

ゲノム編集と食料安全保障 生産拡大に寄与も、規制の難しさに課題

全遺伝情報（ゲノム）編集技術が注目を集めている。他の生物の遺伝子を組み入れる遺伝子組み換え作物（GMO）と異なり、遺伝子を切断するだけ。自然界の突然変異と変わらない。遺伝子組み換え食品については、組み換えられた遺伝子が残らないものは表示規制の対象としないという日本型の規制に米国も追随した。ゲノム編集食品もこれと同じく扱われる。ゲノム編集は食料安全保障に貢献するとともに高機能食品を提供できるというメリットがある反面、誰でも容易に活用できるという問題もある。

ゲノム編集とは何か？

ゲノム編集とは、ゲノムと呼ばれる遺伝子情報を切断したり、切断したところに別の遺伝子情報を組み込んだりするものである。2013年に切断する酵素としてクリスパー・キャスナインが開発されて、応用される分野や可能性が拡大された。20年のノーベル化学賞は、これを開発したドイツ・マックスプランク研究所のエマニュエル・シャルパンティ

エ教授ら2人の女性研究者に贈られた。この技術の活用が期待される主な分野は、農林水産物の品種改良と医療分野における遺伝子疾患の治療法の開発である。

人類は自然界における遺伝子の突然変異を農業に利用してきた。これがなければ、作物の栽培や家畜の飼育という農業は成立しなかった。その典型が米や小麦などの穀物である。本来、生物は子孫を残したいという欲求を持つ。穀物が実を付ければ、

それを広く飛ばして多くの子孫を持つとうとする。タンポポが綿毛を飛ばすことを思い起こしてもらいたい。

この生物の習性は、穀物を食用としたい人類にとっては、はなはだ都合なものだった。穀物の実が飛び散ってしまえば、拾い集めることは容易ではなくなるからである。しかし、突然変異で実を落とさない穀物を人類は見つけ、その穀物を固定したのである。果物や野菜もわれわれが食べる部分が極端に肥大化したも

キヤノングローバル戦略研究所研究主幹
山下一仁
やましたかずひと 東大法卒。
77年農林省入省、農水省ガット
室長、農村振興局長などを経て
10年4月から現職。著作に「い
ま蘇る柳田男の農政改革」（新
潮選書）、「TPPが日本農業を
強くする」（日本経済新聞出版
社）など。

の、乳牛も乳房が大きくなり乳量が増大したものである。自然の摂理からすると、今われわれが食べている農産物は奇形で、人類がいなければ自然界で生き残れなかった品種である。わが国が世界に誇るニシキゴイも自然界では天敵に襲われやすく、生き永らえることは難しい。

従来の遺伝子組み換え技術は、別の生物の遺伝子をトウモロコシや大豆などの農産物に組み込むことで、農薬や害虫に強い品種を作ってきた。これは他の生物の遺伝子を挿入するという自然界では起こり得ないことを人為的に実現するものだった。一方、ゲノム編集は、その生物自体の遺伝子を切断するだけで品種改良を



ゲノム編集技術でノーベル化学賞を受賞したシャルパンティエ氏 (2020年10月7日、EPA=時事)

実現する。これは自然界に見られる突然変異やこれまで異なる品種を掛け合わせる事によって行ってきた従来の作物改良と異なるものではないと主張される。

20年12月、この技術を活用して、血圧の上昇を抑えるGABAというアミノ酸を多く含むトマトを、筑波大学教授たちが開発した。21年から家庭菜園用に無償配布される予定である。ゲノム編集の農産物が供給されるのは、わが国で初めてとなる。

ゲノム編集への期待の高まり

数年前から、農業や食料に関する欧米のフォーラムに出席すると、IT、人工知能(AI)やロボットの農業への応用、細胞から作る培養

肉などの新技術と共に、ゲノム編集技術が取り上げられるようになった。これ以外に、ゲノム編集技術だけを専門に扱うフォーラムも毎年幾つか開催され、大学や公的機関の研究者、大企業、スタートアップ企業、ベンチャー企業、エンジェルといわれる投資家、政府の規制担当者などが集まり、成果発表、情報交換、商談などを活発に行っている。産業界からは、ゲノム編集された農産物や食品に対して政府がどのような規制を行うのかについても、大きな関心が示されている。

農業も持続可能性(sustainability)が重要視され、環境への負荷をかけないよう、肥料や農薬などの化学物質の投入をできる限り少なくすることが求められている。同時に、人口増加や所得の増加によって、食料供給を大幅に増加しなければならないと叫ばれている。このため、少ない資材や資源で多くのものを生産しよう(produce more with less)というのが、食料についての国際社会のスローガンになっている。この課題について、ゲノム編集は大きな貢献をすることが期待される。

農業生産は、生物学的過程(BC過程)と機械学的過程(M過程)から構成される。BC過程は、10㏄のBC過程で用いられる種子、肥料、農薬、水を1000倍すれば1000㏄のBC過程になるものであり、農地の大きさとは無関係であるという特徴がある。これに対して、米国の100㏄の農場で高度な生産効率を発揮する大型機械を日本の中山間地域の10㏄のほ場で使うことはできない。M過程は農地の大きさに関連する。

M過程では農場の規模によって適正な機械が異なり、規模が大きくなればなるほど単位生産量当たりの生産費は減少し、規模の経済が働く。

他方、BC過程では農地面積が一定であれば肥料を増加するにつれ追加的な肥料投入量一単位当たりの増収効果は減少していく。「収穫通減の法則」である。伝統的な経済学は農業のBC過程の特徴に着目して理論をつくった。

トン当たりの生産コストは、a・面積当たりいくら肥料、農薬、労働、農業機械を使用したかというコストをb・面積当たりの収量(単収)で割ったものである。従って、肥料、

農薬などの価格を下げたり、M過程を利用して規模を拡大したりして、aを低下させれば、生産コストは減少する。また、BC過程でも、bの単収を増加させれば、生産コストは減少する。単収が2倍になれば、生産コストは2分の1に低下する。逆に言うと、肥料等の投入を変えなくても収量は倍になる。"produce more with less"そのものである。

直接的に単収を増加させる品種改良だけでなく、病気に耐性がある、肥料吸収性が高い、倒伏しないなどの性質を持つ品種を開発することも、bの単収を増加させる。

これまで、ITやAI技術、ロボット、トラクターの無人走行などを活用した農業生産の効率化・増加の可能性が、さまざまな人によってもてはやされてきた。しかし、これはコストを10%下げるとか収量を10%上げるとか、コツコツ、徐々に増加するような(incremental)M過程の技術である。しかも、実際に適用しようとする時、無人走行を行えるほどの大きな場が必要になるなど、さまざまな問題を解決しなければならぬ。

これに対して、BC過程であるゲ

ノム編集は収量を一気に倍増するなどのブレイクスルー的な要素を持つ。一段ずつ階段を上るのではなく、上層階にジャンプするようなものである。また、品種が変わるだけなので、今までと同様の農業生産で画期的な効果を発揮できる。BC過程は規模に対して中立的なので、日本のような農地面積が小さい農業にも効果が期待できる。

これまで、遺伝子組み換え技術は、穀物、野菜などいわゆる耕種農業で展開され、畜産については成果を挙げてこなかった。ゲノム編集によって、特定の病気に耐性のある家畜、角のない牛、飼料効率の良い家畜などが開発される可能性がある。既に、大きな被害を生じている豚繁殖・呼吸障害症候群 (PRRS: porcine reproductive and respiratory syndrome) に抵抗力を持った豚が開発されている。

消費者の不安

他方で、遺伝子組み換えの農産物や食品と同様、遺伝子を操作して新しい農産物や食品を供給することに、消費者は大きな不安を感じる。最近でも、環太平洋連携協定 (TPP)

に参加すると、米国によって、遺伝子組み換えについての規制が緩和・撤廃され、これらの農産物や食品を食べさせられるのではないかと、という根拠のない主張が、経済評論家や専門外の大学教授たちによって行われ、消費者団体も、これを信じた。

しかし、どの国も安全性が確認された遺伝子組み換え食品しか流通を認めていない。各国で規制が異なるのは、安全だとして流通を認めた遺伝子組み換え食品について、それを使用しているという表示の義務付けを要求するかどうかである。米国でも安全性が確認されていない危険な遺伝子組み換えの農産物や食品を食べさせられることはないのである。

遺伝子組み換えの実態

遺伝子組み換え農作物の販売者としてやり玉に挙げられた Monsanto (独化学大手バイエルが買収) も、家畜のエサや食用油採取のために生産され、欧米ではほとんど食用に向けられないトウモロコシや大豆 (欧米では、大豆は食用ではなくヒマワリの種や菜種と同じく油の原料であり、穀物ではなく油糧種子 oilseeds と分類される) について、遺伝子組

み換えを行ってきた。遺伝子組み換えに反対が少ない米国においてさえ、食用の割合が高い米や小麦には、消費者の反感を考慮して開発を控えてきたのである。

消費者のアレルギーが強い中で、法的には可能でも、日本の生産者が遺伝子組み換え農作物を作付けするとは思えない。これまでも生産者は遺伝子組み換え大豆を作付けできるようにしてこなかったし、今後もしないだろう。今回開発されたゲノム編集トマトについて、直ちに販売するのではなく、無償配布から供給を開始したのは、このような消費者の心理を考慮したものだろう。

ところが、実際には日本の消費者は遺伝子組み換え農作物を大量に摂取している。エサ用として遺伝子組み換えトウモロコシが1500万ト、食用油用として遺伝子組み換え大豆300万ト、遺伝子組み換え菜種200万トが、輸入されている。豆腐と違い、加工度が高い油になると、遺伝子が組み換えられたDNAが残らないので、遺伝子組み換え大豆使用という表示を行う必要はないから、われわれは気付かないだけで、TPPに反対した消費者団体の人は、

この事実を知っていたのだろうか？
しょうゆについても、当初は遺伝子組み換え大豆を使用していたが、消費者へのイメージを考慮して、今では業界として自主的に非遺伝子組み換え大豆を使用するようになっていく。

日米欧の表示規制

最近まで米国は、安全性さえ確認されれば、遺伝子組み換え食品と非遺伝子組み換え食品の機能は「実質的に同等」なので、表示規制は全く不要だという立場だった。日本は、豆腐、納豆など遺伝子組み換え大豆のDNAやたんぱく質が食品中に残存する製品についてのみ、つまり遺伝子組み換えのDNAなどが検出される食品についてのみ、遺伝子組み換え農産物を使用したという表示を義務付けている。遺伝子組み換え農産物が重量比で5%以下であれば遺伝子組み換え農産物使用の表示義務はなく、また「遺伝子組み換えでない」「非遺伝子組み換え」等の表示を任意で行うことは可能とした。

これに対して欧州連合 (EU) では、豆腐などの製品だけでなく、しょうゆや大豆油など、DNAなどが

残存せず、従って検出できない製品についても、1%でも遺伝子組み換え農産物が含まれていれば、遺伝子組み換え食品だという表示を要求している。0・9%未満であれば表示義務はない。食品からDNA等が検出できない以上、製品を調べただけでは表示が正しいかどうか検証できないので、遺伝子組み換え農産物とそうでない農産物について、すべての流通段階で、倉庫や帳簿の上で、分別、区分けすることを義務付けるしかない。これを分別生産流通管理という。これには高いコストが掛かるので、事実上遺伝子組み換え農産物は流通から排除されることになる。

19年、日本では消費者団体の要請を入れ規制を強化し、任意表示をより厳格化した。分別生産流通管理をして、意図せざる混入を5%以下に抑えている大豆およびトウモロコシ等については、適切に分別生産流通管理された旨の表示を可能とするが、意図せざる混入がゼロでない限り、「遺伝子組み換えでない」等の表示を認めないこととしたのである。

Bioengineered Food Disclosure Law)を制定した。この法律に基づき、分析における検出可能性を考慮して、油などの高度精製品は情報開示の対象から除外することとし、許容される混入割合として重量比5%以下を採用した。TPP反対派の主張とは逆に、米国の方が日本と同じ規制を採用したのである。

ゲノム編集された食品の規制についても、各国とも従来の遺伝子組み換え食品と同様の考え方に立っている。EUは欧州司法裁判所の判断により、ゲノム編集された食品も遺伝子組み換え食品も同じように取り扱うとしている。ゲノム編集食品にはすべてについて表示が必要だとするのである。

EUは食品や農産物が作られるプロセスに応じて規制しようとする。これに対して、日本や立場を変更した米国は、プロセスではなく、作られたモノに着目して規制すべきだとする考えである。

19年3月厚生労働省の専門部会は、ゲノム編集技術を使って品種改良された農水産物の多くで、安全性の審

査を求めず、国に届け出するだけで食品として販売してよいとする報告書をまとめた。これも遺伝子組み換え食品の規制の延長線上にある。つまり、ゲノム編集でも遺伝子組み換え食品のように他の生物の遺伝子を挿入するような場合には、安全性の評価を行い、流通させるかどうかを判断するが、そうでない多くのゲノム編集された食品については、自然界のものと異ならないので、安全性の評価は不要となり、開発した企業などに届け出だけで流通させてよいとしたものである。届け出は任意で、違反しても罰則はない。

表示の規制についても、消費者庁は19年9月、遺伝子組み換え食品と同様、他の生物の遺伝子が食品中に残存しない限り、表示の規制は不要であるという判断を行った。

ゲノム編集の光と影

遺伝子組み換え農産物を開発したのは、少数の大企業である。これに対して、米国でゲノム編集を応用しようとしているのは、小さな企業や大学の研究者たちである。大きなコストを掛ける必要がないので容易に活用できるからである。今回日本で

新しいトマトを開発したのは、筑波大学の教授である。ただし、ゲノム編集技術が幅広く応用・活用できるという点ではプラスであるが、核の拡散問題と同様、誰でも利用できるようになると、問題が起きた場合に規制することが困難になるというマイナス面が懸念される。

人口や所得の増加によって将来食料危機が起きるのではないかと懸念がある。しかし、生産の飛躍的な増加により、過去約100年間、人口増加は4倍を超えるのに穀物価格は低下傾向で推移している。ところが、短期的には、過剰の中でも突然穀物価格は上昇する。所得が低い国では、食料品価格が上がると、収入のほとんどを食費に支出している人は、買えなくなり、飢餓が生じる。経済協力開発機構(OECD)や国連食糧農業機関(FAO)など、世界で食料安全保障と言う場合、貧しい途上国の人たちがどうやって食料を買うようになるかが、中心テーマである。世界の食料安全保障の解決のためには、途上国における貧困の解決、安価な食料生産の拡大がより重要なのだ。ゲノム編集はこれに大きな役割を果たすことが期待され

る。

わが国でも、戦後の食糧難の時代、飢えを満たすための食料消費の便益は極めて高かった。量の確保が生死を左右した。このため国民は安全性に問題があるような食品も消費した。飢餓が遠のくにつれ、また所得が上昇するにつれ、国民・消費者の食の安全性に対する要求が高まってきた。食に関する「量の不安」と「安全の不安」は、断絶的なものではなく、連続的なものである。今では、われわれは途上国の人と違い、遺伝子組み換えやゲノム編集の農産物を食べなくてよいほど豊かなのである。

ゲノム編集で生産された農産物や食品は、安全の不安を重視するようになってきた日本やEUなどの消費者には受け入れられないかもしれない。しかし、途上国の消費者は、いまだに量の不安を抱えている。ゲノム編集は世界の食料安全保障に貢献することができるだろう。また、日本のような国でも、健康や生命・身体の維持に役立つ高機能ゲノム編集食品は受け入れられるかもしれない。現在糖尿病治療に使われているインスリンは遺伝子組み換え技術を活用したものである。