

# 井上學術賞授賞理由

2024年12月

公益財団法人井上科学振興財団

## 第41回（2024年度）井上学術賞

### 研究題目

対象物記憶をつかさどる脳機構とその認知症における破綻の研究

Neural circuit mechanisms of item memory in health and dementia

### 受賞者

五十嵐 啓（いがらし けい） カリフォルニア大学アーバイン校・医学部・  
総長特別准教授

### 職歴

2013年5月 ノルウェー科学技術大学・助教

2016年2月 カリフォルニア大学アーバイン校医学部・助教授

2022年7月 カリフォルニア大学アーバイン校医学部・准教授

2023年7月 カリフォルニア大学アーバイン校医学部・総長特別准教授

### 受賞

2014年 日本神経科学学会奨励賞

2017年 安藤百福賞発明発見奨励賞

2017年 三島海雲学術賞

2019年 Alzheimer's Disease Research Award, BrightFocus Foundation

2023年 日本学術振興会賞

2023年 日本学士院学術奨励賞

### 授賞理由

記憶・学習は脳高次機能の最も基本的機能の一つであり、ヒトを含む生物の生存にとって極めて重要な役割を担う。我々の記憶は大まかに、空間記憶、時間記憶、対象物記憶、の組み合わせで成り立つと捉えることができるが、脳がそれぞれの記憶形成をどのように制御しているのかに関しては未だ不明な点が多い。その構成要素の一つの機構を解明した五十嵐啓氏の研究は、今後の神経科学分野に大きなインパクトを与えた。

五十嵐氏は2009年にノルウェー科学技術大のEdvard Moser博士、May-Britt Moser博士の研究室へ博士研究員として赴任してから6年の間、空間記憶を司る脳機構の解明に携わり、Moser両博士の2014年ノーベル生理学賞

の受賞対象となる研究に大きく貢献した。さらに、これらの空間記憶研究とは一線を画した対象物記憶の研究を独自に立ち上げ、脳の外側嗅内皮質と呼ばれる領域の神経細胞が対象物記憶をつかさどることを世界にさきがけて見出した。

その後 2016 年より米国カリフォルニア大学アーバイン校で独立して研究室を主催しており、独立後も世界をリードする研究を発信し続けている。2021 年には、外側嗅内皮質の神経細胞が、対象物にひもづけられた報酬の有無によって分類することで記憶を形成していること、この分類学習が神経伝達物質ドーパミンによって可塑的に制御されていることを報告した。一方、五十嵐氏は神経変性疾患の研究も開始し、Moser 博士が健康な動物で発見したグリッド細胞が、アルツハイマー病モデルマウスでは障害されていることを見出し、この障害が引き金となって空間記憶の制御失調が生じることを提唱した。さらに最近、外側嗅内皮質が、脳の意思決定に関わるとされる前頭前野と緊密な解剖学的結合を持ち、外側嗅内皮質と前頭前野が協調的・相互依存的に対象物記憶を形成していることも見出している。

五十嵐氏は日本神経科学学会、米国神経科学学会をはじめ多くの国内外の学会においても運営活動などに積極的に貢献している。

以上のように、五十嵐氏は対象物記憶を支える脳機構の分野で独創的かつ先端的な研究を展開しており、国際的な研究者コミュニティからも広く支持されていることから、井上学術賞受賞に相応しいと判断した。

## 第41回（2024年度）井上学術賞

### 研究題目

ユビキタス元素を用いた新規典型元素機能性分子及び触媒の開発

The Power of Earth Abundant Main Group Compounds in Synthesis and Catalysis

### 受賞者

井上茂義（いのうえ しげよし）ミュンヘン工科大学化学科・教授

### 職歴

2008年 ベルリン工科大学・フンボルト財団研究員/JSPS 海外特別研究員

2010年 ベルリン工科大学・特任教授

2015年 ミュンヘン工科大学化学科・教授

### 受賞

2010年 Sofja Kovalevskaja Award (フンボルト財団)

2014年 ERC Starting Grant (ヨーロッパ研究評議会 ERC)

2015年 日本化学会進歩賞

2017年 Cal Duisberg Memorial Prize (ドイツ化学会 GDCh)

2018年 文部科学省科学技術・学術政策研究所「ナイスステップな研究者」

2020年 Eugen und Ilse Seibold Prize (ドイツ研究振興協会 DFG)

2020年 ERC Consolidator Grant (ヨーロッパ研究評議会 ERC)

2022年 日本学術振興会賞

2023年 Wacker Silicone Award

### 授賞理由

地球上に豊富に存在するユビキタス元素を活かした物質の創製と機能の開拓は重要な課題である。しかし、これらの元素は低配位化合物の反応性が極めて高いため、新しい分子を創製し、多様な反応性を引き出すための確かなアプローチが求められる。井上茂義氏は、独自の分子設計により安定化を図るという指針でこの問題に挑み、これまで存在しなかった様々な低配位有機ケイ素及びアルミニウム化合物を合成、単離し、触媒としての機能を創出することで、典型元素化合物の合成と応用において世界を先導する貢献を果たしている。

井上氏は、永く未踏であったケイ素カルボニル錯体の合成と単離により、ケ

イ素がカルボニル配位子と安定な錯体を形成できるだけでなく、カルボニル配位子の変換反応が可能であることを世界に先駆けて明らかにした。また、ケイ素二価化学種であるシリレンとイソニトリルの反応において、ケイ素上での配位、転移挿入、酸化的付加、還元的脱離が進行し、ケイ素が遷移金属のように振る舞うことを実証するという画期的な成果をあげている。

さらに、井上氏は、アルミニウム間での二重結合を持つジアルメンの合成と単離に初めて成功し、これが水素などの小分子を穏和な条件下で活性化できることを示した。加えて、ジアルメンを触媒として利用し、二酸化炭素やカルボニル化合物のヒドロホウ素化反応を達成している。最近では、ジアルメンを用いたモノフルオロベンゼンの炭素-フッ素結合の官能基化を実現し、低配位有機アルミニウム化合物の新たな可能性を引き出している。

元素の特性の深い理解に基づいて全く新しい分子群を創製し、機能の創出につなげた一連の研究は従来の常識を打破するものであり、独創性は際立っている。同時に、有機化学や無機化学などの関連分野に大きな波及効果をもたらしている。今後も典型元素化学、触媒化学の分野を国際的に牽引し、新機軸を打ち出す活躍が期待される井上氏は、井上學術賞の受賞者として相応しいと判断された。

## 第41回（2024年度）井上学術賞

### 研究題目

情報の熱力学

Thermodynamics of information

### 受賞者

沙川 貴大（さがわ たかひろ） 東京大学大学院工学系研究科・教授

### 職歴

2011年4月 京都大学白眉センター・特定助教

2013年1月 東京大学大学院総合文化研究科・准教授

2015年5月 東京大学大学院工学系研究科・准教授

2020年10月 東京大学大学院工学系研究科・教授

### 受賞

2013年7月 Young Scientist Prize of the C3 Commission of IUPAP

2015年11月 西宮湯川記念賞

2018年3月 ヤマト科学賞

2018年9月 永瀬賞特別賞

2019年4月 文部科学大臣表彰若手科学者賞

2021年9月 久保亮五記念賞

### 授賞理由

情報と熱力学との間に密接な関係が存在することは、19世紀、マクスウェルの悪魔のパラドクスにより示唆された。これは、情報を使って第2種の永久機関形成しうるかに見える実体であり、その存在は熱力学第2法則の基礎に関わる基本的で重要な問題として議論されてきた。しかし、20世紀までの研究は簡単で特殊なモデルでの思考実験によるものであった。

21世紀に入って、発展・整備された量子情報理論、非平衡統計力学の成果を踏まえ、沙川氏は、情報と熱や仕事に関する現代的な情報熱力学を構築することに成功した。これは物理系の詳細によらない、極めて普遍的な理論であり、古典系と量子系の垣根すら越えて成立する。この情報熱力学の確立にあたり、沙川氏は、熱力学第二法則の拡張、帰還操作による熱機関からの仕事の限界の

特定、更には情報により熱機関から取り出せる仕事と相互情報量の同等性の証明など、多くの業績を積み重ね、「量子情報流」のような新奇な概念を生み出してきた。

沙川氏による情報熱力学のめざましい成果の一つは、マクスウェルの悪魔のパラドクスの完全解決である。端的には情報による帰還操作を行うために必要な測定と情報消去に要する仕事の下限が、測定で得た相互情報量に等しくなる、というもので、マクスウェルの悪魔は熱力学第2法則と矛盾しない。この結果は、20世紀のランダウア原理に基づく理解が、極めて特殊な場合に限られるものであることを示し、普遍的で質の異なる理解が得られた。沙川氏は、更に実験家との協力により、マクスウェルの悪魔デバイスの実現にも世界で初めて成功している。新しい情報熱力学は生体情報処理や量子多体系の熱力学など多彩な分野へ極めて大きなインパクトを与えており、沙川氏はこれらの拡張においても先導的な役割を果たしている。

以上、21世紀に入り、現在までの物理学の十指に入るとも言える成果をあげた沙川氏は井上學術賞を授けるにふさわしいと判断された。

## 第41回（2024年度）井上学術賞

### 研究題目

可視化に基づく触媒科学の革新

Innovation of Catalytic Science Based on Visualization

### 受賞者

唯 美津木（ただ みづき）東海国立大学機構名古屋大学物質科学国際研究センター・教授

### 職歴

2005年 東京大学大学院理学系研究科化学専攻・助手/助教

2008年 東京大学大学院理学系研究科化学専攻・准教授

2008年 自然科学研究機構分子科学研究所・准教授

2013年 名古屋大学物質科学国際研究センター/大学院理学研究科理学専攻・教授

### 受賞

2007年 井上研究奨励賞

2008年 日本化学会進歩賞

2009年 井上リサーチアワード

2010年 文部科学大臣表彰若手科学者賞

2013年 日本化学会女性科学者奨励賞

2017年 花王科学賞

2022年 Fellow, The Royal Society of Chemistry

### 授賞理由

持続的発展が可能な社会の実現に向けて物質・エネルギー変換の開拓が必須であり、触媒はその要となる物質である。これまでも多くの触媒が実用化されているが、触媒活性種を理解に基づく材料設計はできていない。これは、実触媒の多くが単一の化合物でなく、活性種となる金属、担体、助触媒などの複数の物質からなる複雑系であり、触媒の理解と設計の鍵となる触媒活性サイトの構造や空間分布、時間発展を直接その場で捉える方法がなかったことによる。

唯 美津木氏は、独創的なアイデアを基にした分子レベルでの触媒表面の

構築で数多くの研究成果をあげると共に、固体触媒が働くその場で作用実態を捉えるオペランド X 線分光を駆使して、それまで誰も扱えなかった触媒の構造速度論を提案、かつ、実証した。また、複雑な構造をもつ実触媒の三次元構造をまるごと可視化する CT-XAFS\*イメージングを立ち上げ、世界で初めて一粒の固体触媒の活性構造や触媒膜内部の様子を明らかにした。このように実触媒をまるごと見て理解する可視化科学を世界に先駆けて開拓することで、触媒機能を生み出すための問いに直接応える道を拓き、触媒科学に変革をもたらした。唯氏が切り拓いた可視化科学は、形を見ることを目的としたイメージングを飛躍して、実材料の状態や機能を可視化し、材料開発や課題解決の糸口を提供して研究加速を導く新時代をもたらした。実際、可視化科学は触媒だけでなく、電池や高分子材料、接着界面などの多様な物質・材料科学分野における新たな分野融合と新領域開拓の加速を生んでいる。

唯氏は、実触媒や機能材料をまるごと可視化するオペランド X 線分光イメージングを世界に先駆けて開拓し、可視化に基づく新たな触媒創製を通じて触媒科学に革新をもたらしてきており、今後益々の活躍が期待される。

以上のことから、井上学術賞の受賞者にふさわしいと判断された。

\*Computed Tomography-X-ray Absorption Fine Structure

## 第41回（2024年度）井上学術賞

### 研究題目

光感受性タンパク質の動的構造と分子機構解明

Dynamic structures and molecular mechanisms of photoactive proteins

### 受賞者

南後恵理子（なんご えりこ）東北大学多元物質科学研究所・教授

### 職歴

2004年4月 東京工業大学大学院理工学研究科・助手

2010年11月 理化学研究所放射光化学総合研究センター・リサーチアソシエイト

2013年4月 理化学研究所放射光化学総合研究センター・研究員

2019年4月 京都大学大学院医学研究科・助教

2019年12月 京都大学大学院医学研究科・特定准教授

2020年4月 東北大学多元物質科学研究所・教授

2021年4月 理化学研究所放射光科学研究センター・チームリーダー（兼務）

### 受賞

2019年3月 お茶の水女子大学 保井コノ賞

2021年12月 日本学術振興会賞

2022年1月 日本学士院学術奨励賞

2024年3月 日本化学会学術賞、長倉三郎賞

### 授賞理由

すべての生物の生命活動を支える基本分子であるタンパク質がいかにして各々の機能を発揮するのか、その仕組みは謎に包まれている。多くのタンパク質は、機能を発揮する際にその構造を変化させるが、短時間に起こる構造変化を高い分解能で捉えることは大変困難である。近年、それを観測する新しい技術として、X線自由電子レーザー(XFEL)を用いたシリアルフェムト秒構造解析(SFX)が発展してきた。SFXは、微小な単結晶のストリームにXFELの高輝度パルス照射することで、各単結晶からの回折像を連続的に収集する手法で、放射線損傷の影響を受けずにタンパク質の内部構造を明らかにすることができ

る。南後氏は、日本の XFEL 施設である SACLA において、SFX の技術開発を牽引し、黎明期の技術の実用化と測定基盤の構築において中心的な役割を果たした。

南後氏は、この技術を光駆動型プロトンポンプであるバクテリオロドプシンに適用し、光刺激後ごく短時間（フェムト秒からミリ秒）の間に起こる構造変化を原子分解能で克明に明らかにし、「分子動画」として観測することに成功した。これにより、長年の謎であったバクテリオロドプシンによるプロトン輸送機構が初めて明らかになった。さらに、この技術を適用し、他の多くの光応答性タンパク質の機能メカニズムの解明にも貢献した。このように、SFX を用いてタンパク質の機能メカニズムの解明をはじめて実現し、新たな研究領域の開拓に大きく寄与した。

南後氏は、国内の研究コンソーシアムで中心的な役割を担うだけでなく、国内外の XFEL ユーザーを支援し、技術の普及にも尽力してきた。さらに、温度ジャンプ法など新技術の開発にも取り組み、この分野を先導する研究を展開している。このように、XFEL を基盤とするタンパク質の動態研究の発展において極めて重要な役割を果たしている。

以上のように、南後氏は、画期的な解析技術の実用化・発展を先導し、それを用いて最先端の構造生物学研究を推進してきており、井上学術賞の授賞に相応しいと判断された。