

「循環」再ハッケン!

月刊日本館

特集 | Feature

それいけ、
みんなのGX

Issue

10



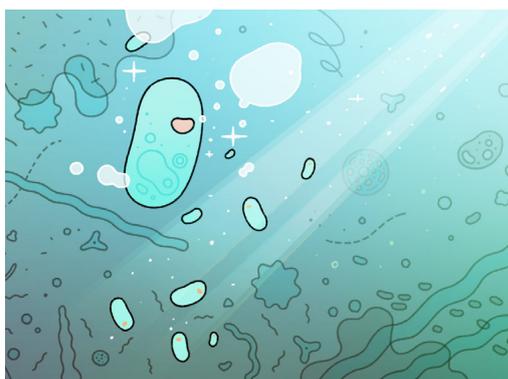
Growing Sustainably, with Less Impact on the Planet. Industry for a Better Future.

環境負荷を減らしながら経済成長を目指す。
そのために、エネルギーや産業の構造を持続可能な形に転換する。
グリーントランスフォーメーション（GX）。みんなの味方。

issue 10

Let's GO! GX

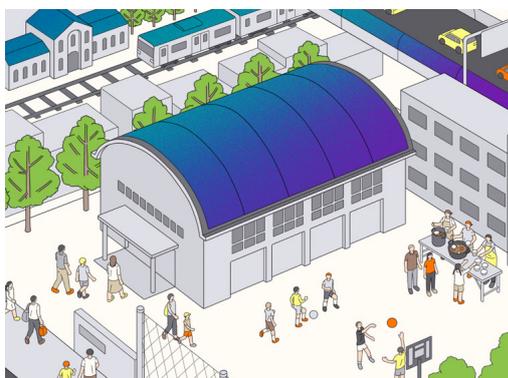
特集記事



CO₂をどんどん食べちゃう 不思議な細菌のお話

CO₂を減らしつつ、同時に環境にやさしいプラスチックをつくる。そんな都合のいい話があるんです！ 今、カーボンニュートラルから目が離せない。

p.04

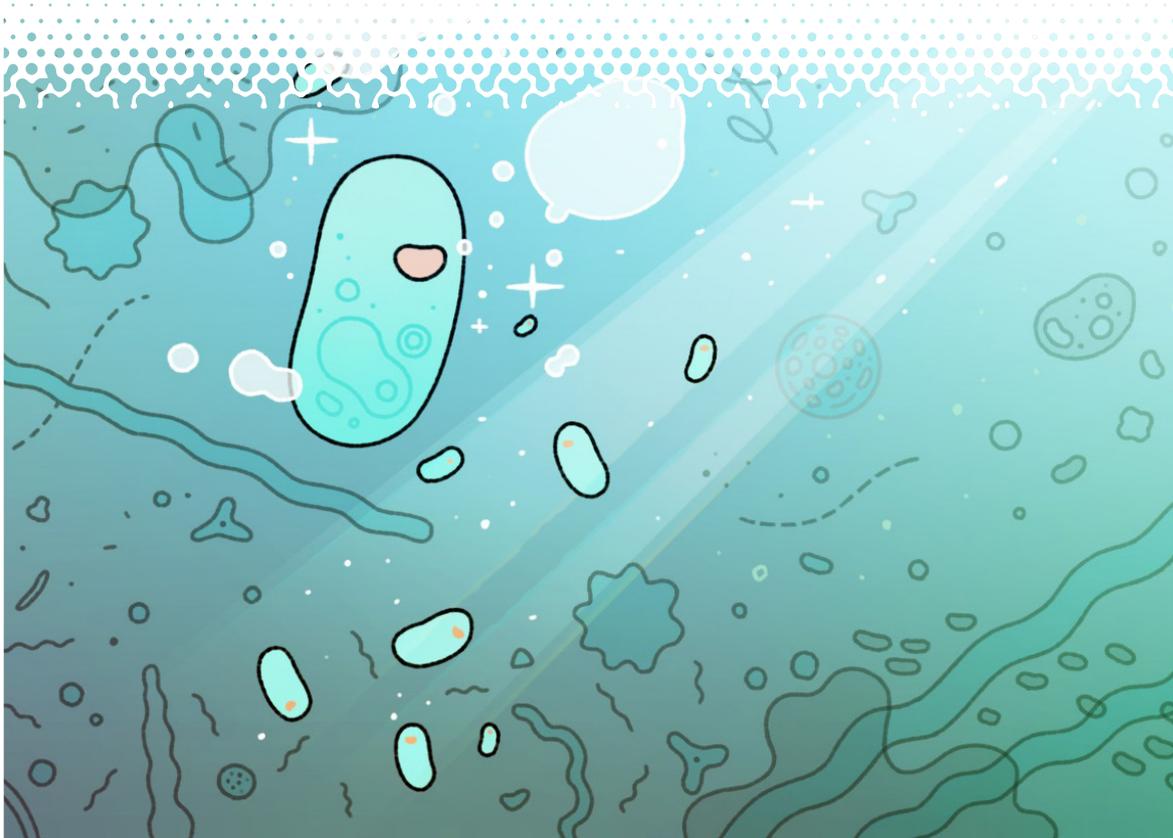


薄い。軽い。曲がる。 未来の太陽電池「ペロブスカイト」は こんなにすごい！

大阪・関西万博の玄関口に設置される未来の太陽光パネル「ペロブスカイト」。その可能性について、積水ソーラーフィルム株式会社 代表取締役社長の上脇太さんにお聞きします。

p.12

CO₂をどんどん食べちゃう 不思議な細菌のお話



Index

- ・ CO₂から生分解性プラスチックが生まれる仕組み..... 5
- ・ 植物油を原料としてはじまった生分解性プラスチック開発 7
- ・ CO₂を原料にした生分解性プラスチック開発の現在地点..... 7
- ・ 可能性を秘めた、CO₂が循環する明るい未来像..... 8
- ・ CO₂を削減する最新技術のショーケース 9

21世紀の世界が抱えている難問は数々ありますが、その中でも喫緊の課題として「気候変動」の問題を挙げる人は少なくないと思います。その主要な原因とされるのが、CO₂に代表される、人間活動によって排出された「温室効果ガス」。解決のカギを握るのは、大気中のCO₂を削減してくれる、あっと驚く最新技術です。

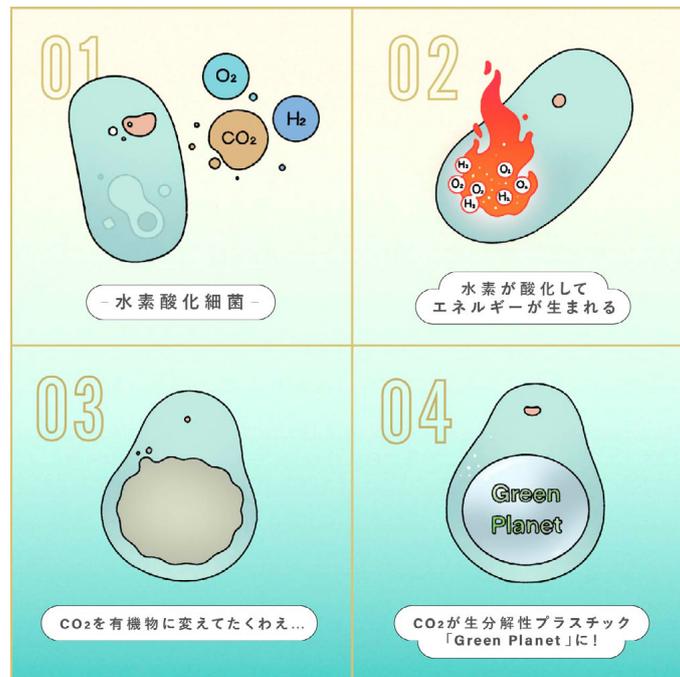
世界中の企業が試みるさまざまなアプローチの中でも、日本館の展示協力を行う総合化学メーカー・カネカの技術をご紹介します。それは、CO₂をみるみるうちに食べて、さらにそれを栄養源にして汎用プラスチックの代替材料となる生分解性（微生物などの生物の作用により分解する性質）プラスチックを効率良く作り出してくれる微生物を育種する、というもの。この生分解性プラスチックは、万が一海に流出してしまったとしても海中の微生物によって分解され、自然に還っていきます。私たち人間にとって、一石二鳥どころか一石三鳥にも思えるこの技術は、一体どんな仕組みなのか。カネカの「CO₂ Innovation Laboratory」で所長を務める佐藤俊輔工学博士に話を伺いました。



CO₂ から生分解性プラスチックが生まれる仕組み

カネカが開発した一石三鳥の技術に使われる微生物は、正式名称を「水素酸化細菌」といいます。まず佐藤さんに、「水素酸化細菌」がCO₂を食べて生分解性プラスチックを生み出す仕組みを簡単に説明してもらいましょう。

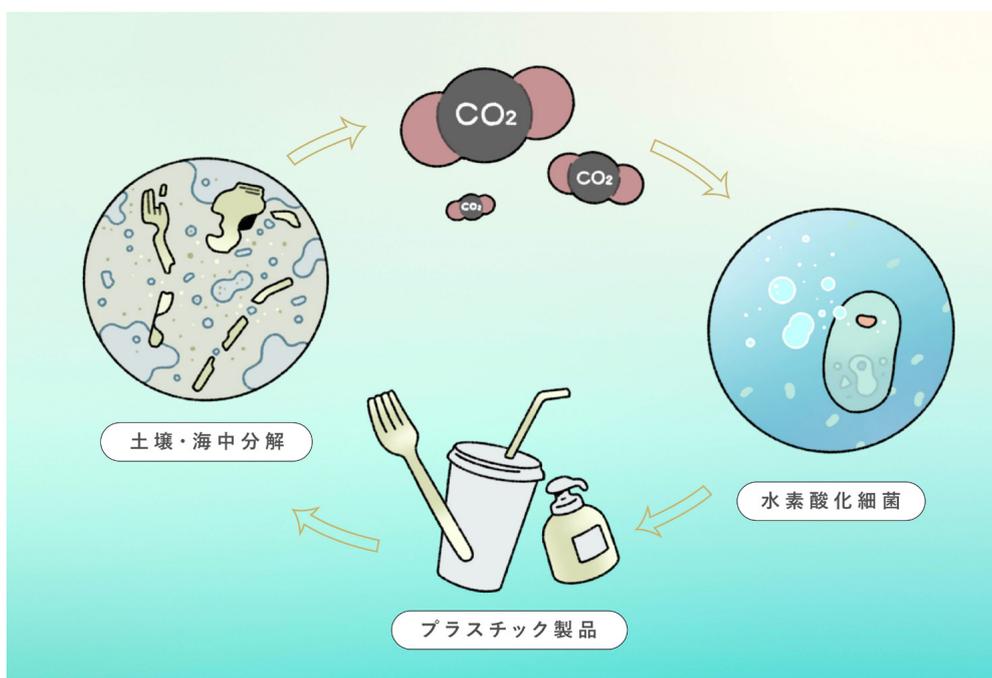
佐藤さん 実は、「水素酸化細菌」自体は地球に生命が誕生した頃から存在している微生物で、土壌や海洋など自然環境の中に存在しているんです。「水素酸化細菌」は、水素・酸素・CO₂（二酸化炭素）を与えると、それらを食べ、水素が酸化してできたエネルギーを使ってCO₂を有機物に変換し、体内に蓄える性質を持っています。つまりCO₂を、人間でいうところの脂肪にして蓄えている状態ですね。このように細胞内でCO₂を「カネカ生分解性バイオポリマー Green Planet」（以下、「Green Planet」）に効率的に変換させる細菌を生み出し、「Green Planet」を取り出して工業化するのが、われわれの研究です。



私たちの身の回りにたくさん存在する「水素酸化細菌」に「Green Planet」をつくる能力を与えたのが、佐藤さんが編み出した技術なのです。

佐藤さん 私たちは生活する中で、基本的にゴミをしっかりとゴミ箱に捨てているはずですよね。しかし海洋プラスチックが年間800万トン(※)も出ているということは、どうしても偶発的に環境中に出てしまうプラスチックが一定数あるということです。それが海に蓄積されて今大問題を起こしているわけですから、これから作られるプラスチックは「環境中に出たら分解される」という性能がないといけませんと考えています。そうでないと、人間がプラスチックを使い続けられなくなってしまうかもしれません。

※) 環境省 : <https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r01/html/hj19010301.html>



植物油を原料としてはじまった生分解性プラスチック開発

そもそも、カネカはなぜこの研究を手掛けたのでしょうか。

佐藤さん 研究をスタートさせた1990年代初めは、プラスチックごみが焼却されずに埋め立てられていた時代で、埋め立て地がいっぱいになってしまう問題や土壌汚染に注目が集まっていたが、CO₂問題はまだそれほど認識されていませんでした。ですからプラスチックごみ対策として、地中に埋めても微生物によって分解される生分解性プラスチックの研究開発を手掛けるようになったのです。その後、2000年代前半には、ごみ焼却炉の性能が向上し、プラスチックを焼却できるようになったことで、生分解性プラスチックの注目度が一時下がりました。一方で、大気中の二酸化炭素濃度の上昇による気候変動が社会問題となり、石油由来ではないバイオマスなどの再生可能原料を使用したバイオマスプラスチックの研究開発が進みました。しかし近年では、マイクロプラスチックによる海洋汚染が一気に表面化し、再び生分解性プラスチック、特に海洋でも生分解性を示すプラスチック材料が注目されるようになったんです。

カネカでは現在、植物油を原料とした生分解性プラスチックである「Green Planet」でできたストローや使い捨てカトラリーを、コンビニやカフェなどに提供しています。あなたが何げなく使っているプラスチックの中にも、生分解性プラスチック製品がきっとあるはずです。

CO₂を原料にした生分解性プラスチック開発の現在地点

佐藤さん その一方で同じ頃から大きく浮上してきたのが、CO₂による地球温暖化問題です。われわれは植物油を原料にした生分解性プラスチックの開発中から、原料をCO₂に移行することにはある程度想定していました。それは植物油の供給量に限界があったからです。2023年からは、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの支援を受けて、CO₂を直接原料として「Green Planet」を生産する、新たな微生物の研究と製造プロセス開発を本格的にスタートさせました。

ここに、CO₂を原料として生分解性プラスチックをつくるという、都合の良すぎる話が実現に向かって動きはじめたのです。現在、研究開発は順調に進んでいるそうです。

佐藤さん 『水素酸化細菌』は、植物が光合成によってCO₂を吸収するよりも、はるかに効率良くCO₂を吸収することができます。というのも、光合成はエネルギーが光なので、光が当たる植物の『面』のトータル面積でしかCO₂を吸収できない。一方で「水素酸化細菌」はエネルギーが水素なので、水に溶ける、つまり縦方向も含めた「体積」をもってCO₂を吸収することができます。また、植物は太陽の出ている昼間にしか光合成を行いませんが、「水素酸化細菌」は昼夜問わず活動できます。現在、「水素酸化細菌」の培養槽のスケールアップを行っていて、2025年3月には200リットルの培養槽での実証実験がはじまる予定です。ここまでは開発当初に描いた青写真どおりに進行しています。最終的には商業用と同等の100,000リットル規模の大型培養槽での実証実験を行い、2030年度を目標に実証プラン

トを立ち上げた後、「Green Planet」製品を世の中に出していく計画です。実証実験のスケールアップに並行して、細菌自体のさらなる能力アップにも取り組んでいます。

この技術が社会実装されれば、地球温暖化の緩和に多大な貢献をするだけでなく、「カーボンリサイクル」の実現に向けた貴重な一歩にもなるはずです。

可能性を秘めた、CO₂が循環する明るい未来像

今回の大阪・関西万博日本館では、「ファームエリア」において、カネカの「水素酸化細菌」がCO₂と酸素と水素を取り込み「Green Planet」をつくり出す様子を分かりやすく表現したCG映像が流され、総合プロデューサー／総合デザイナーの佐藤オオキ自らがデザインした「Green Planet」製の器も展示されます。そして「プラントエリア」に移ると、その「Green Planet」製の器が海中で微生物によって分解されていく様子を見ることができます。分解された「Green Planet」はCO₂と水に戻り、CO₂の循環の輪がつながる構成になっています



日本館内のバイオガスプラントでごみを分解したことで発生したCO₂は、濃縮された後、ガスボンベに詰められる。CO₂がトンネルを通り、プラントエリアから運ばれてくる演出を展示。右側の展示テーブルにはCO₂を原料として生産された、生分解性プラスチック製の器があり、この器はモノとしての役目を終えると、微生物によって分解される。



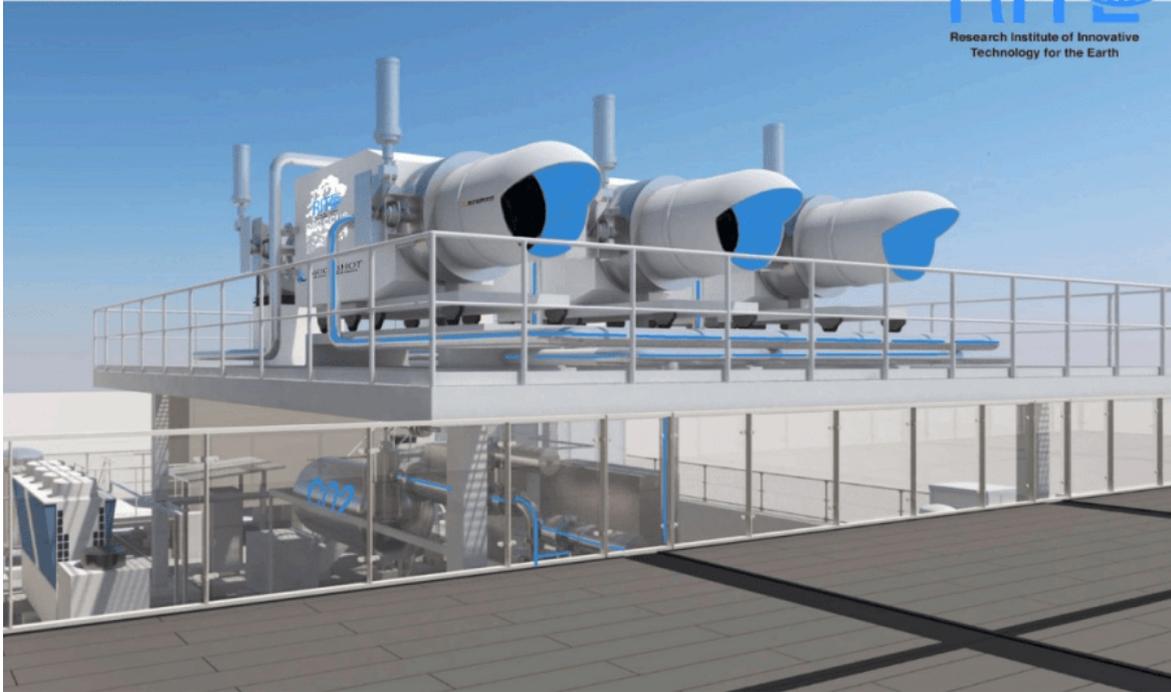
CO₂を削減する最新技術のショーケース

大阪・関西万博では、カネカの「水素酸化細菌」プロジェクトのほかにも、CO₂を削減するためのさまざまな最新技術が紹介されます。ここからは、そんな最新技術を見ていきましょう。



安藤ハザマによる「環境配慮型コンクリート」の展示イメージ。「環境配慮型コンクリート」が実現する未来の都市の姿を体験できるアトラクション。ベンチも同じコンクリートで作られている。

まず、一部実用化がはじまっている「環境配慮型コンクリート」。従来型のコンクリートの材料はセメント・砂利・砂・水ですが、セメントは製造過程で多量のCO₂を排出してしまいます。そこでセメントの一部を、CO₂を吸収する特殊素材や産業副産物に置き換え、CO₂排出量を抑えることに成功したのが「環境配慮型コンクリート」です。大阪・関西万博会場には「環境配慮型コンクリート」で作られたドーム（鹿島・竹中工務店ほか）やベンチ（安藤ハザマ）などがお目見えます。



研究機関RITEによる展示イメージ。大気からCO₂を取り除くことで大気中のCO₂濃度を下げる「DAC」装置を目の前で見ることができる。(画像提供：地球環境産業技術研究機構)

続いて、空気中のCO₂を直接吸い込んでくれる「Direct Air Capture (DAC)」。世界各国で研究開発が進められているこの技術の注目すべきポイントは、すでに排出され大気中に溜まったCO₂を大量に回収できる点です。CO₂の増大が地球温暖化を引き起こしているとはいえ、大気中のCO₂の割合はわずか0.04%程度。現段階で「DAC」は、地球を包む大気圏に低濃度で拡散しているCO₂を大量に吸収する唯一の技術と言えるでしょう。また、限られた設置スペースと少ない水の使用量で稼働できる点も大きなメリットであり、海外ではすでに稼働しはじめているプラントがいくつかあります。大阪・関西万博では、研究機関RITEの「未来の森」にて「DAC」の実証プラントを設置し、稼働させ試験を行うとともに見学ツアーが行われます。

「DAC」で回収したCO₂は、メタネーションプラントへ送られメタンに変換されて迎賓館の厨房などで利用されたり、ドライアイスに変換して有効利用されるほか、2030年を目標に生分解性プラスチックや環境配慮型コンクリートをはじめ、バイオジェット燃料やポリカーボネートの原料として用いられることが見込まれています。CO₂を社会の悪者として捉えるのではなく、利用価値を正確に判断した上できちんと循環の輪に取り込むことがCO₂問題を根本的な解決に導くキーポイントと言えるでしょう。例えば「DAC」で回収した大量のCO₂を水素酸化細菌が生分解性プラスチックに変換するといったワクワクする連携だって、決して絵空事ではないのです。



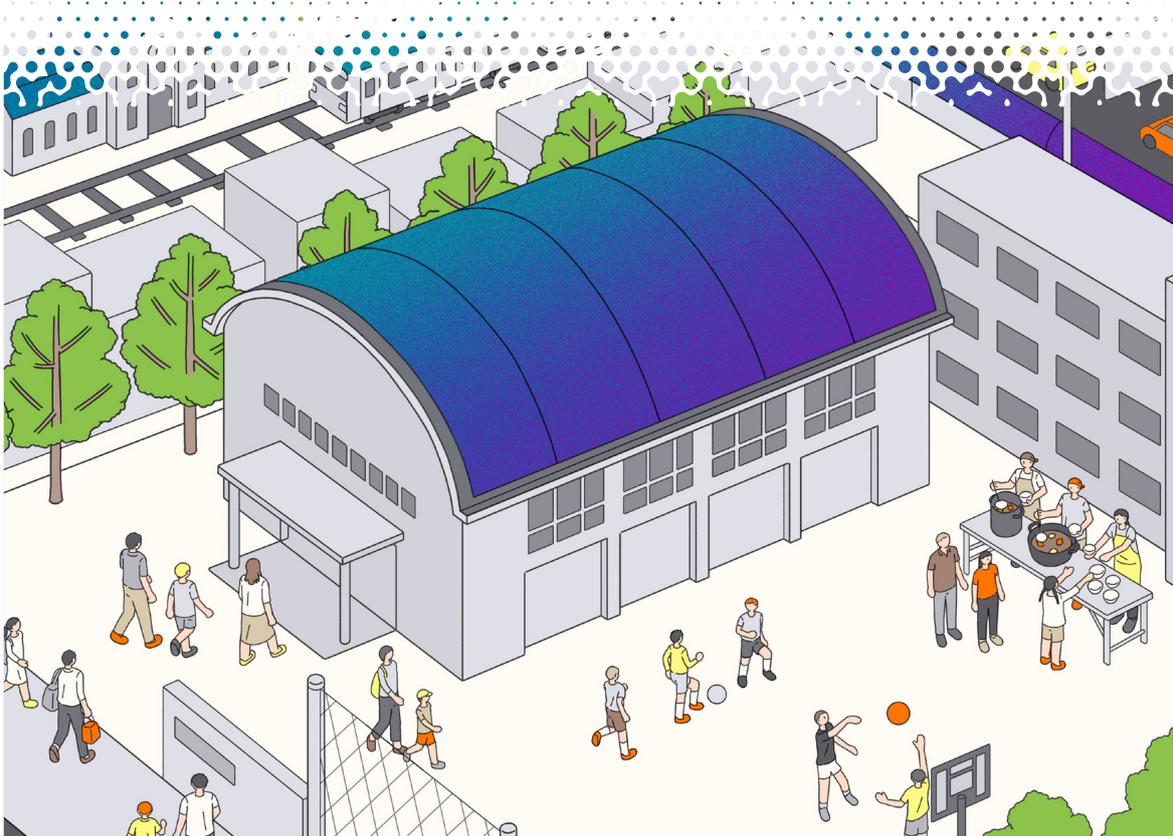
飯田グループホールディングス×大阪公立大学共同出展館の展示イメージ。人工光合成の仕組みや、植物が行う光合成との違いを子どもから大人まで視覚的に楽しく学ぶことができる。(画像提供：飯田グループホールディングス株式会社)

他にも、産学連携出展として注目を集めている飯田グループホールディングス×大阪公立大学共同出展館で、住宅でのエネルギー自給自足を目指して共同開発している「人工光合成技術」が展示されるなど、大阪・関西万博はCO₂を削減する最新技術のショーケース。パリ協定の最大目標である2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、日本の現在地点を知る絶好の機会となるでしょう。

最後に再び、カネカの佐藤さんにご登場いただきましょう。

佐藤さん 私にも子どもがいますが、ぜひ多くの子どもたちや若い人たちに来てほしいなと思います。なかなか未来に夢を描きにくい社会状況ではありますが、われわれは科学技術に裏打ちされた明るい未来の可能性を提示しています。さまざまな循環を通して地球環境とともに実現する未来像を体験してもらえば、きっと明るい希望を見出してもらえるはずですよ。

薄い。軽い。曲がる。未来の太陽電池 「ペロブスカイト」はこんなにすごい！



Index

- ・ 未来のソーラーパネル「ペロブスカイト太陽電池」って何だ？ 13
- ・ 1ミリのフィルムがエネルギーの未来を担う 14
- ・ 国産の原料、日本発の技術でつくる「地産地消」のエネルギー 16
- ・ 世界初の技術を生み出し、GXの実現を目指す 17

みなさんの家やマンションの屋根で見かける太陽光パネル。実は日本は、国土の広さあたりでは主要国で最も多くの太陽光パネルを設置している国なんです。

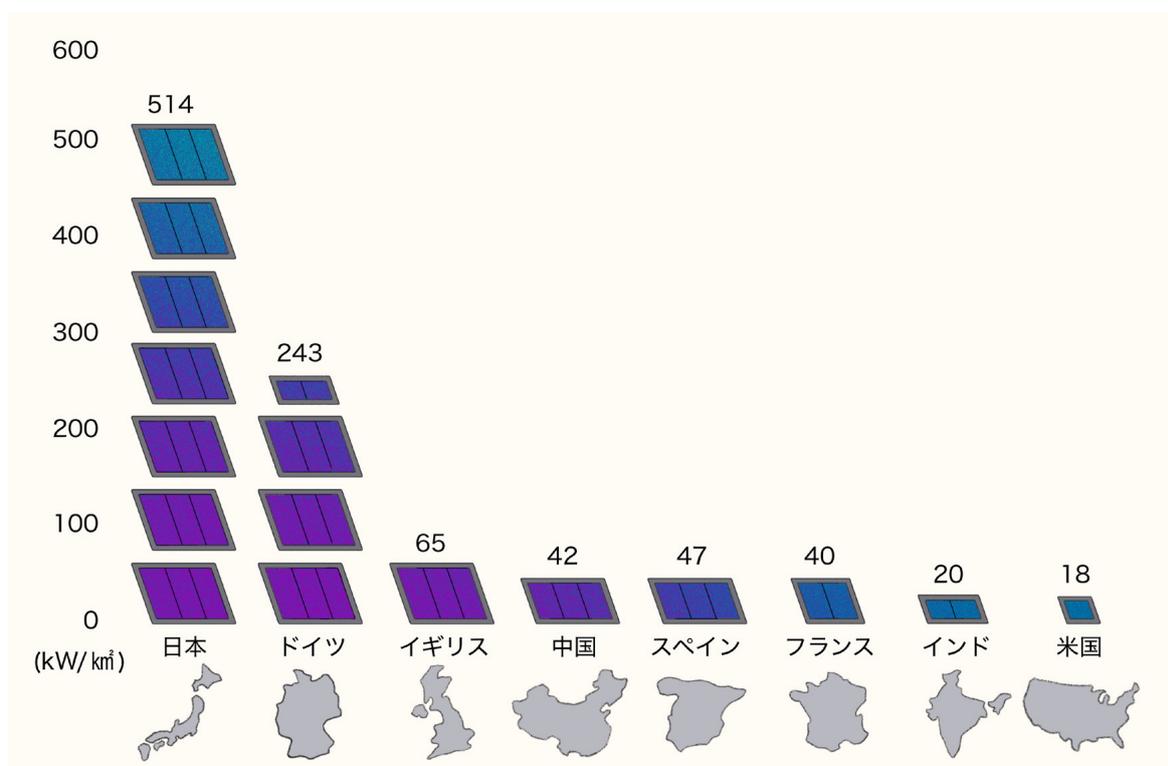
しかし、化石燃料中心の社会からクリーンエネルギー中心の社会へ移行することを目指すGX（グリーン・トランスフォーメーション）実現のためには、太陽光発電においてもさらなる技術革新が必須です。より軽く、より薄く、あらゆる場所に取り付け可能であり、環境負荷も低減する。さまざまな課題を克服する可能性を秘めているのが本記事で紹介する「ペロブスカイト太陽電池」です。

ペロブスカイト太陽電池によって、太陽光発電の未来は大きく拓かれます。その技術の持つ可能性、開発の裏側をお伝えします。

未来のソーラーパネル「ペロブスカイト太陽電池」って何だ？

再生可能エネルギーの普及が世界的な課題となる中、経済産業省は2040年での再生可能エネルギーの比率を40～50%と見込んでおり、この中で、大きなシェアを占めるのが太陽光発電です。

実は日本の太陽光発電の普及状況は先進国の中でもトップクラス。決して広い国土ではない日本ですが、積極的な普及促進策を展開してきた結果、平地面積あたりの太陽光パネルの設備容量は主要国で最も高い状況です。再生可能エネルギー先進国として知られるドイツと比較しても、実に2倍以上を実現しているのです。



平地面積あたりの太陽光設備容量（出典：資源エネルギー庁「太陽光発電の政策動向」2024年5月29日）

しかし、国土の約7割が山地である日本において、従来型の太陽電池（以下、従来型パネル）の設置には複数の課題が存在しています。最も深刻なのが設置場所の制約。従来型パネルは重く（一般的な住

宅用パネル1枚で15～20kgほどの重量)、平面設置が基本となるため、適切な設置場所の確保が困難になっているのです。

さらに、近年増加する自然災害による被害も懸念されています。台風や地震による損壊リスクが高く、急傾斜地での設置においては、土砂災害によって発電設備が崩壊する危険性も指摘されています。また、従来型パネルは製造時に多くのエネルギーを必要とし、廃棄時に多くのCO₂を排出することも無視することのできない課題です。

これらを解決する可能性を秘めているのが、わずか1mmという薄さで、軽量かつ柔軟性を持つ「フィルム型ペロブスカイト太陽電池(以下、ペロブスカイト)」。

このペロブスカイトは、これまで設置が困難だった場所への導入を可能にします。また、シリコン系の従来型パネルは、製造過程で1000°C以上の高温処理を必要とする一方、ペロブスカイトは150°C以下という低温での製造が可能。製造時の消費エネルギーを大幅に削減できるというメリットもあるのです。



大阪・関西万博の玄関口となるバスターミナルに、250m超のペロブスカイトの発電設備が設置されます。これは、2025年時点で世界最大となるもの。来場者の方々は未来の発電技術を目の当たりにすることとなるでしょう。

1ミリのフィルムがエネルギーの未来を担う

大阪・関西万博の玄関口に設置されるペロブスカイトは何がすごいのでしょうか？ ここからは、開発を担当した積水ソーラーフィルム株式会社 代表取締役社長の上脇太さんへのインタビューを通じて、ペロブスカイトの開発背景とその革新性についてご紹介します。

——大阪・関西万博では御社が開発したペロブスカイトが会場のバスターミナルの屋根に設置されます。これは世界最大規模のものだそうですね。

上脇さん 大阪・関西万博は、世界に向けて日本発の未来技術を発信する重要な機会です。同時に、気候変動対策やCO₂削減への貢献とともに、曲面への設置など、ペロブスカイトの持つ可能性を示す機会となります。

ペロブスカイトの開発においては、日本の技術が世界をリードしている状況です。これまでの開発の成果をご覧いただくため、弊社としても力を入れて設置に取り組みました。

——御社の開発するペロブスカイトの特長は？

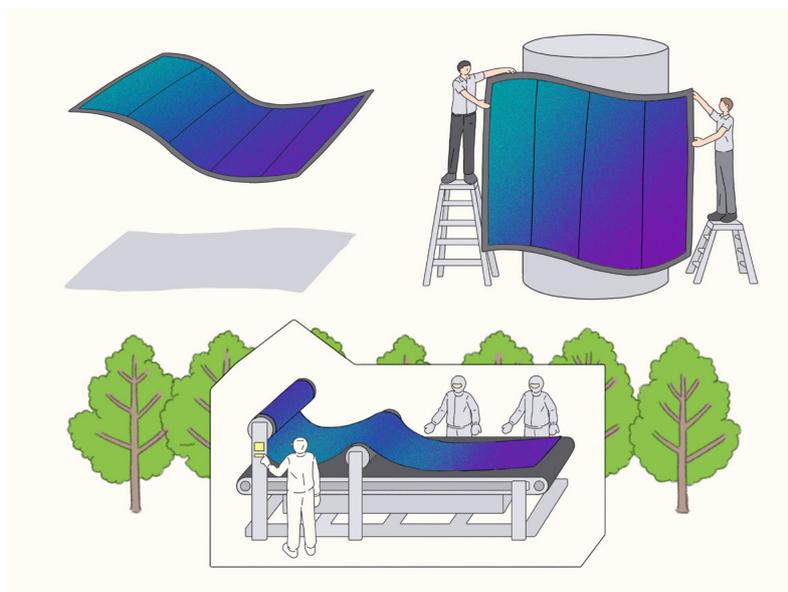
上脇さん 従来型パネルと比較すると、弊社のペロブスカイトには、3つの大きな特長があります。

1つ目は軽量性です。従来型の太陽電池と比較して約10分の1という圧倒的な軽さを実現しました。これにより、体育館の屋根や建築年数が経過した住宅など、従来は重量の制約で設置できなかった場所にも設置が可能となります。

2つ目は柔軟性。太陽電池自体が曲がるため、曲面への設置が可能です。大阪・関西万博のバスターミナルに設置されるものは、曲面に追従する形で設置を実現しています。また、新幹線の防音壁への設置など、さまざまな場所で実証実験を進めています。

3つ目は薄さです。厚さは約1mmしかありません。この薄さにより、壁面に設置した際の違和感がなく、建材との一体化も可能になります。デザイン性を損なわずに太陽光発電を導入できる点は、大きな利点となっています。

従来型パネルの発電効率は約20%といわれています。現段階において、ペロブスカイトの発電効率は約15%ほどですが、近い将来同等の発電効率を実現できる見込みです。



ペロブスカイト太陽電池の特長

重量：従来型パネルの約10分の1 設置自由度：高い（曲面への設置対応可能） 製造時CO₂排出量：従来型より大幅に削減

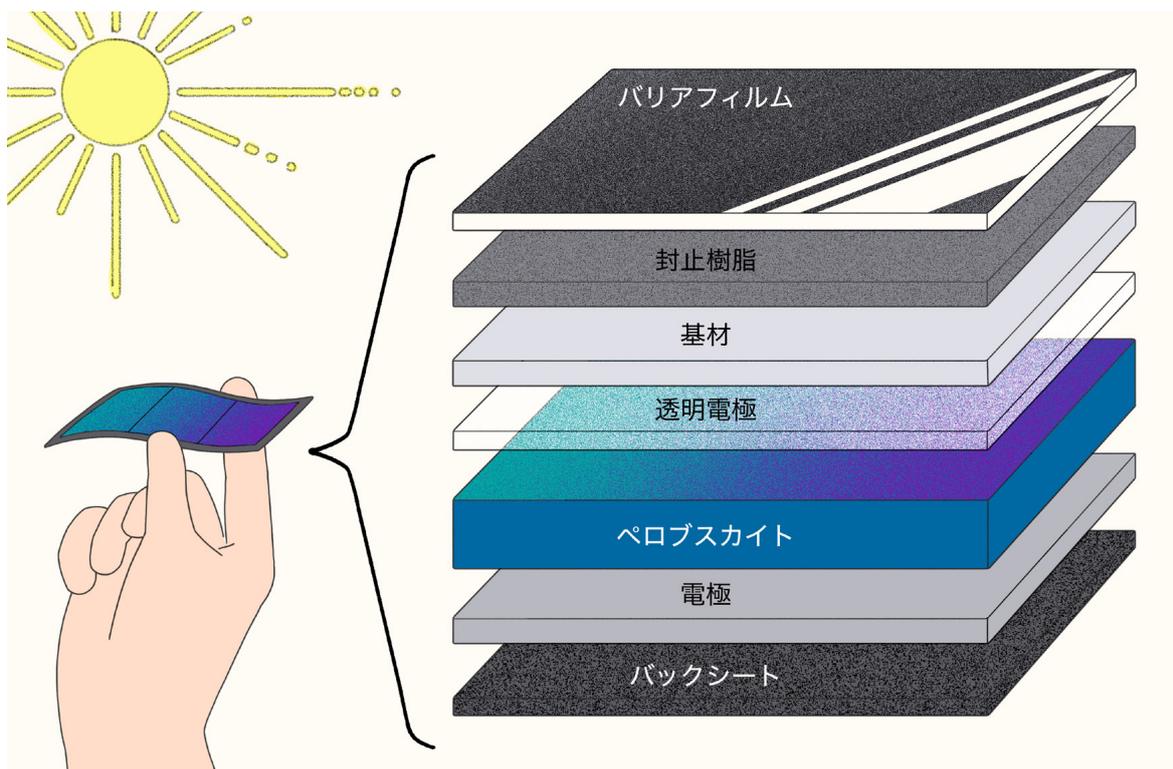
国産の原料、日本発の技術でつくる「地産地消」のエネルギー

—なぜ御社ではペロブスカイトの開発が実現できたのでしょうか？

上脇さん 開発に着手したのは約12年前になります。当時からペロブスカイトは「次世代の太陽電池」として注目されていましたが、量産を実現している企業はありませんでした。そんな中で、当社の技術的な強みを生かすことができると考え開発に踏み切りました。

—どのような技術が用いられているのでしょうか？

上脇さん 液晶ディスプレイで培ったフィルムの封止技術（半導体を隙間なく包み、保護する技術）や、薄膜に精密に塗布する技術、プラスチックの成形技術などです。これらの技術を組み合わせることで、ペロブスカイトの実用化が可能ではないかと考えました。そうして生まれたのが、複数層から成る厚さ1mmのフィルム型太陽電池です。この中に我々の培ってきた技術が詰め込まれているのです。



—ペロブスカイトは何から作られているのですか？

上脇さん 主な原料の一つとして使用しているのは日本国内で採取可能なヨウ素です。地下からくみ上げる「かん水」に含まれているヨウ素を抽出しています。ヨウ素は主に千葉県で採取されており、原料を国内で安定的に調達できることも大きな強みです。

——主原料が国内で調達できるのですね。

上脇さん 実は、世界のヨウ素産出量のシェア約30%が日本であり、世界第2位です。国内で原料を調達できることは、エネルギー安全保障や経済安全保障の観点から非常に重要です。これは単なる原料調達の問題だけでなく、日本の技術力を生かした安定的な生産体制の構築にもつながります。

一方、従来型の太陽電池の主原料であるシリコンは、ほぼ全量を中国からの輸入に頼らざるを得ません。その結果、中国が安価な原料を背景に大量生産を展開し、日本は世界市場での競争で苦戦を強いられてきました。しかし、ペロブスカイトにおいては原料を国内調達することが可能なため、競争優位性を確保できます。また、製造過程においても、シリコン太陽電池で必要とされる高温処理などの高いエネルギー消費工程が不要で、CO₂排出量においても削減が期待できます。



世界初の技術を生み出し、GXの実現を目指す

——開発において最も苦労した点は？

上脇さん 最大の課題は耐久性の向上でした。ペロブスカイトは水分や光によって劣化してしまうので、フィルムの封止技術の開発に力を入れ、水分をシャットアウトし、光による劣化を防ぐ技術を確立することができました。現在は設置後約10年間利用可能な耐久性を実現していますが、まだまだ途上。従来型と同等の耐用年数20年を目指し、開発を進めています。

また、今後は生産時のフィルム幅を1mに広げることに注力していきます（現在は30cm）。これが実現すれば、世界でもオンリーワンの技術革新となります。

——フィルムサイズを大きくするために技術的な課題があるということですか？

上脇さん サイズそのものの問題ではなく、サイズを大きくした上で品質を維持するための技術がとても難しいのです。
ペロブスカイトを製造する際に原材料をフィルムに均一に塗布する必要がありますが、ムラが生まれると発電効率が大幅に下がってしまいます。フィルムサイズが大きくなると、均一性の難易度が格段に上がるのです。

——パネル状の材質を重ね合わせるのかと想像していましたが、材料を「塗る」のですね。

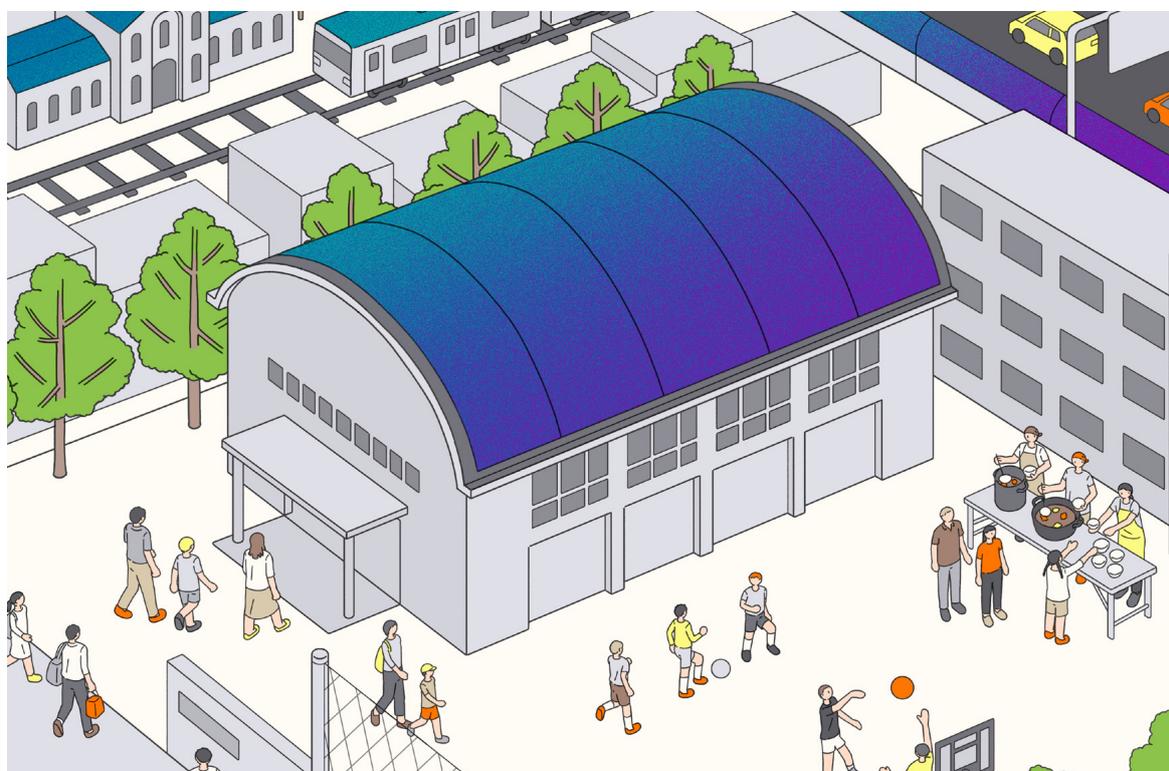
上脇さん 世界でも唯一で、かつ非常に難しい技術ですが、実現すれば製造・設置コストの低下が見込めます。ペロブスカイト太陽電池の普及において大きな一歩となりますので、ぜひ実現させたいと思います。

——ペロブスカイトの量産が進み、私たちが日常生活の中で目にすることになるのは、いつ頃になるのでしょうか？

上脇さん 現在、下水処理場のふたや、クルーズターミナルの柱、新幹線防音壁など、多様な設置環境で実証実験を行っています。軽量で薄いという特長を生かすためには、施工の手間を最小限に抑えることが重要。設置の容易さが将来の普及にとって重要な要素となることが実証実験を通じてわかってきました。

今後は2025年度から出荷を開始し、2027年には堺工場で本格的な量産を開始する予定です。堺工場では当初100メガワットクラスの生産規模でスタートし、2030年度までに1ギガワットまで拡大することを目指しています。

導入については、まずは小中学校の体育館や防災施設など公共施設からはじめる予定です。特に学校の体育館は、従来型の太陽電池では荷重の問題で設置が難しかったのですが、災害時の避難所としても使用されることから、私たちの技術が大きく貢献できると考えています。



積水化学工業株式会社 取締役 専務執行役員 / 積水ソーラーフィルム株式会社 代表取締役社長

かみ わきふとし

上脇太

1960年生まれ、83年積水化学工業入社。11年執行役員住宅カンパニー企画管理部長に就任。15年常務執行役員住宅カンパニー商品開発部長。

20年より取締役専務執行役員経営戦略部長 兼 ESG経営推進部、デジタル変革推進部、新事業開発部担当。2025年1月より現職。