

井上リサーチアワード授賞理由

2020年12月

公益財団法人井上科学振興財団

第13回（2021年度）井上リサーチアワード

研究題目

反応座標の可視化を目指した新規超高速多次元分光法の開発と応用
Development and application of ultrafast multi-dimensional spectroscopy
for visualizing reaction coordinates of the condensed-phase molecules

受賞者 倉持 光（くらもち ひかる）
自然科学研究機構分子科学研究所・准教授

学位 博士（理学）東京工業大学

略歴

2013年 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了
2013年 理化学研究所・基礎科学特別研究員
2016年 理化学研究所・研究員
2017年 科学技術振興機構・さきがけ研究者
2020年 分子科学研究所・准教授 総合研究大学院大学・准教授

受賞

2017年 理化学研究所研究奨励賞
2017年 日本分光学会奨励賞
2019年 英国王立化学会 PCCP 賞
2020年 文科大臣表彰若手科学者賞
2020年 分子科学会奨励賞
2020年 公益信託分子科学奨励森野基金

授賞理由

光化学反応は、光合成に代表される生命現象や太陽電池、発光材料、光スイッチング、光記録など多様な光デバイスの根幹である。生命現象の解明や光デバイスの高性能化、高機能化や新規光デバイスの開発にあたり、光化学反応を正しく、詳細に理解することは重要である。原子数の少ない単純な分子の光化学反応においては、単純化されたポテンシャル図を用いて抽象的な1次元の反応座標で理解されることも多いが、身の回りにおける生体やデバイスにおける光

化学反応は複雑で、複数の原子からなる多原子分子が関与した複雑なポテンシャルエネルギー曲面を考慮した反応座標の解明が必要である。

倉持光氏は、これまでに分子構造の実時間観測による反応ダイナミクスの可視化を目的とした研究を行い、極限的時間分解インパルスラマン分光装置の開発に成功している。倉持氏が開発した極限的時間分解インパルスラマン分光装置は、任意の遅延時間においてフェムト秒精度でラマン遷移を誘起することが可能であるため、フェムト秒スケールの分子の構造変化を追跡できるという特徴を有しており、様々な複雑分子系の光反応初期過程における超高速構造ダイナミクスの可視化を可能にし、光反応分野において新たな研究を展開してきた。

本研究では、反応分子および生成分子の全てのラマン振動をコヒーレントに励起することができる波長独立な2色の数フェムト秒パルス光源を開発し、超高速多次元分光装置を構築することを目的としている。本手法の開発により、光受容タンパク質などの複雑分子系で起こる光反応において、生成物に由来する非線形分光信号を選択的に検出し、多次元反応座標の可視化の実現が可能となる。化学反応の過程を決定づける反応座標の解明は、対象とする反応の反応機構解明にとどまらず、新規反応の設計、反応の効率化においても重要な指針となり、さらには化学反応の関与するデバイス開発に重要な寄与をもたらすことが期待される。

第13回（2021年度）井上リサーチアワード

研究題目

メカノクロミック素材を用いた分子レベルの力を測定するセンサの開発

Development of a molecular sensor based on mechanochromic materials

受賞者 杉原 加織（すぎはら かおり）
東京大学生産技術研究所・講師

学位 Doctor of Science (スイス連邦工科大学)

略歴

2012年 スイス連邦工科大学チューリッヒ校博士課程修了

2012年 マックスプランク研究所ポスドク研究員

2014年 ジュネーブ大学・テニユアトラック助教

2020年 東京大学生産技術研究所・講師

受賞

2012年 Swiss Society of Biomedical Engineering Research Award

2012年 Chorafas-Prize 2012

2012年 ETH Medal

授賞理由

温度、pH といった物理化学的な情報に加え、バクテリアや抗体を検出するバイオセンサとして、ポリジアセチレン分子に注目が集まっている。ポリジアセチレンは、ごくわずかな力によって発光が変化するメカノクロミックポリマーであり、温度や pH 等の外部要因によって生じる歪みに伴う発光の変化によって、超高感度かつナノスケールでの高解像度を持つセンシングが可能になると期待されている。そこで必要となるのが、「ポリマーをどの向きにどのくらいの力で押すと、どの程度の発光が得られるのか？」という力と発光の定量的かつ異方的な相関の理解である。しかし、ポリジアセチレンを基板上に乗せた場合、両親媒性にに基づく異方性によって、基板に対する水平方向の力（摩擦力）によって発光が変化するが、通常の原子間力顕微鏡では基板に対して垂直方向の力しか測定できない。

そこで杉原加織氏は、水平方向の力をナニュートンの範囲で測定することを可能にするナノ摩擦力顕微鏡を開発した。通常のア子間力顕微鏡で水平方向のナニュートンを測定することは困難という大方の予想を覆して、同氏らは水平の力の精密測定を実現した。本研究では、独自技術である高精度ナノ摩擦力顕微鏡を用いて、ポリジアセチレンに対する力と発光の定量的かつ異方的な相関をナノスケールの位置・力分解能で明らかにする。具体的には、ポリマーのバルク部分とエッジ部における感度の差、センシングに有効な「ひねり」を加えるために必要な力の印加方法、またこれらの性質がモノマーの種類によってどのように依存するかを明らかにしていく。物理学、材料科学、物質化学分野の最先端が融合された究極のナノサイエンス研究であり、学術の発展への寄与に加えて、将来的には分子レベルでの力センサへの応用が期待される。

第13回（2021年度）井上リサーチアワード

研究題目

二次元極性物質におけるバルク光起電力効果に関する研究

Bulk Photovoltaic effect in two dimensional Polar Materials

受賞者 張 奕勁（ちょう えきけい）
東京大学生産技術研究所・助教

学位 博士（工学）東京大学

略歴

2016年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了
2016年 大阪大学産業科学研究所・学振特別研究員
2016年 ドイツ マックスプランク固体研究所・客員研究員(兼任)
2019年 ドイツ マックスプランク固体研究所・研究員
2019年 東京大学生産技術研究所・助教
2020年 科学技術振興機構・さきがけ研究者(兼任)

受賞

2017年 第31回 先端技術大賞 フジサンケイビジネス賞
2018年 第34回 井上研究奨励賞
2020年 生産技術研究所 弥生賞
2020年 高柳健次郎財団 研究奨励賞

授賞理由

カーボンナノチューブ等の一次元材料、グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)などの二次元材料は、低次元性に起因する様々な特異な特性が期待され、いわゆるナノ材料とナノ科学の代表的な素材となっている。多くの場合に単層の二次元材料に特有な物性は積層によって平均化して減衰したり、対称性の崩れによって完全に失われたりする。一方で、二次元材料同士の間層構造によっては、ツイスト積層二層グラフェンに現れた超電導特性のように、極めて特異な特性が唐突に表れることがある。さらに、別の二次元材料を積層した van der Waals ヘテロ構造においては、様々な trivial およ

び non-trivial な物性の発現が期待される。

本研究は、高品質な二次元材料の合成、積層制御によって反転中心のない結晶において出現しうるバルク光起電力効果の実現を目指した独創的なものである。バルク光起電力効果は通常の p-n 接合半導体における光起電力とは原理的に異なる現象と考えられており、場合によっては、p-n 接合半導体における理論限界を超える発電効率の実現の可能性もあると期待される反面、そのメカニズムに関しては未知の部分が多い。従来のバルク光起電力効果の研究は BaTiO₃ 等の強誘電体バルク結晶を対象として行われており、反転中心がない低温相では極性を有することになるが、この極性の効果については注目されてこなかった。張 奕勁氏らが 2019 年の Nature 誌で発表した TMD ナノチューブ (WS₂) におけるバルク光起電力効果においては、対称中心がないことに加えて、極性効果が BPVE を増大させることを明らかととしている。本研究においては、高品質な 2-二次元材料の積層制御によってバルク光起電力効果のメカニズムを明らかとして二次元材料をベースにしたバルク材料でのバルク光起電力効果の発現に挑戦する研究である。

二次元材料積層制御によってバルク光起電力効果についての新たな物理像が得られると考えられ、低次元材料とこれらの積層よりなるバルク材料の応用可能性を広げ、低次元材料科学の新たな展開が期待される。

第13回（2021年度）井上リサーチアワード

研究題目

リボ核酸による腸骨恒常性維持機構の解明と制御

Molecular mechanism for the regulation of gut-bone homeostasis by RNA

受賞者 丸山 健太(まるやま けんた)

自然科学研究機構生理学研究所・特別協力研究員

学位 博士（医学）大阪大学

略歴

2013年 大阪大学大学院医学系研究科博士課程修了

2013年 日本学術振興会特別研究員 PD

2014年 大阪大学免疫学フロンティア研究センター・助教

2019年 自然科学研究機構生理学研究所特別協力研究員

受賞

2006年 国際骨免疫学会トラベルアワード

2007年 慶應義塾塾長賞

2013年 大阪大学医学部山村賞

2013年 MerckAward for Young Biochemistry Researcher

2014年 井上研究奨励賞

2014年 アステラス病態代謝研究会竹中奨励賞

2015年 大阪大学総長奨励賞

2019年 花王科学奨励賞

授賞理由

骨粗鬆症は、骨形成と骨吸収のバランスが破綻することにより生じる疾患であるが、その詳細な分子機構にはまだ不明な点が多く残されている。近年、種々の細胞間および臓器間クロストークが着目されており、その中でも神経系と骨代謝のクロストークは以前から注目されている分野である。神経伝達物質の一つであるセロトニンが、骨芽細胞に作用し骨形成を負に制御させ骨粗鬆症に関与していることが知られていたが、その調節機構の詳細は不明であった。丸山健太氏は、多数のノックアウトマウスによる検討を行った結果、機械受容チャネルである *piezo1* のノックアウトマウスで骨量が増加していることに着目し、検討を重ねた結果、*piezo1* ノックアウトマウスではセロトニン分泌が大きい

く低下することにより骨量の増加形質を示すことを見出している。このことから、piezo1 がセロトニン分泌の枢軸分子であることを同定し、さらには、腸内細菌由来の一本鎖 RNA が piezo1 のリガンドとして働きセロトニン分泌に寄与していることを突き止めた。この知見は、腸内細菌が骨代謝制御に重要な役割を果たすことを明らかにしたものとして、国際的に高く評価されている。

本研究では、トランスクリプトーム解析やゲノム編集技術、各種の生化学的手法や一細胞解析を駆使することにより、1 本鎖 RNA-piezo1 によるセロトニン分泌調節機構の詳細ならびに分泌細胞の同定および特徴の解析を行い、さらには腸内細菌やその由来する RNA をターゲットとした治療開発を目指したものである。本研究による、骨代謝分子機構の解明や、既存の骨粗鬆症治療とは全く異なるアプローチの革新的な新規治療開発は、今後の生物学研究ならびに医療において多大な貢献をもたらすことが期待される。以上より、丸山氏は井上リサーチアワードを受賞するにふさわしい研究者であると評価された。