

概要

2017 年度遺伝子組換え/ GM 作物商業栽培の世界状況： この 22 年間に積み重ねられた 遺伝子組換え作物導入による経済的利益

前書き

遺伝子組換え作物は、商業化されて既に 22 年間経過し、世界中で享受されている莫大な経済的利益、健康増進および社会的利益をもたらしてきている。遺伝子組換え作物の利点とこれから期待される利点に関する正確な情報は、農業者と消費者がどの作物を栽培するか、消費するののかについて正確な情報に基づいた選択を行えるようにする基本である。政策立案者および規制当局は、遺伝子組換え作物の商業化および導入のためのバイオ安全性指針を作成すること；科学に関する広報担当者・報道関係者がこの技術の利点と可能性を十分に理解してより一層普及を促進する必要がある。

上記の考えに沿って、国際アグリバイオ事業団（International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications、ISAAA）は、1996 年以降、遺伝子組換え/ GM 作物商業栽培の世界状況（ISAAA 概要）の年次シリーズを発行してきている。概要 53 は、この課題の最新情報を提供し、2017 年の遺伝子組換え作物の導入と流通に関する世界的なデータベースと、1996 年（商業化の初年度）以降の累積データ、国の状況、遺伝子組換え作物の承認動向および遺伝子組換え作物栽培国および輸入国におけるこの技術の将来見通しを提供してきている。

ISAAA の創設者であり名誉理事長である Clive James 博士は、ISAAA が過去 20 年間に遺伝子組換え作物に関する最も信頼できる情報源となった最初の 20 年に渡る年次報告書を多大な力を込めて執筆しました。Clive James 博士は、ノーベル平和賞受賞者 Norman Borlaug 氏（2016 年の ISAAA の創設支援者のひとり）を師と仰ぎ、また協力者として彼の足跡をたどって、遺伝子組換えと遺伝子組換え製品を大いに支持してきました。ISAAA 概要（Brief）は、2016 年以降もグローバルネットワークを通じて収集された情報から、遺伝子組換え製品に関する最新のレポートを提供するという伝統を継続している。

2017 年遺伝子組換え作物の導入に関するハイライト

・2017 年の遺伝子組換え作物栽培面積は、世界全体で 189,800,000 ヘクタールと過去最高記録を更新した

2017 年は、遺伝子組換え/ GM 作物商業栽培 22 年目にあたり 24 ヶ国が 189,800,000 ヘクタールの遺伝子組換え作物を生産し、2016 年よりも 4,700,000 ヘクタール（11,600,000 エーカー）増加、または、185,100,000 ヘクタールから 3%増加した。2015 年を除き、毎年増加を示した 21 番目である。特にこの 18 年のうち 12 年は 2 桁の成長率だった。

・五大遺伝子組換え作物栽培国の導入率は飽和に近づいた

遺伝子組換え作物栽培上位 5 カ国の平均導入率が 2017 年も増加してほぼ飽和に達した。その結果、米国では、ダイズ、トウモロコシおよびキャノーラの平均導入率は 94.5%、ブラジルは、94%、アルゼンチンは、~100%、カナダは、95%、インドは、95%だった。これらの国の遺伝子組換え作物栽培の拡大は、気候変動や新たな害虫や病害の発生に関連する問題を標的とするための新しい遺伝子組換え作物品種の即時承認と商業化によるものであろう。

・遺伝子組換え作物は、世界で最も速く導入が進んだ作物技術であり、1996 年の商業栽培開始から 112 倍に増加した。 ; 即ち、 遺伝子組換え作物の累積面積は 23 億ヘクタールとなった

遺伝子組換え作物の世界全体の栽培面積は、1996 年の 1,700,000 ヘクタールから 2017 年には 189,800,000 ヘクタールとなり、112 倍に増加した。この結果、遺伝子組換え作物技術は、近年の最速導入技術となった。遺伝子組換え作物商業化の 22 年（1996~2017 年）間で累積面積は、23 億ヘクタール（または 59 億エーカー）となった。

・67 カ国が遺伝子組換え作物を導入— 栽培国は、24 カ国と輸入国が 43 カ国

189,800,000 ヘクタールの遺伝子組換え作物が、24 カ国で栽培されている。そのうち発展途上国 19 カ国で、先進国は、5 カ国である。発展途上国は、世界の遺伝子組換え作物栽培面積の 53%（1 億 60 万ヘクタール）で、先進国では 47%だった。これに加えて 43 カ国（17 + 26 EU 加盟国）が食品、飼料および加工のための遺伝子組換え作物を輸入した。このように、67 カ国で遺伝子組換え作物が導入されている。

・遺伝子組換え作物は、2017 年にさまざまな製品を消費者に提供した

遺伝子組換え作物は、世界の消費者や食糧生産者の多くに多くの選択肢を与えられるようになってビッグ 4（トウモロコシ、ダイズ、ワタ、キャノーラ）を超えて拡大しました。これらの遺伝子組換え作物には、アルファルファ、テンサイ、ジャガイモ、リンゴなどが含まれており、これらは全て市場に出ている。非褐変、打ち傷がでないそしてアクリルアミドおよび疫病耐性の 2 世代目の Innate®ジャガイモ、ならびに非褐変リンゴの Arctic®は、すでに米国およびカナダで栽培されている。バングラデシュでの Bt ナスの導入は、商業化の 4 年目で 2,400 ヘクタールに、コスタリカでは遺伝子組換えピンクのパイナップ栽培が 25 ヘクタールに増加した。害虫耐性のサトウキビは、2018 年にブラジルで商業栽培が承認された。さらに、開発途上国の食糧生産者や消費者にとって有益な様々な経済的に重要かつ栄養的な品質特性を有するコメ、バナナ、ジャガイモ、コムギ、ヒヨコマメ、ハトムギ、マスタード、キャッサバ、ササゲ、サツマイモなどが公共機関で研究が行われている。

・遺伝子組換えダイズは、世界の遺伝子組換え作物面積の 50%を占めた

ダイズ、トウモロコシ、ワタ、およびキャノーラの 4 つの主要な遺伝子組換え作物は、面積が減少しているが 24 カ国で最も多く導入された遺伝子組換え作物であった。ダイズは、世界の遺伝

子組換え作物の中で最大であり、その50%で導入率は第一位であり、2016年から3%増加し、94,100,000ヘクタールとなった。続いてトウモロコシ(59,700,000ヘクタール)、ワタ(24,200,000ヘクタール)、キャノーラ(10,200,000ヘクタール)と続く。個々の作物の世界作付面積は、2017年にダイズ77%、ワタ80%、トウモロコシ32%およびキャノーラ30%が遺伝子組換え作物であった。

・積重ね形質を持つ遺伝子組換え作物の作付面積は、3%増加し、世界の遺伝子組換え作物面積全体の41%を占めた

害虫抵抗性と除草剤耐性を持つ積重ね形質品種は、遺伝子組換え作物の作付面積として3%増加し、世界の遺伝子組換え作物面積全体の41%を占めた。これは、農業者が賢い農業実践、つまり不耕起農業と害虫駆除剤の減少もたらしめることの証拠である。ダイズ、キャノーラ、トウモロコシ、アルファルファ、ワタなどの除草剤耐性品種が一貫して多く植えられ、2017年には、世界全体の47%を占め、2016年に比べて2%増加した。

・世界5大遺伝子組換え作物栽培国(米国、ブラジル、アルゼンチン、カナダ、インド)で世界全体の栽培面積(1億8980万ヘクタール)91.3%を占める

米国は、2017年に75,000,000ヘクタールの遺伝子組換え作物を作付けして、1位を占め、続いてブラジル(50,200,000ヘクタール)、アルゼンチン(23,600,000ヘクタール)、カナダ(13,100,000ヘクタール)、インド(11,400,000ヘクタール)(表1)の順で、合計173,300,000ヘクタールとなり、世界総作付面積の91.3%を占め、その結果5カ国の19億5,000万人以上の人々、つまり現在の世界人口の76億人の26%に利益をもたらしている。

「米国は、遺伝子組換えダイズ、トウモロコシ、ワタの作付面積で平均94.5%の導入率に達した」

2017年に米国で栽培された遺伝子組換え作物の面積は、全世界で今回も最も高い75,040,000ヘクタールを占めた。どの内訳は、ダイズが34,500,000ヘクタール、トウモロコシが33,340,000ヘクタール、ワタが4580,000ヘクタール、アルファルファが1,120,000ヘクタール、キャノーラが876,000ヘクタール、テンサイが458,000ヘクタール、ジャガイモが3,000ヘクタール、リンゴ、スカッシュ、パパイヤがそれぞれ約1,000ヘクタールだった。トウモロコシとテンサイを除いて、遺伝子組換え作物の作付面積は増加した。栽培地域での早魃の発生が少なく、嵐も少なかったこととダイズ、ワタ、およびキャノーラの価格もよかったため、これら3遺伝子組換え作物の栽培を増やす農家の意欲を高めたことになった。トウモロコシ、ダイズおよびワタの3つの主要作物について平均94.5%の飽和に近い導入率となっているので今後はその増加は最小限となると予想される。したがって、遺伝子組換え作物栽培の拡大は、他の遺伝子組換え作物、例えばキャノーラ、アルファルファ、テンサイ、ジャガイモ、およびリンゴの増加に頼ることになる。米国は、遺伝子組換え作物の発見、開発、商業化において推進役を担ってきた。3つの政府規制機関の遺伝子組換え規制に関する現行の見直しは、技術の科学的根拠を受け入れ、認識する上での同国の指導力を反映するものになる。農業バイオテクノロジーの新製品の迅速な承認は、米国だけでなく、世界的に有益なものである。

「ブラジルは遺伝子組換え作物面積を 50,200,000 ヘクタールに拡大」

ブラジルは 2017 年に世界第 2 位の遺伝子組換え作物を 50,200,000 ヘクタール栽培し、2016 年の 49,100,000 ヘクタール（2%増の 1,100,000 万ヘクタール）を栽培し、世界の遺伝子組換え作物面積 189,800,000 ヘクタールの 26%に相当する。同国で栽培された遺伝子組換え作物は、ダイズ 33,700,000 ヘクタール、トウモロコシ（夏と冬） 15,600,000 ヘクタール、ワタ 150,000 ヘクタールが含まれている。ブラジルにおけるこれらの 3 つの作物の総植栽面積は 53,400,000 ヘクタールで、2016 年の 52,600,000 ヘクタールから 1%増加した。遺伝子組換え作物面積 50,200,000 ヘクタールは 94%の導入率で、2016 年に比べて 1%増加しました。遺伝子組換えのダイズとワタの栽培は、収益性、価格の高さ、国内外の高い市場需要、および利用可能な種子技術のおかげで、2016 年と比較して 2017 年に大幅に増加した。遺伝子組換えウモロコシのわずかな減少は、現在の低価格とダイズ面積の拡大によるものであった。これらの 3 つの遺伝子組換え作物の将来的な拡大は、食品、動物飼料のためのタンパク質の国内外の重要な増加およびバイオ燃料生産（ダイズからのバイオディーゼルおよびトウモロコシからのエタノール）およびワタ製品の原料によるものである。

生産予定の製品ラインナップには、サトウキビ、ジャガイモ、パパイヤ、イネおよび柑橘類が含まれている。新しい遺伝子組換え製品には、乾燥食用豆、ユーカリ、そして最近認可されたサトウキビなどの新しい遺伝子組換え製品は 2019/20 までに利用される予定である。遺伝子組換え作物の導入の増加には、農家と作物生産者の間で技術を保証するための知識が不可欠であり、このためには手順を踏む必要がある。

「アルゼンチンは、遺伝子組換え作物の 100%の採用導入率に近づいた」

アルゼンチンは、遺伝子組換えダイズ、ワタ、トウモロコシの主要輸出国の 1 つで、総遺伝子組換え作物面積 189,800,000 ヘクタールの 12%、合計 23,600,000 ヘクタール栽培された。アルゼンチンは 2017 年に 2016 年の 23,820,000 ヘクタールから遺伝子組換え作物面積がわずかに減少した。わずかな減少は、遺伝子組換えダイズの-3%（2016 年の 18,700,000 ヘクタールから 2017 年には 18,100,000 ヘクタールに減少）と遺伝子組換えワタの-38%（2016 年の 380,000 ヘクタールから 2017 年の 250,000 ヘクタールに減少）によるものである。遺伝子組換えトウモロコシの栽培面積は、4,700,000 ヘクタールから 5,200,000 ヘクタールに 10%増加した。3 つの遺伝子組換え作物の平均導入率は 100%に近く、その経済が推進する技術への依存度を示している。しかし、2017 年には、ダイズ、トウモロコシ、ワタの栽培時期に気候問題が発生した。このことは、2016 年に、ダイズおよびワタ地域の栽培面積減少によってもたらされた影響と同じく約 3%減少した。一方、トウモロコシの面積は 10%増加した。政府の輸出税の削減を伴う農業革命の計画と食糧と飼料に向けての国内外での要求量が増加することが近い将来予想されている。ワタは、2 年続けて減少したが世界的な需要の増加が見込まれており、ワタ産業の最高が予想されている。

「カナダは 2017 年に遺伝子組換え作物面積を 18%増加した」

カナダは 2017 年に 6 つの遺伝子組換え作物を 13,160,000 ヘクタール栽培し、2016 年の

11,100,000ヘクタールから18%増加し、全体の面積も2016年の12,380,000ヘクタールから2017年の14,490,000ヘクタールに17%増加した。これらは、2,500,000ヘクタールのダイズ、1,780,000ヘクタールのトウモロコシ、8,830,000ヘクタールのキャノーラ、15,000ヘクタールのテンサイ、3,000ヘクタールのアルファルファ、40ヘクタールのジャガイモで総面積3,120,000万ヘクタールであった。ダイズ、トウモロコシ、キャノーラ、およびテンサイの4大作物の平均導入率は、95%で2016年とほぼ同じだった。リグニンを減らしたアルファルファ、HTダイズおよびHTテンサイの遺伝子組換え作物の作付面積は、大幅に増加した。遺伝子組換え/GEサケは、2017年8月にカナダの消費者に向けて導入された。一方、遺伝子組換えリンゴは近い将来、消費市場や果樹園に導入される予定である。したがって、カナダでの遺伝子組換え作物栽培の拡大は、食糧、飼料およびエタノールおよびバイオディーゼルの原料としての世界的需要の高まりと同国における強力な研究開発、優れた一般市民の技術の受容性と政府の模範的な支援の賜物である。

「インド：2017年にIR (Bt) ワタ作付面積が600,000ヘクタール(6%)増加」

インドは2017年に世界の綿花生産の4分の1の市場シェアを達成しました。遺伝子組換えワタ栽培面積は2016年の10,800,000ヘクタールから2017年の11,400,000ヘクタールに6%増加し、ワタ栽培総面積12,240,000ヘクタールの93%に相当する。ハイブリッドワタの害虫抵抗性(Bt)技術は、オオタバコガ(American bollworm)によってもたらされた損失を削減し、ワタ収量をヘクタール当たり500kgの生産に高めることによって、幅広い利益をもたらした。しかし、次のレベルのワタ収量目標の達成、つまり700+ kgの世界平均ワタ収量レベルを達成するには、新世代遺伝子組換え品種の積み重ね形質品種やスマート農業と高収量ワタ品種を導入しなければならない。また、既存のIRワタハイブリッドの現在の収量を維持するためには、十二分の支援策と管理戦略を厳密に実施する必要がある。認可されていないIR/HTコットン品種の不正栽培を禁止し、ワタアカミム(pink bollworm)の侵入は農家レベルで適切に管理されるべきである。GMマスタードの安全性と性能の徹底的な評価に基づくGMマスタードに関する規制当局のGEACの勧告は、忘れてはならない。2010年の環境、森林、気象変動省(MOEF&CC)によるIRナスに関するモラトリアムは、過去7年間にいかなる成果も出なかったため、MOEF&CCによるGM作物に関する規制当局の勧告は、慎重に検討する必要がある。

・ラテンアメリカの10カ国は、79,400,000ヘクタールの遺伝子組換え作物を栽培した

2017年にラテンアメリカの10カ国：ブラジル(50,200,000ヘクタール)、アルゼンチン(23,600,000ヘクタール)、パラグアイ(2,960,000ヘクタール)、ウルグアイ(1,140,000ヘクタール)、ボリビア(1,300,000ヘクタール)、メキシコ(1,100,000ヘクタール)を中心に、コロンビア(95,000ヘクタール)、ホンジュラス(32,000ヘクタール)、チリ(13,000ヘクタール)、コスタリカ(275ヘクタール)が遺伝子組換え作物を合計7940万ヘクタール栽培し、世界の遺伝子組換え分野の189,800,000ヘクタールの42%に相当した。79,400,000ヘクタールは、2016年にラテンアメリカで栽培された11万ヘクタールの遺伝子組換え作物の限界である。この減少は、パラグアイ(-16%)、ウルグアイ(-13%)、アルゼンチン(-3%)、ボリビア(-1%)における主に水ストレス(旱魃と洪水)、特定の商品の低価格(1%)と地域および国際貿易の問題によるものである。大幅な増加が遺伝子組換え栽培国で記録され、チリ(23%)、コスタリカ

(22%)、メキシコ(13%)、コロンビア(7%)、ホンジュラス(3%)、ブラジル(2%)であった。これらの国の遺伝子組換え作物の増加は、収益性、価格の高騰、国内外の市場需要の増加、および国内で利用可能な種子技術の存在によるものであった。主要な遺伝子組換え作物であるダイズ、トウモロコシ、ワタの将来的な拡大は、食糧、飼料のためのタンパク質、バイオ燃料(ダイズからのバイオディーゼルやトウモロコシからのエタノール)及びワタ原料の国内需要と世界需要が増加する可能性によるものである。

将来的に特定の国で採択される新しいバイオ技術作物は、ボリビアのトウモロコシとサトウキビ、メキシコのトウモロコシとダイズの再開、ホンジュラスのダイズである。ラテンアメリカの発展途上国の50万人を超える遺伝子組換え作物農業者は、商業化後の21年間で莫大な恩恵を受けています。Brookes and Barfoot(2018、出版準備中)が2016年までの植林開始年から推定した経済的便益は、469億米ドル以上であり、2016年だけで約65億米ドルである。これらは、遺伝子組換え作物のみから得られる大きな利益であり、これらの国では遺伝子組換え作物が導入されないと、貧困、飢餓、栄養失調および政治的不安定性を増大させる大きな懸念をもたらす。

・アジア・太平洋地域の8カ国は、19,100,000ヘクタールの遺伝子組換え作物を栽培した

アジア・太平洋地域の遺伝子組換え作物栽培国は、インドが最大の面積をもち11,400,000ヘクタールのワタ、次いでパキスタン(3,000,000ヘクタールのワタ)、中国(2,780,000ヘクタールのワタ)、オーストラリア(924,000ヘクタールのワタとキャノーラ)、フィリピン(642,000ヘクタールのトウモロコシ)、ミャンマー(32,000ヘクタールのワタ)、ベトナム(45,000ヘクタールのトウモロコシ)、バングラデシュ(2400ヘクタールのナス)が含まれる。この地域は、1,910,000ヘクタールの遺伝子組換え作物を栽培し、世界の全体の189,800,000ヘクタールの10%を占める。遺伝子組換え作物栽培面積は、主にインド(6%)、パキスタン(3.4%)、ミャンマー(1.5%)が3.34%の全体的な増加に寄与した。遺伝子組換えワタやキャノーラはオーストラリア(8%)、遺伝子組換えトウモロコシはベトナム(29%)、;最も大きなものは遺伝子組換えナスのバングラデシュ(242%)である。これらは、遺伝子組換え新技術を受け入れた農業者によるもので、インド、パキスタン、ベトナム、バングラデシュでは殺虫剤使用量と人件費の節減のために、パキスタンとミャンマーで種子入手が容易になったこととより明確な規制ガイドラインが出たことによる。オーストラリアでは気候が好調で世界的なキャノーラ需要が増加したことによる。フィリピンの遺伝子組かトウモロコシの21%の減少は、市場シェアの10%を占めていた同国の偽造種子の問題によるものであった。中国の遺伝子組換えワタ地域は、ワタの国内需要を引き続き供給している国の高い年末在庫のために、2,780,000ヘクタールにとどまった。

アジア太平洋地域における遺伝子組換え作物の拡大は、各国固有の要因に左右される。インド、パキスタン、中国、ミャンマーの遺伝子組換えワタ生産国には、各自の規制制度や様々な作物や形質の承認が待たれている様々な新しい品種の品ぞろえがある。ミャンマーでは、新しいワタ品種およびその他の作物/形質の承認および商業化を促進するための遺伝子組換え作物規制を整備導入する必要がある。中国の遺伝子組換え研究では、IRイネ、フィターゼトウモロコシ、HT綿、HTダイズなど、重要な農業形質を持つ様々な遺伝子組換え作物が作られている。最後に、アジアの発展途上国の1,500万人を超えるバイオテクノロジー農家が、商業化後の21年間に莫大な恩恵を受けている。Brookes and Barfoot(2018、Forthcoming)が2016年までの組換え作物栽培開

始年からこれまでの推定経済的便益は、478億米ドルを超え、2016年だけで約32億米ドルとなった。これらは、バイオテクノロジー作物のみから得られる大きな利益であり、これらの国では遺伝子組換え作物を導入しないと、貧困、飢餓、栄養失調および政治的不安定性を増大させる政治的不安定性を増大させる大きな懸念をもたらす。

・南アフリカとスーダンは、遺伝子組換え作物の栽培を 290 万ヘクタールに拡大し、2016 年から 4%増加した

アフリカは、南アフリカとスーダンが遺伝子組換え作物の商業化を継続し、総面積は 2,900,000 ヘクタールで、2016 年に栽培された 2,780,000 ヘクタールから 4%増加した。また、新遺伝子組換え作物に来年から活発な研究と、食品安全作物の商業化に近づいた先進的な複数地点での試験が行われ実用化に近い。中でもバナナ、キャッサバ、ササゲの重要性が増している。アフリカは現在、13 カ国に 12 の遺伝子組換え作物、栽培、試験、研究の異なる段階ある 14 品種がある。また、政治的支援策の表明と様々な政府による予算配分の増加により、技術の利益を支持する強い波がある。南アフリカとスーダンの遺伝子組換え分野の拡大は、この技術がメリットをもたらすことをさらに確認したことになる。積み重形質品種は、モザンビークやタンザニアなどの新規参入国であっても、より多くの国が導入を行って注目を人気を集めている。重要なことに、南アフリカでは、技術革新のプラットフォームを拡大し、これらのツールからの利益を迅速に享受するために、新しい育種技術のための規制指針を提供してアフリカ大陸を牽引している。新たな南・南協力と技術提供者の多様化が、1996～2016 年の間に 25 億米ドルと推定されるアフリカの便益のための技術に関する健全な科学に基づく決定を急速に進めるための政策決定者の意思決定への信頼を高めている。このことによる便益は、2016 年だけで 3 億 3,000 万ドル (Brookes and Barfoot, 2018、発刊予定) と推定されている。

・欧州連合 (EU) の 4 カ国は、131,000 ヘクタール以上の遺伝子組換えトウモロコシを引き続き栽培した

欧州連合 (EU) のスペインとポルトガルは、EU で承認された唯一の遺伝子組換え品種 IR トウモロ MON810 を一貫して栽培している。栽培された総遺伝子組換え作物面積は 131,535 ヘクタールで、遺伝子組換えトウモロコシの 2016 年の面積 136,363 ヘクタールからわずかに 4%減少した。スペインは 124,227 ヘクタール、ポルトガルは 7,308 ヘクタールに栽培した。チェコ共和国とスロバキアは、2017 年に遺伝子組換えトウモロコシの栽培を止めた。その理由は、非遺伝子組換えトウモロコシを要求する製粉業者に遺伝子組換え品を販売することが困難になったためである。したがって、EU 内での遺伝子組換え作物の導入は、将来は薄れるかもしれないが、農業者、研究者、規制当局の間では、近い将来に受容性と理解に変化が起こる可能性があるとは指摘している。

食糧、飼料、加工および栽培が承認された遺伝子組換え品種の現況

合計 67 カ国 (39 + EU28) が、ヒト用食糧、動物飼料、商業栽培のいずれかのために、遺伝子組換え作物栽培または GM 作物の消費に許可を出している。1992 年以来、これらの 40 カ国の規

制当局から 4,133 の承認が与えられている。これらは、カーネーション、バラ、ペチュニアを除いて 26 の遺伝子組換え/GM 作物、476 品種である。

これらの承認のうち、1,995 は直接使用または食品加工のためであり、1,338 は直接使用または加工用の飼料使用であり、800 は環境放出または栽培用のものである。日本は、認可された GM 品種の数は最も多い（承認された積重ね形質品種およびピラミッド形質品種の中間品種は含まない）、次いで米国、カナダ、メキシコ、韓国、台湾、オーストラリア、欧州連合、ニュージーランド、コロンビア、フィリピン、南アフリカ、ブラジルと続く。今でも最も多い品種は、トウモロコシ（30 カ国 232 件）で、続いてワタ（24 カ国 59 件）、ジャガイモ（10 カ国 48 件）、キャノーラ（15 カ国 41 件）、ダイズ（37 件 29 カ国）と続く。

除草剤耐性トウモロコシ品種 NK603（26 カ国で 55 の承認+ EU 28）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 カ国での承認 54 件+ EU 28 件）、害虫抵抗性トウモロコシ MON810（26 カ国での承認 53 件+ EU 28）、害虫抵抗性トウモロコシ Bt11 25 カ国+ EU 28 匹）、害虫抵抗性トウモロコシ TC1507（24 カ国で 51 の承認+ EU 28）、除草剤耐性トウモロコシ GA21（24 カ国で 50 カ国+ EU 28）、害虫抵抗性トウモロコシ MON89034、害虫抵抗性トウモロコシ MON88017（22 カ国+ EU-28 で 42 の承認）、害虫抵抗性ワタ MON531（21 カ国で 43 の承認+ EU28）、除草剤耐性ダイズ A2704-12（23 の国で 43 の承認+ EU28） EU28）、除草剤耐性トウモロコシ T25（20 カ国で 41 の承認+ EU28）および害虫抵抗性トウモロコシ MIR162（22 カ国で 41 の承認+ EU28）

国		承認数			
		食糧	飼料	栽培	合計
1	日本*	295	197	154***	646
2	米国**	185	179	175	539
3	カナダ	141	136	142	419
4	韓国	148	140	0	288
5	欧州連合	97	97	10	204
6	ブラジル	76	76	76	228
7	メキシコ	170	5	15	190
8	フィリピン	88	87	13	188
9	アルゼンチン	61	60	60	181
10	オーストラリア	112	15	48	175
11	その他	622	346	107	1,075
合計		1,995	1,338	800	4,133

*日本の場合、日本バイオセーフティ・クリアリングハウス（JBCH；英語、日本語で記載）と厚生労働省のホームページ（MHLW）からデータを収集。しかし、JBCH に記録され承認されたピラミッド品種から派生した中間品種は、厚生労働省には表示されないものは、このデータベースには含まれていない。また、期限切れの承認は 1992 年からのデータベースに含まれている。

JBCH の記録は 2004 年に始まる。

**米国のみ承認

***日本では承認されているものの栽培は全く行われていない。

世界の食料安全保障に立ち向うバイオテクノロジー：現状と将来像

世界の食糧不安は依然として発展途上国の主要な問題である。2017年の食糧危機に関する世界報告書によると、2016年の食糧危機に面した48カ国の約1億800万人が、2016年に依然として食糧危機あるいは深刻な食糧不安に瀕している。これは、食糧問題に取り組む国際機関の巨大で集団的な努力が行われているにも関わらずこの現状である。飢餓に瀕している人々の約60%は、紛争や気候変動の危機に直面している19カ国にいる。ナイジェリア北東、ソマリア、南スーダン、イエメンでは2000万人の人々がひどい飢餓に面している。FAO事務局長は、「このような状況では、飢餓を根絶するための強力な政治的方策の実施が基本的な方策だが、十分ではない。国が政策を行動に移せば、特に国家や地域政府のレベルで行動を起こせば、飢餓を克服できる。もちろん、平和はこれらの危機を終わらせるための鍵だが、我々は平和が来るのを待つてはいられない。これらの人々が自分の食糧を生産し続ける条件を持つことを確実にすることは非常に重要です。弱者、特に若者と女性を後に残すことはできない。」と述べた。

国連（2017年）によると、2017年の世界人口は76億人に達し、2030年には86億人、2050年には98億人、2100年には112億人に達すると見込まれている。毎年世界人口におよそ8,300万人が新たに加わり、出生率の低下が続いても上昇傾向は続くと予想されている。長い間、食料専門家は、世界の人口増加にみあうには食糧生産を70%増やさなければならないとしてきた。

気候変動は、もう1つの課題であり、2050年までにトウモロコシ、コムギ、コメ、ダイズの主要作物生産量が23%減少する可能性があるとしている。また主な主要作物のタンパク質含量が気候変動で減少すると予想されている。例えば、オオムギ（14.6%）、コメ（7.6%）、コムギ（7.8%）、ジャガイモ（6.4%）である。他の研究では、例えば主要穀物の亜鉛と鉄が減少するとされている。例えば、トウモロコシでは鉄分が10%も低下し、2050年までに鉄欠乏の危機に約14億人の子どもを晒すことになる。

したがって、現代の作物技術と農業技術の改善で食糧の利用可能性の年間変動を減らし、作物の栄養成分を維持することを行わなければならない。気候変動に対処するには、緩和技術と適応技術の両方が重要である。遺伝子組換え作物の導入は、気候変動に対抗する最も効果的なものの一つである。その理由は、これが塩害、水没、旱魃、さらには新たな害虫や植物病原菌に対処できる近代的な分子生物学およびバイオ技術であり、作物の品種が適時に開発される可能性があるためである。

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、世界的に導入が進んでいる。その理由は、環境、ヒトと動物の健康に大きな利益をもたらし、農業者や一般市民の社会経済状況の改善に貢献しているからである。過去21年間（1996-2016年）の遺伝子組換え作物によってもたらされた世界的な経済的利益は、16～1700万人以上の農業者に1,861億米ドルの経済的便益をもたらした。そのうち95%は発展途上

国の人々に対してである。

遺伝子組換え作物は、食糧安全保障、持続可能性、気候変動に以下に示す貢献をした。

- ・1996年から2016年にかけて作物生産を657,600,000トン増加させ、これは、1861億米ドルに相当する。2016年だけで82,200,000万トンの増加で182億ドルに相当する。
- ・1996年に2016年に生物多様性の保全については、183,000,000ヘクタールの土地を節約し、2016年だけで22,500,000ヘクタールの土地を節約したことになる。
- ・より良い環境を以下のように提供した
 - 1996年から2016年の間で6億7,100万kg放出を止めた。2016年だけでも4,850万キログラムの環境放出を止めた。
 - 農薬の使用量を1996年から2016年には8.2%削減し、2016年単独で8.1%削減した。
 - 1996～2016年の間に環境影響指標（EIQ, Environmental Impact Quotient）を18.4%削減し、2016年には18.3%削減した
- ・2016年のCO₂排出量を27,100,000,000kg削減した。これは1年間で16,700,000台の車を路上から排除したことに相当する。
- ・世界の最も貧しい人々である1,600万人以上の小規模農業者16,000,000—17,000,000人とその家族の経済状況を改善することによって貧困を軽減するのに役立った（Brookes and Barfoot、2018、印刷中）。

このように、遺伝子組換え作物は、世界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、現在の15億ヘクタールある世界の農地で生産/生産性を向上させ、森林や生物多様性を保全している。遺伝子組換え作物は必須ではあるが万能薬ではなく、輪作や耐性管理などの優れた農業実践を遵守することは、従来の作物と同じように必要不可欠である。

遺伝子組換え作物による経済的利益は、1996年から2016年にかけて186,100,000,000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々で合計186,100,000,000米ドルの経済利益が得られた。最も高い利益は、米国（80,300,000,000米ドル）、次いでアルゼンチン（23,700,000,000米ドル）、インド（21,100,000,000米ドル）、ブラジル（19,800,000,000米ドル）、中国（19,600,000,000米ドル）、カナダ（8,000,000,000米ドル）、そしてその他（13,600,000,000米ドル）だった。2016年だけでは、2016年に6カ国が遺伝子組換え作物から最も経済的に得られ、2016年には米国（7,300,000,000米ドル）、ブラジル（3,800,000,000米ドル）、インド（1,500,000,000米ドル）、アルゼンチン（2,100,000,000米ドル）、中国（1,000,000,000米ドル）、カナダ（700,000,000米ドル）、その他合計1,800,000,000米ドルだった。2017年には、発展途上国に10,000,000,000米ドル、先進国に8,200,000,000米ドルの経済利益があった。

2017年に、Cropnosisによって推定された遺伝子組換え作物の世界市場価値は、2016年の70,900,000,000米ドルの世界的な作物保護市場の23.9%を占め、17,200,000,000米ドルである（Cropnosis、2018、私信）。2つの産業界は、2022年末および2025年末までに、遺伝子組

換え種子市場の世界的価値の 8.3%から 10.5%への増加を予測した。遺伝子組換え作物が継続的に世界中に植え付けられれば、種子市場で得られる大きな利益である。

遺伝子組換え作物なしの場合のコスト試算

上記のすべての文書に著された利益にもかかわらず、遺伝子組換え作物の批判家は、遺伝子組換え作物の国の規制および承認に何らかの形で影響を与える非科学的主張を提起している。各国政府は、生物多様性保護と貿易競争力に関する地域の利益だけでなく、遺伝子組換え作物の安全性、利用と収益性にも懸念を抱いている。したがって、規制は厳しいものとなり、農業者の技術への利用を妨げ、経済的利益をもたらす。L. Val Giddings (2016) が率いる情報技術革新財団 (ITIF) の調査によると、農業バイオテクノロジー革新の現在の制限的な規制環境では、中低所得国に最低 1,500,000,000,000 米ドルの経済的損失をもたらす可能性がある。さらに、アフリカの農業経済だけでも、農業におけるバイオテクノロジー革新の継続的な抑制は、2008～2013 年の間に少なくとも 2,500,000,000 億米ドルの費用がかかると推定されている。GMO の批判家は、地元の主に自給自足のために農業に頼っている貧困国の発展に十分大きな障壁を築いており、これは道徳的な災害である。

オーストラリアでは、2004 年から 2014 年の間に遺伝子組換えキャノーラの導入が遅れたために便益の機会が失われたと Biden ら (2018) が報告している。この報告書は、「オーストラリアにおける遺伝子組換えキャノーラの導入を遅らせることによる環境関連費用には、キャノーラ農場に使用された農薬有効成分 6,500,000kg が含まれている。8,700,000 リットルのディーゼル燃料が燃焼した。さらに 24,200,000 万キログラムの温室効果ガス (GHG) と排出された化合物の排出があった。」を発表した。SEC ベースのモラトリアムの経済的損失は、キャノーラ 1,100,000 トンの逸失をもたらし、キャノーラ農家農業者の正味経済的損失は 485,600,000 オーストラリアドル (377,900,000 米ドル) となった。南オーストラリア州の農業者は、依然として 2008 年以降、オーストラリアの他の地域の農業者が恩恵を受けている現在の遺伝子組換え作物商業化の凍結に苦しんでいる。このモラトリアムは 2025 年まで延期されるため、非遺伝子組換えキャノーラ製品に対する何らの割増金もなく苦しんでいる。(North Queensland Register, 2018 年 3 月 6 日)。

先に論じたように、ダイズ、トウモロコシ、およびキャノーラで使われている除草剤耐性形質品種は、2016 年に最も高い遺伝子組換え作物面積 (86,600,000 ヘクタール) となった。グリホサート適用の悪影響に関する様々な報告が近年出てきている。(の HT ダイズについての議論を参照)。この論文によれば、グリホサートが禁止されているために除草剤耐性作物がもはや入手できない場合、最初の負の影響は、6,760,000,000 米ドルの世界農業所得の減少、ダイズ、トウモロコシ、およびキャノーラの生産の減少が約 18,600,000 万トン、3,100,000 トン、1,440,000 トンである。有効成分 8,200,000kg を含む他の除草剤の使用が増加し、純負の環境影響指数が 12.4% 増加するため、環境にも直接影響が及ぶだろう。さらに、燃料使用量と土壌炭素隔離量の減少による炭素排出量の増加が、路上に 11,770,000 台の車を追加したと同じ増加をもたらす。

最後に、過去 21 年間の遺伝子組換え作物による世界経済利益は、16,000,000—17,000,000 人以上の農業者に 186,100,000 米ドルの経済的便益をもたらし、そのうち 95% は、発展途上国へのもの

のであった。非導入による損失は、限られた規制環境が広がっている発展途上国を中心に、2050年までの過去の経済利益の報告された1,500,000,000,000億米ドルを上回る損失がでると考えられる。

公共部門の遺伝子組換え作物から受ける利益の遅れ

公共部門での遺伝子組換え作物商業化は、ゴールデンライス（GR）、Btナス、モザイクウイルス抵抗性マメ、アフリカにおける耐病性と害虫抵抗性積重ね形質トウモロコシなど、それぞれの国または地域における厳しい規制の影響を受けている。インドだけでのGRの承認の遅れは、199,000,000米ドルになると考えられる。同様にビタミンA欠乏症の発生率が高いと推定されるアジア、中南米、アフリカの他の発展途上国でも同様の可能性がある。インドのIR（Bt）ナス農業者の約1,400,000人は、Btナスの商業化が長期にわたり阻害されているため、年間500,000,000米ドル以上の経済的便益を失っている。同じ製品がバングラデシュで3年連続商業化され、農薬使用量が70-90%削減され、経済効果が1ヘクタール当たり1,868米ドルになるというのは皮肉なことである。2011年のブラジルにおける遺伝子組換えマメゴールデンモザイクウイルス耐性品種の承認は、荒廃したウイルス性病害を効果的に抑制し、以前の大きな損失から回復するための技術を使用することを希望していた。残念なことに、この執筆時点では、近い将来に技術が農業者の手に入り、経済的および農業的利益をあげる明確な可能性はない。2008年に開始されたアフリカ水利用効率化米プロジェクト（The Water Efficient Rice for Africa project）は、サハラ以南のアフリカ諸国（南アフリカ、ケニア、ウガンダ、タンザニア、モザンビーク）のための早魃耐性と害虫耐性を積み重ね形質トウモロコシ品種の開発に焦点を当てている。この公民協力プロジェクトは、アフリカにおける飢餓と栄養失調の2大課題を解決すると期待されている。即ちこれがトウモロコシの早魃や害虫からの被害を最短時間で解決し、アフリカの飢餓と栄養失調を防ぐと期待されている。これらの4つの公共部門の政策は発展途上国の貧困層、栄養失調者、および飢えた人々を対象としている。政府の規制機関に何らかの形で影響を及ぼす批判家に、何百万人もの人命に危機が及んでいるときに理想主義と狂信で素晴らしい技術を止める権利はない。

結論

最後に、遺伝子組換え作物導入が世界的に栽培及び輸入の両面で絶え間ない成長していることは、農業、社会経済的および環境的利益、ならびに遺伝子組換え作物によってもたらされる食品安全性および栄養改善に対する農業者および消費者の満足の現れである。これらの利益が現在も将来も継続することを確実にするには、科学に基づいてまともにそのリスクではなく恩恵を正確に理解し、環境保全と持続可能性の見地から、しかも最も大事なことは飢餓と貧困に苦しんでいる数百万人の人々が生活を改善するのを待っていることを考慮した将来を見通した規制制度策定にかかっているのである。

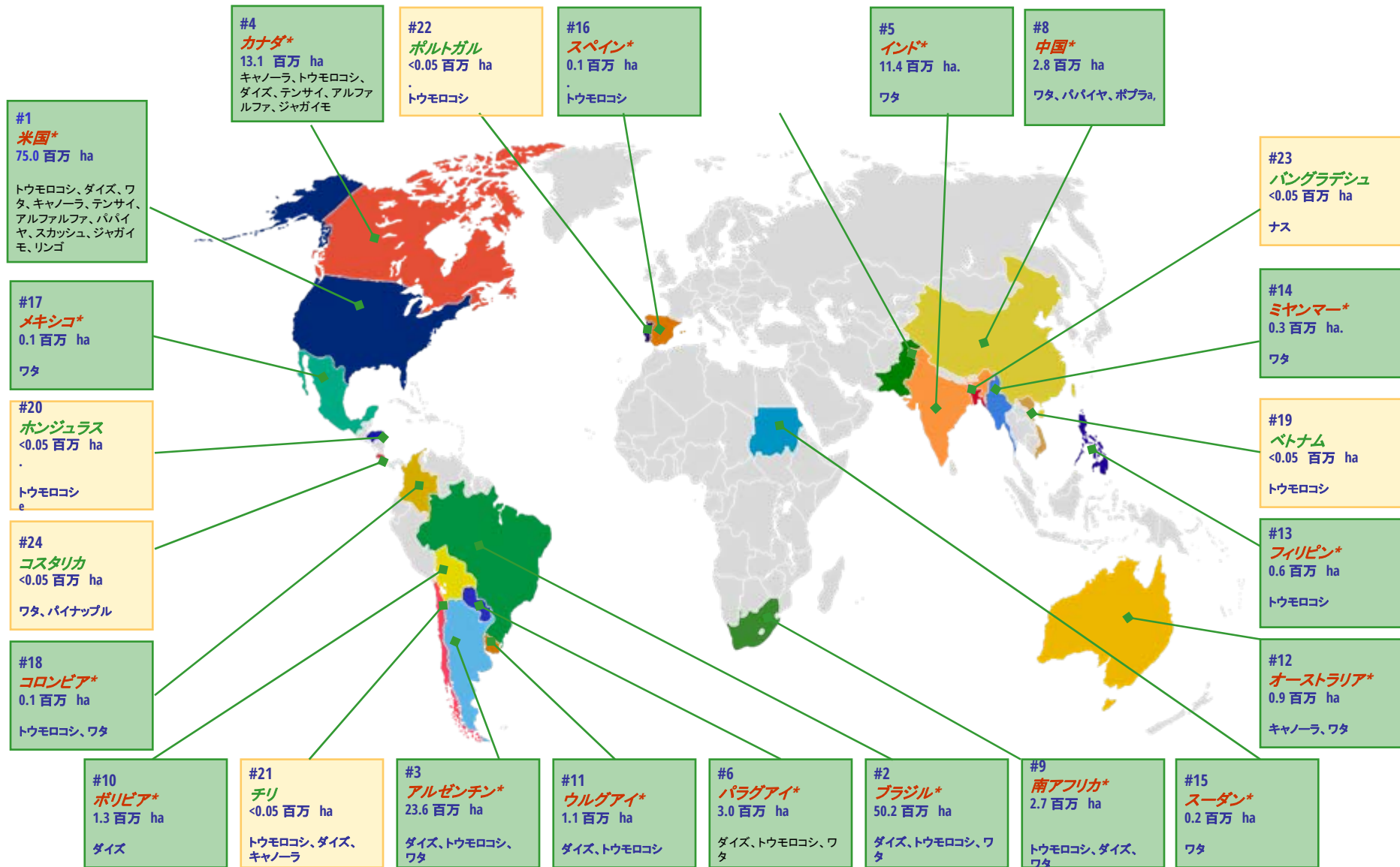
表 1. 2017 年度遺伝子組換え/ GM 作物の世界の栽培面積：国別（百万ヘクタール） **

順位	国	面積 (百万ヘクタール)	遺伝子組換え作物
1	米国*	75.0	トウモロコシ、ダイズ、ワタ、 キャノーラ、テンサイ、アルファ アルファ、パパイヤ、スカッシ ュ、ジャガイモ、リンゴ
2	ブラジル I*	50.2	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
3	アルゼンチン*	23.6	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
4	カナダ*	13.1	キャノーラ、トウモロコシ、ダイ ズ、テンサイ、アルファアルファ、 ジャガイモ
5	インド*	11.4	ワタ
6	パラグアイ*	3.0	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
7	パキスタン*	3.0	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	ボリビア*	1.3	ダイズ
11	ウルグアイ*	1.1	ダイズ、トウモロコシ
12	オーストラリア*	0.9	ワタ、キャノーラ
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	スペイン*	0.1	トウモロコシ
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	<0.1	トウモロコシ、ダイズ、キャノーラ
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
	合計	189.8	

*遺伝子組換え作物を 50,000 ヘクタール以上の栽培したメガ栽培 18 カ国

**100 万の位で*四捨五入した。

遺伝子組換え作物栽培国とそのメガ栽培国*, 2017



■ *50,000ヘクタール以上栽培しているメガ栽培国

出典: ISAAA, 2017.

図1. 遺伝子組換え作物栽培国とそのメガ栽培国*, 2017