

JSTnews

未 来 を ひ ら く 科 学 技 術

11

November
2015

FEATURE
01

小型心磁計の発明が
心臓病の診断を変える

FEATURE
02

宮崎ブランドを輝かす
残留農薬検査システム



3 JST新理事長 濱口道成からのメッセージ

JSTをイノベーション創出のハブに

FEATURE 01

4 小型心磁計の発明が 心臓病の診断を変える

FEATURE 02

8 宮崎ブランドを輝かす 残留農薬検査システム

マンガ家 Tori の研究室訪問

12 浮かせて溶かして新素材！

NEWS & TOPICS

14 科学の面白さを知り、社会とのつながりを考えよう ようこそ、10年目のサイエンスアゴラへ ほか

さがける科学人 Vol.43

16 低炭素技術を評価するプラットフォームを作る 加藤大輔 (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

残留農薬検査システムで検査済みの宮崎ブランドの農産物を手にする「質量分析用超臨界流体抽出分離装置の開発」チームリーダーの馬場さん。残留農薬の測定にとどまらず、食品や医療、製薬、化学工業など広い分野で同システムの有効活用が見込まれる。

JSTを イノベーション創出のハブに

中 村道治前理事長の後任として、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の経営を担うことになりました。この場を借りて、改めて皆さまのご支援とご鞭撻をお願い申し上げます。

今、日本は明治維新、第2次世界大戦後に続く大きな転換期にあります。財政赤字を抱えつつ、急激な人口減少と超高齢化の時代を迎え、さまざまな分野においてイノベーションの創出と共に、高度成長期とは異なる戦略が求められています。一方、人類社会は地球規模の環境変動や、70億人を超える急激な人口増加などの問題を抱え、課題解決型の科学技術の発展が強く求められています。このような時代の要請の下、JSTは「イノベーションのナビゲーター」として、わが国の科学技術の推進を通じて近未来の日本に希望をもたらす、唯一無二の責務を担っているといえます。私は、この責任の重さを自覚し、JST職員と一体となり、大学や産業界の皆さんとともに協働を深め、全力で職責を果たしていく覚悟です。

21世紀も15年を過ぎ、いま私たちは第4の産業革命ともいうべき大きな変革期に差し掛かっています。情報通信技術の加速度的な進展を背景に、社会構造や産業構造は大転換期の最中にあります。

ピーター・ドラッカーはその名著「イノベーションと起業家精神」の中で、イノベーションを可能にする契機として、企業内の契機4種に加え、企業外 (社会) の契機として3種「人口構造の変化」「認識の変化」「新しい知識」を挙げています。急激な人口構造の変化を抱えつつ、IoT (モノのインターネット) による社会構造の変化・認識の変化、ノーベル賞に象徴される新しい知識に満ちた日本は、いわばイノベーションの契機に満ちた環境下にあるといえます。

ではいかにして、イノベーション創出を恒常化・構造化していくのか。ヒントは、再

びドラッカーにあります。前述の著書によれば「起業家精神は生まれつきのものではない。創造でもない。それは仕事である。(中略) ただしそのためには意識的な努力が必要である。学ぶことが必要である」と。すべては、学ぶことから始まります。JSTの体験したイノベーションの成功例にとどまらず、いま一歩実現、社会実装化に至らなかった革新的な技術開発について、主観を排除しつつデータをよく分析し、その知識を皆さんと共有することから、イノベーションの構造化は始まると考えます。理事長就任にあたり、改めて皆様方のご理解とご協力をお願い申し上げます。



● Profile ● 濱口 道成 はまぐち・みちなり

1951年三重県生まれ。医学博士。80年、名古屋大学大学院医学研究科博士課程修了。同年、名古屋大学医学部附属癌研究施設助手。85年、米国ロックフェラー大学分子腫瘍学講座研究員 (88年8月まで)。93年、名古屋大学医学部附属病態制御研究施設教授。97年、同大学アイソトープ総合センター分館長。2003年、同大学大学院医学系研究科附属神経疾患・腫瘍分子医学研究センター教授。05年、国立大学法人名古屋大学大学院医学系研究科長・医学部長。09年、同大学総長を経て15年10月より現職。

小型心磁計の 発明が 心臓病の診断を変える

三大疾病の1つ、心臓病への関心は高い。身体を傷つけることなく検査できる方法として心電計が一般的だが、疾患部位を特定する精度は決して高くはない。東北大学の安藤康夫教授らは、心臓をめぐる電流が発生する磁気を常温で高い精度で計測するトンネル磁気抵抗素子(TMR素子)を使った心磁計の開発に世界で初めて成功した。

安藤 康夫 あんどう・やすお 東北大学大学院工学研究科 教授

1986年東北大学大学院工学研究科修士課程修了(94年工学博士取得)。86年コニカ株式会社研究員、92年東北大学工学部助手、2001年同助教授を経て07年より現職。11年よりJST研究成果展開事業 戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)「トンネル磁気抵抗素子を用いた心磁図および脳磁図と核磁気共鳴像の室温同時測定装置の開発」プロジェクトマネージャー。

心臓病の診断・治療を 変える新装置

心臓疾患による死亡の割合は、がんに次いで2番目に高い。心臓病の早期発見や治療のために、高精度な心臓の検査が求められている。

健康診断でよく使われる心電計は簡易で優れた検査機器で、身体を傷つけずに心臓の活動を調べることができる。胸や手足に電極をつけて、心臓で発生した電流の電位差を計測している。電流は心臓近辺の血液や骨、皮膚など電気の流れやすさの異なる体内組織を通過するので、

途中で信号が変化してしまい、疾患部位を精度よく特定できない。

一方、心磁計は心臓の電流が作る微弱な磁気の変化を測定する。磁気は体内組織の影響を受けることなく体の表面に到達するので、疾患部位の特定が心電計よりはるかに高い。狭心症や心筋梗塞、不整脈が迅速かつ正確に診断できるようになる。

すでに商品化されているのが、超伝導量子干渉素子(SQUID、スクイド)をセンサーに用いた心磁計だ(5ページ上図)。しかし2つの大きな課題があり、一部の大学病院や研究施設にしか導入で

きていない。

1つは、超伝導状態で作動するため、液体ヘリウムでマイナス269度の極低温の冷却が必要になる。液体ヘリウムは高価で、保存容器は形状が決まっている上に、容器の壁が厚く、センサーを患者の身体に密着できないことが、高精度な計測を妨げている。

もう1つの課題は外部からの磁気だ。人の心臓が発する磁気の大きさは、最大でもわずか100ピコ(1兆分の1)テスラ(テスラは磁束密度の単位)。地磁気の100万分の1より小さい。心臓の微弱な磁気を検出するには、外部の磁気を完全に遮断する大きなシールドルームが必要となる(5ページ上右写真)。

こうしたSQUIDの課題をすべてクリアできるのが、安藤さんが開発した心磁計だ。センサーとして利用するTMR素子は、常



簡易だが
体内組織の影響を受けやすい。

SQUIDを用いた心磁計



精度は高いが装置が大掛かりな上に高価で普及しにくい。



SQUIDによる脳磁気計測。SQUIDは外部の磁気を遮断する大掛かりなシールドルームを必要とする。(写真提供:中里信和教授)

温で動作するのが最大の特長で、冷却用の液体ヘリウムが要らない。TMR素子は、ハードディスクの磁気情報の読み出しにも使われる素子で、磁気によって電気抵抗値が変わるトンネル磁気抵抗(TMR)効果を利用している(右図。TMRの原理とTMR素子の仕組みは6ページ)。今年7月、この心磁計を人体に使用し、常温で計測することに世界で初めて成功した。TMR素子を使った心磁計は安価で小型なため、多くの病院に導入しやすくなる。

開発のきっかけを安藤さんに尋ねた。「これまでハードディスクの磁気ヘッドやメモリーに使うTMR素子を開発してきましたが、TMR素子をもっと高感度にすれば身体が出す磁気のセンサーとして医療応用できる、と以前から考えていました。いくつかの企業にアイデアを持ちかけましたが、リスクが高そうだと、芳しい反応は得られませんでした。そんな折、私が前に勤めていたコニカミノルタの西川卓男さんに提案したところ、面白いから一緒にやりましょうと意気投合したのです。10年近く前です。同じ東北大学で医学系研究科の中里信和教授と知り合うことができたのも、西川さんのおかげです。中里さんはSQUIDを使った脳磁計を研究していましたが、SQUIDが高価なことや計測精度に限界を感じていました。TMR素子ならば常温で計測でき、しかも精度を上げられることを話すと、大変驚かれてすぐに賛同し、プロジェクトで臨床評価を担当していただくことになりました。こうして研究室、企業、医療現場の連携ができたのです」。

製品化を阻む 最大の障壁を乗り越える

心臓から出る微弱な磁気をとらえるには、TMR素子の磁場検出感度をこれまでにない高さにしなければいけない。磁気が1ミリテスラ変化したとき、電気抵抗の値が1000パーセント変化する感度が必要とされるが、安藤さんらはすでに素子レベルでは達成している。これはTMR素子の感度を従来の100倍近くも向上させたことになる。安藤さんは語る。

「開発当初は、TMR素子に用いる材料や構造を変えるなど、とにかくセンサーの感度を上げることに専念しました。2年後には目標値をクリアしたので、案外簡単にできそうに思いました」。

しかし、そこからが難しかった。製品化する上の大きな障壁として立ちはだかったのは、TMR素子そのものと、電気信号を処理する回路が出すノイズだった。

「ノイズを消す作業は感度を上げる以上に難しいものでした。TMR素子が出すノイズを低減させるため、素子の材料や製作のプロセスを見直したり、アレイ構造化を進めました」。

アレイ構造化とは、多数のTMR素子を直列や並列に接続すること。その組み合わせ方で各素子に加わる電圧は低くなり、ノイズも低減されることが理論的に知られていたが、期待したほどの効果は得られなかった。「性能はなかなか安定しませんでした。当初はノイズを高精度に定量評価する装置がなく、解決の糸口が見えませんでした。その後、評価装置を新しく開発し、シ

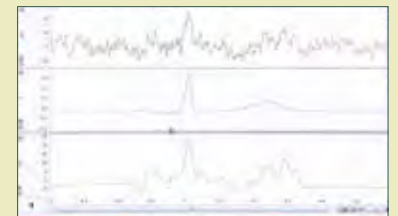
TMR素子を使った心磁計 (プロトタイプ)



計測の様子。モジュール先端のセンサーを心臓の位置に合わせる。



モジュールの内部。
右端がTMR素子のセンサー。



計測で得られた心磁図(上段)と、同時に計測した心電図(中段)、心磁図の波形を滑らかにしたもの(下段)。

リコンの基板上にTMR素子を製作する工程を1つずつ見直すなどの努力を重ねました。最終的には高い性能のセンサーを安定して製作できるようになり、ノイズも劇的に改善されました」。

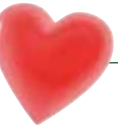
もう1つ、回路が出すノイズも解決しなければいけなかった。

「TMR素子が出す電気信号は非常に小さいため、信号の増幅回路が欠かせま

新技術開発のためのS-イノベーション事業

戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)は実現性の高い有望なテーマを選び、基礎研究の成果から実用化までを産学連携でサポートしていく。最長10年をかけ、革新的な応用デバイスの実現による新たな産業の創出をめざす。現在5つの研究開発テーマを実施している。

2011年度に採択された「スピン流を用いた新機能デバイス実現に向けた技術開発」はその1つ。その中から特に医学応用という点が評価され、安藤さんの研究開発課題「トンネル磁気抵抗素子を用いた心磁図および脳磁図と核磁気共鳴像の室温同時測定装置の開発」は、心磁計、脳磁計といった生体の微小磁気検出装置の開発をめざしている。



せんが、この回路がノイズを発生するので。微小な信号を低ノイズで増幅する回路はありませんでしたが、コニカミノルタが開発した増幅回路は、理論限界に近い低ノイズで、信号を1万倍以上に増幅できました。ノイズの低減は、同社が持つ職人芸のような技術があって初めて実現できたのです」。安藤さんは感謝の気持ちを表した。

同社の開発室マネージャー、土田匡章さんに聞いた。「心磁計では数ヘルツから数十ヘルツという低周波の帯域を扱います。ところが、この帯域のノイズを減らす装置は存在しないので、新たに開発することになりました。部品の選定や回路の製作をとにかく地道に続け、このセンサーの特性に合ったものに作り込んでいきました」。

東北大学の材料・素子技術とコニカミノルタの回路・システム技術。それぞれの強みを生かせるよいパートナーシップで結ばれている。

世界初、常温で心臓の磁気の波形を得る

TMR素子のセンサーと回路を組み込んだ、長さ約8センチメートルほどのモジュールが完成した。果たして常温で心臓の磁気を計測できるか、実際に人の胸部を測定してみた。

「確かにSQUIDと同様の心磁図特有の波形が得られました。TMR素子を用いて常温で心臓の磁気の計測に成功したのは世界初です。しかし、まだ心臓のシグナルがやっと見えたという段階。今後も、さらに高感度のTMR素子やアレイ構造化技術の改良が必要です。シールドルームに入らなくても計測できるように、外部からの磁気の影響をなくす工夫もしなければなりません」と安藤さんは言う。

たくさんのアレイ構造化したセンサーを縦横に並べてTMR効果を高め、身体に

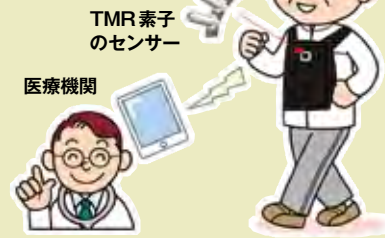
密着させることで、感度をさらに上げようと計画している。

「具体的にいくつのセンサーをどう配置するかは検討中です。SQUIDによる心磁計を参考に数十個の装着を検討しています。中里さんの臨床評価チームから医療面でのアドバイスをもらいながら、身体に密着できる感度の高いセンサーを実現したいと思っています」。

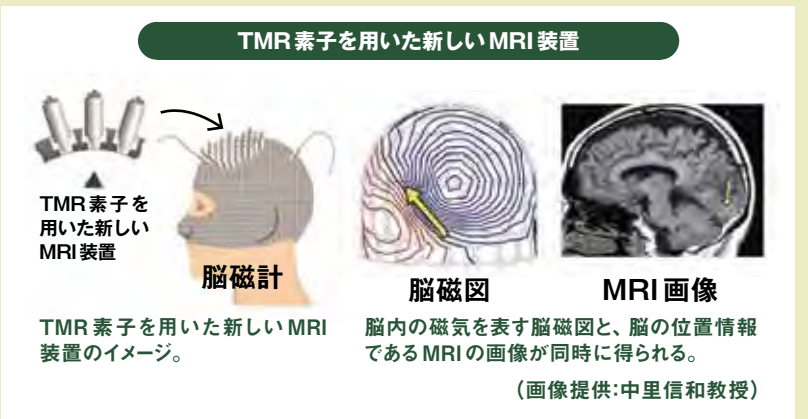
心磁計が開く未来の医療

この心磁計が商品化されれば、その恩恵は計り知れない。常温で動作するので高価なヘリウムを必要とせず、大きな装置が不要なため、多くの医療機関で高度な診断が受けられるようになり、心臓病の早期発見につながる。疾患部位を特定しやすいので、手術の時間が大幅に短縮でき、より適切に治療できるようになる。SQUIDの心磁計では測定中は身体を動

未来の医療 (ウェアラブル心磁計のイメージ)



TMR素子のセンサーが多数組み込まれたベストを着て、計測データを医療機関に送信し、普段の生活の中で健康管理する。



(画像提供:中里信和教授)

かすことができないが、TMR素子の心磁計は計測装置が小さく、動きながらも測定できるため、患者の負担も軽く、リラックスした環境で検査ができる。

また将来、小型で直接身に着けられるウェアラブル型ができれば、常に心臓の状態をモニターできるので、病気予防やヘルスケアにもつながる。スポーツの練習時に装着すれば、運動によって起こる急性心臓疾患の予兆をいち早くつかむことや、個人に合ったトレーニングプログラムを作るなど、さまざまな活用が期待される。

これからの計画について安藤さんに尋ねた。

「複数のセンサーを使った心磁計の開発には、基礎研究にあと1年、製品形態の検討に2〜3年、臨床研究や治験実施の認可手続きに2〜3年、しっかり開発を進めることを考えるとトータルで最低5〜6年が必要です。しかし、世の中は早く動いているので、早く市場に投入できるモデルを考える必要があると思います。医療以外でも幅広い分野でのTMR素子の可能性を探り、例えば化粧品会社や非破壊検査を扱う会社など、さまざまな企業と交流しています。エンターテインメントの世界での活用があっても面白いでしょう。将来を見据えつつ、できるところから製品化を進めたい。新しい産業の創出という観点からスピード感を持って開発に取り組むことも大切だと思っています」。

安藤さんの最終的な目標は脳磁計の開発だ。脳由来の疾患は心臓由来よりさ

らに多い。プロジェクトはTMR素子を用いて、脳磁図と、脳の位置情報である核磁気共鳴画像(MRI)が同時に得られる、新たなセンサーの開発を計画している。

脳内磁気の検出には、センサーの感度を心磁計の約100倍向上させる必要がある。壁は高いが、心磁計の開発はそのための重要な過程でもある。

人の輪が開発の鍵

TMR効果は、東北大学の宮崎照宣教授によって1994年に世界で初めて発見された。安藤さんはその宮崎研究室の出身だ。その後も東北大学大学院工学研究科は、TMR効果の向上で世界をリードし続けてきた。TMR素子を使ってハードディスクの磁気ヘッドや磁気メモリーを開発し、心磁計や脳磁計の実現をめざす安藤さんは、恩師の成果を発展させ、次の時代を担う若い研究者にその技術を継承している。

ここまで成果が出たのは多くの人が関

わった結果と、安藤さんは語る。

「素子開発には研究室の若い人々の柔軟な発想が役に立ちました。人体を熟知した医学系研究科の先生方のアドバイスも不可欠でしたし、製品化を念頭に置いた回路設計にはコニカミノルタの技術が欠かせませんでした。特に素子開発と回路設計の両方の視点をバランスよく持ち、多くの優秀な人材をプロジェクトに引き込むべく、東奔西走した同社の西川さんの功績は計り知れません」。

安藤さんはさまざまな得意分野や考えを持った人材が集まることが大切だと言う。

「自分だけではプロジェクトはできません。極端なことを言えば、私がいなくても皆が動けば自然と物が出来上がってしまう。それが理想だと思っています。今後もプロジェクト完遂に向けて、皆で前進していきます」。

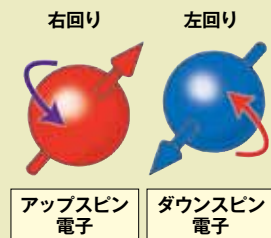
深い信頼関係で結ばれたチームワークの力で、心磁計は当初の予定よりも早く開発できた。安藤さんが思い描く未来の医療の実現も、そう遠くはなさそうだ。



(左より) 大兼幹彦准教授、安藤康夫教授、土田匡章マネージャー

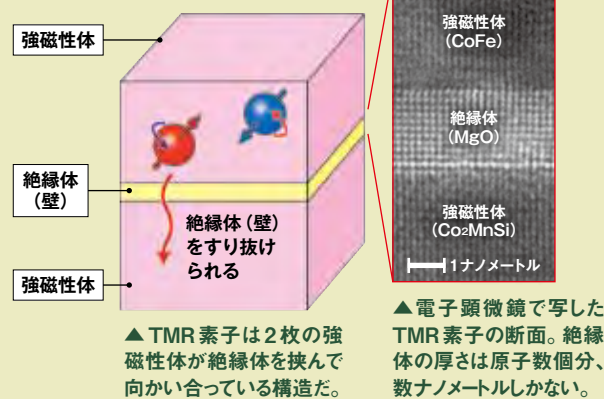
TMR素子が持つトンネル磁気抵抗効果(TMR効果)

心磁計に使用されているTMR素子は、スピントロニクス技術から作られた。電子は電荷だけではなく、微小磁石としての性質も持っている。これをスピンと呼び、スピンを利用する技術がスピントロニクスだ。電子のスピンには右回り(アップスピン電子)と左回り(ダウンスピン電子)がある。

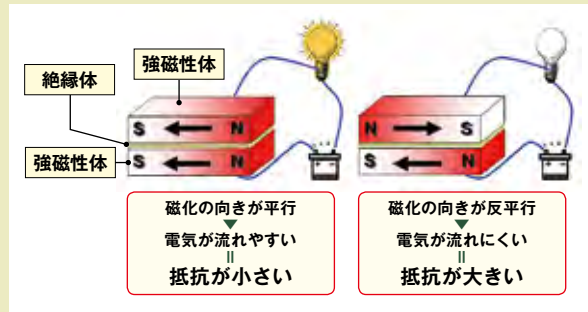


TMR素子は厚さ数ナノ(10億分の1)メートル以下の非常に薄い絶縁体を2枚の強磁性体の電極で挟んでいる。絶縁体の厚さがあまりに薄いために、2枚の強磁性体に電圧をかけると、電子は絶縁体をすり抜けることができ、その結果、電流が流れる。これはトンネル効果と呼ばれる現象だ。

■TMR素子



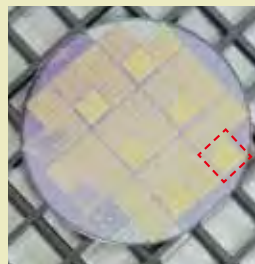
▲電子顕微鏡で写したTMR素子の断面。絶縁体の厚さは原子数個分、数ナノメートルしかない。



TMR素子を磁気のある場所に置くと、下の強磁性体の磁化の向きは変わらず、上の強磁性体のみ磁化の向きが変わる。上下の磁気が平行か、反平行かによって、電流の流れやすさが変わるよう設計されている。これは、アップスピン電子が動きやすく、ダウンスピン電子が動きにくい性質を持っているためだ。この、磁気の影響で電気抵抗の大きさが変わる性質を「トンネル磁気抵抗効果(TMR効果)」と呼び、磁気の大きさを測るセンサーとして利用できる。

この効果は、大容量で低消費電力のハードディスクドライブ用の磁気ヘッドや、固体磁気メモリー(MRAM)に利用されている。安藤さんが開発した心磁計は最先端の電子工学が生んだ画期的な医療機器といえる。

安藤さんの研究室で作られた、3インチ基板上に多数刻まれたTMR素子のセンサー。◇で囲まれたのが1つのセンサーで、この中におよそ1万個ものTMR素子が配置されている。





宮崎ブランドを輝かす 残留農薬検査システム

超臨界流体抽出分離装置で初めての安全チェック

農業王国を誇る宮崎県が、このところの国内市場の縮小、貿易自由化による国際競争に挑もうと、独自のブランド戦略に打って出た。鮮度を落とさず、コストをかけず、短時間で残留農薬を調べ、消費者に届く前に安全を確認し、安心して消費してもらおうというのだ。JSTの研究成果展開事業（先端計測分析技術・機器開発プログラム）のチームリーダーで九州大学の馬場健史教授（元：大阪大学）と、宮崎県総合農業試験場の安藤孝部長らが開発し、この画期的な検査システムの普及促進を全国に呼びかけた。食の安全・安心だけでなく、ゆくゆくはおいしさや機能性などの測定もでき、医療、製薬、化学工業などさまざまな分野への応用も見込まれる。究極の先端計測の成果が、新たな産業を生み出す日も遠くはない。

残留農薬の 検出時間を大幅短縮

温暖な気候と長い日照時間に恵まれた南国・宮崎県は、マンゴーや日向夏、ピーマン、きゅうり、トマト、黒皮かぼちゃなどの生産で知られる食の宝庫だ。市場に流通する農産物やその加工食品は、国や自治体が残留農薬を検査している。基準値を超える農薬が検出されると、消費者も生産者も大きなダメージを受ける。そのため、自主的に検査を行う生産者や団体もあるが、これまでの分析装置では1つの農作物の分析

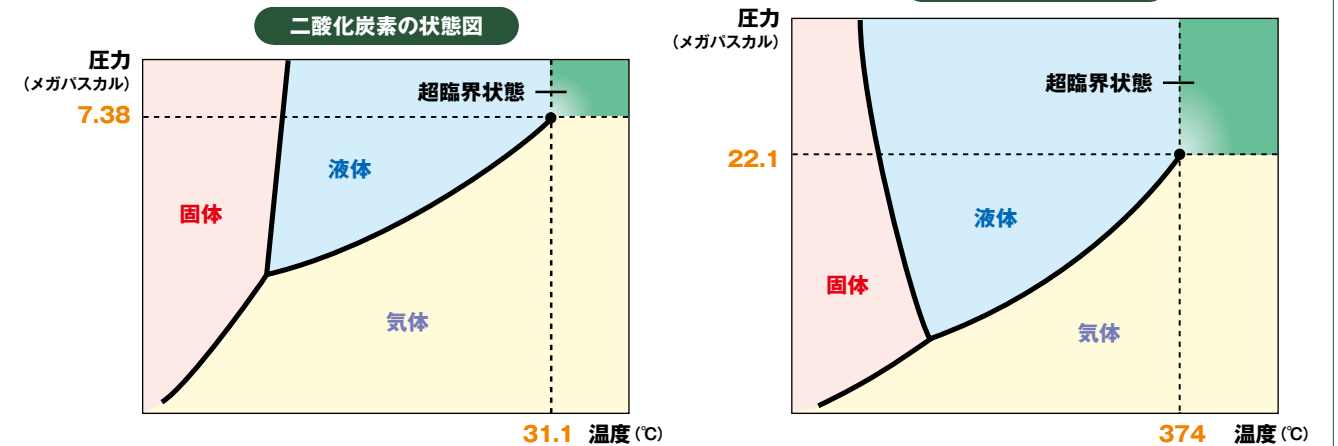
に3日から1週間もかかった。これでは、新鮮さが命の野菜や果物の鮮度が失われかねない。費用もかさむため、農家が簡単に検査を依頼できなかった。

今回開発した残留農薬検査システムを使うと、1つの農作物の分析にかかる時間はわずか50分程度。しかも1回に約500種類もの農薬成分を検出できる。最大48種類の農作物を一度にセットでき、あとは自動で順次分析する。スタッフが帰り際に試料をセットすれば、あとは無人で検査できるため、従来に比べて大幅に費用を下げることが可能になった。

液体と気体の特徴と性質が 混在する超臨界流体

農薬を検出する一般的な手順は、農産物の色や香り、味などの成分と混在している中から農薬だけを抽出する。さらに、「クロマトグラフ」という分析装置で農薬の種類ごとに分離し、最後に質量分析計でその量を特定する。これまでの検査では、農薬の抽出工程だけでも手間がかかり、農薬の種類によってクロマトグラフィーをいくつか使い分ける必要もあり、わずか数種類の農薬でも分析に何日もかかっていた。

図1 二酸化炭素と水の超臨界状態



今回開発したシステムは、「超臨界流体」という特殊な状態の二酸化炭素を用いることで、抽出、分離などの複数の工程を1つの装置で、しかも一気に分析できる画期的な方法だ。

水や二酸化炭素などに一定以上の圧力と温度を加えることで超臨界状態になる超臨界流体は、液体の溶解性と気体の拡散性の両方の特徴を併せ持つ（図1）。二酸化炭素は水に比べてはるかに低い温度と圧力で超臨界状態になる。見た目は粘り気がなくサラサラしているが、液体のように色々なものを溶かし込むことができ、気体のように狭いところにも入り込んでいく。圧力と温度を操作すると、溶解度を変化させることもできる。つまり、常温・常圧では溶けない物質を超臨界流体に溶かし、それ

を常温・常圧に戻すことで抽出できるのだ。

野菜をすりつぶし、 セットするだけの簡単操作

残留農薬を抽出する手法を安藤さんに聞いた。

「まず、すりつぶした農産物から農薬を抽出します。このとき超臨界状態の二酸化炭素を使うので、『超臨界流体抽出』と呼びます。もともと、コーヒー豆からカフェインだけを取り除く製法で使われていた技術で、農作物から農薬だけを抽出できるはずだと考えたのです」。

「洗剤の汚れを落とす仕組みで、汚れが丸い玉に包まれて浮かび上がるあのイメージに近いと思ってください。そのときに、色素や味の成分、油脂などはそのままに、農薬だけ

を取り込むために、最適の圧力と温度の条件を整えるのです」。安藤さんは1996年から超臨界状態の圧力と温度を微妙に調整するという根気のいる研究を続け、やっと農薬成分を選択的に抽出できる最適な温度と圧力の条件を見つけ出した。それが約40度、15メガパスカル（水深1,500メートル相当）だった。さらに、500種類程度の農薬を一度に抽出できることもわかった。

抽出した農薬は、複数のクロマトグラフィーで種類ごとに分離していた。その頃に、超臨界流体を用いたクロマトグラフィーの研究開発者である馬場さんと出会った。

馬場さんは、人づてに「超臨界流体抽出の達人が宮崎にいる」と聞きつけていた。自分の技術と組み合わせれば、いいものができるのではないかと興味を持って探し始め

馬場 健史

ばんば・たけし

九州大学生体防御医学研究所
教授

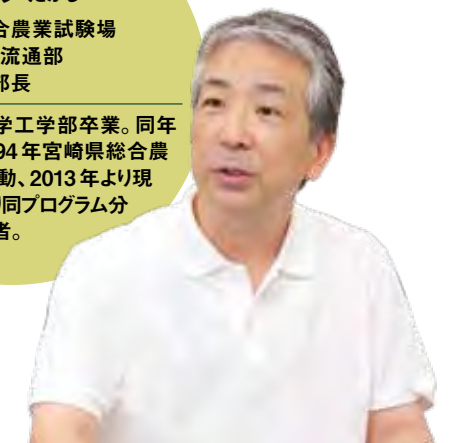
2001年、大阪大学大学院工学研究科博士後期課程単位取得退学、博士（工学）。日立造船株式会社主任研究員（NEDOプロジェクト博士研究員）、大阪大学大学院薬学研究科助手、助教、同大学院工学研究科准教授を経て、15年より現職。12年より研究成果展開事業 先端計測分析技術・機器開発プログラム 機器開発タイプ「質量分析用超臨界流体抽出分離装置の開発」チームリーダー。

安藤 孝

あんどう・たかし

宮崎県総合農業試験場
生産流通部
部長

1984年、京都大学工学部卒業。同年宮崎県庁入庁、94年宮崎県総合農業試験場へ異動、2013年より現職。12年より同プログラム分担開発者。

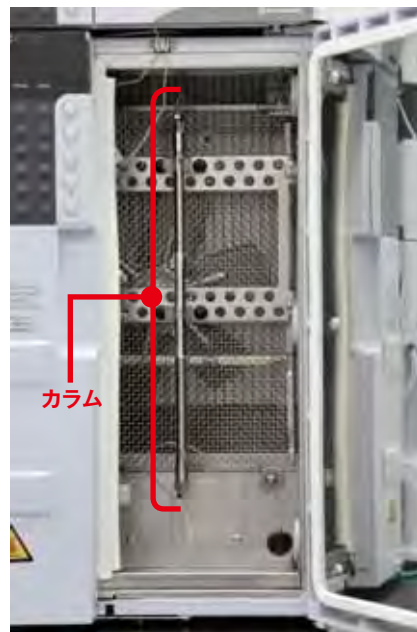




開発された質量分析システムの全体。島津製作所ですでに製品化されている。

た。研究者は新しい情報をまず論文検索から始める。しかし、論文をいくら調べても見つからない。あとでわかったことだが、安藤さんは宮崎県職員のため、県民の税金で行っている研究の成果を県内に普及させることで手一杯で、広く世に論文として発表する余裕はなかったのだと言う。「学会が宮崎県で開かれることになり、そこでようやく安藤さんにたどり着きました」と馬場さんは照れながら話してくれた。

2人はそこで意気投合した。「超臨界流体抽出と超臨界流体クロマトグラフィーを



このカラムが、水溶性の農薬も脂溶性の農薬も分離する。

組み合わせれば、途中で大気や光に触れることがない密閉型の装置を開発できるはず」と、メーカーを行脚して頼みこんだ。

馬場さんが今回のシステムの特徴を語ってくれた。

「液体クロマトグラフィーは、物質を分離した後に使用した液体を取り除く必要があります。その点、超臨界流体クロマトグラフィーで使う二酸化炭素は、常温・常圧に戻した時点で自然に空中に拡散するので手間が省け、しかも、超臨界状態の二酸化炭素は粘性がなく、サラサラと速く流れるので短時間で多くの物質を分離できる利点もあるのです」。

学生が発見した万能のカラム

この開発中に、思いがけない発見があった。安藤さんも馬場さんも当初、超臨界流体クロマトグラフィーを用いると計測時間は早くなるが、1回で計測できる農薬はある程度限られるだろうと思っていた。クロマトグラフィーでは、「カラム」と呼ばれるシリカゲルの粒などが入った金属製の筒を使う。カラムの中を試料が通ると、吸着しやすい物質としにくい物質とで通過する時間に差が生じる。この時間差によって、試料に含まれている物質が分離される。

カラムには、水溶性の農薬や脂溶性(油に溶ける)の農薬に適したカラムがある。農薬の種類に応じて使い分けが必要になる。ところが、当時馬場さんの研究室(大阪

大学)に所属していた大学院生の石橋愛実さんがこの常識を覆した。馬場さんから、「水溶性の農薬と脂溶性の農薬を混ぜた試料で、分離できるものと分離できないものの境界を確かめるように」との課題を与えられた石橋さんは、たくさんあるカラムを用いてコソコソと実験を重ねた。その結果、水溶性の農薬も脂溶性の農薬も同時に分離できるカラムと最適条件を見つけ出したのである。

そのときの驚きを馬場さんはこう振り返る。「1回のクロマトグラフィーで全ての農薬が測れたと聞いたときは、正直驚きました。確かめてみるときれいに分離できていたのです。石橋さんが、専門家の常識のような固定概念を持っていたら、見つけれなかったでしょう。何も知らなかったから、研究室のカラムを片っ端から試して万能カラムを見つけ出したのです。限られた研究者しか使わない日本製のカラムでしたが、今やこの分野で世界のスタンダードになっています。この発見で、この装置が画期的なものになるとの確証を得ました」。

社会に役立って初めて存在意義

残留農薬検査システムの誕生は、超臨界流体クロマトグラフィーの研究を15年以上続けてきた馬場さんと、農薬分析のために超臨界流体抽出を追究してきた安藤さんの経験が結びつくことでなされた。2人は日本を代表する分析機器メーカーであ

分析手順



①すりつぶした農産物に脱水剤を混ぜる。



②①を専用の抽出容器に入れる。



③②をラックにセットする。



④装置に入れる。

る島津製作所の丸山秀三さん(現：分析計測事業部長、当時：分析計測事業部LCビジネスユニット長)に協力を求めた。医療分野の分析に強い神戸大学大学院医学研究科准教授の吉田優さんも加わって、2012年にJSTのプロジェクトがスタートした。

馬場さんは、科学技術は社会に役立ってこそ初めて存在意義があるという強い信念を抱いている。

「社会のニーズに応える製品を作るのが、ものづくりの本来の姿です。しかし、技術者は使う人のことを忘れ、性能の向上を優先してしまうことがある。今回のプロジェクトには農業の現場を知り尽くした安藤さんをはじめ、さまざまな分野の研究者や技術者が開発の初期段階から参加し、話し合いを重ねながら仕様を決定してきました。その結果、本当に必要な技術をきちんと盛り込むことができたのです」。

参加者のチームワークも素晴らしかったと安藤さんは言う。

「突出した技術を持っている人同士が協力するのは、そう簡単ではありません。お互いが相手に合わせて妥協してしまうと、革新的な部分が削られて平凡なものになってしまいます。今回は、参加した人たちが共通の目標を明確に認識し、最先端の技術を妥協することなく合わせることができました」。その結果、予想外の素晴らしい成果が生まれ、最も革新的な分析機器の新製

品に与えられる米国の『Pittcon Editors' Awards 2015』の金賞を受賞した。

広がる活用分野

宮崎県では、安藤さんの提案でシステムの完成に合わせ『みやざきフードリサーチコンソーシアム』が設立された。宮崎県、島津製作所など産学官7組織が参加している。

「私たちが積極的に研究開発に参加した今回の質量分析システムをもっと社会に広めることをめざす組織です。いまは残留農薬の測定だけですが、部品を交換すれば広い範囲に応用できます。食の安全だけでなく、おいしさや機能性などの測定も可能になれば、宮崎県として科学技術で農

産物のブランド価値を高め、フードビジネスを下支えできるのです」と、安藤さんは目を輝かせた。

馬場さんもこのシステムの将来の可能性を思い描いている。

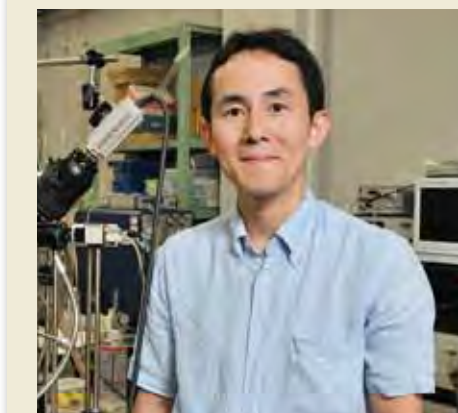
「血液中の成分分析でも良い結果が得られました。アミノ酸などの水に溶けやすいものも超臨界流体で抽出できることがわかりました。食品、医療、製薬、化学工業など、いろいろな分野で使ってもらえるように、活用事例を示していこうと考えています」。

このシステムによる残留農薬の検査は全国展開される。その受付が11月1日(日)に開始される。今後は、さらに広い分野での有効活用が見込まれる。



実験農場のビニールハウスの前に立つ馬場さんと安藤さん。

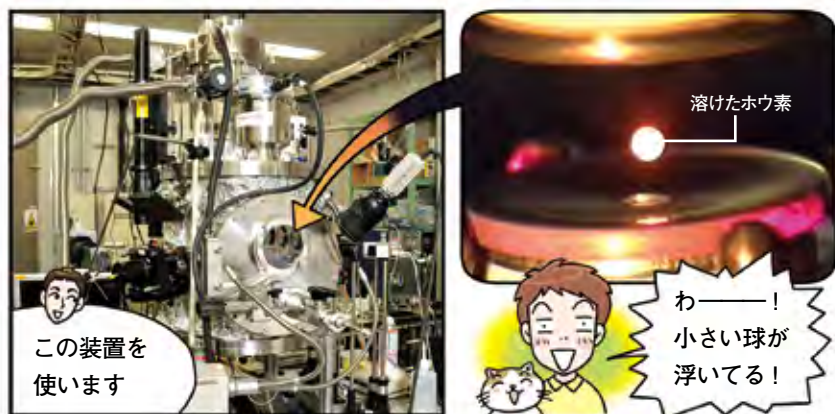
浮かせて溶かして 新素材!



超過冷却液体を用いた ナノスケール複合材料の創製

【戦略的創造研究推進事業 さきがけ「新物質科学と元素戦略」領域 2012年度採択】

宇宙航空研究開発機構 JAXA では、石川毅彦教授を中心とする研究グループによって、宇宙の微小重力環境を利用して物質を浮かせたまま高温にして溶かし、その特性を計測する静電浮遊溶解装置が開発されてきた。岡田准教授は、地上で静電浮遊溶解装置を用いて、融点が非常に高いホウ素を中空に浮かせたまま溶かし、その電子構造を測定することに世界で初めて成功した。



写真提供: JAXA / NASA

※JAXAとJSTは相互協力に関する協定を締結し、研究開発や人材育成などの分野で連携し、科学技術の推進に取り組んでいます。

科学の面白さを知り、社会とのつながりを考えよう ようこそ、10年目のサイエンスアゴラへ

科学と社会をつなぐ広場として、2006年から始まったサイエンスアゴラは、参加者数約1万人、プログラム数200の日本最大級の科学フォーラムに成長しました。専門家、メディア、市民など、科学と関わる立

場はさまざまです。誰もが科学とは無縁ではられません。1人でも多くの人に科学の面白さや素晴らしさを知ってほしい。その上で科学と社会のつながりを考えてほしい。そんな願いをこめて、トップ科学者との対話や

市民参加の科学討論、子ども向けの理科実験が企画されています。10年目のアゴラで、科学とあなたとの新しい出会いが待っています。

〈開幕セッション〉
**つくろう、
科学とともにある社会**
13日 13:30 ~ 16:30
企画: JST

異なる分野や年代、国籍のリーダーを来賓として招待し、第10回目のサイエンスアゴラをめざすビジョンを共有する。

〈キーノートセッション〉
**サイバー社会の未来:
欧州・日本の見解**
14日 13:30 ~ 15:00
企画: 駐日欧州連合代表部

IoTは何をもたらすのか? 産業をどのように転換していくのか? 「サイバー社会」をテーマに、ヨーロッパと日本の研究者が活発な意見を交わす。

**オープン・サイエンス革命
~オンラインコラボレーションによる
研究推進の可能性~**

14日 14:00 ~ 16:30
企画: エデュケーショナル・デザイン
情報学や自然科学、人文・社会科学の研究者が、それぞれの分野における「市民参加型」研究の実現に向けた課題を整理する。

〈国際光年特別セッション〉
**「ひかり」を通して見る
~宇宙・時・わたしたちの歩みと未来~**
15日 12:50 ~ 16:00
企画: JST

2015年は国際光年。光の新しい世界を創ってきたイノベーターたちと、「ひかり」を通して見る人類の歩みと未来、そして社会で果たす役割を考える。

そうぞう! 2020年の未来社会 ~みんなの仮想研究所 2015~
(13 ~ 15日終日、企画: JST)

●左: 明治大学の杉原厚吉特任教授は、2つの方向から見たときに全く違った姿に見える立体錯視、「満月と星」を展示する(CREST)。●中央: 東京大学の小松徹特任助教との神谷真子助教が開発した細胞内の様子を可視化する「蛍光プローブ」(さきがけ)。●右: 大阪大学の石黒浩教授が開発した社会的対話ロボット「CommU (コミュニー)」。ロボットたちと一緒に会話している感覚を体験できる(ERATO)。



つくろう、科学とともにある社会
(13日 13:30 ~ 16:30、企画: JST)

名古屋大学の天野浩教授(右)、欧州委員会のアン・グローヴァー元主席科学顧問(左)ら国内外のリーダーが、先端科学技術と社会の関わりについて語る。



**113番元素を作ろう!
~日本発の新元素~**
(14・15日終日、
企画: 理化学研究所
仁科加速器研究センター)
日本で初めて発見された113番元素をアイロンビーズで作る。原子核を形つくる陽子と中性子を立体的に理解できる。



**生体分子の左右性
~科学折り紙で
鏡の国を体験しよう~**
(14・15日終日、
企画: 科学芸術学際研究所
(ISTA))
アミノ酸とたんぱく質の分子モデルを折り紙で作成し、鏡を使って鏡像体の概念を体感する。



**さわれる・不思議ミニミュージアム
ミニエクスプロ**
(14・15日終日、
企画: ミニ・エクスプロラトリ
アムを創る会)
幼児が触って体験できる科学実験アイデア体験。

戦略的創造研究推進事業 チーム型研究(CREST)
研究領域「生体恒常性維持・変容・破綻機構のネットワーク的理解に基づく最適医療実現のための技術創出」
研究課題「個体における組織細胞定数制御による恒常性維持機構の解明」*

長生きの秘訣はアミノ酸の代謝促進

健康で長生きすることには誰でも関心があります。生活習慣や運動など、長生きにつながると思われる要因はさまざまですが、マウスでさえ寿命は2~3年もあるため実験に時間がかかり、寿命を延ばす仕組みの解明は難しい研究です。

魚介類や乳製品に含まれる必須アミノ酸のメチオニンは、食事から摂取する大切な栄養素ですが、これを制限することによって寿命が延びると報告されています。

東京大学大学院薬学系研究科の三浦正幸教授らは、寿命が約60日と短いショウジョウバエの実験で、メチオニンから合成されるSアデノシルメチオニン(SAM)の代謝が長寿の鍵であることを明らかにしました。

三浦教授らは、老化したショウジョウバエ(以下、「ハエ」)の体内ではSAMが大幅に増えていることを発見し、この代謝異常が寿命を短くすると考えました。さらに、加齢

に伴ってSAMを消費する代謝調節酵素Gnmtが一層活性化し、余分なSAMを消費して一定量に保とうとする現象を見いだしました。普通のハエが食事制限すると、飢餓のストレスでGnmtがたくさん作られて長寿になることから、Gnmtを過剰にしてSAM代謝能力をより高めたハエを作ったところ、SAMの増加が抑えられて、通常の約1.2倍に寿命が延びました。一方でGnmtを作らないハエでは、食事制限をしたにもかかわらず寿命が伸びず、GnmtによるSAM量の調節が長寿につながるがわかりました。

人間やマウスなど哺乳類にもSAMを一定量にする仕組みがありますが、種を超えて共通するかどうかは今後の検証が必要です。SAMの代謝を活性化することで、食べる量や質を変えなくても、食事制限と同様の効果が得られる薬や健康法が開発されるかもしれません。



酵素GnmtのSAM代謝能力を高めたハエ(左下)では、SAMの代謝分解が促進されたが、Gnmt機能を失わせると、食事制限しても寿命が延びなかった(右下)。

※本課題の研究開発支援は、平成27年4月から日本医療研究開発機構(AMED)に引き継がれました。

世界に羽ばたく若手研究者を応援 未来の国際共同研究につながるネットワーク構築へ

世界の舞台に立とうとする若手研究者のチャレンジをJSTは応援しています。戦略的創造研究推進事業では、海外との共同研究や国際シンポジウムなど、研究成果を広く世界に発信する活動を支援しています。

今年度よりERATOでは、プロジェクトを代表する成果を挙げた若手研究者に対し、海外研究機関での講義を支援する「レクチャーシ

ップ」を始めました。この制度は、単なる学会の口頭発表ではなく講演活動を支援して、海外の研究者とのネットワークを作り、国際的に活躍する研究者を育てることを目的としています。

第1号として、ERATO 金井触媒分子生命プロジェクトの國信洋一郎グループリーダー(39)が、イギリス、ドイツ、スイスの6つの大学を訪問しました。今年8月にプレスリリー

スした最新の研究成果*を中心に、機能性材料や医薬化合物の効率的な合成で重要な役割を担う、炭素と水素結合の活性化による反応や触媒開発について講演しました。

訪問先の研究機関からも、日本の若手研究者を知るチャンスと歓迎され、教授や学生らと活発に意見交換をしました。研究施設も見学し、「国際学会で発表した経験は多くありますが、個別に訪問することで、自分の研究への反応を直接感じたり、密度の高い議論ができ、今後の研究により刺激を得られました」と、確かな手応えをつかんだようです。

最近は国を超えた連携が求められ、国際共同研究から質の高い論文が生まれています。海外の研究者と議論や交流を深めることで、将来の国際的リーダーとして研鑽を積む格好の機会になることが期待されます。



国際色豊かな学生や研究員らが聴講した。

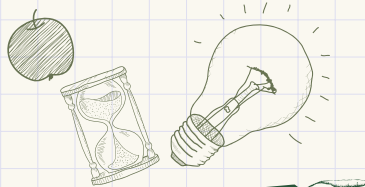


ドイツ・ミュンスター大学のグロリアス教授と國信グループリーダー。

●開催日: 11月13日(金)~15日(日) ●会場: 東京・お台場地域 ●入場料: 無料 ※一部、材料費など実費が必要な企画があります。

●URL: <http://www.jst.go.jp/csc/scienceagora/>

※プレスリリース「置換困難な位置に選択的に官能基を導入する触媒反応を開発」 <http://www.jst.go.jp/pr/info/info1122/index.html>



さがける

科学人

Vol.43

低炭素技術を評価する
プラットフォームを作る



D a i s u k e K a t o

加藤 大輔

科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター(LCS)
研究員

Profile

1977年岐阜県多治見市生まれ。名古屋大学理学部物理学科卒業後、同大学院理学研究科で素粒子宇宙物理学を専攻。博士号取得後は、2007年より東京大学大学院理学系研究科天文学専攻学術研究支援員・特任研究員として勤務。10年より宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙科学研究所に勤務。11年より、低炭素社会戦略センター(LCS)研究員。

南アフリカで望遠鏡を建設

小学校では地元の野球チームで県大会に優勝。中学から大学までずっと野球部で、練習と試合漬けの毎日でした。今も休日の草野球が最大の楽しみです。

「科学は面白い」と思ったきっかけは学校の先生でした。教科書そっこのけで実験を見せてくれる化学の先生や、新しい小惑星を発見した天文好きの先生などのおかげで、科学に関わる仕事に就きたいと思うようになりました。

名古屋大学大学院では、南アフリカに口径1.4メートルの望遠鏡を作る「マゼラン星雲大研究」プロジェクトに携わりました。まずは1/5モデル機を使った制御プログラムの開発からスタート。次に、京都の望遠鏡会社に5カ月ほど泊まり込んで望遠鏡の制御試験に努めました。最後は、工場の小さな窓から見える星を追って追尾性能を確認しました。南アフリカでは、望遠鏡の組み立て後に1人残ってひたすら星を観測して望遠鏡の性能を測定し、修士論文にまとめました。

博士課程では、「宇宙戦艦ヤマト」の目的地として有名なマゼラン星雲を6年かけて観測し、約1800万天体の赤外線天体カタログを作りました。装置開発から現地での観測、膨大なデータ解析までやり遂げたことは得がたい成功体験になりました。

低炭素社会に向けた研究で“社会貢献”

博士号取得後も研究員として国内外の望遠鏡の立ち上げや衛星データの解析などを続けていたのですが、天文学の分野で1人の研究者が実現できる範囲がわかるにつれ、もう少し成果を社会で生かせる研究をしたいと思い始めました。そんな折、LCSの山田興一副センター長から「いっしょに働かないか」と声をかけられたのです。まったく違う

低炭素社会の実現のための 定量的技術評価プラットフォームの構築

低炭素社会を実現するためには、太陽光発電や蓄電池などの低炭素技術の評価が不可欠です。これらの技術を定量的に評価するための基盤として、熟練した技術者が培ってきた知見をデータベース化すると同時に、データベースを用いた評価のためのツールも開発しています。



休日の草野球が何よりの楽しみ。
お子さんもイクメンパパの活躍を応援。

分野でゼロからやり直すことに悩みましたが、じかに社会に役立つ仕事に挑戦したいという思いが決断を後押ししました。

いよいよLCSに移るとときに東日本大震災が起きました。計画停電が相次ぐ中、最初の仕事は「電力消費の予測モデル」を作ること。モデルをもとに節電警報が出される、責任重大な仕事です。

取り組んでみると、天文学で培った方法論が使えることに気づきました。仮説を立ててデータを解析し、消費電力量に影響する気温などのパラメーターを抽出する手法は、天文学の研究とも共通します。根底には、質量もエネルギーも保存される物理法則が生きています。「これならやっていける」。手応えと同時に、自分の仕事が多岐の生活につながっている充実感がありました。

今は太陽光発電など複数の低炭素技術がどれだけ効果を発揮するか定量的に評価するための基盤づくりもしています。天体カタログづくりも、技術評価基盤づくりも、他の研究者の役に立ちたいという思いが基にあります。研究は一見個人プレイのようですが、その陰で多くの人が研究を支えています。いろいろな役割のメンバーがチームを組むことで大きな威力を発揮する点は、野球と同じですね。

若い人には、やや矛盾する2つのことを伝えたいです。1つは、「やりたいことを見つけ一生懸命やってください」。もう1つは、「それ以外にも面白いことはたくさんありますよ」。やりたいことを早く決めると成果が出やすくなります。一方、興味を狭く絞らず、1つのことをやりきった経験を生かして他の分野に挑戦してみると、また違った面白さを味わえると思います。



TEXT : SHIGS PHOTO : 田中昭俊(麴町企画)

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。

270
古紙/パルプ配合率70%再生紙を使用

JSTnews

November 2015

発行日/平成27年11月2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
JST news/http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/



最新号・バックナンバー