

JST news

未 来 を ひ ら く 科 学 技 術

2022

5

May

光科学に新たな可能性をひらく
中波長の紫外線半導体レーザー

リモートセンシングで水稻の損害評価
インドネシアの農業保険制度に貢献



国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency



国立研究開発法人
科学技術振興機構

理事長

橋本 和仁

はしもと かずひと

2022年4月1日付で国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の理事長に就任いたしました橋本和仁です。どうぞよろしくお願いいたします。

今日、“新型コロナウイルス感染症の蔓延”、“従前の資本主義の行き詰まり”、そして“ロシアのウクライナへの侵攻”など多様な問題が次から次へと表れ、世界は歴史上の大きな転換点を迎えようとしています。このような中、科学技術の重要性はますます高まり、その発展が社会から強く求められています。特に近年の科学技術の特徴は、“基礎研究の進展とその成果の社会への展開”が極めて近接している点にあり、ここにも現在の科学技術の意義を見いだせると言えるでしょう。

JSTは、1996年に前身の科学技術振興事業団が設立されて以来、科学技術基本計画および科学技術・イノベーション基本計画の中核を担う機関として、日本の研究開発、それに科学技術・イノベーション基盤の強化を目的として運営されてきました。

◆ 経 歴

- 1980年 3月 東京大学大学院理学系研究科化学専攻修士課程修了
- 1985年 3月 同 理学博士
- 1980年 4月 分子科学研究所技官
- 1984年 2月 同 助手
- 1989年 9月 東京大学工学部合成化学科講師
- 1991年11月 同 助教授
- 1997年 7月 同 先端科学技術研究センター教授
- 2003年 4月 同 大学院工学系研究科応用化学専攻教授
- 2004年 4月 同 先端科学技術研究センター所長(2007年3月まで)
- 2016年 1月 国立研究開発法人物質・材料研究機構理事長

「新たな価値創造」に向け、 たゆまぬ改革を

そして本年4月からは「新たな価値創造」に向けて、第5期中長期計画の実施期間に入りました。「知のフロンティアを開拓し価値創造の源泉となる研究力の強化」「国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革」「1人1人の多様な幸せと課題への挑戦を実現する教育・人材育成」といった国家の基本計画に沿った取り組みをより一層推進してまいります。特に、カーボンニュートラル実現に向けた革新的な研究開発の推進や研究開発戦略の立案・強化は早急に対応しなければならない課題と考えています。

さらにJSTは、国の戦略に基づく新たな取り組みとして、10兆円規模の「大学ファンド」の運用を開始したところであり、「世界と伍する研究大学」の実現に向けて取り組みを進めてまいります。併せて、内閣府の「地域中核・特色ある研究大学総合振興パッケージ」に基づき、「地域の中核となる大学」および「特定分野の強みを持つ大学」の支援に向けた施策を強化します。また、経済安全保障の強化推進のため、先端的重要技術の実用化に向けて強力な支援を行う新たなプロジェクトの創出を念頭にした取り組みも開始いたします。こ

れら以外にも、若手研究者の支援といった人材育成にかかわる事業をなお一層強化してまいります。

最後に、前述のように基礎研究と社会実装が極めて近接してきた状況下で、JSTにはこれまで以上に挑戦的な取り組みが必要であると認識しています。“競争的資金の全体設計”、“科学技術政策のためのシンクタンク機能強化”、そして“職員・組織の意識向上”などを図るべく、理事長としてたゆまぬ改革とマネジメント強化を進めていく所存です。

皆さまのご支援とご協力を何卒よろしくお願い申し上げます。

役員一覧 (令和4年4月1日現在)



橋本 和仁



塩崎 正晴



喜田 昌和



甲田 彰



金子 博之



森本 茂雄



石正 茂

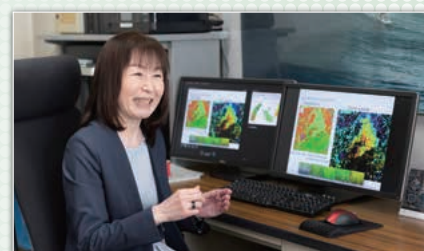


徳永 良

02 — 新理事長挨拶・役員紹介

05 — 特集1

光科学に新たな可能性をひらく
中波長の紫外線半導体レーザー



10 — 特集2

リモートセンシングで水稻の損害評価
インドネシアの農業保険制度に貢献

14 — NEWS & TOPICS

- ◆ 光で細胞を死滅させる新技術
- ◆ サイエンスインパクトラボ 2021 報告書 公開

ほか



16 — さきがける科学人

未知の世界は可能性の宝庫
新技術の確立に思いをはせて

北海道大学大学院 工学研究院
環境創生工学部門 准教授
押木 守



アジア・太平洋研究会 センター設立1周年特別編

「アジア・太平洋地域の科学技術イノベーションの展望」期間限定公開

気候変動、感染症など、グローバル課題への取り組みが重要となる中、科学技術イノベーションシステムを取り巻く環境も大きく変化しています。特にアジアでは新興国が台頭し、世界的にも地域的にも、富と力の分布が急速に移り変わっています。

アジア・太平洋総合研究センター(APRC)設立1周年を記念して、アジア・太平洋地域の重要性や国際協力のあり方などに関する有識者座談会を、期間限定でオンライン公開しています。

APRCで運営するポータルサイト「Science Portal Asia Pacific」では、有識者座談会に関連する特集記事のほか、アジア・太平洋地域の科学技術ニュース、調査報告書などを掲載していますので、併せてご覧ください。

【動画視聴期間】2022年4月5日(火)～5月31日(火) 【URL】https://spap.jst.go.jp/event/apstudy_1stsp.html

【参加費】視聴無料(事前登録不要。通信料は聴講者のご負担となります) 【主催】JSTアジア・太平洋総合研究センター

〈出演者〉

内閣府科学技術・イノベーション推進事務局長
松尾 泰樹

外務大臣科学技術顧問(外務省参与)
松本 洋一郎

アジア・太平洋総合研究センター センター長
白石 隆

アジア・太平洋総合研究センター
上席フェロー(司会)
角南 篤



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.10



▶ P.10



▶ P.15上



▶ P.15上



▶ P.15上

編集長：安孫子 満広

科学技術振興機構(JST)広報課

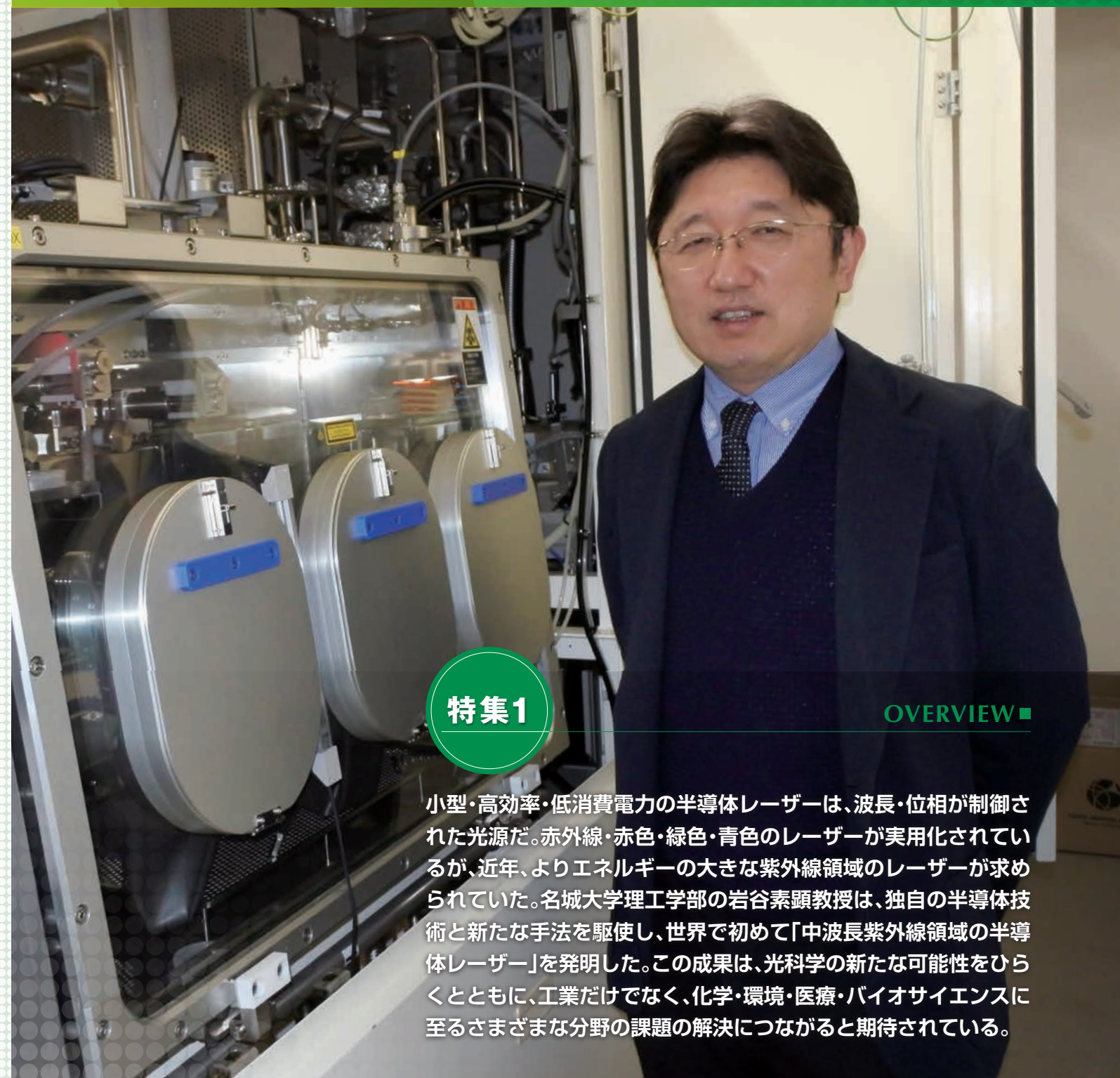
制作：株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ

印刷・製本：株式会社丸井文社

光科学に新たな可能性をひらく 中波長の紫外線半導体レーザー

岩谷 素顕 Iwaya Motoaki

名城大学 理工学部 教授
2016年よりCREST研究代表者



特集1

OVERVIEW

小型・高効率・低消費電力の半導体レーザーは、波長・位相が制御された光源だ。赤外線・赤色・緑色・青色のレーザーが実用化されているが、近年、よりエネルギーの大きな紫外線領域のレーザーが求められていた。名城大学理工学部の岩谷素顕教授は、独自の半導体技術と新たな手法を駆使し、世界で初めて「中波長紫外線領域の半導体レーザー」を発明した。この成果は、光科学の新たな可能性をひらくとともに、工業だけでなく、化学・環境・医療・バイオサイエンスに至るさまざまな分野の課題の解決につながると期待されている。

50年代から始まった研究 残された未踏領域に挑む

波長や位相がそろい、指向性と収束性に優れた「レーザー光」は、光ディスクやレーザープリンター、光通信などのさまざまな分野の製品に使われており、生活に欠かせない存在となっている。なかでも半導体レーザーは、ガスレーザーや固体レーザーに比べ、小型・高効率・長寿命・高生産性などの優れた特性を持つことから、広く活用されてきた。

半導体レーザーは「活性層」と呼ばれる層を、負の電荷を持つ自由電子が多数キャリアであるn型半導体と正の電荷を持つ自由正孔が多数キャリアであるp型半導体で挟んだ構造をしている(図1)。また、このような構造にすることで光を閉じ込め、光の定常波を作る光共振器の役割を持つように設計されている。これに電圧を印加すると、高いエネルギーを持つn型半導体中の自由電子とp型半導体中の自由正孔が活性層に注入され、再結合する。

再結合により生じたエネルギー、すなわちこの場合には、材料のバンドギャップエネルギーに相当するエネルギーが光電変換され、レーザー光として発振される。バンドギャップエネルギーとは電子状態が存在しないエネルギー範囲で、半導体材料によって決まる。このギャップが大きければ発振する光のエネルギーも大きくなる。1950年代にアイデアが提唱されると、60年代から本格的な開発が始まった。まず光のエネルギーが小さく波長の長い赤外

領域、そして赤色→緑色→青色と光のエネルギーが大きく波長の短い領域へと拡大していった(図2)。その後、さらにエネルギーの大きい紫外線領域の半導体レーザーが望まれるようになった。しかし、これを実現するためには、3電子ボルト(eV)を超える大きなエネルギーギャップを持つ高品質な半導体材料を作り、かつ光学利得が発生するような大電流を注入してレーザーを発振させる必要がある。

世界中の研究者が開発を競い、波長320～380ナノ(ナノは10億分の1)メートル(nm)の長波長紫外領域の半導体レーザーは2003年に、280nm以下の短波長紫外領域は19年に発明された。そして最後の未踏領域となったのが、日焼けの原因としてもよく知られる280～320nmの中波長領域の紫外線UV-Bの半導体レーザーだった。この難題に挑んだのは、CREST「新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクスの基盤技術」研究領域で「深紫外領域半導体レーザの実現と超高濃度不純物・分極半導体

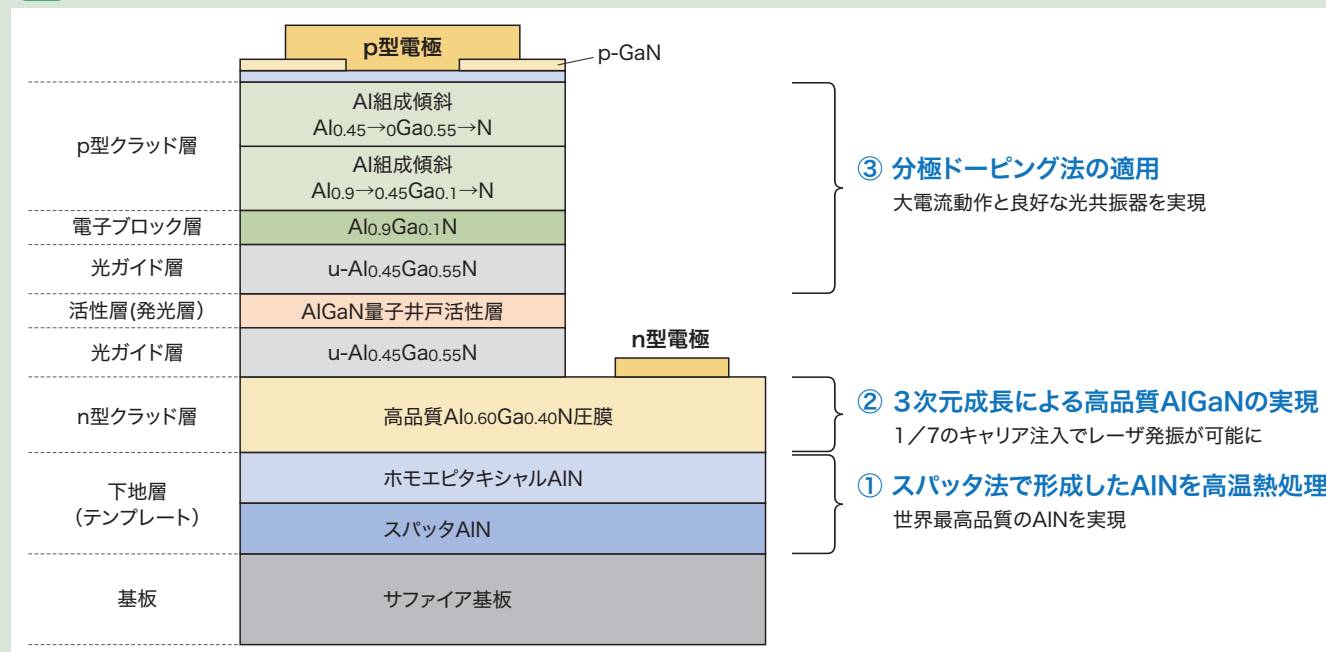
の研究」を率いる、名城大学理工学部
の岩谷素顕教授だ。

重なる失敗に揺らぐ決意 赤崎博士の言葉で再挑戦

岩谷さんは「高輝度かつ低消費電力の白色光源を可能にした高効率の青色LEDの発明」で14年にノーベル物理学賞を受賞した赤崎勇博士(21年没)の教え子の一人として、大学の学部生時代から20年以上にわたり指導を受けてきた。技術や研究に対する考え方、研究者としての心構え、発想やアプローチの仕方、視点の取り方など、さまざまなことを教わったと語る。「論文には全て目を通し、1つ1つの確な助言や提案をいただきました。赤崎先生にお会いしなければ、私の研究人生はなかったと言っても過言ではありません」。

そもそも電子物性工学の世界では、中波長紫外線半導体レーザーの開発は不可能だろうと考えられていた。というのも、半導体レーザーはバンドキャップエネルギーが3.8

図3 半導体レーザーの断面図と各層に用いられた3つのブレイクスルー技術



～4.4eVの半導体材料が必要だが、3eVを超える材料は高い絶縁性を持っている。つまり、電気を通さない材料にレーザー発振に欠かせない大電流を流すという、両立できない困難な課題を解決しなければならないのだ。また、安定した利用に耐えうる半導体レーザーを作るためには、結晶欠陥が少ない高品質結晶を持つ新材料の開発が不可欠だ。

この不可能という常識に囚われ、ほとんどの研究者は中波長紫外線半導体レーザーの研究に取り組んでいなかったという。しかし「どうせやるならば、誰もできないような困難な課題に取り組みたい」と、岩谷さんは果敢にもチャレンジを決めた。ところが、さまざまな手法を駆使し、いくつもの材料開発に取り組んだものの、ことごとく高い壁にはね返され続け、次第にその決意は揺らいでいった。

そして研究開始から数年後、とうとう研究を断念しようと、その旨を赤崎博士に伝えた。すると普通の温厚な様子から一変し、猛烈に怒られたと岩谷さんは振り返る。「君の決意はそんなものだったのか。多くの学生を巻き込んで、その責任は取れるのか。そんなことで諦めるなら研究

者をやめてしまえ」。その日から、再び岩谷さんの挑戦が始まった。

世界最高品質のAINを実現 3次元成長でAlGaIn層作製

さまざまな分野にアンテナを広げ、考えつくあらゆる仮説を立て、いろいろな手法や材料開発を試みた。試作したサンプルは数百点に及んだ。その後も試行錯誤を繰り返し、ようやく手ごたえを感じ始めたのは、再スタートを切ってから4年後の14年頃のことだった。そして16年、CRESTに採択された頃から、いくつかのアイデアが具体的な形になってきた。「スパッタ法で形成した窒化アルミニウム(AIN)の高温熱処理」「3次元成長による高品質窒化アルミニウムガリウム(AlGaIn)の作製」「分極ドーピング法」という3つの手法である(図3)。

n型クラッド層では、高品質なAlGaIn結晶を生成するために、当初2次元的な結晶成長法を採用していた。しかし、成長途中でクラックとよばれる結晶の裂け目や転位と呼ばれる格子欠陥が多数できてしまい、レーザー発振に耐えうる高品質な結晶を得ることができなかった。一般

にクラックや転位があると発光効率は低下するため、光励起レーザーのしきい値も1平方センチメートルあたり210キロワット(kW/cm²)と期待する値に達しなかった。

従来、基板とその上に成長する結晶は、軸の長さや角度といった格子定数を一致させる必要がある。1パーセントを超える格子不整合を持つと、高品質な結晶は得られないとされている。青色LED開発の際に、赤崎博士も同じ課題に直面したが、これを打ち破るために開発したのが、低温堆積緩衝層技術だ。サファイア基板の上にAINを堆積させた後、窒化ガリウム(GaN)結晶を成長させる手法だ。これにより、結晶欠陥が少ない、平坦なGaN結晶を得て、青色LEDの発明へとつなげた。

AlGaIn系材料の研究では3次元成長法を使うことは珍しかったが、ノウハウを熟知していた岩谷さんは赤崎博士の手法を踏襲し、結晶作成に取り掛かった。共同研究者で三重大学大学院地域イノベーション学研究所の三宅秀人教授が開発し、近年紫外LEDのAINテンプレートの作製方法としても広く使われつつある、高品質AIN生成技術を活用したという。

図1 半導体レーザーの仕組み(左)と電子のエネルギー状態(右)

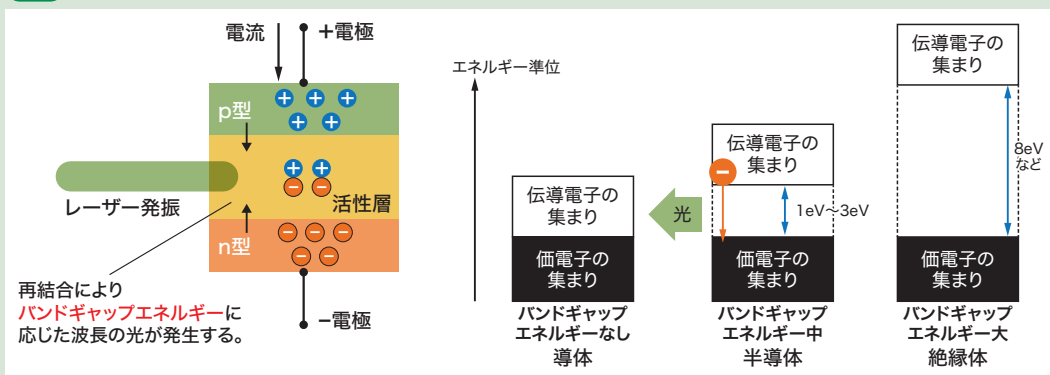
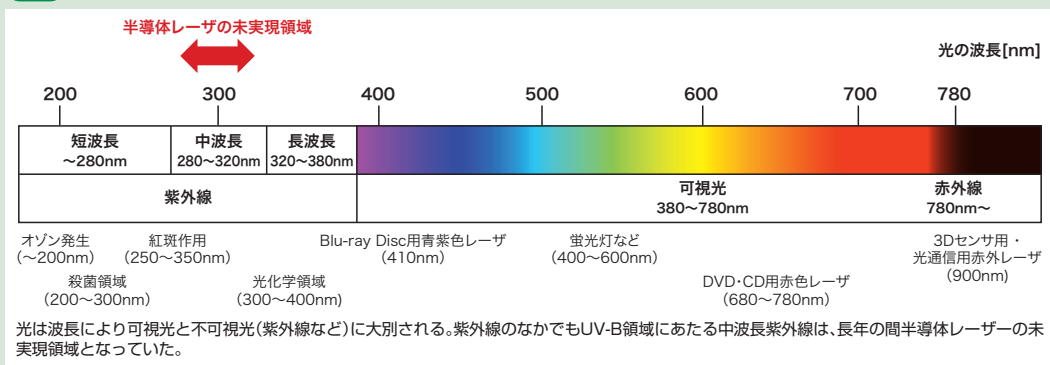


図2 光の種類と半導体レーザーの未実現領域



窒素などのイオンが原料となるAlNに衝突し、たたき出された分子を基板上に付着させるスパッタ法でAlNの薄膜をサファイア基板の上に堆積させた。作製された結晶は微結晶な状態で積層されるが、1700度の高温で熱処理することにより結晶欠陥が非常に少ない、高い結晶性のAlN膜を得ることに成功した(図4)。

このAlNをテンプレートとして、その上にAlGaInを3次元成長させた(図5)。AlNとAlGaInの間にも1パーセント以上の大きな格子不整合があったため、一筋縄ではいかずさまざまな条件を試みた。「開発に3年ほどかかりましたが、学生さんが本当によく頑張ってくれたおかげで、光励起レーザーの閾値パワー密度は2次元成長の場合のおおよそ7分の1に相当する36kW/cm²まで低減しました」と笑顔を見せる。現在はさらに半分程度まで低減する方法を確立した。

絶縁体工学の手法を導入 分極ドーピングで発振成功

苦労して完成した結晶でも、レーザー発振しなければ元も子もないが、大きなバンドギャップエネルギーを持つ結晶に、大電流を注入することは簡単ではない。さらに、半導体レーザーでは光を制御するために光の波長以上の膜厚が必要で、従来の半導体工学で多用されている不純物添加による伝導性制御では、レーザー発振に必要な大電流密度動作が実現で

図4 高温熱処理によるAlNの変化

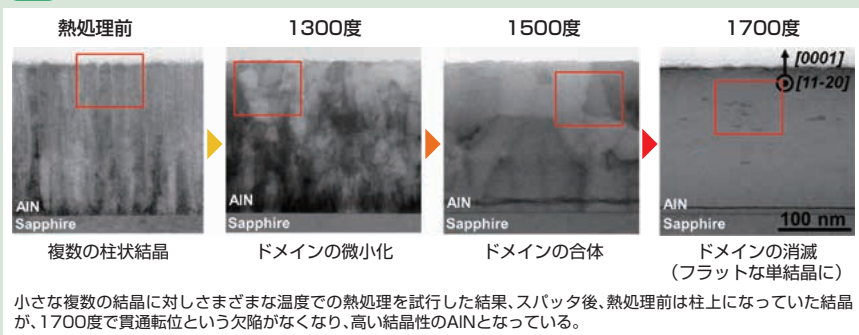
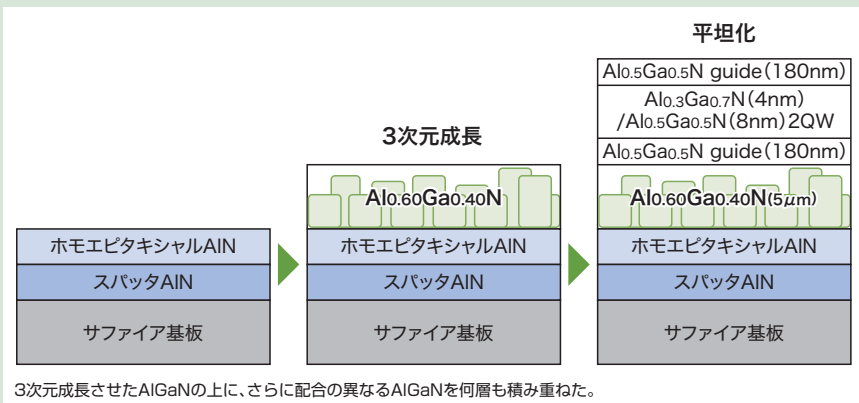


図5 3次元成長による高品質AlGaInの作製の流れ



きない。そこで岩谷さんが目を付けたのが、分極ドーピングだ。

一般的に半導体結晶は電気的には中性だが、窒化物半導体は対称性が低いために、大きな分極電荷を持っている。分極ドーピングは、この分極電荷を活用することによって電気伝導するキャリアを発生させる方法だ(図6)。分極は絶縁体材料で用いられる概念だが、この分極効果を用いると自由電子や自由正孔を発生させることができ、青色LEDの特性改善に成功したと、米国ノートルダム大学の

グループが発表していた。

今回の研究ではp型クラッド層に分極ドーピング法を適用し、AlGaIn材料の組成を変えることで分極の大きさを傾斜的に変化させた(図7)。これによって分極固定電荷を分布させることができるようになり、19年にレーザー発振が可能なレベルの電流注入と光共振器の形成を同時に実現した。半導体工学にはなかった新しい手法で、これまで実現不可能といわれてきた「電気を通すことのできない材料に電流を流す」という難題を克服できたのである。

これら3つの手法で作った試作デバイスを室温下で評価したところ、半導体レーザー特有の発光パターンやスペクトルが得られていることが確認できた(図8、9)。その結果を受けて、20年2月に世界初の中波長紫外線領域の半導体レーザーを発明したと発表した。論文発表に至るまでも、

図6 p型クラッド層の組成傾斜構造

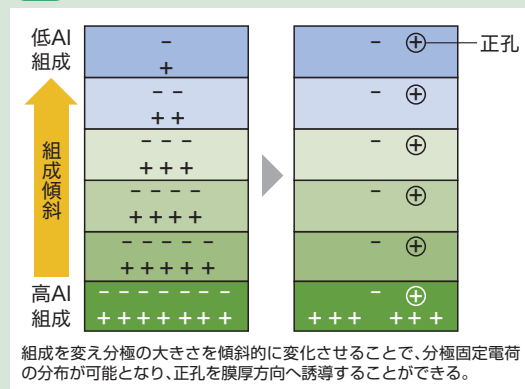
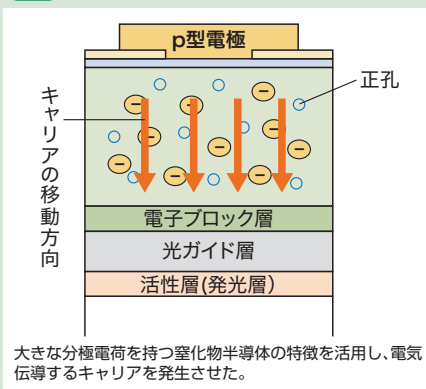


図7 分極ドーピング(Al組成傾斜)



何度も査読委員とやり取りしたと岩谷さんは振り返る。「世界初ですから、本当にできたのかと聞きたくなるのは当然でしょう。たくさん証拠資料を提出し、ようやく認めてもらったときはうれしかったですね」。

この発明は発表されるや、国内外で大きな反響を呼んだ。革新的な半導体素子の開発は、結晶成長学のみならず、半導体工学の発展において極めて重要な成果として絶賛され、学会や新聞各紙を賑わした。まさに、光科学と半導体工学の未来を照らしたのである。

大きさ、消費電力は100分の1 DNA塩基配列解析や皮膚治療に

今回開発した半導体レーザーの応

用分野は広く、インパクトも非常に大きい。同じ波長域で使われているガスレーザーや固体レーザーと比べると、圧倒的な小型化・低消費電力化・長寿命化・低コスト化が図れる。一般的なガスレーザーの大きさは1〜2メートルだが、半導体レーザーは約1センチメートルと100分の1以下の大きさだ。消費電力も約100分の1で、寿命も約100時間から1万時間と約100倍になる。

量産できるようになれば価格も下がり、ガスレーザーの10万分の1以下になるとも期待されている。「これまでの歴史を見ても明らかですが、1つの発見が一気に世界を変えることがあります。このレーザーを使った装置が普及すれば、これまでに見ることのできなかった世界を探索でき

ようになるでしょう」と岩谷さんは力説する。医療・バイオサイエンス分野であれば、DNAの塩基配列を解析するDNAシーケンサーや皮膚治療など、他の波長領域のレーザーではできなかった研究や医療が実現する可能性は大いにある。

また、結晶組成を変えれば、中波長領域全ての波長のレーザー光を作れる可能性もあり、すでに国内外の大学、企業との共同研究も進んでいる。岩谷さんもその先頭に立ち、次なる時代を見据えて、さらなる技術革新に向けた研究に日々取り組んでいる。その際も、常に心に留めている座右の銘がある。「教科書を書き換えるような成果が超一流の研究である」。

(TEXT:片柳和之、PHOTO:名城大学提供)

図8 UV-Bレーザーの発振の様子(左)とUV-Bレーザーの発振発光のスペクトル(右)

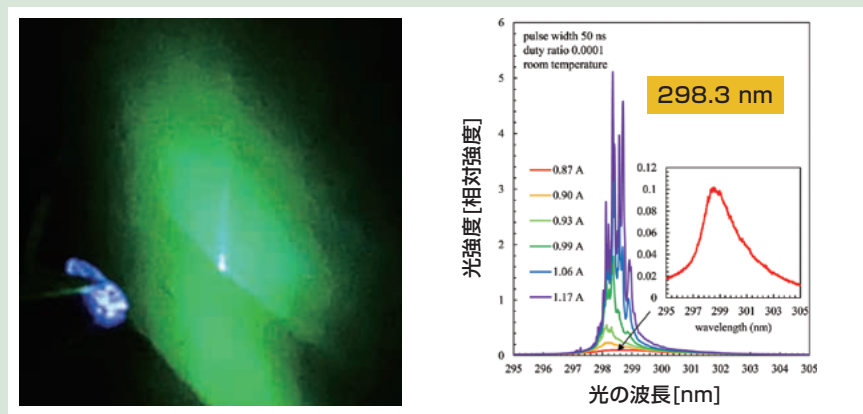


図9 UV-Bレーザーの発振の様子



特集2

OVERVIEW

近年、気候変動による異常気象が、農作物の安定的な収穫に大きな影を落としている。増え続ける人口を支え、今後も人類が豊かに暮らし続けるためには、食料安全保障の維持は早急に解決しなければならない課題の1つだろう。カギとなるのは、再生産能力を維持できる持続性の高い農業体制の構築だ。千葉大学環境リモートセンシング研究センターの本郷千春准教授は、リモートセンシング技術を駆使した水稻の損害評価手法を確立し、インドネシア政府が推し進める農業保険制度の安定運用と普及に貢献する。

リモートセンシングで水稻の損害評価 インドネシアの農業保険制度に貢献

本郷 千春 Hongo Chiharu

千葉大学 環境リモートセンシング研究センター 准教授
2016年よりSATREPS研究代表者

国主導でも伸びぬ利用者 迅速化・客観性がカギに

気候変動により、今後人類はさまざまなリスクにさらされると予想されている。2021年8月に気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が発表した第6次評価報告書には、その主要なリスクの1つに「食料安全保障」の脅威が挙げられている。異常気象などによって引き起こされる干ばつや水害、病虫害は、農作物に被害を与え

るばかりか、農地の回復と次期の作付けにも、多大な労力とコストを要する。経済基盤の不安定な農業者の中には、離農に追い込まれる人も少なくはなく、食料安全保障をさらに脅かす事態を招きかねない。

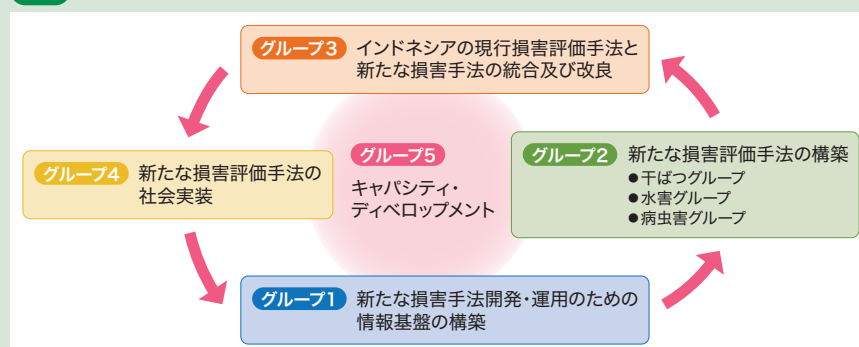
深刻な被害は、まず開発途上国で顕著に現れると予測されており、さまざまな政策が打ち出されている。米を主要作物とするインドネシアでは、13年に農民の保護とエンパワーメントに関する法律が制定された。「これ

により、干ばつや水害、病虫害で農作物に被害が出た場合には、損害に応じた補償金を国が支払う農業保険制度が導入されました。いくつかの州でパイロット試験を行い、16年から本格的に運用しています」と説明するのは、千葉大学環境リモートセンシング研究センターの本郷千春准教授だ。

本郷さんは、衛星データやドローンを使い、農作物や畑の状態を推定・評価する手法を確立した第一人者だ。現在、JSTと国際協力機構(JICA)が共同で運営する、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)の「食料安全保障を目指した気候変動適応策としての農業保険における損害評価手法の構築と社会実装」で研究代表者を務めている(図1)。

農業保険は、日本国内でも1947年の農業保険法制定以降、整備が進んできた。「運用が始まったばかりのインドネシアでは課題が尽きません。その中でも特に、損害評価の迅速

図1 プロジェクトの運営体制図



化と客観性の向上に科学技術を駆使して取り組んでいます」と本郷さんは話す。インドネシアにおける現行の損害評価法は、200から300の水田を有する広大な農地から3つの水田を抽出し、対角線上にある10株のイネ、計30株を目視で観察し、被害エリア全域の平均損害を算出するものだ。現行では、75パーセント以上の損害と認められなければ、補償金は振り込まれない。目視で被害程度を評価する方法では結果にばらつきが出るため、加入者が納得できる客観的な評価が重要になってくる。

さらに本郷さんは「東南アジアで保険制度を運用する場合、迅速性が特に重要です。審査の時間が長引けば、次の田植え時期を逃すなど、損失がさらに拡大することもあります」と続ける。インドネシアには雨季と乾季があり、年間2、3回の田植えを行う2期作、3期作が一般的だ。被害水田は、損害評価員の評価が終わるまで現状を維持しなくてはならないが、評価員の数も限られるため、スピードアップには限界がある。結果として、補償金の支給が確定するまでに時間を要するという、システム上の課題も浮き彫りとなっている。

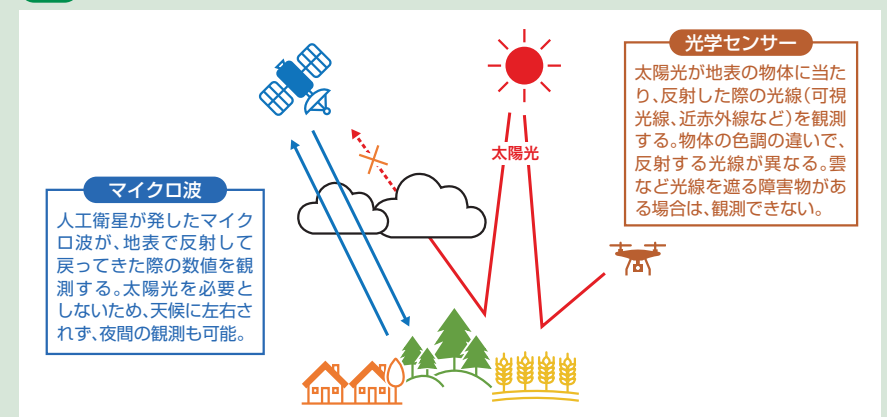
加えて、現地では損害保険の概念が浸透しておらず「たばこ1箱分」と例えられるわずかな保険料を負担し、将来の損害に備える重要性がまだ十分には理解されていない。こうした理由が相まって、国の主導する

図2 研究が行われているインドネシア



ボゴール農科大学、ウダヤナ大学、西ジャワ州農政部、バリ州バドゥン農政事務所とともに、西ジャワ州とバリ州で実証を進めている。ボゴール市から東に60キロメートルほどいったチアンジュール県には、プロジェクト拠点もある。

図3 光学センサーとマイクロ波送受信の仕組み



保険制度を利用する農家数は、大きくは伸びていない。リモートセンシング技術を農業へ導入したパイオニアである本郷さんは、ボゴール農科大学などと連携し、インドネシアのニーズに合う、損害評価手法の確立と社会実装に挑んでいる(図2)。

円滑な保険運用の必要条件 衛星やドローンで情報収集

リモートセンシングは、人工衛星や航空機などに搭載したセンサーを用いて、離れた場所から対象物を観測する技術を指す。本郷さんらは、ペスト(pest=害虫)オブザーバーと呼ばれる現地の損害評価員が、目視により行ってきた評価を、光学センサーとマイクロ波によるリモートセンシングでサポートしようと考えている(図3)。具体的には、ドローンを用いた低高度からの観測データと、地球観測衛星Sentinel-1、Sentinel-2などによる宇宙からの目を活用する。

図4 ドローンによる調査の様子と空撮画像

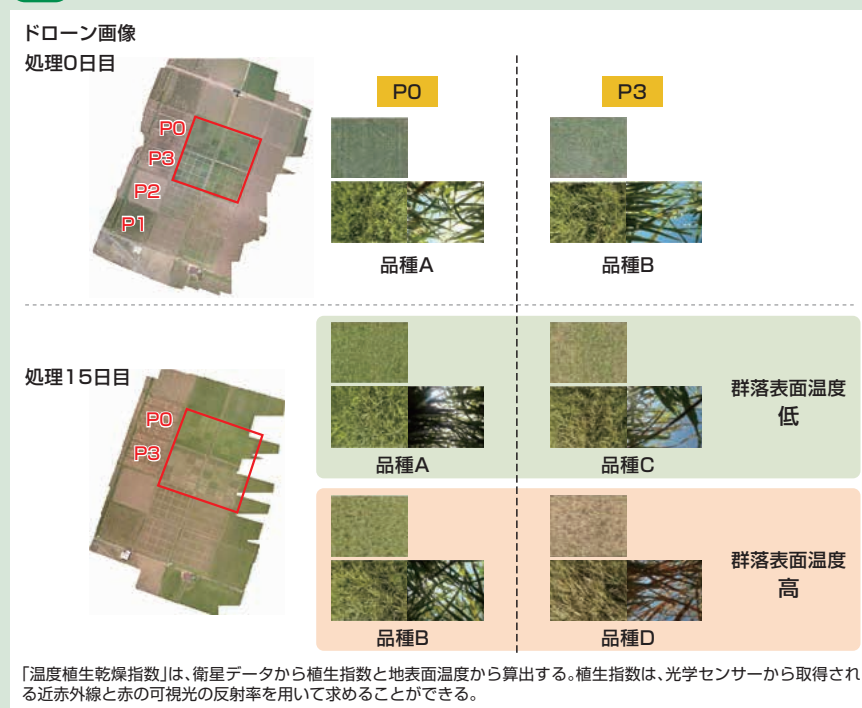


光学センサーの観測波長、飛行高度、観測に適した時間などのパラメータを決定して観測する。

また衛星から得られるデータを元に、地表面の乾湿の把握に広く用いられる温度植生乾燥指数を算出。出穂時期に指数の高いエリアは、干ばつ害発生リスクが高いことを把握した(図6)。本郷さんは「ドローンや衛星から取得したデータを統計解析したり、モデルに当てはめたりすることで、地表面のさまざまな違いや変化を調べることができます」と説明する。これにより、水田の干ばつ害や水害、病虫害による損害の評価を実現しようとしている(図7)。

さらに、さまざまな損害状況を把握するほかに、苗を植え付けた移植日も欠かせない情報となる。「例えば水害の評価を行う場合、移植日から30日以上経過している水田のみが損害調査の対象となります。30日未満の生育初期のイネは、水が引けば再び成長するため、そもそも調査は行いません。私たちは、リモートセンシングによる移植日の特定も目指しています」。毎年一斉に田植えをする日本と異なり、インドネシアでは天候や灌漑状況に合わせ、水田ごとに臨機応変に田植えを行う。こうした現地の状況を加味し、保険運用を円滑化するために必要となる

図6 リモートセンシングによる干ばつ害評価



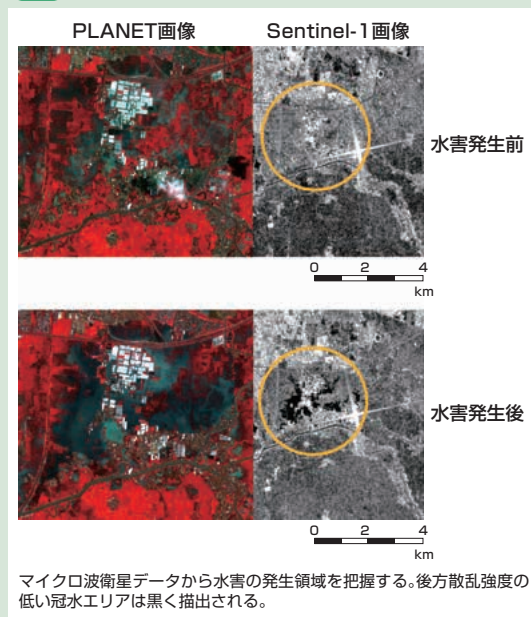
データは何かを見極めながら、リモートセンシングを活用している(図8)。

プロジェクトでは同時に、情報基盤整備の一環として、水田の区画や高低差、所有者といった対象農地の詳細な情報をデジタル地図上に落とし込む調査研究も行っている。こうして作られたパーセルデータに、各種損害評価に用いるデータを重ね合わせることで、水田ごとの評価を取りまとめることができる。プロジェクトの成果は、損害評価手法の概要と運用をまとめたテクニカルガイドラインとして、また評価に関わる重要な事柄をまとめたハンドブックとして、インドネシアで実際に損害評価に関わるペストオブザーバーや関係者に提供する予定だ。

コロナ禍で意外な成果 現場の声も届きやすく

プロジェクト後半は、2年以上に

図5 リモートセンシングによる水害評価



及ぶ新型コロナウイルス感染症の流行により、計画の変更を余儀なくされたが、その中でも「嬉しい誤算」が続いていると本郷さんは笑顔を見せる。「病虫害の評価にあたっては、ペストオブザーバーと州政府スタッフが、自らデータ取得の手法を身に付けてくれました。彼らがここまで成長するとは思っていませんでした」。自主的に講習会を開き、PR動画を作成するなど活動の幅を広げている。その様子は、現地メディアにも好意的に取り上げられている。

プロジェクトは当初、データ取得から解析の全工程を研究者が担い、取りまとめた損害評価結果を州政府へ引き渡すことを想定していた。しかし現場の意欲的な反応を受け、データ処理の自動化や扱いやすいアプリケーションの活用などを通し、研究者の手を離れ、現場スタッフが自らデータ取得から損害評価の結果を出すまで、一気通貫で担う方向にかじを切った。研究者は、技術的サポートを中心とした体制を構築し、現場スタッフとの役割分担を明確にすることで、自立のかつ継続的な運用が現地で根差していくことを期待している。本郷さんらは、サポートを円滑に行うため、現地の大学や研究機関にSATREPSの

成果を引き継ぐ組織を設置する目標に意欲を見せている。

またコロナ禍によって、オンラインでの情報交換が活発化したことも思わぬ成果を生んでいるという。「これまでは、予算や業務の都合で会議の参加者は限られていました。しかし、オンライン会議になってからは、ペストオブザーバーも気軽に参加できるようになりました。以前よりも現場の声を直接聞く機会がずいぶん増えました」と本郷さん。不測の事態が追い風となり、現地の士気を高めることにつながっているようだ。

現地調査の積み重ね ニーズに即した成果へ

こうした現地スタッフの向上心と、活気にあふれた研究環境を支えているのは、本郷さんが長年持ち続けた想いと実践によるところが大きい。「リモートセンシング技術のメリットは、遠隔で情報を取得できることです。しかし、実際に使われる技術に落とし込むことは、それを使う人と一緒に現場に入り、取り組んでいかなければ達成できないというのが、私の信念です」と本郷さんは語る。

その言葉の通り、現地の農業者やペストオブザーバーらとともに長靴を履いて水田に入り、五感を用いて現場を把握することに努めてきた。現場を知ること、取得されるデータの解

図7 イネ白葉枯れ病(写真)とリモートセンシングデータ(解析結果)

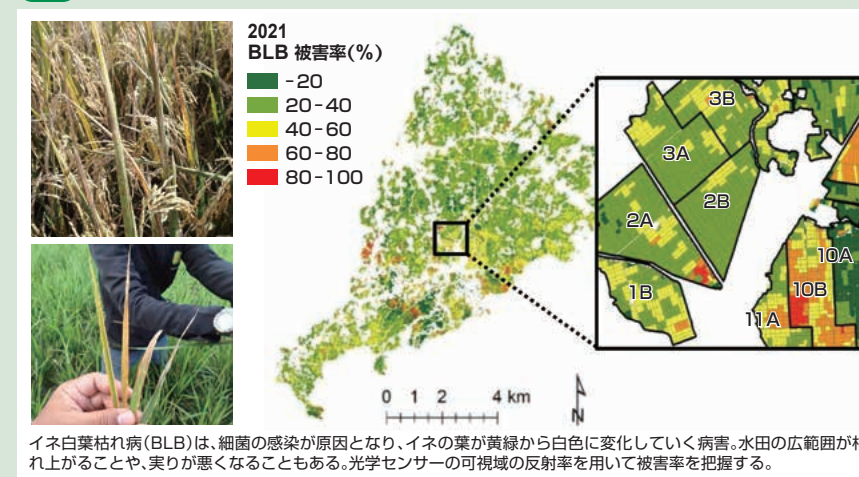


図8 水田の分画ごとのパーセルデータ



釈に深みが増し、その場に適した手法への作り込みも可能となる。こうした本郷さんの行動は、周囲を驚かせもした。インドネシアでは、教授自らがデータ取得に動くことはなく、専門の調査員が作業を担う分業体制で研究を行うのが一般的だ。ところが、プロジェクトリーダーである本郷さんが、自ら水田に入って調査を始めたことで、立場に関わらず全てのスタッフもそれに続くようになったという。こうした文化の違いも経験しながら、SATREPS開始前に十分な下準備をしてきたおかげで、大きな困難に直面することなく順調にプロジェクトを進めることができていたという本郷さん。インドネシアをフィー

ルドとした調査研究は、実に10年以上にも及ぶ。当初は、前年の収穫期に合わせて観測チームを作り渡航したものの、水田一帯の収穫はすでに終わり、稲わらを焼く煙だけが残っていたという失敗も経験した。

現地スタッフとの密なコミュニケーションの必要性を再認識し、実践した結果、積極的な情報提供を得られるようになった。信頼関係の積み重ねが、一丸となって取り組む現在の姿勢を生み出している。「私たちが作る手法やテクニカルガイドラインは、あくまでも22年度版です。技術の進歩と社会のニーズの変化に合わせて、今後も版を重ねていってほしいです。異なる被害や農作物にも応用するなど、ぜひ発展させてもらいたいですね。どんどん挑戦してほしいと思います」と期待と展望を語る。

保険制度は、多くの加入者が活発に利用して、初めてその機能を発揮する。迅速かつ客観的な損害評価の実現は、その大きな一歩となるはずだ。ひいては、インドネシアの食料安全保障へとつながっていくものと期待される。持続可能な社会の実現を目指す先進国が学び取るべき視点も多い。プロジェクトの今後の動向に注目していきたい。

(TEXT:西岡真由美、PHOTO:石原秀樹)

研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用」
研究課題「ファイバーレス光遺伝学による高次脳機能を支える本能機能の解明」

光で細胞を死滅させる新技術

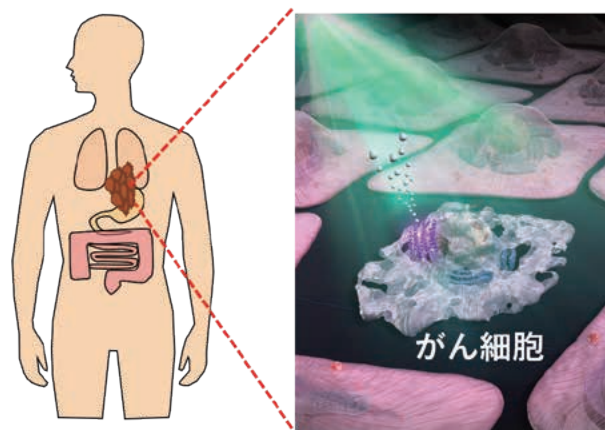
副作用のないがん治療を目指す

体内には約37兆個の細胞が存在し、それぞれの働きによって生命活動が維持されています。通常、働きが異常になった細胞はアポトーシス（細胞死）しますが、この機構が破綻すると異常細胞が増え続け、やがて「がん」となって体をむしばみます。がん治療には薬剤で細胞をアポトーシスさせる方法もありますが、多くは目的のがん細胞だけでなく周囲の正常な細胞にも作用するため、副作用が問題視されてきました。

岡山大学学術研究院医歯薬学域の須藤雄気教授らの共同研究グループは、狙った細胞を選択的に死滅させる手法として、生物の細胞膜に存在する「光感受性たんぱく質」に着目しました。光感受性たんぱく質の1つである、アーキロドプシン-3 (AR3) は細胞内の水素イオン濃度を低下させ、細胞をアルカリ化させる性質があります。アルカリ化はアポトーシスの引き金になると考えられており、細胞のアルカリ化を人為的に引き起こすことで、狙った細胞だけを死滅させるという方法を考えました。実際にヒトの培養細胞に

AR3を合成させた後、緑色の光を照射したところ、約3時間でほとんどの細胞を死滅させることに成功しました。

同様に多細胞動物モデルの線虫でも、感覚神経にAR3を合成させて緑色の光を照射したところ、化学物質への応答反応が低下し、感覚神経が死滅したことが示唆されました。今後は遺伝子工学技術を用いてAR3をがん細胞に導入し、光で細胞を死滅させる副作用のない画期的ながん治療法の開発を目指します。



周辺の正常な細胞には影響を及ぼさず、狙った細胞のみ光の照射で死滅させる副作用のないがん治療法

研究成果

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「環境・エネルギー（地球規模の環境課題）」
研究課題「サラワク州の保護区における熱帯雨林の生物多様性多目的利用のための活用システム開発」

開花直前に急成長、花芽の8割は枯れる

世界最大の花 ラフレシアの生態を解明

ラフレシアは世界最大の花を咲かせ、ハエなどをおびき寄せるためにアンモニアのような臭異を放つことで知られていますが、開花が数日しか続かず、自生地域も限られていることから「幻の花」と呼ばれています。また、葉や茎、根を持たないため、自ら光合成などを行って養分を得るのではなく、ブドウ科の特定のツル植物に完全寄生するという独自の生態を持っています。その希少性ゆえに、生態の解明は進んでいませんでした。

今回、国立環境研究所生物多様性領域の竹内やよい主任研究員らの研究チームは、水力発電ダムの開発をきっかけに偶然発見されたマレーシア・サラワク州のラフレシア個体群について、詳細な生態調査を行いました。その結果、初期から若年期の花芽成長は非常に遅いものの、開花直前までの成熟期では急速な成長を示すことが明らかになりました。また目視で確認できるサイズの芽から開花までは、約1年を要することが推定されました。一方で、8割以上の花芽が開花に至る前に枯れてしまう地域もあり、自然かく乱や

人の踏み付けなどに対して非常にぜい弱であることもわかりました。

熱帯林では近年、急速に土地利用の改変が進んでおり、ラフレシアをはじめとした希少な動植物の生息地が失われつつあります。今回の調査結果をもとに、サラワク州の多様な生物の全貌を解明するとともに、森林管理・保護区の策定や生物多様性保全への貢献も期待されています。



サラワク州ナハ・ジャレー地域で新たに発見されたラフレシア（直径52cm）。成熟した花芽は2日程度かけて開花します。完全な開花は1～2日続きますが、その後急速に腐敗します。

話題

サイエンスインパクトラボ2021

サイエンスインパクトラボ2021報告書 公開

～ あなたはDXでどんな“Good”を創りたい？ ～

「サイエンスインパクトラボ」は、研究者と企業や自治体、社会課題解決に取り組む起業家などのプレイヤーが集う場です。2021年度は、ITの浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させるDX（デジタルトランスフォーメーション）に焦点を当てた「DX for “Good”」をテーマに、既存の境界を越えた多様なメンバーが、DXでどんな“Good”を創りたいかを議論しました。このたび、3回にわたって行われたオンラインワークショップの成果をまとめた報告書を公開しました。

ワークショップではDXに関連する最先端の研究開発を行う5人の研究者を中心に5ユニットを作り、ユニットごとに創りたい未来や解決したい課題、社会実装プラン、すぐにやるべきことを設定しました。参加者同士のコミュニケーションを促進するために、コーディネーターと科学コミュニケーターが各チームに伴走するとともに、オンラインコミュニティツールの「Slack」も活用。追加のディスカッションを自発的に行うほど、特定テーマの深掘りや話題の共有が活発になりました。



サイエンスインパクトラボ2021実施報告書
<https://www.jst.go.jp/sis/co-creation/items/sil2021.pdf>

例えば、国立情報学研究所の五十嵐歩美助教のユニットは、「家事分担アプリ」を発案しました。家事を分担する各メンバーの得意や好み、それにかかる時間などの情報を入力すると、アルゴリズムで公平な家事分担の割り振りを提案し、話し合いを助けてくれるアプリです。その他にも、さまざまなアイデアが生まれました。今後も、JST「科学と社会」推進部は先端研究者と参加者の間に共創や社会実装プランを生み出す企画を実施していきます。

研究成果

社会技術研究開発事業

SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム（社会的孤立・孤独の予防と多様な社会的ネットワークの構築）
研究開発プロジェクト「孤独・孤立のない社会の実現に向けたSNS相談の活用」

コロナ長期化、日本在住の約40%が孤独感

「若年層」「暮らし悪化」で割合高く

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）のまん延で人々の交流が長期間にわたり制限される中、多くの人が孤独感を抱えていると考えられます。メンタルヘルスの悪化による、うつ病患者や自殺者の増加は深刻な社会問題ですが、感染拡大の長期化が孤独感に与える影響は不明でした。

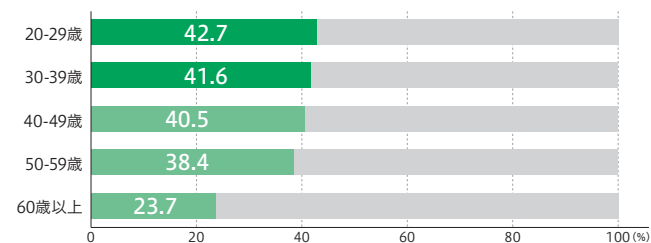
早稲田大学政治経済学術院の上田路子准教授らは、2022年2月に日本在住の約3000人を対象としたアンケート調査を実施しました。その結果、37.3パーセントの人が孤独感を抱えており、上田准教授らがコロナ感染初期の2020年から2021年初頭にかけて行った調査から、ほとんど減っていないことが明らかになりました。

また、孤独感を強く感じている割合は、20～59歳の若者・中年の人、女性より男性、コロナ前より暮らし向きが悪くなった人、個人的なことを話せる友人がいない人に高い傾向が見られました。分析は回答者の世帯年収、学歴、雇用形態などの属性の影響を考慮に入れて行いました。約60パーセントの人が政府による孤独・孤立対策の実施に賛成していることも

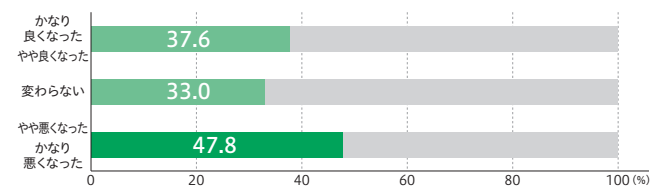
わかりました。調査結果は、比較的若い世代にも孤独・孤立対策が大切であることや、暮らし向きが悪化した人に必要な支援を届けることの重要性を示しています。

孤独感を感ずる割合（2022年2月）

■ 年代別
高齢者よりも若年層の割合が高い



■ 暮らし向き別（コロナ前後）
暮らし向きが「やや悪くなった・かなり悪くなった」層の割合が高い



さがける 科学人

vol.115

押木 守 Oshiki Mamoru

北海道大学大学院
工学研究院 環境創生工学部門 准教授

Profile

新潟県出身。2009年東京大学新領域創成科学研究科
社会文化環境学博士後期課程修了。博士(環境学)。北海
道大学大学院工学研究院博士研究員、蘭ラドバウド大学
客員研究員、長岡工業高等専門学校准教授などを経て、
20年より現職。22年より創発研究者。



難培養性微生物の培養装置。微生物が成育するほど赤みを増します。2年以上かかってここまで培養が進化したときは大感激でした。

Q1. どんなことに興味がありましたか？

A1. 妖怪大好き、不思議な現象に魅了 高専で研究の面白さに目覚める

不思議なものに興味を持つ子どもで、水木しげる先生の「ゲゲゲの鬼太郎」に代表されるような妖怪が大好きでした。非科学的な現象は世界中にあります。私の研究対象である微生物も実にさまざまな種類があり、しかもいまだに得体が知れない存在です。幼少期からの興味は妖怪から微生物へと移りましたが、科学で説明がつかない不思議な現象や存在にずっと魅了されつづけています。

中学卒業後に長岡工業高等専門学校に進学しました。手を動かして学ぶ実践的な授業が多く、ここでの学びから実験や研究の面白さに目覚めました。本科で5年、専攻科で2年学んだ後に大学院に進み、研究者の道を歩み始めました。

Q2. 具体的な研究内容を教えてください

A2. 微生物由来の触媒を用いて 窒素化合物の再生を提案

私たちの身の回りに存在する90パーセント以上の微生物が、実験室では培養できていません。そのため正確な解析や同定が難しく、微生物の全体像を捉えることすらままならないのです。他の研究では考えられないことかもしれませんが、この分野では論文で「理論的に説明がつかなかった」という結論を発表しても認められることがあります。そんな不思議なことがあふれた世界に魅せられて、研究を続けています。

創発的研究支援事業では、環境中に放

出された反応性窒素を効率よく利用する研究を行っています。空気の8割を占める窒素ですが、一般的には農作物の化学肥料やナイロンなどの化学繊維としても利用されており、私たちの生活と密接に関わる重要な元素の1つです。そのため、今後の人口増加に伴い、ますます需要が高まると考えられます。

しかし大気中の窒素を、例えばアンモニアなどの汎用性の高い肥料に変えるためには、膨大なエネルギーが必要になります。ところが、作られた窒素化合物の多くが利用されないまま湖や海に流入し、富栄養化現象の原因にもなっています。このように環境中に放出された硝酸や亜硝酸の形をした窒素を、微生物の力を使ってアンモニアやヒドラジンなどの有価物に還元する技術を研究しています。私の研究で見つかった微生物を活用した技術で窒素を有価物に変えるシステムを構築し、社会実装につなげていきたいと考えています。窒素の環境問題に興味を持った方は、林健太郎著「図説窒素と環境の科学 人と自然のつながりと持続可能な窒素利用」をぜひご覧ください。

未知の世界は
可能性の宝庫

新技術の確立に
思いをはせて

Q3. これから研究者を目指す人に一言

A3. 7割の「経験」に勝る学びはない 思い立ったらまずはチャレンジを

興味があることには積極的に取り組んで、多くの経験を蓄えてほしいです。7:2:1の法則では、人の学びの7割が「経験から得られる」といわれています。先輩の助言や教科書からの学びも大切ですが、経験から得た情報にはかないません。経験を通じて膨大な情報の中から自分にとって、本当に必要な学びを見つけてください。

明確な答えや結果が出にくい微生物の研究ですが、何事もやってみないとわかりません。私も興味や関心を持ったことは躊躇せず、積極的に取り組んでいきたいと思っています。

(TEXT:JST広報課 小倉一恵)



研究には継続力が重要で、タフな心体が必要とされます。休憩時間にお世話になっているPOWER MAX、いつも新しい世界へ私を連れて行ってくれます。

