

JST NEWS

Vol.8 | No.8

2011

November

11

月号

生殖細胞の謎に迫る



科学技術振興機構の最近のニュースから……

JST Front Line 03

Feature 01



ES細胞やiPS細胞から始原生殖細胞を体外培養で作製

生殖細胞の謎に迫る 06

生殖細胞は体細胞に比べるとはるかに数は少ないが、すべての細胞に分化する能力を秘め、染色体が半数というユニークな特色を備えている。そんな“特別”な細胞である生殖細胞の謎を解き、医療に役立てようとしている研究者の軌跡に迫る。

Cover Photo



マウスの卵巣から卵を取り出す。生殖細胞である卵や精子が生体内で形成されるメカニズムの解明は、精子、卵子の発生異常の解明や医療への貢献に対する期待が高まっている。

Feature 02



プロトタイプ実証・実用化タイプの開発事例から

オンリーワンの計測分析機器を開発せよ! 10

世界トップの研究を支える最先端計測分析技術・機器及びその周辺システムの開発を推進する研究成果展開事業(先端計測分析技術・機器開発プログラム)。
2004年からスタートしたこの事業により、その成果が続々と生まれている。



ようこそ、私の研究室へ 14

山中大学 独立行政法人 海洋研究開発機構(JAMSTEC) 地球環境変動領域 上席研究員



JST職員の業務報告 07

サイエンスアゴラの企画・運営を行っています。 16



JST Front Line 11

NEWS 01

イベント



中国総合研究センター (CRC) が東京で 第2回日中大学フェア & フォーラムを開催!

中国総合研究センターは、10月9～11日に東京で「第2回日中大学フェア&フォーラム」を開催、約9500名の来場者でにぎわいました。科学技術で急速な発展を遂げている中国の大学や研究機関関係者を招き、日本の大学や企業に実態を知ってもらい、中国の大学との連携強化を図るのが目的です。9日の開会セレモニーには中川正春文部科学大臣、程永華中国大使、有馬朗人・元文部科学大臣等が来場し、テーブルカットを行いました。

フェア展示会場では日本と中国から100以上の大学がブースを開設し、大学間協定などに向けた大学どうしの交流や、来場した企業との産学連携に向けての情報交換、学生への留学説明などが活発に行われました。



フェア展示会場の大学ブースでは熱心な情報交換が行われた。

産学連携シンポジウムでは中国の政府機関や大学、大学サイエンスパーク運営機関、さらに、中国で研究開発を行う日米独の企業からの講演者たちが、さまざまな角度で中国における産学連携の実態を紹介しました。中国の進んだ産学連携のシステムに対して、聴衆か

らは驚きの感想が聞かれました。留学や日中の若者をテーマにしたセミナーや講演会では、会場から質問が次々と出て、これらのテーマに対する若者の関心の高さがうかがわれました。

フォーラムでは、日中の大学の学長・副学長らが登壇し、大学の国際化とグローバルな人材育成や留学政策、産学連携の促進、震災と大学の役割などのテーマについて、各大学の実施状況や具体例が示され、議論が繰り広げられました。国際化時代に向けた人材育成の課題と取り組みについては、日中の大学から共通した方向性が示されました。

CRCのホームページ (Science Portal China : <http://www.spc.jst.go.jp/>) に展示や講演の様子を紹介しています。

NEWS 02

発表会



未来の科学者養成講座・全国受講生研究発表会を開催! 受講生が成果を発表し、互いに学び、交流しました。

「未来の科学者養成講座」は、理系の分野で高い能力をもち、意欲のある児童・生徒たちを育てようと、JSTが支援し、大学が実施している高度な体験的学習プログラムです。科学技術の分野で世界をリードする人材の育成を目指して、全国の17大学で講座が開かれています。今年で4年目となる同講座では、大学院レベルの水準を達成していると評価される受講生も生まれています。研究活動の成果を論文にして海外の学術専門誌に投稿したり、数学の未解決問題に挑戦して見事に解決した受講生もいるなど、将来有望な科学者が育っています。

受講生が研究成果を発表し、相互に学び交流するために、第二回全国受講生研究発表会を9月17～19日の3日間、東京大学福武ホールにて、開催しました。口頭

発表やポスター発表では計50件の研究発表が行われました。それぞれの発表に対しては、「未来の科学者に求められる科学的探究能力の獲得度合い」「研究の専門的達成水準 (研究の学問的寄与)」をポイントに評価が行われ、最優秀賞、優秀賞、奨励賞などが選ばれました。

口頭発表の部・最優秀賞は「トゲアリの



受講生代表者による口頭発表の様子。

一時的社会寄生」をテーマとした井戸川直人さん (高2) が受賞しました。4年間にわたるフィールドワークと家庭での実験・観察の成果をまとめたもので、宿主コロニーへの侵入からトゲアリのコロニー完成 (乗っ取り完了) までの社会寄生のメカニズムの解明に迫りました。熱意あふれる発表は、受講生の投票で「受講生大賞」の金賞も受賞しました。優秀賞を受賞した鈴木昇太さん (小6) の「無限等比級数の和に関する考察」は、小学校算数とべき乗、大小関係の知識のみで文字式を用いた抽象化と、高校カリキュラムを超える収束概念の基礎を把握しつつあることを示し、将来の数学的才能の開花を期待させる発表でした。これらの受賞作品に限らず、発表のすべてが学校の教育水準を超える、レベルの高いものでした。



戦略的創造研究推進事業ERATO「高柳オステオネットワークプロジェクト」

「骨細胞」を骨から単離培養することに成功 骨細胞が骨を新しく作りかえる指令を出すことを発見!

骨細胞は、さまざまな骨疾患に関する研究のうえで注目されており、国際的にも激しい研究競争が行われています。しかし、骨という硬い組織から骨細胞を単離することは難しいため、骨細胞の機能は十分に理解されていませんでした。

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科分子情報伝達学分野の高柳広教授と中島友紀助教のグループは、骨細胞だけで蛍光を発色する遺伝子改変マウスを作

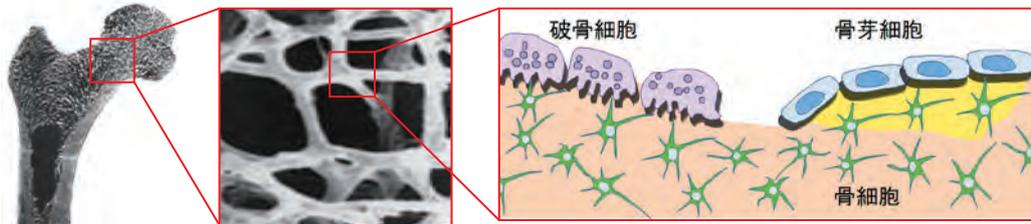
り、骨組織から骨細胞を取り出して高純度に単離培養することに、世界で初めて成功しました。また、高柳教授らのグループは、この骨細胞が破骨分化因子「RANKL」を強力に発現しており、骨表面にある破骨細胞を育てる能力に優れていることを見出しました。

さらに、RANKLが骨細胞だけで破壊される変異マウスを作製し、観察したところ、骨が硬化する「大理石骨病」を発症し、その病状は成長するにともない悪化することがわかり

ました。これは、本来成長の過程で、重力などのストレス(メカニカルストレス)を骨が受けて発現するRANKLが、変異マウスでは発現せず、「骨代謝」に必要な破骨細胞を育てる指令が骨細胞から出なかったためだと考えられます。

この結果は、骨細胞が「骨代謝」のための「指令細胞」であることを示したものであり、今後の骨疾患研究の促進につながるものと期待されます。

●吸収と形成のバランスで維持される骨代謝



骨細胞は、骨表面の破骨細胞や骨芽細胞と、ネットワークを作っている。骨にストレスがかかると「指令細胞」である骨細胞でRANKLが発現し、破骨細胞が増え、古くなった骨を破壊。骨芽細胞により、新しい骨を作る「骨代謝」が行われる。



研究成果展開事業A-STEP (旧・独自のシーズ展開事業 大学発ベンチャー創出推進) 研究開発課題「ディスプレイ式、磁気浮上遠心血液ポンプの研究開発」

従来の機械式ベアリング血液ポンプの欠点を改善 生体適合性に優れた「磁気浮上遠心式補助人工心臓」の開発に成功

東京医科歯科大学生体材料工学研究所の高谷節雄教授らは、1週間から1カ月間使用可能で、生体適合性に優れた、ディスプレイ(使い捨て)式の「体外設置型磁気浮上遠心式血液ポンプ」を開発しました。このポンプは、体外式の補助人工心臓の小型化を可能にするものです。

現在、国内で認可されている人工心臓には、心臓移植を前提に2年以上の長期間にわたって心臓を補助する「植え込み式補助人工心臓」と、短中期間に使われる「体外式血液ポンプ」が存在します。体外式血液ポンプには、①手術中に6時間程度、心肺機能の代替するもの②救急救命医療での生命維持のために、1週間以内の短期間使うもの③最善の治療手段を構築するための「つなぎ」として1週間から1カ月の「中期間用」に使うもの——の3タイプがあります。

このうち「中期間用」には、拍動流を発生する血液ポンプが使われていますが、人工



高谷教授らはベンチャー「メドテックハート株式会社」を設立。関連医療機器メーカーと連携して実用化、国際展開を目指す。

弁を2個用いるため大型なものとなっていました。そのため、ポンプ内に多量の血液を充填する必要があり、生体適合性も十分とはいえませんでした。

ポンプを小型化するために、羽根車で血液を押し出す方法も考えられますが、従来の機械式ベアリング方式の場合、羽根車を支持するベアリングで摩擦や熱が発生します。これによって、血球の破壊や血液の凝固が

起き血栓の発生につながるため、24~48時間でポンプを新しく交換しなければならず、「中期間用」への適用は困難でした。

今回、高谷教授らが開発したポンプは、羽根車を磁気で浮上させるもので、従来の羽根車式ポンプの欠点である熱や摩擦が発生しない構造です。拍動流式のような弁も使わないため、小型化が可能で、充填する血液量も少なく、また、取り外しも容易になっています。

血液接触面には、血液中のたんぱく質が吸着しにくく、生体適合性に優れたMPC (2-Methacryloyloxyethyl Phosphoryl Cholin) ポリマーをコーティングし、血栓ができにくくしています。

子牛を使った実験で実用性と安全性を調べたところ、今回のポンプは、60日間交換せずに連続運転しても臓器への悪影響や血栓などの問題は認められず、循環補助機能も良好であることが確認されました。



研究成果展開事業A-STEP(旧・独創的シーズ展開事業 革新的ベンチャー活用開発
研究開発課題「樹木精油を利用した環境汚染物質の無害化剤」

トドマツの間伐材から得られた精油を環境汚染物質の無害化剤に! JST支援のベンチャー企業が新規ビジネス展開

エステー株式会社のグループ会社である「日本かおり研究所」は、環境汚染物質の濃度低減効果がある「機能性樹木抽出液」を開発し、「クリアフォレスト」という技術ブランドの事業展開をスタートさせました。

この技術はJST独創的シーズ展開事業の一環として、日本かおり研究所と独立行政法人森林総合研究所(FFPRI)が共同で取り組んだ『樹木精油を利用した環境汚染物質の無害化剤』の成果を応用したものです。

日本かおり研究所とFFPRIは、本研究の過程で、樹木の枝や葉から精油を得る省エネルギー型の「マイクロ波減圧コントロール抽出装置」を開発しました。この装置は、従来の水蒸気蒸留法に比べ、抽出時間を大幅に短縮するだけでなく、抽出温



「クリアフォレスト」技術を応用した商品群。
右「携帯型エアウォッシャー」などが発売されている。

度や圧力のコントロールが可能であり、精油成分の変質を最小限に留められるのが大きな特徴です。

また、本研究では、樹木の葉から取れる精油に強い活性作用があることが見出され、なかでも、トドマツの葉の精油には二酸化窒素(NO₂)除去活性の高いテルペン類が含まれていることが明らかになりました。また、ナノスケール粒子径分析を行うこと

で、これらのテルペン類がNO₂と凝集し、大気中のNO₂を無害化することも解明しました。さらに、トドマツの精油が、過酸化脂質の生成を抑える抗酸化機能をもつこともわかりました。

これらの研究成果を応用して、従来なら廃棄されていた樹木の残材を有効利用して、樹木の香りで空気の質を改善する「機能性樹木抽出液」を開発しました。

「クリアフォレスト」事業の中核となる「機能性樹木抽出液」は、NO₂を無害化させる大気汚染低減効果や、抗酸化機能に加え、消臭効果や森林浴効果のある成分も含まれています。

日本かおり研究所は「クリアフォレスト」を、大気汚染の低減や菌・ウイルスの感染を制御する環境衛生事業として展開していく予定です。

NEWS 06

国立情報学研究所と連携し、新世代研究基盤「ReaD&Researchmap」を公開しました。

JSTは、情報・システム研究機構国立情報学研究所(NII)と連携して、Web上での研究基盤となる、研究者情報の無料提供サイト「ReaD&Researchmap」を公開しました。

JSTはこれまで、約21万件という国内最大の研究者情報を集録した「ReaD」(研究開発支援総合ディレクトリ)を提供してきました。一方でNIIは、研究者自身による情報発信や、研究者同士の情報共有と相互の交流をWeb上で支援する研究基盤サイト「Researchmap」を開発してきました。

今回公開された「ReaD&Researchmap」は、両者の長所を融合させたものです。日本の研究者情報が1つに集約されたことで、さまざまな見地からの情報分析と活用が可能となり、学術研究を促進させる新世代の研究基盤として発展することも期待されます。今後は、競争的資金制度の申請から成果報告までのプロセスをオンライン化する「e-Rad」との連携も見据えています。



ReaD
&
Research
map

<http://researchmap.jp/>

11月1日からの本格的なサービス提供開始にあわせ、12月6日(火)に東京・秋葉原UDXカンファレンスでシンポジウムも開催する予定です。詳細はHP(<http://researchmap.jp/>)をご参照ください。

NEWS 07

震災関連研究を対象とした国際緊急共同研究・調査支援プログラム(J-RAPID)の採択課題が決定しました。

東北地方太平洋沖地震およびその結果として発生した津波災害や原子力事故など、東日本大震災に関する研究や調査のうちでも、とくに遂行に緊急性があるものを支援する「国際緊急共同研究・調査支援プログラム」(J-RAPID)のすべての研究支援課題が決定しました。

J-RAPIDは、JSTが戦略的国際科学技術協力推進事業の一環として、海外の研究資金配分機関や研究機関と協力し、日本国内の研究者と海外の研究者による共同研究や調査を支援するプログラムです。

J-RAPIDには、4月18日の公募開始から7月19日の締切までに、72件の応募がありました。緊急性を有する課題を迅速に支援するため、原則として提案を応募順に随時審査し、海外側支援機関と協議のうえ採否を決定しました。最終的には33件の研究課題が支援されることとなり、そのうちの大半がすでに研究調査を開始しています。

相手国の支援機関の内訳は、米国国立科学財団(NSF)20件、仏国国立研究機構(ANR)9件、米国国立衛生研究所(NIH)、米国大気研究センター(NCRA)、英国大気拡散モデル連絡会議(ADMLC)、インドネシア科学院(LIPI)がそれぞれ1件です。これらの機関と日本の研究者の協同により、信頼性の高い調査や研究の成果が期待されます。

ES細胞やiPS細胞から始原生殖細胞を体外培養で作製

生殖細胞の謎に迫る

生殖細胞は体細胞に比べるとはるかに数は少ないが、すべての細胞に分化する能力を秘め、染色体が半数というユニークな特色を備えている。そんな“特別”な細胞である生殖細胞の謎を解き、医療に役立てようとしている研究者の軌跡に迫る。

研究分野としては マイナーな存在だった生殖細胞

生殖細胞とは何か。この質問には15歳の中学生でも答えられる。中学の理科の教科書を開けば、「生物が自らの子孫を残すことを生殖といい、生殖のために必要な特別な細胞のことを生殖細胞という」などと記されているのだ。

確かに生殖細胞はさまざまな点で“特別”な細胞だ。生物の体を作る細胞には体細胞と生殖細胞の2種類がある。しかし、そのほとんどは体細胞で、生殖細胞は、オスならば精子(または精細胞)、メスならば卵(または卵細胞)しかあてはまらない。ところが、精子と卵が受精してできる受精卵には、体のあらゆる

細胞へと分化する「全能性」という、子孫を残すためのキーとなる“特別”な能力が備わっている。もう1つ“特別”なのは染色体の数で、1つの生殖細胞には通常の半分、ヒトの場合は46本のうち半分の23本の染色体しかない。しかし、半数しかないからこそ、精子と卵が受精することで46本となり、その結果、生まれてくる子は両親の遺伝子を半分ずつ

受け継ぐことになる。教科書のそんな記述に、生命の神秘を感じた人も少なくないだろう。

では、生殖細胞にはどのようにして“特別な働きが備わるのか——この質問には、実は、中学生はおろか、最先端の研究者も答えられない。生殖細胞の役割が広く知られている一方で、その実態やメカニズムはいまだに多くの謎に包まれているのだ。

そんな生殖細胞の謎というチャレンジングなテーマに挑み、画期的な成果を上げているのが京都大学の齋藤通紀さんだ。原点は、今から約20年前、医学部の大学院生時代にある。「一生かけて打ち込める研究をしたい」と考えていた齋藤さんにとって、生命の根幹ともいえるほど重要な存在ながら謎に満ちている生殖細胞は大いに魅力的なテーマだった。しかし、生殖細胞は医学の研究分野としてはマイナーな存在だった。

「がんや糖尿病など、治療が求められる病気のほとんどは体細胞に関するものばかり。生殖細胞の研究は、医療には直結しないものとして敬遠されがちだったのです」

生殖細胞を知らずして リプログラミングは理解できない

はたして、生殖細胞というマイナーな研究分野に進んで、研究者としての将来はあるのか——。そんな不安を払うきっかけとなったのが、ゲノムインプリンティング(*)に関する研究成果だった。

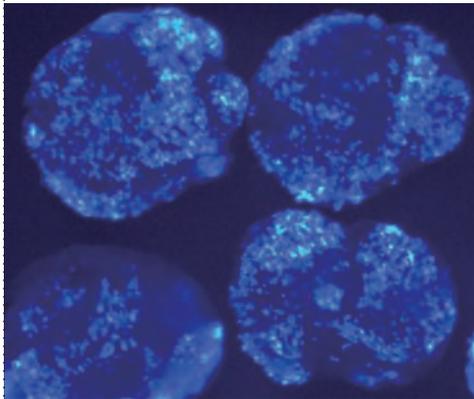
*ゲノムインプリンティング

哺乳類において、ゲノムが両親のどちらに由来するものが記憶されている現象。

子には両親のゲノムが半分ずつ受け継がれている。しかし、ゲノムには父親由来か母親由来かの区別はないというのが、メンデルの時代からの遺伝学の常識だった。ところが、哺乳類にはそんな常識があてはまらないことがわかった。哺乳類のゲノムには、両親のどちら由来のものなのかを区別するマークが存在する。受精卵から母親(父親)由

来のゲノムを取り除き、別の受精卵から父親(母親)由来のゲノムをもってきて、母親もしくは父親由来のゲノムだけの状態になると、受精卵は正常に成長せず、死んでしまうのだ。

そして、受精卵が分裂を繰り返し、体の各部分の体細胞とともに生殖細胞が形成される過程でも、興味深い現象が指摘された。どうやら、ゲノムが両親のどちら由来なのかを表すマークがいったん消去され、その後で、女性の場合は母親由来のマークが、男性の場合は父親由来のマークがつけられて、生



殖細胞の謎解明のキーとなる始原生殖細胞。ここから精子や卵へと分化する、すべての生殖細胞の源といえる細胞だ(写真は齋藤さんらがES/iPS細胞から作製した始原生殖細胞様細胞)。

殖細胞からそれぞれに卵や精子が形成されていくようなのだ。

「生体内では、人知を超えた面白い現象がいろいろと起きているのだと、驚かされました。そして、生殖細胞について克明に理解できれば、ゲノムリプログラミング(**)を引き起こす分子機構の解明など、再生医療につながるさまざまな価値が生み出されることが見えてきたのです」

**ゲノムリプログラミング

分化した体細胞のゲノムが、受精卵のゲノムと同じような初期段階にリセットされること。これにより、細胞がさまざまな体細胞に

分化する能力(多能性)をもった状態へと戻ると考えられている。

ゲノムリプログラミングは、近年、体細胞由来の人工多能性幹細胞であるiPS細胞の作製などでも注目される現象で、再生医療分野の最重要テーマの1つだ。齋藤さんの大学院生時代には、まだiPS細胞が樹立されておらず、主に胚由来の多能性幹細胞であるES細胞の作製に関する研究が進められていた頃だった。生殖細胞が生体内でどのように形作られるかを解き明かせば、それを人為的なリプログラミングにも生かせるはずだと考えたのだ。

生殖細胞を知らずして、リプログラミングを理解することはできない——そんな確信をもって、齋藤さんは生殖細胞の謎解明への道に踏み出した。

始原生殖細胞形成の キーとなる遺伝子を同定

謎解明の入り口としてまず目指したのが、始原生殖細胞(***)形成のメカニズムの解明だ。

***始原生殖細胞

発生の過程において、すべての生殖細胞(精子や卵)の源として形成される細胞。発生の初期、マウスの場合は胚齢6.5日前後に分化する。この段階では男女差はなく、その後、オスの場合は精子へ、メスの場合は卵へと分化する。

そして、始原生殖細胞形成のメカニズム解明のためには、キーとなる遺伝子の同定が欠かせないと考えた齋藤さんは、大学院修了の翌年、インプリンティング現象の発見者でもある英国ケンブリッジ大学のアジム・スラーニー教授のもとに留学した。そこで、始原生殖細胞形成の際に必須な遺伝子としてBlimp1を同定した。齋藤さんが特に注目したのは、Blimp1の働きだ。

「Blimp1は、リンパ球の一種で抗体を作る細胞に分化することで知られるB細胞の形成の最終段階にもかかわっている遺伝子です。それまで働いてきたさまざまな遺伝子の発現をストップさせる役割もっています。始原生殖細胞形成の際にもこの遺伝子が発現しているのは、始原生殖細胞以外のさまざまな体細胞へと分化するのをストップさせる役割を果たしているからではないかと、考えられました」

研究総括

齋藤通紀

さいとう・みちのり

1999年京都大学大学院医学研究科博士課程修了。理化学研究所発生・再生科学総合研究センターのチームリーダーなどを経て、2009年から京都大学 大学院医学研究科 教授。JST戦略的創造研究推進事業では、さきがけ「単一細胞での網羅的遺伝子発現解析によるマウス生殖細胞決定機構の解明」、CREST「生殖系列におけるゲノムリプログラミング機構の統合的解明とその応用」を経て、今年度から同事業ERATO「齋藤全能性エピゲノムプロジェクト」研究総括。

生殖細胞が形成される過程で起きる現象

遺伝子がネットワークのように働く姿が見えてきた

遺伝子の同定が始原生殖細胞形成のメカニズムの解明を前進させるとの手応えを得た斎藤さんは、同時に、新しい手法の開発の必要性を感じていた。英国留学時代に採用していた従来の手法では遺伝子を1個1個同定していくため、効率が極端に悪いのだ。

「網羅的な遺伝子解析法も開発されていましたが、それには大量の細胞が必要です。数が少ない始原生殖細胞の場合は遺伝子を増幅する必要がありますが、その当時用いられていた方法では、それぞれの遺伝子の発現量のバランスが崩れてしまい、どの遺伝子がどのくらい働いているのか、正確なデータを得ることができなかったのです」

そこで帰国後、理化学研究所に勤務しながら、JST戦略的創造研究推進事業さきがけの研究課題「単一細胞での網羅的遺伝子発現解析によるマウス生殖細胞決定機構の解明」を通してこのテーマに取り組み、1個の細胞の中で発現している遺伝子を定量的かつ網羅的に解析できる「単一細胞マイクロアレイ法」を開発した。これにより、Blimp1以外に重要な遺伝子としてPrdm14が同定されるとともに、始原生殖細胞が形成する過程で起きているさまざまな興味深い現象が見えてきた。

「始原生殖細胞は、はじめ体細胞へと分化する細胞とかわらないエピゲノム(*)をもって

います。Blimp1やPrdm14の発現によって作られたたんぱく質が、そうした化学的な修飾にかかわる遺伝子の発現を制御しながら、体細胞への分化を抑制し、始原生殖細胞を形成していく。そんなネットワークのような複雑な働きが見えてきたのです」

*エピゲノム

ゲノム全体にわたる化学的な修飾(エピジェネティック修飾)の状態のこと。ゲノムが巻きつくように結合している「ヒストン」とよばれるたんぱく質やDNAの化学的修飾は、発現する遺伝子の選択やゲノムの安定性などに重要な働きをもち、細胞ごとにそのパターンが異なるため、各細胞の機能的な差異の一因となる。

斎藤さんがとくに注目したのが、始原生殖細胞が形成される際に、さまざまなマークや化学的修飾が、きれいさっぱりとぬぐい去られていることだ。

「従来、父親もしくは母親由来のマークがはがれるのは、始原生殖細胞の形成からかなり後だと考えられていました。しかし、始原生殖細胞が形成されると同時に、マークを外す分子機構が働きはじめることがわかったのです。それだけでなく、ゲノムが受けたさまざまな化学的な修飾が、始原生殖細胞の形成と同時に、いったんもとに戻されていました。これは、生体内でほかに存在しないというくらい、“つるん”とした状態なんですよ(笑)。これは、ゲノムリプログラミングの解明にもつながると期待されます」

始原生殖細胞の人工的な作製に成功

こうして遺伝子レベルの解析が順調に進む一方で、新たな課題も見えてきた。

「研究をさらに進めるには、生殖細胞が形成される過程を実際に観察することが重要です。しかし、生殖細胞のもとになる始原生殖細胞は、初期胚のある場所で作られてから1個1個、原腸の壁をすり抜けるように移動して将来の生殖巣(卵巣もしくは精巣)にたどり着くため、その過程を実際に観察することは難しいといわざるを得ません。そこで、1つの解決策として考えたのが、生体内の環境を試験管内で再現することです」

斎藤さんは、2009年に京都大学大学院医学研究科教授となった後、JST戦略的創造研究推進事業CRESTの研究課題「生殖系列におけるゲノムリプログラミング機構の統合的解明とその応用」を通してこのテーマに取り組み、ES細胞やiPS細胞からの始原生殖細胞の作製を目指してきた。Blimp1などの遺伝子とともにカギとなったのが、理化学研究所時代に取り組んだ、始原生殖細胞形成に至るシグナルに関する研究だ。

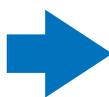
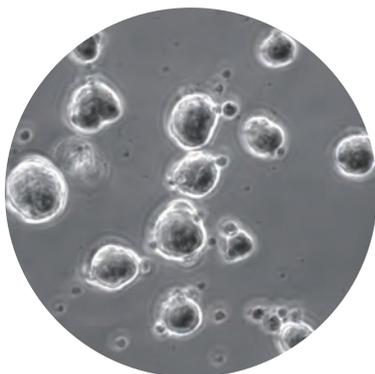
「始原生殖細胞は、エピブラスト(**)とよばれる状態から分化して形成されます。その過程で、どんなたんぱく質が重要な因子として働くのかを調べた結果、シグナルとなるいくつかの重要な因子の組み合わせを特定しました」

**エピブラスト

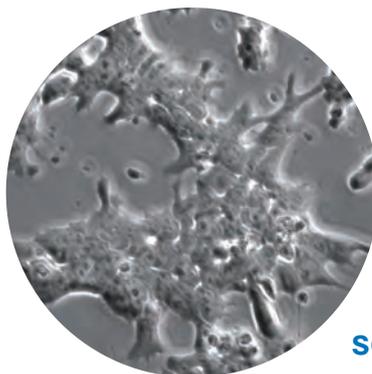
発生の過程の初期において形成される将

生殖細胞形成の再構築

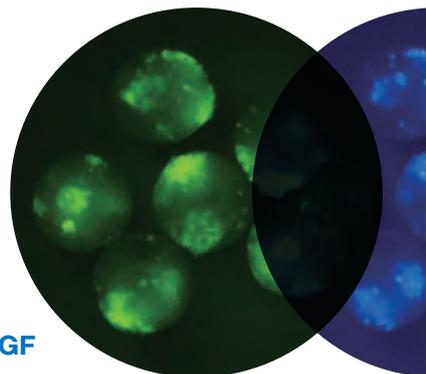
..... ES/iPS細胞 エピブラスト様細胞(EpiLCs) 始原生殖細胞様細胞(PG)



Activin
bFGF
KSR



BMP4
BMP8b
SCF/LIF/EGF



を体外培養系で再構築する！

来胚となる一層の組織。原始外胚葉。マウスの場合は胚齢4.5～6.5日前後に形成される。この段階では、生殖細胞だけでなくすべての体細胞へと分化する可能性をもつ。

こうして得られた知見を用いて最適な環境を再現し、ES細胞やiPS細胞から作製したエピブラスト様細胞を、まるごと始原生殖細胞様細胞にすることに成功。作製した細胞をマウスの精巣内に移植し、得られた精子を体外受精することで健全なマウスが得られたことから、正常な生殖機能をもっていることも確かめられた。

「これまでもES細胞から始原生殖細胞様細胞を作製した例はありましたが、正常な生殖機能をもっていることが示されたことはありませんでした。生体内での始原生殖細胞の発生メカニズムの研究にもとづいて細胞を作製した今回の成果は、始原生殖細胞はもちろん、さらに発生のすすんだ卵子・精子様細胞作製技術の開発にも役立つと考えています」

本質を突き詰めることが ブレイクスルーにつながる

順調に成果を積み重ねてきた齋藤さんは、次のステップとして、今年度からJST戦略的創造研究推進事業ERATO「齋藤全能性エピゲノムプロジェクト」を立ち上げた。目指すのは、生殖細胞発生メカニズムのさらなる解明と、医療応用に向けた研究の発展だ。

「これまではマウスを用いて、主に始原生殖細胞形成までのメカニズムの解明に取り組



京都大学大学院医学研究科内の培養室にて。遺伝子発現解析などの研究成果をもとに最適な環境を再現したことが、ES細胞やiPS細胞からの始原生殖細胞様細胞作製という成果につながった。正面右は齋藤さんとともに研究にあたった同大学院講師の林克彦さん。左はJSTのERATO担当者・米澤崇礼さん。

んできました。ERATOでは、始原生殖細胞から精子や卵が形成されるメカニズムの解明とともに、よりヒトに近い動物を用いた研究に取り組んでいきます」

過去の研究から、マウスのES細胞や初期発生様式は非常に特殊で、ラットとも大きな違いがあることがわかっている。よりヒトに近い動物での研究を検討していた結果、滋賀医科大学動物生命科学センターの鳥居隆三教授とカニクイザルを用いた共同研究を行うことになった。カニクイザルは、月経の間隔が約30日など、ヒトと近いことで知られ、研究にはうってつけなのだ。

カニクイザルでの研究が進み、生殖細胞発生のメカニズムが解明されれば、それがゲノムプログラミングの理解にもつながり、不妊治療など、ヒトの医療への道筋もいよいよ

見えてくると期待される。そこで懸念されるのが倫理的な問題だ。

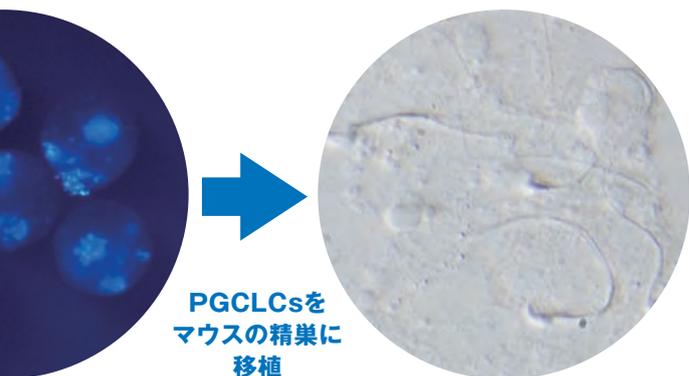
「生殖細胞発生の研究は、極端に言えば生命を作ることにもつながる恐れがあります。たとえばヒトの卵を作るのは、今の段階では不可能に近いといえますが、方向性については、十分な議論を重ね進めなければならないと肝に銘じています。カニクイザルを用いた研究でも、卵を採取する際にはできる限り母体に影響を与えない手法を用いるなど、倫理的な配慮を十分に行わなければならないと考えています」

行く手には、さまざまな困難が待ち受けているかもしれない。しかし、マウスで得られた経験や知見を生かし、チームの力を結集すれば、道は必ず開けてくると、齋藤さんは確信している。

「始原生殖細胞は、お腹の中の赤ちゃんの、それもごく初期にしか存在しない細胞で、医学的な観点からはまったく注目されていない存在でした。こんな研究をしていて大丈夫なのかと、不安に思ったこともあります。しかし、あれもこれもではなく、本質的なところを突き詰めれば、一気に新たな展開へと広がる可能性があります。これからも、それを見誤らずにいたいと思っています」

齋藤さんは、そんなブレない信念の先に、自らの研究が医療にと役立つ日が来ることを見据えている。その頃には、「生殖細胞には、どのようにして“特別”な働きが備わるのか」という今は回答不能な質問にも、中学生がスラスラと答えられるようになっているのかもしれない。■

CLCs) 精子



PGCLCsを
マウスの精巣に
移植

始原生殖細胞に特異的に発現する遺伝子Blimp1とStellaの発現を制御したマウスのES細胞、iPS細胞を、Activin、成長因子bFGF、培養用試薬KSRと培養すると、エピブラスト様細胞に分化した。ここにBMP4などの成長因子を加えると、始原生殖細胞様細胞が得られた。緑色はBlimp1、青色はStellaを発現していることを示す。これをマウスの精巣に移植すると精子が得られ、顕微鏡下で受精させた胚を仮親に移植したところ、マウスの産出に成功した。

Case 1 2次元電気泳動の完全自動化を実

オンリーワンの計測機器開発を推進

日本では、科学技術立国として、優れた人材の養成・確保を図るとともに、研究者の独創的な研究開発の支援、および促進がなされている。そうした最先端の研究開発を支える基盤として重要なのが、研究データなどを精密に測定するためのオリジナルな計測技術や、その技術を可能にするために設計された計測機器だ。病院での検査装置として、一般の人にも身近に、最先端の計測技術や計測機器の恩恵を受けている。

ところが、こうした計測技術や計測機器は、外国製のものに依存する度合いが高い。日本の最先端の科学的研究成果は、外国製の計測機器に支えられているというのが現状だ。この背景を踏まえて、産と学・官の連携による計測技術や計測機器およびその周辺システムの開発を推進するために、JSTは2004年度から「先端計測分析技術・機器開発事業」を開始した。最先端の研究ニーズに応える“オンリーワンの機器”を日本で開発することで、計測機器の海外依存の度合いを減らし、日本の将来の創造的・独創的な研究開発に役立てることが期待されている。

この事業は、今年度新たに設立された「研究成果展開事業」の1プログラムとなり、先端計測分析技術・機器開発プログラムと名称を変えている。

プログラムは、次の4つのタイプで実施されている。

計測分析機器の性能を飛躍的に向上させる独創的な要素技術の開発を目的とする「要素技術タイプ」、要素技術をもとにして、機器のプロトタイプ開発とその実証までを目的とする「機器開発タイプ」、プロトタイプの機器を実用可能な段階まで仕上げることを目的とする「プロトタイプ実証・実用化タイプ」、計測分析のためのアプリケーションなどソフトウェアの開



チームリーダー
シャープ株式会社
鷗沼 豊
うぬま・ゆたか

発を行う「ソフトウェア開発タイプ」。

今回は、「プロトタイプ実証・実用化タイプ」のなかから、成果が大きな実を結んだ2つの事例を取り上げる。

たんぱく質を全自動で分離できる装置の開発

数万種類の遺伝子情報をもとに合成される数十万種類のたんぱく質(ヒトの場合)。そのたんぱく質のわずかな変化が、体調の異常や疾病の引き金となる。近年、その微細な変化をとらえて病気予防につなげる研究や、全たんぱく質の構造や機能の情報からたんぱく質の相互作用などを理解しようとする「プロテオミクス」(*)とよばれる研究が盛んになり、世界中で注目されている。

*プロテオミクス

たんぱく質を網羅的に研究する分野のこと。たんぱく質を意味する英語「プロテイン」と、遺伝子を網羅的に研究する分野「ゲノミクス」という言葉から名づけられた。病気や成長など、人間の生命現象の解明のために、ゲノミクスよりも多くの情報を得ることができるかもしれないといわれている。

シャープ株式会社研究開発本部健康システム研究所と、熊本大学大学院生命科学研究所が共同で開発したのは、2次元電気泳



プロトタイプ実証・実用化タイプの開発事例から

オンリーワンの計測分

世界トップの研究を支える最先端計測分析技術・機器及びその周辺システムの開発を推進する研究成果展開事業(先端計測分析技術・機器開発

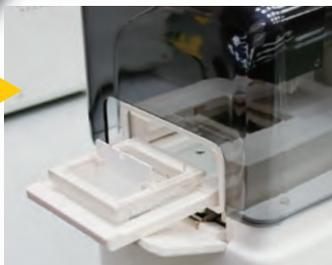
現した、たんぱく質分析装置

転写工程まで自動化する試作機



今回開発された機器「Auto2D」(左)は、たんぱく質の分離までを自動的に行う。この後、ウェスタンブロットングという技術で、シートに転写し、たんぱく質を同定することになる。次の課題として、ここまでは自動的に行う機器の試作機(上)が開発されている。

トレイ(下の写真)にあるチップに試料をつけてスイッチを押せば、後は等電点での分離、分子量の大きさによる分離の2段階を、わずか100分で自動的に行ってくれる。誰にでも簡単に扱うことができる機器だ。



動法(**)により、一度に数千種類のたんぱく質を分離することのできる装置だ。これまで手作業で2日間かかっていた2次元電気泳動法が、この装置では完全に自動化され、従来の10分の1の時間(約100分間)で、しかも従来よりも高精度に分離できる。

この装置により、プロテオミクス分野の基礎・応用研究を大きく発展させることが期待されている。

**2次元電気泳動法

たんぱく質のもつ物理的、および化学的性質の違いを利用して分離する技術。まず、等電点(たんぱく質のもつ電気化学的な性質)により分離を行い、次に分子量の大きさに分離する。

この装置の開発リーダーであるシャープの鵜沼豊さんは、「2次元電気泳動法は、結果が視覚的にとらえやすく、研究者が比較的使いやすい手法です。ただし、従来は手作業で行っていたため、非常に洗練されたテクニックが必要で、分析する人の技術や熟練度によって結果が変わってしまうという欠点がありました」という。また、手作業の場合、熟練した研究者が数日かけて作業する必要があるのも難点だった。

「装置の開発に当たっては、誰がやっても短時間で再現性のよい結果が出るように、手作業のところをすべて自動化して、しかも結果が出るまでのスピードを速めることを考えました」

熊本大学・荒木准教授との産学連携の成果

この装置の開発では、シャープがこれまでに培ってきた技術力と同時に、開発のサブリーダーである熊本大学の荒木令江准教授の存在が大きかった。

実はこの装置は、JSTの先端計測分析技術・機器開発プログラムに応募・採択された2009年以前から、シャープと荒木さんにより、着々と研究が進められていた。両者の出会い

は05年、さらにシャープが開発に着手したのは03年までさかのぼる。

03年はヒトゲノムの解読が完了した年だ。当時、バイオ事業へ参入しようとしていたシャープでは、ゲノムの次にターゲットとなる技術分野に着手すべきだと考えた。「そこで目をつけたのがたんぱく質でした」と鵜沼さん。ゲノムが解読された次は、ゲノムによって合成されるたんぱく質の研究が盛んになることが予想されたからだ。

「たんぱく質の分析装置を開発しようと準備を進めていたときに、荒木さんがたんぱく質と疾病の関係について、情熱的に研究なさっていると聞きました。そこで、私たちの開発のお話をする、『こういうものが本当に欲しかった』と仰ってくださいました」と鵜沼さんは振り返る。

荒木さんはこの開発において、機器に必要な性能や使い勝手に関してのアドバイス、機器を実際に使用しての評価を行っている。

開発されたたんぱく質分析装置は、従来の手作業による手法と比べてたんぱく質の分離性能が向上したため、これまでわからなかったたんぱく質のわずかな違いも検出できるようになった。開発の過程で荒木さんは、特定のたんぱく質がリン酸化したり分解されたりする現象が、がんの悪性化に関連していることを突き止めるなど、数々の発見もしている。

この2次元電気泳動法は、その扱いの難しさや作業時間の長さから、研究の進展のスピードを決める要因の1つとなっていた。全自動化するためには、「やわらかいゲルを機械が扱うことや、ミクロンオーダーでの精度が要求されることなどの難しさがありました」と鵜沼さんはいう。「それでも、この機器を使えば、誰にでも簡単に2次元電気泳動法ができるという、新しい流れを作ろうとしたのです。そうしなければ、世界で勝てませんから」

難しさゆえにこれまで誰も挑戦しなかった技術を実現し、世界に類を見ないオンリーワンの装置を完成させた。現在はさらに一歩先に進んで、分離したたんぱく質を同定するために必要とされる「ウエスタンブロットング」という作業までを自動で行う、グレードアップした装置(写真右上)の開発を行っている。

析機器を開発せよ!

プログラム)。2004年からスタートしたこの事業により、その成果が続々と生まれている。

Case 2 個別化医療の実現を視野に入れ

“迅速な検出”の基盤技術となった SmartAmp法の開発

人間の遺伝情報は、約30億個の塩基対で構成されていて、遺伝子における塩基配列は個人ごとにわずかに異なる。この配列の違いを「遺伝子多型」とよぶが、とくに1塩基の違いをSNP(スニップ:Signal Nucleotide Polymorphism/一塩基多型)という。遺伝子の個人差による違いは、病気のかかりやすさや、薬の効きやすさなどに影響していると考えられている。そこでSNPの研究によって、患者一人ひとりの体質に合った治療を行う「個別化医療」の実現を目指した研究が進められ、大きな期待がかけられている。

バイオテック株式会社と理化学研究所、そして株式会社ダナフォームによって開発されたのが、迅速にSNPを検出できる装置だ。

今回開発された装置を使うと、このSNPをわずか30分程度で、簡単に調べることができる。

「簡便でスピーディーなSNP検出装置の開発ストーリーのきっかけとなったのは、ダナフォームの三谷康正さんのSmartAmp法の開発です」と、このプログラムのチームリーダーであるバイオテック株式会社の長倉誠社長は言う。

SNPを調べるために現在よく使われているのは、PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法をもとにした技術だ。これは、血液からDNAを精製し、そのなかから目的とする塩基配列部位を増幅させ、目的のSNPを検出するという3つのステップで構成されている分析法だ。精度は高いがとにかく時間がかかるので、多数の患者の体質を調べるために実施するのは難しい。作業が煩雑であるうえに、結果が出

るまでに1時間半から長ければ数日程度かかってしまうのだ。また、これを行うためには高額なPCR装置や海外製のキット試薬が必要になる。

一方、三谷さんが理化学研究所の林崎良英領域長との共同研究で開発したSmartAmp法は、血液1滴を前処理薬と混ぜて加熱処理した後、そのまま増幅試薬に添加して60℃で反応させると、30分ほどで結果が出るという、簡便で迅速な方法だ。この簡便・迅速性を実現するためには、PCR法よりも強い増幅酵素を使うなど、いくつかの新技术の開発が必要だった。

SmartAmp法は2007年に三谷さんらによって英国の科学雑誌『Nature Methods』に論文が発表され、大きな反響をよんだ。

JSTの先端計測分析技術・機器開発プログラムでは、09年から、このSmart Amp法によるSNP検出装置の開発に、長倉さんがチームリーダーとなって、理化学研究所、ダナフォームとともに当たっている。

医療用を目指して「無理な注文」を解決

長倉さんは、この装置の開発のゴールを「最先端の研究用に作る事」ではなく、「医療現場で使えるものを作る事」に設定していた。研究用機器では医療現場で使えず、「個別化医療」に役立てることができないためだ。

そして、医療用での認可を目指すために、プログラムのサブリーダーをつとめる理化学研究所の石川智久さんはユーザーの立場に立って、長倉さんに「無理な注文」をしたのだという。

その無理な注文とは、「医療現場に持っていけるように“小さく”、誰にでも扱えるような“簡単”なもので、結果は“早く”、しかも“正確”に出て、“低価格”な機械にする」ということだった。

この注文に対して長倉さんは、「無理な注文といっても、これらのテーマは、三谷さん、石川さん、私たちバイオテックの3者での共通認識でしたから、これらの宿題を解決しなければならないことは十分に理解していました」という。

もちろん、「無理な注文」が簡単に解決したわけではない。「低価格」がとくに難しかったです。結局、装置の中に入れる道具の数を少なくする方向で考えました。測定するのではなく、CCDカメラを使って(***)画像で見えるようにする工夫もしました。これで装置もシンプル化ができます。ところが、CCDカメラのレンズでは四隅がうまく見えないといった問題が出てきました。ただ、この2年間でほとんどの宿題は解決しました」と長倉さん。

***CCDカメラを使う

今回開発されたSNP検出装置では、LEDを光源にした蛍光測定で遺伝子型を判定する。その測定を、特殊な測定器ではなくCCDカメラで行うことで簡便化が図られている。

こうして完成した迅速SNP検出装置は、(独)医薬品医療機器総合機構によって、一般医療機器(クラスI)としての届出が受理された。やがて販売も開始される予定だ。

国際標準化も目指した純日本製の装置

迅速SNP検出装置は、使われている基



チームリーダー
バイオテック株式会社

長倉 誠
ながくら・まこと



た、迅速SNP検出装置

分担開発者
株式会社ダナフォーム
三谷康正
みに・やすま



本的要素技術であるSmartAmp法、そして装置そのものも日本で開発された純国産品だ。

現在、研究現場で主にSNPの検出に使われているPCR法をベースにした方法や装置は、外国製のものが大きなシェアを占めている。しかし、性能や簡便さなどを考えると最先端の研究現場でも、この新たに開発された純国産のSmartAmp法とそのための装置が、現在の方法にとって代わる可能性があるのは明らかだ。

「でも、国内で認められるだけではだめです。私たちが目指すのは国際標準化です。そうでなければ、マーケットは広がりません」と長倉さんと石川さん。そのためには「戦略と人脈が必要だ」と強調する。

石川さんは、この装置の開発にあたって、陰のプロデューサー役も務めている。国際標準化に当たっての戦略を描いたり、人脈

作りを精力的に行ったりするのも、石川さんの大きな役割だ。

「たとえば、国際規格に申請するには、最低5カ国で装置のテストを行い、推薦してもらうことが必要です。そのためには、テストするための国際チームを作るという戦略が必要になります。国際標準化のためのアドバイスを受けられる人脈をもつことも重要です」と石川さん。

石川さんらはこの装置の国際標準化を見据えて、08年にアメリカでSmartAmp法の講演を行い、人脈を作ってきた。

「以前にバイオテックさんと開発した薬物トランスポーターの高速スクリーニング装置を紹介したことをきっかけに、アメリカで人脈を築いていました。そのときに作った信用にもとづいて、SmartAmp法の良さを説明してきました。すると、興味をもってくれる人も現れ、新しい人脈ができました。信頼関係はビジネスをするためにもとても大切です」

一方で、長倉さんは「日本にはいい技術はありますが、国際的な戦略を描いたり、人脈を築いたりして、プロデュースする人材が少ない」と残念がる。

医療費・研究費の海外流出を防ぐ 国産の装置を

長倉さんが、日本製にこだわるのはなぜだろうか。

「医療現場で外国の技術や機械を使うということは、日本の医療費の一部が外国に流れるということです」と長倉さんはいふ。

三谷さんもSmartAmp法の開発の理由の1つを次のように語る。

「PCR法を使うと、この技術の特許を持っている海外の会社にロイヤリティ(特許使用料)を支払わなければなりません。また、PCR法を使った検出キットを国内で開発しても、やはりその会社にロイヤリティを払わないといけません。何とか、それに代わる国産の技術を開発してやろうと思いました」

迅速かつ簡便にSNPを検出できる装置。左の箱の中の青白く光っている部分が、前処理した血液とDNA増幅用の試薬を入れるプレート。上部にあるヒーターで60℃に加熱して反応させ、下部にあるLED光源で照らして、上部のCCDカメラでその蛍光を測定する。使いやすさと低価格を実現するために、とてもシンプルな構造となっている。

医療に限らず、最先端の研究に使われる測定装置類は、ほとんどが外国製だ。医療費だけでなく、研究費もまた外国に流れているのだ。

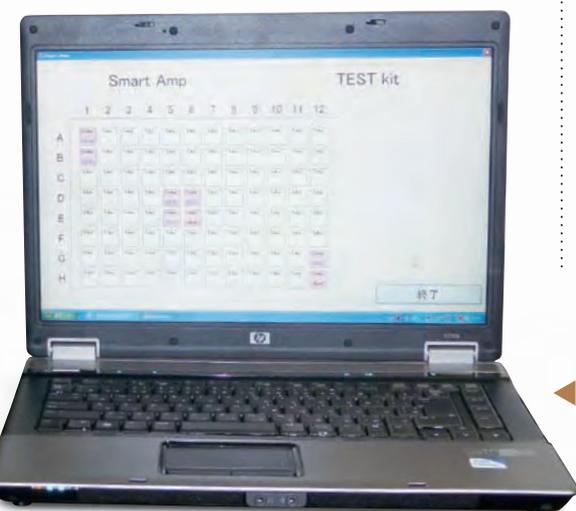
日本で生まれたいいアイデアが日本で認められずに、海外で製品化されるということも起きている。

たとえば、ヒトゲノムの解読をやろうと最初に言い始めたのは当時、東京大学教授で理化学研究所ゲノム科学総合研究センター長だった和田昭允博士である。ところがその後、アメリカは国家戦略としてばく大な予算を付けてヒトゲノム解読に乗り出した。その結果、日本は後れを取り、ゲノム解読に使われるシーケンサー装置もアメリカの会社で開発が進んでしまった。石川さんは「わが国としては苦しい歴史です」と述べて、JSTの事業の意義を語ってくれた。

オンリーワンの計測機器を開発することは、オンリーワンの研究を支えるためだけでなく、日本製の計測分析技術や機器を、世界標準として使えるように価値を高め、医療費や研究費を海外に流出させることを防ぐためにも必要なのだ。日本の機器が海外でシェアを広げれば、外貨の獲得にもつながる。

今回紹介した2つの例のほかにも、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)では、数々の“日本発オンリーワン”の成果が生まれてきている。これらをもとに、測定装置の海外依存から脱却し、多くの日本製測定装置が国際標準となつて、世界を席卷する日の来ることを期待したい。■

サブリーダー
理化学研究所
石川智久
いしかわ・としひさ





ようこそ 私の研究室へ56

地球規模課題対応国際科学技術協カプログラム (SATREPS) 環境・エネルギー (気候変動領域)

「短期気候変動励起地域における海陸観測網最適化と高精度降雨予測」
研究代表者

・山中大学



インドネシアの気象観測を世界の異常気象対策に生かす 日本とインドネシアの共同研究で海陸観測網を整備し、高精度降雨予測を実現します。

PROFILE

山中大学 (やまなかまなぶ)

独立行政法人
海洋研究開発機構 (JAMSTEC)
地球環境変動領域 上席研究員

1955年高知県安芸市生まれ。大阪教育大学教育学部特別教科 (理科) 教員養成課程地学専攻卒業。名古屋大学大学院理学研究科大気水圏科学専攻満了。理学博士。京都大学超高層電波研究センター助教授、神戸大学大学院自然科学研究科地球環境科学専攻教授などを経て2009年から現職。高層大気における風

の変動の研究などを通して約30年前からインドネシアで観測などにあたるうちに、現地の気象がもつ世界規模の大気循環における重要性に着目し、研究テーマとする。10年からSATREPSの研究課題「短期気候変動励起地域における海陸観測網最適化と高精度降雨予測」研究代表者。



島国のインドネシアは 海流をせきとめる「ダム」

「赤道直下のインドネシアでは、日本のような台風の襲来はありません。しかし、激しく太陽に照らされ、1日の間で陸地の温度が急速に上昇したり下降したりと変化し、その影響で活発に雲ができ、台風並みの激しい雨に見舞われたりします。それが毎日繰り返されるのです」

ここで、こうして発生する雲が、「世界的な異常気象の原因にもなっている」と山中大学さんは指摘する。インドネシアという東西に長い島国は、太平洋からインド洋へと向かう大きな海流をせき止める「ダム」のようなも

の。そこで生まれる雲は世界で最も活発で、地球規模の大気循環の「心臓」の役割を果たしている。このため、そこに生じたわずかな変動が、日本を含めた太平洋周辺各地での酷暑や干ばつ、集中豪雨などの引き金になるのだ。だとすれば、インドネシアで高精度の気象観測を行えば、地球規模の異常気象を予測することができる。ところが、開発途上国のこの国には、まだ十分な技術がない。そこで山中さんは、日本とインドネシアの共同プロジェクトを立ち上げた。

「日本は長年、インドネシアと友好関係を築いており、企業の駐在所や工場が多く存在します。そうした結びつきも生かして、日本の観測技術や知識を持ち込み、現地の研究

者を育てながら研究に取り組んで、成果はもちろん、現地の研究者だけで観測や分析ができる体制を築くのが目的です」

海上での観測ブイ設置のほか、既存の陸上レーダーも含めた海陸観測網を構築し、データの分析手法を開発した。世界の異常気象対策に役立つ高精度降雨予測を実現させようと、活動に取り組んでいるのだ。



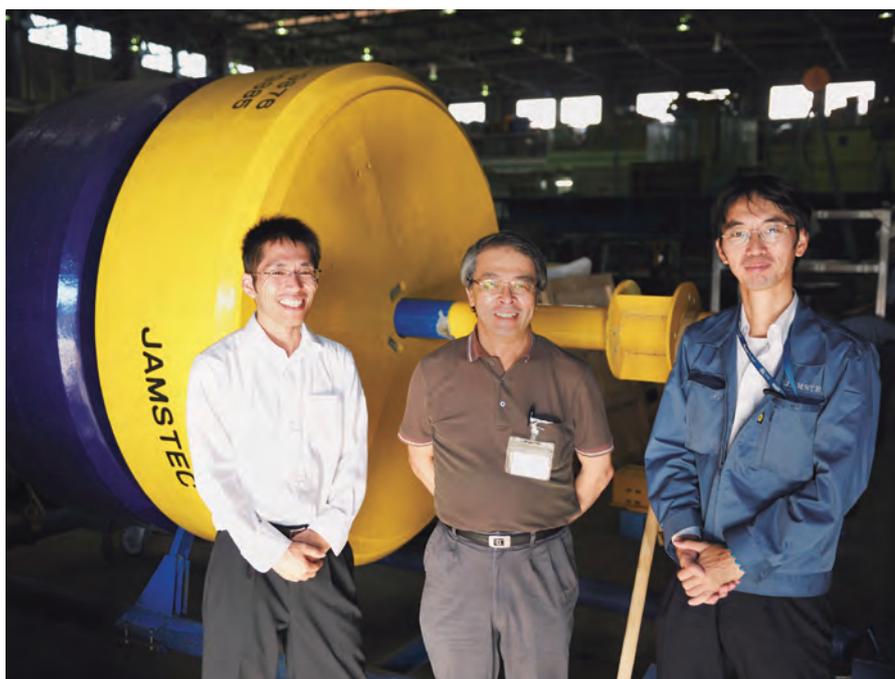
地学教員の夢がかなわず 高層大気の研究者に

「私が幼かった頃、日本では伊勢湾台風や三八豪雪などの自然災害が続きました。新聞記者だった父を通じてそうした情報に詳しく接していた私は、まず気象学の研究者を目指し京都大学、東京大学を受験するも失敗。次に高校地学の先生を目指して、大阪教育大学の教育学部に進みました」

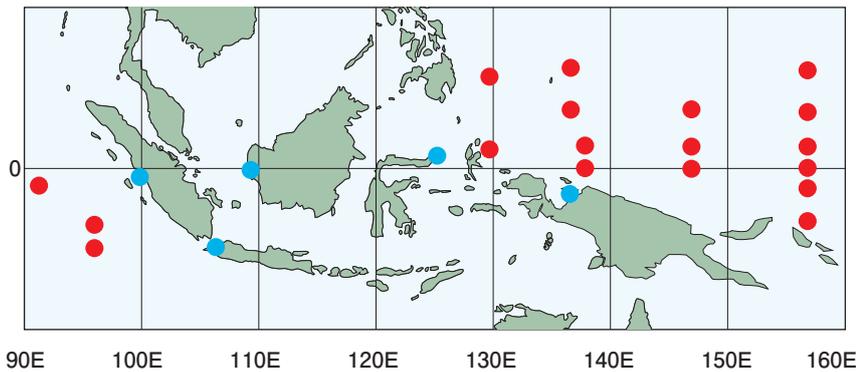
しかし、地学の授業を行う高校が減り、地学教員への道が非常に狭かったこともあって夢をあきらめ、気象学の研究者へと進路を変えた。大学院受験を2年失敗した後に名古屋大学大学院で研究者としての一歩を踏み出したが、与えられた研究テーマは、山中さんが興味を抱いていた分野とはかけ離れていた。

「台風や雪などの一般的な気象学に興味があったのですが、高層大気の研究することになりました。オゾンホールのように、人間の活動による高層大気への影響が取りざたされた頃で、成層圏に気球を上げての調査を計画しました」

名古屋大学には気球観測に必要な設備も人材もなかったため、当時、大学共同利用機関となった宇宙科学研究所に通って観測技術を学んだ。思いもかけない道だったが、研究に打ち込むうちに興味も膨らみ、同研究所が計画したインドネシア上空の高

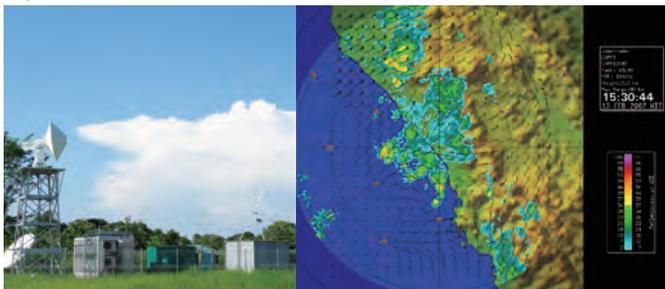


JAMSTECの海洋工学センターにて、m-TRITONブイの前に。左からプロジェクトメンバーの福田達也さん (観測ブイ担当)、山中さん、石原靖久さん (観測ブイ担当)



青色の点が陸上の気象レーダー、赤色の点が海上の観測ブイ。それぞれから得られたデータを分析し、高精度降雨予測を実現する。右上の写真は、日本とインドネシア両国のプロジェクトメンバー（2010年6月、インドネシア・プオイにて）

気象レーダーを用いた陸上観測



SATREPS以前からの計画で投入したレーダーと解析法を活用し、地球最多のインドネシアの雨が海岸線の両側の温度差により、夜に陸側、朝に海側で降ることを解明した。

小型で使いやすい新型のm-TRITONブイを技術供与し、インドネシア海域に設置する。内部には雨量や風向、風速などの記録装置が搭載されている(写真右)

m-TRITONブイを用いた海上観測



層大気の観測に加わった。これがインドネシアとの縁となり、その後移った京都大学超高層電波研究センター時代には、高層大気の観測技術を下層大気に応用して観測研究する国際共同プロジェクトをインドネシアで展開した。そうした中でインドネシアの気象が世界の異常気象に与える影響と重要性に着目し、自分のメインテーマとなった。現在はJAMSTECに所属し、JSTと独立行政法人国際協力機構(JICA)が連携して実施しているSATREPSのプロジェクトの研究代表者としても、研究を推進している。

「経済発展を遂げて社会が豊かになりつつあるインドネシアの若者たちは、科学技術の

力でも生活も豊かにしようと、研究意欲に満ちています。それについては、日本の若者たちも、大いに刺激を受けているようです」
 南国の青空には、国境を越えて集う若き研究者たちの志が、入道雲のようにムクムクと湧き起っているのだ。☑

振り返れば「回り道が幸運だった」

「回り道をした末に、ようやくやりたかったテーマにたどり着きました。回り道がプラスになったのかなと、しみじみと思います」

山中さんが研究者となった頃の気象学は、気象台から得たデータを使い研究するスタイルが一般的だった。しかし、山中さんが飛び込んだ高層大気の研究では、役立つデータなどはなかったため、自ら観測機器を開発し、自ら観測しに行った。そうした研究経験が、現在も大いに役立っているという。

「さらに、宇宙科学研究所に集まっていた宇宙工学や素粒子物理学などの最先端の研究者たちからも刺激を受け、糧とすることができました。私ほど運のいい人間はいない

研究の概要



ブイ技術の船上研修の様子。JAMSTECの海洋地球研究船「みらい」の上で、日本の技術がインドネシアの技術者へと伝えられる。

インドネシアは、太平洋からインド洋への海流をせき止めるダムのように位置する。世界で最も活発に雲が発生し、地球規模の大気循環の心臓のような役割を果たしている。そこに生じたわずかな気候変動が、日本を含めた太平洋周辺各地での酷暑や干ばつ、集中豪雨などの引き金になっていることが指摘され、世界的な注目を集めている。

SATREPSのプロジェクトでは、日本とインドネシアの共同研究事業として、海(ブイ)と陸地(レーダー)を含めた海陸観測網を最適化させるとともに、得られたデータを分析して、高精度の降雨予測の実現を目指している。

研究期間中の成果だけでなく、期間終了後も現地での研究が継続することを重視し、インドネシアの若手研究者や技術者へのブイ作製工場の見学、船上でのブイ設置実習なども行っている。こうした取り組みを通して日本の先進技術を伝え、人材の育成にも力を入れている。

サイエンスアゴラの企画・運営を行っています。

サ イエンスアゴラは、サイエンスを通してみんながつながる「ひろば」です。サイエンスについての面白いこと、気になること、さらにこれからのことを一緒に楽しみ、語り合い、共有する日本最大級の科学コミュニケーションのマルチイベントです。私は主担当として、「サイエンスアゴラ2011」の企画立案から当日の運営までのすべてに関わっています。

「サイエンスアゴラ2011」の準備は「2010」が終了した直後、昨年11月から始まりました。来場者数やアンケート結果などのデータを取りまとめ、私たち担当者に役員も加わった反省会も開いて、まずは課題の洗い出し、そして年明けにはコンセプトやテーマを議論しました。ところが、例年ならば準備に取りかかる3月、東日本大震災が発生しました。一度は決まりかけた方向性を再度練り直し、改めて決定したテーマが「新たな科学のタネをまこうー震災からの再生をめざして」です。

「サイエンスアゴラ」は主に、サイエンスについて伝えたい人たちが出展者となって行う企画（公募企画）と、JSTや関係機関が自ら行う企画の2種類で構成されています。「サイエンスアゴラ2011」の企画公募は5月から始めましたが、予想をはるかに上回る数の応募がありました。希望する方すべてに出展してほしくても、スペースや予算には限



科学ネットワーク部 企画担当
調査員

梅原千慶 (32) うめはら・せんけい

●業務の内容

サイエンスアゴラの企画運営を担当。米国科学振興協会 (AAAS) 年次大会でのシンポジウム開催など、部署内の国際案件も扱う。「サイエンスアゴラ」で得られた知見を学会で発表するなど、科学コミュニケーション促進のためのさまざまな仕掛けを作っている。

●Background

東京大学教養学部基礎科学科卒業、同大学院総合文化研究科広域科学専攻修了。博士(学術)。米スタンフォード大学などの博士研究員を経てJSTへ入社。現在3年目。専門は生物物理学、ナノバイオテクノロジー。

りがあるのが実情です。外部有識者も交えた選考・調整を経て、「サイエンスアゴラ2011」では過去最多の190以上の企画を実施することになりました。

出展企画が決まった後は、主に初めて出展する方たちを対象とした説明会を開きます。ここでは例年、さまざまな質問や要望が出されます。ブースのしつらえや実験上の制限などの質問以外にも、「ロケットは飛ばせたい」「大きなグライダーを持ち込みたい」「コスプレは…」など、予想だになかった視点からの質問や要望があって、驚かされることも少なくありません。ただ、意外な実験結果がノーベル賞級の研究のタネになるように、こうした“想定外”の要望や意見こそが「サイエンスアゴラ」のクオリティを高めてくれるものだと、私は考えています。説明会は単に注意事項を伝えるだけの場ではなく、出展者と運営側の双方向コミュニケーションと「創発」の機会でもあるのです。

「サイエンスアゴラ」は、全国の科学コミュニケーターが集う場として2006年にスタートしました。年を追うごとに規模も大きくなり、今では「科学と社会をつなぐ場」へと変化を遂げています。研究者や親子連れ、学生や先生はもちろん、より多くの方に参加いただくことで、世界に発信するオールジャパンのイベントにしていきたいと考えています。科学と文化の秋、お台場へぜひお越しください。



左)「サイエンスアゴラ2010」でのワークショップ。今年も子どもから大人まで参加できる企画がそろそろ。中)「サイエンスアゴラ2011」開幕シンポジウムは11月18日(金)、お台場を飛び出し国連大学(表参道駅徒歩5分)で開催!右)出展者説明会の様子。

TEXT:Office彩蔵