

「循環」再ハッケン!

月刊日本館

Issue

09

特集 | Feature

生まれ
変わる力



Everything Can be Reborn. Between Waste and the Future Is My Life.

すべては、「生まれ変わる力」を持っている。
ごみと未来、その間にあるもの。
それはわたしの暮らしから出発する。

issue 09

Power of Renewal

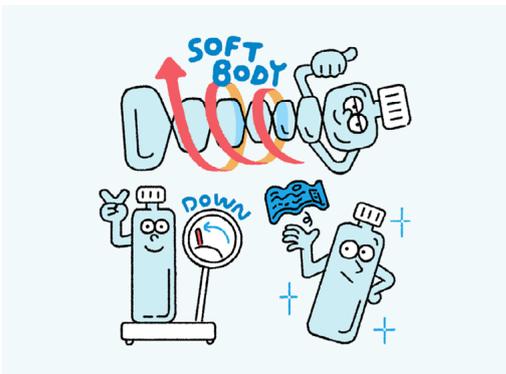
特集記事



「いつか廃棄される日」を 想定して家を設計する。 “分解者”目線の建築家に学ぶ、 循環の環(わ)

家のごみになる日を想像したことはありますか？ 次のものに生まれ変わるように設計する視座を持った建築家、能作文徳さんを訪ねました。

P.04



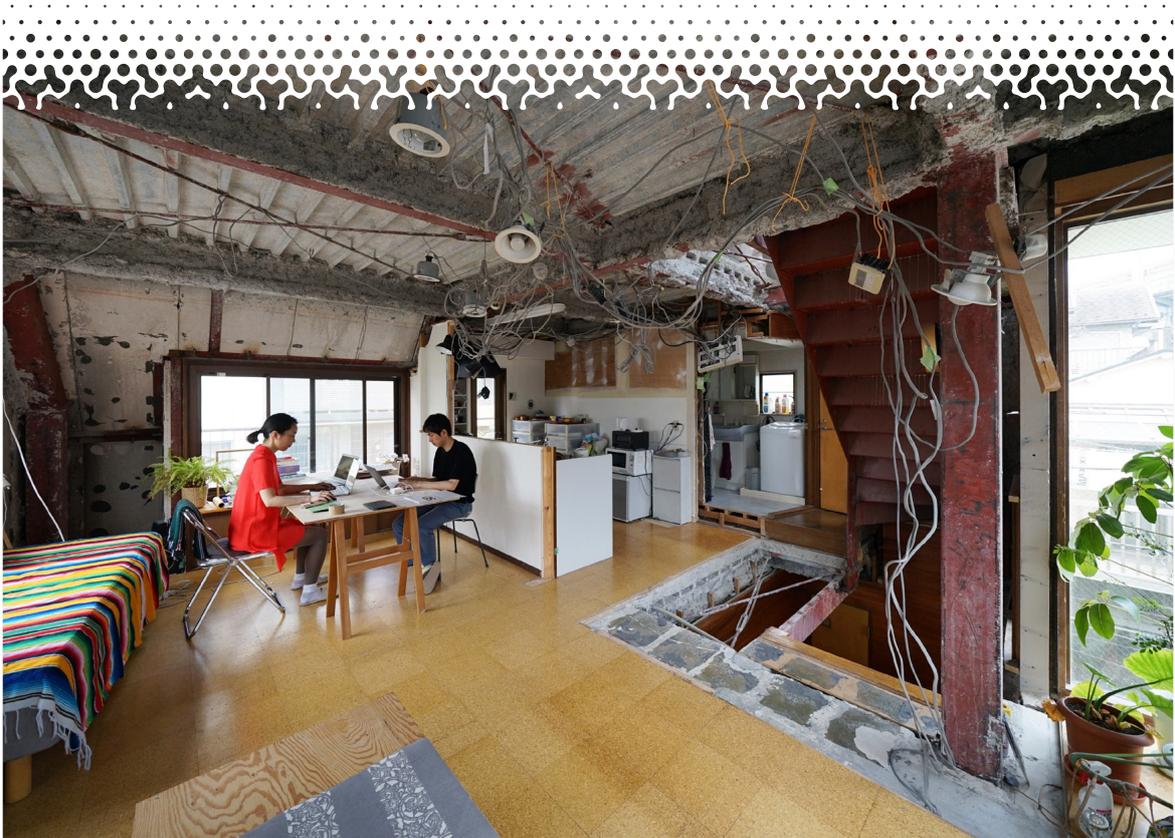
コンビニの棚に、足下に、目には見えないPETリサイクルの大革命

何度でも再生するPETボトル「HERIX」、産業廃棄物の再利用を実現した「ニュートラック」。進化するPET素材リサイクルの最前線をお伝えします。

P.14



「いつか廃棄される日」を想定して 家を設計する。 “分解者”目線の建築家に学ぶ、 循環の環（わ）



Index

- ・ コンポストの中の営みから循環を学ぶ 6
- ・ “分解者”の目線で見、家を設計する 7
- ・ 自分たちの手で作る、循環する家「西大井のあな」 9
- ・ “厄介者”を“仲間”と捉えるところから、循環型社会がはじまる 11

循環型社会への転換を考えていく上で、「住宅」は大きなポイントのひとつです。ひとたび建て替えたり解体したりすると、大量の廃棄物を生み出してしまいます。本来であれば、住む人が変わっても、住宅は長く引き継いで大切に使うのが理想ですが、欧米諸国と比べて日本では新築の戸建て住宅が選好されがちです。近年では若者による中古住宅購入数は増加傾向にあるようですが、中古住宅の市場の整備はまだまだ道半ば。持ち主が亡くなって使われないまま空き家になっている住宅の扱いも、多くの自治体を悩ませています。そうした中で、少し違った視点から、住宅由来の廃棄物を減らそうとする取り組みが進められています。

東京都品川区のとある住宅街に、イエローに塗られたひときわ目を引く建物があります。その名は「西大井のあな」。建築家の能作文徳さんと常山未央さんの自邸兼事務所です。もともとは中古住宅でしたが、ふたりの手による大規模改修を経て、設計事務所・ゲストルーム・住まいが一体となった建物に生まれ変わりました。

よくあるリノベーション事例かと思いきや、さにあらず。特筆すべきは「いつか廃棄される日」を想定して設計されていること。しかし、その設計思想は決してネガティブなものではありません。循環の環をつなげるために、再利用した廃材を随所に取り入れているのです。取り組みの根幹にあるのは、ふたりが提唱する「アーバン・ワイルド・エコロジー」。そこには、循環型社会を実現する上でのさまざまなヒントが示されていました。



能作文徳さんと常山未央さんの自邸兼事務所「西大井のあな」(写真：JUMPEI SUZUKI)



コンポストの中の営みから循環を学ぶ



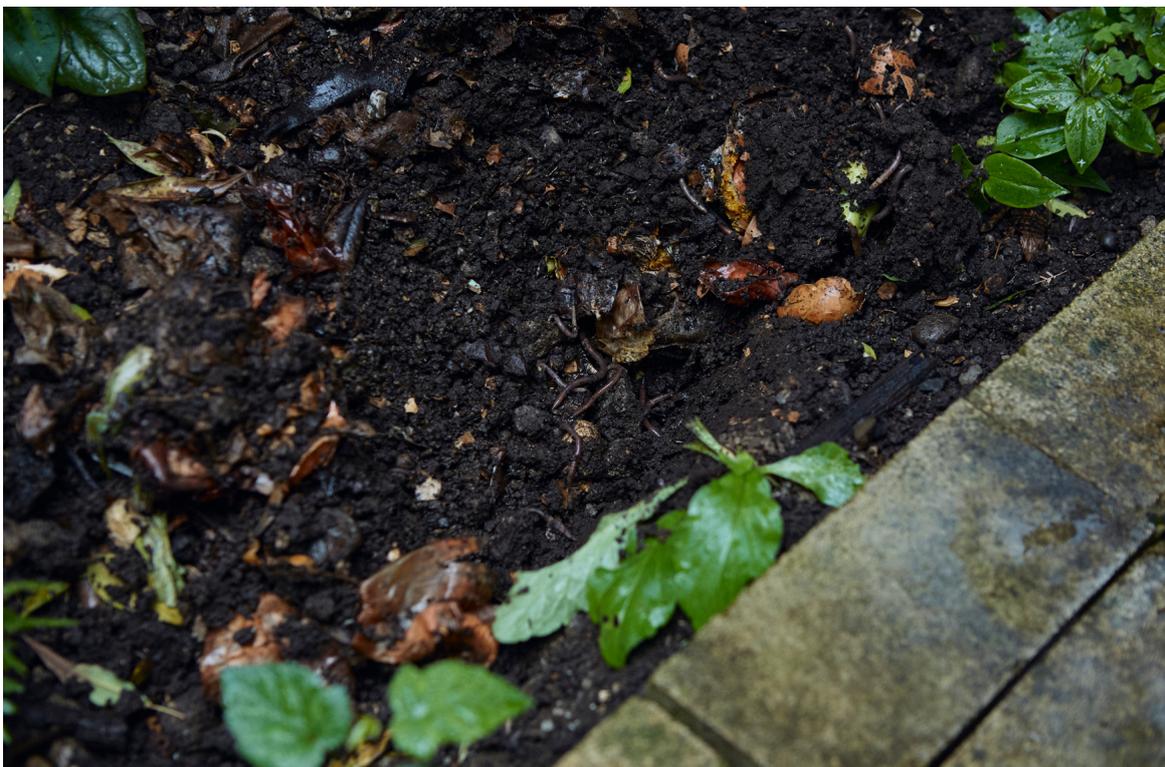
能作文徳さん

そもそも「アーバン・ワイルド・エコロジー」とは、どのようなビジョンなのでしょう。提唱者のひとりである能作さんにお話を伺いました。

「アーバン(都市)は人工的な環境を指し、ワイルド(野生)は人間が手をつけていない自然の状態を指しています。過剰に人工的な環境から一歩引いて、生態系のもつ力や野生的な力と共存する居場所をつくるのがアーバン・ワイルド・エコロジーの目指すところです」

そう話す能作さんは、「アーバン・ワイルド・エコロジー」の一環として事務所のそばにコンポストを設置しています。中にはミミズや微生物などが生息しており、ちいさな生態系を生み出しています。

「コンポストに生ごみを入れるとミミズや微生物が食べて分解し、ふんを出します。ミミズのふんをさらに微生物が分解し、栄養価の高い堆肥になります。世間的にはごみだと思われるものを活かし、共存することが私の考える循環型社会。ここ最近では循環型社会がファッションブルに語られることも少なくありません。しかし、コンポストの中で営まれているような、必ずしも清潔で美しいとはいえない“ダーティーな”世界を受け入れてこそ、エコロジーの本質が見えてくるのではないのでしょうか」



コンポストの土を掘り返すと、生き生きとしたミミズがたくさん現れる。これは土に栄養が多い証拠。



“分解者”の目線で見ても、家設計する

「西大井のあな」にはじまり、「不動前ハウス」(東京都)や「高岡のゲストハウス」(富山県)など、能作さんや常山さんは捨てられそうな材料を資源として再利用した建物をこれまでに数多く手がけてきました。

「私たちは循環型社会を意識して活動していますが、かといって、よく耳にするアップサイクルとも異なる感覚があって。私たちはむしろ、生態系における“分解者”、つまりコンポストの中のミミズに近い立場だと思っています」

能作さんは、建築家である自身が廃材を取り入れて新しい建物を作り出すことを、ミミズや微生物が落ち葉や動物の廃棄物を分解して土の栄養とすることに見立てているのです。



「高岡のゲストハウス」(写真：JUMPEI SUZUKI)

能作さんの取り組みの原点をたどると、富山県高岡市にある「高岡のゲストハウス」に行き着きます。もともとは、能作さんのおばあさんが住んでいた築40年の木造家屋。能作さんの設計のもとに2010年から改修が行われ、6年間かけておばあさんの住まい・食堂・ゲストルームの三区画に再構築されました。

「設計するときは、家族との思い出やまちの風景をどのように継承していくべきなのか？と悩みました。新品の材料ではもとの家屋の雰囲気が出せないで、例えば障子とか欄間などは再利用しています。古いものや思い出の詰まったものを残していくことの大切さに気づいたのは、このときからです。そこから発想を展開して、建物もまた物質の流れ、いわゆるマテリアルフローの一部にあるのだと考えるようになりました。調達した材料を組み立て、建物をつくる。そして、建物はやがて朽ちてごみになる。こうした物質の流れを強く意識するようになったんです」

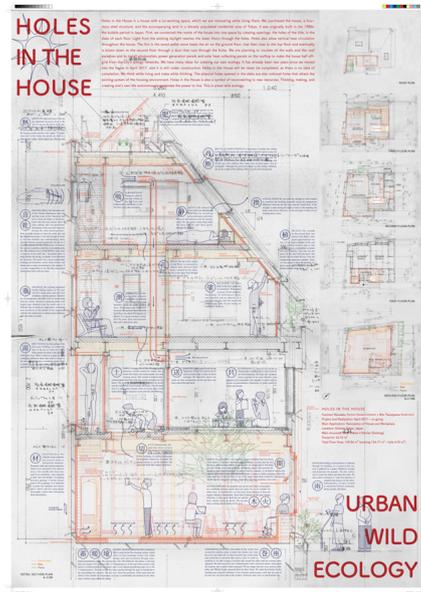
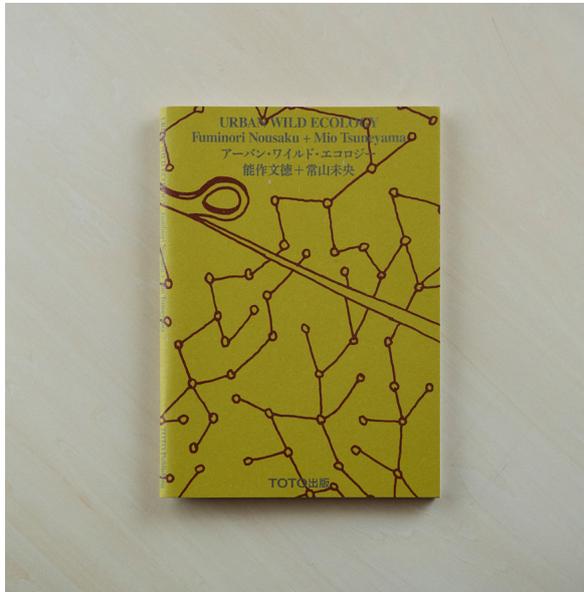
能作さんが建物の改修に生分解性材料を優先的に使うのも、マテリアルフローを意識してのこと。生分解性材料とは微生物によって分解される材料を指し、代表例として木材や藁わらなどが挙げられます。

「廃棄物として役目を終えるのではなく、いずれ土に還っていく材料を使いたい。そう考えると、材料選びは慎重になりますし、結果的に植物由来の材料を使うことが多くなります。新築の設計をするときも、土中環境に配慮したり、生分解性材料を取り入れたりするようになりました」



自分たちの手で作る、循環する家「西大井のあな」

2024年1月、能作さんは常山さんとの共著『アーバン・ワイルド・エコロジー』(TOTO出版)を刊行。2人が手がけてきたプロジェクトの制作記録ともいえる一冊で、そこにはもちろん「西大井のあな」のこともつづられています。



左：能作文徳+常山未央 共著『アーバン・ワイルド・エコロジー』/右：書籍内の「西大井のあな」の図面。一般的な図面と異なり、循環を意識したポイントなどが書かれており、建築家でなくても理解しやすい(提供：能作文徳建築設計事務所)

『西大井のあな』の命名の由来は、部屋の一角に地下1階から4階までつなぐ穴を開けているから。穴は屋根の窓から降り注ぐ自然光を取り入れるためでもあり、暖かい空気を建物全体に循環させるためでもあります」



1階の事務所の天井から4階の天窓にかけて、各フロアに穴が続く(写真：Ryogo Utatsu)

「西大井のあな」は実験の場としても機能しており、循環型社会を見据えたアイデアが、そこかしこにちりばめられています。ここで得た経験をほかのプロジェクトに活かしたり、あるいはほかのプロジェクトで試した工夫を取り入れてみたり。そこで、実際に「西大井のあな」で実践していることを聞いてみました。

「なるべくコストを抑えて、自分たちでできることは自分たちでやるように改修を進めています。1階の床や壁の材は、私たちが参加した展覧会で使われていたスギやヒノキの廃材を再利用したものです。壁の断熱材には、木のくずを圧縮したウッドファイバーを使っています。業者に型落ちになった断熱材がないか問い合わせたら、『送料だけ払ってくればいいから』と、ゆずってくれました。本来であれば、石油を原料にした断熱材を使うのが一般的なんですが、それだと『土に還る材料』というテーマにそぐわない。そのほか、ソファ用のサイドテーブルの脚も元は廃材です。常山の実家の近くにあった桜並木が伐採されることになったとき、焼却処分される前に丸太をいただいたんです。そのほか、細かい工夫がいろいろあって、余った布を階段の手すりにしたり、窓に障子を取り付けて内窓代わりにしたりしています」



左：ウッドファイバーを断熱材として使用した壁 / 中央：桜の木を脚にしたテーブル / 右：熱効率を良くするために取り付けした障子の内窓

1階に設置しているペレットストーブにも、能作さんのこだわりがあります。粉碎した木くずを圧縮成形した木質ペレットを燃料にするペレットストーブは、薪ストーブと比べて煙が少ないのが特徴。能作さんは、屋根の上まで煙突を伸ばす必要がない機種を使用しています。

「エネルギー効率だけでいうと、ストーブよりもエアコンの方が優れているのかもしれませんが、けれども、私たちが日ごろ当たり前のように使っている電力は化石燃料を燃やして得られる部分が多いものです。その背景に目を向けると、エアコンに頼りすぎる生活には少し抵抗があります。同じ理由から、ソーラーパネルを利用したエネルギーの自給自足にも挑戦しているところです」



ペレットストーブ。温められた空気は上昇し、吹き抜けの穴を通して2階や3階にも届く



“厄介者”を“仲間”と捉えるところから、循環型社会がはじまる

簡単な仕組みで自作した内窓など、「西大井のあな」にはすぐにでも実践できる工夫が多く取り入れられています。DIYの経験や建築の知識がないビギナーにとっては、最初の一步を踏み出すきっかけになりそうです。

「私たちは、取り立てて難しいことをしているわけではありません。やる気さえあれば誰にでもできることばかりやっているんですよ。アマチュアと専門家の間くらいを狙って、アイデアを提案するように心がけています」

さらに、能作さんはアクションを起こし続けるためには、ふたつのポイントがあると続けます。

「ひとつ目は、楽しんで取り組むこと。楽しむことは、ものごとを進める上で一番重要な要素です。一方で、時間的な余裕がなくては継続もままなりません。ですから、暇をつくるのがもうひとつのポイントだと思います。活動を続けていると必ず“厄介者”が出てくるので、時間を捻出する必要があります」



能作さんにとっての厄介者は、『土』や『火』だといいます。こまめに雑草を抜いたり、土をかきまぜたり、といった土壌管理や、使うたびに掃除をしなくてはならないペレットストーブはなにかと手間がかかる。と能作さんは話します。ときには仕事とてんびんにかけなくてはならないこともあるけれど、厄介者と向き合うために、いかにして時間をつくるかを考えてメンテナンスを続けているそうです。

「多忙な現代人にとってメンテナンスフリーであることは魅力的に映ります。しかし効率化を求めすぎてしまうと、自分でものをつくったり、修繕したりする力が奪われてしまいかねません。『メンテナンス』とはただの面倒な手間ではなく、野生と対話し共存する行為なのです」

「長く管理していると、やがて土や火に愛着が芽生えて仲間のように思えてくるから不思議です。人間が中心にいるのではなく、土や植物、ミミズが仲間。そういう感覚が生態系を維持していく上で大切なのだと思います」

家がいつか廃棄される日を想像し、次のものに生まれ変わるように設計する。能作さんの自然と一体化した視座は、家づくりに留まらず、あらゆる「ものづくり」にも応用可能のはず。さまざまな物質の循環を可能にするためのひとつの興味深い指針を示しているとも言えるのではないのでしょうか。

写真：小林茂太 / トップ写真：Ryogo Utatsu



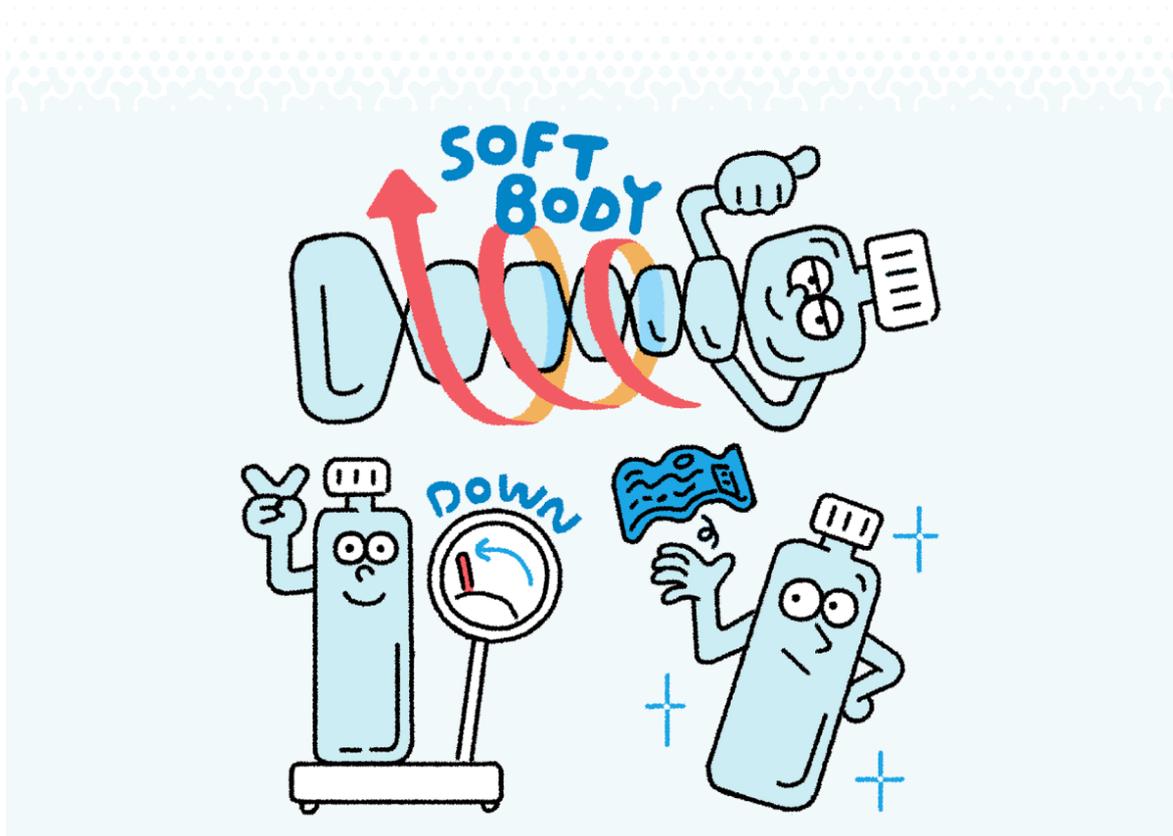
東京科学大学准教授

のう さく ふみ のり
能作文徳

1982年富山県生まれ。2005年東京工業大学卒業。2007年同大学院修士課程修了。2008年Njiric+ Architects(クロアチア)研修。2010年より能作文徳建築設計事務所主宰。2012年東京工業大学博士(工学)取得。2012～18年東京工業大学助教。2018～21年東京電機大学准教授。2021～24年東京都立大学准教授。2023年コロンビア大学特任准教授、ミュンヘン工科大学客員教授。現在、東京科学大学(旧・東京工業大学)准教授。



コンビニの棚に、足下に、 目には見えない PETリサイクルの大革命



Index

- ・ ラベルレス、軽量化。実は変わっているPETボトル 15
- ・ PETボトルのリサイクル、何回繰り返せる? 16
- ・ 何度でも再生可能なPET樹脂「HELIX」 17
- ・ リサイクルが難しいPET素材を循環の環に戻す「ニュートラック」 19
- ・ 生活を支える「見えない革命」に目をこらそう 21

私たちの生活に深く根付き、手にしない日はないほど流通しているPETボトル。実は目に見えないところで変化しており、そのリサイクル技術では、革命的な進歩が生まれています。

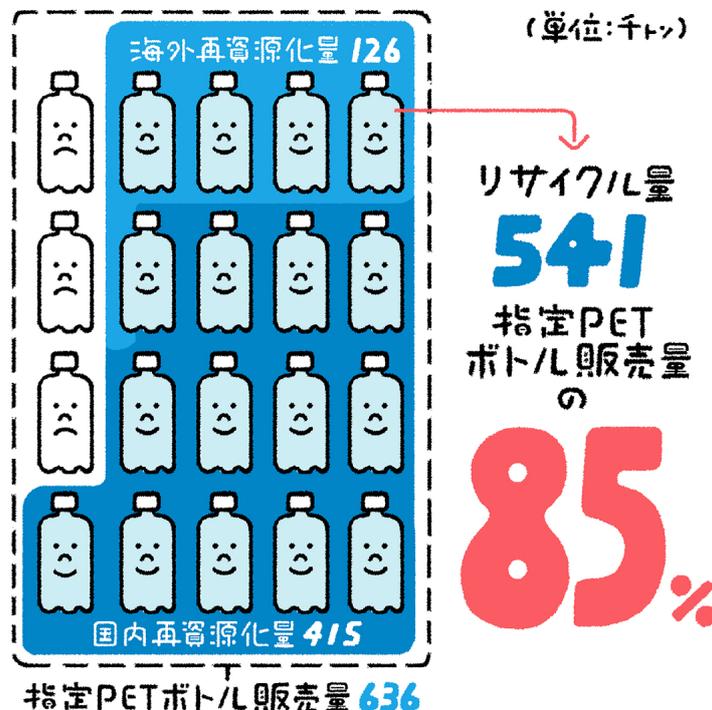
ケミカルリサイクル技術を活用することで何度でも繰り返しリサイクルが可能な再生PET樹脂「HELIX™」、再利用が難しいPET素材のリサイクルによって日本の道路を強くする「ニュートラック」。

驚くべきPETリサイクルの最前線をご案内します。

ラベルレス、軽量化。実は変わっているPETボトル

PET（ポリエチレンテレフタレート）は、PETボトルや食品包装、衣類などに幅広く使用されている石油由来の合成樹脂のこと。いまや私たちの生活に欠かせない存在であるPETボトルですが、日々、どれだけの量が流通し、そのうちどれほどがリサイクルされているのでしょうか？

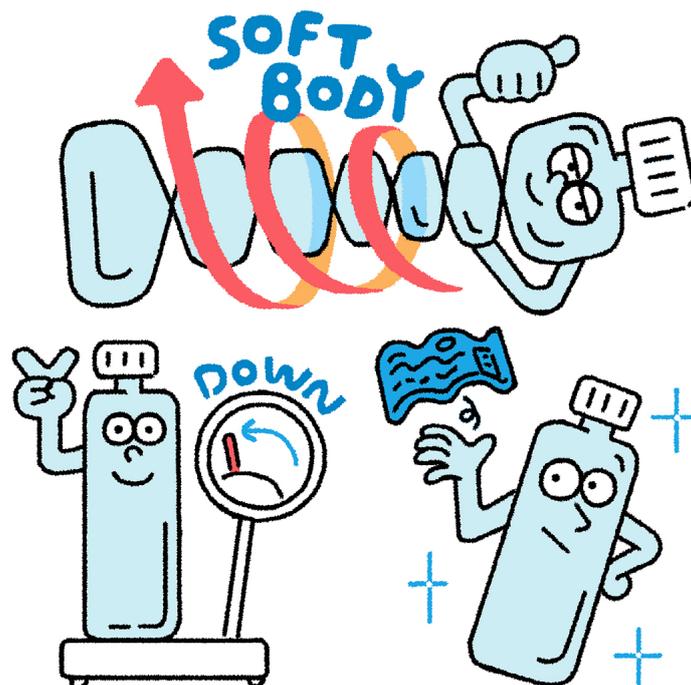
PETボトルリサイクル推進協議会のデータによると2023年度の国内の指定PETボトルの販売量は約63万トンとなっており、500mlのPETボトルに換算すると約315億本にもなります。そのうちリサイクルされているのが54万トン。大量に使用されるPETボトルのうち、実に85%が回収され、リサイクルされているのです。



これは、欧米諸国と比べても群を抜いて高い水準です。その高い回収率を支えているのは、1990年代から整備されてきた回収・リサイクルのインフラです。自治体による分別回収システム、スーパーマーケットなどの店頭回収ボックス、自動販売機横の回収箱など、様々な回収ルートが確立されています。

また、こうしたリサイクルの推進活動と同時に、PETボトル自体も進化を続けています。近年増加している「ラベルレスボトル」は、その代表例。ラベルを剥がす手間がなくなるだけでなく、ラベルに使用される接着剤も不要となり、より純度の高いリサイクルが可能になります。

日々の生活の中で、ボトル自体の軽量化を実感する方も多いのではないのでしょうか。PETボトルが本格的に普及しはじめた1990年代には、500mlのPETボトルの重さは約40gでしたが、現在では約20gまで軽量化されています。これにより資源の節約だけでなく、運搬時のCO₂削減にも貢献しています。近年はボトルがやわらかくなり潰しやすくなっていることで収集・運搬の効率が向上したことに加え、リサイクル工程でも処理がしやすくなるなどの変化が見られます。



しかし、回収されたPETボトルの全てが再びPETボトルとして生まれ変わるのかというと、そうではありません。「ボトルtoボトル」と呼ばれるPETボトルからPETボトルを作り出すリサイクルの割合は約30%にとどまっています。その最大の理由は「不純物」の存在。一見きれいに見えるPETボトルでも、実は目に見えない小さな色素や金属が含まれており、家庭で丁寧に洗って出したPETボトルでも、完全に不純物を取り除くことは難しいのです。不純物の多く含まれたPETボトルはリサイクル製品の品質を大きく低下させてしまい、何度も繰り返し利用することができなくなります。



PETボトルのリサイクル、何回繰り返せる？

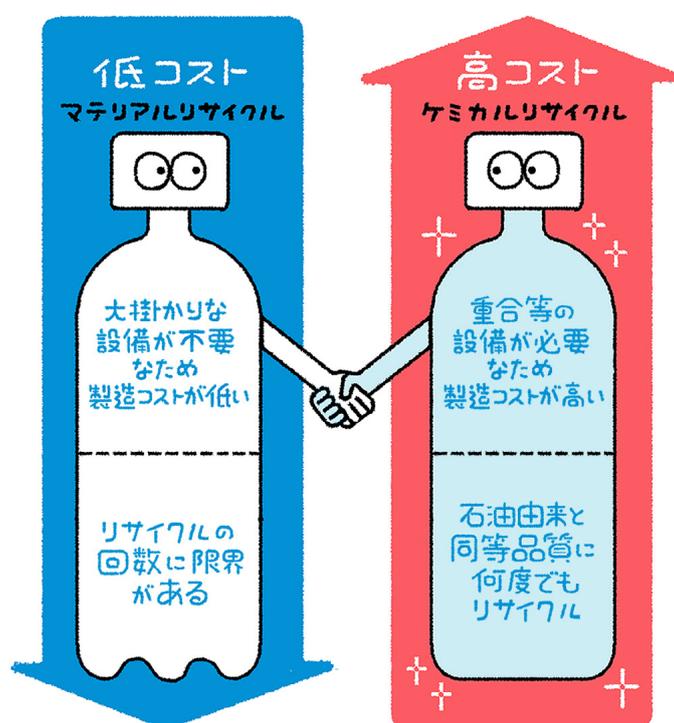
使い終わったPETボトルは、大きく分けて「マテリアルリサイクル」と「ケミカルリサイクル」というふたつの方法でリサイクルされています。

マテリアルリサイクルは、今、日本で最も多く行われている方法です。PETボトルを細かく砕いて熱で溶

かし、フィルターで大きな不純物を取り除いてから、もう一度固めて樹脂に戻します。目に見える大きな不純物は取り除けますが、色素などの小さな不純物は残ってしまいます。

ケミカルリサイクルは、分子レベルまで分解して不純物を取り除く手法です。プラスチックは長い鎖のようにつながった1万以上の分子（ポリマー）でできています。この鎖を化学反応で切って、さらに小さな単位（モノマー）にまで分解します。ケミカルリサイクルはその過程で不純物を取り除き、きれいになった物質だけを使用します。それによって石油由来と同品質のPET樹脂を作ることができ、何度でもPETボトルに再生することが可能なのです。

しかし、ケミカルリサイクルにはマテリアルリサイクルと比較してコストがかかるという課題があります。「ボトルtoボトル」を実現するためには、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルを組み合わせる必要があります。



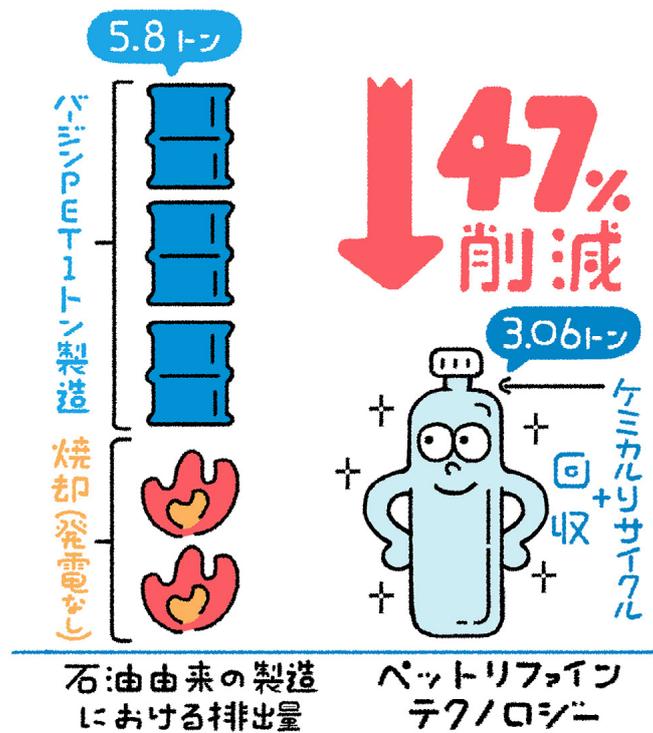
何度でも再生可能なPET樹脂「^{ヘリックス}HELIX」

日本で唯一、商用規模のケミカルリサイクルプラントを操業している株式会社ペトリファインテクノロジーは2024年、再生PET樹脂のブランド「HELIX」を立ち上げました。「HELIX」とは英語で「螺旋」を意味し、何度でも繰り返しPETボトルをリサイクルできる技術の実現を目指しています。

使用済みのPETボトルからHELIXにリサイクルをする工程は大きくふたつに分かれています。ひとつ目は、使用済みのPETボトルを分子レベルまで分解して不純物を取り除く工程。ふたつ目は、きれいになった分子をつなぎ合わせて再びPET樹脂に戻す工程です。



そうして生み出される再生PET樹脂の最大の特徴は、不純物を除去することで、何度でも品質を保ったまま循環させ続けることができる点。そしてHELIXの製造工程では、石油由来の製造と比較してCO₂排出量を47%削減できる点も大きなメリットです。(JEPLAN サステナビリティ)



この技術の原型は20年ほど前に実現されました。商業規模でプラントを操業するにはふたつの壁がありました。

そのひとつが量産の壁です。小規模では実現可能であっても、PET樹脂を量産する過程でいくつかの技術的な課題があり、「プラントの配管が詰まってしまい工場を止めなければならないこともありました」と同社代表取締役社長の伊賀大悟さんは開発初期の苦労を振り返ります。

ふたつ目の壁が「コスト」の壁でした。ケミカルリサイクルはその生産工程で多くのエネルギーを使用するため、従来のマテリアルリサイクルより費用がかかります。技術的には実現可能であっても、経済的持続性の観点から実現が困難だったのです。

転機となったのは2018年。各飲料メーカーが「2030年までに100%環境配慮素材を使用する」という目標を掲げはじめました。環境への配慮が社会的にも求められる中でケミカルリサイクルの価値が見直され、各メーカーとの協力体制を実現。コストの一部を各メーカーが負担することで、経済的持続性が確立され、その開発・普及が加速していきました。

その結果、現在ではボトルtoボトルリサイクルのうち10%の2.2万トン/年(500ml PETボトル換算約10億本分)がケミカルリサイクルによるものとなっています。

現在のHELIXは、72%が使用済みPETボトルを原料とし、残り28%は石油由来の原料を使用しています。これは技術的な限界ではなく、工場の生産効率を考慮した結果と伊賀さんは説明します。実際に、100%リサイクル製品の製造実績もあり、段階的にリサイクル原料の比率を高めていく計画です。

また、今後は化粧品容器や工業用製品など、より多くの製品へ展開されていきます。真の意味で「循環し続けるリサイクル」が実現可能になる日も近いかもしれません。



リサイクルが難しいPET素材を循環の環に戻す「ニュートラック」

PET素材は、飲料用PETボトル以外にも多くの分野で用いられています。身近なところでは化粧品容器や繊維素材、工業用途では、電気・電子部品の保護フィルムなど、その用途は多岐にわたります。これらのPET素材も飲料用PETと同様にリサイクルされており、目には見えないところで私たちの生活を支えているのです。そのひとつが、道路を丈夫にする材料としての活用です。

花王は2021年に、添加することでアスファルト舗装の耐久性を向上させるアスファルト改質剤「ニュートラック」を開発。このプロダクトは、画期的な技術によって、リサイクルが難しいPET素材を原料に活用しています。



上段左：ニュートラックの原料として使われている漁網 / 上段右：ニュートラック / 下段：施工現場 (画像提供：日本道路株式会社)

ニュートラックの原料として使われているのが、産業用フィルムや漁業で使用されるPET製の漁網です。ニュートラックの原料のうち、約40%がリサイクルされたもの。

産業用フィルムは、塗装処理や特殊な加工がされていることから、リサイクルが難しい素材。また、全国で年間約1000トンも廃棄される漁網は「塩で汚れていたり、黒色に着色されていたりするため、通常のリサイクル製品の原料として使うことが困難」であり、これまで焼却や埋め立て処分するしかありませんでした。しかし、花王はこれらの再利用が困難だった素材に着目し、アスファルト改質材へと活路を見出したのです。

ニュートラックを配合したアスファルトは通常の舗装路と比べて高い耐久性を実現しています。アスファルト合材中に約1%配合することで、無配合時と比較し耐久性が約5倍になるという実験結果が得られています。

日本の道路の95%はアスファルト舗装路です。しかし、夏場の暑さや重い車両の通行で道路が変形してしまいます。道路が変形すると、交通事故の危険が高まり、補修工事を行わなければなりません。工事が増えれば、渋滞が発生してCO₂排出量が増加してしまいます。

アスファルトの耐久性向上とPET素材のリサイクル。これら二つの課題を同時に解決し、環境負荷低減に貢献するのがニュートラックなのです。ニュートラックは2025年大阪・関西万博の会場においても採用されています。PET素材が見えないところで私たちの生活を支えていることを体感するきっかけとなるでしょう。



生活を支える「見えない革命」に目をこらそう

ペトリファインテクノロジー社は分子レベルでの分解・再生により、従来は除去できなかった不純物を完全に取り除き、何度でもPETボトルとして生まれ変わる技術を開発。一方の花王は、これまでリサイクルが困難とされていた漁網や産業用フィルムを道路舗装材として再生することで、新たな資源循環の形を生み出しました。

しかし、両社の取り組みは技術開発だけにとどまりません。持続可能な資源循環を実現するには、社会全体での仕組みづくりが不可欠だからです。ペトリファインテクノロジーは全国40以上の自治体と連携し、地域から回収されたPETボトルの循環利用を推進。花王は2050年までに自社の包装容器で使用する量以上にプラスチックのリサイクルに関与する「ごみネガティブ」の実現という高い目標を掲げ、業界全体での取り組みを牽引しています。そして、そこには、私たち一人ひとりの心がけと行動が欠かせません。

私たちが日々手にするPETボトルや、歩く道路。普段の生活の中で気にとめることは少ないかもしれませんが。しかし、その背景では「見えない革命」が起きていて、社会は着実に前進しているのです。



ペトリファインテクノロジー株式会社 代表取締役 執行役員社長

いがだいご
伊賀大悟

1977年熊本県生まれ。2010年日本環境設計株式会社（現：株式会社JEPLAN）に入社。綿繊維由来のバイオエタノール製造工場の立ち上げと運営に携わる。また、2017年に竣工した北九州響灘工場の工場長として立ち上げにも従事し、回収した衣類から再生PET樹脂を製造する運営責任者を務める。2020年に、JEPLANのグループ会社であるペトリファインテクノロジー株式会社の代表取締役に就任し、ケミカルリサイクル技術を用いた使用済みPETボトルから再びPETボトルの原料を製造する「ボトルtoボトル」関連事業を推進する。

HP: <https://www.prt.jp/>



花王株式会社ケミカル事業部門 機能材料事業部 エコインフラリーダー

ながさわあきひろ
長澤章裕

大学時代はサッカーでブラジル留学を体験。世界を相手に戦う事を人生のモットーとし、花王入社後はケミカル事業のグローバルビジネス拡大に積極的に携わる。アメリカでの5年間の駐在経験を活かし、現在はアスファルト事業のグローバル展開の責任者としてチームメンバーとともに邁進中。

写真提供：ペトリファインテクノロジー株式会社 / 花王株式会社

HP: <https://www.kao.com/>