遺伝子組換え作物の現状と将来

村田 幸作

現在の食糧問題

世界の人口は、本年60億人を突破した。なお、毎年8,000～9,000万人の割合で増加しており、このまま推移すると50年後には単純計算で100億人近くなる。東アジアでの人口増加は特に著しく、「マルサスの人口論」が東に歩いてきたとさえいわれる。人口と食糧の問題である。食糧危機がくるという考えもあれば、それに懐疑的な見方もある。飢餓と飽食の共存という、今起きている不条理の解決が食糧問題の核心であるとする主張もある。

こうした悲観的・楽観的な認識の差違は、時間的視野を何処に置くかによる。確かに、現在の世界の穀物生産量（年間18億トン）を基礎にして緊縮的な食糧消費（年間1人当たりの穀物消費量を250～300kgに抑える）を行えば、ここ15～20年間は世界的な食糧不足の顕在化は避けられるであろう。問題は、その先である。資源の枯渇する次世代や、次の次の世代のことまで考える、即ち、時間的視野を長期化することによって食糧問題の深刻さが見えてくるのではなかろうか。人口増加を抑制するか、さもなければ人口増加に見合う食糧を確保していかなければならない。

食糧の平等分配や食生活スタイルの変更、つまり物質循環を基礎にした適正な生産・消費・廃棄システムへの転換も必要である。しかし、これは「食い

潰しの論理」であることを理解しておかなければならない。その行き着くところは、胃袋を満たすことに対する個人の自由の制限である。これに耐えるためには、強い精神力と共利共生的な倫理観が求められる。利己的な人間にどこまで可能であろうか。恒産あれば恒心ありというように、物質的基礎を確立していくことが先決である。現在の世界の年間穀物生産量18億トンを25億トンくらいに増加させることである。しかし、地球環境の悪化の中で耕地の拡大は容易ではない。現在の作物を使う限り、単収の増大に大きな期待もかけられない。

一方、先進諸国においては、肥満、糖尿病、高血圧などの生活習慣病疾患が増加し、社会問題となってきた。コメやダイズのような主要食品に対する食アレルギーや新興・再興細菌感染症も増加傾向にある。その多くは不規則な食生活、あるいは食の簡便化／外部化の進展などと不可分の関係にあるが、より積極的に食糧の質の向上を図ることによって、このような疾病の問題に対処することが望まれる。特に、長寿社会に入ったわが国では、様々な疾患を予防し、健康の維持・増進に効果のある食糧の作成が求められる。また、ゲノムサイエンスの進展と並行して、健康の予知的保全に効果のある遺伝子適合性食糧の開発も考えなければならないであろう。

人口増加に伴う食糧不足や様々な食源性疾患の克服は、今世紀の社会に課せられた重要な問題であ

り、そのためには食糧の増産と質の改善が必要である。食糧の増産と質の改善に対しては、未利用廃棄資源の有効利用や食品化学的改質も効果的であろう。わが国は、毎年6,000万トンの食糧を海外に依存している。世界最大の輸入国である。しかし、一方で、コメの年間生産量1,000万トンに匹敵する食素材廃棄を行い、約4,000万人分の食糧を捨てているのである。これが、わが国の飽食の実態である。

この日本の状況を似たような環境にある先進諸国にあてはめると、先進諸国全体での食糧の無駄は実に4億人分にも相当する。飢餓と栄養不足に苦しむ人々が発展途上国を中心に約8億人もいるという現実を直視しても、未利用食糧資源の有効利用のもつ意義は大きいのである。

しかし、長期的には高収量性、高品質性作物を分子育種し、既存の作物とその生産法に優る技術開発を達成することである。近年目覚ましく発展した遺伝子操作を基礎としたバイオテクノロジーや構造・情報生物学を主体とするバイオサイエンスは、生命活動を支えるタンパク質の機能を遺伝子レベルで改変する技術を提供し、すべての生物の特性を自在に制御することを可能にした。そして、この技術は従来の交配と突然変異を根幹とした植物育種技術に代わって、まず食糧の増産を目的とした環境耐性作物の分子育種に適用され、すでに除草剤耐性大豆など数種の遺伝子組換え作物と、それから作られる食品(遺伝子組換え食品)が実用化されるに至った。しかし、食糧の増産を目指したこれら新食品は、その健康と環境への安全性が疑問視され、欧州諸国やわが国などでは、健全な社会的受容態勢の確立までに

は至っていないのである。

遺伝子組換え作物の諸問題

科学技術 バイオテクノロジーは、育種の範囲を種内から種間へと大きく拡大させた。この技術は精度が高く、かつ計画性があるため、遺伝子組換え作物の作出に関しても危険性はなく、従来の育種法の延長線上にあると考えられた。基本的には正しい判断であろう。実際、これまでに育種された作物の中には、「種」や「属」を超えて作成されたものもある。このような観点から、安全性評価の重心は遺伝子組換え作物そのものに置かれ、その評価基準として「実質的同等性」の概念が導入されたのである。この概念は、その単純さと合理性ゆえに広く受け入れられ、これに基づいて多くの新作物の安全性が認可されてきた。

しかし、最近、遺伝子組換え作物の安全性に疑念をもたせる報告が散見される。遺伝子組換え作物から新規ウイルスの発生¹⁾や雑草への遺伝子伝播²⁾、あるいは遺伝子組換え作物の高アレルゲン性³⁾、免疫低下性⁴⁾、生態系(昆虫)への悪影響⁵⁾などである。細菌遺伝子に関しては、免疫系の攪乱⁶⁾や敗血症患者のショック死の誘発⁷⁾などが明らかにされてきている。遺伝子組換え微生物によって生産されたアミノ酸への有害物質の混入も、消費者に不安材料を提供した。しかし、これらの研究のいくつかに関しては、誤謬や拡大解釈など研究者間でも異論があり、その断定的な解釈には慎重でなければならない。消費者に直接的な影響をもつメディアにも、同様な慎重さが求められよう。

一方で、遺伝子組換え作物の育種はますます複雑化し、タンパク質の大量発現、多種遺伝子の同時導入や人工設計遺伝子の利用が始まっている。すでに、大豆タンパク質を5～10%発現させたコメ⁸⁾や14個の遺伝子を導入したコメ⁹⁾、高カロテン含有コメ¹⁰⁾、高鉄含有コメ、あるいは細菌感染予防性作物、B型肝炎予防性作物、糖尿病予防性作物、環境浄化性植物などが分子育種されている。また、ターミネーター遺伝子など種子の所有権の確保を目的とした研究や遺伝子の拡散防止¹¹⁾など、環境保全にかかわる戦略的な研究も展開されている。

このように、育種の対象は、主要作物から非主要作物へ、さらには可食性作物から非可食性植物へと拡大している。特に、今後の遺伝子組換え作物の作成は、現在の農業(量的)形質から質的形質へと大きく転換し、付加価値の高い医薬性や栄養性をもつ食糧や飼料の作出に向かうことは明らかである。これに伴い、受益者も生産者と消費者から食品、飼料、医薬、農薬、化学などの中間加工業者へと拡大していくであろう。

先進諸国では、遺伝子組換え作物の育種とその安全性に関する研究が積極的に行われているため、このような新作物が21世紀の作物に占める割合は飛躍的に増加する情勢にある。わが国でも、大学、国立研究機関および関連企業において、食糧の増産と質の改善を目的とした作物の育種が行われているが、いまだ実用化には至っていない。

従来、遺伝子組換え作物の安全性は、「実質的同等性」の概念に基づいて評価されてきた。しかし、今後作成される新作物は、その育種の方法論と付与

される機能の内容がますます高度化するため、それらの安全性を評価する新たな学術基準を必要としている。就中、高度な医薬機能をもたせた食糧に関しては、生化学、免疫学、毒物学はもとより、慢性毒性試験まで包括した医薬品に準じる安全性評価の必要性も指摘されている。わが国では、遺伝子組換え作物の健康と環境に対する安全性評価の研究は極めて少なく、諸外国の学術と科学技術水準に比肩するレベルを維持して行くためにも、こうした研究を早急に開始することが必要であろう。

社会 遺伝子組換え作物の社会的受容態勢は各国で異なるが、一般的に生産者と消費者の間には隔絶が存在している。消費者の一部には、遺伝子組換え作物の拒否キャンペーン、国外農家とトラストを組む実行使や栽培圃場の破壊行動が見られる。欧州先進諸国(EU連合)は、遺伝子組換え作物と食品への表示の義務化と輸入規制を行使し、同様な状況にあるわが国も、2001年4月から一部表示が義務付けられることになった。

こうした中で、多くの企業が遺伝子組換え作物の不使用に踏み切り、昨年米国の遺伝子組換え作物産業は大打撃を被ったのである。遺伝子組換え作物の社会的受容の成否は、将来的な食糧の確保という基本的な問題以外に、今後のバイオテクノロジーとその産業の発展にも大きな影響を与えることは間違いない。各関連学会、メディア、あるいは啓発活動を通して遺伝子組換え作物の内容を消費者に広く周知するとともに、詳細な安全性の科学的評価基盤を確立することが望まれる。

筆者は、遺伝子組換え作物に関する社会的要請度

と緊急度、ならびに消費者の意識について調査を行った。全国18都府県の都市部、農村、漁村および林村の消費者ならびに生産者延べ約7,000人を対象に80回を超える啓発講演や新聞、ラジオ、テレビなどのメディアによる啓発活動を行い、遺伝子組換え作物の社会的受容に必要な要因を収集、分析した。消費者側の意識は、当然ながらそのすべての階層を通じて、健康と環境に対する安全性と実際の効果に集約される。

啓発の効果は歴然としており、多くの消費者が遺伝子組換え作物の必要性や安全性に理解を示すのであるが、受容に関しては依然として躊躇し、ほとんどの消費者が表示を求めていることに注目しなければならない¹²⁾ (右図)。

この背景には、科学技術(バイオテクノロジー)と遺伝子組換え作物の健康と環境に対する根強い不安以外に、わが国の農業と伝統的食文化に対する感性とも深いかわりがあることを理解しなければならないであろう。民族性、地域性や食文化が異なる外国の遺伝子組換え作物を導入し、その安全性と必要性を安易に啓発することだけでは到底理解されるものではない。わが国独自の遺伝子組換え作物とその安全性評価法の確立が不可欠であると判断されるのである。

おわりに

今世紀は、食糧の増産と質の改善を必要としている。バイオテクノロジーを応用して、これまでに除草剤耐性や病害抵抗性作物などが分子育種され、食糧の増産に向けた現実的な対応が始まっている。

●遺伝子組み換え作物の啓発効果

耐塩、耐乾性植物なども作出され、不毛地や未開地利用による食糧増産の可能性も拓けてきている。

今後、遺伝子組換え作物の作成は、顕著に複雑化、多様化することは避けられず、その健康と環境への安全性を集中的に研究し、新たな安全性評価の学術基盤を確立しなければならない。そのためには、植物分子育種学、食糧科学、医学、生態・環境科学、人間科学、社会予防医学、公衆衛生学など多領域からなる学際的な研究が不可欠であり、大学が担う責任は大きい。しかし、現在のところ、主たる食糧関連の学会における研究発表も少なく、諸外国に較べて研究・技術面での遅れが顕著になってきていることは否めない。学術分野を横断的に統合した組織による、遺伝子組換え作物の安全性評価に関する特定研究を推進すべきであろう。

予想される世界的な食糧不足や食源性疾患の増大を考えれば、多様な可能性を秘めた遺伝子組換え作物開発への期待は大きい。安全性を確認し、環境を維持し、かつ消費者への周知を徹底しながら、積極的に食糧の増産と質（機能）の向上に繋がるバイオテクノロジーを発展させることが肝要である。しかし、ことは自然を変える行為である。慎重に、謙虚に取り組み、バイオテクノロジーを根幹とする21世紀の農業とその関連産業に明るい展望を拓くことが望まれる。

参考文献

- 1) Green A. E. and Allison R. F. (1994) Recombinant between viral RNA and transgenic plant transcripts. *Science*, Vol.263, pp.1423-1425.
- 2) Jenczewski E., Prosperi J. M., and Ronfort J. (1999) Evidence for gene flow between wild and cultivated *Medicago sativa* (Leguminosae) based on allozyme markers and quantitative traits. *Am. J. Bot.*, Vol.86, p.677.
- 3) Nordlee J. A., Taylor S. L., Townsend J. A., Thomas L. A., and Bush R. K. (1996) Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *New Eng. J. Med.*, Vol.334, pp.688-692.
- 4) Enserink E. (1999) Preliminary data touch of genetic food fight. *Science*, Vol.283, pp.1094-1095.
- 5) Losey J. E., Rayer L. S., and Cater M. E. (1999) Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, Vol.399, p.214.
- 6) Krieg A. M., Yi A., Matson S., Waldschmidt T. J., Bishop G. A., Teasdale R., Koretzky G. A., and Klinman D. M. (1995) CpG motifs in bacterial DNA trigger direct B-cell activation. *Nature*, Vol.374, pp.546-548.
- 7) Sparwasser T., Miethke T., Lipford G., Borschert K., Hacker H., Heeg K., and Wagner H. (1997) Bacterial DNA causes septic shock. *Nature*, Vol.386, pp.336-337.
- 8) Katsube T., Kurisaka N., Ogawa M., Maruyama N., Ohtsuka R., Utsumi S., and Takaiwa F. (1999) Accumulation of soybean glycinin and its assembly with the glutelins in rice. *Plant Physiol.*, Vol.120, pp.1063-1074.
- 9) Moffat A. S. (1998) Toting up the early harvest of transgenic plants. *Science*, Vol.282, pp.2176-2178.
- 10) Gura T. (1999) New genes boost rice nutrients. *Science*, Vol.285, pp.994-995.
- 11) Kota M., Daniell H., Varma S., Garczynski S. F., Gould F., Moar W. J. (1999) Overexpression of *Bacillus thuringiensis* (Bt) Cry2Aa2 protein in chloroplasts confers resistance to plants against susceptible and Bt-resistant insects. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, Vol.96, pp.1840-1845.
- 12) Momma K., Yoon Y.-H., Shirai N., Hashimoto W., Utsumi S., and Murata K. (2000) Potential problems in safety assessment of genetically modified foods. *Food. Sci. Technol. Res.*, (in press).

村田 幸作（むらた こうさく 1948年生）

京都大学食糧科学研究所教授、日本農芸化学会理事、日本生物工学会編集委員

専門：応用微生物学、食糧安全利用学