

JST news

未来をひらく科学技術

10
Oct. 2014



アジアの青少年の心をつかめ
生分解プラの大量生産
「微生物工場」で成功



表紙写真

さわやかな朝のひと時、ノーベル賞化学者の根岸英一さんが中国から参加した高校生たちと朝食を共にした。忙しいスケジュールをぬって来場した根岸さんは、主催者側の紹介にこやかに応え、リラックスした表情で学生たちと同じテーブルについた。すべて英語でのやりとりだが、学生たちは食事を楽しみながら、さまざまな質問をしたり、自分たちの夢を話したりで会話が弾む。やがて人の輪が広がり、根岸さんは記念撮影にも気さくに応じていた。

CONTENTS



日本の最先端の現場で科学技術への夢を育む「さくらサイエンスプラン」
アジアの青少年の心をつかめ

3



生分解プラの大量生産「微生物工場」で成功
土肥理事長とカネカ、24年の苦闘の成果

8



明日へのトピラ vol.18
100年もつコンクリートで復興支援
日本製紙石巻工場の石炭灰を再利用する

12



TOPICS
エボラウイルスはどこから来るのか？ 感染経路解明・診断法開発に挑む、ほか

14



さきがける科学人 vol.30
粘菌の動きで問題解決！
東京工業大学地球生命研究所 青野 真士 准教授

16

統合的に研究開発を進める環境づくり

JST 理事長 中村道治

教育と研究、科学技術イノベーションを一体的に推進する取り組みとして最近期待されているのが、大学等におけるオープン・イノベーションのための拠点づくりです。JSTでも、昨年より文部科学省と連携して、COI (Center of Innovation) を全国の大学に構築してきました。今後、研究開発法人にも展開するとともに、府省連携の場としても活用したいと考えています。

これらの拠点では、さまざまな異分野の研究を融合し、わが国の新たな富の源泉とされる革新的なシステムやサービスの実現を目指した「統合型研究開発」を進めます。このために、社会実装を目指したシ

ステム化研究、基礎科学の知見を実用可能な技術に統合する実現化技術研究、新たな知識基盤を生み出す基礎研究を一体的に進めることが重要です。

海外の先例として、米国NSFでは、国際競争力強化を目指して1985年から続くERC (Engineering Research Center) プログラムで、全国の大学に研究開発拠点を設置し、統合型研究の手法で包括的に前競争的研究開発(企業が製品開発を競う前の段階で、共通の研究基盤を共同で開発するもの)に取り組んで成果を上げてきました。人材育成にも特に力を入れてきています。

わが国の拠点づくりでは、NSFのモデルを参考にしつつ、産業構造の変革の加速や大学等の成果の産業界への迅速な橋渡しのために、産業界が能動的に参加することを特徴としています。また、自然科学と人文社会科学との連携をはじめとする分野融合や縦割り文化の解消を通じて、大学等の改革に貢献することを期待しています。

これらの拠点が、統合型研究から生まれた技術や人材を蓄積し、オープン・イノベーション拠点として持続的に成長するように支援していきたいと考えています。



日本の最先端の現場で科学技術への夢を育む「さくらサイエンスプラン」

アジアの青少年の心をつかめ

科学技術を架け橋にして日本とアジアの若者たちの交流を深め、アジア全体で優秀な研究者や技術者を増やそう——との「日本・アジア青少年サイエンス交流事業（さくらサイエンスプラン）」がスタートし、将来の科学技術を牽引するアジアの青少年が日本を訪れた。各地で最先端の研究開発現場に触れるとともに、日本の一流科学者や大学生、高校生らと交流し、それぞれに科学技術への夢を膨らませた。

成長するアジアの若者を短期招待

日本とアジア各国との経済的なつながりは密接になっているが、国民同士の理解となるといまひとつ。特に中国、韓国とは難しい関係が続いてきた。

「日本と中国の関係をより良くするために、若い人を呼んで、仲良くなる機会をつくらうという発想がきっかけです」と話すのは、このプランの発案者の1人、私立武蔵学園（東京）の有馬朗人学園長だ。JST 中国総合研究交流センターのセンター長も務める。

「これまで、世界の中心はヨーロッパやアメリカでしたが、いまや人口規模や市場の大きさ、生産活動のパワーなどから、アジアが中心になる時代がきています。これからのアジア文化圏づくりを考えたいのです」と有馬さん。アジア諸国が協力して、次の世界を牽引するには、各国の若者がお互いを知ることが肝心だ。中国だけでなく、東アジア全体に枠を広げ、日本が得意とする科学技術を通して人材交流や日本への留学の機会を増やし、若い研究者や技術者の来日につなげようと計画した。

有馬さんは、日本の中学生を中心に科学の面白さを伝えるユニークな夏季合宿を実施してきた。一流の研究者が独自の発想で実験や講義をするもので、海外の中学生も招待している。日本と海外の中学生が楽しみながら、仲良くなる様子をつぶさに見てきた。

「さくらサイエンスプランに参加する若者は、単に日本の科学や文化を知るだけでなく、積極的に人脈を広げることでしよう。日本の若者にも外国人と交流する機会をつくりたい」。原子核物理学者である



「高校生特別コース」の最終日、修了証を手にした各国の生徒たち。

有馬さん自身、若い頃から海外の研究者との幅広い人脈を持ち、共同研究や議論でずいぶん助けられた。

「科学の世界の共通語は英語。お互いにわかり合うには英語力が必要です。日本人の多くは英語が苦手ですが、アジアの若者は小学校から英語に親しんでいて上手です。日本人もヒアリングさえ鍛えれば十分通じます。触発されてどんどん英語で交流してほしいですね」と語学の壁を乗り越える必要性も訴えた。

「国同士は複雑で簡単にはいかないことがあります。若者同士が友達になるのは簡単です。みんなで友達になって文化や研究などさまざまな交流がもっと進

めば、国ごとの考え方の違いを実感でき、国同士の親交も深まるのではないのでしょうか」と草の根のつながりの大切さを説く。今回は東アジアから始めたが、次はインドを含めアジア全域に広め、将来は世界中の若者の交流の場にしたいとの夢を持っている。

急ピッチの準備で大きな反応

このプランでは、中国と韓国、台湾、モンゴル、ASEANを合わせた14の国や地域から、年間約2千人の青少年を招待するのが目標。北海道から九州まで各地の大学や研究機関、企業などが立てた交流



産業技術総合研究所でロボット「パロ」に興味津々。



有人潜水調査船「しんかい6500」の実寸模型の迫力に目を見張る。



慶應義塾大学マニファクチャリングセンターで加工機の仕組みなど次々と質問。



理化学研究所バイオリソースセンターで作業を体験する高校生。



東京大学生産技術研究所では、最新科学技術を3Dプリンターなどで形にする研究に触れた。

計画に基づいて、費用を支援する。夏休みなどを利用した短期の滞在を想定している。準備期間はわずか3カ月と短かったため、国内機関から魅力ある企画が集まるかどうか不安があったが、1次、2次の2回の募集で、合計500件を超える応募があり、人数は申請ベースで5,700名近くに上った。

公募の枠は3種類。学校や企業が1週間程度青少年を受け入れて、特別講義や研究室を案内する「科学技術交流活動コース(Aコース)」。「共同研究活動コース(Bコース)」は、大学や企業が大学生や大学院生、若手研究者と最大3週間にわたって共同研究をする。「企画活動コース(Cコース)」は、教育研究機関以外の団体が企画し、大学や企業の研究室、科学館などを1週間程度の短期間で紹介する。地域に根ざした財団法人や社団法人が多いが、第2次募集では自治体による企画も採択された。

日本大学が台湾・国立中興大学から招いた学生15人と教授2名が7月2日に日本に到着したのを皮切りに、続々とアジアの青少年が来日。さまざまなプログラムが動き出した。

科学の現場に目を見張る

公募とは別に、JSTは独自に「高校生特別コース」を企画、3回に分けて9カ国から300人近くを招いた。それぞれの名門校で選抜された生徒や科学コンテストの入賞者など優秀な高校生ばかりだ。

1週間の滞在で、研究機関や大学、科学館などを訪問したほか、ノーベル賞受賞者をはじめとする一流科学者の特別講義を受講した。

宇宙航空研究開発機構(JAXA)の筑波宇宙センターや海洋研究開発機構(JAMSTEC)などの研究機関では、実物大の人工衛星や本物のロケットエンジン、海洋探査機を見上げては、感嘆の声をあげた。花王ミュージアムや日本科学未来館などの科学館も見学した。都内の大学では、触媒や半導体、スーパーコンピューターなどの先端研究に取り組む教員や大学院生の説明に目を輝かせ、熱心に質問をした。白川英樹さんや益川敏英さんらノーベル賞受賞者の講義では全身を耳にして聞き、同席した日本の高校生と賑やかに食事を囲んだ。見学や講義の合間には、日本の文化や観光も大いに楽しんだ。

フィリピンから参加したフランチェスカ・マリー・ラグロサさん(16歳)は、「特に日本科学未来館の展示がすばらしかったです。ASIMO(二足歩行ロボット)の精巧な動きにはびっくりしました」と声を弾ませた。ベトナムから参加したバム・ファン・マイさん(16歳)も、「東京大学はとてもアカデミックな雰囲気、大学院生などと話ができたのがうれしかったです。日本科学未来館での元宇宙飛行士の毛利衛さんの講演で、宇宙の不思議や素晴らしさを聞いて、とても興味がわきました」と目を輝かせる。

「高校生たちに付き添っていて感じたの



は、先々で最先端の科学技術をしっかり理解して感動していたことです。お互いによく交流していたのが印象深かったです」とJSTのスタッフも手放して評価した。

ノーベル賞受賞者を 囲んで朝食

ノーベル化学賞を受賞した根岸英一さんの講演と朝食会では、根岸さんがこやかに同じテーブルの高校生に話しかけると、たちまち打ち解けて、生活や研究の話題で盛り上がった。根岸さんは50年前に渡米し、有機化学合成の研究で大きな成果をあげた。特別講義では、ノーベル賞受賞につながったクロスカップリング技術の発見までの苦労を中心に話した。さらに、科学者としても人間としても大切なこととして、“ABC”をあげた。「Aは何事にも野心的に取り組むAmbition、Bは基礎を重視するBasic research、そしてCは創造力のCreativityでもあり、触媒のCatalystでもあります」。高校生たちはユーモアあふれるメッセージに耳を傾け、あるいは質問をし、日本のトップレベルの科学者との交流を堪能した。

根岸さんは「高校生たちの知性の高さをひしひしと感じました。例えば、想定している化合物の構造の決め方など、研究のポイントを鋭く突いた質問をたくさん受けました」と大きな手応えを感じ、この

取り組みをこれからも応援していきたいとほほ笑んだ。

将来は日本で学び 研究者になりたい

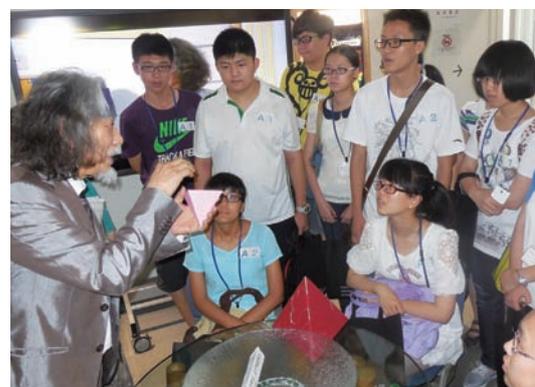
8カ国の高校生が参加した報告会と送別会には、すっかり打ち解けた生徒たちが色とりどりの民族衣装や制服姿で集まった。各国の大使館からのゲストなどが見守る中、代表に立った生徒らは1週間を振り返り、体験の感動や感謝の気持ちを口々に話した。

たくさん有名な科学者に会えたことや大学の研究室などを見学したことについては「自分の目で見られたことが良かった」、「日本の科学技術システムはすごい」、「好奇心を刺激された」と手放しの喜びよう。また、新宿や原宿に出かけたことにも触れ、「東京の街はとてもきれい」、「出会った人はみな親切だった」と口をそろえた。

インドネシアのフィハルシャ・アウリア・アクバルさん（16歳）は、「進んだ科学技術と将来展望について多くを学んで、たくさん交流もできました。インドネシアがもっと発展するようこの経験を生かしたい。後輩たちが同じように学ぶ機会をもてるよう、日本とインドネシアで協力してほしい」と希望し、日本語で「いろいろお世話になりました。ありがとうございます

す」と締めくくった。またタイのタヌ・ジュムルスアナサンさん（16歳）も「授業から世の中のものを見方を学ぶことができた。将来、日本で一緒に過ごしたみんなと研究したい」と研究者になる夢を語った。韓国のリー・ジュンさん（17歳）は、「これまで将来の夢は何も持っていなかった私ですが、日本に来たことで変わりました」と話し、会場からは大きな拍手がわいた。

引率した先生からは、「プログラムは学生にとって、とても役立つものだった」、「若者が職業を選ぶ際のきっかけになる



秋山仁教授が挨拶代わりに立体を使った数学マジックを披露、歓声が上がった。



高校生に歩み寄って問いに耳を傾ける有馬さん。



有機EL素子をつくる実験を指導して回る白川英樹教授に、高校生たちは熱心に質問を繰り返した。



日本科学未来館の毛利衛館長は、国籍を越えた研究者の連携の大切さを語った。



連絡先を交換し合う生徒たち。すっかり仲良しに。



送別会では各国の歌や踊りが披露された。写真はタイの踊り。



日本の高校生を交えた昼食交流会の様子。



最終日には、感想を発表した。

との感想が出た。モンゴルの引率者アルタンゲレル・エンクセセクさんは、「みんなわくわくしましたか?」と高校生たちに話しかけた後、「日本ではたくさんの方が学べることを知りました。参加できて大変幸運です」と日本の科学技術や教育を高く評価した。

JSTの高橋文明上席フェローは「このプログラムをもっと良いものにして長く続けたいので、たくさんの意見を寄せてほしい。母国の皆さまにもこの経験を広めていただき、ぜひまた日本に来てください」と締めくり、修了証が渡された。パーティーでは歌や踊りが披露され、ひととき国際色豊かな時間を楽しみながら、別れを惜しんだ。

中国から届いた感謝の言葉

「高校生特別コースが何とか無事に終了し、参加してくれた人たちや関係者の皆さんに感謝しています」と話すのは、JSTの沖村憲樹特別顧問。さくらサイエンスプランの発案者の1人で、有馬さんとともに実施に向けて東奔西走した。「何度も足を運んだ甲斐あって、中国政府の科学技術部（日本の省に相当する）からも全面的な協力が得られました」。同部国際交流合作司の陳担当課長からは、「今

回の活動は大成功で、皆さまのご尽力に感謝します。多くの優秀な中国学生が日本について理解し、未来の中日交流の重要な力となったことでしょう。（中略）今後一緒に企画に力を入れていきましょう」とのお礼が届いたという。

「この言葉には、実施して本当に良かったと胸が熱くなりました。日本に来た外国人はみんな日本を好きになってくれます。若いうちに日本の科学や文化を知ってもらうことは大切です。でも、この取り組みがアジアの発展につながるまでは時間がかかるでしょう。何よりも粘り強く、長く続けたいので、まずは10年くらいの継続を目指すという。

「このプランは、私たちがアジアに尽くすという気持ちで進めています。お互いを思いやりながら、親身になってもてなしをしています。草の根での交流の輪が広がるよう、協力してくれる拠点をもっと増やしていきたい」と来年に向けてさらなる意欲を語った。





バラエティに富んだ 公募企画

科学技術交流活動コース

A

環境対策について、とことん見て、聞いて、議論した1週間（金沢大学）

中国、タイ、カンボジアの大学生と大学院生13名は、7月31日から金沢大学の学生とともに1週間の交流プログラムに参加した。もともと、中国の清華大学と隔年で実施していた交流をこの機会に拡大し、参加者も内容も大幅に充実できたという。

初日、大学で開催された「第2回アジア環境・エコ技術と政策に関する国際シンポジウム」では、メンバー自身もポスターで発表し、学生や研究者と活発に討論した。

また多くの環境関連施設を巡り、日本の

日本各地から寄せられた企画では、高校生だけでなく、多くの大学生や大学院生、若手研究者などが来日、交流を深めた。

辰巳ダムを見学。



日本の学生たちも交えてグループ討論。専門用語の英語にやや苦戦しながらも、充実した時間を過ごした。

共同研究活動コース

B

アジア各地の食品を分析、食の安全性や文化を学ぶ（香川大学）

香川大学大学院農学研究科では、7月15日から20日間、タイ、中国、インドネシア、ベトナムの学生と若手研究員の8名が食の安全管理、機能分析、評価技術などを学んだ。以前から留学生や海外の若手研究者などへの食の安全や分析法などの教育に力を入れてきたが、さらに広い共同研究や学生交流を目指した。

一行は、まず同大学発の成果である希少糖の生産ステーションを訪問。自然界にわずかしかなない各種の糖類を大量生産する技術を開発し、医薬品などへの応用を進める現場から、食品の機能や価値を見出す研究について学んだ。伝統の製法を守る醤油やそうめんづくりの工場では香川県ならではの食文化に触れ、科学館で日本の食品技術も見学した。

日程の大半は、研究室で手を動かした。熱帯植物を使った機能性食品素材の開発や食品の安全分析法の体験学習、ナノレベルの乳化による食感の改善、乳化剤の開発基礎研究、成人病予防食品の開発など、今後の共同研究につながりそうなプログラムが多い。

「ハードなスケジュールだったが、研究の一端に実際に触れることで学生たちに深く興味を持ってもらえました。日本側の研究者それぞれの専門分野を生かしたきめ細かい指導が良かったようです。私たちも、宗教的な理由による制限など、食習慣や文化の違いへの認識が深まりました。お互いにたくさんのお話を学びました」と田村啓敏教授は話す。交流のなかったベトナムの大学とつながりも生まれ、その後も参加者たちと親交が続いているという。

そうめん作りを体験。



各国から持ち寄った食材の成分分析に取り組む参加者。

企画活動コース

C

東日本大震災からの復興状況を知り、最先端医療にも触れる（東北大学大学院医学系研究科・東北多文化アカデミー）

留学生を支援する財団と大学の連携で、中国、韓国、タイ、ベトナム、インドネシアの13の大学や研究所に所属する大学院生や若手研究者など30名を招いた。

東北大学の東日本大震災からの復興の現状を知ってもらうとともに、最先端の研究と医療に触れてもらい、東北大学への留学生を増やすことがねらい。8月17日から10日間、研究室で実習を体験するとともに、臨床訓練などの大学施設や被災地の病院などを見学した。現場の医師や研究者の親身できめ細かい対応に感銘を受け、「中国の大学にも優れた医療機器がたくさんあるが、

実際に使えるのは少数の熟練者だけ。日本では多くの医師や技術者がさまざまな機材を使いこなしている」と驚く声も上がった。

今回の企画を通して、アジア諸国には日本での短期研修を熱望する若者が想像以上に多いことがわかった。「留学生の目がなかなか東北地方に向かない中、今回の参加者から東北大学を留学先に選ぶ学生も出そうだと手応えを感じています。来年度以降も応募し、より内容を充実させながらアジアの優秀な若者を対象とした短期研修を継続していきたくて」と財団の虫明美喜理事はいう。



被災地の医療復興と健康支援に取り組み、東北初の次世代医療の実現を目指す東北メディカル・メガバンク機構（東北大学）を訪れた学生たち。

生分解プラの大量生産 「微生物工場」で成功

土肥理事長とカネカ、24年の苦闘の成果

プラスチックは製品として米国で約100年前に誕生した。日本で日用品として出回ってから半世紀になる。軽くて強く、加工が簡単で使い易いなど、メリットが多い。しかし原料として石油資源を大量に消費することや、自然界に廃棄物として長期間残存し、たくさんの生物に害を及ぼしてしまうことが大きな問題になってきた。これらを解決すると期待されるのが「微生物工場」による生分解性プラスチックの大量生産技術。その裏では微生物を相手に実用化への苦闘の日々が続いた。生分解性プラスチックが、地球生命圏の救世主になる日は来るのだろうか。



カネカ高砂工業所にあるPHBHの実証設備

生分解プラ 年間1,000トン生産に成功

生分解性プラスチックは土や水中の微生物によって分解できる。その製法には、化学合成によるもの、微生物を利用するもの、植物など天然物に由来するものがある。なかでも早くから研究されてきたのが、糖や植物油を微生物に食べさせてつくる方法である。微生物の中には、エネルギー源として体内にプラスチック（ポリエステル）をため込む性質がある

ものが知られていた。

微生物を利用した生分解性プラスチックの研究を、世界に先駆けて推し進めてきたのが、高輝度光科学研究センター（兵庫県佐用郡）の土肥義治理事長だ。土肥さんとともに、植物油脂から微生物がつくる生分解性プラスチックの実用化に取り組んできた化学メーカーのカネカ（大阪市）が大きな成果をあげた。軟らかくて熱にも強い生分解性プラスチックPHBH（3-ヒドロキシブチレート-co-3-ヒドロキシヘキサノエート重合体）を年間1,000トン生産することに世界で初めて成功したのだ。

生分解性プラスチックとしては、トウモロコシやサトウキビなどのデンプンからつくるポリ乳酸がよく知られている。しかし、ポリ乳酸は硬くて熱にも弱いため扱いが難しく、応用範囲も限られていた。PHBHのような柔軟性のある生分

解性プラスチックの大量生産技術が開発されたのは世界でも例がない。

海のプラごみ汚染に 心を痛める

土肥さんが生分解性プラスチックの研究を始めたのは、ちょうど30年前のこと。

「私はもともと化学合成が専門ですが、大学で助教授になったときに、化学産業と地球環境の調和を目指す部門に所属しました。新しい研究テーマを探していて、合成繊維のポリエステルをつくる微生物がいることを知り、とても新鮮に感じました。そこで微生物を使ってプラスチックをつくる研究を始めたのです」ときっかけを話した。

実はもっと個人的な思いもあった。「私の趣味は海釣りで、分解されないプラスチック製の釣り糸が海洋生物に害を与えていることに心を痛めていたのです。何とかしたいと思いました」。

土肥 義治 どい・よしはる

公益財団法人高輝度光科学研究センター理事長・
東京工業大学名誉教授

1969年、東京工業大学理工学部応用化学科卒業。71年、同大学院理工学研究科修士課程修了。72年、同博士課程中退、同大学工学部化学工学科助手。84年、同大学資源化学研究所助教授。このころより生分解性ポリエステルの微生物合成の基礎研究を始める。92年、理化学研究所高分子化学研究室主任研究員。2001年東京工業大学大学院総合理工学研究所教授。理化学研究所理事、同社会知創成事業本部長などを経て、2013年6月より現職。



広がるプラスチックの海洋汚染

ペットボトルから食器、おもちゃ、自動車、コンピューター、ボールペンにいたるまでプラスチック製品は年々増加しており、世界全体の生産量は年間2億トンに上る。このうち数百万トンが海に流出していると見られ、海は化学物質の最終到着地になっている。

国連環境計画 (UNEP) によると、プラスチックなど海に投棄されたり流出したりするごみが、毎年100万羽以上の海鳥と10万頭に上る哺乳動物たちの命を奪っている。実際に死んだウミガメやイルカなどの胃から、ビニール袋やプラスチック製のボトルキャップ、発泡スチロールなどが多数発見されている。海中ではこうしたプラスチックが、餌になるクラゲやイカのように見えるために、魚や哺乳動物が飲み込んでしまうと考えられている。

プラスチックは何十年も分解されないが、陸上で風化して微粉末化し海に飛散したり、海中で小さく砕けたりした微細な破片はプランクトンに取り込まれ、その体内からも見つかっている。

またペレット状のプラスチックには、農薬のDDTやPCB (ポリ塩化ビフェニール) などの毒性の強い物質を引き寄せる性質があり、北太平洋などのごみの集積場を中心にプラスチックごみによる複合汚染が進んでいると、世界の海洋環境の研究者が警鐘を鳴らしている。

「研究を進めるに従って人工のプラスチックは合成法によって性質が異なるのに、微生物は100%立体的に規則性のあるものをつくると気づいたのです。これには感動しました」。

微生物を使ってプラスチックをつくらうとしても、有用なものはほとんどできなかった。土肥さんのグループは、1987年に硬いプラスチックから軟らかいゴムまで幅広い樹脂をつくれる微生物を発見した。先進的な研究に多くの企業から声がかかり、共同研究が実現した。その中の1社がカネカで、1990年から共同研究に着手することになった。

その2年後、カネカの植物油工場の敷地の土壌からPHBHをつくる微生物を発見した。これまでの微生物とは違う新種で、生分解性プラスチックの持つ可能性が広がると期待された。

だが、そう簡単な話ではなかった。「微

カネカ高砂工業所にて。写真左から

松本 健 まつもと・けん

カネカGP事業開発部 生産技術グループリーダー

山田 和彦 やまだ・かずひこ

執行役員 同開発部長

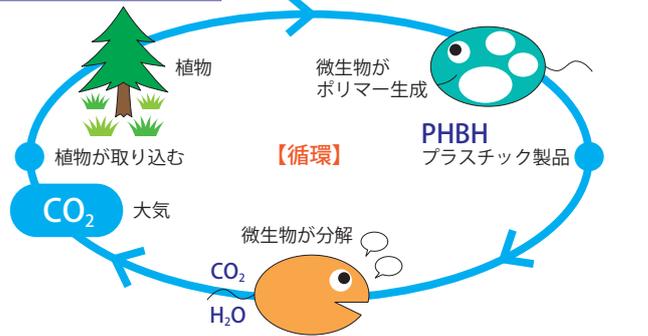
三木 康弘 みき・やすひろ

同総括グループリーダー

藤木 哲也 ふじぎ・てつや

同将来技術グループリーダー

生分解プラスチック



従来のプラスチック



PHBHと従来のプラスチックのライフサイクルの比較

PHBHは植物油脂を原料として微生物が産するプラスチックであるため、使用後は微生物により二酸化炭素と水に分解され、自然へ還る。分解されたときに生じる二酸化炭素は植物体の炭素に由来する。化石燃料の燃焼等によって排出される二酸化炭素とは意味合いが異なり、環境中で循環していると考えられる。一方、従来のプラスチックは化石燃料を原料とし、環境中で分解されない。焼却や埋立てで廃棄されるため、環境への負荷が大きい。

生物が体の中にプラスチックをため込むのは、人間でいえば脂肪をためるようなものです。肥満であるほど理想的なのです。野生の微生物には制御機構が働くため、体重の30%くらいまでしかプラスチックを蓄えられません。これでは効率が悪く、コストが高くなってしまふ難点がありました」。

土肥さんは理化学研究所に移り、分子生物学の手法も取り入れて研究を進め、1997年に遺伝子組み換えによってPHBHを体重の90%近くまで蓄えることのできる微生物づくりに成功した。

微生物の改良・培養や用途開発で難産

科学の研究ならこれで一件落着となるが、実用化となるとまだまだ越えなければいけない問題がたくさんあった。

カネカで微生物の改良や培養技術を研究している藤木哲也さんがこの研究に参加したのは2000年以降のこと。

「その頃は、微生物からつくったプラスチックは硬質のものが多く、ほかの生分解性プラスチックとの差別化ができないという問題がありました」。



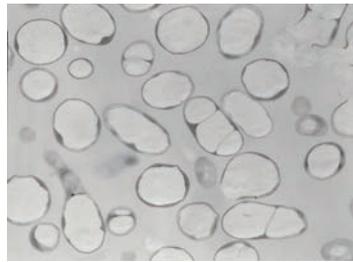
PHBHは炭素数4のヒドロキシブチレートと炭素数6のヒドロキシヘキサノエートという2つの物質の組み合わせでできている。このうちヒドロキシヘキサノエートの割合が高くなると軟らかいPHBHができるため、微生物の遺伝子の改良や、適切な培養条件を懸命に探した。

この間、日用品の製造メーカーと共同で開発を進めるなど、PHBHは着々と事業化への道を進んでいるように見えた。だが、2006年にその日用品メーカーがPHBHの開発から手を引くと、一気に苦境に立たされてしまった。用途開発を担当し、メーカーとやりとりをしていたのが三木康弘さん。

「シンガポールの医薬品の工場で、なるべく安価な生分解性プラスチックをつくらうと研究していて、多額の費用をかけていたこともあり、とても残念でした。役割分担としてはそのメーカーが用途開発を担当していたので、撤退された後は、製造から用途開発までカネカで一手に引き受けました。本来ならば用途開発は、ほかのメーカーからの提案を受けて動き出します。これまで市場になかった製品を投入して使ってもらわなければいけないので、とても大変でした」と苦しい時代を振り返った。

巨大な培養槽で初めてわかったこと

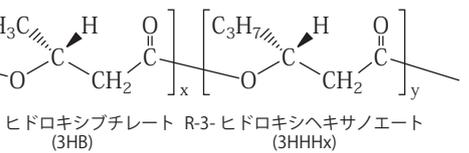
このような危機に見舞われながらも、カネカは粘り強くPHBHの生産研究を続けた。2006年に軟らかいPHBHを体内のほぼすべての場所にため込む微



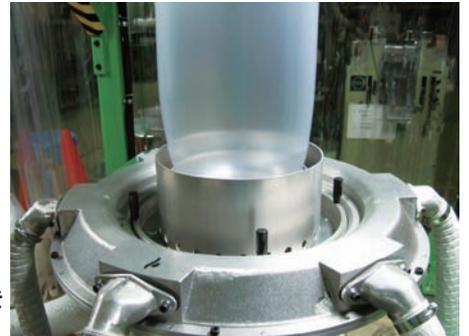
PHBHを産生する微生物

カネカが土壌細菌の一種から育種した、PHBHを高効率で生産する微生物の電子顕微鏡写真。丸い形をしているのが微生物で、白っぽい部分が体内にためこまれたPHBH。この微生物はPHBHを生産する原料として食用ではない植物油脂も使用できるため、将来的に食料用油脂と競合する恐れがない。

PHBHを原料とするシートを製造する様子



PHBHの化学構造式



生物をつくり出すことに成功した。これで弾みがつき、2009年にJSTの委託開発を利用して、PHBHの生産実証実験に着手した。この制度は大学や公的研究機関の研究成果の中で、特に開発リスクの高いものについてJSTが開発費を支援し、実用化を後押しする仕組みだ。

カネカの山田和彦執行役員は、実用化ならではの決断の難しさを語る。「実験室で開発できても、それだけでは実用化にはつながりません。実用化にはある程度大型の試験プラントを建設し、実験するために企業も大きな投資が必要になります。大型化で初めて見えてくる重要なポイントもあるので、それを乗り越えないと実用化はできません」。

この研究は、実験室では金魚鉢ほどの容器ですむ。しかし、実用段階では実験室の規模の10万倍にあたる、100立方メートル以上の巨大な培養槽を使う必要

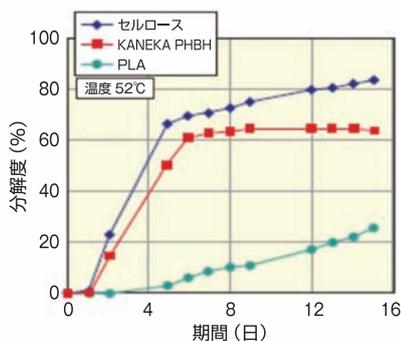
がある。容器が大きくなると当然、温度や濃度などにむらができやすくなるので、生産量や品質にも大きな影響を与える。通気、攪拌、原料の投入方法などを工夫して、培養槽の温度や濃度を均一になるように調整する。

「微生物がプラスチックをため込む理由は、飢餓状態に備える栄養源にするためです。私たちが最終的に欲しい品質のPHBHをつくるには、大きな培養槽で微生物を培養しても、実験室と変わらないようにしないとけません。そのコントロールがとても難しいのです」。

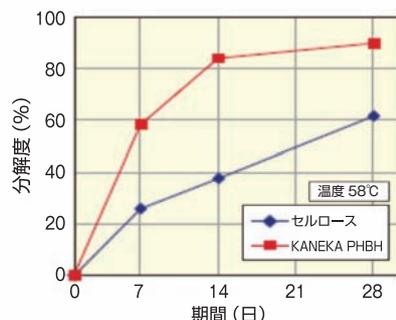
殻はがし、分離、目詰まりの難問と格闘

大型の培養槽でうまくいっても、さらに「精製」という壁がある。培養によって微生物が十分に成長し、体内にたくさんのPHBHをため込んだことが確認されると、熱処理で微生物の動きを止め、精製工程へと移る。微生物の体内はほとんどプラスチックになっていて、外側にたんぱく質や脂肪でできた殻がついている。精製工程はこの殻をはがすことから始まる。

大きく成長しても、微生物の体長は1～2マイクロメートルほどだからとても小さい。物理的にははがせないため、アルカリ性の溶剤で溶かす。精製工程の開発を担当した松本健さんは、「溶かすために、溶液の条件をきつくしすぎると、肝心のPHBHも分解してしまうので、条件の調



嫌気性条件



好気性条件

PHBHの生分解性評価

PHBHは嫌気的条件下、好気的条件下いずれにおいても優れた生分解性を持つ。



開発された農業用マルチフィルム

①マルチフィルムで覆った畑で野菜を栽培。フィルムはトラクターの後ろにつけた作業機で敷設するが、機械作業に十分に耐える強度がある。フィルムには、土中水分の蒸散防止、天候による土壌の環境の急激な変化の緩和、病害や雑草の抑制などの効果がある。②作物収穫後は土にすきこみ、分解させることができるため、フィルムをはがして回収し、廃棄する労力やコストが軽減される。

整は慎重に行いました」と語る。

しかし、それ以上に頭を悩ませたのがPHBHの固まりやすい性質だったという。「培養が終了し、微生物の殻に包まれた状態では軟らかいのですが、精製して純化していくと、次第にくっついてしまうのです。実験室のような小さな装置では問題にならないことも、工業生産レベルの大きな装置では命取りになります。これは実際に装置をつくって運転してみないと見えてこない問題なのです。委託開発で大型装置をつくって、問題点を洗い出せたメリットはとても大きかったです」。

委託開発の中では、精製中のPHBHが固まったり、配管が目詰まりすることが度々起こっていた。松本さんは長年、同社の新製品の開発や試作などにかかわってきたが、PHBHの精製を軌道に乗せる開発研究は、これまでの中で一番困難だったと話す。

「この精製は、決まった期間に必要な品質の製品を必要量だけつくることを目標に取り組みました。これほど深刻に悩む日々が続いたのは初めてのことで」と苦笑した。

農業フィルム、ボトル、ごみ袋の商業生産に目途

幾度もの苦難を乗り越え、カネカは2014年にPHBHを年間1,000トンまで生産能力を高めることができた。日本では年間約1,000万～1,400万トンのプラスチックが生産されているので、プラスチック全体からすればまだ微々たる

ものだが、微生物利用の生分解性プラスチックの商業生産に目途が付いたのは、世界でも稀なことだ。

委託開発の結果がJSTに成功と認定されたことについて、土肥さんは「ぜひとも成功してほしいと願っていた。嬉しい。カネカという優秀なパートナーにめぐり会えたことが良かった。その時々を経営陣の理解と決断も大きかったです」と目を細める。

カネカは今後、PHBHを使用した製品を提案しながら、普及にも力を入れていく。委託開発では、モデルケースとして畑の畝を覆う農業用マルチフィルムを開発した。PHBHは軟らかい素材のため、トラクターを使ってフィルムを引きながら畑に敷くことができる。収穫後に土の中にすき込む作業も簡単のため、大都市近郊の農家に急速に広がっている。土中の微生物などの分解条件にもよるが、3～6カ月ほどで分解される。最終的には二酸化炭素と水に分解され、ほかの物質は残ら

ないという (p.10左下図)。

また、天然ゴムを混ぜ合わせることで、天然由来の原料を100%使った消しごむをつくることができる。その他、ボトルやトレイ、コンポスト用の生ごみ処理袋など、さまざまな製品を開発している。

「PHBHはパンやお菓子の袋などに利用されているポリオレフィンというプラスチックとよく似ているので、この代替ができます。ヨーロッパでは石油系のポリオレフィンを使用できなくなっているため、生分解性プラスチックへの関心が急速に高まっています。これらの代役としてPHBHを広めていけたらと思っています」。山田さんは新たなビジネスの展開を期待している。

地球の生命環境にも配慮しつつ、人間の生活も便利にする技術が求められる。PHBHは、先駆的な存在として、多くの人々のもとに届けられようとしている。



PHBHを原料とする製品の数々。右下は消しごむ。

明日への
トビラ

Vol. 18

100年もつコンクリートで
復興支援

日本製紙石巻工場の石炭灰を再利用する

太平洋に面した宮城県石巻市は、東日本大震災で甚大な被害を受けた。日本製紙株式会社（本社・東京都千代田区）の石巻工場にも大津波が直撃し、壊滅的なダメージを受けたものの、完全復興を果たし、新しいプロジェクトが動きだした。工場からの石炭灰を再利用し、100年以上耐えうるコンクリート用の高品質フライアッシュを製造する。まずは被災地の建造物に利用し、強靱な社会基盤づくりを先導する。



日本製紙石巻工場内にある屋内式の貯炭場。広さはサッカーコート約1.5倍ほど。石炭はオーストラリアやインドネシアなどから船で石巻港に運ばれてくる。



新たなフライアッシュ

日本製紙と大分大学の佐藤嘉昭教授、同大学発ベンチャー企業のゼロテクノ（大分市）、東北大学の久田真教授らが取り組んでいるのは、コンクリートの長期耐久性を可能にする高品質フライアッシュ（CfFA[®]）の製造と、それによる被災地の復興支援である。

フライアッシュとは、石炭火力発電のボイラーから出る石炭灰から、電気集塵機で集められるガラス質の微粉末のこと。主な成分は二酸化ケイ素と酸化アルミニウムで、石炭灰全体の約9割を占める。

これをセメントの15～20%程度混ぜると、コンクリートの強度や耐久性が増し、美観まで高

（左）被災からわずか1年半後の2012年8月に復興した日本製紙石巻工場は、同社全体の約3割の生産量を担う基幹工場だ。煙突から立ち上るのはほとんどが水蒸気。

（下）紙の製造には大量のエネルギーを使うため、発電設備は24時間稼働する。集中制御室では、ボイラー内で石炭が燃える様子をモニターで確認できる。



められることが知られている。しかし、これまではあまり有効利用されてこなかった。原因はフライアッシュに含まれる燃え残りの「未燃カーボン」にある。

コンクリートはセメント、水、砂利などの骨材と、混和剤を混ぜてつくられる。混和剤は、コンクリートの単位水量を減らし、凍結抑制のために空気を引き込み、生コンの流動性を上げる効果を出す薬剤だが、未燃カーボンは、この薬剤を吸着し、効果を妨げてしまう。また、フライアッシュ中の未燃カーボンの含有量は発電設備の稼働状況や石炭の産地などによって大きく変動するため、フライアッシュの品質を常に一定に保つことは難しい。そのため、石炭ボイラーから排出されたフライアッシュのままではJIS（日本工業規格）で定められたコンクリート用フライアッシュ（JIS A 6201）の品質を満足できない場合もある。



大分発の技術を被災地で活用

フライアッシュの研究を10年以上続けてきた大分大学の佐藤さんは、加熱改質することで、未燃カーボンの量を1%以下に抑える技術を開発した。事業化するため、2001年にゼロテクノを設立。未燃カーボンをほとんど含まない、高品質フライアッシュを「CfFA（=Carbon-free Fly Ash）」と命名した。

ゼロテクノの岡田秀敏社長は、JSTの復興促進事業に参画したきっかけをこう説明する。「2010年ごろ、CfFAをコンクリートの材料の一部に使うと、強度が従来の1.5倍から2倍に向上することが、実験で確認できました。事業化を本格的に進めようとしていた矢先に東日本大震災が起きたのです」。

佐藤さんもこう語る。「従来のコンクリート建造物の平均寿命はせいぜい50年でした。しかし、高度経済成長期に建てられた大型建造物の劣化が叫ばれ



処理前のフライアッシュ

高品質フライアッシュ「CfFA」



処理前のフライアッシュは、未燃カーボンが多く含まれているため色が黒っぽい。CfFAをつくるには、熱処理の温度管理が重要だ。ボゾラン反応は1,000℃以上で熱すると活性を失い、650℃以下だと未燃カーボンを1%以下にすることができない。発電設備や石炭の種類にばらつきがあるため、そのさじ加減が難しい。そのため、石巻工場で使う複数種類の石炭にそれぞれ適合したCfFAの製造プロセスを開発している。



左側がCfFAを混ぜたコンクリート。従来のコンクリート(右)に比べて、表面が滑らかで美しくなる。

る中、私は、耐用年数100年以上の構造物に置き換えていく必要があると考え、研究開発を進めてきました。そんな中、被災地でコンクリート構造物を新設するのであれば、ぜひともCfFAを使って、高強度で長期耐久性を持つ建造物をつくってほしいと思いました」。

岡田さんはJST復興促進センター仙台事務所の青山勉マッチングプランナーにCfFAを提案した。被災地企業として共同開発に手を挙げたのが、日本製紙石巻工場だった。青山はこう語る。「CfFAを大分で製造し、各地に輸送するという方法もあります。しかし、それでは輸送コストがかかり採算が合いません。東北地域で事業化するには、「地産地消」が必須条件でした」。そこで、コンクリートの性能評価を専門とする東北大学の久田さんが加わるようになった。強力なメンバーがそろったプロジェクトは、今年7月に「日本製紙ゼロテクノ東北有限責任事業組合」を設立し、いよいよCfFAの普及活動を推進する。

ウムが常温で徐々に化合していき、不溶性の安定した化合物を生成する。これにより、コンクリートをつくる組織が緻密になる。しかも、年がたつほど密度が高くなるため、長期にわたって強度が保たれ、耐久性が増していく。

利点はほかにもある。鉄筋コンクリートが劣化する最大の要因は、骨材の砂などに含まれる塩分によって鉄筋の腐食が早まり、体積が膨張することにある。その結果、ひび割れが発生する。しかし、緻密なコンクリートであれば、塩分の浸透や移動を妨げることができるため、鉄筋の腐食を抑えることができる。

大分大学の佐藤さんは、「大震災による大量の瓦礫のリサイクルにも極めて有用です」と語る。海水に漬かった瓦礫を粉碎すれば、コンクリートの骨材として利用できる。「まずは被災地の復興に貢献することが目標ですが、いずれはCfFAのコンクリートが当たり前の社会をつくっていきたい」と自信と意気込みは強い。

2020年には東京オリンピックも控え、コンクリートの需要は増加の一途をたどる。石巻工場で製造されたフライアッシュは、建設資材の不足解消策としても期待される。

佐藤 嘉昭 さとう・よしあき
大分大学工学部福祉環境工学科
建築コース教授

岡田 秀敏 おかた・ひでとし
株式会社ゼロテクノ代表取締役

佐藤 貴之 さとう・たかゆき
日本製紙株式会社技術本部
技術企画部技術調査役

青山 勉 あおやま・つとむ
JST復興促進センター仙台事務所
マッチングプランナー
(写真左から)

廃棄物から有効資源への転換

石巻工場では、製紙に必要な電力の約半分を工場内の石炭火力発電所で賄っている。石炭ボイラーから出るフライアッシュは年間約4万トンにも上る。これまではセメント会社に廃棄物処理費を払って回収してもらってきた。しかし、東日本大震災後、原子力発電所が停止し、火力発電所の稼働率が高まったことで、全国的に石炭灰の発生量が増加した。そのため、今後の廃棄物処理費の上昇が懸念された。佐藤さんとゼロテクノのフライアッシュの製造技術は、廃棄物を再利用でき、うまくいけば事業化も夢ではない、一石二鳥の提案だった。

取りあえず4万トンのうち、1万トンをCfFAの生産に充てる計画で、2016年までに工場の敷地内にCfFAの製造設備を完成させる。同社技術本部の佐藤貴之さんは、「最初は年間1万トンから始めますが、産業廃棄物のリサイクルは企業の使命でもあるため、事業が軌道に乗れば生産量を増やしていく予定です」と語る。

そもそもフライアッシュがコンクリートの強度や長期耐久性を向上させるのは、「ボゾラン反応」のためだ。フライアッシュに含まれる二酸化ケイ素とセメントが水和する際につくられる水酸化カルシ





TOPICS

NEWS 1 取り組み

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
 研究領域 「開発途上国のニーズを踏まえた感染症対策研究」
 研究課題 「アフリカにおけるウイルス性人獣共通感染症の調査研究」

エボラウイルスはどこから来るのか？ 感染経路解明・診断法開発に挑む

西アフリカでエボラ出血熱が猛威を振るい、世界保健機関 (WHO) によると9月中旬の段階で死者は4カ国で2,400人を超えています。致死率は50%を超え、現時点で承認された予防ワクチンや感染後にエボラウイルスの増殖を抑える抗ウイルス薬はありません。

エボラ出血熱の制圧のためには、エボラウイルスに感染しても無症状か軽い症状しか出ない「自然宿主」と呼ばれる動物を見つける必要があります。また、感染経路や細胞への感染のメカニズムの解析も重要です。

北海道大学の高田礼人教授は人と動物に共通する感染症 (人獣共通感染症) の

研究者で、ザンビアでのSATREPSプロジェクトの研究代表を務めています。プロジェクトではエボラおよびマールブルグウイルス等の出血熱ウイルス、鳥インフルエンザウイルス等を対象に調査・研究を進めてきました。エボラウイルスに関しては、自然宿主を突き止めるため、コウモリなどを捕獲して血液や臓器中のエボラウイルスや抗体の有無を調べる疫学検査を行うほか、感染経路の解明や、診断法の開発にも取り組んでいます。

ザンビアでは8月現在、エボラ出血熱の発生はありませんが、同政府は緊急時



自然宿主を突き止めるための調査の様子。捕獲したコウモリは感染リスクの高い出血熱ウイルスを保有している可能性があるため、防護衣で完全に身を守っている。

の態勢を整備し、水際で同国への侵入を阻止しようとしています。高田さんやSATREPSで日本から派遣されている研究者らはこれに協力し、現地の研究者と共に感染者の早期発見、診断等の対応もしています。高田さんは8月17日に現地入りし、エボラウイルスに感染した疑いのある患者が発生した場合の検体からのRNAの抽出、ウイルスのゲノムを検査する体制の構築などを進めています。

NEWS 2 研究成果

戦略的創造研究推進事業 個人型研究 (さきがけ) 「脳情報の解読と制御」研究領域
 研究課題 「人工神経接続によるブレインコンピューターインターフェイス」

脊髄の一部を迂回し、脳と歩行中枢をつなぎ、下肢の動きを操作

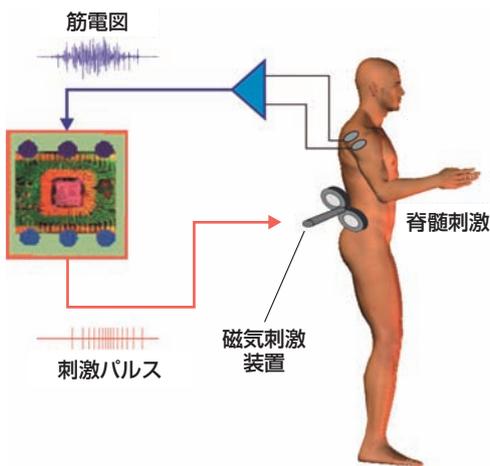
人が歩くときの足の動きは、足の筋肉が複雑に協調し、連動することで成り立っています。この筋活動は腰髄にある下肢歩行中枢によって制御されると考えられます。しかし、下肢歩行中枢に脳の信号を伝える脊髄を一部でも損傷すると、他の部分に問題がなくても歩くことができなくなってしまいます。そこで、自然科学研究機構 生理学研究所の西村幸男准教授らの研究グループは、脊髄の損傷箇所を迂回して脳と下肢歩行中枢を人工的につなぐことで、歩行運動を考えたおりに制御できると予測しました。

西村さんらはまず健常者を対象に、手

や腕を動かした時の筋肉の電氣的信号を電子回路で変換し、腰髄を磁気刺激する手法で、脳と下肢歩行中枢をつなぎました。迂回路を作るために、手術や装置の体内埋め込みは不要です。その結果、被験者が下肢をリラックスしている状態でも下肢の動きを意図的に誘発したり止めたりできました。これは世界でも初めてのことで、この方法は体を傷つけるものではないため、体への負担が軽いのも特徴です。

西村さんは、「脊髄損傷の患者でも、他の部位に損傷がなければ、手術なしで

コンピューターによる脊髄迂回路の概要



考えたおりに歩けるようになるという可能性を示すことができました。しかし、足が障害物にぶつかった際の回避運動や、立った状態の姿勢維持ができないといった課題がまだ残っています。今後は、安全性を確認しながら、臨床応用に向けて研究開発を進めていきます」と話しています。



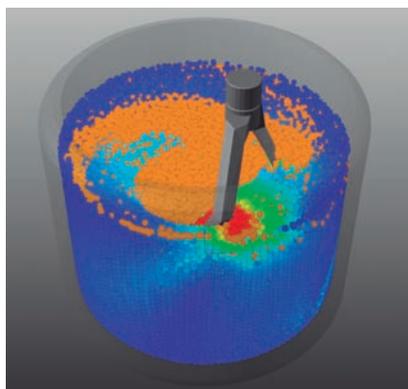
大学発ベンチャー表彰

独創性の高い大学発ベンチャーを表彰

大学や研究機関などの成果を活用して起業する「大学発ベンチャー」は、これまでの常識を覆すような新規性・独創性の高い製品を提供するイノベーションの担い手として注目されています。

JSTは、活躍が期待される大学発ベンチャーと、その成長に貢献した大学や企業をたたえる「大学発ベンチャー表彰」制度を今年度から始めました。研究からビジネスへの挑戦者を励まし、ベンチャーへの社会的な支援や協力がより広がることを目指しています。

第1回の表彰式では、東京ビッグサイト（東京・台場）で9月11日、4つの賞を



ベンチャー5社に贈りました。

文部科学大臣賞に選ばれたのは、プロメテック・ソフトウェア（東京都、藤澤智光社長）です。東京大学の越塚誠一教授が開発した流体解析法をソフトウェア化し、これまで難しかった飛び散る液体などのシミュレーションを実現させました。機械設計から、地下浸水、津波などの防災計画まで幅広い応用ができることが高い評価を受けました。支援機関として、海外市場への展開や技術者の交流によるソフトウェアの高性能化をサポートする構造計画研究所（東京都）と東京大学が共に荣誉に輝きました。

JST理事長賞のブルックマンテクノロジー（静岡県、青山聡代表取締役）は、静岡大学の川人祥二教授の高性能CMOSイメージセンサーなどを実用化しました。8Kテレビなど、次世代映像の撮影に欠か

プロメテック・ソフトウェア社の流体解析ソフトウェアで描画した、粒（茶色の丸）の浮いた液体（青～赤丸、色は速度）をかき混ぜる様子。対象を仮想的粒子に置き換えることで、流体や剛体、粉体などの解析だけでなく、粘性が変化する流体や熱伝導の解析にも対応。計算用の格子点の設定がいらず、容器などの設計（CAD）データからすぐにシミュレーションできる。



大臣賞の皆さんと藤井文部科学副大臣（藤澤さんは左から3人目）。



理事長賞の皆さんと中村理事長（青山さんは中央）。

せない超高感度・超高速汎用イメージセンサーの開発・販売、カスタマイズ、技術ライセンス提供という3つの事業をうまく結び付けました。

日本ベンチャー学会会長賞は、消化器系がんの早期診断技術のキュービクス（石川県、丹野博社長）、特別賞は、「近大マグロ」などの養殖魚を販売し、専門料理店も経営するアーマリン近大（和歌山県、達浩康代表取締役）と、強靱なクモの糸の人工合成を成功させたスパイパー（山形県、関山和秀取締役兼代表執行役）が受賞しました。



科学技術情報連携・流通促進事業

研究成果の情報をいかに使いこなすか 国際的な最新の動きを知るチャンス

研究から生み出された科学技術情報は、研究者だけでなく産業界にとっても宝の山です。そこから予想だにしない新たな発見や、事業のタネが生まれるかもしれないからです。

オープンアクセスの広がりや、無償で読める論文が増えたことの恩恵を受けた方も多いことでしょう。科学技術情報流通の世界では、さらに、これまで一部の関係者に閉じていた研究データの共有方法や、より効果的な研究助成につながる研究評価のあり方など、日々新しい動き

が生まれています。

このような科学技術情報の利用・流通について国際的に議論を続けてきた国際科学技術情報評議会(ICSTI)のシンポジウムを、10月20、21日の両日、同評議会とJSTが共催し日本科学未来館（東京・台場）で開きます。

各国から多彩な顔ぶれの識者が集まり、研究データの共有、情報流通の新しい技術・サービス、情報を生かす分析・評価についてのホットな発表とともに、各国が抱えるさまざまな問題などが幅広く議論されます。

研究者や企業の方々にとっても、世界の最新動向を知るまたとない機会です。プログラムや申し込みについては、HP (http://www.prime-pco.com/icsti/icsti_2/jpn.html)をご覧ください。

ICSTI 2014 in Tokyo シンポジウム
Information and Infrastructure for Innovation
- New Approaches for Knowledge Platforms -

開催日：2014年10月20日（月）～21日（火）
会場：日本科学未来館 7F みらいCANホール（東京都江東区青海2-5-1）

Enabling Science and Innovation
ICSTI
International Council for Scientific and Technical Information

さきがける 科学人

Vol. 30

戦略的創造研究推進事業さきがけ
「素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成」領域
課題名「アメーバ計算パラダイム：時空間ダイナミクスによる超高効率解探索」

粘菌の動きで 問題解決！

答えを見つける粘菌

粘菌は、森や林のじめじめした土の中
にいる単細胞生物です。たくさんの粘菌
が集まって数ミリから数十センチほどの
塊となり、ゆっくりと動き回ります。伸
びたり縮んだりと形を変えながら動く様
子はまるでアメーバを思わせます。私は
この粘菌を使って、生物に学んだ新しい
コンピューターをつくりたいのです。

粘菌は光を嫌がる性質があります。そ
こで光刺激を与える実験装置をつくり、
モジホコリという黄色い粘菌の動きを観
察してみました。粘菌が形を変えるたび
に光の当たる場所と光刺激の条件を変え
ると、粘菌は光刺激の回数が少ない場所
に体を伸ばすようになりました。これを
繰り返すと、粘菌は学習し、最終的に
は一番光が当たらないルートを選ぶので
す。さらに実験を繰り返したところ、粘
菌は膨大な選択枝の組み合わせから最適
に近い答えを探し出せる能力があるとわ
かりました。

コンピューターをもっと進化

粘菌が答えを見つけるとき、あっちに
こっちにふらふらと移動しながら最適な
ルートを選びます。まるで人が悩みなが
ら答えを探すかのように。現在のコン

ピューターは、ルールに従って計算をす
るのは得意ですが、ゲームや将棋のよう
に、たくさんの組み合わせの中から最適
な答えを見つけるのは苦手です。そこで、
粘菌の動きを応用すれば、コンピュー
ターをもっと進化させることができると
考えたのです。しかし、粘菌の動きは1
時間に数センチと遅いのが悩ましい。と
ころが幸運にも、粘菌が揺らぎながら光
を避ける動きが、「励起子」という特殊
な光エネルギーの振る舞いと似ているこ
とが明らかになりました。これを使うと、
粘菌の動きを短時間で、かつ低消費エネ
ルギーで再現できることがわかり、応用
への可能性が高まりました。

一念発起、理系へ

私は文系出身で、研究者になるとは思
いもしませんでした。子どものころから
ものをつくるのが好きで、何か新しいも
のをつくり出したいという夢は持って
いました。そのためにどうすればいいの
かはわからず、大学に入ったころは柔道や
ラグビーに打ち込んでいました。

大学3年のとき授業で「複雑系科学」
に出会い、大きな衝撃を受けたのです。
複雑系科学とは、自然のあらゆる現象を
数理モデルで表そうという学問です。数
式には人間性が表れます。自分なりの表



放射状の各区画に光
を当てた実験装置。

ネットワークを形成する
ことで知られるモジホコ
リカビ。名前はカビだが
が菌類ではなく、その
正体は真性粘菌。

現を数式や実験でつくり出せることが
とても斬新で魅力的でした。「これだ！」
と思い、高校時代の参考書を引っ張り出
して勉強をやり直し、大学院に進学。今
の研究につながりました。

現在は、研究を発展させ、生命の起源
の謎解きに挑んでいます。地球が誕生し
たとき、原始地球にあるさまざまな物質
をどう組み合わせたら生命のもとになる
化学反応ネットワークができたのかを探
り、その過程を実験で再現しようとして
います。粘菌から、さらに原始の生命の
秘密に迫る、新たな分野への挑戦にわく
わくしています。

東京工業大学
地球生命研究所
准教授

青野 真士

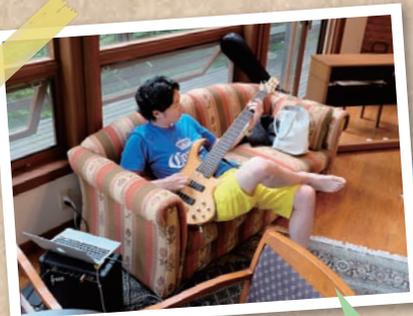


あおの・まさし

1977年茨城県つくば市生まれ。99年慶應義塾大学環境
情報学部卒業。2004年神戸大学大学院自然科学研究科
情報メディア科学専攻博士課程後期課程修了。博士(理
学)。04年から13年まで理化学研究所研究員。13年4
月から東京工業大学地球生命研究所研究員。同年11月
から現職。趣味は音楽鑑賞、ドラムス・ベース演奏など。

●青野さんの詳しい研究内容を知りたい方はこちらへ
<https://members.elsi.jp/~masashi.aono/index-j.html>
<http://www.jst.go.jp/kisoken/presto/project/203nanoele/203Aono.html>

TEXT: 佐藤成美 / PHOTO: 田中華雅
編集協力: 橋本典親 (JST さきがけ担当)



弦が6本あるが、これはギターではなくベース。
リズム楽器が好きでドラムを叩くこともある。

