

JST news

未来をひらく科学技術

4

April
2017

Focus

自然界の物質や知恵を活用する



3 Focus 自然界の物質や知恵を活用する

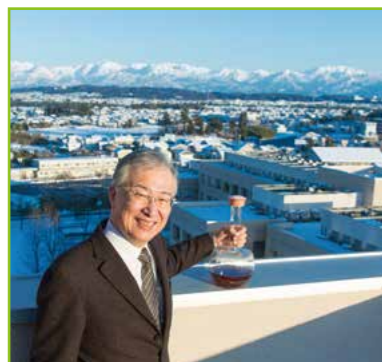
4 Focus 01
未知の酵素を表舞台へ

8 Focus 02
微細藻類が地球を救う

12 社会への架け橋 ～シリーズ4 超高齢社会を生きる 第3回～
高齢ドライバーの自動車事故を防ぐ
「自律運転知能システム」

14 NEWS & TOPICS
携帯できる小型遺伝子検査装置を開発
インフルエンザやノロウイルスの感染を現場で検査 ほか

16 さきがける科学人 Vol.60
磐田 朋子 (科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター (LCS) 研究員)



表紙写真

立山連峰を背景に、酵素研究に不可欠な酵母の培地を手にする富山県立大学工学部生物工学科の浅野泰久教授。「研究者に求められる能力は、どんなところからも遊びを見つけること。無地のキャンバスに新しい絵を描くこと」。新しい一歩を踏み出す勇気を持って、酵素研究の未来を描いていく。

編集長: 上野茂幸 / 企画・編集: 浅羽雅晴・菅野智さと・佐藤勝昭・月岡愛美・鳥井弘之・松山桃世・村上美江・山下礼士
制作: 株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ / 印刷・製本: 北越印刷株式会社

Focus

自然界の物質や知恵を活用する

人間は自然の一部として、自然を利用して生きている。食べるもの、着るもの、住むところ、多種多様な道具やエネルギーまで、自然の恵みを活用することで、文明を進展させ、豊かな社会を築いてきた。一方で、急速な文明の発展は資源の枯渇や温暖化を招き、地球環境を大きく変えてしまった。

自然との向き合い方を見直し、自然といかに共生しながら持続可能な発展を実現するかが問われるようになった今日、自然の活用の

あり方も新たな方向性が模索され始めている。

例えば、自然界の知恵に学び、生物の酵素を利用した食品づくりなどが古くから行われてきたが、酵素の持つ力を化学工業に応用すれば、環境にやさしい物質生産が可能になる。また、水の中に生息する藻類は、これまで食品などに利用されてきたが、そのオイル生産能力は、燃料や有用物質の生産にも利用できる可能性がある。こうした自然界の物質や知恵を活用する研究を紹介する。



Focus 01

未知の酵素を表舞台へ

地球上のあらゆる生物の生命現象を支える酵素は、発酵や醸造など食品加工分野を中心に古くから産業に利用されてきた。これまでの酵素探索は微生物が主流で、生物種の90パーセント以上を占める動植物の酵素が対象となることはまれだった。富山県立大学工学部生物工学科の浅野泰久教授が率いるERATO「浅野酵素活性分子プロジェクト」は、地球のどこかに密かに眠っている高性能な酵素を見つけ出し、化学工業や医療など産業の表舞台で活躍させることをめざしている。



浅野 泰久 (あさの やすひさ)
富山県立大学工学部生物工学科 / 生物工学研究センター 教授
1982年京都大学大学院農学研究科博士課程修了(農学博士)。同年米国・パデュー大学薬学部博士研究員、米国・オハイオ州立大学理学部博士研究員。84年財団法人相模中央化学研究所研究員、87年同副主任研究員。90年富山県立大学工学部助教授、95年同教授。2007年同生物工学研究センター所長、11年同大学附属図書館館長(兼任)。11年よりERATO浅野酵素活性分子プロジェクト研究総括。

自然から学び、新しい酵素を探す

富山県には江戸時代からの薬学や製菓業の伝統があり、酵素工学の父といわれる高峰譲吉博士も輩出している。富山県立大学工学部生物工学科の浅野泰久教授の生家は、奇しくも、高峰博士が設立した日産化学工業の工場のすぐ近くだった。幼少時代の浅野さんは「遊びの名人」で、川原で砂鉄を集めたり、魚を捕ったりしていた。山野では化石や縄文時代の土器を掘り出すことに夢になった。やがて、遊び場だった自然界に存在する酵素に魅せられた。「微生物から取り出した酵素が試験管の中でも活性を示す様子が、まるで自分に返事をしてきているようで面白く、遊びの延長のように感じながら研究を続けてきました」。

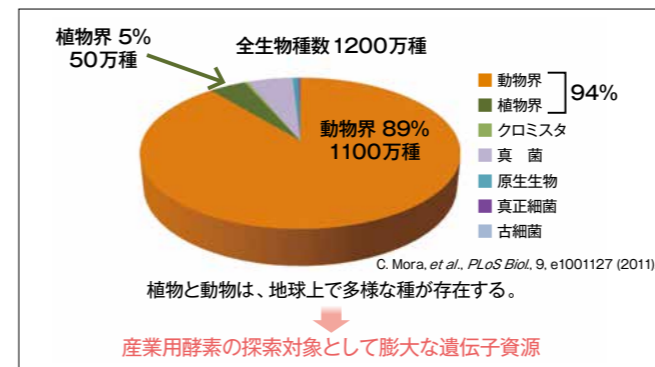
酵素は、生物の生命活動の源となるあらゆる化学反応を促進する触媒として働くたんぱく質である。生物が活動できるような温度やpHの穏やかな環境で、特定あるいは類似の物質だけにしか作用しないことが大きな特徴だ。金属などを触媒に用いた物質生産では、高温や高圧が条件で、有害物質が排出されることが多い。しかし酵素の性質を利用すれば、低コストで環境にやさしい生産方法が実現できる。浅野さんは、自身の研究を「未知の酵素を表舞台に引っ張り出すこと」だと表現する。生物はそれぞれが生存環境や生態に応じた多様な酵素を持っている。自然界にはまだ知られていない酵素が数多くあり、これまでにない機能や性能が見つかるかもしれない(図1)。微生物だけではなく、動植物が持つ優れた酵素を発見して、有用物質の合成や健康診断法

など産業という表舞台で幅広く活躍できるような基盤技術を開発することが、「浅野酵素活性分子プロジェクト」の大きな目的だ。

異端な領域へ、あえて壁を飛び越える

実用化されている酵素の多くは、細菌やカビなどの微生物から得られている。微生物は動植物と異なり、成長が速い。しかも省スペースで簡単に大量培養ができるため、産業利用に必要な酵素量を短時間で抽出することが容易だからだ。一方、動植物では酵素を取り出す作業が微生物と比較して煩雑なうえ、十分な量を得るためには大量に採集したり、栽培や飼育したりする必要があった。しかし、遺伝子組み換え技術の向上により、動植物を大量に得られなくても、酵素の遺伝子を微生物

図1 地球上の生物種数



に組み込むことで大量生産が可能になった。そこで動植物を産業用酵素の資源として見直すべきだと、浅野さんは考えた(図2)。

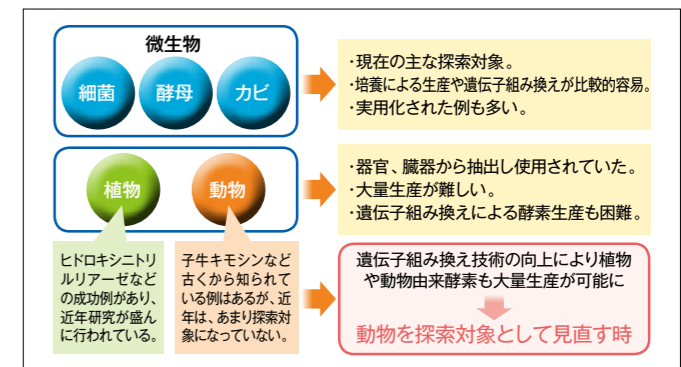
富山県中央植物園の協力を得て、剪定された植物を大きな袋で担いで持ち帰っては、破砕して活性を測ることを繰り返した。浅野さんは200種程度の植物を探索し、世界で見つかったヒドロキシニトリルリアーゼ(HNL)に分類される酵素の約30パーセントを富山で見つけた。HNLは主に植物の中にあることが知られ、医薬品や農業などの合成材料であるシアノヒドリン化合物の生産に利用されている。植物内では、産業での利用とは逆に、シアノヒドリン化合物を分解してアルデヒド化合物とシアン化水素(青酸)を作る化学反応の触媒として働く(図3)。害虫などに葉を傷つけられると、この化学反応が起き、青酸が害虫から身を守るための防御物質となるのだ。

「微生物は試験管で保存することができますが、植物は季節の影響を受けます。また、多数の植物を扱うのはかなり異端なことで、研究コミュニティから外れてしまうのではないかと悩みました。しかし、みんなと同じことをやっていたのでは新たな発見はないと、あえて壁を飛び越えました。それで心理的な抵抗もなくなり、勢いを得てERATOでは、さらに異端ともいえる動物に挑みました」。

動物は未発見酵素の宝庫

節足動物のヤスデは、枯れ葉などの有機物を主食とする。外敵に襲われると、防御物質として青酸ガスを放出する。このことから、HNLを持っているのではないかと推測した。ヤスデの生体内の酵素の量はごくわずかなので、推測が正しいかどうかを調べるためには大量のヤスデを集めることが必要になる。「たまたま九州で、台湾からの外来種であるヤンバルトサカヤスデが大発生したというニュースを聞き、現地へ飛んで何キログラムも集めてきました」。それをすりつぶして体液を抽出し、反応させてみると、思った通りHNLの存在を示す活性が見られた。「科学で最初から物事がうまく進むことは少ないので、これはとても幸運でした」。ヤスデの酵素を探すのに力を発揮したのは、プロジェクトの生物資源探索グループだった。ヤスデを捕獲するために、蝶や甲虫などの昆虫を研究してきた石田裕幸グループリーダーの知識と技術が求められた。「ヤスデの生態にはわからないことが多く、最初は研究材料として十分な量を集めるのにも苦しりましたが、これまでの昆虫研究で身につけたフィールドワークや生態学の知識を駆使して、

図2 産業用酵素の探索対象



試行錯誤しながら大量捕獲のコツをつかんでいきました」と振り返る。

驚くべきことに、ヤスデ由来HNLは植物由来のものとはアミノ酸配列が全く異なっていた。「通常、同じ働きをする酵素のアミノ酸配列は似ているのですが、ヤスデ由来HNLは、最初は酵素とは思えないほど独特の配列でした」。生体からの酵素の構造や活性を解析するには、精製して純粋な酵素を取り出す必要がある。多種多様なたんぱく質が混じり合った中から、どれが酵素かを特定しなければならぬ。精製できるようになるまで、何度も失敗を繰り返したが、ヤスデ1キログラムあたり0.12ミリグラムの純粋なHNLを取り出すことにやっと成功した(図4)。

これまで産業利用されてきたHNLの中ではアーモンド由来のものが最も活性が高い。ヤスデ由来HNLはアーモンド由来の5倍以上も触媒活性が高かった。さらに、一般的な酵素が活性を失う温度やpHの条件下でも壊れにくく、産業用酵素として優れた特性を示した(図5)。

これまで注目されてこなかった動物にも、有意義な酵素が眠っていた事例となり、産業用酵素の探索を微生物以外にも広げるきっかけになると期待される。

図3 ヒドロキシニトリルリアーゼの反応式

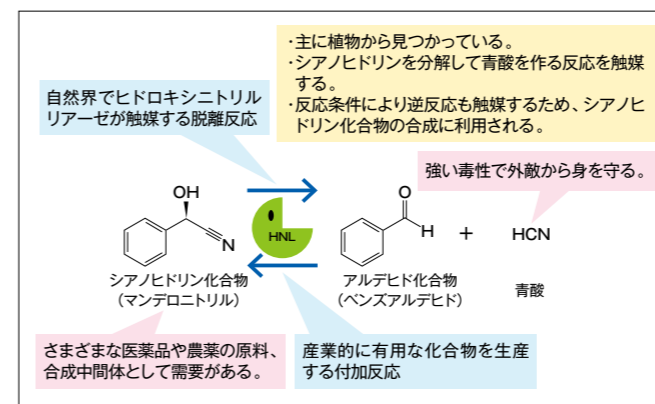


図4 ヤスデを用いた実験ステップ



産業応用を阻む難題に挑む

自然界にある酵素を見つけることがゴールではなく、そこからスタートだ。ある生物が持つ酵素を利用するために、毎回その生物を大量に集めて抽出するのは現実的ではない。発見した酵素のアミノ酸配列を特定し、遺伝子を解明し、その遺伝子を微生物に組み込み、目的の酵素を微生物に作らせる「異種発現」を実現させて初めて、大量かつ安定した酵素の供給が可能になり、産業利用への道がひらける。

遺伝子組み換え技術の進歩とともに、大腸菌や酵母菌などの微生物に合成したい酵素の遺伝子を入れて、他の生物から発見された酵素を作らせる技術が発達してきた。しかし、微生物からすれば、自分のものとは全く異なる種類のたんぱく質を作り出すことになるため、そこにはやはり無理が生じてしまう。その無理が、しばしば不溶化という形で現れる。

不溶化とは、たんぱく質が凝集して、水溶液中に溶けない沈殿物になる状態をいう。酵素を構成するたんぱく質は、20種類のアミノ酸がひものように連なり、立体的に折りたたまれた構造をしている。微生物に作らせた異種たんぱく質の多くが、折りたたみが不完全な状態で、互いに絡まって凝集してしまい、酵素としての機能を発揮できないことも、これまで動植物の酵素が研究されてこなかった理由の1つである。

一度凝集したものをほぐすのは難しく、不溶化の問題は異種発現による大量生産や産業利用の実現を阻んできた。酵素に最初から「可溶性」を持たせ、活性のある酵素を正しく作り出すにはどうすればいいのか。この難

題に挑んだのが、プロジェクトの酵素工学グループと生物有機化学グループだ。

アミノ酸配列と可溶性の相関を解き明かす

可溶性発現の向上に挑戦しているのが酵素工学グループだ。松井大亮グループリーダーは次のように説明する。「酵素のアミノ酸配列の一部を人為的に別の配列に置き換え、酵素の性質を変化させる異種導入などの研究をしています。異種発現させた酵素の不溶性も、アミノ酸の配列を変えたら解決するのではないかという考えを出発点に、どの部分を変えればいいのかを見つけ出すことに取り組みました」。

たんぱく質である酵素は何百ものアミノ酸からできており、複雑な構造を持っている。そのため、どのアミノ酸が酵素の性質に関わっているかを特定することは難しかった。たった一方所変異を加えただけで劇的に変化することもあれば、いくつもの変異を加えないと変化しないなど、その条件は酵素によって異なる。さらに変異を加えることにより、酵素の立体構造や活性が変化してしまうこともある。そのため、遺伝子変異により酵素の性質を改善するには、ランダムに変異を導入して多数の変異体を作製し、その中から希望する性質を持つ酵素を選び取るという、「数を打って当てる」方法が利用されることが多い。

活性を変えずに可溶化する法則性を見い出すことが重要だと考えていた浅野さんは、ランダムに変異を導入して多数の変異体を作製し、可溶化した変異体のアミノ酸配列の解析を試みた。事例を集め、解析することで、可溶化につながる知見を得られるのではないかと

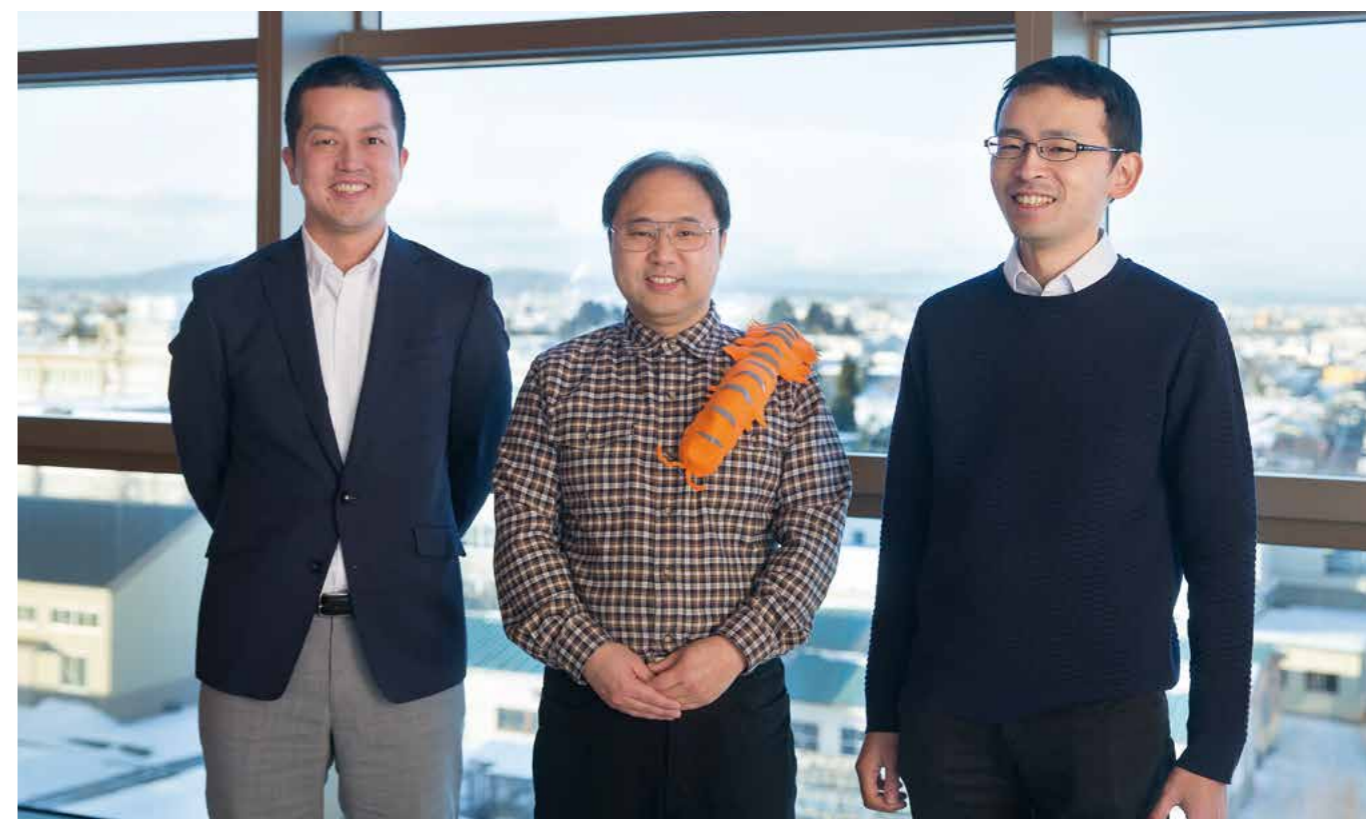
と考えたからだ。「ひたすら実験を繰り返して、可溶化につながるアミノ酸変異のデータを大量に集めました。その解析から不溶性と可溶性に関わるアミノ酸残基(たんぱく質を構成しているアミノ酸の1単位)を見つけ、そのアミノ酸残基を改変することで、不溶化していた酵素を可溶化するための法則性を見つけること成功しました」。

実験の繰り返しとデータの積み重ねにより、例えば酵素の表面にある水になじみにくい(疎水性)アミノ酸を水になじみやすい(親水性)アミノ酸に置き換えると可溶性になるといった法則を明らかにしている。この可溶性発現技術により、いくつかのヤスデ由来HNL遺伝子の異種発現に成功しており、大量生産など実用化に向けた技術的課題を解決するための研究を進めている。

これまで可溶性発現の壁になっていたのは、元の酵素と完全に同じアミノ酸配列のものを作らなければならないという思い込みではないかと、浅野さんは語る。「医薬品は別として、産業利用の場合は、同じ活性を持つ酵素なら少しぐらいアミノ酸配列が違っていてもいいのではないかとという発想が、少なくとも私がこの研究を始めたときにはなかったようです。私たちの成果を見て、同様の考え方を取り入れた研究も盛んになってきました」。

実験科学と計算機科学の融合

こうして見つけ出した変異と可溶性の相関の法則性をもとに、生物有機化学グループが力を発揮して、可溶性発現するためのアミノ酸残基をアミノ酸配列から予測するプログラムを編み出した。開発したのは、プロジェクト



左から松井大亮(まつい だいすけ) 酵素工学グループ グループリーダー、石田裕幸(いしだ ゆうこう) 生物資源探索グループ グループリーダー、中野祥吾(なかの しょうご) 静岡県立大学 食品栄養科学部 食品生命科学科 助教(生物有機化学グループ 元研究員)。石田さんが肩に載せているのは、プロジェクトのメンバーが手作りしたヤスデのぬいぐるみ。

開始から3年目まで研究員として所属し、現在は静岡県立大学食品栄養科学部の中野祥吾助教だ。

「生物有機化学グループでは、X線結晶構造解析などで酵素の形を明らかにすることと、コンピューターを活用して酵素の形の変化と働きの関係を調べる計算機科学の2つの側面から、酵素の機能に迫っていきました」。

予測プログラムは、不溶化した酵素と、類似の可溶性酵素のアミノ酸配列を比較して、不溶化の要因となる部分を見つけ出す。次にその部分を、類似酵素を参考に可溶性を持たせられる配列に変えるものである。

「大腸菌を使った異種発現で不溶化した酵素について、この手法で予測した部分の配列を変えたところ、テストした酵素の約50パーセントを可溶性発現させることができました」。不溶化は異種発現させた酵素の約80～90パーセントで発生するといわれ、そのうちの半分を可溶性発現できたのは、かなりの高確率だ。コンピューターで変異導入部位を予測できるため、時間も費用も削減できる(図6)。

この手法は、科学の世界でいうウェット(実験科学)とドライ(計算機科学)が高度に融合してこそ実現できた。そのために浅野さんが意識したのは、「異分野の人材を大部屋に集めること」だという。最初は抵抗感もあったよ

うだが、同じ空間で一緒に研究することで、知識や情報を共有でき、互いの専門知の融合も加速した。中野さんは当時をこう振り返る。

「松井さんたちが一日中立ち実験を繰り返していたので、ずっとコンピューターの前に座っているのが申し訳ない気持ちになりました。そこで、慣れないながら実験を習ってみたりする中で、お互いの価値観を認めて理解し合えるようになりました。ウェットとドライの融合で新しい発見をした感動は大きかったです」。

富山を酵素研究の中心地に

有用物質生産だけでなく、酵素工学グループを中心に取り組んだ酵素によるアミノ酸の定量でも、実用化につながる成果をあげている。酵素の特性を利用すれば、血液などに含まれる各種のアミノ酸量を短時間で簡単に測定でき、病気の診断などに役立つとされる。

これまでの数々の成果は、浅野さんの従来の常識にとらわれない姿勢から導かれたといえるだろう。浅野さんは10年、20年あるいはそれ以上先常識となるであろう研究をし、その成果を実証してきた。新しい研究への挑戦は孤独だが、プロジェクトに結集した若き

研究者には、それを達成する能力があると信じている。石田さんは「自分の専門から一歩足を踏み出す勇気」を学んだという。「今まで築いてきた領域から外に出ることは、研究者にとって怖いことですが、浅野先生の姿勢を私たちも受け継いでいきます」。

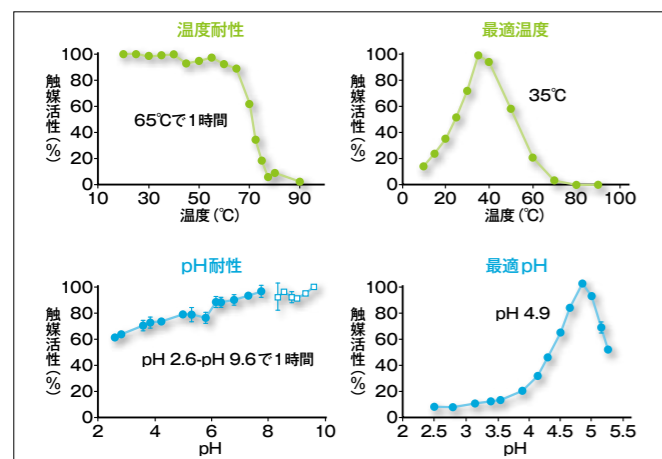
富山県立大学は1990年に開学した比較的新しい大学だが、開学当初から教員を務め、生物学研究センターの開設にも深く関わった浅野さんの力も手伝って、設備や人材を含めた研究環境の充実ぶりは、広く知られるところとなっている。

富山の地からスタートして、日本から世界の酵素活性分子研究を盛り上げたいと、浅野さんは活動してきた。

「酵素研究のプロジェクトがERATOに採択されたのは、酵素工学研究や応用微生物学の世界的競争が激化し、オールジャパンで広く考える機会を与えられたからだと思っています」。

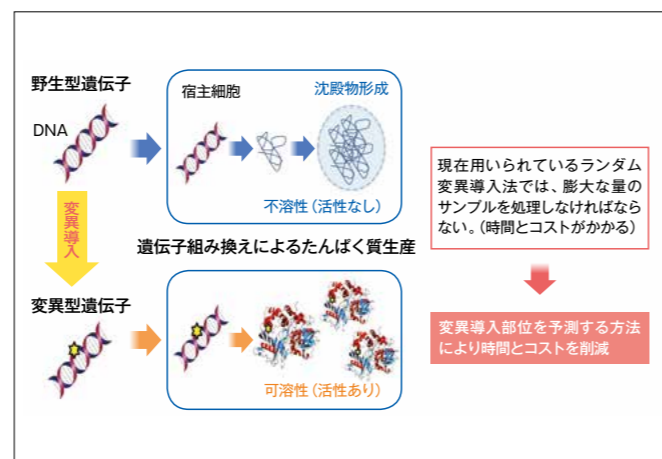
研究成果を広く世界に発信する活動を支援するJSTの仕組みを活用して、国内初の酵素工学の国際会議を開催し、海外との共同研究や連携も積極的に行ってきた。これからはそれ以上に常識となるであろう研究をし、その成果を実証してきた。新しい研究への挑戦は孤独だが、プロジェクトに結集した若き

図5 ヤスデ由来ヒドロキシニトリルリアーゼの性質



最適な温度やpHは通常の酵素と同様であったが、温度やpHが変化しても機能を失わない、非常に安定した酵素であることが確認できた。

図6 変異導入による可溶性発現法の技術開発



可溶性につながる変異導入部位の予測により従来のランダムな変異導入法の問題点であった時間とコストの問題を解決できる。

Focus 02

微細藻類が地球を救う

池や川などの水が、よく緑色になっていることがある。原因は、顕微鏡サイズの微細な藻類だ。微細藻類は食品に利用されているほか、近年はそのオイル生産能力を生かしたバイオ燃料の生産も期待されている。微細藻類がもつ可能性に注目した東京大学大学院新領域創成科学研究科の河野重行教授は、生理機構の解明や品種改良、培養方法の確立などによって、微細藻類による有用物質の大量生産をめざしている。



河野 重行 (かわの しげゆき)

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
先端生命科学専攻 教授

1977年岡山大学大学院理学研究科生物学専攻修士課程修了。同年岡山大学医学部付属癌研究所、78年岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所技術課、83年同助手。88年東京大学理学部助手、91年同助教、98年より現職。

人間よりもはるか昔に誕生した 微細藻類

藻類は、主に水の中で生きる植物の仲間、ワカメやコンブのような大型の海藻から、クロレラやミドリムシのように顕微鏡でなければ個体を識別できない微細藻類まで、さまざまな種類がある。

微細藻類の多くは、1つの細胞を生命単位とする単細胞生物で、葉緑体をもち、光合成によって栄養となる有機化合物を合成し、酸素を放出している。生物としての歴史は人間よりもはるかに長く、地球上に現れたのは今から30億年以上も前と考えられている。

初期の微細藻類は、シアノバクテリアという、単純な構造をした原核生物だった。それらが光合成を行って環境中の酸素が増えるにともなって、より複雑な真核生物が現れ始め

る。そして、シアノバクテリアが真核生物に取り込まれ、細胞内で共生するようになったことが、葉緑体の起源と考えられている。

シアノバクテリアを共生させた真核生物は一次植物と呼ばれ、その一部は陸に上がって現在の陸上植物へと進化していく。一方で、一次植物を取り込んで二次共生させた真核生物も現れ、二次植物と呼ばれる微細藻類となって多様性を増していった。微細藻類は現在、深海や極地のような厳しい環境から温泉まで、地球上のあらゆる水の中に数万種が生息している。

微細藻類の産業活用をめざす

もともと宿主の真核生物とは別の生き物だったシアノバクテリアが、どのようにして細

胞内共生体から細胞小器官である葉緑体に進化したのかという謎は、まだ完全には解明されていない。東京大学新領域創成科学研究科の河野重行教授は、葉緑体の分裂方法を手がかりに、その進化の謎を解き明かす研究を続けてきた。そして、研究の過程で微細藻類がもつ多様な可能性にも気づかされたという。

「微細藻類は太古から、炭素の固定と酸素の供給源として、また食物連鎖の一次生産者として、地球の生態系を作り出し、支えてきた重要な生物です。最近では産業利用も進みつつあり、例えばクロレラは食品として利用されてきただけでなく、バイオ燃料の生産でも注目されています。また、ヘマトコッカスは、アスタキサンチンというカロテノイドの一種で高い抗酸化作用をもつ物質の生産に利用されています。ただ、有用な微細藻類は大量培養が簡単ではなく、そのことが産業としての大

規模化の壁となっています。品種改良によって目的の物質を生産する能力に優れた品種を作り出すことや、最適な培養方法を確立することができれば、産業活用もより進むと考えました」。

河野さんのアイデアを形にする研究「微細藻類の倍数化と重イオンビーム照射によるバイオ燃料増産株作出に関する新技術開発」は、CRESTの研究領域「藻類・水圏微生物の機能解明と制御によるバイオエネルギー創生のための基盤技術の創出」の課題の1つとして採択され、2011年4月～2016年3月の研究期間に多くの注目すべき成果をあげた。

クロレラのゲノムを解読、 オイル産生機構を明らかに

まずあげられる成果は、クロレラの一つであるパラクロレラ・ケスレリの全ゲノムを解読したことだ。河野さんはその目的を次のように説明する。「クロレラによるバイオ燃料生産に道筋をつけることがわれわれの研究目標の1つです。それにはまず、クロレラが細胞内にオイルを貯めるメカニズムを解明する必要があります。そこで、チェコ科学アカデミー微生物学研究所との共同研究で、クロレラの全ゲノムを解読し、それをもとにエネルギー代謝や物質生産の経路と、オイルやデンブンの生産にかかわる遺伝子を明らかにしました」。

この研究を支えたのは、CRESTの研究チームに参加した東京大学大学院オーミクス情報センターの服部正平センター長のグループによる、高速、高精度なゲノム解読技術だ。

クロレラは、培養する際に栄養分のチッ素やイオウが不足すると、デンブンをオイルを増産することがわかっている。そうした状態のときに活性化する遺伝子群がわかったことで、将来はゲノム編集によって、オイルやデンブンを生産する能力が高い品種を作り出せる可能性も出てきた。「また、遺伝子解析で、クロレラのオイル蓄積にはオートファジー関連遺伝子が働いていることも明らかになりました。クロレラがオイルを細胞内に貯めるのは、栄養不足の状態になると細胞内で自食が起きるといったメカニズムが明らかになったのも、今後につながる発見です」。

クロレラの育種と 屋外での大量培養を実現

2つ目の成果としてあげられるのが、重イオンビームの照射によってオイルを増産するク

ロレラの品種を作り出し、その大量培養に成功したことだ。重イオンビームは、元素をイオン化して加速し、速度と方向の揃ったビームの状態としたもので、対象物に照射するとイオン化した元素が打ち込まれ、物理的、あるいは化学的にさまざまな作用が起きる。生物の細胞に当てれば染色体がバラバラに切れて人為的に突然変異を起こすことができるため、これまで植物や酵母などの品種改良にも利用されてきた。

河野さんたちは、理化学研究所の仁科加速器研究センターの重イオン加速器で、炭素、アルゴン、ネオン、鉄のイオンビームを野生種のクロレラに照射して、さまざまな変異株を作り出し、培養する実験を繰り返した。その中で、デンブンをオイルの蓄積能力の高い株、有用な脂肪酸を蓄積する株など、多様な変異株を見つけている。

「藻類の育種という発想はこれまでありませんでしたが、産業活用するためには酵母のように優れた品種を作り出すことも必要です。それが可能であることを示したことは意義がある

でしょう」と河野さん。重イオンビーム照射による品種改良は、自然状態での突然変異を加速することであり、他種生物の遺伝子を導入する遺伝子組み換えとは根本的に異なるため、屋外での培養が制限されないことも利点だ。

作り出した変異株は、チェコ科学アカデミー微生物学研究所との共同研究で、実際に屋外の大型培養槽で培養することにも成功している。培養実験の中心となった、研究チームの竹下毅特任研究員は、屋外で培養することには大きな意味があるという。「クロレラのオイルやデンブンを増産するには、チッ素やイオウの欠乏という培養条件も重要です。しかし、クロレラ自体を増殖させて全体としての生産物の収量を上げるには、光のエネルギーが不可欠です。コストをかけずに得られる強い光、太陽光を利用した屋外培養の技術を確立していくことが、バイオ燃料生産を産業化していく上では欠かせません」。

チェコは、クロレラを食品としてだけでなく、入浴剤にも使うなどクロレラの活用が盛んな国だ。竹下さんはそのチェコで培養方法を学



屋上に設置された大型培養槽。取材時は冬季であったため屋外の培養は行われておらず、流れているのは撮影用に入れた水道水。

び、日本でも研究棟の屋上に設置した大型水槽での培養実験を重ねている。

細胞を1個丸ごと立体画像で観察できる技術

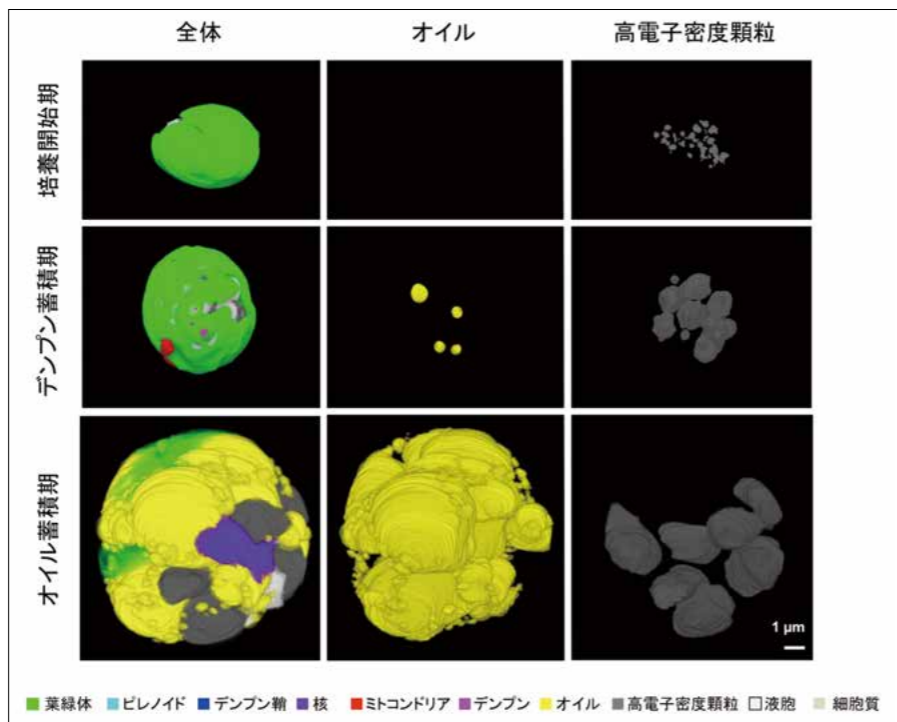
3つ目の成果は「電顕3D」技術を確立し、微細藻類の細胞内部の様子を明らかにし、細胞あたりのオイル量測定を実現したことだ。電顕3Dは、細胞を1枚あたり約80ナノ(10億分の1)メートルの超薄片に切り分け、1枚1枚を透過型電子顕微鏡で撮影し、その画像を、高解像度を保ったまま立体画像に再構築する技術である。

研究チームの大田修平特任助教は、電顕3D技術のエキスパートだ。「細胞を樹脂で固めてから、専用の機械でダイヤモンドナイフを使ってスライスしていきます。切る枚数は、直径約30マイクロメートルのヘマトコッカスの場合は350枚前後、約10マイクロメートルのクロレラは50～100枚程度で、完全に切り離さず、うまくリボン状につながるように切っていくのがコツです。その日の気候や体調にも左右される繊細な作業で、正確に切り出すには訓練が必要ですが、細胞内部の高解像度な立体画像を得られることで、細胞に含まれる物質の体積が正確に測定できるようになりました」と話す。

ヘマトコッカスは強い光を連続的に浴びると、固い細胞壁を作ってアスタキサンチンを含むオイルを細胞壁の近くに蓄積し、細胞を守る事が知られている。その際にオイルの体積が0.2%から約52%まで劇的に増加する



大田 修平 (おおた しゅうへい)
 東京大学大学院 新領域創成科学研究科
 先端生命科学専攻 特任助教



リンの蓄積過程を示す電顕3D像。培養開始期の細胞(上)、デンプン蓄積期の細胞(中)、オイル蓄積期の細胞(下)を左から細胞全体、オイル、高電子密度顆粒(リン蓄積場所)に分けて表示。

一方で、体積の約42%を占めていた葉緑体が9.7%にまで減少することが、電顕3Dによる観察で明らかになった。

細胞内の物質の動態や体積が把握できるこの技術は、今後、有用物質の生産能力を評価、推定するための基盤技術になると期待される。

画像によるモニタリング手法や特殊な培養法も開発

画像による観察や評価では、東京大学大学院新領域創成科学研究科の大矢禎一教授のグループが中心となって、顕微鏡画像の解析によって微細藻類の外見から内部の状態をモニタリングする手法も開発した。この手法は、大矢さんが確立した、酵母細胞を対象に蛍光顕微鏡画像から形態を解析するシステム「CalMorph」をベースとしており、微細藻類の生理状態、有用物質の生産量、他の生物の培地への混入状況をリアルタイムに観察できる。

「ヘマトコッカスは繊細で培養が難しいのですが、重イオンビーム照射によって丈夫な品種を作り出すことに加え、このモニタリングシステムで、細胞の状態を見ながら培養環境をきめ細かく制御することによって、アスタキサンチンの収量を増やせる可能性があります」と、河野さんは考えている。

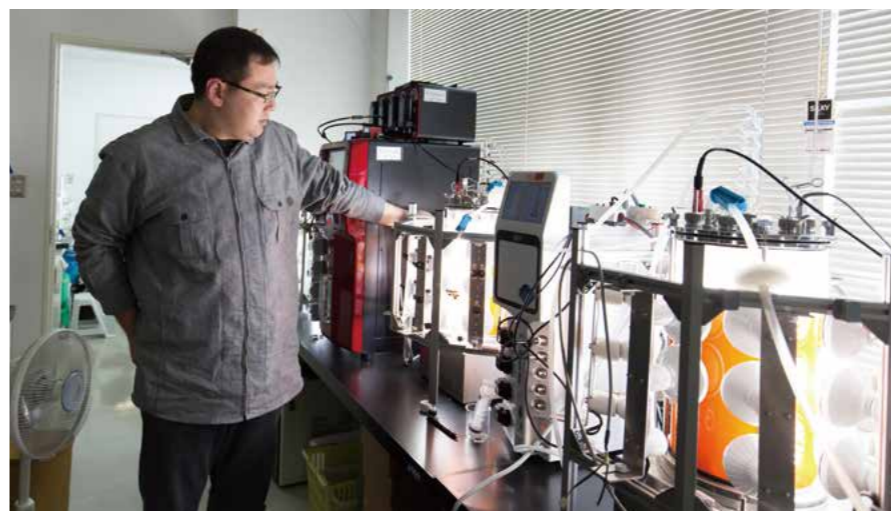
また、産業応用に向けた成果としては、東京薬科大学生命科学部の都筑幹夫教授のグループが中心となって、布などの固相表面で

の大量培養にも成功している。微細藻類の培養は通常、水の中で行うが、横型的水槽だと産業として大規模化するには広い土地が必要となる。そこで、特殊な布の表面にクロレラを付着させて、縦に設置して培養液を流しながら育てる方法を考案した。縦型なら狭い場所でも効率よく培養することができる。

開発した成果を社会に送り出す

こうしたCRESTでの成果をできるだけ早く社会に送り出すため、河野さんは「クロレラによる複数色のカロテノイドと長鎖不飽和脂肪酸の大量生産」と題した研究プロジェクトで、大学発新産業創出プログラム(START)に応募し、2015年度に採択された。STARTは、高い可能性をもった研究成果や技術を社会還元していくことをめざし、技術を事業化するノウハウをもった事業プロモーターと研究者をつないで、事業化に向けた研究開発の推進とベンチャー創業を支援するプログラムだ。

河野さんのプロジェクトは、株式会社東京大学エッジキャピタル(UTEK)が事業プロモーターとなり、さまざまな面からサポートしながら事業化をめざしている。「われわれが作出したオイル高生産クロレラの中には、体積の66～75%ものオイルを貯める株もあります。そのオイルの組成を調べたところ、健康に良いと言われるオメガ3脂肪酸を52%も含むことがわか



実験室内の培養設備。光の照射時間などさまざまな条件下で実験を行う。

りました。ならば、品種や培養条件を変えることで、そのほかにも機能性と市場価値の高い物質を作れるのではないかと考えました」。河野さんは事業化を考えたいきっかけをそう話す。

まずは有用物質の高品質・少量生産から

現在、各種の脂肪酸をクロレラに作らせる研究に取り組んでいるのが、研究チームの山崎誠和特任助教だ。「クロレラなどの緑藻類は、炭素数18までの脂肪酸しか作らないのが定説となっていますが、バラクロレラ・ケスレリは炭素数47の脂肪酸まで作る能力があると言われています。そこで、重イオンビームを照射して、さまざまな変異株を作ってみたと、炭素数22のエルカ酸や、24のネルボン酸を貯める株など、可能性のあるものがい

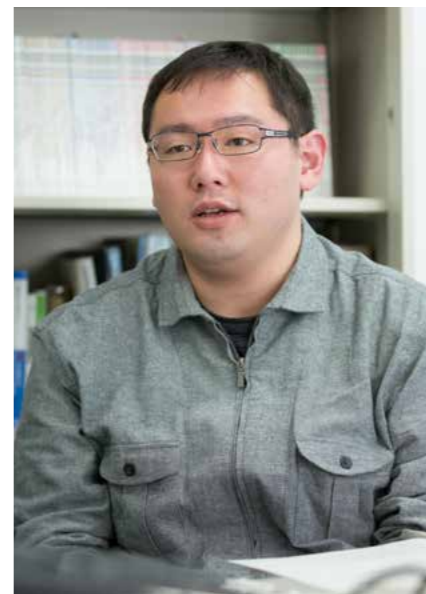


山崎 誠和 (やまざき ともかず)
 東京大学大学院 新領域創成科学研究科
 先端生命科学専攻 特任助教

ろいろと見つかっています」と山崎さんは手応えを感じている。

エルカ酸は難病のALD(副腎白質ジストロフィー)の症状軽減や発症予防に効果があるとされるほか、化粧品などにも利用される。ネルボン酸は不眠症治療薬として用いられるなど、炭素数の多い長鎖不飽和脂肪酸には体の生理機能と深くかかわるものも多く、微細藻類による生産が可能になれば産業としての発展も期待できる。

竹下さんは、カロテノイドを作るクロレラを見つけ出し、大量培養に挑んでいる。「ルテインやゼアキサントリン、アスタキサンチンなど、さまざまな種類のカロテノイドを作るクロレラの変異株を作り出して、培養方法の確立をめざしています。微細藻類は、試験管ではうまく培養できても、容量を増やしていくと光の当たり方などの条件が変わるために培養が



竹下 毅 (たけした つよし)
 東京大学大学院 新領域創成科学研究科
 先端生命科学専攻 特任研究員

難しくなります。現在、容量10リットルのガラスタンクでの培養に成功しており、その規模をさらに大きくしていくことが今後の課題です」。

大規模培養が難しい藻類だが、まずは健康機能のある物質の高品質・少量生産で新たな産業分野と市場を開拓していきたいと河野さんたちは考えている。この分野を足がかりに市場が拡大していけば、培養技術なども発展し、バイオ燃料の生産も現実味を帯びてくるだろう。

環境浄化とリン回収能力にも期待

STARTでの研究テーマ以外に、河野さんたちはクロレラが環境中のリンを回収する能力にも注目している。その研究の発端となったのは大田さんの発見だ。「リンが環境中に豊富にあるときに必要以上に取り込むという現象は細菌では知られていましたが、藻類でも同様のことが起きるのを、電顕3Dの立体画像で発見しました。バラクロレラ・ケスレリを用いた実験では、イオウを欠乏させて培養するとオイルの生産とともにリンの取り込みが加速され、通常の4.3～4.8倍ものリンを、ポリリン酸の形で細胞内に蓄積することを確認しています。この能力を、汚水の浄化や肥料の生産に利用できないか、可能性を探っているところです」。

リンは生物の必須ミネラルで、作物肥料にも欠かせない成分だが、近年はリン鉱石の枯渇による肥料の価格上昇と食糧危機が危惧されている。一方で、工場や家庭からの排水に含まれるリン酸は、河川などの富栄養化を促進する汚染物質として問題視されている。クロレラをメタン発酵施設や畜産施設などからの廃液の浄化に利用してリンを回収するシステムができれば、環境浄化と肥料・オイルの生産を同時に行う一石三鳥の効果をねらえるのだ。

身近な存在でありながら、これまであまり解明が進んでこなかった微細藻類。水とわずかな栄養分、光のエネルギーで炭素を固定し、酸素と有用物質を生み出す力を利用すれば、きわめて環境に優しい化学工業を実現できる可能性がある。河野さんは、その可能性に大きな夢を託す。「秘められた能力を生かすことで、エネルギー源、食品、医薬品などの原料として有用な化合物の生産や、グローバルに役立つ環境浄化が実現できれば、微細藻類が地球を救うことになるかもしれません」。

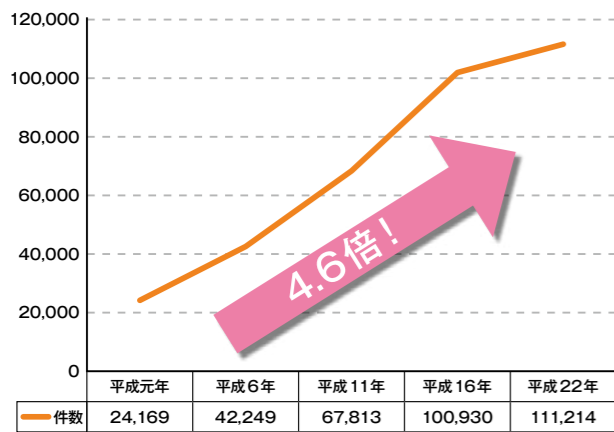
高齢ドライバーの自動車事故を防ぐ「自律運転知能システム」

クルマは高齢者の日常の足となっている。特に公共交通機関に恵まれない地方では欠かせない。しかし、今後20年で高齢ドライバーは倍増すると見られており、加齢による身体能力の低下にともなう事故のリスクが高まっている。

こうした社会的課題に対し、JSTの戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)の「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」において、2010年度に「高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム」が採択された。高齢者の運転能力の低下をサポートするセンサー技術、危険予知判断技術、危険回避技術などの研究開発と実証実験を通じて、事故を未然に防ぐ自律運転知能を持った安全運転支援システムを確立し、市販化につなげることを目標に、いよいよ公道での実証実験が始まる。

増える高齢者の自動車事故 加齢による機能の低下

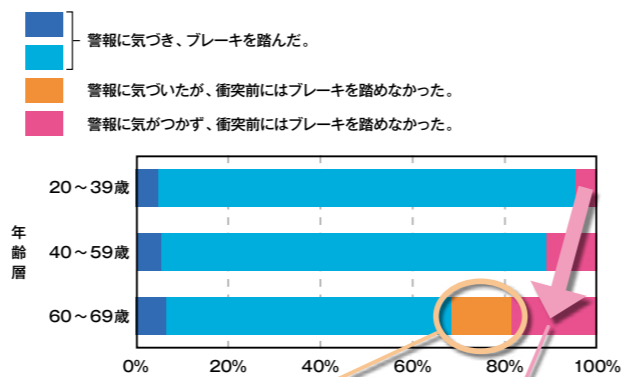
平成に入ってから約20年間で
65歳以上の高齢者が第一当事者となる事故が
約4.6倍となっている



加害者としての高齢者対策が必要

出典：警視庁資料

警報認知度 年齢別の影響
(トヨタドライビングシミュレータによる研究)



60歳代で、警報に気づきつつもブレーキを踏めない人もいる
高齢ほど警報に気づかない割合が増加

出典：日本機械学会論文集

熟練ドライバーのような安全でスムーズな「運転知能」をめざし、産学連携で研究を推進

「うまいドライバーは、この先に何が起こるかを予測し安全に運転します。また馬は、乗り手が指示しても崖から飛び降りたりしません。これらの知性に比べ、自動運転はまだ発展途上です。私たちは、クルマがカメラ等で走行環境を見てリスクを予測し、安全でスムーズな運転に導く『運転知能』を開発中です。『運転する楽しさがあり、安全安心で頭の良い車!』が目標です」。

こう語るのは、神奈川工科大学 創造工学部 自動車システム開発工学科の井上秀雄教授である。

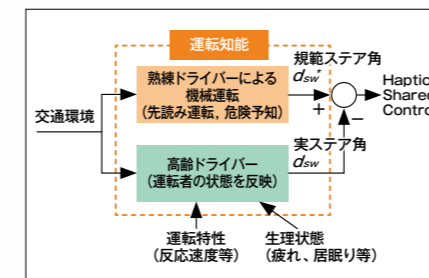
危険回避システムの開発と自動車事故低減の歴史

井上さんはトヨタ自動車入社後、約30年間一貫して車両制御システムの開発に従事してきた。世界初の横滑り防止装置VSC(ESC)、プリクラッシュシステム、統合安全システムなど多数の先進技術の実用化をリードしてきた経験を持つ。

2000年前後のVSC標準装着にも貢献し、死亡につながる自動車の単独重大事故が約30%も減少したという。06年には世界初の統合安全システムを実用化し、世界の頂点に立ったかに見えた。しかし、08年頃からドイツ勢の先進安全制御システムの巻き返しが始まり、日本勢が運転支援技術で劣勢に立たされてきた。ドイツ勢の強さを調査する中、産学官連携での技術開発の加速やプラットフォームの共通化など、オープンイノベーションに起因する点が日本には欠けていることがわかってきた。

そこで、「課題解決先進国 日本」をめざし、超高齢社会の安全安心な移動という切実な課題を、先進の「運転知能」で解決しようとする現在の産学連携プロジェクトを始めた。高い車両制御技術を持つ東京農工大学の永井教授(現 財団法人日本自動車研究所(JARI)研究所長)陣、東京大学高齢社会総合研究機構の鎌田教授らと連携し現在に至る。また、2016年4月より現職に移り、ドイツのように産業界出身教授という立場でリーダーシップを取っている。

人間・機械協調運転技術(Shared Control)



「自動運転」を超える「人馬一体の自動運転」

地方の道路は、現在の高速道路向けの自動運転技術だけでは対処できない。見えない陰からの歩行者の飛び出しや、前方の自転車の行動予測など、リスクを予測しての対応、いわば「かもしれない運転」技術が必要である。そのために、100,000件を超える運転時のヒヤリハットデータ(東京農工大学)からの情報モデルとポテンシャルフィールドを用いた物理モデルからリスクを予測している。

また、人間・機械協調運転技術(Shared Control)では、熟練ドライバー並みの運転能力を持つシステムが、高齢ドライバーの運転能力低下を見て、支援量を決定する構造になっている。

一方、自動運転に3Dの高精細地図があることは望ましいが、整備に莫大な費用がかかり、高齢者が困っている地方の生活道路までの高精細地図作成は困難である。そこで、本開発ではカーナビなどの地図情報とカメラ等を利用した廉価な環境認識技術にも力を入れている。すでに交差点等停止位置の認識精度では大変良い結果が得られている。

これらの技術は、将来、運転支援、自動運転に必要な技術になると予測される。

実証実験がいよいよスタート

研究は、トヨタ自動車、東京農工大学、東京大学、豊田中央研究所、JARI、神奈川工科大学の産学連携のもと、「ステージI~II」が終了し、公道評価のために前述の技術を織り込んだプロトタイプの実験車が完成した。2017年度からは、「ステージIII」への移行が承認され、高齢ドライバーの受容性を中心とした実証実験・評価を開始する。

井上さんは、以下のようにこのプロジェクトの感想を述べている。

「2011年から6年開発を続け、さらに3年かけて実証実験を進めています。日本では長いと言われますが、欧州の標準的大規模プロジェクトに匹敵し、約10年続けるS-イノベの意義は大きいです。高齢者のためのリスク予測、Shared Controlなど、ほぼゼロから1を立ち上げ100にする研究・開発です。恐らく、欧州が粘り強くイノベーションを標準化まで持っていく過程は、このようなやり方なのだ実感できます。まさに王道であり一番の近道です。安全システムは広く普及させることが重要です。そのためには、次世代の基礎を産学連携で、モノづくりと理論ががっぷり手を握り、プラットフォームにつなげるようしっかり固める必要があります。このプロジェクトでは、企業、大学のそれぞれの枠を越え、良いエンジニアが育っています。このシステムを実現させ、高齢社会の課題解決を日本から世界へ発信していきたいと思っています」。



井上 秀雄 (いのうえ ひでお)

神奈川工科大学 創造工学部
自動車システム開発工学科 教授

1978年トヨタ自動車入社。車両制御開発室長、統合システム開発部長、先端・先行企画室長などを歴任し、ABS、VSC、VDIM、運転支援システムなど、車両系の統合制御、先進安全システム全般の開発に従事。2009年NHTSA賞受賞。2013年より東京農工大学客員教授。2016年トヨタ自動車を退職し現職に就任。

01

研究成果

研究成果展開事業
先端計測分析技術・機器開発プログラム
開発課題「環境中病原性微生物の迅速定量装置の実用化開発」

携帯できる小型遺伝子検査装置を開発
インフルエンザやノロウイルスの感染を現場で検査

風邪かな?と思っても初期症状だけで病気を自己判断するのは禁物です。実はインフルエンザだったということもよくあります。

インフルエンザやノロウイルスによる集団感染や食中毒の拡大を抑えるには、初期段階で有効な対策が必要です。そのために原因となる細菌やウイルスの特定を現場で素早く、高精度に測定する手段が求められていました。

開発した遺伝子検査装置は、軽くて持ち運びが可能で、インフルエンザなどの感染を約10分で検査できます。遺伝子検査は通常、血液などを使い、遺伝子の特定部分を大量に増やし感染を調べますが、今回小さなプラスチック基板で高速に遺伝子を増やす技術と、遺伝子の量を高感度で測定できる小型蛍光

検出技術を組み合わせることで、高精度のまま小型化と短時間での検査を実現しました。

日本板硝子株式会社の福澤隆主席技師と産業技術総合研究所の永井秀典研究グループ長、株式会社コーフォンの共同開発チームの成果です。

これまでの遺伝子検査装置は大型で、専門施設内での利用に限られていたため、現場で採取したサンプルを送るなど、判定までに1日以上かかっていました。その結果、現場の簡易検査で陰性だったのに、遺伝子検査で感染が判明し対策が後手に回ることもありました。

新たな装置は、どこへでも簡単に持ち運べることから、食品衛生、感染症予防、環境汚染調査など幅広い分野での活用が期待されます。医療機関や食品工場に加えて、学校や空

港などの公共施設に持ち込み迅速な遺伝子検査が可能になります。近い将来さらに小型化され、スマートフォンのように1人1人が持ち歩き、感染症の診断を自分でチェックする——なんてことが実現するかもしれません。



モバイル遺伝子検査機(試作機)。
高さ200mm×幅100mm×厚み50mm、重量約500g。

02

研究成果

低炭素社会戦略センター(LCS)

電気代節約分で新型・省エネの冷蔵庫が手に入る
家電買い替えの新たな枠組みを提案

家電量販店で必ず目にする「省エネ」の文字。1日あたりの電気代と年間いくらお得になるかを、各メーカーがここぞとばかりにアピールしています。我が家もそろそろと、考えてはみるものの、特に大型家電の買い替えは値段をみて二の足を踏んでしまいます。省エネや月々の電気代の節約より一度に大きな出費を避けたいのが人情です。

そんな消費者の心理と、省エネ効果をうまく結びつけた提案が実現し始めました。

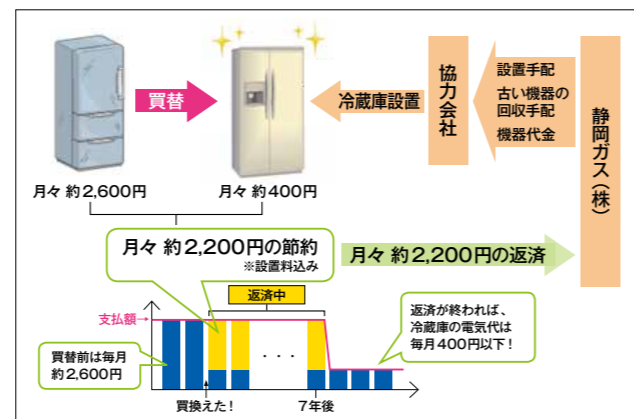
低炭素社会戦略センター(LCS)と東京大学大学院工学系研究科の松橋隆治教授(LCS研究統括)らが2014年より家庭での省エネを進めるために提案してきた「電気代そのまま払い」の枠組みの実施です。これは、冷蔵庫などの省エネ機器を導入する際、必要な初期費用を金融機関などが立て替え、節約した電気代相当額を月々の電気代と一緒に支払い、冷蔵庫代を返済するアイデアです。LCSと東京大学は「電力使用量見える化実験」によ

り収集した実際の家庭の冷蔵庫の消費電力データに基づき、月々に節約される電気代を簡単に推計する方法を開発しました。

この成果をもとに、2015年4月より静岡ガスの協力を得て静岡県内の一般家庭20世帯で、冷蔵庫の消費電力量の計測を開始し、このデータを分析しました。この分析結果から、これまで5世帯に「電気代そのまま払い」を提案し、2世帯で冷蔵庫の買い替えが実現しました。実際に冷蔵庫を買い替えた家庭では、60%以上の省エネ効果(電気代にして1,500円/月以上の節電効果)が確認されました。

買い替える前と同程度の電気代を月々支払うだけで、最新の機器を導入

できることは家計にとって、どれだけ嬉しいでしょうか。将来、この枠組みを冷蔵庫以外の家電や照明などの機器に広げることで、家庭での省エネ量は確実に高まるはず。家計にも環境にも優しい枠組みを、今後は全国へ普及させることをめざします。



「電気代そのまま払い」を利用して冷蔵庫を買い替えた場合、冷蔵庫導入費用の返済方法例。

03

受賞

情報企画部 情報分析室

人工知能が言葉を理解する
統計的手法を用いた用語分類の試み

毎年発表される新語・流行語大賞から、社会がとめどなく新しい言葉を生み続けていることに気づかれます。科学技術の世界でも同じです。研究や技術の進展とともに、新たな重要語が生まれています。例えば「iPS細胞(人工多能性幹細胞)」という言葉が生まれたのは、ほんの10年余り前のことです。

このような科学技術用語を正確、適切に使いこなすために、JSTは1975年以来、シソーラスという辞書を作成し、用語の上位・下位関係や同義関係などを定義しています。現在も各分野の専門家たちが、1つ1つ新語をシソーラスに当てはめています。しかし、膨大な量の論文から新語を拾い出し、当てはめる作業はとても大変です。

これを人工知能を使って自動的に処理する試みを、JST情報企画部情報分析室の川村隆浩主任調査員と関根基樹主査、松邑勝治

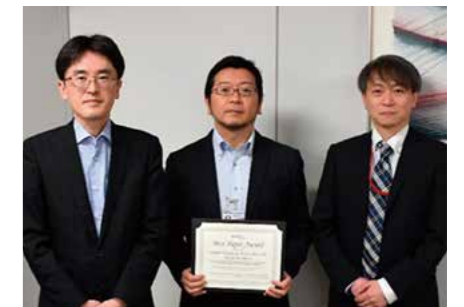
調査役らが開発しました。科学技術論文のテキストの中から重要な新語を抽出し、その新語がシソーラスのどの位置に収納されるかを高い精度で推定する仕組みを論文で提案し、IEEE(米国電気電子学会)主催の国際会議で最優秀論文賞を受賞しました。

新語をどこに収納するか的位置の推定は、既存の登録語との距離を測ることから始めます。既存の登録語と極めて近い関係なら同義語として扱い、そこそ近いなら既存の登録語と関係のある言葉として扱っていきます。

新語がテキスト中に出現するときの特徴を多次元ベクトルに置き換えて既存語と比較する技術や、シソーラスのうち電気系カテゴリに含まれる約3000語を分類する独自のクラスタリング手法を使い、関連の高そうな候補を絞り込んでいきます。従来の手法による推定精度は30~40%程度でした。しかし、新

に開発したクラスタリング手法では、約70%まで精度を高めることができました。

この技術は、今後はJSTシソーラスだけでなく、さまざまな辞書や知識を表現するための概念を体系的に整理したオントロジーの構築、さらには機械翻訳や自動キーワード索引といった分野への応用も期待されています。



左から関根主査、表彰状を持つ川村主任調査員、松邑調査役。

04

イベント

AAAS 2017 ANNUAL MEETING

アメリカ最大の科学フォーラムに参加

アメリカ科学振興協会(AAAS)の183周年年次総会(2月16日~20日、アメリカ・ボストン)で、JSTの活動を紹介するブースを出展し、2つのセッションを実施しました。年次総会は展示エリアとセッション会場で構成され、展示エリアでは大学などによるブースや研究発表のポスターが並び、ポスターは高校からの参



ゴッホの油画の高精細複製画は大人気、会話も弾んだ。

加もありました。家族連れを対象としたファミリー・サイエンス・デーも開催され、子どもから大人までブースでの科学体験やステージでの公開セミナーを楽しんでいました。

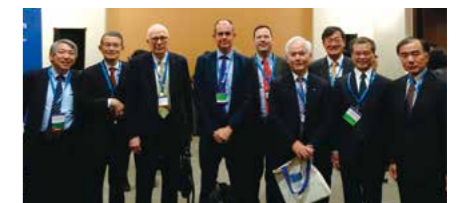
JSTのブースは昨年を上回る約600人が訪れ、展示していた歌麿の浮世絵とゴッホの油画の高精細複製画(東京藝術大学COI拠点)に足をとめる来場者が多く、ボストンの日刊紙「ボストン・グローブ」のTwitterでも、話題の展示として取り上げられました。未来館



国際色豊かな登壇者(世界の科学オープンフォーラムについて考えるセッション)。

の「9次元から来た男」を長時間鑑賞する人の姿も見られ、具体的な展示物からJSTの活動を紹介しました。

JSTが行ったセッションの1つでは、持続可能な開発目標(SDGs)への科学技術イノベーションの貢献に関して、日本やドイツなどの研究支援機関の事例を紹介しました。また、南アフリカ政府の科学技術省(DST)と共催でのセッションでは、世界の科学オープンフォーラム主催者が一堂に会して今後の方向性について議論し、質疑応答では活発な意見交換が行われました。



SDGsセッションの登壇者一同。

さまがける 科学人

vol.60

磐田 朋子

I w a t a T o m o k o

科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター(LCS) 研究員



プロフィール 東京出身。2002年、東京大学工学部地球システム工学科を卒業。07年、同大学院新領域創成科学研究科環境システム専攻で博士(環境学)を取得し、同研究科の助教に。09年に建築研究所に移り、11年から17年3月までLCSの研究員として勤務。4月より芝浦工業大学システム理工学部環境システム学科へ。趣味はテニスと飲み仲間との集い。

人々の声に耳を傾け、近未来の生活像を模索

改善されない“地球の危機”

兄を厳しく育てた両親は、逆に私にはまったく干渉せず育てました。成績表を前に叱られることもなく気楽でしたが、すべてを自力でなんとかしなければならず、処世術を鍛えられました。そんな“教育”の賜物か、どんな環境でも仲間を作るのが得意になり、今ではみんなと手を携えて社会を変えようと東奔西走しています。

子どもの頃は、庭でのんびりと植物や昆虫を観察し、星空を眺めることが好きでした。テレビから流れる「森林伐採や土壌汚染で環境破壊が進んでいる」「石炭や石油のエネルギー資源が枯渇する」との情報に触発され、この問題に取り組もうと心に決めました。高校、大学と進んでも、地球の危機的状況は一向に改善されず、もどかしさは募るばかりでした。



仕事仲間とは家族ぐるみの付き合いで、毎年奄美大島で休暇を楽しみます。

現場から理想論を見直す

「地球環境とエネルギー」という研究室のテーマに惹かれ、東大工学部の地球システム工学科に進み、廃棄物固形化燃料発電を研究しました。この燃料は発電効率を上げる一方で、製造時の乾燥に大きなエネルギーを使うことが課題でした。そこで、湿った生ゴミを除き、発酵させてメタンガスを取り出すことを検討しました。大量の発酵残渣を堆肥に使用すればうまくまわると思いつき、農業の現場を知ろうと夏休みに長野の養豚場と米農家に飛び込みました。

しかし、理想論だけでは社会に技術は浸透しないことを肌身で感じました。現場には問題が山積みだったのです。作業仲間は高齢者ばかり。同じ肥料成分でも、化学肥料なら一粒で足りるところを堆肥だと大量に運搬しなければなりません。残渣の受け皿になれないことは明らかでした。

一般的によく利用される家畜排せつ物由来の堆肥ですら、敬遠する農家もいました。安い輸入肉に対抗し、効率よく豚を育てるために抗生物質を与えます。その糞尿ははたして安全なのかと疑われるのです。供給側と需要側の願いが一致しないとビクともしない現実を目の当たりにしました。

そこで、エネルギーについても需要側の現場を知るため、つくば市の建築研究所に移りました。将来、家庭が必要とするエネルギーの推移を予測する研究を始めたのです。その結果、“想定通りに”最新の省エネ機器が家庭に入れば、エネルギー需要を大幅に削減できる見通しがつきました。しかし、電気代が安くなるとわかっていても、誰だってすぐには家電を買い替えにくいですね。人の心理を考慮した工夫が必要と実感し、現在の研究に応用しています。

エネルギー工学、農業、建築など異なる分野に身を置くうちに、人脈と情報は広がり、机上の空論から脱するための糸口が見えてきました。エネルギーや環境という視点に、需要側の日常生活に密着した視点を加えるのです。例えば、自治体と一緒に取り組もうとしているクール(ウォーム)シェア。涼しい(暖かい)場所に人を集めることで、節電はもちろん、孤独になりがちな高齢者につながりを提供し、地域課題の解決にも役立つのではと期待しています。

これからも、もっともっと多くの人の声に耳を傾け続けたいといけませんね。

※肩書きは取材当時のもの

(JST広報課・松山桃世)

低炭素社会の実現に向けた民生家庭部門の省エネルギー促進

生活の質を落とさずに、家庭の低炭素化を実現する方策を研究しています。太陽光発電などの新たな設備機器の導入に加えて、社会心理学の手法に基づく節電アドバイスなども有効です。人々の行動を変える方法を検討し、その省エネ効果も評価しています。

リサイクル適性(A)
この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。

R280
古紙/パルプ配合率80%再生紙を使用

JSTnews

April 2017

発行日/平成29年4月3日
編集発行/国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)総務部広報課
〒102-8666東京都千代田区四番町5-3サイエンスプラザ
電話/03-5214-8404 FAX/03-5214-8432
E-mail/jstnews@jst.go.jp ホームページ/http://www.jst.go.jp
JSTnews/http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/



最新号・バックナンバー