

# JST news

未来をひらく科学技術

4  
2026

特集  
1

糖尿病を「臓器間ネットワーク」で克服へ  
採血なしで発症超早期に予測し予防する

特集  
2

天然ゴムの「自己補強効果」の仕組み解明  
特徴を応用し優れた合成品の開発を目指す

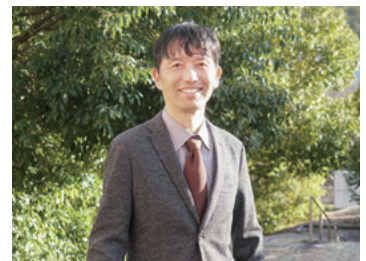
03 特集1

糖尿病を「臓器間ネットワーク」で克服へ  
採血なしで発症超早期に予測し予防する



08 特集2

天然ゴムの「自己補強効果」の仕組み解明  
特徴を応用し優れた合成品の開発を目指す



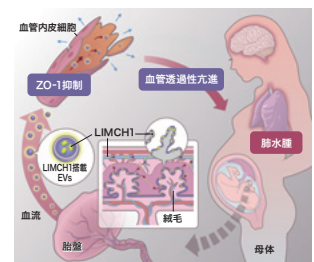
12 特別企画 第7回 輝く女性研究者賞(ジュンアシダ賞)受賞者対談

自分の興味を追求し、社会貢献も可能  
これまでの道のりとこれからの課題



14 NEWS&TOPICS

- ▶ 早発型妊娠高血圧腎症のメカニズム発見
- ▶ マメ科植物が根粒菌と共生する進化解明
- ▶ コンクリート内部の異常を非破壊検査
- ▶ 台風の急発達をスパコン「富岳」で再現



16 さきがける科学人

光を吸収した分子1個が生み出す電流を計測  
光合成に倣う超高効率太陽電池を目指す

東京科学大学 理学院物理学系 准教授 今井 みやび



JSTは、シンクタンク機能、研究開発、産学連携、次世代人材育成、科学と社会との対話など、多岐にわたる事業を通じて、持続可能な開発目標(SDGs)の達成に積極的に貢献していきます。

 ▶ P.14下	 ▶ P.3、P.12	 ▶ P.12	 ▶ P.15下	 ▶ P.14下
 ▶ P.3、P.15上	 ▶ P.15上	 ▶ P.14下	 ▶ P.12、P.15下	 ▶ P.14下、P.15下

編集長 小林 里美  
科学技術振興機構(JST)広報課  
制作 株式会社角川アスキー総合研究所

印刷・製本 株式会社丸井工文社





## 片桐 秀樹

Katagiri Hideki

東北大学 大学院医学系研究科 教授

2020年よりムーンショット型研究開発事業  
目標2プロジェクトマネージャー

### 特集 1

## 糖尿病を「臓器間ネットワーク」で克服へ 採血なしで発症超早期に予測し予防する

糖尿病は自覚症状がないまま進行し、悪化すると合併症を引き起こす深刻な病気だ。現在の治療は継続したインスリン注射や飲み薬による血糖値のコントロールが主であり、根本的な治療法はいまだに存在しない。そのため、早期発見と予防が重要となる。東北大学大学院医学系研究科の片桐秀樹教授は、脳や神経を介した「臓器間ネットワーク」に注目して糖尿病の克服を目指すプロジェクトを総括。採血検査をしなくても糖尿病を超早期で検出し、その発症を未然に防げる社会の実現に向けて歩み続けている。

#### ムーンショット型研究開発事業

日本発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発を推進するプログラム。

## 国内患者・予備群は約2000万人 一度発症すると治癒は困難

糖尿病は、血液中に流れるブドウ糖の濃度が慢性的に高くなってしまいう病気である。私たちの体内では、<sup>すいぞう</sup>膵臓中に点在する島状の細胞が集まったランゲルハンス島のβ細胞から分泌される「インスリン」というホルモンが血糖値を調整している。しかし、糖尿病になると、十分な量のインスリンを作ることができなくなったり、インスリンの効果が発揮されなくなったりする。現時点で根本的な治療法はなく、食事や運動、服薬などによって血糖値を正常範囲に近づける血糖コントロールが主な治療方法である。日本では生活習慣を要因とする2型糖尿病が糖尿病全体の9割以上を占めるという。

日本国内には、糖尿病の患者と正常よりも血糖値がやや高く糖尿病を発症するリスクが高い「糖尿病予備群」が合わせて約2000万人いると推定されている。多くの場合、自覚症状がないまま進行し、悪化すると失明や腎不全などの合併症や、心不全といった重篤な疾患を引き起こす。その結果、健康寿命の短縮や生活の質の低下をもたらすだけでなく、医療費の増大や介護需要の増加を通じて社会全体にも大きな損失を及ぼしている。

この問題に対し、東北大学の片桐秀樹教授はJSTのムーンショット型研究開発事業の目標2「2050年までに、超早期に疾患の予測・予防をすることができる社会を実現」における研究プロジェクトの1つである「恒常性の理解と制御による糖尿病および併発疾患の克服」のプロジェクトマネージャーとして、糖尿病の超早

期発見、発症予防の研究を進めている。今回は、このプロジェクトの成果を紹介する。

## 医学以外の多様な分野とも連携 脳と神経に注目した独自の視点

片桐さんらの最終目標は、何度も採血検査をしなくても糖尿病やその合併症についての情報を得られるようにして、糖尿病を超早期に発見したり、発症予防の手段を講じたりできるようにすることだ。そのために、医学の各分野はもちろん、薬学、情報科学、工学、数学などのさまざまな領域の研究者と連携してプロジェクトを進めている。実は、プロジェクトメンバーの中で糖尿病の専門医は片桐さんを含めて数人だ。「糖尿病の研究者だけでは解決できない課題に立ち向かうため、必要な技術や知識を持っている人たちに声を掛けました。専門外の視点が入ることで議論も活発になります」と、多様性の大切さを語る。

片桐さんがムーンショット型研究開発事業に応募した理由の1つは、

長年提唱してきた「臓器間ネットワーク」の研究成果を活用できると考えたからだ。臓器間ネットワークとは、脳が全身の臓器や器官の情報を集め、指示を出すことで代謝バランスを保っているという考え方。こうした情報は神経を介してもやりとりされるため、神経系に注目した糖尿病の病態解明や超早期予測法・予防法開発が独自の視点となる。

片桐さんは体内環境を一定に保つ「恒常性」に関心があり、糖尿病は「代謝がほんのちょっとだけ変わった状態」だと説明する。空腹時の全身の血液に含まれているブドウ糖は健常者で約4グラムであり、3グラムになったら低血糖、6グラムを超えると糖尿病と診断されるという。片桐さんは「ブドウ糖を精密に制御するような代謝のメカニズムを解明したいというのが私の研究の始まりです」ときっかけを語る。

## AIと心電図で心不全を予測 併発疾患の在宅管理の実現へ

糖尿病の併発疾患には、高血圧や

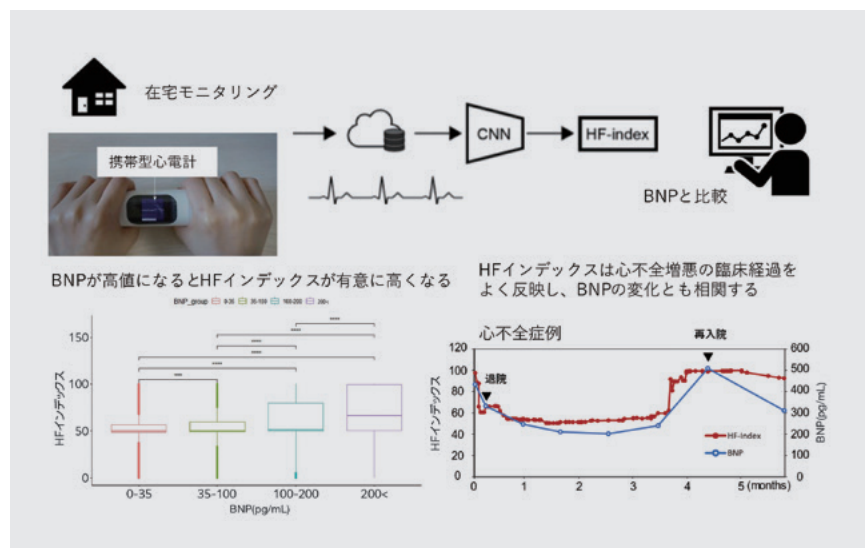


図1 心不全データから算出される独自指標のHFインデックスはBNP濃度の上昇よりも早く心不全の悪化を検出でき、自宅での心不全管理に有効であることが示された。

心臓のポンプ機能が低下する心不全などがある。心不全は命に関わる病気であり、糖尿病と併せてこれらの併発疾患の早期発見も重要な研究課題である。このプロジェクトでは、自宅でも使える計測装置を使って、これらの併発疾患の予兆を捉える人工知能(AI)の研究を進めている。

心不全の悪化は自宅で起きることが多い。この問題に対して、プロジェクトメンバーの1人である、東京科学大学大学院医学系研究科/東京科学大学難治疾患研究所の藤生克仁特任教授らは、9500人以上の心電図データを学習したAIモデルを活用し、心不全の重症度を分類する「HFインデックス」という指標を開発。自宅でも使える携帯型心電計や腕時計型デバイスで計測される心電図からHFインデックスを算出すると、心不全の悪化や発症を高精度で診断できることを実証した。

臨床の間では心不全の指標として、血液検査により「脳性(B型)ナトリウム利尿ペプチド(BNP)」を測定することが一般的だが、HFインデックスはBNPと同等あるいはより鋭敏に心不全を検出できることを明らか

にした(図1)。このシステムを応用することで、自宅で心不全を早期に発見でき、遠隔医療の発展にもつながることが期待される。

この研究にヒントを得て、東京科学大学大学院医歯学総合研究科の山田哲也教授は、自宅でも使える携帯型・腕時計型心電計から、糖尿病の超早期段階を高感度に検出するアルゴリズムの開発に成功した。

さらに藤生さんは、ターゲットスペクトルカメラという特殊なカメラを用いて、顔や手のひらを5秒間撮影するだけで高血圧を検出するAIモデルも開発。これは、皮膚の反射スペクトルを測定し、高血圧に特徴的な波長データをAIで解析することで、非侵襲的に健康状態を数値化・可視化するものだ。このモデルを発展させ、超早期段階での糖尿病の状態を検出することにも成功。2025年の大阪・関西万博で展示し、来場者は非接触の健康診断のデモを体験した(図2)。いずれの成果も、日常生活の中で糖尿病やその併発疾患の発症に対する早期検出につながるものだ。

## 迷走神経刺激しインスリン増てんかん治療の患者で実証へ

検出ができて予防できなければその意味は限られる。片桐さんは、糖尿病を防ぎ治す方法として、膵臓のβ細胞の増加法について画期的な成果を上げている。片桐さんは以前、肝臓-脳-膵臓という神経系による臓器間ネットワークによる膵臓β細胞の量調節の仕組みをマウス実験で明らかにした。具体的には、血糖値が上がると肝臓で細胞外シグナル制御キナーゼという酵素が活性化し、そのシグナルが神経を介して脳に、さらに脳からの情報が迷走神経という自律神経を介して膵臓に伝わり、β細胞の増加を促すというものだ。

今回のプロジェクトではもう一歩踏み込み、糖尿病の予防を想定した実験を試みた。まず、脳から膵臓に伸びている迷走神経を、青色光による刺激で活性化するように遺伝子を改変したマウスを作製し、近赤外光を当てると膵臓が青くなるように細工。そのマウスに近赤外光を当て糖分を与えたところ、インスリン分泌量が増加し血糖上昇を抑制した。また、光

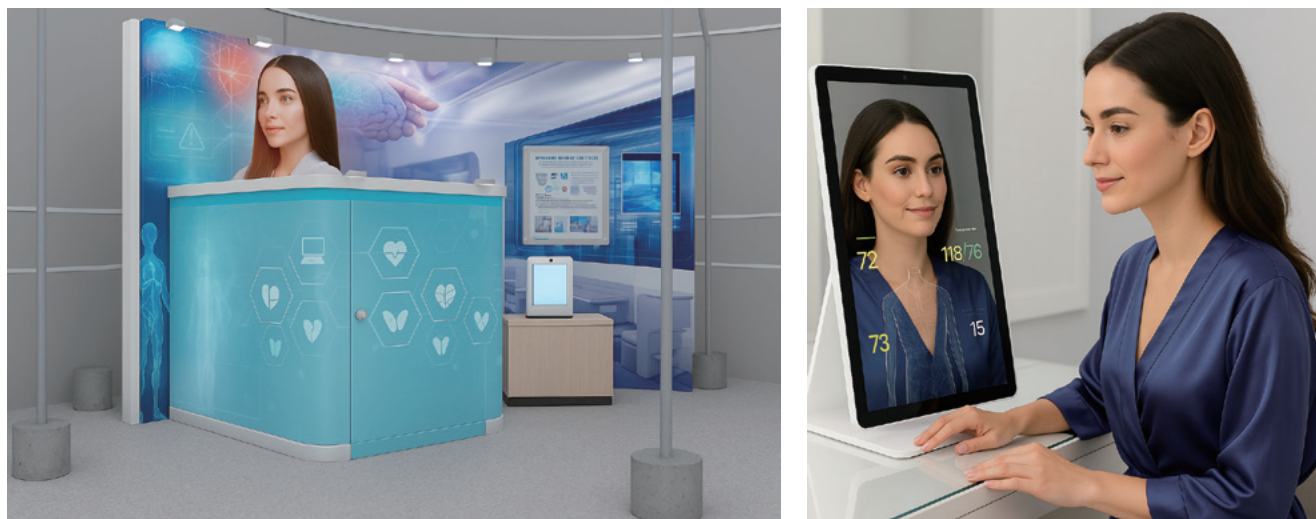


図2 大阪・関西万博で展示した「街中に溶け込んだ未来の健康診断を体験しよう」(左)。ミラー型サイネージ(右)に設置されたカメラに数秒顔を映すだけで、心拍、血圧、糖尿病の状態まで検出できる。

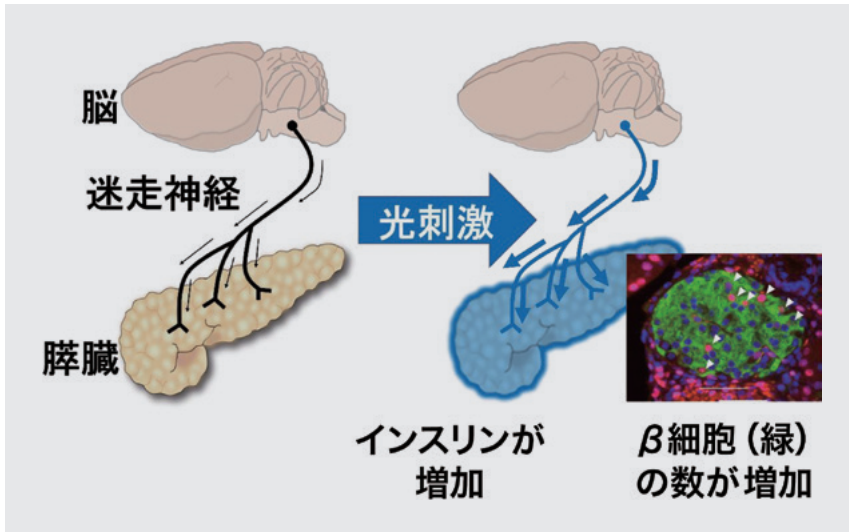


図3 遺伝子改変したマウスに近赤外光を当て膵臓を青くすると、膵臓につながる迷走神経が活発化してβ細胞の数が増加した。白色の矢頭が指すピンク色の部分が、増加したβ細胞の核を示す。

刺激を2週間続けるとβ細胞の数が2倍以上に増えることがわかった(図3)。膵臓につながる迷走神経だけを刺激することで、質と量の両面からβ細胞を活発にし、血中のインスリン量を増加させることができたというわけだ。

この実験では遺伝子を改変したため、そのまま実際の患者に使うことはできない。一方、てんかん患者の中には、治療のために迷走神経を電気刺激する装置を埋め込んでいる人がいる。この患者に協力を依頼して、グルカゴン負荷試験という検査でβ細胞量を調べる臨床研究を実施し、実際にヒトで迷走神経刺激によりβ細胞が増えるかを確認している。今後は糖尿病患者で検証したいとしている。

一方で、より手軽な方法として、β細胞を増やす飲み薬やサプリメントの開発も考案中だ。片桐さんらは、候補となる化合物をすでにいくつか見つけているという。

### 食後血糖値抑制でリスク低下 40年にわたる追跡調査で判明

現在の糖尿病は、空腹時に75グラムのブドウ糖を摂取して一定時間後の血糖値を調べる「ブドウ糖負荷試験」による基準値に基づいて診断される。しかし、糖尿病を発症する前の「正常」といわれている血糖値の中でもさらに死亡リスクの低下につながる範囲があるのかは不明だった。

そこで片桐さんらは、岩手県大迫町(現・花巻市)の一般住民を対象に1986年から継続的に実施されている追跡調査のデータを用いて、長期的な検討を実施した。この追跡調査は高血圧や循環器疾患に関するもので、4年に1回の頻度でブドウ糖負荷試験が実施されている。研究では、耐糖能が正常である平均62歳の地域住民を対象に、ブドウ糖負荷試験における血糖値と寿命の関係を検討。その結果、ブドウ糖摂取1時間後の血糖値が1デシリットルあたり170ミリグラム(mg/dL)以上の群では、それ以下の群に比べて、その後20年間で顕著に死亡率が高いことがわかった(図4)。さらにその死因としては、動脈硬化や悪性腫瘍が増えることも示された。

この結果は、食後血糖値の上昇と動脈硬化や悪性腫瘍の発症とに共通のメカニズムがあることを示唆するものであり、現在片桐さんらはこのメカニズムの解明を進めている。動脈硬化や悪性腫瘍を防いで寿命を延ばすことにつながることを期待され、

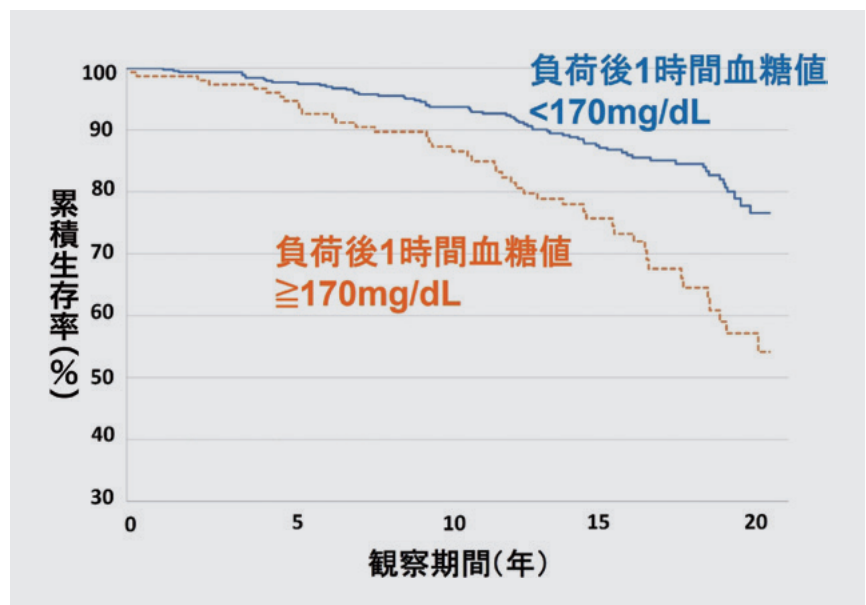


図4 調査開始時において健常者だった人たちのうち、糖負荷試験後1時間で血糖値が170mg/dL以上の人たちは、そうでない人たちに比べて20年後の生存率が大きく低下する。

大きなインパクトにつながると考えられる。

## 中年太りの一因に神経細胞 運動中のエネルギー源も解明

片桐さんのプロジェクトでは他にも、体内の臓器や器官が協働して代謝のバランスを整えていることを多く明らかにしてきた。年を取って痩せにくくなったと感じる人は多いだろう。その原因の1つに、脳の神経細胞から伸びている突起の長さがあるかもしれない。

生物の体には、体内に脂肪が蓄積すると、脂肪細胞からレプチンというホルモンが分泌され、代謝量や脂肪燃焼量を増やし、食欲を抑える仕組みがある。レプチンが脳の視床下部にある神経細胞に作用すると、その神経細胞からメラノコルチンという分子が分泌され、メラノコルチンを別の神経細胞にあるメラノコルチン4型受容体(MC4R)というたんぱく質が受け取り、代謝促進や食欲抑制をもたらす。

MC4Rは神経細胞全体にあるのではなく、神経細胞からアンテナのように伸びている「一次繊毛」の表面にしか存在しない。そこで、名古屋大学大学院医学系研究科の中村和弘教授らは、ラットのMC4Rがある一次繊毛は加齢によって徐々に短くなること、遺伝子改変によって一次繊毛を強制的に短くするとエサの摂取量が増えて体重も体脂肪率も増加することを突き止めた(図5)。現在は、薬の投与によって一次繊毛を伸ばせないか、研究を進めているという。

また、肥満に対しては運動が有効とされているが、運動の強度によってエネルギー源が使い分けられてい

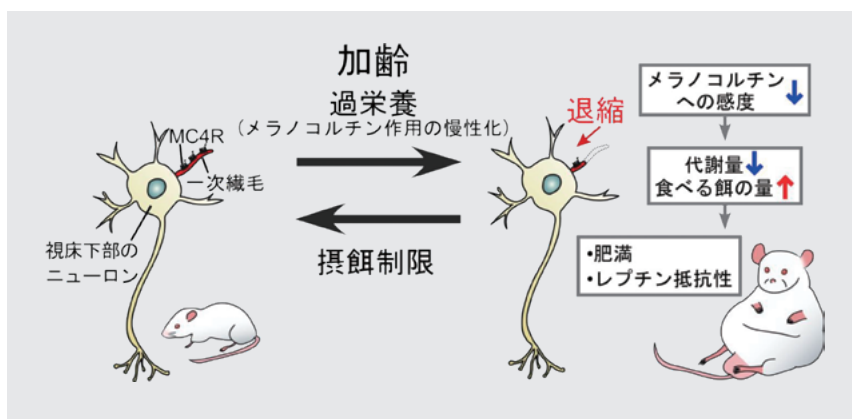


図5 年を取ると神経細胞から伸びている一次繊毛が短くなり、メラノコルチンへの感度が下がることによって代謝量が低下すると同時に、餌の摂取量が増える。

ることも明らかにした。肝臓では炭水化物以外からブドウ糖を作る「糖新生」という反応が起こっている。片桐さんらはマウスの実験から、ゆっくり走る軽い運動では脂肪組織からのグリセロールを、速く走る激しい運動では筋肉に由来する乳酸を材料にして糖新生が起きていることを見いだした。この仕組みを制御することは、運動能の向上法や肥満を改善し、サルコペニアを予防する手法につながると考えられる。高齢者は筋肉維持が重要であるため、肝臓の糖新生に注目することで筋肉を維持しながら脂肪を燃焼する運動療法や運動補助剤の開発につながるものと期待される。

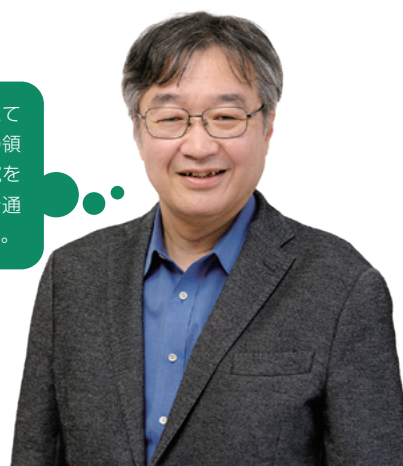
片桐さんはこれまで、自身が参加する共同研究以外にも、プロジェクトマネージャーとして腕を振るってきた。「日本のトップレベルの研究者である参画メンバーと意見交換を進めることができるのは本当にありが

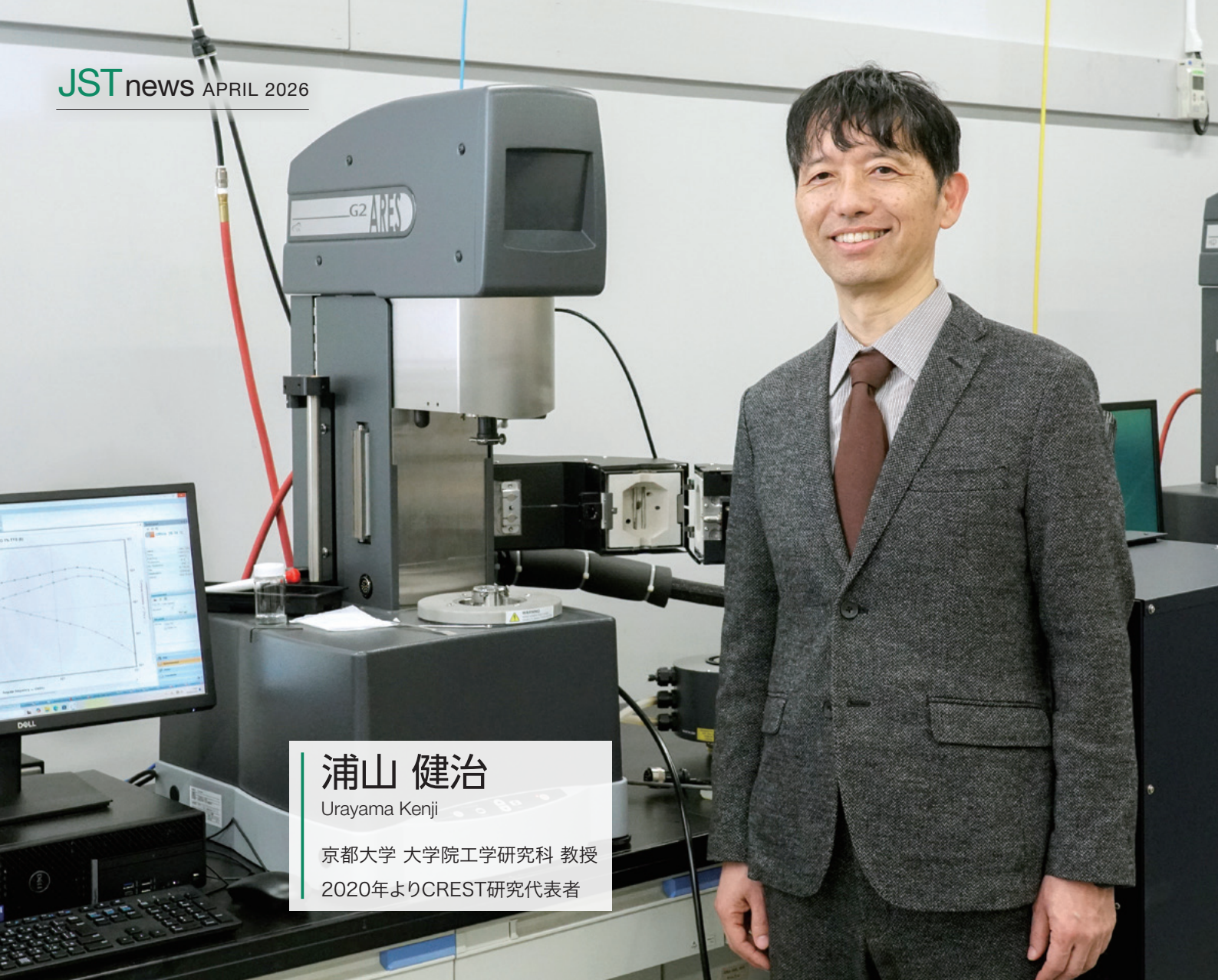
たく、異分野の研究者の成果をプロジェクト内での共同研究につなげるなどやりがいをもって連携を進めてきました」と振り返る。

10年間のプロジェクト期間の半分が過ぎた現在、後半の5年間ではそうした連携を生かして、AIや数理モデル解析をより充実させたいと意気込みを見せる。「例えば、糖負荷試験や血液循環のシミュレーターを作成しており、血糖値やインスリン濃度の変化を正確に予測し、各臓器の代謝状態を評価できることを目指しています」。さらに、次の世代への継承も見据えて、プロジェクト参加者3名をサブプロジェクトマネージャーに任命した。プロジェクトの総力を挙げて、最終目標である「2050年の糖尿病や併発疾患の超早期発見・予防」の実現を確かなものにすべく取り組みが進んでいる。

(TEXT:島田祥輔、PHOTO:島本絵梨佳)

医学や生命科学の分野にはまだまだ疑問が残されており、解明すべきことがたくさんあります。未知の領域にチャレンジすることは困難も伴いますが、研究をすればするだけ面白くなります。意外な研究結果を通じて、「今の非常識」が「後の世の常識」になるのです。





浦山 健治

Urayama Kenji

京都大学 大学院工学研究科 教授

2020年よりCREST研究代表者

特集  
2

## 天然ゴムの「自己補強効果」の仕組み解明 特徴を応用し優れた合成品の開発を目指す

輪ゴムやタイヤのように、私たちの生活の身近なところにあるゴム製品。天然ゴムは合成ゴムよりも耐久性に優れていることが知られているが、その分子レベルでの仕組みは長年明らかになっていなかった。京都大学大学院工学研究科の浦山健治教授は、天然ゴムを構成する鎖状高分子の末端の官能基が形成する集合体が「自己補強効果」を促進することを解明。この特徴を応用した材料設計の指針を打ち出すことで、より耐久性や耐熱性に優れた合成ゴム製品の開発を目指している。

戦略的創造研究推進事業 CREST

科学技術・イノベーションに大きく寄与する、新たな科学知識に基づく創造的で卓越した革新的技術のシーズ（新技術シーズ）の創出を目的とするネットワーク型研究（チーム型）を推進する。

「液体」の生ゴムが加硫で一変  
耐久性と柔軟性を生む架橋反応

天然ゴムの歴史は紀元前までさかのぼり、紀元前1500年頃の中米のオルメカ文明やマヤ文明ではゴムでできたボールを蹴る球技があったという。15世紀には、南米を訪れたコロンブスが弾むゴム球を見て驚き、欧州に紹介したとされている。しかし当時のゴムには、強い力をかけると元の形に戻らないという弱点があった。

ゴムの歴史が一変するのは1800年代半ば。米国の発明家チャールズ・グッドイヤーは、ゴムノキから採取した生ゴムに硫黄を加えて加熱(加硫)すると、耐久性・耐熱性・弾力性が大きく向上することを発見した。これを機に実用化が進み、ゴム製のタイヤなどが広く普及した。

天然ゴムを構成するのは、イソプレンという分子が鎖状につながった「ポリイソプレン」という高分子だ。ゴムのような柔らかい材料「高分子ソフトマテリアル」の性質の研究を専門とする京都大学の浦山健治教授は「生ゴムは無数のポリイソプレン分子が絡み合いながら自由に動いている状態で

あり、その意味では「液体」といえます」と、その意外な性質を説明する。

弾力はあるものの、本質的には液体に近い状態である生ゴムは、大きく伸ばすと元の形に戻らない。だが、グッドイヤーが発明した加硫によって、高分子鎖同士が部分的に結びつき、3次元の網目構造が形成される。この

「架橋」によって、伸ばしても元の形に戻る回復性を持つ「固体」としての性質が加わる(図1)。こうした「液体」と「固体」の二面性を利用して耐久性や弾力性を実現しているのが、現在のゴム製品だ。

架橋された天然ゴムの大きな特徴の1つに、独特の硬さがある。ゴムを引き伸ばすと、最初は容易に伸びるが、ある程度を超えると急に硬く感じられる。実はこの時、分子鎖の一部が規則正しく並び「結晶化」が起こり、柔らか

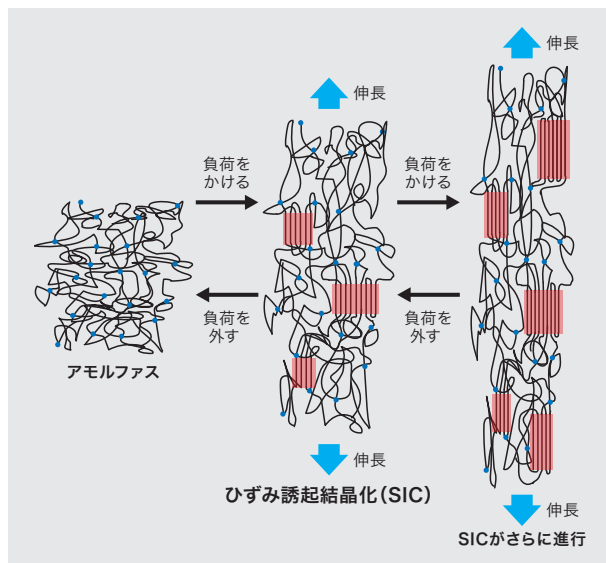


図2 力を加えていないゴムは無数の鎖状高分子が無秩序に配置されている「アモルファス」と呼ばれる状態である(左)。一定以上の負荷をかけると右のオレンジ色部分のように分子鎖の一部が規則正しく並び「ひずみ誘起結晶化(SIC)」が起こって硬化する。負荷が増加するほどSICと硬化は進行する。

い網目構造の中に硬い結晶部が生まれている。結晶化とそれに伴う硬化は、引き伸ばすほど進行し、天然ゴム特有の強靱性(きょうじんせい)を生み出している(図2)。

ゴムを伸ばした時に結晶化する現象は「ひずみ誘起結晶化(Strain Induced Crystallization : SIC)」と呼ばれ、1925年に発見された。SICによってゴム自体がさらに硬くなる自己補強効果もたらされ、ちぎれてバラバラになる破断現象が起こりにくくなる。ゴム製品の持つ強靱性は、SICによる自己補強効果で実現しているのだ。

天然と合成でSIC性能に違い  
シス体率を高めても変わらず

ゴムには大きく分けて、植物が生産する樹液を原料とする天然由来のゴムと、石油から化学合成して作られる合成ゴムがある。パラゴムノキ由来の天然ゴムとほぼ同じ化学構造を持つポリイソプレンゴムは、合成ゴムの一種として広く普及しているが、SICの性能や強靱性は天然ゴムの方が高い。そのため、大きな負荷がかかり高

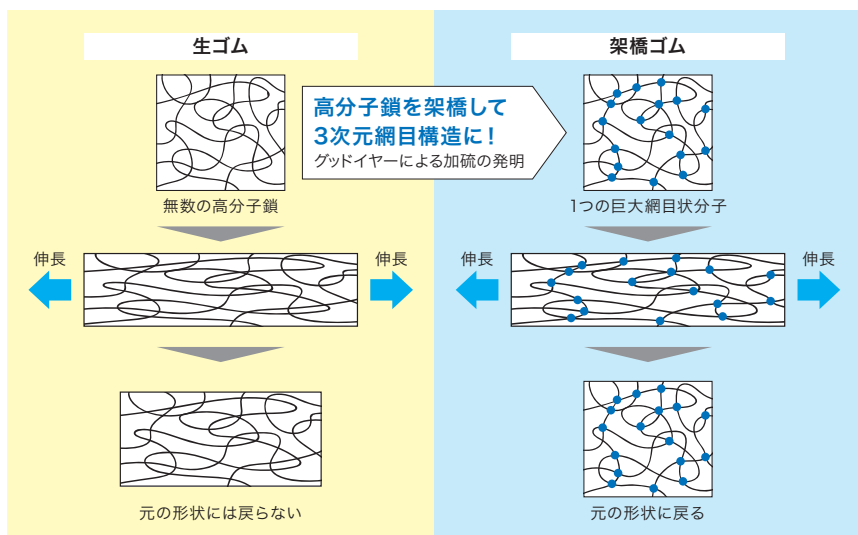


図1 生ゴムに硫黄を加えて加熱すると、高分子鎖の一部が結合して立体的な網目構造になり、この反応を架橋と呼ぶ。架橋によってゴム独特の弾力性と柔軟性が生まれる。



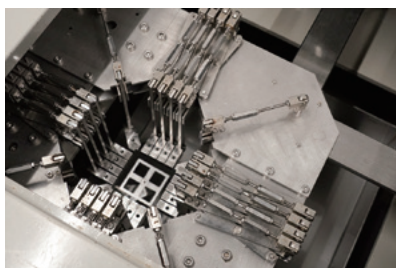


図4 浦山さんの研究室で自作した二軸伸長測定装置。測定中は試料を水に浮かせることで、自重による変形の影響を無視できるように工夫されている。

うど100年後に、その機構を明らかにできました」と感慨深げに語る。

「末端変性の反応制御は容易ではないため、すぐに実用化できるわけではありません。また、会合力が重要なのは確かですが、単に強ければ良いというわけではないことが実験と計算機シミュレーションの両面から明らかになっています」と話し、今後は最適な会合条件を探ることが課題だと指摘する。それでも今回の発見は、SIC起源によるゴム強度を高める新たな設計指針を示すものであり、さまざまなゴム製品の性能向上への貢献が期待される。

### 直交する力では結晶化を抑制 従来理論の見直し迫る結果も

浦山さんの研究室では、縦軸と横軸の二方向に素材を独立して引き伸ばす二軸伸長測定装置を自作し、一方向の測定では得られない多様な力学データを取得できる体制も整えている(図4)。現実のゴム製品は複雑な形状をしており、多方向から引っ張ったり押し込んだりして複雑な変形を受けるからだ。

ただし、SICを詳しく解析するには試料を大きく引き伸ばす必要があるが、この二軸伸長測定装置ではその点で十分とはいえないことがわかっ

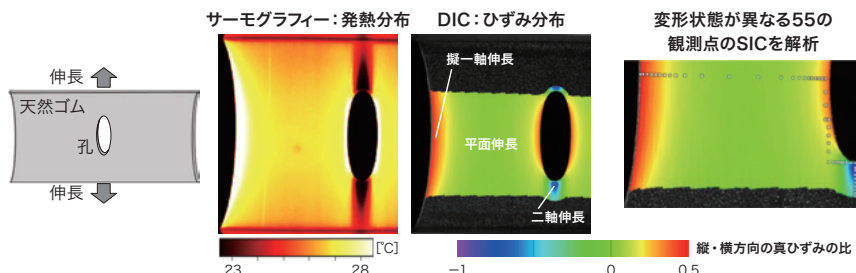


図5 複雑変形で生じるSICの測定の例。小さな孔を開けた天然ゴムシートを一方方向に引っ張り、画像解析(DIC)によりひずみ分布を、サーモグラフィーにより発熱分布を同時に測定する。孔の存在により、縦・横方向の真ひずみ比が場所ごとに異なる多様な二軸変形状態が生じる。その結果、ひずみの組み合わせに応じて結晶化度(SIC)の分布も不均一になる。この研究では変形状態の異なる55の観測点についてSICを解析した。

た。そこで浦山さんが考案したのが、小さな<sup>あな</sup>孔を開けた天然ゴムシートを<sup>はんよう</sup>汎用装置で一方方向に引き伸ばし、孔の存在によって生じる複雑な変形を利用するというものだ(図5)。

具体的には、長さ175ミリメートル、幅20ミリメートルの幅広の天然ゴムシートに直径5ミリメートルの孔を開け、幅の方向に引っ張る。その際、画像解析によってひずみ分布を、サーモグラフィーによって発熱分布を同時に調べる。ひずみ分布解析からは各位置でどのような変形が起きているのかを読み取ることができる。すなわち、ある点では一方方向の伸長、別の点ではある割合の二方向変形が生じていることがわかる。ゴムは結晶化する際に大きく発熱するため、発熱分布は結晶化の度合いを示す指標となる。

この方法で試料中の多数の観測点を解析したところ、意外な事実が明らかになった。縦方向の引っ張りと同じ場合でも、横方向の引っ張りが大きく

なるほど結晶化度は低下し、両方向の引っ張りが等しい時に最も結晶化が抑制されていたのだ。「この結果は、従来理論の予測とは逆です。SICを理解するには、変形の二軸性を取り入れた新たな理論が必要です」と浦山さんは熱く語る。

「ソフトマテリアルの複雑変形の解析は私のライフワークの1つです。ひずみ分布や応力分布、さらには結晶化分布までを、多様な変形条件の下でここまで高精度に実験的評価できる研究室は、世界的に見ても他にないと思います」と自信を見せる。広く利用されているゴムだけでなく、人体を構成し生命現象を支えるゲル状物質などのソフトマテリアルには、いまだ解き明かされていない多くの謎が潜んでいる。今後も、浦山さんは多様な解析手法を駆使しながら、複雑変形下で現れるさまざまな物理現象の解明に挑み続ける。

(TEXT:島田祥輔、PHOTO:松井ヒロシ)



やってみようと思ったことや、不思議に感じたことは、ぜひ大切にしてください。たとえ周囲から突拍子もないと言われるアイデアでも、長く温め続けていれば、科学技術の進歩がそれを実現可能にする日が来るかもしれません。研究の種は、時代を超えて芽吹くことがあるのです。私が博士学位を取得した頃に思いついた研究テーマのいくつかは、当時は必要な実験技術や研究環境が整っておらず、実現は困難でした。しかし、それから約30年たった今、合成や測定技術の進歩によって、当時は不可能だった研究が可能になっています。実際に、そのいくつかは現在、私の研究室で進行中の研究テーマにもなっています。

## 自分の興味を追求し、社会貢献も可能 これまでの道のりとこれからの課題

女性研究者の活躍推進の一環として、持続的な社会と未来に貢献する優れた研究などを行っている女性研究者を表彰する「輝く女性研究者賞(ジュニアシダ賞)」。2025年に開催された第7回の同賞受賞者である、九州大学の中野知香助教と東京科学大学の原祥子講師(キャリアアップ)に、女性研究者としてお互いの立場や課題についてお話をいただいた。



**中野 知香** 九州大学 応用力学研究所  
海洋プラスチック研究センター 助教

**原 祥子** 東京科学大学  
脳神経機能外科学分野 講師(キャリアアップ\*)  
※大学における男女共同参画及びダイバーシティの推進に関わる教員

Nakano Haruka × Hara Shoko

### 海洋プラスチックともやもや病 仕事の見直しで出会ったテーマ

Theme

**中野** 私は、海洋マイクロプラスチックの動態を研究しています。具体的には海のどのような場所に、どんなタイミングでマイクロプラスチックが集まるのか、それらがどう生物に影響を与えるのかの分析です。今はタイに拠点を置いて、タイランド湾で調査をしています。

**原** 世界に役立つ研究で、素晴らしいですね。小学2年生の娘が「プラスチックモンスターをやっつけよう! きみが地球のためにできること」(高田秀重監修)という本を読んでいて、海のプラスチックごみに興味を持っています。

**中野** ありがとうございます。原先生の研究分野である「もやもや病」、実は初めて病名を聞きました。

**原** 脳の血管が細くなって、もやもやと異常な血管が発生することから付いた名前です。国際的にも「Moyamoya disease」と呼ばれています。そこから手足の力が抜ける発作、脳梗塞、脳出血を起こすこともあります。今

のところ、もやもや病の原因はわかっておらず、治療法も確立していません。もやもや病に関わり始めた当初は磁気共鳴画像法(MRI)による検査方法の研究をしていましたが、最近は患者さんのデータを集めて、起きやすい症状や患者さんが生活する上で何に注意をすればいいのかといった研究もしています。

**中野** どうして、もやもや病を研究しようと思ったのですか?

**原** もやもや病の患者さんを多く診ている病院に勤務したのがきっかけです。高校生の頃から脳の研究をしたいと思っており、大学時代には基礎研究もやりましたが、私は目の前にいる患者さんのためにできることを模索することに研究の意義を感じるタイプでした。結局、基礎研究ではなく臨床に進んで研究も続ける道を選びました。中野先生が今の研究を始めたきっかけは何ですか?

**中野** 大学院では海洋物理学を学び、博士号取得後は日本気象協会に勤めていました。仕事は楽しかったけれど、改めてこの先の人生を考えてみて、もう一度研究にチャレンジしたいなと思ったんです。そんな時に、

新しく海洋プラスチックごみの研究が始まるからと、大学時代の恩師からポスドク(博士研究員)のポジションを紹介いただいたのがきっかけです。高校生の時から国際的な仕事をしたいと思っていたのも大きいです。

### 研究と家庭を両立する秘訣 何かを選んで何かを捨てる

Key

**中野** 原先生は、ダイバーシティ推進の活動にも携わっていますよね。私は、ダイバーシティについてはあまり考えずにここまで来たので、そういう活動を続けられてきた先輩方がいるんだということに、今回初めて気付きました。女性研究者を取り巻く環境は、だいぶ変わってきていると思いますか?

**原** 最近は女性の研究者も増えましたが、私が研究者になりたての頃は周りにほとんどいなかったですね。私は早い時期に結婚、出産したので、当時は今より保育園に入れるのが大変で、それには苦勞しました。

**中野** 私は2025年8月に日本人研究者と結婚して、タイで一緒に暮らしています。現在妊娠中で(取材当時)、

このままタイで出産、子育てをする予定です。公立の幼稚園は言葉の壁があるし、タイではベビーシッターを雇うことも多いので、今回の受賞でいただいた賞金で研究室に保育施設を作って、ベビーシッターさんに来てもらえたらと、検討しているところです。原先生は、研究と家事・育児をどのように両立されてきましたか？

**原** 研究室で子どもを見られるのはいいですね。わが家では夫と分担していて、子どもにもできることがあれば積極的にお手伝いしてもらっています。1回10円でお風呂掃除とか。喜んでやってくれていますよ。

**中野** わが家は家事分担の話はあまりしていません。夫は年下で、研究者のキャリアをスタートさせたばかり。今はとにかく実験をして、論文を書かないといけな時期で、授業をやって研究をやってとなると、家事は私がやろうという感じです。子どもが生まれて、キャリアのステージが変わってきたら、その都度話し合えばいいのかなと思っています。

**原** それでいいと思います。あまりきっちり決めると疲れてしまうから。研究者は、男女を問わず若手の時に業績を作っておくことは重要です



長女(試験勉強)、次女(漢字ドリル)とこたつで書類仕事。写真提供:原さん

ね。私は、一番の若手の時に出産・育児をしたので、当直回数も手術の症例数も他の人より少なくなっていました。そこで、私が取った対策は「やることを絞る」です。研究に力を注ぎ、手がける手術を絞り、研究を強みとした結果、今のポストに就くことができました。女性に限りませんが、仕事を続けていく上で、何かを選ぶ代わりに何かを捨てるということも大切なことだと思います。

**中野** 妊娠中は船に乗っての調査ができないんです。ただ、研究室ではお互いに協力し合う体制があり、時には別の人が代わりに調査に行ってくれるような良い関係ができているため、大変助かっています。

### 研究者への道も女性の選択肢 気負わずにまずチャレンジを

*Challenge*

**中野** 理系に進む女性の人数を増やしたいという話をよく聞きますが、そのためには、小さい頃から理系に興味を持ってもらうことが大切だと思います。タイでは国の施策として、国内全土から小中学生を招待して科学技術を紹介するイベントがあるんです。

**原** それはいいですね。私の娘は「将来は研究者になる」と言っていて、科学の本を図書館でたくさん借りています。そうやって生まれた興味や関心の芽を大切に育てていくことが大事だと思います。私が聞いたことがあるのは、親に「研究者になったら結婚できない」と言われたとか。女性が理系の研究者になることはごく普通のこと



海洋プラスチックSATREPS 日タイ合同調査日本チーム参加者(左から東京海洋大学 荒川教授、九州大学 アルフォンソ准教授、中野さん、九州大学 ジャンダン助教、東京海洋大学 内田教授)。写真提供:中野さん

で、1つの選択肢だということを示していけるようになってほしいと思います。

**中野** 今の高校生、大学生にアドバイスするとしたら「その時やりたいと思ったことをやってみる」ですね。研究者を目指したけれど、途中で別の道に行ったとしても、新たに選んだ道が正解ならそれでいいし、それまでの経験は無駄ではなく、きっと何かの役に立ちます。

**原** 本当にそうですね。私のように、基礎研究をやってみただけで向いてなかったという例もありますし、やってみて違っていたら方向転換すればいいんですよ。でも、研究者って自身の興味を追求してお給料がもらえますし、研究内容によっては社会貢献もできる幸せな仕事です。今回の対談が、これから研究者を目指そうという若い世代の後押しになればうれしいですね。研究に興味がある人は、気負わずにまずチャレンジしてみたらいいと思います。

(TEXT:肥後紀子、PHOTO:島本絵梨佳)

## 第8回 輝く女性研究者賞(ジュニアシダ賞) 応募受付中

募集期間:2026年4月1日(水)~6月30日(火)日本時間正午まで

応募要項など詳細はウェブページをご覧ください。 <https://www.jst.go.jp/diversity/about/award/>



## 早発型妊娠高血圧腎症のメカニズム発見 胎盤由来の細胞外小胞たんぱく質が病態に関与

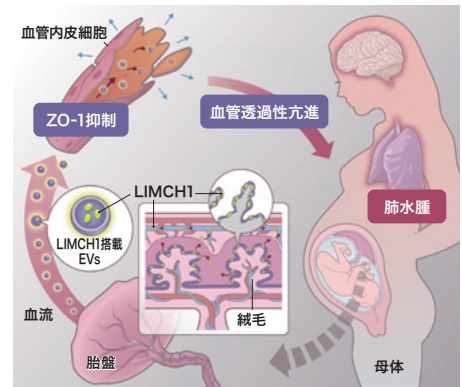
妊娠高血圧腎症は妊娠中に発症する、高血圧を特徴とする疾患です。中でも、妊娠34週未満に発症する早発型妊娠高血圧腎症(Eo-PE)は、母親と胎児の生命を脅かす重篤な妊娠合併症であり、母体では、重症化すると血管から水分が漏出して全身浮腫や肺水腫など致死的な合併症を引き起こすことが知られています。しかし、その詳細なメカニズムの解明は不十分で、根本的な治療法は分娩によって妊娠を終結させることです。

名古屋大学医学部附属病院の横井暁講師らの研究チームは、細胞の骨格や収縮に関わると考えられているたんぱく質の1つである「LIMCH1」に着目。LIMCH1を含む胎盤由来の細胞外小胞(EV)が、Eo-PEにおける血管からの水分の漏出を起こしている可能性を示しました。EVはヒトのあらゆる体液中に存在し、細胞間コミュニケーションを担う重要な因子として注目されています。同チームは、正常妊婦とEo-PE妊婦の血清からEVを抽出して含まれるたんぱく質の違いを分析。胎盤組織におけるRNAの違いも併せ

て分析し、胎盤由来のEo-PEで特異的に増加するたんぱく質として、LIMCH1を突き止めました。さらに、マウスを用いた実験で、血管の内皮がLIMCH1を含むEVを取り込むと血管から水分が漏出する性質が高まることを確認しました。

今回の成果は、Eo-PEの重症化予測および治療戦略に新たな指針をもたらすものです。将来的には、LIMCH1を含むEVを新たなバイオマーカーとして利用する他、EVそのものやLIMCH1を標的としたEo-PE治療法の開発も見込まれます。

(TEXT:中條将典)



胎盤の絨毛に存在するLIMCH1を含むEVによって、血管の透過性を制御するたんぱく質「ZO-1」が抑制されて血管の内皮細胞のバリア機能が破綻。水分が漏出して肺水腫などを起こしている可能性がある。

## マメ科植物が根粒菌と共生する進化解明 窒素肥料を減らす持続可能な農業の実現に貢献も

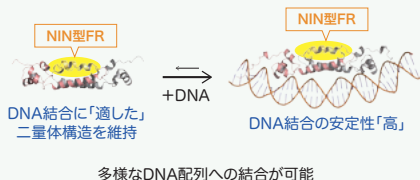
マメ科の植物は、根の根粒と呼ばれる器官に窒素固定細菌を感染させており、この細菌が大気中の窒素から生成したアンモニアを栄養として受け取る一方で、光合成産物を提供する共生関係を築いています。これまでに「NIN」と呼ばれるたんぱく質が、根粒の形成、根粒内部への微生物の感染、窒素のアンモニア変換に至る一連の過程で、遺伝子の働きを統括することが知られています。しかし、その仕組みをどのように獲得したかはまだよくわかっていません。

筑波大学生命環境系の壽崎拓哉教授らの研究チームは、マメ科植物ミヤコグサを用いた実験で、DNA配列に結合するNINの領域の直後に15個のアミノ酸から成る短い配

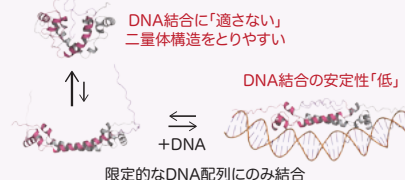
列が存在することを発見し、この領域を「FR」と命名。たんぱく質とDNAの相互作用解析と、人工知能(AI)によるたんぱく質の構造予測に基づいて、FRがDNAへの結合を安定化させる役割を果たし、多様なDNA配列に結合できるようにすることで根粒共生に必要な多くの遺伝子を同時に制御できるようになったことを明らかにしました。さらに、進化的解析から、このFRは根粒共生が出現する以前から一部の植物に存在していたことがわかりました。

この研究成果は、たんぱく質のわずかな構造変化が新たな生物機能を生み出す仕組みを示したものです。将来的には、窒素肥料への依存を減らす技術の開発や、植物と微生物の共生の人為的な設計により、持続可能な農業に貢献することも期待されます。(TEXT:中條将典)

NIN型FRを持つNINおよびNLP



NIN型FRを持たないNLP



NIN型FR(黄色の箇所)を持つNINおよびNIN類似たんぱく質(NLP)は、FRがDNA結合に適した二量体の構造を維持してDNA結合の安定性を高めることで、多様なDNA配列に結合できる。NIN型FRを持たないNLPは限られたDNA配列にしか結合できない。

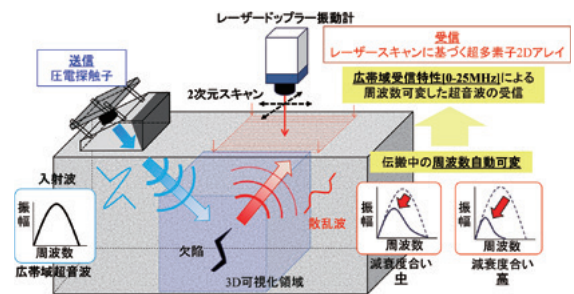
## コンクリート内部の異常を非破壊検査 減衰する超音波とらえ高分解能で3次元可視化

トンネル、橋梁、高速道路などのコンクリート構造物の老朽化による事故が国内外で多発しています。こうした事故は外観からはわからない内部の欠陥や空洞が原因となる場合が多い反面、目視検査は表面のみ、打音による検査も浅い範囲しか評価できません。超音波を当てて内部の欠陥を映像化する技術も普及しつつありますが、コンクリートは超音波の減衰率が極めて大きいため、構造物内部の詳細な映像化は困難でした。

東北大学大学院工学研究科の小原良和教授らの研究チームは、検査対象に応じて、散乱した超音波から最適な周波数を自動で選択する広帯域送受信システムを用いた「周波数自動可変型PLUS」技術を開発。コンクリート内部の欠陥を高分解能かつ3次元で可視化することに成功しました。研究チームはこれまでに、電圧をかけると伸び縮みする圧電材料による広帯域の超音波送信と、レーザー光のドップラー効果を利用して材料内部の振動情報を非接触で計測する手法を組み合わせ、材料内部の欠陥を3次

元で可視化する技術を開発しています。今回は、減衰の影響を受けた超音波から最適な周波数帯を自動選択して計測する仕組みを開発するとともに、内部で散乱した超音波を受信する際の2次元スキャン点数を増やすことで、高分解能の3次元映像化を実現しました。

この技術を利用すると、コンクリート内部の危険箇所を破壊することなく見つけ、優先して補修できるようになります。老朽化したコンクリートインフラの維持管理を効率化し、安全性・信頼性を高められる技術として将来有望です。(TEXT:中條将典)



多様な高減衰コンクリート構造物の内部を3Dで可視化できる「周波数自動可変型PLUS」の概念図。圧電材料による広帯域超音波送信と、ドップラー効果を使って内部振動を計測する際に最適な周波数を自動選択する技術を組み合わせました。

## 台風の急発達をスパコン「富岳」で再現 100メートルの超高解像度で小さな渦まで直接計算

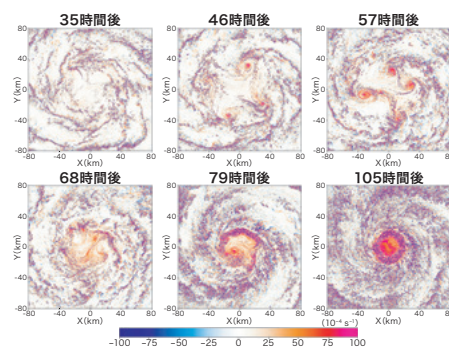
発生した台風がどれだけ強くなるかを予測することは、被害を抑える上で極めて重要です。しかし、台風の急発達期の正確な予測は今なお難しい課題となっています。その主な理由の1つは、活発な渦の大きさが数百メートルと小さいのに、一般的な数値計算の解像度は数キロメートルと粗いからです。

東北大学大学院理学研究科の伊藤純至准教授らの研究チームは、スーパーコンピューター「富岳」を使って、1つの台風が弱い渦の段階から非常に強い台風になるまでの約4日間を、100メートルの超高解像度で再現することに成功しました。同チームは、2000キロメートル四方の巨大な計算領域内を水平解像度100メートル・鉛直60層に区分。比較的大きな渦は直接、それより小さな渦の効果はモデル化して扱う数値計算を実行しました。同じ条件で水平2キロメートルの低解像度計算も実行し、最低気圧・最大風速・最大風速半径などの時間変化を比較しました。

その結果、最大の強さは両者ではほぼ同じですが、超高解

像度計算では急発達の始まりが約1日遅れることがわかりました。そこで同チームは、半径1キロメートル未満の小さな渦の分布や、台風の目の周りにできる半径約10キロメートルの渦を詳しく調べ、これらの渦が台風中心への空気の流入を妨げて台風の急発達が始まる時期が遅れることを突き止めました。

今回の研究により、台風が急発達する時期を左右する条件が、これまでの計算で直接扱えなかった小さな渦の集まりである可能性が示されました。この知見は、今後の台風の強さの予測を改善する上で重要な手がかりとなると考えられます。(TEXT:中條将典)



地表面付近の鉛直渦の発達期から成熟期までのシミュレーション。値の大きさが回転の強さ、符号の正が反時計回り、負が時計回りに対応する。

# 光を吸収した分子1個が生み出す電流を計測 光合成に倣う超高効率太陽電池を目指す



プライベートでは、2人の息子とお散歩を楽しんでいます。集めた木の实やお花で工作するのが最近のブームです。

## Q1 研究者を目指したきっかけは？

### A1 難問を考え続け解答する瞬間に感動

小学生の頃は読書が好きでした。ある時、本棚にあった算数オリンピックの本に夢中になったことを覚えています。1つの問題を何日も考え続け、解答への道筋をひらめいた瞬間の感動が忘れられず、すっかり魅了されました。そのスタンスは今も変わらず、難問を探し出しては寝ても覚めても考え続けています。

10歳の時、学校の行事で将来の夢を書いてタイムカプセルに入れました。自分でも忘れていたのですが、成人式で開けてみたら「研究者になりたい」と書いてあったのです。大学3年生では就職活動もしましたが、将来研究所で働きたいという気持ちが強く、博士課程に進学しました。気が付いたら子どもの頃の夢をかなえていた形ですね。

## Q2 現在取り組んでいる研究は？

### A2 STMで光電変換の謎に挑む

理化学研究所では、光を吸収した分子1個が生み出す電流を、原子精度の分解能で計測・可視化する方法を世界で初めて開発しました。この計測方法は、太陽光発電や人工光合成の研究に新たな知見を与えるものです。観察する

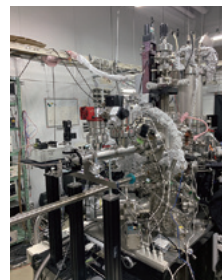
分子に波長可変レーザーを当てて高エネルギー状態に変化させる独自の仕掛けを、走査型トンネル顕微鏡(STM)と組み合わせて実現しました。

STMとは大学4年生の時に出会いました。当時、太陽光発電の研究に興味があったのですが、じゃんけんに負けてSTMを扱うナノサイエンス系の研究室に配属されました。初めは研究内容の違いに戸惑いましたが、自分の目で原子を観察できるSTMに魅力を感じ、太陽光発電と組み合わせられるのではないかと思いつきました。ですが、当時は技術的に難しく、成果が得られませんでした。

その後、STMを使い、単一分子に光を当てた時に発生する電流を計測する方法をひらめきました。開発には苦労しましたが、STMの針と分子に当てる光の相互作用を精密に制御するなど改良を重ね、最終的に分子1個から生成される光電流を鮮明に捉えることに成功しました。

現在は、植物の光合成に倣う光電変換の研究に取り組んでいます。光合成反応中心ではほぼ100パーセントという驚異的な効率で光電エネルギー変換が生じますが、その仕組みはいまだに謎に包まれています。光合成色素に似た分子を並べたモデル光合成系を形成し、STMを用いて分子

間の距離や角度とエネルギー変換の関係を原子精度で調べています。この関係を解明できれば、高効率な太陽電池の開発にも貢献できると考えています。



JSTのさきがけで開発している装置です。独自開発した極低温光STMに「エレクトロスプレー蒸着」という分子溶液を高電圧で噴霧し、基板上に堆積させる機構を組み合わせています。

## Q3 研究者を目指す人にメッセージを

### A3 ひらめき思い付いたらすぐ行動を

研究の一番の醍醐味は、大きな壁に挑み続け、試行錯誤した末にその壁を突破する瞬間です。難しい課題に直面した時に考え続けることも重要ですが「ひらめき」がないと、次に試すことがなくなってしまいます。研究者は、ひらめき続けることが大切だと思います。

2025年に東京科学大学に移り、学生を指導する立場になりました。学生たちには、思い付いたらすぐ行動してほしいと伝えています。新しいアイデアが浮かんでも、時間があつという間に過ぎてチャンスを逃すこともあるからです。

「敷かれたレールから離れるのが怖い」と学生に言われることもあります。が、恐れずに行動してほしいです。自分の強みを最大限に生かして、ぜひ新しい道を切り拓いてください。

(TEXT:畑邊康浩)



今井 みやび  
Imai Miyabi

虎穴へ踏み出し  
未知を切り拓け!

写真：河合塾MEPLO広報より提供

東京科学大学 理学院物理学系 准教授  
埼玉県出身。2019年東京大学大学院新領域創成科学研究科物質系専攻博士課程修了。博士(科学)。理化学研究所開拓研究本部特別研究員、同研究所基礎科学特別研究員を経て、25年より現職。22年よりさきがけ研究者。

