Is China ready for GM rice?

中国は遺伝子組み換えイネへの準備ができているか

Nature Vol 455 (850-852) / 16 October 2008

ニカメイチュウはイネの収量を低下させる。

人口増大に伴う食糧危機を回避するための取り組みの中で、中国は主要農作物「イネ」の遺伝子組み換えを偏重している。Jane Qiu がこの前例のない構想の根拠を探る。

WANG FENG

中国福建省の省都、福州の南 30 キロメートルの水田で、王鋒 (Wang Feng) は「緑色と黄色の巨大なチェス盤」を前に調査を行っていた。福建省農業科学院でイネの研究を行っている王らは、耐虫性をもつ遺伝子組み換え (GM) イネを開発し、10 年間にわたってこの水田で試験を行っている。王らが開発したイネは、2 系統が商業生産に向けた農業省の承認を待っている。これは史上最大の GM 作物実用化例かもしれない。コメは中国人民 13 億人の大半にとって主食であり、世界の人口の過半数にとって主たるカロリー源となっているからだ。

中国の人口は 2020 年には 14.5 億人に達すると予想されており、穀物生産量を今より約 25% 増やす必要がある。しかし、都市化、工業化、農地の縮小、農村から都市への人口流出が進行する中で、これは困難な課題である。中国政府はその解決策を遺伝子組み換え植物に求め、今後 12 年間にわたる大規模な GM 作物研究開発構想を打ち出している。そこには中央政府から 250 億元 (約 3500 億円; 1 元 = 14 円で換算、以下同様) という巨額の資金が拠出さ

れ、地方政府も相応の資金を負担することになる。

視野を広げよ

米国などの他国の GM 計画と同様、中国でもこうした動きには批判がつきまとい、それを推進することについて実現性と安全性が懸念されている。研究者たちは、耐虫性向上のための遺伝子組み換えのみを目的にすれば、農業生産量を増大させるという大目標を見失うことになると警告する。中国は、2 億トンに迫るとされる世界最大のコメ生産量を誇っており、GM イネの導入については、食糧供給と環境に危害を及ぼすおそれを懸念する声もある。南京環境科学研究所で生物多様性を研究する主任研究員、薛達元 (Xue Dayuan) は、「GM イネの大規模栽培は、適切に規制しなければ、想像もできない結末を招くでしょう」と語る。しかし、政策がほとんどオープンに議論されることのないこの国にあって、食糧不足は差し迫った緊急問題であり、これ以上の遅れは許されないと政府高官は警告する。中国農業科学院 (CAAS; 北京) の生物技術研究所の

前所長、黄大舫 (Huang Dafan) は、「GM イネが増大する中国の食糧需要を満たす、唯一の方法なのです」と話す。

王は、自分たちの耐虫性 GM イネがその推進役を務めることを楽観視している。4 月、王らは、細菌 *Bacillus thuringiensis* の遺伝子 (Bt 遺伝子)、およびササゲのトリプシン阻害剤 (CpTI) 遺伝子で作る殺虫毒を生成するように遺伝子組み換えを行ったイネを、通常のイネと交互に基盤の目状となるよう植え付けた。殺虫剤を使用しなかった場合、Bt/CpTI イネは旺盛に生育したが、通常のイネはまともに生育せず、田んぼに「市松模様のチェス盤」ができあがった。王が非組み換えイネの 1 株の先端部を引き抜き、その葉を開いて茎を割ると、殺虫剤の主標的であるニカメイチュウが現われた。

王によれば、この害虫は水田 330 万ヘクタールに害を及ぼし、年間で、5% の収量減、100 億元 (約 1400 億円) の損失をもたらす可能性があるという。中国科学院 (CAS) の遺伝および发育生物学研究所 (北京) の遺伝学者、朱禎 (Zhu Zhen) (Bt および CpTI

遺伝子をもつこのイネ系統の開発者)によれば、こうした抵抗性を自然に獲得した系統はないという。10年間かけて12か所の圃場で行った試験により、研究チームは、GMイネ系統を用いれば殺虫剤使用量の削減が可能だと確信している¹。

虫害

しかし、ミネソタ大学(米国セントポール)の昆虫学者、David Andowは、これに異を唱えている。過去数十年で、ニカメイチュウはトビイロウンカ(*Nilaparvata lugens*)という別の害虫に取って代わられた。トビイロウンカは毎春猛威をふるい、アジアの農民にとって最大の心配事となった。この害虫にはBt毒素もCpTI毒素も効果がない。

また、GM的方法是複雑な生態系の前ではうまくいかないのだと考える向きも多い。国際イネ研究所(フィリピン、ロスバニョス)の昆虫学者、Kong Luen Heongは、耐虫性GM作物を、「単作および広域殺虫剤の過剰使用による長期的な問題への短期的な対策」とよぶ。Heongは「害虫は、生物多様性の危機があるところにはびこるのです。遺伝子組み換えはやめて、生物多

様性の増進によって生態を作り変えようではありませんか」と語る。

実際、こうした生態工学的方法には有益性が確認されている。雲南農業大学(昆明)の学長、朱有勇(Zhu Youyong)らは、中国国内の何千もの農地でさまざまな品種のイネを混合して栽培すると、いもち病(イネの真菌病の一種)の発生が著しく減少して収量が増大する可能性があることを発見した²。朱らは別の作物でも同様の試験を行い、やはり効果があることを見だしている。

薛によれば、GM作物は基本的にこうした生態学的方法と矛盾するものではないが、小規模栽培を基本とする中国の農業システムでは、GM作物に必要な管理は明らかに実施が困難であるという。現在中国で生産されている最大のGM作物であるBtワタは、オオタバコガ(*Helicoverpa armigera*)の制圧に成功しているが、カメムシなど、別の害虫の個体数が2001年以降増加しており、そのために殺虫剤の使用量が増加していることが報告されている^{3,4}。ただし、このワタが導入された1997年より前と比べれば、その使用量はまだまだ少ないものである。

安全性の懸念

イネが中国の食卓で果たす中心的役割ゆえに巻き起こされている議論もある。そのうちの1つは、遺伝子組み換え植物の単離に用いられる抗生物質耐性マーカー遺伝子が、もともと腸内に生息している細菌にいやおうなく取り込まれ、耐性をもつ病原性細菌が生まれるのではないかというものだった。ただし、朱禎のBt/CpTIイネ2系統、および別の場所で開発されたBt系統には、そのようなマーカーが含まれていない。

GM植物にアレルギー性がないことを示す必要もある。ヒト以外の動物で毒性を評価する組成試験研究により、開発者は、目的遺伝子を発現する以外はGMイネ品種が非組み換えイネと「事実上同等」だと主張することは可能だ。しかし、10億の人民が毎日3食口にする食糧の同等性を評価するのに、短期間の動物試験では不十分である。清華大学(北京)で科学と社会学を専門とする劉兵(Liu Bing)は、「もし、こうしたGMイネに健康リスクがあれば、たいへんな惨事につながりかねないでしょう」と警告する。

また別の問題は、導入した遺伝子が他家受粉によってGMイネから非組み

植物界のパンダ

1960年代後半、一見普通の野生植物が、黔陽(湖南省)の農業大学の若き研究者の目を引きつけた。それは、栽培種に近縁で、花粉を作らない原始的なイネだった。これこそ、この彼が長年探してきた種であり、ヘテロシス(雑種強勢; 2品種間の雑種第一代が生育、収量ともに良好となること)により高収量のハイブリッドイネを作る道が開かれる可能性があった。彼は有頂天になった。

現在では中国のハイブリッドイネの父とされるこ

の研究者「袁隆平(Yuan Lougping)」は、それ以降何百というハイブリッド品種の育成の先頭に立ち、なかには近交系品種の20%増しという収量をもつものも作られた。イネの野生種は適応性が高いため、これまで多様な遺伝子プールが利用されるとともに、耐乾性や耐病性、耐虫性などの有利な形質が同定されてきた。

「イネの野生種は稲作の改良に極めて有用です」と南京環境科学研究所の主任研究員(生物多様性)、薛達元は語る。

しかし、中国政府が1992年にイネ野生種を絶滅危惧種のカテゴリーIIに指定したにもかかわらず、都市化と工業化の進行でイネ野生種の自生地は30年前の10分の1に縮小してしまった、と華南農業大学(広東省広州)の前学長、盧永根(Lu Younggen)は話す。

現在では、野生イネの保護には広東省と広西省にわずかに2か所の保護圃場が残されるのみとなり、中国全土から送られてきた種がそこで栽培されている。しかし、管理された「静

的な」条件での栽培は、進化の停滞をもたらすのだと盧はいう。そのため、まだ野生種の残る一部の省で自然の保護区を確保することが重要となる。「そうすることで初めて、野生種は自然界で旺盛に生育して強いものとなり、遺伝子の多様性が増大するのです」という。中国で親しみをこめて「植物界のパンダ」とよばれるイネの野生種が、「ただちに行動に移さなければ、絶滅してしまいます」と、盧は警告する。

J.Q.

換えイネに移るという、環境学的帰結の可能性である。世界ではこうした事例がいくつかあり、イネやトウモロコシの非承認 GM 作物が、人間の消費食糧に混入した例もある。例えば、2006 年、米国産のコメの中に非承認系統が発見されたとき、欧州連合は米国からのコメの輸入を停止した。その後取引は再開されたが、汚染の原因と考えられる偶発的な他家受粉の問題は、いまだに解決されていない。こうした事態を完全に回避するのは不可能というのが、現在の共通の見方のようなのだ⁵。

復旦大学（上海）で生物多様性を研究する盧宝榮（Lu Baorong）は、GM イネから野生種や雑草イネに遺伝子が移行することに懸念を抱いている。野生種のイネは栽培化されていない系統であり、種子の散乱と休眠が特徴の雑草イネは、作物のイネが変異して生じたものと考えられている。盧の研究チームおよび別の研究グループは、GM 系統から野生種および雑草イネへの遺伝子の流出が、それぞれ 3 ~ 18%、0.01 ~ 0.5% で生じていることを明らかにしている^{6,7}。

「最も懸念されるのは、こうした遺伝子の流れが蓄積することです」と盧はいう。イネはシーズンの最後に収穫されるが、導入遺伝子をもつ野生種や雑草イネの再生産は続き、遺伝子が広がって選択を受けることになる。

これは野生種の生物多様性を脅かすことになる。野生種はイネの育種にとって貴重な遺伝子プールとなっているが（コラム「植物界のパンダ」を参照）、中国では既に絶滅の危機に瀕しているのだ。また、耐虫性その他の適応遺伝子をもつ雑草イネは、水田での生育能力が高く、収量減の原因となる。しかし、

GM イネの大規模な栽培により、必ずこうしたことが引き起こされるわけではないと盧は語る。「適切な規制が重要なのです」。

規制の混乱

しかし、まさに多くの問題が山積しているところにこそ、規制が必要なのだと薛は話す。「圃場試験と現実とはまったく別のものです」。中国では 1996 年から GM 作物の生物安全性規制が敷かれているが、その実施が不均等であることは明白であり、これは *Nature* が接触した人のほとんどが認識している事実だ。新疆など一部の地域では、承認のはるか以前に *Bt* ワタの大規模栽培が始まったと薛は話す。*Bt* ワタ系統が適切な表示をせずに栽培された例もあり、その一部は研究所から流出した試験系統だった。

他家受粉と表示漏れは、中国のコメおよび関連製品の輸出にとって大打撃となりかねない。また、GM 作物の適切な規制は、抵抗性害虫の出現を遅らせるためにも重要だ。中国では、ワタやイネなど、多くの作物が単作で栽培されており、毒素に抵抗性をもつ害虫が選択される可能性がある。それを防ぐ方法の 1 つは、高レベルの毒素を生産する種子を使用することであり、また別の方法としては、GM 作物の近くに非組み換え作物用の圃場を確保し、そこを害虫の「避難場所」として利用することが挙げられる。

この「高レベル / 避難場所」方式は GM 作物を栽培する国々で広く採用されているが、中国での実施は容易でない。中国では、農家の多くが種子を交換し

たり、違法な業者から安く購入したりして、低レベルの *Bt* 毒素をもつワタが栽培されてしまっているのだ。また、中国の農業が小さな個別農家による小規模栽培を基本としているため、*Bt* ワタは避難場所なしで栽培されている。

幸いオオタバコガは、コムギやトウモロコシ、ダイズ、ラッカセイ、野菜類などの作物も食べ、それらが *Bt* ワタの圃場に隣接して栽培されていることから抵抗性の「安全弁」となっている^{8,9}。しかし、「ニカメイチュウはイネしか食べないため、同じことは *Bt/CpTI* イネでは期待できません」と Heong は語る。「このため、避難場所の確保がどうしても必要なのです」。

閉ざされた扉の後ろに

生物安全性評価プロセスは農業省が単独で推進しており、農民、生命倫理論者、環境団体など、利害関係者の多くが参画していないことは憂慮すべき問題である。中国では GM イネが食糧生産問題の特効薬として歓迎され、異論がほとんど聞かれない。コーネル大学（米国ニューヨーク州イサカ）の経済学者 David Just は、「プロセス全体が不透明なのです。中国は躍起になって、問題に蓋をしようとしているのです」と話す。懸念を表明する専門家は傍流に置かれることが多い。薛がその一例で、GM 作物を評価する生物安全性委員会からたびたび除外されている。

こうした懸念がある一方で、中国はやはり、増大する人口に食糧を供給する方法を見いださなければならない。

農地のこれ以上の減少を食い止めるための計画も進められているが、穀物生産量の底上げは依然として食糧安全保障の要となっている。しかし、単純に遺伝子組み換えに注力することを誤りととらえる見方は多い。ミレニアム研究所（米国バージニア州アーリントン）の所長であり、「開発のための農業科学技術国際評価」（IAASTD）の共同議長でもある Hans Herren は、「遺伝子組み換え技術で対処できるのは症状であって、原因ではありません」と語る。IAASTD が 4 月に発表した報告書によれば、世界の農業開発が直面する主要な課題は、地力（ちりょく）、水管理、それに気候変動だという¹⁰。ピサ大学（イタリア）の土壌微生物学者、Manuela Giovannetti は「殺虫剤、除草剤、化学肥料を何十年にもわたって多用してきた結果、土壌から生命が消滅してしまいました」と話す。Herren も「地力を回復させるための

集中的な取り組みを世界全体で行わなければ、遺伝子組み換えは役に立たないでしょう」と同調する。

薛は遺伝子組み換えの潜在能力を認めてはいるが、中国の新構想のようにこの技術に莫大な投資をすることが、通常の植物育種技術や従来型農法の改良に対する注目度の低下に拍車をかけるのではないかと懸念している。しかし、農業の最先端で中国の競争力を維持するうえで、GM 戦略は大きな目玉となっている。国際アグリバイオ技術事業団（ISAAA）の報告書では、バイオテクノロジーで作られたイネが中国にもたらす利益は、年間 40 億ドル（約 3700 億円）と推計されている¹¹。

「その背景にあるのは、生殖細胞と知的財産権を誰が握っているのかということかもしれません」と Andow は語る。商業用 GM イネが中国、および中国以外の世界全体に及ぼしうる効果の大きさを考えれば、警戒が必要であろう。し

かし、中国国内の関係者の多くは、今こそ行動する時だといっている。黄はそっけなく、「あまり先のことを考える余裕はありません。今の問題を解決しなければならぬのですから」といった。■

Jane Qiu が北京から *Nature* に寄稿。

1. Huang, J., Hu, R., Rozelle, S. & Pray, C. *Science* **308**, 688-690 (2005).
2. Zhu, Y. et al. *Nature* **406**, 718-722 (2000).
3. Wang, S., Just, D. & Pinstrip-Andersen, P. *Int. J. Biotechnol.* **10**, 113-120 (2008).
4. Wang, Z. et al. *Agric. Sci. China* (in the press).
5. Ledford, H. *Nature* **445**, 132-133 (2007).
6. Wang, F. et al. *Plant Biotechnol. J.* **4**, 667-676 (2006).
7. Shivrain, V. K. et al. *Crop Protection* **26**, 349-356 (2007).
8. Wu, K.-M., Lu, Y.-H., Feng, H.-Q., Jiang, Y.-Y. & Zhao, J.-Z. *Science* **321**, 1676-1678 (2008).
9. Qiu, J. *Nature* doi:10.1038/news.2008.1118 (2008).
10. Beintema, N. et al. *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development: Global Summary for Decision Makers* (IAASTD, 2008); available at <http://www.agassessment.org/index.cfm?Page=IAASTD%20Reports&ItemID=2713>
11. James, C. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007 ISAAA Brief No. 37* (ISAAA, 2007); available at <http://www.isaaa.org/Resources/Publications/briefs/37/executivesummary/default.html>