市の微生物を調査・解析していますね。私たちの住む街の、どこにどんな微生物が存在するのでしょうか。

**伊藤さん** 例えば、吊り革には人の手にいる微生物がいるし、トイレには人の腸内細菌がいます。都市の微生物は基本的に、その場所で人が何をしたかで決まるといえるのです。給湯や暖房のためにマンションや病院、オフィスビルなどで利用されているボイラーからは、砂漠にいるのと同じ種の微生物が検出されます。熱さに耐えられるようなものが生き残るんですね。同じように下水道には、流れてきたさまざまな化学薬品に適用できるような微生物がいます。人の行動は、実は見えないところでいろいろな生き物に影響を与えているんです。

——挙げていただいたような場所には、具体的にどんな種類の微生物がいるのでしょうか。

**伊藤さん** 人の手には、例えば黄色ブドウ球菌やアクネ菌などがいますし、腸内細菌といえば大腸菌が代表的です。しかし、どんな種類の微生物がいるのか個別で理解するよりも、ネットワークとして見るのが重要です。例えば、腸内には500～1000種もの微生物がいる。それらの相互作用に目を向けるのです。

人間だって、ひとりいるときと集団にいるときで行動や意思決定が変わりますよね。ひとりひとりができることは限られているけれど、人々が集まり、互いに作用し合うことでいろいろなことができるようになる。そう考えていくと、人間にとっての都市と、腸内細菌にとっての腸内は、同じ「生活を営む空間」であると捉えることができます。スケールが違うだけで同じ構造だと思うのです。



——微生物の世界でも、私たちの社会と同じようなことが起きているんですね。むしろ、人間よりも遙か昔から存在している微生物の世界に、私たちの社会が相似していると考えるべきかもしれません。

**伊藤さん** 微生物の世界には、僕たちのそれよりも圧倒的に多様な社会があります。新しい種もどんどん増えてきていて、それはおそらく僕たちの研究よりも早いペースです。だから、「正体がわからないから除菌・殺菌しよう」という発想は限界に近い。

「わからないこと」を前提とした上で、それとどう向き合い、どう一緒にいられるか。そういう寛容さを持ち続けたいですね。そもそも、人の身体には約100兆個の微生物がいる。「いま一緒にいる」のです。



## 自然に対する「触れ方のセンス」を磨く

——コロナ禍以降、これまでよりもさらに除菌や殺菌が意識されるようになりました。しかし排除するのではなく、人と微生物が共存する環境を考える必要があるということですね。

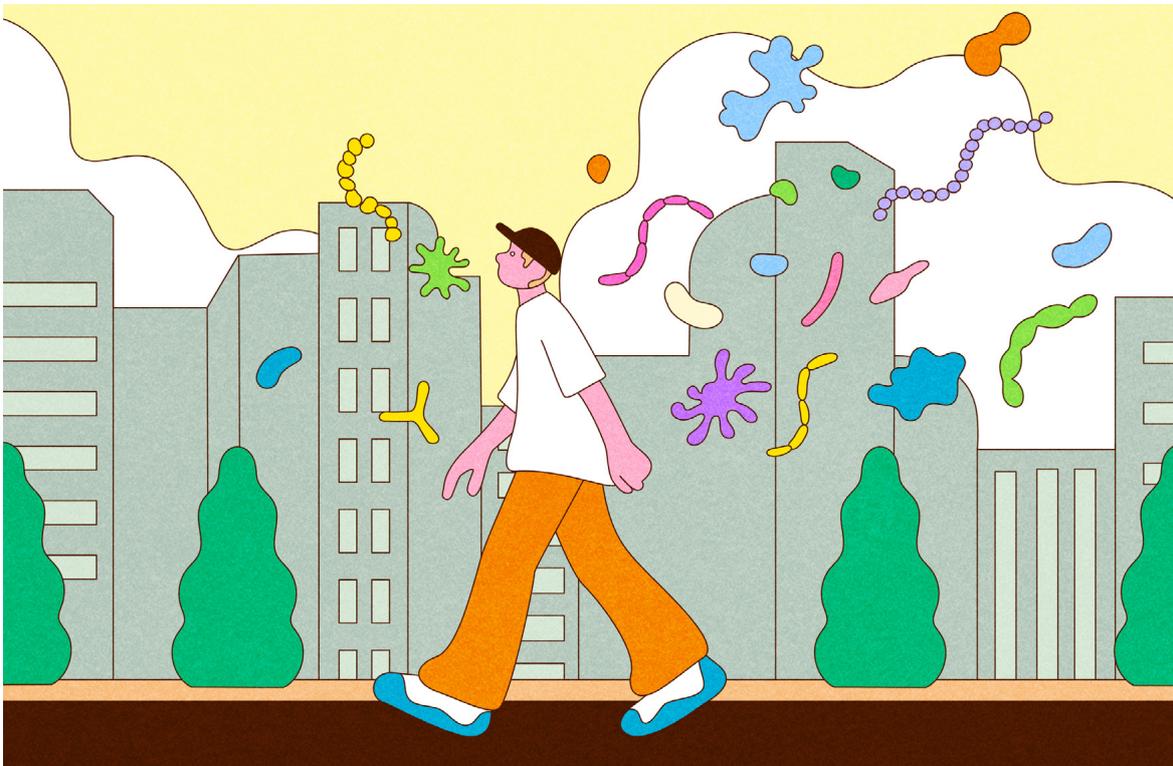
**伊藤さん** 過剰で不適切な除菌や殺菌を続けると、薬剤耐性菌を増やしてしまうことにつながります。つまり、病気に対しての抗生剤や、塗料、歯磨き粉、洗剤などに含まれる抗菌化学物質に、微生物が突然変異によって耐性を持ってしまうんです。そのような抗生物質で死滅しない微生物が生み出されてしまった環境では、むしろ感染症などの病気にかかるリスクは高まってしまうんです。

僕は、都市における一番の微生物の発生源は人だと思っているんです。人は1時間あたり

100万個ほどの微生物を放出しているといわれています。つまり、人が密集している場所は微生物の量がかなり多いということ。密室空間や公共空間で人から人へ感染症が移りやすいのはそういう理由です。

微生物の中でも、人由来のもの、自然由来のものは切り分けて考える必要があります。微生物にもそれぞれにすみかがあって、住める場所が違うのです。人に移る微生物は、人の体に棲んでいた微生物。それらは土の中には棲めません。

いま都市はどんどん過密になってきているので、人由来の微生物が過剰に増えすぎてしまっていると考えています。でもその総量を減らすことは、都市に人口が増えている以上難しい。だとすれば、人由来の微生物に対して競争的な環境を作る必要があるんです。つまり、土壌や植物などにいるような、自然由来の微生物を都市に増やしていく。そうやって微生物多様性を高める街づくりを実践していきたいと考えています。



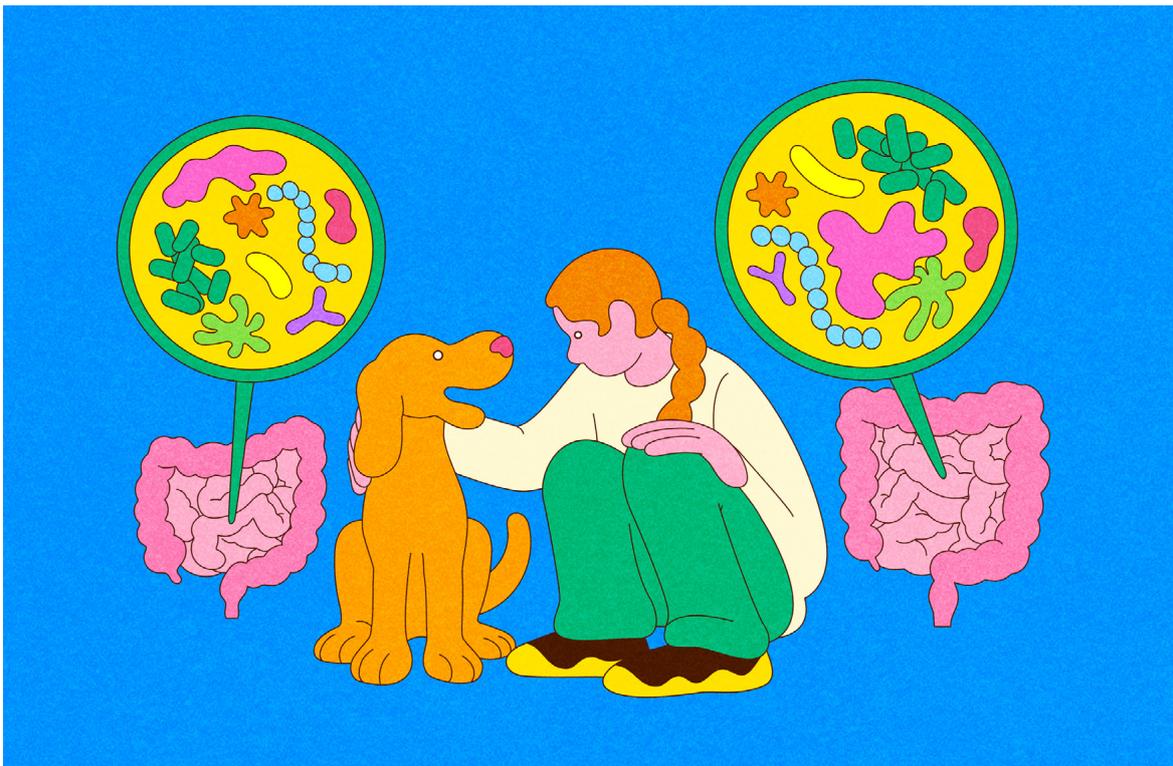
——自然豊かな場所ではなく、あえて都市で微生物を研究することの面白さはどこにありますか。

**伊藤さん** 人間が建物を建てたり、街を作ったりすることは、その場所の生態系を壊してしまうネガティブな行為だというイメージがあるかもしれませんが。でも僕は、人間が自然に介入することは全く悪いことではなく、「触れ方のセンス」があればいいのではないかと考えています。もちろん、そこにいる生き物のことを考えずに強引に森を切り開く、というようなことには反対ですが、建物ができることによってむしろ生き物が住める場所が増える可能性は大いにあるんです。

——人の介入によって、むしろ生態系が豊かになることもある。身近な例だと、ぬか漬けも人がかき回すことでおいしくなるといいますよね。

**伊藤さん** 漬ける人の手によってついてる微生物が違うので味が変わるみたいですね。一方で、そのとき人も、ぬか床から微生物を受け取っている。微生物との相互作用は、僕たちが関心を持っているテーマの一つです。

一緒に住んでいる人と犬では、腸内細菌が似てくるという内容の論文のプレプリントも発表しています。同居しているカップルや家族もそう。腸内細菌が感情を決めているということもわかっていて、神経伝達物質のセロトニンやドーパミンなどの半分以上は、腸内細菌が作っているといえます。腸内細菌が似ることによって、感覚や感情が似てきてもおかしくないんです。微生物を通じて、ある種の絆が生み出されているのではないのでしょうか。



## 微生物は、都市のインフラである

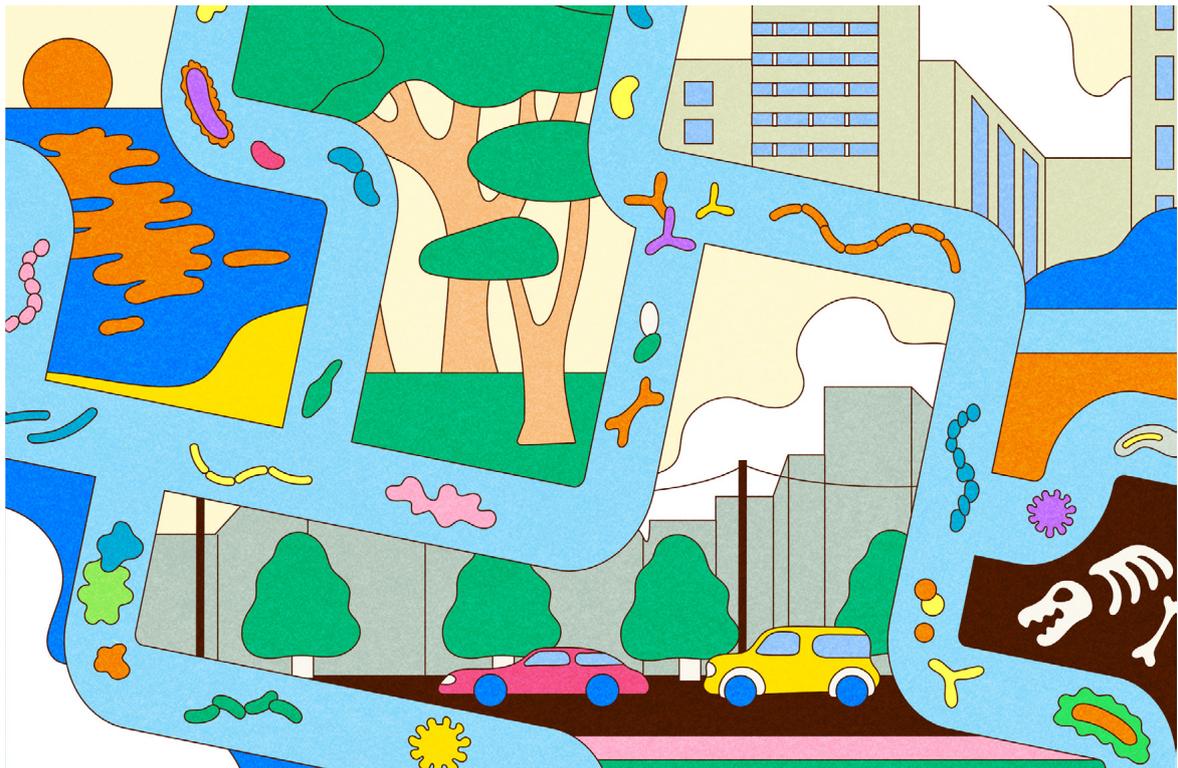
——微生物多様性を高めていくための取り組みとして、伊藤さんが開発された加菌器「GreenAir」が印象的でした。

**伊藤さん** 「GreenAir」で目指したのは、“都市にとってのヨーグルト”です。人がヨーグルトを通して菌を摂取し続けて健康になるように、都市に微生物を足していくようなものが作れないかと。でも「GreenAir」は、10～20年という短いスパンで見たときに有効なもの。本当は「GreenAir」の必要ない世界を作りたいんです。意識的に加菌しなくても、都市の中に微生物多様性がある状態を作るのが目標なので、ランドスケープデザインや建築設計に力を入れています。

僕は、微生物は都市のインフラだと思っているんです。表に出てくるわけではないけれど、ないと困ってしまう、縁の下の力持ち的存在です。

——日本科学未来館で開催された「セカイは微生物に満ちている」展への協力なども、私たちが陰で支えてくれている微生物の存在に気づいてもらうための活動なのでしょうか。

**伊藤さん** 僕たちのアティチュード(姿勢)として、「理性で探究して解決する」サイエンスと、「感性で探究して問いかける」アートの両軸を持っていることを大切にしています。ソリューションを編み出すだけでなく、次の課題を問いかけることが必要だと思っています。研究者だけではなく、アーティストや料理人ともコラボレーションしているのはそのためです。



## 循環とは、多様な生き物や資源と共に遊び尽くすこと

——私たちが生活の中で微生物の存在に気づくには、どのような視点が必要なのでしょう。

**伊藤さん** いま僕たち人間が微生物の存在を認識できるのは、顕微鏡やゲノム解析などの技術の進歩によるものです。でも、それは「人が実感を持って微生物が見えるようになった」ということではないと思うのです。

今後どれだけ人類が発展していったとしても、微生物が肉眼で見えるようにはならないですよね。だからこそ、「姿が見えない状態」で、微生物たちの営みにどう気づけるかということが大切なのではないのでしょうか。

例えば、温泉のお湯が流れている場所が黄色や緑色になっている場合、そこは微生物が硫黄を酸化や還元させたのだとわかります。コンポストを使うと生ごみがいつの間にか消えているのも、日本酒づくりのときにお酒のもとになる「酒母」にポコポコと泡が立つのも同様です。微生物自体は見えなくても、実は私たちは、微生物とある種の対話をしている。そういうことに気づくチャンスは、日常生活の中にもあふれているんです。



——「見えなくても、感じ取る」という感性を持ちたいですね。最後に、微生物とのサステナブルな関係性を築くためのマインドについて聞かせてください。

**伊藤さん** 微生物だけでなく、地球にはさまざまな生き物がいます。せっかく地球に生きているならば、僕たち人間が、もっと他の生き物に関わっていくあり方を探りたいんです。

この『月刊日本館』の創刊号にも寄稿したのですが、真の循環を目指すならば、僕たちが「捨てるセンス」を磨くことが大事だと思っています。何かを使わないように我慢をするというよりも、使ったものを他の生き物に還すためにどう捨てるか。そのマインドを持てば、いつか地球の寿命が終わるまでは人間も生態系のかけがえのない一員として楽しめると思うのです。

循環や持続可能性を考えることは、「地球の多様な生き物や、豊かな資源と遊び尽くす」ということなのではないでしょうか。



イラスト：高橋あゆみ

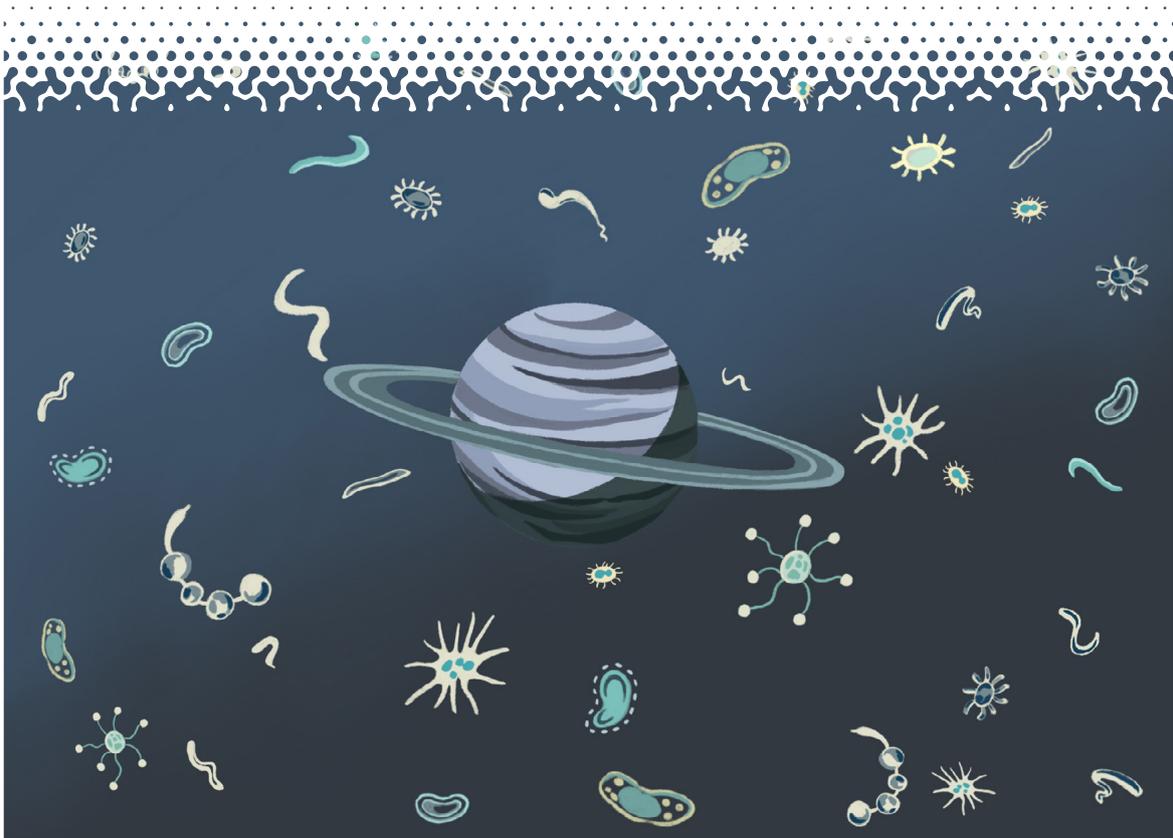


株式会社BIOTA代表取締役

いとう こうへい  
**伊藤光平**

慶應義塾大学 環境情報学部卒業。高校時代から慶應義塾大学先端生命科学研究科にて、特別研究生としてヒト常在菌のゲノム解析に従事。学部生時代には住環境における微生物コミュニティも対象としたメタゲノム解析に従事。大学卒業後、株式会社BIOTAを創業し、微生物多様性を高める都市デザイン事業を行っている。

# 微生物は地球の外側から やってきたのか 宇宙規模の循環に思いを馳せながら



## Index

- ・ 極限環境でも生き続ける そのメカニズムとは? ..... 13
- ・ 微生物の活動範囲が示す 生命の起源に関する可能性 ..... 13
- ・ 生命多様性のキーワード ..... 14
- ・ 2007年、「たんぼぼ計画」発足  
宇宙空間で微生物を採取する方法って? ..... 16
- ・ どうしても気になること 地球の外側に生命は存在しうるのか ..... 17

地球上の生命は、一体、どこでどうやって生まれて、現在にまで続いているのでしょうか？ この生命の根幹に関わる論争、実は、科学的に完全には決着していません。地球上の生命は、地球の中で自然発生的に生まれたのでしょうか？ それとも、地球の外から何らかの「種」が持ち込まれたのでしょうか？ 最近、「アストロ・バイオロジー（宇宙生物学）」と呼ばれる学問分野が注目を集めています。宇宙空間の他の惑星やその衛星、小惑星などの組成を詳しく調べることで、生命の起源を探る。「宇宙探査」と「生物学」の結びつきによって、新たな知の地平を開拓しようというのです。

皆さんは、日本の小惑星探査機「はやぶさ」や「はやぶさ2」の活躍は耳にしたことがありますか。これらの探査機が地上にもたらした小惑星の砂のサンプルは、地球上の生命の起源の解明に繋がる大発見をもたらしてくれるかもしれません。米国航空宇宙局(NASA)や欧州宇宙機関(ESA)がこぞって惑星や衛星の探査に向かう目的の1つも、生命の起源の解明にあります。

『月刊日本館』では、第2号、第3号と微生物について言及してきました。この記事のテーマはぐっとスケールを広げて、「いのちの起源と宇宙」。宇宙と生命に関する包括的な学問である「アストロ・バイオロジー（宇宙生物学）」の学会に所属する山岸明彦博士に話を聞きました。



## 極限環境でも生き続ける そのメカニズムとは？

山岸さんは、東京薬科大学所属の理学博士であり、極限環境下に住む生物を調べる「極限環境生物学」を専門として掲げながら、宇宙と生命について研究を続けています。仮に地球外で生まれた生物があるとして、どうやって宇宙空間で生き延びることができるのでしょうか。

「仕組みはシンプルです。微生物は単体で宇宙空間で生きることはできませんが、かたまりで移動することで外側が死んで犠牲になり、内側を守ることができます。また、よく『宇宙空間で生物が死滅してしまうのは放射線が強烈だから』と言われますが、それは間違いで、本当の脅威は紫外線。だから、外側が紫外線を吸収してあげればいい。もしくは石のような硬い物質の中に隠してやれば、中の微生物は1年くらい生き長らえるんです」



## 微生物の活動範囲が示す 生命の起源に関する可能性

宇宙空間でも生物が生き長えられるとするなら、地球上の生命は宇宙に由来するという考えも成り立ちうるようにも思えます。（「生命の種 (spermia)」が「あまねく (pan)」存在することを前提とするこの考えは「パンスペルミア説」と呼ばれます。）

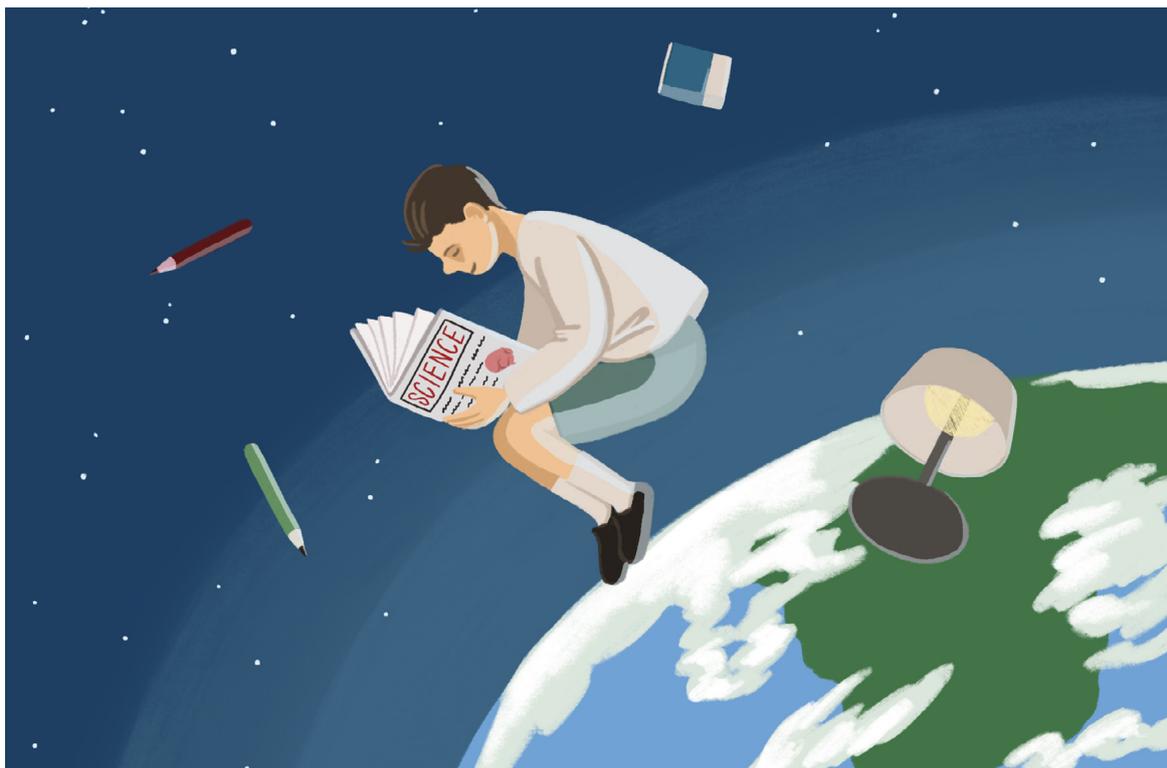
他方で、生命は地球の中で生まれたという考え方も唱えられています。深海底で高温の熱水が噴出する場(高温熱水孔)があり、その付近の化学合成によって生命に必要な物質が生成されたと考える「海底熱水説」も有力視されています。

生命は、地球の海から生まれたのでしょうか。それとも、地球外の宇宙からもたらされたのでしょうか。実に興味深い論争です。しかしながら、山岸さんは、両方の説に対して懐疑的だといいます。

「まず、パンスペルミア説。私の解釈では、どこかで誕生した生命が宇宙空間を移動した可能性を示しているにすぎない。本当に知りたいのは、どうやって誕生したのか、ということ。だからパンスペルミア説は少なくとも生命の起源論ではない。では海底熱水説はどうか。生命には必ず核酸が含まれますが、それを構成するリボースを繋げるには乾燥のプロセス、すなわち『陸』の存在が必要不可欠です。そう考えると、海の中から誕生したと断言するのも難しそうです」

前提として、生命の起源にまつわるストーリーは研究者によって様々。いろんな分野の専門家がいろんな角度からいろんな説を唱えています。そこで山岸さんにも、ご自身のスタンスを聞いてみました。

「まだわからない、と言わざるをえません。アミノ酸、エネルギー、乾燥など生命にまつわる条件を考慮すると、心の中では火山地帯でわき出る温泉周辺が有力だとは思いますが、まだ何かを決めつけることはしたくない。実は昔、別の研究で先入観をもって決めつけて失敗したことがあったんですが、そのときに『わかる』に執着するのはすごく恐ろしいことだと痛感したんです」



## 生命多様性のキーワード

生命や宇宙は、これだけ技術が進歩した現代でも謎が多く残された、だからこそロマンあふれる分野です。それでも、一刻も早く最終的な答えに辿り着きたくなるのが人間の性というもの。特に、「～説」を

断定する行為は多くの人を惹きつけるキャッチーさがある反面、別の可能性に対して目と耳を閉ざしてしまうリスクをはらんでいます。

山岸さんも本当のところは、「微生物が宇宙空間を移動しないほうが“面白い”」と感じていたそう。

「その方が、それぞれの星で独立した生命体が存在することになるので、生命の多様性がある。そういう意味で“面白い”と言いました。また、仮にいろんな生命が独立して誕生したことが証明されれば、それらの共通項を調べることで生命に関する条件が明らかになります。例えば、異なる生命体なのにもかかわらずアミノ酸は20個持っているよね、とか、核酸は必ず含まれているよね、とか。それらの条件と環境を照らし合わせることで、生命が存在しうる範囲まで判明します」

生命のサンプル数が多いほど、生命の起源を研究するための素材が増えることになります。しかし、微生物が宇宙空間を移動する可能性があるということは、生命の起源、すなわち研究サンプルの数が1つかもしれないということ。「なんだ、また説明から遠ざかってしまったじゃないか」と思うかもしれませんが、科学はこうしてひとつひとつ可能性を潰していく作業の連続でもあるのです。

ここで、山岸さんのルーツについても触れておきましょう。ご本人はなぜ、いつ頃、生命の起源に興味を持ったのでしょうか。

「だって……宇宙の成り立ちと生命の起源、それが一番気になるじゃないですか。理由はそれだけです。宇宙ではないですが、地球、生命の歴史に興味を持ったのは幼少期の頃から。よく読んでいた理科図鑑の巻末に、地球の歴史が1ページにまとまっていました。でも、そんなの1ページで説明できるわけがないので、つまり当時は何もわかっていなかった、ということ。ただ、そのときはそれだけ。もっと直接的に興味を持ったのは、自分がアメリカでポスドク（ポストドクター：大学院博士後期課程の修了後に就く、任期付きの研究職ポジション）をやってから日本へ帰ってきたときに、友人が生物の進化の道筋を描いた進化系統樹をみせてくれたのがきっかけです。たしか『サイエンス』か『ネイチャー』に掲載されていたものだったんですが、生命についてこんなところまでわかってきたのかと驚きました。いま振り返ると、それでもまだ根拠がいい加減で信憑性に欠けるものだったんですが（笑）」

山岸さんが帰国したのは、1980年代に入る直前のこと。生物学の世界では、ようやく遺伝子のことが判明してきた頃。実は1970年代から、本人は生命の進化について研究したいと思ってはいたものの、当時は「生命については実験、検証ができないから科学にならない」というのが常識でした。山岸さんいわく、「当時から進化論という言葉はありましたが、論というのは文系で使われる言葉ですから」とのこと。



## 2007年、「たんぽぽ計画」発足 宇宙空間で微生物を採取する方法って？

それから50年あまり。いまや生命の起源について多くの論文が発表され、新しい説が浮上するたびに世間で話題を呼ぶ。そんな中で山岸さんは2007年、微生物が惑星間を移動するのかを調べる「たんぽぽ計画」を発足させました。

「1986年に当時のソ連(現在のロシア)がミールという宇宙ステーションを打ち上げたんですが、あるとき船内にカビが生えたという報告を受けました。中に人間がいるんだから当たり前じゃないかと思いつつ、同時に宇宙船の外に微生物が存在する可能性に思いを馳せました。それから、飛行機のフィルターを利用して上空の塵を採取して調べられないかと考えていたら、ちょうど宇宙航空研究開発機構(JAXA)から『研究目的で飛行機を飛ばしませんか?』という募集が出たんです。応募したら見事に採用。それがたんぽぽ計画発足のきっかけです。そこで、デインコッカス・ラディオデュランスという、微生物の研究者であれば誰でも知っているポピュラーな細菌を採取することができました」

だとすると、もっと上空にも微生物が存在するんじゃないか。今度は、飛行機よりもさらに成層圏(地上から10~50キロメートルの領域)に近づくことができる大気球を飛ばすことに。そこでも、2回目にして菌を採取することに成功。可能性はどんどん広がります。

さて、経緯だけを書くとシンプルに聞こえるかもしれませんが、実際の作業は困難を極めます。まず、成層圏付近は気圧が地上に比べて何十分の一、何百分の一になり、気温もマイナス何十度にまで下がるため、人間が行くことはできません。人間のかわりに微生物を採取するポンプも、外部の気圧が真空より低いいためヤワなものではいけない。さらに、サンプルを上空から落として着水する際に蓋を閉めるのですが、それも当然リモート作業。つまり、通信技術、アンテナなど、全て極限環境に即した装置をそろえる必要があります。

とすると、宇宙空間での採取はさらに大変なのでは？

「宇宙空間での調査には、地球上で最も軽い固体であるエアロゲルを使用します。ほとんど空気で構成されていて、見た目は煙を固めたような感じ。外から微生物が飛来してきた場合、地球は高速で回っているため、秒速8キロというピストルの弾の10倍以上のスピードでぶつかってきます。宇宙船は飛行機のようにお腹を下にして飛んでいるんですが、エアロゲルを背中側につけることで、上から飛んできたものしか取り込まない仕組みになっている。宇宙船から出た微生物はスピードがなく穴を開けられないので表面につく。だから穴が開いているところから順に調べていくわけです。すでに、宇宙船につけたエアロゲルには300個くらい穴が開いています。大部分は微隕石がぶつかった跡でしょうが、中には微生物が混じっているかもしれません」

先ほど「微生物が宇宙空間を移動しないほうが“面白い”」という山岸さんの発言がありましたが、本人の興味関心とは離れたところで、淡々とデータから事実を検証していくことが科学者としての重要な責務。「たんぽぽ計画」で得られる結果がまた次の謎に繋がり、次世代の科学者の探求テーマになっていくのかもしれない。



## どうしても気になること 地球の外側に生命は存在しうるのか

ここまで、微生物は宇宙空間を移動するかもしれない、という可能性について説明してきました。少し話は飛躍しますが、地球の生命が火星由来であるという可能性も完全には否定できなくなりました。ここで誰しも想像してしまうのが、映画などイマジナリーな世界の中では数多く描かれてきた地球外生命体の有無です。

「これに関しては、学者によってバラバラの仮説を持っていると思います。例えば、生物学者の立場から考えてみる。生物学者ってというのは、例えばサークという遺伝子(細胞のがん化を引き起こすがん遺伝子)を調べるとなったら、それに人生を賭けるわけです。サークが少しでもおかしくなったら人間はがんになる。そう考えると人類が何十年も生きること自体が奇跡的な確率。しかも何億人も。こんなミラクルは他の星ではありえないんじゃないか。すると宇宙人は存在しない可能性が高い、ということになります。一方で、物理学者と天文学者だったら『別の星に地球と同じか似たような環境があるかもしれないのに、なぜ人間だけが特別な?』と考えるはず。人類だってただの動物。むしろ、他の星に生命がないほうが不思議で、他のところにもっと進んだ文明があってもいいはず。つまり、その人の研究テーマやものの見方によって地球外生命体が存在する可能性はゼロにもなれば、無限大にもなりえます」

アストロバイオロジー(宇宙生物学)で複数分野をカバーしながら研究活動続ける博士は、ここでも「ゴールはないですよ」と話します。ただ、その表情と口ぶりは、諦めのそれではありません。わかることは確実に積み重なっている。日本の小惑星探査機「はやぶさ」、「はやぶさ2」が回収した小惑星の砂のサンプルに、生命の起源に繋がるヒントが隠されているかもしれません。研究は日進月歩で進み、常識は上書きされ続けています。それでも、何かを断定するにはまだ早すぎるということです。

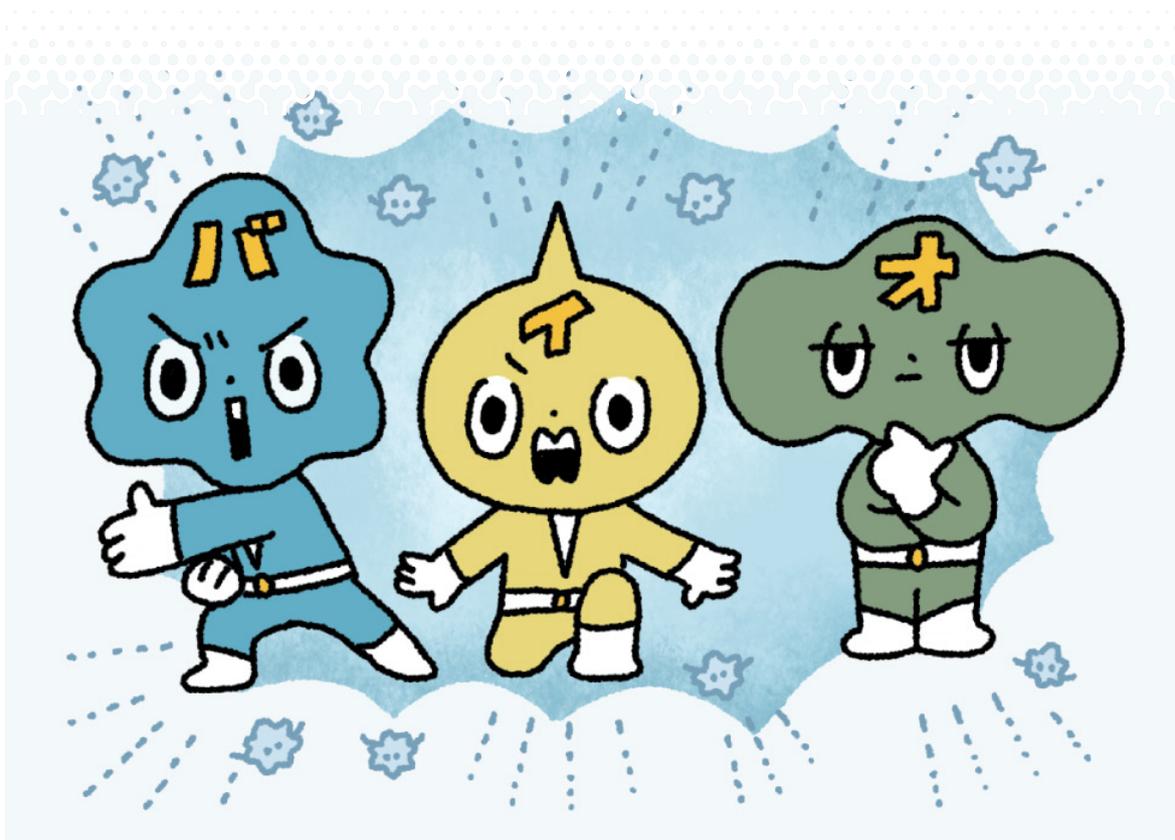
最後に、日本館が掲げる「循環」というテーマに立ち返ってみましょう。微生物は宇宙空間を漂って地球に辿り着き、また、地球上の生命がいつか死に絶えた後であっても、地球から飛来した生命の種がどこかの星で未知の生命体を生み出しているかもしれない。それはある意味、時空を超えた、最も壮大な循環のストーリー。

しかし山岸さんからすると、「循環」という言葉にもある種の警鐘が含まれているようです。

「循環は恒常性を指します。つまり、変わらないこと。ただそれは人間が始めたものではなく、地球がずっと保ってきたもの。フィードバックによって元の状態に戻る要素がいくつも含まれていることで、地球の温度が一定であったり、自然環境が保たれたりする。つまり循環とは、“ずっとそこにあるもの”なのです。しかしいま地球のバランスが崩れつつある中で、人間が既存の経済活動や生活を維持することは、“循環”ではなく“惰性”と言えるでしょう。地球の循環を守るために、人間は既存の惰性的なループから抜け出し、新しいことに挑まなくてははいけないと感じています」

イラスト：くらちなつき

「発酵パワーで生ごみを救え！」  
メタン発酵戦隊・  
バイオガスレンジャー参上!



「メタン発酵」は、有機性廃棄物中の有機物をメタンと二酸化炭素から成るバイオガスとに分解する技術です。でも、それが実際にどんなものなのか、なかなかイメージできません。その魅力を、もっとたくさんの人に知ってほしい。そこで、この記事では、「メタン発酵」を戦隊ヒーローに例えて、わかりやすく、楽しく、表現してみました。

大阪・関西万博日本館では、日立造船株式会社によるメタン発酵システムを導入します。会場内から集められた生ごみを分解し、再利用することで「循環」を体現しています。「メタン発酵」がどのように活躍するのか、日本館内に導入される予定の仕組みとともに、ご紹介します。

私たちは地球にやさしく生きていたいと思っている。けれども生きていけばごみを出す。食べ物を食べればごみが出る。今日も日本の片隅で、生ごみを生み出した一人の少年が悩んでいた。

**少年** ちくしょう、頑張ってテスト勉強をしたのに大寝坊しちゃって結果は0点。母ちゃんには怒られるし好きなあの子には笑われるし散々だ。やけになって飲んで食べて後に残ったのは生ごみばかり。  
ごみを増やすばかりで僕は地球のやっかいものでしかないじゃないか。一体どうしたらいいんだ……。

**3人組** もう大丈夫だ!

**少年** あ、あなた達は!?

**加水** 私は加水分解プロセス!

**酢酸** 私は酢酸生成プロセス!

**メタ** そして私はメタン生成プロセス!

**3人組** 3人揃って、生態サイクルから外れてしまいそうな有機物を微生物の力で戻す、メタン発酵戦隊・バイオガスレンジャー!



### メタン発酵戦隊・バイオガスレンジャー

加水分解プロセス、酢酸生成プロセス、メタン生成プロセスの3人組からなるメタン発酵のヒーロー。酸生成菌、酢酸生成菌やメタン生成菌の力によって、有機物をメタンガスに変える。



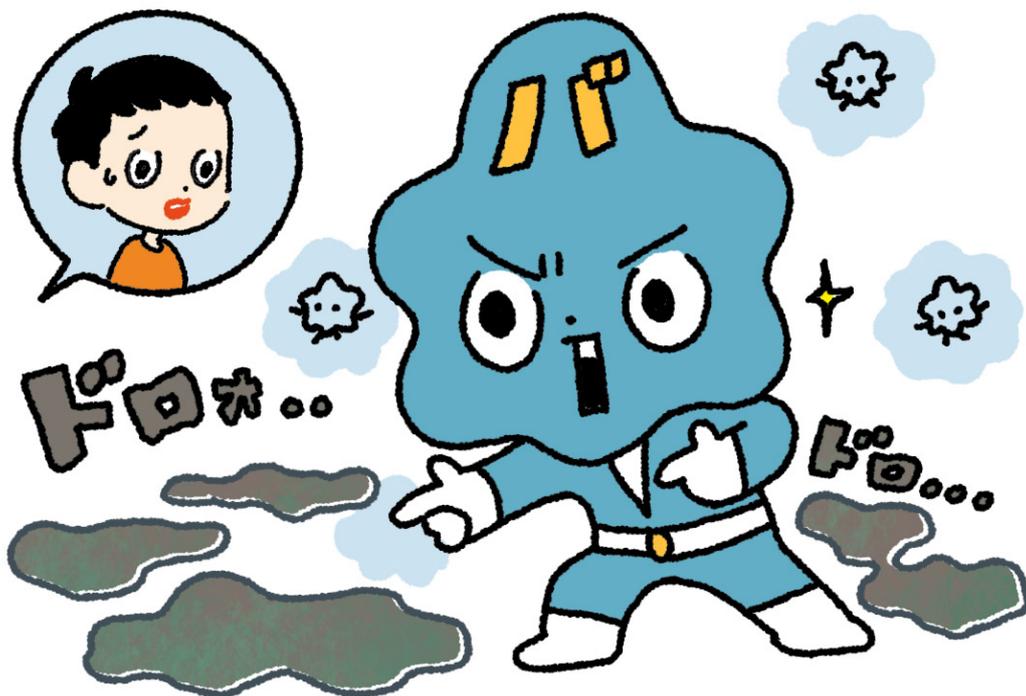
## 少年

最近いいところがなくて落ち込んでいる少年。日々生ごみを排出しながら生きている。

**メタ** 君の持っているそのバイオマスだが.....。

**少年** この生ごみのことですか？

**メタ** そう、そいつのことを「生ごみ」だなんてお荷物扱いするのは間違いだ。その正体は生物たちの一部だった有機物。それだって立派な資源なのさ。君が「生ごみ」と呼んだものを微生物たちの力で自然に還してやるのがぼくたちの使命だ。見ててくれ！



**加水** さあ酸生成菌たちよ、力を貸してくれ! 行くぞ、加水分解!

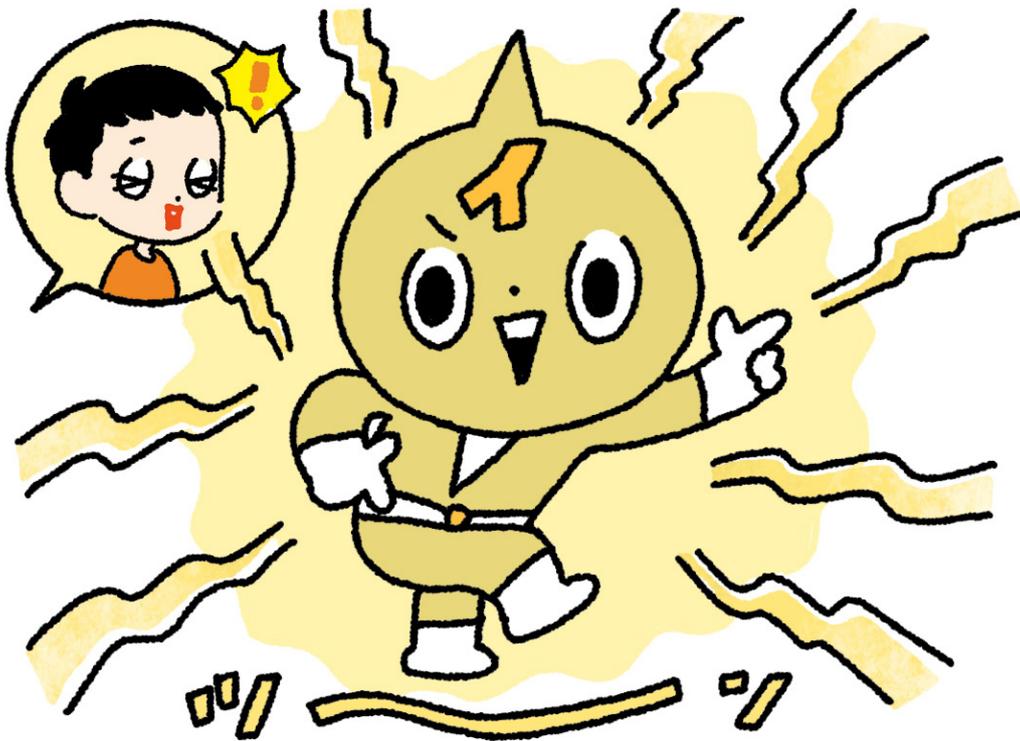
**少年** すごい、みるみる生ごみがどろどろに! 微生物にこんな力があったなんて!

**加水** 例えて言うならそうだな、廃墟にあった冷蔵庫を開けたら中のものが全部液状化してたときみたいな状況だ。

**少年** そんなの見たことないよ…。

**加水** 何か言ったか?

**少年** いえ、なんでもありません。生ごみはどろどろになりましたけど、この後どうするんですか!?



**酢酸** さあ、次は私の番だ! 酢酸生成プロセス!

**少年** 酢酸、お酢ですか?

**酢酸** そう、お酢も主に酢酸からできている。これからどろどろになったバイオマス、つまり低分子の有機物から酢酸と水素を生成するんだ。行くぞ、酢酸生成菌よ!

**少年** また菌……?

**酢酸** 嫌なのか?

**少年** いや、キャラがさっきとかぶってるなあって。

**酢酸** 戦隊ヒーローで個性がかぶってたらダメだというのは君のエゴだ。さあ、酢酸生成菌よ、力を貸してくれ! トウツ!

**少年** あっ、すごい。みるみる酸っぱい匂いがしてきた。これも微生物の力!?

**酢酸** そうだ、三角コーナーを放っておいたら酸っぱい匂いがしてくるあれだ。

**少年** この、お酢みたいなものは一体どうなるんですか?



**メタ** ここでいよいよ私、メタン生成プロセスの出番だ! 酢酸と水素からメタンガスと二酸化炭素を生成するぞ。

**少年** でも、メタンガスって温室効果で地球温暖化を引き起こすのでは.....?

**メタ** よく勉強しているな! しかし、それはメタンガスを放出してしまった場合だ。私たちは生ごみからメタンガスを取り出し、メタンガスを燃やして発電するんだ。生ごみ1トンから1.5ℓペットボトル10万本くらいのバイオガスができる。そのうちメタンが60%、あとは二酸化炭素だ。

**少年** 燃やしちゃったら、二酸化炭素が出ますよね?

**メタ** 生ごみに含まれる動植物が持っていたものを燃やすのだから、地球上の総量としては増えていない。つまりそれがカーボンニュートラル。

**少年** カーボンニュートラルって、どこかで聞いたことある!!

**メタ** それだけじゃないぞ。生ごみをメタンガスにして燃やす。出てきた二酸化炭素も、植物が吸収して酸素にしてくれる。そして、植物が枯れてしまっても、他のエネルギーの原料になっていく。資源がグルグルと回って、はじめに戻る。これをずっと繰り返す。これが「循環」の考えだ。

**少年** 循環……あらゆるものが無駄にならないってことかな。

**メタ** その通り! さあ、メタン菌を呼び出そう。いでよ、メタン生成菌! 35億年前から地球にいる古細菌の力を見せてくれ!

**少年** オナラと同じメタンガスなのに臭くないんですね!

**メタン菌は酸素が地球に増えるもっと前から存在するいにしへの細菌。メタン菌は嫌気性菌といって空気がないところで活発になる。そのため、発酵は密閉された空間で行われるのだ。**

**少年** これがメタンの力か!

**メタ** 例えば池で魚が死んで、池の底で腐った魚の死体からポコポコと泡が出てくるのを見たことはないか? あれがメタンガスなのだ。

**少年** さっきから例えが気持ち悪いよ……。

**メタ** 残った液体を微生物の力できれいにし、こして水にする。これでひとつの循環サイクルが生まれる!



**少年** 生ごみたちがきれいになっていく……ありがとうございます！

**メタ** お礼なら、メタン菌や微生物に言ってくれ。メタン菌は私達少年と共通の先祖を持った仲間でもあるんだ。35億年、いやもっと前に、共通の祖先からメタン菌を含むアーキアになった者、藍藻を含むバクテリアになった者、そして私達動植物を含む真核生物となった者に分かれたのだ。

**少年** これで僕は地球のやっかいものにならずに済みます。今度のテストではいい点取れるかな……。

**メタ** メタン菌を学校に持っていくといい。メタンパワーできっと君も人気者だ！

**少年** それはやめておきます。

#### ▼大阪・関西万博日本館に導入されるバイオガス発電プラントについて

大阪・関西万博日本館では、日立造船によるバイオガス発電プラントを導入します。メタン発酵によって会場内のバイオマス(生ごみなどの有機物)からバイオガスを精製、活用を行なっていくことで、パビリオン内の「循環」を実現していきます。

イラスト：徳永明子

取材協力：日立造船株式会社