

07

No.13

技術を社会へつなげるコミュニケーション・マガジン



科学技術で持続可能な社会を実現する

産総研の総合力で、国連SDGsに貢献



2015年9月、150以上の国連加盟国首脳参加のもと「国連持続可能な開発サミット」において、

「我々の世界を変革する:持続可能な開発のための2030アジェンダ」が全会一致で採択された。

この文書には、地球環境や人間社会を持続し、

発展させるための行動指針である17の「持続可能な開発目標(SDGs)」が掲げられており、

この実現にあたっては、科学技術の正しい社会実装が不可欠だと考えられている。

公的機関である産総研は、目標達成のためにどのような役割を果たすべきなのか。

国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)で日本におけるSDGs活動の推進役を務める大竹暁氏に、

SDGsにおける科学技術の役割や産総研への期待を聞いた。























国連SDGsロゴ

SDGs - Sustainable Development Goals

2015年の9月に採択された「我々の世界を変革す る:持続可能な開発のための2030アジェンダ」では、 ミレニアム開発目標(MDGs)の後継として、2030 年までに達成すべき17の目標と169のターゲットから なる「持続可能な開発のための目標(SDGs)」が掲 げられた。





● 働きがいも 経済成長も











――ずっと、科学と社会をどう結ぶかという問題意識を抱いてこら れたのですね。

大竹 科学と社会をつなぐことは、世界共通の課題です。2009 年には、各国の環境変動研究の研究支援機関などによる環境関 連の研究推進事業「ベルモント・フォーラム」が発足しました。国際 科学会議(ICSU)や国際社会科学評議会(ISSC)も、地球規模の問 題に科学がどう応えていくかという共通の課題を抱えています。

また、少し古い話ですが、1999年のブダペスト会議*でも、産 総研初代理事長である吉川弘之さんの主導のもと、科学者たちが これからの科学の在り方を議論し、「ブダペスト宣言」にまとめて います。それまでの科学は新しい知識を生み出す「知識のための 科学」が中心でしたが、この時、そこに「平和のための科学」「開発 のための科学」「社会のための科学」という視点が加わりました。 SDGsは、科学的にはこのような流れの中で生まれてきたのです。 SDGsではさらに先進国・途上国を問わずすべての国を対象とし、 持続可能な開発の3側面(経済成長、社会的包摂、環境保護)に ついて幅広い範囲の目標を掲げています。

科学と社会をどう結び付けるか

----まずは、ご自身とSDGsのかかわりからお聞かせください。

大竹 私はもともと理学部で、素粒子や原子核などの基礎科学を 学んでいましたが、日本社会に基礎科学が根を下ろしていないこ とに危機感を抱き、科学技術を社会に根付かせたいと思うように なりました。そこで、科学技術庁(現・文部科学省)に入り、以来30 年、科学技術政策に携わってきました。JSTには2013年に理事と して着任し、SDGsに関しては、2016年から経済社会総合研究所 とJSTで日本側対応の担当をしています。

SDGsには世界の縮図がある 問題解決には総合的な科学技術が必要

---SDGsの中で、科学技術はどのように位置づけられていま すか。

大竹 SDGsでは17の目標に続けて、それを実現するためのメ カニズムについて示していますが、なかでも科学技術に多くのス ペースを割いています。SDGsの実現にあたっては、やはり科学技 術イノベーションが重要なのです。

-SDGsの特徴を教えてください。

大竹 SDGsは開発途上国だけではなく、全世界の問題、日本が

Satoru Ohtake SPECIAL INTERVIEW

抱える問題もカバーしています。世界各国は産業・企業という視点 からは競争関係にありますが、共通の問題に対しては協力して解 決に向かっていくという概念が大切になります。

17の目標はそれぞれ独立したものではなく、相関し合っています。そして、どのテーマについても、科学の役割について言及しています。例えば貧困といった一見科学と無関係に見える問題であっても、社会経済の問題だけではなく、気候変動のような科学的原因により引き起こされる場合もあり、問題を特定の分野だけに起因すると考えることは難しいのです。

誰もが、科学技術に基づくイノベーションが大きな開発ツールになると思っています。ここで科学というときには、自然科学だけではなく、社会科学や人文科学も含まれています。社会の構造を考えていくときには、当然、社会・人文科学などの知恵も必要になってきますからね。

研究者は、SDGsに向けて新しい研究をしなくてはいけないというわけではありません。研究室では常にさまざまな研究が行われていますが、それをどう社会に実装していくかに考えをめぐらせることが重要なのです。それから、個別の問題をどのようにリンクさせて総合的に解決していくかを考えていく必要があります。

産総研に期待されること

――産総研がSDGsに貢献できることも多そうです。産総研の研究に対して期待されることは。

大竹 まず、基礎科学がきちんとできていること。継続的にさまざまな課題解決に取り組んでいくには、一過性の技術ではなく、基礎科学にじっくり取り組むことが重要です。

その一方で、社会ニーズに科学がどう応えるかというマインドも 忘れてはいけません。それには想像力が必要です。例えば、高変 換効率の太陽電池ができても、メンテナンスフリーで、数十年の耐 久性がなければ、社会に受け入れられるのは難しいでしょう。イノ ベーションにはシーズだけではなくニーズも重要であり、研究者 は社会や経済の在り方にも目を向ける必要があるのです。

――個別の技術をイノベーションにつなげるには何が重要だと考えますか。

大竹 まず、俯瞰的な視点をもつことです。例えば、自然エネル

ギーを安定供給させるために必要な水素キャリア製造技術(p.6-10)について、視野を広げてエネルギーキャリアとして考えてみてください。太陽光発電より変換効率がよいのは太陽熱発電で、太陽熱発電の適地は砂漠ですよね。砂漠といえば石油産出地で、世界各国に輸出しています。もし、太陽熱のエネルギーをキャリアとして液化することができれば、現在ある石油インフラを転用できますし、環境問題にも寄与できます。湾岸諸国も私たちもハッピーになれるでしょう。

また、マラリア感染症診断技術(p.11-15)は、主要なマラリア感染地は開発途上国なので、コストや診断後の対応も含め、開発途上国にも利益になるように、トータルでビジネスモデルを構築していくことが重要になるでしょう。この「トータルで」というのは日本の産業界全体に必要な視点です。個別の技術を組み合わせてモノをつくっていくべきなのです。

知識を社会に役立てるには想像力が必要です。一人の想像力で足りなければ、人を集め、たくさんの想像力を集結すればよいのです。また、世界への扉を広げて技術を社会に実装できる環境をつくっておくことも重要です。総合力がある産総研ならそれができるはずです。個別の技術を組み合わせてより大きなシステムをつくり、橋渡しを実現していただきたいと思います。

――社会実装には産業界との連携が不可欠ですね。

大竹 企業の長期的な発展のカギとなる概念は、CSR(企業の社会的責任)にかわりCSV(共通価値の創造)が主流になりつつあります。企業には社会にも益になる価値を生み出すことが求められるようになり、現在、企業の意識は急速にこの方向に変わっています。CSVの価値観はSDGsと非常に近いものです。総合力があり、技術の橋渡しをミッションとする産総研は、こういった企業と連携していくには絶好の位置にあるといえるでしょう。

私のいるJSTも、産総研の研究開発に数多くの支援をしています。支援する研究開発に注文は出しますが、大きな方向性は一致しているはずです。これからも協力して、持続可能な社会をつくっていくための技術開発を進めていきたいと考えています。

*-ブダペスト会議

1999年7月にハンガリーの首都ブダベストで国際連合教育科学文化機関(UNESCO)と国際科学会議(ICSU)の共催で開催された世界科学会議。科学技術、科学のあり方を科学者の側から見直すという世界的な転機となった。



KEY POINT >> SDGs17の目標達成に向けて、産総研の総合力と科学技術力に期待。

次のページは、産総研で行われている研究のうち、国連SDGsに関連するような技術開発の例です。 このほか、本文中でも出てきた水素キャリア製造技術とマラリア感染症診断技術については、この後の記事(p.06-15)を是非お読みください。





COLUMN

安全な水と戦略メタルの確保 - 資源循環型社会に向けての取り組み-

安心して飲める水を確保する! 産総研「水プロジェクト」

水不足は、世界が直面する最大の問題の一つである。農業や工業で 使われる水に加え、安心して飲める水の確保は喫緊の課題である。現在、 アフリカ、東南アジアを中心に約10億人が健康に害のない、安全な水を 飲むことができないといわれている。

安全な水をどう確保するか、この世界的な課題に貢献するため産総研 では、2012年から環境管理研究部門が中心となり、産総研のすべての 研究領域から30名以上の研究者が集結し、アジア戦略「水プロジェクト」 を推進している。このプロジェクトは東南アジアでの水の有効利用と安全 確保を目的とし、水質評価、水質計測、水処理、情報ネットワーク技術を 融合した水再生利用技術に関する研究開発を行い、東南アジア地域へ の技術協力と技術展開、研究人材育成を進めている。

具体的には、水質評価では、TOC*1や重金属、環境ホルモンとその生 物影響、微生物などを対象として、「ポータブル」、「リアルタイム」、「メンテ ナンスフリー | をキーワードとする分析・解析技術の開発を行っている。水 処理では、膜分離活性汚泥法*2、特に有用微生物群集の変遷や膜閉塞 のメカニズム解析、並びに触媒や吸着剤を用いた浄化技術などの基盤 的研究を行っている。このプロジェクトの特徴はさまざまな分野の研究者 が集結し、それぞれが異なった視点と知見をもって、安全で効率的な水資 源の管理技術を開発しようと切磋琢磨できることだ。

このプロジェクトでは海外で研究成果の利活用を進めるため、ベトナム、 タイ、中国など海外の国立研究所、大学と人的交流および共同研究を実

そして、これら海外の研究機関との協力をはじめ、国内外の大学、企 業、自治体とのネットワークを強化することで、研究成果の国際標準化な らびに処理設備の管理・運転も含めたビジネスモデルを構築し、まずは東 南アジアでの水問題の解決に貢献し、この市場で活躍する企業を支援 することを目指している。

*1-水質指標の一つで、水中の酸化され得る有機物の全量を炭素の量で示したもの。 *2- 下水や工場排水をろ過膜を使って浄化する方法。



▲タイ川問部での光触 媒を用いた水質浄化装 置の実証試験風景

戦略メタルは日本中の家庭に眠っている! 戦略的都市鉱山研究拠点 (SURE) の活動

天然資源に恵まれない日本は、ものづくり産業に欠かせない戦略的な 金属資源を海外から大量に輸入している。そうした金属は、使用済みの 携帯電話などの電子機器や家電製品にも多く含まれている。これら廃製 品に含まれる有用な資源を鉱山に見立てて「都市鉱山」と呼ぶが、金属 を高純度で回収することは難しく、多くは廃棄されるがままになっている。も し、これらの金属を再利用することができれば、新たな資源を国外から輸 入する際に、価格の高騰や輸出規制により安定供給が危ぶまれるリスク を低減できるだけでなく、有限な地下資源を節約することにもつながる。

そうした中、環境管理研究部門では、国の定めたリサイクル優先5鉱 種*3の一つであるタンタルを廃プリント基板から選別して回収する技術な ど、世界に先駆けて開発をしてきた。リサイクル優先5鉱種は、現状リサイ クルが行われている鉄、アルミなどに比べ製品内の含有率が低く、回収 が極めて困難である。この回収を実現するには、製造段階から日本のリサ イクルインフラに適合した製品設計や高含有製品の自動選別技術の確 立などの技術革新が重要となる。

これらの技術開発を総合的に行い、都市鉱山システムの効率的な構 築のため、7研究ユニット・34名の研究者によって構成された戦略的都 市鉱山研究拠点(SURE)を立ち上げ、さらに約90の企業や公的機関か らなるSUREコンソーシアムを設立した。2017年からは、国立研究所・ 大学・企業など13機関で実施するNEDOの大型プロジェクト「高効率な 資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業 | が 始動、プロジェクトリーダーを輩出するなど中核的な役目を担っている。同



▲SUBEの分離技術実証ラボ内部

年8月には、現行の分離技術 実証ラボに加え、産総研・つく ばセンターに集中研究所を整 備し、官民連携による加速的 な研究開発が始まる。

この事業により、官民連携 で、天然資源から金属を生産 するコストと競合可能な基盤 技術を開発し、金属資源の循 環活用ができる都市鉱山構築 を目指す。

*3-日本ではタングステン、コバルト、タン タル、ネオジム、ジスプロシウムの5 鉱種に関して、リサイクルを優先的 に行うべきとしている。



水素を大量貯蔵し、 再生可能エネルギーを使いやすく!

福島県の再生可能エネルギー率100%計画を支援

福島再生可能エネルギー研究所



- FREAのミッション

再生可能エネルギーは、我が国にとって貴重な国産エネルギー源であるとともに、世界的な地球温暖化 防止と持続可能性実現にも不可欠なため、早期の大量導入が期待されている。一方、その導入には、出 力の時間的な変動、高いコスト、地域的な偏り、などの解決すべき課題がある。

福島再生可能エネルギー研究所では、これらの課題を解決して大量導入を加速するための研究課題に 取り組んでいる。

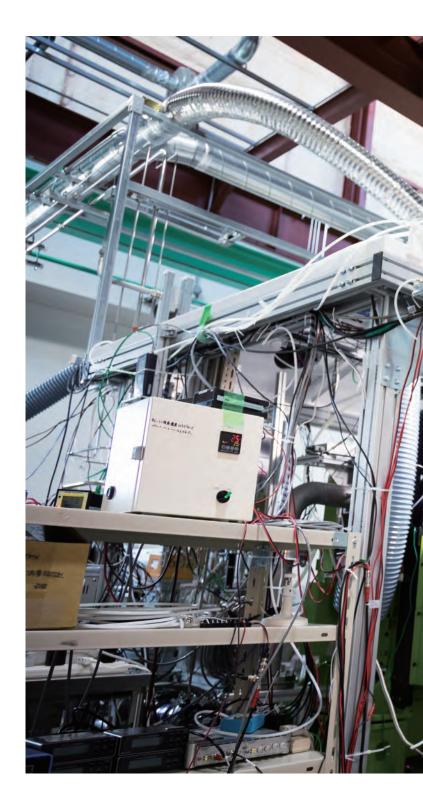
水素キャリア技術は 再生可能エネルギー普及の切り札

再生可能エネルギーの活用は、地球温暖化対策にも、資源の 少ない日本のエネルギー供給にも貢献する。しかし、太陽光発電 も風力発電も日照時間や風力などの気象条件で発電量が大きく 変動してしまうことが一因となって、普及はあまり進んでいない。 発電量の変動幅が大きく、供給が不安定な電力に依存するのは、 工場などの事業所だけでなく、一般家庭でもリスクが高い。

そのような中、東日本大震災で原子力発電所被災を経験した 福島県は、再生可能エネルギーの導入拡大に大きく舵を切った。 2040年頃には、県内エネルギー需要の100%相当量を再生可 能エネルギーでまかなうという目標を掲げたのだ。

2014年4月、産総研は、震災からの復興に対する貢献と東北か らの再生可能エネルギー関連の新技術創出を目指して、福島県 郡山市に再生可能エネルギーの最先端研究拠点、福島再生可能 エネルギー研究所(FREA)を開設した。産総研は、このFREAでの 活動を通して、福島県が進める再生可能エネルギー普及計画に 貢献しようとしている。

「再生可能エネルギーは非常に不安定なエネルギーです。時 間ごと、季節ごとに、発電量が大きく変動するため、電力不足が生



太陽光や風力などの再生可能エネルギーは、地球温暖化対策など環境問題解決の有効な方策であるとともに、

天然資源の乏しい日本にとっては貴重なエネルギー資源だ。

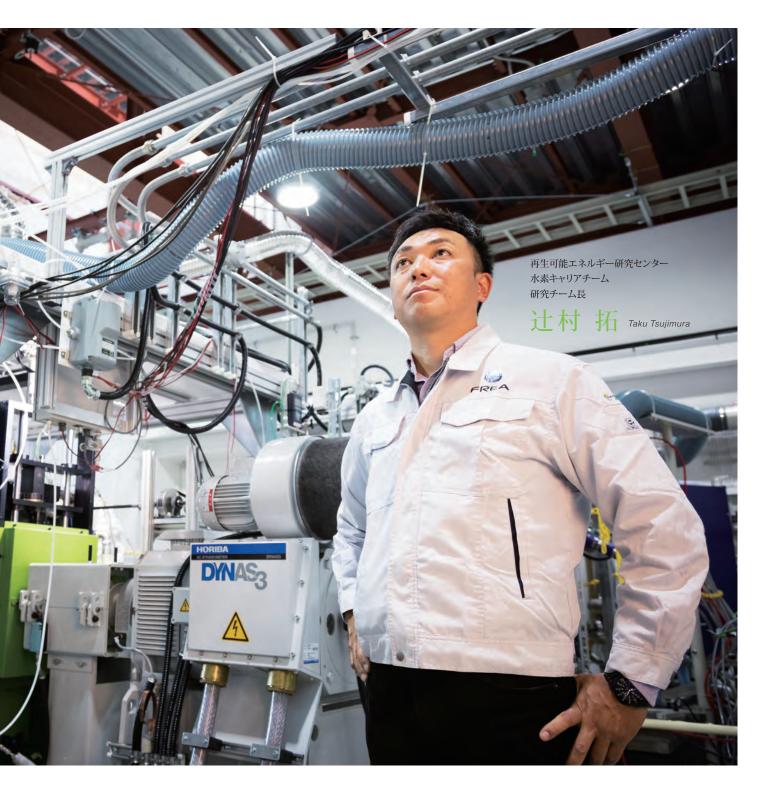
しかし、それらの発電量は気象条件に左右され、安定供給が難しい。

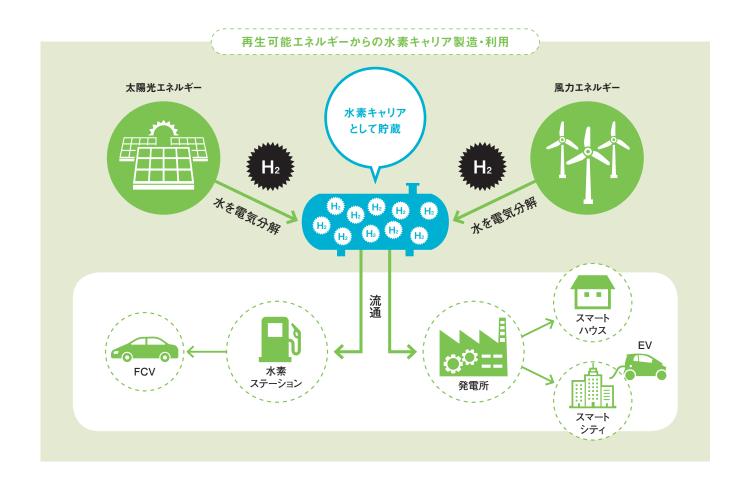
そこで、太陽光や風力から発電した電力を低コストで大量貯蔵することで、電力の安定供給を可能とし、

再生可能エネルギーの活用を一段と進めようという挑戦が始まっている。

それが、電力の大量貯蔵を実現する水素キャリア製造技術や、貯めたエネルギーを安全に使うための燃焼利用技術など、

再生可能エネルギーの貯蔵と活用のためのトータルなシステムの開発だ。





じやすく、また、せっかく気象条件に恵まれて発電できても電気が 余ってしまう状況が生まれることもある。それが大きな課題です」 FREAで水素キャリア技術の開発チームを率いる辻村拓は言う。

電力系統は想定する最大・最小発電能力に基づき設計される。 したがって発電量の変動幅がある程度の範囲内に収まっていな ければ、電力系統は電力を安定に調整できない。例えば風力に



よる大量の発電が期待で きる強風の日でも、系統 の能力を超えるのであれ ば、あえて風車を止めて 発電量を調整しなければ ならない。

この非能率な状況を改 善するには、二つの方法 が考えられる。まず、大型 の蓄電池を開発して、発 電した電気を大量に蓄え る方法である。蓄電池の技術は確実に進化しているが、大型化さ せたり数を増やしたりすると、その分コストがかさむという課題が 残る。

もう一つの方法は、FREAで取り組んでいる、発電した電気に よって水を分解し、生成した水素を水素キャリアとして安定化し てタンクに貯蔵する方法だ。

「大量に液体を貯蔵するには大きなタンクが必要ですが、この タンク貯蔵は蓄電池のようにサイズとコストが比例せず、むしろ 大きくなるほどコストは下がります。そのため、事業的にも受け入 れられやすい方法ではないかと考えました」

有望なキャリアは アンモニアと有機ハイドライド

水素という燃焼性の高い物質を、いかに安全に貯蔵できるか という点も重要だ。FREAでは、水素を燃焼性が低く安全性の高い 「水素キャリア」に変えて貯蔵する技術の開発を進めている。

「水素キャリア」とは、水素を別の物質と化学反応させ安全性と 利便性を高めたもので、さまざまな種類があるが、FREAでは近 い将来有望だと考えられる2つのキャリアを代表として使用して いる。

一つは、有機物と水素を結合させる有機ハイドライド。もう一つ は、水素を大気中の窒素と結合させてつくるアンモニアだ。アン モニアは常温常圧では気体であるが、少し加圧すると液体にな る。しかし、この二つの方法にもそれぞれ異なる課題がある。

有機ハイドライドの場合は液体としての安定性は高いが、それ ゆえ水素を取り出すときに大きなエネルギーを加えなくてはなら ない。「カーボンフリーのエネルギーなのに、脱水素の段階でCO2 を大量に出すことになっては意味がありません。そこでディーゼ ルエンジンなどの熱機関と組み合わせ、未利用だった排熱の活 用を試みています。ただし、熱機関と組み合わせる場合には、特 に水素を安全に燃焼させる技術が重要になります」

一方、アンモニアの課題は燃えにくさにある。アンモニアの燃 焼性はガソリンの1/6ほどしかなく、それを効率よく燃焼させる技 術が求められる。現在は天然ガスなどを混合し燃焼させている が、これまで蓄積されてきた燃焼技術や設計技術をうまく生かす ことで、将来的にはアンモニア100%でも効率的に燃やせる見通 しが立っているそうだ。

「アンモニアは液化すると非常にコンパクトになり、1kgあた りの水素含有量は他の物質に抜きんでています。有機物を使わ ないのでカーボンフリーですし、アンモニア自体の用途も多いの で、水素を分離して燃料とせずとも、そのままアンモニアとして使 える点もメリットです」と辻村は説明する。

最大級の実証設備で 一日も早い実用化を目指す

水素キャリアを燃料として用いるときは、そこから水素を取り出 して燃焼させる。FREAでは、製造や貯蔵の技術に加え、安全に効 率よく水素を取り出し、安心して使えるようにする技術の開発にも 取り組んでいる。利用までを視野に入れている理由は、少しでも 早い社会実装を目指しているからにほかならない。

FREAの水素キャリア研究の最大の特徴は、個別の要素技術の 研究だけでなく、トータルな研究開発を重視している点にある。 早期の社会実装が目的だからこそ、数十MWhもの電力貯蔵が可 能な世界最大規模の実証設備を用意し、水素キャリアの製造か ら利用(燃焼)までを一貫したシステムとして構築しているのだ。



「大きなスケールになることで新たな課題も見えてきます。課題 は実験過程にあるのか、デモ装置にあるのかを把握するために、 試験管に戻して検証し直しながら、実証実験と基礎研究の両輪 で動かしています」

また、そこで課題が解決できても、FREAの一事例のデータだけ では一般化することはできない。そのため、さまざまな事例を再 現できる大型システムのシミュレーターを開発している。実際に 変動する電力量を入力値として、変動する水素の製造量を予測 できる精緻なシミュレーターは、世界でもほとんど例を見ない。小 さなスケールだけに留まっていては実用化につながらず、大きな 施設の個別の解でも一般化できないという状況からFREAは一歩 を踏み出し、着実に実用化を進めているのだ。

「問題はシステムなのか、サイズなのか、エネルギー変換なの か、それとも電極や触媒なのか。ユーザー側の要望はどうか。多 様な問いが常に生じることで、開発チームのモチベーションは上 がり、研究内容にバラエティも生まれています」と辻村は言う。

実証実験により、技術的な課題も明確になる。例えば、大きな 電気分解装置に変動する大電流をかけると、電力量に追従して 水素も変動して発生する。

「システムには配管やストレージも備わっているため、電力と水 素の製造量はそれほど連動しないと考えていたのですが、予想 外の結果になりました。こうなると水素キャリアに変換する段階 で、大きく変動する水素の量に対応する触媒技術などが必要に なる。実証実験により実用化へのハードルはかなり高いことがわ かりました」

触媒は化学プラントなどでも一般的に使われているが、プラン トの場合は入力値に変動がないように精密に制御されている。し かし、このように発生する水素の量が大きく変動するのであれば、

NEW TECHNOLOGY 水素キャリアと再生可能エネルギ・

それを緩和する触媒か、変動幅を受け止められる触媒をつくらな くてはならない。現在は新材料の開発も視野に入れ、変動に対応 できる触媒の開発を進めている。

上流から下流、 小規模から大規模まで関連技術を網羅

水素キャリアチームは技術開発の上流から下流までを網羅し、 小規模から大規模なスケールまでを扱うことで水素キャリアに関 連するさまざまな課題を総ざらいしている。

「高い目標を掲げた福島県の思いに、私たちはできるだけ応え ていきたい。私たちの技術を地元の企業に使いこなしていただく ことで、2040年に再生可能エネルギー率100%にするという世 界一の目標を達成していただきたいと考えています」

福島県でこの研究を行っている意味を、辻村をはじめ、開発 チームのメンバーは強く自覚している。

水素キャリアは多くの企業にとって、実用化までに時間がかか る、ハードルの高い技術に見えるかもしれない。

「水素キャリアの技術はこれまでの技術の蓄積の上に成り立っ ています。熱利用や配管、材料などの技術には従来のものを応用 できる部分も数多くあり、現在も福島県や隣県の多くの企業と共 同研究を行っています。ぜひ一度FREAに実物を見に来てくださ い。水素キャリアを実用化し福島県や東北地方で活用するため に、ともに協力していきましょう」と辻村は結んだ。



福島県の再生可能エネルギー利用率100%を達成すべく、海外からも多数の研究員が参加している。

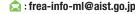


KEY POINT >>>



- 1 変動幅の大きい再生可能エネルギーを安定供給できる技術を開発。
- 2 貯蔵と利用の両輪の技術開発で早期の社会実装へ。
- 3 福島県の目標、2040年までに再生可能エネルギー率100%を支援。

お気軽に お問い合わせ 産総研 福島再生可能エネルギー研究所 再生可能エネルギー研究センター 〒963-0298 福島県郡山市待池台2-2-9



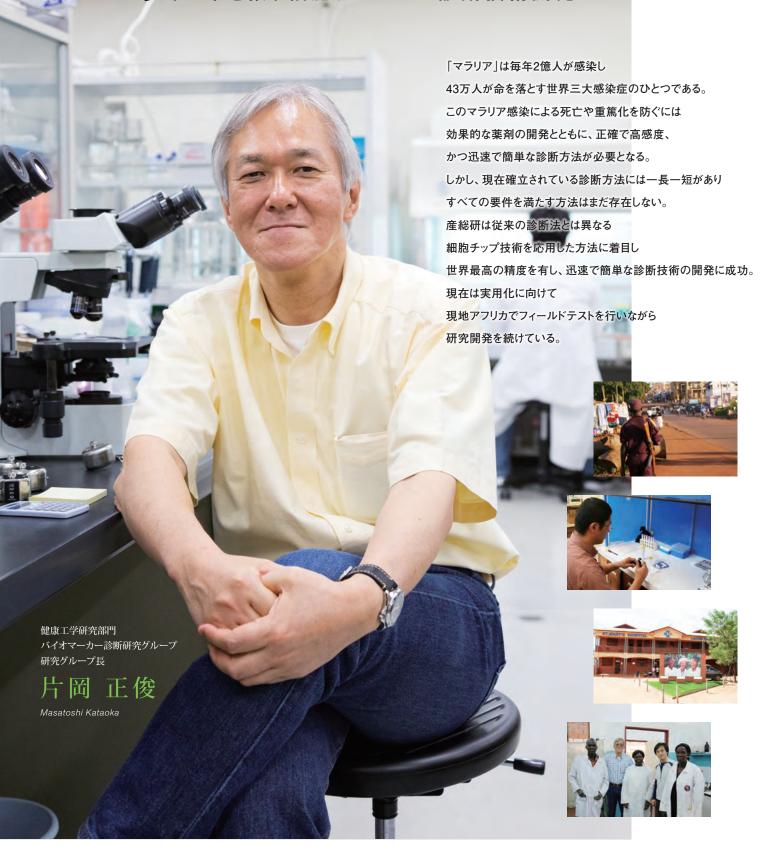
3 : 024-963-1805 2 : frea-info-ml@aist.go.jp <math>= 1 : http://www.aist.go.jp/fukushima/



TECHNOLOGY

マラリアの正確な早期発見を実現!

多くの命を救う細胞チップでの診断技術開発



精度も使いやすさも備えた マラリア診断法の開発を目指して

片岡正俊は元々歯学分野の研究者だったが、バイオマーカー による疾病診断研究に出会い、その面白さに惹かれて臨床検査 医学・診断デバイス開発の分野に転身、産総研には2006年に入 所した。ほどなく同じ研究グループに、マラリア原虫を用いて小胞 輸送研究をしていた八代聖基、微細加工技術を専門とする山村 昌平が加わった。

「集まった研究者の多様なバックグラウンドを生かして何かで きそうだ」――片岡は、このチームで、いまだに多くの人を死に 至らしめるマラリア感染症の診断法の開発に取り組むことを決意 した。当時、マラリア感染症の診断法には主に3つの方法があっ たが、いずれも一長一短があり、課題も大きかった。

WHO(世界保健機関)が基準とする診断法は、患者の血液の 赤血球を染色して光学顕微鏡で観察するという方法だ。しかしこ の方法は、観察者の熟練度に左右されるうえに、数万個の赤血球 を観察するので時間もかかる。しかも、感染初期での見極めが難 しく、感染の見落としや治療の遅れにつながりやすいという問題 があった。

2つめのRDT法(迅速診断法)はマラリア原虫に特異的なタン パク質を見つける方法だ。操作は簡単で、結果が出るまで約20分 と迅速でもあるが、問題は偽陽性*が出やすく誤診の恐れがある ことだった。また、判断できるのは感染の有無だけで、感染率はわ からない点も欠点といえた。

「偽陽性が出ると、薬の不要な人にも薬を投与することになり、 薬剤耐性マラリアの蔓延につながります。かつて有効だった抗マ ラリア薬の効果が薄くなっているという現状もあり、それは避けな くてはなりません」と片岡は言う。

3つめのPCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)は、高価な専用装 置や試薬が必要なうえに、操作が複雑で、検出までに数時間を要 するという難点があった。つまり、精度も使いやすさも兼ね備えた マラリア診断法はこれまで存在しなかったのだ。そこで片岡らは、 感染初期から正確に診断でき、かつ、誰でもどこでも簡単に操作

できる診断法の開発を目標に据えた。

マラリア原虫感染赤血球の数を 簡単かつ正確に数える方法は?

片岡は感染の有無に加えて、感染率の測定も必須だと考えた。 感染の進行度を知ることができれば、効果的な治療が可能にな るだけでなく、薬剤耐性原虫の出現リスクを抑えることにもつな がるからだ。

感染率を知るには原虫に感染した細胞の数を数えればよいの だが、既存の診断法では、膨大な赤血球を計測しなければ正確 な感染細胞数を把握できず、迅速な診断が困難だった。しかも、 装置も高額になってしまい、実用的とはいえなかった。

片岡たちがこの難点を克服するために考えた方法が、多くの赤 血球を細胞チップトに単層に並べ、原虫に感染した赤血球だけ を検出し、感染率を算出することだった。

「正常な赤血球には核がなく、マラリア原虫が感染した赤血球 には原虫の核が存在します。つまり、赤血球に寄生したマラリア 原虫の細胞核のDNAを蛍光染色すれば、蛍光に発色している赤 血球を数えることで原虫の数を測定できるのです。これに気づい たことが成功への第一歩となりました」

しかし、細胞チップ上の血液の赤血球が何重にも重なっている と、染色しても細胞数を正確に数えるのは難しい。高精度な測定 のためには、測定対象の細胞数を一定数確保しつつ、それらを単 層に並べ測定をしやすくする必要があった。チームが考えた方法 は、細胞チップ上に赤血球細胞を単層で多数並べることのできる マイクロチャンバー(細胞を格納する微細な部屋)を作成するこ とだった。これができたら画期的な診断法が開発できる、チーム 全員が意気込んだ。

細胞チップで270万個の赤血球を 一度に解析

細胞を一定数ずつ正確に配列するマイクロチャンバーという

マラリア診断法の比較

	光学顕微鏡法	RDT法	PCR 法	細胞チップ
検出感度	0.01 %	0.01 %	0.0005 %	0.00005 %
検出時間	60 分	20分	6時間	15分
操作の難易度	非常に難しい	易しい	難しい	易しい

明確な開発目標に向け、チームは議論を重ねた。マイクロチャン バーの直径と深さをコントロールすれば、細胞を一定数で並べら れるのではないか。感染率を求めるうえで、1つのチャンバーに は100個程度の赤血球が入ることが好ましかった。そこで1個の 原虫を確認できれば、感染率は1%となる、そこからマイクロチャ ンバーの直径を決め、目標とする検出感度と作りやすさなどから チャンバーの数を2万944個と決定した。

次の課題は赤血球を単層で並べることだった。実験の過程の 中で、チャンバー内に堆積した赤血球を緩やかに生理食塩水な どで流すと、チャンバー底面に一層だけ赤血球が残ることがわ かった。しかも1つのチャンバー内に残る赤血球の数は130±6 個と、ほぼ一定である。こうして約270万個の赤血球を一度に解 析できる細胞チップの大枠ができあがった。

チームが次に取り組んだのは、マラリア原虫の検出法だ。シン プルな操作で検出・解析できるデバイスの開発は、パナソニック 株式会社との共同研究により進められた。

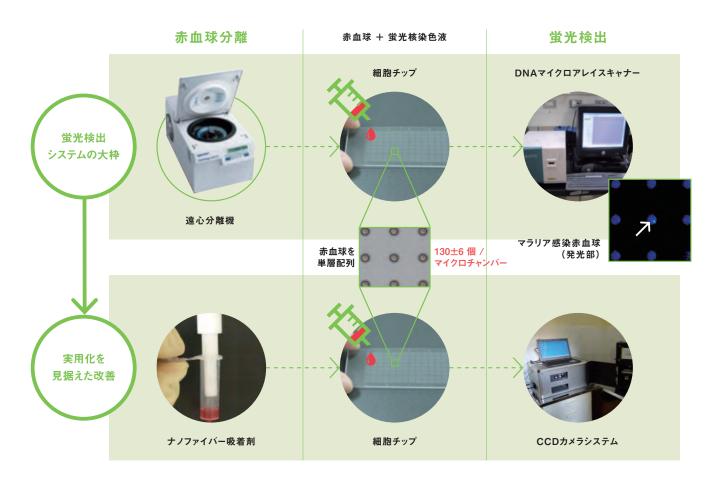
「マラリア原虫だけでなく、血液中の白血球も核を持っていま す。蛍光染色によって原虫を数えるには、白血球を血液から除去 しなくてはなりません。通常は遠心分離機を用いて除去します が、停電が多い地域では電気が使えないため、ナノファイバーを 吸着剤として用いることにしました。また、蛍光の検出法も低コス トの方法を探し、CCDカメラシステムを採用しました。いずれもパ ナソニックの技術を応用したものです」

研究開始から2年後には、200万個の赤血球中に1個のマラリ ア原虫が感染した赤血球の検出が可能となり、既存の診断法に 比べて桁違いの超高感度検出が可能な世界トップレベルのマラ リア診断法ができあがった。この検出感度であれば、発症前に感 染を見つけることができる。さらに、既存法の中でも最速だった RDT法を上まわる15分という短時間で検出が可能となった。こう して高感度で迅速にマラリアを診断できる技術は完成した。

「しかし、大変だったのはこの後です」と片岡は苦笑する。

*-偽陽性

マラリア原虫に感染していないが、陽性反応とでること。偽陽性患者に抗マラリア薬を投与すること で、不必要な薬剤を環境中に広め薬剤耐性マラリアの発生・蔓延の可能性を高める。





▲ ウガンダの子供たちと試作機を手にする産総研 橋本研究員。

実験装置は完成し、 過酷なフィールドテストに挑む

この結果を論文にして発表すると、外部の専門家から「マラリ ア流行地でのフィールドテストが必要だ」とコメントがついた。研 究室で高精度の検出ができても、過酷な環境のマラリア流行地 で同じような数値が出るとは限らない、現地で使えなくては意味 がないということだった。

片岡らは現地での協力機関を探して奔走した。大阪大学微生 物病研究所堀井俊宏教授の協力により、アフリカ・ウガンダ第二 の都市グルの中核病院が研究拠点として利用できることになっ た。だが実験室で完成した診断装置を持ち込んだグルの環境は、 日本では想像もつかないものだった。

「ウガンダの首都カンパラから病院までは、車で7時間の悪路 で、精密機器の運搬には過酷な環境でした。中身に振動が伝わり にくい弾薬運搬ケースを用いてさえ、病院に着いたときには装置 は壊れていました。病院では停電は当たり前ですし、窓を閉めて

いても室内は砂埃だらけになる。解析に使用するために街で買っ てきたミネラルウォーターも使えるものではありませんでした」 こうした厳しい環境に加え、アフリカの多くの村には医師や看護 師がいない。

「日本で言うところの"ヘルスワーカー"が地域の人々の健康を 管理していますが、複雑な医療機器の操作は難しく、誰でも何処 ででもボタンひとつで解析のための操作ができるようなところま で、機器を簡便にする必要がありました」

パナソニックの研究者と新たに研究グループに配属された橋 本宗明も加わった開発チームはこの多難な状況に戸惑ったが、 誰も諦めるつもりはなかった。患者サンプルの解析のために、 チームは年に何度もアフリカに赴き、現地での調査結果を日本 に持ち帰って改良を加えた。完成すれば間違いなく多くの人の 役に立つこの技術を、なんとかしてウガンダで確立して世界に 広げたいというチーム全員の志と情熱は消えなかった。

「マラリアの犠牲者の多くがアフリカの子どもたちです。貧困と 感染症は連鎖しており、それが地域社会を苦しめる一因となって

います。私たちの技術でマラリア感染による死亡や重症化を抑え 込むことができたら、その連鎖を断ち切ることができるかもしれま せん。私たちの技術はアフリカの社会、そしてマラリアに苦しむ他 の地域にも貢献できるのです」

現在、片岡らはマラリア解析デバイスの3年以内の実用化・普 及を目指し、防塵対策の強化やゴミを誤検出しない解析法の開 発など、現地での使いやすさを向上させる改良を進めるととも に、WHOの推奨を得るための努力を続けている。

血中循環がん転移・再発の 早期発見にも期待

さらにこの技術は、がんの原発巣から血管の中へ侵入して遠隔 臓器へ転移する血中循環がん細胞を正確に見つけることが可能 で、その臨床応用が期待されている。がんの転移を起こす血中循 環がん細胞を正確に検出できれば、将来のがん転移の予想が可 能となり初期段階で的確な抗がん剤投与などの治療を始めるこ とができる。

さらに、がん組織の中で極わずかに存在し増殖や転移を司る がん幹細胞が注目されている。現状では、抗がん剤など治療の効 果はがん組織の大きさの変化で評価されることが多いが、一時 的に組織が縮小しても再度大きくなることや、遠隔臓器に転移す ることも多い。がんの本態とも言えるがん幹細胞の検出と薬剤耐 性などの性状を調べることで、個々のがんに最も適した治療法選 択に結びつくことが期待される。

「これまでの技術では大きな固形がんからわずかに存在する 幹細胞を見つけるのはほぼ不可能でしたが、循環がん細胞の中 にはがん幹細胞が存在するはずです。循環がん細胞の集団の中 からさらに幹細胞の検出と解析を行うことで、個々のがんに合わ せた最も効果的ながん治療の選択につながると思います」

マラリアの早期発見と適切な治療だけではなく、血中循環がん 細胞の正確な定量検出にも応用できるこの技術は、今後、マラリ ア感染症とがんの領域で広く医療に貢献できる可能性を秘めて いる。







KEY POINT >>>

- 2 誰でもどこでも簡単に操作できる診断装置を開発。

1 従来の診断法と比べて、検出感度が桁違いの超高感度に。

3 アフリカの過酷な環境の中でフィールドテストを重ね実用化へ。

お気軽に お問い合わせ 産総研 健康工学研究部門

〒761-0395 香川県高松市林町2217-14

🖵 : https://unit.aist.go.jp/hri/





- ― サイエンスと技術をLINKする産総研
- 科学技術とビジネスをLINKする産総研
- 人々と科学技術をLINKする産総研

LINKの先にあるのは「技術を社会へ」 そんな思いをのせた コミュニケーション・マガジン「産総研LINK」を お届けします



....

産総研LINK No.13 平成29年7月発行

編集・発行 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 問い合わせ 企画本部 広報サービス室 出版グループ

〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1

TEL : 029-862-6217 FAX : 029-862-6212 E-mail : prpub-ml@aist.go.jp









- 禁無断転載 ②2017 All rights reserved by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
- 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているわけではありません。
- ■「産総研LINK」へのご意見・ご感想がございましたら、上記E-mailまでお寄せください。今後の編集の参考にさせていただきます。