

第2章 農業バイオテクノロジーの光と陰

久野 秀二

本章のポイント

- 近年の食料危機状況や中長期的な食料需給逼迫基調ゆえ、遺伝子組換え (GM) 技術をはじめとする農業バイオテクノロジーの貢献可能性に期待が集まっている。
- しかし、GM 技術も物質的生産力だけで評価するのではなく、社会経済的にも環境的にも公平・公正・持続的な農業・食料システムを支える生産力となり得るか否かも慎重に評価する必要がある。
- GM 技術の商品化が研究開発と商品市場で圧倒的な影響力をもつ多国籍アグリビジネス＝バイオメジャーによって推進され、その知的所有権戦略やマーケティング戦略ゆえに農民の選択肢が奪われている。
- GM 技術の便益評価には政治経済的な思惑が絡むだけでなく、目的とする収量増や農薬削減には多様な要因が作用するため、便益分析の結果を慎重に評価する必要がある。
- 近年は有機農業を含む農業生態系利用型農業の環境的・経済的・社会的な有効性が世界各地の実証データで確認され、国連機関でも再評価の動きが強まっている。

1. 農業バイオテクノロジーの到達点

2007～08年に世界中を震撼させた世界穀物価格高騰（世界食料危機）は、その後の金融危機によって落ち着きを取り戻したものの、高止まりの感を否めない。食料需給逼迫基調も中長期的に続く予想されている。国連食料農業機関（FAO）は2009年9月、今後の人口増加に伴って、世界全体の食料生産を2050年までに70%（2005～07年比）増やす必要があるとの試算を発表した。こうした一連の危機シナリオの中で、遺伝子組換え（以下、GM）技術を中心とする農業バイオテクノロジーの貢献可能性があらためて注目されてきたのは当然といえよう。以下ではまず、GM作物の研究開発と栽培状況を概観し（第1節）、その背景にある企業の利害を明らかにする（第2節）。次に、GM作物開発の推進（正当化）論拠を既存研究で示された実証データを元に批判的に検証する（第3節）。研究開発投資や政策的支援が農業バイオテクノロジーに集中して振り向けられているが、近年あらためて再評価されつつあるオルタナティブな農業技術（農業生態系利用型技術）の可能性について最後に言及したい（第4節）。

遺伝子組換え技術とは

すべての生物は4つの塩基からなるDNA（デオキシリボ核酸）で構成される。遺伝子とは、特定のタンパク質をつくることで特定の生体反応をコーディングする情報を含んだDNA断片である。この遺伝子を組み換えることで、新形質を有する生物をつくり出せると考えられた。1970年代後半から開始された応用研究は、早くも80

年代には微生物を用いたインシュリン等の医薬品開発に、90年代には農作物の品種開発に結実した。その意味で、GM技術は生物の構造と機能を解明し利用するための科学的営為の産物である。後述するように、実際に開発され商品化されているGM作物には、除草剤耐性品種（作物自体も枯らす非選択性除草剤に耐性をもたせることで、雑草防除を効率化し、コストと労働の節減が期待される）や害虫抵抗性品種（特定の害虫に効果のある土壌細菌 Bt の毒素タンパク質を作物自体につくらせることで、難防除害虫の被害を軽減し、殺虫剤使用量とコストの節減が期待される）、特定のアミノ酸や油脂の含有量を調整した機能性品種などがある。将来的には耐塩性や耐乾燥性などの品種も期待されている。つまり、品種改良を効率化し、従来は困難だった新品種の作出を可能にする技術として応用が期待されている。その意味では、GM技術は従来育種技術の延長線上に位置づけられる。

だが、科学的営為の産物であり、従来育種技術の延長線上にあるとしても、そしてその便益可能性ゆえにGM作物の開発を正当化できたとしても、なお不確実性を伴うDNA操作によって自然界では通常は起こりえない現象を人為的に起こすことで、作物自体に、それを食する私たちの健康に、その作物が広く栽培されることによって自然生態系に、それぞれどのような影響が及ぶのかが懸念されている。実際、これまで開発され商品化されているGM作物はシンプルに操作可能な遺伝子機能の働きによるものにとどまる。期待の膨らむ耐乾燥性や増収性といった機能には多くの遺伝子の複雑な相互作用が関与するため、他の機能に影響を及ぼすことなく制御するのがなお難しいとされている。

従来育種技術や肥培管理技術、農業生態系利用技術などを犠牲にしながら、巨額の研究開発費がGM技術を中心とする農業バイオ

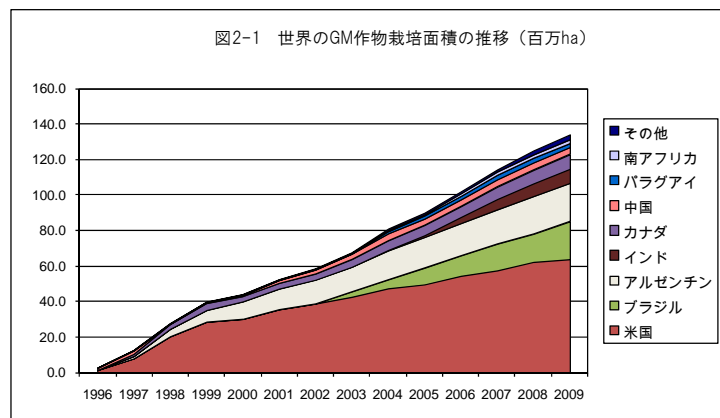
テクノロジーにつき込まれてきたが、その農業生産力としての評価は、一部で享受されている便益やその可能性だけでなく、すでもたらしている・もたらすことが懸念されている負の影響を制御する技術的、制度的な能力も含めて行わねばならない。第1章で検討したように、農業という営みの社会経済的、文化的、歴史的な文脈から切り離された物質的生产力（土地生産性や労働生産性）だけで農業技術を評価するのではなく、それが社会経済的・環境的に公平で公正かつ持続的な農業・食料システムを支える生産力となり得る可否かも問われなければならない。

遺伝子組換え作物の栽培状況

2009年、世界全体のGM作物栽培面積は25カ国で1億3400万haに達した。1996年に本格的な商業栽培が始まってから一貫した拡大傾向にある（表2-1）。世界全体の作物収穫面積に占める割合は1割に満たないが（穀物収穫面積に対しては18.9%）、作物別にみたGM品種の作付け割合は、大豆70%、綿花46.8%、トウモロコシ23.6%、菜種19.2%である。また、米国のGM品種作付け割合（2010年）はトウモロコシ86%、大豆93%、綿花93%に達しており、アルゼンチン大豆は約100%、ブラジル（2009年）でも大豆71%、冬トウモロコシ53%、インドと南アフリカの綿花（2009年）で9割前後となっている。しかし、実際には米国（47.8%）、ブラジル（16.0%）、アルゼンチン（15.9%）の主要3カ国で8割を占め（図2-1）、対象作物は大豆（51.6%）、トウモロコシ（31.1%）、綿花（12.0%）、菜種（4.8%）の4作物、品種特性も除草剤耐性品種（62.4%）と害虫抵抗性品種（16.2%）、もしくは両方を備えたスタック品種（21.4%）に限られている。商業栽培が始まってから常に

国別	2009年 構成比		作物別	2009年 構成比		栽培総面積	GM割合
米国	64.0	47.8	大豆	69.2	51.6	98.8	70.0
ブラジル	21.4	16.0	トウモロコシ	41.7	31.1	159.5	26.1
アルゼンチン	21.3	15.9	綿花	16.1	12.0	31.2	51.7
インド	8.4	6.3	菜種	6.4	4.8	31.0	20.6
カナダ	8.2	6.1	合計	134.0	100.0	-	-
中国	3.7	2.8	品種特異別	2009年	構成比	適用作物	
パラグアイ	2.2	1.6	除草剤耐性品種	83.6	62.4	(大豆, トウモロコシ, 菜種, 綿花, アルファルファ)	
南アフリカ	2.1	1.6	害虫抵抗性品種	21.7	16.2	(トウモロコシ, 綿花)	
その他	2.7	2.0	スタック品種	28.7	21.4	(トウモロコシ, 綿花)	
合計	134.0	100.0	合計	134.0	100.0		

出所) ISAAA, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009, ISAAA Brief 41-2009
をもとに作成。作物ごとの栽培総面積はFAOSTATを参照した。



指摘されてきた問題である。

こうしてみる限り、開発と普及を進める企業や科学者が描くように、GM技術が世界とくに発展途上国の農業開発と食料増産に貢献しているとの言説には疑問が生じる。アルゼンチンとブラジルを途上国に含める議論も少なくないが、両国で栽培されているGM作物(大豆、綿花、トウモロコシ)の大半を、米国と大差ない輸出志向型大規模経営が担っている事実を無視するわけにはいかない。後述するように、GM作物の途上国利益を証明するものとされているイ

ンドと南アフリカの事例をみても、そうした言説を無批判に受け入れることはできない。当該技術の研究開発もその商品形態である作物種子の生産と販売も一握りの巨大企業(多国籍農業企業=バイオメジャー)が独占し、その知的所有権戦略・商品開発戦略・マーケティング戦略によって自由な基礎研究や客観的な影響評価が阻害され、資源の乏しい途上国零細農民に必要な作物品種の開発(GM品種か否かに関わりなく)や農業インフラの整備に十分な投資が向けられていないのが実態である(久野2002; 2005)。

2. バイオメジャーによる技術と資源の囲い込み

GM作物品種の商品開発

GM作物品種の研究開発にはバイオメジャーだけでなく、中小のベンチャー企業や公的研究機関、大学なども関わっているが、実用化技術は特許やライセンスの移転を通じて、大半がバイオメジャー等の巨大企業に握られている。また、種子を直接販売しているのは中小を含む種子企業だが、主な種子企業はM&Aによって軒並みバイオメジャーの傘下に収まった。その結果、モンサント、デュポン、シンジェンタの3社で世界種子市場の5割近くを占め、GM作物品種に限れば、バイエルを加えた4社でほぼ独占状態となっている(表2-2)。他方、農業市場では、種子事業でやや後れを取ったBASFとダウを加えた上位6社が世界全体の76%を占めている。

農業規制の強化と新規有効成分開発の困難化に直面する農業企業にとって、種子とくにGM作物は重要な戦略商品に位置づけられている。例えばモンサントは、ドル箱商品であるグリホサート系除草剤ラウンドアップの有効活用を最大の動機にしながら、除草剤耐

表2-2 バイオメジャーの農業・種子販売額と市場シェア(2008年、百万ドル/%)

	農業販売額/シェア		種子販売額/シェア	
シンジェンタ (スイス)	9,231	20.0	2,018	9.2
バイエル・クロップサイエンス (ドイツ)	8,721	18.9	524	2.4
BASF (ドイツ)	5,016	10.9	-	-
モンサント (米国)	4,996	10.8	4,964	22.6
ダウ・アグロサイエンス (米国)	4,535	9.8	-	-
デュポン (米国)	2,600	5.6	3,300	15.0
上位企業計	35,099	76.1	10,806	49.1
世界市場規模	46,130	100.0	22,000	100.0

資料) 農業はAgrow (no.588, March 26, 2010)、種子はETC Group (2008) を用いた。

性品種の開発を進めてきた。非選択的に作用するため作物自体も枯らしてしまうラウンドアップは従来、作物生育過程で散布されることがなかったが、耐性品種が開発されたおかげで、何度も散布する必要のあった複数の選択性除草剤に替わって急速に普及した。作業効率の向上と除草剤の削減という農業者利益が喧伝され、除草剤耐性品種の普及とともにラウンドアップの爆発的な販売拡大にも成功した。とくに 2000 年前後、同除草剤は世界各国で特許切れを迎えたため、他社のジェネリック品（特許切れの後発品）との競争を補ってあまりある需要創出（販路拡大）をもたらした除草剤耐性品種の開発は、企業戦略上きわめて理にかなっていたといえよう。

さらに最近では、食品機能性や医化学原料加工適性等の品種開発によって、農業を起点とする多様な商品連鎖を通じた利潤獲得機会の拡大も企図されている。例えば、モンサントが穀物メジャーのカーギルと設立した合弁会社レネッセンは高機能飼料向けに高リジン・トウモロコシを開発した。同社は従来育種ながら低リノレン酸大豆の開発にも成功し、トランス脂肪酸規制への対応を迫られている米国ファストフード業界で採用されている¹。同様に、ダウが開

発した高オレイン酸+低リノレン酸の菜種を原料とする植物油を穀物メジャーのブンゲ（バンギ）が加工し、カナダのファストフード業界で採用されている。デュポンも、ブンゲとの合弁会社ソレイを通じて、大豆タンパクやレシチン等の植物性高機能食品素材の開発に取り組んでいる。

GM 作物品種は、GM 技術で組換えられた遺伝子（組換え形質）が、傘下もしくは他の種子企業が保有する既存の品種系統に組み込まれて初めて実用化され、通常はその種子企業のブランドと品種系統名を付されて農家に販売される。また、異なる開発企業の複数の組換え形質が一つの品種系統に導入されることもある。例えば、シンジェンタのあるトウモロコシ品種は、自社の除草剤耐性遺伝子と害虫抵抗性遺伝子に加え、モンサントの害虫抵抗性遺伝子とバイエルの除草剤耐性遺伝子を組み込んでおり、これがさらに個別種子企業の優良系統（ハイブリッド品種）に導入され、個別ブランドの種子として販売される。こうした掛け合わせ（技術のクロスライセンス供与）が可能になった背景に、①1990 年代後半から消耗戦の様相を呈していた企業間の特許紛争が概ね決着したこと²、②GM 技術への社会的批判と国際的規制の流れに業界として対応する必要性が認識されてきたこと、③研究開発費が膨張する一方で、耐性雑草や耐性害虫の相次ぐ出現によって農薬削減効果が失効してきていることから、複数の組換え形質を導入する必要性が否応なしに高まってきたことなどが考えられる。

モンサント社の種子戦略

バイオメジャーの筆頭であるモンサントは 1980 年代初頭に種子事業に参入したが、とくに GM 作物の開発に成功した 1990 年代後

半以降は主要作物分野（トウモロコシ、大豆、綿花、菜種）の大手種子企業を次々に買収し、GM 技術の「出口」すなわち優良品種系統と商品種子市場を確実に押さえてきた。近年は、やはり企業買収を通じて、野菜種苗（2005 年）やサトウキビ種苗（2008 年）にも事業の手を広げている。同時に、2004 年に設立したアメリカン・シーズを通じて資本、遺伝資源、技術を供与することで、穀倉地帯を中心に地域有力種子企業を次々に囲い込んでいる。その他の種子企業にも、原種種子を扱うホールデンズ・ファンデーション（1997 年買収）を通じて優良品種系統がライセンス供与されている。この結果、同社のブランド（トウモロコシ：デカルブ、大豆：アズグロウ、綿花：デルタパイン、野菜：セミニス）で販売されている品種が米国トウモロコシ種子市場に占める割合は 6 割に達している。大豆も 6 割を超え、綿花は 45%を占める³。他社ブランドも含め、モンサントの組換え形質が組み込まれた品種系統の種子にまで広がると、トウモロコシで 8 割以上、大豆で 9 割以上に達する。モンサントの次なるターゲットは小麦である。米国でさえ、原原種・原種圃から増殖された小麦の保証種子（販売種子）の割合は 2 割にとどまる。そのうち 6 割を大学・公的機関が、残りの 4 割を民間種子企業が供給している。つまり、広大な未開拓市場が眠っているのである。

こうした種子市場の寡占化と GM 技術・遺伝資源の囲い込みは種子価格の高騰をもたらしている。モンサントが 2010 年度に新しく導入した除草剤耐性大豆（RR2Y）種子のエーカーあたり価格は 70 ドル、一般的な非 GM 大豆種子の 2 倍、2001 年度の除草剤耐性大豆（RR）と比べて 2.5 倍近くの値上がりである。8 種類の組換え形質を組み込んだトウモロコシのスタック品種（SmartStax）の 2010 年度価格は 320 ドル、非組換え種子の 2 倍以上、2001 年の組

換え種子 110 ドルはもちろん、2009 年の組換え種子 235 ドルと比べても急激な値上がりである。モンサントは、世界中で新たに 1 億人もの飢餓人口を生み出した穀物価格高騰期に重なる 2008 年度決算（2007 年 9 月～2008 年 8 月）で、前年比 36%増の 114 億ドルの売上高、104%増にあたる 20 億ドルの純利益を上げた。同社はさらに 2010 年度までに 150 億ドルの売上高、30 億ドルの純利益を目指している。

環境に配慮し、途上国農業の底上げを図りながら世界の農業・食料生産力を高める将来有望な農業技術として喧伝されている GM 技術が、このような状況下で開発され商品化されているという事実をまずは確認しておきたい。その上で、この技術が約束する農業者利益や途上国利益といった便益がどこまで、そしてどのように実現されているのか・いないのかを、次節で検証してみたい。

3. 遺伝子組換え作物開発推進論拠の批判的検証

除草剤耐性品種は除草剤散布を量・回数ともに削減することで雑草防除を効率化し、環境保全効果も期待されている。非選択性除草剤の自由度が増すので、土壌浸食を防ぐ上で効果的とされる不耕起栽培も容易になる。害虫抵抗性品種はトウモロコシや綿花の難防除害虫（アワノメイガ幼虫、ワタキバガ幼虫、線虫等）に効果のある殺虫成分のおかげで、殺虫剤散布量の削減とともに大幅な収量増加が見込まれている。いずれも農家収益を増やすと宣伝され、生産者の関心を集めてきた。実際はどうか。

先進国型農業と GM 作物の便益評価

米国の場合、農業者利益を実証的に把握する調査報告書、それを

元にした学術論文は数多いが、比較分析方法の制約ゆえ注意が必要である。既存の調査・研究を網羅的にレビューしたグリアン・シャーマンによると、①増収機能をもつ組換え形質を組み込んだ GM 品種は存在しないが、害虫や雑草の防除効果で減収を防ぐかぎり収量増は可能であること、②それでも従来育種や栽培技術の工夫で達成される収量増と比べると、その効果は限定的であること、③除草剤耐性品種の除草剤削減効果は失効してきており、除草剤使用量が急増していることなどが確認されている (Gurian-Sherman 2009)。

第 1 に、作物品種の増収性を評価する場合、最適環境下で発揮しうる遺伝形質の潜在収量と、実際的な環境制約下で達成される運用収量との区別が必要だが、GM 品種で前者を企図して実用化されたものは皆無である。むしろ、長年にわたる従来育種の成果によって主要作物の潜在収量は飛躍的に増大してきたし、今後も増大する余地が残されている。そもそも除草剤耐性や害虫抵抗性の機能と異なり、増収性には多くの遺伝子が複雑に関与している。現在の技術水準でそれらを完全に制御し、実用的な GM 品種を開発するのはまだ難しいとされている。

第 2 に、GM 品種の増収性を評価する場合、組換え形質を導入する前の準同質遺伝子系統を比較すべきであり、さらに収量を左右する環境要因や肥培管理等の栽培要因を制御・分離しなければ、どの効果のどの部分が GM 技術 (組換え形質) に起因するのかを確実に判断することはできないはずである。そこまで厳密に比較分析した研究は限られているが、大きな農業者利益を示すデータが不十分な比較分析の結果にもかかわらず一人歩きしてきた。だが、実際的な増収効果をよりの確に反映した比較分析によれば、除草剤耐性品種については減収 (大豆) もしくは従来品種と同レベル (トウモロコ

シ) であったことが明らかになっている。増収効果が確認できた害虫抵抗性トウモロコシも害虫発生率によって増収効果に大きな差がみられ、さらに線虫抵抗性については、抵抗性作物品種 (トウモロコシと大豆) の単純輪作によって耐性害虫の拡大 (したがって増収効果の低下・失効) が懸念されている。圃場データと品種普及率を元にトウモロコシ部門全体の増収効果を計算すると、アワノメイガ抵抗性品種では 2.3%、線虫抵抗性品種では 1.0%、合計で 3.3% (害虫低発生時 1.3%~高発生時 5.5%) の増収効果が確認された。ところが、害虫抵抗性品種導入前の 1991~95 年に比べ、2004~08 年のトウモロコシ平均収量は 28%以上も増加している。つまり、実現した増収性は大部分、導入された組換え形質ではなく、導入先の優良品種系統を作出する従来育種 (ハイブリッド) 技術や栽培技術の改善によるものであったと推測されるのである。

第 3 に、農薬削減効果についてはより深刻な結果が確認されている。米国農務省 (USDA) の統計や大学・普及センターの圃場データを用いて 1996~2008 年の推移を分析したベンブルックによると、害虫抵抗性品種の殺虫剤削減効果は低減しつつも実現しているのに対して、除草剤耐性品種の除草剤削減効果はすでに失効しており、2001 年を境に散布量が増加に転じている (Benbrook 2009)。大豆の場合、グリホサート (ラウンドアップ除草剤の有効成分) の散布地エーカーあたり散布量は 1996 年 (除草剤耐性品種の普及率 7%) に 0.69 ポンドだったが、2006 年 (同 89%) には 1.10 ポンドに増加し、平均散布回数も 1.3 回から 1.7 回に上昇した。除草剤全体で 1.23 ポンドだった散布総量は 2001 年 (同 68%) に 1.01 ポンドに減少したものの、その後は増加に転じ、2006 年には 1.45 ポンドに達した。除草剤耐性品種に限れば、除草剤散布総量は 1996 年の 0.89 ポン

ドから 2006 年の 1.50 ポンドに増加し、2008 年には 1.65 ポンドに達した。非 GM 品種より散布量はかなり多くなっている。

大豆は 2006 年、綿花は 2007 年、トウモロコシは 2005 年を最後に、農薬使用状況を USDA の統計で掴めなくなったが、生産現場からの報告も含めて明らかになってきたのは、除草剤散布量の急増に各地で相次いでいる耐性雑草の出現が関わっているということだ。グリホサート系除草剤が最初に導入されたのは 1976 年だが、1998 年までに発見された耐性雑草は 1 種類だった。除草剤耐性品種の商品化は、大豆 1995 年、綿花と菜種 1997 年、トウモロコシ 1998 年である。2000 年に除草剤耐性品種の普及に起因する耐性雑草の出現が報告されて以降、これまで 22 州 10 種類の雑草にグリホサート耐性が確認されている。対処法として、栽培体系の工夫による耕種的防除が有効だが、コストと手間がかかるため農家（とくに大規模層）に周知徹底するのは難しい。そのため、農業普及機関も開発企業も除草剤耐性品種の導入で不要になるはずだった既存除草剤の併用を指導せざるをえなくなっている。除草剤耐性品種の急速な普及→耐性雑草の出現→除草剤使用量の急増というパターンはアルゼンチンやブラジルでも報告されている (FoEI 2008; 2009)。

従来育種でも除草剤耐性品種は開発されているため、GM 技術に固有の問題とは必ずしも言い切れない。むしろ、多様な防除技術や栽培体系の工夫を組み合わせる総合的に対策を講じるのではなく、問題の背景にある単作型の大規模化と生産効率性の一面的追求という生産様式を続けながら、新たな装いでパッケージ化された単一の技術商品＝GM 品種を導入して問題解決を図ろうとしてきたことの必然的帰結である。それでも短期的・表面的な解決は可能だろうが、すでに露呈しているように、結局は同じ問題を繰り返すだけである。

途上国型農業と GM 作物の便益評価

GM 作物品種が広範に栽培されているのはインド、中国、南アメリカで、害虫抵抗性綿花が中心である。これらの国々でも GM 品種の便益評価が試みられているが、やはり調査・分析方法上の制約ゆえに、GM 作物の農業者利益や途上国利益の評価には慎重を要する。結論を先取りすれば、①調査結果の振幅が大きく、結論の一般化はできないこと、②各国・各地域の農業生態系、社会経済的条件、制度的環境の整備状況はもちろん、農民の志向性や農家経営形態もきわめて多様であり、それらの違いが増収効果や農薬削減効果に大きく影響していること、③そうした違いを考慮せずに品種間の単純な比較を行えば、GM 作物品種の評価に誤った結論を導きかねないことが確認されている (Glover 2009)。

インドの場合

インドでは 2002 年に害虫抵抗性綿花の商業栽培が認可された。栽培開始当初の調査では栽培農家に莫大な便益がもたらされることが示され、その結果はサイエンス誌をはじめとする学術誌にも掲載された。モンサント現地関連会社による実験圃場データに基づく計測結果にすぎなかったものも含まれる。

だが第 1 に、調査対象（綿花生産の大半が天水依存であるにもかかわらず、灌漑等の好条件に恵まれた地域が選ばれている）や調査時期（害虫発生状況によって害虫抵抗性品種の効果は大きく異なるにもかかわらず、経年比較がされていない）の影響が考慮されていないため、収量増や農薬削減を示す調査結果を GM 品種（組換え形質）の効果とみなすことに無理がある。

第 2 に、比較対照群内でも結果に大きな違いが見られるにもかかわらず、それぞれの平均値が比較されているため、個別地域や個別農家のいかなる要因がそうした差を生んだのかが分からなくなっている。もともと GM 綿花品種の栽培農家と非栽培農家は大きく異なる営農を志向しており、導入前後の変化を見ないまま両者を単純に比較すれば誤った結論が導かれる可能性が高い。GM 栽培農家は商業的綿花生産に比重を置き、灌漑や信用など綿花栽培に適した条件に恵まれている場合が多いため、綿花に限れば生産性と収益性が高くなる。他方、非 GM 栽培農家は複合経営が多いため、綿花の生産性と収益性は低くても家計全体の平均所得が GM 栽培農家よりも高いことが同じ調査事例から確認できる。それにもかかわらず、この種の比較調査は GM 綿花による途上国零細農民の利益を結論づける傾向が強い。それは、非栽培農家に広くみられる零細複合経営の「後進性」と、栽培農家に広くみられる近代的営農モデルの「先進性」を無批判に前提しているためである。

南アフリカの場合

南アフリカでは早くも 1998 年に商業栽培が開始されたが、商業的大規模生産者が綿花生産の 9 割以上を担う同国にあって、例外的に中小家族経営が綿花生産に従事しているクワズールーナタル州マッカシニ地区の調査結果が、途上国零細農民が利益を享受した事例として繰り返し参照されてきた。同地区では約 3,000 戸の小規模農家が綿花を栽培しており、ピークの 2001 年度までに 9 割以上の農家が GM 品種を採用したとみられている。ここでも初期の調査結果はきわめて高い便益を示していた。

しかし第 1 に、農家ごと・季節ごとに大きな偏差がみられ、そ

の背景にさまざまな要因が考えられるにもかかわらず、GM 品種の導入と収量や農薬使用量の変化との相関関係について十分な検討がなされていない。害虫抵抗性品種は害虫の高発生時に備える保険のようなもので、しかも農薬削減効果は限定的で、栽培地域の自然的・制度的な環境に大きく左右されるため、場合によっては大きな赤字を抱えることも覚悟しなければならない。

第 2 に、綿花栽培には大量の水が必要だが、同地区の綿花栽培農家は小規模とはいえ灌漑へのアクセスなど比較的恵まれた条件にあった。さらに、綿花生産は通常、加工・貿易業者との契約で行われるが、GM 品種栽培農家は同地区で操業する加工業者から生産資材や信用の供与、技術指導など手厚い支援を受けていた。ところが、2002 年に支援体制が崩れるや、GM 品種栽培は不安定化し、栽培面積も減少した。

第 3 に、綿花の単収が年平均 24%も増えたされているが、この数字は同国の綿花統計と矛盾するだけでなく、多少なりとも実現した単収の伸びも実際には収量の低い乾燥地から灌漑農地に生産がシフトしたためと考えられている。つまり、GM 品種の普及と栽培を取りまく自然的・社会経済的な条件の違いが、増収効果や農薬削減効果、農家収益性に大きく影響している以上、単純な比較調査だけで GM 品種の途上国零細農民利益を評価することに無理がある。

第 4 に、WTO 交渉でも露呈したように、アフリカ産綿花の国際競争力は、米国等の過剰な国内保護と輸出補助金で大幅に引き下げられた国際価格ゆえに削がれており、仮に GM 品種を導入して生産性が上昇したとしてもアフリカ農業を苦境から救うことにはならない。そもそも綿花の国際貿易で利益を得ているのは途上国零細農民ではなく欧米のアグリビジネス企業である。1980 年代から進め

られてきた新自由主義的な構造調整政策の結果、綿花の生産・加工・輸出事業を担ってきた国営企業が次々に民営化され、農業普及機関や協同組合組織も解体された。その間隙を縫ってアフリカに次々に進出してきた多国籍アグリビジネスは、本国で巨額の輸出補助金を受け取り、アフリカ産繊維製品に与えられた輸入特別枠の恩恵も享受している。農業・食料を取りまく政治経済構造への視点を欠いた GM 作物便益論がいかに空虚であるかは明らかである。

農業生産力としての GM 技術の評価

潜在的には、GM 技術を中心とする農業バイオテクノロジーには多くの可能性があり、農業生産から食品加工に至る広範な領域に大きな変化をもたらすであろうことは間違いない。日本でも中長期的な観点から、国産 GM 作物品種の研究開発計画が立てられている。農林水産省「遺伝子組換え農作物等の研究開発の進め方に関する検討会」の『中間報告』(2007年7月)では、「現時点で考えられる重点分野」のうち「短中期的な研究成果が期待できるもの」として、イネを中心に、①国産農産物の需要拡大に貢献し、健康増進効果のある機能性食品の開発、②低環境負荷、低コスト、労働力軽減への貢献が期待される複合病害虫抵抗性農作物の開発、③国際貢献に寄与し、地球温暖化、耕地の乾燥化、突発的な冷害などの環境変動にも対応しうる不良環境耐性農作物等の開発、があげられている。他方、「中長期的な取り組みを要するもの」としては、④超多収と機能性を付加した低コスト・高付加価値飼料作物の開発、⑤有害化学物質の吸収・分解や重金属の高蓄積等を行う植物の開発、⑥国産バイオ燃料の増大に貢献する、高収量でエネルギー変換に優れた植物の開発があげられている。これらの技術が実現するに越したことは

ないが、当然ながら、限られた新品種が後退著しい日本農業の救世主になるとは考えられないし⁵、想定される途上国食料問題・農村開発問題や地球環境問題への貢献度が、研究開発努力に見合うほど十分かどうかは、これまでの考察で明らかになったように、あまりに不確実である。

第1章の農業生産力論を踏まえて、あらためて GM 技術を評価するならば、次のように総括できる。第1に、農法としては、大型機械化と農薬・肥料の多投で支えられる大規模単作(輪作の単純化)に適合的な農業技術であり、その限りで生産効率を高めるが、従来育種技術や肥培管理技術を超えるほどの増収効果は今のところ実現していない。さらに、当該技術への依存を強める中で、結局は耐性雑草や耐性害虫の発生を招き、農薬削減効果も低下してきている。開発企業は組換え形質を追加的に導入してこれに対処しようとしているが、それは環境負荷型の近代的農業モデルを転換するのではなく、むしろそれを前提とした彌縫策的な農法にすぎないことを証明している。

第2に、広義の生産力構造としては、GM 技術の研究開発から商品化に至る一連の過程が、純粹に科学的な営為でも技術内在的な発展過程でもなく、農業資本主義化の構造と特質に規定されたもの、企業の利害や政策的思惑が複雑に絡み合ったものだということである⁶。そして、農業の自然的・経営的・文化的・産業的な特質に配慮しないままの、GM 技術による生産効率性の一面的追求は、農業生産者が市場競争の激化と生産費の圧力に追われ、さらなる効率化を図るために高価な新技術の導入に走らされるという「踏み車の論理」を再現するだけである。上層の企業的大規模経営も含め、先進国農業と途上国農業とを問わず、農業生産者は営農に不可欠な技術

情報と市場情報を、「川上」の農業資材部門と「川下」の流通・加工部門とで市場の寡占化を強めるアグリビジネス企業に依存せざるをえず、そうした非対称な関係のなかで GM 作物が普及してきたという側面を見落としてはならない。

第 3 に、労働主体と生産手段の結合関係を意味する狭義の生産力構造についても、農業生産者が生産物からの疎外、農業労働の疎外、生産手段からの疎外を通じて「貧困化」の構造に引き込まれているという点で、GM 技術の導入は農業生産力の創造的・多角的な発展を促すものでは決してなく、むしろそれを阻害するような農業資本主義化の一つの過程でしかない。農家はモンサントとの種子購入（技術使用）契約で自家採種や種子譲渡を禁じられている。違反者を摘発するため同社が雇った「遺伝子警察」に圃場査察・サンプル採取の権限が与えられ、近隣農家間で監視・通報できるよう専用ダイヤルも設置されている。非意図的混入であっても契約違反で提訴され多額の罰金を課されるおそれがある。インドでは GM 綿花の不作で多くの零細農家が借金苦や自殺に追い込まれ、南アフリカでも 2009 年の GM トウモロコシの不作に際し、モンサントからの補償は同社が直接契約販売した大規模層にしか行き渡らなかったという。元の品種に戻ろうにも、GM 品種が普及した国では非 GM の優良品種系統が入手しづらくなっている。こうした「貧困化」構造の中から、農民自身が自らを解放するための自覚・意識変革・組織的対抗すなわち「主体形成」がいかに図られ、社会経済的・環境的に公平で公正かつ持続的な農業生産力基盤の形成へと向かっていくのが次なる課題として提起される。次節では、そうした農業生産力基盤の技術的側面に限定して、その可能性を検討したい。

4. オルタナティブな農業技術の可能性

世界的な穀物価格高騰の背景に、投機資金の流入や政治経済的力学の産物としてつくり出されたバイオ燃料ブーム等の農業外部的な要因があるにせよ、今後も需給逼迫基調が中長期的に予想されており、増収品種や耐乾性・耐塩性等の環境ストレス耐性品種の開発が切望されている。だが、その実現は現在水準の GM 技術で対応できるほど簡単ではない。長期的な視点から研究開発を進めていくことは必要だが、それと同時に、否、それ以前に、もっと地道で確実な方法に目を向けていく必要がある。例えば、有機農業を含む農業生態系利用型農業の環境的・経済的・社会的な有効性が、世界各地の膨大な実証的データによって確認されている。近年は国連機関でも、途上国の食料・貧困問題、持続的農村発展、地球環境問題への貢献可能性と、伝統的農法を科学的知見によって改良していくことの必要性（農業生態系利用型農業は古めかしく非科学的・非生産的な生産システムであるという旧来の認識を改める必要性）が言及されるようになってきている。翻って、わが国でも 2006 年に成立した有機農業推進法によって有機農業技術開発の推進が重要な課題として認知されてきた。GM 技術はあくまでも生命利用型技術の総称であるバイオテクノロジーの一形態にすぎず、種子商品としてパッケージ化されているので簡便だが、それゆえに農業生産と生態系の持続性に資するような農法の改善を直接もたらすものではないのである。

低投入型農業技術の再評価：米国の場合

GM 作物栽培と有機農業や低投入型農業とを厳密に比較した調

査・研究はほとんどないが、慣行農業との比較は少なくない（詳しくは Gurian-Sherman 2009 を参照）。例えば、過去 20 年以上に及ぶ実験データを元に有機農業と慣行農業の収量を比較した研究によれば、有機トウモロコシは慣行トウモロコシとほぼ同レベルだったが、早魃期には前者の収量が 28～34% 高く、もっとも深刻な早魃年には逆に大幅減となった。他方、有機大豆は慣行大豆より 7% 低かったが、深刻な早魃年には 78% も高かった。別の研究によれば、有機農業の収量が低い場合、多くは不適切な雑草防除や不十分な土質改良に起因しているという。また、有機トウモロコシ栽培ではアノメイガの産卵が大幅に抑えられるという。

低投入型農業についても、例えば、中西部で実施された経年調査によって、慣行農業よりも高い収量が確認された。慣行農業に除草剤耐性大豆を用いた場合、低投入型農業の収量が 13% 高く、除草剤使用量も 3 年輪作圃場で 76% 減、4 年輪作圃場では 83% 減となった。近年、輪作の単純化と線虫抵抗性品種の普及が相まって耐性線虫が出現し、輪作体系にも大きな影響を及ぼしているが、トウモロコシと大豆の単純輪作に小麦を組み入れれば線虫被害を大幅に減らせることも、別の調査結果によって明らかにされている。中西部の別のシミュレーションでは、長期輪作の実施で高い収量と収益性が確保されることが示されている。

参加型農業技術開発の可能性：途上国の場合

2007～08 年の世界食料危機に際して、食料サミットや G8 洞爺湖サミット等の国際会で注目されたのが、ドイツ財団やロックフェラー財団によって 2006 年に設立され、アナン前国連事務総長が会長を務める AGRA が提唱する「アフリカのための緑の革命」へ

の取り組みである。AGRA は、アフリカにおける農業生産の向上を重視し、品種改良（種子）や土壌改良（肥料）、物流インフラや市場アクセスを含む農業価値連鎖の向上を目指したプロジェクトへの支援を進めている。だが、アフリカ農業の発展が必要だとしても、それは技術だけの問題ではなく、農業発展モデルの選択をめぐる問題である。食料増産は必要だが十分条件ではなく、アフリカ農業が直面している問題の根本的解決につながる保証はない。農業モデルの選択を誤れば、かつての「緑の革命」がそうであったように環境負荷や社会的不均衡を招き、現在、国連人権理事会や FAO で議論されている「食料への権利」の実現に逆行する事態も予想される。

国連機関と世界銀行が「貧困と飢餓の削減、農村生活の改善、持続的な発展のために、農業に関する知識・科学・技術をよりよく利用するための方策」を検討するために 2002 年に発足させた国際協議プロセス「開発のための農業に関する知識・科学・技術に関する国際的検証（IAASTD）」の成果報告書は、選択すべき農業モデルの方向性を次のように指し示した。同報告書は、農業科学技術の進歩による収量向上と大規模化による生産性向上への成果を確認しつつも、それが一方で大きな環境負荷となり、他方で発展途上国における貧困問題を解決できずきたことを踏まえ、化学肥料や農薬、特許種子等の外部投入財への依存ではなく、多様な農業生態系の理解と活用、そこで培われてきた農民的知識や農村女性の役割の再評価、それをコミュニティレベルで支援する科学者との協力や制度・政策環境の整備が必要だとする。新しい農業技術の可能性を否定しているのではない。伝統的でローカルな知識に学ぶと同時に農業科学技術の成果を活かし、両者を融合させる道が模索されている。2007 年に市民社会組織と共同で開催した FAO の国際会議『有機農業と

食料安全保障』や、2008年に発表された国連環境計画（UNEP）と国連貿易開発会議（UNCTAD）の合同作業部会報告『アフリカにおける有機農業と食料安全保障』でも同様の結論が出されている。

途上国における有機農業や低投入型農業の潜在的可能性については、学術研究としても実証されてきた。第1に、長年にわたって実証データを積み上げてきたプレティらは、途上国57カ国286事例（3,700万ha相当）の調査を元に、生態系利用型低投入農業によって、環境負荷を伴うことなく平均79%の収量増が実現されていることを明らかにした（Pretty et al. 2006）。第2に、バジリナーらも先進国を含む293事例の公表データを元に作物ごとの収量を比較し、先進国では有機農業は慣行農業より収量が低下（平均7.8%減）したが、途上国では逆に大幅な増収効果（平均80.2%増）を確認し、その上で世界全体の食料需給に及ぼす影響を計量分析した結果、有機農業が世界の食料需要に十分対応しうることを結論づけている（Badgley et al. 2007；足立2009）。第3に、サブサハラ諸国の有機綿花に限定して分析したフェリグノらも、環境的・社会的・経済的に大きな便益が零細農民にもたらされることを明らかにしたが、同時に、現在は国際機関やNGO等による開発援助プロジェクトに依存している有機農業がさらに拡大していくためには数々の制約を克服する必要があることも指摘している（Ferrigno et al. 2005）。例えば、①有機綿花市場が拡大したため栽培農民の対実需者交渉力が低下し、プレミアム価格が縮小・失効する可能性があること、②政府・研究機関からの支援がないこと、③したがって有機農業に必要な資材や技術、インフラへのアクセスが欠けていること、④域内繊維産業への投資が不足し、輸出市場へのアクセスにも事欠くこと、などである。逆に、こうした制度的条件を整えば、有機農業の農業

生産力としての潜在的可能性が開けてくるということだ。第4に、害虫抵抗性綿花と農民教育を通じた総合病虫害管理（IPM）とを比較した中国の調査でも、両者の経済効果に差がなかったことが示されている（Yang et al. 2005）。農民および農村コミュニティの主体形成（エンパワーメント）を考え合わせれば、汎用的で利便性の高いパッケージ型技術であるGM品種よりも、地域の実情に即して多様な技術・技能・知識を組み合わせる後者のアプローチの方が環境的・社会経済的に持続的な便益可能性、したがって広義の農業生産力形成への貢献可能性を有していることは明らかである。

5. 食料輸入国の消費者としての責務

GM作物と聞いても、食料輸入大国の日本に暮らす私たちは、むしろGM食品とその安全性をめぐる問題を想起する。すでに日本での栽培が認可されているGM作物品種も少なくないし、国内にも一部で商業栽培を進めようとしている生産者グループも存在するものの、安全性に対する消費者の不安は解消しておらず、品種特性も国内農業に十分に合致しないことから、統計的には商業栽培ゼロとなっている。もちろん、食品・飼料としての安全性評価をパスし、国内市場での流通・販売が認可されている以上、大豆、トウモロコシ、菜種のほとんどを輸入に依存する日本で消費されるGM作物原料は相当量に達すると思われる。日本のGM原料表示基準はかなり緩いため、例えば納豆や醤油のラベルに「遺伝子組換えでない」と表示されていても、5%未満で混入している可能性を否定できない。私たちはそれと知らずに大量のGM食品を摂取しているのである。その時、私たちは消費者として、安全で安心な食品を要

求し、その情報を要求する権利を主張するにとどまらず、その食品・原料作物がどのように生産されているのか、それがどのような社会的・経済的・環境的な影響を及ぼしているのか・及ぼしようのかについても思いを馳せる必要がある。それは、国内自給率・地域自給率を高めていく課題とともに、食料輸入国に生きる消費者としての責務である。

参考文献

久野秀二 [2002], 『アグリビジネスと遺伝子組換え作物—政治経済学アプローチ』日本経済評論社。

久野秀二 [2005], 「遺伝子組換え作物の社会科学—科学技術が社会に受け入れられるには?」『イリュウム』17巻1号。

久野秀二 [2009], 「国連『食料への権利』報告と求められる農政改革」『農業と経済』75巻6号。

Badgley, C., et al. [2007], “Organic Agriculture and the Global Food Supply,” *Renewable Agriculture and Food Systems*, Vol. 22(2).

Benbrook, C. M. [2004], Genetically Engineered Crops and Pesticide Use in the United States: The First Nine Years, Technical Paper 7, AgBioTech InfoNet.

Ferrigno, S., et al. [2005], “Organic Cotton: A New Development Path for African Smallholders?” *IIED Gatekeeper Series* 120, London: International Institute for Environment and Development.

FoEI [2008], Who Benefits from GM Crops: The rise in pesticide use, Amsterdam: Friends of the Earth International.

FoEI [2009], Who Benefits from GM Crops: Feeding the biotech giants, not the world’s poor, Issue 116, Amsterdam: Friends of the Earth International.

Glover, D. [2009], *Undying Promise: Agricultural Biotechnology’s Pro-Poor Narrative*, Ten Years on, *STEPS Working Paper* 15, STEPS Centre, IDS, University of Sussex, Brighton, UK.

Gurian-Sherman, D. [2009], *Failure to Yield: Evaluating the Performance of Genetically Engineered Crops*, Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists.

Pretty, J. N., et al. [2006], “Resource-Conserving Agriculture Increases Yields in Developing Countries,” *Environmental Science & Technology*, Vol. 40(4).

Yang, P., et al. [2005], “Impacts of transgenic Bt cotton and integrated pest management education on smallholder cotton farmers,” *International Journal of Pest Management*, Vol. 51(4).

¹ 非 GM の高機能性品種にも除草剤耐性等の機能が組み込まれるので、種子市場では GM 品種として販売されることになる。

² 2009年5月以来、モンサントとデュポンの間で激しい非難と提訴の欧州が続いている。モンサントはライセンス契約をめぐってデュポンを、デュポンは独占禁止法抵触を理由にモンサントをそれぞれ訴えている。

³ ブラジルでもトウモロコシ種子の約4割、大豆種子の約6割、綿花種子の約2割を占め、アルゼンチンでは大豆種子をほぼ独占、メキシコではトウモロコシの販売種子市場で7割を支配している。

⁴ 害虫抵抗性品種は特定の害虫にのみ有効な殺虫成分 (Bt) を産生する遺伝形質を組み込んだものであり、近年は複数の組換え形質を組み込んだスタック品種の開発と普及が急ピッチで進められているが、実際の栽培環境は実験圃場とは異なって数多くの害虫が生息しており、当該品種が標的としないう副次的害虫の被害は避けられない。また、旱魃等の環境ストレスに脆弱である点も指摘されている。圃場管理が行き届いている先進国農業ではある程度は対処可能と思われるが、インドや南アフリカ、中国等では大

きな問題を孕んでいる。

⁵ 日本農業を守り発展させていくためには、輸入自由化に歯止めをかけるとともに、多様な担い手を政策的に位置づけ、価格保障と所得保障を含めた農業経営支援策を強めていくことが不可欠である。先端技術を含む農業技術の振興は、安全性の確保だけでなく、そうした農業政策とかみ合っはじめて社会的正当性を与えられることになる。

⁶ 本章では取り上げなかったが、GM 技術のリスク評価、リスク管理、リスクコミュニケーションにおいても、必ずしも「客観的で中立的で健全な科学」が貫かれているわけではない点も重要である（久野 2005）。