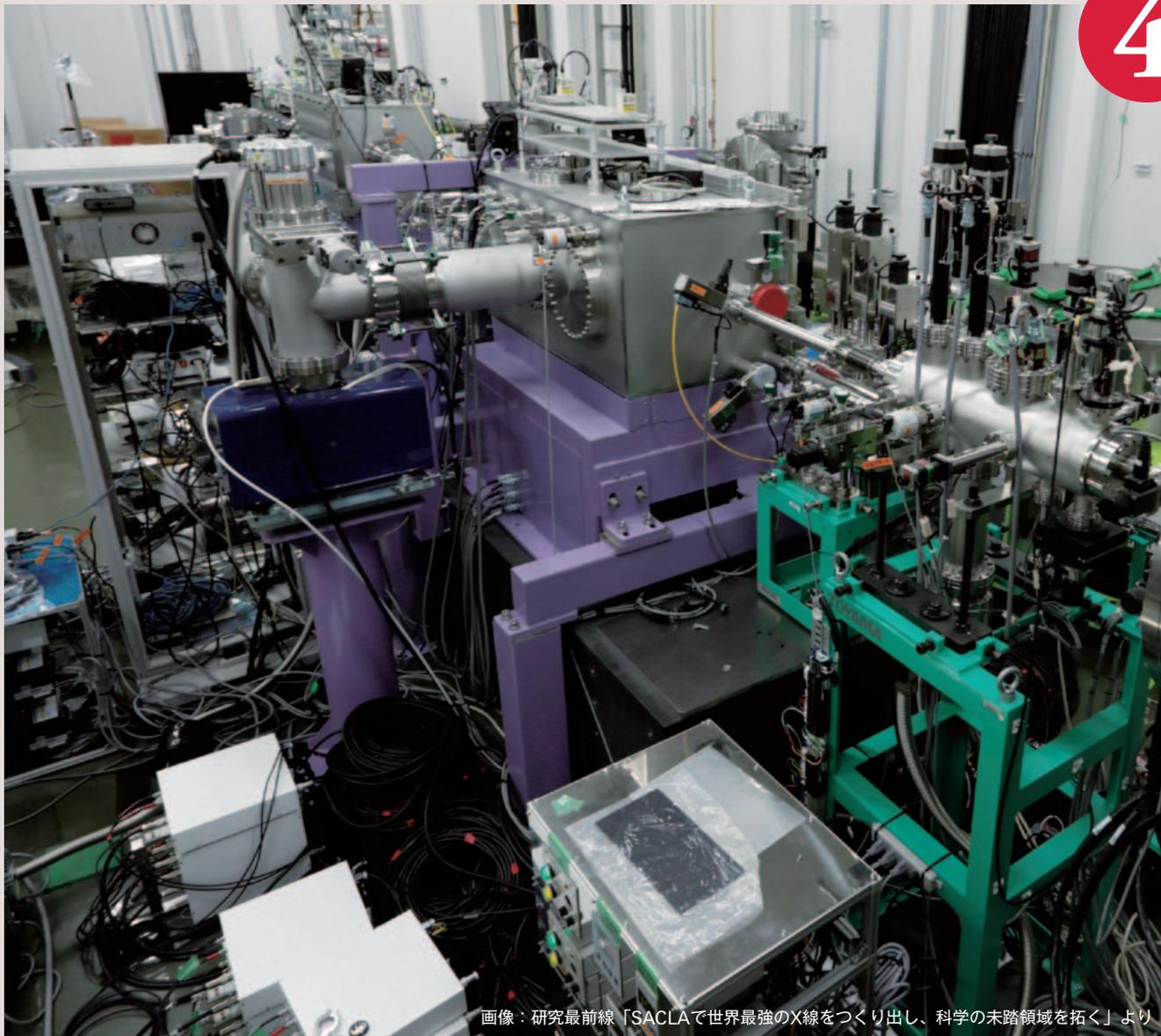


RIKEN NEWS

No.406 April 2015

4



画像：研究最前線「SACLAで世界最強のX線をつくり出し、科学の未踏領域を拓く」より

研究最前線 ②

二つの使命：細胞バンク事業と新規細胞材料開発

研究最前線 ⑥

SACLAで世界最強のX線をつくり出し、科学の未踏領域を拓く

特集 ⑩

ペットのアレルギー検査に革命

TOPICS ⑬

- ・「BIO tech 2015 第14回 国際バイオテクノロジー展」出展のお知らせ
- ・多細胞システム形成研究センター長に濱田博司氏

記念史料室から ⑭

さらば板橋分所
科学技術史の一翼を担った「板橋分所」をひもとく

原酒 ⑯

風評被害を根絶する検出器

「生命科学の研究で、細胞を使った実験は基本中の基本」と

中村幸夫 室長は言う。細胞材料開発室は、研究に必要な細胞を収集・保存し、培養および厳密な品質管理をした上で提供する細胞バンク事業を担っている。保有する細胞の数は、世界の細胞バンクの中で最も多い。

細胞材料開発室では、その名前の通り、新しい細胞材料の開発も行っている。

最近では、ヒトiPS細胞から赤血球前駆細胞の細胞株の作製に成功。前駆細胞が分化し、生体内で機能する脱核赤血球になることも確かめられ、人工赤血球実現への道を開いた。

細胞バンクの意義、そして直面している課題、さらには感染のリスクがない輸血の実現に向けた取り組みを紹介しよう。

二つの使命： 細胞バンク事業と新規細胞材料開発

■ 生命科学を支える細胞バンク

理研バイオリソースセンター（BRC）の細胞材料開発室には、二つの使命がある。細胞バンク事業と新しい細胞材料の開発だ。

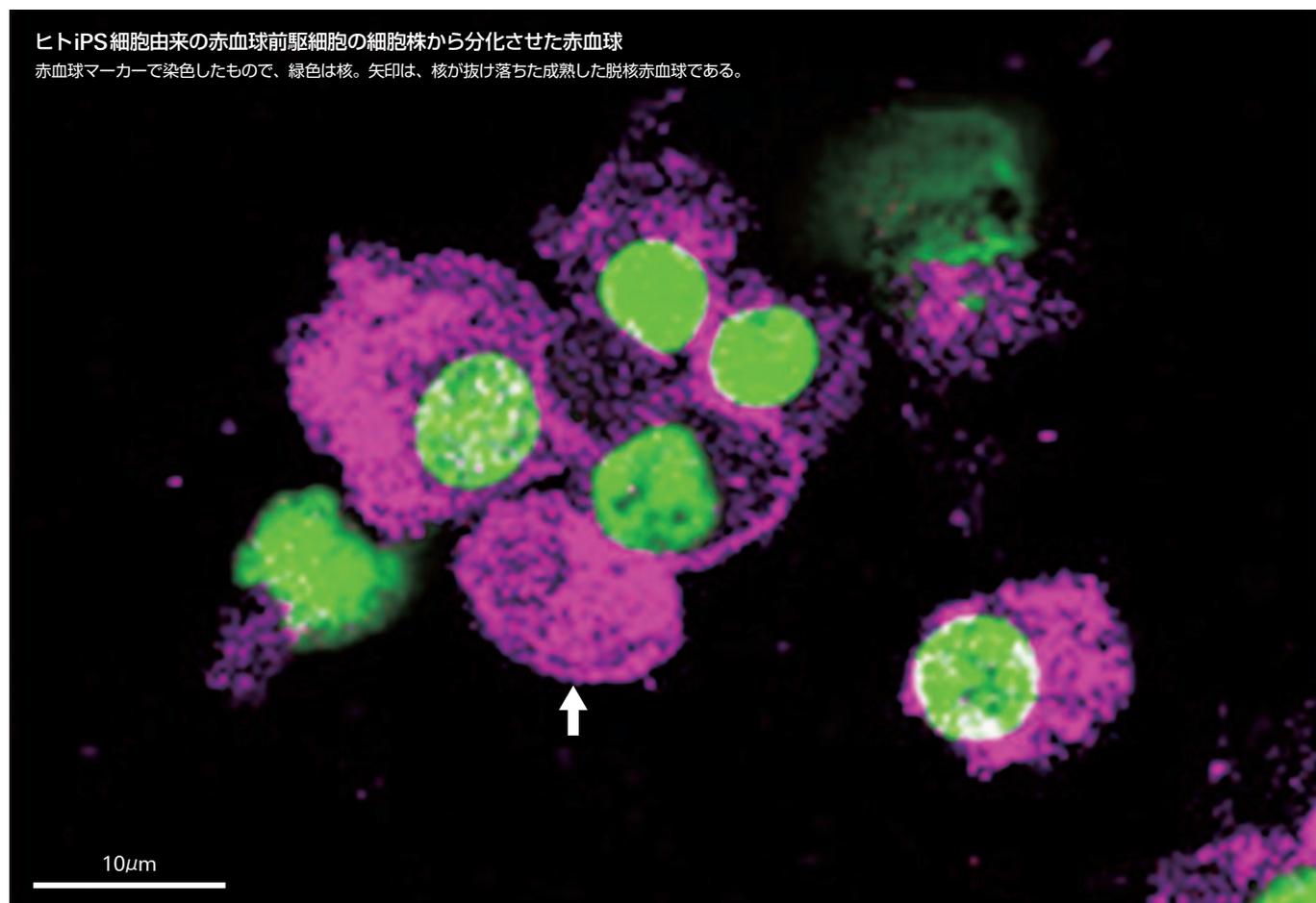
細胞バンク事業から紹介しよう。「細

胞バンクは、生命科学の研究に必要な細胞を収集・保存し、培養して提供するものです」と中村室長は解説する。細胞バンクで扱う細胞は、生物から採取したままではなく、細胞株と呼ばれる特殊なものが多い。ヒトから採取した細胞は

普通、数ヶ月培養していると増えなくなって死んでしまう。ところが、がん細胞は死滅せずに増え続けることがある。あるいは、特定の遺伝子をいくつか導入すると、無限に増え続けるようになる。そのような不死化した細胞が、細胞株

ヒトiPS細胞由来の赤血球前駆細胞の細胞株から分化させた赤血球

赤血球マーカーで染色したもので、緑色は核。矢印は、核が抜け落ちた成熟した脱核赤血球である。



中村幸夫 (なかむら・ゆきお)

バイオリソースセンター
細胞材料開発室
室長

1961年、長野県生まれ。医学博士。新潟大学医学部卒業。信州大学研修医、自治医科大学臨床助手、理研研究員、筑波大学講師、オーストラリアのウォルター・イライザホール医学研究所研究員などを経て、2002年より理研バイオリソースセンターチームリーダー。2003年より現職。

撮影：STUDIO CAC



だ。細胞株は無限に増殖し凍結保存も可能なので、多くの研究者が容易に使えるという利点がある。世界で初めてつくられたヒト由来の細胞株はHeLa細胞と呼ばれている。1951年に子宮頸がんからつくられたもので、現在も多くの研究で使われている。

かつては、使いたい細胞株があれば、それをつくった研究者から譲ってもらっていた。しかし、依頼が多くなると、研究者の負担が増える。また、その研究者が退職などで研究をやめてしまうと、細胞株が失われてしまうこともある。「細胞株の作製はとても難しく、できた細胞株はとても貴重です。細胞バンクには、細胞を配布する研究者の負担を軽減し、貴重な細胞株を守って後世に残すという意義があります。また、実験では複数種類の細胞株を使って再現性を確かめることが必須ですが、細胞株ごとに違う研究者から譲ってもらうのは大変です。細胞バンクがあれば、一括してさまざまな細胞株を入手でき、研究がスムーズに進むという利用者側の利点もあります」

■ 注目が集まる疾患特異的iPS細胞

世界の主要な細胞バンクには、米国のATCC (American Type Culture Collection)、ドイツのDSMZ (German Collection of Microorganisms and Cell Cultures)、英国のECACC (European Collection of Cell Cultures) などがある。その中で細胞材料開発室の特徴は？「保有している細胞数は世界一です。南米を中心とするさまざまな人種・民族約3,500人分の血液試料を収集した『園

田・田島コレクション』や、骨や筋の細胞に分化する間葉系幹細胞など、ほかではあまり扱っていない細胞もあります。そしてiPS細胞(人工多能性幹細胞)も、私たちの大きな特徴です」(図1)

iPS細胞は、皮膚の線維芽細胞など分化を終えている体細胞を採取し、いくつかの遺伝子を入れて培養することで初期化し、さまざまな細胞に分化できるようになったものである。多分化能を維持したまま、無限に増える。京都大学の山中伸弥教授が、2006年にマウスのiPS細胞、2007年にヒトのiPS細胞の作製に世界で初めて成功した。それらのiPS細胞は細胞材料開発室に寄託され、2008年から提供している。提供を開始した年には約400件、その後も年200~300件の依頼がある。依頼の多いHeLa細胞でも年に100件ほどだから、iPS細胞の需要

がいかに高いかが分かるだろう。

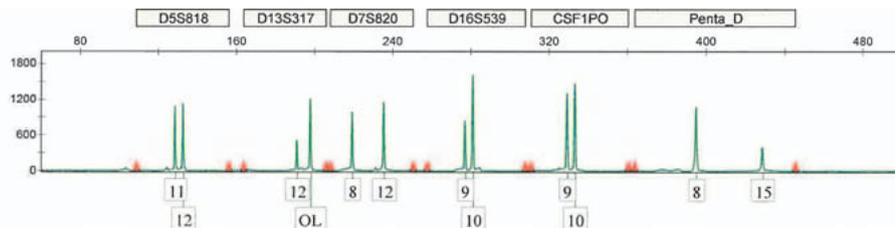
「今後は、iPS細胞の中でも疾患特異的iPS細胞の重要性が増していく」と中村室長は分析している。「疾患特異的iPS細胞とは、さまざまな疾患の患者さんの体細胞からつくったiPS細胞です。疾患の発症メカニズムの解明や、治療薬の開発に役立つと期待されています」

例えば、筋肉が萎縮する神経変性疾患である筋萎縮性側索硬化症(ALS)の患者さんの体細胞からiPS細胞をつくり、神経細胞に分化させる。その神経細胞は、患者さんの体内にある神経細胞と同じ遺伝子を持っている。それを調べることで、疾患の原因や発症機構を解明するとともに、治療効果のある薬剤の候補を見つけることができる。「患者さんから疾患細胞を採取して調べることは、多くの場合、不可能です。疾患特異的iPS

図1 細胞材料開発室で整備し提供している細胞の概要

細胞の種類	特徴
一般細胞株	ヒト細胞はがん細胞株を中心に、線維芽細胞など短期培養細胞も提供。また、マウスとラットを中心にさまざまな動物由来の培養細胞を提供。
マウスES細胞	生殖細胞に分化でき遺伝子が次世代に伝わることを確認できているES細胞、核移植技術によってつくられたES細胞などを提供。
ヒトES細胞	国内唯一の分配専門機関としてヒトES細胞を提供。
マウスiPS細胞	山中伸弥教授のグループによってつくられ、2012年ノーベル生理学・医学賞受賞の対象となったマウスiPS細胞を提供。
ヒトiPS細胞	山中伸弥教授のグループによってつくられ、論文発表された主要なヒトiPS細胞を提供。
ヒト疾患特異的iPS細胞	さまざまな疾患の患者さんの体細胞から作製したiPS細胞を提供。今後ますます急増する細胞材料。
ヒト臍帯血	血液免疫細胞、造血幹細胞などが豊富に含まれ、血液・免疫・血液系感染症・遺伝子治療などのさまざまな分野で有用な細胞材料。
ヒト間葉系幹細胞	骨・軟骨・脂肪などへの分化能を有する幹細胞。再生医療分野での応用が期待される。
園田・田島コレクション	南米を中心としたさまざまな人種・民族に由来するB細胞株のコレクション。

HeLa (子宮頸がん細胞)



Hep G2 (肝臓がん細胞)

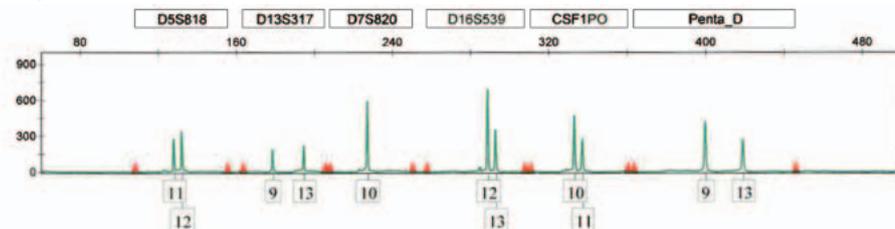


図2 マイクロサテライト (STR) 多型解析

DNAには2~7個程度の短い塩基配列が繰り返し存在している領域がある。STR多型解析では、十数ヶ所の領域について何回繰り返しているかを調べる。繰り返し回数は同一種の生物でも個体ごとに違いがあることから、細胞を識別できる。図では6ヶ所の解析結果を示している。横軸の数字が繰り返し回数。子宮頸がん細胞と肝臓がん細胞では、繰り返し回数が違う。

細胞をその疾患に関わる細胞に分化させることで、試験管の中で病態を再現して調べることが可能になるのです」

細胞材料開発室では、すでに多くの疾患特異的iPS細胞の寄託を受けており、寄託者から同意を得ている約50疾患のiPS細胞の情報を公開し、一部の提供を始めている。また、文部科学省と厚生労働省の共同プロジェクト「疾患特異的iPS細胞を活用した難病研究」が、京都大学を中心に2013年から進行中だ。数百の疾患を対象にiPS細胞をつくり、研究を行う。つくられたiPS細胞はすぐに細胞材料開発室に寄託され、情報を公開、提供を開始することになっている。2015年春から寄託が本格化する。

疾患特異的iPS細胞は海外でも重要視されている。米国のNIH（国立衛生研究所）では2,500人の、英国のサンガー研究所では1,000人以上の疾患特異的iPS細胞を作製するプロジェクトが始まっている。「日本における疾患特異的iPS細胞を用いた研究が世界に後れを取らないよう、多数の寄託、提供に対応できる体制を整えているところです」

■ 誤認細胞を排除する

「細胞バンクで重要なのは、品質管理です。細胞にマイコプラズマが感染していないかどうかを調べることは基本で、すべての細胞を検査しています。そして今、世界中の細胞バンクが力を注いでいるのが、取り違えなどで生じる誤認細胞

の排除です」と中村室長。

例えば、胃がんの細胞株をつくらうとしているときにHeLa細胞が混入して置き換わってしまったのに気が付かず、胃がんの細胞株として細胞バンクに寄託され、そのまま保存・提供されてしまうことがある。あるいは、胃がんの細胞株が間違いなくつくられて細胞バンクに寄託されたが、提供された研究者が培養しているときにHeLa細胞が混入し、置き換わってしまうこともある。誤った細胞を使った実験はまったく意味がなく、研究の時間も費用も無駄になってしまう。

「誤認細胞がまん延していることは以前から分かっていたのですが、調べる良い方法がなく、黙認されていました。それが2000年代に入るとマイクロサテライト (STR) 多型解析によって細胞の識別が可能になったことが分かり、誤認細胞を排除しようという動きが本格化してきたのです」

STR多型解析はもともと、犯罪捜査などで個人識別に使われていた手法である。生物の遺伝情報は4種類の塩基の並びによってDNAに書かれているのだが、DNAには2~7個程度の短い塩基配列が繰り返し存在している領域がある。その繰り返し回数は同一種の生物でも個体ごとに違うため、由来の異なる細胞を識別することができる(図2)。

中村室長は2003年に細胞材料開発室に着任すると、保有しているすべての細胞に対してSTR多型解析を実施。その

結果をデータベースに入れていった。違う種類として登録されている細胞の解析結果が一致した場合、どちらかが誤認細胞である。その細胞の履歴や特性を詳しく調べ、どちらが誤りかを特定する。2年かけて細胞材料開発室のすべての細胞を解析した結果、複数の誤認細胞が見つかった。その情報を公開するとともに、誤っていた細胞は廃棄した。

■ 国際データベースの構築が不可欠

世界の細胞バンクでも同様のことが行われた。しかし中村室長は、「残念ながら、誤認細胞はまだ残っています」と言う。細胞材料は世界中の研究者がやりとりしているため、一つの細胞バンク内で照会しただけでは不十分なのだ。

実際、2014年3月に細胞材料開発室で誤認細胞が新たに見つかった。研究者からの指摘をきっかけに、細胞材料開発室が保有している胃がんの細胞株のSTR多型解析結果とATCCが保有している十二指腸がんの細胞株のSTR多型解析結果を照会したところ、一致したのだ。ATCCの十二指腸がんの細胞株の方が早くつくられていることから、細胞材料開発室の胃がんの細胞株は誤認であるとして廃棄した。

「誤認細胞を完全に排除するためには、生命科学研究に使われている世界中のすべての細胞についてSTR多型解析を行い、そのデータを集めた国際的なデータベースをつくるのが不可欠です」と中村室長は指摘する。「新たに細胞株をつくったらSTR多型解析を行ってデータベースで照会し、既存の細胞

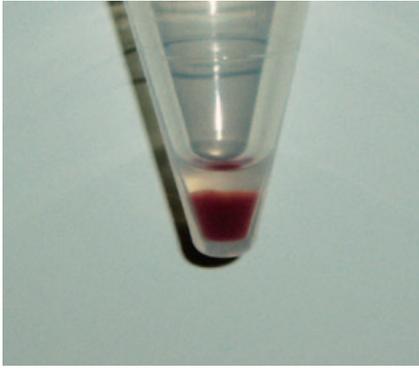


図3 ヒトiPS細胞由来の赤血球前駆細胞の細胞株

赤血球前駆細胞の細胞株は赤血球への分化能を維持したまま、無限に増えることができる。赤血球に分化すると、ヘモグロビンを産生し、赤く変化する。

株が混入したものではない、新規の細胞株であることを確認する。また既存の細胞株を使う場合もSTR多型解析を行ってデータベースで照会し、正しい細胞であることを確かめる。それをしなければ論文を発表できないというくらい厳格な対応が、誤認細胞の排除には必要です」

■ 二つ目の使命、新規細胞材料開発

細胞材料開発室では、自らも新しい細胞材料を開発している。「血液内科の臨床医だったこともあり、血液細胞に興味があります。現在は、ヒトのiPS細胞などから赤血球に分化する直前の赤血球前駆細胞の細胞株をつくっています」

中村室長は、まずマウスES細胞（胚性幹細胞）を分化させて赤血球前駆細胞の細胞株をつくることに成功。それは無限に増殖し、また赤血球に分化する。分化した赤血球の一部は、細胞核が抜け落ち、体内で機能する脱核赤血球になることも確認できた。2008年のことだ。

「マウスES細胞で成功したので、早速ヒトES細胞で同じようにやってみたのですが、赤血球前駆細胞の細胞株はできませんでした」と中村室長。最初にマウスの細胞を使ったのは、ヒトの細胞より不死化しやすいからだ。それでも、マウスES細胞8株を使って合計63回実験し、できた赤血球前駆細胞の細胞株はわずか3株だった。ヒトES細胞の場合、少なく見積もってもその2倍は必要だろう。しかし当時、使うことができるヒトES細胞は3株しかなかった。「諦めかけていたとき、山中先生がヒトのiPS細胞の作

製に成功したというニュースが飛び込んできたのです。iPS細胞は、発生初期の胚の一部を取り出してつくるES細胞より倫理的な問題が少なく、さまざまな種類のiPS細胞をつくることができます。意気揚々とヒトiPS細胞を使った実験を開始しました」。ところが、3年たっても赤血球前駆細胞の細胞株はできなかった。

■ ヒトの赤血球前駆細胞の細胞株をつくった

本当に諦めなければいけないと思い始めたある日、実験の中心を担っていた栗田良 研究員（現・日本赤十字社中央血液研究所）が中村室長の部屋に飛び込んできた。「ヒト造血幹細胞から赤血球系の細胞株をつくったという論文が出ています」と。「正直、先を越されたと思いましたね」と中村室長は振り返る。「しかし論文を読んでも、赤血球系の細胞株はできたが、赤血球への分化能はないとありました」

その論文を発表した米国のグループは、ヒト造血幹細胞にヒトパピローウイルス由来のE6とE7（HPV-E6/E7）という遺伝子を導入していた。「その遺伝子は細胞分裂を促進する働きがあるため、細胞株ができたのでしょうか。しかし、細胞が分化するには細胞分裂を止める必要があります。HPV-E6/E7が発現し続けているから分化できないのではないかと考えました。そこで、テトラサイクリンという物質を使ってHPV-E6/E7の発現をオン・オフできるシステムを利用し、実験してみました」。HPV-E6/E7を発現させておくと、ヒトiPS細胞から

赤血球前駆細胞の細胞株ができた。そしてHPV-E6/E7の発現を止めると、赤血球に分化し、脱核も起きた（タイトル図、図3）。こうして2013年、念願のヒト赤血球前駆細胞の細胞株作製に成功した。しかし脱核効率は10～30%と低い。70%くらいまで上げることが、今後の課題だ。

■ 感染リスクのない赤血球をつくる

中村室長はなぜ、iPS細胞から赤血球前駆細胞の細胞株をつくらうとしているのだろうか。「不特定多数の献血に依存している限り、輸血や血液製剤によるHIVやB型・C型肝炎ウイルスなど感染のリスクはゼロにはなりません。iPS細胞などから赤血球前駆細胞の細胞株をつくることで、感染のリスクがない赤血球を、必要なときに素早く供給できるようにしたいのです」

まず、O型RhDマイナス型の赤血球の作製を目指す。この型は、ほぼすべての人に輸血可能だからだ。しかし、Rh-null（アールエイチナル）や-D-（バーディーバー）という特殊な赤血球型の場合、抗体ができてしまうためO型RhDマイナス型の赤血球は1回しか輸血できない。そこで、Rh-nullや-D-の人の血液からiPS細胞をつくり、赤血球前駆細胞の細胞株をつくることも計画している。

「人工赤血球は必ず実用化できると確信しています」と中村室長。「将来、少子高齢化が進むことで、輸血用の血液は必ず不足します。その不足を補うことができれば大きな貢献となるでしょう」

（取材・執筆：鈴木志乃/フotonクリエイト）

大型放射光施設SPring-8は、太陽の100億倍も明るい光を生成する。2012年3月に供用を開始したX線自由電子レーザー（XFEL）施設SACLAが生み出す光はSPring-8よりさらに10億倍も明るい。それは、人類が21世紀になって初めて手にした“夢の光”である。放射光科学総合研究センター（RSC）ビームライン研究開発グループの矢橋牧名グループディレクター（GD）たちは、SACLAの性能を極限まで引き出しながら、化学反応の過程を原子スケールで見ると、これまで不可能だった観測を可能にするためのさまざまな研究開発を行っている。さらに、SACLAのX線レーザーを集光して世界最強のX線をつくり出し、未知の物理現象の探索も始めている。

SACLAで世界最強のX線をつくり出し、科学の未踏領域を拓く

■ 夢の光が発振

SACLAが放つX線レーザーの波長は、原子の直径約0.1nm（1nm = 10億

分の1m）と同程度である。このようなXFEL施設は現在、世界を見渡してもSACLAと米国のLCLS（Linac Coherent

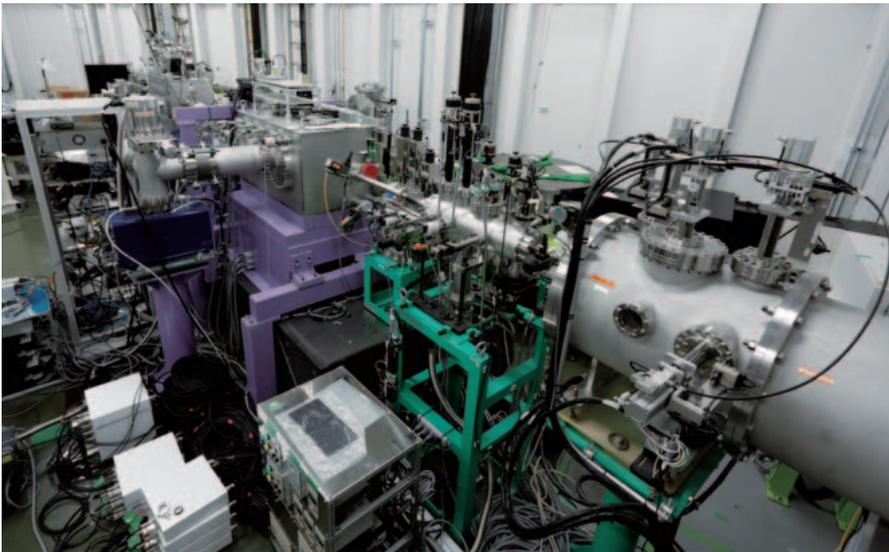
Light Source）の2ヶ所しかない。国内外から高い注目を集めているSACLAは、利用者のうち海外の研究グループが約25%を占める。「競争相手のLCLSの研究者も、わざわざSACLAに実験に来るほどです」と矢橋GDは紹介する。

XFELでは電子ビームを光速近くまで加速し、磁場で蛇行させることにより波長の短いレーザーを発振させる。XFELのX線レーザーには、三つの重要な特徴がある。SPring-8の10億倍という明るさ、光の波の山と山、谷と谷がそろっていること（コヒーレントな光）、発光時間が10フェムト秒（100兆分の1 = 10^{-14} 秒）以下と極めて短いパルスであることだ。

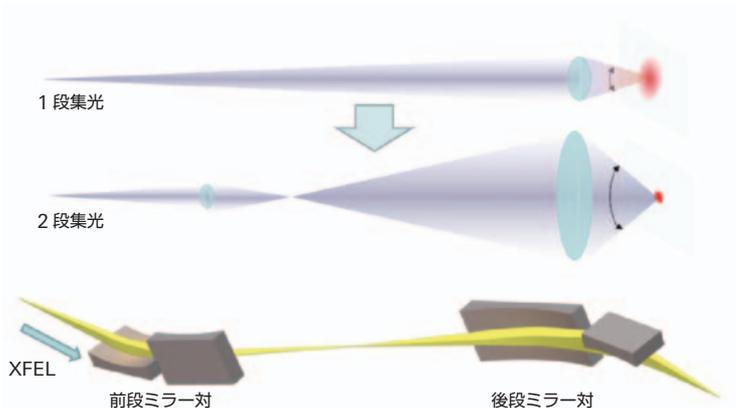
「LCLSの全長は約4kmであるのに対して、SACLAは700mとコンパクトな施設です。それにもかかわらず、SACLAのX線レーザーは、0.06nmという世界最短波長を達成しています。これは、LCLS（0.12nm）の約半分という短さです。さらに、SACLAのX線レーザーは安定性に優れていると高い評価を受けています」

世界最強のX線を生み出した2段集光システム

撮影：奥野竹男



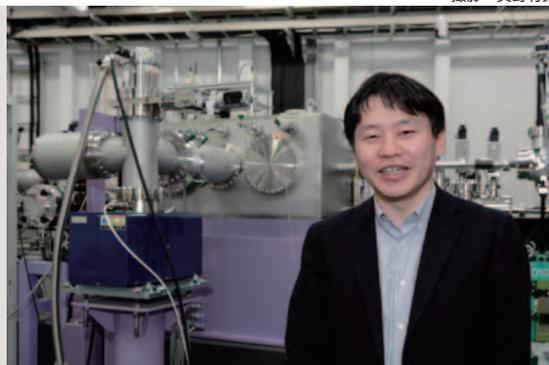
紫色の架台上に設置された真空チャンバー内に後段ミラー対が収納されている。X線レーザーは画面右下から左上へと走る。後段ミラー対のすぐ奥（画面左上）に試料を設置して観測する装置がある。



2段集光システムの原理。ビームを前段ミラー対で広げることにより、後段ミラー対で細く絞り込むことができる。

■ 壊れる前を見る

SACLAは400社を超える日本のメーカーの高い技術力を結集して完成した。SACLAによって、どのような観測が可能になったのか。「最も重要な点は、原

矢橋牧名 (やばし・まきな)放射光科学総合研究センター
ビームライン研究開発グループ
グループディレクター1971年、岐阜県生まれ。博士（工学）。
東京大学大学院工学系研究科博士課程中
退。(財)高輝度光科学研究センター 研究
員を経て、2007年、理研X線自由電子レー
ザー計画推進本部 研究員。同本部ビー
ムライン建設チーム チームリーダーを経
て、2011年より現職。

子の動きが“止まった”状態の観測ができるようになったことです」

これまで、X線は、さまざまな物質中で原子がどのように並んでいるかという立体構造を観測するための測定手段として、広く活用されてきた。代表例が、タンパク質の結晶構造解析であり、それを用いた研究成果が多数のノーベル賞の対象ともなってきた。

ただし、試料にX線を照射し続けると試料中で化学反応が起き、構造が変わってしまう場合があることが知られていた。それは「放射線損傷」と呼ばれ、X線を使う測定手法の大きな問題点といわれてきた。

「極めて明るくコヒーレントなSACLAのX線レーザーならば、1発のX線パルス、すなわち数フェムト秒の露光時間で細かいところまで観測することができます。数フェムト秒という短い時間では、原子は動くことができず、構造も変わりません。つまり、放射線損傷の問題を回避することができるのです」

2011年、光エネルギーにより水を分解して酸素をつくり出す光化学系II（PS II）というタンパク質の構造を、岡山大学の沈建仁教授たちはSPRING-8を使って解析することに成功。米国の科学雑誌『Science』は、それを2011年の科学10大成果の一つに選んだ。

ただし、その解析された構造は、放射線損傷の影響を受けている可能性があった。そこで沈教授は、理研RSCの吾郷日出夫 専任研究員たちと、SACLAで「無損傷」の構造解析を行うことを提案。それがSACLAの供用開始第1号の

実験に選ばれた（『理研ニュース』2014年9月号「研究最前線」参照）。そして2014年11月、ついに沈教授たちは、SACLAによって解析した無損傷のPS IIの構造を発表した。

■ 測定してから順番に並べる

沈教授たちが解析に成功したPS IIの構造は、光が当たる前の状態だ。PS IIが光エネルギーを使って水を分解するメカニズムを解明するには、光が当たった後の短時間で起きる反応過程を観測することが望まれる。しかし、ごく短時間に起きる化学反応の過程を原子スケールで観測することはこれまで不可能だった。

SACLAの数フェムト秒のパルスを送るロボ光のように使うことで、化学反応の過程での構造や電子状態の変化を、こま送り動画のように観測することが可能になる。ただし強力なSACLAのX線レーザーパルスを当てると試料は壊れてしまうので、さまざまな反応段階にある多数の試料を観測し、それらを並べて動画にする必要がある。

反応過程を測定するためには、赤外線～紫外線領域のフェムト秒光学レーザーを「ポンプ光」として物質に当てて状態を変化させ、その後の反応過程をSACLAのX線フェムト秒レーザーを「プローブ光」として少しずつ時間をずらしながら当てて観測する、「ポンプ・プローブ計測法」が有効である。

しかし、ポンプ光の光学レーザーとプローブ光のX線レーザーを当てる時間間隔をフェムト秒レベルで制御すること

は、現在の先端技術でも難しい。「そこで私たちは、ポンプ光を当ててからどれだけの時間間隔でX線レーザーが当たったかを、正確に測定する技術を開発しました。それにより、後から順番にこまを並べ替えて反応過程の動画をつくることができます」

X線レーザーと光学レーザーを組み合わせることで、反応過程の原子スケールでの構造変化が捉えられるようになり、反応メカニズム解明のために極めて重要な情報が得られる。SACLAは、産業界を含むさまざまな分野の研究者たちに、まったく新しい知見をもたらすと期待されている。

■ 世界最強の光で**SACLAの可能性を広げる**

矢橋GDたちは、SACLAの可能性をさらに大きく広げる技術開発を進めている。その重要なターゲットの一つが、X線レーザーを集光してさらに強い光をつくり出すことだ。

可視光の場合、光を小さく絞るには、ミラーやレンズが使われる。しかし、X線ではそれが極めて難しい。「X線はレントゲン撮影に使われるように透過力がとても強いので、思い通りに進行方向を制御するのは非常に困難です。ただし、平滑な表面をつくり、そこにすれすれの角度でX線を当てるとX線は反射します」

その光学素子は「X線ミラー」と呼ばれ、表面の形状を曲面にすることで、X線の進路を任意の方向に変えて、集光も可能になる。「ただし、そのためには

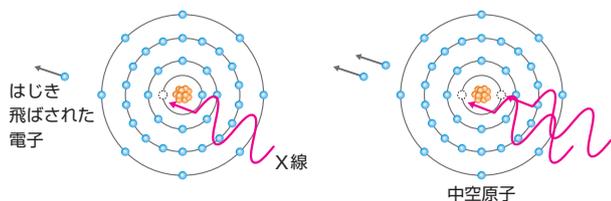


図1 X線で中空原子を生成する原理

X線光子の密度が高いパルスを当てることで、2個のX線光子が立て続けにK殻の電子2個をはじき飛ばし、中空原子を生成した。

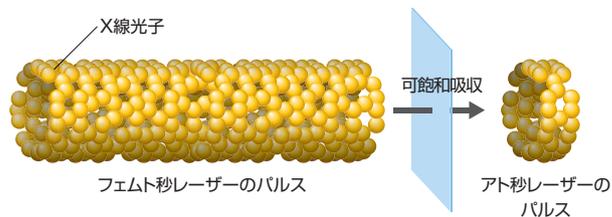


図2 可飽和吸収でアト秒レーザーを生成する原理

可飽和吸収で一部の光子が吸収され、一部の光子が物質を通り抜けることで、アト秒レーザーを生成することができる可能性がある。

ナノメートルスケールの高い加工精度が必要です。私たちは、10年以上前から、超精密加工の世界的な第一人者である大阪大学の山内和人教授たちと共同研究を進めてきました」

SACLAで発生するX線レーザーのビームは、ほとんど広がらずに真っすぐ進む。「その性質は、さまざまな実験を精密に行うために重要ですが、光を絞り込むときには不利になります。大きく広がる光ほど細く絞り込みやすいからです」

そこで矢橋GD、山内教授、東京大学の三村秀和准教授、高輝度光科学研究センターの大橋治彦グループリーダーたちは、2枚1組のミラー対を2組つくり、前段でビームを広げ、70m離れた後段で絞り込む2段集光システムを開発した(タイトル図)。「1対のX線ミラーをつくるのも大変です。2対のミラーを組み合わせさせてX線を集光したのは世界で初めてです」

山内教授たちが作製したX線ミラーは、設計形状から原子20個分ほどの誤差しかない。それによりX線レーザーをきれいに反射させることができる。「そのミラーの姿勢を精密に制御することで、ビームの直径を50nmまで集光することができました」

集光強度は、 $10^{20}\text{W}/\text{cm}^2$ という極めて高い値に達した。「それは、100W電球100京(1000兆×1,000)個分を1cm四方に集めたエネルギーに相当する世界最強のX線です。ビームを直径10nm以下に集光して、さらに強い光を生み出すことも可能になるでしょう」

■ 最強の光で真空を探る

強い光を生み出すことで、何が可能になるのか。物質に当てる光が強いほど、物質の構造や状態に関する多くの情報を得ることができる。さらに、強い光はまったく新しい物理現象を引き起こす可能性がある。

光は波と粒子の性質を併せ持つ。光の粒子が光子だ。量子電磁力学(QED)が提唱される以前は、光子と光子は相互作用せず、光子同士を衝突させようとしても何も起こらず、ただすれ違うだけと考えられていた。しかしQEDによると、光子同士を衝突させると、とても小さい確率ではあるが、方向やエネルギーが変わる散乱が起きることが1936年に予言された。

この光子・光子散乱については、X線よりもエネルギーの低い(波長の長い)光子を使った検証実験が行われたが、いまだ現象そのものは観測されていない。

QEDによると、エネルギーの高い光子ほど、散乱が起きる確率が高くなると予測されている。東京大学の浅井祥仁教授は、RSCビームライン研究開発グループ理論支援チームの玉作賢治チームリーダー(TL)、矢橋GDたちと共同で、SACLAを使ってX線の光子・光子散乱実験を世界に先駆けて開始した。

「散乱が起きる確率を高めるためには、ビームを細く絞り込み、光子が高密度に詰まったパルス同士を衝突させる必要があります」。2013年、約 $1\mu\text{m}$ に絞ったパルス同士を衝突させる実験を行ったが、散乱は観測できなかった。研究グループ

はさらに絞り込んだパルス同士を衝突させることで、世界初の光子・光子散乱の観測を目指している。

この実験の大きな目的は、真空の“未知の場”を探ることだ。浅井教授は、ヨーロッパ原子核研究機構(CERN)の加速器LHCを用いて宇宙誕生直後の状態を再現して、ヒッグス粒子を探す実験に携わってきた素粒子実験の専門家だ。2013年のノーベル物理学賞の対象になったヒッグス粒子の発見は、真空は空っぽではなく、「ヒッグス場」で満ちていることを示した。それにより、物質に質量が与えられる。

真空には、ヒッグス場以外にもさまざまな場が潜んでいると考えられている。「もしQEDの予測と異なる確率で光子・光子散乱が検出されれば、真空の未知の場が関係している可能性があり、ノーベル賞級の大発見になるでしょう」と矢橋GD。

さらに、SACLAの強い光を真空に集めることで、電子と陽電子が真空から湧き出す「対生成」と呼ばれる現象を観測できる可能性がある。電子と陽電子が衝突して光となる「対消滅」は観測されているが、光から電子と陽電子が対生成される、真空からの物質創成が観測された例はまだない。

このように、SACLAの光をさらに強くすることで、素粒子物理学や宇宙物理学に革新をもたらす実験が可能となる。

■ 光と物質の未知の相互作用

強い光は、物質の新しい状態を実現することもできる。玉作TLたちは、



撮影：奥野竹男

図3 X線レーザーの利用実験が行われる実験ハッチ前 (BL3)

SACLAにより「中空原子」の生成に世界で初めて成功した。それは、最も内側の軌道であるK殻を回る2個の電子が両方ともはじき飛ばされて空になった原子だ。

X線の光子が原子に当たると、K殻の1個の電子がはじき飛ばされて、“穴”が開く。ただし、1000兆分の1~1京分の1秒のうちに外側の軌道を回る電子がK殻に落ちてきて穴をふさぐので、普通、2個目の電子もはじき飛ばされて二つの穴が開くことはない。

玉作TLたちは、直径1 μm に集光したフェムト秒パルスをクリックトン原子に当てた。「そのパルスには1000億個のX線光子が高密度で詰まっています。それを原子に当てることで、K殻の1個の電子がはじき飛ばされて穴が開いた後、穴がふさがれる前に、次の光子がK殻の2個目の電子をはじき出します。こうしてK殻に電子がなく、二つの穴が開いた中空原子を生成しました」と矢橋GDは解説する(図1)。

さらに、電気通信大学の米田仁紀教授と矢橋GDたちは、SACLAで「X線可飽和吸収」の観測に世界で初めて成功した。光は物質中の電子をはじき飛ばすことで吸収される。物質に当てる光を強くしていくと、はじき飛ばせる電子がいなくなり、光がそれ以上吸収されず透

過する。それが可飽和吸収だ。

この現象は可視光では半世紀前に発見され、光通信などに应用されている。しかし波長の短いX線で可飽和吸収を引き起こすには、可視光に比べて10億倍以上の強い光が必要なため、これまで実現していなかった。「私たちは、SACLAのX線レーザーを集光して鉄の薄片に当てました。そのパルスにはX線光子がぎっしり詰まっているので、鉄のK殻の1個の電子をはじき飛ばして吸収された後、穴がふさがれる前に次の光子が来て、その穴を通り抜けていくのです」

SACLAのフェムト秒レーザーのパルスをX線光子の円筒形の塊に模すと、可飽和吸収により、円筒形の一部の光子が物質に吸収され、残りが通り抜ける。可飽和吸収が起きて通り抜けた円筒形の長さは短くなる(図2)。「つまり、発光時間を現在の数フェムト秒からさらに短くすることができるはず。近い将来、X線アト秒(100京分の1=10⁻¹⁸秒)レーザーの実現も可能となるでしょう」

X線よりも波長が長い光ではアト秒レーザーが実現しているが、波長が約0.1nm以下の硬X線アト秒レーザーはまだ生成された例がない。

水素原子の中で電子が軌道を回る周

関連情報

- 2015年2月18日プレスリリース
XFELを利用した計測の時間分解能を大幅に向上
- 2014年11月27日プレスリリース
光化学系II複合体の正確な三次元原子構造を解明
- 2014年10月1日プレスリリース
X線可飽和吸収を世界で初めて観測
- 2014年5月8日プレスリリース
X線レーザーの集光強度を100倍以上向上
- 2014年4月30日プレスリリース
世界最高強度の光で探る真空
- 2013年7月23日プレスリリース
X線を2回当てて「中空原子」の生成に世界で初めて成功

期は150アト秒といわれている。化学反応や物質の性質は電子の挙動が左右している。そのごく短時間の挙動を硬X線アト秒レーザーにより捉えることで、化学や物質科学にブレークスルーが起きるはずだ。

■2010年代後半、

XFELによるサイエンスが本格化

SACLAは国内外に広く開かれた施設である。実験を希望する研究グループは、実験の申請を行い、審査を経て採択された課題が実施可能となる。現在、この採択率は5割を切り、狭き門となっている。その理由の一つとして、SPRing-8のような放射光施設とは異なり、XFEL施設には多数のビームラインを設置するのが難しいことが挙げられる。実際に、硬X線レーザーで実験ができるビームラインは、世界でSACLA (BL3) とLCLSに1本ずつしかなかった(図3)。

「SACLAでより多数の実験を実施可能とするために、私たちはBL2を新設しました。そこでは、すでに築いた基盤技術を使って、さまざまな試料で実験することが可能になります」

2017年には欧州XFEL(全長約3.3km)が完成する。また同時期の完成を目指して、韓国や中国、スイスなどでコンパクトなXFELというSACLAのコンセプトを受け継いだ施設の建設が進められている。

矢橋GDたちは、パイオニアとして“夢の光”の可能性を広げ、XFELによるサイエンスを先導していく。

(取材・執筆：立山 晃/フォトンクリエイト)

最近ではヒトだけでなくイヌやネコなどのペットにも、花粉症やアトピー性皮膚炎、食物アレルギーなどのアレルギー疾患が増えている。しかもペットの場合、アレルギーの原因物質であるアレルゲン（抗原）を特定するための十分な検査法がなく、診断や治療がうまく進まないことが多かった。そうした中、理研ベンチャーの動物アレルギー検査(株)は、イヌの免疫グロブリンE（IgE）を定量的に測定できる検査とリンパ球反応検査を、世界で初めて動物病院に提供。ペットのアレルギー検査に革新をもたらした。イヌのIgEの定量的な測定技術は、理研での研究から生まれたものだ。増田健一 代表取締役社長に、理研ベンチャー創業の経緯、ペットのアレルギー検査の最前線、そして今後の企業戦略を聞いた。

ペットのアレルギー検査に革命

■ イヌのアレルギー検査とドッグフードの2本柱

——動物アレルギー検査(株)は、どういう会社ですか。

増田：2007年に理研ベンチャーとして設立し、現在はイヌのアレルギー検査と食物アレルギーに対応したドッグフードの開発・販売を行っています。顧客は動物病院です。

——イヌにもアレルギーがあるのですか。

増田：花粉症やアトピー性皮膚炎、食物アレルギーのイヌが増えています。うちのフレンチブルドッグも食物アレルギーです。イヌもヒトと同じように体内に侵入した異物を排除する仕組みが備わっていますが、その免疫システムが特定の物質に対して過剰に反応してしまうとアレルギーを発症します。

——アレルギーであるという診断はどのようにするのですか。

増田：皮膚のかゆみや嘔吐、下痢の症状があり、感染症などの検査で何も検出されなければ、アレルギーの可能性が高くなります。しかし、原因診断にはアレルゲンを特定する必要があります。そこで私たちの会社では、アレルゲンを特定するための「アレルゲン特異的IgE検査」と「リンパ球反応検査」、体内でのアレルギー反応が活発かどうかを調べる「アレルギー強度検査」を行い、検査結果を動物病院の獣医師に提供しています。

■ 世界初、血清中のIgEを定量測定

——アレルゲン特異的IgE検査とは、どのようなものですか。

増田：ダニやスギ花粉などのアレルゲンが体内に入ってくると、それに特異的に結合するIgEという抗体がつくられ、免疫細胞の一種である肥満細胞の表面に結合します。次にそのIgEにアレルゲンが結合すると、肥満細胞からヒスタミンなどが放出され、かゆみを伴う皮膚炎などが起こります。

アレルゲン特異的IgE検査では、検査したいイヌの血清中のIgEがどのアレルゲンに特異的なものかを調べて原因を特定します（図1）。従来のIgE検査では、検査項目のアレルゲンに対するIgEがあるかないか、つまり陽性か陰性かしか分かりませんでした。私たちのIgE検査は、血清中のIgE濃度を定量的に測定できるようにした画期的なものです。

——IgEの濃度を定量的に測定できると、どのような利点があるのですか。

増田：アレルギー症状の強さが分かります。定期的に測定することで、IgE濃度の増減から治療や環境改善の効果をモニターできるため、獣医師は治療方針を決めることができます。現在、イヌの血清中のアレルゲン特異的IgE濃度を定量的に測定できる検査を行っているのは、世界で私たちの会社だけです。

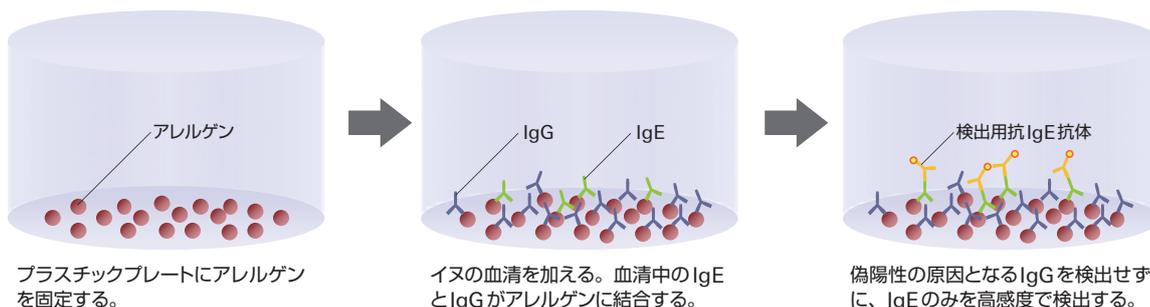
■ 食物アレルギーに有効なリンパ球反応検査とドッグフード

——リンパ球反応検査も行うのは、なぜですか。

増田：ダニやカビ、花粉など環境中のアレルゲンによって起きるアトピー性皮膚炎や花粉症は、IgEを介して起きるため、IgE

図1 アレルゲン特異的IgE検査

血清中のIgE濃度を定量的に測定し、アレルギーの原因となるアレルゲンを特定することができる。現在、検査対象のアレルゲンは40種類。検査結果はng/mlで示される。



増田健一（ますだ・けんいち）

動物アレルギー検査株式会社
代表取締役社長

1967年、大阪府生まれ。博士（獣医学）。獣医師。鹿児島大学獣医学科卒業。米国イリノイ大学大学院修士課程修了。東京大学大学院獣医内科学教室助手を経て、2004年より理研免疫・アレルギー科学総合研究センター研究員。2007年より現職。理研統合生命医科学研究センターワクチンデザイン研究チーム客員研究員兼務。2015年4月よりイノベーション推進センター 人工ワクチン研究チームチームリーダー兼務。



検査で原因アレルゲンを特定できます。一方、牛肉や卵、小麦などによって起きる食物アレルギーには、IgEを介して起きるものと、リンパ球の一種であるヘルパーT細胞を介して起きるもの、そしてその混合型があります。リンパ球を介して起きる食物アレルギーの場合、IgE検査ではアレルゲンを特定することができません。そこで、リンパ球反応検査を世界で初めてペットの医療に提供しました（図2、図3）。

——開発した食物アレルギー対応のドッグフードとは。

増田：イヌでは食物アレルギーのアレルゲンが特定できれば、それを除去した食事を与えることで症状が改善します。しかし、一般のドッグフードにはさまざまな原料が含まれているため、「何を食べさせたらいいのかわからない」という声がありました。そこで、原料のタンパク質を1種類だけにしたドッグフードを開発し、2014年から「ラボライン ピュアプロテイン」として販売を開始しました。原料のタンパク質がチキンのみ、サーモンのみ、小麦のみの3種類があり、例えば小麦アレルギーのイヌには小麦以外のフードを与えることができます。

■ 理研で生まれた技術で国内シェア1位

——動物病院にイヌのアレルギー検査を提供する会社は、ほかにもあるのでしょうか。

増田：2007年に起業したときには、国内に4社ほどありました。私たちは後発ですが、現在のシェアはおそらく国内1位です。イヌやネコなどのペットを対象にした動物病院が国内に約8,000病院あるといわれており、私たちはそのうち約4,500病院から検査依頼を受けています。

——動物アレルギー検査株式の強みは、どういう点ですか。

増田： IgEの血清中濃度とリンパ球反応の両方を測定できる唯一の会社という点だと思います。IgEの血清中濃度の測定は、私が理研の免疫・アレルギー科学総合研究センター（RCAI、現・統合生命医科学研究センター）の研究員だったときに開発し、特許を取得した技術が元になっています。当時、RCAIのミッションの一つが、スギ花粉症の治療薬の開発でした。最初にマウスで薬の効果を見るのですが、マウスはスギ花粉症を発症しないので、薬が効いているのかどうか分かりません。そこで、スギ花粉症のイヌで治療効果を調べようということに。しかし当時、イヌのIgEは陽性が陰性かしか分かりませんでした。アレルギーの状態の変化を正しく把握できるように、IgEの血清中濃度を定量的に測定する技術を開発することが、私の課題の一つでした。無事開発できたのは、ひらめきと幸運のおかげです。この技術はもちろんヒトにも応用できますが、動物病院で獣医師の経験がある私は、ペットの医療にも需要があると確信していました。

■ 口コミでじわじわと広げる戦略

——いつごろから起業を考えていたのですか。

増田： 研究成果の実用化には以前から関心がありました。RCAIの前、東京大学の獣医内科学教室の助手だったとき、企業と共同で食物アレルギーに対応したドッグフードを開発しました。それを紹介する講演をしたとき、会場の獣医師さんから「長年苦しんでいたイヌの治療が、あのドッグフードのおかげで完璧にできました。ありがとうございます」と言われたのです。人に感謝されるというのはこんなにうれしいことなのかと、そのとき初めて感じました。それ以来、論文を書いて研究を終わ

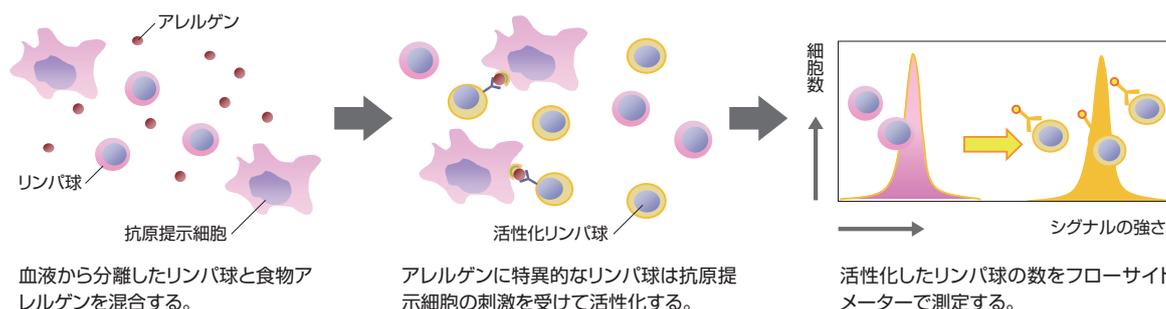


図2 リンパ球反応検査

食物アレルギーに多い、リンパ球を介したアレルゲンを特定することができる。現在、検査対象のアレルゲンは18種類。



図3 リンパ球反応検査の様子

従来にはない、まったく新しいタイプのアレルギー検査である。写真は、血液から分離したリンパ球と食物アレルギーを混合し、各アレルギーによって活性化されたリンパ球の数を解析しているところ。

らせるのでなく、その成果を形にして社会に還元することを意識するようになりました。また、人と話すのが好きで営業の素質があると自己分析してもいたので、研究者のままではもったいないとも感じていました。

起業にはビジネスの知識も必要だと、かながわサイエンスパークのビジネスセミナーに参加しました。その後、IgEの測定技術を開発し特許出願の準備が整うと、ビジネスセミナーの同期2人が「起業するなら手伝う」と言ってくれ、起業を決意したのです。彼らは今も社外取締役として支えてくれています。

——自らが代表取締役社長となったのはなぜですか。

増田：検査システムの特許の使用権を企業に提供して実用化してもらったり、企業経営の経験がある方を社長として迎える方法もあります。しかし、この技術に一番思い入れがあるのは、私です。だから自分が先頭に立ってやるべきだと考えました。

——経営は当初から順調でしたか。

増田：検査会社は依頼数が急に増えると、装置や人の配備が追いつかず、黒字倒産の危険があります。そこで、口コミでじわじわと広げていくという戦略を取りました。九州から始めました。私が鹿児島大学獣医学科の出身で、九州の動物病院には同級生や先輩、後輩が多く、口コミで広がりやすいからです。

事業は狙った通り成長してきましたが、一番苦労したのは意外にも組織内の人でした。会社の成長に伴って人は入れ替わり、現在在籍している17名のうち設立時からいる常勤は、私ともう1人の役員だけです。彼はとても優秀な参謀で、彼がいなかったら今のこの会社はないでしょう。企業経営は1人でできるものではなく、彼のようなパートナーや適切なときに適切な人が集まってくることが必要です。

■人工ワクチンの開発、そして獣医大学設立を目指す

——今後はどのような展開をお考えですか。

増田：まず、検査対象をネコに広げます。海外進出も狙っています。さらに、アレルギー検査とドッグフードの事業が軌道に乗った今、新たなことにチャレンジします。人工ワクチンという新しいタイプのワクチンの開発と事業化です。私たちは理研の「産業界との融合的連携研究制度」に応募して採択され、2015年4月1日から研究チームをスタートさせます。この制度

は、企業と理研の融合チームを理研内に設置し、企業の研究者がチームリーダー、理研の研究者が副チームリーダーとなって企業主導で研究成果を実用化につなげるものです。

——人工ワクチンとは。

増田：従来のワクチンは、病原体を培養し、毒性を弱めたり殺したりしたものを投与しています。病原体の培養には時間がかかり、また培養法が難しくワクチンがつかれないものがあることが問題でした。人工ワクチンは病原体を培養しなくてよいので、病原体の構造さえ分かれば素早く大量にワクチンを生産できます。それは理研との共同研究から生まれ、2014年に特許を出願した技術によって可能になりました。最近では経営者としての仕事が多かったので、研究ができることがとても楽しみです。

——経営と研究でさらに忙しくなりますが、趣味はありますか。

増田：剣道です。高校卒業後休んでいて、10年ほど前に再開しました。最近気が付いたのですが、剣道と経営は同じですね。流れを読んで、流れに乗らないといけない。打ってやろうと思うと、打ち取られてしまいます。剣道は、自己保身に走っていないか、自我が出ていないかを確認する場でもあります。

——最終目標は何ですか。

増田：研究者の端くれになったからには、やはりノーベル賞を狙うような研究をやりたい。そして、将来は獣医大学をつくりたいと思っています。8歳のときに飼っていた小鳥が病気になったのですが、死んでいくのをただ見ているしかありませんでした。しばらくして、獣医さんなら治せたかもしれないことを知りました。そのとき、将来は獣医師になると決めたのです。そして大学卒業後、動物病院の獣医師を3年間やりました。夢はかないましたが、獣医師の現実や限界を知ってがっかりしたのも確かです。日本の獣医師の教育レベルをもっと上げたい。免疫学についての最新の知識を学べる機会を増やしたり、獣医師の教育を変えていきたいと思っています。既存の獣医大学の教員となって中から変えていくのは難しいでしょう。ならば自分でつくるしかない。しかし獣医大学をつくるとなると大きな資金が必要ですから、まずはこの会社の上場を目指します。

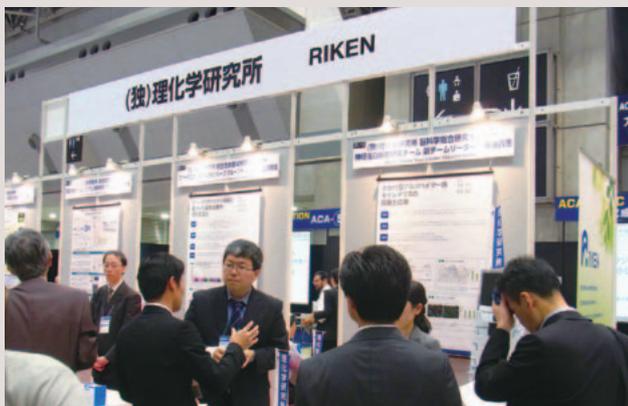
(取材・構成：鈴木志乃/フォトンクリエイト)

「BIO tech 2015 第14回 国際バイオテクノロジー展」出展のお知らせ

理化学研究所は、産業界との連携に向けて「BIO tech 2015 — 第14回 国際バイオテクノロジー展 —」に出展し、アカデミックフォーラム内において、ポスター展示および口頭発表を行います。会場では、研究者自らが最先端のバイオテクノロジー研究の成果について説明を行うほか、技術導入・開発に関するご相談も承ります。

多数の方のご来場をお待ちしております！

日時	2015年5月13日(水)～15日(金) 10:00～18:00 (最終日は17:00まで)
場所	東京ビッグサイト西3・4ホール (所在地: 〒135-0063 東京都江東区有明3-11-1) 最寄り駅: ゆりかもめ「国際展示場正門駅」、 りんかい線「国際展示場駅」
主催	リード エグジビション ジャパン株式会社
入場料	下記URLより事前登録された方および招待券を持参された方は無料 https://contact.reedexpo.co.jp/expo/BIO/?lg=jp&tp=inv&ec=BIO
詳細	詳細はBIO tech 2015公式ホームページをご覧ください。 http://www.bio-t.jp/



BIO tech 2014出展の様子

総称 ライフサイエンス ワールド 2015

第14回 国際バイオテクノロジー展 BIO tech 2015 バイオテック

発表テーマ一覧

日時・会場	発表テーマ/発表者名
5月13日(水) 15:45～16:15 ACA-4会場	「創薬抗体における技術整備開発」 統合生命医学研究センター コーディネーター 創薬抗体基盤ユニット 基盤ユニットリーダー 竹森利忠
5月14日(木) 11:00～11:30 ACA-5会場	「創薬・医療技術基盤プログラムによる アカデミア発創薬への取り組み」 社会知創成事業 創薬・医療技術基盤プログラム 事業開発室 マネージャー 山内忠幸
5月14日(木) 16:15～16:45 ACA-2会場	「診断と治療を改革する糖鎖複合体」 田中生体機能合成化学研究室 准主任研究員 田中克典
5月15日(金) 11:00～11:30 ACA-2会場	「生きた細胞内の分子の動きを見る 高速超解像ライブイメージング顕微鏡 SCLIM」 光量子工学研究領域 エクストリームフォトニクス研究グループ 生細胞超解像イメージング研究チーム チームリーダー 中野明彦
5月15日(金) 11:45～12:15 ACA-5会場	「グリオブラストーマ (GBM) 幹細胞膜タンパク質 Glim に対する 抗体医薬の開発」 多細胞システム形成研究センター 形態形成シグナル研究チーム 客員主管研究員 北海道大学 遺伝子病制御研究所 教授 近藤 亨

多細胞システム形成研究センター長に濱田博司氏

2015年4月1日、多細胞システム形成研究センター長に、濱田博司氏が就任しました。



濱田博司 (はまだ・ひろし)

1950年、香川県生まれ。1979年、岡山大学大学院医学研究科博士課程修了(医学博士)。米国 国立衛生研究所がん研究所 客員研究員、カナダ ニューファンドランドメモリアル大学医学部 Assistant Professor、東京大学医学部生化学教室 助教授を経て、1995年、大阪大学細胞生体工学センター 教授に就任。2002年より大阪大学大学院生命機能研究科 教授(2015年4月より非常勤)。2012年4月から2014年3月まで同研究科長を務めた。2014年4月、紫綬褒章受章。2014年11月、慶應医学賞受賞。

さらば板橋分所

科学技術史の一翼を担った
「板橋分所」をひもとく

理化学研究所は大正6年（1917年）、財団法人理化学研究所として、現在の東京都文京区本駒込の地に創設されました。昭和6年（1931年）には仁科研究室が発足、昭和9年から宇宙線研究（宇宙線実験室として）を開始しました。宇宙線実験室は、第二次世界大戦のため昭和18年に旧金沢医科大学（現在の金沢大学医学部の前身）に疎開しましたが、戦後昭和21年8月にGHQの管理下において、板橋区加賀に「板橋分所」を開設しました（写真1）。板橋の地は、旧陸軍第二造兵廠^{そくへいしやう}として最盛期には7,000人を超える労働者を擁する一大軍需工場で高性能火薬などの製造を行っていた所です。その旧陸軍第二造兵廠のうち、頑丈な鉄筋コンクリートづくりの平屋建て（一部地下室あり）の4棟が、主たる実験室などとなりました。敷地は石神井川に面した細長い土地（面積は約3,800m²）で、昭和27年には名称を「板橋分所」へと改称し、理研は昭和47年、国から現物出資を受け、土地と建物を取得しました。

それでは、科学技術の発展に寄与し数々の歴史を刻んだ板橋分所で進められた研究について、時の流れに沿ってひもといてみましょう。

宇宙線研究は、昭和21年8月に板橋という安住の地を得て、仁



写真1 現在の板橋分所



写真2 宇宙線観測の報告の一部

科型電離箱、計数管式宇宙線計などの整備を進め、昭和22年から宇宙線の連続観測が始まり、以降50年を超える定常的観測を続けました（写真2）。昭和23年、財団法人理化学研究所は解散し株式会社科学研究所となりました。昭和32～33年には「国際地球観測年」プロジェクトが制定、12ある協力項目の一つとして宇宙線研究が認定され、日本では理研が当該分野の責任機関となりました。具体的には、標準化された宇宙線計を設置・連続観測すること、さらに宇宙線世界資料センターとしての機能を確立することでした。宇宙線研究室では、これらを契機としてさらに宇宙線研究を積極的に推し進め、長期にわたって宇宙線強度の重要なデータなどを蓄積・提供し、宇宙線世界資料センターの一つとして貢献したのでした。

しかしながら、(株)科学研究所においては、仁科芳雄社長（当時）は研究室の独立採算制を強く唱えました。宇宙線研究は、非採算部門であったため、幾度か存続の危機にさらされましたが、上述の「宇宙線強度の連続観測」という「錦の御旗」を掲げ続け、研究・観測に邁進^{まいしん}したのです。研究室は、山崎研究室（山崎文男主任研究員）、宇宙線研究室（宮崎友喜雄、和田雅美両主任研究員）、宇宙放射線研究室（松岡 勝主任研究員）、牧島宇宙放射線研究室（牧島一夫主任研究員）へと変遷、引き継がれ、宇宙放射線研究室発足時（昭和61年）に、研究拠点を板橋から埼玉県和光市に移しました。

昭和24年には、武井研究室（武井 武主任研究員）が板橋分所に併設されました。ここでは、フェライト（酸化鉄を主成分とするセラミックスの総称）研究を強力に推し進め、高性能の磁性体をつくることなどに成功するなど、日本のフェライト業界の発展や国民生活の利便性の向上などに大きく寄与しました（写真3）。製品のひとつであるフェライト磁石は、自動車のワイパー用モーター、家電品用モーター（洗濯機、エアコン、扇風機など）、JRの切符や定期券の裏面、航空機の搭乗券など日常生活のさまざまな場面で使われており、板橋分所発理研のオリジナル研究成果として現役で活躍しています。

板橋分所では、その後、昭和36年には、湯川秀樹博士を主任研究員に迎え理論物理研究室が発足しました（写真4）。湯川主任研究員は、電子計算機を活用した新しい研究に強い関心を示し、導入予算の獲得などさまざまな困難を乗り越えて、当時としては国産機の中で最速・最大の記憶容量を誇った複合システムとしての電子計算機を理研で初めて導入し、宇宙線観測データ解析をはじめとする当時の科学技術計算などに大いに役立つことになりました。



写真3 BBK (バリウム・ビスマス・科研) 浮き磁石フェライト
磁石を浮上させたもの。

写真4 板橋分所にて開かれた懇親会

湯川秀樹主任研究員 (中央に着席)。(松屋 竹寿司さん所有の写真から)



さらに、平成元年(1989年)10月からは5年間にわたり、新技術事業団(現・科学技術振興機構)創造科学技術推進事業(ERATO)の「青野原子制御表面プロジェクト」を推進する研究実施場所として板橋分所が選定され、走査トンネル顕微鏡(STM)を用いて個々の原子を操る方法の開発など、今日のナノテクノロジーのパイオニアとなる独創的な研究が行われました(図1)。

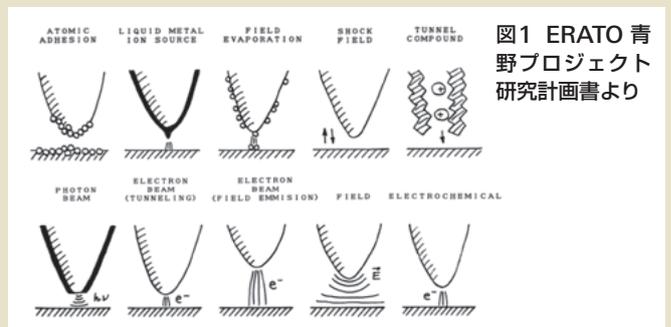


図1 ERATO 青野プロジェクト
研究計画書より

平成13年には大森素形材工学研究室(大森 整主任研究員)が置かれ、ELID鏡面研削加工、デスクトップ加工、フレネルレンズ開発に係る多くの研究成果を挙げてきました(写真5)。

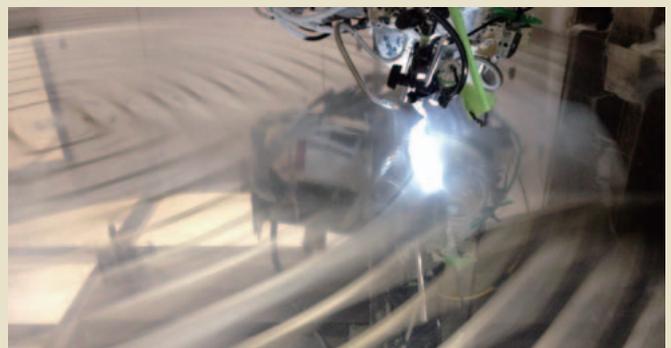


写真5 フレネルレンズ加工の様子(大森素形材工学研究室)

このように、戦後日本の科学技術のいくつかの研究分野をけん引してきた板橋分所ですが、理研は独立行政法人として、常に行政の効率化(土地・建物などの有効活用)が求められることから、板橋分所を廃止することにしました。国は第3期中期目標の中で、板橋分所の土地、建物を適切に処分した後、国庫に納付するよう求めています(理研は、平成27年4月から国立研究開発法人理化学研究所となりましたが、当初の計画通り板橋分所は廃止します)。

戦後の復興期から現在まで約70年間にわたり理研(日本)の科学研究の一翼を担った板橋分所での研究活動は、本年3月までに終息しました。このため、昨年9月および本年2月に、これまで板橋分所において研究などに携わってこられたOB・OGに板橋分所が集まっていただき、当時の板橋での研究回顧、学会などの科学分野や社会への貢献、また研究マネジメントや研究の苦労話、板橋加賀地区での地元の方々との交流や思い出話など、研究だけにとどまることなく幅広く研究室の軌跡(歴史)を語らっていただき、その模様を証言映像記録として残しました(写真6)。これらの記録は、理研創立百周年に向けて、板橋分所の記録としてアーカイブ化し、後世に伝える予定です。



写真6 平成26年9月25日座談会の参加者

※座談会には以下の方々に参加されました(旧研究室名など、敬称略)。
仁科研究室(西村 純)、宇宙線研究室(和田雅美、小玉正弘、井上 葵、岡野眞治、葛西文夫)、武井研究室(杉本光男、岡本祥一)、電子計算機室(相馬嵩、川久保由利子)、表面界面工学研究室(青野正和、中山知信、澤村 誠、渡邊 聡)、大森素形材工学研究室(大森 整)

(執筆: 富田 悟/記念史料室)

風評被害を根絶する検出器

戎崎俊一 えびすざき・としかず

戎崎計算宇宙物理研究室 主任研究員

私は趣味で家庭菜園を始めて約10年になります。畑で採れた野菜を材料に、研究室で暑気払いや忘年会も開いています。つくった野菜は「見た目は悪いがとてもおいしい」(自己評価)です。農家の方が「形も、色も、味も良い」という野菜をつくるのは大変な苦勞だろうと、自分の野菜を見ながら日ごろ思っています。

さて、2011年3月に起きた東日本大震災による原子力発電所の事故から4年がたちますが、福島県の農家の方々は今も「放射性セシウム」の風評被害に悩まされています。毎日毎日苦勞してつくった農産物が売れなかったり、安い値段でしか買ってもらえなかったりという現実があります。私たちは、福島の野菜を安心して食べてもらうには、すべての農産物の放射線量を測定できればいいと考えました。これまで農産物を測定していた測定器の多くは、放射線検出器(シンチレーター)が測定容器の底面にあるので、形があるものは正確に測れず、ミキサーにかけて小さく破碎してから測定していました。この作業は手間ですし、いったん破碎してしまうと売り物になりません。

そこで、私たちは試料を囲むように複数のシンチレーターを配置することを考えました。そうすれば、破碎しなくても正確な測定ができるはずでした。また、材料費が安く成形が簡単なプラスチック・シンチレーターを検出器として使いたいと考えました。自治体や農業団体が手軽に使えるようにするため、できるだけ安く装置をつくりたいからです。これを実現するには、プラスチック・シンチレーターでは放射性セシウムと農産物に自然に含まれる放射性カリウムが区別できないことが課題でした。そこで、検出器技術にたけたマルコ・カソリーノ チームリーダー(EUSOチーム)を研究代表者に、「LANFOS: 食品の非破壊放射能検査を可能とする低コスト検出器の開発」を科学技術振興機構の研究成果展開事業に提案し、2013年に採択されました。



写真1・農産物の放射線測定器の説明をする筆者(左)



写真2・福島県で、農家の方々に講演をする筆者

私たちはプラスチック・シンチレーターからの発光シグナルの光子数の分布を詳細に調べ、放射性のカリウムとセシウムとで分布に有意な差があることを確認し、両者の割合を算出する新手法を開発しました。試料の中に含まれている放射性物質のほとんどが放射性のセシウムとカリウムである場合(食品においては、ほとんどの場合それが成り立つ)、このような方法で十分な精度でセシウムを定量できることが分かりました。

この原理を使った検出器を組み込んだ測定器が、共同研究先である株式会社ジーテックにおいて製品化され、現在福島の農協や道の駅などに納品されています。お客様の目の前で農産物の放射線量を測定し、実際に安全であることを確認して売ることができ、お客様の反応も上々です。福島の農産物の多くは測定値付きで店頭に並ぶようになりつつあります。このことにより、少なくとも放射能の観点からは、福島の農産物は世界で最も安全になったと私は思っています。

私たちは、宇宙から飛来する超高エネルギー宇宙線の研究をしていますが、その検出器の知識、技能がこのような形で世の中の役に立っているのはとてもうれしいことです。

寄附ご支援のお願い

理研を支える研究者たちへの支援を通じて、日本の自然科学の発展にご参加ください。

問合せ先 ● 理研 外部資金室 寄附金担当

Tel: 048-462-4955 Email: kifu-info@riken.jp (一部クレジットカード決済が可能です)



http://www.riken.jp/