

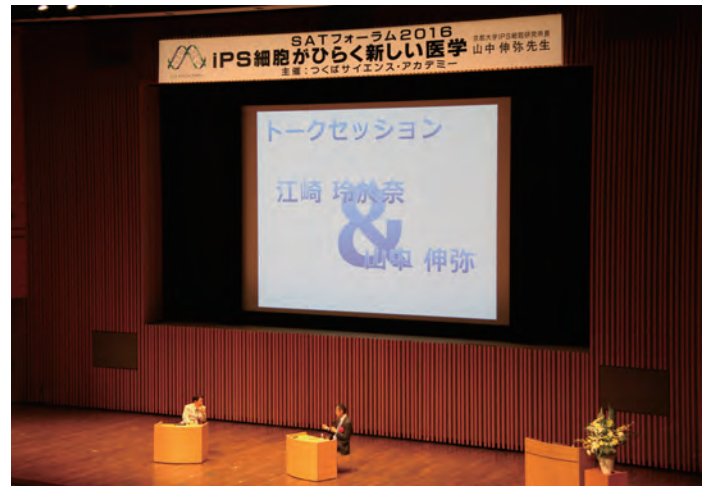
Science Academy of Tsukuba

SAT

No. 30

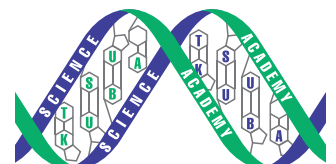
September 2016

<http://www.science-academy.jp/>



写真：SATフォーラム2016

- ▷ 巻頭言： 次の時代の「つくば」のために
- ▷ 我が国の地域と社会の持続的発展に対するさらなる貢献のために
(2016年4月 農研機構組織改編の概要)
- ▷ 特集： 防災・減災の科学・技術
- ▷ SATフォーラム2016
2012年ノーベル生理学・医学賞を受賞した山中伸弥教授を迎えて
- ▷ つくば賞その後-7： カーボンナノチューブの発見
- ▷ 研究室レポート： インクジェット用油性顔料インクの開発と精密合成技術
- ▷ 科学の散歩道： 遺伝子組換えカイコの開発とその応用研究
- ▷ G7茨城・つくば科学技術大臣会合開催
- ▷ 賛助会員訪問記： 株式会社つくば山水亭 株式会社Scientific Language
- ▷ SAT活動報告・お知らせ



つくばサイエンス・アカデミー
SCIENCE ACADEMY of TSUKUBA

次の時代の「つくば」のために

筑波大学長 永田 恭介

筑波研究学園都市の創設については、おおよそ50年前の閣議決定に遡ります。実際に、予定される研究機関の移転がほぼ終了したのは30数年前です。筑波大学は、当時、唯一の高等教育機関として、東京教育大学を前身校として、43年前につくばの地に開学しました。文字どおりに、つくばの地の開拓の時代を経験したわけです。

産官の研究所が集積したつくばにおいては、それらの研究所の連携協力が謳われ、期待も持たれてきました。しかし、10年ほど前まではそれぞれの機関が、移転したこと、運営形態が変化したことなどに伴う課題を解決し、それぞれのアイデンティティを確立する時期であったのではないのでしょうか。その時期を過ぎ、ようやく学園都市内の協働が目に見える形になってきました。たとえば、TIA (Tsukuba Innovation Arena) は一つ屋根の下を掲げて、産業技術総合研究所 (産総研、AIST)、物質・材料研究機構 (NIMS)、筑波大学、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) および一般社団法人日本経済団体連合会 (経団連) とが協業する研究拠点として設立されました。今年度からは、東京大学も参画し、本格的なオープンイノベーションを展開する拠点としての活動が加速され

ました。

こうした協業においては、個々の研究プロジェクトが重要であることは無論のこと、研究を支え、推進し、継ぐ人材の育成が極めて重要です。つくばにおける先端的高等教育組織として、筑波大学はこのポイントを重視しています。筑波大学は、「開かれた大学」を基本的な理念として創設され、この理念を様々な形で具現化してきています。国際的な協働、設置形態の異なる組織との協働、異なる学問分野の協働などの壁や境を超えた活動を、トランスボーダー化研究教育と名付けて牽引しています。国立大学の第3期中期計画 (平成28年度～33年度) においては、開学以来の本学の特長を分析し、考察し、「学際性」と「国際性」の向上を基本的な考え方としました。

一方で国立大学にとっては茨の道が始まったとも言えます。その最大の理由の一つは我が国の苦しい財務状況を反映した基盤的経費の止まることを知らない削減です。本学も支出を抑制する工夫のみならず収入を増加させる工夫に真剣に取り組み始めています。細々とした工夫から多額の研究費に繋がる工夫など様々です。細かなところでは、クレジット会社と提携した大学クレジットカードの導入を例に挙げることが

できます。利用者の付加負担なく、クレジット決済額の一部が大学に寄付される仕組みが連動しています。大きな事例については、トヨタ自動車との特別共同研究事業、米国メルク社との創薬研究契約などがあります。こうした産学連携事業の活発化には、2年目を迎えた国際産学連携本部の活動が重要でした。産連収入が前年に比べて約3倍に増えました。

さらに、こうした産官学の連携協働の先には、イノベーションを牽引する起業という新たな地平が開けなければなりません。我が国で理解されているベンチャーキャピタルの役割は狭義であり、本来のそれは資金調達とビジネス展開の加速支援であり、特に後者の部分が重要だと考えられています。すなわち、投資家とデザイナーと人材教育機能に主眼を持ち、投資に対する回収すら時として目的とはなっていないと言われています。明日の世界、日本、少なくとも「つくば」を考えた時に、つくばの地で研究に関わる組織群もしっかりとつくばの特性を見つめなければなりません。高等教育機関としてもチャレンジすべきポイントを整理し、実行する覚悟と計画が必要ですし、社会的な理解を促進することも必要だと実感しています。幅広い議論と協業に期待をしています。



永田 恭介 (ながた きょうすけ)

- 1985年 国立遺伝学研究所分子遺伝研究系・助手
- 1991年 東京工業大学生命理工学部・助教授
- 1999年 東京工業大学大学院生命理工学研究科・助教授
- 2001年 筑波大学基礎医学系・教授
- 2004年 筑波大学大学院人間総合科学研究科・教授
- 2010年 筑波大学学長特別補佐兼務
- 2011年 筑波大学医学医療系教授
- 2012年 筑波大学学長特別補佐
- 2013年 筑波大学学長

我が国の地域と社会の持続的発展に対するさらなる貢献のために (2016年4月 農研機構組織改編の概要)

農業・食品産業技術総合研究機構 連携広報部 広報課長 齋藤 薫

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 (以下「農研機構」) は、本年4月1日、国立研究開発法人農業生物資源研究所 (以下「生物研」)、国立研究開発法人農業環境技術研究所 (以下「農環研」) および独立行政法人種苗管理センターと統合して一つの国立研究開発法人となり、5年間の第4期中長期計画に基づく研究開発に着手しました。新しい農研機構では、基礎から応用・開発・普及まで幅広く一体的に研究開発に取り組むことのできる組織となり、国立研究開発法人として『研究開発成果の最大化』を図ることを主眼において研究課題を立案し、組織と制度を設計しましたのでここに紹介します。

まずは研究開発成果を社会に早く送り出すため、5つの地域農業研究センター (北海道、東北、中央、西日本、九州沖縄) に、地域における産学官連携の仕組みを強化します。農研機構全体の産学官連携は食農ビジネス推進センターが主導し、マーケットイン型研究を推進しています。

また、農研機構を一体化するため基幹となる専門研究組織を7つの研究部門としました。フロントラインとしての地域農業研究を支える本隊が研究部門です。さらに、異分野の連携を重視し、ゲノム研究と作物育種、農作業とICT、環境変動予測と対策技術の連携による重点化研究センターとして、次世代作物開発研究センター、農業技術革新工学研究センター、農業環境変動研究センターを設置しました。

種苗管理センターは、農研機構で開発した新品種の種苗の配付などを通じ、優良な種苗の生産・流通に貢献します。なお、生物系特定産業技術研究支援センターは、資金提供を通じて外部の研究を支援する組織に特化しました。

このような組織体制のもと、主

に次の(1)から(4)に係る研究開発等を進めてまいります。

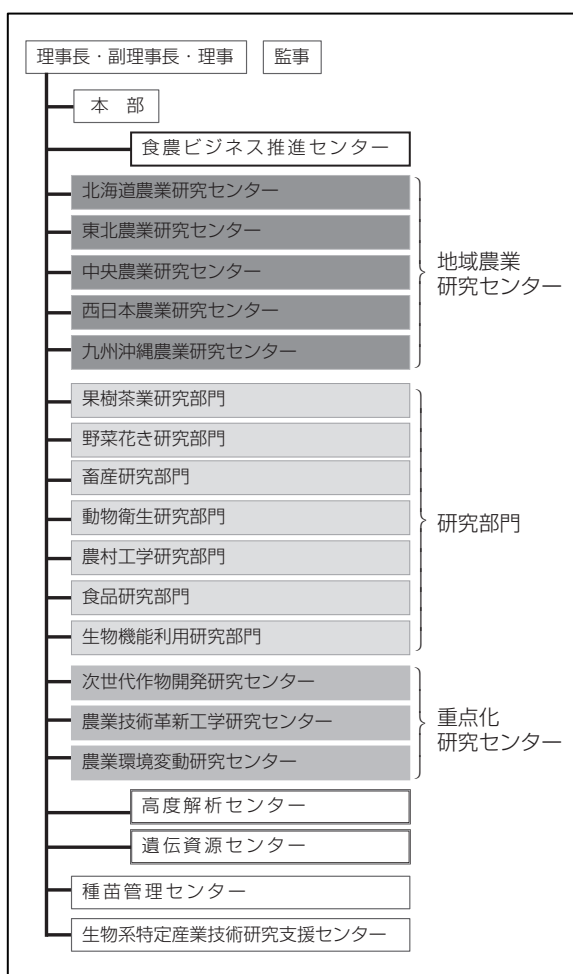
(1) 農業の担い手の減少や高齢化といった営農現場が抱えるさまざまな課題を解決し、農業経営の規模拡大と法人化を応援するための革新的な技術開発を通じて、地域の条件を活かした活力のある水田作・畑作営農と畜産業を実現します。

(2) 生産者にも実需者にも消費者にもメリットをもたらし、日本農業を強くする作物の新品種の育成と、新特性シルクなど新産業の創出につながる生物新素材を開発します。

(3) おいしく、健康的で、安全かつ信頼できる農産物を国民に提供します。

(4) 温かな気候、豊富な水資源、肥沃な大地、美しい農村景観など、農業を行う上で恵まれたわが国の自然環

【農研機構組織図】



【食農ビジネス推進センター】

マーケットインおよび需要主導の発想に基づく法人の研究開発、成果移転を推進する活動や食農ビジネスの創出に向けた先進的な手法開発を行います。

【高度解析センター】

農業・食品産業技術に係る試験・調査・研究において必要な、高度な分析機器などを利用して行う解析やこれに関連する支援を行います。

【遺伝資源センター】

農業生物遺伝資源の充実と活用に関する技術についての試験・研究・調査を行います。また、農業生物遺伝資源ジーンバンク事業に関する各種業務を行います。

境を、気候変動をはじめとするさまざまな環境変化から守ります。また、災害対策基本法等に基づく指定公共機関としての役割を果たすと共に、農業を持続可能とするための技術開発を行います。

次に今回の組織改編により、すでに表れているまたは今後期待される「統合効果」について、三つほど具体例を挙げますと、一つは生物研との統合効果として、農研機構が進めてきた作物開発研究と生物研がリードしてきたゲノム研究を結びつけるため、新しく「次世代作物開発研究センター」を設置したことで、多くの作物で塩基配列の解読が進み、有用形質の遺伝子が明らかになっています。

これまで米の食味は、稲を栽培し、籾を収穫し、脱穀・精米し、炊飯し、試食して初めて評価・選抜できました。それが、苗の段階で選抜が可能となります。果樹では選抜の対象となる果実が収穫できるまでに数年かかりますが、育種年限の短縮と栽培面積の縮減が可能です。このようなゲノム研究に基づいてDNAマーカーで選抜する育種をゲノム育種と呼びますが、次世代作物開発研究センターが中心となって、ニーズに沿った作物開発を加速するゲノム育種に取り組むことにより、育種の加速と効率化が可能となっています。今後はまた、DNAマーカー選抜で都道府県や民間の育種を支援することや、これまでにない特性を持つ育種素材を開発することも農研機構の重要な使命と考えます。

二つ目に農環研との統合では、地球温暖化等環境変動への取り組みを強化します。かつて異常気象が原因となる水稲の不作といえば冷害でありましたが、近年は急速な温暖化が進む中で、登熟期の高温による白未熟粒ができることによる品質の低下が問題となっています。一方で、農業は温室効果ガスの排出源にもなっています。そこで、農研機構で新設した「農業環境変動研究センター」が中心となって、温暖化の作物生産への影響を予測・評価すること、温室効果ガスの排出削減などの緩和技術や、温暖化を克服する適応技術の開発を一体的に進めています。また、農業生産活動と生物多様性等の環境保全を両立する総合的な取り組みも可能となりました。病害虫に強い作物を作付することや害虫の天敵を有効に利用することなどの総合的病害虫管理（IPM）により、生物多様性を維持・向上させていきます。

三つめに種苗管理センターは、種苗法に基づく品種登録に係る栽培試験や品種保護対策、種苗の検査を行うとともに、バレイショやサトウキビの原々種生産・配布を行っています。またこの組織では遺伝資源の保存のために、統合前から生物研にありました遺伝資源センターの

依頼で増殖業務を行っていましたが、これからは農研機構の内部で研究部門とも連携をますます密にして、果樹をはじめ農研機構が育成した品種を増殖するなどの成果普及活動・遺伝資源保持に貢献していきます。

このほか、農研機構は今回の統合において農業・食品産業における我が国を代表する研究開発機関となったことにより、農学等の分野における農研機構外のネットワークとの連携、とりわけ国際農林水産業研究センターや海外機関・国際機関との連携を強化しながらグローバルな視野の下に先導的・基盤的・中核的な研究開発を進めてまいります。

最後になりますが、これまで農研機構の成果、農研機構の名前が国民に広く認知されていないとの反省に立ち、研究成果の普及、産学連携の活動と協力しながら、これらからの自主性を保たせる形で、情報発信等の広報活動を充実させていきます。

具体的には、これまで研究者や実需者向けだった各種の研究成果の広報について、広く一般国民に判りやすい形でこれを行っていきます。

国民との双方向コミュニケーションをより大切にし、食と農に関する一般的な知識からリスクに係る知識に関することまでの幅広い情報を、各種イベント・展示・教育活動などを展開する中で提供してまいります。

これらの活動も含めた結果として、食料の安定供給、産業としての農業等の競争力の強化、環境保全等をサポートすることにより、我が国の地域と社会の持続的発展にますます貢献していければ幸いです。

今後とも新しい農研機構をどうぞよろしく願います。



齋藤 薫（さいとう かおる）

1986年4月 農林水産省採用
 1997年4月 農林水産省農産園芸局種苗課種苗審査官
 2001年4月 種苗管理センター種苗検査課長
 2005年4月 農研機構北海道農業研究センター企画チーム長
 2007年8月 農林水産政策研究所研究調査官
 2012年4月 生物系特定産業技術研究支援センター企画課長
 2016年4月 農研機構連携広報部広報課長

特集 「防災・減災の科学・技術」

平成 24 年つくば市北条における竜巻被害、近年各地で活発な火山活動、昨年の常総市鬼怒川水害、そして熊本での震度 7 の地震など自然災害は後を絶たない。自然災害は完全になくすることは難しく、従って、レジリエンス (resilience: 困難な状況から、しなやかに適応して生き延びる力) のさらなる向上が必要とされている。

つくば研究学園都市では防災・減災のための様々な研究開発が研究機関で展開されており、SAT テクノロジーショーケース 2016 (平成 28 年 2 月 4 日開催) では分野・カテゴリーを防災とするポスター発表が 7 件 (一般発表 5 件、つくば発注目研究発表 2 件) あった。会誌 20 号 (2011 年 10 月発行) では東日本大震災をうけて、特に地震と原発とに関する特集を企画した。今回は水害を中心として、地震の話題を含めて、その概要を紹介する。

竜巻・ゲリラ豪雨の予兆を捉える革新的観測器 — KUMODeS (クモデス)

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 素粒子原子核研究所 准教授 田島 治

近年、日本では竜巻やゲリラ豪雨などによる災害が深刻化しています。これら突発的気象災害の予兆を捉えて、早期予測を実現するために、宇宙観測技術を応用した気象観測器 KUMODeS (クモデス) の開発を、素粒子原子核研究所の長崎岳人研究員と共に行っています。

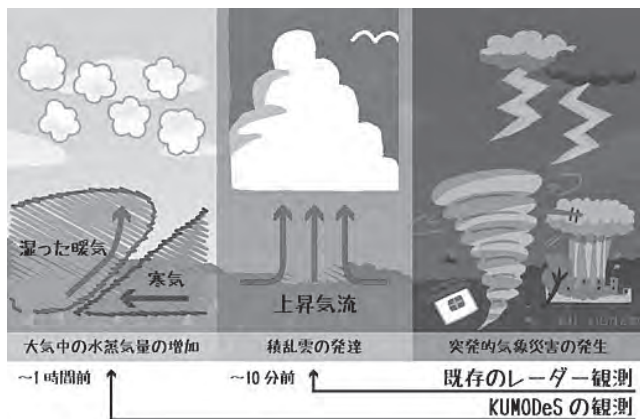


図 1 竜巻・ゲリラ豪雨等の発生シナリオ。本研究が成熟した暁には、このような突発的気象災害を、従来技術よりもはるかに早く察知し、被害を最小化することが期待されます。(図提供 KEK 高橋将太)

竜巻やゲリラ豪雨などの顕著な大気現象は、甚大な経済的損失だけでなく、人命にも関わる身近な問題として広く認知されてきています。図 1 に示すように、これら

の突発的気象災害は、極めて短時間で局地的に発生します。この突発的気象の前段階として、積乱雲の発生がありますが、従来の気象レーダーが対象とする雲内の降水粒子のモニターでは、突発的事象の 10 数分前でないとは検知することが困難です。そこで、積乱雲の発生・発達を引き起こす条件となる大気下層における水蒸気量の急激な増加を捉えることが注目されています。しかしながら、水蒸気は大気を構成する成分の中で最も時空間変動が大きく、高感度かつ高速に水蒸気量を計測する手段が必要となります。KUMODeS (クモデス) はその計測を可能にする観測器です。

KUMODeS の最大の特徴は、宇宙を観測するための電波観測技術の応用にあります。本来の研究対象である宇宙の果ての観測において、地球の大気による影響は無視できません。これを除去するために開発してきた手法を、逆に大気観測に応用しました。

大気中の水蒸気は、約 22 GHz の周波数の電波を発しています。図 2 に示すように、この電波をアンテナで集め、約 10K (-263℃) まで冷やした冷却受信器で計測し

ます。3つの特許出願技術を組み合わせることで、このような冷却受信器を比較的容易に実現しました。電波を計測する半導体素子の感度は使用する温度が低いほど良くなります。冷却化によって、およそ10倍の速さで大気中の水蒸気量をモニターすることが可能になりました。

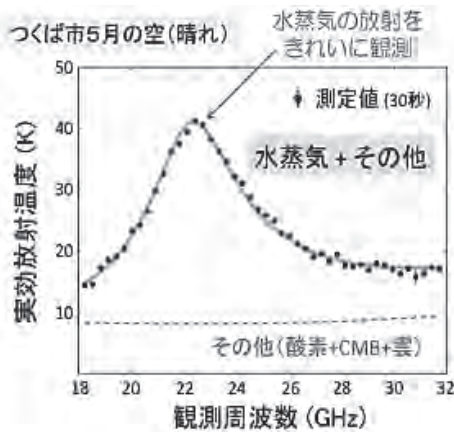
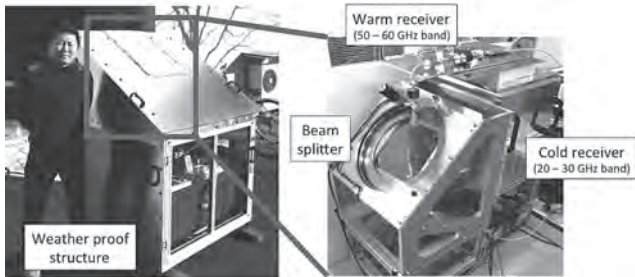


図2 KUMODEsの外観と装置内部(上)、測定した大気水蒸気放射スペクトル(下)。

既に、雨雲発生に先立つ大気水蒸気量の増加を検知することにも成功しています(図3)。約3週間にわたる観測においても、降雨に先立つ大気水蒸気量の増加を完璧に捉えていることがわかります(図4)。

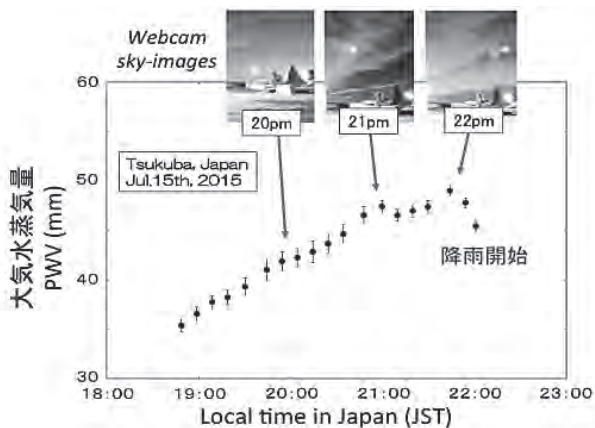


図3 雨雲発生に先立つ降雨の予兆(大気水蒸気量の増加)を捉えた例。上空に雨雲が発生する前から水蒸気量の増加を捉えていることがわかります。

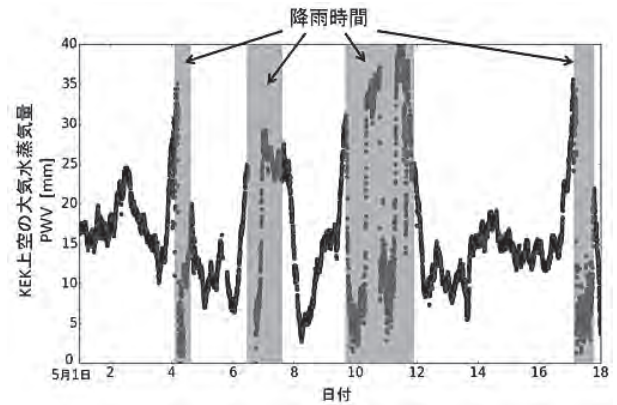


図4 KEKにて計測した大気水蒸気量の3週間の変化。降雨(灰色に塗りつぶした期間)に先立つ、水蒸気量の増加を完璧に捉えている様を確認できます。

今後の課題は、現行技術を発展させ、実用化することです。その為には、通常の降雨だけでなく、ゲリラ豪雨等の突発的な気象変化を長期観測により捉え、気象学的な見地から分析を行う事が重要です。

KUMODEsの開発は、科学技術振興機構が推進する大学発新産業創出拠点プログラム(STAR)に採択されたことで立ち上がったプロジェクトです。気象研・荒木健太郎氏と石元裕史氏からアドバイスを頂きながら開発を進めています。また、野村證券などの機関とも幅広く連携し、基礎科学の研究で培われた技術の社会還元を目指しています。



著者略歴

田島 治 (たじま おさむ)

2004年7月 高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所 助手

2007年4月 高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所 助教

2010年9月 高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所 准教授

気象災害軽減のための監視・予測技術の高度化に関する研究

気象研究所 研究総務官 齊藤 和雄

1. はじめに

気象研究所は昭和21年2月に創立し、昭和55年6月につくばに移転した国立研究機関である。気象庁の業務を科学に立脚して下支えするため、台風・集中豪雨等、地震・火山・津波、気候変動・地球環境、の3つの分野に大別される研究計画に基づいて、これらに関する研究と基本技術の開発を行っている。ここでは、台風・集中豪雨等対策の強化に関する研究で行われている局地的大雨や竜巻等を含む激しい気象現象による災害軽減のための監視・予測技術の高度化についての取り組み例を紹介する。

2. 気象災害について

日本では毎年のように多くの気象災害が発生している。特に大きな気象災害としては、近年では、平成23年9月の台風第12号による紀伊半島での大水害、平成24年5月のつくば市での竜巻、平成24年7月九州北部豪雨、平成25年10月の台風第26号による伊豆大島での土石流災害、平成27年8月豪雨での広島市での土石流災害、平成27年9月関東・東北豪雨での鬼怒川堤防の決壊などが挙げられる。

これらの災害につながる激しい現象の殆どは積乱雲の存在に関わっている。台風は積乱雲群が地球回転の効果で組織化した熱帯低気圧である。集中豪雨では積乱雲は「メソ対流系」と呼ばれる組織的な集団となって大雨をもたらすほか、しばしば線状の降水帯となって狭い範囲に大量の雨をもたらす。個々の積乱雲は一般風に流されて移動する一方、風上側で新しい積乱雲が次々に発生しメソ対流系は同じ位置に留まることがある（バックビルディング現象）。竜巻は、スーパーセルと呼ばれる通常のものより寿命の長い積乱雲やメソ対流系に低気圧性の循環が生じて起きる強い渦で、水平スケールが概ね1km以下と大変小さい。

上記のような激しい現象は、時間スケールや空間スケールが小さく、その監視（観測）や予測には多くの課題がある。近年、新たな観測手段の導入やスーパーコンピュータの能力向上などにより、現象のメカニズム解明と監視・予測の技術が進展しつつある。

3. 気象研究所での取り組み

気象研究所では、予報研究部、気象衛星・観測システム研究部、台風研究部が中心となって、激しい気象現象による災害軽減のための監視・予測技術の高度化に関する研究に取り組んでいる。監視（観測）技術に関しては、

レーダーやライダーと呼ばれる電波や光を用いたリモートセンシングによる降水や水蒸気の観測、GNSSと呼ばれる全球測位システムや静止気象衛星ひまわり8号からのデータの高度利用などがある。レーダーに関しては、気象研究所は2008年に二重偏波レーダーを導入している。二重偏波レーダーは、電界の振動する方向が水平と垂直の2方向の電波を放射して、物体から散乱された反射波の水平偏波、垂直偏波の信号を別々に受信することにより、積乱雲内の降水粒子の形状の推定や高い精度での降水強度の測定を可能にする。平成24年5月のつくば市での竜巻について、詳細な観測データが得られている。気象研究所で開発された二重偏波レーダーのデータ処理技術を基にした気象庁現業レーダーの二重偏波化が、羽田、関西などの空港気象レーダーで始まっており、将来的には気象庁の他の気象レーダーにも適用されると考えられる。

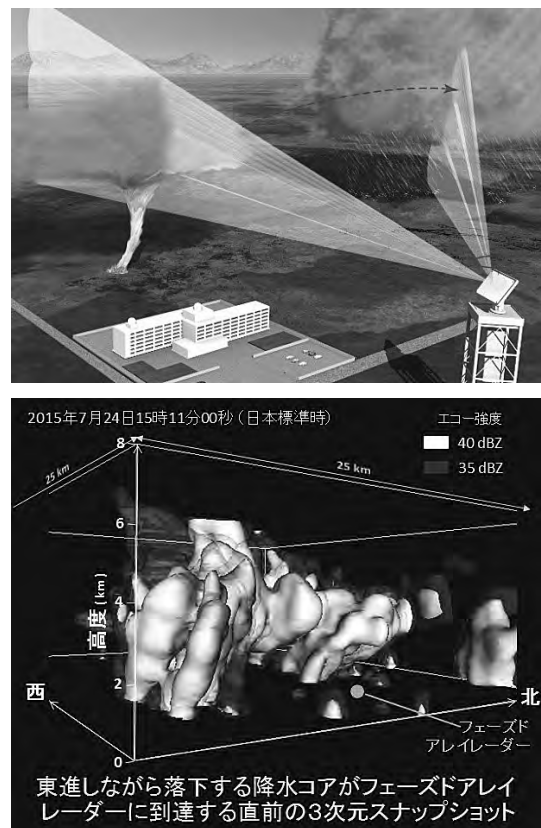


図1 上) 気象研究所フェーズドアレイレーダーの概念図。下) 2015年7月24日に観測された落下する降水粒子の範囲を示した図。気象研究所ホームページ (<http://www.mri-jma.go.jp/Facility/phasedarrayradar.html>) より。

積乱雲の観測に関する最先端の手段として、フェーズドアレイレーダーがあり、気象研究所では2015年7月からその運用を開始している。フェーズドアレイレーダーは、多数のアンテナ素子の電波の位相を電子的に制御することで同時に複数の方向のビームを受信できるレーダーで、仰角を変えるためのアンテナの上下方向の首振りを、電子スキャンに置き換える。従来のレーダーでは現象の断面30枚を観測するのに5~10分かかるが、気象研究所のフェーズドアレイレーダー(図1)では100枚の断面を30秒で観測することが出来る。

フェーズドアレイレーダーの高速スキャンによる積乱雲の立体的な連続観測は、今後、激しい気象現象のメカニズムの解明に大きく寄与するものと期待される。ライダーに関しては、大気下層の水蒸気を精度良く観測する小型の車載型水蒸気ライダーの開発が行われている。

気象庁の天気予報ではコンピュータによる数値予報が中心手段となっているが、激しい気象現象の予測精度はまだ十分とは言えない。気象研究所では、スーパーコンピュータシステムを2015年3月に更新し、気象・気候・海洋の予測技術高度化のために活用しているほか、地震・火山・津波の予測にもシミュレーション技術を利用して

いる。災害につながる激しい気象現象の予測の改善と防災気象情報の高度化のための研究としては、高精度で分解能の高い数値モデルの開発やシミュレーションを用いた現象メカニズムの解明、観測データを取り込むことによる数値モデル初期値の改善などを行っている。激しい気象現象は時間スケールが短いものが多く、数値モデル初期値の精度は重要である。図2は、平成27年9月関東・東北豪雨の事例について、2015年7月から正式運用が開始された静止気象衛星ひまわり8号のデータを用いて初期値を改善した場合のシミュレーションの例を示す。左上に示すのは2015年9月9日21時から24時の3時

間の観測雨量(アメダスなど地上雨量計による観測とレーダーによる解析雨量)で、鬼怒川集水域にあたる栃木県西部を中心とする帯状の強い降水帯が南北に延びている。右上に示すのは従来の観測データのみを使った場合の9月9日午前3時の初期値からの21時間予報の結果で、南北に延びる降水帯が予測されているものの、場所は神奈川県から群馬県にかけてであり実況よりも降水が西側にずれて予測されている。左下の図は、ひまわり8号の高頻度観測データから推定された風の情報を追加して、9月9日午前3時の初期値を作り直して予測を行った場合で、シミュレーションで予測された降水の場所が観測に近づいている。

この実験の初期値作成への観測データの取り込みには、アンサンブルカルマンフィルタと呼ばれるアンサンブル予報に基づいて予報誤差を見積もる手法を用いている。アンサンブル予報は、僅かに異なる初期値を多数例実行するもので、強い降水が発生する確率分布など単独予報では得られない情報を得ることが出来る。顕著現象の精度良いアンサンブル予報が実現すれば、情報発表から災害発生までの猶予時間がある程度長くとれるようになり、有効な避難行動につなげるための防災情報の高度化に寄与するものと期待される。

参考文献

1) Kunii, M., M. Otsuka, K. Shimoji and H. Seko, 2016: Ensemble data assimilation and forecast experiments for the September 2015 heavy rainfall event in Kanto and Tohoku regions with atmospheric motion vectors from Himawari-8. SOLA, 12, 209-214.



著者略歴

斉藤 和雄 (さいとう かずお)

- 1980年3月 気象大学卒業
 - 1983年4月 気象衛星センター
 - 1986年4月 気象庁予報部数値予報課
 - 1988年4月 気象研究所予報研究部 研究官
 - 2001年4月 気象庁予報部数値予報課 予報官
 - 2002年4月 同 数値予報班長
 - 2004年4月 気象研究所 予報研究部長
 - 2013年4月 同 予報研究部長
 - 2016年4月 同 研究総務官
- 理学博士(東京大学)

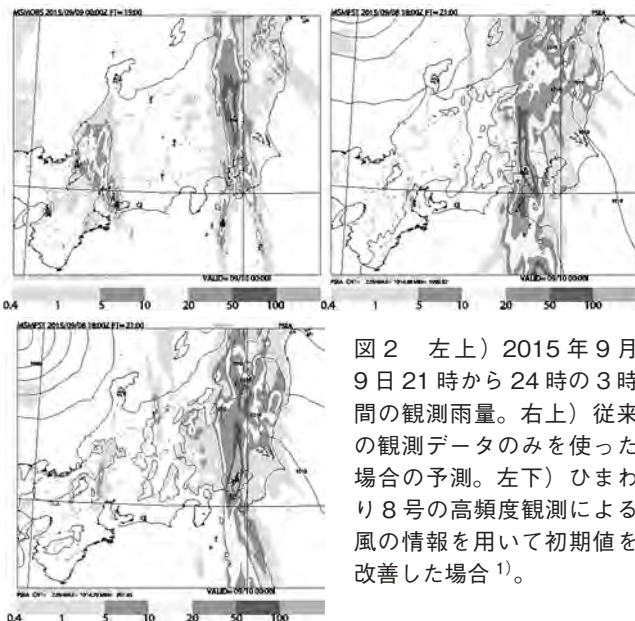


図2 左上) 2015年9月9日21時から24時の3時間の観測雨量。右上) 従来の観測データのみを使った場合の予測。左下) ひまわり8号の高頻度観測による風の情報を追加して初期値を改善した場合¹⁾。

「平成27年9月関東・東北豪雨」 鬼怒川の決壊をもたらした豪雨のしくみ

気象研究所 予報研究部第三研究室 研究官 津口 裕茂

1. はじめに

2015年9月9日から11日にかけて、関東・東北地方を中心に記録的な大雨が発生した（気象庁は、一連の大雨を「平成27年9月関東・東北豪雨」と命名）。この大雨により、関東・東北地方では多くの河川で溢水・越水が起これ、10000棟を超える家屋が床上・床下浸水した。特に、茨城県常総市では一級河川である鬼怒川の堤防が決壊し、大規模な水害が発生した。気象研究所は、大雨発生から約1週間後に大雨の発生要因についての報道発表を行った（<http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H27/270918/press20150918.html>）。その後も、本事例に関する研究に継続して取り組んでいる。ここでは、これまでにわかった「平成27年9月関東・東北豪雨」の発生のしくみについて紹介する。

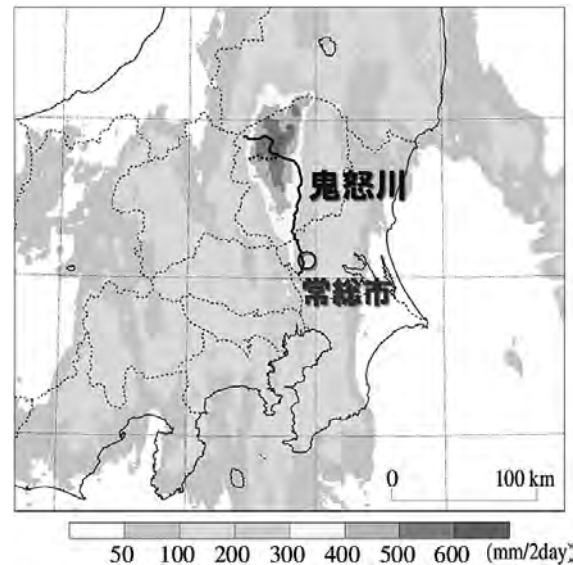


図1. 解析雨量から作成した2015年9月8日21時から10日21時までの48時間の積算降水量（ミリ）の水平分布。

2. 栃木・茨城県で発生した大雨の特徴

8日21時から10日21時までの48時間の積算降水量の水平分布（図1）には、関東地方に南北にのびる降水量の多い領域がみられる。堤防が決壊した常総市付近では降水量が200ミリを超えていたものの、周囲と比較してそれほど多かったわけではない。しかし、鬼怒川の上流にあたる栃木県北部では最大で600ミリ以上の降水量となっており、特に鬼怒川に沿った地域での降水量が多くなっていた。

大雨の最盛期にあたる9日夕方から10日朝方にかけて、関東地方には東西の幅100～200km、南北の長さ500km以上の長大な“帯状の降水システム”が形成・停滞していた。この帯状の降水システムは、2014年8月の広島

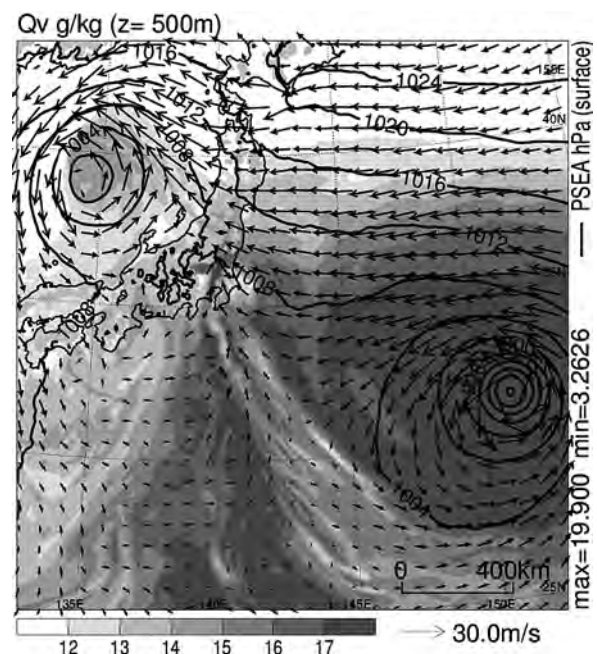


図2. 気象庁メソ解析から作成した2015年9月9日03時の高度500mにおける比湿（空気1kgに含まれる水蒸気量（g））の水平分布（シェード）。等値線は海面更正気圧（hPa）、矢印は同高度における風向・風速（m/s）。

県での大雨でみられたような幅約 20km、長さ約 100km の“線状降水帯”が複数個連なることで構成されていた。さらに、それぞれの線状降水帯は 3～5 個の“積乱雲”の集合体であった。一つ一つの積乱雲がもたらす降水量はそれほど多くないが、長時間にわたってたくさんの積乱雲がほぼ同じ場所で繰り返し発生し、多くの線状降水帯が作り出されたことで、大雨となったことがわかった。

3. 大雨発生の主要因：大気下層における水蒸気の流入

積乱雲が繰り返し発生するためには、地上から高度 1km ぐらいまでの大気下層に多量の水蒸気が継続して流入する必要がある。栃木・茨城県で大雨が発生していた 10 日 03 時の海面更正気圧（図 2 の等値線）をみると、日本海上には台風第 18 号から変わった温帯低気圧（中心気圧：1000hPa）があり、関東地方の南東海上（北緯 30 度、東経 150 度付近）には台風第 17 号（中心気圧：980hPa）があった。また、オホーツク海には高気圧（中心気圧：1032hPa）が存在していた。高度 500m における比湿の分布（図 2 のシェード）をみると、関東地方付近には南東風によって多量の水蒸気が流れ込んでいたことがわかる。この多量の水蒸気は、台風第 18 号から変わった温帯低気圧に吹き込む南寄りの風、もしくは、オホーツク海の高気圧と台風第 17 号の間を吹く東寄りの風によってもたらされていたように見える。

関東地方付近の大気下層への水蒸気の流入の詳細を調べるために、気象研究所のスーパーコンピュータを用いて水平解像度 5km の数値モデル（JMA-NHM: Japan Meteorological Agency Nonhydrostatic Model）による数値シミュレーションを行った。数値シミュレーションでは、観測と多少の違いはあるものの、台風第 17・18 号の動向や関東地方での大雨をうま

く再現することに成功した。また、大気下層における水蒸気の分布も良く再現できていた。この数値シミュレーションの結果を用いて、関東地方付近の大気下層に流入していた水蒸気の起源を調べた。その結果、多量の水蒸気は関東地方のはるか南東海上（北緯 30 度、東経 155 度付近）を起源としていたことが明らかになった。ただし、この位置は台風第 17 号の中心からは 500km 以上離れており、台風の中心付近の水蒸気が豊富にある湿潤な領域とは異なっていた。さらに詳細な解析を行った結果、元々は比較的乾燥していた空気が暖かい海面の上を移動していくことで、水蒸気を多量に含んだ湿った空気へと変質していたことがわかった。つまり、今回の大雨では、台風第 17 号が直接的に多量の水蒸気をもたらしたわけではなく、水蒸気の流入の経路を規定するといった間接的な役割を果たしていたと考えられる。このように、台風が離れた場所にあっても台風の存在が大雨発生の原因になる場合があり、台風が遠くにあるからといって油断することはできない。



著者略歴

津口 裕茂（つぐち ひろしげ）

気象研究所 予報研究部第三研究室 研究官

1978 年 12 月 6 日 広島県三原市生まれ

2003 年 3 月 気象大学卒業

2003 年 4 月 徳島地方気象台

2005 年 4 月 大阪管区気象台

2007 年 3 月 気象庁予報部数値予報課

2009 年 4 月より現職、現在に至る。

「大型降雨実験施設を利活用した予防力の向上」

防災科学技術研究所 主任研究員 石澤 友浩

1. はじめに

日本では、台風や梅雨前線等がもたらす豪雨によって発生する土砂災害や水害が、多大な被害を与えています。当研究所の「大型降雨実験施設」(図-1)は、これらの豪雨を原因とする自然災害の防止・軽減を図ることを主たる目的として建設され、1974年(昭和49年)に運用を開始しました。

当施設は、自然降雨に近い状態を再現できる世界最大の規模・能力を有する散水装置です。当施設を利用して、土砂災害軽減研究、土壌侵食に関する研究、降雨中のレーザーレーダやセンサの性能試験に関する研究など、基礎から応用的な研究まで幅広く行われています。特に、2014年に散水システムを大幅に改修し、「ゲリラ豪雨」のような短時間の激しい降雨も再現できるようになりました。本稿では、大型降雨実験施設の散水性能と利活用について紹介します。

2. 大型降雨実験施設の散水性能

「大型降雨実験施設」は、5つの実験区画と移動降雨装置、ポンプ制御棟、貯水槽から構成されています。当施設は、様々な機能を有しています(表-1)が、以下の3つが特筆される特徴です。

• 世界最大の散水面積

噴射径の異なる4種類のノズル(2176個)から最大で約3000m²の範囲に散水ができるため、実大規模の模型斜面で崩壊実験が可能です。また、散水範囲を4分割して散水することも可能です。

• 移動式降雨装置

最長375mの実験ゾーンを大きな建屋が1分当たり1mの速さで移動が可能のため、散水実験と模型製作が同時並行で実行できます。

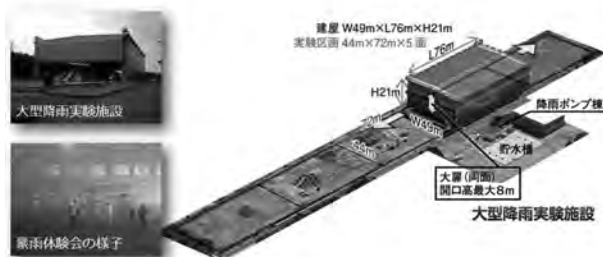


図-1 大型降雨実験施設の概略図

表-1 当施設の散水性能

大型降雨実験装置		散水性能		
建屋構造	鋼管トラス鉄筋造 W 49 m × L 76 m × H 21 m (突起部除く)	雨滴粒径	φ0.1~6mm程度	
		降雨強度	15~300 mm/h (2.5~50.0 mm/10min.)	
実験監視室	床高:GLから7.5 m 面積:65.4 m ² ×2ヶ所 (主:従監視室)	降雨範囲	50 m×75 m(4分割可能)	
		降雨ノズル数	総数2176個(544個×4)	
		ノズル設置高	GLから16 m	
移動速度	1m/min	制御方式	遠隔操作、流量/圧力制御	
大扉開閉速度	0.5 m/min (最大開閉高さ8 m)	散水系統 (各系統ノズル544個)	散水系統:全面散水 (1/4面散水)mm/h	
実験区画	50 m×75 m×5 区画		第1系統	15~45(15~50)mm/h
			第2系統	40~200(40~250)mm/h
			第3系統	120~220(180~260)mm/h
貯水槽	暗渠型半地下式水槽 貯水量:2500 m ³ (上水道) 補助揚水井戸:80 m ³ /hr	第4系統	200~300(255~300)mm/h	
		送水ポンプ	8.0 kl/min×2台 (200 kW, 9.4 kg/cm ²)	

*)日本における最大観測雨量は、10分間雨量で50.0mm(2011年新潟県阿賀町)、1時間雨量で153.0mm(1999年千葉県香取市)(気象庁の管轄以外187mm(1982年長崎県長与町)が記録されています。

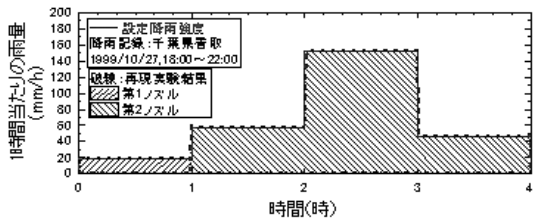
• ゲリラ豪雨のような強い雨が散水可能

一昨年度の改修工事により当施設は、1時間当たりの最大雨量を300mm(10分間当たり雨量50mm)、最大雨滴径6mm程度まで散水可能となり、当施設は日本の最大観測雨量より大きな雨の強さを再現することが可能となりました(表-1)。

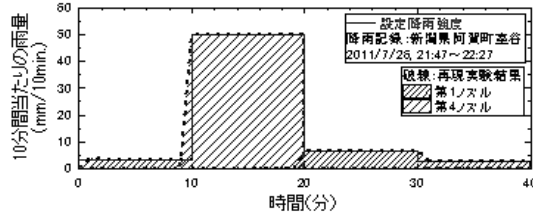
3. 実際の降雨観測記録の再現

「大型降雨実験施設」は、改修工事によって向上した散水システムにより、実際の降雨のように雨の強さが変化する連続した降雨状況を再現することが可能となりました。そこで、散水性能を検証するため、気象庁が発表している日本における最大観測雨量の豪雨を再現することを試みました。

図-2に当施設で行った実験結果を示してい



(a)1999年千葉県香取(1時間最大153mm)



(b)2011年新潟県室谷(10分間最大50mm)

図-2 再現実験の結果

ます。設定した雨の強さは、図-2 (a) に1時間の最大観測雨量を記録した1999年千葉県香取、図-2 (b) に10分間の最大観測雨量を記録した2011年新潟県室谷の降雨記録を参考にし、図中には実線で示しています。図中の破線は当施設で再現した1分間毎の散水結果を示しています。実験では噴射径の異なるノズルを用いて雨の強さを変化させながら散水を行うことで、短時間での雨の強さの変化をほぼ正確に再現できました。

4. 施設を利活用した予防力の向上

当施設の利用件数の推移を図-3に示しています。同図は設立当時の推移を示していますが、一昨年度の改修工事以降に利用件数が増加していることがわかります。

昨年度の利用内容を表-2に示しています。土砂災害の軽減研究が多く利用されていますが、施設貸与の利用件数も増加しており、これらの多くは降雨時のセンサ等の性能検証に利用されています。利用件数が増加した原因の一つとして、より自然に近い降雨条件や、短時間で雨の強さを变化する降雨状況において実験が可能になったことが挙げられます。

当施設は一般共用施設として公開しています。国の研究機関、大学、公団、地方自治体、民間会社の方もこの施設を利用することができます。今後も当施設でしかできない実験から新たな防災・減災技術が開発されることが期待さ

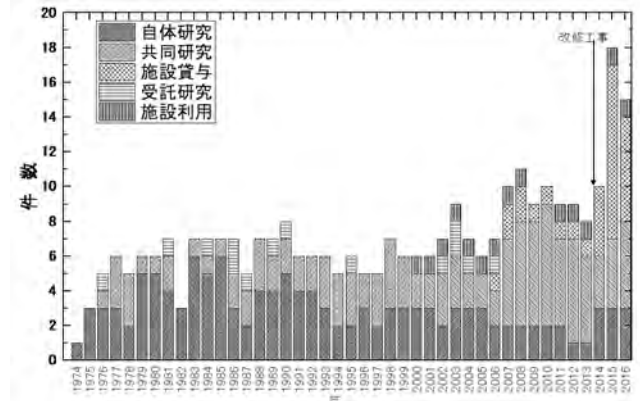


図-3 42年間の利用件数の推移

表-2 2015年度の利用内容(研究種別毎)

研究種別(実験区画)	研究課題
自体研究(B)	降雨時の斜面崩壊メカニズムに関する研究
自体研究(B)	暴風予報のためのセンサ開発および気象観測に関する研究
自体研究(D)	降雨時の気象観測発生機構に関する研究
共同研究(A)	低価格水位測定センサーと加速度センサーによる崖崩れ検知研究
共同研究(O)	石塔を倒した土砂崩出に及ぼす植生に関する研究
共同研究(D)	斜面モニタリングによる斜面崩壊予測精度に関する研究
共同研究(E)	複合物理観測センサーによる斜面内部の水分量変化の可視化技術に関する研究
施設貸与(A)	悪天候下における無人自動車の走行
施設貸与(A)	悪天候下における無人自動車の走行(その2)
施設貸与(A)	インフラレーダースタシム推進の降雨環境評価
施設貸与(A)	赤外線レーザレーダに対する降雨影響評価試験
施設貸与(A)	マイクロ波センサーの降雨・霧の影響の検証実験
施設貸与(A)	既存の屋外監視システムを降雨等の気象環境に型に拡張する装置の研究開発
施設貸与(A)	ゲリラ降雨時の暴風へ及ぼす影響に関する調査
施設貸与(A)	ゲリラ降雨時の暴風へ及ぼす影響に関する調査(その2)
施設貸与(A)	降雨時の気象センサの特性評価の明確化
普及普及(A)	科学技術博覧会 一般公開(雷雨体験)
施設貸与	マイクロ波観測における降雨・霧評価のための予備実験
施設利用(O)	降雨気象観測に関する実験(教育実習)
普及普及(A+E)	雷雨体験、雷雨体験、見学、施設貸与等
施設点検期間	3ヶ月間

れます。

また、当施設は年間に数回の豪雨体験会を開催しています。実際に豪雨体験を通じて豪雨の怖さを体感頂くとともに、災害時の行動の困難さや災害への備えの重要性を知っていただき、今後の防災に役立てて頂ければと考えております。



著者略歴

石澤 友浩 (いしざわ ともひろ)

博士(工学)

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 主任研究員

2007年 中央大学大学院博士後期課程修了(土木工学専攻)

2007年 中央大学理工学部 助教

2010年 防災科学技術研究所 入所

現在に至る。

情報共有・利活用に基づく災害対応 - 鬼怒川水害を事例に -

防災科学技術研究所 総合防災情報センター長 白田 裕一郎

1. はじめに

地震、津波、噴火、豪雨、地すべり、雪崩などによる自然災害に対抗するには、発生しうるリスク、発生した被害の状況、対応活動の状況等、多種多様な状況・活動等を表現した「情報」を共有・利活用することで、組織間で統一された状況認識に基づく対策を執ることが重要である。ここでは、災害情報共有・利活用基盤に関する研究開発の概要と、2015年に発生した鬼怒川水害における災害対応支援について報告する。

2. 災害情報共有・利活用基盤「eコミュニティ・プラットフォーム」

筆者らは、地域防災に対し、地域住民が保有する知見や経験だけで取り組むのではなく、その地域に関する全ての情報を踏まえて総合的に検討することが重要であると考え、2006年より各種組織間で情報を相互運用できる技術を取り込んだ災害情報共有・利活用基盤「eコミュニティ・プラットフォーム (eコミ)」の研究開発を行ってきた。当初は「予防力」向上を目指したものであったが、「対応力」へと展開するきっかけとなったのが、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震である。筆者らはeコミを活用し、被災現場で収集される個別的な情報と被災地外部で発信される俯瞰的な情報を統合的に共有・利活用できるようにするとともに、被災地での災害対応支援を行った。その後、2012年のつくば市竜巻災害等、各種災害への適用経験を踏まえ、2014年には、総合科学技術・イノベーション会議が主導する戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の一つ「レジリエントな防災・減災機能の強化」の一環として、「府省庁連携防災情報共有システムとその利活用技術の研究開発」を担当している。

3. 鬼怒川水害での災害対応支援

2015年9月9日から11日にかけて、関東・東北地方では記録的な大雨となり、9月10日には鬼怒川左岸堤防が決壊し、茨城県常総市内で甚大な浸水被害が発生した。筆者らは、この災害の発生を受けて緊急調査を行うとともに、eコミを活用してこの災害に関する情報を網羅的に集約・整理し、災害対応支援を行った。

鬼怒川の堤防が決壊した9月10日、ヘリコプターからの空中写真撮影と現地踏査により、被害状況の把握を行った。従来、これらの調査で得られた情報は、検証を経て報告書としてまとめた後に一般に提示する形であったが、情報を迅速に共有することで直面するこの災害への対応に資するために、eコミを基盤とした「防災科研クライシスレスポンスサイト (NIED-CRS)」を構築し、調査で得られた情報とともに、各機関が公開している災害情報を同サイトに集約し、統合的に閲覧・活用できるようにした。特に、前述したSIPの成果を活用して、国



図-1 eコミュニティ・プラットフォーム

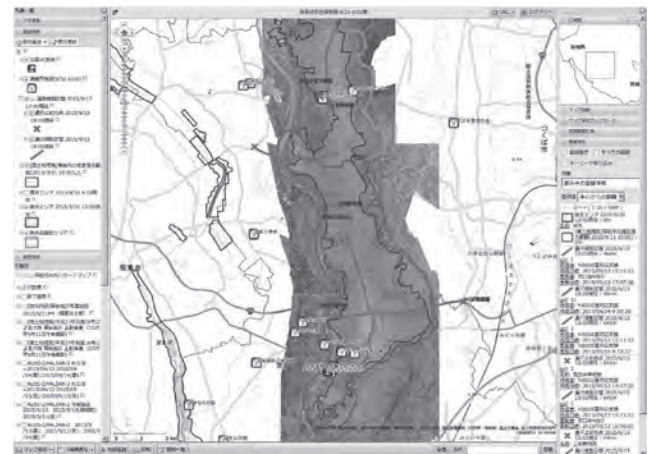


図-2 防災科研クライシスレスポンスサイト

土交通省総合災害情報システム (DiMAPS) から道路被害情報を取得し、e コミ上で統合した上で、病院避難にあたった災害派遣医療チーム (DMAT) 等に提供した。

9月12日からは、常総市役所における災害対応支援を開始した。市役所入りした当初、情報は紙や文字のみで表されており、被害や復旧状況全体の把握が困難な状況にあった。そこで、NIED-CRS を基盤に、道路通行可否や上下水道復旧状況、物資支給場所、開設避難所などの情報を地図化し、災害対策本部内で共有・参照できるようにした。9月15日からは、情報政策課と協議の上、市役所の緊急用ホームページから市民や支援者への情報提供を開始した。

共有した情報は、インターネット上で閲覧したり利活用するだけでなく、紙に印刷することで、災害現場のニーズに応えるようにした。e コミマップ上に登録した多種類の情報から必要な情報だけを抜き出した地図を作成し、災害対策本部会議での報告資料、外部機関向けの広報資料として活用したり、大判印刷して各避難所や庁舎に配布・掲示することで、避難者への情報提供を実施した。その後も、税務課による被害認定調査のための詳細地図作成支援、罹災証明書発行業務運用支援、高齢福祉課による要援護者等の安否確認支援等を行った。

また、発災後まもなく開設された災害ボランティアセンターの運営支援も並行して実施した。ニーズ情報管理

や活動状況把握をe コミ上で登録・管理できるようにするとともに、災害対策本部から共有される浸水範囲や道路通行可否情報等を統合利用できるようにした。これにより、ボランティア派遣を総合判断したり、土地勘が無いボランティアに対する「活動場所への案内マップ」や「地域の被害状況・資源マップ」を作成・印刷し、個々の活動を支援することで、運営作業の効率向上を実現した。

4. おわりに

本稿では、災害情報共有・利活用基盤「e コミ」の概要と、2015年の鬼怒川水害における災害対応事例を報告した。その後、2016年4月には、熊本地震が発生し、筆者らは鬼怒川水害での経験を踏まえ、県や国の災害対策本部の情報共有・利活用支援を行っている。一方で、今後も起こりうる大災害に対し、社会としてどのような連携・共同体制を執り、対応を行うべきなのか、社会全体として議論・検討することが喫緊の課題であると考えられる。

参考文献

- 1) 白田裕一郎・長坂俊成・前川佳奈子, 2008, リスクガバナンスにおける災害リスク情報の相互運用環境の役割, 日本リスク研究学会誌, Vol.17, No.3, 25-32.
- 2) 白田裕一郎, 2015, 防災・災害対応分野での情報共有・利活用 - 東日本大震災での経験とこれからの取り組み -, 測量, 2015.7, 8-13.
- 3) 天野玲子・白田裕一郎, 2016, 常総市水害における国立研究開発法人防災科学技術研究所の災害対応支援活動について, 土木学会誌, 101, 4, 76-79

表 鬼怒川水害における災害対応支援活動³⁾

	日付	時刻	事象	防災科研の対応
初期期	9月10日	12:50	鬼怒川堤防決壊	被害状況の情報収集開始
		17:00	浸水始まる	第1回目のヘリ空撮
		夕刻	常総市浸水域拡大	災害情報集約サイト構築開始
	9月11日	10:00	早期より各所で救出・救命作業	現地調査(陸路)
		11:00	DMATによる病院避難	災害情報集約サイト公開
	15:00		第2回目のヘリ空撮	
	20:00		DiMAPSから取得した道路被害情報をDMATに提供	
応急期	9月12日	朝	市役所周辺の水位低下、ボランティア活動始まる	常総市役所災害対策本部へ災害対応支援を開始、被害状況図の提供開始 ボランティアセンターへの支援開始
避難期	9月15日		支援情報のニーズ高まる	常総市HPにて災害情報マップの提供開始 避難所、市庁舎等に災害情報マップ掲示
復旧期	9月18日		被害認定調査開始	常総市被害認定調査班に調査用地図を提供
	9月26日		要援護者の見守り	要援護者等見守り訪問ルート策定支援開始



図-3 災害対応支援状況



著者略歴

白田 裕一郎 (うすだ ゆういちろう)

国立研究開発法人防災科学技術研究所において、総合防災情報センター長、社会防災システム研究部門副部門長、レジリエント防災・減災研究推進センター研究統括を兼任。慶應義塾大学環境情報学部卒、同大学大学院政策・メディア研究科修了。博士 (政策・メディア)。

「Dr. ナダレンジャーの自然災害科学実験教室」 の考え方

防災科学技術研究所 納口 恭明

著者自らが全国各地で年間 200 回以上、人数にすると 1 年間に 2 万人以上の皆さまを相手に実践している「Dr. ナダレンジャーの自然災害科学実験教室」の考え方の概略をご紹介します。

1. 対象は幼児から専門家まで

「Dr. ナダレンジャー」は著者自らが変身して演じるキャラクターである。「Dr.」であるから博士号はあるが、服装は科学イベントに登場する博士の定番である白衣ではなく、ご当地ヒーロー風でもない。あえて言うと、不審者風である。名前は専門の雪崩から名づけている。目的は、平常時には災害に特別な関心を持たない大部分のみなさまに、防災に対して少しでも興味を持っていただくためである。怪しい服装はツッコミどころである。対象は幼児から専門家まで、知的レベルは問わない。もちネタは、自身の研究成果のみを使っている。実験教室を娯楽として楽しみつつ、各自のレベルに応じた理解を期待している。

2. 基本は好奇心

科学コミュニケーションの基本はいかに相手の好奇心を刺激し、もっと知りたいという気持ちになってもらえるかにつきる。宇宙・ロボット・生命などイメージとして多くの人が、夢があると感じる分野ばかりでなく、その対極にある、こわい、泥臭いというイメージの自然災害の科学においても、それは全く同じである。確かに、災害を引き起こす自然現象は、危険であり、こわいというのがふつうの見方ではあるが、

誤解を恐れずに別の見方をすれば、安全を確保された観察者にとって、非日常的な自然現象は絶叫マシンのような興味と興奮を喚起する素材であり、おもしろいのである。台風のときわざわざ高波を見に行つて事故に会う人がいるのもそういったことと関係があるかもしれないし、命の危険を冒してでもこわいものを見たいという欲求は、自然の中で生き抜くために人類に与えられた能力かもしれない。

3. 文化としての防災

防災にとって重要な要素の一つは一人一人の防災力の向上といわれている。日本人が災害に関心を持っているのは間違いないのだが、大災害の直後をのぞいて、時間的に余裕のあるときであっても、防災イベントに参加するかというと、強制的に動員された人と比較的意識の高いご高齢の方をのぞいて、参加しない人がほとんどである。それは、いつ来るかわからない「重要な防災」よりも、楽しい「趣味」「恋愛」「娯楽」が優先されるからである。その意味で、災害に特別な関心を持たない大多数のふつうの人に対する「娯楽」に負けない文化としての防災教育のきっかけ作りは重要である。

4. 被害がなければ災害ではない

被害がなければ災害ではなく、単なる興味深い自然現象である。したがって、災害を引き起こすような自然現象も、その相似性を守りつつ、ミニチュアで再現するとおもちゃになる。逆に、楽しいおもちゃのような現象も巨大化するとこ

わい災害にもなる。

5. むずかしいことをおもしろく、おもしろいことをむずかしく

「むずかしいことをやさしく、やさしいことをふかく、ふかいことをおもしろく、おもしろいことをまじめに、まじめなことをゆかいに、ゆかいなことはあくまでゆかいに」という作家井上ひさしの名言を、井上が亡くなった直後に、様々なメディアをとおして目にし、耳にした方もいらっしゃるのではないだろうか。「むずかしい」、「ふかい」、「まじめ」という硬い印象を与える単語と、その対極にある「やさしい」、「おもしろい」、「ゆかい」という柔らかい印象の単語を交互に結び付けて展開している意外性に引き込まれる。

決して真似をしたわけではないが、ナダレンジャーの実験教室でもほとんど似た手法を使っている。それは、「むずかしいことはおもしろく、おもしろいことはむずかしく」である。Dr. ナダレンジャーにとっても、むずかしいことはむずかしいのでやさしくすることはできないが、おもしろくすることなら可能である。例えば、地震動による地盤の液状化現象を砂と丸ピンと水を入れたペットボトル「エッキー」で再現したり、雪崩のダイナミクスを雪崩シミュレータ「ナダレンジャー」で説明したり、共振現象を「ゆらゆら」というおもちゃにするのがそれにあたる。その結果、おもしろくなったものはもっと知りたくなり、少くともむずかしくしても大丈夫である。これを繰り返してどんどんむずかしく、そしておもしろくしていくのである。

6. 災害は忘れた頃に

災害直後に声高に防災教育の重要性が叫ばれ、防災訓練などが実施されるが、問題はいか

に長続きするかである。2011年東日本大震災後も、2012年つくば市の竜巻や、2015年鬼怒川の決壊による常総市の水害など、身近なところでの災害も少なくない。このような災害の記憶の真新しいときにこそ、長続きする文化としての防災教育の枠組みを構築する必要がある。なぜならば、防災教育が一番必要なのは今の災害経験者ではなく次世代の未経験者、被災地の関心層ではなく、被災しなかった地域の無関心層だからである。



Dr. ナダレンジャーとガラクタのようなそのもちネタ。
キーワードは「楽しく学ぶ 可愛い災害」。



著者略歴

納口 恭明 (のうぐち やすあき)

- 1953年 北海道生まれ
- 1981年 北海道大学大学院理学研究科博士後期課程修了、理学博士
- 1981年 新潟県長岡市にある国立防災科学技術研究センター(現防災科学技術研究所) 雪害実験研究所で雪崩等の雪水防災研究に従事
- 1997年 つくば市の防災科学技術研究所に異動、徐々に変身を開始し、現在に至る
- 2015年 つくば市のつくば科学教育マイスター第1号に認定される

「だいち2号」を利用した宇宙からの地震・火山での地殻変動の把握

国土交通省国土地理院 測地部宇宙測地課 地球変動観測係長 三浦 優司

1. はじめに

多くの人的・社会的被害をもたらす地震や火山噴火は、最も深刻な自然災害の一つです。地震や火山活動に伴う地殻変動の空間分布を詳細に知ることができれば、地震のメカニズム解明、噴火の予測、火山活動の推移の把握に活用でき、防災・減災に役立てることが出来ます。地震や火山活動に伴う地面の動きを把握するために、GNSS（全球衛星測位システム）・傾斜計など地上設置型の観測機器がよく用いられます。国土地理院でも、約1,300点の電子基準点からなるGNSS連続観測システム（GEONET）を全国に展開し、平均点間距離約20kmで地殻変動を連続監視していますが、設置と維持管理に費用を要して密度に限りがあるため、地震や火山の変動の詳細を把握しきれない場合があります。このため、陸域観測技術衛星「だいち2号」を利用して宇宙から面的に地表を監視することによって、高い空間分解能で変動を検出する取組を行っています。本稿では、取組の内容と変動の検出事例をご紹介します。

2. だいち2号を利用した干渉SAR

だいち2号は、合成開口レーダー（以下、SARという）を用いて地表を観測しており、国土地理院では、干渉SARと呼ばれる手法を用いて、地震・火山等の地表の変動を検出して

います（図-1）。SARは、雲を透過し、昼夜を通して観測ができるため、天候・夜間によらず地表を観測することができます。また、上空約630kmを周回する人工衛星から地面の変動を計測するため、地上に観測機器を設置することなく、広域の地殻変動を面的に把握することができます。したがって、時間分解能ではGNSS・傾斜計など地上設置型の観測機器には及ばないものの、広範囲の地表変動を高い空間分解能で把握できるという優れた点があります。

3. 地殻変動の検出

国土地理院は、だいち2号のデータを用いて国内・海外の地震及び北方領土を含む国内の火山を解析し、これまでに多数の変動を検出してきました。その成果は、地震予知連絡会・地震調査委員会・火山噴火予知連絡会等において地震・火山活動を評価する際に活用されています。

平成28年熊本地震では、干渉SARにより2016年4月14日のマグニチュード（M）6.5、15日のM6.4及び16日のM7.3の地震に伴う地殻変動を検出しました¹⁾。4月14日と15日の地震では日奈久断層帯沿い、16日の地震では布田川断層帯と日奈久断層帯に沿って顕著な地殻変動を把握するとともに、布田川断層帯の北側では1m以上の沈降など詳細な変動を明らかにしました。地震活動を総合的に検討する地震調査委員会では、国土地理院による干渉SARとGNSS連続観測から、推定される震源断層の長さを約35kmと評価しています²⁾。

箱根山の大涌谷では、火山活動の活発化、これに続くごく小規模な噴火に伴い、2015年5月初旬から6月末の解析において膨張を示す衛星に近づく変動が捉えられました。観測は数日から1週間程度の高頻度で実施され、火山活動の活発・噴火・沈静化に伴って大涌谷内の直径200m程度の範囲で明瞭な変動を確認していま

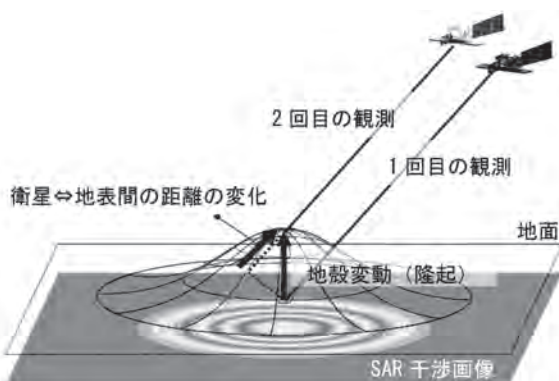


図-1 干渉SARの原理

す³⁾。これは、地上観測では検出が困難な局所的な現象で、人工衛星による面的な火山監視の有効性を示すものでした。なお、この成果は、立入規制等の判断に活用されています。

桜島では、2015年8月15日に島内を震源とする地震が多発し、島内に設置した傾斜計と伸縮計に山体膨張を示す急激な地殻変動が観測されたことから、大規模な噴火が発生する可能性が高まったとして、噴火警戒レベルが3（入山規制）から4（避難準備）に引き上げられました。この火山活動に伴ってだいち2号の観測が行われ、8月15日を挟む期間では顕著な変動が捉えられました。干渉SARとGNSS連続観測で把握した地殻変動をもとに変動源の推定を行い、昭和火口の直下約1km（海拔下約400m）を上端にマグマが貫入し、約 1.8×10^6 m³の体積増加が推定されました⁴⁾（図-2）。なお、8月17日以降には同様の地殻変動は見られなかったことから、新たな貫入は生じなかったと考えられています。これらの成果は火山噴

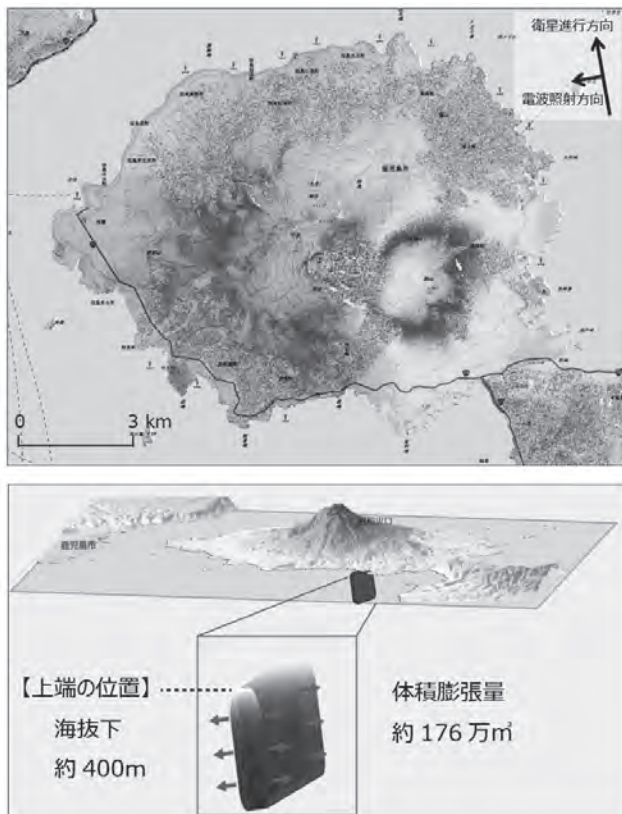


図-2 上) 桜島のSAR干渉画像（2015年1月4日～2015年8月16日）
下) 干渉SARの結果から算出したマグマの変動源
昭和火口の直下約1km（海拔下約400m）を上端としてマグマが貫入し、約 1.8×10^6 m³の体積増加があったと推定された⁴⁾。

火予知連絡会における火山活動の評価に活用され、9月1日に噴火警戒レベルを4から3へ引き下げる際の根拠の一つになるなど、重要な役割を果たしました。

4. 終わりに

国土地理院がだいち2号を用いて行う干渉SARの成果は、ウェブ地図である「地理院地図」(<http://maps.gsi.go.jp>)を通して公開しています。地理院地図は、国土地理院が提供する地図・空中写真等とSAR干渉画像を重ね合わせて表示することができ、干渉SARが捉えた変動を地形・地質等の情報と併せて解釈することができます。是非ご活用下さい。

参考文献

- 1) 国土地理院, 2016. 平成28年熊本地震に関する情報. <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html> (accessed 18 July 2016).
- 2) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 2016. 平成28年(2016年)熊本地震の評価. http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_3.pdf (accessed 18 July 2016).
- 3) 山田晋也・三浦優司・山中雅之・仲井博之・和田弘人・攪上泰亮・上芝晴香・矢来博司・小林知勝・森下遊, 2016. だいち2号SAR干渉解析によって検出された箱根山・大涌谷内の地表変動. <http://www.gsi.go.jp/common/000137884.pdf> (accessed 18 July 2016).
- 4) 国土地理院, 2016. 桜島における地殻変動について. <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-sakurajima.html> (accessed 18 July 2016).



著者略歴

三浦 優司 (みうら ゆうじ)

国土交通省国土地理院 測地部宇宙測地課 地球変動観測係長

2000年 北海道大学理学部地球科学科（地球物理学）卒業
2002年 国土交通省国土地理院 入省
2015年より現職

2016年熊本地震と活断層から 地震防災を考える

産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 部門長 桑原 保人

2016年4月14日21時26分、熊本県でマグニチュード(M)6.5、その28時間後の4月16日午前1時25分にはM7.3の地震が発生し、熊本県や大分県などで甚大な被害が発生しました。今回の一連の大地震の震源域は阿蘇山西方に位置する布田川断層帯・日奈久断層帯という2つの活断層帯に対応したものでした。当初、この地震の発生直後の余震の分布を見たとき、日奈久断層帯・布田川断層帯に沿った活動のみならず、阿蘇山の東部やさらに東方の大分県内にある別府-万年山断層帯でも地震活動が活発になっており、かつて無いような大規模な地震火山活動が始まったのではないかと心配もありました(図-1)。一方、産総研ではこのような大地震が発生した直後には必ず現地調査を行い、地表変状として何があったかを調べることにしています。その調査データは、地震がどのようなものであったかの評価に用いられ、今後の活断層研究の基礎データとして使われることとなります。今回も当研究所の多くの職員によって合計20日程度の調査を行い、地震に伴って現れた地表変状と、あらかじめ認定されていた活断層の関係を明らかにしました(図-2)。また、地震観測データの解析からは、大分県の別府-万年山断層帯の地震は、4月16日のM7.3の地震によってやや特殊なM6.5程度の地震が遠

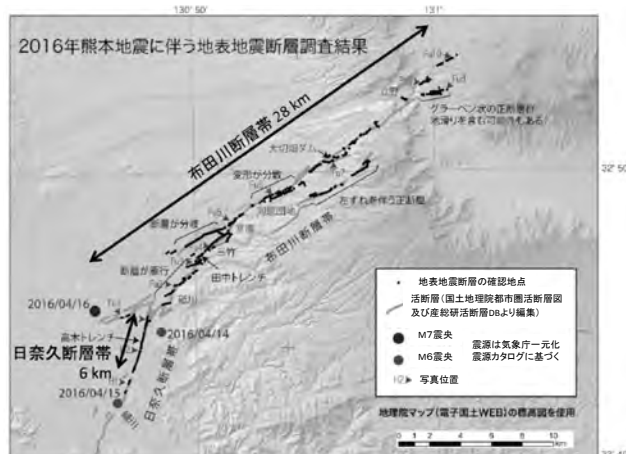


図-2 2016年熊本地震に伴う地表地震断層調査結果(産総研地質調査総合センターのホームページより)。

方で独立して誘発されて起こったものであることがわかりました。阿蘇山東部の地震活動についても、他の地殻変動等の観測データを合わせてみると、依然として注意すべき活動ではあるもののいまのところすぐに阿蘇山の火山活動に直結するような変化は見られていないようです。

さて、ここでは今回の地震とこれまで蓄積された活断層研究の成果から地震防災を考えるために、まず地震の震源と断層の関係を整理しておきます。地震は、地下の岩盤中のある広がりを持った断層面で起こる滑り破壊で、その破壊はある一点から始まり、およそ3km/秒という速さで広がっていきます(図-3)。テレビなどで気象庁から発表される地震の震源位置は地図上に点として表されますが、これは断層の破壊開始点にあたり、強い地震動は点として表される震源だけでなく、断層面全体から放出されます。この強い地震動を出す断層面の大きさが地震のマグニチュード(M)に対応した量になってお

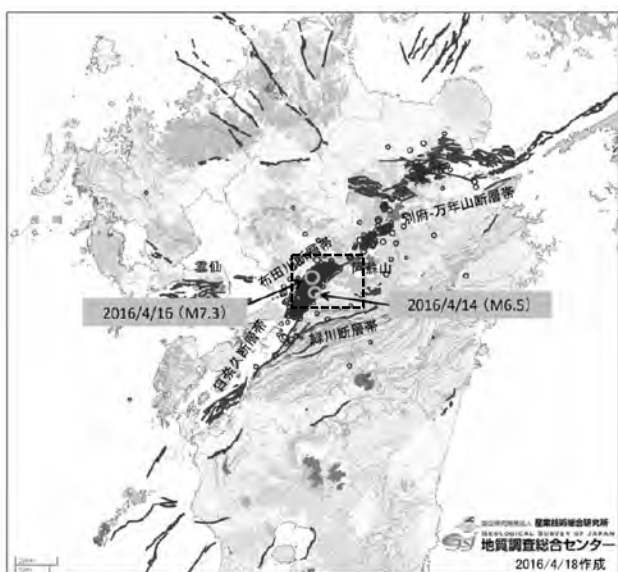


図-1 2015年熊本地震(M6.5とM7.3)の震源、余震(2016年4月16日12時まで)と活断層(太い実線)の分布(産総研地質調査総合センターのホームページより)。波線の四角は図2の範囲。

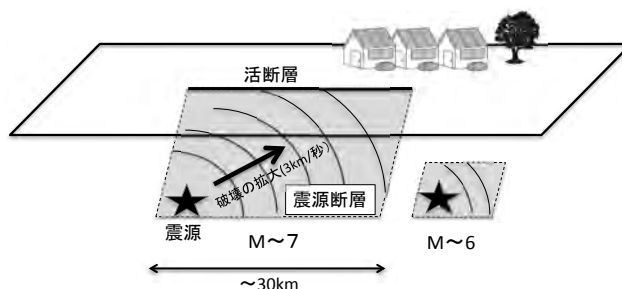


図-3 地震の震源と震源断層、活断層などの関係

り、M7の地震の場合は断層の長さがおおよそ30km程度、Mが2だけ小さくなると断層の長さは1/10になるという法則があります。また、これも経験則として、ほとんどの地震はMが6.8より小さくなると断層面が地表に現れることはなく、M6.8～7.2の範囲では現れる場合と現れない場合があります、Mがそれよりもさらに大きくなると地表に断層面が現れて地表でズレが観察されるようになります。活断層とはこのように地表にズレを現すような大きな地震が過去に何度か繰り返すことで、地形的にも痕跡が確認できるようになったものです。従って、活断層を調べることはおおよそM6.8よりも大きな地震発生の可能性を調べているということになります。

日本の活断層研究の歴史を振り返ってみると、日本列島全体の活断層の分布については、1970年代から地形学や地質学という分野の研究者によって調べられその成果は「日本の活断層 分布図と資料」(活断層研究会編、1991年、東京大学出版会)などの形で出版されていました。しかし、1995年の阪神淡路大震災では、活断層という言葉さえ国民の間では一般的ではなかったことの反省もあり、国の事業として日本列島の約100の主要な活断層について地震発生時期の大まかな予測やそこから発生する地震動の予測を行うための調査を行い、その成果を国全体の防災に活かしていくことが決められました。1995年7月には新しく地震調査研究推進本部(地震本部)が設置され、活断層調査、地盤・地下構造の調査、過去の地震の履歴調査や地震観測、地殻変動観測網が整備され、それらのデータ公開も一気に進みました。具体的には、気象庁、国土地理院、海上保安庁、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、産業技術総合研究所、大学などがそれぞれ得意とする手法を使って調査研究を進め、それぞれのデータを地震本部に集中して国としての評価結果を公表するという体制を取っています。そして、このような情報整備の成果をもとに2005年に最初の日本全国をカバーした地震動予測地図が完成しました。その後も毎年データ更新や評価法の見直し、使いやすさなどの改良を行ない、その結果は地震本部のホームページや防災科学技術研究所のJ-SHISと呼ばれるシステムを用いてWEB上で公開されています。また、産総研が得意とする活断層情報の整備結果については「活断層データベース」で公開されています。

このように活断層や地震に関する情報整備は1995年阪神淡路大震災以後大幅に進みましたが、気象現象の予測とは異なり、依然として住民に警報や非難を呼びかけるような地震予知は困難です。今回の熊本地震でも、地震の規模や発生する場所については概ね予測はできていましたが、発生時期についてはよく分からないという評価がなされていました。このような状況での防災施策の

要は、あらかじめ危険を想定し、住宅の耐震化や家具の固定等の日頃の備えをいかに行うかということになります。特に1981年の耐震基準を満たさない建物は既存不適格の状態とされ、耐震化の促進が様々な施策で謳われています。国交省の耐震化率の集計資料によれば平成25年度で日本全国の建物の20%弱、おおよそ900万戸の住宅が「耐震性なし」とされています。今回の熊本地震で震度7を2回経験した益城町でも「益城町建築物耐震改修促進計画(益城町:改正H28年3月)」に見られるように耐震化促進策が作られていました。ここでは平成23年度の耐震化率が63.3%であったものを平成27年度の目標として90%としていましたが、実際には70%程度にとどまっていたようです。耐震化が進まない理由としては、費用面からは住宅一戸あたり数十万円～数百万円の予算が必要なことや、一定時間の居住制限が伴うことなどから、その必要性は認めても実際に耐震化にまでは踏み切れないことなどがあるようです。このような状況をすぐに解決することは困難に思えますが、活断層の研究者としては、地震の発生時期の予測精度をあげることや、今回の益城町の震度7に見られたような局所的に極めて強い揺れが起こる場所を特定することなど、地震リスクをより正確に見積もることが重要ではないかと考えています。

地震のリスクに関しては、ある程度わかっていることとまだ知らないことを抱えながら私たち日本人の生活は日々営まれています。より安全で安心な社会を築くために、今後も様々な観点からの研究を進めるよう努力して行く所存です。



著者略歴

桑原 保人 (くわはら やすと)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
活断層・火山研究部門 部門長

- 1986年3月 東北大学大学院理学研究科博士課程修了
- 1986年4月 日本学術振興会特別研究員
- 1987年4月 工業技術院地質調査所(現:産総研 地質調査総合センター) 入所
- 2007年4月 同地質情報研究部門 副研究部門長
- 2009年4月 同活断層・地震研究センター 副センター長
- 2014年4月 同活断層・火山研究部門 部門長

SATフォーラム2016

2016年7月7日(木)、つくば国際会議場で

2012年ノーベル生理学・医学賞を受賞した山中伸弥教授を迎えて

SAT フォーラム 2016 は 2016 年 7 月 7 日 (木) 午後、講演者に 2012 年ノーベル生理学・医学賞を受賞した京都大学教授山中伸弥博士を迎えて、つくば国際会議場大ホールで開催された。演題は「iPS 細胞がひらく新しい医学」であった。

講演の前に、当財団会長江崎玲於奈の挨拶、講演の後に、江崎会長の司会で質疑応答が行われた。

参加者は 1,220 名、そのうち女性は 42.5% であった。高校生、大学生、大学院生が多いのが目立った。大半は茨城県内からの参加者であったが、三重県や神戸市から参加した人もいた。アンケート(回答者数 392 名)によると、参加者の職業は多い順に主婦、民間企業の研究者・技術者、大学生・大学院生、会社員(研究者・技術者以外の)、無職、公的機関の研究者・技術者、団体職員・公務員(研究者等を除く)等であった。

【江崎玲於奈会長の挨拶】



日本は今後、生理学・医学分野の強化が必要

つくばサイエンスアカデミー会長の江崎でございます。本日はアカデミーフォーラムに多数参加していただきましてありがとうございます。本フォーラムには毎年、著名な方を招待して講演していただくのですが、今年は山中伸弥先生をお招きしました。

山中先生は 2012 年にノーベル生理学・医学賞を受賞されまして、現在は京都大学の iPS 細胞研究所所長を勤めていらっしゃいます。

ノーベル賞の自然科学の分野には、物理学、化学、生理学・医学賞の 3 賞がございます。物理学賞は昨年、梶田先生が受賞されて、日本人のこの賞の受賞者は 11 人

になりました。これまでに化学賞は 7 名です。生理学・医学賞は山中先生を含めてわずか 3 人しか受賞されていません。これをみますと日本は、物理学分野および化学分野に比べて、生理学・医学分野では創造的な業績が少ないといえます。今後わが国は特に、生理学・医学分野を強化する必要があります。つくばには多くの研究所がござりますが、つくばにおきましても当然、この分野を強化することが必要であります。

本日は iPS 細胞の開発歴史やさまざまな再生医療研究等について、話していただけると伺っております。山中先生、よろしくお願いたします。

【山中伸弥教授の講演】 演題 「iPS 細胞がひらく新しい医学」

父が導いてくれた医学への道

丁度 10 年前、ネズミ皮膚由来の iPS 細胞の最初の論文を書いていた

つくばの皆さん、こんにちは。京都大学 iPS 細胞研究所所長の山中伸弥でございます。江崎先生、本日はお招きいただきまして誠にありがとうございます。

今から 10 年前の 7 月、私は 43 歳でしたが、何をしていたかを明確に覚えています。寝る時間を惜しんで、論文の最終仕上げを一生懸命していました。その論文は、ネズミの皮膚細胞に由来する iPS 細胞(人工多能性幹細胞)に関する論文です。

ネズミの皮膚細胞を取り出して、その中に 4 種類の遺伝子 Oct3/4、Sox2、Klf4、c-Myc を導入しますと、ネズミの皮膚の細胞が能力も性質も全然違う細胞に変わるということを見いだしました。その細胞に iPS 細胞という名前を付けました。iPS 細胞を写真 1 に示します。

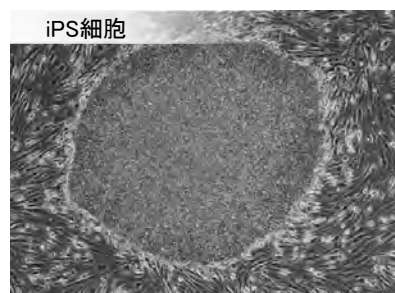


写真 1 iPS 細胞のコロニー 大きさは約 0.5mm

父は事故で骨髄炎から肝硬変へ

私は今、医学研究をしております。しかし、もともとは臨床医を目指していました。私をこの医学の道に導いてくれたのは誰かといいますと、父です。

父は東大阪で、医者とは全然関係のない町工場を営んでいました。経営と言っても、10名ぐらいの町工場ですから、自分でも一生懸命「ものづくり」をしていました。

僕が中学生のときです。母親が不在で、ぼくは留守番をしておりました。父は仕事から帰ってきました、

「伸弥、今日仕事に足がちくつとしたから、ちょっと見てくれ」

と言いました。見ますと、ズボンに小さな穴が開いていて、ズボンをめくるとすねに小さな点と赤い針でも刺したような傷がありました。出血も殆どしていなかったもので、私は

「大したことないよ」

と言っていたのですが、その晩40度近い高熱が出ました。これは大変なことになったと思い、父を救急車で病院に運びました。レントゲンを撮ってみますと、小さな金属片が骨の中に突き刺さっていました。やすりで削っている時に破片が飛んで、それがズボンと皮膚を突き破って足に刺さり、さらに骨の中に入り込んだようなのです。

そのときの先生は、

「これは取らないと駄目です。そうしないとこれが原因で骨髄炎になってしまいます。明日、すぐに取りましょう。レントゲンに金属片は写っているから、すぐ取れます」

と言いました。

父は次の日に、手術しました。手術はすぐ済むと言われたので、私は外で待っていたのですが、父は5~6時間経っても手術室から出てきませんでした。

私もその後に整形外科医になって分かりましたが、実際にレントゲンに写っている金属片を取ろうと思っても、なかなかその場所を特定できないのです。「伏針」と言います。刺さった金属片が内部に入ってしまったので、外からは見えないのです。レントゲンを撮ると当然見えるので、簡単に取れるだろうと思います。しかし、その場所は全然分からないのです。

父の場合、金属片は骨の中に入っていましたから、場所を特定し、取り出すまでに長時間かかりました。あれこれしている間に大量出血して、予定にない輸血を行いました。これが原因で肝炎になりました。今で言うC型肝炎です。当時原因は解っておらず、治療法も全くなくて、肝炎から肝硬変になっていきました。

「伸弥、医者になれ」

父は自分の体がどんどん悪くなっていくということも

あり、医学に興味を持ったようです。私はたった1人の父親の町工場の跡取り息子でした。しかし、高校生の時、

「伸弥、もうおまえは後を継がなくていい。医者になれ」と言い出しました。それまで父親の言うことをあまり聞かなかったのですが、2つだけ聞いています。医者になれということと、柔道をやれということです。今はどちらもとても感謝をしています。

1987年に神戸大学の医学部を卒業して整形外科医になりました。

父親の肝硬変はその頃には、随分ひどくなっていました。私は父を少しでも楽にしてあげようと思ひまして、点滴などをしました。医者になり立てですから、当然注射も下手でした。父は痛かっただろうと思います。でも、「痛い、痛い」と言いながらも、実の息子に点滴とはいえ何か治療してもらっている、そのことをとても嬉しそうにしていたのを覚えています。

臨床医から医学研究者へ 父の死がきっかけ

しかし治療法が全く無かったので、私が医者になった次の年、25歳の時ですけれども、父は亡くなりました。せっかく医者になったのに、自分の父親にさえ何もしてあげられなかったということ、本当に悔しく思いました。整形外科医として父の件以外にも、脊髄損傷の患者さんや非常に重症のリウマチの患者さんなどがどんどん悪くなっているのに、何もしてあげることができず、担当医として力のなさを感じました。

今の医学の力では治すことのできない患者さんをどうしたら治せるのかということを考えました。そして「研究をしたらいいんだ」ということに思い至りました。

臨床医の先生の仕事というのは、今の医学の力で目の前の患者さん1人1人を治していくことです。とても大切な仕事です。一方、医学研究者の仕事というのは1人1人の患者さんは診ないのですが、病気の原因をつきとめその治療法を開発することによって、今は治せない多くの患者さんを将来治そうという仕事です。

父親の死などがきっかけになって、医学研究に大きな興味を持つようになりました。そしてその後2年間医者を続けた後、大阪市立大学の大学院に入り直し、そこで薬の研究を4年間行い、医学博士を取得しました。

医学研究修業のため、アメリカのグラッドストーン研究所へ留学 ビジョンの重要性を教えてくれたマーレー先生

さらに、医学研究の修行を続けるために31歳の時、サンフランシスコにあるグラッドストーン研究所に行きました。そこでの3年間強は、本当に研究に没頭しました。

私の研究者としての人生および研究以外の人生にとってかけがえのない時間となりました。

色々学びましたがその中から、2つだけご紹介します。

1つ目は私にとって、忘れることのできないモットーであります。それを教えてくれたのは、当時の研究所長——今は名誉所長をされていますが——ロバート マーレー先生です。

彼がある時、私たち若い研究者を集めまして

「研究者として成功するための秘訣を教えてください。それはVWだ」

と言われました。ぼくたちはみんな、先生がドイツ車に乗っているのを知っていましたので、それに関することかと思いました。勿論、この場合のVWは車の話ではなく、VWはビジョン (Vision) とハードワーク (Hard Work) のことだと言われました。つまり、「しっかりしたビジョンを持って、それに向かって一生懸命ハードワークをすれば、研究者として成功できるよ」という非常に単純な教えなのですが、これが当時の私にはものすごい衝撃でした。

日本人はハードワークは得意です。グラッドストーン研究所には日本人が数名いましたが、夜とか土曜日や日曜日に研究所にいるのは日本人だけでした。

マーレー先生に、

「Shinya, What's your vision?」

と聞かれました。僕は、

「はい、一生懸命研究をして良い論文を書くことです。それによって研究費をいっぱいもらい、そしてそれによっていいポストに就きたいからです」

と言いました。先生は、

「あほか」

と。英語で話されたのを大阪弁に訳しています。先生は、「それはビジョンじゃない、それはハードワークそのものだ。何のために医者を辞めて、何のために奥さんと小さい子どもを連れてサンフランシスコまで来たのだ。何が伸弥の研究をやっているビジョンなのだ」

そこまで言われまして、ようやく思い出しました。5年くらい前に、なぜ自分が臨床医を辞めて研究者になろうとしたか。それは「父親のような今の医学では治せない患者さんを将来治したい。だから研究者になったのだ。決して論文を書くためでも、研究費をいっぱいもらうためでもない」ということを、やっと思い出したのです。

今は研究所長という仕事をしていて、いろいろ判断を迫られることがあります。でも、そのときにビジョンを思い出すと、あまり迷わないです。今の私たちのビジョンは、iPSという技術を使って新しい治療法をつくることです。

私は父親を亡くして直ぐにアメリカへ行きましたので、これを教えていただいたロバート マーレー先生は私のアメリカのお父さんであり、そして科学のお父さんです。今だに家族ぐるみでご指導いただいている先生です。

ES細胞との出会い

アメリカで学んだ2つ目は、ES細胞 (Embryonic Stem Cells) に関することです。この細胞は体のどこを探してもありません。ES細胞はアメリカとイギリスの研究者が1981年に、別々にネズミの受精卵からつくり出した細胞です。ネズミも人間も1つの卵子と1つの精子が受精して生命が始まります。受精卵は最初、ぶかぶかお母さんの卵管から子宮に移動しながら浮いています。1週間位経つと、着床と言いますが、お母さんの子宮の壁に潜り込んで、妊娠が成立するわけです。受精卵から成体になるごく初期の段階をEmbryo (胚) と言いますが、そのEmbryoを取り出して、それを実験室で半年、1年と長期にわたって培養するのに成功した細胞がES細胞です。EmbryoからつくったStem Cellなので、Embryonic Stem Cells (胚性幹細胞)、略してES細胞と言います。

この細胞をつくったイギリスのマーティン エヴァンズ先生は2007年に、ノーベル賞を受賞されています。この細胞は、幾らでも増やすことができます。受精卵と一緒に。受精卵は1個なのですが、私たちの体には数十兆個の細胞があるらしいのです。1個の細胞や受精卵から何百兆個という細胞ができますが、その性質をES細胞は維持しています。

ただ増やすだけでしたら、がんの細胞も同じくらいよく増えます。ES細胞はがんの細胞とは違います。無限に増やした後で、ES細胞に刺激を加えることによって、脳の細胞、心臓の細胞、肝臓の細胞等、体に存在しているありとあらゆる細胞をつくり出すことができます。

ネズミは私たち医学研究者が一番よく用いる実験動物です。その実験動物のありとあらゆる細胞を大量に、いつでもどこでもつくり出すことができるわけですから、医学研究にすごく貢献しました。

私は今から約20年前の30代半ばに、ES細胞に出会って以来20年間、こうした細胞の研究を続けています。

3年間余の留学後、1997年35歳の時帰国し、大阪市立大学にもう一度、戻していただきました。アメリカでES細胞に出会って結構いい研究ができて、いい論文を幾つか発表することができました。臨床医としては全然駄目だったのですが、研究者としては自信もつき、才能があるんじゃないかと日本に意気揚々と帰ってきました。そして、日本でもこの研究を続けようと思いました。

帰国後ネズミの世話が原因でうつ病 PAD を発症

ところが帰国後、私は病気になってしまいました。Post America Depression(PAD) といううつ病です。私たちが勝手につくった病名です。

帰国後、日本でもいろいろサポートはしていただいたのですが、環境がアメリカとは随分と違います。一番、直接的に堪えたのはネズミの世話です。研究にネズミをたくさん使います。アメリカで研究に使っていた特殊な遺伝子操作をしたネズミ 3 匹を日本に連れて帰りました。最初の 3 匹がまさにネズミ算式に増え、200 匹になっていました。

アメリカではネズミの世話をしてくれる人がちゃんといました。研究者は実験だけしていたら良かったのですが、日本に帰ると 200 匹のネズミの世話は全部私 1 人でするしかありませんでした。ですから自分の仕事が研究者なのかネズミの世話係なのか分からないという状態でした。それがこの後何年続くか分からないのです。1 匹でも大変なのに、200 匹いると本当に大変です。毎日ネズミの世話をしている、父親のような病気の人を本当に治せるのだろうか、とどんどん自信がなくなっていきました。

またアメリカにいる時は周りにノーベル賞級の研究者がいっぱいいました。「Hi, Shinya. What's up?」とかいって、すぐ声を掛けてくれます。研究の話をしたら、「それはめっちゃめっちゃ面白いから頑張れ」と、エンカレッジしてくれました。

しかし日本に帰ると、ノーベル賞級の方に会う機会なんてめったにありませんでした。

世界の一流ジャーナルに掲載され難い日本からの単独投稿

論文というのは科学雑誌に掲載されるのですが、一流雑誌は殆どアメリカに編集部があります。投稿された論文は、ピアレビューといいますが、科学者同士がそれを評価し、評価を乗り越えたら掲載されます。アメリカにいるときは論文を投稿すると直ぐに通りました。3~4 編の論文を出せました。

日本に帰って、自分ではアメリカでの仕事と同じくらいいい仕事だと思って、一生懸命論文を書いてアメリカに送りました。しかし、けんもほろろにこんな仕事を載せられるかという感じで、全く通してもらえませんでした。その時に気が付いたのですが、アメリカにいる時にすぐ通ったのは、後ろにイネラティ先生やマーレー先生がいたからでした。彼らの名前です。このことも PAD 発症の原因の 1 つです。

このまま研究をしても役に立たない、もう一度臨床医としてやり直そうと思いました。こんな僕でも雇ってくれるという整形外科病院の院長先生がおられました。そちらに再就職する直前までいっていました。

アメリカで人間の受精卵を使った ES 細胞発明再生医療の可能性現実味、PAD 克服

人生は不思議なもので、ちょうどその頃に 2 つの出来事が起こりました。それで PAD を克服することができました。

1 つは 1997 年に起こりました。それまでネズミの ES 細胞しかなかったんですが、周りの同僚とか先輩の先生から、

「山中先生、そのネズミのなんたら言う細胞、面白いかもしれないけれども、もうちょっと人間の病気に役立つことをした方がいいんじゃないか」

「人間の病気の研究をしようよ」というふうには、よく忠告していただいたのです。

1997 年、ウィスコンシン大学のトムソン先生が人間の受精卵から ES 細胞をつくったという論文を、『サイエンス』というジャーナルに発表しました。これは本当に僕にとっては生涯で忘れることのできない論文です。すぐ研究室のジャーナルクラブで紹介したのを覚えています。

この人間の ES 細胞ができたことによって、自分のやっている ES 細胞の研究がマウスではなくて人間の病気の治療に使えるのではないかと、そういう可能性が一気に膨らみました。

どんな治療かと言いますと「再生医療」です。今ではこの会場のほぼ全員の方がご存じだと思いますが、十数年前には再生医療という言葉もありませんでした。

パーキンソン病というのは全身の動きがどんどんスムーズでなくなる、進行性の大変な病気です。心不全も死に至る病気です。肝機能障害、肝硬変等の肝機能不全はぼくの父親の命を奪った病気です。これらの病気や脊髄損傷のようなけがは患者の全身状態を悪くして寝たきりになり、最終的には患者の命を奪ったりする大変な病気です。

1 種類の細胞の機能不全で起る色々な病気

原因をよく考えますと体には何百種類という細胞がありますが、これらの病気はその中のたった 1 種類の細胞の機能不全で起る病気やけがです。

パーキンソン病は脳の奥にある全部を合わせても米粒くらいの細胞、ドーパミンという物質をつくる特殊な神経細胞ですが、それだけが駄目になって起る病気です。

他の神経細胞や筋肉の細胞等は何ともないのに、患者の全身状態は悪くなってしまいます。心臓の病気は心臓の筋肉の細胞が、肝臓の病気は肝臓の細胞が悪くなるのです。

たった1種類の細胞ですから、その細胞さえ外から補ってやれば治せるはずです。人間のES細胞は幾らでも増やせますし、どんな部位の細胞でも理論的にはつくられるはずです。ES細胞からつくった細胞を患者に移植できたら、機能は再生できるはずです。再生医療への期待が一気に膨らみました。これがPADを克服できた1つ目の理由であります。

人間のES細胞を使った研究に高いハードル

ところが、人間のES細胞には、大きな問題が存在していました。それは、その由来です。ES細胞は受精卵からつくります。

トムソン先生は処分される運命の凍結受精卵を、カップルの同意を得て入手しました。同じ凍結受精卵は子どもができない他のカップルに提供したら、10か月後には赤ちゃんになる力を持っている細胞です。ですから、例え将来の治療のためとはいえ受精卵を研究に使うということには、大きな反対意見がありました。2000年当初、この人間のES細胞研究に一番反対していたのは、当時のアメリカ大統領とローマ法王です。

アメリカもそうですが、人間のES細胞を使った研究に、日本でも本当に厳しい制限がありました。私もネズミのES細胞しか使えませんでした。初めて人間のES細胞を自分で使ったのは2007年です。しかも日本ではなくてアメリカで使ったのです。



奈良先端科学技術大学院大学に助教授として就職、大きな転機

ところが、もう1つ私の人生で予期していない出来事が起こりました。それは1999年、37歳の時奈良先端科学技術大学院大学に助教授（現在は准教授と呼ぶ）として雇われたことです。

上に教授のいない研究室でした。独立した自分の研究

室を37歳の時に、初めて持つことができました。今と違って当時、独立した研究室を持てるのは一般的に50歳以降のことが多かったので、ぼくはラッキーでした。

この大学院大学は、周りにある大阪大学や京都大学、そして東京大学の若手の教員を積極的に教授や助教授に登用するというので、非常に活気に溢れていました。それに毎年、全国の大学を卒業した学生100名以上が、研究をやりたいと入ってくるという素晴らしい環境でした。

ここで自分の研究室を持つという幸運をいただいたことと、人間のES細胞ができたことが相まって、なんとかもう一度研究しようと思うことができました。

魅力的なビジョンを掲げ、優秀な学生3名を獲得

奈良先端科学技術大学院大学に着任した途端に大きな問題に直面しました。4月に入ると新しい学生がいっぱいやって来ます。約120名の学生を約20研究室で争奪します。選ぶ権利は学生にあるというすごいシステムで、人気のある研究室には優秀な学生がどんどん入ってきます。しかし、人気のないところには人気のあるところからあぶれた学生が、嫌々入って来ます。

私以外はほぼ全て教授でした。たくさん研究費を取っておられる非常に有名な教授も多数おられました。そんな中に突然、1人だけ助教授として入り混んで、研究費も数百万円しかなかったですし、『サイエンス』とか『ネイチャー』という超一流雑誌掲載の論文もありませんでした。そういうところに学生さんが来てくれるわけがない、せっかく大学院大学に行ったのに大学院生ゼロだったらどうしようと思って、これは本当に困りました。

でも、そこで助けてくれたのが、アメリカ留学中のあの言葉VWだったんです。まず、ビジョンをつくることにしました。魅力的なビジョンをつくれれば、それに引かれて学生が来てくれるんじゃないかと思いました。一生懸命考えたビジョンが結局、今の研究につながったビジョンです。

そのビジョンは次のようなものです。

「大人の患者の細胞を取り出して、それをあたかもコンピューターをリセットするかのようにボタンをピッと押して、受精卵に近い状態に戻して、そこからES細胞と同じような細胞をつくる。ただし、人間の受精卵は使わない。」

すごく単純なものです。コンピューター、ハードディスク、USBメモリーは最初真っ白ですが、情報がいろいろ書き込まれてすぐいっぱいになってしまいます。ところがリセットボタンを押すと真っ白に戻るわけです。きっ

と同じことができるだろうというふうに考えました。

当時、ちょうどドリーという羊がイギリスのスコットランドで生まれました。ドリーというのは体細胞クローン技術で生まれた、大人の細胞を受精卵の状態に戻してできた羊なのです。非常に難しく1匹つくるのに、何十年もかかりました。これによって、少なくとも理論的には受精卵を使わずに、人間の大人の細胞を受精卵の状態に戻せるということが証明されました。それでES細胞と同じような細胞はつくれるだろうと思ったのです。

ビジョン提示から6年後にiPS細胞発明 MIT、ハーバード大学、ケンブリッジ大学に 先がけて

基礎研究を始めて10年以上経っていました。ビジョンを出すのは簡単ですが、これは何十年かけても出来ないかもしれないと思っていました。とにかく、このビジョンをスライドにして、120名の学生の前で30分間説明しました。そして優秀な3名の学生を採用することができました。海保さん、徳澤さん、高橋君です。

この3名とテクニシャンの一阪さんはネズミの世話を含むハードワークを全部やってくれました。本当に感謝しています。そして6年後に、ネズミの皮膚細胞に4種類の遺伝子を同時に導入することにより、iPS細胞をつくることに成功しました。その翌年の2007年に、人間の皮膚を使って、iPS細胞をつくりました。

最初は皮膚細胞由来、今は血液細胞由来が主

最初は、iPS細胞を皮膚の細胞からつくりましたが、今は皮膚以外のいろんな細胞からつくるができます。一番、今よく使っているのは血液細胞です。iPS細胞の医療応用の概念図を図1に示します。

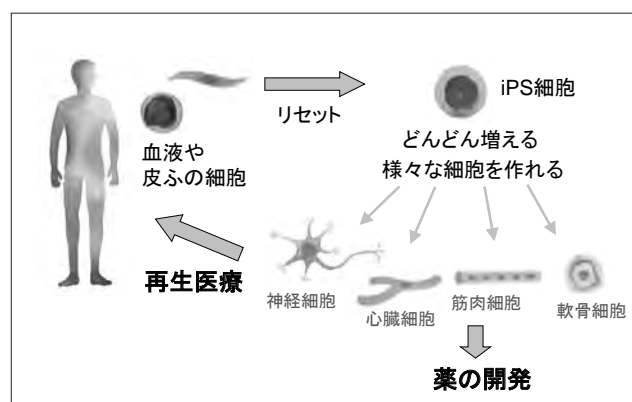


図1 iPS細胞の医療応用

皆さまは年に一度ぐらい採血されると思いますが、そのときに試験管1本分だけ余計に採血していただくと、iPS細胞を簡単に作ることができます。

iPS細胞になると、培養皿を使って簡単に細胞数を大量に増やすことができます。その細胞に刺激を加えますと、色んな部位の細胞に変えることができます。例えば、拍動する心臓の細胞を培養皿何百枚でも作ることができます。元々数mLの血液だった細胞が数か月後には、肉眼で見ても拍動しているのが判る大量の心臓細胞になります。未だに不思議な気持ちになる技術です。私たちは、この技術をなんとか患者さんに届けることを目指して、研究を行っています。

日本のiPS細胞を使った再生医療研究は世界の トップ

京都大学はiPS細胞の医療応用を進めるために2010年、iPS細胞研究所をつくりました。英語名がCenter for iPS Cell Research and Applicationで、略してCiRAと呼んでいます。iPS細胞の医療応用がiPS細胞研究所のビジョンです。

iPS細胞を使った再生医療研究に関しては今、日本は間違いなく世界のトップを走っています。幾つかの病気について間もなく、実際の患者さんの協力を得て、効果と安全性を確かめるために臨床試験を始めることができると考えています。

幾つか例を紹介します。

パーキンソン病はドーパミンをつくる神経細胞の機能不全で起こる病気で、全身の動きがスムーズにできなくなります。同僚の高橋淳教授は人間のiPS細胞からきれいなドーパミン産生細胞を高純度につくり出すことに成功しており、サルのパキンソン病のモデルを使って今、効果と安全性の検証の最終段階に入っています。

もう1人の同僚の江藤教授はiPS細胞から血小板や赤血球をつくることに成功しています。つくば市の理化学研究所でも赤血球の研究はものすごく進んでいますが、江藤教授は特に輸血に使うための血小板の研究を進めています。日本は世界最高速で少子高齢化社会を迎えています。このままいくと献血をしてくれる若者が減って、輸血が必要な高齢者がどんどん増えていきます。5年後くらいには献血だけでは輸血用血液が足りなくなります。何十万人という単位で、輸血さえすれば助かる命が助からなくなるということが目前にきています。iPS細胞から血液細胞をつくることで、その不足を補うことを目指しています。

2016年6月世界で初めてiPS細胞を使った 手術に成功

—網膜の加齢黄班変性に対して—

既に臨床研究が始まっているプロジェクトもあります。

網膜の病気の加齢黄斑変性という病気です。網膜の細胞である色素上皮細胞が加齢に伴って破けたり、歪んだりして起こる病気です。神戸理研の高橋政代先生のチームは患者さん自身の皮膚の細胞から iPS 細胞をつくり、それを使って傷んでいた網膜色素上皮細胞をつくり直すことに成功しました。患者さんの目の網膜の細胞を iPS 細胞から作った新しい細胞と置き換えるという手術を1年半前に実施しました。患者さんはその後、非常に順調に経過していると聞いております。

75名のHLAホモドナーを探して

患者さん自身の細胞を使う再生医療の概念図を図2に示します。

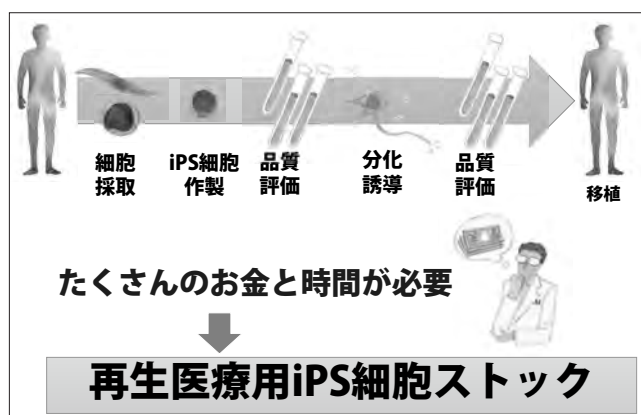


図2 患者さん自身の細胞を使う再生医療

1人目の患者さんには本人の細胞を使いました。理想は、やっぱり本人の細胞です。ところがiPS細胞は、本人の細胞を使おうとすると1年ぐらいかかってしまいます。皮膚か血液の細胞を採取して、iPS細胞をつくるのに1~2か月、iPS細胞の品質評価をするのに1~2か月、iPS細胞から網膜の細胞にするのに2~3か月、そして最終の網膜の細胞を評価するのに1~2か月ということで、合計すると1年位になります。その1年の間に病気がどんどん進行してしまいます。場合によっては患者さんは亡くなってしまいかもかもしれません。

また莫大な資金が必要です。1例目の手術では、私たちは細胞の評価を手伝いましたが、1人の患者さんだけでも何千万円とかかりました。

金と時間が掛かりすぎるということで、予め他人のiPS細胞をつくってストックしておき、それを使う「再生医療用iPS細胞ストック」計画を進めています。

しかし他人の細胞を使うと拒絶反応の問題が生じます。輸血で血液型がA型の方にB型を輸血すると大変なことになります。細胞移植の場合も血液型と同じようにHLA型という細胞の型を合わせる必要があります。子どもは両親からそれぞれ半分ずつHLAを遺伝しますが、この組

み合わせが何万種類もありますのでほとんど一致しません。5人にHLAが一致するiPS細胞をつくらうとすると、結局5人全員のそれぞれの細胞からつくる必要があります。1000人だったら1000名全員つくる必要があります。それは大変です。

ところが、HLAホモドナーと呼ばれる、たまたま両親から同じHLA型を遺伝する人がいます。ホモドナーを見つけてきてiPS細胞をつくると、他の人にこのiPS細胞から作った細胞を移植しても拒絶反応が低いと考えられています。

計算しますとHLAホモの方75名で、日本人の80%に当たる1億人位に移植可能なiPS細胞を提供できることになります。

問題はこのHLAホモの方をどうやって見つけるか、です。HLAホモドナーを75名見つけるのに、1から調べたら30万人位調べなければなりません。1人のHLAを調べるのに3万円かかりますから、30万人だと90億円がかかってしまいます。しかし幸いにして、日赤や臍帯血バンクや骨髄バンクでは、何万~何十万人のHLAを既に調べておられます。今はこれらの機関の協力を得て、HLAホモの方を効率的に見つけたいと思っています。

iPS細胞研究所職員400名の9割は非正規 フリーダイヤル0120-80-8748 「走れ、山中伸弥」をよろしく

私は研究者です。論文は書けますが、研究者だけでは医療応用は決してできないということを痛感しています。いろんな人材が必要です。例えば特許の専門家が必要です。企業と契約してくれる契約の専門家が必要です。厚生労働省から許可をもらうための許認可の専門家が必要です。今日も会場と一緒に来てくれていますが広報、コミュニケーションの専門家が必要です。生命倫理の専門家、難しい実験を専門にやってくれる技術員の人たち、外国とのやりとりをしてくれる非常に優秀な秘書も必要です。

私たちのiPS細胞研究所には今、400名以上の方がいます。研究者以外の方が大半で、約9割は非正規職員です。正規雇用は大学教授と事務職員の一部だけです。大半は長くて5年といった有期雇用です。これは、日本では仕方がないですが、アメリカはちゃんと長期雇用しています。

アメリカでは国からの資金だけに頼らずに、研究者はファンディングという形で一般の人から直接、支援を募っています。私はアメリカのいいところは学ぼうということで、7年ぐらい前からiPS細胞研究所でもファンディングをしています。

その一環として体を張って一生懸命マラソンを走って、寄付を募集しています。京都も走り、大阪も走り、神戸も走り、次は湘南でも走ろうと思っています。1回走ると多いときは1,000万円くらい寄付していただくことがあります。でも、400名くらいの研究所になると人件費だけでも5億円は毎年必要です。1回必死で走って1000万円です。5億円集めようと思ったら年50回は走らないと駄目ですが、週1回走るのは不可能です。

基金担当者に泣きつきましたら、「分かりました、山中先生。他の方法を考えましょう」と言って、フリーダイヤル0120-80-8748を考えてくれました。覚え方も考えてくれました。「走れ(80)、山中(87)伸弥(48)」です。すごいです。

これからも一生懸命頑張ります。私は父親を助けられなかったというのが本当に悔しいです。医者としてはもう全然駄目だったのですが、研究者としてなんとかこのiPS細胞を患者さんに届けたいと思っています。それがビジョンです。あと何年研究ができるか分かりませんが、素晴らしい仲間と一緒にビジョンを実現したいと思っていますので、これからもご支援のほどよろしく願います。

本日は本当に暑い中、ありがとうございました。

【質疑応答】

「リスクは高いけれども、ゴールがあるのは間違いないと思いました」



質問1 東京農工大学の村本です。万能細胞のiPS細胞を使って色々な器官をつくるという話でしたが、脳など多くの器官をつくっていくと、1つの人格ができてしまい、その人格を持った別の1人の人間が作られてしまうというような問題は起らないのでしょうか。

回答1 山中 先ほどのパーキンソン病の場合ですと、脳の特殊な神経細胞のごく一部をつくって、それを移植

するだけですから、今はそれで人格が変わったり性格が変わったりするという事は、あまり想定していません。ただ将来的には、もっと大量に大脳細胞をつくって、脳梗塞で大脳の皮質の細胞がかなり傷んでしまった患者さんに移植するという治療は理論的にはあえます。そのときに、性格等がどうなるかは、まだ分かっていません。

これは生命倫理の問題にも絡んでくると思います。科学技術がどんどん進んで、理論的にはいろんな新しい治療が可能になりますが、どこまで許されるのかは研究者だけではなく、新しい治療で恩恵を受ける患者さん、生命倫理の専門家、法律の専門家など、いろんな人が早い段階から話し合いを進めることが大切だと思います。iPS細胞以外の生命科学や他の科学技術にしても、倫理との兼ね合いが非常に大切になっています。

私たちの研究所も生命倫理の研究をする研究部門を立ち上げています。

質問2 国際科学振興財団の後藤です。以前先生はNHKの「クローズアップ現代」で、iPS細胞をヒトの体を使うのは少し怖いと述べられたと記憶しています。現在は臨床応用研究が進んでいるようですが、どういうブレークスルーがあったのでしょうか。

回答2 山中 いろんなブレークスルーがありましたが、一番大きかったのは、どうやって目的の細胞をつくるかという分化誘導の研究が随分進んだことです。ES細胞もiPS細胞も未分化状態ではがん細胞と同じように増えますので、移植には使えません。未分化なES細胞でもiPS細胞でも移植したら間違いなく腫瘍をつくりますので、必ず目的の細胞に完全に分化させて、そして目的以外のものは取り除くということが必要です。

その技術は高橋政代先生の網膜の場合は、ほぼ完成しました。今は、分化誘導法と純化法の最終確認を臨床試験で行っている段階です。パーキンソン病に関する研究や血小板をつくる研究もかなり進んでいます。

質問3 後藤 細胞移植というのは非常に難しいかと思うのですが、現在どういう状況にあるのでしょうか。

回答3 山中 アプリケーションによって方法は随分違います。例えば心臓の場合は、阪大の澤先生は細胞を2次元のシート状にして、それを貼り付けるという方法を考えておられます。糖尿病の場合は膵臓の細胞をつくって、それをカプセルに封入し、それを移植しようとしています。これらをティッシュ エンジニアリングと言っています。

高橋先生の網膜の場合、1例目の患者さんは細胞をシート状にして移植されたのですが、次はばらばらの細胞を

懸濁液で局所に移植することも考えておられます。

現在は、それぞれの場所やアプリケーションについて、最適の細胞の移植方法を検討している段階です。

質問 4 ツジ電子株式会社の横瀬です。先生は奈良の大学院大学の方に行かれた時に、まだ世界でやられていないことをビジョンとして揚げられました。競合する相手もいたようです。そのような時、失敗や先を越される恐怖心のようなものはございましたか。

江崎 研究とリスクの問題ですね。

回答 4 山中 確かに細胞をリセットして受精卵の状態に戻すのは、本当にリスクが高く、何年かかるか分からない仕事です。しかし、間違いなく言えることはドリーというクローン羊が誕生していましたし、あとは一緒にノーベル賞をいただいたガードン先生が50年前に、カエルを使って体細胞クローンをリセットできることを示されていました。そしてワイントラウブさんは皮膚の細胞を1個の遺伝子で筋肉に変えられるという仕事を昔、されています。

そういう先人の仕事から、リスクは高いけれどもできないことはないという確信はありました。ゴールがあるのは間違いのないと思いましたが、見えてはいませんでした。

とは言いながら、やはり5年も10年も成果が出ないと、今は研究者として生き残れないです。競争的資金は長くて4~5年です。奈良の遺伝子教育研究センターに行った時も、一応助教授で雇っていただいて任期はなかったんですけども、上の方の先生から「今は助教授だから5年位したら、偉くなって何処かに行かれることを期待しています」とプレッシャーをかけられました。それで、どうやったら生き残れるかということを考えました。

そこは、ぼくは大阪商人の息子ですから一生懸命考えて、iPS細胞をつくるというのは長期ビジョンでやっていくと同時に、関連したもっと短い別のプロジェクトを考えることにしました。

iPS細胞をつくるためには、幾つかの遺伝子を見つけて、それを皮膚や血液の細胞に入れる必要があります。そこで、短いプロジェクトとしてはES細胞で働いている大切そうな遺伝子を1個1個探してきては、その遺伝子の機能を一生懸命調べて、その1個の遺伝子の機能がちょっと分かるごとに論文1報を書いていくという、着実な仕事をやっていこうと考えました。それらの遺伝子の中に、もしかしたらiPS細胞をつくれる遺伝子があるかもしれないのです。iPS細胞が夢のような場外サヨナラ満塁ホームランだったとしたら、確実にヒットを打つというプロジェクトは別にやっていました。

江崎 古代ギリシアの哲学者デモクリトスが、「この世の中の全てのものはチャンスかネセシティか」と言っています。山中先生の素晴らしいビジョンの成果はネセシティ、つまり必然的な成果ですね。しかし、やはりチャンスつまり偶然的なものもあったのではないかと思います。

私の江崎ダイオードの場合は、必然というよりどちらかというところ偶然でした。発見というプロセスは大体、偶然が与えることだと思います。一方、発明は、どちらかというところ必然に近いわけですね。そういう観点から、山中先生の成果はどれほど偶然に恵まれたものであったか、またどれほど必然的なものであったか、何かそういうことをコメントしていただけますか。

山中 ぼくは26歳のときに大学院に入り直して研究を始めました。ですから27年前です。そのときに、まさか将来、再生医療関連のES細胞とかiPS細胞を自分が研究するなんて夢にも思いませんでした。当初これらを全く知りもしなかったです。どうしてこういうことになったか、これは江崎先生が今言われた偶然によるもので、2回すごい偶然がありました。

1回目は大学院で最初に行った実験がそうです。ぼくは血圧の研究をしていました。「この薬は血圧を上げる」と上の先生から言われました。非常に簡単な実験でしたが、それを使うと血圧は上がるどころか、実験動物が死んでしまうのではないかと思う程めちゃめちゃ下がりました。ですから偶然というか、完全に予想外の実験結果で、それを見たときに僕はものすごく興奮したんです。「うわ、すごい、すごい、面白い」と思いました。だから、その偶然というか予想外がなかったら多分、研究者を続けていなかったと思うんです。また臨床に戻っていたかも知れません。しかも自分の反応が予想外でした。こんなにも予想が外れたことを喜ぶ自分に驚いたのです。

アメリカに行ったらまた上の先生から、「この遺伝子は動脈硬化を防ぐいい遺伝子だ。だからそれを確かめてほしい」と言われ、遺伝子改変ネズミをつくりました。ところがその遺伝子は体にいいどころか、それをネズミの肝臓で発現させたら、お腹が大きくなりました。それはがんだったんです。そのボスはがっかりしましたが、ぼくはまたものすごく喜んでしまいました。そして、研究内容を変えて出会ったのがES細胞だったんです。

だから、その2回の偶然を経て出会ったのがES細胞です。本当にそれは全然必然ではなくて偶然です。よくボスの予想が外れてくれた、と今は感謝しています。

質問 5 水海道一高の野村です。iPS細胞は刺激を与えることによって色々な器官をつくることのできるというお

話でした。ばかばかしい質問ですけど、例えばデンキウナギの発電器官のようなヒトが持っていない器官をつくるということはできるのでしょうか。

回答 5 山中 全然ばかばかしくありませんよ。僕も言われたことがあります。質問にばかばかしい質問なんてないです。一番ばかばかしいことは質問しないことらしいですよ。素晴らしい質問です。できるかもしれないのです。iPS細胞とこの数年で一気に進んだゲノム編集技術、この両者を組み合わせるとiPS細胞のゲノムを書き替えることが可能です。元々人間が持っていない機能を付け加えるということは、理論的にはできるようになっています。そういう発想から、ものすごいブレークスルーが生まれてくると思いますから、ぜひ将来、研究者になってほしいです。

質問 6 江崎 iPS細胞を使って、元々のものよりいいクオリティーのものができる可能性はあるのですか。

回答 6 山中 元々の正常な機能よりも高い機能を与えることは、ゲノム編集の技術を使えば理論上はできます。そういう技術を現実問題として、牛やマグロに生かそうとしています。

ただ最初の質問に関連しますが、じゃあどこまでやっていいのかということは、本当に大きな問題です。多くの人は病気で機能が下がっているものを元に戻すのは賛成されると思います。それに止まらずに、元の状態よりもっと良くしてよいのか、これは非常に難しい問題になってきます。そういう人がオリンピックに出ていいのか、ということです。

質問 7 江崎 iPS細胞のもう1つの大きな応用は創薬ですね。創薬で今、最も貢献しそうな分野はどういうところでしょうか。

回答 7 山中 2つあります。1つは個別化医療 Personalized medicine で、この言葉は今はいよいよ浸透してきていると思います。例えば、認知症の方が沢山います。僕の母も今苦しんでいます。いい薬ができればそれを多くの患者さんに処方するわけです。しかし、ある患者さんには確かに効果がありますが、別の患者さんには全然効果がない、さらに違う患者さんには効果がないどころか副作用が起こってしまうことがあります。それが多くの薬の現状なんです。患者さん一人一人が薬の効果をみるというのは、ものすごい時間と金がかかります。

でも今は、それぞれの人からiPS細胞をつくることはできます。iPS細胞から認知症の薬が効くはずの脳の細胞をつくることもできます。そうしますと、それぞれの人で調べる前に、それぞれの人からiPS細胞からつくった脳

の細胞で薬の効果を予め調べて、効く人をあらかじめ決めておき、その人にだけ投与することができます。違う人には違う薬を投与する。これを個別化医療と言います。

もう1つは難病と呼ばれている希少疾患に対してです。患者さんの数が非常に少なく、日本でも10人しかいないような病気は何百種類とあります。そういった病気には、製薬会社は患者さんが少ないですから、薬の開発ができないんです。

多くの病気は遺伝子の配列のちょっとした違いで起こりますので、その方が病気になる部分の細胞をiPS細胞からつくることによって、病気を再現して病気の原因を解明して病気の発生とか進行を抑える薬を創ることが可能です。既にいい薬の候補が見つかってきている難病も複数が出てきています。

「参加者の声」の紹介

講演会終了後アンケート用紙を回収した。その中から、「参加者の声」をいくつか紹介する。

- 「山中先生の暖かなお人柄溢れる素敵な講演。つくばに住んでいて一番良かったと思える1日。iPS細胞が再生医療のために使われ、多くの人々が救われるよう心から願う。」(主婦)
- 「目的達成のために、講演ばかりでなく、マラソンまでして寄付を集められ、そのうえ研究活動を通して社会貢献を行うという前向きな態度に刺戟を受けた。」(公的研究機関研究員)
- 「visionを明確にすることの重要性を改めて感じた。大学での研究でも、失敗や予想外の結果を大切にしていきたい。」(大学院生)
- 「進路を決めるのに役立った。医学関係の研究者になって、患者を救う仕事をしたい。研究者として人々の役に立ちたいと思った。」(大学生)
- 「学生時代から山中先生のお話を聞いてみたかったので、今日の講演会を楽しみにしていた。研究者として心に響くお話はしっかりと記憶しておきたい。」(大学院生)
- 「江崎先生と山中先生の夢のようなコラボレーションで、この度ご講演をいただき大変勉強になりました。この10月よりアメリカの大学に研究員として留学する予定ですので、山中先生からのアドバイスをもとに、研究人生を全うして行きたいと思います。ありがとうございます。」(公的研究機関研究員)

(文責 編集委員 角田方衛)

「カーボンナノチューブの発見」

名城大学大学院理工学研究科 終身教授

飯島 澄男

カーボンナノチューブ発見を報告した論文“Helical microtubules of graphitic carbon”がNature誌に掲載されたのは1991年です。この単独論文のCitationは2016年8月現在、40,529に達しており、我ながらびっくりしています。2014年にNature誌に紹介されたニュース記事、「The Top 100 Papers」に37位でランクされたときのカーボンナノチューブのCitationは22,899だったので、この2年間で18,000のcitationsがあったことになり、この2年間で18,000のcitationsがあったことになり、ということは、すでに発見から四半世紀を経ましたが、この物質は世界中の研究者に依然として興味を持たれ研究が進行しているようです。発見者として、大変喜ばしいことです。

この発見から8年後の1999年、わたくしはつくば賞を頂きました。受賞理由は「カーボンナノチューブの発見」でした。この度、「つくば賞、その後」について書くようにつくばサイエンスアカデミー事務局から要請がありましたので、わたくしの関係分野を中心に私見を述べさせていただきます。

わたくしは、高分解能電子顕微鏡を用いて結晶材料を調べる研究を、大学院生のころから始めました。研究対象は、今で言うナノ結晶・ナノ構造の原子構造の研究だったので、研究キャリアの当初からナノ構造に関わってきました。ということで、ナノ構造体であるカーボンナノチューブ(CNT)は電子顕微鏡研究の恰好の材料ということになります。これを発見するためには電子顕微鏡が必須であること、その従事者以外にはCNTを発見する機会はゼロであり、わたくしがこの実験装置を熟知し使用していたことは、誠に幸運と言わざるを得ません。その幸運を引き寄せた経緯について簡単に述べます。

1990年前後は、物質研究者には大変忙しく、またExcitingな時代でした。高温超電導酸化物の発見、フラーレンC60の大量合成と金属ドープによる超電導の発見が続き、世界の材料研究者は興奮状態に置かれていました。その最中、米国MRS学会が1990年12月にボストンで開かれ、フラーレンの会議が真夜中まで続いていました。わたしは、ダイヤモンドの薄膜成長に関する発表のためこの会議に出席し、たまたまフラーレンのセッションを覗くと、かねてから面識のあったフラーレンの発見者、クロトー先生に出会い、「澄男も電子顕微鏡でフラーレンを調べてみたら？」と問いかけられました。日本に帰国後、直ちにフラーレン分子の成長機構を解明すべく、いろいろな炭素材料のTEM観察を開始しました。この時点で、わたくしは非晶質炭素やグラファイトの薄膜の原子レベルの観察については何篇かの論文を発表してい

たので、炭素のナノ構造については既にかかなりの知識と経験がありました。クロトー先生やスモーリー先生とはクラスター関連の国際学会で会う機会があり、また私の以前に撮影したナノカーボンのTEM写真が、彼らの提唱するC60分子構造モデルを支持していたこともあり、1989年には開所間もないつくばのNECの基礎研究所までわざわざ来られたことがありました。

CNTの発見に至る経緯を説明するには、発見以前の20年間に渡るすべてのわたくしの仕事を説明しなければなりません。NECの基礎研究所に加わる以前に過ごしたERATO/JSTの「林超微粒子プロジェクト」について触れておきます。このプロジェクトは、ERATOの第一回に採択された4課題のプロジェクトの一つで1981年に開始されました。わたくしはプロジェクトの故上田良二先生に誘われて、これに参加するため、12年間の米国アリゾナ州立大学での仕事に終止符を打ち、1982年に帰国、名古屋の名城大学の一角で研究を開始しました。1980年代はクラスター科学研究の隆盛期で、名古屋グループは、金属酸化物や炭化ケイ素などのセラミックス材料の微粒子の生成と結晶構造・物性評価を担当しました。生成法はガス中蒸発法でアーク放電により、希ガス中に気化された物質を凝集させ、微小結晶(クラスター)を生成するというものです。1990年、ドイツのクラッチマー等は、この方法を用いてフラーレンの大量生産に成功しました。これにより「C60の結晶」が得られ、その世界的超電導研究ブームに発展したことは前述の通りです。

さて、私の関わりですが、アーク放電法によるクラスターの実験研究は、名古屋大学を中心に名古屋地区の研究者が1970年代から世界をリードしており、わたくしもその一端を担っていました。そういう理由で、クラッチマー等の炭素棒を用いたアーク放電によるC60の生成は、名古屋地区の研究者が直ちに追試を始めました。わたくしがERATOプロジェクトで過ごした名城大学の安藤義則先生はその一人でした。そのとき使われた使用済みの炭素アーク放電棒の先端をTEMで調べたところ、多層カーボンナノチューブ(MWCNT)が成長しているのが偶然見つかった、というのが発見の経緯ということになります。

超微粒子プロジェクトのもう一つの研究課題に、金属酸化物磁性体に代わる新しい金属磁性体テープ材料として、鉄微粒子の生成法の開発がありました。実は、この時の鉄微粒子の実験が、単層カーボンナノチューブ(SWCNT)の生成に直接的な寄与がありました。1991年のMWCNTはアーク放電法(超微粒子の研究プロ

ジェクトで5年間経験済み!)で生成されましたが、Nature誌に発表後、特にDFT計算物理の先生方から単層のCNTが作れないかという要望がありました。当時のコンピュータの能力はMWCNTの電子エネルギー・バンド構造の計算には大き過ぎ、原子数の少ない簡単なSWCNTが射程距離内ということでした。では、それを生成する戦略は? まさに取り付く島もない、ロジカルな生成方法がないのです。2年間の思案の末に辿りついたのが、前述の磁性材料の鉄微粒子でした。鉄微粒子は空気に触れると発火して直ちに酸化され燃えてしまいます。これを避けるために考えたのが、炭素による微粒子表面のコーティングでした。メタンガス中で適当な温度での加熱処理です。実は、この処理過程で単層CNTが「生成されていた!」ことが、作成から5年後、1993年に偶然判明されました。その当時に撮影された鉄微粒子のTEM写真を捲っていると、微粒子の周りにフィラメント状の構造体が絡みついていることに、偶然気が付きました。今から考えると、鉄微粒子を触媒として炭化水素ガスを熱分解しCNTを成長させる熱CVD法を、まったく「別の目的」で実施していた、ということになります。

偶然の発見は「セレンディピティー」と言われていますが、偶然の発見を如何にものにするかは、誰もが興味のあるところですが、発見に至るいくつかの事象経過を述べてきましたが、他にもたくさんの経験・体験の積み重ねがあったことを、強調しておきます。

In the field of observation, chance only favors those minds which have been prepared.

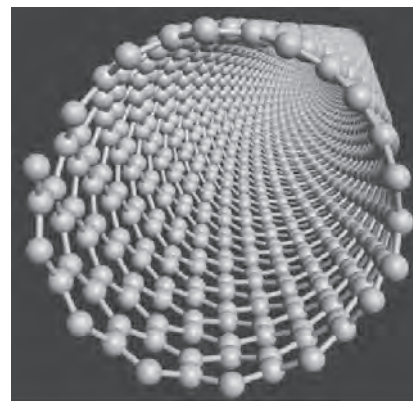
(Dans les champs de l'observation, l'hasard ne favorise que les esprits préparés. Louis Pasteur)

良い発見、機会に巡り合うための戦略は、わたくしの場合には研究環境をいくつか変えたことが結果的にはうまくいったと思っています。米国に飛び出し始めた、高分解能電子顕微鏡の開発と結晶学への応用研究では、この分野の成長期に合致し、先陣を切ることに成功しています。その結果、米国結晶学会からワーレン賞(1976年)を頂くことができました。この研究は、今日のTEMの汎用技術となっている高分解能TEM観察の礎になっています。米国から帰国後に参加したERATOプロジェクトでは、「金クラスター結晶の構造不安定の発見」のタイトルで、仁科記念賞。その後、1987年にNEC(株)に移り、程なくカーボンナノチューブを発見することができました。

以上の三つの研究は、電子顕微鏡によるナノ構造を調べる仕事としては共通ですが、研究対象の材料は異にしています。研究拠点を変えることにより、わたしは3人の恩師に巡り合え、それぞれの先生から薫陶を受けました。また、移った先々で出会った研究仲間を得、啓発されたことも、いい研究ができた理由かもしれません。わたくしの場合、幸い良い結果になりましたが、研究拠点を換えればうまくいくという保証はありませんが、新しいものに遭遇する機会は増えることは確かでしょう。

冒頭に述べたCNT発見の異常に高いCitation数が示すように、CNTは基礎と応用の広い分で研究対象とされ、大きなインパクトを与えていることは明らかでしょう。そのような研究が企業の研究所から生まれたこと、そしてこの研究所が、つくば市にあったことも興味深いことです。CNTはまぎれもなくつくば研究学園都市から世界に向けて発信されたことも意義深いことと思います。

CNTとナノサイエンス・ナノテクノロジー、基礎研究と応用研究、企業の基礎研究、CNTの現状と将来展望、社会貢献、など、書き残しましたが、これらについては次の機会を待つことにします。



図の説明:らせん構造をもつ単層カーボンナノチューブのCG像

著者略歴

飯島 澄男 (いじま すみお)

現職:

- ・日本学士院 会員
- ・名城大学 大学院理工学研究科 終身教授
- ・日本電気株式会社 特別首席研究員
- ・国立研究開発法人 産業技術総合研究所 名誉フェロー
- ・名古屋大学 特別招へい教授



学歴:

- 1968. 3. 26 東北大学大学院
理学研究科物理学専攻博士課程修了

職歴:

- 1968. 4 - 1974. 6 東北大学科学計測研究所助手
- 1970. 9 - 1982. 3 米国アリゾナ州立大学固体科学研究センター研究員
- (1979.4-1979.10) 英国ケンブリッジ大学客員研究員
- 1982. 4 - 1987. 1 新技術開発事業団 (現 科学技術振興機構) 創造科学推進事業 林超微粒子プロジェクト 基礎物性グループ グループリーダー
- 1987. 2 - 現在 NEC特別首席研究員
- 1998. 4 - 現在 名城大学 教授
- 2001. 4 - 2015 独立行政法人 産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター長
- 2005 - 2012 成均館大学 (韓国) ナノテクノロジー先端技術研究所所長
- 2007. 8 - 現在 名古屋大学 特別招へい教授
- 2015. 4 - 現在 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 名誉フェロー
- 2016年4月より現職

研究室レポート

「インクジェット用油性顔料インクの開発と精密合成技術」

理想科学工業株式会社 開発本部 R&Iセンター

次長 小川博之
江崎直史

1. はじめに

理想科学工業はおかげさまで創業70周年を迎えました。戦後の混乱期中、創業者羽山昇は「日本がどうなるかわからないときだからこそ、人は理想を失ってはいけない」という決意を胸に1946年「理想社」の看板を掲げ、謄写印刷業を開始しました。謄写印刷とは、版に孔をあけ、インクを通過させて印刷する孔版印刷という方式で、ガリ版印刷とも呼ばれていました。

当時の日本にはインクを製造するノウハウがなく、イギリス製品を輸入していましたが、羽山は「輸入に頼っていたら事業は伸びない。いっそ自分たちでつくってはどうか」と考え、1年半の試行錯誤の元、本邦初のエマルジョンインク『RISO インク』を完成させ、印刷機材メーカーの第一歩を踏み出しました。

その後、1977年には家庭用簡易印刷機『プリントゴッコ』、1980年には事務用孔版印刷機『リソグラフ』を発売。現在は世界180ヶ国以上の国や地域の教育機関や官公庁などで使われています。

2003年にはコストが高くて印刷時間がかかるカラープリントをもっと気軽に使えるようにしたいという思いで、高速カラープリンター「オルフィス HC5000」を開発しました。

4色のインクジェット印字ヘッドを並列に配置したライン型インクジェット方式の採用、高速印刷に最適な油性顔料インクの開発など、これまでにないさまざまな取り組みに挑戦し、『世界に類のないもの』を創り出してきました。

2. 油性顔料インクの開発

インクジェットプリンター用の油性顔料インクは、孔版印刷用のエマルジョンインクに比べ、顔料の平均粒径が小さく、またインク粘度が低いいため、安定性を確保することが難しく、インク技術者にとって新たな挑戦となりました。

油性顔料インクは、顔料、インク溶媒、顔料分散剤か

ら成り、インク開発では『ぬれ』『微細化』『安定化』という顔料の分散過程を意識し、顔料を微粒子化する加工プロセスと、微粒子化した顔料が再凝集しないように安定に保つための材料選定が重要になります。

DLVO理論によると、粒子間の相互作用は van der Waals 力による引力と、電気的斥力による斥力の和であり、顔料の分散安定化のためには、粒子間の斥力を大きくする必要がありますが、油性顔料インクの場合はインク溶媒の極性が低く、電気的な斥力が得られないため、粒子表面に立体的な斥力を付与する必要があります。そのため、油性顔料インク用の顔料分散剤は、顔料との吸着力、インク溶媒との親和性、立体障害による斥力を考慮し、選定します。

「オルフィス HC5000」用の油性顔料インクは、インクの貯蔵安定性、吐出安定性の確保に最適な顔料、顔料分散剤、インク溶媒を選定し、製品化を実現しました。

3. 課題解決と素材開発への挑戦

インクジェット用油性顔料インクを製品化したものの、『画質向上』が大きな課題でした。油性顔料インクのインク滴は、普通紙に着弾した後10-6秒オーダーの時間で紙の内部に浸透します。インク中の顔料は、インクの浸透とともに紙の内部に吸い込まれることで発色が低下するとともに印刷画像が裏から透けて見える『裏抜け』が悪化します。

開発当初は市販の材料を購入しインクを作製していましたが、『油性顔料インクを用いて同じような方式で製品化し事業展開しているメーカーは他にない。油性顔料インクの課題は、自分達の力で解決しなければならない』と考え、油性顔料インクに最適な顔料分散剤の自社開発を開始しました。

顔料を紙の表面に残すため、インク滴が紙に着弾後、顔料とインク溶媒が速やかに分離するように分子構造を設計し、開発に取り組みましたが、顔料の安定性との両立が難しく、試行錯誤を繰り返しました。足掛け6年よ

うやく自社で素材開発した油性顔料インクを搭載したオルフィス EX シリーズを 2013 年に発売しました。

更に顔料分散剤に改良を加え、EX シリーズよりも画質を向上した新製品オルフィス GD シリーズを 2016 年 9 月に販売します。

4. 精密合成技術の取り組み

現在、油性顔料インクの更なる性能向上をめざし、リビングラジカル重合技術の 1 つである可逆的付加-開裂連鎖移動 (RAFT) 重合技術を用いた分散剤の精密合成に取り組んでいます。

メタクリル酸ステアリル (SMA) のホモ配列から成るブロック A と、メタクリル酸グリシジル (GMA) 誘導体と SMA のランダム配列から成るブロック B を有するブロックランダムポリマー型分散剤を精密合成しました。得られた分散剤は、組成が同じブロックポリマー型

分散剤やランダムポリマー型分散剤と比較して、分散安定性をより高められる事を見出しています (1)。

本技術は、画質向上や安定性の確保だけでなく、油性顔料インクに新たな機能を付与するための基礎技術として取り組んでいます。

5. おわりに

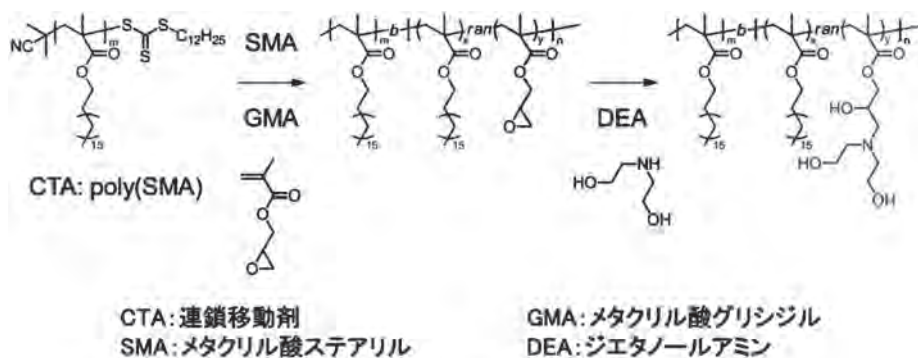
2013 年 6 月、これまで数々の画期的な製品を生み出してきた技術力、開発力を結集した『理想開発センター』をつくば市に開所しました。

これからも『理想』に向かって挑戦を続け、『世界に類のないもの』を創出し、発信していきます。

以上

参考文献

- (1) Ezaki et al. Langmuir, 2015, 31(42) 11399-11408



ブロックランダムポリマー型分散剤の精密合成

著者略歴

小川 博之 (おがわ ひろゆき)

理想科学工業株式会社 開発本部 R&I センター 次長

1997 年 日本大学大学院理工学研究科工業化学専攻 修了

同年 理想科学工業株式会社入社

現在に至る



著者略歴

江崎 直史 (えざき なおふみ)

理想科学工業株式会社 開発本部 R & I センター

2004 年 名古屋大学大学院修士課程 修了

2010 年 理想科学工業株式会社 入社

現在に至る



科学の散歩道

「遺伝子組換えカイコの開発とその応用研究」

農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門

新産業開拓研究領域 新特性シルク開発ユニット長 富田秀一郎

カイコの遺伝子組換えが成功してからすでに16年が過ぎました。組換えカイコを利用した新たな産業化への取り組みは昨今しばしばマスコミ等で取り上げられていて、皆さんのお目に触れることもあったかと思えます。しかしいくら実用化技術といえどもその発端は科学的真理の追究です。本稿からはそのような学問の香りを嗅ぎ取ることはやや難しいかもしれませんが、出発点がそこにあることを銘記しつつ本題に入りたいと思います。

遺伝子組換えカイコ前夜

遺伝子組換えという技術は他の多くの実用技術と同様にいくつかの要素技術の組み合わせで成立しています。すなわち1) 細胞へ外来DNAを運ぶ(導入する)、2) 運び入れた外来DNAが安定的に遺伝するようにゲノムへ取り込ませる、3) 組換えが起こった個体をそうでない個体と区別して残す、という3つのステップがあるのですが、この3つ要素技術は遺伝子組換えを行う生物種によって全く異なる技術が利用されています。例えばタバコやイネでは1)と2)でアグロバクテリウムが利用されますが、カイコでは1)は卵への直接注射、2)は*piggyBac*というトランスポゾンが利用されています。

カイコの遺伝子組換えに当時の蚕糸・昆虫農業技術研究所の田村らが成功したのは前世紀末2000年のことですが、そこに至るまでには様々な実験による研究データの積み重ねがありました。例えばカイコの卵にいつどのくらいの量のDNAを注射すべきか、ということについて田村らは一過的な外来遺伝子の発現の成功を通じて、1990年代の初頭には解答を得ていました。また、卵に注射したDNAの消長についても把握されていました。90年代中盤には卵に注射したDNAをゲノムに取り込ま

せるためにトランスポゾンやレトロウイルス、組換え酵素など様々な手法が試みられましたが、なかなか実的に利用できる技術として確立することはできませんでした。そんな中1998年にチョウ目昆虫の培養細胞から見つかった*piggyBac*というトランスポゾンを利用してハエ目昆虫の形質転換(=遺伝子組換え)に成功した、という報告がありました。田村らはそれまでの基礎的、基盤的知見をもとにして、素早く*piggyBac*の利用を試み、ついにカイコの形質転換に成功したのでした。当時形質転換に成功していた生物種はマウスやショウジョウバエなど非常に少数に限られていました。従って遺伝子組換え技術の「発明」からこのころまでは遺伝子組換えはあくまで研究の手法として捉えられており、この技術が適用できる種がすなわち生物学におけるゴールドスタンダードのモデル生物であったのです。

宣伝目的の蛍光繭

このように当初カイコの形質転換技術は、カイコを材料に昆虫の生理、生態、発生などの生物学的諸問題にアプローチするための基盤技術と期待され開発されたものです。そこでこの技術を周知してより広く利用してもらうため、またカイコの実験生物としての地位の向上も願って考えられたのが繭に蛍光タンパク質を含ませてみる、という実験でした。カイコをタンパク質生産工場として考えたとき、主な生産物は繭ですから外来のタンパク質を繭に作らせて可視化する、というのは実にリーズナブルな手法でした。こうやって作られたGFP繭はいわば形質転換技術のデモンストレーションでしたが、思わぬ反響があったのです。それは繭が光るのだから光る絹糸も当然出来ていると思ひ込んで、一足飛びにその光



図1. カイコの終齢幼虫(左)と繭(右)

養蚕業では十分に成長したカイコの幼虫を蔭(まぶし)と呼ばれる枠に取り付かせて、その中に繭を作らせる。

る絹糸を使って商品開発をしたいというものでした。後から考えればこのような反応があつて当然だったのですが、当時蛍光繭から糸や織物を製作する技術はどこにもありませんでした。今日実用生産に最も近い高機能シルクである蛍光シルクは、最初から実用化を見込んで開発されたものではなかったのです。

蛍光シルクの実用化への技術的ハードル

組換え技術によって繭に含ませた蛍光物質はタンパク質です。ここで利用されている蛍光タンパク質はかなり安定ですがやはり熱に弱く、また水和していることが構造を保つために重要です。したがって繭の収穫のあと通常行われる乾繭（熱をかけて繭を乾燥させ同時に蛹を殺す）、煮繭（繰糸のために繭を煮る）といった工程を経るとタンパク質が変性して蛍光が消えてしまいます。絹織物の製造工程にはこれと同じように熱をかける工程が多数あるため、それら全てを蛍光タンパク質が変性しないような温度その他の条件下で行えるように技術開発する必要があります。これらの技術的課題は順次解決されていき、2013年末には全てをクリアしてドレスから着物まで様々な試作品を製作できる水準に到達しました。このように組換え技術を利用することによりこれまで絶対に作ることでできなかったような、新たな特性を持つシルクを開発することが可能なのですが、またその特性ゆえにそれぞれに適合した加工技術を開発する必要が生じるのです。

実用飼育・産業化への道筋

さて、技術レベルとしては試作品を製作するところまで到達しましたが、これを実用化・産業化するためにはまだまだ越えなければならないハードルがあります。課題は大きく三つに分けられますがそれらも絡み合っています。一つ目は原料繭の供給です。遺伝子組換え生物である以上、たとえカイコであってもカルタヘナ法という法規制の枠組みの中で、生物多様性影響が無いと確認または承認されて始めて飼育ができるのです。この規制をクリアして実用生産が始まるまでは研究室／試験場レベルの試験飼育しか出来ないため、原料繭の供給は少量に

留まります。また規制うんぬんの前に、そもそも農家などの生産現場では採算が合わなければ飼育に参入しないでしょうが、そのためには次にあげる第二第三の課題がクリアされる必要があります。二つ目は試作品といういわばテストプラント段階にある加工生産技術を、実用生産のレベルに引き上げるという最後の重要な技術開発です。ところがこの技術開発のためには実用生産レベルの原料繭の供給量が必要です。一つ目の課題がある程度クリアされないと二つ目の課題もクリアされないのです。三つ目は製品開発と販売戦略です。技術的にはこれまでにない優秀な繭、糸、布地が出来たとしても、これを最終製品として販売できなければ産業としては成り立ちません。したがって消費者に届く製品の開発とともにブランド化などの販売戦略を立てる必要があります。ここでもまた、原料の供給が十分でないと製品開発が難しいと言うジレンマがあります。さらに、最先端技術を集めた製品の常として知財関係にも気を配る必要もあります。

同じようなことが組換えカイコを利用したタンパク質生産についても言えます。こちらは検査薬や化粧品材料として既に市販されているものもあり、一歩先を進んでいると言えますが、それは上述の3つの課題を、製品開発を行う会社が社内の問題として総合的に取り組めるからです。とはいえ生産系としてはこれまでにないものを利用するのですから、先行投資が大きくなりがちのため、生産規模の大きい本格的な参入となると解決しなければならない課題はむしろ多岐にわたるようです。

科学と技術と社会

この稿では科学を利用したある技術の「社会実装」（或は実用化）に腐心する様子を綴らせて頂きました。本当に優れた技術であるなら開発者が黙っていても実用化され、そればかりか時には科学者の当初意図していないような利用により悲劇を生むことすらあるのですが、遺伝子組換えカイコが公共の福祉に貢献するためには開発者側の一層の努力が必要なようです。しばしば「死の谷」と揶揄されるプロセスでもがく我々の様子的一端でも垣間見ることができた、と読者諸兄が感じていただけるならこれに勝る幸いはありません。

著者略歴

富田 秀一郎（とみた しゅういちろう）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
生物機能利用研究部門 新産業開拓研究領域 新特性シルク開発ユニット長

1965年10月3日 福岡県北九州市生まれ
1990年3月 東京大学大学院農学系研究科修士課程修了
1990年4月 農林水産省入省 農業生物資源研究所
1990年10月 農林水産省 蚕糸・昆虫農業技術研究所
2000年12月 博士（農学）（東京大学）
2001年4月 独立行政法人 農業生物資源研究所
2016年4月より現職



G7茨城・つくば科学技術大臣会合開催

茨城県つくば市内においてカナダ、フランス、ドイツ、イタリア、日本、英国、米国のG7各国科学技術担当大臣等およびEUの担当委員が一堂に会し、地球規模の課題の解決や国際連携・協調のあり方などについて話し合う「G7茨城・つくば科学技術大臣会合（以下、G7大臣会合）」が2016年5月15から17日に開催されました。以下、概要です。

G7大臣会合記念シンポジウム

5月15日午後からG7大臣会合記念シンポジウム～科学技術の未来を語る～がつくば国際会議場で開催されました。

第I部では、開催国を代表して、島尻安伊子内閣府特命担当大臣（科学技術政策）、橋本 昌茨城県知事、市原健一つくば市長から主催者挨拶がありました。

第II部のシンポジウムでは、つくばサイエンス・アカデミー江崎玲於奈会長（ノーベル物理学賞受賞者）が冒頭あいさつ *Running beyond the Frontiers* を、続いて小林誠先生（ノーベル物理学賞受賞者）が *Role of basic research in the development of science and technology* と題して、CYBERDYNE 代表取締役社長山海嘉之氏（筑波大学教授）が *The future society with robot suit HAL®* と題して基調講演がありました。

その後、各国大臣および代表からのスピーチ、ハイスクールサミット提言書提出があり、パネルディスカッション「テーマ：国際的に開かれた研究組織が科学技術にブレークスルーをもたらす～次世代の科学技術を担う若者に向けて～」が開催されました。各パネラーからは若い世代に、広い視点を持つために積極的に世界に出ていく気概を持つこと、ユニークであることの重要性が指摘されました。

- モデレータ 原山優子：総合科学技術・イノベーション会議議員
- パネリスト 小谷元子：総合科学技術・イノベーション会議議員
- パネリスト 村山斉：東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構長・教授
- パネリスト 柳沢正史：筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構長・教授
- パネリスト 伊丹健一郎：名古屋大トランスフォーメティブ生命分子研究所拠点長・教授
- パネリスト ジョナサン・ドーファン：沖縄科学技術大学院大学学長

研究機関などへのエクスカーション・ツアー

つくばの公的研究機関などをG7各国大臣等および

EUの担当委員、メディアに紹介するエクスカーション、ツアーなども16、17日に行われました。

5月16日		5月17日
エクスカーション	メディア向けツアー	オブショナル・エクスカーション
産業技術総合研究所 物質・材料研究機構 日本自動車研究所	JAXA 筑波宇宙センター 竹園東小学校 フジキン(株)つくば先端事業所	CYBERDYNE 高エネルギー加速器研究機構



写真は物質・材料研究機構でのエクスカーションで「原子スイッチ」に関する研究成果について説明しているものです。

つくばコミュニケ

G7大臣会合での締めくくりとしてつくばコミュニケが発表されました。「社会や経済の発展および保健・エネルギー・農業・環境などの地球規模課題の解決に向けて、科学技術イノベーション（STI）の果たすべき役割が不可欠」であり、「STIが持続可能でかつ包摂的な社会開発に貢献すべきである」とし、インクルーシブ・イノベーション（経済成長と格差のない社会的平等の両立を目指すイノベーション：詳しくは内閣府つくばコミュニケ（日本語訳、仮訳*）を参照）とオープンサイエンスを分野横断的課題と位置づけ、個別課題（グローバルヘルス、女性の参画拡大と次世代の科学技術イノベーション人材育成、海洋の未来、クリーンエネルギー）を解決していくとしたつくばコミュニケが発表され、G7大臣会合は閉幕しました。

本記事を執筆するにあたり、資料提供をいただきました茨城県国際課、科学技術振興課、写真提供をいただきました物質・材料研究機構に厚く御礼申し上げます。

*http://www8.cao.go.jp/cstp/kokusaiteki/g7_2016/20160517communique_jp.pdf (伊ヶ崎記)

賛助会員企業訪問記 — 抜粋 (12) —

<http://www.science-academy.jp/>

株式会社つくば山水亭

つくば山水亭はつくば国際会議場のレストラン「エスポワール」と同じサンスイグループに属しています。つくばサイエンス・アカデミー (SAT) 最大の行事テクノロジーショーケース、つくばスタイル交流会などはエスポワールにお世話になっています。この意味で私たちの事業を直接支援いただいています賛助会員です。また、今年5月15～17日に開催のG7科学技術大臣会合ではつくば山水亭は大臣の昼食会場になりました。

小野崎にあるつくば山水亭を訪問したのは5月31日、晴れた一日でした。対応いただきましたのはつくば山水亭などつくば市内で多くの事業を展開されていますサンスイグループ代表の東郷治久様、SAT側から訪問いたしましたのはコーディネータの伊ヶ崎です。サンスイグループ全体についてのインタビューになりました。

大正8年(1919年)に水海道で米穀商としてスタート。創業100周年ももう少しです。サンスイグループとしては筑波山温泉“万葉の宿”「つくばグランドホテル」(前身は筑波山ホテル山水荘)が最初の事業です。1985年の科学万博を契機に筑波の地で事業を新展開、つくば山水亭もその頃(1987年)からの経営になります。それ以降、筑波山麓につくばわんわんランド、老犬介護ホーム「ひまわり」、ペット霊園「紫峰苑」、動物病院「つくば獣医診療センター」を立ち上げるとともに、つくば文化学園「つくば国際ペット専門学校」など教育事業にも進出、今日に至っているということでした。

枯山水の美しい日本庭園のあるつくば山水亭、エスポワールにはSAT活動へのご支援を今後ともお願い致します。とともにサンスイグループの益々のご発展を祈念いたします。

インタビューの詳細は <http://www.science-academy.jp/visit/0045.html> をご覧ください。



東郷治久サンスイグループ代表

(株)つくば山水亭のHP <http://www.sansuitei.jp/>

株式会社Scientific Language

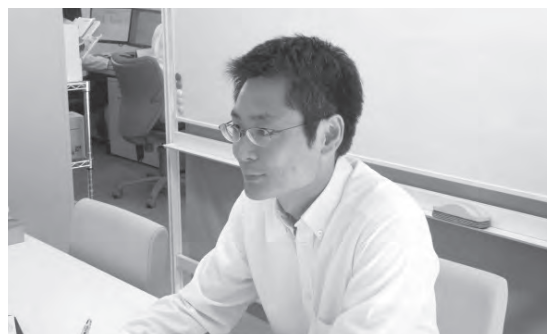
G7科学技術大臣会合がつくば国際会議場で5月15日～17日まで開催され、その興奮が冷めやらぬ5月18日、文字通り五月晴れの日の午後、賛助会員である(株)Scientific Language社を訪問しました。と言いましても国際会議場とは目と鼻の先の距離にあります。科学技術分野の文献などの翻訳や国際会議などの通訳派遣などを業務としている会社です。事務所に入っただけで、今年7月7日開催のSATフォーラム「山中伸弥講演会」のポスターが目に入りました。対応いただきましたのは代表取締役の高岡和彦様、SATからはコーディネータの伊ヶ崎が伺いました。

賛助会員訪問前でのメールやりとりで、大変レスポンスが良い高岡様でしたので、好印象を持って訪問しました。2007年9月に前身の会社から分社・独立して(株)Scientific Languageを設立されたそうです。ことばを大切にされる方でした。前職で5年間海外駐在員として日本本社とベルギー法人の間に立って調整を行うという立場になった経験から来ているのでしょうか。「物事を正確に伝えることの難しさや、同じ事柄でも伝え方によって受け取る側の対応がまったく違ってくる」ということを実感されたそうです。

ことばに関するトータルサービスを提供することを掲げ、「翻訳、通訳、英文校閲、テープ起こし」の4つを全て行う業者は茨城、つくばでは一社だけとのこと、社員10人の会社で、科学・技術分野の発展を支えている1法人と思えました。お客様からの発注を受けて、社員であるコーディネータが実作業を担当するワーカー(翻訳者、通訳者など)との間にたって仕事を進めます。ネットの時代に相応しくワーカーは海外を含め全国にいらっしやるということでした。

将来的な展開の話では、お客様の語学力が向上し、要求レベルが高くなっていることへの対応、自動翻訳などAIの話題にも話が広がりました。今後いろいろな分野でAIの影響が出てきそうです。AIの成果に人間の付加価値をプラスする展開を期待したいと思い、社を後にしました。

インタビューの詳細は <http://www.science-academy.jp/visit/0044.html> をご覧ください。



高岡和彦代表取締役

(株)Scientific LanguageのHP:<http://www.scientific-language.co.jp/>

SAT活動報告

● 第3回 SATサイエンスカフェ「都市鉱山の課題と将来ビジョン」開催報告

平成28年3月24(木)の夕刻(17:30～19:30)、第3回サイエンスカフェがつくば国際会議場1階のレストラン「エスポワール」で開催されました。今回は産業技術総合研究所の大木達也氏から「都市鉱山の課題と将来ビジョン」という演題で、国内に潜在する廃電子機器などのいわゆる「都市鉱山」を開発・利用する場合の技術的問題点と産総研における取組みなどが紹介され、その後、話題提供者と参加者の間で活発な議論が行われました。参加者は22名で、企業関係者の参加が少なく、主に研究所や団体の関係者が中心でした。

● 平成28年度総会報告

つくばサイエンス・アカデミーの総会が、平成28年6月15日(水)つくば国際会議場で開催されました。江崎会長ご挨拶の後、平成27年度事業報告、決算報告、平成28年度事業計画、収支予算案、運営規程の改正などについて議案提案され、全ての議案について全会一致で承認されました。

ここでは、運営規程の主な改正内容についてご報告させていただきます。

1 年会費の見直し

一般会員 5,000円→3,000円
学生会員 3,000円→2,000円
特別会員 10,000円→3,000円

施行日は平成28年6月15日で、平成28年6月15日以降の入会者に適用されます。なお、既に会員になられている皆様につきましては、平成29年度から適用されます。

2 特別会員にかかる規程の見直し

[改正後]

各研究分野において顕著な研究成果を収めた者、顕著な業績により顕彰された者または各分野において指導的立場にある者で、各研究機関等の長または運営会議委員から推薦があり、本会の会員とすることが本会の発展に資するものとして、運営会議で承認された者。

[改正前]

第2条の趣旨に賛同する個人等であって、本会の会員とすることが本会の発展に資するものとして、会長が推薦し運営会議が承認するものとする。

※改正後の運営規程につきましては、39ページに掲載してありますので、ご覧願います。

3 改正の理由

アカデミーの会員(個人会員)については、設立当初500名弱を擁しておりましたが、近年減少傾向にあることから、平成28年2月に「会員の加入促進に関する委員会(委員長:久野美和子)」を設置し、会員の効果的な加入促進のあり方について検討を進めてきました。

その結果、会員としてのベネフィットを受けられるようにするなど、なお一層の魅力向上に努めるほか、退会者の抑制と新規入会者促進のため、会費の引き下げを行うこととしました。

また、特別会員については、本会及び会員をサポートする立場にある研究者等と位置づけ、顕著な研究成果を収めた方や指導的立場にある方について、各研究機関等の長または運営会議委員の皆様積極的にご推薦頂き、特別会員の増強を図っていくこととしました。

□事務局からのお願い

皆様のお知り合いで、つくばサイエンス・アカデミーの事業に賛同いただける方がいらっしゃいましたら、是非入会を勧めて下さい。

SATからのお知らせ

● 第11回つくばスタイル交流会開催のお知らせ

サイエンス&アートをテーマに情報発信を続けている「SATつくばスタイル交流会」を開催します。講演後は、三笑亭夢花師匠による落語をお楽しみください。

日時：平成28年11月23日(水・祝) 13:30～

場所：つくば国際会議場 中ホール 300

講演：教科書神話の賞味期限-正解のない生物学の世界は楽しい-

筑波大学 名誉教授 林 純一氏

たとえば生物とは何か。ゲノムとは何か。遺伝子とは何か。「教科書は無条件に正しい」という前提に甘えて、生物の教科書はこれらの根

源的なキーワードに安易な定義を与えたまま放置している。これでは好奇心に満ちた若い人たちのイノベーション能力の芽を早々に摘んでしまう。教科書神話が正しいのは大学入試まで。高校を卒業したらできるだけ早く教科書の洗脳から脱却し、己の力で答えを探そう。講演ではこれらの問いに対する答えの探し方と答えを探す楽しさを提供します。

落語：三笑亭夢花師匠

参加費：500円(会員、会員の家族及び学生は無料/賛助会員は1口5名まで無料)

茶話会：500円

参加申込：アカデミーのHPから

(一財)茨城県科学技術振興財団 つくばサイエンス・アカデミー運営規程**(名称)**

- 第1条 本会は、(一財)茨城県科学技術振興財団つくばサイエンス・アカデミーと称する。
- 2 本会の英語表記は、Science Academy of Tsukuba (略称：SAT) とする。

(目的)

- 第2条 本会は、研究者相互の交流を促進することを通じて科学の振興に資するとともに、研究成果を産業や国民生活に反映することを目的とする。

(事業)

- 第3条 本会は第2条の目的を達成するため、次の事業を行う。
- (1) 科学技術の発展に資するための、様々な分野の研究者の内外の交流促進
- (2) 科学に対する社会の関心を増進させるための啓発活動
- (3) 科学を産業に活かすための企業との交流
- (4) その他前条の目的を達成するために必要な事業

(会員)

- 第4条 本会は、次に掲げる会員をもって組織する。
- (1) 一般会員 第2条の趣旨に賛同し、本会に加入を希望する研究者等の個人
- (2) 賛助会員 第2条の趣旨に賛同し、本会に加入を希望する企業その他の団体
- (3) 特別会員 各研究分野において顕著な研究成果を収めた者、顕著な業績により顕彰された者または各分野において指導的立場にある者で、各研究機関等の長または運営会議委員から推薦があり、本会の会員とすることが本会の発展に資するものとして、運営会議で承認された者
- (4) 名誉会員 科学技術の発展に著しい功績を有するものであって、本会の会員とすることが本会の発展に資するものとして、会長が推薦し総会で承認された者

(会費)

- 第5条 本会を運営する費用をまかなうため、会員は会費を拠出することとし、会費の金額は会員の区別に応じ、次の各号に定めるとおりとする。
- (1) 一般会員 3,000円 ただし学生は2,000円
- (2) 賛助会員 1口50,000円(複数口の入会を認めるものとする。)
- (3) 特別会員 3,000円

(役員)

- 第6条 本会に次の役員を置く。
- (1) 会長 1名
- (2) 副会長 2名
- (3) 運営会議委員(会長及び副会長を含む。) 40名以内
- 2 役員は、会員の中から総会において互選により選任する。
- 3 会長及び副会長は役員の内互選により定める。

(役員職務)

- 第7条 会長は、本会を代表し、本会の事務を統括する。
- 2 副会長は、会長を補佐し、会長に事故あるとき又は欠けたときはその職務を代行する。
- 3 運営会議委員は、運営会議を構成し、本会の事務の執行を決定する。

(役員任期)

- 第8条 役員の内任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。
- 2 補欠又は増員により選任された役員の内任期は、前任者又は現任者の残存期間とする。
- 3 役員は、任期満了後も、後任者が就任するまではその職務を行う。

(アドバイザー)

- 第9条 本会にはアドバイザーを置くことができる。
- 2 アドバイザーは運営会議委員の推薦に基づき会長が委嘱する。

(委員会の設置)

- 第10条 本会の目的達成に必要な事項を企画、執行するために、運営会議の決議により本会に所要の委員会を置くことができる。

- 2 委員会には、会員の中から会長が指名する委員を置くものとする。

(会議)

- 第11条 本会の会議は、総会と運営会議とする。
- 2 総会は、すべての会員をもって構成する。
- 3 運営会議は、運営会議委員をもって構成する。
- 4 会議の議長は、会長がこれにあたる。

(会議の招集)

- 第12条 会議は会長が招集する。

(定足数)

- 第13条 会議は、その構成員の過半数の出席がなければ開会することができない。

(議決)

- 第14条 会議の議事は、出席構成員の過半数をもって決し、可否同数の場合は議長の決するところによる。この場合において、議長は、構成員として議決に加わることはできない。
- 2 やむを得ない理由のため、会議に出席できない構成員は、あらかじめ通知された事項について、書面をもって表決し、又は他の構成員を代理人として表決を委任することができる。
- 3 会長は、軽易な事項については書面等により賛否を求め、会議の議決に代えることができる。

(議事録)

- 第15条 会議の議事については、次の事項を記載した議事録を作成しなければならない。
- (1) 会議の日時及び場所
- (2) 会議の構成員の定数及び現在数
- (3) 会議に出席した構成員の数(運営会議にあっては氏名)
- (4) 議決事項
- (5) 議事の経過及び要領並びに発言者の発言要旨
- (6) 議事録署名人の選任に関する事項
- 2 議事録には、議長が指名する議事録署名人2人以上が署名押印しなければならない。

(総会の審議事項)

- 第16条 総会は、次に掲げる事項を審議する。
- (1) 役員に関する事項
- (2) 規程の改廃に関する事項
- (3) 事業計画、予算、事業報告、決算に関する事項
- (4) 会費に関する事項
- (5) 本会の解散に関する事項
- (6) その他本会の運営に関する重要な事項

(運営会議の議決事項)

- 第17条 運営会議は、総会で審議された事項を踏まえ、次に掲げる事項を審議、決定する。
- (1) 一般財団法人茨城県科学技術振興財団理事会(以下「理事会」という。)の議決した事項の執行に関する事項
- (2) 理事会に付議すべき事項
- (3) 委員会の設置に関する事項
- (4) 理事会の議決を要しない業務の執行に関する事項

(会計)

- 第19条 本会の経費は、会費及びその他の事業収入をもって充てる。
- 2 本会が実施するサロン等の事業については、その内容に応じて実費相当分を参加者から徴収できるものとする。
- 3 本会の会計年度は、毎年4月1日から翌年3月31日までとする。

(委任)

- 第19条 この規程に定めるもののほか、必要な事項は、運営会議の議決を経て、会長が別に定める。

付 則

- この規程は、平成21年4月1日から施行する。
- この規程は、平成26年4月1日から施行する。
- この規程は、平成28年6月15日から施行する。

つくばサイエンス・アカデミー役員

平成28年6月15日現在

◆会長

江崎玲於奈 一般財団法人茨城県科学技術振興財団理事長・つくば国際会議場館長

◆副会長

村上 和雄 公益財団法人国際科学振興財団理事／筑波大学名誉教授
岡田 雅年 国立研究開発法人物質・材料研究機構名誉顧問

◆運営会議委員

青木 雅博 株式会社日立製作所材料イノベーションセンタ長
 石田 瑞穂 国立研究開発法人産業技術総合研究所客員研究員
 市原 健一 つくば市長
 井邊 時雄 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構理事長
 魚本 健人 国立研究開発法人土木研究所理事長
 餌取 章男 科学ジャーナリスト
 太田 敏子 筑波大学名誉教授
 岡田 安弘 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構理事
 鬼澤 邦夫 株式会社常陽銀行取締役会長
 小幡 裕一 国立研究開発法人理化学研究所バイオリソースセンター長
 貝沼 圭二 公益社団法人大日本農会理事
 金山 敏彦 国立研究開発法人産業技術総合研究所副理事長兼つくばセンター長
 木阪 崇司 公益財団法人つくば科学万博記念財団相談役
 岸 輝雄 新構造材料技術研究組合理事長／東京大学名誉教授
 久野美和子 電気通信大学客員教授／内閣府地域活性化伝道師
 小玉喜三郎 国立研究開発法人産業技術総合研究所特別顧問
 後藤 勝年 筑波大学名誉教授
 住 明正 国立研究開発法人国立環境研究所理事長
 関 正夫 関商事株式会社代表取締役会長
 一般社団法人茨城県経営者協会名誉会長
 中鉢 良治 国立研究開発法人産業技術総合研究所理事長
 永田 恭介 筑波大学学長
 中村 道治 国立研究開発法人科学技術振興機構顧問
 西村 暹 筑波大学生命科学動物資源センター客員研究員
 沼尻 博 沼尻産業株式会社代表取締役会長
 橋本 和仁 国立研究開発法人物質・材料研究機構理事長
 橋本 昌 茨城県知事
 林 純一 筑波大学名誉教授
 林 春男 国立研究開発法人防災科学技術研究所理事長
 板東 義雄 国立研究開発法人物質・材料研究機構フェロー
 丸山 清明 東京農業大学客員教授
 三村 信男 茨城大学学長
 吉武 博通 筑波大学ビジネスサイエンス系教授
 吉田 茂 一般財団法人茨城県科学技術振興財団専務理事
 和田祐之助 茨城県商工会議所連合会会長／株式会社祐月本店会長
 渡戸 満 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構筑波宇宙センター所長代理

計38名
(五十音順)

つくばサイエンス・アカデミー賛助会員一覧

(五十音順)

- | | | |
|---|--|--|
| <p>あ アステラス製薬株式会社 つくば研究センター
 荒川化学工業株式会社 筑波研究所
 家田化学薬品株式会社 筑波支店
 育良精機株式会社
 株式会社池田理化
 一般社団法人 茨城県経営者協会
 茨城県信用組合
 インテル株式会社
 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター
 株式会社エア・リキード・ラボラトリーズ
 株式会社 S・Labo
 オークラフロンティアホテルつくば</p> <p>か 国立研究開発法人 科学技術振興機構
 カゴメ株式会社 研究開発本部
 株式会社カスミ
 キッコーマン株式会社 研究開発本部
 株式会社クラレ つくば研究センター
 クリタ分析センター株式会社
 株式会社クレフ
 公益財団法人 国際科学振興財団</p> | <p>さ 株式会社 Scientific Language
 株式会社 JTB 関東
 株式会社 常陽銀行
 株式会社 常陽産業研究所
 新日鐵住金株式会社 鹿島製鐵所
 関彰商事株式会社
 株式会社セノン 茨城支社</p> <p>た 大鵬薬品工業株式会社 研究本部(つくばエリア)
 大陽日酸株式会社 つくば研究所
 高橋興業株式会社
 田中貴金属工業株式会社 筑波事業所
 株式会社つくばエッセ
 公益財団法人つくば科学万博記念財団
 一般社団法人つくば観光コンベンション協会
 株式会社 筑波銀行
 株式会社つくば研究支援センター
 つくば国際会議場
 株式会社つくば山水亭
 つくば市
 つくば市商工会
 ツジ電子株式会社
 テスコ株式会社
 東京瓦斯株式会社 つくば支社
 東京化成工業株式会社
 戸田建設株式会社 技術研究所</p> | <p>な 日京テクノス株式会社
 日清製粉株式会社 つくば穀物科学研究所
 株式会社日本触媒 筑波地区研究所
 日本新薬株式会社 東部創薬研究所
 日本ハム株式会社 中央研究所
 日本エクシード株式会社
 日本電気株式会社 筑波研究所
 日本電子株式会社</p> <p>は 浜松ホトニクス株式会社 筑波研究所
 日立化成株式会社 コア技術革新センター
 株式会社日立製作所 日立研究所
 不二製油株式会社 つくば研究開発センター
 国立研究開発法人 物質・材料研究機構
 ペンギンシステム株式会社
 国立研究開発法人 防災科学技術研究所</p> <p>ま 三菱化学株式会社 RD 戦略室 筑波センター
 水戸商工会議所</p> <p>や 公益財団法人 山田科学振興財団</p> <p>ら 理想科学工業株式会社 理想開発センター
 (64 企業・団体)</p> |
|---|--|--|

平成 28 年 9 月 12 日現在

編集委員

- 内山俊朗 / 国立大学法人筑波大学芸術系
- 川添直輝 / 国立研究開発法人物質・材料研究機構
- 五藤大輔 / 国立研究開発法人国立環境研究所
- 迫田登稔 / 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究所
- 角田方衛 / 元科学技術庁金属材料技術研究所
- 田中齋仁 / 株式会社クラレ
- 東口 達 / 日本電気株式会社
- 松崎邦男 / 国立研究開発法人産業技術総合研究所

SAT 編集事務局

- 岡田雅年 / つくばサイエンス・アカデミー副会長
- 丸山清明 / つくばサイエンス・アカデミー総務委員長
- 渋尾 篤 / つくばサイエンス・アカデミー事務局長
- 伊ヶ崎文和 / つくばサイエンス・アカデミーコーディネータ

編集後記

会誌30号の巻頭言は永田恭介筑波大学長に「次の時代の『つくば』のために」と題した寄稿をいただきました。学園都市内の協働が目に見える形になってきたこと、その中で「開かれた大学」を基本理念とし、トランスボーダー化研究教育を推進している高等教育機関としての決意が述べられています。

2016年4月1日に農研機構は農業生物資源研究所、農業環境技術研究所および種苗管理センターと統合して一つの国立研究開発法人となりました。その組織改編について農研機構 齋藤薫氏に紹介いただきました。

特集「防災・減災の科学・技術」は、昨年常総市鬼怒川水害や熊本での震度7の地震など自然災害に関連し、つくばの研究機関で展開されている防災・減災に関する多彩な研究活動を水害に関連する研究を中心に地震、火山活動監視などを含めて紹介したものです。今後研究機関間の連携によるさらなる成果を期待します。

SATフォーラム報告として、2012年ノーベル生理学・医学賞受賞の山中伸弥教授をお迎えしての講演内容を掲載しました。満員の聴衆を魅了した講演を誌面でお楽しみください。今年も角田編集委員にまとめていただきました。

つくば賞その後-7では「カーボンナノチューブの発見」者の名城大学飯島澄男終身教授に執筆いただきました。現在でも高いCitationとのこと。高分解能電子顕微鏡を用いて結晶材料を調べる研究に従事し、多層および単層カーボンナノチューブ(CNT)発見に至った経緯は興味深いものです。

研究室レポートでは理想科学工業(株)の小川博之氏、江崎直史氏にインクジェット用油性顔料インキの開発に関し、『世界に類のないもの』を作り出した挑戦を紹介いただきました。

科学の散歩道では農研機構の冨田秀一郎氏に遺伝子組換えカイコの開発について、その開発前夜から実用化への技術的ハードルについて記述いただきました。科学を社会実装する苦勞を垣間見ることができました。

賛助会員訪問記は(株)Scientific Language、(株)つくば山水亭です。会員企業訪問にあたりまして、両社にお世話になりました。御礼申し上げます。

SATのさらなる活性化について議論された総会の報告およびSAT規程の改訂がSAT活動報告・資料に収められています。是非一読を。
 (伊ヶ崎記)

- 表2 ○ **巻頭言**
次の時代の「つくば」のために
筑波大学長 永田 恭介
- 2 ○ **我が国の地域と社会の持続的発展に対するさらなる貢献のために**
(2016年4月 農研機構組織改編の概要)
農業・食品産業技術総合研究機構 連携広報部 広報課長 齋藤 薫
- 4 ○ **特集 防災・減災の科学・技術**
竜巻・ゲリラ豪雨の予兆を捉える革新的観測器－ KUMODeS (クモデス)
高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 素粒子原子核研究所 准教授 田島 治
気象災害軽減のための監視・予測技術の高度化に関する研究
気象研究所 研究総務官 斉藤 和雄
「平成27年9月関東・東北豪雨」 鬼怒川の決壊をもたらした豪雨のしくみ
気象研究所 予報研究部第三研究室 研究官 津口 裕茂
「大型降雨実験施設を活用した予防力の向上」
防災科学技術研究所 主任研究員 石澤 友浩
情報共有・利活用に基づく災害対応－鬼怒川水害を事例に－
防災科学技術研究所 総合防災情報センター長 白田裕一郎
「Dr. ナダレンジャーの自然災害科学実験教室」の考え方
防災科学技術研究所 納口 恭明
「だいち2号」を利用した宇宙からの地震・火山での地殻変動の把握
国土交通省 国土地理院 測地部宇宙測地課 地球変動観測係長 三浦 優司
2016年熊本地震と活断層から地震防災を考える
産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 部門長 桑原 保人
- 20 ○ **SAT フォーラム 2016 報告**
2012年ノーベル生理学・医学賞を受賞した山中伸弥教授を迎えて
- 30 ○ **つくば賞その後-7 「カーボンナノチューブの発見」**
名城大学大学院 理工学研究科 終身教授 飯島 澄男
- 32 ○ **研究室レポート 「インクジェット用油性顔料インクの開発と精密合成技術」**
理想科学工業株式会社 開発本部 R&Iセンター 次長 小川 博之
江崎 直史
- 34 ○ **科学の散歩道 「遺伝子組換えカイコの開発とその応用研究」**
農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門 新産業開拓研究領域 新特性シルク開発ユニット長 富田秀一郎
- 36 ○ **G7 茨城・つくば科学技術大臣会合開催**
- 37 ○ **賛助会員訪問記** 株式会社つくば山水亭
株式会社 Scientific Language
- 38 ○ **SAT 活動報告・お知らせ** 第3回 SAT サイエンスカフェ 平成28年度総会報告
第11回つくばスタイル交流会開催のお知らせ
- 39 ○ **SAT 資料** 運営規程 / 役員一覧 / 賛助会員一覧 編集後記

SAT Science Academy of Tsukuba
つくばサイエンス・アカデミー®
発行：(一財)茨城県科学技術振興財団つくばサイエンス・アカデミー

事務局

<http://www.science-academy.jp/>

■ (一財)茨城県科学技術振興財団つくばサイエンス・アカデミー

つくば市竹園2-20-3 つくば国際会議場内 〒305-0032

TEL:029-861-1206 FAX:029-861-1209 Email:academy@epochal.or.jp

発行日：2016年9月30日

発行人：江崎玲於奈

編集人：内山俊朗 川添直輝 五藤大輔 迫田登稔

角田方衛 田中齋仁 東口 達 松崎邦男

岡田雅年 丸山清明 波尾 篤 伊ヶ崎文和