季刊

# くらしと協同

2019 冬号 No.31

特　集

## 多様な立場から考える食の科学技術
## ―ゲノム編集技術に着目して―

総　論

## 科学技術とどのように向き合うか

わたしたちのくらしと科学技術　―その発展過程と向き合い方の変遷―

科学技術と共存していくために　―「身近なもの」から「深く」考える―

くらしと協同の研究所

# INDEX

# 多様な立場から考える食の科学技術 －ゲノム編集技術に着目して－


**巻頭言**

人間は生きものであることの再認識 ……中村 桂子　1

**総論　科学技術とどのように向き合うか** ……2

01　わたしたちのくらしと科学技術 －その発展過程と向き合い方の変遷－ ……佐藤 靖　3

02　科学技術と共存していくために－「身近なもの」から「深く」考える－ ……藤原 辰史　13

**特集　多様な立場から考える食の科学技術 －ゲノム編集技術に着目して－** …… 23

01　「運命共同体」で育てる「海援鯛」……青木 美紗　24

02　消費者の視点からゲノム編集食品を考える
　　―食の安全に対する生活クラブの取り組み ……浮網 佳苗　30

03　ゲノム編集技術を利用した食品の規制 ―環境、食品安全、表示について― ……森田 満樹　36

04　開発者からみたゲノム編集食品 ……柿原 真奈　44

05　ゲノム編集技術の考え方と農産物への応用に向けて
　　～日本における研究・開発の最前線に聞く ……山野 薫　52

**くらしと協同をたずねて**

01　時間が「醸す」食品づくり ―飯尾醸造のお酢造りの取り組みから ……片上 敏喜　58

**書評**

01　『売り渡される食の安全』
　　山田 正彦 著 ……藤原 厚作　62

02　『ゲノム操作・遺伝子組み換え食品入門』
　　天笠 啓祐 著 ……大槻 崇子　64

投稿規程 …… 66

バックナンバー／編集後記 …… 67

巻頭言

# 人間は生きものであることの再認識

**中村 桂子**（JT 生命誌研究館 館長）

私の専門は生命誌（Biohistory）。「人間は生きものであり、自然の一部である」というあたりまえのことを基本に置く生き方を考え、さまざまな提案をしています。

人間は生きものだなんて、幼稚園の子どもでも知っているあたりまえのことです。でも、今の社会は、それを基本にしてつくられてはいません。進歩・成長を求め、大切にされる価値は「便利」です。便利は、速く効率よくできること、手が抜けること、思い通りにできることをさし、これを科学技術が生み出した機械が支えます。徒歩から始まった東海道の旅が新幹線で移動するまでになった歴史を考えれば、便利のありがたさがわかります。

ただここに問題があります。生きるということは、過程であり、手をかけることに意味があり、しかも思い通りにならないところがたくさんあるものです。つまり「便利」とは相容れません。私たちが生きものであり、食べものも生きものであることを考えると、食べものに関しては、「便利」だけで考えてはいけないという答が出てきます。現代社会はそこを忘れて、食べものに関わる農業、食品産業、調理などを「便利」の中で考えてきたのではないでしょうか。食品を商品としてだけ見て、高い生産性、経済性だけで考えてきたように思います。

「人間は生きものである」「食べものも生きものである」というあたりまえのことに眼を向けませんかという呼びかけは、現代社会を根本から考え直すという大変なことにつながるのです。出発点は、食べものは自分が暮らす土地でその土地に合ったもののよさを充分生かしてつくり、食べるシステムをつくるところにあります。これも本来あたりまえのことですが、今それがとても難しくなっていることは誰もが認めるところでしょう。21 世紀ですから、複雑な気象の動きに AI で対応するとか、ゲノム編集を生かして扱いやすく、美味しい、栄養価の高い品種をつくるなど、科学技術の活用はできます。大事なのは「便利さ」だけを求めて、人間も食べものも機械ではないというあたりまえのことを忘れないことです。科学技術が悪者なのではなく、私たちの考え方が生きものから離れ、効率や経済性だけから事を判断してしまうところに問題があるのです。ここを考え直すこと。食品と科学技術についての課題です。

AI とゲノム編集という技術は、私たち人間に大きな判断を求めています。効率性、経済性だけを求めてこの技術を使っていくのか。あくまでも「人間は生きものである」ということを基本に、効率でなく過程を大切にし、子どもや作物などの生きものに手をかけることに喜びを見出す生き方をよしとしたうえで、これらの技術と向き合うのか。選択の時です。長い間生きもの研究をしてきた者としてそう思わざるを得ません。政治・経済は前者で動いています。生活者である私たちが考え、動くしかありません。科学技術に振り回されず、それを使いこなす生きものである人間として生きることを選びたいならば。

総論

# 科学技術とどのように向き合うか

## 1. わたしたちのくらしと科学技術ーその発展過程と向き合い方の変遷ー
佐藤 靖

## 2. 科学技術と共存していくためにー「身近なもの」から「深く」考える
藤原 辰史

現代社会において、科学技術の成果は広く社会に浸透し、人々の生活に影響を与えている。例えば、バイオテクノロジーのような生物学の知見をもとにして培われてきた科学技術は、醸造や発酵の分野はもちろん、農作物の品種改良、創薬・再生医学など多岐に渡って活用されている。

こうした科学技術は人類の未来に資するものであるという考えのもとで開発されてきた一方、副作用として環境問題や戦争などの数多くの問題をもたらしてきた。科学技術が及ぼす影響は、社会や人々の生活のあらゆる場面で垣間見られ、環境の持続可能性や倫理・尊厳などの問題に密接に関わっている。

しかしながら、日々の生活の中でこうした科学技術について考える機会や実感する機会は多いとは言い難い。科学技術のあり方や科学技術の研究開発のされ方については、科学技術に関係する立場の人々と、科学技術を享受する立場の人々との双方がコミュニケーションを取って、「多様な立場」から科学技術についてまなざしを向けていくことが重要であると考えられる。

科学技術に「絶対」はなく、今、安全であると判断される技術でも、時を経て、安全ではなかったとわかることや、科学技術が開発された当初とは「思いもよらない」（想定外の）方向へと進むことで、甚大な被害をもたらすことがある。そのため、科学技術の進歩には「できるだけ多くの人々」が自身の「生活に関わりあるもの」として捉えられるように、オープンにして話し合える場を整えていくことが肝要であると考えられる。

総論はこうした科学技術との向き合い方について考える企画として、佐藤靖氏には科学技術の今日までの発展過程について、また藤原辰史氏には科学技術がこれまでとこれからの食のあり方にどのように関わるのかということについて、示唆を富む内容を述べて頂いた。本号を通じて進歩する科学技術と、生活との接点について見つめ直してもらうきっかけになれば幸いである。

（本研究所研究員　片上 敏喜）

総論　科学技術とどのように向き合うか

# わたしたちのくらしと科学技術
## ―その発展過程と向き合い方の変遷―

**佐藤 靖**
**新潟大学教授**

聞き手：山野 薫（一般社団法人農業開発研修センター嘱託研究員）

**【山野】**本日は、今や私たちの生活には欠かせないものとなった「科学技術」についてお話を伺いたいと思います。

「科学」や「科学技術」という言葉は少し漠然としており、その意味するところを正確に捉えるのがやや難しい表現です。

**【佐藤】**科学技術の定義は、よく論争になります。定義論争も価値あるものですが、私の場合、定義にはあまりこだわらず、通念的な理解に従って科学技術をとらえ、その意味や行方について、歴史的な流れや構造、全体像を押さえつつ論じることを重視しています。

**【山野】**　現在の私たちの生活との関連を考えると、特に焦点を当てる部分は第二次世界大戦後になるでしょうか。

**【佐藤】**もちろん、戦前の積み上げやそれらとのつながりがないとこれだけの発展もありませんでした。例えばコンピューター技術の場合、戦前からアナログコンピューターや事務用機器の発展があり、それが戦後の技術的飛躍の基礎になっています。その上に戦時中から戦後にかけての巨大な投資があって、現代のコンピューター技術が花開きました。

ただ、戦後の科学技術の発展は国家の仕組みに支えられていたという重要な特徴があり、今回はひとまず第二次世界大戦後に区切って整理したいと思います。

## 戦後の科学技術の発展におけるターニングポイント

**【山野】**先生が今年６月に出版された『科学技術の現代史　システム、リスク、イノベーション』(中公新書)によると、ヨーロッパや日本が飛び抜けていた部分もあるけれど、科学技術を主に牽引してきたのはアメリカだということですが。

**【佐藤】**たとえば、終戦直後の時点でみるとロケット技術ではドイツのほうがアメリカよりも相当進んでいました。ロケットはミサイルと表裏一体の技術で、アメリカもロケットの研究は行っていたものの、実用段階には達していませんでした。ドイツのミサイルは実戦で使用してロンドンまで飛んでいますから、ドイツの方が開発が進んでいたと言えます。コンピューターも、アメリカとイギリスはほぼ同時ぐらいでしたので、戦前にアメリカの技術がそれほど進んでいたわけではありません。ですが、戦争による経済的なダメージをそれほど受けなかったアメリカが結局、戦後、一気にトップに躍り出ました。

**【山野】**戦後の科学技術の発展と現在の私たちの生活を考えたとき、いくつかターニングポイントがあったと思います。それはどこになるでしょうか。

**【佐藤】**科学技術の分野は幅広いので、絞るのは難しいのですが、戦後 75 年のなかでわれわれの社会の方向性を大きく変えた技術を 3 つ挙げようと思います。

ひとつめは有人月面着陸、つまりアポロ計画です。1969 年にアームストロング船長とバズ･オルドリン氏が月に着陸し、「ひとりの人間にとっては小さな一歩だが、人類にとっては大きな飛躍だ」と言った話は有名で、人類が新しい世界に飛び出したという意味でも歴史的に重要な出来事です。文化的なインパクトも大きく、誰にでもわかりやすい人類の偉業を成し遂げましたが、このこと自体がそれほど人類の発展の流れを変えたわけではありません。

当時のアメリカは、ソ連と非常に強い緊張関係にあり、原子力・宇宙・コンピューターの 3 つの技術を中心に、軍事に関連させて、強力に国家予算を投入していました。もちろん、これらの技術は、軍事用にも民生用にも使えるものですが、なかでも宇宙開発には莫大な投資を行い、ソ連とどちらが技術的に優れているかを争っていました。

また、その他の国々はアメリカとソ連のどちらに未来があるかを注視しており、「ソ連のほうが宇宙開発で先行しているから、人類の未来はソ連にあるのではないか」と、ソ連に親近感を抱く国が出てくることも考えられました。アメリカはそれに対抗して、必死に宇宙開発に投資し、結局、軍事に関連した技術がアメリカとソ連の両方で肥大化していきました。アポロ計画に使われたロケットが全長 110 メートルもあったことからも分かるように、当時はとにかくなんでも巨大なほうがいいという考え方で、コンピューターでも、莫大な資金をもとに、部屋いっぱいを占めるほどの複雑で巨大な大きさのシステムを組み上げるのが主流でした。

ところが、この有人月面着陸によってアメリカが決定的な勝利を収め、まさに巨大科学技術の最大の結晶が完成した途端に、今度は、もう宇宙開発にそれほどお金を使う必要はないのではないかという意見がアメリカ国内から噴出してきました。社会の問題解決に貢献するような科学技術、つまり医療やエネルギーや環境など、アメリカ国内で抱える課題に対応する科学技術が重視されるようになり、原子力や宇宙開発といった巨大科学技術に対する投資が急にしぼんだのです。

つまり、1969 年から 70 年を境に、巨大科学技術から社会指向の科学技術への転換があり、その象徴的な出来事がアポロ計画の成功だった、という意味です。

ただ、ひとつ留意しておかなければいけないのは、この背景には政治的変化があったことです。いわゆるデタント、東西の緊張緩和です。

デタントによって軍縮などが進むと、それまでは圧倒的だったアメリカの経済的支配力が、そこまでではなくなりました。ドル金本位制の崩壊、中国との国交正常化、ベトナム戦争からの撤退などが起こりましたが、特にベトナム戦争への批判は非常に大きく、反戦運動・学生運動のなかで巨大科学技術への批判も起こりました。

なお、1971 年に当時のニクソン大統領が「がんとの戦争」を宣言します。これは 5 年間でがんの治療法を見つけることを目標としたもので、「人類が 8 年間で月面に行ったのだから、5 年かければがんぐらい

撲滅できるだろう」という感覚だったと思います。当然ながら、それは目標達成には程遠い結果となりましたが、これをきっかけにライフサイエンス（生命科学分野）への投資が大きく増えて、現在に至っています。

また、1973年、79年のオイルショックをきっかけにエネルギー分野への投資、つまり新エネルギー・省エネルギーの開発が重視されるようになります。環境重視の流れは1970年頃から実質的に強まり、アメリカでは1970年に環境保護庁が、日本でも71年に環境庁が設置されました。それまでにも公害などの問題は発生していましたが、官庁を設置することで総合的な対策をとり、環境技術に対応するための態勢ができました。

ターニングポイントのふたつ目には、インターネットを挙げたいと思います。インターネットは、アポロ計画のような突如出現した技術ではなく、その起源は1969年に構築が始まったアーパネットと呼ばれるものです。その発展過程についてはここでは省略しますが、インターネットが、急に普及し始めたのは1993年です。インターネットのユーザーはそれまでにも徐々に増加していましたが、主なユーザーは研究機関など固定層でした。急激にユーザーが増えた理由は、よいブラウザが現れ、一般の利用者でもインターネットの使い勝手がよくなったことです。それと、ブラウザを使う際に、ハイパーテキストという仕組みを用いて、あるページから別のページにリンクを張ることができるようになったこともあります。このふたつの要因によって、一気にインターネットが一般的なものになりました。ですから、インターネット元年は93年と言ってもいいのではないかと思います。

インターネットが社会の流れを変えたというのは、身の回りを見ると非常に納得できると思います。政治、金融、流通、販売、生産、医療、教育研究、報道、芸術、娯楽など、あらゆる領域にイノベーションをもたらしました。

加えて、インターネットはグローバル化時代の技術だと言うこともできると思います。冷戦終結とほぼ同時期にインターネットが普及したことにより、先進国の企業が置かれた状況も一気に変わりました。それまでは先進国間だけで競争していればよかったのですが、インターネットの普及によって世界のあらゆる国が競争に参入し、コストの安さを大きな武器とする国々の企業とも戦わなくてはいけなくなりました。

一方で、先進国以外の市場にもマーケットが広がったことで、科学技術を用いた製品をとりまく環境が大きく変わりました。それを代表しているのがパソコンです。パソコンについては、日本も90年代前後はアメリカに次いで利益をあげていたと思いますが、90年代後半になると、アメリカの大企業が世界中からパーツを収集し、それを組み立てて大量に出荷するようになりました。発展途上国などでは、それほど性能がよくなくてもリーズナブルな製品の方が需要があるので、それに対応するには、日本国内でつくっていては到底競争になりません。ビジネスや研究開発のルールが大きく変わったのも、インターネットがもたらした側面のひとつです。

3番目には、人工知能（AI）を挙げたいと思います。人工知能の研究開発は1950年代からなされていましたが、それほど応用の効いたことはできていませんでした。それが2010年代に入って、深層学習（ディープラーニング）が実用化され、注目されるようになりました。そのポテン

シャルは、まだ十分に社会に現れてきていませんが、「第四次産業革命の始まりだ」と言う人もいるように、コアな技術であることは間違いありません。おそらく、今後10 年ほどの間にさらなる展開を見せると思います。ですから、まだターニングポイントになったとは言えませんが、ターニングポイントに差しかかったというぐらいのインパクトはあるでしょう。

もちろん、このような目立つ科学技術以外にも、半導体や材料技術のように、地味に力強く発展し続けている分野もありますが、ターニングポイントとしては、アポロ計画、インターネット、AI の 3 つを挙げたいと思います。

**【山野】**科学技術の発展において、アメリカでは軍事的な側面とのつながりが非常に強かったことが分かりました。では、日本での科学技術の発展は、どのようなことにけん引されてきたのでしょうか。

**【佐藤】**科学技術政策という、科学技術の舵取りをする分野がありますが、日本で総合的な科学技術政策ができたのは 1995 年以降で、まだ 25 年ぐらいの歴史しかありません。それまでは、ほとんど原子力と宇宙という、冷戦時代的な科学技術が中心になっていました。

では、なぜそれらが中心だったかというと、結局、アメリカで冷戦期に科学技術の主流だった原子力と宇宙開発を重視する考え方に追随していたということですね。原子力は、アメリカでも 1960 年代頃までは未来を開く技術だと思われていましたが、70 年代に入ると、コストが見合わなくなってきて、企業が撤退しはじめました。79 年のスリーマイル島原発事故以降は完全に下火になってしまいました。

しかし、日本の場合は、エネルギー事情もありますから、原子力発電を未来の技術として進め、高速増殖炉を造るという目標に向けて政策として推進してきました。

宇宙開発に関しても、アメリカは軍事用ミサイルと国威発揚のために、NASA でアポロ計画を進めていました。日本も 1950 年代から東大などでロケットの研究をしていましたから、先進国の国策として宇宙開発をしていこうということで、原子力に次ぐ分野として宇宙開発を挙げていました。

科学技術政策が始まったのは、1980 年代の貿易摩擦と科学技術摩擦の余波で、アメリカから「日本はアメリカの基礎研究の成果にタダ乗りして技術開発をして儲けているだけじゃないか」と言われたのがきっかけです。「アメリカに言われたから、日本も基礎研究をやらなきゃいけない」ということになり、95 年に科学技術基本法ができ、科学技術に関する国としての戦略（科学技術基本計画）をつくり始め、今日に至ります。

日本も遅ればせながら、原子力発電や宇宙開発だけが重要な科学技術ではないという認識を持つようになり、予算が減ってきました。それでも、宇宙に関しては情報収集衛星の開発、原子力発電に関しては、輸出をして海外に活路を見いだそうとしています。それらもいろいろな問題があると思いますが、いままでの推進政策と齟齬が起きないような範囲で継続しているということです。なので、当初の国策としては、バイオテクノロジーなどにはあまり注力していませんでした。科学技術基本法ができ、科学技術の舵取りを国としてどう進めていくかを議論し、ようやくライフサイエンスや環境技術に力を入れたという経緯になります。

ただ、歴史的な特徴としては、アメリカの動きに対するレスポンスで進んできたということです。

## 科学技術と「ベネフィット」「リスク」の考え方

**【山野】**そもそもほとんどの技術開発は、人類の生活を豊かにすることを大きな目的として、進められてきました。しかしなかには、違う目的に転用されたり、結果として負の側面・影響の方が膨らんでしまった例も少なくありません。ただ、何かひとつが生まれれば必ず正負両面があり、それを私たちがバランスを取りながら場合に応じてうまく使っていくことが重要になるかと思います。

**【佐藤】**科学技術の良い面と悪い面については、倫理面からの議論もありますが、ひとまずは「ベネフィット」と「リスク」という言葉に置き換えてみましょう。おっしゃるように、あらゆる科学技術にこの両面がつきまとっています。

身近な例は、医薬品です。新しい医薬品が次々と出てきて、なかには大きな効き目と副作用の両方あるものがある。普通は動物実験をして有効性と副作用を確認しますが、それが人間の場合はどうか。あるいは長期に投与した場合の副作用は、本来は長期的な実験をしないと調べられませんが、時間が限られているので短期的実験の結果から推定するわけです。ただ、それでは誤差が生じるので、リスクとベネフィットを正確に測定するのはなかなか難しい。もちろん、人間での臨床試験も行いますが、そこにも倫理的問題があったりします。

このように、いろいろ難しい問題がありますが、医薬品の場合は、専門家を集めた政府の審議会などでリスクとベネフィットを比較して、最終的に承認するかどうかを決定しています。リスクは数値である程度出てきますし、ベネフィットも「これくらいの症状の患者さんにはどのような効果がある」というふうに出てきます。

ただ、専門家が副作用が大きすぎると判断しても、それでも新しい薬が欲しいという強い要望がある場合にはそちらを優先すべきという考え方もあります。新薬の許認可は、客観的な評価値だけでなく社会的な要請も考慮したうえでなされますが、最近はそのような傾向が特に強まってきていると思います。

医薬品だけではなく、90 年代以前はリスクを科学的・定量的にできるだけ精緻に求めていく方向性があり、90 年代以降は、定量的なリスク評価だけでなく、専門家以外の社会的な見解も重視すべきだという流れが強くなってきました。定量的なリスク評価と社会的なリスクの考え方をうまく統合して考えるための手法が確立してきたのではないかと思います。

最近では、ビッグデータをリスク評価に用いる方法もあります。医薬品で言うと、患者に日常的に使われている医薬品に関するデータ、たとえば電子カルテの記録や、その記録に含まれている血圧等の検査値、どれだけの医薬品を投与したらどんな効果が生じたかなどです。これらは、あらゆる患者に対して統計的にわかることなので、リスクとベネフィットに関するデータが現実の場面で得られます。このようなデータをリアルワールドデータといいますが、医薬品規制ににそれが使われるようになってきました。一方で、プライバシーにも配慮が払われる必要があります。

**【山野】**これまではひとつの判断基準に基づく二者択一が中心でしたが、最近では様々な情報に基づいて、複数の角度からものごとを捉えるようになってきたというイメージでしょうか。

**【佐藤】**90 年代以前は、そもそも科学技術のリスク自体があまり省みられなかった時代だと思います。科学技術は、善であって、有用なものであるとの考え方が強く、そのリスクへの対応は現在からみれば素朴なものでした。分野によって多少違うかもしれませんが、専門家が出したデータや判断は正しいというのが前提でした。ところが、90 年代からは、実は専門家の判断にはバイアスがあるとか、臨床試験のような閉じた空間で得られたデータは偏っている、というような見方が強まってきて、より広い範囲から得られたデータや専門家以外の意見も重視する必要がある、という流れになってきました。

そもそもベトナム戦争での化学兵器の使用や農薬の害の告発などで、科学技術といえどもリスクがあると認識し始めたのが 1960 年代末ぐらいです。科学技術の権威が相対化されてきて、その後、リスクを定量的に評価するようになり、また社会のステークホルダーの意見も取り入れられるようになってきたということです。

**【山野】**社会的な事件や事案によって、リスクが具体的に目に見えるかたちになると、非常に大きなインパクトがあります。

**【佐藤】**日本でも、90 年代以降に原子力発電所の事故が続き、それがリスクの考え方を変えてきました。もんじゅや JCO の事故があり、原子力政策への市民の参加が加速しました。東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故もあり、リスクが顕在化して報道される事例が続きました。

**【山野】**それまでは、専門家の間ではリスクへの認識もあったと思いますが、市民感覚でも幅広く「リスク」という言葉が知られて、みんなで議論しなければいけないものだと認知されてきたということでしょうか。

**【佐藤】**そうですね。専門家任せではいけないという意識に変わってきましたね。

## 科学技術の発展過程で得られるものと結果への向き合い方

**【山野】**インターネットを例にとっても分かるように、技術の発展に伴って使用者側にも倫理観が問われる時代になってきました。日々発展を続ける科学技術に対して私たちはこれからどのように付き合っていけばよいでしょうか。

**【佐藤】**2010 年代に入って、人工知能が話題になり、バイオテクノロジーも急展開を見せ、これまでは想像もできなかったようなことが可能になりつつあります。AI であれば、ロボット兵器や無人機がどんどんできてきて、非常に恐ろしい未来が来るのではないかとも想像できます。バイオテクノロジーに関しても、最近話題のゲノム編集技術や人工的に遺伝子を設計する合成生物学という分野において、有害生物への懸念がもたれています。近い将来に起きそうなことが見えにくくなり、場合によっては悲観的な見方もできると思います。

ただ、現実には、いま世の中はそれほどめちゃくちゃにはなっていませんね。歴史

的に見れば、たとえば核兵器ができたときには人類の滅亡は間近ではないかと思われ、キューバ危機の頃には核戦争の直前まで行きそうになりましたが、実際にはそうならなかった。ということは、人類は核兵器を曲がりなりにも管理してきたと言えるわけです。国際原子力機関（IAEA）という組織をつくり、核兵器不拡散条約（NPT）を結んで、完璧ではないものの、核保有国に対する査察の実施や核兵器の管理など、国際社会として粘り強く努力してきた。もちろん、万全の体制ではなく、運によるところもありましたが、科学技術の発展で起きる結果をそこまで予測するのは難しいものです。

例えば、1997 年に採択された京都議定書は、最終的に多くの国が離脱してしまったので失敗だったと言う人も多いですが、この経験があったから、少し時間はかかりましたが、2015 年にパリ協定ができて、いまでは二酸化炭素の排出量をどんどん減らしていく雰囲気が生まれています。当初は、各国の管理下で強制的に二酸化炭素の排出量を減らしていくことを想定していましたが、今は当時の想定とは異なり、国ではなく、企業がすごく積極的に脱二酸化炭素へ取り組んでいます。気候変動は、努力がねらい通りの結果に結びつくとは限らないけれども、別の形でリスクを低くする方向に働いている事例かと思います。このように、はじめは的外れに思えるかもしれませんが、その過程で科学的な知識が蓄積され、後に別の形で活きてくるのです。

気候変動に関していうと、京都議定書の頃は、異常気象がどの程度地球温暖化と関連しているのかは解明できていませんでした。ただ、その頃から分析手法が蓄積され、その分野の専門家も育ってきたので、極端現象（極端な寒暖、大雨や大型台風など）が地球温暖化と関わっていることなどが確率論的に分析できてきました。人材や知識の蓄積が進み、今に至っています。

同様に、様々な分野での蓄積が、多様な形でリスクの回避につながっていきますので、その意味では、あまり未来を悲観的に捉える必要はないと思います。

とはいえ、たとえば核兵器のリスクは今のところ避けることができていますが、福島の原発事故のようなことは起きてしまうわけです。あれは人災だと言う人がいますが、私は、有史以来の大地震が起き、しかも、システムの一番弱いところが突かれたという大変な不運が重なって起きた事故だと思っています。もちろん人災的な側面もありますが、偶然的要素が非常に大きい。人間の側で、ある程度合理的な対策をしていても、ミスや事故、予測できないことは起きてしまいます。先ほどからいろんな意味で「リスク」という言葉を使っていますが、リスクは確率論を前提にしたものであり、災害が生じてしまうこともあれば、なんとか管理できることもあります。これは科学技術に限ったことではなく、社会全体にも言えることで、突然とんでもない不幸に見舞われることもあれば、恐れていたことが努力や運に助けられて回避されることもあります。

**【山野】** 地震にしても超大型台風にしても、予測や想定をしていても、それを上回るようなことが昨今は続いているように思います。事前の予測・想定にも限界はあると思われますか。

**【佐藤】** 限界はありますが、先ほどの原発事故を例に挙げれば、問題だったのは、90 年代まで「事故は起きない」と言ってきたことです。2000 年代も、福島の事故が起

きるまでは「本当に深刻な事故は起きない」と言ってきた。これは冷静に世界の動きを見ていたら出てこないはずの発言です。アメリカでは過酷事故[1)]が起きることを前提に、その発生確率を計算し、許容できる範囲に抑えるような対策を取っていました。これも考えてみたら恐ろしい話で、その確率以下なら起きてもいいのか？ということになりますが、ともあれ、確率論的リスク評価は 75 年頃から試みられていましたから、そのような情報が日本で入手できないはずはなく、意図的にそれらを無視していたことになります。そのような点は「人災」と言われても仕方がないですね。

もし、地震の規模がマグニチュード 0.5 小さかったら、ここまでの規模の事故にはならなかったかもしれません。そういった点は冷静に考えていかなければいけないと思います。

**【山野】**人間側が発生した現象に対して真摯に向き合うことが必要になってくるかもしれませんね。

**【佐藤】**結局、科学技術の行方や、科学技術が社会に何をもたらすかは、コントロールできません。しかし、できるだけのことをして、それなりの結果に帰着させることは可能なはずです。

## 新技術への許容と規制 ー市民、科学者、政策側とのコミュニケーション

**【山野】**食の分野でも、植物工場やゲノム編集のように、様々な技術が生まれています。それが急速かつ複雑なので、新しい技術が生まれるたびに、どのように受けとめたらいいのか戸惑いも広がっています。食・食品に関しては、新しい技術をどのように捉えればよいとお考えでしょうか。

**【佐藤】**まず、どこまで科学技術の成果を許容できるかは人によって違います。違うからこそ、遺伝子組み換え作物にしても、表示義務を少し緩くしているところがあるわけです。

ゲノム編集作物でいうと、ゲノム編集技術を用いていない食品であることをアピールする市場と、何も言わずにゲノム編集技術を使った食品を売る市場とに分かれてくるのが自然なのではないでしょうか。全面的な禁止は、日本だけでなく他の国でも難しいのが現実だと思います。

また、どういうものを食べたいか、どこまで食べられるか、という人の分布にもよりますから、その分布から見て、「植物工場で作ったものでもよい」とか「ゲノム編集作物でも問題ないのではないか」と言う人が多数派であり、各国で「食を規制すべきだ」という意見が出てこなければ、そのようなマーケットは広がっていくでしょう。そうなった場合、ゲノム編集作物ではどうしても困るという人々が、ニッチなマーケットになります。

基本的には、多数派がメインストリームにはなりますが、少数派を尊重する市場もあったほうが良いというのが私のひとまずの現状認識です。

ヨーロッパの場合、ゲノム編集作物には、遺伝子組み換え作物と同じような規制を適用することになっています。他のいくつかの国も同様ですが、日本の場合はアメリカの影響も大きく、ゲノム編集作物には基本的に規制が適用されないこととなりました。

**【山野】**そうなると、技術開発を担う科学者や、必要に応じた規制を行う政府・政策にはどのようなことが求められるのでしょうか。

**【佐藤】**東日本大震災の後で少し問題になったのですが、政府と科学者との関係は、近すぎても離れすぎてもうまくいきません。つまり、政府が科学を誤解したり、科学者も政府の意図とはズレた研究をやってしまったりして、貢献できない。そうすると、社会全体にとってよくないので、適度な距離感が重要という議論があります。

分野によっても違っていて、日本の医薬品の場合、リスク評価や審査のための情報収集は独立行政法人医薬品医療機器総合機構（PMDA）が行い、許認可は政府が行っています。PMDA と政府は非常に近い関係にあるのですが、そのため科学的なリスクの評価が PMDA で完全にできているとはいえず、政策側の意向がかなり入っています。でも、医薬品は、患者団体や病院・医師の意向など、数値的なリスク評価以外の領域が大きいし、麻薬取り締まり政策など、いろんな要因が入ってくるので、近いのはむしろ仕方がないとも言えます。アメリカでもかなり一体化していますから、この分野は近くなりがちという特徴があるともいえるかもしれません。

食品安全に関しては、非常に厳格にリスク評価とリスク管理が分けられています。食品安全委員会は、高いレベルの独立性を保ち、農水省から独立してリスク評価を行う。ところが、コミュニケーションがうまくいかなくて、せっかく食品安全委員会が出したリスク評価の結果をリスク管理側が曲解してしまうこともありました。いままではその距離が少し離れていたとしても、よりデータ指向のエビデンス（根拠・証拠）に基づく判断が求められる場合には、誤解を生じないようにしっかりとコミュニケーションをとる必要があるということになるでしょう。今後は、政策側と、エビデンスの提供やリスク評価を行う機関との距離感がますます課題になってきます。

**【山野】**政策への反映にしても、時代背景や世論を踏まえたうえで方向性が決まるのでしょうね。

**【佐藤】**現在であればマーケット主義の時代ですので、国の政策もマーケットがどれぐらい大きいかに左右されてしまう部分があると思います。

**【山野】**技術的な理屈は同じであっても、例えば医薬品への応用時と食品への応用時では、市民、科学者、政策側それぞれの意見の方向性や是非は異なってくることが容易に想像できます。基本的な技術や方法は同じでも、どのように応用するのかによって、受け止め方も変わってくるので、技術そのものを規制や反対するのではなく、技術をどのように使うのかを明確にして議論することが大切なのかと思います。

リスクをデータや数字で表した場合、「見える化の一種」という意味ではよいかもしれませんが、それを目的として計測しなければ見えてこないものもあると思います。今の社会では何でも見えるほうがよいという風潮もあり、結果だけ見ると強いインパクトがありますが、それがどういう手法によって、どのような過程で出てきたのか、というところまではあまり関心が持たれておらず、「データが出てきたから、信じよう」という受け止め方をする場面が少なからずあるのではないでしょうか。

**【佐藤】**大地震が 30 年以内に発生する可能性を示した地図がありますが、どのような算定で出てきているかは一般にはあまりよく知られていません。合理的に作成したものではありますが、厳密に高い精度を持つものではないですね。

食品添加物のリスクに関しても、どの添加物がどれぐらいの量なら安全か、というのは実は不確実な情報です。科学的な知見に基づいて定量的に算出した結果ですが、いくつかの仮定や推定を経て出てきた数字なので、最終的な誤差は 2 桁ぐらいある場合があります。一言で言ってしまうと、いい加減な面がどうしても残ってしまう。でも、定量的にリスクを計算すると説得力があるから、一応算出して、政策の根拠にしようとしているわけです。どこまで誤差があるかというのは、データ算出の過程で無視あるいは否定されてしまうことが多々あります。

ただ、データとして数字を出されると、なぜか誰でも「おお、すごい！」と信用してしまうところがありますから、そこはこれからの時代における、専門家と市民がコミュニケーションをとる際の課題のひとつとなるでしょう。

これまでは、数式が並んでいたり、専門的な化学式が並んでいたりすると、それだけでコミュニケーションが難しいところがありましたが、データ社会になってきて、多少コミュニケーションはしやすくなっています。データの意味をどこまで共有できるかという意味で、この点は重要ですね。リスクの定量化・数値化は、環境中の化学物質、食品や医薬品、原子力、地震、気候変動など、あらゆる場面でされていて、政策に反映されているところもあります。しかし、その判断の仕方はまだ十分に成熟していない感じはします。

**【山野】**少し周囲を見渡しただけでも、現在の私たちの生活はこれまでの科学技術の発展なしには成立し得ないことが分かります。そしてそれは、今後も変わることはないでしょう。しかし、これらをなんとなく使うのではなく、今後は関係者間で必要なコミュニケーションを取りながら、どうやって向き合っていくかを考えていくことが大切なのだと分かりました。将来に向けた、非常に重要なヒントをいただいたように思います。ありがとうございました。

---

注

1）原子力発電所などの原子炉施設において、設計時に考慮した範囲を超える異常な事態が発生し、想定していた手段では適切な制御ができず、炉心溶融や原子炉格納容器の破損に至る事象。

総論　科学技術とどのように向き合うか

# 科学技術と共存していくために
## ―「身近なもの」から「深く」考える―

**藤原 辰史**
**京都大学人文科学研究所 准教授**

聞き手：山野 薫（一般社団法人農業開発研修センター嘱託研究員）

## 農業技術と軍事技術の結びつき

**【山野】**先生は農業技術史、とくに、ナチス時代における農業技術の研究がご専門で、2017 年 10 月に『戦争と農業』（インターナショナル新書）を出版されました。ここでは、農業技術と軍事技術は非常に近い関係にあり、その出発点は農業機械、化学肥料、農薬、品種改良の発明・投入であったと述べられています。本日ははじめに、食を豊かにするための発明が、戦争の道具となってしまった過程を教えてください。

**【藤原】**たとえば昔、村の鍛冶屋は、ある時は農機具をつくり、またある時は武具を作っていました。戦争技術と農業技術を同時に扱っていたようなものです。そう言うと、「そんなことは昔からどこででも行っていて、珍しいことではない」と言われるかと思いますが、私は、根本的に違うことが 20 世紀には起こったと思っています。それは、農業技術・軍事技術とも鍛冶屋が作れる範囲をはるかに上回る質・量のものを生産できるようになったこと、鍛冶屋ではなく、莫大な財力を持った巨大企業が農業技術と軍事技術を同時に作れるようになったことです。鍛冶屋は村に属していましたが、20 世紀以降は村が巨大企業の農業技術に支配されるという構図が出てきました。この大量生産型農業技術と大量生産型軍事技術がつながる大きなきっかけとなったできごとが、第一次世界大戦でした。農業機械のなかでもトラクターを例に説明しましょう。第一次世界大戦では、ドイツ、オーストリアなどの同盟国側も、イギリス、フランス、イタリアの連合国側も、膨大な工業生産力を持ったまま戦争にぶつかったので、汲めども尽きぬ大量の銃弾が飛び交ったわけです。スピードのある銃弾が大量に飛んでくるので、それを避けるために穴、つまり塹壕を掘って、そこに隠れながら銃を撃つということを繰り返しましたが、その結果、戦線が膠着し、動かなくなってしまいました。なんとか突破したいものの、塹壕と塹壕の間には有刺鉄線が張りめぐらされていて、兵隊が進むたびに手足は傷だらけになる。そのうえ、当時は沼地が多かったので、雨が降るとぬかるみに足を取られて前に進めませんでした。これを一気に解決できるものはないかとイギリス軍が目を着けたのが、当時アメリカのホルト社がつくっていたトラクターでした。

このトラクターは、キャタピラー方式だったので、「これなら戦場の沼地を突破できるかもしれない」と改良を重ね、ようやく第一次世界大戦であの「戦車」なるものが登場しました。これが、農業技術から戦争技術が生まれた瞬間です。

次は化学肥料ですが、化学的ではない肥料、つまり有機肥料は昔から使われてい

て、基本的には火薬と同じ技術で作られていました。火薬には、藁に尿をかけて発酵して出る硝石を使っていましたが、火薬の生産においても合成窒素肥料の生産においても、アンモニアが必要です。農業生産で言うと、植物はアンモニアがないと水分を吸収することができません。アンモニアは酸素と窒素からできていて、窒素は空気中に膨大にありますが、空気中の窒素は $N_2$ といって、化学的に完全に固定した状態で、簡単に崩れることはありません。空気中の窒素が土壌に還元される過程は２通りあり、一つ目は稲妻の放電によって空気中の窒素が土壌に入ってくる場合です。だから、古代より神社の前には五穀豊穣を願って、紙垂（しで）という白い稲妻の形をした紙を飾っています。もう一つはマメ科植物の根っこに付いている根粒菌が空中窒素をアンモニアに変えてくれる場合です。

第一次世界大戦が始まる直前に、ドイツの化学者ハーバーと企業家ボッシュが、天然ガスや石油を使って空気中の窒素をアンモニアに変える技術を開発しました。つまり、化学肥料のみならず、火薬も大量生産できるようになってしまいました。それまでドイツでは、国内で窒素肥料をなかなか得ることができなかったのですが、この技術によってドイツの国土を覆っている空気が肥料の原料になり、一気にドイツの農業構造を変えていくとともに、第一次世界大戦においても、あれだけ戦い続けることを可能にしました。つまり、化学肥料と火薬生産が第一次世界大戦の直前に結びついて、大戦中に猛威を振るったわけです。さらに、ヨーロッパ人が、アフリカで先住民を抑えつけるために使っていた機関銃を、ヨーロッパに逆輸入して、戦場で人を殺すために使用しました。しかし、機関銃はむやみやたらに撃つので、弾がたくさん必要ですし、撃っているほうは「いつか当たってくれ」という感じなので人を殺している感覚がないんですね。火薬生産は、機関銃の使用を支えるという側面もありました。

一方、農薬は軍事技術から民間に転用されたものです。塹壕戦を打ち砕いていくために、ハーバーは戦車で突っ込むだけでなく、毒ガスを撒いて人間を塹壕からあぶり出すことを考えます。毒ガス生産の責任者であったハーバーは、ドイツの有能な化学者たちを動員して､大量の毒ガスをつくり、最後に最も危険な青酸カリ（シアン化合物）に到達しました。ところが、その直後に戦争が終わってしまい、ドイツでもアメリカでも在庫が余ってしまいます。使い道を考えていたところ、アメリカのある応用昆虫学者が、この青酸ガスを虫がつきやすい綿花畑に撒く実験をします。アメリカは第一次世界大戦の途中から連合国側についてフランスやイギリスを支えますが、そのときに自国の化学プラントで毒ガスを大量に製造していました。殺人のためにつくった毒ガスが余ったので、殺虫に使おうと用途が変わっていきます｡その様子はエドモンド･ラッセルの『War and Nature』（2001 年）に書かれていますが、軍用機から農園に毒ガスをばら撒くわけです。

これは、人間に効くのだから昆虫にも効くだろうという単純な発想ですね。私は、人間と昆虫の境界領域を易々と越えていく近代技術総体を考えたいと思っていて、その意味で、毒ガスから農薬へというのは 20 世紀の技術を表す上でたいへん象徴的だと思います。

**【山野】** 毒ガスを使用することは、弾丸が当たった相手だけでなく､「その範囲にいるすべて」が対象になるということですね。

**【藤原】**おっしゃるとおりです。そこら辺にいるすべて、です。この「狙い撃ちではない」というのが、私が技術の問題を考える上で最も考えたいところです。毒ガスのようなものを農産物・家庭用に撒いたわけで、まさに「戦争から日常へ」というストーリーが描けるのですが、それ以上に私は、感覚が戦場から日常へ流れて温存されるところを問題にしたいと思っています。

品種改良については少し微妙ですが、トラクター・肥料・農薬を使いやすくするために、その根幹の性質を改良しようという発想だったと思います。1900 年のメンデルの法則の再発見によって、遺伝形質は温存されて伝わることが判明し、人間によってコントロールできる可能性が科学的にかなり証明されました。それが植物や動物に向かうのであればまだよかったのですが、人間も遺伝的に管理できるのではないかということに気づいてしまいます。最もあからさまだったのはナチスで、人間の品種（つまり人種）を改良し、人種の純系淘汰をしていくんだと、まさに動植物の品種改良の考え方を人間にも当てはめました。

したがって、どちらにも転びうるという点では、遺伝学も戦争技術と農業技術をつなぐものになりますね。

**【山野】**これらの発明に関わった科学者たちは、当時、自分の発明品が戦争の道具となってしまうことへの罪悪感はあったのでしょうか。

**【藤原】**たいへん難しい問題で、意識はあったと思いますが、それが人類に対してどれほど悪影響を及ぼすかについては全く無自覚だったと思います。戦争に負けたドイツでも、農薬が大量に余るので、殺虫剤として公共交通機関や学校に噴射する会社が現れます。その会社には、もともとハーバーの部下だった化学者たちが流れて行っていて、戦争の終結後に民間転用の担い手になっていました。そんな彼らにとって何より重要だったのは、そのような技術ができてしまったことよりも、自分の職場、生きていく場所を確保することでした。私にはその意味がよくわかります。なにしろ、食っていけないですから。

また、ドイツで毒ガスの開発に当たっていた化学者の一部は、戦争終了後に、スペインの国王に呼ばれます。スペインが支配していたアフリカの植民地でリーフ戦争が勃発し、その鎮圧のために毒ガスを使いたいので、毒ガスのプラントを造ってくれ、とドイツの技術者に依頼し、毒ガスをばら撒いたのです。

この分野には「懲りない面々」というのがいて、第一次世界大戦という当時世界最大最悪の暴力が吹き荒れた後も、技術としてはそのときの野蛮性が残り続けている、ということを強調しておきます。

**【山野】**国によっても状況は様々だと思いますが、たとえばトラクター等を戦争に利用するための技術開発に対して、財源はどのように確保されていたのでしょうか。

**【藤原】**第一次世界大戦のときには膨大なお金が使われており、国が、国民に国債を買ってもらう形でも戦費を賄っていました。しかし、なかなか戦争が終わらないと次第に国民が国債を買わなくなるので、巨大な武器を投入して膠着している戦線を突破し、国民に「戦争は勝てるぞ」と見せる必要がありました。そのためにも、戦車や毒ガスなどが開発されたのだと思います。

**【山野】**科学技術史がご専門の新潟大学・

佐藤靖先生（本誌 3 ～ 12 ページ参照）によると、冷戦期の科学技術の開発と発展は、「とにかく大きいものがいい」という発想で進んだということでした。第一次大戦の頃も、多くの人々が共通して持っていた理想の価値観などはあったのでしょうか。

**【藤原】**「大きなものは、いいものだ」という考えは、第一次大戦中に大きく育ったものだと思います。「大きなもの」によって貧困や飢餓から人間を救おうとしたのがソ連でした。ソ連は、土地も全部まとめてコルホーズにして、大型トラクターを入れたことからも分かるように、典型的な「巨大主義」でして、巨大なものを愛するというのはそこから出てきたし、危機を突破するために巨大になろうとするわけです。

戦後も、農業技術と軍事技術は先ほどお話ししたようなかたちで一気に展開していきます。平和であったはずの戦間期（1920 年代）も、一つの企業が大量生産するとか、大規模なものを合理的に動かしていこうという考え方は少なからずあり、ナチスも大きなものをすごく好みました。建物も、当時の建築家・シュペーアが造ったものはすごく大きいですから、大きさを求める傾向はずっとあったと思います。

**【山野】**第一次世界大戦頃から大きいものへの憧れがスタートして、冷戦の頃に頂点に達したのでしょうか。

**【藤原】**おそらくそうだと思います。大規模生産をすれば一個の製品の値段は下がるので、とにかく巨大化によって利益を生み出し続けましたが、巨大になりすぎると今度は機転がきかなくなりました。そして、融通がきかないまま、大きな枠、つまりマスで処理をするようになったので、たとえば「ここで撒いた農薬のなかで、虫のいくつかが死んでほしい」という確率統計論によって農業を営むようになったわけです。

**【山野】**そして、人に対しても、宗教や人種といった最も大きくて分かりやすいくくりを当てはめるようになるのですね。

**【藤原】**ご指摘のとおり、例えば「ドイツ人種」と見るようになるわけです。人間をマスでコントロールするという考え方も、やはり、第一次大戦を機に始まりました。戦争にはお金が必要ですが、税金で賄えなくなると、戦債を国民に買ってもらうしかない。そのためにはプロパガンダ、もしくは PR が必要で、アメリカもドイツもイギリスも国がポスターをつくり、メディアが国民の感情を駆り立てて、お金を出させるようにしていく過程が生まれます。現在の「PR（public relations）」という言葉は、当時のアメリカから出てきたものです。人々を言葉によって、あるいは、人間を自然のマスでコントロールするという操作主義的な発想も、この時期に出てきたものかと思います。

## 「身近なもの」から「深く」考える

**【山野】**現在の食ならびに農業はさまざまな科学技術に支えられて成立していますが、その開発・発展は今後急加速していくことが予想されます。農業技術が戦争に使われるようになった過程に詳しい先生から見て、今後、私たちは日々発展を続ける科学技術や食・農とどのように向き合えばいいのか、ヒントをご教示ください。

**【藤原】**これは、まさに『戦争と農業』の

コアに当たる部分になりますが、私自身は、よく「身近なもの」から「深く考える」という話をしています。たとえば、技術的な部分から話が始まると、専門用語がドドっと出てきて、難しく感じることがある。しかし、その難しい技術によって私たちの生活は支えられている。私たちのあずかり知らぬものが私たちの命を支えているという、おかしな構図に気づきます。

そこで、よく言われることではありますが、私たちにとってすごく身近な存在の食べ物にもう一度、目を凝らしてみましょう。私たちの延長である食べ物、もしくは私たちそのものでもあるかもしれない食べ物は、いったいどこから来て、どのように排出されて、どうやって自然に還っていくのか、ということを考えてみましょう。

それから、たとえば「遺伝子組み換え作物だから食べない」というのは、「遺伝子組み換え」という言葉、つまりは、記号に反応していることになります。これはまさに、私たちが本来批判すべきだった大量生産・大量消費型の大きな政治・経済のシステムに巻き込まれていることになります。もし遺伝子組み換え作物が持つ害悪と本当に向き合うのであれば、なぜそれが私たちにとってダメなものであるかを、単に自分の健康という個人的な問題ではなく、広く社会的なコンテクストの問題として考えなければいけません。「深く」考えるというのは、そういうことです。食と農は、誰でも考えられるはずの身近なテーマですが、身近であるがゆえにものすごく深いテーマです。しかも、「食に関心がある」と言っている人でさえも、単に記号によって食べ物を選択していることがあります。

今日も学生への授業のなかで、食品と農業をめぐる技術の問題について話したのですが、学生が持っているペットボトルに何が書いてあるかを順番に読んでもらったところ、ほとんどのものに果糖ブドウ糖液糖が入っていました。果糖ブドウ糖液糖は人工甘味料ですから、「じゃ果糖ブドウ糖液糖が入っていないものを買おうね」と言えばよいかというと、それではダメだと思う。何か危ないものだとみんなが言うから買わない…のではなくて、それは何なのかを調べるのが賢い消費者だと思うのです。

個人の健康だけを考える立場をヘルシズムといいますが、もしヘルシズムのためだけに食料を選んでいるとしたら、それは食と農の持つポテンシャルを著しく軽減することになります。私も賢い消費者になりたいので調べてみると、果糖ブドウ糖液糖というのはトウモロコシ由来でした。これがトウモロコシからできているということを深く考えるならば、話は第一次世界大戦まで遡ります。

20 世紀は、イギリス中心だった世界秩序がアメリカ中心に変わる転換期でもありました。イギリスとアメリカの最大の違いは、アメリカでは国内でかなりの農産物を作り、輸出をすることができる点です。これは決定的な違いであり、なかでもアメリカが武器として最も大事にしていた穀物がトウモロコシでした。つい最近は日本がトウモロコシを無理やり買わされましたが、アメリカは第一次大戦のときから、トウモロコシを使ってさまざまな国との交渉に挑むほどのトウモロコシ帝国なのです。

アメリカでは、サトウキビは南部のわずかな地域でしか生産できないので、半ば軍事的な方法で強権的にカリブ帝国主義をつくり、それによってジャマイカやキューバ等のサトウキビ産地から輸入していました。しかしそれではお金がかかるので、自国の最大の作物であるトウモロコシを使って砂糖的なもの、つまり人工甘味料を作れ

ないかと試行錯誤を行った結果、開発されたのが果糖ブドウ糖液糖です。

果糖ブドウ糖液糖は、もともと日本人が開発したものだそうですが、アメリカのトウモロコシ戦略の一環として、私たちはほぼすべての食品から摂取しています。そう考えると、果糖ブドウ糖液糖を含まない食品を選択するということは、日米関係論に結び付いていくのです。さらにいえば、第一次大戦の前後から、アメリカがトウモロコシを武器にして農業大国として発展していって、そのアメリカの従属国（傘下と言っていますが、完全に従属状態です）として生きている私たちがいただいている、ということになると思います。

だから、食と農と向き合うというのは、少なくとも私にとっては歴史を知ることであり、無農薬・有機野菜を買うのは、短絡的に健康と幸せのためではなく、科学技術に対する非常に大きな批判であり、私たちが何に従属しているかを知るきっかけであり、私たちはアメリカだけでなく何かしらの「大きなもの」に従属してしか生きていけないということ知る、という話なのですね。それがいやだったら、自分で代替案を見つけていかなければいけません。そのときに協同組合や地産地消に取り組んでおられる方の存在が初めて視野に入ってきて、「この方たちは、大きなシステムからドロップアウトして、それでも生きていこうとしている人たちなのね。アメリカや大企業が私たちの食料を牛耳ろうとしている、そのシステムをこの人たちはいやがっているんだ」と気づくわけで、これはもう本来は全面的な抵抗運動です。

このように私たちが食と農という身近なものから深く向き合うことこそが、広がり方も急速なものになると予想される「大きなもの・システム」に抗うことなのだ、ということを私は学生に教えています。

**【山野】** 実は私は、飼料用米を使って生産した卵に対して、消費者はどんな価値を感じて購入しているのかを研究しています。卵については、国産で値段の変動が少ない、という印象を持っている人が多いですが、それは輸入飼料に支えられているからですし、最近は和食が何かと賞賛されますが、味噌も醤油も輸入のトウモロコシや大豆がなければ安定的な生産はできないわけですから、そこに大きな矛盾を感じます。

**【藤原】** その話、ぜひ書いてくださいね（笑）。飼料は、人間が食べるものではないので見えないですが、飼料がどこから来ているのかをちゃんと調べる、本当に考える消費者を私たちがつくっていかないと、急速に広がる巨大なものにはまったく歯が立たないと思いますね。この国では、消費者は言いなりですから。

**【山野】** 飼料といっても、それを使って卵を生産するのか、豚肉を生産するのか、牛肉なのかによって、消費者の反応は全然違ってきます。牛肉になると、選択基準は飼料よりも産地や銘柄が第一で、それはまさに「記号」です。

**【藤原】** 飼料用米の利用は、日本のコメ余りと飼料自給率の低さという状況が背景にありますが、国産の飼料で健康な畜産物が生産できるのですから、新しい経済システムをつくるという尊い改革です。「ものを選ぶ」という行為は、「大きなものに抗い、新しいシステムづくりに参加するんですね」と突きつけられているのだと思います。

**【山野】** 最近では、その選択が経済状況の

複雑さにも左右される面があると思います。日々の生活では、経済システムの複雑さにまで考えを及ぼすことが難しく、それゆえに生活が成り行きになってしまうという、大きな流れがあるように思います。

**【藤原】**それは間違いないと思います。

## 科学技術を理解するために、私たちに必要なこと

**【山野】**遺伝子組み換え作物やゲノム編集食品など、科学技術が複雑になればなるほど、市民の間には戸惑いも広がっています。生協の組合員であれば、地産地消や添加物などの話に敏感で、「ゲノム編集食品についての表示をしてほしい」といった要望も寄せられます。問題はその次の段階で、そのような興味や関心の高い人々から、どのようにその外側の人々に輪を広げていくかですが、市民が科学を理解するにはどのようなことが必要とお考えでしょうか。

**【藤原】**それには革命的な方法があるわけではなくて、もしあれば、いまごろは超簡単なことになっているだろうと思います。私も、いろいろな人に知ってもらうために、とにかく新聞記事の執筆と講演を続けていますが、そのなかで考えたことが３つぐらいあります。

一つは科学についてちゃんと勉強することです。例えば、ゲノム編集とはどういうことなのか、品種改良の歴史、遺伝子組み換え、「緑の革命」がもたらしたもの、農薬企業のモンサント社がなぜ種子を作っていたのかなど、いろいろな知識を広げ深めていくことですが、ただ、それだけではまったく足りません。

これまでの歴史は、人々の感情や、人々が持っている考え方、これを「思想」と言いますが、そうした思想や哲学によって社会の根幹がつくりあげられてきました。「科学者」というのは、つい 19 世紀半ばに出てきたばかりの言葉であり、歴史学者からすれば、最近出てきた「流行りもの」にすぎません。それ以前からずっと哲学と思想は存在して、神様について考え、あるいは神のなかで人間はどのように存在するのかを考え、さらに「人間らしさ」とは何かを考えてきました。

たとえばニュートンも、科学者ではなくて自然哲学者です。彼は、哲学を考えるなかで万有引力を発見しましたが、万有引力の法則の発見は彼にとって“one of them”で、神はどのような摂理をわれわれにもたらしているのかを考え続けた人です。

つまり、科学というのは、ふだん私たちが暮らしている世界のクエスチョンマークと、それが何なのかを知る、という人文学的営みのほんの一部にすぎません。だから、目の前にある科学というものがいったい何をもたらしているかをもう一度、人文学の立場から客観的に捉えてみる。そこには感情が渦巻いていてもかまいません。このように思想を持つ、あるいは思想や哲学について、われわれがもっと敏感になるべきだと思っています。

有機農法の一種で、シュタイナーが提唱した「バイオダイナミック農法」というのがあります。詳細は私の『ナチス・ドイツの有機農業』（柏書房）という本に記していますが、それは木星や水星の影響を受けて植物が育つという話で、私には信じられないのですが、その世界観としてはおもしろい。そういうものも受け入れながら、頑固だと言われているような世界観－哲学と言い直してもいいと思いますが－を持つこ

とを恐れないということです。世界観を持たず、科学に対して科学だけで闘っていると、それは向こうの土俵に乗っているのだから永遠に勝てないわけです。そうではなくて、「われわれはプラトン、アリストテレス、孔子の時代から続く自然哲学（自然とは何かをとことん突き詰める哲学）の徒である。」あるいは「科学とは何かということを客体的に考えようとする思想家の末裔である」と、ドーンと構えるのです。

前述のフリッツ・ハーバーは、科学者です。彼は、空中窒素固定の工業化を行って化学肥料をつくったことが評価されてノーベル化学賞を受賞しました。しかし、彼は結局、戦争と農業がどうつながっていくか、人類にどんな悲劇をもたらすかさえ見通せなかった、本当に愚鈍な人です。私たちは、そっち側ではない人間として世界観を編み出して、「自分たちの生き方や来るべき世界を構築する側にいるんだ。ハーバーみたいなレベルの低いことはしないんだ」という気構えを持って、思想・哲学をやっていくべきだと思うのです。言い換えれば、自分なりの大きな思想・哲学を持つために科学を勉強する、ということでしょうか。

二つ目に大切なのは、文字と音声です。「一般の人は忙しいし、興味がないし、そもそも文字を読むリテラシーも少ない」というような言い方がしばしばされますが、私自身は、言葉を発したり、言葉を受け取ったり、詩や小説を書いたりすることに、わりと多くの人が関心を持っていると思っています。

そう考える理由は２つあって、１つは、iPhone のようなこれだけ画像や動画が使える道具ができたにもかかわらず、みんな文字を打ち続けています。つまり、文字というのは絶対に捨ててはいけない文化の要であり、どんな人に対しても、しかるべき文字と言葉で伝えようとする意識を失ってはいけないということになります。

実は、昔の哲学者は本なんてあまり書かずに、広場でしゃべっていました。イタリアのボローニャ大学はヨーロッパで一、二を争う歴史を持っていますが、その昔、ボローニャの市民の間に、「おもしろいことを言う、変なおっさんがいる」という噂が広まり、「じゃ、みんなで聴こうじゃないか」ということで広場に連れてきて、しゃべらせた。ところが、そういう医学や法学に詳しいオタクみたいが人が他にも何人かいるのでその人たちを同じ広場でしゃべらせたら、おもしろいということで、「市民がお金を払うから、この建物の中で毎回しゃべってくれ」と言って、始まったのが大学なのだそうです。

その原点に戻れば、必要なのは説法だということに気づきますが、要するに音声です。もちろん、文字化した言葉も大事ですが、それと合わせて大事なのが音声です。私も、月に６～７回講演をしていますが、「先生は本をいっぱい書いてくれるけど、みんな忙しくて、子育てや家事をしながら読めない。でも、YouTube なら聴きながら台所に立てるのよ」と言われて、動画に撮られることがあります。これはつまり、ラジオと同義ですね。

かつてヒトラーは、ラジオを使って自分の勢力を拡大しました。Volksempfänger（国民ラジオ）というものを生産し、娯楽やお祈りや天気予報やヒトラーの演説を入れて、国民に安価で販売したのです。一家に一台あって、「神の声」のように言葉や音声が流れてくるのです。その音声には、響きやニュアンスといった、文字だけでは伝わらないすごく大事な内容が含まれていました。

今、自分たちだけのアナーキーなシステ

ムをつくろうとしている人が、結構ラジオに手を出すそうです。なぜかというと、作業をしながら聴けるから。それに、声を楽しめるから。私の友人で写真家の新井卓さんによると、芸術家も最近どんどんラジオに入ってきているそうです。私も、『給食の歴史』（岩波新書）という本を書いた後、何回かラジオに出演しましたが、ほとんど打ち合わせなしでした。いきなり座らされて、しゃべるのですが、ラジオはテレビよりも語りを許してくれて、内容をしゃべることができます。テレビの場合、１人に連続してカメラが向けられる時間はたぶん30秒が限界ですが、ラジオは３分しゃべっても大丈夫ですし、話す人はどんなに多くても３人程度です。

ただ、ラジオの電波を取得するのは大変なので、まずはYouTubeなどの映像投稿サイトを使うことをお勧めします。これなら、家事や運転で手が離せない人でも携帯で流しっぱなしにできますから。

一つ目は科学について勉強して思想を持つこと、二つ目は文字と音声を大切にすることだとしたら､三つ目は場所づくりです。いろいろな立場の人を包摂しようとすると疲れてしまいますが、それよりは完璧な思想や知識を持った人とのつながりを、少数でもいいから濃くつくっていく。あるいは、その人たちと濃くふれ合っていくことです。そして、その人たちと日常生活のなかでしゃべったときにポロッともらすことを、大事にしたほうがいいと思います。

そのためには、ナマの声を聴いておしゃべりをして、定期的にごはんを囲んだり、そこには子どももいて、わいわい周りで走り回って、転んでケガをしたりしている、そんな場所づくりが大事です。そんななかでゲノム編集や遺伝子組み換えの問題について話していくほうが、すごく生産的だと思うんです。

専門家を呼んできて、一緒にご飯を食べるという方法もあります。ただ、単に聴くだけでは知識は入らなくて、私が品種改良の歴史を話すときも、みんな、自分の生活に引き寄せてしゃべりたいんですね。私の話を聴くよりも、私の話をヒントにして、しゃべりたい。なぜかというと、夫は自分の不安を聴いてくれないのだそうです。「遺伝子組み換えは怖い」とか「放射能が怖い」と言うと、「いや、そんなことはない。この程度のデシベルで…影響は短期で…云々」と説明してくれて、それはそれでいいんだけど自分の不安は一向に解消されない。だから、その不安を吐露する場所を求めているんです。そして、一度吐露してしまえば、次の情報が頭に入ってきます。不安でいっぱいの人にいくら科学を導入しても無理で、まずは不安を吐き出す場所が必要ですが、それはたぶんスカイプでは足りなくて、ナマの声で不安を吐き出してもらう。子どもを連れてくることと、ごはんがあること。それが満たされる場所であれば、みんな思いを吐き出してくれます。

私の場合、放射能から逃れるために夏の間だけ関東から子どもを連れて保養に来る方々とお話をする機会がありましたが、びっくりしたのは、みなさん、話しながら泣き出したことです。それは私の話に感動したのではなく、私が話した内容にコメントするときに「初めて自分の感情を素直に言える」とか「ほんとに怖かったんです」と、初めて自分の思いを言えて、涙が止まらなくなるんですね。そういうときにようやく意見の交換ができると思うので、そのための場所づくりは大事ですね。

その意味では､ラジオも「ナマの声作戦」として場所づくりに含めてもいいかもしれません。

**【山野】**おそらく、人の考えや感情を自身の中に留めるには限界量があって、いったん出さないと、新しいものが入らないのでしょうね。

**【藤原】**そうです。新しいものが入らないし、その容量の中にうごめいている感情はとても大事なのに、世の男たちはみんな、それを科学的に説明してあげようとするわけです。そうではなくて、その感情こそを土台にして「いい世界をつくろうね」となったほうがよほどいいです。

**【山野】**あるいは、普段から感情を持っているけれど説明が苦手な人でも、きっかけが見つかればそれに続いて表に出すことができるということでしょうか。

**【藤原】**そうらしいですね。私はおしゃべり好きなので、そういう人の気持ちはわかりませんが（笑）、きっかけさえ与えてあげれば、話すことが苦手な人でもポツポツと漏らします。最後の不安の部分は人の考える容量のなかでもこびりついていると思うので、それを吐き出すことによって溶かしてあげる。そうすると、スッキリして、新しい知識も入ってくると思います。

有識者に話をさせる講演会はやめて、むしろ不安を抱えているお母さんやお父さんが子連れで来て、「ちょっとさあ…」みたいな話を聴く座談会をやったほうが、よほど人々は知識を得られると思います。ただし、オタクのような知識を持った人が“one of them”としてその中にいるほうがいいような気はしますね。

**【山野】**生協の場合、昔は班会がありました。年に何度か、お菓子などを持ち寄りで集まって、そこで生協側から「今回、こんな企画をやるので」と話したりすると、組合員からいろんな意見が出てきます。いまはそれがあまり見られなくなりましたが、なんとか工夫して、そういう場がつくれるとよいですね。

**【藤原】**生協の共同購入は私の実家でもやっていましたが、班会というのは、いいネーミングですね。買っている人が集まる、集まることができなくても、毎週、生協の車の前で集まっている人たちが生協への意見を伝えられるだけでも大きいですね。

**【山野】**医療生協はまだ班会が継続していて、たとえば薬剤師に「この薬、どうなん？」と率直な質問が出ます。薬剤師にとっても、そのような機会は知識を自然に伝えることができて楽しいそうです。

**【藤原】**「講演する人・聴く人」というモデルはもう終わっています。ただ、頼られたり、知識を求められると、人は勉強するんです。「教えてくれ」と言われるから勉強するのであって、「学べ」と言われても勉強しません。「誰かに教えるために」となると学ばざるを得なくなるので、学ぶにはそういう場を使ったほうがいいですね。

**【山野】**そうなると、「講演」という言葉は、「意見交換のきっかけとしての話題提供」と言い換えられるかもしれません。

今回は、農業技術から軍事技術への発展過程にはじまり、科学技術の理解のために私たちに必要なことまで、非常に幅広い内容について、興味深いお話を伺うことができました。現代の複雑な科学技術とどのように向き合えばよいか、ひとつの指針となりました。ありがとうございました。

特集

# 多様な立場から考える食の科学技術 ーゲノム編集技術に着目してー

科学技術開発が加速的に進められるなか、一般市民はその仕組みを知らずに生活に取り込んでいることが多い。新しい技術によって生活が向上するかもしれないし、逆に社会や人間を崩壊させていく可能性もある。総論では、私たちが科学技術とどのように向き合う必要があるのかをお二人の研究者にご提示いただいた。そこでは、科学者だけではなく、市民や利害関係者を含む多くの人がコミュニケーションを図る重要性が示されている。

そこで特集では、2019 年 10 月から表示義務なく市場に流通させることができるようになったゲノム編集技術を用いた食品について、科学者だけでなく、消費者側、生産者側がどのように捉えているのかを読者の方に知っていただき、多角的に科学技術を考える機会を提供したいと考えた。そのため、まずはゲノム編集技術などには頼らすブランドの養殖鯛を生産している生産者や関連業者の方々、消費者の視点として生活クラブ、制度設計に関わっておられた NPO 法人の方、そしてゲノム編集技術に携わっている科学者にお話をうかがった。

本特集では、ゲノム編集技術がいかなるものかを提示するのではなく、それに関連する人たちがそれぞれの立場で、何を目的に、どのような考え方のもとで関わっているのか、またリスクや安全性をどのようなものと捉え、技術開発や生産に取り組んでいるのかということを読者に伝えることに主眼を置いている。

既に多くの生協では、ゲノム編集技術に関する学習会などには取り組んでおられるが、なんとなくしっくりきていない方も多いように思う。そのため、技術開発に携わる科学者だけでなく消費者・生産者の考え方を聞くことが必要であると感じ、本特集を企画した。実際に両者の考え方を直接聞くことで、科学者と生活者（消費者・生産者）の間に大きな乖離が見えてくるのではないだろうか。技術開発は、技術開発そのものに目的があるのではなく、技術を使用する生活者のためにあるということが重要だと考えられる。そのため、社会に応用する際にはそうした生活者の視点を重視することが求められるのではないだろうか。巻頭言で中村桂子先生が述べているように、私たち人間も自然界に生かされた生物の一員であり、そして生活があり地域がある。「安全性」だけに注目されることが多いが、それを超えた議論を丁寧にした上で社会に取り込むのかを決める必要があるように思う。

（本研究所研究員　青木美紗・片上敏喜）

特集　多様な立場から考える食の科学技術ーゲノム編集技術に着目してー

01

# 「運命共同体」で育てる「海援鯛」

青木 美紗（奈良女子大学 講師）

「海援鯛」が育つ須崎市浦ノ内地区の風景

## はじめに

2019 年 10 月からゲノム編集技術を用いた食品が表示義務なく市場に流通できる制度が整い、いくつかのゲノム編集技術を用いた食品が紹介されている。そのなかのひとつに真鯛があるが、ゲノム編集されていない真鯛がどのように養殖されているのかを考えることが、ゲノム編集技術を用いた食品など、新たな技術を用いた食品を考える上で重要であると考え、高知県須崎市でブランドの鯛である「海援鯛」を生産している現場を訪問させていただいた。

本稿では、取材にご対応いただいた、「海援鯛」の生産者さん、大東冷蔵株式会社の社員さん、卸売業者の株式会社みなみ丸の社員さんの「海援鯛」にかける想いを紹介したい。取材では、ご多忙中にも関わらず、早朝の選別・出荷作業、および餌やり作業などを実際の生簀で見せていただいた。現場の雰囲気を少しでも感じ取っていただけると幸いである。

## 「海援鯛」とは

「海援鯛」は、高知県須崎市浦ノ内地区で養殖されるブランド鯛である。稚魚導入時から出荷まで抗生物質を投与しない完全無投薬で育てられ、生産者が決めた厳しい基準を満たした鯛にだけ「海援鯛」というブランドが与えられ出荷される。取材時点において、「海援鯛」の生産者は 4 名であり、年間約 10 万尾を出荷している。

浦ノ内湾は、ほとんど波が立たない穏やかな入り江であり、周りを山に囲まれているため山からの恵みであるプランクトンが豊富なため、養殖に向いている地域である。また、プランクトンが多いことから日差しが海の中まで届きにくく、鯛が日焼けして黒くなることも防ぐことができる。

このような鯛の養殖に適した地理的環境で必要

「海援鯛」を育てるみなさま

な時間をかけてじっくりと育てられることに加え、育った鯛が「海援鯛」となるためには、以下の基準を満たす必要がある。

①病気のない健康な魚で、活〆から３日以上ドリップの出ない肉質であること。

②体色は、体側～背部が鮮やかな薄赤（ピンク）色、腹部は真っ白なこと（頭部、背部、腹部、尾部それぞれについて、色差計による具体的な明度、色相、彩度を定めている）。

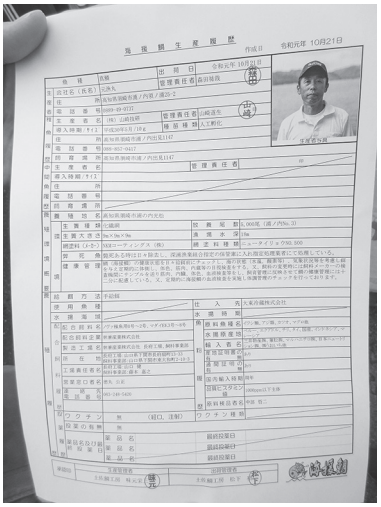
③肥満度（人間でいうと BMI 値）が 19～24 の範囲で、体形の不自然さ、尾びれや背びれの欠損、眼の傷等がないこと。

これらの基準を満たしているかを確認するために、出荷に値する鯛かどうかを厳しく目や感覚で確認し、全長と体重を計測し肥満度を計算、そして出荷する前には、全員で味・身質・姿・ドリップ検査等を行っている。このように丁寧に手作業によって選別され、基準を満たしたものだけが「海援鯛」として出荷されている。

「海援鯛」の全長を測る様子

さらに、出荷される「海援鯛」には、海援鯛出荷履歴が添付される。この履歴には、出荷日、管理責任者である生産者の指名と顔写真、稚魚の生産者、使用された配合飼料、配合飼料の仕入会社、生簀の情報などが詳細に記載されており、誰によってどのように育てられたのかが一目でわかるようになっている。この出荷履歴は海援鯛のホームページでも瞬時に公開されており、誰でも閲覧できるようになっている。まさに、養殖鯛のトレーサビリティである。

このように「海援鯛」というブランドを維持するために、完全無投薬という難しい養殖方法で、厳しい基準を守り、手間隙かけた丁寧な取扱いが心がけられている。



海援鯛出荷履歴

## 「海援鯛」のはじまりと養殖技術

浦ノ内地区では、もともと土佐湾沖で採捕したモジャコ（ハマチやブリの子ども）を餌付けし、稚魚もしくはツバスで出荷する養殖業が中心であったが、需要が減少し赤潮が発生したことにより、真鯛の養殖に転換することとなった。

このときに生産者に餌を販売していた大東冷蔵株式会社（以下、大東冷蔵）の職員が「いい魚を作って売っていかないか」と生産者に声をかけ、有志の生産者とともにブランドの鯛を生産することになったそうだ。そして 2001 年 9 月に、大東冷蔵の担当者と生産者の有志約 10 名が集まり、「土佐鯛工房」という組織を結成し、これまでの養殖真鯛のイメージ（身が柔らかすぎる、脂っぽいといったもの）を覆すような鯛を作ることを目指すこととなる。

この地区に位置する株式会社山崎技研の浦ノ内養魚場で育てられた全長 8 cm 以上の稚魚を、1 年半以上かけて 1.2 ～ 2kg の鯛に成長させる。完全無投薬を達成し、脂肪の少ない鯛を育てるために、餌会社と共同で配合飼料を開発したそうだ。成長や季節に応じて栄養成分を細かく調整しており、この配合飼料は、いつでも安全証明書を発行できるぐらい、厳しい管理基準のもと生産されているものである。

「海援鯛」が育つ生簀の様子

また、生産者間で大きな個体差や品質に差が生じないようにするために、生簀の大きさは 9m × 9m × 9m で統一され、鯛の日焼けを防ぐために遮光ネットで生簀を覆っている。完全無投薬であるため、病気が発生する確率が高いことから、通常は 1 つの生簀で 7000 尾を養殖するが、「海援鯛」が育つ生簀はストレス軽減のため 5000 尾に抑えられている。さらに、周年供給ができるように、生産者同士が協力し合っている。

加えて、生産者の労力を軽減するために、餌を自動で攪拌し生簀に落とす機械を導入したり、稲作用の機械をうまく活用するなど、生産者が鯛の世話に専念できるような工夫も見られた。

このような技術は約 20 年かけて地道に築き上げられてきたものであり、当初は年間 2000 ～ 3000 尾しか「海援鯛」として出荷できなかったが、現在では約 10 万尾の出荷が可能となっている。他県の養殖業者が見学に来ることも多いそうだが、その地域、地域に適した養殖方法や配合飼料があるため、「海援鯛」の養殖方法を他の地域で真似をすることは難しいそうだ。

## 育てるのは地域の「運命共同体」

「海援鯛」の養殖は主に生産者たちが担当しているが、出荷作業については、餌の販売会社である大東冷蔵や「海援鯛」の販売を担っている卸売業者である株式会社みなみ丸（以下、みなみ丸）の社員たちも協力し合っている。

生簀の網を手繰り寄せ、集まってきた鯛の中から出荷できそうな鯛を生産者が生簀からすくい上げる。それらを大東冷蔵の社

員たちが、「海援鯛」として出荷できるかを厳しい目と長年の感覚で確認する。肉が背骨の両側にムキっと張っているか、色味はきれいか、目は透き通っているか、尾びれは曲がっていないか…など。「海援鯛」としての基準をひとつでも満たさない鯛は生簀に戻し、奇形の鯛や尾びれが折れている鯛などは生簀から取り出し取り除かれる。

このような手作業での選別を早朝から繰り返し、選別後すぐに出荷先に配送する準備に入る。生簀での基準を満たし、港に持ち帰られた「海援鯛」は、重さを計測され、そして出荷先に合わせて梱包するのだが、梱包においても「海援鯛」に傷がつかないように、そして鮮度が落ちないように、梱包材にも工夫がされていた。取材時には、市民生活協同組合ならコープの店舗に出荷される「海援鯛」が準備されており、発注数に応じて「海援鯛」に配送される店舗名のラベルが付けられていた。これらの「海援鯛」は、翌朝に店舗に届くとのことであった。生産者たちによると、〆た直後のものよりも翌日のほうが、落ち着いた身になっておいしいとのことである。

「海援鯛」の生産から出荷に至るまで、生産者だけでなく、地域の関連会社が協力し合う背景には次のようなことがある。一つは、「海援鯛」としてのブランドを維持するために、生産者以外の人が選別することで、厳格に審査できるということがある。ブランドを維持するためにあえて複数の、また立場の異なる人たちが本音で向き合っているのである。もう一つは、「海援鯛」の生産者が生活できなければ、地域の関連会社である大東冷蔵やみなみ丸も経営を維持できなくなるため、「運命共同体」として「海援鯛」を協力し合って生産・出荷し、地域の産業を維持していることである。生産者も地域の関連会社の社員たちにも生活があり、また住み続けてきた地域がある。この地域を守るためにも、手間隙かけながら「海援鯛」をみんなで消費者に届けることを大切にしているとのことであった。また、「海援鯛」の広報に関しても、生産者だけでなく大東冷蔵やみなみ丸の社員が協力している。ならコープの店舗での実演販売や学習会の講師などには、大東冷蔵やみなみ丸の社員が対応しているのである。このように、関係者が一丸となって家計と地域の存続をかけて「海援鯛」を育て、消費者に届けている様子が印象的であった。

「海援鯛」選別作業の様子

ならコープ店舗に向かう「海援鯛」

## 「海援鯛」にかける想い

「海援鯛」の生産者はなぜこのような手間隙をかけてブランドを維持しようとするのであろうか。

まず一つ目に、生活の安定がある。一般的な養殖鯛の生産では価格が安定しないため、生計の見通しが立たず安心して生活を送れない。しかし「海援鯛」の場合は、市場の養殖鯛価格が低いときも高いときも関係なくほぼ一定の価格で取引されることから、生計を立てやすくなる。実際に生産者の方も、「海援鯛」の養殖を始めてから生活が安定したとおっしゃっていた。

二つ目は、自分の子どもにも安心して食べてもらえる鯛を作りたいという想いである。生産者のひとりである味元栄三さんは、以前は抗生物質をたくさん使用した鯛を大量に生産しているのを見ると、生活のためにはそのような技術も必要かもしれないが、自分の子どもには食べさせたくないと思ったそうだ。せっかく生産するなら子どもにも安心して食べてもらえる鯛を作りたいという想いがあり、抗生物質を使わない「海援鯛」の養殖に生産開始時から携わっていらっしゃる。抗生物質を使用しないぶん、病気のリスクなどは高くなってしまうが、それでも安心して食べることができる鯛を作りたいとのことである。

三つ目に、他産地との競争に負けないような養殖鯛の生産を目指すことがある。真鯛の養殖が盛んな他県の多くの養殖業者は大量に生産する方法を採用している。しかし「海援鯛」が育つ浦ノ内地区では、他県の養殖のように大規模な養殖が地理的に不向きである。そのため、量で勝負するのではなく、質で勝負することで差別化していきたいという気持ちがあるそうだ。

これらに加えて、「海援鯛」というブランド鯛を養殖することで地域を維持していきたいという、生産者や地域の関連会社の社員たちの想いと願いが込められている。上述したように、「海援鯛」が安定的に生産でき販売できれば生産者の生活が安定する。生産者の生活が安定すれば、餌会社や稚魚会社、卸売会社に関わる人々の生活が安定することになる。この循環をつくることで、地域を維持・存続していくことを目指していることが取材をしていて強く感じられた。取材時にちょうど、稚魚生産会社の山崎技研さんが養殖業者たちに、無償で海底改良材（貝化石）を提供しており、養殖業者たちはそれを海底にまいていた。地元の養殖業が維持されることで稚魚会社も存続できる。このような助け合いが地域の中に根付いているのである。

このように、「海援鯛」は安心できる鯛を消費者に届けたい、地域一丸となって地域を維持させたいと願う多くの人たちによって育てられている。生産者は、ゲノム編集された鯛などが世間を騒がせているが、安心できないものは育てたくないし、そのような鯛が市場に出回ったときに、これまでの価格の流れが変わってしまい生活にも影響するのではないかという不安を抱えておられた。今ある浦ノ内地区の環境を最大限に生かした安全で安心できる真鯛の

**貝化石を生簀に運ぶ「海援鯛」生産者**

生産を続けたいと熱く語ってくださった。

## 価値がわかる消費者に

以上のように、完全無投薬という方法で愛情込めて育てられた「海援鯛」は、どうしても価格が高くなる。多くの消費者は安さを求めるかもしれないが、「海援鯛」の生産を理解し、生産者や浦ノ内地区に想いをはせて「海援鯛」を購入してくれる消費者に買ってもらいたいとおっしゃられていた。現時点では、生産している 10 万尾を価値のわかる、共感してもらえる消費者に買ってもらえれば生産者も関連会社の社員たちも生活できる状況にあるという。

そのために生協店舗などでのイベントにも積極的に参加しているが、生協の学習会で講演しても、なかなか理解してもらえないことも多く、そもそも魚についてよく知らない消費者が多いそうである。「海援鯛」の魅力だけを伝えても理解してもらえないようで、まずは少しでも魚に関心を持ってもらい、「海援鯛」の価値が分かる消費者を地道に少しずつ増やしていきたいとのことであった。

## まとめ

本稿では、ブランド鯛である「海援鯛」の生産現場を訪問し、地域が一丸となって完全無投薬の「海援鯛」の生産に携わっていらっしゃる様子を紹介した。「海援鯛」には鯛という生き物の命だけでなく、生産者や関連会社の社員さんたちとその家族、地域の人たちの命が宿っていることを強く感じた。

生計を維持し地域を存続させるためには、自然環境や地域環境にも配慮した持続的な養殖業を営む必要がある。「海援鯛」は消費者にとっての安全・安心だけでなく、地域にとっての安全・安心にも大きく関わっていることがわかる。2019 年から 2028 年は国連の「家族農業の 10 年」であり、「海援鯛」の生産は、まさに持続可能な家族農林漁業を達成する上で参考になることが多い事例であると思う。「海援鯛」の生産者 4 名のうち 1 名は「海援鯛」の養殖方法を学ぶために静岡県から来ている方だそうなので、他の地域にも「海援鯛」の理念が広がることを期待したい。

また、持続可能な家族農林漁業を維持するためには、流通業者や消費者の役割も極めて大きいことも教えていただいたように思う。近年は、自分たちが食べている食べ物がどのような形をしているのか、どのような人によってどのように作られているのかを知らない消費者が圧倒的に多い。しかし、自分たちが何を食べるのかによって、自身や家族の健康だけでなく、遠く離れた地域の人たちに大きく影響していることを想像できる消費者を一人でも増やしていくことが重要であるように思う。

熱心に取材にご協力いただいたみなさまに心より感謝申し上げます。

【付記】
本報告内容は、平成 31 年度基盤研究 C（課題番号：19K12561）の一部である。

02

# 消費者の視点からゲノム編集食品を考える
## ―食の安全に対する生活クラブの取り組み

浮網 佳苗（京都大学非常勤講師）

生活クラブ連合会　前田和記氏

## はじめに

日々刻々と進む科学技術は、食品にも次々に応用され、遺伝子組み換えやゲノム編集食品を生み出している。しかし、充分な議論を経ないままゲノム編集食品が国内で解禁されたことに代表されるように、科学と食をめぐる動向は、消費者を置き去りにして進んでいるように感じられる。多くの消費者は不安を抱き、安全・安心な食品を選ぶ権利すら喪失しつつあるのが現状である。

では、私たち消費者は科学技術の発達と食の安全をどのように考えたらよいのだろうか。また、この問題に消費者としていかに向き合うべきなのだろうか。本稿では、消費者の立場からこうした疑問を考えるため、ユニークかつ妥協しない徹底した食の安全への取り組みで知られる生活クラブ事業連合（以下生活クラブとする。）生活協同組合を取り上げる。生活クラブは、解放型鶏舎での完全無投薬飼育による丹精國鶏（国産鶏種）や、酪農家との直接提携により仕入れた新鮮な牛乳など、食の安全に関する数々の革新的な取り組みを行ってきた。本稿では、生活クラブの食に対する理念やその実践とともに、ゲノム編集食品に対する考え方や対応を紹介したい。

生活クラブは、首都圏を中心に北海道から関西地域に 33 の会員単協、組合員 40 万人以上（2018 年）を抱える。生協としての規模自体はそれほど大きくはないが、組合員一人当たりの月間利用額は国内生協の組合員平均の約 2 倍である。この事実は、組合員が生産者と一体になって食品の安全や質にこだわるとともに、その過程を経て生産された食品を購入することで組合員としての責任を果たす意識が高いという生活クラブの特色を物語っている。

なお、本稿の内容は、生活クラブ連合会の前田和記氏（企画部長）への取材と東京都世田谷区のデポー（店舗）訪問をもとに執筆した。

## 生活クラブの起源

生活クラブの食に対する考え方の形成には、創設初期の、おもに二つの要因が寄与した。一つは、競合する事業者からの批判である。1965 年に東京の世田谷で牛乳の共同購入をはじめ、会員の増加にともない、1968 年に生活協同組合として再スタートした。そうしたなか、生協を脅威とみた地域の牛乳宅配事業者から、生活クラブの牛乳の質に対する批判を浴びることとなった。生活クラブは、これに対し十分に反論することができなかったのである。この悔しい出来事が契機となり、自分たちの販売する食品の質を調査し、その「素性」をきちんと知ったうえで食べるという取り組みをはじめた。

もう一つは、1973 年のオイルショックである。当時、日本生協連に加入し、かなりの割合をコープ商品に依存していた。しかし、オイルショックによって、コープ商品は欠品しがちになり、限られた商品の各生協への配分は組合員数に応じて決められた。その結果、組合員の少なかった生活クラブは商品が入ってこないという困難に直面した。そこで、生活クラブは独自に商品開発をはじめることにした。またしても逆境が契機となったのである。その後 10 年以上かけて独自商品に置き換えていった結果、現在コープ商品は扱っていない。

独自商品の開発にあたっては、小規模生協と大手メーカーとの取り引きは難しく、中小規模の生産者に依頼することとなった。こうした生産者は地域で製造しているため、多くの場合、原材料に混ぜ物が少なくシンプルだという特徴がある。これは、生活クラブにとって食品の成分が確認しやすく、生産者の規模感も適していた。

このように、生活クラブの食に対する考え方は、思想的に独自の路線を歩んできたというよりもむしろ、逆境を教訓にしてきたという歴史的経緯のなかで形成された。

世田谷のデポー（店舗）：建物の地下から 2 階にかけて、組合員運営のレストランやクッキングスタジオ、託児施設、組合員活動室などがはいる

農薬不使用あるいは減農薬の新鮮な野菜が並ぶ

店内で焼いた出来たてのパンも販売されている

## 食の安全を目指して

生活クラブでは、食の安全に関して予防原則をとっている。予防原則とは、食品添

加物や遺伝子操作について、リスクをゼロにすることは不可能だが、可能な限りそのリスクを低減するという考え方である。ヨーロッパの食品製造では広く採用されているが、アメリカや日本ではこの原則はとられていない。

そもそも、国の安全審査を通過した添加物や遺伝子組み換え食品であっても、これらは成分単体での検査において安全性が認められたということにすぎない。他の食品との食べ合わせによって身体のなかでどのような変化が生じるかについては不明なままである。したがって、生活クラブとしては、こうしたリスクを避けられるのであれば、慎重に避けていくという考えであり、使用しないで済む添加物は使用しないという原則のもと商品開発をおこなっている。生活クラブでは、1 週間に一度の予約共同購入のため、食品をそれほど日持ちさせる必要はないのである。また、デポー（店舗）に関しても、売り場面積自体はコンパクトなため、商品数もそれに応じて添加物の少ない独自開発商品を販売可能で、予防原則を守ることができている。

## ゲノム編集食品をどう考えるか

### 1．現状認識

ここでは、ゲノム編集技術の現状とそれをめぐる政府の対応について、生活クラブではどのように認識されているのかを紹介する。

ゲノム編集にはノックインとノックアウトという 2 通りの方法がある。前者は、遺伝子の特定の箇所に他の遺伝子を挿入する技術で、従来の遺伝子組み換え技術では挿入箇所までは指定できなかったのに対し、ゲノム編集ではそれが可能になった。一方、ノックアウトは、特定の遺伝子を破壊することでその機能を止める技術であり、これまでにも自然界で突然変異として生じていた現象だとされる。

政府は、ノックアウトについては従来の突然変異と同様と考え、環境への影響と食品の安全に関する検討において、届け出のみとし規制対象外という結論を下した。しかし、この結論に至る議論は 1 年ほどしかなされておらず、生活クラブは、これについて拙速であるというパブリックコメントを出した。政府が結論を急いだ背景には、アメリカが 2018 年の春にすでにこの結論を出していたことが影響している。結果として、環境省での検討会は 2 回しか実施されず、厚生労働省では 4 回おこなわれたが、実質的なリスク検討はなされていない。

生活クラブの意見としては、政府が先んじて取り組むべきは、ゲノム編集という新しい技術を法律上定義することだという。というのも、従来の遺伝子組み換え食品規制の枠組みでは、遺伝子組み換えの定義が、環境影響評価に関するカルタヘナ法（2004 年施行）と、食品の安全性に関する食品衛生法にそれぞれ記載されているのである。これに対し、ゲノム編集食品については、政府は遺伝子組み換えの定義と照らし合わせて、ノックインとノックアウトがそれぞれ該当するか否かを検討しただけで、リスク評価はしなかった。

例えば、京都大学と近畿大学の共同研究により生まれたゲノム編集による肉厚真鯛は、海での実験はおこなっていない。その理由は、台風などの災害によって養殖いけすから鯛が逃げ出した場合、体格の大きな鯛のほうが生殖競争に勝つ確率が高く、子孫が肉厚真鯛となり、環境への影響が懸念されるからである。しかし、すべての養殖業者がこうした配慮をするとは限らない。肉厚真鯛はノックアウト技術によるため、

海での養殖のほうがコストが削減できるという業者が出てきたとしても、規制できないのである。

こうした懸念を踏まえて、前田氏は次のように指摘する。「環境省は、具体的な発生しうるリスクについて何も議論していないし、突然変異は自然界で起こってきたことだという解釈だけでは道義的ではない。研究を否定するわけではないが、市場に提供するのであれば、より慎重に検討すべきであり、考えられるリスクを評価し、それらリスクを避けるための法規制について丁寧な議論が必要である」。

議論が十分に尽くされない背景には、政府の結論ありきで専門家会議のメンバーが選ばれ、政府の意向に沿った範囲でしか検討がなされないという問題がある。また、成長戦略の一環としてバイオ産業を強化したいという経済産業省の意向もこの状況を後押ししているようだ。

## 2．現状への対応

このように、消費者にとっては不安の残る政府の進め方が明らかになったわけだが、生活クラブはこうした現状に対して、今後どう対応していくのだろうか。

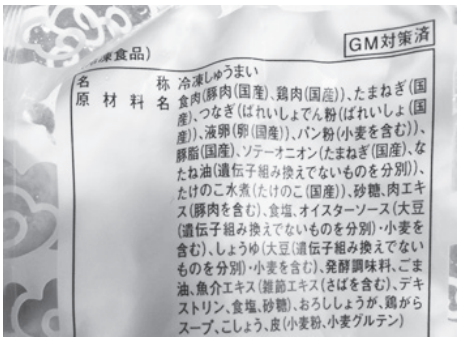
生活クラブは、遺伝子組み換えに関しては、積極的に反対運動を推進してきた。ただ、ゲノム編集については、政府に対して行動を起こしたり、市民に運動を呼びかける前に、生活クラブ自身がゲノム編集食品に対応できるための仕組みづくりをする必要があり、まずはそれに取り組むことが重要になるという。

そこで、遺伝子組み換え食品への対応時の例を考えてみる。1996 年秋に遺伝子組み換え食品が解禁された後の、1997 年 1 月、生活クラブは理事会にて、遺伝子組み換え食品を原則取り扱わないことを決めた。ただし、100％の除去は難しいため、混入した場合は情報公開することにした。遺伝子組み換えの場合、トウモロコシや大豆が、それぞれでんぷんや糖、油や大豆かすとしてさまざまな加工食品に原材料の一部として使用されるからである。

その後、生活クラブは、これら原材料に遡って、遺伝子組み換えか否かを仕分けるのに実に 2 年近くを要した。そして、食品製造に必要な原材料を非遺伝子組み換えのものに切り替え、体制づくりが完了したと判断した 2000 年に、遺伝子組み換え食品を使用しないことを社会的に宣言したのである。

ゲノム編集食品に関しても、生活クラブは同様の対応の仕方をするという。まずは、原材料の調査を含め、生活クラブ自身の体制づくりに 3 年ほどは注力する。もちろん重要な局面では意見表明をしていくが、優先事項は、ゲノム編集食品を使用しない体制を自ら構築できていることである。それができていなければ、発言したところで組合員からも社会からも信頼は得られないと考えているからだ。

また、ゲノム編集食品の表示について、政府はノックアウト技術によるものであれば義務化しないとしたが、自主的な表示は容認する方向ですすめている。したがっ




**冷凍食品の原材料表示には、遺伝子組み換え食品を使用していないことが明記されている**

て、生活クラブとしても、それを見据えながら、上述の一連のステップを経た後に、表示化をしていく予定である。

生活クラブは、2019 年 6 月の総会において、ゲノム編集食品を取り扱わない決定をしている。また、ゲノム編集食品に関する勉強会も頻繁に開催されるようになり、組合員は関心を高めている。今後、ゲノム編集食品が市場に出回るようになると、当然ながら多くの組合員は不安や危機感を抱くため、生協の他の事業連合もゲノム編集食品を取り扱わないという表明をすることが望まれる。

## 生産者・技術者との連携

生活クラブは、ゲノム編集に関して、取り引きしている生産者と話し合いを重ねてきた。ただ、現在のところ、生産者側が特段の対策をとる必要はないという考えである。つまり、生産者には、遺伝子組み換え作物排除の対策や国産加工原料の使用、トレーサビリティの徹底といった、これまで実施してきたことを継続してもらうことで対応可能なのである。

トレーサビリティにおいて必要不可欠な情報として、誰が何の作物の機能を付加あるいは低減させたのか、いつ市場に出したのかといったことが明らかになっていなければならない。ゲノム編集に関して、政府は 2019 年 10 月 1 日から届け出ることを規定しており、事業者は情報を開示することが必要となる。すべての事業者がこの規則に従うかは不明だが、少なくとも消費者の信頼を得たいと思う事業者は政府に情報提供するであろう。また、これら政府に提供された基礎情報は、厚生労働省の HP にて確認することができる。例えば、高付加価値のトマトをどこの生産者がいつ出荷したのかが判明すれば、そこからジュースやペーストの原料として使用されたのか否かという上流の情報が入手できる。したがって、生活クラブは、このプロセスを生産者と確認しながらすすめていくという従来のやり方を守っていくことで、ゲノム編集食品の排除が可能だと考えている。

さらに、生活クラブは、生産者だけでなく、ゲノム編集に携わる科学者との交流もおこなっている。市民団体と連携して、科学者を交えたシンポジウムを開いてきた。それは決してゲノム編集に反対するための場ではなく、賛成反対の両意見に耳を傾けて考える場である。シンポジウムでは、消費者の不安を理解したうえで、環境影響と食品の安全への厳格な配慮を徹底すると明言した科学者もいたそうだ。また、消費者の選ぶ権利を守るために、ゲノム編集表示は必要だとの見解もみせたという。

前田氏によれば、遺伝子組み換えは消費者の圧倒的な嫌悪感を醸成してしまい、導入に失敗したという経緯があるため、科学者は市場化をすすめるためには、消費者の存在を軽視してはいけないという反省に基づいた対応をとっていくと予想される。ゆえに、科学者たちにとっても、ゲノム編集食品に対する政府の一連の対応は慎重さを欠くものと映ったようだ。

さらに、消費者の横のつながりや科学者との連携を通じて政府に訴えていくことが、今後のアクションとして求められている。市民団体には反対のための反対を訴える組織もあれば、より中立的な立場で賛否の意見を聞いていこうとする団体もある。生活クラブは後者の立場に近く、現時点では予防原則に基づいて行動しつつ、賛成派も反対派も互いの意見に耳を傾けながらコミュニケーションを図っていくことの重要性を訴える。

さいごに、前田氏は食のリスクの考え方について次のように主張する。「科学技術を応用した加工度の高い食品が今後ますます増えていくと予想されるなか、リスクの考え方をできるだけ多くの組合員と共有していきたい。リスクゼロは不可能だが、台所にある食材で十分であるにもかかわらず、そこにたとえ小さいとしても新たなリスクを足していく必要があるのだろうか。長期的な摂取によってどのような影響が生じるのかが解明されていない食品を取り入れる必要があるのだろうか。小さくてもリスクを積み重ねるよりは、小さくてもリスクを排除することが大切である。昔から続く食生活を軸に据えることが重要であり、その軸がなければ、新たな技術を応用した食品が現れるたびに我々は混乱してしまうだろう」。

## おわりに

生活クラブの歩みを振り返ると、決して大きな組織ではないが、逆に小さいからこそ、それを強みに変えてきたことがわかる。もちろん事業体の規模が大きいことのメリットは多いだろうが、予防原則に基づいた、きめ細やかな取り組みは、食の安全を考えた場合、必ずしも大きいことがいいことであるとは限らないと教えてくれる。

生活クラブのゲノム編集食品に対する姿勢は現時点では一貫している。しかし、だからといって、やみくもに声を上げたり、自分たちの意見を押し通そうと躍起になるのではなく、まずはゲノム編集食品を取り扱わない体制を構築するという実践面を最優先とし、同時に、さまざまな立場の見解へも耳を傾ける。組合員、生産者、科学者、賛成派、反対派など多様な人々が互いにコミュニケーションしていくことを重視しているのである。自分たちの信念は持ちつつも、互いの立場を尊重するという生活クラブの姿勢が、まさに、組合員だけでなく生産者の強い信頼も得てきた所以なのだと思わせてくれる。

本稿で述べてきた生活クラブの実践は、組合員を含め消費者全体の食に対する姿勢に大きなヒントを与えてくれたのではないだろうか。政府や科学者が安全だといえば、消費者はそれに従えば問題ないということは決してなく、常に自分たちの頭で考え、消費者、生産者、科学者間での対話をしながら行動していくことが重要である。何よりも大事なことは、消費者自身が現状について学び、考えるのをやめないことである。消費者自身の積極的な関与が、食の安全を守ることにつながっていく。

さいごに、食の安全にくわえ、食の倫理という側面も見過ごしてはいけない。動物や植物の遺伝子にまで踏み込んで人間の意図にかなうように改変することは、倫理的に考えてどう理解したらよいのだろうか。今後はこうした倫理面の議論も十分になされる必要があるだろう。食べることのありがたさを思い出し、人間が高慢になってはいないか今一度再考するよい機会ではないだろうか。

このたびのインタビューに応じてくださり、生活クラブやゲノム編集について詳しく教えてくださった、生活クラブ連合会の前田和記氏には深く感謝申し上げます。

（参考文献）
小澤祥司『日本一要求の多い消費者たち――非常識を常識に変え続ける生活クラブのビジョン』ダイヤモンド社、2019年。
『2019年度　第30回　通常総会議案書』生活クラブ事業連合生活協同組合連合会。

特集　多様な立場から考える食の科学技術ーゲノム編集技術に着目してー

03

# ゲノム編集技術を利用した食品の規制
## ―環境、食品安全、表示について―

森田 満樹（（一社）Food Communication Compass 代表）

森田満樹氏

最近、ゲノム編集技術という言葉を耳にするようになった。「ゲノム」とは、遺伝子（gene）と染色体（chromosome）から合成された言葉で、「ゲノム編集技術」は、ゲノムの中の特定の DNA を狙って切断して遺伝子に変異を起こさせる新技術である。この技術によって、医療分野においては遺伝子疾患の治療や、工業分野における活用が注目されており、食の分野でも研究が進められている。

ここでは、ゲノム編集技術を利用した食品分野において、2019 年に定められた各省庁の規制の経緯についてまとめ、リスクコミュニケーションのあり方について考える。

## 1．品種改良における ゲノム編集技術の登場

食品分野では、ゲノム編集を用いた品種改良技術での応用が進んでいる。品種改良の歴史は古く、人類は安全で食味が良く、育てやすい性質をもった品種を見つけて改良を繰り返してきた。1900 年にメンデルによって遺伝の法則が発見され、有用な性質をもつ植物どうしをかけ合わせる交雑育種が盛んになり、その後は放射線や化学処理によって突然変異を起こさせる突然変異育種の研究が進んだ。突然変異は、自然界でも様々な理由によって起こるが、突然変異育種は、放射線など人為的な刺激によって遺伝子に変異を起こさせるものである。

これらの品種改良は目的の性質を得るまでに長い時間がかかっており、たとえばコメは、1900 年代から様々な交雑育種の研究が進み、1950 年代にコシヒカリが、1980 年代には突然変異育種によってミルキークイーンが誕生している。

一方、1953 年にワトソンとクリックにより DNA の二重らせんモデルが発表されて以降、DNA の働きとともに遺伝子組換え技術の研究が

進み、1996 年には大豆やトウモロコシの遺伝子組換え作物が商業栽培されるようになった。北米・南米を中心に耕地面積が拡大しており、日本はその輸入大国である。

規制の観点からいえば、交雑育種や突然変異育種は何ら規制がない。一方、遺伝子組換え技術による育種は、種の壁を越えて外来遺伝子が導入できるため、自然界では起こり得ない品種が得られることから規制が設けられている。日本では、環境においてはカルタヘナ法で、食の安全においては食品衛生法で安全性審査が必要とされ、厳格なリスク管理が行われてきた。もし、日本で安全性が未審査の遺伝子組換え作物が見つかった場合は、ただちに流通禁止等の処分が行われる。また、食品表示も、原則として（最終製品に外来遺伝子が残るものは）表示が義務付けられている。

そのような中で、2010 年代にゲノム編集技術の研究が行われるようになる。ゲノム編集技術は、人工ヌクレアーゼ（DNA を切断する酵素：ハサミの役割）を用いて DNA を切って、狙った遺伝子の機能をなくしたり、新たに組み込んだりすることができるもので、様々なハサミが開発されてきた。2012 年にある酵素から見出された「CRISPR-Cas9 システム」が登場して、より簡単で切れ味もよいことから脚光を浴び飛躍的に開発が進んだ。それぞれの新技術については、**表 1** にまとめた。

| | 交配育種 | 突然変異育種 | 遺伝子組換え育種 | ゲノム編集育種 |
|---|---|---|---|---|
| 手法 | 役に立つ性質を持つ品種をかけ合わせ | 放射線や化学物質により突然変異を誘導 | 外来遺伝子の挿入 | 意図する遺伝子をハサミ遺伝子で切断 |
| 特徴 | 親の遺伝子の掛け合わせで複数の遺伝子が変わり、特性が付与される。品種改良の基盤技術 | もともと持っている単一の遺伝子の特性を改良する（偶然に頼る） | 外から他の種の遺伝子を入れ、その植物にない特性が付与される | 目的の遺伝子を確実に変異させ、特性が付与される |
| 外来遺伝子 | なし | | あり | なし（外来遺伝子が挿入される場合を除く） |
| 開発期間 | 長い（数年～数十年） | | やや長い | 短い |
| 歴史 | 1900年代前半～1940年代（突然変異育種）～ | | 1996年商業栽培開始 | 現在開発が進行中 |

**表 1　様々な品種改良技術**

この新技術にどのような規制が必要か、現在、世界中で議論されている。しかし、食品分野は国によって方針は異なっており、2018 年 7 月、ヨーロッパの欧州司法裁判所では「ゲノム編集による新品種は、遺伝子組換え食品と同じく事前に安全性審査を行うべき」という判断を示している。一方、米国は最終製品の用途に応じて一部のゲノム編集の応用については規制の対象外とする方針を示している。

## 2．統合イノベーション戦略を受けて規制の検討スタート

日本でも研究が進むにつれて「規制のあり方が決まらないと、実用化はできない」という声が出され、関係省庁によって 2018 年度より検討が開始された。それ以前も、2010 年代からゲノム編集技術は新しい育種技術（NBT）として位置づけられ、学会や農水省の中で海外動向の収集とともに検討が行われてきた。

2012 年 5 月には日本学術会議においてシンポジウムが開催され、2014 年 8 月には報告書がまとめられた。また、2013 年 10 月には農水省「新たな育種技術研究会」が発足し、2015 年 9 月に報告書が公表されている。2015 年 12 月にはゲノム編集学会が設立しており、社会においてこの新技術をどのように位置づけるのか、議論されてきた。

その当時はゲノム編集に関する消費者の認知度は低く、技術特性の理解度は低い状況にあった。こうした状況を鑑みて、日本学術会議の報告書では 2000 年代に遺伝子

組換え技術の社会的受容がうまくいかなかったことを振り返り、ゲノム編集技術は「研究者や開発者の独善的判断ではなく、多くの利害関係者に、より早く、かつ、より正確な情報を周知し、その理解を深めることが不可欠と考えられる」としている。また、筆者が委員を務めた厚労省の食品衛生法改正懇談会（2017 年秋）でも「この技術を活用した食品の安全性を確保するための法規制上の取扱いについて、国際的な議論等を踏まえながら検討を行い、その検討状況については、早期の段階から適切に情報発信し、国民に丁寧に説明するべきである。」と報告書に明記した。

このように内部の検討は数年にわたって行われてきたが、海外でも開発が進む中で、いよいよ法的規制について検討が求められることになった。日本もこれから世界との競争に負けられないとして、内閣府のバイオ戦略検討ワーキンググループは 2018 年４月、中間とりまとめを行った。ここで「ゲノム編集作物に対するカルタヘナ法、食品衛生法における取扱いの早期明確化」で、早期に結論を出すように求め、2018 年 6 月、政府の統合イノベーション戦略会議の閣議決定で、環境省・厚労省において 2018 年度中に法的な取扱いを明確化することを決めた。

これを受けて、2018 年度より、環境省中央環境審議会（５～９月）、厚生労働省薬事・食品衛生審議会（９～３月）で公的な検討が行われた。その後、パブリックコメント等の手続きを経て関係省庁の最終的な方針が定まり、2019 年２月に環境省（カルタヘナ法上の取り扱い）、2019 年９月に厚労省（食品衛生法上の取り扱い）と消費者庁（食品表示法上の考え方）、2019 年 10 月に農水省の方針が決定した（**表２**）。

このように短期間で規制の方針が決められた中で、これまで必要とされてきた「丁寧な議論」「適切な情報公開」は十分に行われてきたのだろうか。この間の検討の経緯について次章より振り返ってみていく。

## ３．環境省のカルタヘナ法上の取り扱い

ゲノム編集技術の取り扱いについて、最初に公的に審議されたのは、環境省によるカルタヘナ法である。カルタヘナ法とは、生物多様性を確保するための法律である。日本国内で遺伝子組み換え生物の使用等については環境に悪影響が及ぼすことがないよう同法で規制されている。現在、閉鎖系温室などの第１種使用規定の承認、ほ場な

**表２　2019 年秋にまとまったゲノム編集技術の規制**

| | 食品安全 | 生物多様性（環境）への影響 | 食品表示 |
|---|---|---|---|
| 担当省庁 | 環境省<br>農林水産省 | 環境省<br>農林水産省 | 消費者庁 |
| 関連法律 | 食品衛生法<br>食品安全基本法 | カルタヘナ法 | 食品表示法 |
| 遺伝子組換え食品の取り扱い | 安全性審査が必要 | 生物多様性の影響について審査が必要 | 最終製品に遺伝子等が残存している場合は義務表示 |
| ゲノム編集技応用食品の取り扱い | 届出（外来遺伝子が残らない場合） | 自主的な情報提供 | 規制なし |

ど試験栽培における第２種使用等における拡散防止措置の確認について、農水省が窓口となって個別に審議が行われている。

環境省の検討は、ゲノム編集技術によってできる生物が、遺伝子組換え生物と同様にカルタヘナ法の対象になるかどうかを整理するものであった。2018 年５月、環境省中央環境審議会自然環境部会で検討を開始し、同年７月にその下の委員会で「カルタヘナ法におけるゲノム編集技術等検討会」を設置することを決め、この検討会が８月の１か月の間に３回開催されて、概ねの方針が固まった。

この検討会で「ゲノム編集技術の利用により得られた生物のカルタヘナ法の整理及び取り扱い方針について」報告書がとりまとめられたが、まずはゲノム編集技術でできるものを以下の３つに分類した。

> SDN －１：標的とする塩基配列を酵素で切断するだけで、切断部分が自然に修復する。切断した部分には、細胞外で加工した核酸を導入しない。自然修復の際に変異が発生する。
> SDN －２；人工ヌクレアーゼを作用させる際、宿主の標的塩基配列と相同な配列の一部を変異させた DNA 断片を宿主細胞内に移入する。修復部分に外来核酸またはその複製物が組み込まれる
> SDN －３；人工ヌクレアーゼを作用させる際に、宿主の標的塩基配列と相同な配列の中に外来遺伝子を組み込んだ DNA 断片を宿主細胞内に移入する。修復部分に、外来遺伝子またはその複製物が食いこまれる。

そのうえで法律上の整理として、SDN －１は細胞外で加工した核酸が含まれないことから「遺伝子組換え生物等には該当しない」とし、SDN －２及び SDN －３は外来核酸または外来遺伝子が含まれることから「遺伝子組換え生物等に該当する」とした。

つまり、ゲノム編集技術においては、「外来遺伝子が入っている場合は遺伝子組換えと同様の規制対象とし、入っていない場合は規制対象としない」という大原則が決まったことになる。この考え方は、食品衛生法においても概ね引き継がれた。

一方、規制対象外とされる SDN －１についても、検討会では「研究などが野放しになるのではないか」「病原微生物が拡散するような問題が出るのでないか」など懸念の声が相次いだ。そこで、報告書では「カルタヘナ法の対象外と整理された生物については、ゲノム編集により得られた生物に関する知見を収集するとともに、作出経緯等を把握できる状況にしておくことが必要である」として、屋外で栽培などをする場合は自主的な情報提供を求めることとした。なお、カルタヘナ法で定められたように遺伝子組換え作物の拡散防止措置のとられた施設で栽培する場合は、情報提供の必要はない。

2018 年８月末の検討会の取りまとめの際には記者会見も行われ、情報提供のあり方について問われる場面もあったが、「研究者は、情報提供には協力するのは当然」「実際には、カルタヘナ法の拡散防止措置のとられた施設で試験栽培をする事例が多く、こっそりと研究するようなことはない」と説明して理解を求めた。

この方針はパブリックコメントの手続きを経て、2019 年２月に正式に運用方針が決定された。２月の環境省自然環境局長通知では、「ゲノム編集技術の利用により得られた生物であってカルタヘナ法で規定され遺伝子組換え生物等に該当した生物の取り扱いについて」が発出され、この中で「細胞外で加工した核酸を移入していないか、移入したとしても最終製品に残存していな

いものは規制対象外だが、その場合も情報提供を求める」こととした。また、環境省の通知を踏まえて、農水省は 2019 年 10 月、「農林水産分野におけるゲノム編集技術利用により得られた生物の生物多様性影響に関する具体的な手続きについて」を出し、開発者から情報提供を求める手続きをまとめた。以上のようにカルタヘナ法上は２省によって整理され、その後、食品衛生法の検討へと進むこととなった。

## ４．厚労省の食品衛生法上の取り扱い

2018 年 9 月、ゲノム編集技術を用いた食品の安全性について、厚労省の薬事・食品衛生審議会の新開発食品調査部会の下の専門部会である遺伝子組換え食品等調査会において検討がスタートし、計５回の審議を経て同年 12 月に報告書案がまとまった。環境省が短期間で報告書をまとめたことに比べると、学識者、生産者、消費者団体などのヒアリングも含めて幅広く意見を収集して議論された印象である。

この中では環境省の考え方をほぼ踏襲しており、ゲノム編集技術においてできる品種においてはプロセスではなくできあがったプロダクトベースで３種類に分ける考え方（表現は異なるが前の SDN １～３とほぼ同じ）を示し、それぞれの規制について検討が行われた。

タイプ１：標的 DENA を切断し、自然修復の過程で生じた変異を得る
タイプ２：標的 DNA を切断し、併せて導入した DNA を鋳型として修復させ変異を得る。
タイプ３：標的 DENA を切断し、併せて導入した遺伝子を組み込むことで変異を得る

筆者は、調査会の第３回にあたる 11 月のヒアリングで意見を述べ、「タイプ１のように外来遺伝子が導入されていない場合は、突然変異育種と同様と考えられることから遺伝子組換え食品の安全性審査は不要と考えるが、透明性を確保することが消費者の信頼にもつながることから、届出の義務化を求める」と意見を述べた。従来の育種技術においても遺伝子の変異が起きており、突然変異育種においては人為的にランダムに不特定の DNA を切断しており、目的を定めてハサミできるゲノム編集技術に比べるとはるかに多くの変異が生じている。これらは自然修復の過程で生じた変異を得ることで品種改良を行うもので、その観点からいえば安全性審査が不要であることは理にかなっていると思う。日本において放射線による突然変異育種は数十年間にわたって行われており、ゴールド二十世紀梨などの品種が開発されてきたが、これらは安全性審査も届出も行われておらず、規制上はフリーである。とはいえ、ゲノム編集技術は新しい科学技術であり、どのような食品がゲノム編集技術によって開発されているのか情報提供は必要と考え、カルタヘナ法の情報提供よりも厳しく届出を義務化してほしいと意見を述べたのである。

その後の調査会の審議の結果は、次のとおりである。

・ゲノム編集技術応用食品の中で、外来遺伝子が除去されていないものは、遺伝子組換え食品と同じで、安全性審査を必要とする（タイプ３）。
・導入遺伝子の残存がなく、塩基の欠失、置換など、自然界でも起こりうるような変化のものは、安全性審査の必要がないが、安全性審査を必要としないものでも、任意の届出が求められる（タイプ２）
・（タイプ２）はケースバイケースで、厚労

省に相談のうえで安全性審査の必要性を決める。

2018年12月に同調査会がまとめた報告書案では、届出について次のようにまとめている。

「情報の提供を求める仕組みについては、該当するゲノム編集技術応用食品のDNAの変化が（自然突然変異もしくは人為的突然変異誘発を利用した）従来の育種技術によって得られたものの範囲内と考えられること、新たな技術に対する入念的な状況把握の目的であることのほか、従来の育種技術によって得られたものと判別し、検知することが困難と考えられることから、法的な義務化は必要とはしないが、開発者等から必要な情報の届出を求め、薬事・食品衛生審議会（遺伝子組換え食品等調査会）への報告、届出者情報を含む概要の公表を行うことが妥当と考えられる。」

その後、12月から2月にかけて、親部会である新開発食品調査部会において重ねて審議が行われた。通常であれば調査会の報告書案を了承するところだが、12月27日の部会では「届出は任意でなく、義務化すべき」という意見も多く出た。これを受けて厚労省が1月17日示した部会の報告書（案）には「新たな育種技術に対する消費者等の不安への配慮も必要であることから、厚生労働省は、現時点では法的な義務化にはそぐわなくとも、将来の届出義務化の措置変更も視野に入れつつ、届出の実効性が十分に確保されるよう対応すべきである」と明記された。

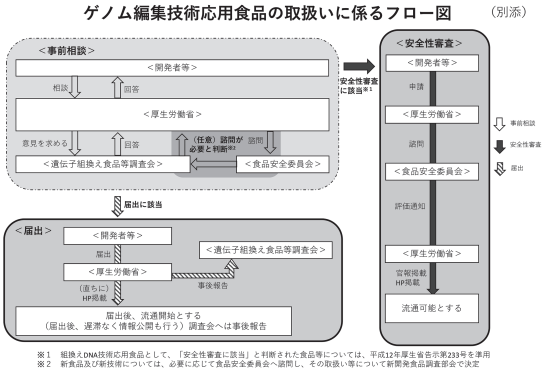
あわせて現時点でできる措置として「ゲノム編集技術応用食品に係る届出の実効性を高める取り組みについて」示し、開発者等への周知徹底を図ること、届出されていない食品が事後に確認された場合には、その内容を公表することも記された。12月の部会報告書よりも厳しく届出を求めることとした。

1月の部会では、研究者の委員からは「ゲノム編集の検知技術は日進月歩であり、届出をしない場合、今はごまかせても将来にはごまかせなくなる。そうすると厚労省から怖い呼び出しがかかりHPに名前をさらさせることになる。これは、届出をしなければまずいということになる」という感想も聞かれ、実質的に義務化と同じような効力があるとしている。

こうして取りまとめられた部会報告書案は、2月に東京と大阪でリスクコミュニケーションとして、「ゲノム編集技術を利用して得られた食品等の食品衛生上の取り扱い（案）に係る説明会」が東京で開催され、東京は消費者団体、事業者、地方自治体関係者など約200人が参加した。同時に2月には報告書のパブリックコメントの募集を行った。

そして2019年3月、厚生労働省の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会は「ゲノム編集技術応用食品の食品衛生上の取り扱いについて」報告書を公表した。ここでは、開発者に求める届出の情報について、品種名、遺伝子改変の内容、アレルギー物質や毒性、栄養など主要成分の変化等について詳細情報を求めている。

その後の法的な手続きを経て、厚労省は2019年9月に「ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取り扱い要領」を公表し、10月1日より同要領に従い届出を開始した。届出においては、厚労省の事前相談を経て行われるもので、そのフローについても表3のとおり示されている。事前相談を経て、安全性審査が必要とされれば、食品安全委員会で審査する仕組



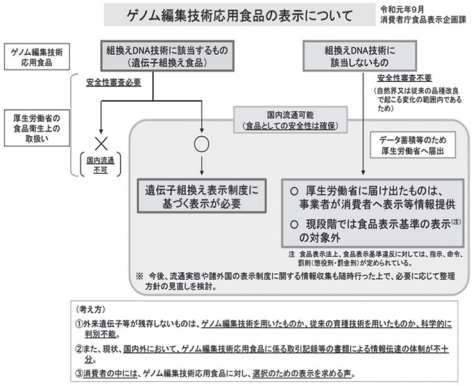

みである。なお、2019 年 12 月 15 日現在で届出は 1 件もない。今年前半には「2019 年夏にも登場する」と言われていた状況とはかなり異なり、急いで規制をつくったものの特許など知財の問題もあり、実際に食卓に上がるのはまだ先になりそうだ。

## 5．消費者庁の食品表示は「義務化求めず」

食品安全の規制が決定されていく過程で、消費者庁はゲノム編集の食品表示制度について 2019 年 6 月に消費者委員会食品表示部会での意見を求めた。ここでは、消費者の委員から「どの食品がゲノム編集技術によってつくられたか知りたい」と言う意見も出たが、国際的には表示制度を定めている国はないこと、ゲノム編集技術で外来遺伝子が導入されていないものは科学的検証が不可能なこと、事業者のトレーサビリティが不可能なことなどがあげられ、表示は「実行困難」とされた。

2019 年 9 月、消費者庁のウェブサイトで「ゲノム編集技術応用食品の表示について」が公表され、詳細は「食品表示基準 Q&A　別添　ゲノム編集技術応用食品に関する事項」にまとめられた。ポイントは次のとおりである。

・ゲノム編集技術応用食品のうち、遺伝子組換え食品に該当するものは食品表示基準に基づき遺伝子組換え表示を行うが、遺伝子組換え食品に該当しないものは食品表示基準の対象外とする
・遺伝子組換え食品に該当しないものでも、厚生労働省に届出されたものについては、事業者は積極的に情報提供するよう努めるべきと考える
・ゲノム編集技術応用食品でない食品又はそれを原材料とする加工食品に「ゲノム編集技術応用食品でない」と表示することについては、それが適切になされる限りは特に禁止されるものではないが、現時点では、ゲノム編集技術を利用したかどうかの確認を科学的に検証して行うことはできないため、表示に係る適切な管理体制を有しない食品関連事業者が「ゲノム編集技術応用食品でない」旨の表示を安易に行うことは望ましくないと考える。




以上のとおり、ゲノム編集技術において、外来遺伝子が挿入されるものは遺伝子組換え食品として扱われるが、挿入されなければ表示の義務化は求めないこととなった。マスメディア等は、ここにきてようやくニュース等で大きく取り上げるようになり、表示がないことに不安を持つ消費者の声が紹介されるようになった。

なお、現在開発が進められているGABA高蓄積トマトの開発者は、自主的に表示をする方針だという。法に規定されなくても情報開示を進めてもらいたい。

## 6．リスクコミュニケーションの必要性

ゲノム編集技術については、2019年7月に厚労省、農水省、消費者庁の3省庁共催の意見交換会が全国5都市で開催された。東京会場では200名を超える参加者が押し寄せ、質疑応答が行われた。この説明会で、消費者団体等から「遺伝子組換え食品と同じ安全性審査を求めるべきだ」「検討の時間が短く拙速すぎる」「食卓にいつの間にかゲノム編集技術を用いた食品が上がるのは不安であり、きちんと表示すべき」といった意見も聞かれた。

**東京会場（7月4日）の様子**

従来の遺伝子組み換え技術は、微生物などの別の生物の遺伝子を入れることで、農薬や害虫に強い品種を作るが、他の生物の遺伝子が入るため安全性に対する不安が根強い。一方、ゲノム編集技術では基本的に外来遺伝子が残らないが、その場合でも「本当に自然界で起こり得る変異なのか」という点で安全性を疑問視する声もある。今後の届出制度でものが出てきて詳細情報が出てくればイメージもわきやすく、個別に判断されることとなるだろう。丁寧な説明が行われれば、そこで信頼感が生まれることも期待したい。

日本は遺伝子組換え農作物の商業栽培は行われていないが、1996年に輸入が開始されて以降、消費者の関心が高まり、反対運動が活発に繰り広げられた。こうした声を受けて、2001年には食品表示制度もスタートし、食品衛生法の安全性審査や、食品安全委員会のリスク評価、カルタヘナ法の制定などが後追いになった経緯がある。ゲノム編集技術はこの轍を踏まないよう、商品が流通される前に早めに規制を定めたとも考えられる。

ゲノム編集技術は栄養成分や収量などを変えることもでき、消費者にメリットをもたらす品種改良が短期間で可能となる期待もある。今後気候変動や農業面積が減少して人口が増える中で、新技術が救世主になるかもしれない。しかし、この新技術を用いた食品が消費者に受け入れられるためには、十分なリスクコミュニケーションと情報開示が必要であることは言うまでもない。

（参考）
環境省　ゲノム編集技術の利用により得られた生物であってカルタヘナ法に規定された「遺伝子組換え生物等」に該当しない生物の取扱いについて
https://www.env.go.jp/press/106439.html
農林水産省　新たな育種技術を用いて作出された生物の取り扱いについて
http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/carta/tetuduki/nbt.html
厚生労働省　ゲノム編集技術応用食品等
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/shokuhin/bio/genomed/index_00012.html
消費者庁　ゲノム編集技術応用食品の表示に関する情報
https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/quality/genome/ ゲノム編集技術を利用して得られた食品等に関する意見交換会（2019年7月）
https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/food_safety/risk_commu_2019_001/

04

# 開発者からみたゲノム編集食品

柿原 真奈（京都大学大学院農学研究科博士後期課程）

木下政人氏

## はじめに

2019 年 10 月 1 日、厚生労働省の示したゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領が施行され、ゲノム編集技術応用食品（以下：ゲノム編集食品）の流通が事実上可能となった。しかし、これらの食品が流通する際の表示義務化は見送られ、このままでは消費者がゲノム編集食品か否かを判別することが困難となる。

もし実際に流通されるようになった場合、ゲノム編集食品は安全と言えるのか。そもそもゲノム編集技術とはどのような技術で、従来の品種改良技術や、問題視されてきた遺伝子組み換え技術と、何が異なり、何が共通しているのだろうか。そして開発に携わっている研究者（科学者）は何を目的にどのように考え、技術開発に取り組んでいるのだろうか。

本稿では、ゲノム編集食品開発の研究者の一人である木下政人氏（京都大学助教）へのインタビューにもとづき、これらの疑問に向き合いたい。また、木下先生の開発した肉厚マダイを事例として、研究現場で実際に行われているリスク管理や、先生のゲノム編集食品に対する考えについてもお聞きした。本稿の内容は、あくまで開発者側の視点であることは留意していただきたい。

## ゲノム編集技術で肉厚マダイ

### （1）プロジェクトの目的

肉厚マダイのプロジェクトは 2013 年よりスタートした。このプロジェクトには日本の水産業を元気にするという目的があるという。今、日本の水産業の多くは小規模な家族経営体が担っており、進行する高齢化や飼料価格の高騰によって、今後の存続・発展が不安視されている。一方、世界に目を向けると、ノルウェーのように健康志向

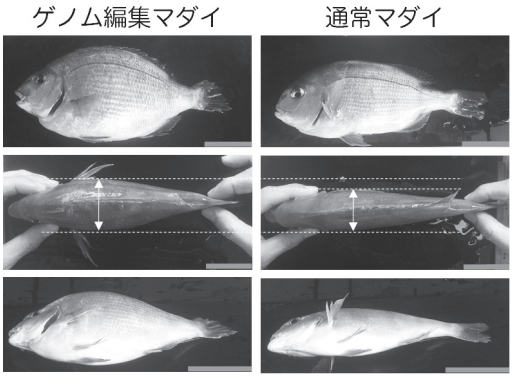
による魚食や天然資源保護意識の高まりを受けて、養殖漁業への依存が強まり、養殖に適した水産物の品種開発研究が大企業によって、あるいは国をあげて進められているところもあるそうだ。

このような背景を踏まえ、木下先生は日本の水産業が世界の荒波に耐える一つの方策を、養殖魚の品種開発というアプローチから考えている。新品種の開発は、多額の研究投資が難しい零細な経営体にとってはハードルが高い。自分達がそのような経営体にとっての研究所になれたら、と先生は語る。今も京都大学、近畿大学、水産研究・教育機構のチームによって、ゲノム編集技術による様々な養殖魚の品種開発が行われているそうだ。

### （2）プロジェクトの成果と経緯

肉厚マダイは、木下先生のチームがゲノム編集技術によって開発したマダイの新品種であるという。通常のマダイと比較したとき、筋肉増量を抑制する物質（ミオスタチン）の設計をつかさどる遺伝子が欠損しており、筋肉が増量しやすい特徴を持つ。食味検査の感想をお聞きすると、身は柔らかくて美味しいとおっしゃっていた。

なぜマダイがゲノム編集技術の対象になったのかというと、養殖技術が確立しているからだという。近畿大学では天然マダイをもとに、成長しやすい個体の集団を選抜し、交配を50年以上かけて繰り返すことで、すでに養殖に向いた特徴を持つマダイが作られ、完全養殖する技術も、そのための施設環境も同時に整っていた。木下先生と近畿大学には十数年前に遺伝子組換えに関連する共同研究をしていたこともあり、この度のゲノム編集技術を用いたマダイの新品種開発につながっている。




（近畿大学／京都大学提供）

### （3）ゲノム編集技術を用いる理由

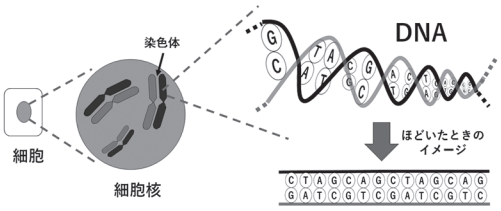
品種改良にゲノム編集技術を用いる大きなメリットのひとつは、品種改良にかかる時間が圧倒的に短縮される点にあるそうだ。木下先生によれば肉厚マダイの場合、従来の方法であれば30年かかるところを、ゲノム編集技術を用いたところ2～3年で達成できるのだという。

このような“時短”が可能になる理由についてお聞きしたところ、木下先生は品種改良のメカニズムと、従来の品種改良の技術とゲノム編集技術の違いがどのようなところにあるのかについて、順を追って説明してくださった。この説明は、後に触れる「ゲノム編集技術とは何か」「なぜゲノム編集食品には表示義務がないのか」とも深く関係しているため、一度ここで、品種改良について木下先生のお話にもとづいた説明を入れさせていただきたい。

## 品種改良とは

品種改良には様々な手法があるそうだが、人工授粉で品種を掛け合わせる場合でも、ゲノム編集技術で新たな品種を作る場

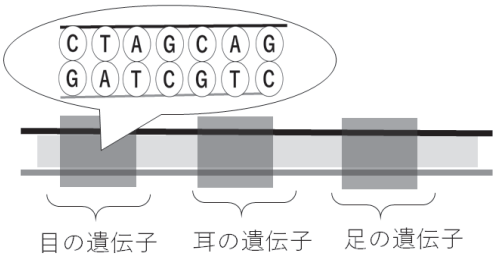
合でも、すべてにおいて共通するのは、人間にとって有益な特徴をもつ生物を探し、選び、後世にそれらの特徴を残すために交配するという点にあるという。生物のきわだった特徴（形質）は「遺伝子」によって決定されるところが大きい。生物の細胞の中には、染色体があるが、さらにその中に DNA（デオキシリボ核酸）と呼ばれる二重らせん構造が折りたたまれている。それをほどくと、塩基対と呼ばれるグアニン（G）とシトシン（C）の組、アデニン（A）とチミン（T）の組が、ずらりと現れる。




**DNAと塩基対のイメージ**

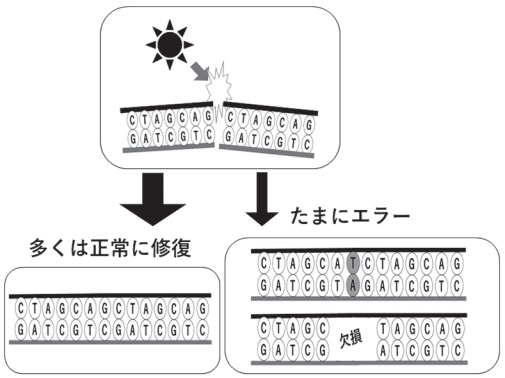
その中のある特定の並びが、それぞれ「目の設計」に必要であったり、「耳の設計」に必要であったりする。この部分的な、特定の塩基対の並びこそが DNA の中で「遺伝子」と呼ばれる部分である。先述した筋肉量に関係するミオスタチンを設計する遺伝子の正体も DNA 中に含まれる塩基配列の特定の箇所のことである。ある生物種の遺伝子の情報すべてを指した言葉が「ゲノム」である。ヒトの遺伝情報すべてならばヒトゲノムと呼ばれる。

ところで同じ生物種ならば、おおよその遺伝子の種類と量は同じはずであるが、小さな違いは存在し、その違いにより、他と明らかに色の異なる個体や、寒さに強い株があったりする。この違いが生じるきっかけは突然変異に由来するという。先述の通




**遺伝子のイメージ**

り、遺伝子は DNA という物質を構成する G-C と A-T という塩基配列の一部なのであるが、これらの物質は、自然界ならば太陽光に含まれる紫外線などに当たると、構造が切れてしまうことがある。




**突然変異の起こるしくみ**

切れたままではまずいので、生物には自己修復の機能があり、大抵は元通りにつながるのだが、たまに以前と異なる並びで修復してしまう。そうすると並びの変わった塩基配列には遺伝子としての機能がなくなるか、場合によっては別の特徴を生み出す遺伝子に変わってしまう。これが種子や受精卵などの生殖細胞で起こると、他の個体にはない特徴を持つ個体に成長する。その特徴が良いものとなるか、悪さをするものとなるかは分からないが、もしその個体が

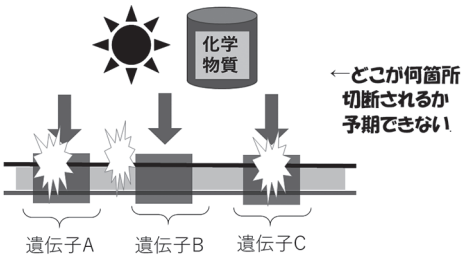
次の世代を残せるまで生きていられた場合、その突然変異したゲノムが連綿と後世に受け継がれていくことになるとのことだ。

自然の中でゲノムが変異[1)]し、差が生まれ、自然淘汰が起き、ある特徴の強いものが残るというのは、いわゆるダーウィンの進化論なのだという。品種改良とは、進化の過程の①ゲノムの変異と②淘汰（選抜）の段階を、人の手で起こすことであるとも言い換えられる。そして「ゲノム編集技術」は①のために使われる技術である。

これまで人類は、使い勝手の良いゲノムをもつ個体を「作り出す」方法が分からなかった。そのため、①のゲノムの変異の段階に介入することはできず、品種改良の際は、自然の「作り出した」ものの中から良いものを「探して選ぶ」、つまり②淘汰（選抜）の段階のみに介入していたといえる。

しかし近年、自然にない場合でも、使い勝手の良いゲノムをもつ個体を「作り出せるかもしれない」技術が登場し始める。人為的に紫外線や放射線、あるいは化学物質を使って、種子や受精卵に突然変異を引き起こす技術である。これらの技術も、自然発生的な突然変異と同じで、どこの遺伝子が壊れるか、何箇所壊れるかについては、出たとこ勝負となるそうだ。たまたま作り出されたものが有益な特徴をもつとは限らず、有益な特徴「だけ」持つものとも限らない。しかし自然界では、いつどこで突然変異が生じるかは分からないため、突然変異の起きやすい条件を常に整えられる分、こちらの技術の方が効率的であったといえる。

今まであまり意識されてこなかったが、実はこのような技術で品種改良された食品は、特に表示の義務もなくすでに多く出回っている。例えば、冷めてもおいしいことから弁当やコンビニおにぎりに使用されているミルキークイーンも、コシヒカリをベースに人為的な突然変異を誘発させ、試行錯誤の末に生み出された品種であるが、消費者に知らされることなく、また表示の義務もなく市場に出回っている。

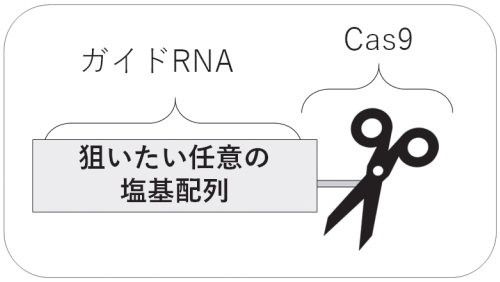



**自然発生的、または従来の人為的な突然変異**

さらに技術が進むと、「出たとこ勝負」ではなく、狙ったものを「出しやすく」する技術や、ある生物の遺伝子を別の生物に挿入するという技術なども現れる。そして話題の CRISPR/Cas9（クリスパーキャスナイン）という酵素を用いた技術、いわゆる「ゲノム編集技術」では史上最高の精度で、使い勝手の良いゲノムをもつ個体を「作り出す」ことができるようになったと言っても過言ではないと多くの科学者が捉えているとのことである。このことは、遺伝資源を自然界から探し出す、あるいは出たとこ勝負で作り出すという、品種改良の最初の一歩の段階にかかる膨大な時間的なコストを大幅に削減できることを意味するそうだ。

## ゲノム編集技術とは

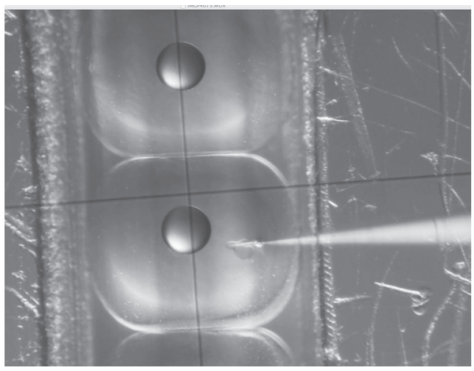
また、ゲノム編集技術と言っても、その言葉が含む意味には幅があるそうだ。基本的に CRISPR/Cas9 を用いたゲノム編集技術では、DNA を切断する「ハサミの役割




CRISPR/Cas9のイメージ

を担う Cas9」と、それを狙った部分に連れて行くための「ガイド RNA [2)]」をつなげて、生殖細胞の核に注射する。

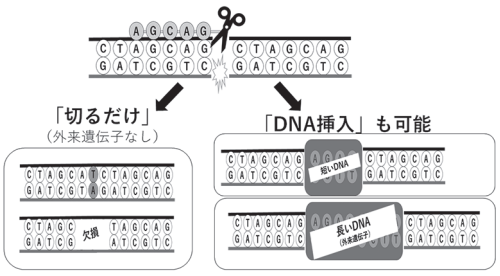
すると、ガイド RNA が同じ塩基配列をもつ箇所にくっつき、そこを Cas9 が切断する。従来は紫外線や化学物質によってどこがいくつ切断できるか分からなかったところを、CRISPR/Cas9 ならば案内人に連れられて行った箇所のみを切断できるというわけである。　先述の通り、切断後の DNA は通常なら元通りに修復されるが、元通りに修復された場合、しばらくそこに居座る Cas9 とガイド RNA が、再び配列を見つけて切断を繰り返すため、最終的にいつかエラーが起こり、変異が生みだされる。肉厚マダイのミオスタチン遺伝子もこの方法で欠損させることに成功したそうだ。Cas9 とガイド RNA は 2～3 日ほど残った後に分解される。



（近畿大学／京都大学 提供）

マダイの未受精卵に
CRISPR/Cas9を注射する様子

さらに、ゲノム編集技術で出来ることは上述のような狙ったところを「切るだけ」に留まらない。Cas9 とガイド RNA に加え、短い DNA を併せて注射すれば遺伝子の書き換えができ、長い DNA（外来遺伝子）を併せれば、いわゆる「遺伝子組換え」も可能になる。一概に「ゲノム編集技術」といっても、実際に何を行っているかを知るためには、もう一歩踏み込んだ説明が必要になるようだ。木下先生によると、今のところ、食品に関する分野では「切るだけ」のゲノム編集のみが、医療分野では「短い DNA による書き換え」までが許容され、「長い DNA の挿入（遺伝子組み換え）」が認められるのは基礎研究の分野に限られているとのことであった。




ゲノム編集技術で可能な操作

## 開発者の考える安全性とリスク対策

### （1）リスクは従来と共通

先述の通り、食品に関する分野では「切るだけ」のゲノム編集のみが許容されており、結果として、外来遺伝子を挿入しない、自然界でも存在しうるような突然変異を用いた新品種の開発となっている、と木下先生は述べる。これが、食品分野においてゲ

ノム編集技術が「従来の品種改良と変わらない」と言われる由縁であるそうだ。

では、ゲノム編集技術に特有のリスクはないのだろうか。逆に、従来から行われていた方法の品種改良にリスクはなかったのだろうか。

木下先生によると、従来の技術と比較した際、ゲノム編集技術にのみ特有なリスクというのは、現段階の研究室内の実験においては特に存在しないそうだ。人体への害に関するリスクは、従来の品種改良技術と共通するものだという。

人体に害が出る可能性があるのは、「代謝系[3]の酵素[4]となるタンパク質の設計に関わる遺伝子」を傷つけた場合であるという。その遺伝子を壊した場合、代謝系がどのように変化するかは予測がつきにくく、最終的に生成される物質がアレルギー物質や毒成分になるのか、逆に有効成分が生み出されるのかは、実際に作って調べてみなければ分からないそうだ。

代謝系の酵素に関わる遺伝子に傷が入るシナリオはいくつか考えられる。第一はゲノム編集技術で「狙って」その遺伝子を壊す場合。第二は従来の品種改良技術を用いたとき、あるいはゲノム編集技術でオフターゲット[5]が起こったときに、「狙わずして」その遺伝子を壊してしまう場合である。

第一の場合、それは意図的に行われるため、開発者はどのような物質が生成されたのかについて十分に注意を払わなければならない。厚生労働省の「ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領」に基づく事前相談様式の項目にも、代謝系に影響を及ぼす改変が行われたかどうか、確認資料の提出を求めることが記載されている。

第二の場合については、消費者にとってややショックかもしれない事実が浮上する。従来の品種改良で利用されてきた自然界で発生した突然変異種、あるいは紫外線照射などで引き起こされた突然変異種では、DNA の切断箇所や数について、人間の手で制御できてはいなかった。今でこそ詳細なゲノム解析が可能になってきたが、当初はその突然変異種のゲノムについて詳細には調べることができず、つまり代謝系の酵素に関わる遺伝子の変異についても確認ができないまま、品種改良に利用されてきたようだ。

ゲノム編集技術において低確率で起きうるオフターゲットが不安視されてはいるが、従来の手法がすでに「オフターゲットだらけ」であり、「代謝系の酵素に関わる遺伝子が壊されていた可能性」も否定できない。私たちは知らないうちにオフターゲットだらけの食品を既に口にしてきたかもしれず、たまたま問題が生じずに今に至っただけだという。

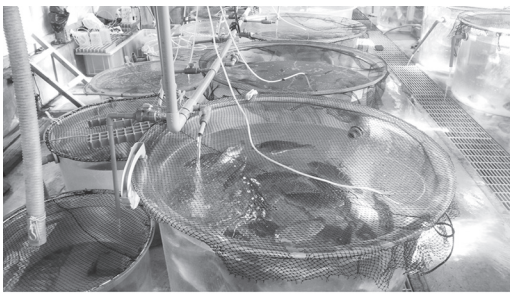
木下先生は、ゲノム編集技術応用食品について，安全性や環境評価を行う上で重要なのは、プロセス（ゲノム編集を用いたか、従来の品種改良技術を用いたかといった手段の違い）よりも、プロダクト（その遺伝子改変によって生まれる新たな特徴、新たな代謝物）を調べることであると主張している。ヨーロッパではプロセスを評価するが、アメリカはプロダクトを評価するそうで、日本はアメリカの手法を採用したそうだ。

### （2）リスクへの対策

ゲノム編集技術で起きうるオフターゲットへの対策について肉厚マダイの場合は、ある程度成長するとマイクロチップ[6]をつけて個体を識別し、ヒレから採取したDNA でゲノム解析を行い、オフターゲッ

トがないか、ターゲットと類似した配列を確認しているそうだ。現時点においては、個体レベルでのオフターゲットは確認されていないとのことである。

また環境への影響リスクについてどのように考慮されているかについてもお話を伺った。木下先生によると、肉厚マダイの場合はストレスに弱いため、自然界では生きていけないと予想されるが、それでも心情的には出さないほうがよいと考え、陸上での完全養殖による管理を行っているとのことであった。マダイの精子は紫外線を当てれば死ぬとされているため、排水口に紫外線照射装置を設置し、個体も生殖細胞も海に逃げ出さないよう徹底しているそうである。



（近畿大学／京都大学 提供）

**陸上水槽で、逃亡防止の網を二重以上に設置して肉厚マダイを飼育している**

将来的にも木下先生自身は、海の生け簀での養殖は考えていないそうだ。もし肉厚マダイを生きたまま出荷すると、生体を自然界にはなされ、生態系を壊す恐れもあることから、加工まで行う６次産業的なシステムを構想しているという。

## ゲノム編集食品の流通

ゲノム編集食品の流通に際して、遺伝子組み換えに当たらない「切るだけ」の処理のものに関しては、現時点で表示義務はない。これは新品種のゲノムを解析したときに、どの遺伝子が通常より変異しているかは分かっても、それが従来の品種改良技術によって引き起こされた変異なのか、ゲノム編集技術によるものなのか、技術の判別まではできないからだそうだ。もし悪意のある開発者がゲノム編集技術を使っていないという嘘をついても、新品種の現物だけでは、それが嘘だと看破できる材料がない。したがって開発者の善意に頼るか、試薬会社に集積されたゲノム編集技術に使う薬品の購入履歴等から、開発者を監視するほかないそうだ。

木下先生自身は、ゲノム編集食品であることは義務でなくとも表示したほうが消費者とウィンウィンの関係になれると考えている。肉厚マダイであれば陸上養殖の綺麗な水で完全管理されている点が売りになるかもしれないし、生産現場の透明性を持たせることは消費者の安心につながると考えるからだ。今はまだネガティブなイメージが強いゲノム編集食品だが、将来的にはメタボ対策やがん予防などの機能性が付随し、ポジティブなイメージになる可能性もあると考えているという。

肉厚マダイが実際に市場に投入されるにはまだ時間がかかるそうだ。先生によると、十分な流通量はが生産されておらず、今はまだ生産者との間で実践的な現場での研究が行われている段階だからだという。さらに、CRISPR/Cas9 の特許元の問題が未解決であり特許料の支払いの見通しが立たないという現状もある。これらの条件が整い市場に出せるような時期が来れば、他の養

殖業者にも配慮した価格設定を行い、ゲノム編集食品としてプレミアをつけて、関心を持ってくれる消費者に販売したいとのことであった。

## 最後に

木下先生は、消費者に情報を伝えるタイミングとしては、今はまたとないチャンスだと考えているそうである。ゲノム編集食品の安全性いかんだけでなく、今まで食べてきた食品の素性、品種開発・育種について、ぜひ知ってほしいとのことであった。このようなゲノム編集技術という新技術の登場によって、これからその技術の応用で作られた食品が流通していくことも考えられる。そうした「食の未来」について、ゲノム編集技術を開発する研究者のみならず、生産者・消費者を含めて、多様な立場の人々がともに食の安全性やあり方について、考えていくことが求められる。

---

1）他にも自然界で起こる突然変異には、細胞が分裂するときに10万～100万回に1回くらいの確率で生じる自らのDNAの複製ミスが原因のものもある。
2）動物に対してはRNAを用いるが、植物の場合はDNAが用いられる。そのため厳密にいえば、植物の場合は後述の「長いDNAの挿入」型のゲノム編集にあたり、「切るだけ」のゲノム編集とは言えない。
3）生体内で起こる化学反応全般を代謝、あるひとまとまりの反応を代謝系という
4）化学反応を促す触媒のこと
5）「狙ったところに当たらない」の意味
6）小型の埋め込み型のマイクロチップで専用の機器で固有の番号を読み取ることができる。犬や猫などのペットにもされ始めている。

※本記事の図表は木下先生に頂いた資料を参考に筆者が作成した

特集　多様な立場から考える食の科学技術ーゲノム編集技術に着目してー

05

# ゲノム編集技術の考え方と農産物への応用に向けて
## ～日本における研究・開発の最前線に聞く

聞き手：山野 薫（㈱一社）農業開発研修センター嘱託研究員）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）（茨城県つくば市）では、ゲノム編集技術を農産物生産に応用するための研究を、育種[1)]学の視点から行っています。今回は、ゲノム編集技術を利用した農産物生産について、研究の背景や内容、今後の普及に向けたお考えなどを、農研機構企画戦略本部新技術対策室の田部井豊室長、志村幸子上級研究員、吹野伸子上級研究員、石川達夫主査、広報部広報課の高木英典課長にインタビューさせていただきました。

## 研究の背景と経過、現在の到達点

**Q**：ゲノム編集技術の農産物への応用にいち早く着目し、研究されています。この研究に取り掛かられた経緯をお聞かせください。

**A**：私たちの食やそれを支える農業は、気候変動や人口増加など色々な要因の影響を受けています。その中で食の多様化やグローバル化が起こり、農産物への新しいニーズも生まれています。このようなニーズに迅速に対応するために、様々な効率的な育種改良技術の開発が求められており、私どもはその一環として遺伝子組換え技術やゲノム編集技術の活用に取り組んでいます。品種改良をするというのが大きな目的であり、それを最短で実現するのに最善の技術は何かを考えて、研究を行っています。

これまでの品種改良は、交配を行ったり、自然界で生じた突然変異のなかから必要な性質を探したり、突然変異の頻度を高くするために放射線や化学物質の利用を行っていました。ただ、そのような方法で目的の性質を得るのは効率が悪いので、欲しい性質だけを効率よく得る技術としてゲノム編集を位置づけています。

我々はかなり早い段階からこの研究をやっています。特に盛んになったのは 2012 年に CRISPR/Cas9[2)] が報告されてからです。日本ではその 2 年後に国家プロジェクトを開始し、世界的に見て

もかなり早い時期に動きました。技術開発として、どれだけ使えるものができるか、実際にそれを使って何ができるのかを開発、検証しています。

**Q**：これまの技術の延長やそれ以外の技術ではなく、あえてゲノム編集に着目して研究を進めると決めた一番の理由は、やはり効率がよい技術だからでしょうか。
**A**：今、話題になっていることもありますが、育種の専門家以外の方には、ゲノム編集だけを特別視しているように見えるかもしれません。我々は「あえてゲノム編集を」と思っているわけではなく、様々な育種技術のうちのひとつという前提でいます。

特定の変異体を得るために、事前に発生確率を推定して栽培しても目的の変異が得られるとは限らない上に、例えば１万個体栽培しなければならないとなれば、かなり大変です。それを思えば、改変したい遺伝子が分かれば、稲なら半年程度で変異体が得られるので、育種の効率が全く違ってきます。このような理由から、ゲノム編集技術の可能性に着目してきました。研究に着手した当時に比べ、現在はゲノム情報も充実し、技術も含めて開発が進んできました。

**Q**：ゲノム編集農産物に関する研究のうち、現在、最も注力されている内容をおしえてください。
**A**：いくつかの研究を同時進行で行っていますが、最も進んでいるのは、「シンク能[3)]改変イネ」というものです。といっても、実用化にはまだまだ遠いです。これは、お米の収量を高めるために１株当たりの穂の数を増やすことや、米粒を大きくすることを目指したイネです。穂の枝分かれの数や米粒の大きさに関わる遺伝子に対して、ゲノム編集で突然変異を起こさせ、生育や収量にどのような効果があるかを確認しています。しかし、シンク能を改良したから収量が上がるという単純な話ではないと考えていて、野外で栽培試験を行い、最終的に実際の収量の多いものを選抜しています。

他にゲノム編集を使った農産物として開発しているのは、オレイン酸の含有量の高いコメです。高オレイン酸の米油のニーズを満たすことができるようになると思います。また、赤色のシャインマスカットや、自家受粉で結実するリンゴについても研究を進めています。リンゴは自分の花粉ではなく、タイプの違う他の花の花粉が受粉しないと結実しないのですが、受粉作業が農家にとって労働面でかなり負担になっています。自家受粉でも結実するようになれば、収量の安定や作業効率の向上が望めます。

**Q**：例えば、シンク能改変イネが実用化した場合、人口問題や温暖化といった課題のうち、具体的にはどこに大きくアプローチすることになるのでしょうか。
**A**：収量性の向上は基本的な育種目標として重要なのです。今考えているのは主食用ではなく飼料用です。日本は飼料の輸入量が多く、エネルギーベースの自給率が低くなっているので、飼料を安価で大量に生産できるようになれば、自給率の向上につながるでしょう。他にも、主食用のお米でも、おいしいお米を安く作ることができるようになれば、輸出品目としての競争力も出ます。そして、地球規模での食料の分配を考えるときも、収量性の高さは大事なことですし、このようにいくつもの理由があって、開発をしています。

**Q**：これまでにも、様々な技術を用いた農産物が、様々な理解を得て広まってきました。従来の技術による農産物とゲノム編集

農産物では、理解の得られ方に違いや、難しさを感じることはありますか。また、実用化する上でハードルが高いのは、どのような点でしょうか。

A：ひとつには、ゲノム編集によって得られた性質が、本当に良い性質か、ということです。実用化をする場合、プラス面とマイナス面を比較し、トータルでプラスの効果がどのくらいあるのかを見るので、研究よりも難しく、時間がかかります。

ふたつ目は、規制や制度上の問題です。日本の場合は、各行政機関が方針を決めていますので、我々の立場としては粛々と方針を遵守して進めています。

そして、知的財産や特許上の問題もあります。これは研究とは違う次元の話になります。特許料は市場規模によっても変わってきますし、開発側と使用側が金額面で合意できるかという課題もあると思います。

他には、国民理解の問題もあります。市場や流通関係、種苗会社などの利害関係者が利用に理解を示し、全員ではなくても、価値を感じて使いたいと思ってくれる人がいる状況にならないと、商品にはなりません。現在利用されているゲノム編集技術では、結果として起こることは自然突然変異と全く変わりませんが、ゲノム編集という技術を使っただけで、嫌だと思う人は当然います。私どもはいろいろなところでゲノム編集について説明の機会を設けていますが、最終的に突然変異と一緒で問題ないと感じる方もいれば、まだちょっとね、という方もおられます。

## 農産物生産時の影響・課題とその対応

Q：ゲノム編集農産物を食した場合、影響や摂取者の安全性、子孫や環境（生物多様性）への影響については、どのような検証や推定を行い、現時点では結果をどのように捉えておられるのかをおしえてください。

A：基本的には、現在のゲノム編集農産物も自然突然変異の一種という認識ですが、品種改良の過程において問題がありそうな変異体は、当然、除去します。また、自然突然変異なら安全かというと、我々からするとそれも違っていて、自然突然変異でも人体に影響があると思われるものは発生します。で例えば、食品衛生法上、新たなアレルゲン物質ができていないかなどは、最低限データベースと照合します。また、栄養成分でも過剰摂取すれば害になるので、そのような問題がないかも調べています。

また、遺伝子組換え作物の場合、生物多様性への影響については、「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律（カルタヘナ法）」に基づいて評価されます。ゲノム編集による変異で、自然突然変異と同様であるものはカルタヘナ法の規制対象外とされていますが、もしも生物多様性に何らかの影響があるならば、そこは考慮して取り扱うことになります。カルタヘナ法は生物多様性、食品衛生法は食品安全を保護するための法律ですが、これもゲノム編集は従来の食品の範囲内である、または従来の食品をベースにした品種と同等であるという判断から適用されることになっています。

Q：ほ場で生産した場合、従来の品種と交雑してしまった場合の影響についてはどのように考えられていますか。

A：ゲノム編集農産物については、まだそのような議論をする段階に至っていないのが実情です。おそらく、従来の自然突然変異と同様の性質のものを区別する必要があるのか、という議論から始めないといけな

いと思います。また、従来の突然変異の範囲内であっても、安全性などの面でネガティブに思う生産者もいるはずなので、そこはどう話し合いをしていくかということですが、その点は開発者だけで判断できるものではないと思っています。ただし、実験段階では、カルタヘナ法の規制対象外として情報提供していない農作物を栽培することにはなりますので、組換え農作物として農林水産省の遺伝子組換え作物の基準に則って栽培をしています。

**Q**：研究や開発にかかる費用についてはどのようにお考えでしょうか。
**A**：費用についてはケースバイケースなので、一概にはお答えできません。非常に重要だけどニッチな部分を狙った研究になれば、当然コストはかかります。ただ、病気の治療などと同じで、非常にニッチだが重要なものというのはありますから、それらをどう考えるかという課題はあります。

## ゲノム編集農産物の科学的位置づけと消費面における有効性・安全性の受け止め方

**Q**：今後の普及を考えた場合、農業者や農産加工業者との意見交換やニーズの把握は、倫理的な側面も含めて、どのようなスタンスで取り組んでおられますか。
**A**：倫理というといろいろな価値観があり、難しいですが､我々科学者の立場としては、安全性、そしてそれを安心と思うかどうかは－受け手の問題もありますが－安全を続けることが安心につながると思っています。日本の場合、各省庁から提供すべき情報が示されていますので、しっかりとデータを提出すること。そして、ゲノム編集作物や食品についてある条件を満たせば、規制を受けずに利用でき、届出や情報提供についての義務はありませんが、我々のスタンスとして、義務がないからといって黙って一般栽培や商品化することはありません。そこは規制や特許の面も含めてきちんと事前相談しながら進めていきます。

また、我々はいろいろなところでコミュニケーションをとって、ニーズの把握に努めています。農研機構アドバイザリーボード委員会では、農業者はどのような性質を必要としているか、消費者はどのような対策を望んでいるかについて情報収集を行い、研究開発や情報提供の方法を考えています。情報提供に関して言えば、「バイオステーション」というWebサイト（https://bio-sta.jp/）において、一般の方向けにも情報提供を行っています。

**Q**：自然現象である自然突然変異に対して、ゲノム編集は人為的に突然変異を発生させることになると思います。この“人為的”という部分について、違和感があるといったような反応や意見が寄せられることもあるのではないでしょうか。得られる結果は同じでも、人為的か、自然現象かでは、プロセスが違いますし、しかも、食べ物に関することです。先ほどのご説明では、ゲノム編集も自然突然変異と同じ結果が得られるということでしたが、10～20年後にさらに科学技術が発展して、実は得られる結果も異なるということが、もしも明らかになった場合、とりわけ、すでに一般的に食べられる状態になっている場合、誰がどのように責任をとるのか、疑問が残ります。
**A**：自然突然変異の場合、遺伝子のどこが変異しているのかが全くわかりません。それに比べると、ゲノム編集は狙った遺伝子を効率的に変異させることができますし、それ以外の変異が入る確率は極めて低いで

す。ゲノム編集した際の変異としては、目的の配列と類似した配列以外の変異は原因を特定しようがないし、仮に変異があってもその解釈ができない場合も多いです。

Q：自然現象を人為的に発生させるということ、そして、自然発生する確率の高低によって、許容範囲や印象は違うのだろうと思います。
A：今の科学では大丈夫で、将来的に問題が生じるかという点について、現時点では判断しようがないです。メリットがあると我々が考えているから開発しているわけですし、むしろ、何かしらの対応が必要になった際にどう手立てをするかということの方が大事ではないでしょうか。また、自然突然変異による品種改良だけだと、ニーズに対応するスピードが間に合わない。例えば、地球温暖化に対応する品種をつくる場合、自然突然変異を待っていたらいつになるかわかりません。でも、ゲノム編集であれば、特定の遺伝子を改変すれば、収量性も含めて確保できるようになります。ただ最終的に、その品種の正負両面を見て、それでもゲノム編集だからやめておく、というのはひとつの選択肢かと思います。

Q：ご自身を含め、一般的な食生活にゲノム編集農産物が導入されることについては、どのようにお考えでしょうか。
A：個人によって考え方が違うので、一概には回答できませんが、私個人では、最終的に厚生労働省などに届け出が済んでいるものなら、従来の品種改良の範囲として摂取することに全く問題はありません。過去には、遺伝子組換え農産物についても同様の議論がありましたが、規制当局が安全といったものについて、私は安全面での疑問はありませんし、家族にも安全だと答えますが、最終的に食べるかどうかは個人の自由や判断ですので、強要はいたしません。

Q：表示の義務についてもよく議論になりますが、この点はどのようにお考えでしょうか。極端な例ですが、ゲノム編集食品がどのように生産されているか、どのような機能と懸念があるかを表示しておく方が、購入者も「なるほど、こんな機能があるんだ」と前向きに捉えられるように思います。それでも表示をしない、表示の義務がないということは、非常にいいものでもある反面、ネガティブに感じる方には手に取ってもらえず、売れない可能性もあるからでしょうか。本当にいいものならそれを表示してもよさそうなものの、売れないから表示をためらっているような雰囲気を感じます。
A：不安だから知りたいという方がいらっしゃるのはよくわかります。消費者から理解が得られないこともよくありますが、表示に関しては販売する方々の判断によると思います。例えば、害虫抵抗性で安全性にも問題がない遺伝子組換え農産物の場合でも、農家の生産性をあげただけで消費者にはメリットがないとか、農薬を撒けばよくて遺伝子組換えをする必要はないといった意見が寄せられます。しかし、葉の表面に付着する虫には殺虫剤で対応できますが、葉の中に潜り込む虫には、殺虫剤の効力に限界があるため、遺伝子組換えが有効です。しかし、そのような点はなかなか理解されません。ゲノム編集に対してネガティブな印象を持っている人は、マイナス面の影響を大きく考えるかもしれないですね。一方で、ゲノム編集を用いたからこそ機能性が上がる場合もあるかもしれません。

育種というものを一般の方に十分理解いただくのが難しいということもありますが、そもそも自然界でもゲノムの変異は発

生していますし、従来の育種でも、遺伝子組成やゲノムの変異は相当発生しています。そのような全体像を踏まえると、育種において、変異をひとつ入れることはごくわずかな変化にすぎないと考えています。

**Q**：ゲノム編集農産物や食品に対する開発や反応の様子は、国によって違いがあるように見受けられます。これは単純に文化の違いなのか、これまでの研究や取り組みに対するスタンスの違いによるものでしょうか。性質や特性が科学的に担保された本当に良いものであれば、国による受け入れの違いはないように思うのですが。

**A**：日本国内での議論でも、同じデータについて、それでよしとするか、まだ足りないとみるか議論が分かれるように、それが世界に拡大すれば、さらに細かな意見に分かれてくるということかもしれません。アメリカの場合、戦略的に進める風潮もあるかもしれませんが、サイエンスベースで考える傾向があります。遺伝子組換え作物についても、“組換えた”ということではなく、最終的な農産物としての安全性を評価することになっています。ところがヨーロッパの場合は、プロセスが重要という考え方なので、作成過程で一度でも組換えを行えば、そのあとは全て規制対象となります。ニュージーランドの場合は、農産物の輸出国として、輸入国よりも規制が緩いと貿易上問題があるだろうという考え方から、規制を厳しくしています。ですから、必ずしも科学だけでなく、政治的な考えもあります。日本の場合は、昨年実施されたイノベーション会議において取り扱いをはっきりさせるべきだということになり、その後、一気に手続きが整理されました。議論自体はその前から行っていたのですが、どちらかと言えば、日本はサイエンスベースで判断する方向で整理をつけたといえます。

**Q**：先生方にとっての「安全」とはどのような概念なのかをお聞かせください。

**A**：これは世界的に言われていることですが、食品に対して絶対的な安全はないです。では、何を基準に「安全」とするかというと、食経験があって、安全に食べられているものと同等であるということとしています。例えば、遺伝子組換えトマトなら、従来のトマトとどこが違うか、安全性も何が違って何が同じかを調べた上で、従来のトマトと同等の安全性と危険性をもつものであれば安全と呼んでいます。生物多様性に関しては、議論が難しい面もありますが、従来ある様々な生物群に影響しない、というのが基本的な安全性です。だから、“単発的な影響”は、本当は生物多様性への影響とは言わないはずなのです。

インタビューを終えて

今回は、ゲノム編集技術の研究・開発の現状と考え方について、貴重なお話を伺うことができました。しかしながら、時間や紙幅の都合上、ゲノム編集技術に関する取り組みや考え方について、まだ疑問が残るところが多くありましたので、より多くの方々がその内実を知ることができるよう、深くコミュニケーションを図る必要があると感じました。取材に対応してくださった農研機構のみなさまに御礼申し上げます。

1）育種…生物のもつ遺伝的性質を利用して、利用価値の高い作物や家畜の新種を人為的に作り出したり、改良したりすること。
2）CRISPR/Cas9…生物のゲノムを人為的に改変するゲノム編集技術の一つで、さまざまな生物のゲノム改変で最も多用されている。
3）シンク能…光合成産物を蓄えられる稲穂の容量。モミの数とモミの大きさ。

くらしと協同をたずねて

# 時間が「醸す」食品づくり
## ―飯尾醸造のお酢造りの取り組みから

片上 敏喜（日本大学 生物資源科学部 食品ビジネス学科 専任講師）

京都府宮津市にある明治 26 年（1893 年）創業のお酢屋「株式会社 飯尾醸造」（以下、飯尾醸造）は、「①お酢の原料となるお米は無農薬の新米のみ」を使用し、「②自社の蔵で杜氏が、酢もともろみ（酒）を仕込み」、「③古式静置発酵」を企業理念として、お酢を醸造している。

上記の具体的な内容として、①については、昭和 39 年（1964 年）から宮津市内の棚田で農薬を使わずに米を栽培し、その新米のみを原料としてお酢を醸造し、②については、お酢の元となる酒づくりを、麹づくり・酒母づくりから行って酒（酢もともろみ）を造り、③については、お酢を発酵されるタンクの表面に、お酒をお酢に変える酢酸菌膜（さくさんきんまく）を浮かべ、約 100 日間の発酵期間を経ることを通じて、お酢醸造を行っている。

本稿では、このような理念を掲げ、行動し、お酢造りを行っている株式会社飯尾醸造四代目当主の飯尾毅会長からお聞きした取材内容を中心に、食品との向き合い方について考えていきたい。

## 飯尾醸造の造るお酢の原料

農林水産省が所管官庁として執り行っている農林物資の規格化等に関する法律（通称：JAS 法）に基づき決められている、食品・農林水産品の品質保証を行う規格である日本農林規格（通称：JAS 規格）では、1 リットルの米酢を造るのに、「40 g」以上のお米が必要とされている。

飯尾醸造の外観

しかしながら、実際にお酢を造る時に 40 g だけではお酢を造ることができない。そのため、米と米以外の原料（主に醸造アルコール等）を使用して造る「米酢」と、米のみを使用して造る「純米酢」に分けられる。一般的に上述した「純米酢」を造るのに必要となる最低限の米の量は「120 g」となるが、飯尾醸造が取り扱っている定番のお酢「純米富士酢」は、米を「200g」使用して造られている。また米を「320 g」使用した「富士酢プレミアム」といった酢も醸造している。

このようなお酢の原料となる米は、宮津市内で生産される農薬を使用しない米を用いている。飯尾醸造では、昭和 39 年（1964 年）より、地域の農家の方々と契約し、農

薬を使用しない米作りを行ってもらう関係性を今日まで築いてきた。また米を作る田は、農作業が困難ではあるが、山深い棚田を使用し、生活排水や他の田で使用される農薬関連の汚染を避けることを考えた米作りが行われている。加えて、お酢の原料となる米はその年の秋に収穫した新米だけを原料として醸造されているのも特徴として挙げられる。

**蔵見学時に見ることができる**
**米酢を醸造する際の米量の比較サンプル**

このように飯尾醸造が、原料となる米に心を配るのは、農薬に対する危機感があったと飯尾毅会長は話す。飯尾醸造において農薬を使用しない米から酢を造ることを決めたのは、四代目飯尾毅会長の父である三代目当主であった。その背景としては、高度経済成長期の昭和30年代に毒性の強いDDT（ジクロロジフェニルトリクロロエタンの略で、有機塩素系の殺虫剤・農薬）などが、田にまかれるようになり、田にまかれた後は、人が近づかないように立ち入り禁止の赤い旗がたてられ、本来、田に生息するフナやドジョウなどの生物が、田から消えていく光景を目の当たりにしたことにある。

このような経験から、農薬を使用しない米作りを行うために、宮津市内の農家を訪ね、農家の人々と話し合いを重ねてきた。そのようなコミュニケーションを取った上で、飯尾醸造は昭和39年から農薬を使用しない米を原料としたお酢造りを開始し、今日に至っている。三代目には、「おいしい酢は、おいしい米からできる」、「しっかりと目の届くところで、信頼できる人が作った米がいちばん安心だ」、「日本の農業を守りたい。とくに地元の農業とのつながりを大切にしたい」といった考えがあり、飯尾醸造のお酢造りの理念として受け継がれている。

また飯尾醸造では現在、四代目当主の飯尾毅会長が取り入れた「再生紙黒マルチ農法」を用いた米作りが行われている。同法は、化学薬品を使用しない黒く色付けされた紙を敷きながら田植えを行うもので、黒い紙を利用することによって日光が集約され、稲の生長が促進される利点がある。また同紙で田を覆うため、農薬を使用しない米作りを行う上で最大の課題となる雑草を抑制できる。

**四代目当主の飯尾毅会長による**
**再生紙黒マルチ農法の説明**

一方、紙を敷きつめながらの田植えとなるため、特殊な田植え機や資材費が必要と

なり、コスト面は高くなる。しかしながら、飯尾醸造でこうした農法を積極的に取り入れて米作りを行うのは、安全な原料を確保しつつも、農家の方々の負担を減らしたいという四代目の考えから、このような取り組みが行われている。

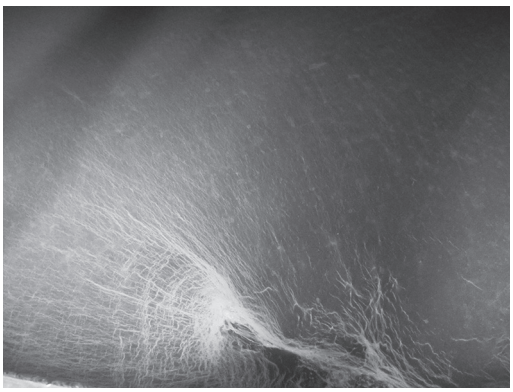
## 飯尾醸造のお酢造りの工程

冒頭で述べたように、飯尾醸造では、自社の蔵で醸造した「酢もともろみ（酒）」を用いた米酢造りを行っている。そのため毎年、冬になると飯尾醸造がもつ自社の酒蔵で杜氏の手によって酒造りが行われている。

酒造りは、精米・麹づくり・酒母づくりと日本酒造りと同じ工程で行われているが、一般的な酒造りと異なる点は、酢造りのために必要となるタンパク質を多く残すために、精米歩合を 83％程度にしていることが挙げられる。またこうした工程を自社で一貫して行うのは、例えば、他社に精米を依頼した場合に、精米機の中で農薬を使用した米などが混ざることを回避するといった、原料に対する考え方から成る。このようにして精米した米を蒸し、麹菌をまぶして米麹づくりを行う。そして、米麹が出来上がると、酒母づくりを行い、もろみ（酒）の仕込みが開始される。こうして出来上がったものが、「酢もともろみ」と呼ばれる濃醇で甘口かつアミノ酸の含有量が多い、お酢造り用の酒となる。

こうした「酢もともろみ」を用いてのお酢作りの工程としては、タンクに種酢と水と酢もともろみを入れ、40℃に温め、表面に酢酸菌膜を浮かべて発酵されることによって酢を醸造していく。飯尾醸造でのお酢の醸造期間は、「80 日から 120 日」ほどの時間をかけて行い、表面の酢酸菌が「アルコール分」を「酢」へと変えていく。一方、酢酸菌はアルコール分を酢へ変えていく時に酸素を必要とする好気性菌と呼ばれる菌であるため、タンク内に機械によって人工的に大量の空気を送り込むと、発酵が促進され「1 日から 2 日」で発酵を終えることもできる。

このようなお酢造りにおける発酵においては、前者を「静置発酵（表面発酵）」、後者を「全面発酵」といい、発酵にかける「時間」が大きく異なる。



タンク内の酢酸菌膜の様子

こうして発酵が終わった酢は、発酵終了直後の段階では刺激が強いため、熟成させる期間を経て最終的に私たちの知っているお酢となる。静置発酵を行っている飯尾醸造のお酢の熟成は、平均「10 か月から 1 年」ほどの期間をかけて行われている。

一方、全面発酵で作られたお酢は「2 週間」ほどの場合が多いといわれている。加えて、飯尾醸造では、熟成期間中に 5 回以上、タンクを移し替えて空気に触れさせることを通じて、風味を高めていく作業が行われている。また飯尾醸造では、米酢以外にも多様な原料を用いてお酢を醸造している。

一例として、農薬を使用しない国産の紅芋から紅芋酒を造る「紅芋酢」、イチジク

熟成中のお酢の風景

からイチジクのもろみを造り、製造される「無花果酢」、青森の木村秋則さんが栽培する「奇跡のリンゴ」と呼ばれるリンゴを100％使用し、水を一滴も加えず、醸造される「にごり林檎酢」が挙げられる。いずれのお酢においても原料となる野菜や果物を丸ごと使用することで風味豊かなお酢造りが行われている。

「紅芋酢」や「にごり林檎酢」が搾られる槽
人の手をもってゆっくりと絞られる

## 食品の「プロセス」、「背景」を知る

飯尾醸造では、どのような場所で、どのような原材料を使用し、どのような製法でお酢造りを行っているかということを「口に入れるものだからこそ、見ていただきたい」という思いから、1年を通じて蔵見学を実施しており（詳細は飯尾醸造HP「蔵見学のご案内」参照）、飯尾醸造のお酢の現場を知る機会が常にオープンとなっている。また筆者自身が現地に足を運んだ際に感じたことは、自社で醸造しているお酢に関しての情報が、詳らかに、真摯に、発信されていることであった。

飯尾醸造の蔵見学で試飲できる各種のお酢

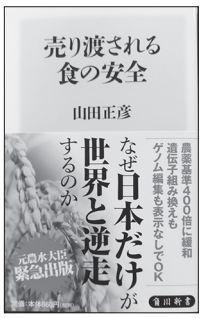
食品を購入する立場の人々が、現場を通じて原材料に向き合い、時間をかけてお酢という私たちの生活に欠かすことができない調味料を生み出す「プロセス」や「背景」を「知る」という経験を一つ持つことができれば、それがきっかけとなって、私たちの日々の食生活における「行動」や「選択」に影響をもたらすのではないだろうか。

謝辞：本稿の執筆にあたり、ご協力頂いた株式会社飯尾醸造四代目当主の飯尾毅会長に心より御礼申し上げます。
付記：本稿は科研費基盤研究C（領域番号：19K02295）の成果の一部である。

## 書評 01

山田 正彦 著

# 『売り渡される食の安全』




角川書店 /2019 年 8 月刊 /240 ページ /860 円＋税
ISBN　978-4-040-82298-3

評者：藤原 厚作
京都大学大学院農学研究科博士後期課程

人は食べなければ生きていけない。現時点において、生存に必要な食物を人の力のみで生み出すことは不可能であり、直接的・間接的に植物の力が必要となる。したがって、人の生存を支える根源は「種子」だといっても過言ではないだろう。本書では、主要農作物種子法（以下、「種子法」とする）の廃止を中心に、遺伝子組み換え技術・ゲノム編集技術の推進、残留農薬基準の緩和などによって食の安全がおびやかされている状況に対して批判が展開され、世界の動きが紹介されるとともに日本における対応策が提言されている。牧場経営者・弁護士・国会議員という経歴を持ち、2010 年には農林水産大臣も務めた筆者による痛烈な批判の数々は鬼気迫るものがある。以下では、本書の内容を概観する。

種子法とは、「主要農作物の優良な種子の生産及び普及を促進するため、種子の生産についてほ場審査その他の措置を行うことを目的」（第一条）とした法律であり、1952 年に制定された。種子法に基づいて、国が予算を手当し、都道府県が主要農作物（米・麦・大豆）の原原種・原種を栽培・生産するといった取り組みが行われてきた。新品種の育成には、長い時間と莫大な費用が必要となるため、種子法によって新品種の育成が後押しされるとともに、優良な種子の安定的な供給が行われてきたといえる。しかし、政府は、種子生産者の技術水準の向上によって種子の品質が安定していることや、多様なニーズに対応するために民間企業の参入を促進する必要があるといった理由によって、2018 年 4 月に種子法を廃止した。筆者は、種子法の廃止や農業競争力強化支援法によって、日本においても多国籍アグリ企業の参入が進展し、農家が隷属させられるのではないか、という強い懸念を表明している。

本書で特に強調されているのは、モンサントをはじめとする多国籍アグリ企業への批判である。開発した作物の権利を侵害したとして、モンサントが農家に巨額の損害賠償請求を行うなど、種子の「公共性がもぎ取られ、大企業の所有物になりつつある」（74 頁）ことが批判されている。また、批判を込めて「モンサント法案」という通称で呼ばれている一連の法案についても言及されている。これは、新品種の育成者がもつ権限を拡大する UPOV 条約という国際条約に依拠したものである。ラテンアメリカ諸国では市民の猛反対によって廃案が相次いだモンサント法案であるが、アフリカやアジア諸国に広がる懸念が指摘されている。そして、日本における種子法廃止法や農業競争力強化支援法は日本版のモンサント法案であるかのようにみえると述べられている。さらに、自家採種の原則禁止に向かっているのではないかという懸念も示されている。日本では、種子法とは目的が異なる「種苗法」という法律によって、品種育成者の知的財産権が保護されている。現在、農家が自家採種を行っても基本的には法に触れる

ことはないが、農林水産省令によって自家採種を禁止とする品種を指定できることや、種苗法の改訂が企図されていることが問題視されている。筆者は、「新規の育種登録を次々にした巨大アグリ企業が、野菜農家などに育種権の侵害として数億円の賠償金を求めることを、私は非常に恐れている」（95 頁）と述べている。

モンサントは、除草剤であるラウンドアップ（有効成分グリホサート）に耐性を持つ遺伝子組み換え作物を育成し、除草剤と遺伝子組み換え作物のセット販売をすることによって急成長を果たしてきた。また、1990 年代の半ばから、国内外の種苗会社を次々に買収し、世界の種苗市場を牛耳る存在となった。非常に強い影響力を持つようになったモンサントであるが、カリフォルニア州の男性が、ガンを発症した原因はラウンドアップにあるとして訴訟を起こし、2018 年にはモンサントに対して巨額の賠償命令が下された。その後、同様の訴訟が拡大するなど、多国籍アグリ企業は「四面楚歌」の状態になっている。そういった状況のなかで、世界では有機栽培が拡大しており、本書においては、アメリカ・EU・ロシア・中国・韓国といった国における有機栽培の展開状況が紹介されている。一方で、世界の流れに対して日本は「逆走」していることが指摘されており、グリホサートやネオニコチノイド系農薬といった農薬の残留基準の緩和や遺伝子組み換え食品の表示制度に対して批判がなされている。また、本書では、遺伝子組み換え作物の安全性に懸念が示されるとともに、「オールジャパン」でゲノム編集技術の安全性が力説されていることに対しても疑問が呈されている。

食の安全を取り巻く現在の状況を痛烈に批判した上で筆者は、「日本の食は地方から守る」ことを提言している。2018 年 3 月に新潟県で「新潟県主要農作物種子条例」が制定されたことを嚆矢として、2019 年度中に少なくとも 20 の道県で種子条例が制定される見通しとなっている。また、種苗法の改訂に対しても、地方公共団体における条例の制定で対抗していくことが主張されている。筆者は、「私たちには権利がある。それぞれの地域から自分たちの生活を自分たちの手で守ることができる。政府が世界とは正反対の方向に加速していっても、地方から変えることができる」（232 頁）と述べている。

以上、本書の内容を概観したが、紙幅の制限もあり、本書で示された多様な論点や、専門用語についての説明を省略せざるを得なかった部分も多い。より理解を深めるためには本書に併せて関連書籍などもご参照いただきたい。上述のとおり、諸外国では有機栽培といった食の安全を志向した取り組みが広く展開されているにも関わらず、日本はその流れに逆行しているという本書の指摘は、危機感を大いにもたらすものである。しかし、農業や食を取り巻く状況に対する本書の分析はやや一面的であると言わざるを得ない。本書では、種苗法において「自家採種が原則禁止」となることへの懸念が強調されている。一方で、新品種の育成者権を保護する必要性や、在来品種の自家採種などには影響がないといった見解を主張する論者も存在する。種子の捉え方や農業のあり方を議論する際には、多様な立場が存在することを忘れてはならないだろう。農業競争力の強化一辺倒になり、拙速に様々な改革がなされているようにみえる今こそ、多様な意見を踏まえて、「何を変えるべきか」、「何を変えないでおくべきか」ということを冷静に議論していく必要がある。

冒頭で述べたとおり、人は食べなければ生きていけない。そのため、食の安全をめぐる議論においては、全ての人が当事者となる。食の安全が「売り渡される」のであれば、それを「買い戻す」ことができるのは一人ひとりの消費者である。本書における「それぞれの地域から自分たちの生活を自分たちの手で守ることができる」という提言はそのための重要な指針を示すものである。

## 書評 02

**天笠 啓祐 著**

# 『ゲノム操作・遺伝子組み換え食品入門』

緑風出版 /2019 年 6 月刊 /275 ページ /1900 円＋税
ISBN　978-4-8461-1910-2

評者：大槻 崇子
日本大学大学院生物資源科学研究科博士前期課程

ゲノム操作・遺伝子組み換え食品をめぐる議論は、既にスタートしたゲノム編集食品の販売に向けた届出制度や、その後の販売開始に直面して、ますます活発になってきている。そして、その争点は、食品としての安全性、生態系への影響、倫理問題、規制の適正性など、多岐に渡り、かつより複雑になってきている。

本書は、これらの諸問題を考える上で必要な基礎知識を読者に提供しつつ、多くの問題点を提示している。概要は次の通りである。

「Ⅰ　遺伝子組み換え・ゲノム操作の基礎」では、今日のバイオ食品とは自然界で起こらない変化を遺伝子の切り貼りによって実現したものであり、自然の摂理を利用した発酵食品や品種改良とは異なることが詳述されている。日本では食料自給率の低さゆえに大量の遺伝子組み換え食品が輸入され、食品表示問題を背景に無自覚に消費されている現況も述べられている。また、遺伝子組み換え作物の大半は、除草耐性作物と殺虫性作物であるが、どちらも耐性を持つ雑草や害虫の出現により、削減されるべき生産コストや、向上するべき収量がむしろマイナスになっていることも指摘されている。

「Ⅱ　遺伝子組み換え・ゲノム編集がもたらす環境への影響」では、遺伝子組み換え・ゲノム編集作物の環境への広がりが「汚染」と表現されているように、その影響が不安視されているにも関わらず、次々と拡大してしまう恐ろしさが述べられている。

例えば、わが国では遺伝子組み換え作物の商業栽培は行われていないが、輸入は種子の状態で行われるため、港の近くでこぼれ落ちた種子が自生し、別の植物との交雑が起こっている実態がレポートされている。これが農作物に拡大することで、作物の伐採や有機認証の取り消しという被害さえも発生している。さらに、近年栽培されている「青い花」は、花弁であるために食の安全評価は行われないが、ユリ科、ナデシコ科、バラ科などはそれぞれ交雑の可能性が高く、リンゴなどの果実へ広がる懸念が指摘されている。

「Ⅲ　ゲノム操作作物・食品」では、ゲノム編集技術によってどのような作物・食品が作られているのかと、その問題点が説明されている。既に市場化されているゲノム編集食品はナタネと大豆であるが、米国では規制や表示義務がないため、消費者に知れずに出回っている状況が報告されている。ゲノム編集の問題点は「オフターゲット」と呼ばれる、ターゲットとしていない遺伝子を壊してしまうケースや、操作の有無が判別しにくいことから規制や表示義務の対象としにくい点、「DIY（Do It Yourself）バイオ」と称されるほど操作が容易であることなど、多数挙げられている。

「Ⅳ　遺伝子組み換え・クローン・ゲノム編集動物」では、家畜や養殖魚、蚊、ヒト（iPS 細胞）に至るまでの応用例と、その問題点が紹介されている。ゲノム編集で筋肉量を制御する遺伝子

を壊すことによって、成長の速い豚、鮭、真鯛、トラフグなどの生産が行われている。このうち鮭については、様々な問題点が指摘され、EUでは輸入が禁止されている状況である。しかし、養殖が水産物生産の主流となりつつあるわが国では、今後、受精卵の販売が拡大すれば、ゲノム編集の鮭がわれわれの食卓に上がる可能性があることが指摘されている。

また、特定の遺伝子を次世代以降も壊し続ける「遺伝子ドライブ技術」が問題視されている。デング熱を媒介する蚊を減少させる目的で遺伝子組み換え蚊が放出された事例もあるが、この手法を用いれば、ある生物種を容易に絶滅させることができてしまう。毒素を強めた種を放出することによる生物兵器への利用も懸念されている。

「Ⅴ　遺伝子組み換え・ゲノム編集食品の安全性」では、食品としての安全性を脅かす２つの代表的要因と、健康被害に関する訴訟について述べられている。遺伝子組み換えの代表例は、除草耐性作物と殺虫性作物であるが、除草耐性作物を栽培する際に使用される除草剤は作物に残留し、発癌性等により人体へ悪影響を与えている。殺虫性作物は、作物自体に殺虫毒素が含まれるが、これがヒトの胃や腸に異常を起こしてしまう。実際に、農薬の使用によって癌になったという訴訟が、米国で被害者勝訴となった事例があり、同農薬に対する訴訟は１万件を超えるほどであることが紹介されている。

「Ⅵ　遺伝子組み換え・ゲノム操作食品の規制」では、日本国内、国際条約、自治体それぞれの規制の現状および市民運動による取り組みが紹介されている。国際条約は環境への影響に関するもの（カルタヘナ議定書）と食の安全に関するもの（コーデックス委員会による国際基準）が設けられたが、双方とも曖昧な部分が各国の判断に委ねられていることから、実効性の乏しいものとなっている。そのような中、自治体では、遺伝子組み換え作物の作付けを禁止する条約が制定されている。また、遺伝子組み換え作物の禁止を直接的に明言しなくとも、有機農業を推進することが事実上それらを排除することになる。同様に、自治体による「GMO(遺伝子組み換え生命体)フリーゾーン運動」がヨーロッパをはじめアメリカや日本にも拡大しており、遺伝子組み換え作物を栽培させない取り組みとなっている。

以上、これらの内容はすべてＱ＆Ａ形式で書かれており、各節は「遺伝子組み換えって何ですか？」、「殺虫（Bt）毒素はどのように危険なのですか？」というような疑問文をタイトルとして分かりやすく解説されている。また、すべてのページの下部には、注釈を書くための欄外のスペースが存在し、難解になりがちな生物学的な用語や過去の重要な出来事が、時には図や写真を交えて解説されている。これによって、この分野に不慣れな読者であっても辞書を引く手間や別ページを参照するストレスを抱えることなく読み進められる。以上の点は入門書として大きな魅力である。

ただし、本書では食品・環境ジャーナリストとしての立場から、ゲノム操作・遺伝子組み換え食品の問題点にスポットライトが当てられており、否定的な研究や事例が中心となっている感が強い。それに相対する研究が存在するのかどうかは明確ではないが、多様な複数のエビデンスや意見などを、本書で天秤にかけながら吟味することも重要であろう。そうすることによって、われわれは、ゲノム操作・遺伝子組み換え食品をより深く学ぶことができよう。

ゲノム操作・遺伝子組み換え食品・作物の影響はますます拡大しており、より多くの人々を深く巻き込まんとしている。関連度の高い地域や業界で対応に当たっている方々はもちろんのこと、すべての人がどういった立場や行動を取っていくのかを検討する必要がある。本書はその手掛かりとして、大きな助力となってくれるであろう。

## 投稿規定

1．本誌は、くらしと協同に関する調査研究などの成果を掲載する。
2．本誌への投稿は、上記の領域に関わる「研究論文」「研究ノート」「調査資料」「事例報告」等とする。 ただし審査により区分を変更することがある。
なお、原稿は掲載時に、他誌に未発表であることを厳守する。
（1）原稿の字数制限は以下の通りとする。
① 論文　　20,000 字以内
② その他　　原則として 14,000 字以内
（2）原稿の体裁
① A 4用紙に横書き、40 字× 35 行で印字する。
② 年号は原則として西暦を、また頁は「ページ」（カタカナ）を使用する。
③ 英字の略字については原則として半角とするが、全角を使用したい場合はそのことを明確にし、同じ略字の場合に半角または全角を統一して使用する。
④ 注は文末脚注とし、本文中の注は上付で、通し番号とする。
（3）図表は上記の原稿の分量にふくまれるものとする。 なお、 グラフを Excel 等のソフトで作成している場合は，そのグラフの作成に使った元データも添付する。 また，図版の場合はなるべく鮮明なものを別に添付する。
（4）原稿には「表紙」を付け、表紙にタイトル、執筆者名、所属機関および連絡先（現住所、電話番号、E-mail）を明記する。 原稿本文には執筆者名、所属機関を記さない。
（5）原稿提出の際は、プリントアウトした原稿 4 部と原稿データをおさめた CD 等とを両方提出する。 提出するデータは「MS-Word（バージョン 2000 以降）」とし、グラフなどのデータファイルがある場合、それも CD 等の中に添付する。 写真を使用する場合は、M S -Word 内に枠で場所を示し、写真データは jpg 形式で別途添附する。
3．投稿された原稿は、研究所事務局が受領し、編集委員会が指定する複数の審査員の査読を得て、その結果を基に、編集委員会において掲載の可否、区分、掲載号を決定する。 審査の過程において、投稿者に原稿の加筆・修正をもとめることがある。
4．原稿送付先はくらしと協同の研究所事務局とする。
5．提出された原稿ならびに CD 等は原則として返却しない。
6．原稿料は支払わない。
7．著者に本誌 5 部と抜刷 30 部を無料で進呈する。
8．本規定にない事項については、適宜編集委員会で判断し対応する。
9．『くらしと協同』に掲載される原稿については、著作権のうち、複製権、翻訳・翻案権、公衆送信・伝達権を研究所に譲渡する。 なお、著作者自身による複製（出版を含む）、翻訳・翻案、公衆送信・伝達については、これを許諾する。

（付則）
1．本規定は 2012 年 6 月 25 日から実施する（2014 年 3 月 20 日一部改正）。

（くらしと協同の研究所事務局）
〒 604-0857　京都市中京区烏丸通二条上る蒔絵屋町 258　コープ御所南ビル 4 F
TEL: 075-256-3335
E-mail:kki@ma1.seikyou.ne.jp

# BACK NUMBERS

## 季刊号

**2019 秋号（第 30 号）**
2019.09.25 発行

**特集**
新たな時代の、新たな流通　生協は何に、どう対応すべきなのか？
**総論**
キャッシュレス社会考

**2019 夏号（第 29 号）**
2019.06.25 発行

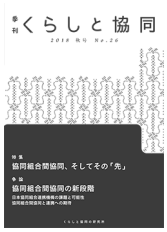
**特集**
「公」から住民主体による「民」への取り組み
**総論**
民営化とは？市場経済と公共性から考える

**2019 春号（第 28 号）**
2019.03.25 発行

**特集**
創り、支え、広げる「わたしたち」のくらし
**争論**
現代社会、そして生協にとっての民主主義とは？

**2018 冬号（第 27 号）**
2018.12.25 発行

**特集**
事業体と持続可能社会への模索
**争論**
人口減少社会にどう立ち向かうのか



**2018 秋号（第 26 号）**
2018.09.25 発行

**特集**
協同組合間協同、そしてその「先」
**争論**
協同組合間協同の新段階

**2018 夏号（第 25 号）**
2018.06.25 発行

**特集**
組合員を惹きつける生協の「編集」
**争論**
「食」の魅力を伝えるカタログの底力

## 増刊号

**2019 年 9 月増刊号**
2019.09.25 発行

第 27 回総会記念シンポジウム特集
**“見えない”格差・困窮・貧困と日本経済を考える**
**ー働き、学び、育て、暮らす現場の視点からー**

**2018 年 9 月増刊号**
2018.09.25 発行

第 26 回総会記念シンポジウム特集
**現代のくらしにおいて、わたしたちには何ができるのか？**
**ー『無印良品』のあり方と仕組みから考えるー**

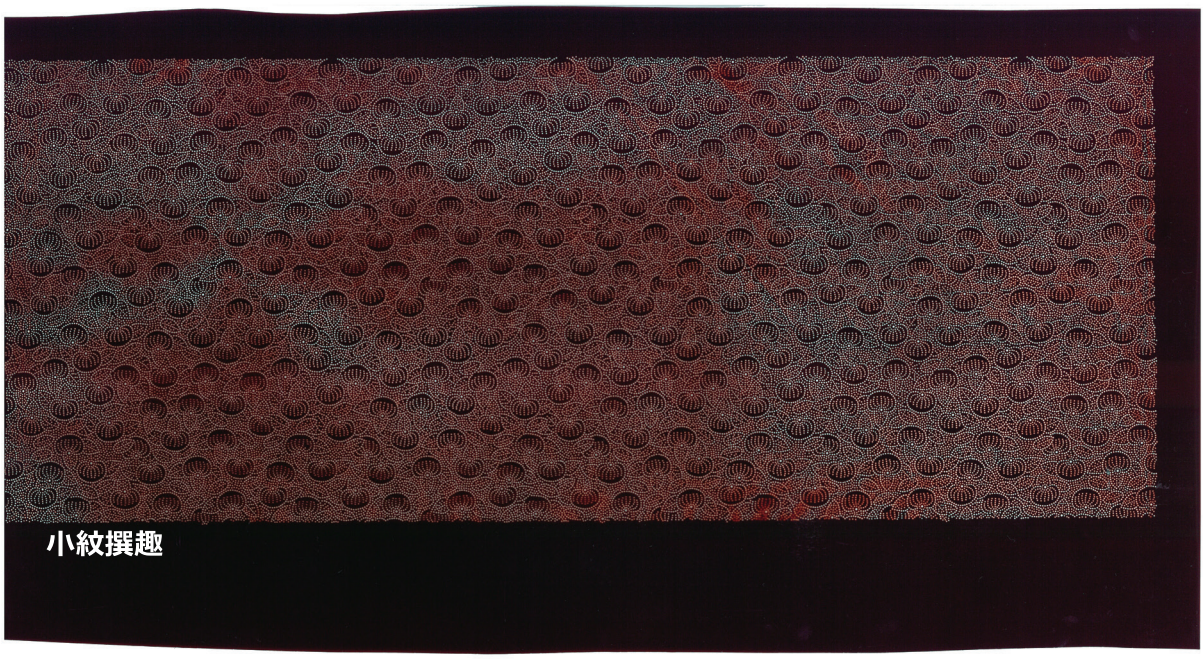
## 編集後記

本号は 2019 年夏号に続き、「コーポラティブ・ラボ」（愛称：こーぽらぼ）のメンバーで企画しました。本号では、私たちの身近な食を中心として、生活の中で科学技術とどのように向き合っていくかということについて、多様な立場から考えていくことを目的に編ませて頂きました。所変わって先日、本学の大学院の講義の中でゲノム編集食品を題材にして調査を行い、ディスカッションを終えた後にある大学院生が一言「知らないということは怖いですね」と話されていました。私たちの生活の中でこれまでに起こってきたこと、今起こっていること、これから起こることについて、知り、考え、行動することは本当に大切なことだと思います。（片上敏喜）

季刊 **くらしと協同　2019 冬号（第 31 号）** 2019 年 12 月 25 日 発行

編集企画｜『くらしと協同』編集委員会
編集長　｜杉本貴志
発行所　｜くらしと協同の研究所
理事長　｜若林靖永
住　所　｜京都市中京区烏丸通二条上る蒔絵屋町 258 コープ御所南ビル 4F（〒604-0857）
電　話｜075-256-3335
ＦＡＸ｜075-211-5037
E-mail｜kki@ma1.seikyou.ne.jp
ＵＲＬ｜http://kurashitokyodo.jp

季刊 くらしと協同 2019冬号（第31号）　編集・発行/くらしと協同の研究所　発行日/2019年12月25日　ISSN 2187-1280



小紋撰趣

## 表紙紋様　「橘の紋様」

橘は蜜柑の原種で、垂仁天皇のころ田道間守（たじまもり）が、不老不死に憧れた天皇の命令で 、常世の国（中国の温州）から持ち帰った「トキジクノミ」が橘とされ、我が国に伝わった最初であると言われ、温州ミカン（ウンシュウミカン）と呼ばれています。
橘は、その香も尊ばれましたが、それ以上に、橘の葉が寒暖の区別なく、常に生い茂り、凛としている姿から、太刀花とも書かれて、長寿瑞祥の樹として珍重されてきました。
ウンシュウミカンは当初、種子を生じない性質から武士の世にあっては縁起が悪いとされ、日本においては、あまり栽培されることはありませんでした。突然変異か？品種改良か？科学技術が進化した現在では、DNA鑑定の結果、ウンシュウミカンの種子親はキシュウミカン、花粉親はクネンボであることが解りました。日本が原産国であるとも言われています。
日本において、多くの柑橘類の種類が生育され、庶民の中に何の疑問もなく受け入れられているのは、長い歴史を経て、安心安全が根付いているからであると確信します。国の歴史は、食文化の歴史でもあります。これからも素晴らしい改良が、新しい歴史を残し、ますます安全安心な進化、発展をもたらすことを希望します。

田内隆司／京小紋画像提供（田内設計事務所）