

iCeMS

Our World, Your Future

京都大学アイセムス(物質—細胞統合システム拠点)

Vol. **8**

2019 November

contents

02

特集

周期表バンザイ!

科学の礎を築いた
世紀の発見から150周年

06

連載

フロントランナーのまなざし

生化学の常識をひっくりかえした、
「ヒトの健康をまもる」発見
植田和光 特定教授

10

アイセムスの一翼

情報担当 特任研究員
津崎善晴さん

11

iCeMS の動き

MDR1はATP加水分解のエネルギーを用いて、脂溶性薬剤や有害物質を細胞膜の外側へ排出し、ヒトの生理機能や健康維持に重要な役割をはたしている。(詳細は6ページ参照)

特集 周期表バンザイ! 科学の礎を築いた世紀の発見から150周年

ロシアの化学者、ドミトリ・メンデレーエフが元素の周期律を発見したのは1869年。今年で150年が経ちました。これを記念して国連総会とUNESCOは、2019年を「国際周期表年」として祝うことを宣言しました。日本でも記念サイトが立ち上がり、各地で記念イベントが開催されています。元素の類似性と周期性が規則正しく表現された周期表を、研究者はどのように活用しているのでしょうか。アイセムスの研究者たちの元素への〈想い〉や〈まなざし〉をさぐってみました。

周期表は、科学の基礎の基礎

深澤 ● 元素を研究に活用するうえで、その性質や反応性を理解することはとてもだいじなこと。私の専門は有機合成化学ですが、ブレイクスルーをもたらす新しい分子の創造には、一つひとつの〈元素の気持ち〉を理解することが不可欠です。元素を体系的に理解させてくれる周期表はいわば、サイエンスの基礎の基礎。150年が経ったいまでも、研究者が研究の方針を決めるときに、かたわらにはかならず周期表があるのです。



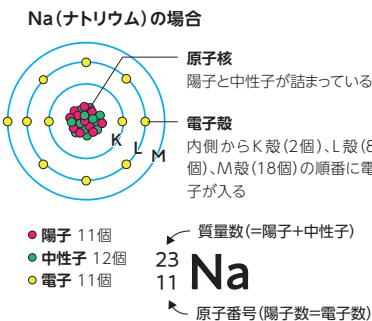
深澤愛子 教授
ふかざわ あいこ 奈良県出身。京都大学大学院工学研究科博士後期課程中退。博士(理学)。名古屋大学大学院理学研究科助教、准教授をへて、2018年から現職。

COLUMN
見たことのない元素の存在を予想したメンデレーエフ

たくさんの元素が規則正しく並ぶ周期表ですが、メンデレーエフが周期律を見出したときは未完成の状態でした。当時は、まだ見つかっていない元素がたくさんあり、それらを空欄にしたまま周期表を作成しました。メンデレーエフは酸素や窒素などの限られた元素の情報だけで、周期律を見出し、「まだ見つかっていない元素も原理的には周期表のルールにあてはまるのではないか」と予測したのです。最初は空白だらけの周期表でしたが、新たな元素が見つかるたびに改良され、現在のかたちになりました。

たった一つの表にさまざまな規則性が隠れている

原子の構造 原子の内には陽子と中性子とで構成される原子核があり、陽子と同じ数の電子がそのまわりを飛び回っています。だいじなのは〈陽子の数〉。周期表の元素は、陽子の数(=原子番号=電子数)の順に並んでいます(例えば、水素は1個、ヘリウムは2個の陽子をもちます)。



周期表の略図

原子番号1番の水素から始まり、行の左から右へ、上の行から下の行へと原子番号順に並ぶ。



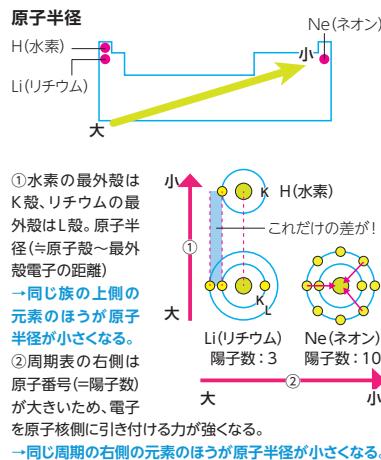
族と周期 横の列を〈周期〉、縦の列を〈族〉と呼びます。同じ周期・族に位置する元素どうしは、性質が類似しています。また、同じ族にある元素どうしでも、周期が違えば性質は微妙に異なるのです。それぞれの元素の性質を各論的に知ることはいじですが、この縦系と横系の関係性を俯瞰して勉強すると、周期表の奥深さがより理解できますよ。

	1族	2~17族	18族
最外殻にある電子は	1個	2or8個
第1周期 (外側の電子殻は K 殻)	電子 → 原子核 H(水素)	He(ヘリウム)
第2周期 (外側の電子殻は L 殻)	Li(リチウム)	Ne(ネオン)
第3周期 (外側の電子殻は M 殻)	Na(ナトリウム)	Ar(アルゴン)

深澤 ● 周期表をとおして理解できる規則性・類似性はまだまだあります。その一部を紹介しましょう。いずれも、元素の特性を使いこなすうえで、欠かせない視点です!

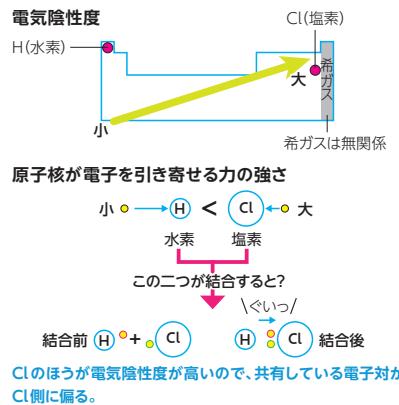
原子半径 (原子の大きさ)

最外殻の電子が外側にあればあるほど、原子半径は大きくなります。また、原子核のなかの陽子数が多いほど(周期の右側にある元素ほど)、電子を引き付ける力が強く、原子半径が小さくなります。



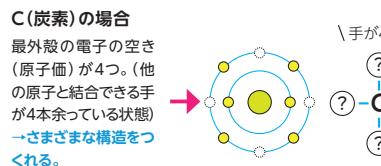
電気陰性度 (電子を引き付ける力の強さ)

電気陰性度が大きい原子は、結合している原子と共有している電子(共有電子対)を自分の側に引き寄せます。周期表の右上に位置するほど大きく、左下に位置するほど小さくなる傾向があります。 ※18族の希ガスの元素は過不足なく電子が存在し、単独の原子で安定しているため、電気陰性度の定義がない。



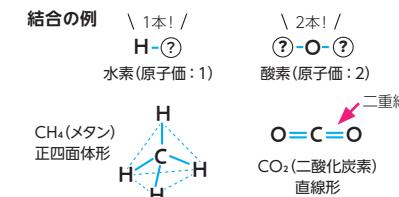
原子価 (ほかの原子と結合できる手の数)

結合に関与する箇所、原子がもっている電子の数です。結合をつくったときの幾何構造は、元素どうしの性質により変化しますが、原子価は分子のかたちを決定づける要素です。また、一つの元素で複数の異なる原子価をとることができる元素は多く存在します。



族	1	2	13	14	15	16	17	18
第1周期	H ¹							He ²
第2周期	Li ¹	Be ²	B ³	C ⁴	N ⁵	O ⁶	F ⁷	Ne ⁸
第3周期	Na ¹	Mg ²	Al ³	Si ⁴	P ⁵	S ⁶	Cl ⁷	Ar ⁸
原子価	1	2	3	4	3	2	1	0

● 電子対 ● 不対電子



周期表が研究のヒントに

深澤 ● 私が大学院生時代からずっと研究しているのは、有機化合物に多様な典型元素*を組み込んだ〈新しい〉物質。それらのデザイン、合成法の開発、性質の理解、そして機能性材料としての可能性の追求まで、多岐にわたる研究に取り組んできました。

学生時代に注目した元素はSi(ケイ素)。有機化合物で中心となるC(炭素)の代わりに、Siどうしの結合をもつ化合物の性質を理解するための基礎研究に取り組みました。そののちに大学で職を得て、新しく研究を立ち上げるさいに、P(リン)に注目しました。当時、Pの特性を生かして、優れた機能性有機材料にまでつながった研究は数えるほどでした。[Pの特性をみつめ直し、最大限に引き出すための適切な分子デザインができれば、すごい材料ができるのではないか]と信じて、研究に取り組むことに。その結果、優れた性能をもつ蛍光色素や二光子吸収色素、さらには単一分子エレクトロニクスまで、じつにさまざまなユニークな機能性材料の開発に成功しました。

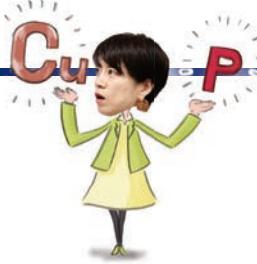
これらの研究を進める過程で、標的分子の合成にはずいぶん苦労しましたが、学生時代から続けたSiの研究で培った経験がとても役立ったのです。SiとPは同じ周期にある「おとなりさん」なので、反応性が似ている。こういうところにも、周期表は大いに役立ちました。



アイセムスの研究には 欠かせない元素



深澤●アイセムスで取り組んでいる研究を紹介するさいに、欠かせない元素があります。(材料科学分野)の研究はCu(銅)、(細胞生物学分野)の研究はP(リン)です。それぞれの元素と研究とは物語があるのです。



Cu
銅

(金属イオン)と(有機分子のネットワーク構造をもつ結晶)を合成する研究は、1959年にCu⁺(銅一価)から始まりました。多様な機能をもつ多孔性配位高分子(PCP/MOF)もCu⁺から生まれました。アイセムスの材料化学分野の研究において、中心を担う材料です。

原子番号	29
族	11
周期	4
原子量	63.546
価電子数	-
融点	1083.4度
沸点	2567度

P
リン

遺伝情報を司るDNAや細胞膜のリン脂質、生物のエネルギー通貨ATPに含まれるなど、生体内で重要な役割を果たす元素です。アイセムスでは化学物質を用いて、それらの仕組みの理解・制御をめざします。

原子番号	15
族	15
周期	3
原子量	30.97
価電子数	5
融点	(白リン)44.2度 (黒リン)610度
沸点	(白リン)280.5度



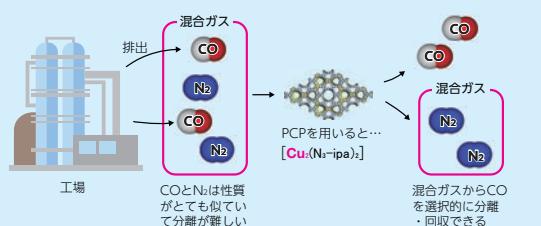
多孔性配位高分子(PCP/MOF)

PCP/MOFは金属イオンと有機分子を組み合わせることのできる材料で、微細で均一な無数の孔が存在します。その孔の中に分子を貯蔵したり、放出させたり、複数の分子を分離することができます。PCPの孔に注目するきっかけとなったのが、銅が酸化した状態のCu⁺。Cu⁺は有機分子と結合すると3次元に展開し、銅と有機分子とが規則的につながる結晶をつくります。偶然にも、ハニカム構造の孔に注目したことが、のちの機能的なPCPの創出につながりました。現在では、基本骨格だけでも数万種以上あるといわれています。



危険な一酸化炭素を混合ガスから分離できる!

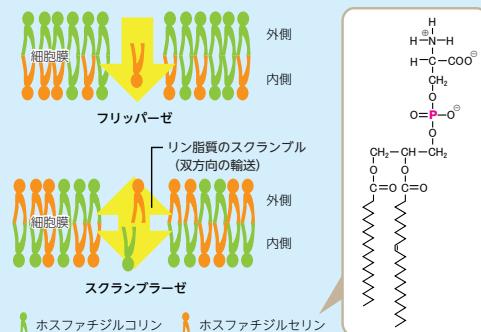
鉄鋼業の製鉄の過程で、莫大な量の一酸化炭素(CO)が副生ガスとして発生します。人体に危害をもたらす分子のため、高価な触媒を用いて二酸化炭素(CO₂)へと変換され、大気中に放出されます。環境面を考えると、このプロセスは望ましくありません。PCPを用いれば、排ガスに含まれるCOを分離・精製し、化成品材料として転用することができます。COやCO₂排出の問題を解決するのみならず、これまで捨てていた排ガスを資源として再利用できるのです。



リン脂質スクランブル

私たちの体を構成する細胞は、その周囲をリン脂質を中心とした脂質二重膜で覆われています。リン脂質は脂質二重膜の外層と内層とで非対称的に分布しています。たとえば、内側にホスファチジルセリン(PS)、外側にホスファチジルコリン(PC)が存在していますが、時としてPSが細胞の外側へ出てくる場合があります。この現象は、死んだ細胞が免疫細胞に貪食されるときに現れたり、血液凝固、細胞融合、がんの進行、脳の神経細胞や骨、筋肉の機能の制御など、さまざまな生命現象に関わったりすることがあきらかになっています。鈴木淳副拠点長らのグループは、これらの現象を説明する遺伝子の同定と機能の解析、さらには疾患との関連の解析をめざして研究を行っています。(詳細は本誌4号を参照)

細胞膜の非対称性を生み出す フリッパーゼとスクランブラーゼ
フリッパーゼはATPのエネルギーを消費してホスファチジルセリンを細胞膜の内側にとどめます。一方、スクランブラーゼはエネルギーを必要とせず、ホスファチジルセリンとホスファチジルコリンを双方向に輸送(スクランブル)します。



アイセムスの研究者と元素 わかりあえる元素と、そうでない元素と



深澤●新しい物質を合成するとき、あてずっぽうで元素を選ぶことはありません。その元素を組み込んだときに、どんな特性や役割をもちうるかを想定したうえで実験します。周期表をじっと見つめていると(元素の気持ち)が聞こえてくるのです。たとえば、「私は○○と手を繋ぎたい!」とか「もっと電子がほしい!」というつぶやきとか。(笑)
アイセムスの研究者の頭のなかにも、「この元素のこういうところが好き!」とか、「なぜか相性がよくない!」というイメージがそれぞれにあるようです。



ダニエル・バックウッド 講師

好きな元素: H(水素)
水素原子を多く含む材料は計算がしやすいと思います。
苦手な元素: I(ヨウ素)
原因はよくわかりませんが、ヨウ素の計算時はときどきトラブルが生じることがあります。研究時にヨウ素原子を含む物質を扱うのは、なるべく避けています。



北川 進 拠点長

好きな元素: Cu(銅)
分子の出し入れが可能で、多孔性材料として機能するPCPの開発に大きく貢献した元素が銅です。酸化状態が+1価の銅は、無色で磁性もなく、自然界に安定して存在する+2価の銅に比べると、あまりおもしろみのない元素と言われていました。しかし、+1価の銅を使ったPCPの構造にヒントを得て、その骨格ではなく、無数の小さな孔に注目したことが、私の研究の大きな転換点となりました。



杉本 邦久 特定准教授

研究に貢献した元素: S(硫黄)
これまでの研究の全てにおいて含まれているのがS。複数の同素体や価数をもつことで、物質の性質が変化する不思議な元素です。共結晶体の構築によって物質の性質を制御する研究で、大いに貢献してくれました。
苦手な元素: Zn(亜鉛)
経験的にZnを含む化合物の結晶性は悪く、構造解析が難しいことが多いので、苦手意識が……。



植田 和光 特定教授

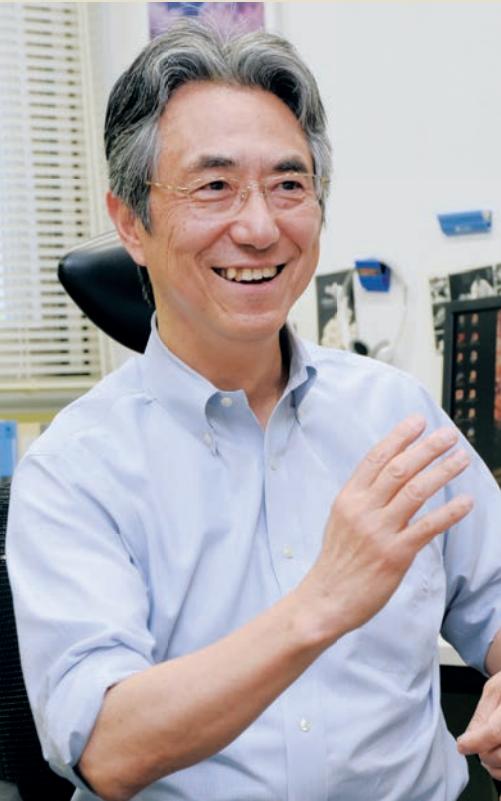
好きな元素: K(カリウム)
動物では、生理学のスタープレイヤーであるNaの対抗馬として不可欠な働きを地道にこなし、植物ではNaではなくKがスタープレイヤーとして活躍しています。
苦手な元素: Na(ナトリウム)
目立ちすぎ! 動物にとって必須の元素ですが、野放しにすると高血圧をもたらすなど悪影響を及ぼします。



長谷川 光一 特定拠点講師

研究に貢献した元素: O(酸素)
酸素分子O₂は細胞培養に必須で、Oを含む水H₂Oや二酸化炭素CO₂も培養に欠かせません。
苦手な元素: Hg(水銀)
幼いころに温度計を割り、水銀を床にばらまいて遊んだときに、家族にすぐ叱られたのが忘れられません。(笑) 私は熊本出身。水銀が水俣病の原因であると、幼いころに教わったことも影響しているかもしれません。

科学の世界では、たった一つの発見で、それまで信じられてきた多くの常識がくつがえることがある。植田和光教授が世界で最初に発見したMDR1遺伝子を代表とするABCタンパク質もその一つ。ヒトの生理機能や健康維持に重要な役割を果たすABCタンパク質の動きは、生化学分野の科学者で共有されていた〈あたりまえ〉をなんども打ち破った。発見前は周囲から「きみの研究は的はずれ」と批判された植田教授。「常識は信じない」をモットーに地道に研究を続け、未知の領域を切り拓いた



うへだ・かずみつ
1954年に姫路市に生まれる。1982年、京都大学大学院農学研究科博士課程中退。博士(農学)。同大学院の助手、助教授をへて、2003年に教授に。2007年から2017年まで、京都大学物質-細胞統合システム拠点教授を兼任。2019年に同大学院の定年退職をへて、現職。

生化学の常識をひっくりかえした、「ヒトの健康をまもる」発見

特定教授 **植田和光** Kazumitsu Ueda

「ABCタンパク質」という名の、一群のタンパク質がある。細胞膜などに存在し、膜の内外にさまざまな物質を運ぶ機能をもつ。ヒトがもつABCタンパク質の遺伝子は48にも及ぶが、世界で最初に確認されたのは「MDR1」。約35年前、植田教授が発見した。

細胞膜の最前線で、異物の侵入を防ぐ

「MDR1の動きは、薬剤の吸収量を大きく左右します。たとえば、薬を飲むとき『グレープフルーツジュースといっしょに飲んじゃだめ』と言われたことはありませんか。それはグレープフルーツに含まれるフラノクマリンという化合物がMDR1の薬剤排出機能を邪魔して、薬が小腸から吸収されすぎてしまうからです。たとえば、血圧を下げる薬が効きすぎてしまっ

たら、命にかかわります」。植田教授の柔和なまなざしと低い声は、聞き手に医師の診察を受けているような安心感を抱かせる。

MDR1の動きを示す一例

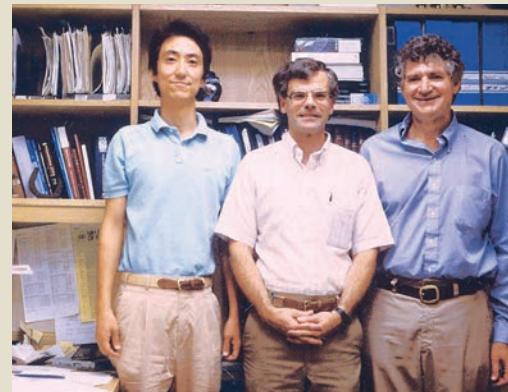


1994年、オランダの研究者がMDR1を欠損させたマウスにイベルメクチンを噴霧すると、このマウスは死んでしまった。正常のマウスに比べ、MDR1欠損マウスの脳内にはイベルメクチンが約100倍蓄積していた。有害物が血液から脳内に侵入しないようにMDR1が働いていることがあきらかになった。

MDR1の作用は薬剤にとどまらず、私たちが毎日食事で摂る栄養素の吸収にも関係する。栄養素は、小腸から吸収されて肝臓に運ばれたのち、血流に乗り全身の細胞へと運ばれるが、なかには植物や微生物が作る多くのアルカロイドのように毒性をもつ脂溶性化合物が取り込まれてしまう危険性もある。

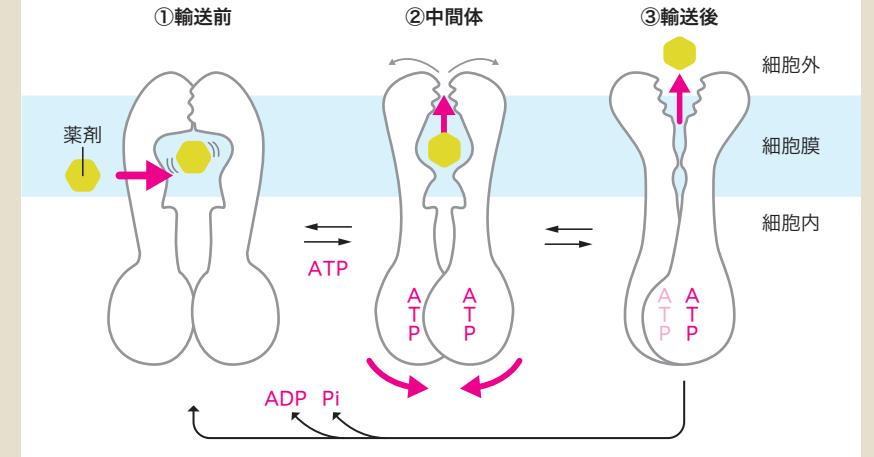
MDR1は細胞内に侵入してしまった有害物を、エネルギーを用いて細胞の外へ排出する機能をもつ。たとえば、食物中のさまざまな脂溶性有害物が小腸から吸収されるのを防ぎ、病気を未然に防ぐ。また、脳や精巣などのだいたい組織でもMDR1は働いており、有害物質が入り込むことを防いでいるのだ。

「MDR1の発見前、体内に入った有害物は肝臓の働きで無毒化されていると考えられてきました。でも、私たちが健康を維持できるのはそのような解毒作用だ



アメリカ国立がん研究所でのポストドク時代、大ボスのIra Pastan博士(右)、中ボスのMichael Gottesman博士(中央)と。

MDR1の機能 細胞の外へ脂溶性薬剤を排出するしくみ



MDR1は、脂溶性薬剤を細胞膜中から分子内に取り込み、ATP結合による構造変化によって、絞り出すよう細胞外へ直接排出する。

けではなく、MDR1の働きによるところが大きいことがわかりました」。MDR1をはじめとするABCタンパク質は、微生物から動植物まで、地球上のあらゆる生物がもつ。これは、生物が細胞として生まれたとき、環境中の脂溶性有害物が入り込むのを防ぐために獲得したものと考えられている。MDR1の発見を皮切りに、構造的に類似したタンパク質がたくさん見つかり、「ABCタンパク質ファミリー」として括られることに。

「常識はずれ」のMDR1

植田教授がMDR1遺伝子を見つけたのは、1985年から2年間、アメリカに留学したときのこと。それまでは京都大学大学院農学研究科で、DNAに対する抗が

ん剤の作用について研究していた。とくに注目したのは、がんの「多剤耐性」。当時、外科手術と抗がん剤治療によって治癒しても、数年後にがんが再発すると、それまで有効だった抗がん剤が効かなくなる現象が問題となっていた。しかも、これまで治療に用いなかった抗がん剤さえも効かなくなる。この「多剤耐性」は、がんによる死亡の90%以上に關係しており、そのメカニズムの究明が急がれていた。「博士号を取得後、アメリカ国立がん研究所がポストドクを探していると耳にしました。1980年代になって、アメリカでヒトの細胞をシャーレ内で培養する技術が確立され、多剤耐性を示すがん細胞を培養できるようになりました。何か新しい発見ができるかもしれないと睨んだのです」。

このチャンスをつかみ、アメリカへ渡った。

チームの一員として研究を続けていたある日、多剤耐性のがん細胞内で、ある遺伝子が過剰に発現していることに気づいた。それは、膜タンパク質の遺伝子。もしかしたらと思ひ遺伝子を発現させると、タンパク質がエネルギーを利用して脂溶性の抗がん剤を細胞外に排出していることが確認できた。これには、研究所内の全員が目を丸くした。自由に膜を通過できる脂溶性化合物が、わざわざエネルギーを使って細胞の外へ運ばれるとはだれも考えていなかったからだ。

この発見の前までは植田教授の研究に疑問を投げかける人は少なくなかった。

「細胞がいろいろな抗がん剤への耐性をもつのは、多数の遺伝子が関与しているからで、膨大な数の遺伝子を調べなければ、その機構を解明できないはずだ」と。「生化学反応は基質の特異性が高い」という基本からすれば、もっともな意見だった。たとえば、代謝酵素は特異的な糖やアミノ酸を認識して反応する。生化学反応は1対1対応の認識機構が働くのが常識だった。しかし、植田教授らの目の前では、一つのトランスポーター(膜輸送体)が「脂に溶けやすい」という共通項を手がかりに認識し、さまざまな種類の化合物を細胞の外へ運ぶ光景が。「こんなトランスポーターがあるなんて、

だれも想像していませんでした。超ラッキーだったと思います」。植田教授は、発現した遺伝子を多剤耐性の英語表記「Multi-Drug Resistance」の頭文字をとり、「MDR1」と名づけた。

研究者マインドの源流は、シルクロードにあり!?

「常識はむやみに信じない」が植田教授のモットー。研究の支えとなるマインドを身につけたのは京都大学農学部で学部生時代のこと。「当時、バックパックを背負って旅行するのが流行り、多くの若者が海を渡りました。シルクロードに憧れていた私も刺激され、ソ連経由でトルコに入り、イラン、アフガニスタン、パキスタン、インドを旅したのです」。陸続きのルートをバスと列車とで乗り継ぐ貧乏旅行を3か月間続けた。

目のあたりにしたのは、国や地域、民族によって考え方や習慣が大きく異なること。「日本ではあたりまえのことが、ほかの民族では非常識」ということを幾度も経験し、〈あたりまえ〉から解き放たれ、一気に視界が開けた。「常識を疑うことは、科学者には欠かせない姿勢です。本庶佑先生がノーベル賞受賞時の記者会見で『教科書を信じてはいけない』とおっしゃったように、科学の『常識』は一つの発見をきっかけに劇的に変化します。私は多くの先達から批判を浴びましたが、地道に研究を続けた先に未知の世界が開けました」。

MDR1遺伝子の発見以降、思い込

みはいっさい排除して、考えうるかぎりのあらゆる仮説と検証を重ね、その構造の解明に30年近くを費やした。いまはMDR1での研究実績をベースに、ほかのABCタンパク質の研究にシフトしつつある。その一つが、HDL(善玉コレステロール)の形成に必須のタンパク質、ABCA1。HDLが多い人は動脈硬化になりにくいとされるが、ABCA1がどういしくみでHDLを形成するのかがわかれば、心不全や心筋梗塞、脳卒中の予防につながると思っている。



「いちばん好き」を探し求めて

2019年3月に、長年勤めた京大農学研究科で定年を迎えた。学生時代は、他大学の工学部に入ったり、その後京大農学部林学科に入学したりと、所属を転々としたが最終的には農学部農芸化学科に落ち着いた。

回り道をくり返したのは、「自分が何に向いていて、何をしているときにワクワクするのか」を知りたかったから。工学部ではものづくりに興味ももてず、林学科では樹木の名前が覚えられず挫折。どうしたものかと悩んでいるときに偶然手にしたのは、フランスの分子生物学者ジャック・モノーの『偶然と必然』。たちまちDNA研究の虜に。「DNA中の4種類の核酸と20種類のアミノ酸、あわせて24種類の名前さえ覚えたら研究できるから、記憶力に自信がない私にはピッタリだと(笑)」。農芸化学科への転学科後は毎日が刺激的で、あつというまに約40年の月日が流れた。

そして2019年4月、定年退職後は特定教授として、農学部時代から主任研究者を兼任していたアイセムスに改めて迎えられた。かつてはアイセムスの創設メンバーとして関わった縁がある。黎明期の慌ただしさと混迷を知るからこそ、若手がすすくと育つ現在の環境が嬉しい。「私も気持ちを新たに、再出発です」。

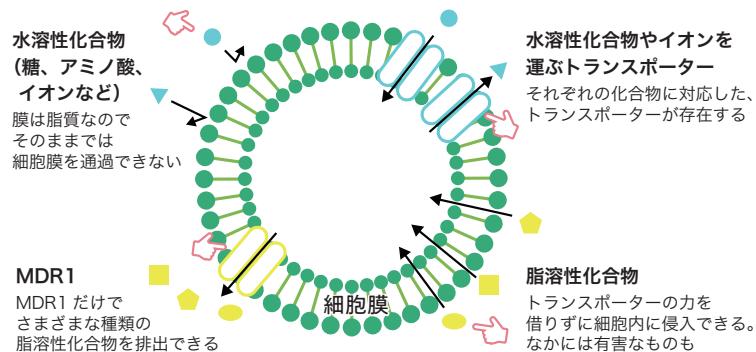
アフガニスタンのカーベット屋にて。「お店の人たちは、見かけはこわそうだけど、とても親切でした」。



60歳のときに合気道の道場の門を叩く。勝ち負けがなく、力を用いずに相手を倒す妙技に惹かれた。「70歳になっても向上できることをしたいという一心で始めました。初段にならないと袴は着られません。なかなか上達しないけど、いつか履きたいなあ」。

あと何年、研究を続けられるかわかりませんが、『生きているとはどういうことか』を知りたいという好奇心は尽きません。生物のしくみはあまりに複雑で多様。ヒトとサルとマウス、似ているようでみんな違う。それぞれの環境に最適な体になるよう進化してきているので、マウスをいくら研究してもヒトのことはわからない。わかったように思えても、観る角度を変えると、まったく違う世界が見えてくる。足もとに転がっている石ころを手にとってみたら、貴重な化石が見つかったというような偶然もたらす発見もある。それが楽しくて研究はやめられません。アイセムスでは優秀な若い研究者がどんどんと新しいことに挑戦し、いろいろな花を咲かせている。私も、みなさんの思い込みを覆すべく、まだまだ挑戦を続けます」。

一般的なトランスポーターとMDR1との違い



低分子化合物の細胞膜透過を可能にする膜タンパク質を「トランスポーター」という。糖やアミノ酸などの水溶性の栄養素は、そのままでは脂質でできた細胞膜を通過できないため、その障壁をこえて細胞内に入るには、ポンプの役割を果たすトランスポーターが不可欠。対照的に、脂溶性化合物は細胞膜を自由に入出入りするが、なかには体に毒となる化合物も。MDR1はATP加水分解のエネルギーを利用して有害な脂溶性化合物を細胞外に運ぶ。

アイセムスの一翼

情報担当 特任研究員
津崎善晴さん

仕事内容

ネットワーク整備

- ・メールシステムや共有サーバなど、京都大学が提供する各サービスに接続するための準備
- ・新しい研究室を立ち上げるさいの環境整備（インターネット接続など）

情報セキュリティに関する啓発活動

トラブルを未然に防止するために、ウイルス対策ソフトのインストールを推奨するなど、拠点内の情報セキュリティの意識向上を呼びかけ、個人の対応を促す。



情報セキュリティに関する調査・対応

京都大学情報環境機構からの依頼にもとづき、iCeMSの施設の情報環境について調査する。

問い合わせ対応

パソコンやシステムにトラブルが生じ、研究者あるいは職員が自力では解決できないことについて相談を受ける。メールで解決することもあるが、質問者に安心してもらえるように直接赴き、ケースバイケースで対応にあたることが多い。

一人ひとりの目線に合わせる

津崎 ● 拠点内の情報環境をつねに考えることが、私の仕事です。部屋の用途が変わる、あるいは新しい機器が導入されるたびに、どうすれば研究者のみなさんが快適に利用できるかを想像しながら情報環境を整備しています。そのためには、日ごろの密なコミュニケーションが不可欠。実際に機器を確認しないとわからないような、細かな問い合わせにも対応しています。

情報機器の理解度は人によってさまざま。心がけているのは、会話のなかで質問者の意図をすばやく察知し、相手にあわせて最適な

説明をすることです。工夫を凝らし、コツコツと経験を重ねてきたおかげか、今では多くの方から頼っていただけるようになりました。アイセムスでは研究者と職員とが互いをリスペクトする風土があります。一人の技術者として接してもらえるのはとても光栄で、仕事へのモチベーションに繋がっています。

情報の安全を守るために

津崎 ● セキュリティトラブルの原因は、わずかな油断から生じることが少なくありません。簡単なパスワードを設定して第三者にアカウントを乗っ取られるとか、怪しげなアプリをダウンロードしてウイルス

研究活動を行ううえで、コンピュータやインターネットなどの情報環境を整えることは必須。研究者が日常的に利用するパソコンが、コンピュータウイルスの感染等で危険にさらされると、公開予定の学術論文のデータが漏洩して成果を他人に奪われたり、機密情報が漏洩したりして大学の信用問題に発展する可能性もある。情報担当の津崎善晴さんは、利便性と安全性を備えた情報環境づくりのために拠点内を奔走している

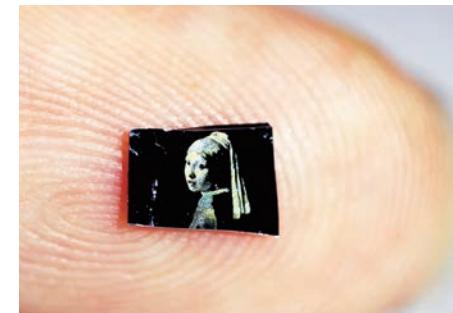
iCeMSの動き

研究成果

OM技術により、インクを使わない超高精細な印刷が可能に

シバニア・イーサン教授らの研究グループは、「OM (Organized Microfibrillation: 組織化したマイクロフィブリレーション)」とよばれる、クレージングを調整してフィブリルを精密に形成させる技術により、特定の色の光を反射させ、私たちの目に色として認識が可能な素材を開発しました。

ポリマー（高分子）は圧力がかかると、クレージングとよばれる作用が起こり、「フィブリル」という細い繊維が生じます。通常、クレージングはプラスチック製品の劣化とともに現れるなどランダムに生じますが、OM 技術を使うことで、フレキシブルで透明な素材上に、画像解像度数 14,000dpi までの精細な印刷が可能となりました。インクを用いないカラー印刷技術の発展や、紙幣の偽造防止など、さまざまな技術への応用が期待されます。



本研究技術の応用例。横幅約1mmの絵画を、インクを使わずに作製できる。

Masateru M. Ito, Andrew H. Gibbons, Detao Qin, Daisuke Yamamoto, Handong Jiang, Daisuke Yamaguchi, Koichiro Tanaka & Easan Sivaniah (2019). Structural colour using organized microfibrillation in glassy polymer films. *Nature*, 570(7761), 363-367

単色X線とナノ粒子による、新規放射線がん治療にむけて新境地を開く

玉野井冬彦特定教授らのグループは、多孔性シリカナノ粒子を使ってガドリニウムを取り込ませたがんの塊に、単色X線を照射することで、その塊がばらばらになり消滅することをあきらかにしました。

現在、放射線治療はがん治療の主要な方法として広く使われていますが、既存のX線はがん組織に届きにくいという課題がありました。研究グループは独自に開発した多孔性シリカナノ粒子を用いて、ガドリニウムをがん細胞の中に送り込み、大型放射光施設 (SPring-8) のビームライン BL14B1で、単色X線を照射しました。その結果、卵巣がんの塊に対して、ガドリニウムからオージェ電子を放出させるのに最も適した50.25keVのX線を照射した場合、がん細胞を効果的に攻撃できることをあきらかにしました。新たながん治療法の開発に繋がることが期待されています。

Kotaro Matsumoto, Hiroyuki Saitoh, Tan Le Hoang Doan, Ayumi Shiro, Keigo Nakai, Aoi Komatsu, Masahiko Tsujimoto, Ryo Yasuda, Tetsuya Kawachi, Toshiki Tajima & Fuyuhiko Tamanoi (2019). Destruction of tumor mass by gadolinium-loaded nanoparticles irradiated with monochromatic X-rays: Implications for the Auger therapy. *Scientific Reports* 9, 13275

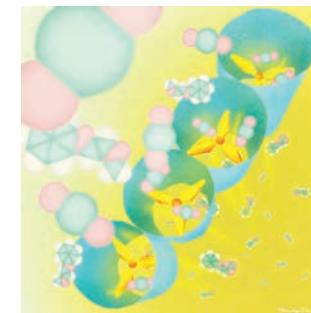


ナノ粒子を用いてガドリニウムをがん細胞に取り込ませ、50.25keVの単色X線を照射すると、他の部分に影響を与えず、がん細胞だけを死滅させることができた。(イラスト：高宮ミンディ)

二酸化炭素を捉えて有機分子へ！プロペラ様の構造をもつ多孔性材料の開発

北川進拠点長らの研究グループは、選択的に二酸化炭素を捉えて有用な有機分子に変換できる、新しい多孔性材料の開発に成功しました。

本研究で開発した多孔性材料は、有機分子と金属イオンからなるジャングルジム状のネットワーク構造でできており、内部にはナノサイズの小さな穴（細孔）が無数にあります。この細孔は二酸化炭素に高い親和性があり、選択的に二酸化炭素を細孔に取り込みます。今回開発した多孔性材料は、二酸化炭素を取り込むだけでなく、二酸化炭素の反応性を高め、有用な有機分子に変換させることができます。地球温暖化の主因とされる二酸化炭素を安価に資源として活用する技術への応用が期待されます。



今回開発された多孔性配位高分子 (PCP) は、プロペラのような形の分子構造を持っており、二酸化炭素を吸着して有用な有機分子に効率的に変換することができる。(イラスト：高宮ミンディ)

Pengyan Wu, Yang Li, Jia-Jia Zheng, Nobuhiko Hosono, Ken-ichi Otake, Jian Wang, Yanhong Liu, Lingling Xia, Min Jiang, Shigeyoshi Sakaki & Susumu Kitagawa (2019). Carbon dioxide capture and efficient fixation in a dynamic porous coordination polymer. *Nature Communications* 10, 4362

UCLA、台湾中央研究院と共同でオンサイトラボを2件設置

京都大学のオンサイト・ラボラトリーとして、アイセムスから新たに「量子ナノ医療研究センター（アイセムスとカリフォルニア大学ロサンゼルス校）」、「統合バイオシステムセンター（アイセムスと台湾の中央研究院）」の2件が認定されました。アイセムスからは既に昨年、「スマート材料研究センター（アイセムスとウィタヤシリメティール科学技術大学院大学）」が認定されています。10/5には、量子ナノ医療研究センターの開所式が開催されました。



栄誉

- 北川進拠点長がエマニュエル・メルクレクチャーシップ賞を受賞 (5/13)
- 影山龍一郎連携PIが武田医学賞を受賞 (9/20)
- 深澤愛子教授が「輝く女性研究者賞」JST理事長賞を受賞 (10/17)

活動

- Shanghai-Kyoto Chemistry Forumを開催 (3/23)
- iCeMS Future DayとiCeMS基金寄付者感謝の集いを開催 (3/25)

日英の高校生ら62名がアイセムスを訪問

8/1に日本と英国の高校生ら62名がアイセムスを訪問しました。高校生たちは、アイセムスの研究内容を紹介する11のブースを巡回し、研究にまつわる機器を手にとったり、実験を体験したりすることを通して、サイエンスの楽しさや奥深さに触れました。高校生からは、「答えを見つけるだけでなく、みんなで考えることのたいせつさを感じた」、「いろいろな専門の人がいっしょに研究する方がわかることも多いと思った」といった感想が寄せられました。



- SPIRITS国際シンポジウム「Shaping Self-Assembled Mesoscale (Bio)Materials with Microengineering」を開催 (3/28)
- 長谷川光一グループが開発した技術を用いた幹細胞培養液が市販化 (3/29)
- 台湾オフィス開設セレモニーを開催 (6/24-25)
- E-MRS 2019 Springにブースを出展 (6/27-30)

iCeMS基金へのご支援のお願い

iCeMS (アイセムス)では、国内外から集まった研究者たちが昼夜を問わず研究に打ち込んでいます。研究の成果は応用研究につながり、不治の病に苦しむ人の命を救ったり、100年後の地球環境の改善に役立ったりするかもしれません。いっぽうで、すぐには人びとに理解されず「価値のないもの」と見なされるかもしれません。私たちの挑戦の先に広がる景色は、まったく予想ができません。しかし、科学を着実に進歩させる研究だと確信しています。

世界としのぎを削る分野で、iCeMSの研究者たちが歩みを止めずに活動を続けるには、安定した財政基盤の構築が不可欠です。iCeMSの活動と精神を何卒ご理解いただき、iCeMS基金を通してご支援を賜りますようお願い申し上げます。

お問い合わせ先

京都大学アイセムス 研究支援部門
Tel : 075-753-9749 メール : innovpe@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp
WEB フォーム : u.kyoto-u.jp/form



編集後記

今号の特集にご登場いただいたのは、アイセムスにきょう1年が経つ深澤愛子先生。研究者目線で周期表をわかりやすく熱弁していただき、その緻密な規則性と理論の奥深さを再確認しました。先生の周期表への愛の深さは、まるでマリアナ海溝のようです。取材後にも栄えある賞を受賞されました。今後の活躍に目が離せません。

「フロントランナーのまなざし」の取材を快諾いただいた植田和光先生は、個人的にずっと前からファンでした。ほがらかで好奇心の溢れるお人柄を、ようやく読者のみなさんにご紹介できました。念願が叶って、テンションが上がっています。

(高宮泉水)

