ISSN 1349-6085

JSTnews

未来をひらく科学技術

Feature

SDGsと科学技術イノベーション

1
January
2018

国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

JSTnews 未来をひらく科学技術
1 January 2018

3 新年のごあいさつ

4 Feature
SDGsと科学技術イノベーション
④ SDGsの実現に向けて 組織、分野、世代をどう超えていくか
⑧ STI for SDGsタスクチーム奮闘記
⑩ 廃熱を音のエネルギーに変えて再利用
⑪ 日本のイネ育種技術で食料問題に貢献

12 はかる　第8回
エンジン内部の複雑な熱伝達を捉える

14 NEWS & TOPICS
日本科学未来館で「世界科学館サミット2017」を開催
分子を積み木に見たて水面上で高精度なナノシートの作製に成功　ほか

16 さきがける科学人　Vol.69
胃酸発電センサーでさりげなく体内を探る
吉田 慎哉　東北大学 大学院工学研究科 特任准教授

表紙写真

科学技術イノベーションはSDGsの達成にどのように貢献できるか。そのためにJSTが果たすべき役割は何か。濵口道成理事長と、西口尚宏氏、石山洸氏、福永真弓氏が語り合った。

「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

2015年9月の国連総会において「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ました。「持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals：SDGs）」の17の目標と169のターゲットは、わが国を含む地球的・人類的課題を包摂して掲げた国際的な目標です。そして、SDGsで掲げられている課題の達成は、国内的にはわが国の成長戦略の軸の1つである第5期科学技術基本計画に掲げる「Society 5.0」や「第4次産業革命」の実現にも密接に関係し、また国際的には途上国をはじめとした国際社会への貢献の基本理念でもあります。

国連では、SDGsの達成に向けて科学技術イノベーション（Science, Technology and Innovation：STI）がどのように貢献できるかをテーマとするフォーラムを2016年6月に初めて開催しました。SDGsの達成において、科学技術イノベーションは、私たち人類が直面している持続可能性に関する諸課題の解決や、より良い政策決定に資する科学的根拠を提供することに、強い期待が寄せられています。

SDGsの達成に科学技術イノベーションが貢献（STI for SDGs）していくためには、政府はもとより、大学、研究開発機関、NGOや企業などを含めたさまざまなマルチステークホルダーが連携していくことが重要です。JSTでは、シンクタンク機能、研究開発、産学連携、次世代人材育成、科学コミュニケーションなど多岐にわたる機能を生かしつつ、日本におけるSDGsの活動に積極的に貢献していきます。

編集長：上野茂幸／企画・編集：今津杉子・菅野智さと・佐藤勝昭・月岡愛実・鳥井弘之・村上美江
制作：株式会社ミュール／印刷・製本：北越印刷株式会社

新年のごあいさつ

日本の科学技術は、いま深刻な危機に直面しています。各種のエビデンスからは、近年、わが国の科学技術の国際的地位が低下している状況がうかがえます。この傾向は知的財産においても顕在化しつつあり、早晩、産業競争力そのものに影響を及ぼすことが危惧されています。さらに高齢化の急速な進展により、将来を担う中堅・若手人口は確実に減少していきます。これらの課題に早急に手を打たなければ、日本の科学技術の未来は描けません。

JSTは、国の科学技術基本計画を推進するため、研究開発戦略、ファンディング、地域創生、人材育成、国際協力など幅広い事業を実施しています。しかしながら、従来どおりの運営では眼下の諸課題を解決することはできません。いま私たちは、事業や運営の在り方を世界最先端のネットワーク型研究所にふさわしいものへと発展させるため、改革イニシアチブ「濵口プラン」の下、組織を挙げて「変革への挑戦」に取り組んでいます。

その具体例として、昨年、あるべき社会の実現に向けて明確な技術ターゲットを見定め、チャレンジングな研究開発を果敢に推進する「未来社会創造事業」を創設しました。今年は、これを拡充すると同時に、全ての事業をフルに活用し、わが国が直面する閉塞（へいそく）感を打破し、低落傾向を逆転させるための施策を積極的に展開してまいります。

特に、若手研究者や女性研究者がセクターや領域を越え、自由闊達（かったつ）に活躍するのを後押しすること、徹底した国際化により世界トップレベルの知や人材をわが国に取り入れることは、わが国の科学技術のダイバーシティとコンバージェンスを強化し、活力を取り戻すために極めて重要と考えています。

また、研究開発やイノベーション創出モデルがオープンなスタイルへと変容している中、センター・オブ・イノベーション（COI）のような先行事例を踏まえつつ、拠点をベースとした本格的かつ持続的な産学連携をさらに推し進めてまいります。

このような取り組みを通じ、強固なイノベーションエコシステムの構築と、第5期科学技術基本計画で掲げられた「Society 5.0」の実現、さらには2015年に国連が採択した「持続可能な開発目標（SDGs）」の達成に貢献してまいります。

皆さまのご支援をお願い申し上げます。

平成30年1月

濵口道成

SDGsの実現に向けて 組織、分野、世代をどう超えていくか

科学技術イノベーションがSDGsの達成に貢献するために、JSTはどのような役割を果たすべきか。
濵口道成理事長が、ジャパン・イノベーション・ネットワークの西口尚宏専務理事、
エクサウィザーズ社の石山洸代表取締役社長、東京大学大学院新領域創成科学研究科の福永真弓准教授と語り合った。
（モデレーター：倉持 隆雄 JST 研究開発戦略センター長代理／STI for SDGsタスクチームリーダー）

SDGsは社会の大変革の機会

倉持　SDGsの達成には、発展途上国だけでなく先進国などあらゆる国々で取り組むことが必要とされ、科学技術イノベーション、民間企業の役割にも大きな期待が寄せられています。

濵口　現代社会では「先進国」と「発展途上国」の境目が消え始めています。IT（情報技術）の発展により情報が世界規模で瞬時に巡り、AI（人工知能）により単純労働は消えつつあります。これは先進国だけでなく発展途上国にもすぐ波及する問題です。また、都市化がすさまじい勢いで進展し、同時に貧困や格差の問題を生んでいます。発展途上国に限った話ではなく、貧困問題など日本が抱える課題もSDGsには多く含まれています。

西口　SDGsが設定されたタイミングとデジタル社会の誕生がほぼ同時期だったことは、大きな意味があります。SDGsの前身であるミレニアム開発目標（MDGs）が定められた2000年には、デジタル社会の到来どころか、その概念すらありませんでした。先進国と発展途上国の境目がなくなりつつあるという指摘は非常に本質的で、デジタル社会では、全ての人々、全ての企業、全ての国が同じスタートラインに立っているのです。

石山　社会のデジタル化と社会課題を照らし合わせた時、シンギュラリティ（技術的特異点*）が来るといわれる2045年には、日本は超高齢社会の真っただ中にあります。50歳未満の人口は明治維新以降1970年くらいまで8割で均衡していましたが、2045年以降は4割で再び均衡するといわれています。高齢化で労働人口が減る中で、AIは働く人間をどう支援するのか。超高齢化社会のトップバッターである日本が答えを示すことがとても重要です。私たちの会社はAIを活用して介護分野の課題を解決しようとしています。

福永　デジタル化の技術は、違うものをどうつなぐかというところに入ってきていますが、一方で社会は非常に個人化しています。デジタル技術は、個人化した部分をどう社会化するかが問われています。同時に、社会にとっては「つながり」をいかに民主主義的に実現するか、そして民主主義の下で生み出すかが重要です。

濵口 道成（はまぐち みちなり）　科学技術振興機構 理事長
1980年 名古屋大学大学院医学研究科博士課程修了。医学博士。米ロックフェラー大学分子腫瘍学講座研究員、名古屋大学大学院医学系研究科長・医学部長、同大総長などを経て、2015年より現職。

SDGsを考える時に1つの要素として、かつての「当たり前」が崩れていることがあります。気候変動がまさにそうです。人間の活動が惑星システムさえ動かすようになった今、自然が「新しい生態系」と呼ばれるものに変わりつつあり、目の前の大きな世界を解き明かすだけでは不十分で、自然と人間との間にある関係性や世界観すら個々に抱えなくてはなりません。

西口　日本は明治以来、欧米の背中を追いかけてきましたが、SDGsに関しては、全ての国が同じスタートラインに立っているので、追い付く相手がいません。これまでの日本の教育はルール通りにきちんとやる教育でした。しかしSDGsが問うている課題には、ルール通りにやればいいものが1つもありません。自分でルールを描き、実行する能力が求められます。169のターゲットは169本の需要曲線に例えられます。そのニーズはどれも非常に高く、しかも供給曲線がまだ1本もないのです。ここに供給曲線を描かなければなりませんが、これは1人でも1社でも1政府だけでも無理だと思います。得意技を持った人たちが集まって供給曲線を一緒にデザインするという発想が必要でしょう。

SDGsをイノベーションの機会と捉え、具体的に事業活動としてどう解決するか。共通の目標に向かってお互いの強みを掛け算することで具体的な活動が始まります。

濵口　SDGsの課題を乗り越えるには、きちんとエビデンス（根拠）を押さえながら新しい活動を生み出す発想が必要で、その柱は科学技術しかありません。科学技術を市民の生活の中でどう展開できるか。これがSDGsの達成につながります。

石山　介護方法がエビデンスに基づいていないことは大きな課題です。例えば、認知症ケアで有名なフランスの「ユマニチュード」はエビデンスベースになっていません。この部分にこそAIを活用できると考えています。個々のケアに対する被介護者の反応をビッグデータとして構築し、良いケアとは何かを探求しています。実際に医学的な手法を用いて被介護者の状態や介護者の負担感が改善することが知られています。このようにエビデンスに基づいて介護の質を高め、介護費を下げる技術を開発することで、そこに供給曲線が生まれる可能性があると考えています。

一方、AIは正しく目標設定をしないと取るに足りない結果しか得られません。目標設定が正しくないとAIを使ってもいい社会にはならないのです。SDGsは目標が明確にされていますから、それに向けて前向きに取り組むことができると考えています。

濵口　同感ですね。SDGsという目標がなければ、いくらAIを使っても人間は「さまよえる子羊」となってしまいます。

福永　持続可能性について考える時、もし民主主義的に実現しなくても良いのであれば、あるいは誰かが不幸になる方法でも許されるなら、その実現はさほど難しくないのかもしれません。しかし、SDGsは「世界は誰一人取り残さない」と言い切りました。これは歴史的に非常に大きな転換点です。SDGsはMDGs以上に市場活動に開かれましたが、人と技術の両方を抱えながら取り組まなくてはなりません。むしろ、AIなどの技術的発展の中で、今まで以上に「人間とは何か」が問われる時代に入ったともいえます。だからこそ私たちは人として何をすべきかを議論し始めています。正義や人権といった「建前」を人々の間でどう共有するかを考えることも重要ですね。

SDGsの達成に求められる高度なデザイン力

倉持　SDGsの達成には、どのような能力や人材が求められるでしょうか。

石山　デジタルの世界は金融市場も活用しながら仕事をつくることが可能で、機会もたくさんあるので、活用するという意識があればいろいろなことができます。

福永　たくさん機会があっても失敗したら人生も失敗、となると、挑戦できません。私たちの世代は超氷河期まっただ中で恵まれない就職活動をし、非正規雇用の人が多いです。その後の政策転換で、非正規雇用や複数の働き口を自分で管理して稼ぐ人口も増えました。護送船団方式ではない形を前提として社会が支援することも大事です。失敗8割、成功2割でも許容される社会ができるかということになりますね。

西口　民間セクターでは、今、状況は変わり始めています。最近の大企業でもスタートアップ企業でも目覚ましい事業創造をする方々が増えてきています。多くの人が新しいことを始めるという状況が続くことが大事です。

石山　成長分野であるフィンテック（金融技術）の世界では、決済と貸付にデータをうまく使って新しいサービスをつくるような

西口 尚宏（にしぐち なおひろ）　ジャパン・イノベーション・ネットワーク 専務理事
UNDP 総裁付 シニア・イノベーション・アドバイザー
1997年 米ノースウェスタン大学ケロッグ経営大学院修了（MBA）。日本長期信用銀行、世界銀行グループ人事局、産業革新機構執行役員などを経て、2013年にジャパン・イノベーション・ネットワークを設立。

＊人工知能の発達が急激な技術の成長を引き起こし、人類文明に計り知れない変化をもたらすという仮説における技術的特異点。

風潮になっていますが、ファイナンス（金融・資金調達）のためのファイナンスになっています。本来のファイナンスはもっと大きな世界です。「SDGsのためのファイナンス」みたいなことを発想してほしいものです。ここに金融技術のもっと大きな成長戦略がある。需要はたくさんあるので、2万人では足りないくらいです。

西口　ODA（政府開発援助）だけではSDGsは達成できないというのは国際社会の共通認識です。民間資金を使って事業として成り立たせる「投資・融資対象プロジェクト」が多数生まれないと達成できません。そのためには、新しいビジネスモデルを生み出す力が必要であり、新しい発想で物事をデザインする力や構想する力、人を巻き込む力が必須です。いかに全体をデザインし、かつ細部のデザインもできる人材を育てるか。教育や科学技術の現場でつながりをデザインするような場面を設定しなければなりません。

濵口　コミュニケーション能力や創造性、ネットワーキングの力といった、日本人が比較的苦手とされる能力が求められるのでしょうね。専門分野の深掘りには専念できても、総合的に見ている人は存在しないのが現状です。これからは深掘りできると同時に、総合的なデザイン力もある人材が必要です。そのような人材を大学院などでどう育てるかと考えた時に、SDGsは人材育成改革の推進力になると思います。

福永　SDGsでは関係性をマネジメントする専門外の人が必要です。社会を設計する時に科学・技術をどこに置くか、逆に科学の中に社会との接点をどう設計できるか、両方を考えられることが重要です。

現場感覚で物を見て、介護とAIのように遠くの概念と結び付けて自分の落としどころを探るような力はどうすれば身に付くのでしょう。

石山　「3歳からのスタートアップ」みたいな世界になるのが重要です。例えば「デジタルデバイド」というと「技術が向こうからやってくる」という感覚になりますよね。そうではなく能動的に働きかけることができるような教育をした方がいい。1970年代に日本人は公害を経験し、学びました。SDGsも「大変な課題がある」と捉えるのではなく、世界がこうして目標に向かっているという話を子供にする方が、わくわくする社会になると思います。

現場で生まれる共感

倉持　SDGsの課題を、1人1人が自分のことに結び付けるのが重要になりますね。どうすればこれが可能になるでしょうか。

西口　シュンペーターがイノベーションを「慣行軌道の変更による重心の移動」と定義していますが、SDGsの課題を自分のことに結び付けるというのは、「慣行軌道の変更による重心の移動」を「自ら行うという意志を持つこと」だと思います。SDGs軸での重心の移動は強い意志がなければ実現しません。この移動をどうやって起こすか。例えば離職率が高いという介護職の課題を「憧れの職場」に変えていこうという「重心を移動させる決意」があれば、社会は大きく変わるでしょう。AIで介護ベンチャーを起業した石山さんはどう考えますか。

石山　AIで重要なのは教師データですね。介護の世界で教師データを提供してくれる達人たちは、人格も含めて、現場では憧れの存在です。この人たちを前面に打ち出し、その教師データをデジタル技術で効率的に学習できれば、負担も減りますし、接している高齢者にも喜ばれます。そうすると離職率も下がり、採用コストも減って利益が生まれる。発想と自己効力感を両輪に全体的に構造化するのが大事です。

西口　SDGsにも重要なことですね。

石山　従来、行政の仕事だったことが民間に移される「ソーシャルインパクトボンド」のような仕組みもあります。IoT（モノのインターネット）で利用者と産業界のデータがつながり、市民、行政、政府のデータがつながって、大きなビジネスが生まれる可能性があります。

福永　ファンディング（資金配分）の重心を移すのも大事です。どうすれば事業として成り立つのか、仕事を生み出せるのか、皆が考えているけれどなかなかできない。

西口　そこにイノベーションを興すプロセスのボトルネックがありますね。社会的な課題や解決のコンセプトが見えていても、具体的な事業モデルが立ち上がってこない。デザイン力のなさが問題です。

濵口　今、誰もが個人の中に閉じこもりがちになり、「共感」とか「寄り添い」という感覚が希薄になっています。でもこれは本来、人間の社会活動の重要な要素であるはずです。おそらく介護の達人には共感する力があると思うし、他の職業でも、達人と呼ばれる人には共感力があるのではないでしょうか。この共感をいかにシステム化していくかが、課題を解決する新しい事業や仕事の開発に重要なことのように思います。

石山　持続可能性というのは、課題全体を構造化し、産業革新を通じて課題が解ける状態にするということで、SDGsの課題解決も、きっとこういう方向性なのだと思います。

西口　共感というのは「かわいそう」ではなく、「何とかしたい」という気持ちです。共感するには現場感が必要ですが、そこに重心の移動という意志が加わると強い。科学コミュニティの人とビジネス界の人が一緒に現場に行き、共感が起こります。そうすると包括的に解決策を探ろうという方向に向かうのではないでしょうか。共感の頻度をいかに上げるか。これが、科学技術がSDGsにつながる分水嶺だと思います。

濵口　共感するには「ハッとする瞬間」が必要です。現場でハッとし、共感して現場と科学技術を融合させたビジネスモデルをつくるプロセス、そしてゴールはSDGsとなるようなシステムをどう構築するかを考えなければなりません。

福永　プロジェクト型事業をうまく使えないでしょうか。専門性があると、他の人の考えを揺さぶることができます。さまざまな専門性を持つ人が組んで、現場のエビデンスを再設計してプロジェクトにどう落とすかを考えることが重要です。

石山　SDGsの達成には「介入」が非常に重要ですね。自分の強みを生かしながら、解決できるような部分を見つけて問題を解きにいくこと自体に介入する。その接続感が大事で、それを持つためにどういう教育をするのかもポイントになると思います。

つながりをつくる

倉持　これからの社会で必要な科学技術はどのようなものなのでしょうか。

石山　単純に「課題を解きます」というだけでは、投資の対象にはなりません。具体的に「この課題に対してこんな技術を使ってこうやって解く」と話したときに、初めてお金が持続的に回り始め、現実に問題が解かれる構造になっていく。大事なことは、課題設定と解決手法を設定にすることです。SDGsの課題も、解決に寄与する技術とうまく結び付けることが重要です。

福永　この世界には、科学技術にしかできないことがありますが、それと同じように、社会にしかできないこともあります。AIがやがて人間の持つ概念を飛び越えて物を考え、人間が予測しなかったことが成り立つでしょう。そういう世界観が生まれる中で、私たちはどうすれば共感を大事にしながら、科学技術が社会に枠組みを与えている現実を見ながら、人間自身が未来を生み出していく力を維持できるのか。JSTが果たす役割は、単なるファンディングではないと思います。関係性をつくり出すところにどう人を引き付けるか、社会と科学技術を関係させることの意味を追究することが必要だと感じました。

西口　科学技術にこだわってほしいのは、重心の移動です。目的なしに重心を移動すると暴走になるかもしれませんが、世界はSDGsという目標を設定することで、2030年の到達点について合意しました。これは人類史上初めてのことです。ここに向かって科学技術によりどう重心を移動させるかが重要です。より良い文明をつくるために、共感に基づき強い意志を持って重心を移動しようとする研究に重点的に支援をすべきなのではないでしょうか。JSTが持つファンディングの力は大きい。そこに明確な哲学があると、社会の羅針盤という重要な役割を担えるはずです。

濵口　1999年の世界科学フォーラムで採択されたブダペスト宣言では、「知識のための科学」以外に、「社会における科学と社会のための科学」、「平和のための科学」、「開発のための科学」という概念が打ち出されました。それがSDGsへ展開しているということを感じます。われわれは科学技術の在り方を再構築する作業を進めながら、人類社会の明るい未来をつくっていくために挑戦しなければなりません。

大きすぎるテーマですが、今日はいろいろとヒントをいただきました。日本の活力を高めるために、まずは開かれたプラットホームをつくる必要があると感じます。分野や発想の全く異なる人たちが、自由に意見を出し合って共感しながら新しい概念をつくり、プロジェクトを進めていく。これがSDGsの課題を解決することにもつながっていくように思います。皆さんのご協力をこれからもお願いします。

石山 洸（いしやま こう）　エクサウィザーズ社 代表取締役社長

2006年 東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了。リクルートホールディングス社メディアテクノロジーラボ所長、デジタルセンセーション社取締役最高執行責任者などを経て、17年10月より現職。

福永 真弓（ふくなが まゆみ）　東京大学 大学院新領域創成科学研究科 准教授

2008年 東京大学大学院新領域創成科学研究科博士課程修了。博士（環境学）。立教大学社会学部助教、大阪府立大学21世紀科学研究機構エコサイエンス研究所准教授、同現代システム科学域准教授などを経て、15年より現職。

TEXT：宇津木聡史／PHOTO：浅賀俊一／編集協力：STI for SDGsタスクチーム

STI for SDGs タスクチーム奮闘記

STIフォーラムにて共同議長のカマウ大使が、チームがまとめた冊子を紹介

STI for SDGs タスクチーム誕生

2016年10月下旬、濵口理事長の鶴の一声で、「持続可能な開発目標（SDGs）」の達成に向けた科学技術イノベーション（Science,Technology and Innovation: STI）の役割などを調査分析する横断チーム、「STI for SDGsタスクチーム」が立ち上がった。

SDGsと聞くと、途上国の開発目標や環境問題を思い浮かべるかもしれないが、2015年9月に国連総会にて全会一致で採択した「持続可能な開発のための 2030アジェンダ」が示すのは、「全ての国々がめざすべき国際目標である。格差、ジェンダー、エネルギー、廃棄物処理、気候変動、海洋資源などは、私たちの生活や仕事と密接に関係している。例えば、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会のメダルを携帯電話などの小型電化製品から作るプロジェクトは、資源の有効利用により持続可能な社会をめざす点で、目標12「持続可能な消費と生産」に貢献しうる取り組みといえる。

一方、SDGsを達成するために、誰が何をどのように実施するか、という処方箋（せん）は示されていない。また、17の目標は相互に関連していることから、1つの目標を達成しようとしても、他の目標とのトレードオフが生じてしまう可能性がある。SDGsは社会の複雑な状態を映し出した目標である。この複雑な目標を包括的にどのように達成できるだろうか。今、世界、各国、各組織、各個人が考え行動すること、そして多様な集団行動によって達成することが求められている。

みんな悩んでいる

チームが発足した当時、国内におけるSDGsの認知度は決して高くなかった。昨年1月に日本学術会議が開催したシンポジウムでも、SDGsを認識してもらうためにどうすべきかが焦点だった。また、ＪＳＴのような研究開発支援機関（ファンディング機関）で、STI for SDGsの情報をまとめて掲載しているところは見つからなかった。そこで、ファンディング機関も参加するアメリカ科学振興協会（AAAS）年次総会でワークショップを開催し、ドイツ、南アフリカ、日本のファンディング機関の活動を共有し、意見交換を行った。

日本は2015年12月に「SDGs実施指針」を決定していたが、ドイツも南アフリカも、SDGsの達成に向けた政策を政府が示しており、この政策の下で研究開発支援を推進していることが明らかになった。また、これまでの分野別の研究開発支援と、課題を解決するための支援とのバランスが求められていることが共有できた。それぞれのファンディング機関で明確な解を持っているわけではないが、限られた予算で効果的な支援をするために模索している。

国連の外交舞台

SDGsの達成に向けてSTIの役割に大きな期待が寄せられている。財政やガバナンス（統治）と並んで、持続可能な社会経済の発展には、新たな知見と技術開発、そしてそれらの社会実装が不可欠である。国連は、毎年5～6月に「マルチステークホルダー科学技術イノベーションフォーラム（STI forum）」を開催し、多様なステークホルダーがSTIによるSDGsの達成へ貢献しうる事例を共有する機会を設けている。STIフォーラムでなされた議論の結果は、2名の共同議長の声明として国連ハイレベル政治フォーラムにて、全ての加盟国に発信できる仕組みになっている。

昨年5月、ニューヨーク国連本部にて開催された第2回STIフォーラムにチームも参加した。初めての外交舞台デビューは強烈だった。

STIフォーラムの冒頭で、開催直前の1カ月で製作した日本のSDGsの達成に向けた産学官の取り組み事例をまとめた冊子が、共同議長の1人であるケニアのカマウ国連大使より紹介された。具体的な取り組みを共有することがSTIフォーラムの目的の1つというメッセージとして活用されたのだ。また、国連日本代表部、外務省、世界銀行と共催で開催したサイドイベントでも、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）のように、各国の課題や財政、研究基盤を踏まえた日本の技術協力への関心は高く、大盛況であった。

一方で途上国からは、「STIへ多額の投資がなされているが、社会の発展にどのように貢献しているのか」、「既存の課題に既存の技術で解決できることもあるはずで、先進国はどのように応えてくれるのか」、「最貧国へ技術を無償で提供してくれないのか」といった意見が多かった。STIの重要性や最先端の技術開発を共有するだけでなく、「誰一人取り残さない」ための取り組みも求められていると実感した。

よしもとクリエイティブ・エージェンシー所属の黒ラブ教授（中央）によるSDGsネタライブは毎回大盛況。SDGsのビジネスと研究チャンスをわかりやすく伝えた。

SDGsに関するセミナーなどの開催一覧

2016年	7月	「SDGsと科学技術イノベーション」セミナー
	11月	サイエンスアゴラにてSDGsセッション
	12月	南アフリカサイエンスフォーラム（SFSA）にてSDGsセッション
2017年	2月	AAAS年次総会にてSDGsワークショップ
	5月	国連STIフォーラムにてサイドイベント
	9月	公開シンポジウム（国連大学と共催）
	11月	世界科学フォーラム（WSF）、世界科学館サミット（SCWS）、サイエンスアゴラにてSDGsセッション
	12月	南アフリカサイエンスフォーラム（SFSA）にてSDGsイベント（南アフリカ政府と共催）

目からうろこの産業界の動き

昨春以降、国内でもSDGsの達成に向けて大きく動き出している。外務省は、SDGsの認知度を高めるために昨年7月のハイレベル政治フォーラムに向けて、「PPAP（官民パートナーシップアクション）」を発表した。産業競争力懇談会（COCN）も、「未来社会ビジョン（Society 5.0）」とSDGsが密接に関係しているとの見解を示した。さらに年金積立金管理運用独立行政法人（GPIF）が「ESG投資」とSDGsの関連を発表し、産業界のSDGsへの取り組みが加速された。

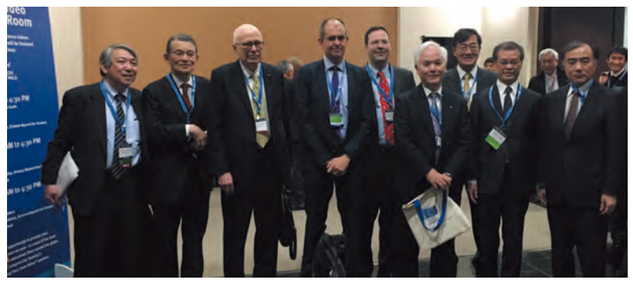
国内企業は、SDGsの達成に向けた社会貢献活動だけでなく、事業との関係を分析した報告も公表し始めている。このような企業の動きを後押しするように、経団連はSociety 5.0の実現を通してSDGsの達成をめざすことを表明し、11月に「企業行動憲章」を改訂した。SDGsは社会の大変革を促す目標であり、経済界もこれまでの事業形態からの変革が求められていることを国内外に示したといえる。

言うは易し、行うは難し

経済界がSDGsへの認識を強める中、学術界もSDGsの達成に向けて動き始めている。地方自治体でも、SDGsが持続可能な自治体の取り組みと密接に関係していることを意識し、企業やNGOなど他のステークホルダーとの連携を始めている。

チームが発足して1年強の間にSDGsに関するさまざまな動きが起きているが、SDGsが社会に広く認知されたとはまだ言い難い。昨年11月に開催されたサイエンスアゴラでSDGsの啓発を目的に、吉本興業および国連広報センターの企画協力で、慶應義塾大学SFC研究所xSDGラボと協働でブースを設置したところ、SDGsを認識しているのは来場者の2割程度だった。これが現実である。確かに、SDGsの17の目標、169のターゲット、230の指標と聞くと途方に暮れてしまうが、私たちの日々の生活や仕事は社会の一部であり、新たな社会目標であるSDGsと関係していると言っても過言ではない。サイエンスアゴラに来場した子供たちも、目標16「平和」のためには「けんかをしないこと」が解決策と言い、目標6「安全な水とトイレをみんなに」のためには「せっけんで手を洗う時は水を止めること」が大事と認識している。これらの取り組みがつながることこそが、社会の変革につながるのではないだろうか。

SDGsを達成するためには、SDGsを自分事として認識し、1人1人が社会を変革するために何ができるかを考え行動すること、そして他のステークホルダーとつながっていくことが重要である。意識改革ほど難しいことはなく、時間も要すると思われるが、1歩ずつ前進するのみである。



昨年2月のAAASのワークショップ“How Can the Global Science Enterprise Effectively Respond to Sustainable Development Goals? (SDGsに対して科学コミュニティは国際的にどう向き合うか?)”開催後の集合写真。

昨年9月5日に国連大学にて開催した「SDGsとSTI」シンポジウムには、300名強が参加した。シンポジウムの詳細は下記を参照。
http://www.jst.go.jp/pr/intro/sdgs/index.html

サイエンスアゴラ2017のセッション「科学で持続可能な未来都市をつくろう！」。

TEXT：今林文枝（STI for SDGs タスクチーム）／PHOTO：浅賀俊一（p9）

廃熱を音のエネルギーに変えて再利用

長谷川 真也（はせがわ しんや）
東海大学 工学部 准教授
2006年 東海大学大学院工学研究科博士課程後期修了。自動車メーカーでの次世代エネルギー技術の研究を経て、10年より現職。博士（工学）。

工場や車両ではさまざまなエネルギー変換が行われているが、熱エネルギーの大部分は廃熱として捨てられている。特に300度以下の廃熱は発生箇所が分散しており、回収や再利用が非常に難しい。熱音響機関という装置で廃熱を音波に変えて高効率に利用する研究をしているのが、東海大学の長谷川真也准教授だ。エネルギー利用の無駄を減らし、気候変動や資源枯渇問題など地球規模課題への貢献をめざす。

廃熱を音波に変換する熱音響機関

資源の枯渇や地球温暖化の解決に向け、資源を効率的に利用するさまざまな技術が開発され、利用効率は上がってきた。しかし、無駄はまだ多く、その最たるものが熱だ。熱はほかのエネルギーと比べてとても利用しにくい。燃焼熱は、建物の暖房や給湯に利用できるが、300度以下の比較的低い温度の熱は、ほとんどがそのまま捨てられてしまう。

この熱を再利用する技術として長谷川さんが研究しているのが熱音響機関だ。自動車メーカーの研究員だったとき、燃費を上げる技術の1つとして出合った。

熱音響機関は、小さな穴がたくさん開いたコアをパイプの中に入れた単純な構造をしており、基本的に歯車などの機械的な仕組みは何もない。コア部分の両側に温度差を与えると音波が発生し（熱音響現象）、その音のエネルギーをヒートポンプやリニア発電機を介して冷却のエネルギーや電力に変換する（図1）。

長谷川さんが取り組んだのは、300度以下の低い温度で動く熱音響機関の研究だ。1999年、英国の科学誌『Nature』に高効率な熱音響機関の論文が発表されて以降、300度以上の熱の回収が研究の主流だった。しかし、300度以上あれば別の仕組みを使う方法が多く存在する。そこで、より市場価値の高い技術をめざそうと考えたのだ。

工場内の廃熱も利用可能に

熱音響現象は古くから知られていたが、本格的な応用研究が開始されたのはごく最近だ。熱を効率よく音に変換する装置を作るには、熱力学、流体力学など、幅広い分野の知識が求められ、細かい条件設定が必要となる。

研究開始当初は、試行錯誤を繰り返せば良いものができると考え、装置を作ることから始めたが、そう簡単ではなかった。「きちんと装置を作ったつもりでもまったく動きませんでした。コアの位置が数センチメートルずれるだけで動かなくなるほど繊細なのです」。

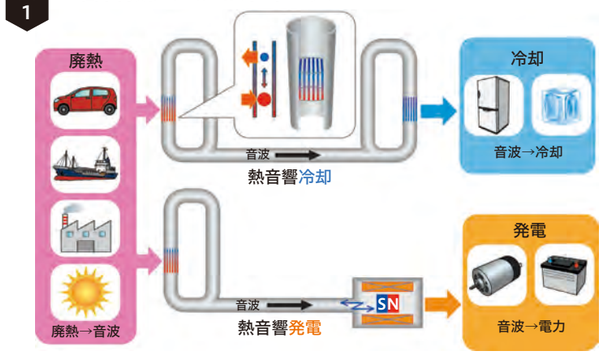
そこで、理論を学び直し、綿密な計算に基づいて装置を設計する方針に切り替え、低温で動作することが可能な熱音響機関を作ることに成功した。

2016年には、熱音響機関のコアを8個直列に連結し、複数箇所から熱入力を行うことで音響パワーを100倍以上にする多段熱音響機関を開発した。工場内のさまざまな場所にコアを設置すれば、発生する300度以下の廃熱を集めて音響パワーを増幅でき、電力などに変換することも可能だ。

「ALCAでの研究で複数箇所の熱入力から大きなパワー増幅が可能な多段熱音響機関を構築することができました。工場内で発生している低温分散廃熱の回収に有効であると考えています。今後は熱効率を向上させ、成果の社会還元をめざします」と長谷川さんは語る。

これまで利用できなかった低温の廃熱を新たな資源として活用できれば、エネルギーを有効に再利用する持続可能な社会の実現にまた一歩近づくことができるだろう。

図1 熱音響機関による冷却や発電



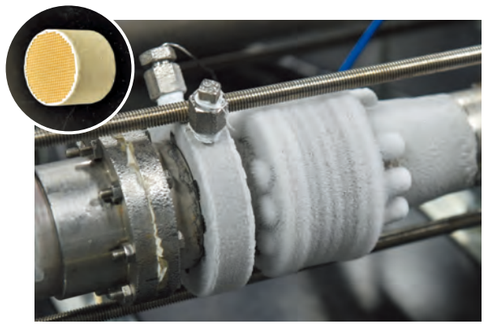


図2 コアの例（左上）と熱音響機関で冷却されて霜が降りたパイプ。現在使用しているコアはさらに微細な構造で肉眼ではほとんど穴が見えない。

 TEXT：荒船良孝／イラスト：丹治美佐子（図1）／PHOTO：浅賀俊一（図2）／編集協力：伊藤顕知（環境エネルギー研究開発推進部）

日本のイネ育種技術で食料問題に貢献

吉村 淳（よしむら あつし）
九州大学 大学院農学研究院 教授
1985年 九州大学大学院農学研究科修了。農学博士。九州大学農学部助手、同助教授、教授などを経て、99年より現職。81～83年国際稲研究所（IRRI）研究員。86～87年には国際協力機構（JICA）長期専門家としてバングラデシュに滞在。

アジアの多くの国が主食とする米。食料問題の解決には、それぞれの地域で求められる品種の開発が欠かせない。九州大学大学院農学研究院の吉村淳教授は、日本の持つ最先端のイネ育種技術を駆使してベトナムの食料問題解決に取り組んできた。「飢餓のない世界」をめざすその活動は、ミャンマーにも広がろうとしている。

経済発展の陰に深刻な食料問題

目覚ましい経済発展を続けるベトナム。常夏で年2回以上イネの収穫が可能な南部に対し、北部地域は冷涼な季節もあり台風にも見舞われることから、単位面積当たりの収穫量が少なく、深刻な食料不足に悩まされることも多い。

近年は近隣諸国から持ち込まれた品種が広く栽培されているが、これらの品種はベトナム固有の病害虫に弱く、多くの化学肥料も必要となるため、ベトナム側からは少ない肥料で早く育ち、高収量かつ病害虫に強いベトナム国産品種を普及させたいという要望があった。そこで立ち上がったのが吉村さんらとベトナム国立農業大学などの研究者が、JSTとJICA（国際協力機構）の支援の下で協働してイネの品種改良をめざすプロジェクトだ。吉村さんは、「ベトナムの方々は非常に意欲的で、プロジェクトの開始前からうまくやっていけると感じました」と振り返る。

先端技術と気候を利用し効率的に育種

新品種の開発では、北部地域で普及している品種に、病気や害虫に強い性質や収量の高い性質を持つ個体を掛け合わせていった。既存の品種を生かしつつ収量を上げ、病害虫に強いものにすることで、現地農家の理解が得やすく、受け入れられやすいのではないかと考えたからだ。

優良個体の選抜に使用したのが、日本が得意とする遺伝子情報を基にした先端育種技術「DNAマーカー選抜」だ。個体によってDNAの塩基配列には少しずつ違いがあり、この塩基配列の違いを目印（マーカー）にすると、目的の性質を持つ品種を選抜できる。従来の方法では収量などの性質は育ててみないとわからなかったが、DNAマーカー選抜により選抜時期を早め、効率的な選抜ができる。こうした選抜を繰り返すことで、短期生育、高収量、病虫害抵抗性を併せ持つ、約50の有望系統を育成した。

成功の要因には、ベトナムの気候をうまく利用したことも挙げられる。吉村さんは次のように語る。「北部で選抜した種子を南部で育てました。常夏の南部では、年に3回収穫できます。その利点を生かして5年間で13回育成し、品種改良を進めました。年1、2回収穫の日本では、10～15年はかかったでしょう」。

アジア地域への展開にも期待

地道な研究成果は、アジア各国で同様の問題を抱える地域への展開が期待される。北部はこれまで台風による被害が大きな問題だったが、生育が早ければその影響を受ける前に収穫することができる。栽培技術体系の確立や、新しい品種に不安を持つ農家への丁寧な説明にも力を入れた。新品種「DCG72」は来年にも国家品種に認定される見込みだ。普及も進み、今年の作付面積は415ヘクタール（東京ドームおよそ88個分）を予定している。

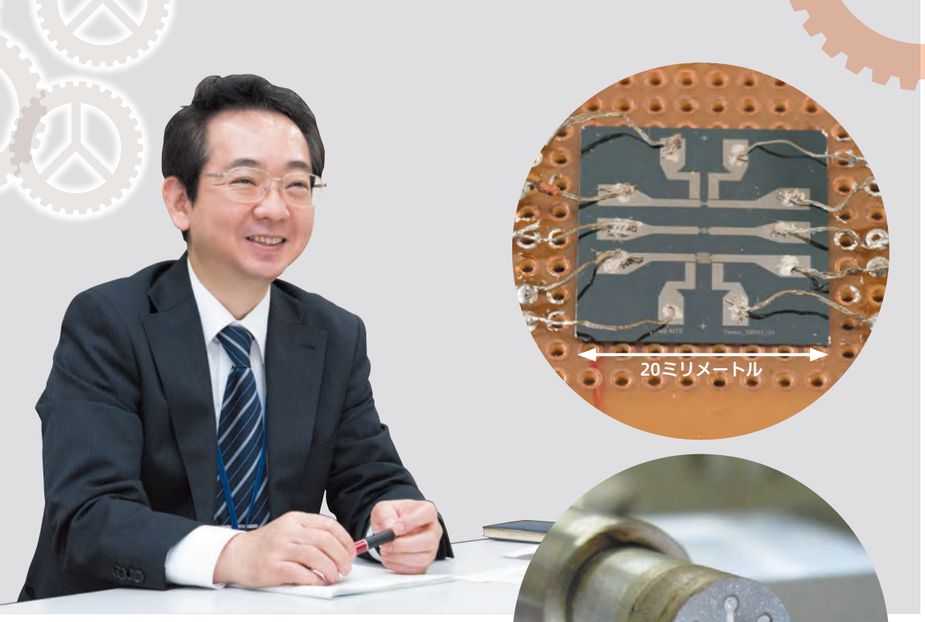
「ベトナムの人々やJICAの現地担当者の熱意もあって、予想より早く開発を進められました。食料問題の解決に貢献できたことが嬉しいです。信頼関係やチームワークが成功につながりました」。この貢献に対し、吉村さんらにベトナム農業農村開発大臣から友好勲章が贈られた。相手国の思い、JICAの現地支援、JSTの科学技術における支援が相乗効果を生み、成功を導いただけでなく、SDGs（持続可能な開発目標）の「飢餓をゼロに」の実現に向けた食料安全保障の実現や持続可能な農業の促進への貢献が期待される。

効率的なイネ育種システムは、米を主食とする国々への展開が期待され、吉村さんらはミャンマーでもプロジェクトを開始した。イネゲノム研究を始める前から、育種での途上国への貢献を考えていた吉村さん。「飢餓のない未来」をめざし、歩みを続けていく。

左：圃場で生育状況を確認し、選抜する。
右：現地農家への普及のため、新品種の説明をする研究者。

TEXT：佐藤成美／PHOTO：赤松淳／編集協力：近藤礼佳（国際部SATREPSグループ）

はかる 第8回

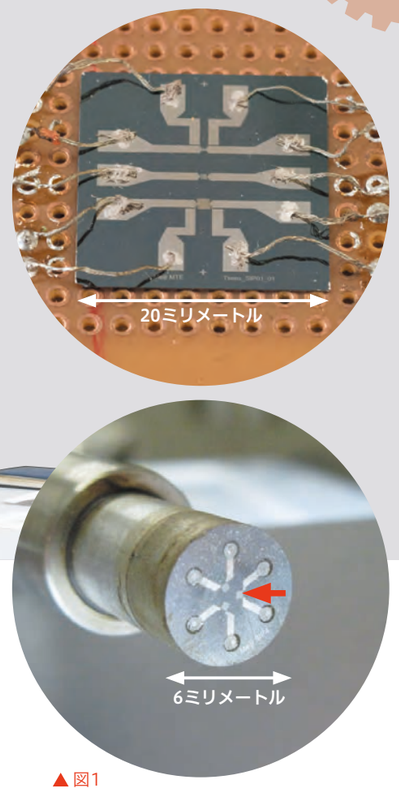


中別府 修（なかべっぷ おさむ）
明治大学 理工学部機械工学科 教授

1990年 東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了。96年同大学にて博士（工学）取得。90年東京工業大学工学部助手、2000年同助教授、01年 同大学院理工学研究科専任助教授、06年 明治大学理工学部専任助教授を経て、07年より現職。17年より、同大学研究企画推進本部本部長を兼任。

エンジン内部の複雑な熱伝達を捉える

自動車のエンジンは、燃料を燃やして得られたエネルギーの40パーセント程度しか活用できていない。エンジンからの熱損失を減らし、熱効率を上げるには、内部の温度変化や熱流束を計測、分析することが必要だ。明治大学理工学部の中別府修教授は、エンジン内壁面の熱流束を多点で高精度に計測するセンサーを開発した。このセンサーによって、今までは捉えることができなかった現象が見えてきた。



▲図1
従来のMEMSセンサー（上）を、エンジン内部の過酷な環境で機能するように改良し、直径6ミリメートルのセンサー（下）が完成した。中央に正方形のMEMSセンサー（矢印）が3つ配置されている。

普段の研究とは対極のプロジェクトに参加

エンジンの高効率化により、燃料消費、二酸化炭素排出の削減が期待できる。「熱効率50パーセントの達成」に向け、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「革新的燃焼技術」ガソリン燃焼チームが取り組む課題の1つが、エンジンからの熱損失の低減だ。

目標達成にはエンジン内部の状況を正確に把握し、それに対応する新たな技術の開発が必要だ。その前段階として求められるのが、燃焼ガスからエンジン壁面へ熱がどのように伝わるのかを複数の点で測る技術だ。熱の移動は、熱流束といって単位時間あたりに単位面積を流れる熱エネルギー量で表されるが、従来のセンサーは計測感度が高いとはいえず、ノイズが多い。革新的な技術開発のためには、より精度の高いデータが求められていた。そこで、ガソリン燃焼チームの研究責任者らが注目したのが、明治大学理工学部の中別府修教授だった。

中別府さんは、熱流体工学を専門にMEMS（微小電気機械システム：Micro Electro Mechanical Systems）センサーを用いた研究をしている。MEMSとは半導体の集積に用いられていた微細加工技術を、小さな機械（マイクロマシン）やセンサーに応用したものだ。小型化が可能な上、非常に速い変化やわずかな変化を捉えられるというMEMSセンサーの特徴を、エンジン内部の熱流束計測に生かそうと考えたのだ。こうして、わずかな変化の計測を得意とするMEMSセンサーを、エンジン内部のように空気や燃料が流動、拡散し、熱の状態が高速かつ複雑に変化する過酷な環境内で使用するという、中別府さんの挑戦が始まった。

チームの要求を満たすセンサーとは

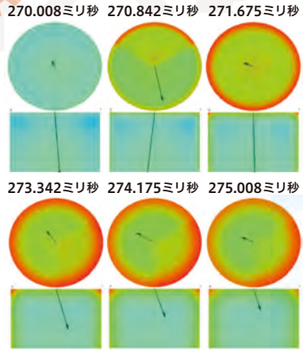
「ガソリンエンジン稼働時には、燃料が吹き込まれて燃焼する部分である燃焼室は約2,000度、壁面温度は約200度、燃焼中は内部圧力が間欠的におよそ100気圧まで上がります。さらに、点火時に発する火花がノイズとなり、センサーにとっては過酷な環境です。その環境内でもきちんと測る。それがいわば『土俵に立つ』ための条件でした」と中別府さん。

今回の開発で苦労したのは、MEMSセンサーをエンジン内部に挿入するための設計だったという。測定対象である燃焼室の外面は吸排気バルブやスパークプラグに占められ、自由に使える面積はほとんどない。SIPの実験用エンジンは圧力センサーが2つ付けられているので、一方の圧力センサーを外し、そこにMEMSセンサーをはめ込んで使うことになった（図4）。

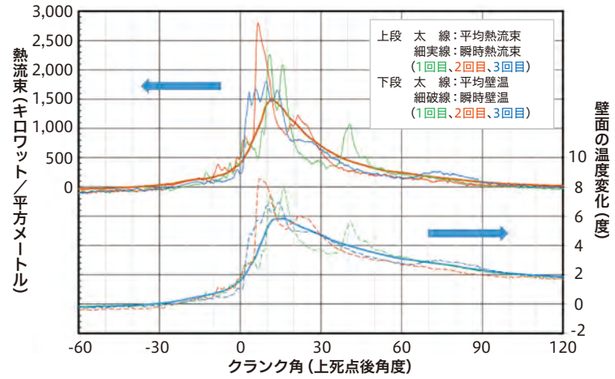
はめ込み口のサイズに合わせると、複数のセンサーを直径約6ミリメートルの円内に配置しなければならない。中別府さんらは、センサーの小型化に取り組み、先端に3点の薄膜抵抗体センサーを配置した直径6ミリメートルの円柱形ホルダーを開発した（図1下）。エンジン内部の複雑な熱伝達を調べるためには、センサー基板にエンジンと同じ材料の金属を採用し、薄膜センサーがエンジン内の高温高圧の環境に耐え、内部の流れが実際と変わらないように余計な凹凸のない設計が必要であった。これら複数の課題に応えるものとして、このセンサーは開発されたのだ。

「もう1つの苦労は、測れるセンサーを作るだけでなく、『どうしてその値になるのか』、『その値は本当に正しいのか』までが問われるということでした」と中別府さんは振り返る。

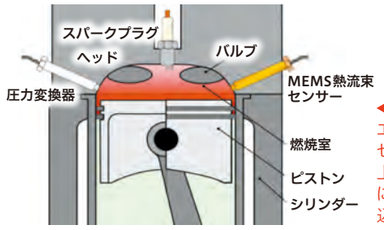
熱流束を測るには、センサー表面の温度を測った後で、正しいモデルでセンサー内部の熱の移動を解析する必要がある。従来の市販センサーは、内部構造の詳細が把握できず、計測結果の正しさを確認するのが難しかった。それに対し、中別府さんのセンサーは測定部に「測温抵抗体」という電気抵抗を用いており、センサー自体で計測の狂いを修正する機能を持つ。抵抗体は温度を測るセンサーの役割と流れる電流に応じて発熱を生むヒーターの役割を同時に果たすことができる。製作したセンサーの発熱と温度変化の関係を調べることで、解析モデルの正しさを確認できるのだ。「電気抵抗だと外側から抵抗体に電流を強制的に流して発熱させ、1ワットの熱量を入れた時に1ワットという計測結果が出てくるように修正できます。この自己発熱による修正機能により、計測値が正しいと考えることができるのです」。



▲図2　燃焼時のセンサー温度分布と熱流束ベクトル
MEMSセンサー端面を正面から見た場合（円形）と、断面を見た場合（長方形）の温度分布を色で示す。狭い範囲での温度差が詳細にわかるので、熱の流れる方向と大きさ（熱流束）がわかる。



◀図3
実験用エンジンでの熱流束計測（平均値と連続3サイクルの瞬時値）
従来のセンサーは詳細な熱流束の変化を検出できず、平均化されたなだらかな曲線が提供されていたが、MEMSセンサーは乱流による細かい熱流束変化を詳細に捉え、凹凸の激しい曲線になっている。



◀図4
エンジンの断面図。圧力センサーの取り付け口（右上のオレンジ色の部分）にMEMSセンサーを挿し込む。

今回の挑戦が示すMEMSの新たな可能性

測定した局所における温度変化を使い、センサー内部の熱の移動を解析することで、燃焼ガスからエンジン内壁面へ伝えられた熱流束が求められる。この原理は以前から用いられているが、開発した測温抵抗体方式のMEMSセンサーを用いるとノイズが格段に減り、1分間に2,000回転するエンジンの瞬時瞬時での壁面温度の変動、つまり熱流束の増減を鮮明に捉えることができた（図2）。これにより新たな知見も得られてきている。従来のセンサーではノイズと思われていた1サイクルごとのばらつきの中に、単なるノイズではない有意な変動が見られたのだ（図3）。

「エンジン内で何が起こっているのか、まだ、詳細にはわかっていません。今回の測定結果から、壁面から逃げる熱量の大きさや方向などが1サイクルごとに変化しており、ばらつきの原因はノイズだけではないことが示されました。SIPでは熱効率50パーセントという目標値を達成するだけではなく、その中に含まれている現象を解き明かしていくことが目標の1つですから、乱流の特徴や温度の分布、熱流束の変化の様子、さらにはそれがなぜ起こるのかといった、科学的な視点からもエンジン内部の現象に光を当てたいと考えています」と中別府さん。

さらに、非常に近い3点のセンサーで熱流束を計測した結果、各点の熱流束変動に類似した波形がわずかにずれた状態で計測されていることがわかってきた。これは、エンジン内の乱流を捉えた信号であり、さらに解析を進めることで、熱伝達の実像を捉え、冷却損失を低減させることが期待できる。

このSIPプロジェクトでは燃焼科学、流体科学、数値解析など多様な分野の研究者が参画し、多様な分野の科学技術力を結集することによって、先進的な技術を組み込み、エンジンの燃焼を解析できるソフトウエア「HINOCA（火神）」の研究開発も行っている。高精度の3次元解析が可能で企業での製品開発やアカデミアでの研究開発など産学双方における活用が期待される技術だ。MEMSセンサーの計測結果は、「HINOCA」の高精度化に大きく貢献するデータとして活用されているという。

エンジンは未知の世界だった中別府さんにとって、SIPの異分野混成チームへの参加はとても新鮮な経験だった。

「MEMSの主流はシリコンベースの技術ですが、今回の経験から、それを一般的な機械に適応する技術へ拡張できると実感しました。SIPの研究環境は大学の一研究室内で完結する研究とはまったく違いました。エンジンという異分野で用いられるセンサーの開発には戸惑いもありましたが、それ以上に得られたことが大きかったです」。

このプロジェクトによって、中別府さんは従来のMEMS技術の枠を超えた新たな展開の可能性を感じ、ロボティクスへの応用など次なる挑戦を模索し始めている。

TEXT：萩谷美也子／PHOTO：浅賀俊一（p12上2点）／編集協力：小野寺勝（環境エネルギー研究開発推進部）

1 開催報告

日本科学未来館

日本科学未来館で「世界科学館サミット2017」を開催

「世界科学館サミット2017」が11月15日～17日までの3日間、日本科学未来館で開催されました。

世界科学館サミットは3年に1度開かれ、科学館が果たすべき役割について話し合います。今回はアジアで初の開催となり、「世界をつなぐ−持続可能な未来に向かって」をメインテーマに、科学館の枠を超えて、研究機関や企業、行政など98の国と地域から828名の参加がありました。新たな科学館の役割や行動指針を念頭に、気候変動やエネルギー問題、感染症、サイバーセキュリティー上の脅威など、解決すべき地球規模の課題について意見を交わしました。また、教育格差、女性の地位向上、若者の支援など、科学館が地域の拠点として関わることができる課題についても多くのセッションが行われました。

世界の科学館が同じ目標をめざすことは大きなインパクトを持ちます。今回のサミット開催にあたり、科学技術への市民参加を促すために2014年にベルギーで採択された「メヘレン宣言」をより実践的に展開していくための「東京プロトコール」が合意されました。「東京プロトコール」は、国連の持続可能な開発目標（SDGs）達成に向けた市民参加を進めることを、世界の科学館における今後3年間の行動指針として宣言したものです。初日に行われた特別セッションでは、世界各地域(北米、ヨーロッパ、北アフリカおよび中東地域、ラテンアメリカおよびカリブ海地域、南アフリカ地域、アジア太平洋地域)の科学館代表者が、各地域でSDGs達成のためにどのような課題にどう取り組んでいくかが発表されました。

また、本サミットのテーマや「東京プロトコール」と連動し、一般来館者に向けた展示も制作しました。「ビューティフル・ライス～1000年おいしく食べられますように」(1月8日にて展示終了)では、日本をはじめアジア地域の食文化を支える「米」を切り口に、循環型の米作りを読み解き、未来に続く「おいしい」のために科学技術をどのように使うべきかを展示しました。「もうえらべない？ 地球Sold Out！～SDGs×未来逆算思考～」(1月8日にて展示終了)では、SDGsの1つである「海の豊かさを守ろう」を取り上げ、寿司ネタを例に私たちの消費行動と水産物生産の背景にある課題について紹介しました。

次回の世界科学館サミットは3年後、2020年にメキシコのMIDEミュージアムにて開催され、行動指針「東京プロトコール」の実践が評価されます。

世界科学館サミット2017のホームページ：https://scws2017.org/jp/

ゴードン・マクビーン氏（国際科学会議（ICSU）会長）による招待講演。

セッション「世界情勢と科学館が果たすべき役割」。

セッション「科学館とグローバル・サステナビリティ―具体的なプランは？」。

「もうえらべない？地球Sold Out！～SDGs×未来逆算思考～」展示の様子。

「ビューティフル・ライス～1000年おいしく食べられますように～」展示の様子。

各地域の科学館代表者による特別セッション。

2 研究成果

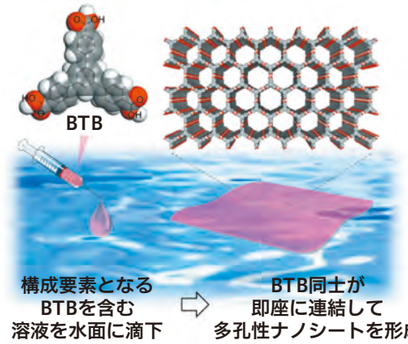
戦略的創造研究推進事業さきがけ
研究領域「分子技術と新機能創出」
研究課題「液相界面を利用した高配向性機能分子膜の創製」

分子を積み木に見たて水面上で高精度なナノシートの作製に成功

機能材料や電子機器の開発では、より軽くより薄くといったニーズの他に、省資源化が望まれています。厚さが数ナノ～数十ナノメートル（1ナノメートルは10億分の1メートル）、横方向のサイズはその数百倍以上という特徴を持つナノシートは、究極に薄い機能材料として注目を集めています。しかし、従来の作製法では、高温高圧下でのマクロ材料の合成、剥離をはじめとする多くの工程が必要で、作製に数日かかり、ナノシートが劣化するなどの問題がありました。

大阪府立大学大学院工学研究科の牧浦理恵准教授らは、常温常圧下で水面上に有機分子の溶液を滴下するという極めて簡単な方法で、形と大きさが揃った細孔を持つ多孔質のナノシートを作製することに成功しました。用いた分子は1,3,5-トリス（4-カルボキシフェニル）ベンゼン（BTB）と呼ばれ、疎水性の中心部と、親水性のカルボン酸が周囲に配置された平らな三角形の構造を持っています。この分子を積み木に見たてると、同じ形の積み木が連結することで、規則正しく穴が空いたシートができ上がります。このナノシートは水面で凝集することなく安定に存在し、多孔質構造を保持したまま用途に応じてさまざまな基板に転写することが可能です。

今後は、高性能な分離膜や有機薄膜太陽電池への応用展開に加え、簡単で低エネルギーのプロセスであることから、持続可能社会の実現や環境問題への貢献が期待されます。



水面における多孔性ナノシート形成の概略図。

3 研究成果

イノベーションハブ構築支援事業
ハブ名「「攻め」の防災に向けた気象災害の能動的軽減を実現するイノベーションハブ」

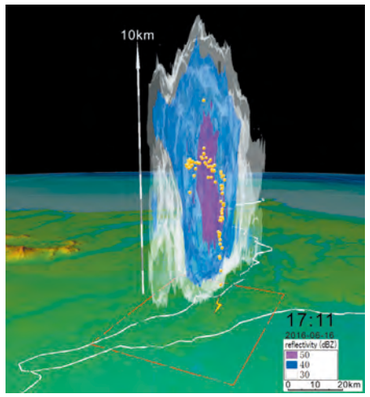
雷放電経路3次元観測システムによる雷の試験観測を開始

落雷は、停電や火災の原因になるほか、電子機器や交通システムなどに被害を与えるので、いつどこで落雷があるかを正確に予測することは非常に重要です。

防災科学技術研究所は、これまでXバンドMPレーダーを用い、雷雲の中の上昇気流や、ぶつかって静電気を帯びる氷の粒の有無を判断し、雷の発生状況と比較して雷の危険度を評価する手法の開発に取り組んできました。さらに高度化するため、落雷位置に加え、雲内や雲間の放電（雲放電）を含めた雷の放電経路を正確に把握することができるライトニング・マッピング・アレイ（LMA）センサーをそなえた雷放電経路3次元観測システムを構成し、雷の試験観測を開始しました。

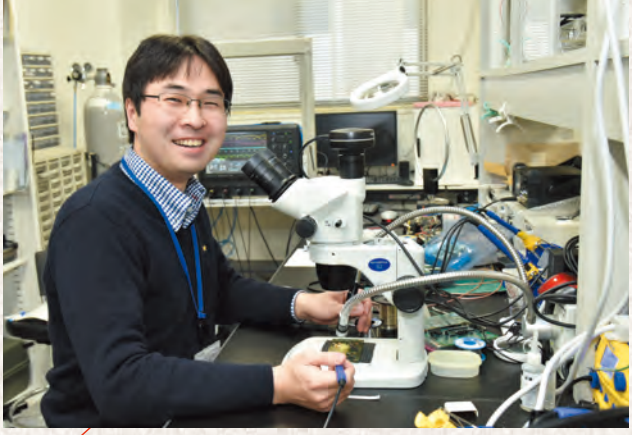
このシステムは、落雷や雲放電によって放射された電磁波を受信し、到達時間の差によって放電位置を決定し、3次元的な放電経路情報（緯度、経度、高度、時刻など）を得るものです。北関東各地で激しい雷雨となった2017年6月の茨城県南部や、花火大会が中止された同年8月19日の世田谷区周辺の観測結果から、LMAセンサーにより、落雷位置だけでなく、雲放電を含めた雷の放電経路を見逃さず3次元的に把握できることが明らかになりました。

今後、LMAセンサーを4台追加して首都圏に12台配置する予定です。XバンドMPレーダーなどのデータとの比較解析による雷危険度予測手法の研究開発を進め、雷発生メカニズムの解明や危険度予測手法の社会実装をめざします。



2017年6月16日17時11分の雷放電経路と雷雲のレーダー反射因子の3次元分布。赤色の四角の範囲の雷放電経路と雷雲を抜き出して表示している。LMAで標定された雷放電位置を橙色の球で、落雷位置を黄色の稲妻印で示す。レーダー反射因子のデータは日本無線株式会社から提供いただいた。地図情報は国土地理院地図（色別標高図）を利用した。

さきがける科学人 vol. 69



Yoshida Shinya

吉田 慎哉

東北大学 大学院工学研究科 特任准教授

埼玉県生まれ。2003年 東北大学工学部機械電子工学科卒業。08年 同大学院工学研究科博士課程修了。博士（工学）。東北大学原子分子材料科学高等研究機構助手、同助教を経て、15年より現職。直径10ミリメートル程度の錠剤サイズの飲み込み型センサーを試作した。「好奇心と行動力が持ち味です。研究者たるもの文化的なたしなみが必要と、バイオリンを習ったことも」。

胃酸発電センサーでさりげなく体内を探る

健康や生活の質に重要な深部体温

「深部体温」という言葉を聞いたことがあるでしょうか。体の内部の温度のことで、健康や生活に大きく関わっています。深部体温は本来、1日の中で規則正しく変動するのですが、リズムが乱れるとうつ病や認知症など、病気のリスクが高まることもあります。しかし日常的に深部体温を測定できればさまざまな病気の兆しや体調の変化が確認できます。深部体温リズムは、消防士などの酷暑の環境で作業する人の事故の防止のほか、スポーツや学業の成績との関係も指摘されているので、生活の質の向上にもつながるのです。

深部体温は現在、体温計を肛門に挿して測定されていますが、飲み込み型の小型体温計があれば、手軽に日常的に体温を測ることができます。海外では小型電池を搭載した飲み込み型の体温計が実用化されています。しかし電池があると機器は大きくなり、体内で電池が露出した場合、臓器が損傷する恐れがあります。また、環境への影響からトイレに流すことができず、手軽に使えるものではなく、結果的に日本では認可されていません。

そこで現在、いわゆる一般的な電池を使用せず、胃酸で発電した電気を蓄電して利用し、生体情報を測定して体外に通信する、飲み込み型センサーの研究開発をしています。酸性の果実であるレモンに電極を挿して電池にする実験をしたことがある人もいると思いますが、これと同じ原理です。機能だけでなく飲みたくなるような見た目や量産のしやすさ、価格なども重要なので、さまざまな分野の人との連携を模索しながら試作を重ねています。東北で吉田という研究者が面白いことをやっているぞ、と認識されるような成果を出そうと、奮闘しています。

医療関係での需要は予想していたのですが、展示会で障害者スポーツに関わる方に声を掛けられました。手や足を失ってしまった方は、体表の面積が少ないため熱中症になりやすい。脊髄損傷者の多くは、体温調節機能自体を失っている。深部体温を手軽に測れればより安全に競技ができるので、早く実用化してほしい、と言われました。思いもよらない分野の方に声を掛けられ、考えていた以上に幅広く役立てられることがわかり、大きなやりがいを感じています。

研究者としての夢と人としての夢

学生時代からの専門はMEMS（微小電気機械システム）です。特に研究者をめざしていたわけではなかったのですが、卒業研究が論文になり、海外から問い合わせのメールが来た時に、実験室という狭い世界にいると感じていたのに実は世界とつながっているということを実感し、研究を続けたいと思いました。

ただ、順調に研究に没頭してきたわけではありません。大学院のある時期、研究に集中できず、すがるような思いで哲学や心理学、宗教、文学などの本を読みあさったことがあります。私はどちらかといえば外の世界に興味が向かう方ですが、この時期はひたすらエネルギーが内側に向いていました。これらの本には先人たちの悩み苦しんでいる姿が描かれ、人間というものが網羅されていました。理系だからと、以前は目もくれなかった人文分野がいかに大切かがわかりました。自分の引き出しを増やしてくれた経験だと思っています。

今後は、社会の役に立ち、雇用も生まれるような研究成果を1つでも多く生み出すのが夢です。また、恩師の江刺正喜先生は、研究者としてだけでなく人間的にも大変素晴らしい方です。先生のような徳のある人物になるというのが人としての目標です。

編集協力：イノベーション拠点推進部COIグループ
（TEXT：寺田千恵／PHOTO：浅賀俊一（上））

COIプログラム／COI若手連携研究ファンド

連携研究テーマ 「MEMS技術と3Dファブ技術の融合によって実現する超小型胃酸電池駆動飲み込みセンサ」

研究課題 「MEMS技術による超小型胃酸電池の作製と高密度実装技術の開発」

東北大学COI拠点では、胃酸電池駆動飲み込み型センサーの開発に挑戦しており、錠剤サイズ以下の大きさを目標にしています。このような超小型デバイスを実現するため、東北大学COI拠点の得意とするMEMS技術によって小型胃酸電池を作製し、慶應義塾大学拠点との連携研究により、高密度実装技術によって集積化することを試みています。

研究室の行事でバイオリンを披露。

リサイクル適性Ⓐ
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。
R80 古紙パルプ配合率80％再生紙を使用

JSTnews
January 2018

発行日／平成30年1月12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