



# ISAAA 概要書

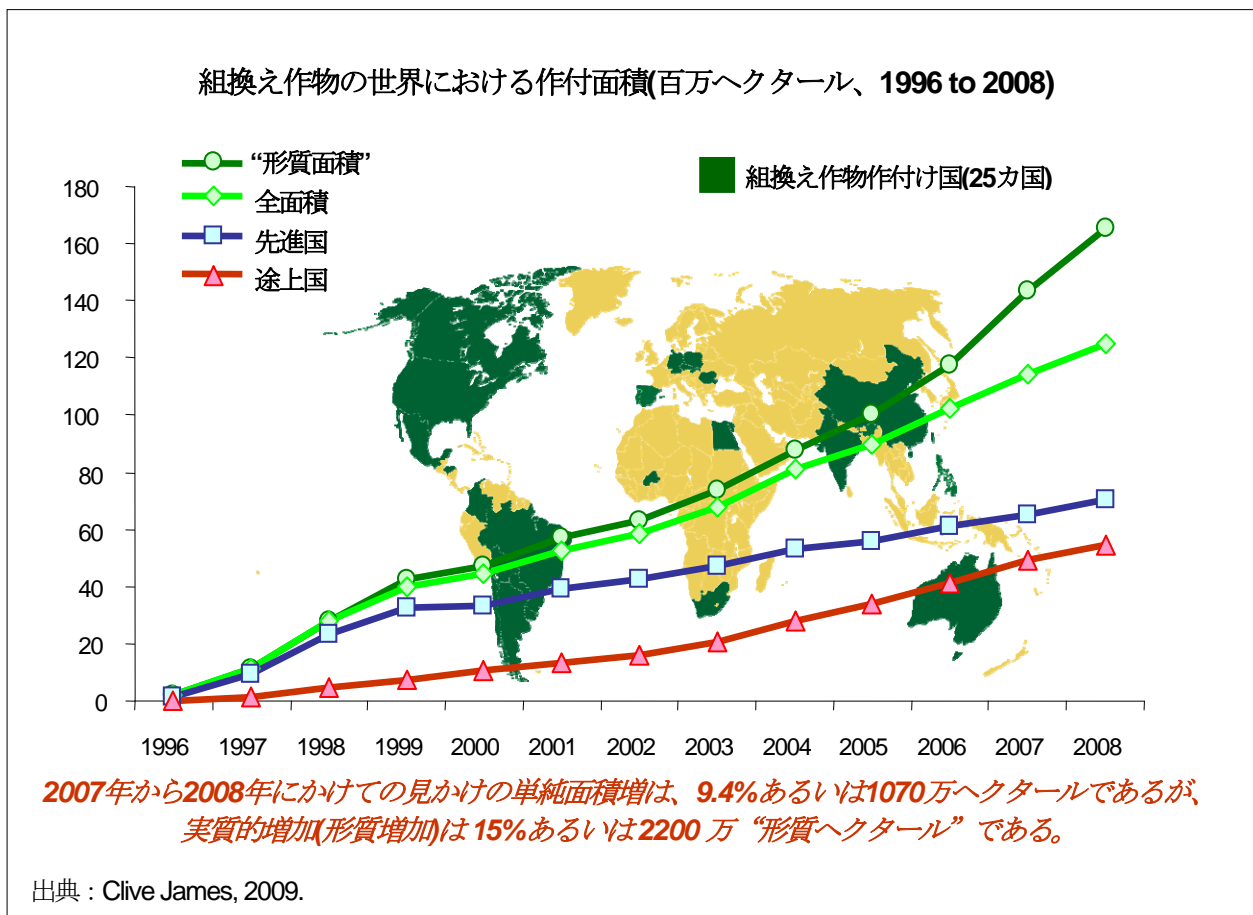
(BRIEF 39)

世界の遺伝子組み換え作物の商業栽培に関する状況：2008 年

著者

クライブ ジェームズ

ISAAA 創設者・理事会会長



共同スポンサー：ブッソレラ・ブランカ財団 (Fondazione Bussolera-Branca) (イタリア)  
イベルカハ (Ibercaja) (スペイン)  
ISAAA

ISAAA は、本概要書の作成およびその開発途上国への無償配布を支援するためのブッソレラ・ブランカ財団 (Fondazione Bussolera-Branca) 、イベルカハ (Ibercaja) による助成金に深く感謝する。この目的は、世界の食糧、飼料、繊維および燃料の確保およびより持続的な農業に対する寄与におけるその潜在的な役割に関して、より情報に基づき、透明性のある議論を促進するため、科学界および社会に遺伝子組換え作物に関する情報および知識を提供することである。著者(共同スポンサーではなく)は、この刊行物で述べられた見解および脱落あるいは誤解のいかなる過誤に対しても全責任を持つ。

発行者： 国際アグリバイオ事業団(ISAAA)

著作権者： ISAAA 2008。無断複写・転載を禁ず。ISAAA は概要書第 39 号の情報を世界で共有することを奨励するが、この刊行物のいかなる部分もいかなる形式または手段において電子的、機械的、コピーあるいは記録によってまたは著作権者の許可を得ずに複製することはできない。教育的あるいはその他の非商業目的のためのこの刊行物またはその一部の複製は、ISAAA より承認を得てから十分な謝意を持って行われることが奨励される。

出典： James, Clive. 2009. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. ISAAA Brief No. 39. ISAAA: Ithaca, NY

ISBN： 978-1-892456-44-3

刊行物の注文： 複製については、[publications@isaaa.org](mailto:publications@isaaa.org) 宛て ISAAA SEAsiaCenter までご連絡下さい。  
および価格 <http://www.isaaa.org> にてオンラインより、複製 1 部当たり 50 米ドルでご購入下さい。概要書第 39 号および要旨の完全版のハード・コピー 1 部当たりの価格は、宅配業者による速達便を含めて 50 米ドルです。また、開発途上国において本刊行物を必要とされる方々については無料で利用可能です。

ISAAA SEAsiaCenter  
c/o IIRI  
DAPO Box 7777  
Metro Manila, Philippines

ISAAA に関する情報： ISAAA の情報については、お近くのセンターまでご連絡下さい。

ISAAA AmeriCenter	ISAAA AfriCenter	ISAAA SEAsiaCenter
417 Bradfield Hall	c/o CIP	c/o IIRI
Cornell University	PO 25171	DAPO Box 7777
Ithaca NY 14853, U.S.A.	Nairobi, Kenya	Metro Manila, Philippines

電子メール： [info@isaaa.org](mailto:info@isaaa.org) へ電子メールでご連絡下さい。すべての ISAAA 概要書の要旨については、<http://www.isaaa.org> をご覧下さい。

## 世界の遺伝子組換え作物の商業栽培に関する状況：2008 年 最初の 13 年間 (1996 年から 2008 年)

### はじめに

この概要書は、2008 年の組換え作物のハイライトに焦点をあてたものである。その詳細は Brief 39 に記載されている。また Brief 39 は、従来種と組換え種のトウモロコシに関する早魃耐性の状況の特別記事も掲載している。

商業栽培開始 13 年目にあたる 2008 年、これまで一貫して得られてきた多大な経済的、環境面への、そして健康福祉的な利益が組み換え作物からもたらされた結果、何百万人も小規模貧困農家による栽培面積の増加が継続して見られた。2008 年には、いくつかの重要な分野での進歩が見られた—組換え作物の栽培面積の顕著な増加、世界中で栽培国と栽培農家の数が増加し、もっとも大きな課題を抱えているアフリカで複数の形質を併せ持つ「スタック」と呼ばれる品種の利用の大きな伸び、新規組換え作物の導入といった重要な進歩があったことが挙げられる。国際社会が直面している重要課題である食糧の確保、食糧価格高騰、環境持続性、貧困と飢餓の緩和、気候変動に起因する課題の緩和などへの組換え作物の貢献の可能性という面からみると極めて重要な進歩である。

組換え作物栽培国数が 25 に飛躍したことは、歴史的に大きなステップである。組換え作物の導入に関する新しい波が広い範囲での世界的な伸長の継続をもたらしたものである

2008 年に組換え作物栽培国数が 25 に達したことは、歴史的に大きなステップである (表 1、図 1)。組換え作物を栽培するようになった国の数は、1996 年の最初の商業化の 6 カ国から確実に増加をたどり、2003 年に 18、そして 2008 年には 25 となった。広い範囲で世界的な組換え作物栽培の増加にはいくつかの要素が貢献しているが、それらによって組換え作物の導入に関する新しい波が大きくなっているのである。これらの要素としては、組換え作物栽培国の増加 (3 つの新しい組換え作物栽培国の増加)、もっとも大きな課題を抱えている大陸であるアフリカでの進展、特に 2007 年には南アフリカ一つだったが、2008 年にはブルキナファソ、エジプトが加わって初めて 3 カ国が組換え作物栽培国となった。南米ではボリビアが初めて組換えダイズを栽培、既に組換え作物を栽培している国による新たな他の組換え作物栽培の導入 (ブラジルがトウモロコシ、オーストラリアがナタネを初めて栽培)、また新しい組換え作物である組換え甜菜の米国とカナダでの初めての商業化、そしてワタとトウモロコシのスタック形質が大きく伸びて世界中の 10 カ国で栽培されるようになったことがあげられる。この組換え作物導入の新しい波が、最初の組換え作物の導入の波と緊密に連携して起こったことにより、さらに広く確固とした面積拡大に貢献している。2008 年の特筆すべきことは、組換え作物栽培蓄積面積が初めて 20 億エーカー (8 億ヘクタール) を超えたことである。これは、最初の 10 億エーカーを越えた 2005 年からたった 3 年で達成したことになる。2008 年には、発展途上国が、先進国を 15 対 10 で凌駕したことになる。この傾向は将来 40 カ国またはそれ以上になるまで、あるいは 2015 年、つまり組換え作物商業化の 20 年目まで続くことが予想されている。偶然の一致であるが、2015 年は、「貧困と飢餓を半減する」ミレニアム開発目標の年である。この人道的ゴールに組換え作物が適切にしかも大きな貢献を達成できるのである。

### アフリカでの進展 — 二つの国、ブルキナファソとエジプトが初めて組換え栽培国に加わった

9 億人を超える人口をもち、世界人口の 14% を占めるアフリカ大陸は、一人当たりの食糧生産が減少しており、飢餓と栄養不良に三人に一人が苦しむ唯一の大陸である。組換え作物の商業化が始まって 12 年間、1996-2007 は、南アフリカが長い間組換え植物の商業化の利益を得ていたアフリカ大陸で唯一の国だった。アフリカは、組換え作物の導入と受容において最も大きな課題を持つ大陸として認識されていた。従って、ブルキナファソが、8,500 ha で Bt ワタの種子増殖と最初の商業化を決めたこと、そしてエジプトが初めて 700 ヘクタールの組換え Bt トウモロコシの商業栽培を始めたことは、アフリカ大陸における大きな戦略的な意味がある。これによって初めて、大陸の三つの主要な地域、南東アフリカでは南アフリカ、西アフリカではブルキナファソ、北アフリカではエジプト、において組換え作物の商業栽培のそれぞれ指導的な国ができたことになる。アフリカにおいて、このように広い地理上のカバーができたことは、これらの 3 カ国がそれぞれの地域のモデルとなっており多くのアフリカの農業者が組換え作物の実践

者となり直接に「実施することで学ぶこと」可能にするが、これは Bt ワタが中国とインドで成功を収めた際の重要な一面であったことが証明されている。2008 年 12 月には東アフリカの中軸組換え作物国のケニヤがバイオ安全法を制定した（2008 年末現在大統領の署名待ち）ことは組換え作物の導入を促進するであろう。

表 1. 2008 年の国別組換え作物作付面積（百万ヘクタール）

順位	国名	面積 (M ha)	組換え作物
1*	米国*	62.5	ダイズ、トウモロコシ、ワタ、ナタネ、スクワッシュ、パパイヤ、アルファルファ、テンサイ
2*	アルゼンチン*	21.0	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
3*	ブラジル*	15.8	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
4*	インド*	7.6	ワタ
5*	カナダ*	7.6	ナタネ、トウモロコシ、ダイズ、テンサイ
6*	チリー*	3.8	ワタ、トマト、ポプラ、ペチュニア、パパイヤ、ピーマン
7*	パラグアイ*	2.7	ダイズ
8*	南アフリカ*	1.8	トウモロコシ、ダイズ、ワタ
9*	ウルグアイ*	0.7	ダイズ、トウモロコシ
10*	ボリビア*	0.6	ダイズ
11*	フィリピン*	0.4	トウモロコシ
12*	オーストラリア*	0.2	ワタ、ナタネ、カーネーション
13*	メキシコ*	0.1	ワタ、ダイズ
14*	スペイン*	0.1	トウモロコシ <sup>e</sup>
15	チリー	<0.1	トウモロコシ、ダイズ、ナタネ
16	コロンビア	<0.1	ワタ、カーネーション
17	ホンジュラス	<0.1	トウモロコシ
18	ブルキナファソ	<0.1	ワタ
19	チェコ	<0.1	トウモロコシ
20	ルーマニア	<0.1	トウモロコシ
21	ポルトガル	<0.1	トウモロコシ
22	ドイツ	<0.1	トウモロコシ
23	ポーランド	<0.1	トウモロコシ
24	スロバキア	<0.1	トウモロコシ
25	エジプト	<0.1	トウモロコシ

\* 14 のメガ組換え作物国で、50,000 ha 以上の作付けがある。

出典: Clive James, 2008.

### ボリビアがラテンアメリカで9番目の組換え作物導入国となる

2008 年に新しく組換え作物国に加わった 3 つ目の国はラテンアメリカアンデス地域のボリビアである。ボリビアは世界 8 番目のダイズの生産地で、既に何年も大きな利益を除草剤耐性 RR<sup>®</sup>ダイズから得ている隣接国のブラジル、パラグアイに比べて今後は不利益をこうむらなくてよくなった。ボリビアは、ラテンアメリカで 9 番目の組換え作物の広い導入による利益を得る国になった。ラテンアメリカの 9 カ国をその栽培面積順にならべるとアルゼンチン、ブラジル、パラグアイ、ウルグアイ、ボリビア、メキシコ、チリー、コロンビア、ホンジュラスとなる。ボリビアは 2008 年に 600,000 ha の RR<sup>®</sup>ダイズを栽培した。

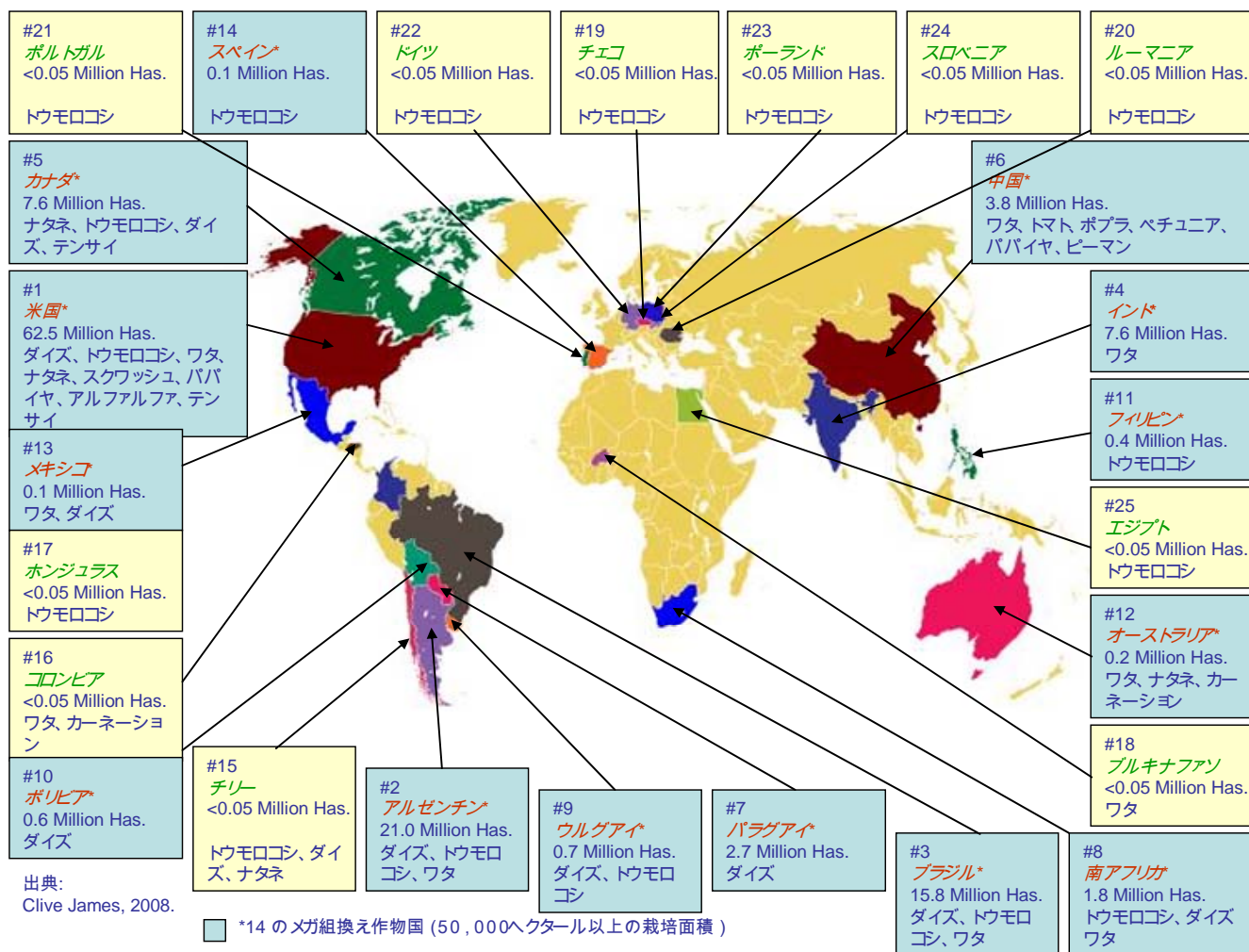


図1. 2008年の組換え作物作付け国とメガ作付け国

世界的な組換え作物栽培面積は、引き続き大きな伸びをしめして、2008年には1億2,500万ヘクタール、より正確には、1億6,600万「形質ヘクタール」に達する

世界的な組換え作物差倍面積は、引き続き大きな伸びを示して、2007年の1億1,430万ヘクタールからさらに増加して1億2,500万ヘクタールに達した。これは、見かけ上の面積で1,070万ヘクタールの増加（これはこの13年間で6番目の伸び）で9.4%の伸びに相当し、全体で1億2,500万ヘクタールに達するが、より実態を正確に表す「形質ヘクタール」で表すと、2,200万ヘクタール、すなわち15%の増加となり、見かけ上の伸びの倍に相当する。「形質ヘクタール」の考え方は、航空便による総旅行距離を計算する際に、航空機の「飛行距離」ではなく航空機1機に対して乗客一人以上搭乗しているとする「乗客飛行距離」を使うのと同じである。この方法によれば、2008年には2007年の1億4,370万ヘクタールから15%増加し、1億6,600万「形質ヘクタール」になる。最初に組換え作物を導入した国では、すでに主要な組換え作物であるトウモロコシやワタの導入レベルが最大限に近づいていることから、それらの国々での増加は想像通り、単一形質の組換えではなく「スタック形質」の増加によるところが大きい。たとえば、2008年には、米国では国全体のトウモロコシ作付面積3,530万ヘクタールのうち、驚くべきことに85%が組換え体であり、しかもその78%が2または3個の「スタック形質」のもので、単一形質のものは22%に過ぎなかった。SmartStaxという数種の形質を担う8個の遺伝子を入れたトウモロコシが米国で商業化されるのは、これからのたった2年後の2010年の予定である。同様に、米国、オーストラリア、南アフリカで栽培されているものの90%以上が組換えワタであり、その米国ではその75%が2形質スタック、オーストラリアでは81%、南アフリカでは19%がそうである。組換え作物では、スタック形質は、既に極めて重要なものになっており、組換え作物の伸長を正確に表すには「形質ヘクタール」が「ヘクタール」と同じく重要な指標となっている。特に1996年から2008年では74倍の



栽培面積増になり、これは農業で組換え作物が最も速く導入が進んだ作物ということになる。

2008年は、初めて1996年から2008年間の組換え作物栽培蓄積面積が初めて20億エーカー（8億ヘクタール）を超えたことになり、最初の10億エーカーを越えるのに2005年から10年かかったが、次の10億エーカーを達成するのに2008年までのわずか3年であった。注目すべきことは、組換え作物栽培国25のうち15が発展途上国であり、10カ国が先進国であるということである

最初の10億エーカーを2008年に越えるまでに10年かかったが、20億エーカー（8億ヘクタール）の達成はわずか3年後の2008年であった。30億エーカーを超えるのは2011年と予測されている。そして2015年（ミレニアム開発目標の年）には40億エーカー（16億ヘクタール）を超えると予想されている。2008年には、組換え作物栽培国は25になり、そのうち15が途上国で、10が先進国であった。上位8カ国はそれぞれ、100万ヘクタール以上の増加があり、それらは降順に米国（6,250万ヘクタール）、アルゼンチン（2,100万ヘクタール）、ブラジル（1,580万ヘクタール）、インド（760万ヘクタール）、カナダ（760万ヘクタール）、中国（380万ヘクタール）、パラグアイ（270万ヘクタール）南アフリカ（180万ヘクタール）であった。途上国がますます重要な役割を果たしてくる傾向が定着し、特にインドが23%増加を2007年から2008年の間に上げ、2008年のランキングでほんの少しの差でカナダを凌いで4位を奪った。他の17の国々は2008年の栽培面積の多い順に、ウルグアイ、ボリビア、フィリピン、オーストラリア、メキシコ、スペイン、チリ、コロンビア、ホンジュラス、ブルキナファソ、チェコ、ルーマニア、ポルトガル、ドイツ、ポーランド、スロバキア、エジプトであった。2008年の強い伸長は、将来にわたり広い範囲で安定した世界的な組換え作物栽培の伸長をもたらすものである。

特に1996年から2008年の成長は空前の74倍になり、これは近年の農業の歴史の上で最も速く導入が進んだ作物ということになる。このような非常に速い速度で農家に導入されていることは、組換え作物が常によく期待に応え、経済的、環境的、健康及び社会への恩恵を、途上国と先進国の小規模、大規模双方の農家に十分に得ている事実を表している。この高い導入速度は、何100万人もの農家の強い支持の結果であり、これまで13年間にわたり25カ国の延べ7,000万人の農家が毎年毎年組換え作物の栽培面積を増やし、現場で手を下し、自分であるいは隣の圃場を見て決断を下してきたことを表している。100%に近い率で繰り返し栽培されていることは、より容易で柔軟な作物管理、低コスト生産、高い生産性あるいは面積あたりの高い収益の還元、健康・社会的恩恵、明らかに環境により従来殺虫剤の使用減などに農家が満足していることを反映したものであり、このことすべてが総合的により持続的農業に貢献している。引き続いての急速な組換え作物導入は、小規模農家も大規模農家も、消費者も社会も、途上国でも、先進国でも大きな恒常的な恩恵を得ている事実にはほかならない。

### 新しい組換え作物であるRR<sup>®</sup>甜菜が初めて米国とカナダで商業化される

2008年には、新しい組換え作物であるRR<sup>®</sup>甜菜が世界で初めて米国と小面積であるがカナダで商業化された。特に米国前作付面積の437,246 haの59%（導入初年としては最大）、すなわち257,975 haが組換え体であった。2009年は90%近くになると予想されている。RR<sup>®</sup>甜菜の成功は数カ国ですでにかなり先端的な開発段階にあるサトウキビ（世界の砂糖生産の80%はサトウキビによる）の組換え形質開発にも好影響を与える意味を持つている。

### エジプト、ブルキナファソ、ボリビア、ブラジル、オーストラリアの5カ国で他の国で既に商業化されている組換え作物が初めて導入された

エジプト、ブルキナファソ、ボリビア、ブラジル、オーストラリアは、他の国で既に商業化されている組換え作物を初めて導入した。エジプトは、Bt トウモロコシ、ブルキナファソは、Bt ワタ、ボリビアは、RR<sup>®</sup>ダイズを導入した。既に組換え作物を栽培していたが、新たに他の組換え作物を入れた国としてブラジルが Bt トウモロコシ、オーストラリアが組換えナタネを初めて栽培した。2008年の主要組換え作物の世界的開発の広さと深さは極めて大きなもので2006年から2015年の商業化第二期10年の残り7年における更なる成長の硬い基盤を築いたものである。2008年には、25カ国の組換え栽培国の3分の2にあたる17カ国（2007年と同じ）が組換えトウモロコシを栽培し、10カ国（9からアップ）が組換えダイズを栽培、10カ国（9からアップ）が組換えワタを栽培、3カ国（2007年の2

からアップ) が組換えナタネを栽培した。加えて 2 カ国、米国と中国がウイルス耐性パパイヤを栽培、オーストラリアとコロンビアの 2 カ国が組換えカーネーションの栽培、中国で小面積での Bt ポプラの栽培、米国で組換えスクワッシュとアルファルファの栽培が行なわれた。

## 作物別導入

2008 年も組換えダイズが主要な位置をしめ、6,580 万ヘクタールで世界全体の組換え作物栽培面積の 53%を占め、続いて組換えトウモロコシ (3,730 万ヘクタール、30%)、組換えワタ (1,550 万ヘクタール、12%)、組換えナタネ (590 万ヘクタール、世界での組換え作物栽培面積の 5%) であった。

## 形質別導入

1996 年の商業化開始から 2008 年までの間、除草剤耐性形質が常に大きな位置を占めてきた。2008 年には除草剤耐性を持つダイズ、トウモロコシ、ナタネ、ワタ、アルファルファが世界全体の組換え作物作付け面積 1 億 2,500 万ヘクタールの 63%にあたる 7,900 万ヘクタールを占めた。二重三重の形質を入れたスタック形質は、その栽培 2 年目になる 2008 年には害虫耐性品種の 1,910 万ヘクタール (15%) をしのぐ大きな面積 (2,690 万ヘクタール、すなわち全組換え作物面積の 22%) を占めるようになった。スタック形質品種は、除草剤耐性品種の 9%、そして害虫耐性品種の 6%をはるかに超える最も速い 23%の成長を 2007 年から 2008 年の間に達成した。

「スタック」品種は、ますます組換え作物のなかで重要性を増している。10 カ国が「スタック」品種を 2008 年に栽培した

「スタック」品種はますます組換え作物のなかで重要性を増し、将来に向かって農家や消費者の様々の要望に叶えるものであり、現在米国、カナダ、フィリピン、オーストラリア、メキシコ、南アフリカ、ホンジュラス、チリ、コロンビア、アルゼンチン、(10 カ国中 7 カ国が途上国) の 10 カ国でさらに広く使われている。さらに多くの国が将来「スタック」品種を使うと予想される。全体としては、2007 年の 2,180 万ヘクタールであった「スタック」品種の栽培は、2008 年には 2,690 万ヘクタールとなった。2008 年米国は、6,250 万ヘクタールの全栽培面積の 41%を「スタック」品種が占めて他をリードしている。これには 75%のワタ、78%のトウモロコシが含まれる。また「スタック」品種の中で米国において最も急速に増えているのは三重「スタック」品種 (2 種類の害虫耐性プラス除草剤耐性) のものである。トウモロコシの害虫と除草剤の二重「スタック」品種もまたフィリピンで急速に増えているもので 2007 年 25%だったのが 2008 年には 57%となった。8 個の異なる遺伝子の導入により数種の害虫抵抗性と除草剤耐性を備えた「スタック」品種、SmartStax、が米国で 2010 年に商業化されると予定されている。将来の「スタック」品種は、害虫抵抗性や除草剤耐性、早魘耐性のような農学的な形質に加えて、ダイズにおける高いオメガ-3 オイル生産やゴールドライスによるプロビタミン A の増強といった作物の性質への新しい形質の導入との組み合わせたものになると予想される。

組換え作物栽培農家は、2008 年には 130 万人増加して世界 25 カ国で 1,330 万人に達した。特にこのうち 90%にあたる 1,230 万人は、小規模で資産のない発展途上国の農家である

2008 年には世界 25 カ国の多くの農家が組換え作物栽培によって恩恵を受けその数は、2007 年よりも 130 万人に増えて、1,330 万人に達した。2008 年に恩恵を受けた世界で 1,330 万人 (2007 年の 1,200 万人からアップ) のうち際立っていることはその 90%以上にあたる 1,230 万人 (2007 年の 1,100 万人からアップ) が小規模で資産のない発展途上国の農家であったことである。残りの 100 万人は先進国の米国、カナダと途上国ではアルゼンチン、ブラジルなどの大農家である。1,230 万人の小規模で資産のない農家の大部分は Bt ワタ農家で、710 万人が中国(Bt ワタ)、500 万人がインド (Bt ワタ)、残りは、フィリピンの 200,000 人 (組換えトウモロコシ)、南アフリカ (組換えワタ、トウモロコシ、ダイズが女性の農民によって栽培)、他の途上国 8 カ国が組換え作物を栽培した。2008 年に最も利益を受けた農家が増えたのはインドで 120 万人以上が Bt ワタを栽培した小農家で全ワタ栽培の 82%を占めた。2007 年は、66%であった。小規模で資産のない農家の組換え作物からの収入増は、彼らの貧困の緩和への貢献の最初の一步

となっている。商業化の第二期 10 年となる 2006 年から 2015 年の間に、2015 年までに貧困を半分にするというミレニアム開発目標（Millennium Development Goals、MDG）へ大きく貢献する可能性を有している。

中国では、1,000 万以上の小規模で資産のない農家が Bt ワタの二次的な恩恵を受けているであろう

Wu らによる 2008 年の参考的な報告によると Bt ワタの利用によって中国北部 6 省でオオタバコガの制御が行われたことともないワタ以外のトウモロコシ、ダイズ、小麦、ピーナッツ、各種野菜などオオタバコガの宿主になる作物が食される被害を 10 分の 1 に減らすことができた。これら 6 省で 500 万人の農家が 300 万ヘクタールを栽培しているワタに対して、これらの作物は 1,000 万人の農家が 2,200 万ヘクタールの土地で栽培している。Wu らの第一報は次の二つの点で重要である。第一に、Bt ワタは、ワタに対する被害への知られている効果以上にもっと広い大きな効果をもたらしているかもしれないこと、第二に、小規模で資産のない農家が多種の作物の混合栽培をしているインドのような国において、中国と同じくオオタバコガが制御のために Bt ワタを集中して導入することによって同様の効果が得られるかもしれないことを示唆している。

組換え作物は、小規模で資産のない農家の収入とその家族の生活の質を向上させて、その貧困を緩和するように改善している。インド、中国、南アメリカ、フィリピンについて行なわれたケーススタディから

2008 年にインドでは、500 万人の小農家（2007 年の 380 万人からアップ）が 760 万ヘクタール（82%の高い導入率）の Bt ワタを栽培して恩恵を得た。その恩恵の程度は、害虫の食害の程度が年や場所によって変化するのに連動して変化した。しかしながら平均で控えめな推定でも小規模農家は 31%の収入増、39%の農薬使用の減があつて、ヘクタールあたり 88%の収益即ち 250 米ドル相当の収益増があつた。加えて従来品種の栽培者の家族と比較して Bt ワタ農家の家族は、生活福祉、例えば乳幼児の面倒、家庭での出産の手伝い、子供の就学率、ワクチン接種の増加などの恩恵を受けられるようになった。

中国農業政策センターの調査によると、中国で Bt ワタを導入した小規模農家は、9.6%の収入増、60%の殺虫剤使用減により環境と農民の健康へのよい効果を楽しみ、一般の農家の収入が 1 日当たり 1 米ドルである彼らにとり、ヘクタールあたり 220 米ドルの収入を得るという大きな家計への貢献をもたらした。中国では 2008 年に 710 万人の小規模で資産のない農家が利益を Bt ワタから得た。

南アフリカでは 2005 年に行った 368 の小規模で資産のない農家に関する調査と 33 の商業農家の調査結果が報告された。後者は灌漑農地と乾燥地におけるトウモロコシ生産の二部にわかれている。灌漑条件では Bt トウモロコシは 11%の収量増（ヘクタールあたり 10.9 トンから 12.1 トン）、60%のコスト削減となるヘクタールあたり 18 米ドルの殺虫剤の節約、そしてヘクタールあたり 117 米ドルの収入増であつた。雨水に頼る条件では Bt トウモロコシは、11%の収量増（ヘクタールあたり 3.1 トンから 3.4 トン）、60%のコスト削減となるヘクタールあたり 7 米ドルの殺虫剤の節約、そしてヘクタールあたり 35 米ドルの収入増であつた。

フィリピンでは、少なくとも 200,000 人の小農家が 2008 年に組換えトウモロコシで利益を得た。社会経済影響調査によると 2003-2004 の収穫年では小農家が Bt トウモロコシから得た付加的収入は、乾季ではヘクタールあたり 7,482 ペソ（約 135 米ドル）で、雨季では 7,080 ペソ（約 125 米ドル）であつた。2004-2005 収穫年のデータによると、雨季では 5-14%、乾季では 20-48%の全体としての収入増があつた。この 4 つの調査により、総収入をはじめとする要因から、フィリピンの小規模で資産のない農家にとって、Bt トウモロコシが総体的にポジティブな貢献をすることが確認された。

5 つの主要な発展途上国、中国、インド、アルゼンチン、ブラジル、南アフリカが組換え作物導入の積極的なリーダーシップを発揮しており、組換え作物からの恩恵が強い政治的意思を動かし多大な組換え作物への投資に拍車をかけている

組換え作物を導入した 5 つの主要な発展途上国は、南にある 3 つの全大陸にわたる。すなわちアジア大陸のインドと



中国、ラテンアメリカのアルゼンチンとブラジル、アフリカ大陸の南アフリカである。－これらの国々を合わせると13億人の農業のみを生計としている人々を含む世界人口の40%にあたる26億人が住んでいるそしてこの中には、世界の貧困層の大部分を占める何百万もの小規模および資源の少ない農家と地方の土地を持たない農家を含んでいる。5つの主要な発展途上国のますます大きくなるインパクトは、これから世界的に継続的に組換え作物の導入と受容性を上げていくために重要な流れを推し進めるであろう。Brief39では、この5カ国について各組換え作物の導入の現況、そのインパクト、そして将来見通しについての広範囲にわたる解説をしつつ詳細な解析を行っている。これらの国での作物バイオテクノロジーの研究開発投資は、多国籍企業と比較してもかなり大きなものである。特に、2008年に中国は、12年にわたってさらに35億米ドルを投資すると首相温家宝（中国の国務院/内閣の議長）が中国の強い政治的意志を表している。これは2008年6月の中国科学アカデミーの席において「食糧問題を解決するために、大きな科学と技術に、また、バイオテクノロジーに、そしてGMに頼らなければならない。」表明した。Dr. Dafang Huang（中国農業科学アカデミーのバイオテクノロジー研究所の前所長）は、「GM イネが、増大する食糧要求に応えられる唯一の手段である」と結論した。

ブラジル大統領 Luis Inacio Lula da Silva も同様の強い政治的意思を組換え植物に示し、中国と同じくブラジル自身のものについてブラジル全国農業研究組織（EMBRAPA）を通して承認する方向に進め、中国と同じ程度の公的資金を投入すること示した。同様に、インドはおよそ15種の組換え作物の研究に安定的に約3億米ドルの公的資金を投資している。その最初は、公的機関が開発した Bt ワタで2008年に承認された。インドの組換え作物への政治的な意志と支援の高さは、インドの大蔵大臣 P. Chidambaram 博士の以下の声明で明らかである。即ちインドの食糧自給を行う食糧生産地域での Bt ワタの見事な成功談を讃えている。「バイオテクノロジーを農業に適用することは重要である。Bt ワタでなされたことが穀物生産でもなさなければならない。」（Chidambaram, 2007）。南-南共同の戦略的に重要な概念がすでに中国の最初の Bt ワタ開発をもって中国とインドの間で既に現実のものになっていて、すでにインドで採用され市場に流通していることは、特筆すべきことである。これは、たいへん重大で非常に重要な新しい流れのはじまりである。

より入手容易な食糧の生産ため、そして、気候変動による課題を緩和しようとする試みの成功の可能性があるために、組換え作物は、世界的な政治団体からさらなる政治的な支持が増えている。

- ・2008年7月に日本の北海道でG8メンバーは、初めて、組換え作物が食糧安全保障で演ずることができる重要な役割の重要性を認めた。組換え作物のG8リーダーの記載は以下の通りである。－「研究開発を速めて、農業生産を促進するために、新しい農業テクノロジーを取り込む機会を増やすこと。また、我々は、バイオテクノロジーを通して開発される様々の種子の役割を含め科学に基本をおいたリスク分析を促進する。」
- ・ECは、以下のように述べている。「GM作物は、食糧危機の影響を緩和する重要な役割を果たすことができる。」
- ・世界保健機関（WHO）は、組換え作物の重要性をより栄養価の高い食糧供給、食品アレルギーの減少、生産性の向上の可能性から得られる公衆衛生機関への貢献という点から強調している。

EU7カ国全てにおいて2008年はBt トウモロコシを栽培している面積が増加して、全体の増加は21%、これで全面積が100,000ヘクタールを超えた

2008年にEU27カ国のうち7カ国が商業ベースで公式にBt トウモロコシを栽培した。7カ国の総面積は2007年の88,673ヘクタールから2008年には107,719ヘクタールに増加した。これは21%の年率増加で、19,046ヘクタールの増加に相当する。7カ国をBt トウモロコシの作付面積順に並べると、スペイン、チェコ、ルーマニア、ポルトガル、ドイツ、ポーランド、スロバキアとなる。

組換え作物の持続性へ貢献：組換え作物の多様な貢献は大きな可能性を秘めている

環境および開発にかかる世界委員会（World Commission on the Environment and Development）は、持続的開発を次のように定義している。すなわち「持続的開発とはこれからの世代のニーズを満たす能力を損なうことなく我々の現在のニーズを満たすことである」

今日まで組換え作物は、持続的発展に様々の方法で貢献してきておりそれを以下にリストアップする。

1. 食糧安全保障と食料をより入手しやすく(安価に)提供することへの貢献
2. 生物多様性の保全、
3. 貧困と飢餓の緩和、
4. 農業の環境への負担 (footprint) の減少
5. 気候変動の緩和と、温室ガスを減少、
6. バイオ燃料のより効率的な生産への貢献、
7. 持続的経済効果への貢献。

#### 1. 食糧安全保障とより入手しやすい(安価な)食料の提供

組換え作物は、食糧供給の増加（ヘクタール当たりの生産）、また同時に生産コストの低減（様々の物資の投入減少、耕起や殺虫剤の減少）、さらにそれに付随するトラクターへの化石燃料の使用を減らすことによる気候変動への負荷の減少を通して食糧の確保とより入手しやすい食料の提供に重要な役割を果たすことができる。1996年から2007年の間に440億米ドルの経済価値があった中で、44%は顕著な穀物生産増、56%は生産コストの低減による。2007年には、全作物の生産増は大まかに4つの主要作物（ダイズ、トウモロコシ、ワタ、ナタネ）で3,200万トンであり、これは、組換え作物を使わなければ1,000万ヘクタールの新たなる土地に相当するものである。3,200万トンの組換え作物による作物増産は、1,510万トンのトウモロコシ、1,450万トンのダイズ、200万トンのワタ、50万トンのナタネによるものである。1996-2007年については、生産増は、1億4,100万トンである。2007年の平均収量で見ると組換え作物を作らなければ、4,300万ヘクタールの土地が新たに必要だったことになる。(Brookes and Barfoot, 2009, 近日出版)<sup>1</sup>。このように、バイオテクノロジーは、すでに組換え作物で生産性の向上、生産コストの低下という貢献をしている。また、米や小麦のような主要食料や貧困層向け食品であるキャッサバがバイオテクノロジーから利益を得るとき、非常に大きな未来が広がる。

非生物的なストレスの制御短い期間出進歩しており、早魃耐性が米国では2012年あるいはそれよりも早く、そして、アフリカのサブサハラ地域では2017年までに利用可能になるとされている。コメ（世界の貧しい地域で最も重要な食糧作物）は、供給増加に独特の方策がある。つまりより安い食物（Bt米）やより栄養価の高い食糧（高いプロビタミンA、ゴールデンライス）の提供が可能である。中国で承認を待っている組換えイネは食糧安全保障、低い食料品価格と貧困の緩和に非常に大きな可能性を秘めている。

#### 2. 生物多様性の保全

組換え作物は、土地節減型テクノロジー、すなわち、現在ある耕地15億ヘクタールをより高い生産性とすることで、森林伐採を防ぎ、森林やその他の地域での生物多様性の保護ができるようになる。およそ1,300万ヘクタールの生物多様性の豊富な森林が毎年発展途上国で失われている。1996年～2007年の間に、組換え作物はさらなる4,300万ヘクタールの農地の拡大をすでに不要にしたが、その将来への可能性は、さらにはかりしれないほど大きい。

#### 3. 貧困と飢餓の緩和への貢献

世界の最も貧しい人々の50のパーセントは小さくて資源の少ない農民であり、20%は地方で自分の土地を持たない完全に農業に依存している人々である。このように、小さくて資源の少ない農民の収入を増やすことは、直接世界の最も貧しい人々のかなりの大多数（70%）の貧困緩和に役に立っている。現在まで、インド、中国と南アフリカでの組換えワタとフィリピンと南アフリカの組換えトウモロコシは、1,200万人以上の貧しい農民の収入に大きな貢献をすでにした。そして、これは商業化（2006年～2015年）の第2期の10年の残りの7年でより一層の結果が期待できる。特別に意義があるのは、組換え作物が、アジアの2億5,000万の貧しいイネ依存農家（一家庭に4人家族がいるとして約10億人の人々）のためになる可能性を秘めていることである。彼らは1日1米ドル程度の低収入を平均0.5ヘクタールのイネから得て生活している世界で最も貧しい人々である。

---

<sup>1</sup> Brookes and Barfoot, 2009, *GM Crops: Global Socio-economic and Environmental Impacts 1996-2007*, P.G. Economics Ltd., Dochester, UK, forthcoming.

多くの発展が組換え作物の商業化の最初の13年でなされたことは明白である。しかし、現在までの進歩は第2期の10年(2006年~2015年)における発展の可能性から比較するとまさに「氷山のひとかけら」に過ぎない。組換え作物商業化の第2期の10年の最後の年である2015年がミレニアム開発目標(MDG)のゴールの年でもあることは幸運な偶然の一致である。そして北側からも南側からも、また、公共セクターからも民間セクターからも、ミレニアム開発目標(MDG)の達成とより持続的な農業の将来に向けて、組換え作物がどのような貢献ができるのかを明確に設定する特別の機会を、2009年の今、世界のバイオテクノロジーコミュニティに与えているのである。これは、世界の組換え作物のコミュニティに2015年のMDGのゴールに到達できる組換え作物のための行動計画を実行する7年が与えられたものと言える。

#### 4. 農業の環境への負担 (footprint) の減少

従来の農業はかなり環境に影響を与えたが、バイオテクノロジーはその農業の環境への負担 (footprint) の減少を可能にする。最初の10年における進歩は、殺虫剤の削減、不耕起あるいは最少耕起によるCO<sub>2</sub>排出の減少による化石燃料の節約、除草剤耐性の利用による不耕起栽培の適正化を通じた土壌と湿度の保全に成功している。1996年~2007年間の農薬の累積的な削減は、359,000トンの活性成分(a.i.) (農薬の9%の削減)と推定された。これは、個々の活性成分の総合的な環境への影響に関与しているいろいろな要因に基づく複合指標である環境影響係数 (Environmental Impact Quotient, EIQ) で測定すると、これらの作物への農薬使用に関連する環境影響の17.2%減少に等しい。2007年だけの年度の対応するデータでは、77,000トンの活性成分の削減(農薬の18%の削減と等価)、そしてEIQ (ブルックスとBarfoot, 2009、近日出版) では29%の減少になった。

水使用の効率を上昇させることは、世界的に水の保全と利用可能性に大きな影響を及ぼしている。70パーセントの淡水が世界的に農業に現在使われており、人口が現在のほぼ50%増加して2050年までに92億になると、これは明らかに持続可能でない。一定の早魘耐性を持つ最初の組換えトウモロコシハイブリッドは、2012年または、米国ではそれよりもやや早く、ネブラスカやカンザスのようにより早魘が起りやすい州で8~10%の産出高増加見込んだ商業化が予定されている。特に、最初の熱帯早魘耐性の組換えトウモロコシは、サブサハラ地域aのために2017年までにできると予定されている。温暖な先進国向けの早魘耐性組換えトウモロコシの出現は重要な一ステップで、アフリカのサブサハラ地域、ラテンアメリカとアジアの熱帯の早魘耐性トウモロコシよりも大きな意義があるともいえる。早魘耐性は、従来品種より収量が最大20%増となる小麦(オーストラリアで最初の圃場試験でよい成果をおさめた)を含むいくつかの作物にも取り入れられている。特に早魘耐性が世界的により持続的な作物体系に大きな影響を与えることと予想されている。特に途上国で先進国よりも頻繁且つ厳しい早魘が起こるところで大きな影響を与えることになる。

#### 5. 気候変動の軽減と、温室効果ガス(GHG)の削減

環境に対する重要で緊急の懸念に対しては、温室効果ガスを削減し、気候変動を緩和するために以下の二つの面で組換え作物が貢献すると考えられる。第一は、殺虫剤と除草剤の散布の減少ともなう化石燃料の利用の減少を通じた永続的な二酸化炭素放出の削減であり、たとえば2007年には11億kgの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を低減したと推定される。これは、50万台の自家用車を路上から減らすことに等しかった。第二に、食品、飼料と繊維生産のための組換え作物による環境保全型耕起(除草剤耐性組換え作物の栽培で、耕す必要が少なく、あるいはなくなる)による土壌炭素の保持が2007年に131億kgのCO<sub>2</sub>に相当し、これは、580万台の車を使わなかったことに相当する。このように2007年に、永続的あるいは追加的炭素の減少は、142億kgのCO<sub>2</sub>相当の削減または、630万台の車を使わなかったことに等しいことになる (Brookes と Barfoot, 2009、近日出版)。

早魘、洪水と温度変化は、より頻繁に、より厳しくなると予測される。そして、それゆえに、より速い気象変化に対応する品種やハイブリッド育成のより迅速な作物改良プログラムが必要になっている。組織培養、診断法、ジェノミクス、分子マーカー法(MAS)、遺伝子工学などのバイオテクノロジーのいくつかの手法を「育種を早める」ために組み合わせて使うことが大切であり、これが気候変動の影響の緩和の助けとなる。組換え作物によって、かなりの農地の耕起が必要でなくなっており、土壌と湿気を保全してCO<sub>2</sub>を保持するだけでなく、農薬噴霧を減らすことでCO<sub>2</sub>排出を減らすことにすでに貢献を果たしている。

#### 6. バイオ燃料の高費用効果生産への貢献

バイオテクノロジーはコスト的に効率よく第一世代の食料、飼料と繊維作物のみならず、第二世代のエネルギー作物のヘクタールあたりのバイオマス生産性を最適化するために利用可能である。非生物学的なストレス（旱魃、塩分、極限温度）と生物学的ストレス（害虫、雑草、病気）に耐性な作物を開発する以外に、植物代謝を改善してヘクタールあたりの生産性の上限を上げることも可能である。バイオテクノロジーをより下流のバイオ燃料生産プロセス向けの効率の高い酵素を開発するためにも使える。米国では、Ceres社がまさに今、組換え技術以外のバイオテクノロジー手法を用いてセルロース含量を高めたスイッチグラスとソルガムをエタノール生産のために開発し、さらに組換えの品種も開発中である。

#### 7. 持続可能な経済利益に貢献

1996年～2007年間の組換え作物の世界的なインパクトに関する最近の調査（Brookes and Barfoot 2009、近日出版）では、組換え作物栽培農家が得た世界全体の経済利益は、2007年のみで100億米ドル（発展途上国で60億米ドルと先進国で40億米ドル）であったと見積っている。1996年～2007年間の蓄積では、途上国と先進国ともに220億米ドルで総計440億米ドルであったと推定される。これらの推定は、組換えダイズを二毛作にとまうアルゼンチンの極めて重要な利益も含まれている。

要約すると、上記の7つの推進効果を合わせると組換え作物の持続性への貢献は極めて大きく、また将来の可能性は巨大であると結論できる。

#### 国家経済成長・農業ベースの国と工業国への変換期にある発展途上国への組換え作物の潜在的貢献度

2008年の世界銀行開発レポート「開発のための農業」（世界銀行、2008）<sup>2</sup>によると世界の農業の付加価値の3分の2は発展途上国でつくられている。そこでは、農業が重要な産業である。このレポートでは、各国を3つのカテゴリーに分けた。：a) 農業ベースの国：農業が平均してGDPの3分の1を占め、労働力の3分の2を使っている。このカテゴリーには主にアフリカのサブサハラ地域の4億人以上の貧しい人々が入り、これらの貧しい人々の80%以上は農業に従事している。b) 変換期にある国：このカテゴリーは中国、インド、インドネシアとルーマニアを含む。平均して、農業は、GDPの7%を占めるが、貧しい人々の80%が地方にいて、ほとんどが農業に従事している。このカテゴリーには、22億人の農村の人々が入る。約98%の南アジアの膨大な農村人口、96%の東アジアと太平洋の人口とおよそ92%の中東と北アフリカが変換期にある国に暮らしている。c) 都市化された国：このカテゴリーでは農業が最も重要性が低く、GDPの5%以下しかない。そして、貧困層はほとんど都市部に住む。

農業成長がない場合、国家経済成長は、農業ベースの国で不可能であり、22億人の地方人口が主に農業に従事しており、貧困層の80%以上を占める変換期にある途上国では、農業が重要な役割を演じている。世界銀行報告は、「農業ベースの国の経済成長の基盤として農業を考えるならば小農家の生産性革命が必要である」と述べている。食糧、飼料、繊維の主要な源であり、毎年世界でおよそ65億トン生産されている。作物の生産性、作物生産、地方経済の発展に技術が果たす役割が極めて大きいことは歴史の語るところである。最もよい例は、1930年代の米国のハイブリッドトウモロコシの新技术の導入と1960年代の発展途上国（特にアジア）の米と小麦の緑の革命である。半矮性小麦は、1960年代の緑の革命の間に地方で国家経済成長のエンジンの役割を果たし、10億人を飢えから救った。そして、Norman Borlaug博士が1970年にノーベル平和賞を与えられたゆえである。今日、94歳のNorman Borlaug博士は、再び組換え作物新技术の最も信頼できる主唱者で、ISAAAの熱心な後援者である。

中国ですでに開発されて、圃場試験されている組換えBtイネは、中国で1億1000万の貧しい米に依存する農家が1ヘクタールにつきおよそ100米ドル純利益を増やす可能性があり、これは、中国の農村では1戸当たり4人いるので4億4000万人に等しいことになる。要約すると、組換え作物は、すでにかなり生産性増大と収入を増やすことが示されている。それゆえに、組換え作物が地方の経済成長のエンジンとして働き、世界的な財政危機の間に世界の小さく資源のほとんどない農家の貧困の緩和に貢献することができる。

<sup>2</sup> World Bank, 2008. *The World Development Report, Agriculture for Development*, World Bank, Washington DC.



2008年に、世界の住民の半分以上が25カ国に住んでいる。その国々は1億2500万ヘクタールの組換え作物を栽培した。これは世界のすべての耕地の15億ヘクタールの8%に等しかった

66億の世界的な人口の半分（55%または36億人）が2008年に組換え作物を栽培した25カ国に住んでおり、2007年には世界で100億米ドル以上に相当するさまざまな利益を生み出した。特に、世界の耕地の15億ヘクタールの半分（52%または7億7600万ヘクタール）が25カ国にあり、そこに承認された組換え作物が2008年に作付けされた。2008年に組換え作物を栽培した1億2500万ヘクタールは、世界の耕地15億ヘクタールの8%に相当する。

コスト的、時間的に効率性が高く、責任を果たし厳密ではあるが、必要以上に煩雑ではなく大部分の発展途上国が手に出来る範囲内にある適度の資源だけを必要とする適切な規制システムの必要性

大部分の発展途上国の組換え作物の導入に最も重大な制約として、13年にわたる経験をとすべての知識を取り入れた責任を果たし厳密ではあるが必要以上に煩雑でないコスト、時間効率のよい信頼できる適切な規制システムの欠如をあげることができる。大部分の発展途上国の現在の管理システムは、通常必要以上に煩雑であり、多くの場合、作物が規制の承認をクリアするために100万米ドル以上がかかるので、大部分の発展途上国の能力を上回っていて現実には実施不可能である。現在の規制システムは10年以上前に先進国が新しい技術に対応するために必要であった当時のニーズに見合うように作られたものであり、開発途上国が持ち得ない莫大な資源を持っていることを前提としている。開発途上国にとっては「少ない資源でいかに多くを成すか」が課題となっている。大部分の発展途上国の持ち得る範囲内の適度の資源だけを必要とする、責任を果たし厳密ではあるが煩雑ではない適切な規制システムを設計することに、これまで13年間に蓄えられた知識をもとに、最優先に取り組まなければならない。

今日、資源の豊富な先進国のニーズに合うような不必要で不当な厳しい基準は、発展途上国のたとえばゴールデンライスのような製品のタイムリーな利用を不可能にしている。しかもこうした議論の間に何百万人もの人が無為に命を落としているのである。これは道徳的なジレンマである。また、規制システムが「手段ではなく目的」になっている。南アフリカのマラウイは、適切で効果的な規制の枠組みと国家バイオテクノロジー施策が必須であることを認識した多くの国のうちのひとつである。Bingu Wa Mutharika マラウイ大統領（文部科学大臣でもある。）は、議長を務めた2008年7月の閣僚会議において国のバイオテクノロジー政策を承認した。そしてそれは、2002年のバイオ安全法とともに、バイオテクノロジープログラムの効果的実施とマラウイでのその活動に対する規制システムの枠組みを作るものである。政策の前書きで「政府は、バイオテクノロジーが経済成長と貧困減少に果たす重要な役割を認めた」と、大統領が明言し、更に「バイオテクノロジーは『マラウイの食糧確保、富の生み出し、そして社会経済発展をマラウイの成長と発展戦略（MGDS）』と『展望2020』で明記されている推進を加速させる」と述べた。この政策は、適切なバイオテクノロジー製品の開発、導入、利用の推進と規制のための枠組みを与え、それらをマラウイ国内に定着させることにより、圧倒的に輸入と消費経済であったマラウイを生産と輸出国家に変えることを目的としている。それは、バイオテクノロジー産業が栄えるように環境を創造する。すでに存在するバイオ安全法の下、この政策の承認によって、組換え作物を進める国の計画を加速することを目指しているのである。

### 従来の品種と組換えトウモロコシの早魓耐性 - 分かってきた現実

早魓耐性に非常に重要性があると考え、ISAAAは、CIMMYTのトウモロコシ早魓プログラムの前リーダーDr. Greg O. Edmeadesを招いて、従来法および組換え法の両方、私企業と公共機関での近、中、長期の将来見通しをトウモロコシの早魓耐性について議論し、その現況についてタイムリーに世界的な概観を行った。G. O. Edmeades博士の主要な参考文献を参照した「トウモロコシの早魓耐性：分かってきた現実」は、Brief 39に早魓耐性形質の非常に大きな世界的重要性について、世界中でどのような作物も農家も早魓耐性なしでは生産不可能になってしまうであろうというという点にハイライトをあてた特別企画として入れてある。世界が2050年に90億人以上を養わなければならないとすると、現在の率で水を使うことはまさに持続可能でない。遺伝子組換えで作られる早魓耐性は、商業化の第2期の2006年から2015年への10年とさらに先に利用できるようになる最も重要な形質として捉えられている。何故ならば早魓が世界中で作物の生産性を上げる唯一の最も重要な制約要因であるからだ。開発中の最も進んでいる早魓耐性作物は、早魓耐性組換えトウモロコシであり、米国で2012年またはそれより早く商業的栽培が始まると予

想されている。特に官民協力でその要望が最も大きいアフリカのサブサハラ地域向けの最初の早魃耐性トウモロコシが2017年には商業栽培されることが期待されている。

## 2008年の米国におけるバイオ燃料の生産

2008年の米国では、多少のバイオディーゼルが油糧作物から生産されたものの、バイオ燃料生産は主にトウモロコシからのエタノールであった。2008年の米国の全体のトウモロコシ栽培面積の29%がエタノール生産に利用され、2007年に24%から上昇したと見積もられている。従って、2008年に、870万ヘクタールの組換えトウモロコシが2007年に700万ヘクタールから上昇し、エタノール生産に使われたと見積もられる。バイオディーゼルの対応する見積りは、2008年にはおよそ350万ヘクタールの組換えダイズ（全組換えダイズ栽培の7%）と約5,000ヘクタールのナタネがバイオディーゼル製造のために使われたことを示している。ブラジルの組換えダイズからのバイオディーゼル製造の見積りは、見つからなかった。このように、全体で、1,220万ヘクタールの組換え作物が、2008年に米国でバイオ燃料生産のために使われた。

栽培と輸入が世界的に承認されている製品の数 - 25カ国は植えることを承認、し30カ国は、輸入を承認し、その合計55カ国

2008年に組換え作物を商業栽培した25カ国に30カ国を加えた合計55カ国が1996年以来食品、飼料としての利用や環境への放出を承認した。合計670の承認が、24作物の144形質について与えられている。このように、組換え作物は、食用、飼料用の医療そして環境への放出について、主要な食糧輸入国であるが組み換え作物の栽培のない日本を含む30カ国で輸入が受け入れられている。組換え作物に承認を与えた55カ国のうちでは日本がリストのトップに来て、次いで、米国、カナダ、メキシコ、韓国、オーストラリア、フィリピン、ニュージーランド、EUと中国が続く。トウモロコシに最も多くの承認事例(44)があり、次いでワタ(23)、ナタネ(14)、とダイズ(8)が続く。最も多くの国で承認を受けた事例は、除草剤耐性ダイズのGTS-40-3-2で、23の承認（EU=27は、1つの承認のみとみなした）、続いて害虫耐性トウモロコシ（MON810）と除草剤耐性トウモロコシ（NK603）で両方とも21の承認、そして害虫耐性ワタ（MON531/757/1076）は16の承認である。全670の承認の最新のリストは、Brief 39の付録1に詳述されている。2008年に、日本と韓国が初めて食用として組換えトウモロコシを輸入したことは、特記すべきことである。これは、非組換えウモロコシの組換えトウモロコシに対するプレミアムの異常な高さによるものである。日本と韓国による承認は、EUを含む組換えトウモロコシを輸入している他の国が同様の決定をする先駆的なものとも言える。

組換え作物市場の世界的大きさ - 2008年は、75億米ドルと評価され、1996年～2007年の間のこれまでの蓄積は、500億米ドルと評価

Cropnosisによって推定された2008年の組換え作物の世界市場は、75億米ドル（2007年の69億米ドルから上がっている）で、2008年の527億2000万米ドルの瀬山隊の作物防除物資市場の14%を占め、およそ340億米ドルの世界の商業種子市場の22%に相当する。世界的な組換え作物市場の価値は、組換え作物の種子とテクノロジー負担金を合わせたものである。組換え作物が1996年に最初に商業化されてから12年の期間の間の累積された世界的な価値は498億米ドルと推定され、数字を丸めると500億米ドルという、世界的な組換え作物市場の大きな歴史的ステップを象徴すると言える。組換え作物市場の世界的な価値は、2009年にはおよそ83億米ドルであろうと推定される。

## 将来展望

### 組換え作物商業化第2期の10年の残りの7年間（2006年～2015年）展望

2009年～2015年の発展途上国への組換え作物の将来の導入は、主に大きな互いに絡み合う課題に依存している：第一に、責任を果たし、コスト、時間効率のよい適切な規制システムの確立と効果的運用；第二に、強い政治的意志、そして、食物、飼料と繊維のより入手しやすく安定した供給に貢献することができる組換え作物の導入のための支援、

特に発展途上国で 2008 年に、大きな視野に立った強固な政治的意志が組換え作物に明白に向けられた点は特筆に値する：そして、第三に、アジア、ラテンアメリカとアフリカのより多くの発展途上国で喫緊に要望されている必要性を満たすことができる適切な組換え作物の継続的、拡大的な供給があげられる。

商業化の第 2 期の 10 年 (2006 年～2015 年) の残りの 7 年の組換え作物は確固とした展望を見せている。2005 年に ISAAA は、組換え作物栽培国、面積、利益を得る農家が 2015 年までに、イネが初めて承認されるかどうかによるが、倍増して最低 2000 万人かそれ以上の農家が利用すると予想した。2009 年から 2015 まで、15 以上の国々が初めて組換え作物を植えると予想され、2005 の ISAAA 予想どおり 2015 年には世界で 40 カ国になると予測される。これらの新規加入の国々には東アジアからの 3～4 カ国、東南アフリカから 3～4 カ国、西アフリカの 3～4 カ国;そして、北アフリカと中東の 1～2 カ国が予想される。ラテン、中央アメリカとカリブ海地域では、9 カ国が組換え作物をすでに商業化しているため拡大の余地は少ないが、この地域から 2 または 3 カ国が今から 2015 年の間で初めて組換え作物を栽培する可能性がある。東ヨーロッパでは 6 カ国が新しい組換え作物栽培国になる可能性がある。それにはロシアが含まれる。ロシアでは、組換えジャガイモが開発の進んだ段階にあり、これによってさらに数カ国の東ヨーロッパが増える可能性がある。西ヨーロッパでは、組換え作物の問題が、科学技術的な面と関連がない政治的なこととイデオロギーによる活動家の影響のもとにあるので予測することがより難しい。

より入手しやすく、よりよい品質の食糧の世界的な供給確保を達成できる点での組換え作物の比較優位性から、2015 年までに組換え作物が 2 億ヘクタールと面積が二倍になるということは納得するに難くないところであるが、それにはふたつの大きな理由がある。

第一に、4 種の現在の大きな栽培面積のある組換え作物 (トウモロコシ、ダイズ、ワタとナタネ) の導入率を上昇させる可能性はかなり大きく、3 億 1500 万ヘクタールの総面積中 2008 年の組換え作物の作付けは 1 億 2500 万ヘクタールであることから、まだほぼ 2 億ヘクタールの余地を残していることになる。組換えイネの普及と旱魃耐性形質の開発が世界的にさらに組換え作物を導入するきっかけとして有力なものになると考えられる。第一世代の組換え作物が害虫、雑草、病気から作物を守ってこれらによる損失を減らして収量を上げることを実現したのに対して、第二世代の組換え作物は、さらに収量を上げるという新たな動機付けを農家に与えるであろう。2009 年に市場に出る RR2 ダイズは、そのようなものの最初の例になる第二世代の製品である。RR2 ダイズは収量増を担う遺伝子の存在のために 7～11%の生産増となる。作物の性質を向上させる質的形質がより強化されることにより、ますます多くの種類の形質を組み合わせた品種も広まっていくであろう。

第二に、今から 2015 年までの間で、世界的に小面積、中面積、大面積を占めるいくつかの新組換え作物が、農学的な形質と質的形質を単一で、あるいはスタック形質したものが出てくる。現在商業化可能なもので最も重要なものは、組換えイネであり、主に中国で広範囲に圃場試験されて、中国規制当局の承認を待っている害虫、病害抵抗性のものと、2012 年に利用できる予定であるゴールデンライスである。コメは、三つの主要な食品 (イネ、小麦とトウモロコシ) の中でも世界でもっとも重要な食料であるという点で、またさらにより重要なこととして、世界の貧しい者に最も重要な食用作物であるという点において特別な存在である。世界のイネの 90%以上は、世界で最も貧しい人々によってアジアで栽培され、消費されている。2 億 5,000 万人のアジアの家内的、また家族経営の小規模で資産のない農家が、平均わずか 0.5 ヘクタールの田でイネを栽培している。また、これらの他の中規模の栽培規模である作物としては、害虫および病害耐性のジャガイモと工業的用途のために質を変えたジャガイモ、質的形質と農学的形質を持ったサトウキビ、病害耐性バナナなどが 2015 年以前に承認されると予想されている。あまり栽培面積の広くない一般的でないいくつかの作物でも組換え体が利用できるようになる。たとえば、Bt ナスは今後 12 ヶ月以内にインドの最初の遺伝子組換え食用作物として使われるようになると予想されていて、最高 140 万人の小規模の資産の少ない農家に恩恵をもたらす可能性がある。野菜類、例えば、トマト、ブロッコリー、キャベツとオクラは、大量の殺虫剤を散布するところから、組換え体を作ることで農薬を大幅に減少できるようになるので、これらの組換え体が開発中である。貧困層向け組換え作物、例えば、キャッサバ、サツマイモ、豆類と落花生類も候補である。これらの製品のいくつかが発展途上国で公共研究機関、国立あるいは国際研究機関で開発されていることは注目に値する。新しい組換え作物の幅広いポートフォリオの発展は、組換え作物の継続した世界的な成長の兆しとしてみることができる。これは、2015 年までに 2 億ヘクタールに達し、2000 万人以上の農家が組換え作物を栽培することになるとした ISAAA

の予想と一致するものである。

商業化 (2006年-2015年) の第2期の10年はアメリカ大陸の10年であった最初の10年と対照的にアジアとアフリカでの顕著な増大を特徴とするものになると考えられる。アメリカ大陸、特に北アメリカではスタックが引き続き伸び、ブラジルでの強固な伸びも続くと考えられる。最初の10年の間にあったように輪作や抵抗性の管理といった適正な農業手法と組換え作物とのよい組み合わせが重要であることは変わらない。責任ある管理指導 (stewardship) を継続することが、特にこれからの組換え作物商業化の第2期の10年 (2006年~2015年) 組換え作物の新しい主役になる南側の国にとって重要である。第一世代である食用、飼料用作物の効率と、第二世代のバイオ燃料のための作物の効率を組み換え技術を用いて向上させることは、可能性を広げるとともに挑戦すべき課題も提示している。バイオ燃料戦略は、各国ごとに立てられなくてはならないが、食糧確保が常に最優先であり、食物、飼料用穀物をバイオ燃料用途への需要と競合させることは決してあってはならない。食用、飼料用作物、サトウキビ、キャッサバ、トウモロコシを、食糧が確保されていない途上国で、これらの作物の収量をバイオテクノロジーや他の技術で向上せず、食糧、飼料、燃料供給の目標が全て適切に設定されていない状態で無分別にバイオ燃料用に使うことは、食糧確保の目標を達成不可能にする。バイオ燃料の生産における組換え作物技術の鍵となる役割は、ヘクタール当たりのバイオマス/バイオ燃料の収量のコスト効率を最適化することによって、燃料価格を下げることである。しかしながら、もっとも重要な組換え作物の役割は、2015年までに人道的なミレニアム開発目標 (MDG) に貢献して、入手可能な食物の供給を確保し、2015年までに貧困と飢餓を半減することなのである。

2008年の世界銀行開発レポートは、「農業は、2015年までに極端な貧困と飢えで苦しんでいる人々を半減するミレニアム開発目標を達成するための不可欠な開発ツールである」(世界銀行、2008)と強調している。発展途上国のあらゆる4人の人々のうちの3人が農村に住んでおり、彼らのほとんどがその生計を直接、間接に農業に依存していると報告している。アフリカで貧困に苦しむその多くが女性である何百万人の自給農民の農業生産性に革命を起こす以外に、サブサハラ地域の絶望的な貧困を克服することはできないとしている。しかし同時に、発展途上国の富の大部分を生み出しているアジアでもっとも急速な成長を遂げている経済圏にも6億人の農村の人たち(アフリカのサブサハラ地域では8億人)が極度の貧困生活を送っており、今後も何十年にわたって何百人もの農村貧困層が生命の危険にさらされ続けるであろうということにも注目させられる。世界の貧困人口の70%が小規模で資産の少ない農民と土地を所有できずに耕作地に縛られ続けている小作人が占めるという、現在の貧困が農村独特の現象であるという避けられない現実が目の前に突きつけられている。今後の大きな挑戦課題は、農業に集中する貧困の問題を、先進国や組換え作物の導入によって作物の生産性を向上させ、その結果収入の向上に成功した発展途上国の知識と経験を資産の少ない農民と共有することによって、その貧困を軽減する機会へと変換することである。世界銀行の報告書は、バイオテクノロジーと情報の革命は農業分野での発展を促進するすばらしい機会を提供するが、急速に発展する作物バイオテクノロジーは、政治的な意思がなく国際的な支援が届けられなければ、発展途上国に届かなくなってしまうというリスクがあると警鐘を鳴らしている。それは特に組換え作物というより議論のある難しい問題では顕著であり、それこそがこのISAAA Briefの焦点なのである。組換え作物に対するG8での国際レベル、また発展途上国の国内レベルでの「政治的意思」が成長していることを目の当たりにしていることは勇気づけられることである。この伸び続ける政治的意思、理念の確信、組み換え作物を先導して利用している農家の人たちは、このBriefの中で光を当てたいくつかの先進的発展途上国において顕著になっている。政治的意思と組換え作物への支持をこの現時点で表明しなければ、多くの発展途上国が一回限りの機会を逃すことになり、その結果、永遠に不利な状況に置かれ続け、作物生産性で不利な状況に置かれることになるであろう。このことは、その生計が、そしてまさに生き残りが作物の生産性向上に大きく依存している最大10億人にのぼる資産のない農家と土地を持たない小作人の人々にとって、その貧困を軽減する大きな希望としての意味合いを持っている。これらの作物の生産性は50億人を超える途上国の極貧で飢餓状態にある人々の食糧であり、生き延びるための主要な源泉となっている - そしてこの貧困は、社会として倫理上容認できないものである。





**ISAAA SEAsiaCenter  
c/o IRRI, DAPO Box 7777  
Metro Manila, Philippines**

**Tel.: +63 2 5805600 ext. 2234/2845 – Telefax +63 49 5367216**

**URL: <http://www.isaaa.org>**

**ISAAA Brief No.39 – 2008 の購入について詳しいことは、[publiccations@isaaa.org](mailto:publiccations@isaaa.org)に問い合わせ下さい。  
(日本語訳については、[f.tomita@isaaa.org](mailto:f.tomita@isaaa.org)に問い合わせ下さい。)**