

第2回佐倉サイエンスアカデミー 「ゲノム編集作物とSDGs」

筑波大学 生命環境系 教授
筑波大学 理工情報生命学術院 学術院長
筑波大学 つくば機能植物イノベーション研究センター 特別教授
江面 浩 先生



様々な目的に合わせた品種を作り出す品種改良の方法の一つとしてゲノム編集技術があります。ゲノム編集作物として世界に大きなインパクトを与えた「GABA 高蓄積トマト」の開発～普及に尽力され、現在もゲノム編集技術の可能性を追求されている江面先生から「ゲノム編集作物とSDGs」についてお話しいただきました。

ゲノム編集作物とSDGs

「SDGs (Sustainable Development Goals) : 持続可能な開発目標」とは、貧困、紛争、気候変動、感染症など今私たち人類が直面している多数の課題と戦いながら、持続的な安定した生活をしていくために立てられた2030年までに達成していきましょうという17の国際目標です。

この中でゲノム編集技術、ゲノム編集作物あるいは植物はかなり貢献できる部分があります。例えば、目標1の貧困の戦いでは、色々な所で作物を安定して生産できるようになり、収入が安定して手に入るようになるというところで貢献できると思います。目標2の飢餓では、作物をより沢山改良し、安定して作り易くすることで食料を増やしていくことに役立つと思います。目標3の健康と福祉では、機能性のある農作物を作っていくことで、医療と合わせて日々の食、食べ物を通して健康に貢献できるのではないかと思います。目標7のエネルギーでは、バイオマス植物をどんどん作ってエネルギーや生活必需品に変えていこうという動きがあります。この時に植物を加工しやすい形に改変することが必要ですが、ゲノム編集技術が役に立つと期待されています。目標12の持続可能な消費と生活では、日持ちの良い農作物を作り、できるだけ食べ尽くすことで貢献できると考えています。その他陸上には色々な資源がありますが、必ず植物は関わってくるため、ゲノム編集技術の果たす役割はますます増えていくのではないかと思います。もちろんゲノム編集だけで色々な植物の改良が進むとは考えていませんが、重要な技術の1つとしてこれから使われていくのではないかと考えています。

ゲノム編集技術とは

ゲノム編集技術は標的とする遺伝子に狙って突然変異を入れるという技術で、今まで様々な技術が開発されています。現在までに第1世代、第2世代、第3世代とゲノム編集技術がいくつか開発されていますが、世代が進むに従って使いやすく、色々な生物種に適用できるようになってきています。ゲノム編集技術の第3世代はCRISPR/Cas9というもので、現在世の中で一番よく使われています。特にライフサイエンス医療の分野、農業の

品種改良の分野などで非常に多くの研究開発が始まっています。CRISPR/Cas9技術を開発されたシャルパンティエ教授とダウドナ教授のお二人は2020年にノーベル化学賞を受賞されました。最近のノーベル賞は人類の未来に役に立つような技術が多くなっているため、ゲノム編集技術も人類の未来に役立つ技術の一つであると世界的に認められたのではないかと考えています。

ゲノム編集技術 CRISPR/Cas9 の基本的な研究開発のパーツは九州大学の石野先生が世界で初めて発見されましたが、機能等が分からずそのままになっていました。そこで先ほどのお二人が CRISPR/Cas9 という技術に作り上げました。この技術を私達が世界に先駆けて初めて農作物に利用し、昨年には実際に商業化まで進む事ができました。日本が世界に先駆けて行った活動であり、技術の入口と出口が日本と非常に強く関わっている技術であると感じただけならと思います。

元々野生の植物は美味しくなく、量も取れず、栽培が難しいため、我々はほとんど食べることができません。日ごろ我々が食べている農作物は、自然突然変異という形で食べやすい、人が面倒を見れば作りやすいという性質が現れてきたものを選び、その突然変異を品種改良の中で集積したものであることが、ここ数十年間の全ゲノム解読の結果わかってきました。

農作物を改良する際に突然変異をいかに利用するかというのが非常に重要な鍵となります。ターゲット突然変異には、遺伝子組換え技術とゲノム編集技術があります。遺伝子組換え技術は、遺伝子研究から分かった遺伝子を元の作物に足し、新たな性質を与えるという技術ですが、ゲノム編集技術は元々生き物が持っている遺伝子のパフォーマンスを上げる技術であり、遺伝子は足していません。遺伝子組換えとゲノム編集技術はここが大きな違いで、元々持っている遺伝子に突然変異を誘発すると考えると、ゲノム編集技術は自然突然変異やランダム突然変異と同じであると考えられています。

ゲノム編集技術により開発され、利用が始まった作物

一つは、アメリカの会社が TALEN という第2世代のゲノム編集技術を使ってオレイン酸の割合の多い高オレイン酸ダイズというのを作りました。この大豆の油は酸化しづらく、非常に体にいいと言われていますが、生産量がまだそれほど多くないため、アメリカではレストラン

ンやケータリングを中心に利用が拡大しており、2019年には業務用を中心に供給が開始されています。

2つ目に GABA というアミノ酸を高蓄積したトマトで、CRISPR/Cas9 という技術を用いて世界で初めて商業化に至った農作物です。食べられる状態になったのは2020年ですが、2021年に実際に市販が始まりました。

3つ目はグリーンヴィーナスというアメリカの企業が開発した褐変しにくいロメインレタスです。かなり作付が進んでおり、今年度ぐらいから本格的に利用が始まっています。レタスが褐変しにくくなるという自然突然変異をゲノム編集技術 CRISPR/Cas9 を使って再現したことで、色々なレタスの日持ちを良くすることができるようになりました。

現在様々な作物で研究が行われていますが、実際に今我々が食べることでできる農作物はこの三種類です。

トマトの中で GABA というアミノ酸がどのようなメカニズムで蓄積され分解されるのかという基礎研究に10年ほど付き合わせていただき、トマトでの GABA の代謝経路を明らかにし、特に GAD という酵素が GABA を蓄える上で非常に重要な働きをしていることを突き止めました。我々はゲノム編集技術を用いて GAD を常に活性状態にし、GABA の合成量を上げようと考えました。結果として、酵素活性を抑制する信号の直前に狙って突然変異を入れることで、酵素活性を抑制しない突然変異体ができ、GABA の蓄積量を元の系統よりも大幅に増やすことができました。今我々が食べているトマトはハイブリッド品種、F1 品種と呼ばれ、二つの親系統を交配して作った子供系統の果実です。片方の親を高 GABA 蓄積系統にするとその F1 品種も GABA 高蓄積になるのではないかと予想し、実際に高 GABA 系統と他の親系統を交配して F1 系統を作りました。F1 系統の GABA 蓄積量を調べた結果、通常より約 4~5 倍量の GABA を含んでおり、大体生のトマト 1g に GABA 1mg を含んでいます。

CRISPR/Cas9 を使って実際の商業品種を作りたいと思いましたが、CRISPR/Cas9 には基本特許が五つあり、そのうち 3 つは植物に関係する基本特許です。CortevaAgri サイエンスという会社の Agri 部門がこの三つの特許を集積していることがわかりました。そこで、サナテックシード株式会社を設立し、CortevaAgri サイエンスから商業ライセンスを受け、2018年にまず第1弾として GABA 高蓄積トマトの開発と社会実装を開始しました。

ゲノム編集技術を使って我々サナテックシードが権利を持っている F1 品種の親の高 GABA 系統ナンバー87-17を開発しました。さらに、純系のナンバー87-17ともう1つの親を交配して F1 品種を開発しました。これが CRISPR/Cas9 技術を使って開発した世界初のゲノム編集トマトで、シシリアンルージュハイギャバという名前で上市を開始しています。1個が約 10g から 20g で、大体 1 個で GABA の健康効果が期待できるのではないかと思います。

ゲノム編集作物の利用に向けて

開発したシシリアンルージュハイギャバをより多くの

方に届けたいと考え、国の各種手続き、安全性確認が終わった後に、家庭菜園でトマトを育てる皆さんに苗や肥料などをお配りして新しいトマトに触れていただきました。育てていただいている間、皆さんの生の声を聞く LINE グループを作り、直接意見交換や栽培指導、料理コンテストをさせていただきました。昨年1年間非常に楽しく活動を行い、トマトを実際に利用したいという皆さんがいることを実感した次第です。

ゲノム編集作物は日本の制度では届出が任意で、開発当初は誤解を招く報道もでしたが、日本の法律では、開発した人が厚生労働省、農林水産省に対して食品として安全かどうか確認を取り、それから生物多様性、環境への影響がないかという確認も取ります。このように届出の前に第三者の専門家の皆さんによって、食品としての安全性や環境への安全性の確認がしっかりとれたものが届出されています。

我々が開発したトマトは、遺伝子組換えではなく、従来の突然変異種で作ったものと同等であるという判断になってきているため、食べることも栽培することも可能です。我々のトマトも通常のトマト作物と同等であるという扱いを受けており、役所にも認められているため、世の中に出すにあたって商品の表示は義務ではありません。しかし、最初に世の中に出ていく新しい技術を使った作物ですので、ゲノム編集技術で品種改良をしていること、厚生労働省と農林水産省に届出をして安全性の確認が取れているという情報を入れた表示を行っています。

実際に今では契約農家で作っていただいた生のトマトを通信販売しており、レストランでもトマトを使った料理が提供されています。また、加工食品も作ってほしいという意見から、トマトピューレを作り販売を開始しました。このように少しずつですが、新しい技術を使った作物が世の中に出て行っているという状況です。

私の最後のメッセージとなりますが、ゲノム編集技術によって農作物のピンポイント改良を高速にできるような時代が来ました。食べ物は非常に保守的なので、今まで食べていたものをなるべく食べたいと思うものですが、作物を病気に強くしたい、もう少し味を良くしたいというときには、ゲノム編集技術を使って高速に狙った形質のみを改良できます。この技術はノーベル賞にもなった技術なので、みんなで知恵を絞って SDGs の達成のために使っていきましょう。

○講師・江面 浩

1983年筑波大学第二学群生物学類卒業、1993年北海道大学博士(農学)取得。茨城県園芸試験場技師、茨城県農業総合センター生物工学研究所技師、イギリス John Innes Centre 分子遺伝部客員研究員、茨城県農業総合センター生物工学研究所主任研究員、筑波大学農林学系遺伝子実験センター助教授、筑波大学大学院生命環境科学研究科遺伝子実験センター教授を歴任。2008年より筑波大学遺伝子実験センターセンター長。2014年より筑波大学大学院生命環境科学研究科研究科長。2017年より筑波大学つくば機能植物イノベーション研究センターセンター長、2022年4月より同センター特別教授。2016年より日本学術会議連携会員を兼務。2022年4月より筑波大学理工情報生命学術院学術院長(現在まで)。

農業技術協会川島賞優秀論文賞、(財)日本発明協会全国発明賞 21世紀発明奨励賞、日本植物細胞分子生物学会学術賞、日本植物バイオテクノロジー学会特別賞などを受賞。