



遺伝子組換え作物の最新動向  
2022年6月



ニュース

- フィリピン農務省 (DA)-PhilRice は、ゴールデン・ライスの種を最初に播く7つの州を指定
- 英国政府が精密育種法案を議会に提出; John Innes Centre (JIC)はこの動きを歓迎
- 英国の新しい規制の下、ROTHAMSTED 研究所でゲノム編集カメラナの最初の播種を実施
- ブラジルは、2種類の遺伝子組換えワタを導入
- CTNBIO がブラジルの遺伝子組換えトウモロコシ EH913 を「画期的」な方法で承認
- BT トウモロコシは、非標的生物にダメージを与えないことが研究で明らかになった
- オーストラリアの遺伝子組換えベニバナへの需要が増加中
- バングラデシュが2種類の Bt ワタ品種を承認
- 米国 FDA が HB4® コムギの食品・飼料安全性評価を好意的に終了

研究のハイライト

- 遺伝子組換え除草剤耐性ワタは、節足動物群に害はない
- 国際研究チームが洪水に強い植物を作るシグナル分子を発見
- 早魃・塩ストレス耐性に関与する植物遺伝子を特定

植物物育種における革新

- ゲノム編集されたトマトでより多くの日光ビタミンを生産

ゲノム編集に関する特記事項

- European Sustainable Agriculture through Genome Editing network (EU-SAGE)がゲノム編集作物の双方向データベースを公開
- CRISPR-Cas9 を用いて、レジスタントスターチを増やしたイネを実現

遺伝子ドライブに関する特記事項

- 遺伝子ドライブとコミュニティの関与でマラリアと闘う
-

## ニュース

### フィリピン農務省(DA)-PhilRice は、ゴールデン・ライスの種を最初に播く7つの州を指定

フィリピン農務省-フィリピン稲研究所(DA-PhilRice)は、今年[ゴールデン・ライス](#)を植える最初の7つの州を発表した。ゴールデン・ライスのプログラムリーダーであるRonan Zagado博士は、Cotabato市で行われたイスラム教徒ミンダナオBangsamoro自治区(BARMM)のイネ関係者との会議の中で発表した。

ゴールデン・ライスは、[フィリピン](#)で最もビタミンA不足になりやすい年齢層である幼児のビタミンAの推定平均必要量の最大50%を摂取できるように[遺伝子操作](#)されている。農務省植物産業局は2021年7月にフィリピンでのゴールデン・ライスの栽培を承認した。

今年ゴールデン・ライスを植える州のリストには、ビタミンA不足の症状である乳幼児や5歳以下の子どもの発育阻害が最も多い州の一つであるMaguindanao州が含まれている。Zagado博士は、ゴールデン・ライスが十分に供給されれば、Maguindanaoはその健康効果を利用できる最初の州になるだろうと述べた。他の州は、Quirino, Catanduanes, Samar, Antique, Lanao del Norte,及びAgusan del Sur.である。

詳しくは以下のサイトをご覧ください。[DA-PhilRice](#) と [The Manila Times](#)

---

### 英国政府が精密育種法案を議会に提出; John Innes Centre (JIC)はこの動きを歓迎

2022年5月25日、英国政府は、より耐性があり、より栄養価が高く、より生産性の高い作物を育てるために、お役所仕事を減らし、革新的な技術の開発を支援する法案を国会に提出した。

新しい法案である「遺伝子技術(精密育種)法案」は、新しい[ゲノム編集技術](#)の研究に対する不必要な障壁を取り除くものである。この法案により、精密育種された動植物の開発と販売術が可能になり、英国における経済成長を促進し、農産物の研究とイノベーションへの投資を呼び込むことができるようになるとしている。政府のプレスリリースによると、ゲノム編集などの精密育種技術は、農家や生産者が、[従来の育種](#)や自然のプロセスによっても生じ得る有益な形質を持つ植物品種や動物を、より効率的かつ正確な方法で開発するのを助ける力を英国の科学者に与えることになるという。

George Eustice 環境大臣は、「EU 圏外では、私たちは自由に科学に従うことができる。これらの精密技術により、病気に対する自然な抵抗力を持つ植物の育種を加速させ、

土壌養分をうまく利用することができるので、少ない農薬と肥料で高い収量を得ることができる。」と述べている。

別のプレスリリースで、John Innes Centre (JIC)はこの法案を歓迎している。JIC 所長の Dale Sanders 教授 (FRS) は、「政府がゲノム編集作物を市場に出すための新たなルートを導入することをうれしく思います。これは、人間の健康と環境の両方に不可欠な技術革新へのアクセスを加速させる真の機会である。」と述べている。

詳しくは、以下のプレスリリースをご覧ください。 [Gov.UK](#) 及び [JIC](#)

---

## 英国の新しい規制の下、ROTHAMSTED 研究所でゲノム編集カメリナの最初の播種を実施

英国の科学的野外実験に関する規制が緩和され、研究者がより自由に野外実験を計画・実施できるようになってから数週間後、Rothamsted 研究所は [ゲノム編集](#) *Camelina sativa* の種を蒔いた。

農場スタッフは、わずか数時間で播種場所の準備と播種を行ったが、大きな違いは、試験実施の許可申請にかかる時間が短縮されたことである。以前の英国の規制では、試験地を具体的に特定し、詳細な申請手続きを経て DEFRA の承認が必要だった。現在では、政府の新しい適格高等植物 (QHP) ステータス (ゲノム編集作物に対する EU 後の非 GM 分類) の下、Rothamsted 研究所の農場内のどこにでも植物を播くことができる。この試験において、QHP ステータスの承認プロセスは、[遺伝子組換え](#) 作物とゲノム編集作物をひとまとめにした pre-Brexit の旧規制では数ヶ月必要だったのに対し、ほんの数分で完了した。(注: Brexit = 「英国の出口」の略語で、2016 年 6 月 23 日の国民投票で欧州連合 (EU) を離脱するという英国の決定)

長鎖オメガ 3 系油を生産できる遺伝子組換えカメリア植物の研究をリードする Rothamsted 研究所の Johnathan Napier 教授は、「新しい規制によって研究試験の実施が大幅に容易になり、これを直ちに利用できるようになったことは非常に喜ばしいことである。新しい QHP の地位が、規制の負担軽減や、栄養価の向上と高収量を実現する油糧種子の研究開発を進める上でもたらず機会に期待している。」と述べている。

詳しくは、以下のサイトのニュース記事をご覧ください。 [Rothamsted Research website](#)

---

## ブラジルは、2 種類の遺伝子組換えワタを導入

BRS 437 B2RF と BRS 500 B2RF は、病気や害虫に対する複数の抵抗性と、その他の良好な農学的形質を特徴とする[遺伝子組換えワタ](#)品種である。いずれも 2022 年 6 月 2 日、Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa) と F Fundação Bahia が、[ブラジル](#)北部・北東部最大の農業フェア「バイアフームショー」で先行発売した。

B2RF は、ボルガード II ラウンドアップレディフレックス技術 (Bollgard II Roundup Ready Flex technology) の略で、ワタに寄生する主要な毛虫の種類と、作物のあらゆる発育段階での[グリホサート](#)に対する抵抗性を付与するものである。BRS 437 B2RF は、従来のワタ品種では 1 回の作付けに約 8 回の殺菌剤散布を必要とするワタの主要病害、ラムラリア葉斑病 (ramularia leaf spot disease) を主な対象とした複合病害抵抗性を有している。また、BRS437 B2RF は青枯病菌 (blue disease bacteriosis)、コモンモザイク病 (common mosaic disease)、根こぶ線虫 (root-knot nematode) にも抵抗性がある。ワタ種子は 1 ヘクタールあたり 6,015 キロ、綿花は 1 ヘクタールあたり 2,425 キロという高い生産性が期待されている。

一方、BRS 500 B2RF は遺伝子組換えワタで、高い生産性と中長白繊維の生産が特徴である。また、芋虫、グリホサート、ラマルリア葉斑病、根こぶ線虫に対する抵抗性を有している。

これらの新遺伝子組換えワタ品種についての詳細は、以下のサイトをご覧ください。

[Embrapa](#)

---

## CTNBIO がブラジルの遺伝子組換えトウモロコシ EH913 を「画期的」な方法で承認

バイオセーフティ国家技術委員会 (CTNBio) の Paul Barroso 委員長は、ブラジル農業研究公社 (Embrapa) とヘリックス社の 100% 国家レベルの官民パートナーシップによる[遺伝子組換え](#) (GM) トウモロコシ 913 品種の承認を「ブラジル科学にとってのマイルストーン」と呼んでいる。

EH913 は、現在の市場で最も優れた Bt 技術に匹敵し、鱗翅目害虫、特にトウモロコシの主要害虫として知られるイモムシとサトウキビバエに対して有効であることが確認されました。また、実験室での試験では、人工飼料で 25 倍に希釈した場合でも、秋蚕の幼虫に有効であることが確認された。また、Bt 抵抗性のツマジロクサヨトウ (fall armyworm) の幼生にも有効であることがわかり、市場にある他の Bt タンパク質との交差抵抗性がないことも示した。

Barroso 委員長は、EH913 品種の開発から評価までのプロセスがよく指導されており、食品と環境の安全性に関する懸念を満たすことができる評価であったとして、称賛を送った。また、Embrapa Corn and Sorghum 社のゼネラルマネージャーである Frederico

Ozanan Meachado Durães 氏は、「技術、科学、経営、ビジネスなどの知識を交換することは、生産部門に影響を与えることになる。今、ブラジルでの EH913 品種の商業利用が認められたことで、国やそのパートナーは農家の利益やブラジル農業の発展促進に大きく貢献できる道を歩み始めました。」とコメントしている。

詳しくは、以下のサイトでニュース記事をご覧ください。[Embrapa](#)

---

## BT トウモロコシは、非標的生物にダメージを与えないことが研究で明らかになった

米国農務省農業研究サービス(USDA ARS)の Steve Naranjo 氏とスイスの Agroscope 社の昆虫学者は、[遺伝子組換え](#) (GM) [Bt トウモロコシ](#) が非標的害虫や他の生物に与える影響について最大のメタ分析を行った。

Bt トウモロコシは、アワノメイガ(corn borer)、コーンルートワーム、その他トウモロコシの主な害虫に抵抗性を持つように細菌 *Bacillus thuringiensis* (Bt)のタンパク質を持つように遺伝子組換えされたトウモロコシである。初の Bt トウモロコシは 1996 年に承認されたが、有益な昆虫や他の非標的生物を破壊してしまうという批判があった。今回、*Environmental Evidence* 誌に掲載された研究は、Bt トウモロコシが非標的昆虫や他の生物に対して、特に従来のトウモロコシの栽培と比較してほとんど影響を与えないことを明らかにした。

Bt トウモロコシによる非標的生物の被害の可能性を評価する際の問題のひとつは、それぞれの研究が範囲、環境、または規模において限定的であったということであった。この論文の 3 人の著者は、研究の質に関する最高基準を満たした 12 の書誌データベース、17 の専門ウェブページ、78 の総説の参考文献のセクションから系統的にデータを収集し、これらの欠点を補った。

Steve Naranjo 氏と Agroscope 社の昆虫学者 Joerg Romeis 氏と Michael Meissle 氏は、この膨大なデータの集積から、Bt トウモロコシがテントウムシ(ladybeetles)、ハナカメムシ(flower bugs)、クサカゲロウ(lacewings)などほとんどの無脊椎動物群に悪影響を及ぼさないことを突き止めた。アワノメイガ(corn borer)を捕食する寄生蜂である Braconidae 昆虫の個体数は、Bt トウモロコシによって減少した。

詳しくは、以下のサイトのニュース記事をご覧ください。[USDA ARS website](#)

---

オーストラリアの遺伝子組換えベニバナへの需要が増加中

[オーストラリア農業バイオテクノロジー協会](#) (Agricultural Biotechnology Council of Australia) は、今シーズン、市場の嗜好や資源へのアクセスが世界的に変化する中、オーストラリアの[遺伝子組換え](#) (GM) 高オレイン酸ベニバナ油の需要が大幅に増加していると報告した。

遺伝子組換えベニバナ油は、パーム油や原油に代わる潤滑油や変圧器用油などの工業製品への使用が承認されている。パーム油代替油の世界的な需要の増加とウクライナの戦争が相まって、ウクライナは高オレイン酸ひまわり油の世界的な大生産国の一つであるため、専門油の市場に隙間ができていのである。スーパーハイオレイン酸サフラワー油は、CSIRO と GRDC が推進する作物バイオファクトリー構想の一環として開発され、オーストラリアの生産者が工業用途の油糧種子作物の新興世界市場に参入できるよう支援することを目的としている。その後、オレイン酸サフラワー技術は、メルボルンに拠点を置く GO Resources 社にライセンス供与された。

GO Resources は、2019 年に商業的なリリースが承認されて以来、92～95%の「超高濃度」オレイン酸を含む GM ベニバナを生産している。オーストラリア全土で約 12,000 ヘクタールの GM ベニバナが栽培されており、西オーストラリア州は最も新しく生産を開始した州である。

詳しくは、その工業的見地からの見方を以下のサイトをご覧ください。[GRDC Groundcover](#)

---

### バングラデシュが 2 種類の Bt ワタ品種を承認

The Bangladesh National Technical Committee on Crop Biotechnology は、Hyderabad に拠点を置く JK Agri Genetics 社の [Bt ワタ](#) 2 品種を承認した。この承認により、バングラデシュのワタ農家は収量を増やし、農薬のコストを削減することができる。

[バングラデシュ](#)のワタ品種は、1 ヘクタールあたり 3 トンしか生産できない。規制当局が承認した 2 種類の Bt 品種は、1 ヘクタールあたり 4 トン以上の収穫が期待できる。収穫量の増加だけでなく、農家はオオタバコガ (bollworm) に対する農薬のコストを削減することができる。

Bt ワタは、2013 年に導入された Bt ナスに次いで、バングラデシュで 2 番目の[遺伝子組換え](#)作物となる予定である。ISAAA によると、バングラデシュでは 2019 年に 27,000 の零細農家が Bt ナスを植えたという。

詳しくは、以下のサイトの論文をご覧ください。[Fibre2Fashion](#)

---

## 米国 FDA が HB4® コムギの食品・飼料安全性評価を好意的に終了

Bioceres Crop Solutions 社は、同社が開発した耐旱魃 [コムギ](#)「HB4®」について、米国食品医薬品局 (FDA) が評価を終了したことを発表した。

Bioceres 社によると、提出された全ての安全性と規制に関する情報を検討した結果、FDA は HB4®コムギの安全性に関してこれ以上の質問はなく、FDA による市販前の審査や承認を必要とするような問題はないと判断したとのことである。この結論は、米国農務省 (USDA) の承認待ちである米国での商業化実現に向けた重要なステップとなる。

今回の FDA の結論は、[ブラジル](#)、[コロンビア](#)、[オーストラリア](#)、及び [ニュージーランド](#) による HB4®コムギの食品・飼料用としての最近の承認に続くものである。HB4®コムギは、[アルゼンチン](#)での生産と消費が商業的に認められており、5 つの品種が今作シーズンでの登録が承認された。HB4®の耐旱魃技術により、水不足の条件下でコムギの収量が平均 20%増加することが示されている。

詳しくは、以下のサイトのニュースリリースをご覧ください。[Bioceres](#)

---

## 研究のハイライト

### 遺伝子組換え除草剤耐性ワタは、節足動物群に害はない

[中国](#)で 2 年間栽培された遺伝子組換え除草剤耐性 (GMHT) [ワタ](#)は、節足動物群に有害な影響を与えず、昆虫の現存量と多様性は近縁種のそれと同じであることが観察された。

中国 Anyang、Henan 省の実験場において、[グリホサート耐性](#)を持つことが知られている GMHT ワタ品種 GJK2 と、その近縁非 GMHT 対応品種 K312 を 2019 年と 2020 年の 2 シーズンにわたり植え付けた。それらを植えた研究者は、GMHT 作物が節足動物群に与える潜在的な影響を調査することを目的とした。

その結果、ほとんどのサンプリングにおいて、節足動物群集の総存在量と生物多様性指数の点で、GJK2 と K312 の間に有意差は見つからなかったことが分かった。また、各区画の節足動物組成も同様であった。最後に、両プロットで見つかった節足動物群集の間には高い類似性があることが指摘された。

本研究の結果は、多くの注目と論争を集めている GMHT 作物の潜在的な生態学的・環境的リスクに関する知見の蓄積に貢献するものである。

詳しくは、以下のサイトの論文をご覧ください。 [Journal of Cotton Research](#)

---

## 国際研究チームが洪水に強い植物を作るシグナル分子を発見

[気候変動](#)の影響により、[旱魃](#)や火災、洪水が世界的に増加している。洪水は農業に大きな損失をもたらし、世界の農作物の損失の 15%は洪水が原因であると言われている。

University of Freiburg、Utrecht University、Rothamsted Research、及び University of California Riverside 校の研究者の共同研究は、植物を洪水に対してより強くすることができるシグナル分子を発見した。研究チームは、ガス状の植物ホルモンであるエチレンが、植物に一種の分子的な非常用電源システムを起動させ、洪水時の酸素不足に耐えられるようにすることを発見した。

研究チームはこれまでも、エチレンが植物に水中にいることを知らせるシグナルを送ることを明らかにしていた。その結果、実験用の植物にエチレンを前処理することで、生存の可能性が高まることを発見した。この研究成果は *Plant Physiology* 誌に掲載され、農業における湛水・洪水対策や、耐性のある品種の開発などに役立つと期待される。

詳しくは、以下のサイトのニュースリリースをご覧ください。 [University of Freiburg](#)

---

## 旱魃・塩ストレス耐性に関与する植物遺伝子を特定

Xinjian Agricultural University の研究者らは、海島 (sea-island) [ワタ](#)の [遺伝子](#)がシロイヌナズナの旱魃および [塩ストレス](#)耐性に役立つことを報告した。この研究成果は、*Plant Science* 誌に報告されている。

TCP 転写因子と呼ばれる遺伝子群は、植物の成長と発達を制御する上で重要な役割を担っている。しかし、海島ワタの塩ストレスや旱魃ストレスに対する反応については、十分な情報が得られていなかった。そこで研究チームは、海島ワタの TCP 遺伝子 (GbTCP4) をシロイヌナズナで過剰発現させ、さらに調査を行った。

旱魃ストレス下では、野生型シロイヌナズナと比較して、GbTCP4 を過剰発現させたシロイヌナズナは、種子の発芽率、根の長さ、生存率が向上していた。塩ストレス条件下でも同様の反応が観察された。海島ワタでこの遺伝子をサイレンシングした場合、根の長さが減少し、[旱魃](#)や塩ストレスに対する感受性が高まった。

以上の結果から、GbTCP4 は植物の乾燥・塩ストレス耐性を向上させるための候補となりうることが示唆された。

研究論文は、以下のサイトをご覧ください。 [Plant Science](#)

---

## 植物物育種における革新

### ゲノム編集されたトマトでより多くの日光ビタミンを生産

John Innes Centre (JIC)の科学者は、[CRISPR-Cas9](#) を用いてトマトの植物の分子を発現を停止させ、果実と葉のプロビタミン D3 濃度を増加させた。 *Nature Plants* に掲載されたこの研究は、世界中で増加しているビタミン D 不足に悩む人々に対するシンプルな解決策を提供するものである。

ビタミン D は、皮膚が太陽の紫外線を浴びると体内で自然に生成されるため、「太陽のビタミン」と呼ばれている。しかし、ビタミン D の前駆体の主な供給源は食物である。ビタミン D の不足は、[COVID-19](#) 感染症の重症化、がん、認知症、その他の疾患のリスク上昇につながるとされている。そこで、JIC の研究者らは、植物由来のビタミン D3 サプリメントや食品添加物を製造するために、トマトの植物体のプロビタミン D3 を増やすことを目指した。

研究チームは、CRISPR-Cas9 を用いて、SI7-DR2 酵素の働きを止め、プロビタミン D3 の 7-デヒドロコレステロール (7DHC) の蓄積を可能にした。その結果、編集した植物の葉や果実でプロビタミン D3 が大幅に増加した。編集した植物に UVB 光を照射すると、7DHC はビタミン D に変換されることに成功した。編集したトマトを乾燥させると、ビタミン D の量をさらに増やすことができた。

詳しくは、以下のサイトでニュースリリースをご覧ください。 [JIC](#).

---

## ゲノム編集に関する特記事項

### European Sustainable Agriculture through Genome Editing network (EU-SAGE)がゲノム編集作物の双方向データベースを公開

European Sustainable Agriculture through Genome Editing network (EU-SAGE)は、ゲノム編集作物に関するインタラクティブデータベースを公開した。このデータベースは、ゲノム編集が多様な作物で多様な特性を改善するために利用されており、その多くがより持続可能な農業に貢献できることを示すものである。

EU-SAGE データベースは、農業生産用の作物におけるゲノム編集の世界的な応用に関する最先端の科学的根拠を示すものである。現在、500 以上のエントリーが含まれており、データベースは最新の科学研究で頻繁に更新される予定である。植物種や形質など、さまざまな要素をデータベース内でフィルタリングすることができ、この植物育種イノベーションに関する将来の政策議論に関連する特定の疑問や結論をサポートすることができる。

以下は、このデータベースから得られたいくつかのポイントである。

- ゲノム編集のアプリケーションは 60 種類以上の作物で確認され、その大半はイネ、トマト、トウモロコシ、ダイズ、及び コムギ である。
- 改良された作物の形質は多様で、農家(例:農業的価値)だけでなく消費者(例:栄養)にも関連するものである。
- ゲノム編集の応用のほとんどは、従来の育種法で作物に導入された遺伝的変化と同様に、ターゲットを絞った小さな遺伝的変化を持つ作物である。

詳しくは、以下のサイトをご覧ください。[EU-SAGE news release](#). データベースは、以下のサイトにある。[here](#)

---

## CRISPR-Cas9 を用いて、レジスタントスターチを増やしたイネを実現

テキサス A&M 大学の研究者らは、[CRISPR-Cas9](#) を用いて、レジスタントスターチを増量したイネを生産することに成功した。この研究成果は、人間の健康にとってより有益なイネの開発に役立ち、食事に関連する慢性疾患のリスクを低減できる可能性がある。

レジスタントスターチは穀物類に多く含まれる。小腸で消化・吸収されにくく、大腸に移行して老廃物を効率よく排出する働きがある。米は優れたデンプン供給源であるが、その主成分はアミロペクチンとアミロースである。そこで研究グループは、半矮性で収量の多い熱帯ジャポニカ米「プレシディオ」を用いて、レジスタントスターチを豊富に含むイネを開発する機会を得た。

研究チームは、デンプン枝切り酵素 (SBE) が穀物のレジスタントスターチレベルの上昇に寄与しているという既知の知見をもとに、これらの遺伝子を標的とするシングルガイド RNA を発現する内在性転移 RNA 処理系を用いて、多重 [CRISPR-Cas9](#) を用いてイネの 4 つの SBE 遺伝子を同時に標的とした。その結果、イネの 4 つの SBEs 遺伝子すべてでノックアウト変異を同定した。次世代のイネは、SBE 遺伝子の異なる組み合わせを示し、そのうちのいくつかはレジスタントスターチ含量が 15%も増加した。この研究は、高耐性デンプン性イネ系統を開発するための多重ゲノム編集の可能性を支持するものである。

詳しくは、以下のサイトの全論文をご覧ください。 [Plant Genome](#)

---

## 遺伝子ドライブに関する特記事項

### 遺伝子ドライブとコミュニティの関与でマラリアと闘う

世界保健機関(WHO)によると、2020年に世界で死亡したマラリアは627,000人で、前年より69,000人増加した。その大半はサハラ以南のアフリカで発生し、5歳以下の子どもが巻き込まれている。進行の遅れや、現在の介入策に対する抵抗力の増加に対処するため、この病気をコントロールする新しいツールが研究されている。その一つが遺伝子操作です。これは自然界で起こる遺伝的現象で、選択された形質が有性生殖によって数世代にわたって種を越えて広がっていくものである。

非営利の研究コンソーシアムである Target Malaria の研究者たちは、遺伝子ドライブの手法を用いて、マラリア蚊の繁殖能力に影響を与えるような改変をマラリア蚊に挿入しようとしている。2018年に *Nature Biotechnology* に掲載された小規模な実験室研究では、遺伝子ドライブにより、8~12世代で飼育されている蚊の個体群を排除できたと報告されている。2021年には、イタリアの自然環境を模した大型ケージで行われた研究で、この技術が有効であることが証明された。

遺伝子ドライブは、マラリアとの闘いにおいて変革的なツールとなる可能性を秘めていますが、今後の導入は、科学と同様に社会的な配慮に左右されるかもしれない。この技術が受け入れられ、マラリアとの闘いにおいてその価値を証明するためには、研究者が最初から影響を受けるコミュニティを研究に参加させることが重要である。

原報告を以下のサイトをご覧ください。 [Science News](#)

---