

徳島大学
ポストLEDフォトンクス研究所
2021-2022

ボーダレス・フォトニクスで アフターコロナの社会を導く

徳島県はもともとLED産業がさかんな地域です。私たちは「ポストLED」、つまり目に見えない光がこのLEDの高付加価値化につながるという視点をもって研究を進めてきました。主に扱っている深紫外、テラヘルツ、赤外の三つの光には、従来の光とは全く異なる使われ方が広がっています。

今年度は、「アフターコロナ社会に役立つ方向性の研究」として二つの重点テーマを掲げ研究を行いました。一つはBeyond 5G、つまり次世代移动通信技術です。徳島のような地方都市ではこれまで、都市部との物理的・距離的な障壁もあって人口の流出と過疎空洞化が進んでいましたが、コロナ禍以降、都市部から地方へと人が流れる傾向に転じつつあります。ソーシャルディスタンスがままならず感染拡大をくり返す都市部に対して、地方都市はロバスト（頑健で強靱）です。自然豊かな地域で、都市と同じ仕事の環境を担保できれば、この流れはさらに加速するでしょう。私たちは光技術が、そんなゲームチェンジのトリガーになると考えています。

情報通信技術において、今のエレクトロニクスによる無線通信をBeyond 5Gに対応するオール光型無線通信へと転換できれば、地方における利便性は大きく増し、Society 5.0やサイバーフィジカル空間の創出も実現されます。ポストLEDフォトニクス研究所(pLED)では、その実現に向けて、高品質なテラヘルツ波の発生技術をはじめとする多様な切り口で研究を推進しています。

二つ目のテーマは予防医学です。社会の高齢化が進み、近い将来には医療費が財政をひっ迫すると予測されています。また、一方ではコロナ禍によって病

院に行く人が減り、患者さんの病状悪化や死亡率増加のリスクが危惧されています。私たちはこの状況に対しても、光技術が新たな医療システムへのトリガーになると考えています。

例えば、生活空間で非侵襲性のバイオセンサーが取得した身体情報を医療ネットワークに送り、そのビッグデータをAIが解析して健康状態を判断する。そんなIoH (Internet of Health) が可能になれば、自宅での健康診断が可能となり、人びとは必要ときだけ通院すればよくなります。本研究所ではすでに企業と連携してバイオセンサーや高感度がんマーカーの開発を進めており、こうした医光連携による予防医学の推進によって、予防医療の浸透した新たな社会へと大きくシフトすることを目指しています。

これらの研究を実現するために、所内では「ボーダレス・フォトニクス」を実践しています。分野の縦割りをなくし、三つの光を縦糸に、医療、メタマテリアルといった技術応用を横糸にして研究や組織の壁をなくし人材と知を掛け合わせる取り組みです。外部連携では、理化学研究所や電気通信大学から招へいた世界トップレベルの研究者をはじめとする様々な大学・研究所・企業の方々との共同研究も展開しています。また、研究成果の事業化を促進するために、昨年、大学発ベンチャーを所内に立ち上げ、知財を一括管理できる実践的な環境を整備しました。

今後もポストコロナ、あるいは創造的超高齢社会実現に向けて、柔軟で新しいラボのあり方を追求し、研究をさらに加速して社会に還元していきたいと考えています。

ポストLEDフォトニクス研究所長

安井武史



1992年徳島大学工学部機械工学科卒業、1997年同大学院工学研究科生産開発工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)・博士(医学)。通産省計量研究所博士研究員、大阪大学大学院基礎工学研究科助手を経て、2010年徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部教授。2019年3月ポストLEDフォトニクス研究所設置とともに所長に就任。世界最高精度のテラヘルツ・コム分光を実現するなど、主にテラヘルツ波長領域の研究において目覚ましい研究成果を挙げている。

From the Director

ボーダレス・フォトンクスでアフターコロナの社会を導く

ポスト LED フォトンクス研究所長 安井武史 2

Research Highlights

深紫外 LED で有害なウイルスを不活化 南川丈夫 6

世界初！デュアル光コムを用いた蛍光寿命顕微鏡 安井武史 8

細胞の中の小胞輸送に着目。光技術で生命活動の神秘に迫る 坂根亜由子 10

オール光型のテラヘルツ無線通信技術へ 時実 悠 12

内視鏡下でがん診断とレーザー光治療を同時に 高山哲治 14

分光円偏光を応用展開して医療に活かす 江本顕雄 16

Research Spotlights

ポストシリコン時代に向けたグラフェンデバイスを開発 永瀬雅夫・大野恭秀 18

深紫外 LED の超高品質 AlN 作製と結晶観察法の開発 永松謙太郎 18

テラヘルツ波でナトリウムイオンを制御し電流を誘起 南 康夫 19

宇宙環境でも使える！光による磁場検出技術 高島祐介 19

Reports

社会実装に向けた活動近況 20

研究成果 論文発表と被引用数、国際会議発表ほか 22

研究費 主要な競争的資金の採択状況 24

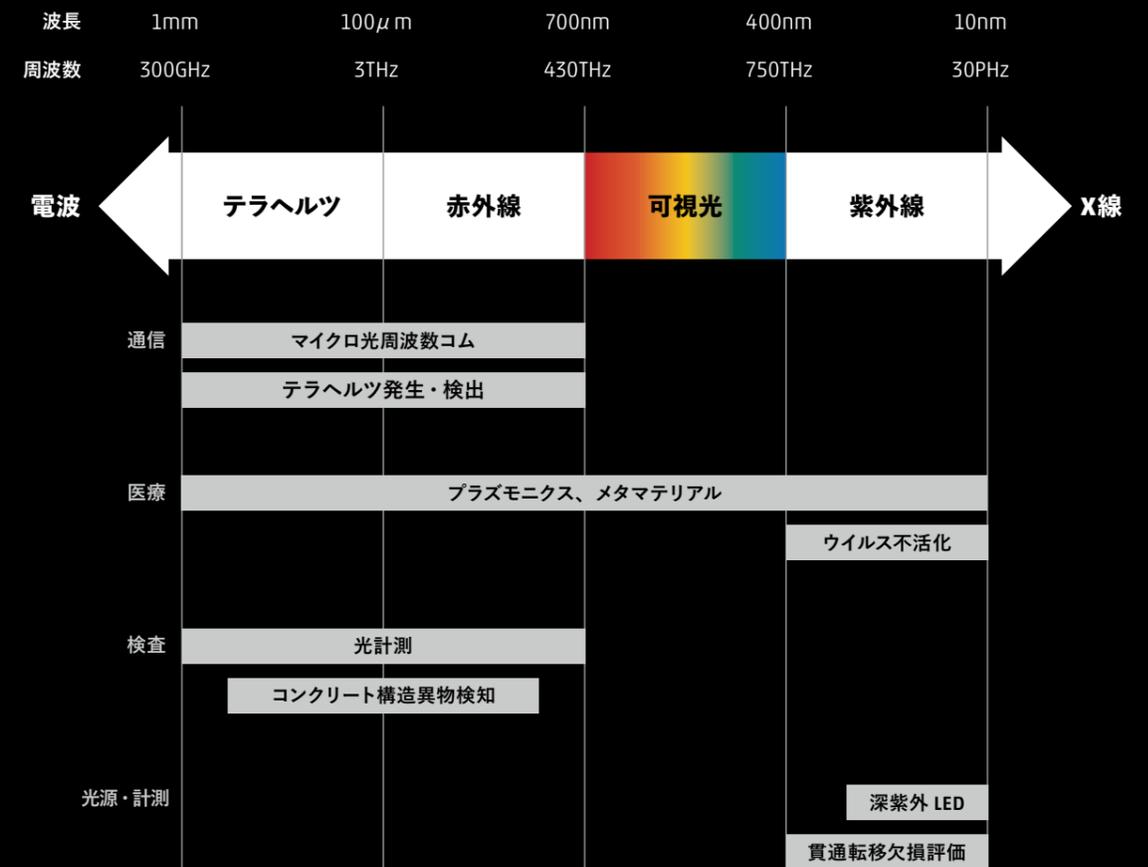
教育活動 大学生・大学院生への研究指導ほか 25

連携活動 世界トップレベル研究者の招へいほか 26

組織紹介 組織図・アクセス 27

光の可能性を追究する。

Pioneering the Future with the Potential of Light.



目に見える光から、目に見えない光の時代へ。

pLED は、新しい光産業に向けた光科学研究の拠点として

2019年3月に徳島大学が設置しました。

次世代の光として期待される目に見えない三つの光、

深紫外／赤外／テラヘルツの波長領域の基礎研究を行うとともに

通信、医療、検査、光源・計測で社会実装を目指す応用研究を行い、

創造的超高齢社会の実現と地域産業の振興に貢献すべく取り組んでいます。

深紫外 LED で有害なウイルスを不活化

21世紀はパンデミックの時代といわれる。ウイルスとの攻防にはスピード感が求められるが、ワクチンや薬の開発には長い道のりが必要だ。南川丈夫准教授らのグループは、深紫外 LED によってウイルスの活性を止めるという即効性のある不活化方法の確立に挑んでいる。

南川丈夫 [准教授]
Takeo Minamikawa

深紫外 LED のウイルスへの効果とは？

2019 年に中国で発生した新型コロナウイルス感染症は、瞬く間に世界中に広がり、人びとの生活を大きく制限するに至った。この状況に対して速やかにワクチンが実用化されるほか、特効薬の開発も進められており、医学的なアプローチによる感染症禍の収束に向けた取り組みが進められている。そんな中、本研究准教授の南川丈夫らの研究グループは、光学技術を用いて病原性のウイルスや細菌の対策に貢献するための取り組みを進めている。自身の研究について南川はこう説明する。

「LED は広く普及しているとはいえ、その利用は可視光を発するものに限られ、それ以外の光については未だ用途開発が進んでいません。しかし古くから、紫外光は生体に悪影響を及ぼすことが知られ、殺菌などにも使われてきました。私たちは紫外光の中でも深紫外光を発する LED を使って、新型コロナウイルスをはじめとする有害なウイルスを不活化する技術の研究開発を進めています」。

一口に紫外光といっても、日焼け程度で済む UVA (波長: 315 ~ 400 ナノメートル) と、皮膚がんの原因となる UVB (波長: 280 ~ 315 ナノメートル)、UVC (波長: 200 ~ 280 ナノメートル) に分け

られる。このうち UVC と UVB の一部を含む、波長が 200 ~ 300 ナノメートルの光は「深紫外光」と呼ばれており、遺伝子を傷つけたり、タンパク質を変性させたりすることから、南川らはウイルスの不活化に利用しようと着目している。

ただし、そのためには深紫外光をどのように照射すればいいのか、どの程度照射すればいいのかなどを評価する標準化技術が求められると、南川は指摘する。

「これまでも、紫外光の照射によりウイルスを不活化できたとの研究成果が数多く発表されてきました。しかしその多くが、ある一定の条件下で有効だったという報告であり、その成果を製品化に結びつけることは難しいものでした。そこで私たちはまず、深紫外光を照射してウイルスを不活化できるかどうかを評価する“標準化技術の確立”が必要と考え、研究で取り組むことにしました」。

評価の環境と技術を共同開発

深紫外光をウイルスや細菌に照射して、その影響を評価する技術なら決して難しくはないと思えるかもしれない。しかしウイルスへの影響を評価しようとすると、まずウイルスが元気な状態に保たなければならない。

多くのウイルスは空気中に放たただけで不活化するため、深紫外光の効果を評価するには、ウイルスの活性を保つ栄養成分を加えた培養液が求められる。ただし栄養成分として加えるアミノ酸やタンパク質には深紫外光を吸収するものが少なくない。南川は本学大学院医歯薬学研究所の野間口雅子教授らとの共同研究を進め、深紫外光を遮ることなく、ウイルスの活性を保つ培養液を開発した。

「光学と医学という異なる分野の共同研究では、研究で使う言語も異なるため意思疎通が難しいのですが、私は京都府立医科大学で光学の医療応用を目指した研究に取り組んだことや、本学研究クラスターで医光融合研究を主導した経験もあり、スムーズに異分野融合の研究を進められました」。

こうした共同研究で得られた培養液を用いて深紫外 LED 照射システムを開発 [下写真]。新型コロナウイルスを対象に試したところ、99.9% 以上で不活化できることを確認した [下図]。このシステムを用いれば、どの程度の強さの深紫外光を照射すればウイルスを不活化できるかの評価が可能になり、衛生製品の開発に役立てられるだろう。

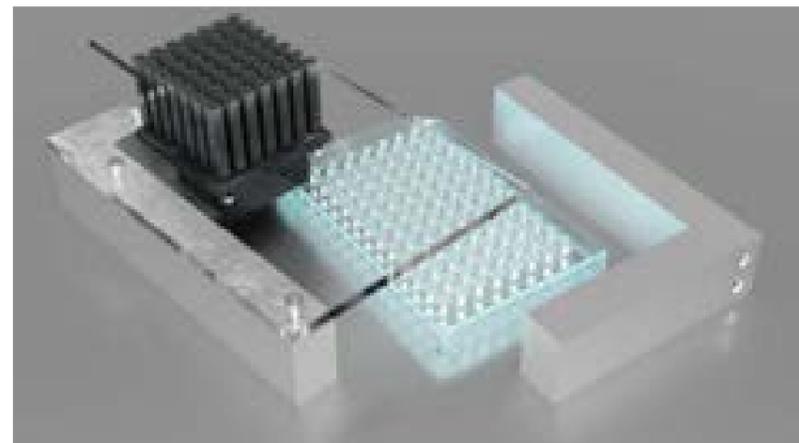
実用化に向けた歩みのために

従来、ウイルスの不活化にはアルコール消毒液がさかんに用いられてきたが、LED は消費電力が小さく、物質の消費がなく低エネルギーで消毒が可能になる。液体を使えなかった紙製品の消毒にも利用でき、深紫外 LED を組み込んだ製品なら様々なシーンでの利用が期待される。

今後、産業化に向けていくには、LED の寿命や価格など、総合的な判断が必要となる。そのためには企業をはじめとする外部と共に、多様な視点の一つにしていく共同開発が求められる。南川は次のように語る。

「深紫外光を含む市販の殺菌・不活化装置は、効果をどのような環境で、どの程度実証しているのか、また実際に使用して本当に効果があるのかを、明確に示していないものが多いのが現状です。我々のような研究機関と深紫外光の不活化を実証すれば、その効果の定量性も担保され、信頼性も大きく上がるはず。そうした定量性、信頼性などの面も含め、誠実に研究・開発をしていける企業の方々と、ぜひ連携して推進していきたいと考えています」。

深紫外 LED 照射システム



ウイルスの活性を維持しながら、深紫外光を当てて、その不活化効果を調べられるので、深紫外 LED を組み込んだ衛生製品の開発に役立てられる。

新型コロナウイルスに対する深紫外光の不活化効果

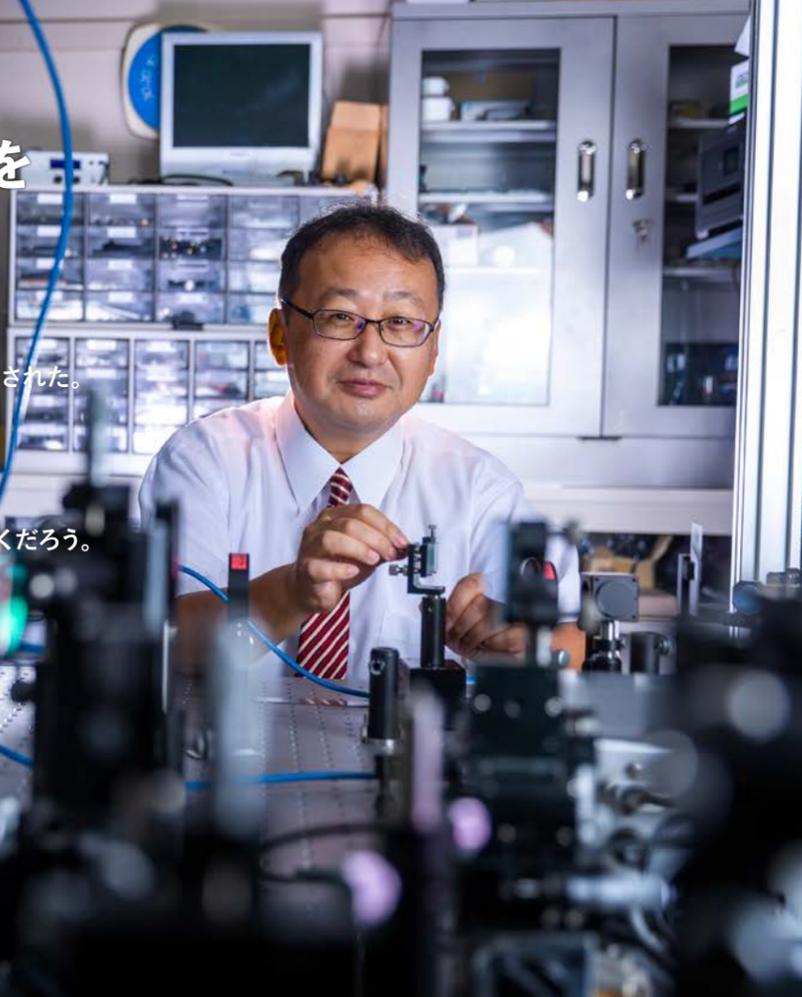
照射	0	3	5	10	30 mJ/cm ²
265nm			不活化 >99.9%		
280nm				不活化 >99.9%	
300nm					不活化 >99.9%

深紫外光は波長によってウイルスを不活化する効果が異なるため、265 ナノメートル、280 ナノメートル、300 ナノメートルの深紫外光を試した。照射エネルギーに違いはあるものの、全ての波長で 99.9% 以上を不活化できた。

世界初！デュアル光コムを用いた蛍光寿命顕微鏡

生きたままの細胞を 44,400 の「光のストップウォッチ」で同時観察する。光学顕微鏡の能力を大きく拡張するそんな技術が開発された。二つの（デュアルな）光コムを干渉させて、44,400 の目でサンプルを二次元的に一気に観るのだ。この技術が研究現場に実装されれば、生命・医療・工学など多方面で新たな視界を開いていこう。

安井武史 [教授]
Takeshi Yasui



光コム技術のポテンシャルと蛍光寿命顕微鏡

光コム（光周波数コム / optical frequency comb）は、等間隔で光周波数（波長）が異なる数万～数十万本の光ビームを、同時に発生可能な特殊なレーザーだ。そのスペクトルはまるで櫛（comb）の歯のように、光周波数幅の狭い鋭い光周波数モードが一定間隔で立ち並ぶ形をしている [図1]。光コムは、レーザー制御により櫛の歯の間隔や絶対位置を厳密に安定化できるため、これまで「光周波数の物差し」として利用され、分光計測や距離計測などの進展に大きく寄与してきた。

pLED 所長の安井武史は、この光コムの特異分野への応用に注目し、これまで長年にわたり、テラヘルツ計測、高機能共焦点顕微鏡、生体光計測などの研究を行ってきた。デュアル光コムによる蛍光寿命顕微鏡の技術は、そんな地道な研究活動が実を結んだものであり、本研究所の水野孝彦元特任助教、宇都宮大学オプティクス教育センターの山本裕紹教授らと共に開発された。

細胞やタンパク質などを生きたまま観る技術には、生体サンプルに蛍光標識をつけて蛍光現象を観察する蛍光顕微鏡がある。これに対して蛍光寿命顕微鏡は、サンプル

の蛍光物質に瞬間的な光を照射して蛍光の減衰する時間（蛍光寿命）を観察し、そのデータからサンプル画像を再構築（マッピング）して画像化する。蛍光顕微鏡の欠点だった蛍光物質の濃度や光退色性といった、その都度の実験条件による影響をほとんど受けず、細胞内の蛍光分子の変化などを正確に、かつ高感度に捉えることができるのが特徴だ。しかし、従来の技術は単独レーザー光を使い、その焦点位置をずらしながらの計測だったため、全体像を捉えるのに長い時間を要し、生きた細胞のダイナミズムを瞬時に捉えることは不可能だった。

この従来型単独レーザー光での観察を「1 個の光のストップウォッチ」に例えるならば、新たに開発された技術は「44,400 個の光のストップウォッチ」による 2 次元的な観察ができ、広範囲かつ瞬時のライブイメージングが可能となる [図2]。

光コムの特徴を活かしたブレイクスルー

安井は博士（医学）でもあり、医光連携を自身の中で実践してきた強みをもつ。フェムト秒レーザーなど高ピーク強度の光を使った非線形光学顕微鏡を研究し、生きたカラーゲ

ンの動態を捉えるなど、知見を積み重ねてきた。「光コムのライブイメージング」という斬新な発想は、そんな経験に基づくものだ。今回の技術的な工夫を伺うと、「まず、光コム技術の『超離散マルチスペクトル構造』に着目し、この構造を『超離散マルチ光チャンネル』に見立て、光周波数モード群を、波長・空間変換によって 2 次元空間に展開しました」と語る。

超離散マルチスペクトル構造とは、前述した櫛の歯状に整然と並ぶスペクトル構造のことだ。この光周波数モード群（周波数が一定間隔の数万～数十万本の光）を 2 次元スペクトログラム（2 次元の虹）としてサンプルに照射し、光周波数とイメージ画素の 1 対 1 対応関係に基づいて画像を再構築する。実はこの技術を安井は 2018 年、共焦点顕微鏡の高機能化で実現している。

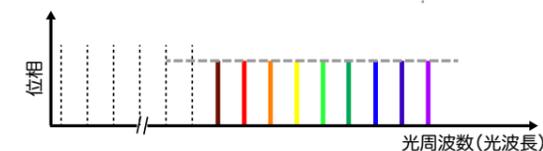
蛍光寿命顕微鏡ではさらに、二つの光コムを光源として、光周波数間隔のわずかに異なるビーム群を干渉させて明滅させ、周波数の異なる 44,400 の光ビート信号（光のうねり）を 2 次元空間に展開。サンプル全面に同時照射する

ことで、光ストップウォッチ群による「2 次元の虹」を生成し 44,400 カ所の同時測定を可能とした。また蛍光寿命に応じて生じる「位相ずれ」を空間的に一括計測し、イメージ画素に変換することにも成功したのだ [図3]。

マイクロ光コム技術で社会実装に近づける

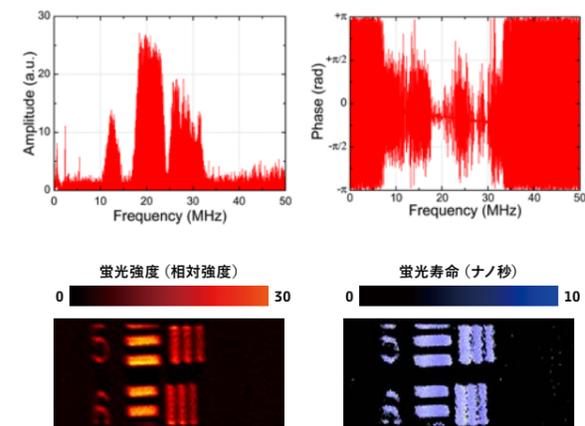
今回のブレイクスルーについて安井は、「世の中にすでにあり、それなりに熟していた技術をどう組み合わせるかの発想が大事だった」と振り返る。また社会実装に向けた今後について、「光コム装置の小型化が大きな課題。ですが、すでにマイクロ光コム技術の開発を進めていて結果が出始めている」と話す。最後に今後の抱負を伺うと、「光コムの技術は、次元変換の組み合わせで時間や空間など様々な物理量への展開が可能なので、まだまだ新しい用途が広がっているはず。これまでと同様、『まずはやってみる！結果オーライ！』の精神で、皆さまと手を取り合いリアルな社会貢献へとつなげていきたい」と力強く語った。

図1：光コムのスペクトル



光コムのスペクトル。同じ位相のスペクトルが光周波数に同間隔で並んでいる。光コム技術は 1999 年に開発され、開発者のジョン・ホールとテオドール・ヘンシュはこの功績で 2005 年にノーベル物理学賞を受賞した。

図3：実験結果より



実験で得られた光の観測データ（上段）と変換されたサンプルのイメージ（下段）。左列が蛍光強度、右列が蛍光寿命。

図2：デュアル光コム蛍光寿命顕微鏡の仕組み



開発した蛍光寿命顕微鏡の仕組みの概念図。図中「FLIM」は蛍光寿命顕微鏡 (Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy)、 「VIPA」は Virtually imaged phased array の略。

細胞の中の 小胞輸送に着目。 光技術で生命活動の 神秘に迫る

私たちのからだには約 200 種類、38 兆個の細胞があり、日々およそ 1 兆個の細胞が生まれ変わるといわれる。だが、そんな細胞の活動にはまだわからないことが多い。その神秘の一つが細胞内での分子輸送システムである。がん、神経変性疾患や感染症にも大きく関わると注目されるその現象解明に、坂根亜由子准教授は、光の研究者と共同で取り組んでいる。

坂根亜由子 [准教授]
Ayuko Sakane

細胞の小胞を介した物質輸送に注目

現在、大学院医歯薬学研究所生化学分野と本研究所の准教授を併任する坂根亜由子は、かつて、臨床医を目指して徳島大学医学部医学科に入学した。しかし、基礎科目を履修していた学部 2 年生のときに、同級生に誘われて生化学教室に遊びに行くと、あっという間に実験に夢中になっていったそうだ。佐々木卓也教授(現副学長)の「研究者の目をもつ臨床医になってほしい」という言葉を聞き、また「小胞輸送」の魅力に魅せられて、医学部 MD-PhD コースの一期生として研究の道を歩み出した。

「研究者になれば、医師として一生かけても出会うことができないほど多くの患者さんを助けることができるかもしれない……」。そんな思いから、臨床医志望から研究者へと大きく舵を切ったのだ。

小胞輸送をつかさどる「Rabファミリー」

小胞輸送とは、細胞におけるいわばコンテナ輸送のようなものだ。脂質二重膜で囲まれた小さな小胞に物質を載せ、細胞内外の目的地へと、正確に物質を運ぶシステ

ムである。核をもつ細胞の全てに共通する仕組みであり、酵母などの単細胞生物から植物、ヒトのような動物まで類似するシステムがある。つまりそれだけ重要で、根源的なシステムなのだ。

坂根が研究を始めたのは、佐々木教授が主宰する生化学教室だった。そこでは細胞内小胞輸送の研究が行われており、坂根は徐々に、小胞輸送をつかさどる「Rabファミリー」とよばれるタンパク質に注目するようになったという。

Rabファミリーとは、がん研究で注目された低分子量 G タンパク質「RASファミリー」の一種だ。RASファミリーは、細胞の増殖や細胞死などの制御を行う、いわば分子スイッチのファミリーであり、その中でも Rabファミリーは、特定の小胞やオルガネラ*1 に局在して、様々なタイプの小胞輸送を制御する[図1]。現在、哺乳動物細胞では、約 70 種類の Rabが見つかった。

Rab は、ほとんど全ての細胞に存在し機能するため、その異常は様々な疾患を引き起こす。実際に、神経系や内分泌系の疾患、がん浸潤・転移の病態との関連が多数報告されている。坂根は、そのように影響力が大きく、それゆえ研究対象が幅広いということも、Rab を研究する面白さだと語る。

ラマン分光法を使った発見

2021 年 5 月に公開された研究成果「JRAB/MICAL-L2 undergoes liquid-liquid phase separation to form tubular recycling endosomes」(Communications Biology) は、Rab8A の結合分子である JRAB/MICAL-L2 が、小胞輸送経路の一つであるリサイクリングに関わるオルガネラ(リサイクリングエンドソーム*2)の膜変形を引き起こすことを発見したものだ。この研究では、JRAB/MICAL-L2 と Rab8A が濃縮された液滴からダイナミックな膜変形が誘導されることを実証した。

「この成果は、本研究所で行う共同研究の第一歩でした」と坂根は語る。液滴が膜変形を駆動するという仮説を裏づけるために、液-液相分離*3の解析に光技術の研究者と共同でラマン分光法を応用したのだという[図2]。分析を担当したのは、pLED の矢野隆章准教授だった。特定のタンパク質や核酸などが濃縮した液滴がいろいろな細胞機能を制御することは、細胞生物学の研究領域では今、たいへんホットな話題である。この実験における光技術の活用と細胞内での液滴の検出の成功をもとに、現在、この液滴の性状を明らかにするための新たな顕微鏡技術の開発を pLED 矢野准教授のグループと共に手がけている。その成果は、今後の医学・生物学研究にとって重要な意味をもつだろう。

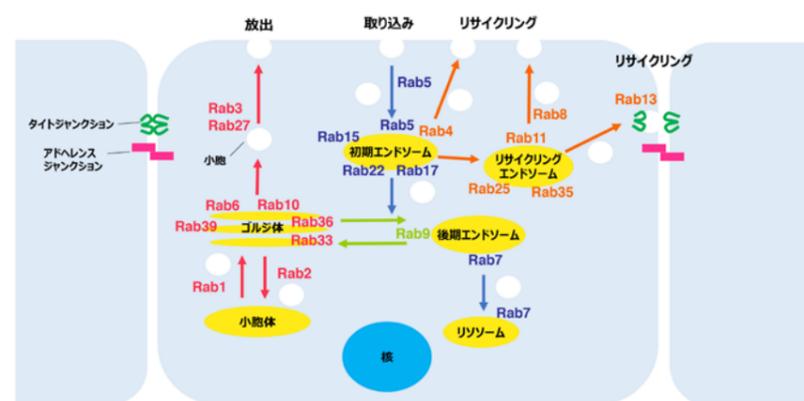
現在、坂根が目目しているものの一つに、新興/再興感染症がある。小胞輸送の研究によって、ウイルスのライフサイクル全般を解き明かしたいという。

「ウイルスが宿主細胞内に侵入し、複製して、放出されるというプロセスは、まさに小胞輸送のプロセスです」といい、リサイクリングエンドソームとウイルス感染の関心に視線を注いでいる。実際、坂根は、細胞生物学的な視点でのウイルス感染症の解析を期待され、JST ムーンショット型研究開発事業のプロジェクト「ウイルス-人体相互作用ネットワークの理解と制御」(プロジェクトマネージャー 松浦善治 大阪大学感染症総合教育研究拠点拠点長 / 微生物病研究所特任教授)の課題推進者の一人に選ばれている。ここでも pLED が新規に開発する顕微鏡を応用してウイルスの細胞内での動態を明らかにできないか模索中である。未だその詳細がほとんど明らかになっていない医学・生物学における重要課題は散在しているが、これらの解明には様々な角度からのアプローチが必要となるため、坂根は、今後の pLED をはじめ、学術界、企業にかぎらず、分野を超えた新たな出会いと連携に大きな期待を寄せる。

細胞内の小器官とナノレベルの超微小な物質の動き。その関係を見ることによって得られる生命現象の解明には、先端技術の限界を突破しなければならない。pLED を拠点とする異分野連携はまだ手探りであるが、「何か新しい物差しを一緒につくるといふ思いで進んでいきたい」と坂根の決意は固い。

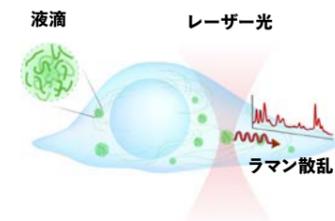
- *1 細胞内小器官。
- *2 recycling endosomes : 細胞膜上から細胞内に取り込んだ分子を、再び細胞膜に戻す小胞輸送に関わる小器官。
- *3 高分子が溶けている溶液中で、分子間の相互作用などに応じて特定のタンパク質や核酸などが濃縮して複数の液相に分離する現象。

図 1: Rab による細胞内小胞輸送の制御



坂根准教授の研究で注目する細胞内小胞輸送。低分子 G タンパク質である Rabファミリーは、哺乳動物細胞で約 70 種類のメンバーからなり、それぞれのメンバーは細胞内で特定のオルガネラ膜や小胞に局在し、タンパク質、脂質や液性因子などの様々な物質の輸送制御において主要な役割を担っている。輸送経路には、大きく分けて放出、取り込み、リサイクリングがある。

図 2: ラマン分光法による細胞内液滴の検出



様々な細胞機能が生み出される場として特定のタンパク質や核酸などが濃縮した液滴が注目を集めている。pLED は、リサイクリングエンドソームの膜変形を駆動する細胞内の液滴の存在を光技術によって世界で初めて実証した。

オール光型の テラヘルツ無線通信技術へ

次世代の通信技術を考えるときに、光技術は必要不可欠だ。時実悠特任助教は、その一つとして期待される、テラヘルツ波を活用した無線通信技術の開発に日々取り組んでいる。研究チームが特に注目しているマイクロ光コムを用いた、最新の取り組みを紹介する。

時実 悠 [特任助教]
Yu Tokizane

テラヘルツへと向かう移動通信技術

日本政府が掲げる Society 5.0 の実現に向けて、IoT 社会のインフラとして欠かせないのが、高速・大容量の通信技術だ。国内では 2020 年から第 5 世代移動通信システム (5G) のサービスが始まったところだが、世界では、早くも次世代の第 6 世代移動通信システム (Beyond 5G、6G) に向けた技術開発がさかんに行われている。

ふり返れば、1980 年代にアナログ方式の携帯電話が実用化されて以来、移動無線通信速度の高速化は目覚ましく進み、40 年間で約 100 万倍になったといわれる。

高速化のためにはより周波数の高い無線キャリア波を使わなければならない。4G で使われている最も高い周波数帯は 3.6 ギガヘルツ、5G では 28 ギガヘルツ帯も使われ、Beyond 5G (6G) では 300 ギガヘルツのレベルになると考えられている。そしてこの先にある 1000 ギガヘルツつまり 1 テラヘルツであり、100 ギガヘルツから 10 テラヘルツあたりの周波数をもつ電磁波を「テラヘルツ波」と呼ぶ [図1]。

Beyond 5G で使われるこのテラヘルツ波は、もはや電波の領域を超え、電波と光との中間にあたる周波数帯である。電波と光は、これまで別々の技術で開発されてきたため、現

に進められるテラヘルツ領域の開発は、電気側 (エレクトロニクス) からと光側 (フォトニクス) からの二つのアプローチがあるという。本研究特任助教の時実悠は、テラヘルツ無線通信システムの開発を手がける研究グループの一員として、光側からのアプローチで研究開発を進めている。

マイクロ光コムでテラヘルツ波を発生させる

時実悠は、「テラヘルツ無線通信の研究開発では、高品質テラヘルツ波を発生可能な小型装置の開発がボトルネックになってきました」と語る。また、「高品質テラヘルツ波の発生源として注目されているものに、光周波数コム (光コム、P8 参照) がある」という。

光コムとは、まるで櫛の歯のように、等間隔の周波数スペクトルの光信号 (レーザー) を発生させる技術だ。この等間隔という特徴を用いて、観測や計測など様々な技術に応用され、光の波長レベルの極めて精緻な測定ができる注目されている。

「光コムのスペクトル間隔をテラヘルツに調整すると、それらをテラヘルツ波に変換することができるのです」と時実悠は話す。これにより、電気技術を使うよりも桁違いに高

品質なテラヘルツ波を発生させることが可能だという。

ただ、「問題は光コム装置の大きさや価格だった」と指摘する。従来の装置は、小型のものでも数十センチ四方の大きさになり、無線通信にかぎらず、様々な分野で応用の妨げになってきた。この課題に対して「マイクロ光コム」という画期的な技術が生まれた。2013 年のことだ。pLED でも久世直也准教授らが精力的に研究を進めている。

「大きさは数ミリ四方程度。光コムの発生過程をマイクロサイズで実現させたのです。半導体の製造プロセスを使って大量生産できるので、低価格が期待できます。世界中で急速に研究が進んでおり、乾電池で動かせるものもあります [図2]」。

光工学と通信技術でオール光型通信へ

時実悠は、このマイクロ光コムを無線通信システムに組み込もうとしている。「そもそも光コムと通信は全く異なる研究領域です。この二つの領域をつなぐためには、両方の専門家の知見が必要になります。本研究所はどちらの研究者もそろっている恵まれた環境です。この特色を生かして精力的に研究を進めていきたい」と意欲を示す。

当面の目標は、マイクロ光コムを使ったテラヘルツ通信システムを、デモンストレーションできるレベルにすること

だ。実験によってマイクロ光コムの長所と短所を明確にして、実用につなげたいという。「将来的には、マイクロ光コムをスマートフォンなどの通信端末に内蔵できれば」と展望を語る [図3]。

これからの通信は、低消費電力、超高速、低遅延が求められる。そしてより安全で、安定した通信環境になるはずだ。そのために、通信技術は今後電気から光へと大きくシフトすると考えられる。すでに有線による通信では、情報伝送を行う光ファイバー以外にも、CPU や IC チップの配線を光技術に変えようという動きが出ている。一方、無線通信では光と電波の境界に位置するテラヘルツ波の研究が進められており、高品質なテラヘルツ通信を実現する上では光技術は優位性をもっていると考えられる。

時実悠のグループが今手がけているこのマイクロ光コム技術を活用したテラヘルツ波の無線通信は、光を基盤とする技術であり、光通信との親和性が高いはずだ。今後、移動通信と光通信をシームレスに接続することが期待され、この研究はその先取りと捉えることもできるだろう。pLED 所長の安井武史は「これまでの 21 世紀は“目に見える光”の世紀、これからの 21 世紀は“目に見えない光”の世紀」を標榜する。光工学と通信システムの接続において、pLED のオリジナリティが、今後、存分に発揮されるにちがいない。

図 1: 光の波長におけるテラヘルツ波の領域

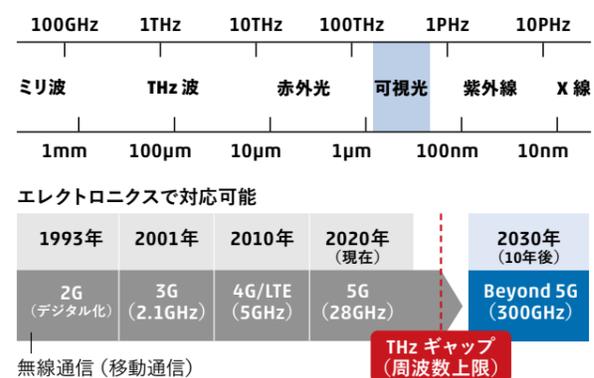


図 3: マイクロ光コムを使ったテラヘルツ波の発生図

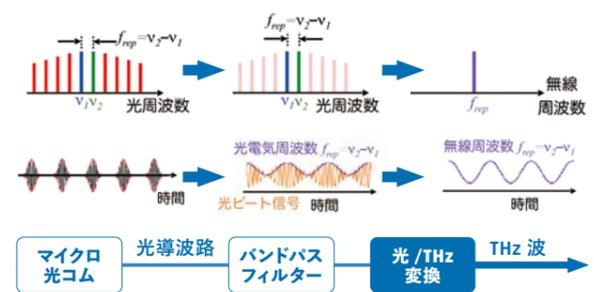
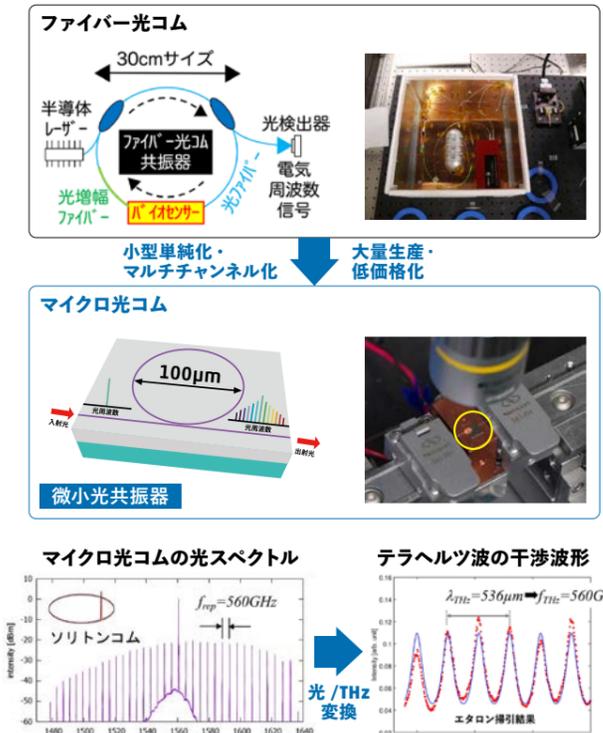


図 2: マイクロ光コムの装置概念図



内視鏡下でがん診断とレーザー光治療を同時に

日本では、2人に1人ががんにかかる時代。手術や抗がん剤治療、放射線治療などからたへの負担の大きな治療法に代わる、より簡易で安全な治療法の開発が急がれている。高山哲治教授は、最新の光技術による内視鏡診断と、レーザー光での治療を同時に行うスマートな治療法の開発に取り組んでいる。

高山哲治 [教授]
Tetsuji Takayama

がん細胞のみを光らせる新たな内視鏡診断

消化器系のがんは日本人に多く、部位別のがんの罹患数を見ると、1位が大腸がん、2位が胃がんとなっている。これらのがんの診断では、内視鏡を体内に挿入して、がんやポリープなどの病変がないかを観察する。早期にがんが見つければ、治療により完治することも多いため、いかにがんを早期に見つけるかが重要となる。

しかし、内視鏡診断の精度は十分とはいえないのが現状だ。特に大腸がんの内視鏡診断では、約15%の見落としがあるといわれている。大腸がんの元となるポリープには様々な形があり、イボのように隆起しているポリープは見つけやすいが、平べったいものや小さいものは、大腸のひだにまぎれて見つけるのが困難なのだ。

大学院医歯薬学研究部消化器内科学分野と本研究所の教授を併任する高山哲治らは、がん細胞やポリープだけを光らせて観察する新たな内視鏡診断法を開発している。

「がん細胞やポリープには、正常細胞にはない異常なタンパク質が過剰に発現しています。私たちはこの異常なタンパク質に結合する抗体を作製し、これに蛍光色素をつけて、がん細胞やポリープだけを光らせる内視鏡診断法を開

発しています」。

実際に内視鏡で診断する際は、蛍光色素をつけた抗体を見たい部位に散布し、そこに人体に無害な近赤外光を照射する。がん細胞やポリープがあれば、蛍光色素が励起して蛍光を発するため、病変を見落とすことなく正確に診断できるわけだ。しかし、こうした診断を行うための内視鏡は市販されていない。学内の理工学部や薬学部と連携して、抗体や蛍光色素の作製を行うほか、外部の研究所や内視鏡メーカーと共同で、この診断法を実現するための内視鏡システムの開発を行っている[図1]。

すでにマウスの実験で、作製した抗体と蛍光色素を用いて、背中に移植した腫瘍が光ることを確認した。現在は、ヒトでの臨床試験に向けて研究を進めている[図2]。

患者さんにやさしい内視鏡下の光免疫療法

高山が最終的に目指しているのは、内視鏡下でがん細胞を光らせて診断だけでなく、さらにそこにレーザー光を当ててがん細胞を死滅させる「光免疫療法」の確立だ。

光免疫療法とは、光に反応する「光感受性物質」をがん細胞に集ませ、そこに光を当てることで光感受性物質

が反応し、がん細胞を死滅させるという治療法である。この光による治療法は、新たながんの治療法として、今、世界中で注目を集めている。しかし日本では、一部の頭頸部がんで光免疫療法が保険適用となっているが、消化器系の腫瘍を対象にした内視鏡下での光免疫療法はまだ確立されていない。

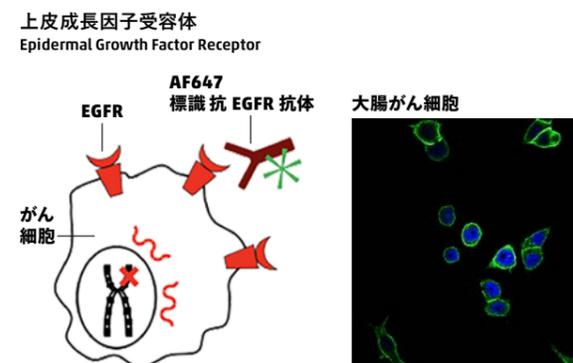
「がん患者さんの診療を行う中で、内視鏡下で光免疫療法ができれば、どれだけ患者さんの負担が減るだろうと常々思っています。消化器系のがんでは、手術後と同じ場所に再発した腫瘍(局所再発)の治療が特に難しく、再び手術で切除するのは患者さんにかかる負担がかかります。内視鏡下でがんを光らせて場所を確認しながらレーザー照射で治療ができれば、体力のない高齢者でも治療が受

けやすくなります。高齢化が急速に進む今、一日も早くこの技術を臨床化できるように尽力しているところです」。

高山はこれまで、いろいろな光感受性物質や蛍光物質を使って、これにがん細胞に特異的に結合する抗体をつけて、内視鏡下における診断と治療の有効性を検証してきた[図3]。

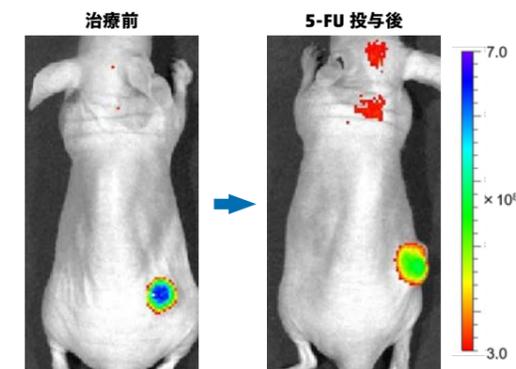
「がん治療に使える光感受性物質は、IR700を含めて世界中でもまだ二つしかありません。もっと選択肢が増えれば、光免疫療法で治療できるがんの範囲が広がります。そこで私たちは第三の光感受性物質となりうる化合物の探索も行っています。がん細胞を死滅させるような新たな光感受性物質の候補があれば、ぜひ一緒に研究したい」と外部との連携にも意欲を見せる。

図1: 抗EGFR抗体を用いた分子イメージング



抗体と蛍光色素を用いたがんの分子イメージング。がん細胞の表面に特異的に発現している抗原(EGFR)をターゲットにして、これに結合する抗体に蛍光色素をつけて投与すると、がん細胞のみを光らせることができる。

図2: 抗がん剤(5-FU)治療後のがん細胞数減少の評価



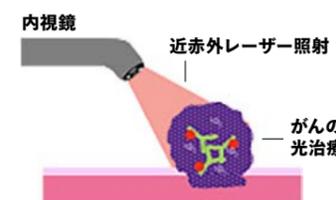
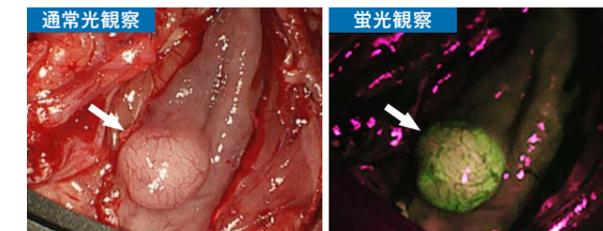
背中に腫瘍を移植したマウスに、蛍光色素をつけた抗体(抗EGFR抗体)を投与し、実際に大腸がん細胞が光ることを確認した。

図3: 光技術で診断と治療を同時に行う

近赤外蛍光(対応)内視鏡の開発



近赤外蛍光を用いたがんの分子イメージング診断



米国NIHががんに対する光治療の有効性を報告(2014)
↓
がんの光治療を「内視鏡治療」に応用

高山教授が取り組む内視鏡下での分子イメージング診断と光免疫療法。内視鏡下でがんを光らせて診断しながら、同時に近赤外レーザーでがんを治療する。そのための内視鏡システムの開発も行っている。

分光円偏光を応用展開して医療に活かす

CD (Circular dichroism = 円二色性) スペクトルメーターとは、光の円偏光の特性を使って分子構造を推定する装置だ。江本顕雄特任講師は、分光円偏光を空間的に展開し、同時に CD スペクトルを測定する方法を提案し、時間的な分子の変化をとらえる技術の実現に取り組んでいる。

江本顕雄 [特任講師]
Akira Emoto

医薬品開発で活躍するCD スペクトルメーター

生体や物体を構成する分子には、構成元素が全く同じでも、立体的に対称な鏡像の異性体をもつ「キラル分子」がある。キラル分子は、左手型と右手型で性質が異なるものがあり、間違えて使用すると事故につながりかねない。例えば過去に薬害事件の原因となったサリドマイドは、右手型であれば安全な睡眠薬として使用できるが、左手型には奇形を誘発する性質があり、妊婦が服用したことで事故につながってしまった。

製薬業界などではこうした事故を防ぐために、キラル分子の取り扱いを慎重に行ってきた。そこで行われる技術に「光学分割」があり、光学技術を用いて左右の異性体を区別し、不要なものを取り除くことを行う。その有用な装置の一つに、円偏光を利用した CD (Circular dichroism) スペクトルメーターがある。本研究所で、CD スペクトルメーターの研究開発に取り組む特任講師の江本顕雄は、この装置について次のように説明する。

「光の電場の振動が円を描きながら進むものを『円偏光』と呼ぶのですが、物質を構成する分子の立体構造に起因して、右回転の円偏光と左回転の円偏光では、吸収効率

(吸光度)が異なる場合があります。この性質は『サーキュラー・ダイクロイズム (CD)』と呼ばれていて、日本語では『円二色性』と訳されます。この CD を活用して、測定対象の物質に円偏光を照射し、物質を通り抜けてきた光を測定すると、物質の形態を推測することができるのです [図1]。

CD スペクトルメーターはこのような方法で物質の形態を観測できることから、特に、医薬品の開発でキラル分子の鏡像関係を見抜く光学分割に、古くから使われてきた。さらに江本は、この装置をより高速化していけば、もっと広い目的にも利用できる可能性が高いと見ている。

「現在利用されている CD スペクトルメーターはある程度の測定時間を有するため、時間的に変化する対象物には適していません。もし、高速に測定できる CD スペクトルメーターを開発できれば、物質の形態とその変化を検出できるため、例えば、様々な病気に関わるタンパク質の形態変化を調べるのにも利用できるはずです」。

生体分子の動的な変化を新たな技術で捉える

タンパク質は、形態が変化することで様々な病気の発症に関わることが知られている。その代表格といえるのがア

ルツハイマー病だ。この病気は、脳内のタンパク質が、らせん構造からシート構造のアミロイドβへと変化すると、神経細胞に沈着して毒性を生じ、脳の機能障害が発現すると考えられている。長らくアミロイドβを標的とした医薬品の開発が進められてきたが、薬の効果を確かめることは簡単ではない。

もし、これらの医薬品の開発において、神経細胞の表面に沈着したアミロイドβを除去できるかどうかの変化、あるいはアミロイドβの変化自体を“動的に捉える”ことができれば大きな進歩をもたらす可能性がある。これには、ラボのデスクトップで、タンパク質の変化を簡単にモニターできる技術が必要となる。^{*1}

江本は、このような動的なプロセスの測定に、CD スペクトルメーターを活用しようとしており、現在、化学や生体高分子といった異分野の研究者との共同研究を進めている。その核心部分はまさしく、前述の高速化である。

複数の円偏光を空間的に生成する装置の開発

「従来の CD スペクトルメーターでは、様々な波長の円偏光を順次照射していたため、どうしても測定に時間がかかっていました。私たちの研究グループでは、偏光を制御

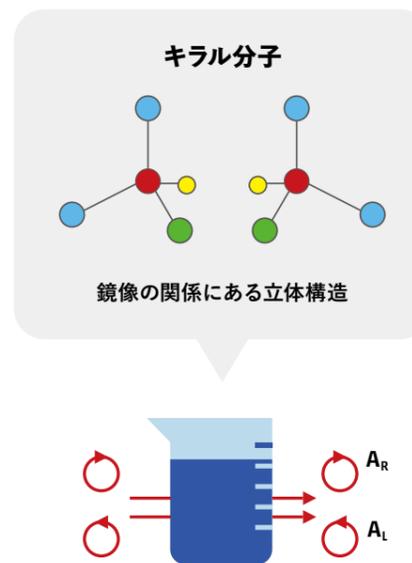
する素子の開発を進めており、空間的に並列的に円偏光を照射することで、短時間で多くの物質の形態を調べられる『高速 CD スペクトルメーター』を提唱しています [図2]。

江本らが開発を進める高速 CD スペクトルメーターが実用化されれば、アルツハイマー病のような生体分子がダイナミックに変化するプロセスにおいて、特定の段階の分子形態に働きかける医薬品の開発にも役立てられるであろうし、あるいは、分子の形態によって機能が変化する材料の開発などにも力を発揮するだろう。その可能性は計り知れない。

今後、研究開発を加速していくためには、どのようなパートナーが求められるのか。応用の可能性を考えると、社会実装できる民間企業との共同研究も望まれるだろう。江本はその理想像について、「企業との共同研究においては、当然、利益を追求することになるでしょう。しかし、新しい技術を世に送り出すことで、社会をより良いものにしていくのだというビジョンをおもちの方々と、ぜひ一緒に取り組んでいきたい」と語っている。

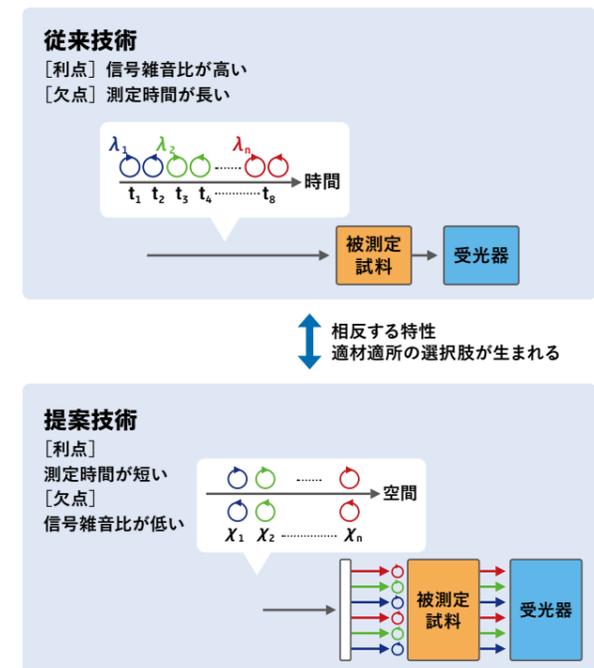
*1 このような発想は、2015年に発表されたある論文が原点となっている。この論文の中で、Micsonaiらは、タンパク質の2次構造やその形態を、CD スペクトル測定に基づいて、従来知られていたよりもはるかに正確に推定できることを報告した (PNAS, 112(2015)E3095)。これは、タンパク質の動的な変化がCDスペクトルに明確に反映されていることを示唆している。

図1: CD スペクトルメーターの原理



キラル分子は左右の円偏光における吸光度が異なることから、分子を通り抜ける円偏光のスペクトルを計測し、分子の構造を明らかにする。

図2: 提案されているCD スペクトルメーターの高速化



江本らが提案する高速 CD スペクトルメーターでは、様々な波長の円偏光を空間的に展開して同時に照射することで、短時間での測定が期待される。

ポストシリコン時代に向けた グラフェンデバイスを開発

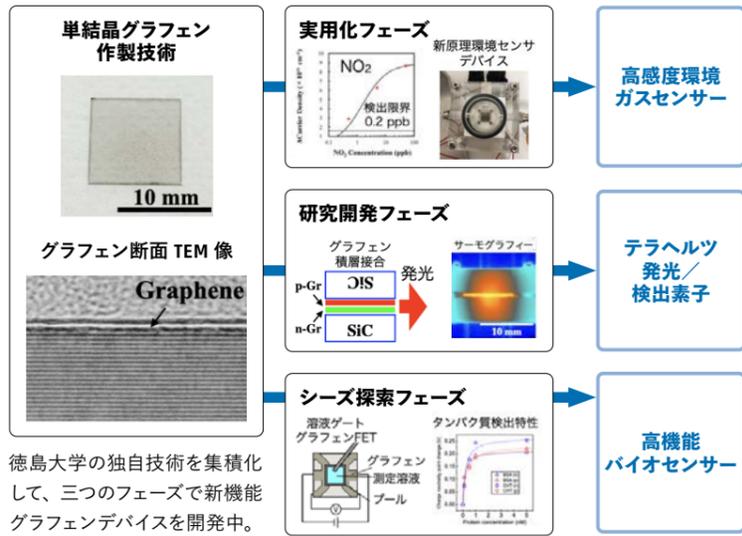
永瀬雅夫 | 教授 Masao Nagase
大野恭秀 | 准教授 Yasuhide Ohno

グラフェンは、炭素原子からなる完全な2次元材料であり、その電荷感度が非常に高いことから次世代半導体材料として省電力かつ高速な電子デバイスを実現できると期待されている。

私たちは、超高温超高速赤外線加熱炉を用いた単結晶 SiC 基板に、大面積単結晶グラフェン(エピタキシャルグラフェン)を作製する技術を世界に先駆けて確立した。これを基に、現在は、グラフェンデバイスの実用化に向けて、図の三つのフェーズで研究開発を進めている。p-n 接合の電気的および光学的特性の調査、ピラニア溶液 (H₂O₂ + H₂SO₄) などの強酸処理の影響調査などを行いつつ、超高感度なバイオセンサをはじめ、IoT 機器、テラヘルツ技術への応用可能性を探っている。



新規高性能グラフェンデバイス開発



徳島大学の独自技術を集積化して、三つのフェーズで新機能グラフェンデバイスを開発中。

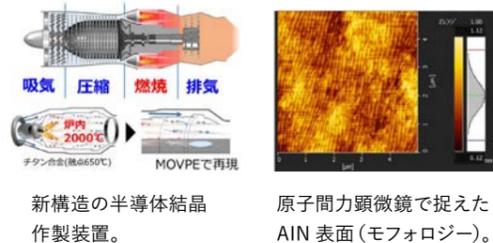
深紫外LEDの超高品質AIN作製と 結晶観察法の開発

永松謙太郎 | 准教授 Kentaro Nagamatsu

深紫外LEDは、殺菌作用や食料の栄養向上効果(ナトリウムやビタミンDなど)が目ざされ、需要が加速している。しかし現状のものは、発光時に熱ロスが生じ、内部量子効率が約50%と低く、寿命も可視のLEDに比べて短い。

私たちは内部量子効率を高め寿命を向上すべく、LED基板としてセラフィアに代わる窒化アルミニウム

(AIN)の超高品質化の研究開発を行っている。具体的には、2000°C以上の超高温環境下での結晶成長を可能にする新構造の半導体結晶作製法を発明した。また、発明した装置で作製したAIN表面を原子間力顕微鏡により評価した結果では、うねりの少ない原子的にフラットな表面が得られている。



新構造の半導体結晶作製装置。 原子間力顕微鏡で捉えたAIN表面(モフォロジー)。

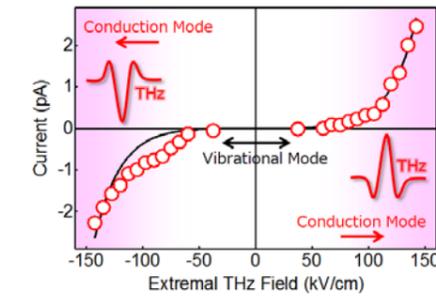
テラヘルツ波でナトリウムイオンを 制御し電流を誘起

南 康夫 | 准教授 Yasuo Minami

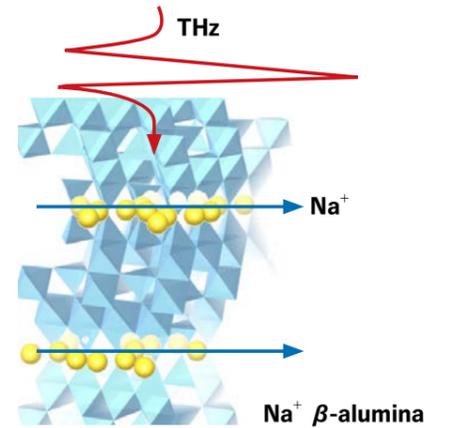
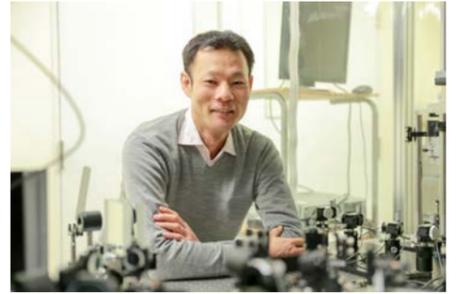
近年の技術によって高強度テラヘルツ波の安定的な発生が可能になった。私たちの研究室では、これを物質に照射し、物質の性質を明らかにするだけでなく新たな機能を付与する可能性を探っている。

最近の研究では、イオン伝導体「Na⁺β-alumina」に高強度テラヘルツ波を照射し、ナトリウムイオンを1ピコ秒間だけ高速で動かしてマクロな電流を誘起することに成

功した。電子の移動による電流誘起は、超短パルスレーザー(フェムト秒レーザー)などでも実験されているが、テラヘルツ波は光子(光子)エネルギーが4.1 meVと小さく電子の光励起が起こりにくいため、他の物質でのイオン電流誘起の可能性も広がる。現在、超高速でのイオンや電子の制御を利用したデバイスでの応用を目指して研究を進めている。



電流測定結果。電場の極性によってナトリウムイオンが動く方向が変わる。
Y. Minami, et al.: Macroscopic ionic flow in a superionic conductor Na⁺β-alumina driven by single-cycle terahertz pulses, Physical Review Letters, Vol.124, 147401, 2020.



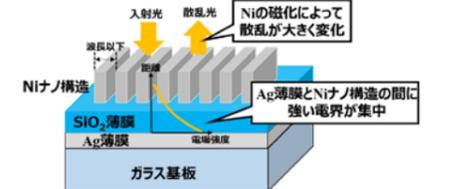
テラヘルツ波を照射して、「Na⁺β-alumina」のスピネル構造間でナトリウムイオンを移動させる。

宇宙環境でも使える！ 光による磁場検出技術

高島祐介 | 助教 Yusuke Takashima

磁場検出技術は、位置・角度の検出素子やエンコーダーなどに使用されるなど現代社会に不可欠だ。私たちは、ニッケル(Ni)で構成された光の波長以下の周期をもつナノ周期構造(Niナノ周期構造)と銀(Ag)薄膜の複合構造を用いて、これまで難しかったコンパクトで汎用性の高い磁場検出技術の開発に成功した。

光による磁場検出は、光が電気的に中性であるため電気ノイズの影響を受けにくく、電気配線など不要だ。開発した技術はmTオーダー磁場の検出ができ、工場内や宇宙環境、放射線施設など高ノイズ下でも動作可能。また非常にコンパクトなので内視鏡先端への取り付けにも適する。社会での実装に向け、さらに研究を推進していく。



Niナノ周期構造とAg薄膜による磁場検出技術の概念図。

社会実装に向けた活動近況

産業界との連携の推進（「次世代ひかりトクシマ」の取組）

地方を担う若者が大幅に減少する中、地域の人材への投資を通じて地域の生産性の向上を目指すため、県主導のもと、産学官連携により地域産業振興や専門人材育成などを行う優れた取り組みを重点的に支援する。またこれにより、日本全国や世界中から学生が集まるような「キラリと光る地方大学づくり」を進め、地域における若者の修学・就業促進を実現する。以上を目的とした地方大学・地域産業創生交付金事業が内閣府により創設されました。

徳島県「次世代“光”創出・応用による産業振興・若者雇用創出計画」(愛称「次世代ひかりトクシマ」)が2018年度から

採択され、徳島大学ポストLEDフォトニクス研究所(pLED)は本事業における研究機能強化の中核事業として、徳島大学が2019年3月に設置しました。次世代LEDパレイ構想を掲げ、百数十社ものLED関連企業が集積しているのみならず、様々な製品で世界シェアを誇る企業がいくつも本社・拠点を置く徳島県の地の利を生かし、本研究所は、産官学金が力を合わせるオープンイノベーションの拠点となり、新しい光産業創出と新産業を担う専門人材の輩出に貢献することを目指しています。



次世代ひかりトクシマが目指すビジョン



フューチャーセッションの様子。



愛称(ロゴ)・キーカラー・タグラインのコンセプト抽出。

経営戦略室の設置

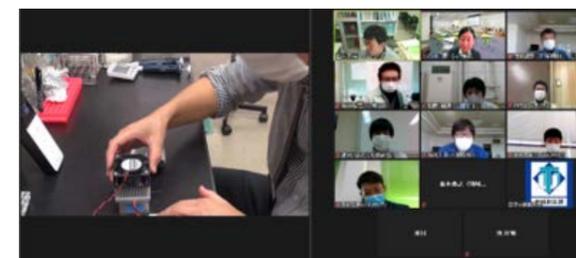
新産業創出に向けた取り組みの一つとして、本研究所に「経営戦略室」を設置しています。経営戦略室には企業において製品開発や事業マネジメントの経験を有する教員を配置し、本研究所に関する産学連携・技術相談などの窓口、研究成果の事業化企画・社会還元の推進、特許取得・活用支援などを担当しています。研究支援・産官学連携センターと連携して、本研究所内に留まらず、解決した

課題に最も合う研究者・研究シーズとのマッチングをご提案します。

本研究所では、多様な分野の研究者が在籍している強みを活かし、組織的に柔軟に研究チームを編成して課題に取り組む体制をとっています。時々刻々と変化する社会のニーズにいち早く対応し、社会課題の解決に貢献することを目指しています。

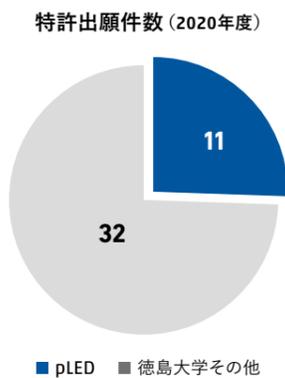
リカレント教育

人と地域共創センターと連携し、地域企業や一般の方を対象とした次世代光に関するセミナーを開催しています。2020年度には、紫外線LEDを利用した新製品開拓をするための基本的な知識と技術を習得することを目的とした「紫外線LED活用入門講座」(オンライン)にて、本研究所教員が講師を務め、実験データを用いた演算演習や動画での施設見学などをご体験いただきました。



特許出願実績

研究成果の事業化のため、本研究所では開発技術の特許化を重要視しています。経営戦略室には弁理士資格を有するURAを配置し、特許出願などを支援しています。2020年度の新規出願件数は11件であり、大学全体総数の4分の1を占めています。



株式会社SpLEDの設立

研究成果の迅速な事業化および社会還元をよりいっそう推進するために、本研究所発のベンチャー企業「株式会社SpLED(スプレッド)」が2021年1月に設立されました。世界最高水準の精度を誇る光学測定・計測機器を用いた受託サービスや、知的財産等活用の推進活動を実施しています。



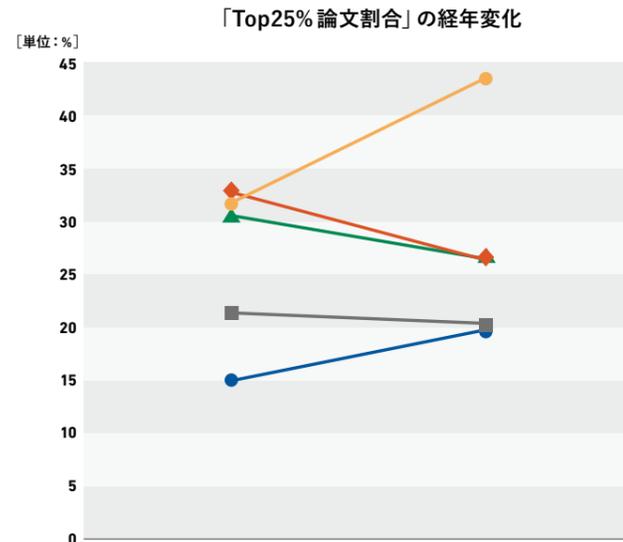
研究成果

論文発表と被引用数

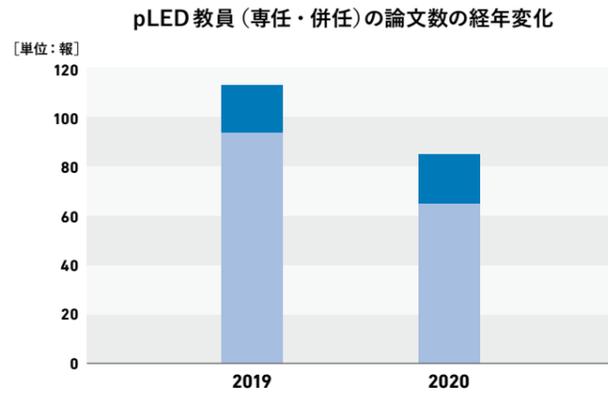
本研究所では、2020年には126報の論文を発表しました。2019年の研究所立ち上げの時期を経たため、2019年と比較して論文数総数は減少しているものの、Top10%ジャーナルに掲載される論文の割合は増加傾向にあります。

	2019	2020
Top10%ジャーナル掲載数	19	21
その他	95	65
総論文数	114	86

また、論文の被引用数について、2020年のTop25%論文の割合は2019年と比較して増加しており、その数は世界トップレベルの光科学研究機関に比肩する値となっています。



- ポストLEDフォトニクス研究所
 - ▲ College of Optics and Photonics, University of Central Florida
 - Laboratoire d'Optique Appliquee, CNRS
 - ◆ Max Planck Institute of Quantum Optics
 - ◆ University of Rochester Institute of Optics
- Elsevier社Scopus, およびScivalからデータを取得(2021.9)
 - 集計期間:2019-2020年
 - 集計対象文献タイプ: Articles, reviews and conference papers
 - Top25%論文の詳細については以下を参照。https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28193/supporthub/scival/p/10961/28193/
 - ベンチマーク機関の数値は、機関IDもしくは機関名でScopusを検索した値

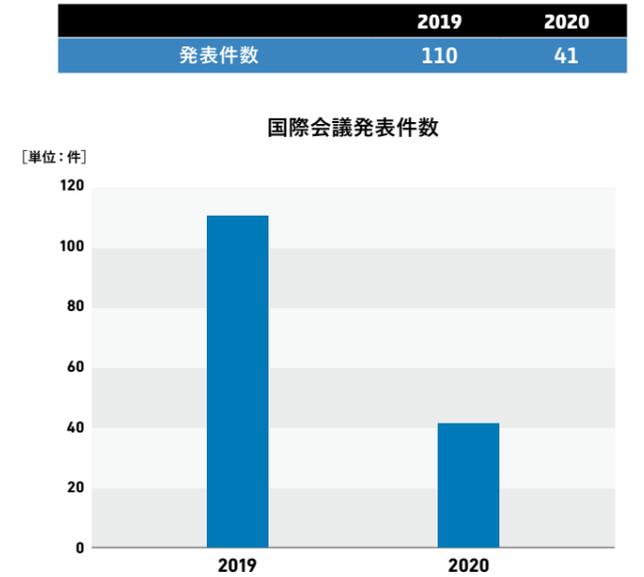


- Elsevier社Scopusからデータを取得(2021.9)
- 集計期間:2019-2020年
- 集計対象文献タイプ: Articles, reviews and conference papers
- Top10%ジャーナルの詳細については以下を参照。https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28194/supporthub/scival/p/10961/28194/



国際会議における発表件数

2020年は新型コロナウイルス感染症の爆発的な感染拡大の影響により、大規模な国際・国内学会の開催が中止され、発表件数が大きく減少しました。本学でも全学的にオンライン授業が実施されるなど、構内への立ち入りが制限される状況が続いていますが、本研究所では感染防止に最大限留意しつつ、研究活動を継続しています。



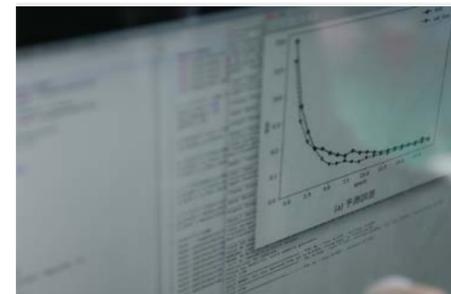
受賞

2019年度

- 南川丈夫: がん外科手術のための低侵襲分子イメージングの研究、日本機械学会奨励賞、日本機械学会、2019年4月
- 難波康祐: 強力な生物活性の謎を解く複雑天然物の実践的合成研究、長瀬研究振興賞、公益財団法人長瀬科学技術振興財団、2019年4月
- 津田卓哉、水野孝彦、長谷栄治、南川丈夫、山本裕紹、安井武史: スキャンレスデュアル光顕微鏡を用いた動体サンプルの共焦点振幅・位相差イメージング、生体医工学シンポジウム2019ポスターアワード、社団法人日本生体医工学会、2019年9月
- 南川丈夫: 光コムによる新たな高機能センシング法の開拓、康楽賞、財団法人三木康楽会、2020年2月

2020年度

- 大塚邦紘: 日本臨床口腔病理学会 学術奨励賞(実験病理部門)、2020年8月
- 大塚邦紘: 日本シェーグレン症候群学会奨励賞、2020年9月
- Hiroshi Takahashi, Takao Ueda, Akira Nanasawa, Kazuhide Nakayama and Masayuki Tsukagoshi: Repair Effect of Realkalization for Reinforced Concrete with Different Degree of Deterioration, Best Paper Award, Conmat20, Sep. 2020
- 辻 悠弥、上田隆雄、七澤 章、中山一秀: 電気化学的脱塩後の各種表面保護の適用が補修効果に与える影響、第20回コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム最優秀論文賞、日本材料学会、2020年11月
- 安友康二: 小児医学川野賞、川野小児医学奨学財団、2021年1月。
- 江本顕雄: フォトポリマーの重合時交差拡散を利用したオンデマンドのマイクロ回路デバイス作製技術、第29回ポリマー材料フォーラム 優秀発表賞、社団法人高分子学会、2021年2月
- 安井武史: コヒーレント周波数コムリンクに基づいたテラヘルツ周波数標準技術の系統的構築、康楽賞、財団法人三木康楽会、2021年2月
- 南川丈夫: ラマン散乱分光法による非侵襲分子組織診断法の開発、源内奨励賞、公益財団法人エレクトロニクス尾崎財団、2021年3月



研究費

主要な競争的資金の採択状況

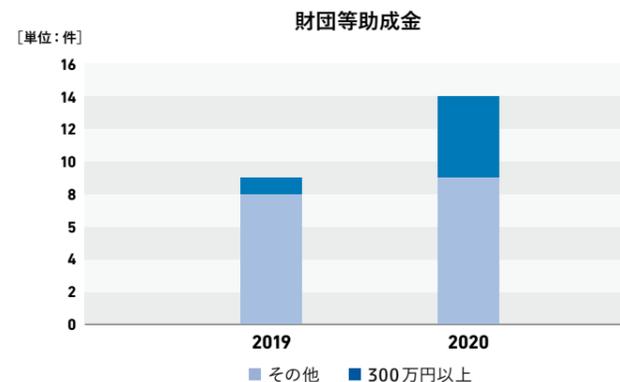
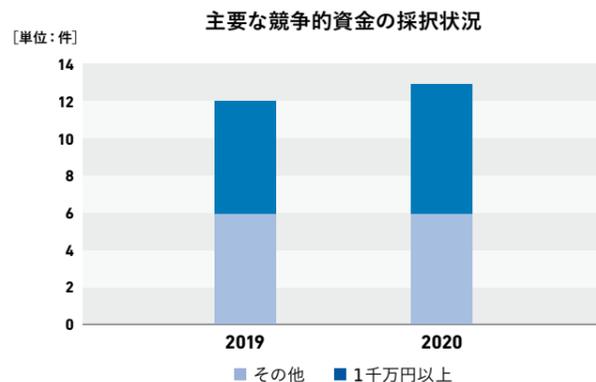
本研究所所属教員の主要な競争的資金への採択件数は、下の表に示すとおりです。独立行政法人日本学術振興会（略称：JSPS）による科学研究費助成事業のほか、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（略称：AMED）や国立研究開発法人科学技術振興機構（略称：JST）が実施する事業

への採択が拡大傾向にあります。また、1千万円以上の大型競争的資金事業への採択も、増加傾向となっています。また、財団等による研究助成金への採択件数は右下の表に示すとおりであり、総件数及び300万円以上の件数が順調に増加傾向となっています。

	2018	2019	2020	総計
AMED				
ウイルス等感染症対策技術開発事業			1	1
ウイルス等感染症対策技術開発事業			(1)	(1)
地球規模保険課題解決推進のための研究事業			1	1
地球規模保険課題解決推進のための研究事業			(1)	(1)
日本医療研究開発機構研究費			1	1
新興・再興感染症に対する革新的医薬品等開発推進研究事業			(1)	(1)
JSPS				
科学研究費助成事業	8	10	6	24
基盤研究 (A)		(1)		(1)
基盤研究 (B)	(2)	(4)	(3)	(9)
基盤研究 (C)	(4)	(2)		(6)
若手研究		(1)	(2)	(3)
新学術領域研究 (研究領域提案型)	(1)	(1)		(2)
挑戦的研究 (萌芽)	(1)	(1)	(1)	(3)
JST				
研究成果展開事業 (研究成果最適展開支援プログラム [A-STEP])		1	2	3
トライアウト			(2)	(2)
機能検証フェーズ		(1)		(1)
戦略的創造研究推進事業		1		1
戦略的創造研究推進事業 (さきがけ)		(1)		(1)
創発的研究支援事業			2	2
2020 創発的研究支援事業			(2)	(2)
総計	8	12	13	33

年度	2019	2020
1千万円以上	6	7
その他	6	6

年度	2019	2020
300万円以上	1	5
その他	8	9



教育活動

大学生・大学院生への研究指導 (「Mix-Lab」の導入)

本研究所では研究指導学生を受け入れており、2020年度には理工学部の大学生10名、大学院生13名、医学部の大学生5名が研究を実施しました。研究者や学生のコミュニケーションを重視し、研究室を専門分野で分けて、多様な学部・学科の学生が机を並べて研究を行う「Mix-Lab (ミックスラボ)」の形態を取り入れています。様々なバックグラウンドや価値観の摩擦から、新しい発想が生まれやすい環境づくりを行っています。



学生プロジェクトの支援

徳島大学イノベーションプラザの学生プロジェクト「プロジェクションマッピングプロジェクト」について、本研究所の教員が支援しています。本プロジェクトには理工学部や総合科学部の大学生・大学院生が参加し、試行錯誤して「ものづくり」に取り組み、成果発表として小中学生向けの科学体験イベントに出展しました。光科学の魅力を若者に伝えるとともに、学生が自らプロジェクトを企画・運営するため、実践力や社会性を育みます。



高校生以下対象のアウトリーチ活動

本研究所が参画する「次世代ひかりトクシマ」では、未来を担う高校生以下の子どもたちを対象とする理科教育への貢献を目指し、様々なイベントを開催・出展しています。2019年度・2020年度には、県内高校のご協力をいただき、本学所属の玉有朋子ファシリテーター主導のもと、「サイエンスカフェ」を開催しました。LED作製体験に加え、10年後の夢ある未来を想像し、研究者と一緒にその未来を実現するツールのアイデアを出し合ったり、大学研究者が光科学の研究者を志したエピソードを聞き、グループで印象的だったことを語り合ったりと、光科学や研究者を身近に感じていただく良い機会になったのではないかと考えています。

日本最大級の大学進学イベント「夢ナビライブ」では、「講義ライブ」「光科学・光工学」の学問について、気軽に教員と話せる「まなびステーション」に出展しています。研究を3分で語る「夢ナビ Talk」はホームページからアーカイブを配信しています。



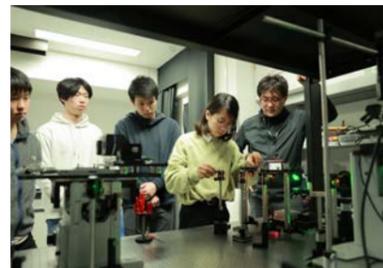
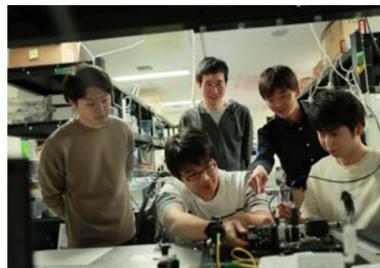
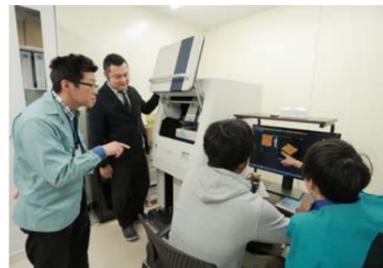
連携活動

世界トップレベル研究者の招へい

本研究所では、フォトニクス研究分野の世界トップレベル研究者を特別招聘教授として招聘するなど、他機関の研究者との交流を積極的に行っています。特別招聘教授は各々の研究ユニットを率い、次世代光源・計測技術の開発や高機能化研究に取り組んでいます。

また、特別招聘教授らは大学生・大学院生への研究指

導を担当し、若手研究者の育成にも力を注いでいます。中高生向けには、科学体験イベント（サイエンスカフェ等）で身近なものや光科学との繋がりを紹介するなど、徳島の未来を担う子どもたちへ、光科学の面白さを伝える活動にも参画しています。

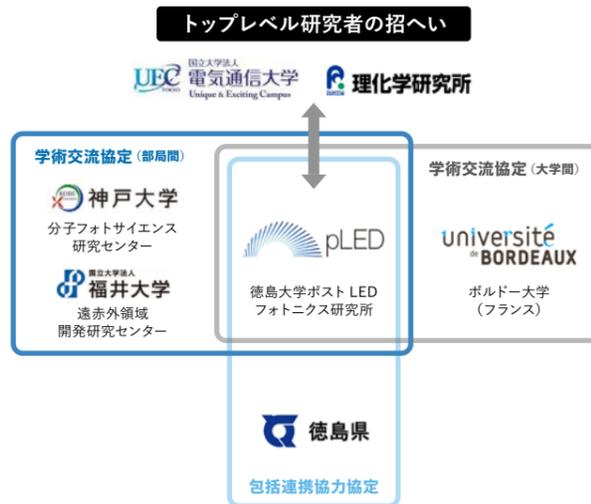


学術交流協定・包括連携協力協定

本研究所では、2020年5月から福井大学遠赤外領域開発研究センターおよび神戸大学分子フォトサイエンス研究センターと学術交流協定を締結しました。赤外～テラヘルツ帯の光照射・計測技術の結集により、ライフサイエンスや情報通信など、さらなる異分野融合の推進による新研究領域の創出を目指しています。

国際交流については、大学間学術交流協定を締結しているポルドー大学と研究者の往来・交流を行っています。また、大学院社会産業理工学研究部国際連携教育研究センターのSpring School、Summer Schoolにて留学生に向けた研究所紹介を実施しています。

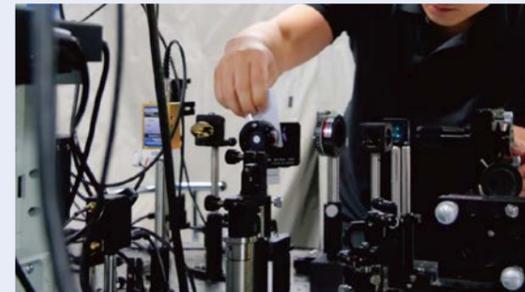
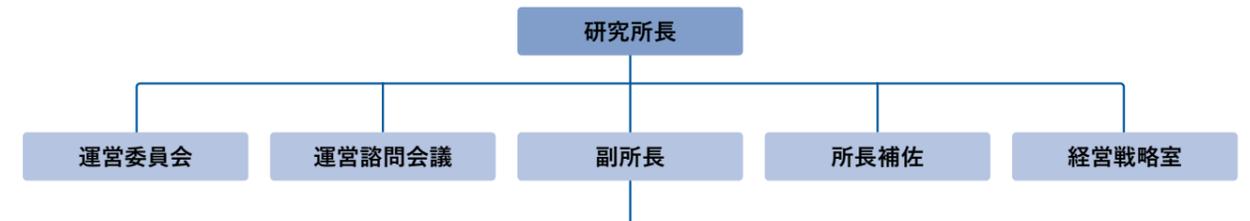
また、本学は、徳島県と地域産業振興や若者の就学・就業促進による地方創生の推進を目的とした包括連携協力協定を締結しています。徳島の強みである光関連分野の研究力や技術水準、人材育成の強化を図り、「新しい光」を学び「夢のある未来社会」の創出を夢見る学生が日本全国や世界中から集まる「キラリと光る徳島大学」の実現を目指しています。



Spring School (オンライン) の様子。

組織紹介

組織図・アクセス



ポストLEDフォトニクス部門

深紫外／赤外／テラヘルツ波長領域の次世代実用光源の開発およびその応用研究に取り組みます。フォトニクスの研究者に加え、化学、生物学、コンクリート工学、情報学などの分野の研究者が集まり、広い分野で応用技術の開発を推進しています。



医光融合研究部門

本学の医・歯・薬学分野がそろう環境を生かし、フォトニクスを新しい医療や生命医科学に取り入れる融合研究を推進します。病気の早期発見・早期治療につなげ、誰もが健康でいきいきと生きられる社会の実現に資することを目指しています。



徳島大学 ポストLEDフォトニクス研究所
〒770-8506 徳島市南常三島町2丁目1番地
TEL 088-656-9701 / FAX 088-656-9864
E-Mail postled@tokushima-u.ac.jp
<https://www.pled.tokushima-u.ac.jp>



本研究所は、内閣府地方大学・地域産業創生交付金交付対象事業、徳島県「次世代“光”創出・応用による産業振興・若者雇用創出計画」の支援を受けています。