

## 概要

### 遺伝子組換え（GM）の商業栽培に関する年次報告：2016年

国際アグリバイオ事業団（ISAAA）概要：2016は、これまで世界の遺伝子組換え（GM）作物の動向について20巻に及ぶISAAAの創設者兼名誉会長 Clive James 氏が執筆してきた年次報告書（1996年～2015年）に続く最新版である

#### はじめに

国際アグリバイオ事業団（ISAAA）は、遺伝子組換え（GM）作物商業化の世界的状況の年次報告をISAAA概要書と題して発刊してきた。概要書52はこのシリーズの21番目になるものでこの分野の最新情報と2016年における遺伝子組換え作物の導入と流通に関する世界的データベース、1996年（商業化の初年度）以降の累積データ、各国の状況、遺伝子組換え作物承認状況、遺伝子組換え作物栽培国と世界における技術の将来展望について述べている。ISAAA概要書は、内容の信頼性と正確さのために、現代の農業バイオテクノロジーの分野で最も多く引用されている参考文献の1つである。1996年に遺伝子組換え作物が導入されて以来、ISAAAが、この分野での卓越した情報源となっている。

2016年は、遺伝子組換え作物の導入初年度以来の記念すべき年であった。それは、ノーベル賞受賞者のグループが、遺伝子組換え技術とゴールドライスに対する反対運動に対してこれらを非難する声明を出したからである。また、国連食糧農業機関、国際食品政策研究機関、G20諸国および同じ考えをもつ他の団体は、持続可能な農業のための2030年のアジェンダに従い15年以内に飢餓と栄養失調を撲滅することを目標と定めた。さらに重要なことに、全米科学・工学・医学アカデミーが1996年以來の遺伝子組換え作物に関する900件の研究のレビューを発表し、遺伝子組換え作物および従来型作物は、人間の健康および環境に対するリスクに差がないとした。遺伝子組換え作物は、20年以上にわたって安全な使用と消費について何ら問題がないとの記録を残してきている。未来の世代の人々は、高収量および栄養の強化された形質をもち、食物

としておよび環境に対して安全であることが確認された遺伝子組換え作物の多様な品種の中から選択して、より多くの利益を得ることができるようになる。

#### 遺伝子組換え作物導入に関する 2016 年のハイライト：

・遺伝子組換え作物は昨年低下した導入率を回復し、**2016 年に世界で 1 億 8,510 万ヘクタール栽培された**

遺伝子組換え作物商業栽培 20 年の節目の後の最初の年である 2016 年には栽培国 26 カ国の遺伝子組換え作物栽培面積総計は 1 億 8,510 万ヘクタールとなり、2015 年と比較して 540 万ヘクタールの増加、あるいは 1 億 7,970 ヘクタールから 3%の増加となった。遺伝子組換え作物の栽培面積は 2015 年を除き毎年増加し、特に 20 年の歴史の中で、12 年は 2 桁の成長率を記録した。

・遺伝子組換え作物は、**2016 年に消費者により多様な選択肢を提供**

遺伝子組換え作物は、トウモロコシ、ダイズ、ワタ、キャノーラの 4 大作物以外でも世界の消費者に幅広い選択肢を提供している。これらの遺伝子組換え作物には、すでに市場に出ているテンサイ、パパイヤ、スカッシュ、ナス、ジャガイモがある。さらに 2017 年にはリンゴが上市される。ジャガイモは、世界で 4 番目に重要な主食作物であり、ナスはアジアで最も大量に消費される野菜である。傷つきにくく、褐変しないリンゴやジャガイモは、廃棄食品の削減に貢献する。さらに、国公立研究機関では、イネ、バナナ、ジャガイモ、コムギ、ヒヨコマメ、キマメ、マスタード、サトウキビなどの作物が研究の進んだ段階にある。特に途上国の消費者にさらに多様な選択肢を提供できることが期待される。

・農家および消費者に利益をもたらす新しい遺伝子組換え作物と形質が引き続き開発されている

農業者や消費者のニーズに応えるために、新しい遺伝子組換え作物および形質の圃場試験が進行中であることは注目に値する。とりわけ、フィリピンおよびバングラデシュではベーターカロチン強化ゴールデンライスが試験栽培され、ウガンダではバナナ・トップウイルス耐性、フザリウム立枯病耐性遺伝子組換えバナナ、オーストラリアでは耐病性、耐乾性、油脂含量および穀物成分の変更されたコムギが圃場試験中、高収量でバイオマスを増加させたコムギが

英国で、疫病耐性ジャガイモがウガンダの **Desiree** および **Victoria** で、疫病耐性、および線虫抵抗のジャガイモ品種 **Maris Piper**（傷みにくく、アクリルアミドが少ない）が EU で、インドでは主要野菜および油糧作物、すなわち害虫抵抗性ヒヨコマメ、キマメ、マスタードが試験され、またインドとインドネシアでは早魃耐性サトウキビが、そして EU ではオメガ 3 脂肪酸に富んだツバキが試験されている。

遺伝子組換え作物は、これまでに世界で最も速やかに導入が進んだ作物技術で、**1996 年から約 110 倍に増加し、延べ栽培面積は 21 億ヘクタールに達した**

遺伝子組換え作物の世界的な栽培面積は、1996 年の 170 万ヘクタールから 2016 年には 1 億 8,510 万ヘクタールに増加し、110 倍となった。これにより、遺伝子組換え作物は近年最も速やかに導入が進んだ作物技術と見なされている。遺伝子組換え作物ののべ栽培面積は、21 年間（1996～2016 年）で 21 億ヘクタールに達している。

**・26 カ国（開発途上国 19 カ国、先進国 7 カ国）が遺伝子組換え作物を栽培**

遺伝子組換え作物は 26 カ国（発展途上国 19 カ国、先進国 7 カ国）で栽培され、その総面積は 1 億 8,510 万ヘクタールである。世界の遺伝子組換え作物栽培面積（1 億 8,510 万ヘクタール）の 54%を開発途上国が、46%を先進国が占めている。

**・遺伝子組換えダイズの栽培面積は、世界の遺伝子組換え作物作付面積の 50%に達した**

主要遺伝子組換え作物、4 作物、すなわちダイズ、トウモロコシ、ワタ、およびキャノーラは、26 か国で栽培され、この順で栽培面積が大きかった。遺伝子組換えダイズは 9,140 万ヘクタールで最も大きく、全遺伝子組換え作物栽培面積 1 億 8,510 万ヘクタールの 50%を占めた。ダイズ栽培面積は 2015 年（9,270 万ヘクタール）からわずかに減少したが、依然として大きな面積である。個々の作物の栽培面積を見ると、世界全体では、2016 年にダイズの 78%、ワタの 64%、トウモロコシの 26%およびキャノーラの 24%が遺伝子組換えであった。

・スタック（多重形質）品種の作付面積は、世界では**41%**を占め、除草剤耐性の作付が**47%**を占めた

除草剤耐性はダイズ、キャノーラ、トウモロコシ、アルファルファ、およびワタに導入され、これまで最も広く適用されてきた形質であるが世界の遺伝子組換え作物栽培面積の**47%**をしめている。スタック（多重形質）品種（害虫抵抗性、除草剤耐性および他の形質を組み合わせたもの）の増加とともに、除草剤耐性のみを有する品種の減少傾向が認められた。除草剤耐性品種の栽培面積は、**2016**年には**8,650**万ヘクタールで、遺伝子組換え作物の全栽培面積**1億8510**万ヘクタールの**47%**を占めている。一方、スタック（多重形質）品種の栽培面積は、**2015**年の**5,840**万ヘクタールから**2016**年に**7,540**万ヘクタールとなり、**29%**の増加をみた。スタック（多重形質）品種は**41%**を占めた。

・遺伝子組換え作物作付上位**5**カ国で全体の**91%**を占める。これらの内訳は途上国**3**カ国（ブラジル、アルゼンチン、インド）と先進国（米国とカナダ）**2**カ国である

**2016**年の遺伝子組換え作物栽培面積は、大きい順に、米国（**7,290**万ヘクタール）、ブラジル（**4,910**万ヘクタール）、アルゼンチン（**2,380**万ヘクタール）、カナダ（**1,160**万ヘクタール）、インド（**1,080**万ヘクタール）（表1、図1）の順であり、これらの国で世界総栽培面積**1億6,820**万ヘクタールの**91%**を占めた。

米国は**1996**年以来、遺伝子組換え作物商業栽培の世界的リーダーであり続けている。**2016**年には**7,290**万ヘクタールで遺伝子組換え作物が栽培された。内訳はトウモロコシ（**3,505**万ヘクタール）、ダイズ（**3,184**万ヘクタール）、ワタ（**370**万ヘクタール）で、やや小規模のものとしてアルファルファ（**123**万ヘクタール）、キャノーラ（**62**万ヘクタール）、テンサイ（**47**万ヘクタール）、ウイルス耐性パイヤとスカッシュ（それぞれ**1,000**ヘクタール）、非褐変 Innate™ ジャガイモ（**2,500**ヘクタール）であった。米国農務省（USDA）の推計によれば、米国における遺伝子組換え作物の導入率は、ダイズ**94%**（**2015**年と同じ）、トウモロコシ**92%**（**2015**年と同じ）、ワタ**93%**（**2015**年より**1%**減少）（USDA, NASS, 2016）であった。米国における**2016**年の遺伝子組換え作物の総栽培面積は、世界全体の遺伝子組換え作物栽培面積の**39%**であり、**2015**年の栽培面積**7,090**万ヘクタールから**3%**増加した。**2016**年に米国の遺伝子組換え作物栽培面積が**2015**年の減少傾向から直ちに反転し

たことから、トウモロコシやワタの商品価格の低迷に起因する 2015 年の減少は一時的なものにすぎなかったことが示された。世界的な価格の改善と 2016 年の家畜飼料、食品加工、バイオ燃料の需要国との積極的な貿易により、前年から 3%増加した米国の遺伝子組換え作物の導入傾向は、その軌道がもとにもどったと言える。

ブラジルは米国に次ぐ世界第 2 位の地位を維持し、4,910 万ヘクタールの遺伝子組換え作物が栽培され、世界の総面積 1 億 8,510 万ヘクタールの 27%を占めた。ブラジルの遺伝子組換え作物総栽培面積は 4,914 万ヘクタールで、2015 年 (4,420 万ヘクタール) から 4%、490 万ヘクタールの増加であった。この 490 万ヘクタールの増加は、2016 年における世界中で最も著しい増加であり、ブラジルは世界の遺伝子組換え作物の成長の原動力になっている。ブラジルで栽培された遺伝子組換え作物は以下の通りである。：遺伝子組換えダイズ (3,270 万ヘクタール)、遺伝子組換えトウモロコシ (夏と冬の二期、合計で 1,570 万ヘクタール)、遺伝子組換えワタは (約 80 万ヘクタール) であった。ブラジルのこれらの 3 作物の総栽培面積は 5,260 万ヘクタールと推定され、そのうち 4,914 万ヘクタール (93.4%) が遺伝子組換え作物であった。この 93.4%の導入率は、2015 年 (90.7%) に比べて 2.7%増加している。米国と同様、3 大遺伝子組換え作物の導入率は平均 93.4%とほぼ天井に達した感がある。IR / HT ダイズ Intacta™ は、農薬削減と不耕起栽培が可能になることにより土地利用効率が上がるため、農業者の間で人気があった。同国の養豚業者に対し、トウモロコシの継続的な安定供給を実現する必要があるので、2017 年には農業者はトウモロコシの栽培を拡大すると考えられる。

アルゼンチンは、2016 年には世界全体の遺伝子組換え栽培総面積の 13%を占め、米国とブラジルにつぎ、世界で第 3 位の遺伝子組換え作物生産国としてランクされた。この国は、2,382 万ヘクタール (2015 年の 2449 万ヘクタールよりも 66 万ヘクタール少ない) で主要農作物の栽培を行った。同国の遺伝子組換え作物の内訳は、遺伝子組換えダイズ (1,870 万ヘクタール)、遺伝子組換えトウモロコシ (通年で 474 万ヘクタール) と、減少傾向を示しているワタ (38 万ヘクタール) である。国内では遺伝子組換え作物の栽培面積にわずかな減少が見られたが、主にダイズに起因し、また、ワタの価格が世界的に低迷し、遺伝子組換えワタの作付けがわずかに減少したためであった。悪天候はコムギ栽培には影響しなかったが、後作のダイズ栽培に影響を与えた。一方、トウモロコシ栽培の増加は、主に好天によるものであった。アルゼンチンにおけ

る遺伝子組換え作物導入率は97%で、ほぼ天井に達しているが、新しい作物種および新形質品種に後押しされて、栽培面積の拡大を達成することができた。

カナダにおける遺伝子組換え作物の栽培面積は1,155万ヘクタールで、世界第4位に位置し、2015年の1,095万ヘクタールから5%増加し、平均導入率は93%と2015年と同様の水準を維持した。内訳はキャノーラ（753万ヘクタール）、ダイズ（208万ヘクタール）、トウモロコシ（149万ヘクタール）、テンサイ（8,000ヘクタール、導入率100%）、低リグニンアルファルファ（809万ヘクタール）であった。これらの作物の栽培総面積は、2015年の1,174万ヘクタールから5%増加し、1,238万ヘクタールになった。キャノーラ、ダイズ、トウモロコシの総栽培面積の増加に伴い、遺伝子組換え作物の栽培も増加したということである。Canola Council of Canadaは、2025年までに収量改善技術により26MMTキャノーラを生産する戦略的計画を積極的に推進している。ダイズ面積の増加は、収益性と高い油糧種子価格のためであった。トウモロコシについては、ガソリン価格の低下により、ガソリンとエタノールの消費が伸び、これがトウモロコシ栽培のインセンティブとなった

インドの10州では、ワタの栽培総面積が減少した（8%）ことにより、遺伝子組換えワタ栽培もわずかに減少（7%）した。しかしながら、遺伝子組換えワタの導入率は95%から96%に増加し、720万人の農民が遺伝子組換えワタから恩恵を受け、この技術を受け入れていることを示していた。遺伝子組換え作物の隔離圃場試験のモニタリングに関する新ガイドラインにより、同国の環境安全に関する規制が整えられた。遺伝子組換えマスタードについては、2017年には野外栽培に関する一般市民のコメントを含む最終的なレビューが進行中である。20年前からマスタードの生産と収量は停滞しており、将来的には、マスタード栽培を復活させ、キャノーラに対し競争力を持たせる予定である。害虫抵抗性のヒヨコマメとキマメは、2016年に政府の規制当局によって野外試験が承認された。インドは、世界の綿花市場の低迷にもかかわらず、綿花生産が3500万バレルを超える世界第1位の綿花生産国である。

・ラテンアメリカの10カ国は、8000万ヘクタールの農地で遺伝子組換え作物を栽培した

ラテンアメリカでは、チリーとコスタリカで遺伝子組換え作物を継続的に（種子）輸出向けに栽培しているが、その他の国では食品、飼料および加工食品として利用するために遺伝子組換え作物を栽培している。ブラジルでは、遺伝子

組換え作物の栽培は 2016 年に 490 万ヘクタールの、あるいは 11%の増加となり、全世界の遺伝子組換え作物栽培面積の 27%を占めた。Intacta™は農薬削減と不耕起栽培を可能とするということで農業者に人気が高かった。3大遺伝子組換え作物の導入率は、ブラジルとアルゼンチンで平均 93.4%と状況から判断してほぼ妥当なレベルであった。ダイズの栽培は、アルゼンチンとボリビアでは遺伝子組換え、非遺伝子組換えにかかわらず、深刻な旱魃の影響を受けたが、パラグアイでは、養豚業の発展と餌の需要拡大に対応するためトウモロコシ栽培が伸び、ダイズの栽培が圧迫され、わずかに減少した。メキシコでは遺伝子組換え作物に対する反対運動の影響でダイズの栽培面積が減少した。ウルグアイでは生産物価格の低迷、生産コストの高騰、およびアルゼンチン政府による穀物・ダイズ推進政策の進展により、遺伝子組換えダイズおよびトウモロコシの栽培が減少した。綿花価格の下落はアルゼンチン、メキシコ、コロンビアに綿花栽培に悪影響を及ぼした。

ブラジルの養豚及びその他の畜産業が拡大する可能性があり、2017年の農業者のトウモロコシ栽培を後押しすることになる。ブラジル経済に影響を与えると予想される新製品は、遺伝子組換えユウカリとウイルス耐性マメ類である。アルゼンチンでは、現在試験段階にある旱魃耐性ダイズが、旱魃の影響を受けやすい生産を可能とすることになる。また、ウイルス抵抗性ジャガイモの導入は、収量の増加と生産コストの削減に貢献し、農業者にとって利益となる。パラグアイとコロンビアのトウモロコシ栽培の拡大が見られ、結果として、遺伝子組換えトウモロコシの栽培も増加する可能性がある。ブラジルとチリーで豚肉の需要が高い水準にあり、トウモロコシ価格が高水準で推移しておりこの傾向は、今後も何年か続くことが予想される。過去2年間価格が低迷したトウモロコシと同様に、世界的な綿花価格の低迷を受けている国は、価格が安定するとすぐに栽培面積が回復する可能性がある。旱魃/ストレスに耐えることができる新しい遺伝子組換え作物や新形質品種は、過去数年間の作柄不良から回復するために農業者から歓迎されている。

**・アジア太平洋地域 8 カ国の遺伝子組換え作物栽培面積は、1,860 万ヘクタールに達した**

アジア太平洋地域の遺伝子組換え作物栽培 8 カ国で栽培された遺伝子組換え作物の内訳は、繊維用途のワタ、飼料用途のトウモロコシとキャノーラ、食品用途のトウモロコシ及びナスであった。これらの遺伝子組換え作物の栽培状況は、2016年に大きく変化した。インドと中国の遺伝子組換えワタ栽培は、世

世界的な綿花価格の低迷の影響を強く受けて縮小した一方、パキスタンとミャンマーは遺伝子組換えワタ栽培面積を維持した。フィリピンとベトナムで遺伝子組換えトウモロコシ栽培面積は、家畜や家禽の飼料需要が高水準で推移し、天候も良好だったため増加した。オーストラリアでは、2年間の旱魃が終息し、気象条件が回復したために、遺伝子組換えワタとキャノーラの栽培が増加した。さらに、強力な害虫抵抗性と除草剤耐性を有する **BollgardIII /RR®Flex** ワタが、上市され農業者が栽培できるようになった。その結果、バングラデシュは **Bt** ナスを **700** ヘクタールに増やした。**Bt** 遺伝子を含むナス（ブリンジャル種）は今後の商業化のために圃場試験が実施中である。

遺伝子組換えトウモロコシの栽培が可能な土地が存在する国は、中国、ベトナム、パキスタン、フィリピンであり、遺伝子組換えワタの栽培可能地はベトナム、バングラデシュ、フィリピンに存在する。中国では、食品・製造業はジャガイモを第4の主食農産物ととらえ、研究、開発、生産に新たな関心を抱いている。傷つきにくくアクリルアミドと還元糖濃度が低く、疫病耐性のある遺伝子組換えジャガイモおよびベーターカロチンを豊富に含むゴールデンライス は、アジア太平洋地域の栄養不良および飢餓の撲滅に貢献すると考えられる。

・欧州連合（EU）の4カ国は、**13万6,000**ヘクタール以上で遺伝子組換えトウモロコシを栽培している

EU28カ国のうち4カ国では遺伝子組換えトウモロコシ（害虫抵抗性トウモロコシ **Mon810**）の栽培が続けられている。2016年にスペイン（**12万9,081**ヘクタール）、ポルトガル（**7,069**ヘクタール）、スロバキア（**138**ヘクタール）、チェコ（**75**ヘクタール）の合計**13万6,363**ヘクタールで栽培された。2015年の**11万6,870**ヘクタールから2016年には**19,493**ヘクタールに**17%**の増加が達成されたことになる。EUの全遺伝子組換えトウモロコシの**95%**がスペインで栽培された。スペインおよびスロバキアで遺伝子組換えトウモロコシの栽培が増加したのは、ヨーロッパアワノメイガの多発生に対処するため害虫耐性トウモロコシの農業者需要が高まっているためであった。ポルトガルでは、トウモロコシの市場価格が低いことに加えて、旱魃がポルトガルのトウモロコシ生産地域 **Alentejo** に起こったからである。この結果、トウモロコシの総面積が減少し、結果として遺伝子組換えトウモロコシの面積が減少した。しかし、チェコでは、遺伝子組換え作物栽培の継続的な減少が認められるが、これは害虫抵抗性トウモロコシがもたらす利益を得ようとする農業者およびすべての利害関係者に煩雑な事務手続きを要求する害虫抵抗性トウモロコシに対す



る厳しい報告要件によるものであった。この問題はまた、2015年にEU指令が発効した後、他の国と同様にGM作物の栽培を承認したルーマニアに他国同様の影響を与えた。この結果、2016年には、ルーマニアには遺伝子組換えトウモロコシは栽培されなかった。

これらの国では繰り返し発生するアワノメイガの被害に対処するため、様々な害虫抵抗性・除草剤耐性トウモロコシのような新たな作物品種が承認されれば、遺伝子組換え作物の栽培が拡大する可能性がある。加えて、米国で商業化されている早魃耐性トウモロコシおよびWEMAプロジェクトで導入されている早魃耐性・害虫抵抗性形質を有する遺伝子組換えトウモロコシ品種がポルトガルの農業者にとり有益であると考えられる。

#### ・南アフリカ及びスーダンでは遺伝子組換え作物の栽培が増加

2016年までに、少なくとも4カ国、ブルキナファソ、エジプト、南アフリカ、スーダンが遺伝子組換え作物を市場に出していた。しかし、ブルキナファソとエジプトの一時的中断により、南アフリカおよびスーダンの280万ヘクタールで遺伝子組換え作物が栽培された。南アフリカは、2016年に100万ヘクタール以上を栽培する上位10カ国の一つであり、アフリカ大陸での遺伝子組換え作物の導入を引き続きリードしている。遺伝子組換えのトウモロコシ、ダイズおよびワタの栽培面積は、2016年に266万ヘクタールに増加し、2015年の229万ヘクタールから16%増加した。

アフリカ大陸では新たな導入の気運が生まれつつある。ケニア、マラウイ、ナイジェリアの3カ国は研究段階から野外試験の段階に移行した。一方、ブルキナファソ、エチオピア、ガーナ、ナイジェリア、スワジランド、ウガンダの6カ国が、商業栽培承認のため、複数の地点で試験を進め、完了に向けて大きな進捗を遂げた。開発中の作物のうちバナナ、ササゲ、ソルガムの3つは新規であり、食料安全保障に貢献することを主目的とする。タンザニアにおいて、アフリカのための水利効率の高いトウモロコシ開発プロジェクト(WEMA)の下で、早魃耐性トウモロコシの隔離圃場試験を初めて実施したのに対し、モザンビークは害虫耐性および早魃耐性スタック(多重形質)トウモロコシの隔離圃場試験を初めて承認した。

#### 食品、飼料、および加工に使用される遺伝子組換え作物の承認品種の状況

遺伝子組換え作物の小規模栽培は 1994 年に始まっており、1996 年からは大規模な栽培が開始された。1994 年から 2016 年までに、合計 40 カ国（39 + EU-28）が、遺伝子組換え作物を飼料および食品使用ならびに野外栽培に承認を与えている。これらの国々から、26 の遺伝子組換え作物（カーネーション、バラとペチュニアを除く）および 392 の遺伝子組換え形質・品種に関して規制当局から 3,727 件の承認が出されている。これらの承認のうち、1,789 件は食用（直接使用または加工用）、1,177 件は飼料用（直接使用または加工用）、761 件は栽培用（表 2）である。トウモロコシが最大数の承認を得ている（29 カ国 218 件）、次いでワタ（22 カ国 58 件）、ジャガイモ（11 カ国 47 件）、カノーラ（14 カ国 38 件）、ダイズ（28 カ国 35 件）である。

表 2. 遺伝子組換え作物の食用、飼料用及び環境放出の承認数の多い上位 10 カ国\*

順位	国	食糧	飼料	栽培
1	日本	309	85	154**
2	米国***	182	178	173
3	カナダ	135	130	136
4	メキシコ	158	5	15
5	韓国	137	130	0
6	台湾	124	0	0
7	オーストラリア	104	15	48
8	ニュージーランド	96	1	0
9	EU	88	88	10
10	フィリピン	88	87	13
	その他	368	458	212
	計	1,789	1,177	761

\*単独、多重およびピラミッド形質（遺伝子組換え形質を通常の交雑で多重化したもの）品種を含む承認

\*\*承認されているが栽培はされていない

\*\*\* 米国は、それぞれ単独形質品種を承認

除草剤耐性トウモロコシ NK603（26 カ国で 54 の承認+ EU-28 の承認）は依然として最も多くの承認を得ている。続いて除草剤耐性ダイズ GTS 40-3-2（27 カ国で 53 の承認+ EU-28 の承認）、害虫抵抗性トウモロコシ MON810（26 カ国で 52 の承認+ EU-28 の承認）、害虫抵抗性トウモロコシ Bt11（24 ヶ国で

50 の承認+ EU-28 の承認)、害虫抵抗性トウモロコシ TC1507 (24 ヶ国で 50 の承認+ EU-28 の承認)、除草剤耐性トウモロコシ GA21 (23 ヶ国で 49 の承認+ EU-28 の承認)、害虫抵抗性トウモロコシ MON89034 (24 ヶ国で 48 の承認+ EU-28 の承認)、害虫耐性トウモロコシ MON88017 (22 ヶ国で 41 の承認+ EU-28 の承認)、害虫抵抗性ワタ MON531 (24 ヶ国で 41 の承認+ EU-28 の承認)、除草剤耐性ダイズ A2704-12 (23 ヶ国で 42 の承認+ EU-28 の承認) 除草剤耐性トウモロコシ T25 (20 ヶ国で 40 の承認+ EU-28 の承認) および害虫耐性トウモロコシ MIR162 (21 ヶ国で 40 の承認+ EU-28 の承認) がある。

**遺伝子組換え種子市場価値は、世界合計で 2016 年には 158 億ドルであった**

2016 年に、Cropnosis が推定した遺伝子組換え作物の市場価値は世界全体で 158 億米ドル (2015 年の 153 億米ドルから 3%増加) だった。これは 2016 年の全世界の作物保護市場規模 735 億ドルの 22%、全世界の商業種子市場規模 450 億米ドルの 35%を占めている。収穫された商業用「最終農産物」(遺伝子組換え穀物および他の収穫された農産物) から得られる農家収入は、遺伝子組換え種子の市場価値の世界全体での合計値の 10 倍以上であると推定されている。

**遺伝子組換え作物の食糧安全保障、持続可能性、気候変動への貢献**

遺伝子組換え作物は、食糧安全保障、持続可能性、気候変動に対して以下のよう

- 1996 から 2015 年にかけて、農業生産を累計 5 億 7400 万トン増加させ、これは 1,678 億米ドルに相当する。2015 年 1 年で 7,500 万トンの増加で、これは 154 億米ドルに相当した。
- 1996 年から 2015 年、1 億 7400 万ヘクタールの耕地を保全し、生物多様性維持に貢献した。2015 年には 1940 万ヘクタールの耕地を保全した。
- 環境改善への貢献
  - ・1996 年から 2015 年にかけての農薬の有効成分 (a.i.) 6 億 2000 万 kg を削減した。2015 年一年では 3,740 万 kg 削減した。
  - ・1996 年から 2015 年にかけて農薬の使用量 8.1%削減した。2015 年一年で農薬の使用量を 6.1%削減した。
  - ・EIQ (環境影響指数) を 1996 年から 2015 年にかけて 19%、2015 年 1

年で 18.4%削減した。

- ・2015 年の CO2 排出量を 267 億 kg 削減した。1990 万台の車を路上から除いた量に相当する。
- ・世界で最も貧しい人々の一部である 1,800 万人の小規模農業従事者とその家族 6,500 万人を超える人々を支援することにより、貧困を軽減するのに役立った (Brookes and Barfoot、2017、発表準備中)。

このように、遺伝子組換え作物は、世界中の多くの科学アカデミーが望んでいる「持続可能性の強化」戦略に貢献する可能性があり、現在、世界全体で 15 億ヘクタールとされる耕作地での生産性/生産を向上させ、森林や生物多様性を保全することができる。遺伝子組換え作物は様々な貢献が期待できるが、それだけですべての問題を解決できるわけではなく、輪作体系や抵抗性管理などの適正農業生産規範を遵守することは、従来の作物と同じように遺伝子組換え作物にとっても必要不可欠である。

### 遺伝子組換え技術の利用の妨げとなっている規制上の障壁

遺伝子組換え作物は多くの開発途上国で、食料、飼料、および繊維の生産を将来にわたって確実にする上で重要な役割を期待されているが、このような技術に対する煩雑な規制のせいで、その機会を奪われている。遺伝子組換え作物に反対するグループは科学に基づく規制に反対しており、開発途上国の貧しい農業者や欧州での技術利用を否定するに等しい、複雑な規制を要求している。これらの遺伝子組換え技術の安全性を支持する数多くの証拠があるにもかかわらずこれら貧しい農業者を救おうというすべての試みが否定されている。これらの技術を使用することで、小規模の貧困農業者の生活が可能となり、食料生産を倍増させ、2100 年に 110 億人に達する人口への対応に貢献することができるのである。

### 遺伝子組換え作物の将来：戦略の革新

遺伝子組換え作物の商業栽培開始後 20 年以上が経過したが、今後飛躍的な技術革新が新たな遺伝子組換え作物および形質の開発に革命を起こすことが予測されている。第一に、スタック（多重形質）品種の開発と農業者による積極的利用、第二に、農業者の利益ばかりでなく、消費者の嗜好や栄養ニーズに応える遺伝子組換え作物の実現、第三に、遺伝子解析に革新的技術が積極的に使用され、その知見が品種改良に活用されるようになるということである。

第一世代の遺伝子組換え作物は、除草剤耐性、害虫抵抗性およびウイルス抵抗性といった生産者の利益をめざしたものであり、農業者と食品生産者に、1996年から2015年にわたり、総額1,678億米ドルの経済的利益をもたらした。これらの農業生産上の利点により74億人の世界人口に食糧と栄養を提供できたのである。第二世代の遺伝子組換え作物には、第一世代の形質および旱魃体制形質のスタック品種が含まれていて、気候変動に関連する課題の一つを解決するものである。害虫抵抗性・除草剤耐性ダイズ (Intacta™) は、2003年から2015年に24億米ドル、そしてコーンルートワーム抵抗性形質を含むスタック品種 (CWR) のトウモロコシは2013年~2015年に126億米ドルの経済的便益をもたらしている。(Brookes and Barfoot, 2017、発表準備中)

品質改善と成分向上をおこなった新品種は、消費者の嗜好と栄養志向に応える第三世代遺伝子組換え作物である。これらはヒトと家畜の健康志向を目指したもので様々なダイズ品種 (オメガ3脂肪酸、高オレイン酸、低フィチン酸塩、高ステアリン酸)、高機能性デンプンおよび糖分を含有するジャガイモ、低リグニンアルファルファ、既に上市されている非褐変ジャガイモ、2017年に米国で上市予定の非褐変リンゴなどがある。さらにβ-カロチンおよびフェリチンが含まれる主食用の作物がすでに開発の進んだ段階にある。Innate®ジャガイモシリーズは、すでに米国で商業化され2,500ヘクタールの栽培が行われており、非褐変リンゴが、70,000本植えられていることは注目に値する。これらの2種類の遺伝子組換え作物の登場により、農産物の品質劣化による廃棄の削減に貢献する可能性がある。

革新的な分子生物学的方法が徐々に開発されつつあり、新しい遺伝子の発見に活用されている。この技術が活用されて、生産性が高く、しかも栄養価に優れた作物が作出されていくものと考えられる。実際、現在開発中で、今後数年以内に商業化される遺伝子組換え作物は農業者および消費者の利益になる形質をあわせもっているのである。とりわけ、開発中のイネ、バナナ、ジャガイモ、コムギ、ライグラス、インディアンマスタード、ヒヨコマメ、ハトムギ、サトウキビなどのような主食となりうる作物は、害虫抵抗性および耐病性、旱魃およびストレス耐性、栄養成分の改善および収量及びバイオマス増加を可能とする新しい形質を具えている。

支援政策とともに食糧生産を倍増させることができる技術があるということは明るい見通しである。しかし、遺伝子組換え作物の規制が科学とエビデンスに

基づくものであり、合目的的であり、ある程度世界共通でなければ、食糧生産の倍増は実現不可能である。グローバル社会が食糧生産に関連して、機敏な対応が可能で、妥当性をもった規制制度を実現できなければ、悲惨な結果を招くことになる。食料不足のために苦しむ世界が存在し、全人類に安全で十分かつ確実な食糧を供給できる科学技術の力がありながら、新しい遺伝子組換え技術に反対するグループのイデオロギーに染まった声により、この技術が活用できない現実がある。

## 結論

2016年には、遺伝子組換え作物の栽培面積は世界全体で前年の1億7,970万ヘクタールから1億8,510万ヘクタールに増加し、これは差し引き540万ヘクタール、3%の増加に相当した。C.James (2015)氏は2015年に遺伝子組換え作物栽培面積がわずかな減少について、原因は世界的な農産物価格の低迷によるものであり、価格が高水準に戻ると直ちに回復するであろうと主張していた。一方、遺伝子組換え作物に反対するグループは「遺伝子組換え作物は農業者を失敗におとしめる」といった風説を流していたが、彼らの主張が事実と異なることが明らかになった。遺伝子組換え作物栽培面積は、いくつかの要因によって変化する。2016年の栽培面積増加の背景として、米国、ブラジルおよびオーストラリアでの新規遺伝子組換え作物の承認と商業栽培開始、ブラジルにおける養豚および畜産における飼料需要の高まり、ベトナムにおける家畜および家禽飼料需要、フィリピンとホンジュラスにおける好気象条件とトウモロコシの市場価格の改善、スペインとスロバキアでの害虫、コーンボーラー（トウモロコシのシンクイムシ）多発と防除の必要性の高まり、カナダ政府の遺伝子組換え作物を活用し経済を改善しようという戦略的政策、西オーストラリア州での遺伝子組換え作物栽培禁止の解除、バングラデシュにおける消費者の清潔で健康的なブリンジェル種ナスに対する需要の高まりといった事情をあげることができる。一方では、ミャンマー、パキスタンおよび一部の小規模栽培国では遺伝子組換え作物の栽培面積に変化はなかった。

一方、アルゼンチン、ウルグアイ、メキシコといった国々では、世界的な綿花価格の低迷、中国の綿花在庫の増加およびインドの低水準の綿花価格により遺伝子組換えワタの栽培面積が減少した。またパラグアイ、ウルグアイではダイズの収益性の低下とトウモロコシ栽培との競合により、南アフリカ、アルゼンチン、ボリビアでは、環境ストレス（旱魃/水没）により遺伝子組換えダイズの栽培が低下した。中国での遺伝子組換え作物に対する反対気運、チェコ

での煩雑な報告要求、ルーマニアの農業者が 2016 年の遺伝子組換え作物の栽培を中止したなども栽培面積を押し下げた。

まとめると、遺伝子組換え作物は現在、社会に定着しており、今後も農業者や消費者のニーズに合わせて新規遺伝子組換え作物種や新形質品種を実現することで人口の急増に対応するという恩恵をもたらすことが期待される。一方で、21 年間の遺伝子組換え作物商業栽培は成功したが、未解決の課題も以下のように残っている。

・第 1 に、農業者や消費者に利益をもたらす科学技術の革新を妨げ、技術開発を制限する規制上の障壁がある。

第 2 に、遺伝子組換え作物の承認のタイミングがずれることにより、国によっては低レベルの未承認遺伝子組換え作物が許容レベルを越えてしまうことにより引き起こされる貿易の混乱が増大していることである。各国では生物多様性に関するカルタヘナ議定書のルールに従って承認された遺伝子組換え品種のみを輸入することができ、未承認の形質については許容レベルを設定することになる。一部の国では、輸入農産物に未承認の形質、とりわけスタック（多重形質）品種が含まれている場合に、問題を引き起こすことになる厳格で時間のかかる承認プロセスがある。遺伝子組換え作物の承認のタイミングがそろわないことの農業の持続可能性、農産物貿易および技術革新に与えるインパクトを分析した農業科学技術審議会（CAST、2016）の報告書によれば、数十億ドル相当の貿易がリスクにさらされていることが明らかである。承認が同期されていないことおよび低レベル未承認形質の存在（LLP）のグローバルコスト、および、非同期的な承認の農業技術革新、作物改良、および遺伝子組換え作物開発者の意思決定プロセスに対するインパクトを明らかにするためには、公共部門および民間部門、それぞれで詳しい調査が必要である。時宜にかなった研究と、おそらく、貿易に関する国際的な対話は、政策決定プロセスに有用な情報を提供し、よりよい政策の策定につながるようになる。

・第 3 に、遺伝子組み換え技術について、もたらされる便益と安全性を重視しつつ、手際よく理解し、価値を評価するためにはすべての関係者間で継続的な対話が必要である。また、そのためにはソーシャルメディアやその他の媒体を使った革新的なコミュニケーションプロセスが、効果的かつ遅滞なく活用される必要がある。

これらの問題を克服するには、古今東西を問わず、また社会のすべての分野において、公共部門と民間部門の協力的パートナーシップを必要とし、容易でない務めであるといえる。しかし、この問題を解決しなければ、栄養価の高い、十分量の食糧を入手すること、家禽や家畜のための飼料の安定供給を受けること、誰もが衣食住を入手することは確実にならないのである。

ISAAA の創始者であり名誉会長である **Clive James** 博士は、過去 20 年間、ISAAA 概要書が遺伝子組換え作物に関する最も信頼できる情報源としての地位を確立するよう 20 巻の年次報告書に情熱をかたむけて執筆してきた。**James** 博士はノーベル平和賞受賞者で ISAAA の設立後援者であった **Norman Borlaug** 博士と同じ道をたどり遺伝子組換え技術と作物の強力な擁護者であり続けてきた。**Borlaug** 博士は **James** 博士にとって指導助言者であり、同僚でもあったのだ。2016 年度 ISAAA 年次報告書は、これまで同様に世界中に散らばるバイオテクノロジー関連組織とのネットワークを通じて収集された情報を基に遺伝子組換え作物に関する最新の状況を報告するものである。



表 1.2016 年の国別遺伝子組換え栽培面積（百万ヘクタール） \*\*

順位	国名	面積 (百万ヘクタール)	遺伝子組換え作物
1	米国*	72.9	トウモロコシ、ダイズ、ワタ、カノーラ、テンサイ、アルファルファ、パパイヤ、スクワッシュ、ジャガイモ
2	ブラジル*	49.1	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
3	アルゼンチン*	23.8	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
4	カナダ*	11.6	カノーラ、トウモロコシ、ダイズ、テンサイ、アルファルファ
5	インド*	10.8	ワタ
6	パラグアイ*	3.6	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
7	パキスタン*	2.9	ワタ
8	中国*	2.8	ワタ、パパイヤ、ポプラ
9	南アフリカ*	2.7	トウモロコシ、ダイズ、ワタ
10	ウルグアイ*	1.3	ダイズ、トウモロコシ
11	ボリビア*	1.2	ダイズ
12	オーストラリア*	0.9	ワタ、カノーラ
13	フィリピン <sup>s</sup> *	0.8	トウモロコシ
14	ミャンマー	0.3	ワタ
15	スペイン	0.1	トウモロコシ
16	スーダン*	0.1	ワタ
17	メキシコ*	0.1	ワタ、ダイズ
18	コロンビア*	0.1	ワタ、トウモロコシ
19	ベトナム	<0.1	トウモロコシ
20	ホンジュラス	<0.1	トウモロコシ、
21	チリー	<0.1	トウモロコシ、ダイズ、カノーラ
22	ポルトガル	<0.1	トウモロコシ
23	バングラデシュ*	<0.1	ナス
24	コスタリカ	<0.1	ワタ、ダイズ、パイナップル
25	スロヴェニア	<0.1	トウモロコシ
26	チェコ	<0.1	トウモロコシ

	計	185.1	
--	---	-------	--

\*50,000 ヘクタールまたはそれ以上の遺伝子組換え作物を栽培している 18 メガ栽培国

\*\*10 万単位に丸めた数字で表してある。

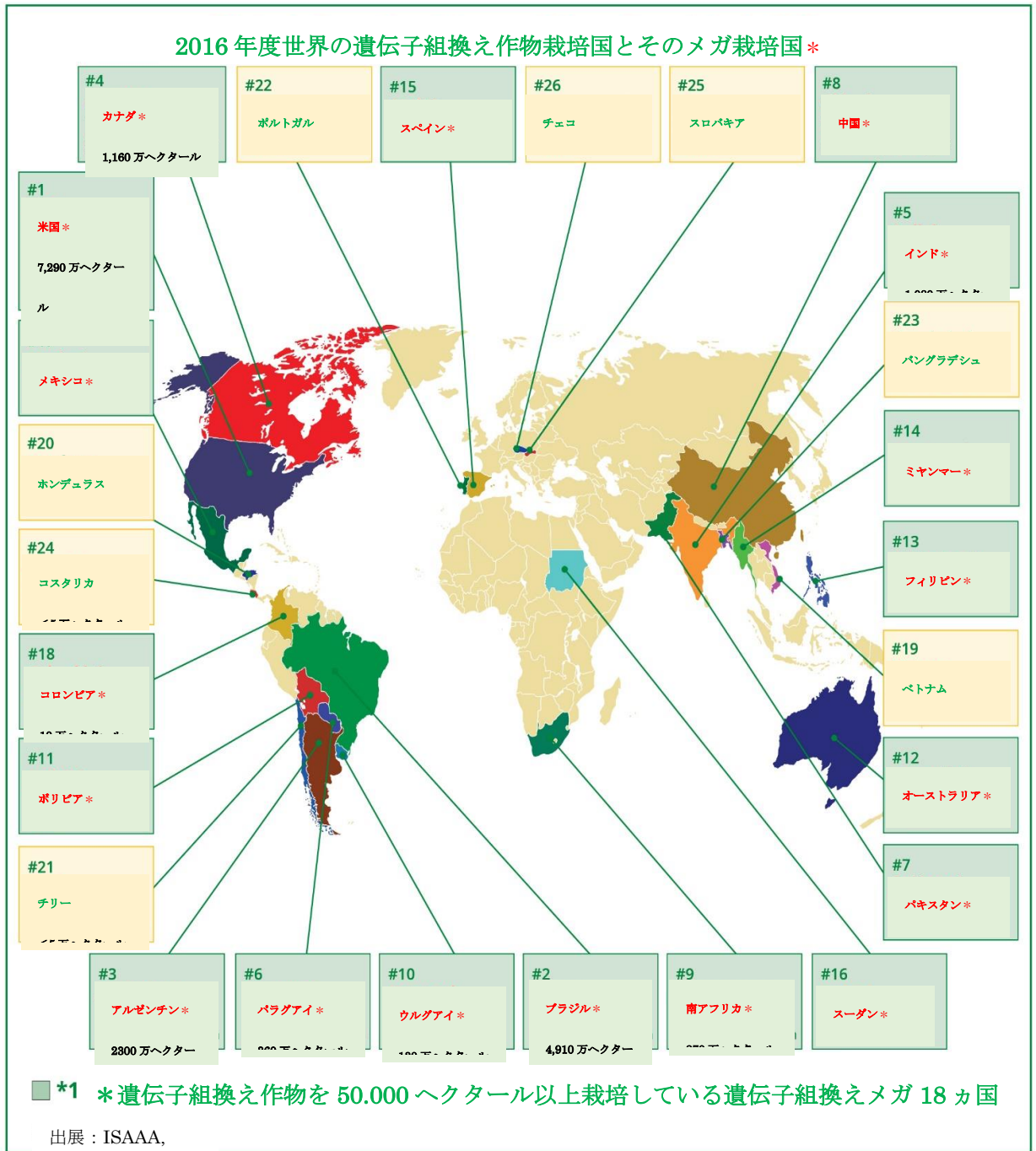


図 1. 2016 年度世界の遺伝子組換え作物栽培国とそのメガ栽培国

