

基調講演

①「ゲノム編集食品って何だろう？」

小泉 望 氏（大阪府立大学生命環境科学研究科・教授）

【スライド1 タイトル】

【スライド2 ゲノム編集食品に対する態度】

科学コミュニケーションあるいはリスクコミュニケーションの分野に長らく関わっています。アンケートや複数の座談会から見えてきたことですが、多くの方が「普通の食べ物」、「今までの食べ物」、「自然の食べ物」がいいという考えをお持ちだということが分かってきました。ゲノム編集技術が革新的と言われるとかえって不安に感じられるということのようです。直感的には、そういう感じ方はよく理解できます。

一方、キャベツ、ブロッコリー、カリフラワーのように馴染みの深い野菜は、全て元々はキャベツの原種、野生種から生まれています。また、ゲノム編集を使わないでも、新たなトマトが次々に登場しています。それらは全て人間に品種改良されて出てきます。よって、何をもって「普通」とか、「今まで」とか、あるいは「自然」と言うのかは難しいです。その定義付けは簡単ではありません。私達が食べている物は品種改良、育種の過程を通して、人間の手で変えられてきたということは認識しておく必要があります。

それから、主にメディア報道の影響が大きいと思いますが、後でお話しします「オフターゲット」と関連しますが、「予期せぬ変異によって起こること」に関して不安を抱く方が多いようです。「従来育種」でも「予期せぬ変異」はたくさん起こります。ですが、これらは問題視されず、ゲノム編集の場合だけ、ことさら取り上げて議論するのはどうなのかなど、個人的には違和感を持っています。

【スライド3 従来育種⇒遺伝子組換え⇒ゲノム編集】

「従来育種」、「遺伝子組換え」、「ゲノム編集」の歴史的な目で見てみます。「従来育種」にはいろいろあり、人類が定住生活を始めた数千年前から、偶然と選択、選抜で、様々な作物を栽培できるようにしてきました。20世紀に入るとメンデルの法則が認識され、計画的に人工交雑が可能になり、あるいは放射線や化学物質による突然変異も使われるようになり、様々な品種が作られるようになり、現在に至ります。これらの技術には、特に規制がなく、大きな論争もなく、議論もありません。1990年代、20世紀紀末に「遺伝子組換え」が登場します。「遺伝子組換え」に関しては大きな論争があり、今も続いています。それと「従来育種」に比べて「遺伝子組換え」の場合は大きな厳しい規制が設けられています。そして21世紀に入り、まさに今、「ゲノム編集」が登場し、実用化が去年の秋から始まっています。規制は、ルールが整備されましたが、多様な見方、見解があります。

【スライド4 毒を作らないジャガイモ】

ジャガイモの例で、「ゲノム編集ができること」を紹介します。ジャガイモの芽には、ソラニン、チャコニンという毒があります。ソラニンは複雑な構造で、腹痛やえぐみの原因です。普通のジャガイモは、ソラニンを芽あるいは葉に貯めますが、ゲノム編集で、一連の酵素反応の中で重要な役割を果たす「SSR2」という酵素の遺伝子を働かなくして、ソラニンを減らすことができました。

【スライド5 ソラニンおよびチャコニンの量が劇的に減少】

「SSR2」の遺伝子を破壊した植物では、ソラニンあるいはチャコニンの含量が減少しています。遺伝子を潰しているのに「ゼロ」にならないのは、「SSR1」という、よく似た働きをする酵素の遺伝子が残っているからです。普通に植物は成長し、イモもできます。ジャガイモは「4倍体」であり、染色体が普通の植物の2倍あり、全部で4セットの遺伝子があります。それを全て働かなくすることは、ゲノム編集技術を使わなければならない、いわゆる従来育種ではほぼ不可能だったとのこと。

【スライド6 DNAの二本鎖切断と修復】

ゲノム編集技術の仕組み、DNAの二本鎖切断と修復について述べます。生物の細胞の中には必ず2本の鎖からなるDNAがあり、放射線、自然放射線により切断を受けることがあります。DNAが切断されると細胞は生きていけないので、生物はこの切られたDNAを修復する機構を、元々メカニズムとして備えています。そのメカニズムは、大きく2つ「非相同末端再結合」と「相同組換え」に分かれますが、現在使われているゲノム編集はほぼ「非相同末端再結合」に依存しています。

DNAが2本鎖切断を受けると、再結合しようとはしますが、その過程で変異が起こることがあります。100%うまくいくとは限りません。この仕組みを利用するのがゲノム編集です。放射線で2本鎖切断が起こるが、これはランダムに起こります。しかしゲノム編集は、狙って特定の場所を切断できる点が違う所です。

【スライド7 人工DNA切断酵素によるDNAの二本鎖切断】

この「DNAを狙って切断できる」のがゲノム編集の強みです。この2本鎖切断をする「人工DNA切断酵素」を細胞の中で働かせて特定のDNAの配列を切断します。多くはこの3つ（ZFN、TALEN、CRISPR/Cas9）がありますが、先ほど紹介したジャガイモの場合はTALEN（タレン）というものを使っています。それからCRISPR/Cas9（クリスパー・キャスナイン）は2020年ノーベル化学賞を受賞していますが、この後お話があるトマトとかタイでは、この技術が使われています。よくゲノム編集の説明ではハサミがDNAを切っているイラストがありますが、ハサミの役割をこの人工DNA切断酵素が果たします。CRISPR/Cas9の場合は、Cas9がハサミです。

【スライド8 従来育種とゲノム編集とオフターゲット】

「オフターゲット」について説明します。狙った箇所を「オンターゲット」と呼びますが、そうではない遺伝子の場合を「オフターゲット」と呼びます。ゲノム編集ではオフターゲット変異の可能性は非常に低いですがゼロではありません。ゼロではないが、これは、性質を固定する過程で除くことができます。元の株を交配して、交雑してその子孫を見ていくとある程度の確率で同じような遺伝子の構成をした物を取ることができます。ただ、従来育種では必ずオフターゲットを除くわけではなく、特に問題がなければオフターゲット変異という物を除く必要はない、と考えられます。

【スライド9 遺伝子組換え作物】

遺伝子組換え作物について述べます。遺伝子組換え作物は1996年からアメリカで栽培されています。今では世界の耕地の10%以上で栽培されていますが、日本での商業栽培はありません。例として、害虫抵抗性トウモロコシは、日本では年間1千万トン以上輸入消費しています。このトウモロコシはBtタンパク質と呼ばれる微生物が作る殺虫性のタンパク質の遺伝子を導入してあり、害虫はこのトウモロコシを食べて死んでしまう。よ

って、きれいな実が採れます。このBtタンパク質は、生物農薬として有機栽培にも使うことが認められていて、人畜無害であることが明らかにされています。

【スライド10 従来育種・ゲノム編集と遺伝子組換え】

DNAレベルの変化を復習します。「従来育種」と「ゲノム編集」では、どちらも元々ある遺伝子に変異が起こります。一方、「遺伝子組換え」では、多くの場合、他の生物の遺伝子が導入されるので、遺伝子の数としては一つ増えるということになります。

【スライド11 従来育種と遺伝子組換えとゲノム編集】

改めて3つの育種方法を比べます。遺伝子の変化の観点では、「従来育種」と「ゲノム編集育種」ではその生物のDNAの範囲内での変異しか起こらない。ただ、「ゲノム編集」では効率よく狙った遺伝子に変異することができます。技術の特徴として、「従来育種」とは長い歴史があり、今もとても重要な技術で、今後も使われていくと思います。

遺伝子組換えは「外来遺伝子入る」ことで、ゲノム編集や従来育種ではできないことができるようになります。例えば、害虫抵抗性トウモロコシは、遺伝子組換えだからこそできることです。ただ、遺伝子組換えの場合は、安全性審査があります。一方、従来育種に関しては安全性の観点から特に規制はなく、遺伝子組換えには厳しい規制があります。ゲノム編集に関しては、事前相談、届出というルールが2019年秋に定められています。

【スライド12 ゲノム編集食品の取り扱いルール（事前相談／届出）】

ゲノム編集の取り扱いについて述べます。まず、遺伝子組換え食品の場合は、申請者が厚生労働省に申請し、その後、食品安全委員会の審査を経て実用化に至ります。ゲノム編集食品の場合は、申請者は厚生労働省に事前相談をおこなって、ここで厚生労働省が、「これは遺伝子組換え食品に相当します」と言うと、安全性審査が必要となり、一方、「遺伝子組換えではない」と言うと、いわゆる安全性審査は必要なく、届出という実用化になります。

しかし、届出といっても簡単ではなく、事前相談で、組換え体でないこと、安全性の評価、オフターゲットの有無の調査などが求められます。この届出は義務ではなく、そのことがしばしば議論を呼んでいます。なぜ義務でないかということ、ゲノム編集の産物は、従来育種の産物と本質的に違いがないことから、リスクも違いがあるとは考えられません。さらに見分けがつかないということです。よって、規制対象にもできないということになります。「従来育種と同じなのだったら、取り扱いルールを設けなければいい」という意見もありますが、この仕組みは、ゲノム編集に懸念を持たれる消費者の方への配慮だと認識しています。この後お話されるサナテックシードさん、リージョナルフィッシュさんも届出をしています。

「表示」も義務ではありません。義務でない理由は、やはり従来育種の物と区別がつかないからです。従来、「流通過程を全て記録したらいいじゃないか」という声もありますが、コストも含めて、現実的ではないと思います。とはいうものの、消費者の中には、選択のために表示を求める声があることも事実で、サナテックシードさん、リージョナルフィッシュさんは、それぞれ積極的に情報提供をされていると伺っています。