

2018年度遺伝子組換え/GM作物商業栽培の世界状況とゲノム編集作物の現況(前編)

日本バイオテクノロジー情報センター(NBIC)代表 富田房男

遺伝子組換え作物が商業栽培されてから23年目を迎えた。国際アグリバイオ事業団(International Service for the Acquisition of Agri-biotech Application, ISAAA)は、毎年発行しているその年度報告書で、「遺伝子組換え作物が人口増加と気候変動に関する課題の解決に向けて立ち向かい続けている」のタイトルのもとにこれまでの成果をまとめている。今年、初めて日本で皮きりの公開が行われ、プレスリリースが行われた。そこで公開された内容を中心に、最近注目を集めているゲノム編集作物関連の現況をまとめた。

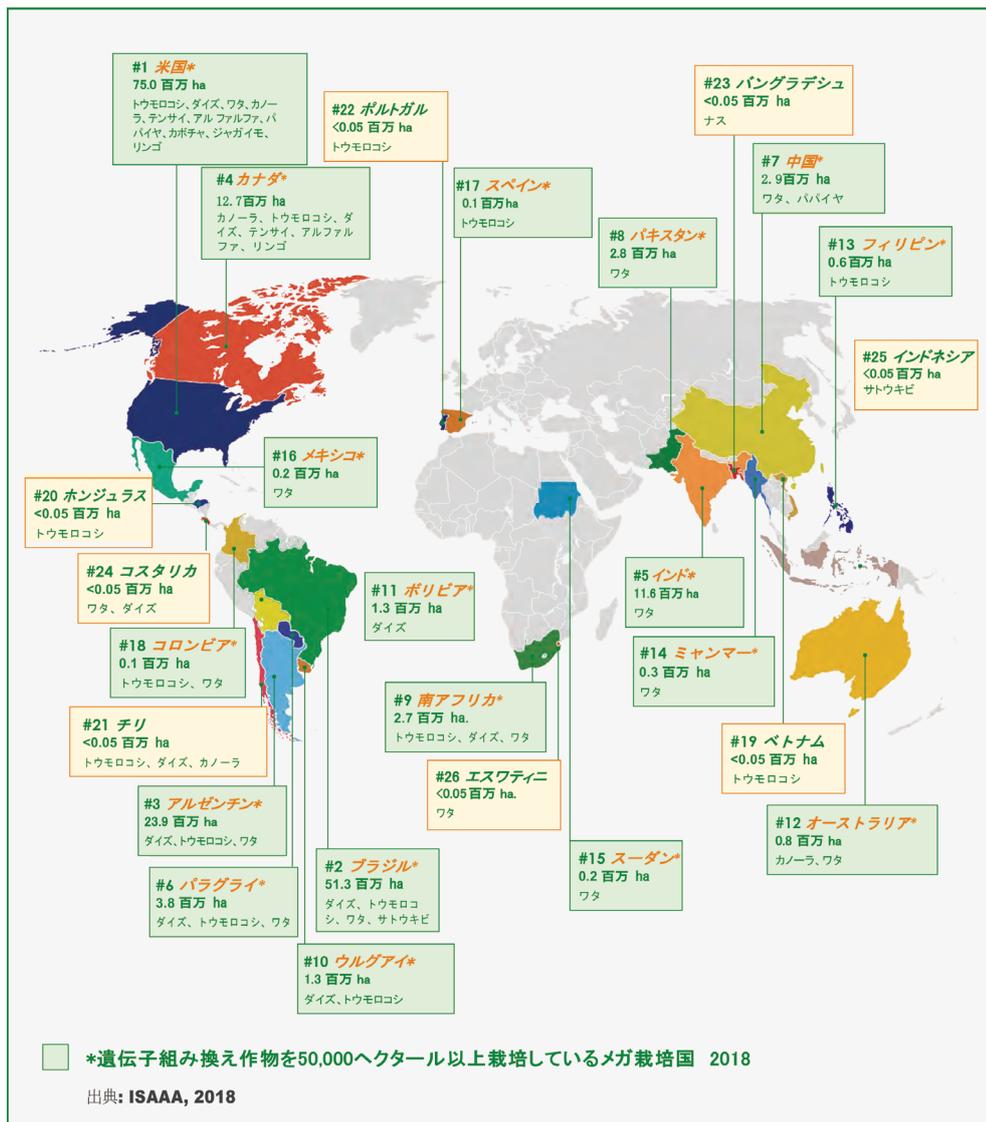
2018年における遺伝子組換え作物導入動向のハイライト

- 2018年も遺伝子組換え作物の高い普及が続き、世界の栽培面積は1億9,170万ヘクタールになった

2018年は、遺伝子組換え/GM作物の商業化23年目に当たり、26か国で1億9,170万ヘクタールの遺伝子組換え作物

物が栽培された。これは2017年の1億8,980万ヘクタールから1%増加したことになり、22年連続の増加である。特に18年間のうち12年間は2桁成長率だった。

- 遺伝子組換え作物生産上位5カ国の導入率は、ほぼ飽和状態に達した



2018年に遺伝子組換え作物栽培の上位5カ国の平均導入率は、飽和状態に近づき、米国は93.3%(大豆、トウモロコシ、カンノーラの平均)、ブラジル(93%)、アルゼンチン(~100%)、カナダ(92.5%)、インド(95%)だった。これらの国々における遺伝子組換え作物地域の拡大は、新たな遺伝子組換え作物および気候変動に関連する問題ならびに新たな害虫および疾病を標的とする形質を持った新品種の即時承認および商品化の結果といえる。

- 遺伝子組換え作物栽培は1996年から113倍に増え、その面積は25億ヘクタールに達した。これで遺伝子組換え作物は、世界で最も早く導入されている作物テクノロジーとなった

遺伝子組換え作物栽培の世界全体の面積は、1996年の170万ヘクタールから2017年には1億8,980万ヘクタールと113倍に増えた。こ

図1 遺伝子組み換え作物栽培国とそのメガ栽培国 2018

れて遺伝子組換え作物は、最近の作物技術で最も早く導入が進んだものとなった 22年間(1996年から2017年)の遺伝子組換え作物の商品化で、累積25億ヘクタール(63億エーカー)の栽培面積となった。(図1)

●合計70カ国が遺伝子組換え作物を導入した:26カ国で栽培され、44カ国が輸入している

1億9,170万ヘクタールの遺伝子組換え作物は、26の国(21カ国の発展途上国と5カ国の先進工業国)で栽培された。開発途上国は、世界の遺伝子組換え作物栽培面積の54%を占めるのに対して、先進工業国は、46%である。さらに44カ国(18カ国+ EU加盟国26カ国)が、食料、飼料、加工用に遺伝子組換え作物を導入した。したがって、合計70カ国で遺伝子組換え作物が導入されていることになる。

●2018年には、消費者に向けてより多様な遺伝子組換え作物製品を提供した

遺伝子組換え作物は、世界の多くの消費者や食料生産者のためにより多くの選択肢を提供している。即ち、4大作物(トウモロコシ、ダイズ、ワタ、カノーラ)に加えての拡大があった。それらは、アルファルファ、テンサイ、パパイヤ、カボチャ、ナス、ジャガイモ、そしてリンゴであった。これらはすべてすでに市場に出回っている。2世代目に入っている傷がつきにくく、褐変もなく、アクリルアミドが少なく、しかも疫病耐性のあるInnate®ジャガイモ、ならびに傷のつきにくく、褐変のない、Arctic®りんごが米国で既に栽培されている。ブラジルは、最初の耐虫性サトウキビを栽培した。インドネシアは初めて耐旱耐性サトウキビを栽培した。そしてオーストラリアは最初の高オレイン酸ベニバナを栽培した。高オレイン酸カノーラ、イソキサフルトール除草剤耐性ワタ、多重除草剤耐性および高オレイン酸ダイズ、HTおよび耐塩性ダイズ、耐虫性サトウキビ、ならびに様々なIR / HTを組み合わせた遺伝子組換えトウモロコシを含む様々な形質の組み合わせも承認された。さらに、公的機関によって行われる遺伝子組換え作物研究には、発展途上国の食料生産者や消費者にとって有益な、経済的に重要で栄養価の高い様々な品質特性を持つイネ、バナナ、ジャガイモ、コムギ、ヒヨコマメ、エンドウマメ、マスタードなどが含まれている。

●遺伝子組換えダイズは世界の全遺伝子組換え作物の50%を占める

減少傾向にある4つの主要な遺伝子組換え作物(ダイズ、トウモロコシ、ワタ、およびカノーラ)は、26カ国で最も導入されている遺伝子組換え作物である。ダイズは世界の遺伝子組換え作物導入全体の50%で2億9,500万ヘクタールと全体を主導している。これは2017年から2%の増加である。次に、トウモロコシ(5,990万ヘクタール)、ワタ(2,490万ヘクタール)、カノーラ(1,010万ヘクタール)と続いている。個々の作物の世界的作物面積に基づくと、2017年のダイズの78%、ワタの76%、トウモロコシの30%、カノーラの29%が遺伝子組換え作物だった。

●スタック(積み重ね)形質を持つ遺伝子組換え作物の栽培面積は4%増加し、世界の遺伝子組換え作物全面積の

42%を占めた

害虫抵抗性と除草剤耐性を持つスタック形質は4%増加し、全世界の栽培面積の42%となった。これは、農業者のスマート農業へのこだわりと殺虫剤の使用の減少の証左である。ダイズ、カノーラ、トウモロコシ、アルファルファ、およびワタの除草剤耐性は一貫して多用されている特性であり、2018年には世界全体の46%を占めた。しかし 2017年と比較して1%の減少である。

●上位5カ国(アメリカ、ブラジル、アルゼンチン、カナダ、インド)で全世界の遺伝子組換え作物作付面積(1億9,170万ヘクタール)を占めた

米国は、2018年に7,500万ヘクタールの遺伝子組換え作物栽培を主導し、続いてブラジル(5,130万ヘクタール)、アルゼンチン(2,390万ヘクタール)、カナダ(1,270万ヘクタール)、インド(1,160万ヘクタール)となる(表1)。1億7,450万ヘクタールは、世界の91%に当たる。このように、遺伝子組換え作物は5カ国で19.5億人以上の人々、または現在の世界人口76億人の26%に恩恵をもたらしたことになる。

■食品、飼料、加工、栽培で使用される遺伝子組換え作物の承認品種の状況

合計70カ国(42+EU28)は、ヒトの食物、動物用飼料、および商業的栽培のいずれかとしての消費のために遺伝子組換え作物に規制当局から承認を出した。1992年以来、これら70カ国の規制当局によって4,349の承認が与えられている(表2)。これらはカーネーション、バラ、ペチュニアを除く30の遺伝子組換え作物512の遺伝子組換え品種に与えられた。

これらの承認のうち、2,198は直接使用または加工用の食品であり、1,515は直接使用または加工用の飼料用であり、923は環境放出または栽培用である。日本では承認された遺伝子組換え品種の数が米国に次いで世界で2番目に多く(ただし承認された多重(スタック)型およびピラミッド型品種からの中間品種は除く)、そしてカナダ、韓国、EU、ブラジル、メキシコ、フィリピン、アルゼンチン、オーストラリア、コロンビア、および南部アフリカが続いている(表2)。トウモロコシは依然として承認された品種の数が最も多く(35カ国で233品種)、続いてワタ(27カ国で62品種)、ジャガイモ(13カ国で49品種)、ダイズ(31カ国で41品種)、カノーラ(15カ国で41品種)が続いている。)

除草剤耐性トウモロコシ品種NK603(28カ国で61件の承認+EU28)は、未だに承認数が最多である。続いて、除草剤耐性ダイズGTS 40-3-2(28カ国で57承認+EU28)、耐虫性トウモロコシMON810(26カ国で55承認+EU28)、除草剤耐性と耐虫性トウモロコシBt11(54承認25カ国+EU28)、除草剤耐性および耐虫性トウモロコシTC1507(26カ国53承認+EU28)、防虫性トウモロコシMON89034(24カ国51承認+EU28)、除草剤耐性トウモロコシGA21(23カ国50承認+EU28)、除草剤耐性ダイズMON89788(26カ国45承認+EU28)、除草剤耐性ダイズA2704-12(25カ国45承認+EU28)、除草剤耐性と耐虫性トウモロコシMON88017(23カ国45承認+EU28)、防虫性ワタMON531(20カ国で45承認+EU28)、防虫性トウモロコ

シMIR162(23カ国で43承認+EU28)、および除草剤耐性トウモロコシT25(20カ国で43承認+EU28))。(表1、表2)

■食料安全保障、持続可能性、および気候変動に立ち向かう遺伝子組換え作物の貢献

遺伝子組換え作物は、環境への多大な貢献、人間と動物の健康、そして農業者と一般市民の社会経済状況の改善への貢献のために、世界中で導入されている。過去21年間

表1. 国別遺伝子組換え作物作付面積(2016)(単位:百万ヘクタール)**

順位	国	面積 (百万ヘクタール)	遺伝子組換え作物
1	USA*	75.0	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、カボチャ、ジャガイモ、リンゴ
2	ブラジル*	51.3	ダイズ、トウモロコシ、ワタ、サトウキビ
3	アルゼンチン*	23.9	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
4	カナダ*	12.7	カノーラ、トウモロコシ、ダイズ、テンサイ、アルファルファ、リンゴ
5	インド*	11.6	ワタ
6	パラグアイ*	3.8	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
7	中国*	2.9	ワタ、パパイヤ
8	パキスタン*	2.8	ワタ
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*	1.3	ダイズ、
12	オーストラリア*	0.8	ワタ、カノーラ
13	フィリピン*	0.6	トウモロコシ
14	ミャンマー	0.3	ワタ
15	スーダン*	0.2	ワタ
16	メキシコ*	0.2	ワタ
17	スペイン*	0.1	トウモロコシ
18	コロンビア*	0.1	トウモロコシ、ワタ
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	<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
25	インドネシア	<0.1	サトウキビ
26	エスワティニ	<0.1	ワタ
	合計	191.7	

*50,000ヘクタール或いはそれ以上の遺伝子組換え作物を作付けしている18か国のメガ栽培国
**十万単位に丸めた数字である

表2 遺伝子組換え作物国別承認品種数

国	承認数				
	食料	飼料	栽培	合計	
1	米国*	192	180	174	544
2	日本**	185	177	130***	492
3	カナダ	147	138	144	429
4	韓国	156	148	0	304
5	EU	89	89	85	263
6	ブラジル	188	29	15	232
7	メキシコ	76	68	74	218
8	フィリピン	103	102	13	218
9	アルゼンチン	99	100	3	202
10	オーストラリア	118	19	39	176
11	その他	712	411	148	1271
	合計	2,063	1,461	825	4,349

*米国は、個々の承認品種のみの集計である。

**日本については、バイオセーフティクリアリングハウス(Japan Biosafety Clearing House: J-BCH、英語と日本語)と厚労省(MHLW)のwebsiteからデータを得た。しかし、J-BCHに記載されている承認ピラミッド品種で、厚労省に記載のないものはここに含まれていない。また、日本では、承認期限切れはないので、2004年J-BCHの再集計の際の聞き取りで申請されてきたものは全て1992年から記載している我々のデータに含まれている。

***日本では栽培承認がなされているものもあるが、現在栽培されているものは全くない。

(1996年~2016年)の遺伝子組換え作物による世界的な経済的利益は、1,600万~1,700万人を超える農業者に1,861億米ドルの経済的利益をもたらし、その95%は開発途上国へのものである。

遺伝子組換え作物は、食料安全保障、持続可能性、気候変動の解決に貢献した。

- 1996年から2016年にかけて、作物の生産性を6億5,760万トン(1兆8,611億米ドル)増加させた。2016年だけでも、8,220万トンの成果があり、182億米ドルに相当する。
- 1996年から2016年にかけて、1億8,300万ヘクタールの土地をそして2016年だけで2,250万ヘクタールの土地を節約することによって、生物多様性を保全した。
- より良い環境提供への貢献
 - 1996-2016年にかけて農薬671万kg a.i.(有効成分)を節約した。2016年だけでもこれらの環境放出を4,850万kg削減した。
 - 1996-2016年にかけて農薬使用を8.2%、2016年だけで8.1%節約した。1996年から2016年にかけてEIQ(環境影響指数)を18.4%、2016年だけで18.3%削減した。
- 2016年のCO₂排出量を271億kg削減した。これは、1年間で1,670万台の自動車を路上から撤去したことに相当する。
- 世界で最も貧しい人々の一部である、16~1,700万人の小規模農家とその家族の総計6,500万人を超える人々の経済状況を向上させることによって、貧困の緩和を支援した。(Brookes and Barfoot, 2018)。

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」戦略に貢献することができ、それによって現在の15億ヘクタールの世界の農地のみで生産性/生産を増やすことができる。遺伝子組換え作物は不可欠だが万能薬ではなく、輪作や抵抗性管理などの良い農業慣行を遵守することは、従来の作物と同様に遺伝子組換え作物にも必須である。

■1996年から2016年にかけての遺伝子組換え作物からの経済的利益は1,861億米ドルに達した

1996年から2016年にかけて遺伝子組換え作物を栽培した国が合計1,861億ドルの経済的利益を得た。最も高い利益は、米国(803億ドル)、次いでアルゼンチン(237億ドル)、インド(211億ドル)、ブラジル(198億ドル)、中国(196億ドル)、カナダ(80億ドル)、その他(136億ドル)によって得られた。2016年だけで、6か国が遺伝子組換え作物から多大な経済的利益を獲得した。それらは米国(73億米ドル)、ブラジル(38億米ドル)、インド(15億米ドル)、アルゼンチン(21億米ドル)、中国(10億米ドル)、カナダ(7億米ドル)、その他(18億米ドル)で合計182億米ドルだった。2017年の経済的利益は全体で182億米ドル、開発途上国は100億米ドルで先進工業国は82億米ドルだった。

2017年のCropnosisから推定される遺伝子組換え作物の世界市場規模は172億米ドルで、2016年の709億米ドルの世界の作物市場の23.9%、および世界の商業用種子市場5,620億米ドルの30%に相当する(Cropnosis, 2018: 私信) 2つの業

界筋は、2022年と2025年の終わりまでに遺伝子組換え種子市場の世界的規模がそれぞれ8.3%から10.5%増加すると予測している。これらは、遺伝子組換え作物が世界で継続的に栽培されるとした場合の種子市場で得ることができる利益の予想である。

■ 遺伝子組換え作物についてのまとめ

2017年の世界食料不安報告書には、2015年に終了した国連ミレニアム開発目標(UN-MDG)は、不成功だったこと、そして2016年以降48の食糧危機の影響を受けた国々では1億8,000万人が依然として危険にさらされているとしている(FAO、2017年7月23日)。さらに、2018年の世界の食料安全保障と栄養状態に関する国連による2018年度報告には、3年連続で(2016年以降)世界的に絶え間なく飢餓が増加しており、10年前のレベルと同じであることを示している。この報告書はまた、子どもの成長が妨げられていることや成人の肥満など、さまざまな形態の栄養失調がじわじわと進行しており、何億人もの人々の健康を危険にさらしていることを強調した。こ

れらの調査結果は、2030年までに飢餓ゼロにする持続的開発目標を達成するためには、より多くの努力を迅速に行わなければならないという明確な警告になっている。

遺伝子組換え作物商業栽培開始23年目において、世界の遺伝子組換え作物の導入(食料、飼料、加工のための栽培と輸入)の増加は1,700万人以上の農業者(そのうち95%は、小規模農業者)の満足感、及び農業、社会経済、そして環境への利益をもたらし、更に遺伝子組換え作物によって食品の安全性と栄養の改善により消費者の受容性も上がっている。遺伝子組換え作物導入によるこの継続的且つ増加を続ける貢献は、世界的な飢餓と栄養失調の問題を軽減するのに役立つと言える。これらの恩恵が現在も将来も継続することを確実にするには、科学に基づく不断の努力と将来を見越した規制、リスクではなく恩恵を冷静にみること、環境保全と持続可能性を伴う農業生産性、そして最も重要なことは、このようなことがらを必要としている何百万もの飢餓と貧困状況にある人々に考えを及ぼすことである。

(次号に続く)

米国農務省「世界農業需給予測(WASDE)」による 飼料穀物(トウモロコシ、ソルガム、大麦)需給概要の抜粋

2019年9月12日米国農務省発表の世界農業需給予測の米国産飼料穀物に関する部分の抜粋の参考和訳を以下に掲載いたします。WASDE のフルレポートについては(<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>)よりご確認ください。また、数値や内容については、原文のレポートのものが優先いたします。各項目の詳細、注釈についても原文をご参照ください。

今月の2019/20年度の米国産粗粒穀物の見通しは、生産量の減少、エタノールへの利用の引き下げと期末在庫の若干の上方修正となっています。トウモロコシ生産量の予測は、単収の減少予測に基づいて、先月より1億200万ブッシェル引き下げられ、137億9900万ブッシェルとなっています。トウモロコシの供給量は、2018/19年度のエタノール向けに利用されたトウモロコシと輸出量の推算に基づく期首在庫の引き上げより、生産量の引き下げが大きかったことから、先月より引き下げられています。2019/20年度のエタノール向けのトウモロコシの利用量は2,500万ブッシェル引き下げられています。供給量より利用量の減少が大きかったことから、期末在庫は先月より900万ブッシェルに引き上げられています。年間平均農家出荷トウモロコシ価格は1ブッシェルあたり\$3.60で変化はありません。

今月の米国外の2019/20年度の粗粒穀物の見通しは、先月と比較して生産量に変化がなく、先月より少し低い貿易量と在庫となっています。ウクライナのトウモロコシ生産量は、8月中の乾燥した天候によって穀粒の充填の低下による単収減から、

下方修正されています。EUのトウモロコシ生産量は、フランスとドイツでの減少がブルガリアとルーマニアでの増加を補っていることから、変更ありません。大麦の生産量は、ロシア、ウクライナ、EU、カザフスタンで上方修正され、オーストラリアとカナダで下方修正されています。

2019/20年度の主な世界の貿易での変更は、ウクライナ、カザフスタンとロシアでの大麦輸出の増加とその一部を補うオーストラリアでの減少となっています。2018/19年度のブラジルのトウモロコシ輸出量は、2019年3月に始まった現地の市場年度において、8月の史上最大の出荷量を反映して引き上げられています。2019/20年度の米国外でのトウモロコシの期末在庫は、主にブラジル、ウクライナ、メキシコ、パラグアイとチリでの減少を反映して、先月と比較して下方修正されています。

ネットワークに関するご意見、
ご感想をお寄せ下さい。



U.S. GRAINS COUNCIL アメリカ穀物協会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番20号
第3虎の門電気ビル11階

Tel: 03-6206-1041 Fax: 03-6205-4960

E-mail: grainsjp@gol.com

本部ホームページ(英語): <http://www.grains.org>
日本事務所ホームページ(日本語): <http://grainsjp.org/>