

井上學術賞授賞理由

2021年12月

公益財団法人井上科学振興財団

第38回（2021年度）井上学術賞

研究題目

体細胞分裂から減数分裂への細胞周期切替え機構の解明

Study on the molecular mechanism of cell-cycle switch from mitosis to meiosis

受賞者

石黒啓一郎（いしぐろ けいいちろう）

熊本大学発生医学研究所・教授

職歴

2000年 Dana-Farber Cancer Institute/Harvard Medical School・研究員

2005年 東京大学分子細胞生物学研究所・研究員

2009年 東京大学分子細胞生物学研究所・助教

2014年 慶應義塾大学医学部システム医学講座・特任助教

2015年 慶應義塾大学医学部システム医学講座・特任講師

2016年 熊本大学発生医学研究所・独立准教授

2020年 熊本大学発生医学研究所・教授

授賞理由

卵巣や精巣では、減数分裂と呼ばれる特殊な細胞分裂により卵子・精子が産生される。このプロセスを担う生殖細胞では、はじめ体細胞分裂により細胞増殖が行われ、ある一時期を境に減数分裂に移行する。しかしながら、体細胞分裂から減数分裂に切り替わるメカニズムはいずれの生物種においても不明とされ、長年解明されていない生物学の課題であった。減数分裂に切り替えを起こしつつある生殖細胞は、精巣・卵巣内でごく限られた少数である。このことが研究を難しくしているという背景があり、国際的にも未解決の問題であった。石黒啓一郎氏は、減数分裂のスイッチを入れる因子が生殖細胞内に存在し、減数分裂に進行する直前に一過的に発現するという仮説に基づき、そのような性質を示す仮想因子の同定に挑戦した。

石黒氏は、減数分裂にコミットした生殖細胞集団から効率良くクロマチン結合タンパク質を精製できる遺伝子改変マウスを開発し、質量分析法を駆使して新規の核内因子を発見することに成功した。石黒氏が MEIOSIS initiator (MEIOSIN)と名付けたタンパク質は、IDだけを付されたゲノムに眠る未解析遺

伝子にコードされていた。そして MEIOSIN が、減数分裂関連遺伝子群の転写を発火するマスター転写因子として働いていることを突き止めた。この事実と符合して MEIOSIN 遺伝子を欠損させた生殖細胞は、体細胞分裂から減数分裂への転換がうまく働かなくなることを実験的に示した。本研究の成果は、これまで謎とされていた体細胞分裂から減数分裂への切り替え機構を世界に先駆けて明らかにしたこと、さらに生殖細胞の分化と減数分裂は遺伝学的に分離されるプロセスであることを示したことが評価され、生物学上本質的な生殖細胞の減数分裂開始のメカニズムの解明に貢献した。

さらに石黒氏は、ゲノムデータベースに眠る多くの未解析遺伝子が MEIOSIN によって直接発現制御されることを見出している。減数分裂の染色体制御や細胞周期制御に関与する重要な新規遺伝子を発見して次々と発表していることは特筆に値する。これらの一連の研究成果は、国際的にも生殖発生の研究分野においてマイルストーンとなる成果であり、石黒氏の先見性と研究の蓄積によるところが大きい。これらの成果は不妊の原因解明にもつながり、近年の少子高齢化などの社会問題とも関連して大きなインパクトを与えている。今後さらなる展開も期待され、生殖医療等の疾患研究への高い波及効果も期待される。このように石黒氏は、減数分裂のメカニズムの解明を分子遺伝学とプロテオミクスを駆使したアプローチで追及し、多くの画期的な成果をあげてきた研究者である。このような背景を鑑みて、石黒氏は、井上学術賞の受賞者としてふさわしいと判断された。

第38回（2021年度）井上学術賞

研究題目

宇宙マイクロ波背景放射を用いた初期宇宙理論の検証

Critical tests of theories of the early universe using the cosmic microwave background

受賞者

小松英一郎(こまつ えいいちろう)

Director, Max Planck Institute for Astrophysics

職歴

2003年 Assistant Professor, Department of Astronomy, University of Texas at Austin

2008年 Associate Professor, Department of Astronomy, University of Texas at Austin

2009年 Director, Texas Cosmology Center, University of Texas at Austin

2010年 Professor, Department of Astronomy, University of Texas at Austin

2012年 Director, Max Planck Institute for Astrophysics

2017年 東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構・主任研究員(併任)

受賞

2004年 日本天文学会若手奨励賞

2006年 森田記念賞

2008年 国際純粋・応用物理学連合(IUPAP)若手賞

2010年 西宮湯川記念賞

2012年 グルーバー賞宇宙論部門

2013年 米国天文学会ランスロット・パークレー賞

2015年 米国物理学会 フェロー

2015年 日本天文学会林忠四郎賞

2018年 基礎物理学ブレイクスルー賞

授賞理由

現代宇宙論の標準モデルでは、宇宙最初期にインフレーションと呼ばれる宇宙の急激な指数関数的膨張を予言する。その後ビッグバン宇宙となり、宇宙の進化が始まり、そして現在の宇宙が形成された。従って、インフレーション宇宙論の検証は現代宇宙論において極めて重要な課題である。

小松英一郎氏は、宇宙論の分野で世界的リーダーの一人で、とりわけ宇宙マイクロ波のデータを用いてインフレーション宇宙論を高精度で検証することにおいて極めて大きな貢献をした。具体的には、インフレーション宇宙で生成された量子ゆらぎが成長し、宇宙マイクロ波背景放射のゆらぎのガウス分布からのずれを3点相関関数という統計量で定量化し、インフレーションの予言とデータを比較する検証方法を2001年に開拓し、実際にその後WMAPという衛星のデータを用いてインフレーション理論を検証した。また、インフレーション由来のゆらぎの振幅の波長依存性は波長が短くなるほどわずかに振幅が小さくなることを予言するが、小松氏はWMAPの解析のリーダーとしてこの予言を確認し、これらにより宇宙の構造の起源はインフレーション中に生成された量子ゆらぎであるとの予言を高精度で検証した。

インフレーション宇宙論で残された大きな課題は原始重力波と呼ばれる現象の観測である。これについても小松氏は衛星のデータ解析で中心的な役割を担ったが、未だに観測がなされておらず、その効果があまり大きくないということのみ判明している。一方、小松氏はこの効果が大きくない可能性を既に1999年の論文で指摘していた。いずれにしても予言値はインフレーション宇宙論ではゼロではなく、次世代の衛星計画で観測が期待されている。そしてこれらの衛星計画策定においても小松氏は大きな貢献をしてきた。

以上のように、小松英一郎氏は宇宙マイクロ波背景放射のデータを用いたインフレーション宇宙論の検証という現代宇宙論にとって極めて重要な課題で非常に大きな成果をあげ、井上學術賞に相応しいと判断される。

第38回（2021年度）井上学術賞

研究題目

比較惑星学視点の導入による太陽惑星圏環境の研究

Study of solar-planetary environments based on a comparative approach of terrestrial planets

受賞者

関 華奈子（せき かなこ）

東京大学大学院理学系研究科・教授

職歴

2000年 日本学術振興会特別研究員(PD)

2002年 名古屋大学太陽地球環境研究所・助教授

2007年 名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授（職名変更）

2015年 東京大学大学院理学系研究科・教授

受賞

2001年 米国地球物理学連合(AGU) 2001 Fred L. Scarf Award

2001年 地球電磁気・地球惑星圏学会大林奨励賞

2011年 文部科学大臣表彰 若手科学者賞

2016年 NASA Group Achievement Award: MAVEN Science Team

2018年 NASA Group Achievement Award: MAVEN Mission

授賞理由

太陽系の惑星は、太陽風と呼ばれる、太陽から噴き出す超音速のプラズマの流れに絶えずさらされている。太陽風と惑星大気の相互作用は、大気の散逸をもたらすなど、惑星をとりまく宇宙環境や惑星のハビタビリティに大きな影響を与えている。地球のように固有磁場を持つ惑星の場合、周囲の宇宙空間には磁気圏が形成され、太陽風と惑星大気の直接的な相互作用を制限している。従来の太陽地球系物理学分野は、そうした宇宙環境変動やプラズマ物理素過程の解明が主眼であった。

関華奈子氏は、そこに比較惑星学的視点を導入することによって、太陽惑星圏環境学というべき新たな学際分野を開拓した。関氏は、磁気圏観測衛星データの

解析と数値実験を組み合わせることで、それまで予測されていなかった地球から遠い領域における地球大気起原プラズマの発見や、地球大気から流出したイオンの加速・加熱による磁気圏への供給機構を明らかにした。また、磁気嵐が従来考えられていたよりも頻繁に効率的な分子イオン流出を駆動することなども明らかにした。これらは、大気散逸の新しい理解をもたらす重要な発見である。

さらに、関氏は地球や火星の大気進化における惑星固有磁場と大気散逸の役割に関するさまざまな研究に取り組んできた。最近では、火星の大気散逸が、過去の火星磁場強度に強く依存することや太陽のコロナ質量放出のような極端イベントが重要である可能性を明らかにするなど、地球大気や火星大気の長期進化に関する多くの研究成果を挙げている。また、将来の火星探査計画を積極的に主導するリーダーシップも発揮している。

以上のように、関氏は、太陽風と惑星磁気圏や惑星大気との相互作用及び惑星大気進化に関する研究を通じて、太陽惑星圏環境学という新しい学際分野を開拓・推進するなど、国際的評価も高く学術への貢献が顕著であることから、井上学術賞にふさわしいと判断される。

第38回（2021年度）井上学術賞

研究題目

オートファジーマシーナリーの作動原理の解明

Elucidation of working principles of autophagy machineries

受賞者

野田展生（のだ のぶお）

公益財団法人微生物化学研究会微生物化学研究所・部長

職歴

2005年 北海道大学大学院薬学研究科・助手

2007年 北海道大学大学院薬学研究院・助教

2008年 北海道大学大学院薬学研究院・講師

2011年 公益財団法人微生物化学研究会微生物化学研究所・主席研究員

2017年 公益財団法人微生物化学研究会微生物化学研究所・部長

受賞

2012年 日本生化学会奨励賞

授賞理由

生物の生存には細胞内での必要成分の合成に加え、不要なもの、有害なもの
の分解もきわめて重要である。オートファジーはこの機能を担うために酵母から
ヒトに至る真核生物に広く保存された細胞内分解システムの一つであり、オート
ファゴソームと呼ばれる脂質二重膜オルガネラの迅速な生成を通して栄養源の
リサイクルや過剰産生物・有害物を分解し生体の恒常性維持を担う。

オートファジーは、飢餓細胞内に隔離膜が出現・伸長することで形成された細胞
質を取り囲むオートファゴソームが液胞（リソソーム）と融合して内容物を分
解し、飢餓を乗り切るための栄養分として再利用される現象である。大隅良典氏
により出芽酵母にもオートファジーが保存されることが初めて報告され、酵母
を用いた解析によりこの過程には Atg と呼ばれる多数のタンパク質群が関与す
ることが示された（2016年度ノーベル生理学・医学賞）。野田展生氏は構造生物
学的手法を駆使して Atg によるオートファゴソーム形成の機構解明を進め、飢
餓に応答して栄養センサーmTORC 依存的な Atg13 のリン酸化が阻害される結果、

他の Atg タンパク質が集合する足場(scaffold)となりプレオートファゴソーム構造体 (PAS) が形成され、PAS 内の複数の Atg タンパク質が小胞体膜からリン脂質を引き抜きオートファゴソームの脂質膜を作り出すことを明らかにした。さらに複数の Atg タンパク質の集合による液-液相分離が PAS 形成のトリガーとなることを見出し、生物現象における相分離の重要性を示すとともに、標的分子も相分離することでオートファジーによる分解がより容易になることを明らかにした。

以上、野田氏はオートファジーの始動機構を分子レベルで明らかにするとともに、液-液相分離が生命現象制御に重要な役割を果たすことを示した点で国際的にも高く評価され、今後の更なる発展が大いに期待される。

第38回（2021年度）井上学術賞

研究題目

多環芳香族空間を基盤とした機能性分子ツールの開発

Development of Functional Molecular Tools based on Polyaromatic Space

受賞者

吉沢 道人（よしざわ みちと）

東京工業大学科学技術創成研究院・教授

職歴

2002年 日本学術振興会・特別研究員

2003年 東京大学大学院工学系研究科・助手

2008年 東京工業大学資源化学研究所・准教授

2016年 東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所・准教授

2020年 東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所・教授

受賞

2003年 井上研究奨励賞

2007年 日本化学会進歩賞

2010年 文部科学大臣表彰若手科学者賞

2012年 トムソン・ロイターリサーチフロントアワード

授賞理由

分子の反応性や物性の制御は、生命化学、反応化学、材料化学に関連する基礎化学分野の根幹を成すものである。従来は、官能基による修飾などで分子の反応性や物性を調節する研究が主であったが、それらを制御する新しい因子として、「分子空間」を駆使することができれば、新規な反応開発や物性発現に繋がることが期待される。

吉沢道人氏は、アントラセン等の多環芳香族骨格を有する湾曲型の分子パーツを独自に設計し、それらを π - π 相互作用、配位結合、共有結合により巧みに組織化することで、前例のない分子カプセルやチューブ等を合成することに成

功した。さらに吉沢氏は、それらが提供する「多環芳香族空間」を用いて、生体分子識別、光物性制御、新分子変換反応などの新機能を多数見出してきた。特に、多環芳香族空間の利用により、水中でショ糖やテストステロン等の生体分子の高選択的な捕捉や、光物性の観点から、ラジカル開始剤の光遮蔽効果による安定化や色素分子のペア内包による発光特性制御を可能とした。また、多環芳香族空間を反応場として活用することで、2つの硫黄分子から1つの大環状硫黄分子の選択的合成や水に不溶な金属錯体のカプセル化による水中・室温で、高効率・高回転数の触媒反応などの前例のない分子変換を達成している。

以上のように吉沢氏は、独自の設計指針に基づき多環芳香族空間を有する広範な分子群を構築し、それらの分子空間ツールが示す特異な分子認識能、物性制御能、分子変換能を次々と見出し、化学分野において新たな学問領域を拓いてきた。これらの研究成果は、分子の反応性と物性に関わる基礎化学分野に大きな波及効果を持つものであり、井上學術賞にふさわしいと判断される。