

2026 年 9 月 3 日

報道解禁日時：2026 年 9 月 3 日 14 時

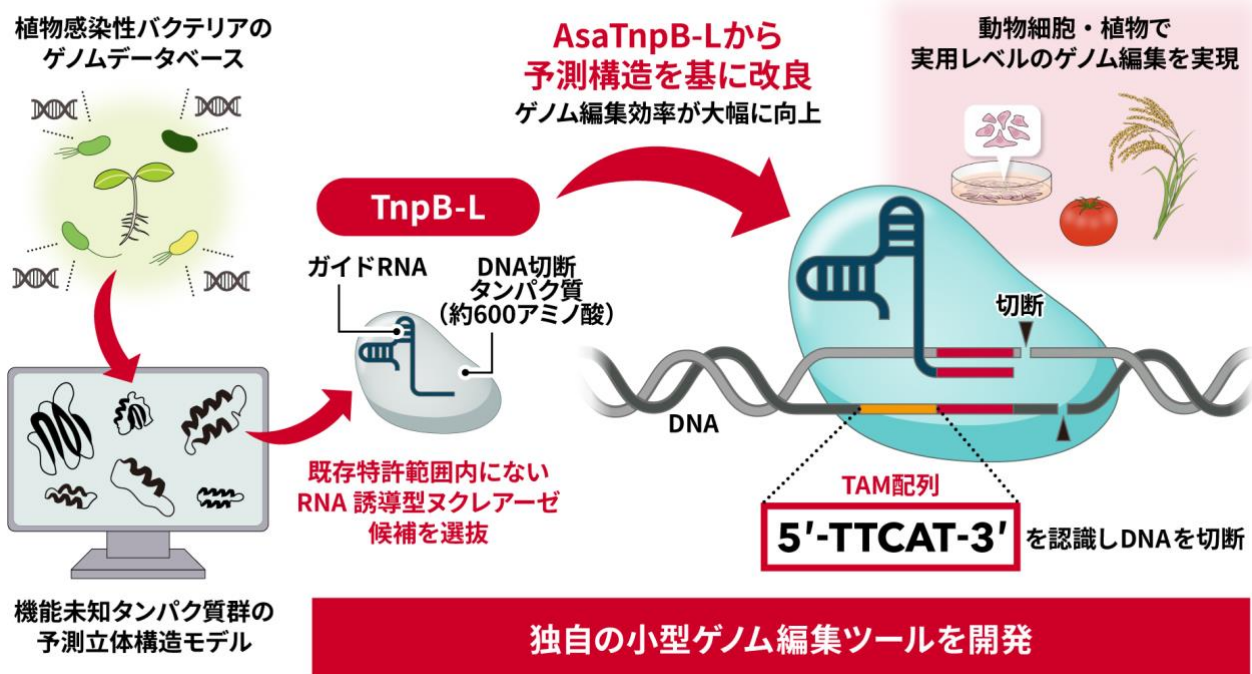
国立研究開発法人産業技術総合研究所／TOPPAN ホールディングス株式会社／株式会社インプラントイノベーションズ

新しい小型ゲノム編集ツールを純国産で開発

タンパク質の予測立体構造モデルに基づき、新たな DNA 切断タンパク質を実用レベルに改良

ポイント

- 植物に感染する細菌の機能未知タンパク質群から、DNA を狙った位置で切断できる「AsaTnpB-L※」を見つけ出し、これを改良することで実用レベルのゲノム編集効率を実現
- AsaTnpB-L は DNA を切る“ハサミ役”タンパク質 1 分子と、切る位置を決める“ガイド役”RNA1 分子で構成され、かつ小型であることが特徴
- 純国産の新たなゲノム編集ツールとして国内特許を取得、医療や農業など幅広い分野での活用に期待



概要図 開発したゲノム編集ツールのイメージ

※ AsaTnpB-L：トマトの根などから単離される細菌の一種である *Agrobacterium salinitolerans* の TnpB-L 遺伝子の略称

概要

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という）バイオものづくり研究センター 中村 彰良 主任研究員、菅野 茂夫 上級主任研究員、山本 宏 招聘研究員、光田 展隆 研究センター付と、TOPPAN ホールディングス株式会社（以下「TOPPAN ホールディングス」という）、株式会社インプラントイノベーションズ（以下「インプラント」という）らの研究チームは、小型の「ゲノム編集ツール（DNA を狙った位置で切断するための“ガイド役”と“ハサミ役”のセット）」の開発に成功しました。

ゲノム編集とは、生物の設計図であるゲノム DNA の狙った位置を改変する技術です。従来の遺伝子治療や品種改良では難しかった精密な改変が可能なることから、医療や農業に革新をもたらす基盤技術として期待されています。現在、CRISPR-Cas9をはじめとするゲノム編集ツールが世界中で用いられていますが、分子サイズが大きく、細胞

内に効率よく送り届けことが難しいといった技術的な課題があります。また、ゲノム編集ツールの多くが海外で開発されたものであることから、日本国内での技術活用や事業展開にあたっては、ライセンス交渉や権利処理など知的財産面での対応が参入のハードルになることもあります。

今回、研究チームは、植物に感染するバクテリアのゲノム情報をもとに、DNA を切断するハサミとしてはたらくタンパク質候補を探索しました。その結果、ハサミ役のタンパク質 1 分子と、切断箇所を指定するガイド役 RNA1 分子からなる、「TnpB-L (TnpB 様 RNA 誘導型ヌクレアーゼ)」を新たに見出しました。さらに、見出した複数の TnpB-L のうち「AsaTnpB-L」に対して、タンパク質の立体構造の予測に基づき改良を加えることで、実用レベルのゲノム編集効率を実現しました。AsaTnpB-L は、非常に小型であることが特徴です (CRISPR-Cas9 におけるハサミ役の SpCas9 タンパク質が 1368 アミノ酸であるのに対し、AsaTnpB-L のタンパク質は約 600 アミノ酸)。また、この改良型 AsaTnpB-L は特許調査に基づき、日本国内における既存の他者特許に抵触しないよう独自に設計・開発されたものです。純国産の新たなゲノム編集ツールとして、医薬品開発や農作物の品種改良、バイオものづくりなど幅広い分野への応用が期待されます。

なお、本研究成果は日本において特許出願済みで、一部は特許登録済み (特許第 7821459 号) です。技術の詳細は、第 43 回日本植物バイオテクノロジー学会 (2026 年 9 月 4 日～6 日、鳥取)、BioJapan (2026 年 10 月 7 日～9 日、横浜)、BMB2026 合同大会 (2026 年 12 月 1 日～4 日、横浜) で発表予定です。

下線部は【用語解説】参照

研究の社会的背景

ゲノム編集は、生物が持つ DNA の特定の塩基配列を狙って改変すること、およびその技術です。2020 年のノーベル化学賞の受賞対象となった「CRISPR-Cas9」の開発をきっかけに急速に発展し、新しい薬の開発や病気に強い作物の育成など、さまざまな分野で大きな変革をもたらしています。

ゲノム編集技術は、目的の DNA 配列を見つけるガイド役と DNA を切断するハサミ役で構成されます。切断された DNA を自ら修復する生物の仕組みを利用することで、切断箇所を含む遺伝子を機能しないようにしたり、新たな機能を持たせるために別の遺伝子を組み込んだりすることができます。しかし、現在使用されているハサミ役の分子の多くはサイズが大きいため細胞内に送り届けにくいほか、37 °C以上で活性が高くなるため、生育温度が 20 °C～30 °Cと比較的低い植物では本来のゲノム編集効率が発揮されないなど、技術的な課題も少なくありません。また、ゲノム編集の基盤技術の多くが海外で開発されたものであることから、日本企業が商業利用する際には海外機関とのライセンス契約や権利処理といった知的財産面での対応が求められ、参入のハードルとなることもありました。

研究の経緯

産総研と TOPPAN ホールディングス、インプラントは、国内でも使いやすいゲノム編集技術の社会実装に向けて、共同研究を進めてきました。産総研は新しいゲノム編集ツールの探索や分析・改良・動物細胞での実用性確認、TOPPAN ホールディングスは配列解析等のバイオインフォマティクス、インプラントは植物細胞での実用性確認をそれぞれ担っています。これまでに、植物ゲノム編集のための分子導入法であるウイスキー超音波 RNP 法 ([2023 年 9 月 7 日 産総研プレス発表](#)) や、ゲノム編集ツール「AaCas9」 ([2023 年 11 月 30 日 産総研プレス発表](#)) などを開発し、さまざまな生物種に対するゲノム編集技術の適用に取り組んできました。今回、研究チームは、海外特許に依存しない小型で使いやすいゲノム編集ツールの開発を目指し、既存のゲノム編集ツールとは異なる新たな DNA 切断タンパク質の探索に取り組みました。

研究の内容

研究チームは、植物でも使いやすい小型のゲノム編集ツールの開発を目指し、植物と同じ環境で生育する植物感染性バクテリアに着目して新たなゲノム編集ツールの探索を行いました。その際、一般的に行われているタンパク

質のアミノ酸配列に基づく探索では既存特許の権利範囲内の分子が候補として上がってくる可能性が高くなるため、AI を活用した立体構造予測プログラムを用いた探索を実施しました。まず、植物感染性バクテリアゲノムデータベースに含まれる全ての「機能未知遺伝子」をタンパク質の予測立体構造モデルに変換した上で、その中から既知のゲノム編集ツールのハサミ役に特徴的なかたち（立体構造）と似た構造を持つものを選別しました。その結果、RNA 誘導型ヌクレアーゼ（ハサミ役となる DNA 切断タンパク質）の一種である「TnpB」と構造的に類似する一群のタンパク質「TnpB-L」とそのガイド RNAを見出しました。

TnpB は一般的に、DNA を切断する効率、すなわちゲノム編集効率が CRISPR-Cas9 ほど高くなく、標的にできる DNA 配列も限られているため、ゲノム編集ツールとしては改良が必要とされる場合が多く、一方で、分子サイズが小さいことからその利点を活かした研究開発が進められています。今回見出された TnpB-L も、TnpB と同様に分子サイズが小さいという特徴を持ちます。そして、TnpB-L の多くは植物感染性バクテリアである *Agrobacterium/Rhizobium* 属のバクテリアに存在していることが公共のアミノ酸配列データベースを用いた配列解析から明らかになりました。

産総研は、上記の探索で見出された複数の TnpB-L に対応するガイド RNA を調製し、機能を調査しました。同時に、産総研と TOPPAN ホールディングスは共同で「TAM（標的隣接モチーフ）配列」も解析しました。TAM 配列とは、ハサミ役である DNA 切断タンパク質が、ガイド RNA の示す標的 DNA 上で切断箇所を認識するための目印となる短い DNA 配列のことです。任意の配列で設計できるガイド RNA とは異なり、TAM 配列は DNA 切断タンパク質ごとに決まっているため、個別に解析する必要があります。機能解析の結果、トマトの根などから単離される細菌の一種である *Agrobacterium salinitolerans* の TnpB-L (AsaTnpB-L) が、「5'-TTCAT-3'」という配列を TAM 配列として認識し、ガイド RNA 依存的に標的の DNA 配列に対して DNA の切断、つまりゲノム編集を引き起こすことを見出しました（概要図）。AsaTnpB-L は SpCas9 と同様に DNA 切断タンパク質 1 分子とガイド RNA 1 分子で機能しますが、DNA 切断タンパク質の分子サイズは SpCas9 (1368 アミノ酸) と比較すると半分以下の約 600 アミノ酸と非常に小型です。さらに、AsaTnpB-L の立体構造情報を基に機能改良を行い、AsaTnpB-L とガイド RNA の相互作用部位を中心に複数のアミノ酸変異を導入した結果、ヒト培養細胞において 60 %程度のゲノム編集効率が得られました（図 1）。また、インプラントが植物への適用可能性を検証し、ゲノム編集に使用可能であることを実証しました。加えて、AsaTnpB-L をアミノ酸置換することにより、TAM 配列を「5'-TBAT-3'（B は T、C、G のいずれか）」に変更することにも成功しました。一般に、TAM 配列を構成する塩基数が多いほど、認識の特異性は高まるものの標的にできる DNA 配列の選択肢が狭くなります。TAM 配列を変更するには、ハサミ役である DNA 切断タンパク質を改変する必要があり、その操作は容易ではありません。今回の AsaTnpB-L における TAM 配列の変更は、標的 DNA の選択肢を広げるもので、ゲノム編集ツールとしての汎用化につながるものです。

今回、植物感染性バクテリアの DNA から見出した AsaTnpB-L について、改良を経て実用レベルの効率で標的 DNA を切断できることを実証し、TAM 配列の変更によりゲノム編集ツールとしての汎用化の可能性を示しました。ガイド RNA を設計するだけで標的 DNA を指定できる簡便さに加え、比較的低温な環境で生育する植物にも適用できる可能性と、小型であることから細胞導入における優位性を持つため、AsaTnpB-L は従来技術が苦手とする対象にもゲノム編集を適用できると期待できます。

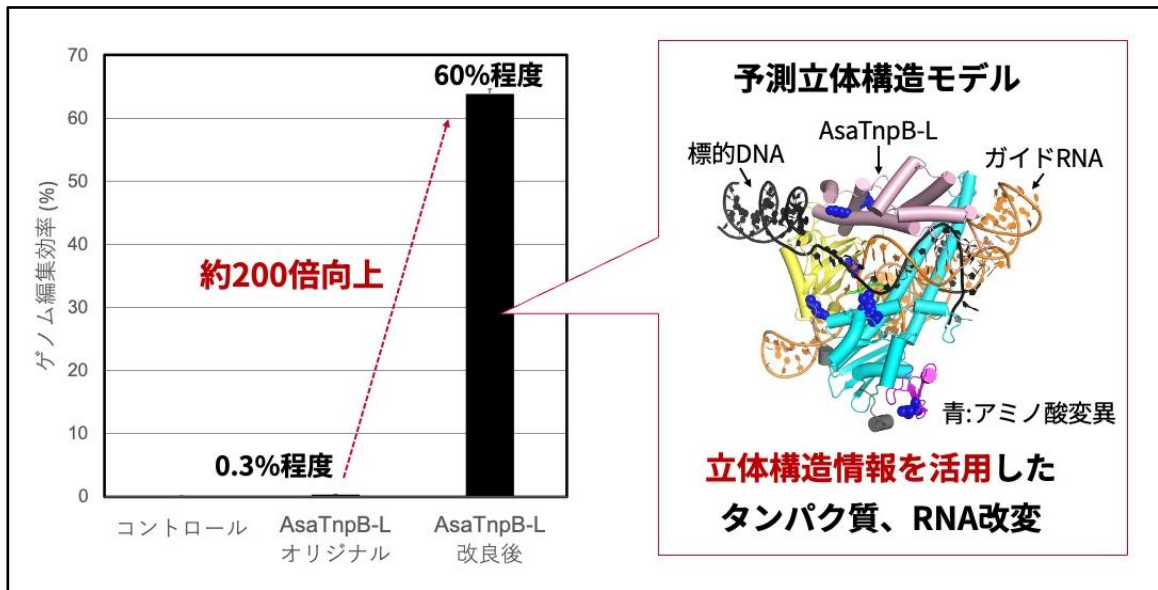


図1 AsaTnpB-L の立体構造情報に基づく改良

左：ヒト培養細胞の AAVS1 遺伝子に対する AsaTnpB-L オリジナルと改良後のゲノム編集効率

右：AsaTnpB-L、ガイド RNA、標的 DNA の予測立体構造モデル

今後の予定

三者は今回見出した AsaTnpB-L について、まずは本技術が医薬品の開発や農作物の品種改良などを支える基盤（プラットフォーム）となることを目指し、独自の知的財産に基づく日本発のゲノム編集技術として広く利用可能な体制を整えていきます。

また、医療や農業にとどまらず、環境・素材などさまざまな産業分野への展開を見据えた実証研究を本格化させ、得られた成果を迅速に事業化へと結びつけることを目指していきます。

特許情報

特許番号：特許第 7821459 号

発明の名称：TnpB 様 RNA ガイドヌクレアーゼ複合体

発明者：中村 彰良¹、菅野 茂夫¹、山本 宏¹、光田 展隆¹、寺川 輝彦²、矢野 翼²、長谷川 玲花²、伊藤 誠一郎³、白井 尚美³、二宮 佑里³

¹国立研究開発法人産業技術総合研究所、²株式会社インプラントイノベーションズ、³TOPPAN ホールディングス株式会社

学会情報

学会名：第 43 回日本植物バイオテクノロジー学会

開催日時：2026 年 9 月 4 日から 9 月 6 日

開催場所：鳥取市民会館、とりぎん文化会館（鳥取県鳥取市）

発表タイトル：「アグロバクテリア由来小型 RNA 誘導型ヌクレアーゼを用いたゲノム編集ツール開発」

著者：中村彰良¹、山本宏¹、長谷川玲花²、矢野翼²、光田展隆¹、寺川輝彦²、伊藤誠一郎³、菅野茂夫¹

¹国立研究開発法人産業技術総合研究所、²株式会社インプラントイノベーションズ、³TOPPAN ホールディングス株式会社

学会名：第 43 回日本植物バイオテクノロジー学会

開催日時：2026 年 9 月 4 日から 9 月 6 日

開催場所：鳥取市民会館、とりぎん文化会館（鳥取県鳥取市）

発表タイトル：「小型 RNA 誘導型ヌクレアーゼを用いたゲノム編集ツールの植物への適用性」

著者：長谷川玲花¹、中村彰良²、菅野茂夫²、山本宏²、矢野翼¹、伊藤誠一郎³、光田展隆²、寺川輝彦¹

¹株式会社インプラントイノベーションズ、²国立研究開発法人産業技術総合研究所、³TOPPAN ホールディングス株式会社

学会名：BMB2026 合同大会

開催日時：2026 年 12 月 1 日から 12 月 4 日

開催場所：パシフィコ横浜（神奈川県横浜市）

発表タイトル：「アグロバクテリア由来小型 RNA 誘導型ヌクレアーゼを用いた新規ゲノム編集技術」

著者：中村彰良¹、山本宏¹、長谷川玲花²、矢野翼²、光田展隆¹、寺川輝彦²、伊藤誠一郎³、菅野茂夫¹

¹国立研究開発法人産業技術総合研究所、²株式会社インプラントイノベーションズ、³TOPPAN ホールディングス株式会社

展示会情報

展示会名称：Biojapan2026

日程：2026 年 10 月 7 日から 10 月 9 日

会場：パシフィコ横浜（神奈川県横浜市）

参考情報

産総研マガジン：2024 年ノーベル化学賞「タンパク質設計と立体構造予測」

https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20241211.html

産総研マガジン：日本発のゲノム編集ツールで新たな道を開く！

https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20240501.html

用語解説

CRISPR-Cas9

バクテリアに存在する免疫システム CRISPR-Cas9 を活用したゲノム編集ツールの総称。ゲノム編集ツールの中で最もよく用いられている。ゲノムを切断する Cas9 タンパク質と、切断箇所を指定するガイド RNA が複合体を形成して機能する。

TnpB

TnpB はトランスポゾン（転移因子：DNA の中を自分で移動（コピーや切り貼り）できる“動く遺伝子”）にコードされる RNA 誘導型 DNA ヌクレアーゼ。トランスポゾンのコピー・維持を助ける役割を担うと考えられている。

RNA 誘導型ヌクレアーゼ

ガイド RNA の塩基配列と相補的な配列の DNA に結合し、その場所を切断する DNA 切断タンパク質。

SpCas9

SpCas9 (*Streptococcus pyogenes* Cas9) は、細菌 *Streptococcus pyogenes* 由来の Cas9 タンパク質。現在最も広く利用されているゲノム編集ツールである。

DNA 配列

DNA はアデニン (A)、チミン (T)、グアニン (G)、シトシン (C) の 4 種類の塩基で構成されている。この塩基の並び (配列) によって細胞が作るタンパク質や遺伝子の働き方が決まっている。

ガイド RNA

RNA 誘導型ヌクレアーゼと複合体を形成し、標的となる DNA 配列を指定する RNA。RNA の配列を変更することで、ゲノム上のさまざまな場所を指定して編集することが可能となる。

機関情報

国立研究開発法人産業技術総合研究所

<https://www.aist.go.jp/>

ブランディング・広報部 報道室 hodo-ml@aist.go.jp

TOPPAN ホールディングス株式会社

<https://www.holdings.toppan.com/ja/>

広報本部 広報部 kouhou@toppan.co.jp

株式会社インプラントイノベーションズ

<https://www.inplanta.jp/>

管理部 kanri@inplanta.jp