PRESS RELEASE

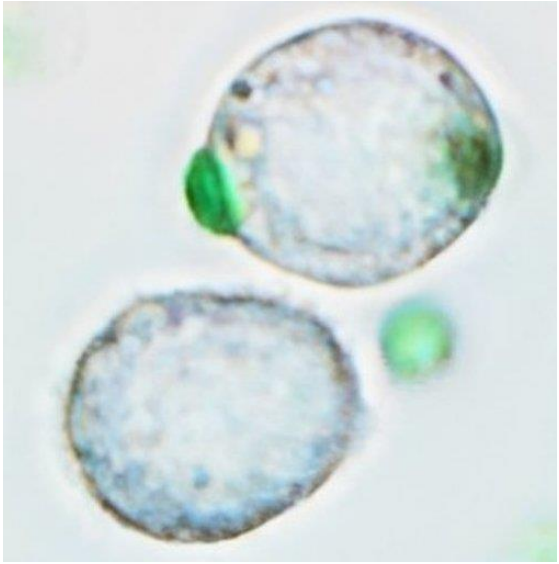
東京大学
東京科学大学
近畿大学
神奈川大学
静岡大学
東京理科大学
量子科学技術研究開発機構（QST）
徳島大学
東海大学
九州大学
科学技術振興機構（JST）

動植物ハイブリッド細胞「プラニマル細胞」の作製に成功

――動物と植物の境界を越えた細胞の誕生――

発表のポイント

◆藻類を動物培養細胞に融合させ、藻類の全 DNA を動物細胞の染色体に組み込んだ動植物ハイブリッド細胞「プラニマル細胞」を作製しました。
◆藻類の DNA は、動物染色体の一部となっていることが明らかになりました。プラニマル細胞は正常に分裂し、普通の動物培養細胞と同じ期間、生き続けました。
◆本技術が発展することで、植物特有の光合成や有用物質生産に関わる遺伝情報を動物細胞内へ導入し、新たな機能を持つ細胞の開発が可能になると期待されます。



プラニマル細胞誕生の瞬間

上：動物培養細胞に藻類が融合して誕生したプラニマル細胞。
下：融合前の動物培養細胞（左）と藻類（右）。

概要

東京大学大学院新領域創成科学研究科の松永幸大教授、東京科学大学総合研究院細胞制御工学研究センターの木村宏教授、近畿大学農学部生物機能科学科の西原秀典准教授、神奈川大学理学部の坂本卓也准教授、静岡大学農学部応用生命科学科の佐藤優子准教授、東京理科大学生命医科学研究所の伊川友活教授らの共同研究グループは、藻類の全 DNA を動物培養細胞に移植し、動物培養細胞内で藻類の全 DNA を安定的に維持した動植物ハイブリッド細胞「プラニマル細胞（Planimal cell）」（注 1）の作製に成功しました。

今回、藻類と動物培養細胞を融合して誕生したプラニマル細胞の全 DNA を高精度 DNA 塩基配列決定法で調べたところ、藻類の全 DNA が動物染色体に組み込まれていることがわかりました。また、プラニマル細胞は 150 世代以上にわたって正常に分裂し、組み込まれた藻類の DNA も安定的にプラニマル細胞内で維持されていました（図 1）。進化的に遠く離れた藻類と動物の全 DNA を同一細胞内で維持する動植物ハイブリッド細胞の作製は世界で初めての報告です。

研究グループは、植物などに由来する遺伝情報を動物細胞へ導入し、光合成や有用物質生産などの植物独自の仕組みを動物細胞へ組み込むプラニマル細胞の開発に取り組んできました。今回の成果は、合成生物学（注 2）的手法により、異なる生物に由来する大規模な DNA を組み込んだ新たな細胞を作製できる可能性があることを示しています。

今後、酸素を発生させる光合成機能や窒素固定、有用物質の生産に関わる遺伝子群を動物細胞に導入する技術の開発が期待されます。こうした技術が実現すれば、細胞培養コストの低下や二酸化炭素排出の削減、有用物質の供給方法の拡大などにつながる可能性があります。

本研究成果は、2026 年 11 月 12 日付で国際科学雑誌『Nature Communications』のオンライン版に掲載されました。

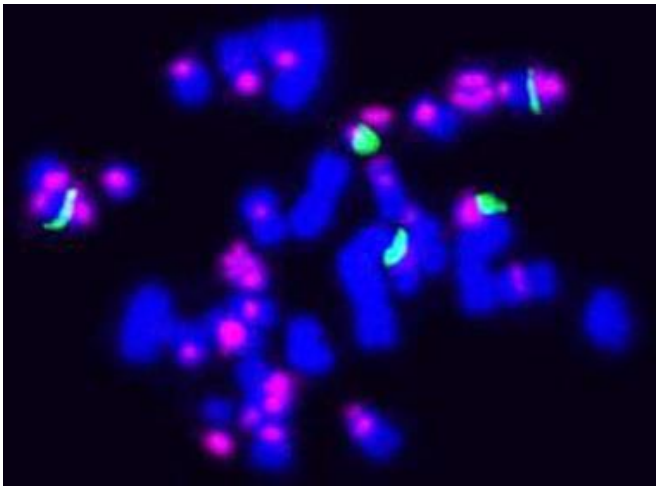


図 1　プラニマル細胞の染色体

動物染色体（青）、動物繰り返し配列（ピンク）、藻類 DNA（黄緑）。

DNA 検出法がうまくいっていることを示すために、動物繰り返し配列をコントロールとして用いている。

発表内容

（1）研究の背景

植物は光や大気を利用して有機物を作ることができます。一方、動物は基本的に、他の生物が作った有機物を取り込むことで生きています。このようなクリーンエネルギーから有機物を作り出す植物の能力を、動物細胞に持たせることはできるのでしょうか。

研究グループは、この問いに答えるため、植物が持つ能力と動物の能力を一つの細胞に組み合わせた「プラニマル細胞（Planimal cell)」の構築を目指してきました。Planimal とは、Plant（植物）と Animal（動物）を組み合わせた造語で、松永教授が 2018 年に提唱したものです。

（2）研究の内容

今回、藻類と動物細胞を細胞融合させることで、藻類と動物の両方の DNA をハイブリッドで維持するプラニマル細胞を作製することに成功しました。蛍光標識したシゾン（注 3）の染色体を生きた細胞の中で追跡したところ、細胞融合から 48 時間後には、シゾン染色体が動物の染色体と同じ細胞内に共存する様子を観察することに成功しました。これにより、遺伝子水平伝播（注 4）の初期過程を捉えることができました。

このプラニマル細胞は、150 世代以上（通常の培養細胞と同じ寿命）にわたって分裂を繰り返し、安定に増殖を続けました（図 2)。さらに、組み込まれたシゾンの DNA の一部は世代を経るごとに脱落するのではなく、コピー数が増加しており、宿主細胞（注 5）の DNA 複製・分配の仕組みによって増幅していることが分かりました。

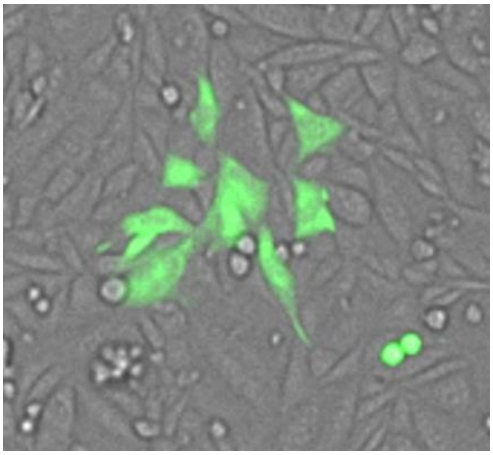


図 2　分裂するプラニマル細胞（緑色）

シゾン由来遺伝子が働いていれば、緑色の蛍光タンパク質を持つように遺伝子操作した。分裂しても緑色の蛍光タンパク質を生産しており、プラニマル細胞の性質を維持していることが分かる。

さらに研究グループは、藻類 DNA が動物の細胞内で安定して維持される分子基盤を解析しました。その結果、プラニマル細胞内のシゾン由来遺伝子の 95%以上はプラニマル細胞内では発現しておらず、ほぼ完全に「沈黙」していることが分かりました。シゾン側の DNA メチル化（注 6）の状態を調べたところ、動物細胞へ水平伝播したシゾン DNA は急速にメチル化され、凝縮した不活性な DNA（ヘテロクロマチン、注 7）となって「沈黙」していることが分かりました。研究グループは、このメカニズムに関わる分子として DNA メチル化酵素に着目しました。この酵素を欠損させたハムスター細胞を作製して同様の実験を行ったところ、細胞融合による

プラニマル細胞の作製効率が大きく低下しました。また、DNA 修飾酵素を欠損したプラニマル細胞では、移植されたシゾン DNA が脱落していくことも分かりました。

これらの結果から、外来 DNA を修飾するメカニズム（エピジェネティックス、注 8）が、外来 DNA を細胞内に受け入れて安定的に維持するうえで重要な役割を果たしていることが分かりました。研究グループは、この現象を、外来 DNA を認識して制御下に置きながら細胞内で共存を可能にする仕組みとして、「エピジェネティック・ゲートキーピング」（注 9）と名付けました。今後は、光合成や物質生産などに関わるシゾンの遺伝子だけを選んで活性化させる方法を開発する予定です。

（3）今後の研究展開

今後、光合成や有用物質生産など特定の機能に関係する遺伝子群をプラニマル細胞の中で働かせる技術開発が重要になります。これまでの遺伝子工学では、必要な遺伝子を選び、設計して、一つずつ細胞へ導入することが基本でした。今回の研究は、ある種の生物が持つ大規模な遺伝情報を、まず、異種の細胞に移植し、必要な機能に関わる遺伝子を後から働かせるという、新しい細胞設計の可能性を示しました。

こうした技術が確立されれば、光や大気などのクリーンなエネルギー源を利用して自ら増殖・物質生産できる次世代の動物細胞、低酸素環境でも自ら酸素を作り出す治療用ヒト細胞、二酸化炭素を細胞内に固定し二酸化炭素排出削減に貢献する動物細胞など、医療・創薬、物質生産、環境、エネルギー分野など、幅広い分野への応用が期待されます。

関連情報

○プレスリリース

「光合成活性を持つ葉緑体を動物細胞に移植することに成功―光合成可能な動物細胞作製の突破口を開く―」（2024/10/31）

https://www.k.u-tokyo.ac.jp/information/category/press/11214.html

○プラニマル細胞提唱の参考文献

Matsunaga S. Cytologia 2018 年 83 巻 1 号 p. 3-6

https://www.jstage.jst.go.jp/article/cytologia/83/1/83_830103/_article/-char/ja

Morgado-Palacin L. Journal of Cell Biology 2022 年 221 巻 12 号 e202211043.

https://rupress.org/jcb/article/221/12/e202211043/213701/Sachihiro-Matsunaga-FISHing-the-nuclear

○関連動画（東大 TV）

植物と動物の融合から生じる研究と倫理の境界（第 135 回東京大学公開講座）

https://tv.he.u-tokyo.ac.jp/lecture_6028/

○植物や微生物の能力を動物に取り入れた「プラニマル細胞」で、新しい生命システムをつくる（学術系クラウドファンディング「academist（アカデミスト）」）

https://academist-cf.com/projects/432/

発表者・研究者等情報

東京大学
大学院新領域創成科学研究科　先端生命科学専攻
青木　遼太　特任研究員（研究当時）
上原　彩水　修士課程（研究当時）
森　竣之介　修士課程（研究当時）
長岡　大貴　修士課程（研究当時）
箕浦　夕紀　修士課程（研究当時）
ダニエル　スラネ　研究員（研究当時）
コリン　アンソニー　博士課程
松永　朋子　特任助教
乾　弥生　特任助教
丸山　真一朗　准教授
松永　幸大　教授
大学院理学系研究科　生物科学専攻
茂木　祐子　特任助教
吉田　大和　准教授

東京科学大学　総合研究院　細胞制御工学研究センター
木村　宏　教授
前島　大樹　博士課程（研究当時）

近畿大学　農学部　生物機能科学科
西原　秀典　准教授
藏本　多恵　研究員

神奈川大学　理学部
坂本　卓也　准教授

静岡大学　農学部　応用生命科学科
佐藤　優子　准教授

東京理科大学
理工学部　応用生物科学科
福田　牧葉　特任研究員（研究当時）
河西　勇輝　修士課程（研究当時）
加藤　翔一　博士課程（研究当時）
石山　すみれ　学部生（研究当時）
生命医科学研究所
伊川　友活　教授
平川　真弓　助教（研究当時）

量子科学技術研究開発機構　放射線医学研究所
　數藤　由美子　グループリーダー
　石井　公太郎　主任研究員

徳島大学　大学院社会産業理工学研究部　生物資源産業学域
　和田　直樹　講師

東海大学医学部
　松崎　素道　准教授

中部大学　応用生物学部
　鈴木　孝征　教授

日本女子大学　理学部
　黒岩　常祥　客員研究員（研究当時）

九州大学　生体防御医学研究所
　大川　恭行　主幹教授

西オーストラリア大学　ハリーパーキンス医学研究所
　ヘンビン　ガオ　研究員
　ライアン　リスター　教授

論文情報

雑誌名：Nature Communications
題　名：Epigenetic gatekeeping enables genome-scale horizontal gene transfer in eukaryotic cells
著者名：Ryota Aoki, Hidenori Nishihara, Takuya Sakamoto, Yuko Sato, Tae Kuramoto, Makiha Fukuda, Tomoko M. Matsunaga, Ayami Uehara, Daniel Slane, Yuki Kawanishi, Shunnosuke Mori, Daiki Nagaoka, Mayumi Hirakawa, Hengbin Gao, Daiki Maejima, Yuki Minoura, Yumiko Suto, Kotaro Ishii, Colin J. Anthony, Sumire Ishiyama, Shoichi Kato, Yayoi Inui, Naoki Wada, Yuko Mogi, Yamato Yoshida, Motomichi Matsuzaki, Takamasa Suzuki, Tsuneyoshi Kuroiwa, Yasuyuki Ohkawa, Tomokatsu Ikawa, Ryan Lister, Shinichiro Maruyama, Hiroshi Kimura and Sachihiro Matsunaga*
*責任著者
DOI：10.1038/s41467-026-78753-w
URL：https://doi.org/10.1038/s41467-026-78753-w

研究助成

本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST（課題番号：JPMJCR20S6）、JST 革新的 GX 技術創出事業（GteX）（課題番号：JPMJGX23B4）、JST 先端国際共同研究推進事業（ASPIRE）（課題番号：JPMJAP2306）、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム （SPRING）（課題番号：JPMJSP2108）などの支援により実施されました。

用語解説

（注 1）プラニマル細胞（Planimal cell）
Plant（植物）細胞と Animal（動物）細胞の機能を統合した細胞の名称。植物・藻類由来の遺伝情報や葉緑体などを動物細胞へ移植し、植物的な機能を動物細胞に導入し統合することで動物細胞の機能を補完し、合成生物学的に新しい機能を持つように作り出した細胞のことを指す。2018 年に松永幸大教授が提唱した。Plant と Animal に由来する造語 Planimal から命名された。

（注 2）合成生物学
部品を組み合わせてシステムを作るように、生物の仕組みを設計・構築することで生命の原理を探り、新しい機能や性質をもつ生物や細胞を作り出すことを目指す研究分野。

（注 3）シゾン
学名は *Cyanidioschyzon merolae*。イタリアの酸性温泉から発見された原始的な特徴を持つ紅藻。藻類中で最小の細胞サイズ、最少の遺伝子数、細胞内小器官を 1 個ずつしか持たないなど、光合成細菌が共生を開始して藻類が出現してから進化的に間もない特徴を持つ。今回、動物細胞に移植する遺伝情報の供給源として用いた。

（注 4）遺伝子水平伝播
親から子へ DNA が受け継がれる通常の遺伝様式とは異なり、生物個体あるいは生物種の間を DNA が移動する現象。

（注 5）宿主細胞
外来の生物や DNA などを受け入れる側の細胞。今回の研究では、シゾン由来の DNA を受け入れた動物培養細胞を指す。

（注 6）DNA メチル化
DNA にメチル基と呼ばれる化学的な修飾を付加する仕組み。DNA 配列そのものを変えることなく遺伝子の働き方を調節する「エピジェネティック制御」の一つ。

（注 7）ヘテロクロマチン
細胞の核内で、DNA がヒストンなどのタンパク質とともに高度に凝縮したクロマチンの状態。一般に、含まれる遺伝子の働きが抑えられている。

（注 8）エピジェネティックス
DNA の配列自体は変えず、DNA に「目印」をつける（DNA 修飾）ことで遺伝子のスイッチを切り替える仕組み。環境により目印が変わり、物質生産や細胞の性質に影響する。

（注 9）エピジェネティック・ゲートキーピング
今回の研究で提唱した概念。宿主細胞が外来 DNA に DNA メチル化などのエピジェネティックな印を付け、遺伝子を抑制しながら染色体構造内で安定化させる仕組みを指す。

問合せ先

<研究に関すること>
東京大学大学院新領域創成科学研究科 先端生命科学専攻 統合生命科学分野
教授　松永　幸大（まつなが　さちひろ）
Tel：04-7136-3706　E-mail：sachi@edu.k.u-tokyo.ac.jp

<報道に関すること>
東京大学大学院新領域創成科学研究科 広報室
Tel：04-7136-5450　E-mail：press@k.u-tokyo.ac.jp

東京大学大学院理学系研究科・理学部 広報室
Tel：03-5841-7585　E-mail：media.s@gs.mail.u-tokyo.ac.jp

東京科学大学 総務企画部 広報課
Tel：03-5734-2975　E-mail：media@adm.isct.ac.jp

学校法人近畿大学　奈良キャンパス学生センター　担当：掛樋、松本
Tel：0742-43-1639　E-mail：nou_koho@ml.kindai.ac.jp

神奈川大学 企画政策部広報課
Tel：045-481-5661　E-mail：kohou-info@kanagawa-u.ac.jp

静岡大学 総務部 広報・基金課
Tel：054-238-5179　E-mail：koho_all@adb.shizuoka.ac.jp

東京理科大学 広報課
Tel：03-5228-8107　E-mail：koho@admin.tus.ac.jp

徳島大学 法人運営部総務課広報室広報係
Tel：088-656-7646　E-mail：kohokakari@tokushima-u.ac.jp

九州大学 広報課
Tel：092-802-2130　E-mail：koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

量子科学技術研究開発機構 国際・広報部国際・広報課
Tel：043-206-3026　E-mail：info@qst.go.jp

東海大学付属病院広報担当
Tel：0463-63-4670　E-mail：prtokai@tokai.ac.jp

科学技術振興機構 広報課
Tel：03-5214-8404　E-mail：jstkoho@jst.go.jp

〈JST 事業に関すること〉
科学技術振興機構 戦略研究推進部 ライフイノベーショングループ
沖代　美保（おきしろ　みほ）
Tel：03-3512-3524　E-mail：presto@jst.go.jp

〈プラニマル細胞作製の特許ライセンシングに関すること〉
東京大学 TLO
担当：齋藤　光治
E-mail：saito_k@todaitlo.jp