

# MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII

## Future of Food

遺伝子編集は食糧危機を救うか？







# CONTENTS

- 001 世界を救うのは  
遺伝子「編集」作物だ
- 004 遺伝子組換えから「編集」へ、  
デザイナー作物は農業の未来を変えるのか？
- 020 茶色にならない  
遺伝子組換えリンゴは消費者にウケるか？
- 024 大豆はOK、肉はNG？  
遺伝子「編集」食品、揺れる規制線
- 030 [フォトレポート]  
光合成を効率化した遺伝子組換え作物
- 037 気候変動に負けないイネを  
「再発明」するパメラ・ロナルド教授
- 045 雄しか産ませない雄牛、  
CRISPR で目指す家畜育種のイノベーション

遺伝子組換え作物の安全性をめぐる議論は、長い間、農業の進化を停滞させてきた。一方、気候変動の影響や人口爆発などのさまざまな要因によって引き起こされる食糧危機問題の解決には、農業分野のイノベーションが鍵となる。そこで注目されているのが、CRISPR や TALEN などの新しい遺伝子「編集」テクノロジーである。遺伝子編集は今後、私たちの食料の未来にどんな影響を与えるのか？ 米国で過熱する規制をめぐる動きと研究者の動きを追う。

遺伝子組換え作物の安全性をめぐる対立は、長らく農業の進化を停滞させてきた。新たな遺伝子編集技術は、多種多様な特徴をもった作物を生み出し、農業の世界にイノベーションをもたらすだろう。

# 世界を救うのは 遺伝子「編集」作物だ

by David Rotman



Roxana Perdue

何十年にもわたる、遺伝子改変された作物の安全性についての不安は、予期しない結果へとつながった。研究機関やスタートアップ企業の植物科学者たちは、新しい遺伝子組換え作物の品種を製作することを大いに敬遠してきた。遺伝子組換え

作物が米国の規制機関から認定されるためには、平均して1億ドル以上の費用と10年以上の年月がかかる上に、遺伝子組換え食品（GMO）という概念は大衆の嫌悪を引き起こすものだからだ。その結果、モンサント（あるいは別名モンサタン



と呼んでもいい) のような大規模な農業バイオ企業や化学薬品製造会社が遺伝子組換え産業を独占し、除草剤や殺虫剤に耐性を持つトウモロコシや大豆を作ること大儲けしている。

この結果は、遺伝子組換え食品批評家らももっとも恐れていたものだった。多くの農場経営者はモンサントのような数社の巨大企業を頼りにしている。そして、このような巨大企業の研究者たちは、消費者のためにより健康的な食品を生産するというよりも、むしろ収益を上げることに重点を置いている。その一方で、巨大企業に所属しない研究者にとって、植物の遺伝子工学は金がかかり、かつリスクが高いものだった。そのため、気候変動や人口増加によって農業にはますます生産性向上の圧力が掛かる一方で、作物育種の進歩が妨げられていたのだ。

そこで、生物医学担当のアントニオ・レガラード上級編集者が「遺伝子組換えから『編集』へデザイナー作物は 農業の未来を変えるのか？」(本書 4 ページ) の中で説明した研究が非常に重要となるのだ。レガラード上級編集者は、ある一

流の植物遺伝学者がいかにかに遺伝子編集を使用して、よりヘルシーな大豆を作出し、その大豆がサウスダコタ州や他の地域で栽培・収穫され始めているかを説明している。一般的に、従来の遺伝子組換え食品では、新しい特性を作り出すために外来遺伝子を植物に注入していた。だが、CRISPR (クリスパー) であれ、あるいはそれよりもやや古い TALEN (タレン) であれ、新しい遺伝子編集ツールでは、そういった外来遺伝子の注入はせず、既存の DNA 配列を微調整するだけだ。そのため、この方法で操作された作物は長々しい規制工程を回避し、GMO を取り巻く汚名を完全に避けることができるのだ。

遺伝子編集は安価かつ強力、そして正確だ。そしてもっとも重要なことは、より多くの植物科学者らが新しい品種を作り出す競争に参加できることにある。虫害に耐性のあるジャガイモや、もっとも美味しいトマト、干ばつに強い米、そして食物繊維をさらに多く含む小麦などを考案することにつながる。市場を代表する傾向にあった、除草剤や殺虫剤に耐性を持つトウモロコシや大豆に比べ

ると、格段に利潤を生みにくいこれらの作物による農業的イノベーションは、これまでほとんど進歩がなかった。はるかに多くの科学者らの手に遺伝子編集を届けることは、健康的で安価な食品を育てるために非常に貴重なツールとなる遺伝子工学の元来のビジョンへと私たちを立ち戻らせ、増加する世界の人口を養うのに役立つかもしれない。

本当にそんなことが起こるのか？ それは大衆の認識による。遺伝子編集は作物を改善するための最先端のツールとして見られるのか、あるいは人造食品を作るためのより簡単で高速な方法として見られるのか？ 前者であることをぜひ願おう。そして、植物科学が完全にゲノミクスの現代へと突入することができ、遺伝子組換え食品の恐怖とモンサタンが陰に置き去りにされることを。✚



# 遺伝子組換えから「編集」へ デザイナー作物は 農業の未来を変えるのか？

by Antonio Regalado

Photo by Matthew Hintz

従来の遺伝子組換えではなく、TALEN や CRISPR といった遺伝子編集テクノロジーを利用した新しい作物が生まれ、まもなく販売されようとしている。

「加速化された品種改良技術」だと主張する研究者や企業に対して、従来の GMO（遺伝子組換え）作物のように規制すべきだとの声も上がっている。

**着** 古したジーンズを履き、サングラスをか  
けたサウスダコタ州の若い農家、ジェイ  
ソン・マックヘンリーの農場を訪れると、マッ  
クヘンリーは大きな穀物タンクの脇にある鋼製  
の階段を上がるよう勧めてくれた。タンクの上  
から中に降りると、大豆がでこぼこの山を作っ  
ている。手ですくってかじってみると、うっす  
らとした甘みがした。

米国の大豆収穫量は年間約 1 億 886 万トン。  
米国の農家にとって畜牛、トウモロコシに次ぐ収  
入源だ。大豆の 90 パーセントは遺伝子組換え作  
物（GMO）である。つまり多くの場合、ある土  
壌細菌から取った遺伝子を加えることで、ラウン

ドアップ（Roundup）と呼ばれる除草剤に対す  
る免疫性が付与されている。

だが、マックヘンリーと私が座っている約 109  
トンの大豆は、「遺伝子編集」で改良された新し  
い種類の植物である。大豆を絞って採れる油を普  
通の大豆油よりもオリーブ油に近くするために、  
あるスタートアップ企業が脂肪酸合成に関わる 2  
つの遺伝子に変更を加えているのだ。

マックヘンリーが初めてこの大豆についての宣  
伝を聞いたのは 2016 年 12 月、サウスダコタ大  
豆加工共同組合の近くのホテルでのことだった。  
セールスマンは農家に対し、「これまででない、  
新しい素晴らしいことが起きています」と言った。



「トランス脂肪酸のことは聞いていますよね？」。トランス脂肪酸は、大豆油に水素を付加して部分硬化させ、固体に変えるときに生まれる有害な脂肪酸のことである。米国政府が禁止して以来、大豆油の市場は縮小を続けてきた（P&Gの食用油クリスコ（Crisco）を思い出してほしい）。トランス脂肪酸をめぐるっては死者も出ている。有害食品なのだ。

遺伝子編集した大豆から採った油はトランス脂肪酸の問題を解決してくれる可能性がある。水素を付加する必要がないからだ。マックヘンリーが聞いたところによると、農家がこの大豆を植えることは、スーパーの棚を低カロリーのギリシャヨーグルトや健康に良い食材で埋めたり、環境にやさしい包装を使ったりする革新的な流れに参加することになるという。さらに、1ブッシェル（約27.2キロ）あたり数十セントの収入増にもなる。「多少のお金にもなります。素晴らしい経験もできます。革命に参加することにもなります」と話すのは、トマス・ストダードだ。生物学者から種子セールスマンになったひよろつとした男は、私

と一緒にマックヘンリーの農場を訪れていた。

自らの意思で農業を選び、借金を負い、土地を手に入れたばかりの農家であるマックヘンリーにとっては、この宣伝文句が正しいものに思えた。ラウンドアップ耐性のある大豆はマックヘンリーの父親が栽培しているものの、高いコストがかかっていたし、ラウンドアップはタンブルウィード（回転草）には効かず、人間の腰の高さまで成長するようになっていた。しかも、「市場全体を見ると、ヨーロッパと中国は遺伝子組換え作物を疑問視しています」（マックヘンリー）。「消費者が求めるものを作らなければなりませんし、農家としては他の生産者との差別化も図らなければなりません。もし狙っている市場にこの先なくなる可能性があるなら、別の案を考えなければならぬのです」。

新しい大豆を作ったのは、カリクスト（Calyxt）というスタートアップ企業だ。ストダードが働くカリクストはミネアポリスの近くにあり、マックヘンリーの農場からは高速道路90号をほぼ真西におよそ480キロほど行ったところにある。カ



## These Are Not Your Father's GMOs



サウスダコタ州のジェイソン・マックヘンリーは遺伝子編集で作られた大豆を栽培している

リクストの温室では毎週、数千もの植物が遺伝子編集によって改変されている。遺伝子編集の優れている点は、外来 DNA を含まないデザイナー植物を作れることだ。遺伝情報の断片を加えたり切り取ったりする遺伝子編集の技法は、結果として

は従来の品種改良と似ているものの、達成までの時間はずっと早い。もっとも重要なのは、ある大豆の形質が気に入り、それに対応する遺伝的指令が分かっているならば、遺伝子編集ならを1回の分子的操作でその形質を他の大豆に移せることだ。

多くの科学者は、耐乾性があり、病気への免疫性を持ち、味の良い植物を短期間で作り出せる新しい手法として、遺伝子編集に無限の可能性を感じている。スーパーで買ったトマトがおいしかった？ だとすれば、在来種をおいしくする風味遺伝子を科学者が復活させたのかもしれない。穀粒の数が倍もあるトウモロコシはどうかって？ 科学者は、もし自然の摂理が許してくれるなら、遺伝子編集で作出できるかもしれないと信じている。

**現在までのところ、市場で成功した遺伝子組換え作物はすべて、農地 1 エーカー当たりの収量を増やすことを目的としてきた。「健康的な」食品を宣伝・販売するのは難しい注文だった。だが、もし遺伝子編集された作物が「GMO」という烙印を避けられれば、状況は変わるかもしれない。**

遺伝子編集が産業界に興奮を巻き起こしている理由はもう 1 つある。米国農務省はこれら新種の植物は「規制対象品目」ではないという結論を出したのだ。理由は法の抜け穴にある。農務省の規制は、バクテリアのような植物病原菌またはそれ

らの DNA を使って作出された遺伝子組換え作物だけに適用される。つまり、カリクストは、遺伝子組換え作物に必要な許認可も検査も安全性試験もなしで大豆を商品化できるのだ。種子会社が遺伝子組換えで 1 つの新種を作出して農家に届けるまでには平均して 13 年、1 億 3000 万ドルがかかっている。カリクストはそれらを少なくとも半分に削減できると期待している。

遺伝子組換えに反対の立場の人にとって、規制を受けない新種の作物は恐怖だ。彼らは長年に渡って遺伝子組換えは安全でない可能性があるかと主張し、反対してきた。遺伝子組換えによってアレルギーを起こしたり、毒を持った蝶が現れたりしたらどうするのか？ カリクストのような企業は異なる種の DNA を使わずに新しい植物を作れることから、安全性を巡る攻防は変わってきている。カリクストらは、遺伝子編集は単に「加速化された品種改良技術」だと主張できるからだ。

批判的な立場の人にとって、人工的に作り出し



## These Are Not Your Father's GMOs



ミネソタ大学の遺伝学者、ダン・ボイタスは遺伝子工学によって新しい植物を開発している。「ランプに閉じ込められていた魔神がランプから出たのです」

た植物を「自然のもの」に再分類することはあり得ない話だ。「許認可の要件を満たさなくてよいとするなら、農業における遺伝子組換えについて再び争うこととなります」と話すのは、環境問題のロビー活動をしている非営利団体、ETCグループ(ETC Group)のジム・トマス代表だ。「カリクストなどにとっては夢のようなことでしょう。遺伝子組換えの定義を自ら作り、遺伝子編集が定義に含まれないようにしているのですから」。

ミネソタ大学の遺伝学者、ダン・ボイタスは遺伝子工学によって新しい植物を開発している。「ランプに閉じ込められていた魔神がランプから出た

のです」という。

政府機関や食品団体を説得する努力はすでに地球規模に達している。ニュージーランドは新種の植物は結局は遺伝子組換えだという決定を下し、米国農務省内の有機作物諮問委員会も同様の決定をした。オランダとスウェーデンは遺伝子組換えではないと判断した。中国はどちらとも語らない。EUはまだ決定ができていない。世界の穀物輸出において、最終的に数十億ドルが行き先なく宙に浮く可能性がある。

反対論者は法律も規制もラベルも変えるよう戦う準備があるという。「私たちの立場はずっと一



## These Are Not Your Father's GMOs



ミネアポリスの遺伝子編集スタートアップ企業、カリクストの温室では新種の植物が人工照明の下で育っている

貫しています。今回も遺伝子組換えの一種なので、これまでと同じ対応をすべきです。つまり安全性を評価しなければなりません」と話すのは、コンシューマー・レポート誌を発行するロビー活動団体「消費者ユニオン (Consumers Union)」の科学者、マイケル・ハンセンだ。「この問題がすぐに解決するとは思えません」。

ミネアポリスの遺伝子組換えスタートアップ企業、カリクストの温室ではデザイナー植物が人工照明の下で育っている

マックヘンリーはこうした議論があることをすでに受け入れている。マックヘンリーは自身の所有する一連の穀物タンクを指さしながら、中の大豆が遺伝子組換えかどうかを順番に教えてくれた。カリクストの大豆がいっぱい入ったタンクは、マックヘンリーによれば「遺伝子組換えではありません」。「私にとって、遺伝子組換えとは外部の生物を植物に追加したものです。私の知る限り、この大豆には異なる種の DNA は加えられていません。人生を楽に生きるスイッチが見つかったよ



**eムックは、MITテクノロジーレビュー  
有料会員限定サービスです。  
有料会員はすべてのページ（残り43ページ）を  
ダウンロードできます。**

**ご購入はこちら**



**<https://www.technologyreview.jp/insider/pricing/>**

No part of this issue may be produced by any mechanical, photographic or electronic process, or in the form of a phonographic recording, nor may it be stored in a retrieval system, transmitted or otherwise copied for public or private use without written permission of KADOKAWA CORPORATION.

本書のいかなる部分も、法令または利用規約に定めのある場合あるいは株式会社 KADOKAWA の書面による許可がある場合を除いて、電子的、光学的、機械的処理によって、あるいは口述記録の形態によっても、製品にしたり、公衆向けか個人用かに関わらず送信したり複製したりすることはできません。