

# 第33回井上學術賞授賞理由

2016年12月

公益財団法人井上科学振興財団

### 第33回（2016年度）井上學術賞

研究題目 大環状芳香族炭化水素の合成・構造化学研究に立脚した新現象  
・新材料の開拓

Exploratory research based on synthetic and structural chemistry of macrocyclic aromatic hydrocarbons

受賞者 いそべ ひろゆき  
磯部 寛之 氏

東京大学大学院理学系研究科・教授

学位 博士（理学）東京大学

略歴 1998年 東京大学大学院理学系研究科博士課程中途退学  
1998年 東京大学大学院理学系研究科助手  
2003年 科学技術振興機構さきがけ研究者（兼務）（～2007年）  
2004年 東京大学大学院理学系研究科助教授  
2007年 東北大学大学院理学研究科教授（～2016年）  
2013年 東北大学原子分子材料科学高等研究機構  
主任研究者（現兼務）  
2013年 JST 磯部縮退 $\pi$ 集積プロジェクト研究総括（現兼務）  
2016年 東京大学大学院理学系研究科教授

受賞歴 2000年 The 1st IUPAC Prize for Young Chemists  
2001年 天然物化学談話会奨励賞  
2004年 日本化学会進歩賞  
2005年 フラーレン・ナノチューブ学会大澤賞  
2008年 科学技術分野文部科学大臣表彰若手科学者賞  
2008年 Asian Core Program Lectureship Award  
2009年 基礎有機化学会野副記念奨励賞  
2010年 コニカミノルタ画像科学奨励賞  
2016年 日本化学会学術賞

授賞理由：

カーボンナノチューブやグラフェンなどの巨大ナノカーボンは、多様な幾何学的構造をもった化合物の混合物であり、その性質や機能の本質的な根源を理解することが困難であった。近年、巨大ナノカーボンの部分構造をもつ分子を合成し、巨大ナノカーボンの構造と機能を構造有機化学的な立場から理解を深めようとする新しい研究分野が登場しつつある。磯部寛之氏は、「芳香族炭化水素を輪状に連ねることによって巨大ナノカーボンを模す」という着想のもと、拡張 $\pi$ 電子系前駆体の合成や環状化反応の工夫など、独創的な有機合成戦略を基礎として、多様かつ新規な幾何学的構造を持つ分子群を生み出すことに成功した。そして、有限長カーボンナノチューブ分子とフラレン分子からなる分子機械「分子ベアリング」を構築し、ファンデルワールス力を利用すれば会体内での分子回転が実現できることを示した。この研究は、分子機械構築への新しい指針を与えたものとして理論化学の立場からも注目されている。また、トルエンを基盤とした大環状分子を用いてドーピング型リン光発光有機 EL を単層構造で構築し、発光の量子収率として 100%を実現した。さらに、全固体型リチウムイオン電池の負電極材料としてナフタレンを基盤とした大環状分子を用いて黒鉛の 2 倍の電気容量を実現するなど、ナノカーボン分子群が新材料開発において新機軸をもたらすものであることを具体的な実例と共に示した。

以上のように、磯部寛之氏は、構造有機化学・物理有機化学を基盤として、ナノカーボン部分構造をもつ新規分子を合成し、その機能と材料としての有用性を独創的な視点から明らかにし続けて来た。これらの研究成果は、分子機械分野や有機電子材料分野に広く波及効果を持つものであり、井上學術賞に相応しいと判断される。ここに、磯部寛之氏を井上學術賞受賞者として選定する。

### 第33回（2016年度）井上學術賞

研究題目 複雑な系の上の解析学と確率過程の研究

Analysis and the theory of stochastic processes on disordered media

受賞者 くまがい たかし  
熊谷 隆氏

京都大学数理解析研究所・教授

学位 博士（理学）京都大学

略歴 1991年 京都大学院理学研究科修士課程修了  
1991年 大阪大学理学部助手  
1995年 名古屋大学大学院多元数理科学研究科助教授  
1998年 京都大学大学院情報学研究科助教授  
2001年 京都大学数理解析研究所助教授  
2007年 京都大学大学院理学研究科教授  
2010年 京都大学数理解析研究所教授

受賞歴 1997年 日本数学会賞建部賢弘賞  
2004年 日本数学会春季賞  
2012年 日本学術振興会賞

授賞理由：

熊谷氏は確率論研究における世界のリーダーの一人である。特に、フラクタルを典型例とする複雑な系の上における確率過程論ではフロントランナーである。

自己相似なフラクタル集合上での拡散現象の解析は、高分子やネットワークといった複雑なシステムの上の熱伝導を調べるという物理学的な興味から研究が始まった。熊谷氏は、典型的なフラクタル集合の上で、ブラウン運動の漸近挙動・熱核評価・大偏差原理の研究を行い、対応する二次形式の定める関数空間の理論を構築するなど、今日多くの数学者が研究し

ている分野を開拓した。次いで、拡散現象を記述する拡散方程式の解の性質を調べる際に重要な働きをするハルナック不等式について、フラクタル上の拡散方程式を含む広い範疇で深い研究を行い、シルピンスキーカーペット上のブラウン運動の一意性を証明した。これは20年以上未解決であった問題で、この方面の大きな進歩であると高く評価されている。また、上述したハルナック不等式や熱核評価が、空間の *quasi-isometric* な変形で保たれるという安定性の理論を構築し、この理論を発展させることにより、相転移を持つ確率モデルの臨界点における熱伝導の研究を推し進めている。その成果の一つとして、氏はいくつかの重要な確率モデルで熱伝導に関する数理物理学者の予想（アレキサンダー・オーバハ予想）を肯定的に解決した。

熊谷氏の研究で特筆すべきはその研究手法の広さである。幅広い分野の最先端知識を有機的に結合し、解析学を深いものに行っている。したがって、同氏の開発したアイデアは当該分野のみならず広い裾野に伝わっており、今後も新しい発見が続くことであろう。

以上のように、熊谷氏の確率解析学への貢献は世界的にも傑出しており、井上学術賞にふさわしいものと判断した。

### 第33回（2016年度）井上學術賞

研究題目 オルガノイド培養技術の確立とがん研究への応用

Establishment of Organoid technology and Its Application to Cancer Research

受賞者 きとうとしろう 佐藤俊朗 氏

慶應義塾大学医学部・准教授

学位 博士（医学）慶應義塾大学

略歴 2003年 慶應義塾大学医学部博士課程単位取得退学  
2004年 慶應義塾大学医学部 COE 特別研究員  
2006年 米国 Stowers 研究所研究員  
2007年 オランダ Hubrecht 研究所博士研究員  
2011年 慶應義塾大学特任助教  
2016年 慶應義塾大学医学部准教授

受賞歴 2012年 井上リサーチアワード  
2012年 文部科学大臣表彰若手研究者賞

授賞理由:

日本人の2人に1人はがんを罹患し、3人に1人はがんが原因で死亡する。がんの原因はゲノムの異常による細胞増殖の制御破綻と考えられ、遺伝子解析研究に焦点があてられてきた。近年の次世代シーケンサーの登場により、がんのゲノム解析はかつてないスピードで発展し、その全貌が明らかになりつつある。一方、生じたゲノム異常の機能解析は依然として遺伝子改変マウスモデルや細胞株に頼っており、ヒトの正常細胞からどのようにして発がんするかについての根源的研究は進んでいない。これはヒトの正常組織細胞を体内と同じ性質を保ちながら、長期間培養することが困難であったためである。

佐藤俊朗氏は、組織幹細胞が如何にして自己複製をするかについて研究を続け、腸管上皮幹細胞の維持に必須である微小環境因子、ニッチ因子、を同定した。このニッチ因子を細胞培養環境に用いることにより、これまで不可能であった様々な消化器組織幹細胞の培養技術を開発した。この方法により、単一の組織幹細胞が体外でオルガノイドと呼ばれる3次元構造体を形成し、永続的な幹細胞培養が可能となった。さらに、ゲノム編集技術をオルガノイドに応用し、その自在な遺伝子変異導入を行った。このようなヒト組織幹細胞遺伝子改変技術により、ヒト正常組織幹細胞からの発がん過程の遺伝学的な再構築を世界で初めて示し、新しい発がん研究のアプローチを切り拓いた。

佐藤氏が開発したオルガノイド技術は、患者より採取したがん組織の効率的な体外培養を可能にしており、今後、新しいがん治療薬の創薬研究や、薬剤投与前に薬効を予測する個別化医療への応用も期待されている。このように、佐藤氏は発展性が高く、社会への還元性の高い学術分野を牽引する研究者であり、井上学術賞にふさわしいと判断した。

### 第33回（2016年度）井上学術賞

研究題目 RNAサイレンシング複合体の形成とその機能の解明

Dissection of assembly and function of the RNA silencing enzyme complex

受賞者 とまり ゆきひで  
泊 幸秀 氏

東京大学分子細胞生物学研究所・教授  
東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授

学位 博士（工学）東京大学

略歴 2003年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了  
2003年 マサチューセッツ州立大学医学部博士研究員  
2006年 東京大学分子細胞生物学研究所講師  
2006年 東京大学大学院新領域創成科学研究科講師  
2006年 科学技術振興機構さきがけ研究者兼任  
2009年 東京大学分子細胞生物学研究所准教授  
2009年 東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授  
2013年 東京大学分子細胞生物学研究所教授  
2013年 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授

受賞歴 2010年 科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞  
2011年 和歌山県文化奨励賞  
2012年 日本学術振興会賞、および日本学士院学術奨励賞

授賞理由:

RNAサイレンシングは、small interfering RNA (siRNA) や microRNA (miRNA) などの小さなRNA分子を介して遺伝子発現を抑制する機構である。siRNAは標的RNAを切断するのに対して、miRNAは標的mRNAの翻訳を抑制する。最近、miRNAは発生、分化、代謝、がん化など、多様な生物学的過程に関わっていることが明らかになってきた。

泊幸秀氏は、RNAサイレンシングの詳細な分子機構に関して、優れた成果をあげている。siRNAやmiRNAは、RISC (RNA-induced silencing



complex) と呼ばれる RNA-タンパク質複合体を形成して初めて機能を発揮する。RISC の中心となるのは、Argonaute (Ago) と呼ばれるタンパク質である。miRNA は、長い前駆体として転写されたあと、2 段階の切断を受け、最終的に 22 塩基程度の長さの成熟体 miRNA となる。この途中で 22 塩基程度の長さの RNA がペアに成った 2 本鎖 miRNA が生じるが、一方の鎖のみが選択的に RISC に取り込まれ、もう一方の鎖は RISC には取り込まれずに分解される。泊氏は、アガロースネイティブゲルを用いて RISC の形成過程を直接検出できるシステムを確立して、miRNA が RISC を形成する複雑な過程を詳細に解析した。その結果、2 本鎖 miRNA は、まず 2 本鎖のまま Ago タンパク質に取り込まれること、その際に ATP が必要であること、2 本鎖 miRNA にミスマッチが存在することによって、Ago タンパク質に効率よく取り込まれることなどを明らかにした。miRNA 遺伝子内のミスマッチ配列は進化的に保存されていることは知られていたが、その機能的な重要性を初めて生化学的に説明できるようにしたものである。同時に、この知見に基づいて人工的な miRNA 遺伝子の設計法を開発した。さらに、2015 年に Nature 誌に発表された論文では、RISC 形成に必須の因子を全て突き止め、試験管内での完全再構成に成功した。その他にも、miRNA による標的遺伝子の翻訳抑制メカニズムや、生殖細胞においてゲノムをトランスポゾンから守る PIWI-interacting RNA (piRNA) と呼ばれる小分子 RNA の成熟過程に必要なエクソヌクレアーゼ Trimmer の同定は、RNA サイレンシングの分野において極めて重要な発見であり、高い評価を得ている。権威ある国際学会での招待講演を行う傍、国際 RNA Society の年会オーガナイザーを務めるなど、国際的な RNA 研究コミュニティにおいて牽引役を果たしている。以上の理由により、井上学位賞にふさわしいものと判断された。

### 第33回（2016年度）井上學術賞

研究題目 ベリー曲率の物理とトポロジカル絶縁体・トポロジカル半金属  
の理論研究

Theoretical research on Berry-curvature physics and on topological insulators/semiconductors

受賞者 むらかみしゅういち 村上修一氏

東京工業大学理学院・教授

学位 博士（理学）東京大学

略歴 1996年 東京大学大学院理学系研究科博士課程中退  
1996年 東京大学大学院工学系研究科助手  
2000年 スタンフォード大学客員研究員（兼任）（～2001年）  
2007年 東京工業大学大学院理工学研究科准教授  
2007年 科学技術振興機構さきがけ研究員（兼任）（～2011年）  
2012年 東京工業大学大学院理工学研究科教授  
2012年 東京工業大学元素戦略研究センター教授（兼任）  
2016年 東京工業大学理学院教授（改組による所属変更）

受賞歴 2007年 凝縮系科学賞  
2007年 日本物理学会若手奨励賞  
2008年 東工大挑戦的研究賞  
2010年 サー・マーティン・ウッド賞  
2010年 科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞  
2010年 丸文研究奨励賞  
2010年 本多記念奨励賞  
2010年 サー・マーティン・ウッド賞  
2011年 日本IBM科学賞  
2013年 日本学術振興会賞  
2015年 日本磁気学会出版賞

授賞理由：

固体の電子状態は電子のブロッホ波動関数の重ね合わせ（波束）で表される。バンドが複数ある場合に、波束はバンドの「曲率」（波数空間での場の強さに相当するベリー曲率）を感じて運動する。村上氏は、電子の波動性に起因する位相が、ベリー曲率によって変化することにいち早く着目することから、それまでの常識を覆す様々な物性現象を理論的に予測してきた。

まず始めがスピンホール効果である。通常、ホール効果といえば外部から加えた磁場、または磁性体中に存在する内部磁場に基づくローレンツ力により電子の運動が変化することを指す。しかし村上氏は、無磁場・非磁性材料であっても、ベリー曲率が大きい半導体を面状に加工し、電圧をかけて一方向に電流を流せば、試料面内で電流の垂直方向に磁場が生じることを理論的に予測して世界を驚かせた。この磁場、すなわちスピンホール効果の起源はキャリアスピンの流れ（スピン流）という斬新な概念であり、村上氏の予言からわずか1年後にはスピンホール効果の存在が実験家により実証された。このことから、村上氏が提唱したベリー曲率の物理は一躍世界の脚光を浴びることになる。

次の成果が、スピンホール効果の舞台を金属・半導体から絶縁体に広げたことであり、これによりトポロジカル絶縁体と呼ばれる新しい相の存在が確立された。トポロジーとは位相幾何学のコンセプトで、時間反転対称性を保つ非磁性絶縁体のままで系のハミルトニアンを連続的に変形した場合を考える。ここである条件が整うと、バルクは常に絶縁体でありながらも表面は常に金属になるというトポロジカル絶縁体状態が発現する。村上氏の功績はビスマス薄膜が2次元トポロジカル絶縁体、すなわち面内は絶縁体でありながら、面端は金属になることを世界に先駆けて理論的に示したことであり、世界中で爆発的なブームであるトポロジカル絶縁体研究の先鞭をつけたことである。またトポロジカル絶縁体と通常の絶縁体との相転移に関する一般論の構築に取り組み、ワイル半金属と呼ばれる新しい金属相が安定に存在することを理論的に示すことにも成功した。このことも現在の爆発的に盛んなトポロジカル半金属研究につながった。