

2021

NIMS now No. 2

NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE

20

PLUS

NIMS、ハタチ。

～未来への誓い～

NIMS、 ハタチ。

2021年4月、物質・材料研究機構（NIMS）は創立20周年を迎えます。

日本で唯一、物質・材料を専門とする公的研究機関として、

インフラ・医療・エネルギー、NIMSはあらゆる分野に貢献し、発展を支えてきました。

ハタチといえば、人間ならようやく一人前。でも実は、NIMSの場合は少し事情が違います。

その足もとには、深く強固に積み上げられてきた土台があるのです。

NIMSの歩みは、歴史ある2つの研究所の統合からはじまりました。

1956年に誕生した「金属材料技術研究所」と、1966年に誕生した「無機材質研究所」。

2つの研究所は、日本の産業・経済を支える数々の材料を世に送りだしてきました。

いまNIMSから生まれる成果は、それら知見の蓄積あつてのものにほかなりません。

一方、たゆまず進むNIMSの胸のうちは、未来への希望に燃えるハタチの心そのもの。

人類の飛躍に物質・材料のチカラで貢献する、その決意を新たに。

NIMSが見据える未来のカタチをごらんください。



これまでの20年、 これからの20年。



橋本和仁

Kazuhiro Hashimoto

物質・材料研究機構(NIMS)理事長

材料が、世の中を変える

2001年4月、「金属材料技術研究所」と「無機材質研究所」を統合して発足した「物質・材料研究機構（NIMS）」。日本で唯一、物質・材料研究を専門にする公的機関として数々の材料を世に送りだしてきた。今やLED照明に欠かせない「サイアロン蛍光体」、航空機のエンジンに採用された「超耐熱合金」、レアメタル不使用で高い磁力を実現した「ジスプロシウムフリーネオジム磁石」はその代表例だ。「物質・材料研究で持続可能な社会の構築に貢献するという我々の使命を果たすべく、変化・発展してきた20年間でした」と理事長の橋本和仁は振り返る。

いかに研究力を高めるか

創設当初、2つの国立研究所の統合・法人化は、守りから攻めへの大転換だった。初代理事長の岸輝雄が重んじたのは、国の要請に応じるだけでなく、研究者が自らテーマを定め研究を遂行すること。そのためには、まず個人の研究力を示す必要があり、学術論文を通じた成果発信を強化した。一方で、組織として国際競争力の向上にも力を注いできた。2003年に立ち上げた「**若手国際研究センター（ICYS）**」では、世界中から優秀な若手研究者を集め、自立的な研究に専念できる環境と支援を提供。研究レベルの底上げと国際的なネットワークの強化を実現してきた。また、2005年には日本発の材料科学の論文誌『**STAM**』の出版支援を開始。質の高い論

文の発信を続けた努力が実を結び、世界的に影響のあるジャーナルへと成長を遂げている。

2009年に理事長のバトンを受け継いだ潮田資勝は、国際化の動きをさらに加速。潮田はフランス、スイス、中国など海外の研究機関との連携を主導し、世界をリードする研究機関としてNIMSのビジョンと立ち位置を明確にし、存在を際立たせていった。

2016年に理事長に就任した橋本は、それまでの流れを継承しながらも、組織として社会貢献を果たすことに再び力を入れた。「研究者が力を最も発揮できるのは自由な発想で研究に取り組める環境です。一方でNIMSの予算の多くが国から支出されているのもまた事実であり、国家の課題に対して研究者の立場からしっかりと対峙する必要があります」

そこで橋本は、個人プレーとチームプレー、2本立ての方針を打ちだした。個々の研究者がそのどちらにも携わる枠組みづくりにより、持てる研究力を高めつつ、その力を社会へと還元しようとしている。

イノベーションの源泉「M³」

2016年にNIMSは、産学官の架け橋となり、イノベーションを創出するというミッションのもと、特定国立研究開発法人へと移行。これを果たすため橋本が打ちだしたのが、3つの“M”を柱とした「M³（M-Cube）」プログラムだ。

1つ目の“M”、マテリアルズ・オープン・プラットフォーム(MOP)では、日本の産業界の国際競争力を高めることを目的に、基礎研究のステージにおいて同業多社が協

力する仕組みを実現。新たなオープンイノベーションの形を築いた。

「基礎研究における課題は共通性が高く、協力すれば効率化できることは明らかですが、競合相手と手を取り合うのは容易ではありません。そこでNIMSが仲介役となり、どのようなテーマであれば協働が可能か各社のヒアリングを地道に重ね、提案を行ったのです」と橋本。化学業界によるMOPでは、三菱ケミカル・住友化学・旭化成・三井化学の4社と高分子材料のデータベースの構築に、鉄鋼業界によるMOPでは、日本製鉄・JFEスチール・神戸製鋼所の3社と、経験則によらない鉄鋼の新たな強化原理の確立に取り組み、着実に応用研究への足場を固めている。

2つ目のマテリアルズ・グローバル・センター(MGC)は、NIMSに世界の人・モノ・

資金を集約し、国際研究拠点としての機能高める取り組みだ。前出のICYSと、センサ・アクチュエータ研究開発センター(CFSN)がその中核を成す。CFSNの使命は、実世界の多様なデータを収集するセンサとその情報に基づき動作するアクチュエータ、この二つの高度な連携により「Society 5.0*」を実現すること。NIMSの研究者を中心に、これら分野の第一線で活躍する研究者を結集し、既存の性能を凌ぐデバイス開発を進めている。

3つ目のマテリアルズ・リサーチ・バンク(MRB)は、研究活動を最高水準に高めるための基盤を担う。その核が「材料データプラットフォームセンター(DPFC)」だ。大量のデータを用いて機械学習によって探索を行う、「**データ駆動**」による材料開発において、データベースの規模や質は結果

主要な研究成果

2000年代

2002年

サイアロン蛍光体の開発

「サイアロン」というセラミックスに希土類元素を添加することで、蛍光体の開発に成功。その後、三菱化学と商品化を進め、2008年に赤色蛍光体を発売。白色LEDの爆発的な普及に貢献した。

写真：Nacása & Partners Inc.

2008年

超耐熱合金の開発

合金設計により、ニッケルベースの超耐熱合金を最適化し、世界最高の耐用温度1120℃を実現。2012年には、ボーイング787のジェットエンジンに採用され、世界の空を飛んだ。

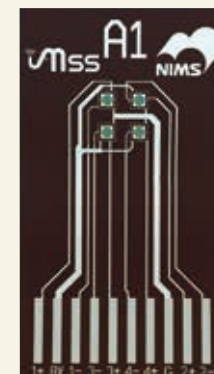
2011年

クリープ試験の世界記録達成

高温・高圧下での材料の耐久性を長期間調べるクリープ試験で、総試験日数14,868日という世界記録を達成。2020年にギネス世界記録™として認定された。

クリープ試験 →P.14

2010年代



2011年

超小型嗅覚センサ「MSS」の開発

さまざまなにおいの識別が可能なセンサ素子「MSS」を開発。その後、嗅覚センサとして社会実装を目指す場「MSSフォーラム」を発足。企業や大学、研究機関、病院と共に多彩な分野での実証実験を進めている。

2013年

ジスプロシウムフリー磁石の開発

ネオジム磁石に耐熱性を与えるため添加される希土元素「ジスプロシウム」。これを使わずに、高温下でも高い保磁力を発揮するネオジム磁石の開発に成功した。



2014年

制振ダンパーの開発・実装

鉄・マンガ・シリコンから成る合金を用いた制振ダンパーを、竹中工務店、淡路マテリアと共同開発。1号機は2014年「JPタワー名古屋」に、2号機は2018年「Aichi Sky Expo」に実装された。

環境・エネルギー	→P.8
データ駆動	→P.10
未来材料・デバイス	→P.12
若手国際研究センター (ICYS)	→P.14
STAM	→P.15

の正確性を左右する要。DPFCはその構築と運用を担い、世界の材料データのプラットフォームを目指している。

「今、世界中でプラットフォーム競争が激化しています。NIMSの最大の強みは20年以上にわたり構築してきた世界最大の材料データベースです。また、独自のAI解析技術を持っており、最先端の実験設備からは自前のデータが豊富に得られます。そして今後はMOPを通じて産業界を巻きこみ、さらなるデータの充実を図っていきます」と橋本は語る。

これからの20年をつくる材料

これほどまでにイノベーション創出に尽力する理由、そのひとつに人類が直面している環境・エネルギー問題の解決がある。

2050年までに温暖化ガスの排出量を実質ゼロにするカーボンニュートラルも、既存の技術の組み合わせで達成することは難しく、「新たな科学・技術に基づいたブレークスルーは必須」と橋本は語る。

とりわけ、石油や石炭などの代替資源として水素エネルギーへの期待が高まる中、その貯蔵・輸送効率を高める「水素液化技術」の開発や、液体水素下における材料の安全性の評価が欠かせない。また、「次世代蓄電池」の開発も目玉のひとつだ。リチウムイオン電池の電解液を固体に置きかえた全固体電池の研究では、データ駆動による材料探索から蓄電池としての性能評価に至るまで、一気通貫のプロセス確立に取り組んでいる。さらには、量子現象の制御により機能を発現する「量子マテリアル」をテーマに、新機軸の未来材料・

デバイスの開発プロジェクトも推進中だ。

「今後さらに多くの成果を創出するため、個人として、組織として、最大限のパフォーマンスを発揮できる体制を整えていきます。そして自らを『世界で最もイノベーションに適した組織』へと変革し続けていきます」と橋本。その目は、未来の在るべき社会を見つめている。

(文・堀川晃菜)

*Society 5.0…日本が目指すべき新たな未来社会の姿として「第5期科学技術基本計画」で提唱された概念。サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させることにより、経済発展と社会的課題の解決の両立を目指す。



2010年代

2015年

NMR装置として世界最高磁場を達成

タンパク質や材料の分子構造・電子状態を調べる装置、NMR。ビスマス系高温超伝導体の線材を使ったNMRを、理化学研究所・神戸製鋼・日本電子などと共同開発し、世界最高磁場1020 MHzを達成した。



2017年

自己治癒セラミックスの開発

ひびが入っても自ら修復する機能を持つ、自己治癒セラミックスの開発に成功。1000°Cの場合、治癒速度は最速1分。現在、航空機エンジン用タービン翼への適用を目指し研究を進めている。

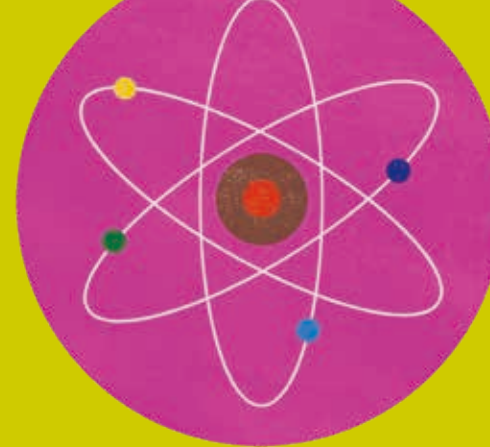
2019年

熱電変換材料「FAST」の開発

鉄・アルミニウム・シリコンから成り、わずかな温度差で電気を生み出すことが可能な材料「FAST」を開発。アイシン、茨城大学と共にデバイス化を進めている。



未来を語る KEYWORD



未来を語る KEYWORD

1 環境・エネルギー

世界が一挙に、脱炭素へと乗り出した。地球温暖化を引き起こす二酸化炭素（CO₂）やメタン（CH₄）をはじめとした温室効果ガス、その削減や有効利用により排出量を実質ゼロにする「カーボンニュートラル」の達成に向けて、各国がさまざまな政策を打ちだしている。化石燃料から再生可能エネルギーへの転換はその一例だ。一方で、電力供給の不安定さという課題もあり、経済活動維持のためには社会全体のエネルギーのフローに目を向ける必要がある。エネルギーをつくり、ためて、使う——「エネルギーバリューチェーン」と呼ばれるこのサイクルを効率よく機能させるため、材料開発の現場には今、これまで以上に期待が寄せられている。

たとえば水素だ。燃焼させてもCO₂を排出しないクリーンな次世代エネルギーとして期待を集め、これを燃料にした燃料電池自動車の開発が進んでいる。ところが肝心の、水素を大量に製造・輸送する方策の確立は途上だ。水素社会の主導権を握るべくさまざま

な技術が名乗りを上げる中、NIMSは自らが長年培ってきた「磁気冷凍」と呼ばれる技術に着目。気体の水素を−253℃にまで冷却し、体積800分の1の液体水素にするという構想を描き、効率化・低コスト化へと乗り出した。2019年に「液体水素材料研究センター」を設立し、10年のロードマップを描き、社会実装へと一步一步コマを進めている（PICK-UP①）。

オールジャパンで蓄電池開発を

再生可能エネルギーへの転換を進める上で、蓄電池の役割がますます大きくなっている。日中、太陽電池で発電した電気を夜間に使うために、蓄電池は欠かせない。また、電気自動車（EV）の走行距離向上への期待も大きい。

NIMSは今、組織を挙げて「全固体電池」と「リチウム空気電池」の開発に取り組んでいる。全固体電池とは、リチウムイオン電池では液体が

PICK-UP ①

水素液化プロジェクト

水素の輸送効率アップの切り札である、液化技術。ただし、水素が気体から液体に変わる温度は−253℃もの超低温。冷却に費やすエネルギーをいかに削減するかが、低コスト化のカギを握る。NIMSが取り組む「磁気冷凍」とは、磁石を近づけたとき磁性体が吸熱・発熱する現象を利用した冷却技術だ。少ないエネルギーで効率的に冷却できるという利点がある。NIMSは今、冷却に適した磁性体の探索と、それを組みこむシステム開発を推進中だ。2020年には、機械学習により「二ホウ化ホルミウム」が−253℃付近で高い冷却能力を示すことを発見。粒子の真球化や水素にさらされても劣化しないコーティングなど、加工技術の検討とともに、システムの最適化を進めている。



PICK-UP ②

スピнкаロリトロニクス

近年、電子が持つスピンを用いた熱電変換技術が提案・実証されている。2008年に内田健一（当時、慶應義塾大学）らが発見した、熱流から磁気の流れ“スピン流”が生成される現象「スピンゼーベック効果」がその端緒。熱流・電流・スピン流の相互作用を取り扱う新分野「スピнкаロリトロニクス」は、世界中で研究される学術領域へと成長を遂げている。内田は2016年以降に発展させた独自の熱計測技術を駆使して、異方性磁気ペルチェ効果や異常エッチングスハウゼン効果など、未開拓であった磁性体中の熱電変換現象の観測にも次々と成功。従来のエレクトロニクスや熱工学だけでは達成できない新しい熱エネルギー制御技術の実現に向け、その礎を築いている。

使われている電解質を固体材料に置きかえた、長寿命で信頼性の高い蓄電池のこと。多数の企業が実用化に挑んでおり、すでにIoT用の小型のものは製品化されているが、EVへの搭載には一層の大容量化が求められる。

全固体電池に長年取り組んできたNIMSには、数多くの企業が相談に訪れる。その中で、どの会社も基礎的な部分において同じような悩みを抱えていることが分かってきた。一丸となってそれら課題を突破するべく、NIMSはオールジャパンの全固体電池開発プロジェクトを立ち上げた。マテリアルズ・オープン・プラットフォーム事業（MOP、p5に解説）のひとつで、参加企業は10社にのぼる。

リチウム空気電池は、理論エネルギー密度がリチウムイオン電池の数倍という“究極の二次電池”で、最大の特長はその軽さ。ドローンや空飛ぶ携帯基地局「HAPS」への応用が見込まれる。2018年には、ソフトバンク社との共同研究を行う「NIMS-SoftBank先端技術開発センター」を設立。基礎から応用へ、一貫通貫の研究開発を行っている。

ニーズに応える強力なカードを

一方で、エネルギーバリューチェーンにおいて看過できない問題が、エネルギーのロスだ。その筆頭である廃熱は、社会全体のエネルギー効率を著しく低下させる上、環境問題を引き起こしている。熱を電気に変換する材料は古くからあるが、毒性を持つ元素を含む、低温の熱の変換が不得意、といった課題から未だ解決に至っていない。そうした中、NIMSから鉄・アルミニウム・シリコンというありふれた元素の組み合わせにより室温付近の熱を電気に換える材料が生まれ、企業と社会実装を探っている最中だ。さらには、熱電変換に電子の持つスピンを利用する「スピнкаロリトロニクス」という新分野も誕生（PICK-UP②）。熱を操る未来の技術として期待されている。

ブレイクスルーが生まれれば、常そこから新しいニーズが生まれてくる。重要なのはいざニーズが生まれたとき、それに応え得るカードがどれだけ手元にあるか。将来を見据えた環境・エネルギー材料開発にNIMSは邁進していく。

未来を語る KEYWORD

2 データ駆動

「データ駆動」による研究が、材料開発に大変革をもたらしている。データ駆動とは、大量のデータ（ビッグデータ）を人工知能（AI）に学習、分析させることにより課題解決を行うプロセスのこと。複雑な計算や予測が可能で、人間には見つけられなかった解への到達、あるいは解を圧倒的なスピードで導き出す手法として、すでにさまざまな分野で活用されてきた。材料研究においてもデータ駆動による新材料発見といった報告が増加しつつあり、その有用性は揺るぎないものとなっている。

進む、手法の先鋭化

NIMSは、データ科学を物質探索に生かす方法論がまだ確立されていなかった「黎明期」というべき時期から、いち早くデータ駆動型研究に取り組んできた。挑戦の場となったのが、2014年から現在に至るまで続く「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」事業、2015年から2020年にかけて実

施された「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ（MIPI）」事業だ。まだビッグデータと呼べるほどのデータがない中で、いかに意義ある解を導き出すか。その方法論の確立に取り組み、実際にMIPIでは世界最高レベルの断熱材料の開発を、SIPでは金属系構造材料を対象に製造プロセス・組織・特性・性能を一気通貫で予測する「マテリアルズインテグレーションシステム（MInt）」の開発を実現してきた。そして今、手法のさらなる高度化と共に、実材料への適用を推し進めるなど、データ駆動型研究を強化している。

勝負のカギは
データ収集インフラの
構築にあり

それらプロジェクトにおいて手ごたえを得る一方で、課題も見えてきた。それは、データの“量”と“質”の問題だ。材料データの量は、データ駆動型の研究で先行する医学・製薬分野の遺伝子・タンパク質データや、マーケ



PICK-UP 2

実験装置出力データの自動翻訳・収集・解析ツール開発

大量で多様なデータを要するデータ駆動型の材料開発。日々、材料開発の現場で生まれるデータは宝の山だが、実験装置からの出力データの多くはメーカー独自のファイル形式や略語で記録されているためそのままAIで利用できず、他者にとっては埋もれた宝にすぎない。そこで吉川英樹らは装置メーカーと連携し、データを標準的な専門用語に変換して判読性の高いファイル形式で保存する自動翻訳ツール「M-DaC」の開発をスタート。2019年には材料評価に広く用いられるX線光電子分光とX線回折の主要装置を対象に第1弾をリリースした。現在、協力メーカーを拡充する一方で、データを装置から直接転送したり、自動で解析したりする機能を加えたシステムの開発も進めている。

ディング・商品開発で扱うソーシャルデータの充実ぶり比べると、まだ十分ではない。それは、金属材料からセラミックス、プラスチックまで材料の種類は多岐にわたる上に、硬さや粘り気、電気や熱の伝導度と、扱う物性が多様だからだ。しかもそれらが複雑に作用し合うために、膨大な量のデータが必要になる。また、個々の研究者が測定したデータを効率的に収集する方法はまだ確立されていない。

そこに、データの質的な問題も重なる。研究所間や企業間、それどころか、すぐ隣にいる研究者が扱うデータですらフォーマットが異なり、即座にAIへと取りこめないのが現状だ。

データをAIが学習しやすい形に整え効率よく収集し、整理整頓する——この収集インフラの確立に向け、NIMSは2017年に材料データプラットフォーム「DICE」の構築に乗り出した（PICK-UP ①）。世界の材料データベース・プラットフォームとなることを目指し、新たなデータ収集法の開発（PICK-UP ②）から、データを引きだしやすくする“器”づ

くりに至るまで、独自の技術をもって構築を推し進めている。

材料研究のデータ中核拠点
「マテリアルズDX」

このDICEをさらに進化させる取り組みが、今始まろうとしている。NIMSに日本中のあらゆる材料データを集約する「マテリアルズDX」だ。全国の大学や研究機関の装置を共用するナノテクノロジープラットフォーム事業と連携し、日本中の装置で測定された材料データをNIMSに集める計画で、すでに参画機関との調整を開始した。この運用により、データベースの充実化は飛躍的に早まるだろう。そして、データを使って材料開発を進め、その過程で生まれたデータをさらに収集するという循環により、真のプラットフォームへと成長を遂げていくはずだ。

データ駆動型研究の強化と、その基盤となる材料データプラットフォームの拡充。この2つを両輪として、NIMSは歩みを確実に進めていく。

PICK-UP 1

材料データプラットフォーム「DICE」

NIMSは、長年にわたって提供してきた「MatNavi」をはじめとしたデータベースに加え、研究過程で創出される研究データや解析ツール、ソースコード、論文から抽出したデータも含め、データバンクとして整備している。それが「DICE」だ。データを“つくる”“ためる”“使う”、そして“公開する”。この4つの機能が循環するシステムを目指す。“つくる”上ではテキストマイニングや装置からの自動収集を、“ためる”上では固有IDの付与や利用者の管理などを行い、信頼性の高いデータベース構築に努めている。また“公開する”上では数値データのグラフ化など、付加価値をつけたデータの提供にも力を注ぐ。

未来を語る KEYWORD

3 未来材料・デバイス

日本が目指すべき社会の姿を描いた「Society 5.0」への流れが加速している。あらゆる人とモノがインターネットでつながることにより、社会的課題の解決と経済発展とを両立させる“超スマート社会”、その実現に不可欠な技術が、センサとアクチュエータである。

センサはいわば、IoT社会の五感。人間の五感に代わり、社会から膨大な情報を収集する役目を果たす。そして、それらの情報を人工知能（AI）で分析した後で、現実の世界にフィードバックする手段のひとつが、アクチュエータと呼ばれる駆動装置だ。これら2つを連動させ、人の介在なくして快適な社会を実現する、これがSociety 5.0の求める姿である。

細菌の検出や触覚の再現へ。 進化を遂げる センサ・アクチュエータ

私たちの身の回りにあふれながらも、これまで活用されることのなかった情報。これを収集し社会に還元していく

ためには、新原理のセンサやこれまでにない動きをするアクチュエータが必要となる。NIMSはその実現につながる技術を数多く生みだしてきた。

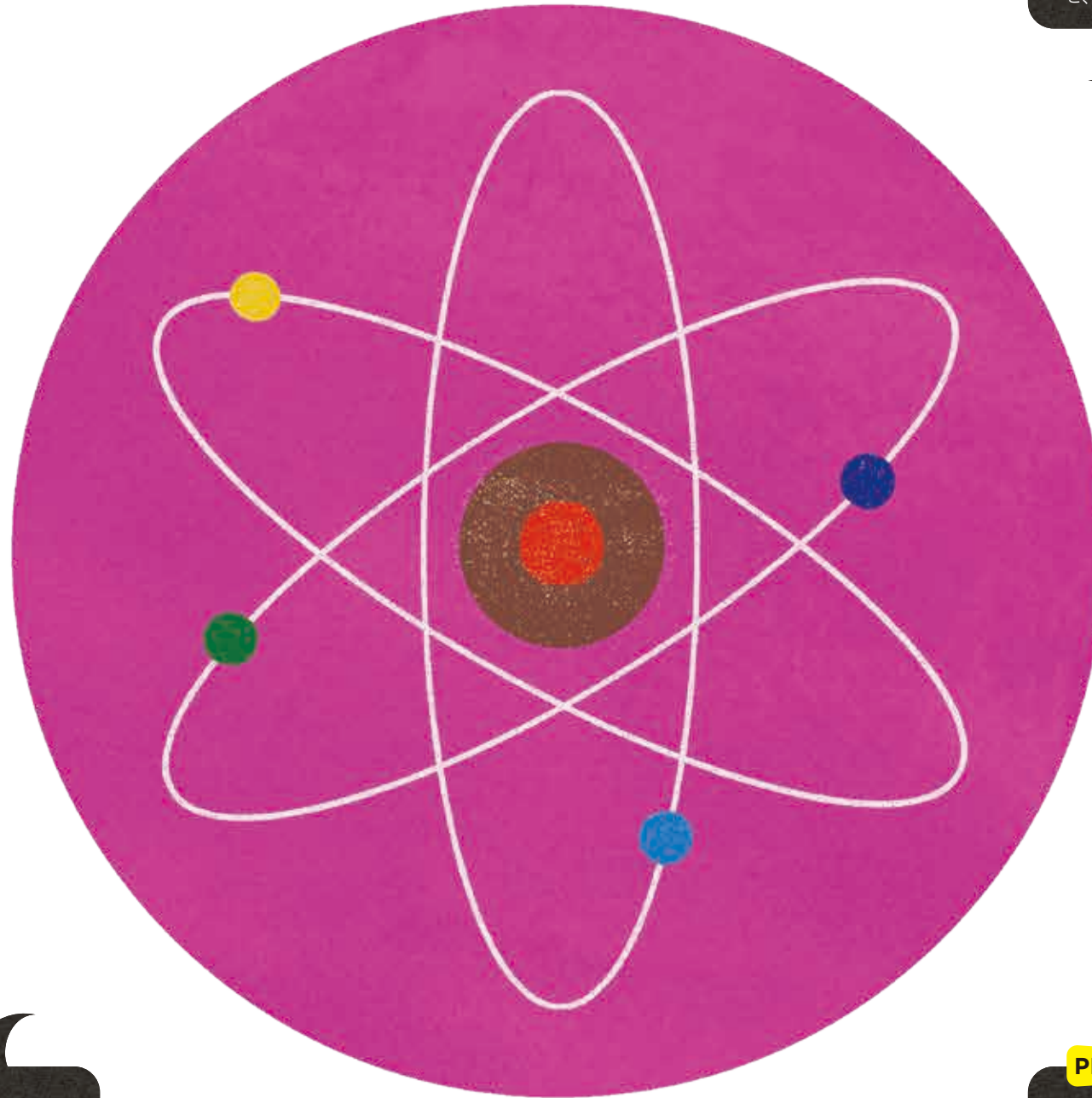
たとえば、農業用ハウスで栽培されるトマトの収穫量を向上させるため、結露の発生を事前に予測し病気の発生を未然に防ぐ「結露センサ」はその一例だ。他にも、有害物質を検知するセンサや、歯周病細菌を簡便に検出するセンサ(PICK-UP①)など、その分野は多岐にわたる。

一方、アクチュエータはこれまで、ロボットアームなどの硬い素材を中心に研究開発が進められてきたが、今、ウェアラブルな電子機器の発展を背景に、しなやかさを持つ「ソフトアクチュエータ」が注目を浴びている。これは、外部刺激に反応する高分子ポリマーでできた駆動装置のこと。柔軟でわずかな隙間にも搭載可能なことから、次世代マイクロマシンの動力源としても有望視されており、NIMSでもアクチュエータとして応用可能な高機能ポリマーの開発を進めている(PICK-UP②)。

PICK-UP ①

「歯周病細菌検出センサ」の開発

歯周病細菌は、時に重篤な全身疾患を引きおこす。血流によって体内を巡り、脳卒中や心筋梗塞などを招くのだ。健康に長生きするため歯周病の予防・早期治療が望まれるが、菌が口腔内にどれだけ存在しているか、歯科治療の現場で即座に調べるのは難しい。NIMSでは、これを簡便に検出するセンサの開発を進めている。岡本章玄は2016年、歯周病細菌が電子を電極へと渡すことで代謝する“電気細菌”であることを世界に先駆けて発見。この性質を利用し、わずかな唾液を電極にのせ、電流の変化を測るだけで特定の歯周病細菌の存在や量が推定できるセンサを目指し、発電機構の詳細な解明と、検出に適した電極材料の開発に挑んでいる。



PICK-UP ②

触覚を再現するイオン伝導液晶アクチュエータの開発

仮想空間のモノを、あたかも直接触っているかのような感覚が味わえる——そんな技術が生まれれば、遠隔手術や、洋服の感触をバーチャルに確かめながら試作できる未来が訪れる。それには手に装着できるほど柔らかく、薄くて軽い上、わずかな電力で高速に振動して力を発生する材料が欠かせない。そこで吉尾正史は、強靱な構造と高速にイオンを流す性質を兼ね備えた液晶材料を使ったアクチュエータを開発中だ。電圧をかけるとイオンの分布に偏りが生じて、フィルム状の材料が屈曲する。現在までに1秒間に10回振動する材料を実現。液晶構造やイオン・電極材料の種類など、多角的なチューニングによって、触覚の繊細な再現に挑んでいる。

これら技術の実用化を加速するため、2018年には「センサ・アクチュエータ研究開発センター（CFSN）」を立ち上げた。個々の材料の性能を研ぎ澄ましていくことはもちろん、2つのデバイスの連動に向けた取り組みを本格化している。

次世代情報通信技術の核 「量子マテリアル」

既存の技術による通信環境の向上が頭打ちになりつつある今、より安全なデータのやりとりや、より高速な演算を実現する未来のテクノロジーとして「量子技術」への期待が高まっている。その核となるのが、量子現象の制御により機能を発現する材料、いわゆる「量子マテリアル」だ。2020年、NIMSはこの研究開発を重点施策として掲げ、研究体制の構築を開始した。量子技術と称されるもののうち、すでに「量子暗号通信」は実用化段階に入っている。光の量子効果を利用した“絶対に解読されない”通信技術で、中

国やアメリカが巨額の予算を投じて整備を進めている。ただし、まだ十分に確立された技術とは言えない。量子情報を担う光子を長距離にわたって運ぶには光子をリレーする高性能な中継器がいるが、ここに量子マテリアルの力が求められているのだ。NIMSは「量子ドット」と呼ばれるナノ結晶を使って中継器を実現するべく、高品質なドット作製技術の確立を進めている(PICK-UP③)。

また「量子コンピュータ」に搭載する演算素子として有望視される超高純度なダイヤモンド結晶の作製技術など、7つの重点課題を推進中だ。

物質・材料はいつの時代も、社会発展の立役者であり続けてきた。そして、少子高齢化や地方の過疎化、貧富の格差の拡大……さまざまな社会的問題が取り沙汰されている今、これを突破していくために、引き続き材料のチカラが求められている。より豊かで快適な社会を目指して—— NIMSの飽くなき挑戦は続く。

PICK-UP ③

「量子ドットもつれ光源」の開発

情報を安全に送信できる、量子暗号通信。光ファイバーの中を、情報の担い手である光子のペアが“もつれた”状態で進む。その光源のひとつが、半導体のナノ結晶「量子ドット」だ。正三角形など等方的なドット形状であるほど、質の高いもつれ光を発生させることができる。NIMSはその作製のため「液滴エビタキシー法」と呼ばれる独自技術の開発を進めてきた。近年、黒田隆らはこの技術を進化させ、光ファイバー中で最もロスが生じにくい、波長1.55 μm の光子を発する量子ドットの作製に成功。現在は、通常もつれ光の質を維持するために不可欠な大がかりな冷却装置のいらない、持ち運び可能な汎用型量子光源の開発を進めている。

クリープ試験

発電所やプラントの安心・安全を陰で支える材料試験

高温・高圧の水蒸気を使ってタービンを回転させ、発電を行う火力発電所。その配管に用いられ、過酷な環境にさらされ続ける鉄鋼材料の耐久性の評価は安心・安全な運用に欠かせない。そこでNIMSが1966年から約55年間にわたり実施してきたのが「クリープ試験」だ。500℃から700℃の温度下で、鉄鋼材料の試験片を一定の力で両側から引っ張り続け（高圧をかけたとき材料が膨張する状態に匹敵）、変形の大きさや破断までの時間を測定する試験である。

火力発電所やプラントの設計基準は、10万時間（約11.4年間）に及ぶ鉄鋼材料の耐久性に基づいて決められている。それだけの長時間試験に、NIMSは国の研究機関として中立的な立場から取り組んできた。現

在、温度や荷重を少しずつ変えた500台の試験機で測定を行っている。

クリープ試験は当初、素材メーカーが製造した材料の信頼性担保を目的にスタートした。それが今や、材料組成が強度に及ぼす影響を明らかにし、プラント用材料の規格の見直しを提言するなど、その役割は重要性を増している。また、現場のニーズに応じて新たな試験も積極的に導入してきた。2017年からは民間企業10社と共同で、配管の中でも強度が低下しやすい溶接部の余寿命診断を行うべく、溶接部を切りだした大型試験片の測定を進めている。約55年の間に評価を行ってきた試験片は約1万2000本。2020年からは、人工知能に5万枚近い試験片の破断面画像を学習させ、破損の原因や劣化



度合いを自動判定させようという試みを開始した。社会の安全を守る歩みは、継続のかたわら着実に進化を遂げている。

STAM (Science and Technology of Advanced Materials)

NIMSが編集運営を担うオープンアクセスの学術誌

研究者は成果を論文として世界に発信する。学術誌はその発信の場だ。メジャーな学術誌が研究コミュニティに与える影響は大きく、誰の、どの論文が掲載されたか、どのような特集が組まれたかによって各分野の潮流が分かると言っても過言ではない。長年、メジャーな学術誌の多くが欧米発という状況が続いてきた中、材料系の学会が集まり、日本で2000年に創刊したのが『STAM』だ。『STAM』の使命は、材料科学分野における世界の潮流を示し、その発展に寄与すること。創刊当初は、東京大学のマテリアル工学科が担っていた編集運営を2005年からNIMSが引き継ぎ、現在に至る。

NIMSはこれまで、編集委員の国際化や査読体制の強化に取り組んできた。2008年

にはより多くの読者を獲得するため、従来の機関購読型からオープンアクセス型（閲覧無料）に転換。現在は『STAM』のウェブサイトアクセスすることで、誰でも閲覧可能だ。

編集委員会は世界14カ国・約70名の材料科学者で構成されている。厳選した論文と共に、NIMSの研究者ネットワークを忌憚なく活かして研究の“先”を見据えたテーマを選び、特集記事として世界に発信してきた。今や、その高い品質が評価され、インパクトファクター（IF値：学術誌の影響度や引用された頻度を測る指標）は5.866にまで上昇（2020年12月時点）。そして、2021年1月には姉妹誌『STAM Methods』を創刊した。同誌は材料開発を加速する新たな手法として注目される情報科学やデータ科学



に焦点を当てているのが特徴だ。一步先ゆく情報をNIMSから、世界へ。これからも材料科学が進むべき道を照らしていく。

若手国際研究センター（ICYS）

世界中から優秀な研究者が集う人材育成プログラム

研究開発や成果の発信、設備の共用に加え、人材育成というミッションを担うNIMS。とりわけ、若手研究者の育成に重要な役割を果たしてきたのが、2003年に設立された「ICYS」だ。博士課程修了後10年以内の研究者を対象に、充実した研究環境を提供している。今や公募の倍率が50倍を超えるなど、世界中から優秀な若手研究者の応募が殺到するこの制度は、将来の材料科学分野をけん引し得るグローバルな人材を数多く輩出してきた。

ICYSの大きな特徴は、研究員の自立性の高さにある。ICYS研究員はそれぞれに研究予算を与えられ、最長3年間、NIMSの共用装置を利用しつつ自らが設定したテーマに集中して取り組むことができる。一方で、

ICYS研究員一人に対し2名のNIMS研究者がメンターとしてつき、研究の方向性を必要に応じてアドバイスするなどサポート体制も万全。また、毎年開催しているワークショップは分野や国籍を越えた交流の場として、多角的な視野や国際競争力の獲得に生かされている。こうした環境に身を置くことができるのも、金属材料から有機材料、生体材料まであらゆる分野がそろったNIMSならではの言えるだろう。

2020年度までに輩出したICYS研究員は166名（出身国は世界29カ国）。そのうち約3割はNIMSの定年制研究者として採用されているほか、世界中の大学や研究機関、企業へと羽ばたき、NIMSの国際的なネットワークの形成に寄与してきた。研究員の募



集は年に2回、採用の決め手はこれまでの実績と研究計画のオリジナリティだ。もちろん日本人にも門戸は開かれている。科学発展の最大の要と言える人材育成に、NIMSは引き続き尽力していく。

育む NIMS



NIMSは新しい研究成果の創出にとどまらず、材料を安全に使うための試験や人材の育成、情報発信の拠点として、物質・材料科学の発展を支えてきました。長年の取り組みを経て深く根づき、豊かな実りをあげてきた事業の数々。その一端を紹介します。



NIMS NOW vol.21 No.2 通巻187号 2021年3月発行

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

古紙配合率70%再生紙を
使用しています植物油インキを
使用し印刷しています

〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1 TEL 029-859-2026 FAX 029-859-2017 E-mail inquiry@nims.go.jp Web www.nims.go.jp

定期購読のお申し込みは、上記FAX、またはE-mailにて承っております。 禁無断転載 © 2021 All rights reserved by the National Institute for Materials Science

イラスト:アイハラチグサ (vision track) デザイン:Barbazio株式会社