



遺伝子組換え作物の最新動向 2022年9月



ニュース

- インドの遺伝子工学評価委員会 (GEAC) がGMワタとトウモロコシの圃場試験を承認
- インドネシアは国産ダイズの増産に向けて GM ダイズを選択
- 遺伝子組換え紫トマトが米国で承認された
- 米国が国家バイオテクノロジー・バイオ製造イニシアティブを立ち上げ
- カナダがゲノム編集に関するガイドラインでイノベーションを促進
- 遺伝子組換え作物規制のための新たなアプローチを提案
- 中国での圃場調査により、非標的昆虫に対する遺伝子組換えトウモロコシの安全性が裏付けられた

研究のハイライト

- ウイルスに対するリンゴの自然な防御機構は遺伝子組換えのメカニズムと非常によく似ている

植物育種イノベーション

- BREEDIT; 従来の育種とゲノム編集技術のギャップを埋める技術
- フェニルケトン尿症や腎臓病患者のための低グルテリン米の開発に CRISPR を利用
- ゲノム編集作物の第一陣として市場に登場する特殊作物

ゲノム編集に関する特記事項

- オン・オフスイッチを持つ CRISPR-CAS システムで DNA の代わりにタンパク質を切断する
- 持続可能な農業のための有機農業とバイオテクノロジーのパートナーシップを推進する専門家
- EU 農相、地域の食糧安全保障と持続可能性を強化するための植物育種イノベーションに合意
- 教科書スタイルの CRISPRPEDIA を公開

ニュース

インドの遺伝子工学評価委員会 (GEAC) が GM ワタと トウモロコシ の圃場試験 を承認

インドにおける [遺伝子組換え](#) (GM) [除草剤耐性ワタ](#) と [トウモロコシ](#) の隔離圃場試験が、Haryana および Karnataka 両州と、環境・森林・気候変動省 (Ministry of Environment, Forest and Climate Change ; MoEF&CC) の遺伝子工学評価委員会 (GEAC) により承認された。

Haryana および Karnataka 両州政府から異議なし証明書 (NOC) を受領した後、GEAC は提出された提案を承認した。GEAC は、Rallis India Limited が提出した *Helicoverpa armigera* と *Spodoptera litura* に対する抵抗性とグリホサート耐性を評価するための 2 つの遺伝子組換えワタ (MLS2154 x MLS4301 x MLS2531 と MLS2154 x MLS4301)、および *S. frugiperda* に対する抵抗性とグリホサート耐性を評価するための遺伝子組換えトウモロコシ MLS10101 x MLS13621 について BRL-1 (1、2 年次) 圃場試験の実施提案を承認した。*S. frugiperda* に対する抵抗性と [グリホサート](#) 耐性を評価するための遺伝子組換えトウモロコシ MLS10101 x MLS13621 を 2022-23 年と 2023-24 年の間に、提案された場所のうち、Karnataka 州 Dharwad の農業科学大学、Karnataka 州 Raichurnote 農業科学大学、Haryana 州 Hisar の Chaudhary Charan Singh Haryana 農業大学で年間 2 ヶ所で多くの条件について試験することが委員会によって推奨されている。

遺伝子操作に関する審査委員会 (RCGM) は許可証を発行し、所定の条件を遵守していることを確認するため、隔離圃場試験を監視することができる。

詳しくは、第145回GEAC の議事録を以下のサイトでご覧下さい。 [GEAC website](#)

インドネシアは国産ダイズを増産に向けて GM ダイズを選択

[インドネシア](#) 政府が発表した公式声明の中で、Joko Widodo 大統領は、経済調整省の Airlangga Hartarto 大臣と、国家の食糧安全保障を維持するために [遺伝子組換え](#) (GM) の優れた [ダイズ](#) 品種の使用を農民に奨励するよう話した。

この発言は、インドネシアの大豆生産量が減少を続けており、大統領が国の状況を改善し、輸入への依存度を下げるよう指示を出したとされることを受けたものである。また、Syahrul Yasin Limpo 農業大臣は、インドネシアは優れた国産品種を準備しつつ、必要に応じて GM ダイズや輸入種子を使用すると述べている。政府は、インドネシアのダイズ農家がトウモロコシの作付けに切り替えた後、再びダイズを作付けするよう奨励するために、あらゆる利用可能な解決策に前向きである。Airlangga 大臣によれば、ダイズ大豆を使用することにより、1 ヘクタールあたりの生産量を 1.6~2 トンから 3.5~4 トンに増やすことができ、これは 1 ヘクタールあたり 1.5 トンから 3~4 トンに増やすという Syahrul 大臣の目標とも一致しているとのことである。

この構想は、農家にとって公平なダイズ価格を設定するよう指示するとともに、農業省がダイズの作付面積を今年は 30 万ヘクタール、来年は 60 万ヘクタールに拡大するために十分な予算を割り当てる計画とも呼応するものである。

詳しくは、以下のサイトで声明をご覧下さい。 [Coordinating Ministry of Economic Affairs](#) 及び [Office of the Assistant to the Deputy Cabinet Secretary for State Documents and Translation](#)

遺伝子組換え紫トマトが米国内で承認された

米国農務省(USDA)動植物衛生検査局(APHIS)は2022年9月7日、Norfolk Plant Sciences社の新しい遺伝子組換え(GM)紫トマトを米国内で安全に栽培し、品種改良に使用できるとする規制状況評価(RSR)を発行した。

紫色のトマトは、色を変え、栄養価を高めるために改良されたものである。栽培用のトマトはすでにアントシアニンを生成する遺伝子を持っているが、ほとんどの果物では「オン」になっていない。遺伝子組換えの紫トマトには、キンギョソウ(snapdragon)から「オンスイッチ」のように働く2つの遺伝子が加えられており、紫色の色素が皮だけでなくトマト全体で作られるため、果実とジュースは抗酸化物質の豊富な供給源となるのである。この審査において、USDA APHISは、GMトマトが他の栽培トマトと比較して植物害虫のリスクを高める可能性は低く、「遺伝子工学によって改変または生産された生物の移動」を制限する規制(7 CFR part 340)の対象にはならないと判断している。

USDA APHISのRSRは、Norfolk Plant Sciencesからの情報と、同社のトマト品種への精通、果実の色や栄養価を変える形質への知識、そして改造への理解に基づいている。USDA APHISは、この植物が規制対象外であることを示す回答書を発行した。これは、USDA APHISが改正されたバイオテクノロジー規制の下で発行した最初のRSR回答書である。

2008年にアントシアニンを多く含む紫色のトマトを開発したCathie Martin教授は、「素晴らしい。このような日が来るとは思わなかった。健康的な紫色のトマトを、それを食べることにワクワクする多くの人々と共有するという私の夢に、今一步近づきました。」と述べている。

規制状況評価(RSR)の詳細は、以下のサイトにある論文をご覧ください。[USDA APHIS website](#). 紫色のトマトの詳細については、以下のサイトの論文をご覧ください。[The Sainsbury Laboratory](#) 及び [John Innes Centre](#)

米国内が国家バイオテクノロジー・バイオ製造イニシアティブを立ち上げ

2022年9月12日、米国は、投資、プログラム、パートナーシップを活用し、[バイオエンジニアリング](#)とバイオマニュファクチャリングの研究開発を進め、同国のバイオマニュファクチャリング能力とサプライチェーンを拡大・強化する「National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative」を発足させました。このイニシアティブは、バイオセキュリティの革新を強化し、米国における労働者訓練と教育プログラムを拡大するために開発された。

このイニシアティブの主な項目は以下のとおりです。

- バイオベースの有効医薬品成分生産、国内バイオ製造施設、希土類元素のバイオマイニングによるサプライチェーンの強化および市場価格の引き下げ
- 地元の原料に依存する国内のバイオ製造能力を拡大し、米国の地域社会に大きな影響を与える
- [バイオテクノロジー](#)とバイオエコノミーの発展を促進するため、共有とデータアクセスをより促進する
- コミュニティ・カレッジ、歴史的黒人大学、その他のマイノリティ支援機関における研修と教育を拡大する

- 食糧安全保障を改善し、疾病、種子および肥料の強化、食糧安全保障に対処できる[新技術](#)を含む農業イノベーションを強化する
- 個別化された医薬品、侵襲性の低い疾病検出ツール、効率的なワクチンや治療薬の製造、より効果的で安全な治療法の創出によるヘルスケアの支援
- 外国の石油化学製品を地元で生産されるバイオベースの化学製品に置き換え、[バイオ燃料](#)を使用して温室効果ガスの排出を削減し、大気からより多くの二酸化炭素を除去する土壌[微生物](#)や作物を開発することによって、[気候変動](#)の影響を軽減する

このイニシアティブにより、米国は国のサプライチェーンを改革し、石油に依存した化学物質の使用から、よりクリーンで安全、かつ信頼性の高い、現地で製造可能な代替品への移行を図ることができる。

詳しくは、White House が発表した [Initiative](#) と [press briefing](#) をご覧ください。

カナダがゲノム編集に関するガイドラインでイノベーションを促進

カナダ保健省は、公開協議とデータ審査という長いプロセスを経て、[ゲノム編集](#)作物は安全であり、ほとんどの場合、市販前安全性評価を受ける必要はないと発表した。

この決定により、作物科学企業は、ゲノム編集作物がヒトや環境にとって安全であることを証明するために、費用と時間のかかる試験を実施する必要がなくなった。また、この動きは、新しい育種技術を使って改良された作物をもたらそうとする公共・民間部門の研究者にとっても明確なものとなった。

「これらの変更は、カナダを拠点とする研究にインセンティブを与え、成長させるために大いに役立つだろう。植物育種家は、規制が明確でないこと、コストや時間のかかる規制要件のために、栄養、環境、生産の面でメリットをもたらす可能性のある製品に取り組むことをためらってきた。カナダ保健省の新しいガイダンスは、植物育種家に透明性の向上をもたらす。彼らは、どの技術革新がこれらの規制プロセスの引き金になるかを知り、自分たちの研究が農家の畑に届くことに自信を持てるようになった。」と、Grain Growers of Canada の Erin Gowriluk 専務理事は述べている。

詳しくは、[GrainsWest](#) の記事をご覧ください。

遺伝子組換え作物規制のための新たなアプローチを提案

研究者らは、*Science* 誌に掲載されたポリシーフォーラム論文を通じて、[遺伝子組換え \(GE\) 作物](#)を規制するための新たなアプローチを呼びかけている。研究者らは、安全性試験を行うための現在のアプローチは国によって大きく異なり、一般に科学的なメリットがないと主張している。特に、作物育種の進歩により[従来育種](#)と [遺伝子操作](#)の境界が曖昧になっているためである。

論文では、より効果的な枠組みとして、遺伝子組換え作物作成の背後にある方法やプロセスに注目するのではなく、「-オミクス」アプローチを用いて作物自体の新しい特性を具体的に検証することを主張している。[ゲノミクス](#)は、新しい作物品種に予期せぬ DNA の変化がないかスキャンするために使用され、[トランスクリプトミクス](#)、[プロテオミクス](#)、[エピゲノミクス](#)及び[メタボロミクス](#)などの「-オミクス」手

法は、植物の分子組成に対するその他の変化を検査するために使用できる。これらの方法は、新品種から得られる製品が既存の品種からすでに生産されている製品と「実質的に同等」であるかどうかを判断するために、指紋のように使用することができる。

North Carolina State University 特別教授で論文の責任著者である Fred Gould 氏は、現在使われているアプローチ(政府によって異なる)は科学的厳密さに欠けると述べている。「製品に加えられる変更の大きさや DNA の由来は、その変更の結果とほとんど関係がない。トウモロコシのように 25 億の塩基対を持つ作物で DNA の 1 塩基対を変更すると、かなりの違いが生ずる。」と、彼は付け加えました。また、Gould 氏は、「-omics」アプローチは、適切に使用されれば、ほとんどの新品種が規制の必要性を引き起こすことはないため、規制のコストを増加させることはないだろうと述べた。

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

中国での圃場調査により、非標的昆虫に対する遺伝子組換えトウモロコシの安全性が裏付けられた

[中国](#) Jilin 省の Yitong で行われた 3 年間の研究は、2 つの遺伝子組換え [トウモロコシ](#) 品種が圃場の節足動物群に大きな影響を与えないという結論を出し、トランスジェニックメイズの非標的昆虫に対する安全性をより証明することになった。

遺伝子組換えトウモロコシ品種 DBN9868 と [DBN9936](#) は、2015 年から 2017 年まで毎年 6 月から 9 月まで圃場に植え付けられた。DBN9868 品種は PAT と EPSPS [遺伝子](#) を発現し、DBN9936 は Cry1Ab と EPSPS 遺伝子 を発現している。直接観察とトラップを用いて、科学者たちは圃場に存在するさまざまな節足動物の種を記録した。データを解析した結果、以下のことがわかりました。

- 遺伝子組換えトウモロコシと非組換えトウモロコシの節足動物の [生物多様性](#) の差は、異なる従来品種のそれと比べて小さい。
- 地上部に生息する節足動物の群集の差は、植物に阻害される節足動物の群集の差ほど顕著ではなかった。
- 鱗翅目昆虫はトウモロコシ圃場において支配的な集団ではなかった。むしろ、優占する節足動物の個体数は年や月によって大きく変動していた。

この結果は、節足動物の種数に関するこれまでの野外調査と一致していた。科学者たちは、複雑な気候の影響に比べれば、遺伝子組換えトウモロコシが圃場の節足動物群に及ぼす影響はごくわずかであると結論づけた。

詳しくは、以下のサイトの論文をご覧ください。 [Plants](#)

研究のハイライト

ウイルスに対するリンゴの自然な防御機構は遺伝子組換えのメカニズムと非常によく似ている

回復力を高めるために [樹木](#) を遺伝子操作することは、長い間、規制のハードルと世間の反対に悩まされてきたが、University of Manchester の科学者の最新の発見は、この議論に重要な貢献をするものである。

[リンゴラバーウッド・ウイルス](#) (apple rubbery wood virus, ARWV) は、世界中で多くのリンゴの木に感染している。今回の研究で、科学者たちは ARWV の症状が、ほとんどの植物の組織を支える重要な構造物であるリグニンの減少に起因することを発見した。さらに調査を進めると、リグニンの合成を担うフェニルアラニンアンモニアリアーゼ (PAL) という酵素が、ARWV 感染時には植物によって抑制されることがわかった。その結果、リグニンの生合成が減少し、木の枝が柔軟になり、糖分が放出されやすくなるのだ。

University of Manchester の科学者によれば、ARWV がリンゴの木のリグニンを変化させるメカニズムは、科学者が [遺伝子組換え](#) の木でリグニンを変化させてきた方法と非常によく似ているとのことである。これは、遺伝子組換えのように規制されている新しい技術が、自然に起こる事象と類似性を示している証拠である。

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

植物育種イノベーション

BREEDIT; 従来の育種とゲノム編集技術のギャップを埋める技術

VIB-UGENT Center for Plant Systems Biology と Flanders Research Institute for Agriculture, Fisheries and Food (ILVO) の科学者は、人類と環境のために育種プログラムを進めるために、[トウモロコシ](#) の高速 [遺伝子](#) 探索パイプラインを開発した。

[従来の植物育種](#) では、[ゲノム](#) に目的の形質を持つ品種を交配する。成長や収量などの形質は、多くの場合、複雑な遺伝子ネットワークによって制御されている。生育を大幅に改善するためには、育種家は複数の生育刺激特性を組み合わせる必要がある。分子生物学は、農学的形質をゲノム領域ではなく、特定の遺伝子に関連付けるのに役立つ、育種の対象となるゲノムを絞り込むことができる。VIB-Ugent と ILVO のチームは、革新的なゲノム編集技術を用いた育種のためのサポートプラットフォームである BREEDIT を開発した。これは、[CRISPR](#) を介した複数遺伝子の同時編集を、異なる交配スキームと組み合わせ、形質強化に関わる重要遺伝子を特定するパイプラインである。BREEDIT チームは、最大 60 の遺伝子をあらゆる組み合わせで編集する戦略を開発した。Cas9 を発現する親に一度に 12 個の gRNA を導入すると、多重遺伝子編集されたトウモロコシ植物が生成される。異なる gRNA のセットを含む植物との交配スキームを実施することで、農業形質の改善についてスクリーニングできる多様な編集トウモロコシ植物のコレクションを得ることができる。

BREEDIT プロジェクトのリーダーである Dirk Inzé 教授 (VIB-Ugent Center for Plant Systems Biology) は、「BREEDIT は、作物の農学的形質を改善するための有望なゲノム編集を迅速に特定するためのツールを提供してくれる。」と述べている。特に収量などの複雑な形質については、環境の変化に対応するために、ゲノム編集支援育種がますます重要になるだろう。」と述べている。

詳しくは、以下のサイトの論文をご覧ください。 [VIB News](#)

フェニルケトン尿症や腎臓病患者のための低グルテリン米の開発に CRISPR を利用

[China](#) 中国 Jiangsu Academy of Agricultural Sciences と Yangzhou University の研究者は、[CRISPR-Cas9](#) ゲノム編集システムを用いて低グルテリン米を開発した。彼らの研究成果は *Plant Science* 誌に掲載されている。

慢性腎臓病やフェニルケトン尿症の患者は、グルテリン含有量の少ない [コム](#) を摂取することが求められている。そのため、グルテリンの含有量が少なく、食味のよい多収穫米の品種を開発することが、稲作研究者の目標の1つになっている。

研究チームは、CRISPR-Cas9 を用いて、イネのグルテリン生産に関わる最大 7 つの [遺伝子](#) を同時に編集した。その結果、編集した 9 系統のうち 2 系統はグルテリン含量が有意に低く、低グルテリン栽培品種 LGC-1 よりもさらに低減していることが分かった。また、これら 2 系統は、野生型と同様の農学的特性や粘性特性を有しており、低グルテリンイネ育種のための新品種あるいは親材料としての可能性を示している。

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

ゲノム編集作物の第一陣として市場に登場する特殊作物

Rabobank のレポートによると、[ゲノム編集作物](#) の第一陣として市場に登場するのは、果物や野菜など、はっきりとした形質を持つ特殊作物であるとのことだ。これらのゲノム編集作物の発売は、従来品として扱われる国々で開始される見込みである。

報告書によると、特殊作物が最初に市場に出てくる理由はいくつかある。その一つは、より多くの [遺伝子](#) が関与する入力形質と比較して、はっきりとした形質を向上させた品種の開発が容易であることだ。風味、色、栄養素、保存性などのはっきりとした形質は消費者と小売業者の双方に価値をもたらす。 [早熟](#) 耐性、収量の向上、栄養利用効率の改善などの形質は生産者に価値をもたらす。もうひとつの理由は、特殊作物の栽培環境が管理されていることである。その他の作物はオープンフィールドで栽培されるため、より多くの環境要因に影響されるからである。

詳しくは以下のサイトの論文をご覧ください。 [Rabobank](#)

ゲノム編集に関する特記事項

オン・オフスイッチを持つ CRISPR-CAS システムで DNA の代わりにタンパク質を切断する

Delft University of Technology (TU Delft) の Stan Brouns 氏が率いる研究者らは、DNA の代わりにタンパク質を切断する [CRISPR-Cas](#) システムを発見した。この発見により、病原体の RNA 分子を感知するなど、さまざまなバイオテクノロジーや医療への応用が可能になる。

Brouns 氏は、CRISPR-Cas が発見されたとき、ウイルスの DNA を正確な位置で切断することが観察されたと説明している。「しかし、CRISPR-Cas の変異体には、ウイルスの RNA を切断できるものもあることが後に判明した。現在 CRISPR-Cas は、さらに一歩進んで、タンパク質を高精度で切断している。」タンパク質は、細菌を生かしている。CRISPR-Cas システムが切断する際に重要なタンパク質が破壊されると、細菌が休眠状態になり、不必要な休眠は有害となる可能性がある。

Science 誌に掲載された論文の主執筆者である博士課程の学生 Sam van Beljouw は、彼らは今回、切断タンパク質がウイルスの RNA を認識した場合にのみ活性化されることを発見したと述べています。「したがって、細菌は、ウイルスが細胞内に存在する場合にのみ、免疫系を活性化する。我々は今、切断タンパク質がどのように休眠を引き起こすのかを正確に突き止めようとしている。」

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

持続可能な農業のための有機農業とバイオテクノロジーのパートナーシップを推進する専門家

増加する世界人口を養うための時間との戦いにおいて、持続可能な農業を実現するために利用可能なすべての選択肢を活用する必要があります。[ブラジル](#)と[アルゼンチン](#)の専門家は、食糧安全保障を達成するために、[有機農業](#)と作物のゲノム編集を並行して行うことを提案している。

有機農業と農業用バイオテクノロジーは、世間では常に対極にあるものとして扱われ、小規模農家はこれらの2つの農業システムは相容れないと信じてきた。また、有機農業の法的枠組みは、[遺伝子組換え生物](#)の生産システムへの組み入れを、その利点にもかかわらず妨げてきた。

しかし、[CRISPR](#)のようなゲノム編集ツールの出現により、バイオテクノロジーと有機農業は農家と消費者に利益をもたらすパートナーになりうると専門家は考えている。突然変異誘発は自然に起こるかもしれないし、遺伝子選択の長いプロセスを通じて達成されるかもしれない、そして CRISPR-Cas9 は、安全な改良型植物品種を持続的に開発するために、外来遺伝子を導入しなくても植物の発生における重要な特性を誘導を行い、高速で制御された選択肢を提供すると主張している。また、[ゲノム編集食品](#)は伝統的な食品と同様に扱われる必要があり、これらはどのように作られたかというプロセスではなく、製品の特徴に基づいて認識されるべきであると強調した。

CRISPR 技術は、有機農業とバイオテクノロジーの橋渡しをすることができ流布る。このパートナーシップは食糧難を緩和するための基本であり、ゲノム編集の恩恵を有機農家や小規模農家に与えないことは、専門家によれば、計り知れない悲劇であるという。

詳しくは以下のサイトの論文をご覧ください。 [Frontiers in Bioengineering and Biotechnology](#)

EU 農相、地域の食糧安全保障と持続可能性を強化するための植物育種イノベーションに合意

2022年9月16日にプラハで開催されたEU農相の非公式会合では、食料安全保障と、世界の持続可能な食料生産における欧州の農業と食料の役割が主な議題となった。閣僚は、EUが今、農業生産の持続可能な増加を最大化し、[農業における近代的な技術](#)の利用を加速するために行動しなければならないことに同意した。

会議はチェコの Zdeněk Nekula 農相が議長を務め、Janusz Wojciechowski 農業委員、NGO 代表、欧州議会、学者、ウクライナ、グルジア、モルドヴァの農相が出席した。Zdeněk Nekula 大臣は、EU には十分な食料があるが、パンデミックとロシアのウクライナ侵攻により、世界の食料危機は深まって

いると述べた。また、「食糧生産に対する伝統的なアプローチを見直し、新しい近代的な技術を採用する時期が来ているのかもしれませんが。」とも述べました。

農業における科学、技術革新、近代的な植物育種法などが、今回の会合の主な議題であった。閣僚たちは、EU が現代のトレンドの発展にできるだけ早く対応し、イノベーションを妨げないようにしなければならないことに同意した。これはまた、EU が近代的な植物育種法の使用を規制している、時代遅れの法的枠組みの変更も要求している。閣僚によると、この枠組みは欧州の農家を制限するだけでなく、トップレベルの専門家を欧州連合外の国々に導くものだという。

詳しくは以下のサイトのプレスリリースをご覧ください。 [Czech Presidency of the Council of the European Union](#)

2

教科書スタイルの CRISPRPEDIA を公開

Innovative Genomics Institute は、[CRISPR](#) に関するあらゆることを解説した教科書スタイルのオンラインリソース「CRISPRpedia」を無料で提供を開始した。CRISPRpedia は、CRISPR のバクテリア免疫における役割から、ゲノム編集のためのツールとしての開発までをカバーしている。

CRISPRpedia は、基礎研究、医療、農業における CRISPR の応用に関するリソースを提供している。各セクションでは、博士号を持つ科学者が執筆し、Jennifer Doudna 氏をはじめとする CRISPR の専門家が編集したオリジナルのイラストやコンテンツが提供されている。

CRISPRpedia は、上級の高校生から研究責任者まで、誰でも学習や教育に利用することができ、分子生物学の授業にも理想的な教材である。80 点以上のオリジナルイラストは編集可能なベクターグラフィックとしてダウンロードでき、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスのもと非商用目的であれば自由に使用することができる。

詳しくは以下のサイトをご覧ください。 [CRISPRpedia](#)
