eJOURNAL USA
21st-Century Agriculture
21世紀の農業
米国大使館レファレンス資料室／アメリカンセンター・レファレンス資料室

米国国務省　2010年３月
第15巻第３号
http://www.america.gov/publications/ejournalusa.html

米国国務省国際情報プログラム局

発行責任者	Daniel Sreebny
編集主幹	Jonathan Margolis
クリエイティブディレクター	Michael Jay Friedman
編集長	Richard W. Huckaby
副編集長	Charlene Porter
制作	Janine Perry
デザイナー	Chloe D. Ellis
原稿整理	Jeanne Holden
写真編集	Maggie Johnson Sliker
表紙デザイン	David Hamill
レファレンス・スペシャリスト	Anita Green

表紙カバー
巨大な庭園群が未来都市を取り巻く21世紀の風景（アーチスト、カウコ・ヘラブオの想像図）
© Getty Images

米国国務省の国際情報プログラム局は、eJournal USAのロゴ名で毎月電子ジャーナルを発行し、米国や国際社会が直面する主要な問題、ならびに米国の社会や価値観、考え方、様々な制度について検証しています。

最新号は毎月まず英語で発行され、続いてフランス語、ポルトガル語、ロシア語、スペイン語版が発行されます。必要に応じてアラビア語、中国語、ペルシア語の翻訳版が発行される場合もあります。ジャーナルはそれぞれ、発行巻数（出版された年の番号）と、号数（１年間に発行された各号の番号）別に目録に掲載されます。

ジャーナルの中で提示された意見は、必ずしも米国政府の見解や政策を反映するものではありません。米国国務省は、ジャーナルがリンクするインターネット・サイトの内容、およびこれらのサイトへの継続的な利用の可能性について、一切の責任を負いません。各サイトについての責任は、サイトの発行者のみに帰属するものとします。ジャーナルに掲載される記事や写真、イラストは、著作権についての明記がない限り、米国外での複製や翻訳を認めますが、明記があるものについては、ジャーナルに記載されている著作権保有者の許可を得なければなりません。

国際情報プログラム局は、http://www.america.gov/publications/ejournalusa.htmlで、ジャーナルの最新号とバックナンバーを数種類のデータ形式で提供しています。ご意見等は、最寄りの米国大使館、または下記の編集部までお寄せください。

Editor, eJournal USA
IIP/PUBJ
U.S. Department of State
2200 C Street, NW
Washington, DC 20522-0501
USA
E-mail: eJournalUSA@state.gov

編集・発行：米国大使館レファレンス資料室（2011年１月）
本号の日本語文書は参考のための仮翻訳であり、正文は英文です。

本号について

Dave Reede/CORBIS

人類の最も長い闘いは現在も続いている。それは自らを養うのに十分な食糧を確保する闘いであり、人類はこの闘いをさまざまな武器を使って多方面で展開してきた。英国の学者、トーマス・マルサス（1766～1834）は、人類に勝ち目があるとは思わなかった。マルサスは1798年の著述で、「人間の数がその生活手段を上回る時期が到来してからすでに久しい」という結論を下し、その結果は「窮乏と悪徳」であろうと予測した。全体的に見ると、マルサスの言ったことは、少なくとも現在までは、間違っていた。インド生まれのノーベル経済学賞受賞者、アマルティア・センが1994年に指摘したように、世界の人口は同年までに、マルサスが最初に「人口論」を発表した時の6倍近くに増えていた。それにもかかわらず、１人あたりの食糧消費量は増加し、平均余命は伸び、生活水準も一般的には向上していた。その重要な要因の１つは、農学者でノーベル平和賞受賞者のノーマン・ボーローグ（1914～2009）が先鞭をつけた「緑の革命」であった。ボーローグの名は、本号の記事に繰り返し登場する。

しかし、人口と食糧供給の対決にはまだ決着がついていない。「世界の人口が10億人に達するまでに何百万年もかかった。世界人口はその後、123年で20億人に、33年で30億人に、14年で40億人に、13年で50億人にそれぞれ達した…」とセンは書いている。世界の人口は現在、推定で68億人、このうち10億2,000万人が栄養不足状態にあると推定される。世界の人口を養うことのできる21世紀の農業を私たちはどのようにして構築するのか。それが、『eJournal USA』本号のテーマである。

優れた技術能力と農業技能が結合すれば、多くの面で前進が期待できる。すなわち、食糧はより豊富になり、その多くが健康の増進に役立つものになり、しかも、この豊かさをより多くの人々がグローバルな市場で享受することが可能になる。さらに言えば、農業は新しい形のクリーンエネルギーを実現する鍵を握っている。

本号に意見を寄せた人々の中には、科学者、政府当局者のほか、インドおよび米国出身の「世界食糧賞」受賞者もいる。これらの人々はすべて、ボーローグ博士がノーベル賞受賞演説で述べた、飢餓との闘いにおける「膨大な軍隊」の一部として団結している。もっと視野を広げて言えば、21世紀の農業は、人間が持つ集団的な知恵の壮大な応用の見本ということになる。この闘いにおける勝利が近いことを祈りつつ。

編集部

米国国務省　2010年３月 第15巻第３号
http://www.america.gov/publications/ejournalusa.html

21世紀の農業

食糧安全保障

4　食糧チェーンをつくる鎖の輪
M･ビジャヤ･グプタ、フィリップ･E･ネルソンとのインタビュー
「世界食糧賞」の受賞者２人が、農業を前進させ、世界の食糧需要を満たすための技術と戦略を語る

8　全世界のための食糧
世界の食糧の質、量、供給力の向上に貢献した個人に贈られる「世界食糧賞」

10　水たまりから魚を
開発途上国の農民に水産養殖技術を広めたM･ビジャヤ･グプタ博士は、「青の革命」の父として知られる

11　農場から新鮮なまま食卓へ
農産品の新鮮さと純度を保つことに成功した、フィリップ･ネルソン博士の研究

12　「根底からの変革」を目指す米国の食糧政策
世界食糧安全保障構想を推進するオバマ政権

13　土と共に生きる
農家と土の結びつきを描くフォトストーリー

農業とグローバル化

18　ボーローグの遺産：　農業研究の新しいパラダイム
ロジャー･ビーチー、米国食糧農業研究所所長
米国農務省は、地球のすべての人々のニーズを支えるため、農業の根底からの変革に取り組んでいる

22　「隠れた飢餓」に苦しむ人々に栄養を
適切な栄養素の不足が、栄養失調の原因であり、問題解決にはグローバルな援助活動が求められる

23　農作物が21世紀のエネルギーを供給する
イライザ･ウッド、www.RealEnergyWriters.com
農業には、バイオエネルギーという新分野において、燃料として利用可能な農作物や植物廃棄物を提供できる可能性がある

24　バイオエネルギー：　利用可能、再生可能、持続可能
バイオエネルギーの供給源は多数ある

28　世界の農産物貿易（図解）
図表で見る世界の農産物貿易の恩恵

29 グローバル市場における農業
C・ピーター・ティマー
ハーバード大学名誉教授（トーマス・D・カボット開発学記念教授）
グローバル化は、農作物の選択から販売まで、農業生産にさまざまな影響を与える

33 自然 ＋ 科学 ＝ 新しい作物
科学は、自然が見落とした特性をどうやって作物に与えるのか。そのフォトストーリー

36 水がすべてを支える
農業は、地球上にある淡水の最大の消費者である

37 植物の遺産
植物界の遺伝的多様性を保全するため、国際社会は何千もの異なる植物サンプルを保護している

39 数字あれこれ
世界の農業をめぐる統計や数字をいくつか選んで紹介する

40 参考資料
書籍論文およびウェブサイト

食糧チェーンをつくる鎖の輪

M・ビジャヤ・グプタ、フィリップ・E・ネルソンとのインタビュー

© AP Images/Imaginechina

パック詰めのジュースは鮮度を失わない。これは、世界食糧賞の受賞者、フィリップ・ネルソン博士による研究の成果である

未来の人口を養うのに十分な食糧を産出することは、今日の人類がいやおうなしに直面している緊急課題の１つである。「世界食糧賞」は毎年、「世界の食糧の質、量、供給力を向上させて人類の発展に貢献した」人物に授与される。同賞は1986年に創設されて以来、強い作物の開発や、休閑地の生産性を引き上げる技術の開発など、農業のさまざまな分野で成果を上げた多様な個人の業績をたたえてきた。人類は将来見込まれる食糧需要を満たす手だてを見出さなくてはならないが、世界食糧賞の受賞者は、その仕事に取り組む最適任者に数えられる。以下に掲載するのは、同賞を受賞した２人の科学者が示す見解である。

インド人のM・ビジャヤ・グプタ博士は、水産養殖振興への取り組み「ブルー・レボリューション」(青の革命)のリーダーの１人として、2005年に世界食糧賞を受賞した。グプタ博士が開発した養魚方式は、100万世帯以上の食事のタンパク質とミネラルの含有量を増大させた。一方、米国人のフィリップ・E・ネルソン博士は、生鮮青果物の衛生的な大規模貯蔵と輸送の分野で食品産業に革命を起こす技術的躍進を遂げ、2007年の世界食糧賞に輝いた。

問：既存の技術を使って世界の食糧生産を増やそうとするとき、近い将来に取れる行動の中でいちばん効果的なのは何だとお考えですか。

グプタ：最も効果的で現在求められている行動は、先進国から開発途上国に向けた技術移転と資金の移転だと思います。短期間での生産増大を目指すなら、それがいちばん重要な行動でしょう。技術の移転と、開発途上国でそうした技術を実行するための資金援助が必要です。

現在のところ、大半の開発途上国の農業生産は、先進国のレベルに達していません。生産から販売までの各段階で適切な技術がなく、政府が開発プロジェクトを実施するために必要な財源も不足しているからです。開発途上諸国には、短期間で食糧生産を増やすための生産技術の改良が必

要なのです。特にバイオテクノロジーや遺伝学を活用した技術や、過大な特許使用料を伴わない改良種子などが必要です。

ネルソン：技術移転については私も同感です。私たちが本当に取り組まなくてはならないのは、食糧チェーン全体に目を向けることだと思います。生産は極めて重要です。けれども、作物を収穫してから消費者に届けるまでの保存も非常に重要なのです。食糧チェーン全体の流通システムに目を向けることで、今すぐ大きなインパクトを与えることができる。私はそう考えています。

問：食べるものが十分にない人は、世界で10億人いると推定されています。世界全体では十分な量の食糧が生産されているが、必要とする人すべてには行き届いていないのだと聞いています。お２人がおっしゃっているのは、そういう問題ですか。つまり、流通や貯蔵が改善されれば、飢餓問題は解決できると。

グプタ：そうですね、貯蔵の問題はありますね。輸送と貯蔵の過程でかなりのロスがありますから。しかしそれだけでなく、十分な量の食糧を生産することも必要です。また、貧困問題の存在を考えれば、人々が食糧を入手できるかどうかということも懸念されます。インドでは、食糧生産に余剰が出る年もあります。しかし政府には、モンスーンの雨季の間に余剰農産物を貯蔵しておくサイロが十分にないのです。一方には余剰農産物があり、もう一方には、購買力がないために飢えて死んでいく人たちがいるのです。

ネルソン：そのとおりですね。私たちが誤解してしまう１番大事な点ですが、栄養失調は恐らく貧困によってもたらされるのです。ですから、貧しい人たちに資金を渡し、流通を確保すれば飢餓と空腹をかなり減らすことができるのです。

グプタ：今起きているのは、開発途上国での飢餓と空腹の問題です。食糧が不足している国には食糧援助が行われています。しかし、そうした国の中で、またはそうした国がある地域で、農業生産力を伸ばさなくてはなりません。それが、人々の生計を立て、雇用機会を生み出し、手の届く価格の食糧を生み出すことにつながるのです。ここに着目しなければなりません。先進国で農作物を栽培し、高い費用をかけて開発途上国まで長距離輸送することにばかりに目が向いていてはいけないのです。

ネルソン：100％同感です。確かに、国連世界食糧計画のような機関、その他の支援機関の必要性がなくなることはないでしょう。今年に入ってからもハイチが災害に見舞われましたが、自然災害はいつでも起こり得るし、政情不安もあるし、破壊的な不測の出来事だってありますから。そうした緊急の食糧援助が不要になることはありません。しかし、地元コミュニティーに農業を確立して、栽培したものを地元でさばけるよう市場を開発する必要があるのです。

問：さて、それぞれの専門領域での進展に話題を変えますが、グプタ博士、小規模の水産養殖ベンチャーはさらに拡大していますか。

グプタ：全くそのとおりです。私の仕事はもともとアジアに集中していましたが、同じ技術、手法が今やアフリカ諸国に移転されつつあります。アフリカ諸国にとって主要な懸案となっているのは、世界の水産養殖生産高の９割をアジアが占めていることです。そこでアフリカでは、アジア諸国で暮らす人々の社会的、経済的、文化的な側面を考慮に入れもせず、ただ、養殖の技術をアジアから取ってきてアフリカに移植しようと、多大な労力をつぎ込んできました。そして、この努力は失敗に終わったのです。援助国側は、これまでに

Courtesy of World Fish Center/Fern Corn

低地にあるバングラデシュでは、池や水たまりでの水産養殖が地元の人々に食糧資源を増やす機会を与えている。M･ビジャヤ･グプタ博士が進めた水産養殖普及活動などにより、バングラデシュにおける養殖魚の生産高は10倍に増えた

© AP Images/Kiki Calvo

ネパールの地方市場。こうした地方レベルの市場を発展させることが、食糧へのアクセス改善と食糧安全保障の強化に向けての1歩であると専門家は指摘する

何百万ドルというカネをこれらのアフリカ諸国に投入しました。これが過去の過ちです。

私の研究は、それぞれの地域社会と密接に連携して技術開発を始めることに的を絞っています。開発を始めるにあたっては、まず、その地域社会の社会的背景、経済状況、文化的側面を理解しなければなりません。その上で、その地域社会に適した技術を開発するのです。

私たちが着目した第２の側面は、小規模農家が、裏庭の池で育てた魚を食べることで、自分たちの栄養状態を改善することができるような養殖魚の生産でした。初めのうちは、農民が自ら育てた魚をもっと消費するようになって健康の増進につながるだろうと考えていました。しかしこの想定は、研究の初期段階における誤りでした。小規模農家は現金経済に目を向けていたのです。食べる魚の量を増やすこと以外にも農家のニーズはたくさんありますから、欲しいのは現金収入なのです。こうして、研究を進める中で、自宅の池で育てた魚を含め、小規模農家の生産する魚の８割から９割は、高値で売れる市場に出荷されていたことが分かったのです。得た現金で、自分たちが消費する魚として値段の安い干物やその他の必需品を買うのです。しかし、それが結局は栄養状態の改善につながっています。庭の池で育てた魚を食べているからではありません。庭の池を使った魚の養殖で得られる現金収入があるからです。

今では、以上のような状況を考慮に入れて仕事を進めています。地元の人々や市場のニーズをしっかりと把握し、貧しい家庭に現金収入をもたらすような技術を開発するのです。

問：ネルソン博士、ご専門の貯蔵・保存技術を水産養殖業者の生産物に応用して効率を高められるとしたら、どんな方法が考えられますか。

ネルソン：グプタ博士のなさっている仕事には胸が高鳴りますね。世界の食糧安全保障に大いに貢献すると思えるからです。私は自分のプレゼンテーションの中で、中国のことわざを紹介する１枚のスライドを使っています。「人に魚を１匹与えれば、１日食べていける。魚の取りかたを教えれば、一生食べていける」というものです。これに私はもう１行足します。「魚を保存することを教えれば、その人は、ずっと生きられるし、地域社会にも食べ物を供給して、いくらかのお金も手にすることができる」と。

これが私の活動の中心なのです。つまり、食糧チェーン全体の中のこの部分です。開発途上国の農民に、魚、穀物、果物、野菜を保存する手段、地元に市場を発展させる手段を与えようというのです。多くの開発途上国、そして今では開発途上国の多くの大都市で、農水産物への需要が伸びています。開発途上国の小規模農家が農作物を作り、輸送し、その需要を満たすすべを学べば、貧困と飢えの問題に大きなインパクトを与える機会が手に入るのではないでしょうか。

問：開発途上国の小規模農家には、往々にして、農産物を市場に運ぶためのまともな自動車がなかったり、市場までの通行可能な道路がなかったりします。こういう問題の克服を支援するうえで、援助国側はどんなことができるでしょうか。

ネルソン：チームワークが必要です。１つの側面だけに取り組んでもだめです。市場の開発とインフラの整備がなければなりません。これは確かに、単純な技術移転より複雑ですが、こうした各種活動がまとまって、効果をあげている良い例がいくつかあります。

例えばマラウイでは、「ミレニアム・ビレッジ」というプロジェクトが実施され、農業・水の保全・健康増進・教育の普及などを含め、村々に大きな改善をもたらしました。とはいっても、アフリカはまだ、インフラ整備のすべての面で世界に後れを取っています。

私たちは、そうした成功例を広めたいのです。これを実行するために、食品関連技術の開発と市場の拡大に重点を置いた国際センターを設置したいと考えています。多数の組織や団体から多くの支援を受けて、活動への取り組みに弾みをつけたいと願っています。

Courtesy of World Fish Center/Randall Brumett

獲った魚を見せるカメルーンの女性漁師。魚はアフリカ人の食生活の中で重要なタンパク源である

問:その良い例を１つご紹介いただけますか。

ネルソン:植物育種学者と共同で仕事をする中で、食品技術者がソルガムの変異種を見つけたのです。そのソルガムに含まれる１つのタンパク質が、小麦のタンパク質とかなり似た働きをします。セネガル人はバゲットが好きですがこうした国では、地元の人たちの好みに合うパンを作るための小麦をすべて輸入に頼っているのです。私たちが今試しているアイデアは、見つかったソルガムの変種を使って、輸入小麦の50％程度を地元栽培の小麦に置き換えられないかということです。そのやり方で、地元の人たちの気に入るバゲットが作れるのではないかと期待しています。実現すれば、地元の農民にとって市場機会が増えることになりますし、セネガルの輸入小麦需要を減らせます。

食料品価格も世界の飢餓の要因の１つです。農産物を大量に輸入している場合には、そのことが問題を起こしますし、財源を消耗させてしまいます。

マラウイでは、女性たちと協力して小規模の起業集団を立ち上げ、作った農産品の販売面を改善しようと取り組んでいます。しかし今のところ、少人数のグループが10できている程度です。このモデルを１万倍に増やす必要があります。

問:グプタ博士、あなたの養殖技術を取り入れて村人の生活の質を全体的に改善できた例をご紹介いただけますか。

グプタ:私がバングラデシュで手がけてきた仕事を例に取りましょう。最初にバングラデシュに行ったのは、ずい分と前、1986年のことです。ご存じのように、バングラデシュといえば、１年のうち４カ月から半年くらいの間、国土の３分の２が水につかります。水はいくらでもあるのに、魚はほとんどいない。国民の生活の中で、魚がいちばん大事な産物であるにもかかわらずです。バングラデシュは、毎年のように、洪水に見舞われます。ですから農村部では、地面を高くした土地に小さな家屋、小屋を建てて暮らしています。家を高くするために、家の周辺の土地を掘って土を集めます。その過程で小さな溝や池ができます。農村には、こうしてできた池や溝が何十万とありましたが、私が行ったとき、邪魔なだけの水生雑草のホテイアオイで覆われていて、何にも使われていず、蚊の繁殖地になっていただけです。どうやったらこうした小さな池を、家族に栄養を提供する池として使えるか、私は考えたのです。

私は生物学者ですから、当時は田舎の生活様式、人々の文化、経済のことが分かっていませんでした。そこで、バングラデシュ国内で草の根レベルの活動をしていた非政府組織（NGO）のいくつかと手を組み、世帯所得を増やし栄養補給の改善につながる水産養殖の導入を加速することにしたのです。この養殖技術なら採算ベースに乗るとNGOが確信した時点で、私たちは村々を訪問し、まずは、村人たちを、そして彼らの文化、経済状況を理解しようと努力しました。そして、投資リスクのない低コストの小規模技術の導入から始めました。それを村の池で試して、人々に実証して見せたのです。

多くの村を回って、１万人を超える農民に、養殖技術のデモンストレーションと「養殖場での」実地調査の協力者となってもらいました。こうして、使われていない池や道端の小さな溝から、４カ月から６カ月で、１ヘクタール当たり２トンから３トンの魚がとれることを実際に示すことができると、非常に大きな反響が起こり技術の導入が始まったのです。

農村の水産養殖に革命をもたらし、農村部の人々の生計と栄養を改善した出来事だったと言えるでしょう。以上が私たちの第１歩でした。

次に、農村部の女性のほとんどが家庭内で働いていながら、外では職に就いていない現状に注目しました。そこでこう考えたのです。コストと投入資源の少ない養殖に携われば、女性たちは、農業労働者などとして働く夫の収入に上乗せとなる収入を得て、世帯収入を増やすことができるだろう。そこで私たちは女性たちに呼びかけ、仕事を教えました。NGOも無担保のローンを提供して応援してくれました。これが非常にうまくいき、今ではバングラデシュの農村部で水産養殖に携わる者の約６割が女性です。

こうして、世帯所得は増えましたし、女性の地位も、家庭内だけでなく社会全体の中で向上しました。それまでは女性は、単なる労働者にすぎなかったのです。

かつて、バングラデッシュのNGOの１つが広告に使っている１枚の絵を見たことがあります。描かれているのは、12本の腕を持つ１人の女性。その１本で赤ちゃんを抱き、別の１本で家の掃除をしています。料理をする手あり、薪（まき）を割る手もあり。別の手もさまざまなことをしていました。その絵には「私の妻は働かない」という題がついていました。何から何まで妻がやっているのに！にもかかわらず、現金収入をもたらさない限り、働いているとみなされない。だからこそ私たちは、投入資源が少なくて済む技術で、女性たちを参加させて、表に出したのです。仕事を習って自信をつけると、女性たちはもっと高収益につながる集約的生産技術の導入を望みました。今では、養殖よりもお金になる魚類種苗生産（ふ化場で行うような魚の管理飼育）に携わる女性もいます。

私がバングラデシュを訪れたとき、水産養殖の生産高は10万トンに達していませんでした。今では100万トンに迫る勢いです。生産高が増えているというだけでなく、収入を得る機会の乏しい農村地域社会で生計を築く手段となっているのです。

問：政治的要因も食糧安全保障に影響する場合があります。政策が生産を促進したり、逆に阻害したりもします。そして世界には、国民が栄養足りて健やかな状態にあることを重視しない政権があることも確かです。政治的な問題による飢餓の助長を、どのようにお考えですか。

ネルソン：私は科学者、技術者ですから、その質問は別の人に向けたほうがいいでしょう。しかし確かに、アフリカを中心に世界のいくつかの地域では、それが大きな障害となっています。政治がもたらす障害にどんな手が打てるか、それは状況が変わった国を見てみれば分かります。マラウイはいい例です。またインドでも、農作物を保存して流通させるための方法として、政府が加工技術のさらなる開発に力を入れ始め、新たな再生の時期を迎えています。政府は状況を大きく変える力を持っているのです。

全世界のための食糧

Courtesy of Purdue University

ソルガム畑で研究に取り組む2009年世界食糧賞受賞者のゲビサ・エジャタ博士。ソルガムは多くの国の主要穀物で、エジャタ博士は、過酷な環境に耐えられるソルガム交配種を開発した

「世界食糧賞」はこれまで20年以上にわたって、国籍を問わず、世界の食糧の質、量、供給力の向上に大きな業績を残した人に贈られてきた。

同賞は、ノーマン・ボーローグ博士の夢を形として表したものである。「緑の革命」の父として知られるボーローグ博士は、農業生産性の向上にその生涯をささげた。博士が開発した方法により、農作物の収量が増加し、人口の伸びが著しい開発途上国の国民を養うことが可能になった。1970年にノーベル平和賞を受賞した博士は、人々の目を農業に向けさせ、農業分野における取り組みの前進を促す目的で、ノーベル賞に匹敵するような権威のある賞の創設に思いを巡らせた。

1986年に創設されて以来、賞金25万ドルの世界食糧賞は、世界各地の科学者や政治家によるさまざまな業績を表彰してきた。同賞の後援者となっているのは、実業家であり慈善家でもあるジョン・ルーアンで、本部は米国の主要農業地域の１つに位置する都市、アイオワ州デモインにある。

2009年の世界食糧賞を受賞したのは、エチオピアの植物育種学と遺伝学の専門家、ゲビサ・エジェタ博士であった。過酷な環境に耐えられるソルガムの交配種を開発した業績が認められたものである。ソルガムは世界の主要穀類の１つで、一部地域では主食になっている。エジェタの研究成果により、農作物の生産性が向上し、サハラ以南のアフリカに住む何億という人々に対する食糧供給が改善されるであろう。

世界食糧賞のこれまでの受賞者には、生産力のない土地を農業用地に変えることに成功した人、新たな交配植物種を開発した人、貧しい人々に食糧を供給するための社会プログラムを開発した人などが含まれている。

グプタ：私たちは技術にばかり目を向けるのではなく、農民が支払う調達価格にも着目しないとなりません。豊作だと農産物の相場が下がって、農民は利益を得ることができません。肥料や殺虫剤など投入資材のコストが上がりつつある一方で、生産する農産品には保証価格や最低価格がありません。私の祖国で実際に起きたことです。豊作で市場価格が下がり、農民たちは作物の生産にかかった費用を回収できなくなってしまうのです。

こうした事情から、食糧生産に携わる農家が、時には食用作物の生産から手を引いて、綿花やタバコ、サトウキビなど商品作物の生産に切り替えることがあります。ですから政府は、農民に最低価格を保証する必要があります。それが、農民に健やかな暮らしをもたらすことにつながるのです。

問：今日の世界の農業に難題を突きつける、重大な未知の要素は、気候変動が今後及ぼし得る影響です。どのように予想されているか、少しお伺いしたいと思います。グプタ博士、バングラデシュに話を戻しましょう。気候変動の結果として海面の上昇が予想されていますが、バングラデシュは特にその影響を受けやすい、低地の国ですね。

グプタ：気候変動が農作物に及ぼす影響については、これまでに多くの策が講じられてきました。しかし魚に及ぼす影響ついては、あまり情報がありません。それでも、海洋で起こり得る変化を考えれば、捕獲漁業には大きな影響が出るでしょう。地球温暖化は魚の多様性、分布、数量に変化をもたらすでしょう。気候変動、地球温暖化の結果、海水の酸性化が起こり、エビや牡蠣や二枚貝など殻を持つ生物が影響を受けるでしょう。ある程度、養殖にも影響が出ます。そこで、塩分に耐性のある魚種の開発を研究しているところです。気候変動のインパクトを和らげるために、まだまだ手を打たなくてはなりません。

問：ネルソン博士、食糧チェーンの中の、加工と保存の部分では、どんな気候変動対策が取られていますか。

ネルソン：気候変動は、遺伝学者や植物育種業者に、干ばつや温度の低下に耐えられる品種の開発を迫っています。これは生産チェーンの中で極めて重要な部分であり、この種の活動なしには、重大な影響が出ることは避けられないでしょう。その一方で、気候変動にともない、生産地域に違いが出てくるでしょう。農作物の生産には、それに適した温度と気候がありますから、生産物を動かすなかで、物流を増やすことが必要になるでしょう。

ここパデュー大学で国際センターの設立に着手しているということは先ほど申し上げました。設立資金の提供もある程度受けました。センターが重点を置くのは、技術と市場の開発、および、世界の中でも人々が飢餓の脅威にさらされている地域での、農産品の損失の削減です。私たちは、食糧チェーンのうちのこの領域に世界の注目を集め、飢餓を減らし、食糧安全保障を高める必要があると考えています。

グプタ：農民の暮らしを改善することも、問題解決の一部であるべきだと私は考えます。貧困と飢餓を減らすことができなければ、食糧生産だけでは問題の解決策にはなりません。そこで私たちは、生計を立てる手段を創り出し、農村地域社会の人々の暮らしを改善するという観点から、この仕事に取り組んでいます。

本インタビューで表明された意見は、必ずしも米国政府の見解や政策を反映するものではない。

水たまりから魚を

どこの農民も、数千年にわたって同じ問題に直面してきた。農民には、土地と、地面から作物を生じさせるための雨が必要なのだ。

M・ビジャヤ・グプタは2005年の世界食糧賞に輝いた。遠い昔から続いてきたその問題に、１つの新しい解決策をもたらしたことが受賞理由である。南アジアや東南アジアの人々に、放置されたままの池、道端の溝その他の使用されていない水たまりから、ある作物を収穫する方法を教えたのである。雑草、動物の糞、米ぬかなど、農業の廃棄物とみなされてきたものをリサイクルし、魚という作物を育てる餌として使う方法である。

Courtesy of the World Food Prize Foundation

南アジアの村で、住民に水産養殖技術を指導するM・ビジャヤ・グプタ博士（中央）

このインド人科学者から受けた教えで、100万以上の貧しい世帯が食事に含まれるタンパク質とミネラルを増やすことができた。そして健康が増進し、寿命が延びたのである。

「青の革命」のリーダーと呼ばれるグプタは、貧しい世帯に、小さな水たまりを、食用の魚を作る「ミニ工場」に換える方法を教えた。グプタと、支援者としてグプタが手を組んだ団体は、貧しい人々に水産養殖技術を教え、魚を育てる研修を行って収穫を増やし、世帯収入の増大を実現した。1960年代に「インド農業研究協議会」で始まったグプタの取り組みは、その後何十年という時間の経過の中で、バングラデシュ、ベトナム、インドネシアなどの諸国へと広がっていった。

バングラデシュだけでも、養殖魚の収穫量は、養殖面積１ヘクタールあたり304kgから5,000kg以上に増加した。グプタの祖国インドでは、グプタの水産養殖技術により、収穫量は20倍にもなった。

グプタの取り組みは、収穫量だけでなく持続可能性も重視してきた。「水産養殖における遺伝学の国際ネットワーク」を取りまとめて、生物多様性維持への支援を呼びかけ、約300人のアジア人科学者を対象に、持続可能な生産技術の開発のための研修を実施した。

世界食糧賞の表彰状は、「グプタ博士はこれまでの人生を通じて、水産養殖の全世界的な普及と効率性向上の触媒となってきた」と述べている。

グプタはこれまで、世界銀行、アジア開発銀行、米国国際開発庁、国連開発計画、国連食糧農業機関など、数多くの組織や機関のコンサルタントを務めてきた。国際水産資源管理センターの元事務局長補でもあるグプタは、今なお同センターの上級研究員として、漁業と水産養殖の改良を通じた貧困・飢餓の削減に打ち込んでいる。

農場から新鮮なまま食卓へ

紙パック入りのスープやミルクやジュースを飲んだことがある人なら、2007年の世界食糧賞に輝いた業績がどんなものか分かるだろう。無菌(衛生)食品加工技術によって、先進国の消費者は紙パック入りのジュースをピクニック用バスケットに入れて持ち歩くことができるようになった。しかし、農産物を保存し、腐敗を防ぎ、安全で栄養価の高い食品の利用可能性を高めるのにも、同じ方法が使われているのである。

フィリップ・E・ネルソン博士は「生鮮青果物の衛生的な大規模貯蔵と輸送の分野で……食品産業に革命をもたらした創造的な画期的技術」を開発した、と世界食糧賞の表彰状には書かれている。無菌食品加工により、ジュースその他の液体食品をパック詰めにして、世界のどこへでも大量輸送することが可能になった。

その仕組みはこうである。例えば、果物をジュースにするように、植物生産物または動物生産物が加工されて食品になると、ネルソンが考案した処理プロセスでは、その食品とパッケージを殺菌し、食品をパッケージの中へと移す。こうして作り出された物は、安全で安定した製品であり、冷蔵する必要もなく容易に輸送可能なだけでなく、相当な貯蔵期間を経たのちに市場に出荷したり消費者が使用したりすることができる。

Courtesy of the World Food Prize Foundation

液体食品やジュースの、安全で衛生的な輸送と貯蔵を可能にするパッケージ方法を開発して世界食糧賞を受賞したフィリップ・ネルソン博士

このプロセスでは、食品を細いパイプに通し、その中で急速加熱して殺菌し、次に、鮮度を保つため急速冷却する。ネルソンがこの革新的な仕事に取り掛かったのは、インディアナ州のパデュー大学の教員時代であった。このプロセスは当時すでに開発されていたものだが、ネルソンはそれを大陸間輸送用の容量50万ガロン(約190万リットル)のコンテナにまで適用可能な、大規模な利用方法を発見したのである。

開発途上諸国の一部地域では収穫量の実に50%が腐敗で失われる場合もある。ネルソンの手法は、そうした国々に恩恵をもたらした。無菌食品加工はまた、開発途上世界での給食・栄養プログラムを拡大するうえでも、また2004年のインド洋大津波などのような災害の際、被災地域への製品の大量輸送を容易にするうえでも、不可欠な技術となっている。

ネルソンは現在、インディアナ州ウエストラファイエットにあるパデュー大学の食品科学部で食品加工学ショリー基金教授を務めている。

「根底からの変革」を目指す米国の食糧政策

全世界における食糧安全保障の向上を図るオバマ政権の構想

© AP Images/Saurabh Das

国連食糧農業機関によると、世界のほぼ６人に１人が、活動的かつ健康的な生活を送るのに必要な食べ物を十分に手にしていない

「本当の意味で成功の証と言えるのは、人々が辛うじて暮らしていけるだけの援助を私たちが永続的に提供していくかどうかではなく、根底からの変革に必要な能力の構築においてパートナーであるかどうかです」

オバマ大統領、2009年、ガーナにおける演説

ヒラリー・クリントン国務長官とトム・ビルサック農務長官は、2009年10月の世界食糧デーに「米国食糧安全保障構想」の詳細を発表した。

この構想の目標

・持続可能な方法で飢餓を削減する

・農村部の貧しい人々の所得を引き上げる

・栄養不足の子どもの数を減らす

この構想の指針となる５つの原則

・米国はパートナー諸国と共同で計画を立案し実施する

・農民とその技能および忍耐力を支えるのに必要な手段に投資する

・現地および地域で行われている取り組みと密接な連携を図る

・世界の飢餓と闘う多国間機関を支援する

・この構想は、米国の長期にわたる、責任ある約束である

この構想を実現するため、米国農務省の科学者および専門家が行う活動

・世界中の農作物の栄養価値および生産価値を高めることに全力を挙げる

・パートナー諸国が灌漑、作物の改良、害虫の根絶その他の問題に関連した技術上の課題を克服できるよう支援する

・諸外国が未来の農業指導者を養成するのを支援する

米国政府当局者は、経済、環境、および国家の安全保障を達成するうえで、食糧の安全保障は重要な要素であることを強調している。

土と共に生きる

© AP Images/Anupam Nath

インドのガウハーティ近郊で水田作業に向かう農民

人類学者たちは長年、文明発達の源は農業であったと信じてきた。果実を求めてひたすら歩き回る代わりに、食用植物を自らの手で育てることもできることに気付いたとき、初期の人類の多くは遊牧生活を捨て、毎年同じ土地を耕すようになった。こうした定住生活様式と作物栽培によって、収穫物を交換したり売ったりする必要性が生まれ、そこから市場、集落、町が形成されていった、と初期人類文明の研究者たちは考えている。

人類の歴史のなかで、農業は常に共同社会を作る役割を果たしてきた。人々は田畑での仕事を分担し、恵みと苦労を分かち合い、収穫をともに祝ってきた。

多くの国で、農業の機械化が進み、若者が機会を求めて都市部へ出て行くと、農村部の人口は次第に減少してきた。工業化が進んだ国では、生活様式としての農業の優位性は、徐々に小さくなってきている。人口統計学者の推計によれば、近年、世界の人口は都市生活者が農村部生活者の数を上回るという転換点を迎えた。それでもなお多くの場所で、農村での共同生活は、家族やコミュニティーを結ぶきずなであり続けている。彼らは世界の人々の食糧、繊維、燃料を生産し、私たちすべてを日々、はぐくみ、支えているのである。

土と共に…

© AP Images/Geoff Caddick PA Wire

ロンドンのトラファルガーホテル屋上に作られた菜園。市内各地に新たな菜園を作り、市民の手で自分たちや地域のための農作物を栽培しようという試みの一環である。この「首都で食用植物の栽培を進める」計画では、市内100カ所に菜園を作るために資金援助と技術指導を行ってきた

© AP Images/Rajesh Kumar Singh

インドのアラハバードで、キュウリを市場に運ぶ農場労働者。インドでは人口の半数以上が農業に従事しているが、農業がインド経済に占める割合は20%に満たない

© AP Images/Alex Brandon

2009年、ミシェル・オバマ米国大統領夫人は小学生をホワイトハウスに招き、菜園で一緒に野菜の植え付けを行った。ミシェル夫人は自ら、子どもの肥満を防止し、新鮮な食品を取り入れた健康的な食生活を推進する運動の先頭にも立っている

© AP Images/Pavel Rahman

バングラデシュで米粒から、もみ殻を振り分ける村の女性たち。コメはこの国で最も重要な作物で、人口の約45%が農業に従事している。毎年、モンスーンの季節には国土のほぼ3分の1が浸水し、しばしば農作物に壊滅的被害をもたらし、農業インフラに多大な損害を与えている

© AP Images/Mohammad Abu Ghosh

ヨルダン南部の農地で昼食を分け合う女性たち。多くの国で、農業労働者の約半数は女性である。農産物の生産、加工、市場での売買など農業活動のすべての分野にわたり、女性たちは極めて重要な役割を担っている

Ted Spiegel/National Geographic Stock

カナダのニューブランズウィック州にある農地で、収穫されたカボチャを運ぶ若者たち。農業がカナダ経済に占める割合はわずか２％だが、その広大な土地のおかげで、カナダは世界第２位の菜種（ナタネ）生産国である。菜種は飼料、植物油（キャノーラ油）、バイオ燃料の原料となる

© AP Images/Qiu Wenshan/Imaginechina

中国江蘇省で刈り取り機を使って小麦を収穫する農業労働者。中国は世界最大の穀物生産国。世界第１位の14億人に迫る人口を養っていくため、さらなる生産量の増加を目指している

John Eastcott & Yva Momatiuk/National Geographic Stock

ポーランドのタラ山脈の麓にある農場で働く一家。ポーランドは国土の約60％を農地が占め、ベーコン、ハム、冷凍果実・野菜の輸出大国である

土と共に…

© Russ Munn/AgStock Images/CORBIS

米国アイオワ州で、大豆畑を見渡す農場主とその妻。中西部に位置するアイオワ州には８万8,000以上の農場があり、この夫婦が所有するのは、そのうちの１つである

© AP Images/Paulo Santos

ブラジルのパラ州にあるカカオ農園で作業する農園主。ブラジルは世界の主要な食糧供給国で、国内総生産（GDP）の28%を農業食品部門が占める。近年、経済と貿易の安定と規制改革が農業の発展を促し、生産高を増加させている。ブラジルは砂糖、エタノール、牛肉、鶏肉、コーヒーの主要生産国である

© AP Images/Ramakanta Dey

インドのアガルタラでわらの束を市場に運ぶ農民たち。わらはインドでは家畜飼料として利用される。インドの農家は、レモン、ライム、その他のトロピカルフルーツの生産で世界をリードしている

© AP Images/Mohammad Abu Ghosh

ヨルダンで羊の乳を搾る羊飼い。羊乳はヨルダンの農産物で生産高第４位の製品である。ヨルダンでは、農業が経済的に重要であることに変わりはないが、工業部門、サービス部門の拡大によって、農業が国民総生産に占める割合は減少しつつある

© AP Images/The Roanoke Times/ Kyle Green

コミュニティー農園では、多種多様な人々の出会いがある。この写真のバージニア州ロアノケのコミュニティー農園では、労働者階級の人々が住む地域にあるスペースを、40人が共用している。この農園の創設者、マーク・パウエル（中央）とジュディ・パウエルと挨拶を交わすブルンジからの難民、シェメジマナ・エゼキエル

© AP Images/Greg Baker

中国広西チワン族自治区で、野菜畑の水まきをする女性。水は背景に見える湖からバケツで運んでくる。中国は、ニンジン、カブ、ナス、カボチャ、タマネギなど、さまざまな野菜の主要生産国である

© AP Images/Seth Perlman

米国イリノイ州で、種まき機に取り付けられた箱から大豆の種をすくい上げる農業労働者。この種まき機は、複数の列の種まきを同時に行うことができる。この男性は525ヘクタールの所有地で、トウモロコシと大豆を栽培している。イリノイ州はその面積の80%近くが農地であり、7万5,000以上の農場に分割されている。イリノイ州の年間90億ドルの農業生産額のうち、約３分の１を大豆が占めている

ボーローグの遺産：農業研究の新しいパラダイム

ロジャー・ビーチー

© Ted Streshinsky/CORBIS

ノーマン・ボーローグ博士（左側の立っている人物）は、収穫量を増やし、より多くの人々を養うための栽培技術を導入した。1983年、メキシコで他の農業研究者たちと話す同博士

ノーマン・ボーローグは、世界の人々に食糧を供給するという古くからの目標の達成に向けて、最新の技術および科学の進歩を応用し、食糧生産に革命をもたらした。米国農務省（USDA）は、ボーローグの仕事を引き継ぎ、地球社会全体の健康のために同じような変革をもたらすことを目指している。

ロジャー・ビーチーは、農務省国立食糧農業研究所の主任研究員兼所長である。2009年の現職就任前には、人間が存在する条件の向上に植物科学を通じて取り組むドナルド・ダンフォース植物科学センターの初代所長を務めていた。

ある科学分野を真に変革できる機会は、せいぜい１世代で１回しかない。最近亡くなったノーマン・ボーローグは、まさにそうした数少ない機会をとらえた人物である。ボーローグは、この科学分野の研究に40年間にわたって取り組んだが、特に1960年代には、世界のほとんどの人々の食を支える主要作物である、小麦、米、トウモロコシの生産に革命的な変革をもたらした。

ボーローグには、「緑の革命」に対する貢献が認められて数々の賞が授与されたが、ノーベル平和賞はその１つに過ぎなかった。2009年に亡くなった時には、世界の食糧安全保障に数多くの貢献を果たしたとして、開発途上諸国から米国の偉大な英雄の１人としてたたえられた。一例を挙げれば、インドの大統領と首相は、ボーローグの生涯と業績を「１人の人間の優れた知性、たゆまぬ努力、そして科学的ビジョンが人間の平和と進歩にもたらすことができる幅広い貢献の証明」と呼んだ。今日、ボーローグの洞察は、最新の科学の進歩を人類の最も古い目標──世界中の人々のために十分かつ栄養価の高い食糧を確保すること──の達成に向け

て一生懸命に取り組むことの真髄を伝えている。

ボーローグの業績

ボーローグのメキシコにおける初期の仕事は、病気に強い小麦の品種を開発し、その導入を図ることを目的としていた。不十分な資源、貧弱な設備や機具、訓練を受けた科学者の不足が仕事を進めるうえで大きな障害となり、ボーローグはプロジェクトから離れることを真剣に考えた。ボーローグの新しい考え──小麦の種子を、標高と気温が違うため２度目の生育期が可能になる別の地域に運ぶこと──は、伝統的な植物学の常識に反するものだった。けれども、ボーローグは、粘り強く取り組んだ。自分のキャリアと評判を賭けて、この新しい２期作計画を追求した。解決すべき課題を絞り込んでそれを堅持し、迅速かつ目に見える結果が出る可能性の高い新品種を開発するとともに、多くの地理的地域や環境を対象に含めるなど研究の規模拡大を図り、小麦の収穫量を増やすことで飢餓を軽減するという最終目標を固く心に抱き続けた。

1963年までに、メキシコの小麦の収穫量の95％は、ボーローグの改良種から派生した小麦が占めるようになった。収穫高は、ボーローグがメキシコで研究を開始した1944年当時の６倍に増えた。メキシコは、小麦の自給自足を達成したばかりでなく、小麦の純輸出国になったのである。

ボーローグはメキシコで小麦収穫量の大幅増加に成功したが、この成功は、目覚しい科学の進歩があったこの60年間に、世界各地で繰り返された。そのおかげで、開発途上国の何億もの人々が飢餓や栄養失調から救われた。ボーローグの偉業は、小規模農家にも大規模農家にも影響を与えた。世界のあらゆる地域の主要作物で、ボーローグが考案した手段や技術、現場で行った実践研究が、生産や栄養価の改善、あるいは害虫や病気、悪気候条件に対する作物の耐性の著しい向上につながらなかったものを想像するのは困難である。

ボーローグが世界の植物栽培にもたらした大変革は、まさに称賛すべき遺産である。しかし、ボーローグは、私たちのように科学的な試みに取り組む者に、もう１つの大切なことを永続的な遺産として残している。彼はリスクを冒すことを恐れなかった、のである。大規模な問題を、それに見合う大規模な研究によって解決することに重点を置き、食糧安全保障の観点から成果が目に見え、すぐに現れるプロジェクトに取り組んだ。

ボーローグは、科学と技術が世界中の人々の福祉を増進することができることを証明した。彼は晩年になって、人間が生きていく条件を科学によってさらに改善しようとするのであれば、将来の課題に対処するための新しいツール、新しい戦略、新しい知性が必要だということに気付いた。農業の世界において、ボーローグの遺産と洞察力を引き継ぎ、それを実際の行動に生かすことができる。

ボーローグの遺産を新しい時代に適合させる

私たちが新たな課題に取り組むにあたっては、もう１度、科学と新しい技術を通じて農業を変革することが求められる。私たちの食糧生産体制は、安全で、十分かつ栄養価の高い食糧を提供する私たちの能力を脅かす多くの難題に直面している。国連食糧農業機関（FAO）の予測によれば、食糧生産は新たな脅威に直面しているが、そうした中でも、世界の食糧需要を満たすためには2050年までに生産量が倍増しなければならないという。私たちが供給する食糧は、肥満から栄養失調に至るまで、多岐にわたる栄養上の問題に適切に対処するものでなければならない。さらに、食物を微生物汚染から守るプロセスと技術を開発する必要もある。

食糧需要が高まる一方で、食糧生産に必要なエネルギー

Courtesy of Scott Bauer/USDA

USDAの農業研究局は、遺伝子組み換え技術を用いて、トマトの植物性栄養素の含有量を増やし、寿命を伸ばしている。この科学者は、メリーランド州ベルツビルにある同研究局の研究所で働いている

© AP Images/Mary Altaffer

国立食糧農業研究所は、児童の栄養改善などの国家目標を達成するための研究を行っている。栄養価が高く低脂肪の地元産の食物が提供される学校のカフェテリアで食事するニューヨーク市の生徒たち

をめぐる競争も激しくなっている。米国エネルギー省が公表した2009年版の「世界エネルギー見通し」によると、市場を通じて取引されるエネルギーの世界全体の消費量は2006年から2030年の間に44％の増加が見込まれており、増加が最も顕著なのは中国とインドである。十分な食糧供給を確保するには、新しい再生可能エネルギー源が生産チェーンに加わらなければならない。農業は、そうしたエネルギー源の開発に重要な役割を果たすことができる。

農業科学は、米国の食糧・燃料・繊維体系の持続可能性を保障するとともに、世界で最も扱いにくい問題に対処するため、これらの圧力に対応しなければならない。この精神において、ボーローグが生きていれば、米国科学アカデミーの新しい報告書「21世紀のための新しい生物学」を、社会が抱える課題の解決に科学を利用する次の大きな1歩として歓迎したであろう。同報告書の提言は、彼が大切にしていた価値観に通じるものがある。

- 生物学の基本的な問題を理解するため、大胆かつリスクをいとわないアプローチをとる
- 「新しい生物学」が最も本質的な変革をもたらしそうな分野に焦点を明確に絞り、複雑な科学的課題に取り組む
- 21世紀の課題が抱える複雑性と重大性に対応するため、学問分野の境界線を越えた研究活動を拡大する
- 人間の健康、食糧安全保障および環境管理に対する具体的な効果を基準として、科学の進歩が測定・評価されるようにする

「新しい生物学」報告書は、これらの課題の重大性と、それに対処するのに必要な研究努力の重要性を認識しており、将来のこの分野における進歩にとって、植物自体に対するより根源的な理解がいかに欠かせないものであるかを次のように説明している。

> 農業の長期的将来は、植物の成長をより深く理解することにかかっている。成長あるいは発達とは、ゲノムに蓄積された遺伝的指令に始まり、完全な形の生命体が形成されるまでの過程である。現在のところ、植物におけるこの過程については、知られていることが驚くほど少ない。ゲノム配列により、各部分のリストや品種改良の方法を探る手段は分かっているが、各遺伝子がどのように個々の植物細胞の形成および行動に貢献するのか、細胞が細胞組織（維管束系や表皮など）を形成するのにどのように協力し、連絡しあうのか、細胞組織が植物全体を形成するためにどのように相互に機能し

合うのか、などの点を理解するのに必要な情報は提供してくれない。

この報告書は、成長や発達を細胞や分子レベルで視覚化するためのモデリングとシミュレーションのツールなど、植物がどのようにして生育・成長するかを理解するのに役立つ新技術を活用することを勧めている。報告書によると、目標は、多様な地域状況において持続的に栽培可能な植物品種を開発するためのより効率的な研究方法を見出すことである。こうした新しいツールが開発されれば、健康、エネルギー、環境の各分野のほか、伝統的な農業におけるさまざまな問題にも対応できる新しい方法と技術が可能になるだろう。

米国農務省では、まさにこのアプローチをとっている。私たちは、環境ストレスの下でも生育・成長が可能な新しい作物品種を開発することによって、世界中の飢餓と闘うことに取り組んでいる。この目的を達成するために、あらゆる科学的手段を利用していく。世界の食糧安全保障への突破口となりそうな科学分野があれば、それがどのようなものであっても無視する余裕はない。その研究が健康、エネルギー、環境面において付随的利益をもたらしてくれることを、私たちは知っている。こうしてもたらされる進歩が、他の国々で飢餓や栄養失調で命を落とす人の数を減らしながら、世界の農業市場における米国農家の競争力の維持にも役立つことになる。

Courtesy of Bruce Fritz/USDA

アルファルアの異なるサンプルを調べるUSDA農業研究局の科学者たち。このアルファルファには、葉の寿命を伸ばしたり、病気に対する抵抗力を高めたりといった改良特性を実現するために遺伝子組み換えが行われている

現在の難しい課題に対処するには、新しい考えや新しいツール以上のものが必要である。研究資金の提供方法や研究の管理方法、またその研究が成功したかどうかを測定する方法についても、新しいアプローチが求められている。USDAがこうした新しいアプローチを採用した代表的な見本が、2009年後半にトム・ビルサック農務長官が立ち上げた国立食糧農業研究所（NIFA）である。

NIFA設立に際し、USDAは、連邦助成金を管理する上での「最良の実践例（ベスト・プラクティス）」を特定するため、他の米国政府科学機関の研究者たちの意見を聞いた。私たちは、そこから学んだ教訓のうち、次のことを実行する。

- 助成金提供にあたっては、より高い透明性と説明責任を特質とする
- 多数の問題から、その核心部分を限定的かつ個別的に抜き出してまとめ、問題の根本的原因に取り組む
- 単一の問題や単一の重点テーマだけを追求する研究プログラムをできるだけ多く増やそうとするのではなく、最も優秀な人材を、そうした人材がどこにいようとも、見つけ出して採用し、彼らに継続的に能力を発揮してもらうとともに、その業績に報いるようにする

今こそ、広範な影響を及ぼすが個別的な取り組みを必要とする課題を注意深く見極め、それについて合意すべき時である。こうした課題をうまく特定し、資源を効果的に活用することにより、私たちは、以前なら解決が困難だった大きな社会的問題、すなわち、気候変動、食品安全、子どもの栄養および肥満、米国および海外での食糧安全保障、豊富で再生可能なエネルギーの確保などをめぐる問題の解決に一役買うことができる。また、私たちの環境を保全・改善し、米国の農村地域および世界で富を生み出しながら、これらの問題を解決する可能性を追求することができる。

ノーマン・ボーローグは、農業科学と農業技術を自らが生きた時代の困難な課題を解決するのに応用した。NIFAは、ボーローグと同じような大変革を確実に成し遂げることで、彼の遺産を守ることを目指している。私たちは、米国内外のパートナーとの協力を通じて、最近の科学的発見──例えば、植物や動物のゲノムの配列決定における目覚しい進歩──を土台にして、さらに前進することができる。また、私たちには、あらゆる種類の農業に応用できるバイオテクノロジー、ナノテクノロジー、大規模なコンピューターシミュレーションなど新しい、強力なツールがある。農業は科学であり、多くの専門分野と多くの技術を幅広く参考にしなければならないが、私たちの科学者としての責任は、焦点をしっかりと絞って、他の資源を活用し、取り組みに優先順位をつけることでなければならない。こうしたアプローチをとることで、ノーマン・ボーローグが成し遂げた地球社会の健康と福祉の増進という偉業と肩を並べる成果を挙げることが可能になる。

「隠れた飢餓」に苦しむ人々に栄養を

Courtesy of Anna Marie Ball/HarvestPlus

「ハーベストプラス」のパイロットプロジェクトで、現在広く栽培されている品種に比べ、ビタミンAを多く含んでいるサツマイモを栽培するウガンダの女性たち。この主食のビタミン含有量を高めることで、人々を感染症や失明の危険から守ることができる

将来にわたって世界の食糧需要を満たしていくには、世界中の農業生産者の生産能力と創意工夫が試されることになるだろう。食糧需要を満たすということは単に量だけの問題ではなく、その質が問われる問題でもある。国連食糧農業機関（FAO）の2009年の試算によると、肉、卵、牛乳、野菜など栄養豊富な食品を十分に摂取できない状態にある人々が世界には10億人以上もいる。

この問題の解決に取り組む団体の１つ「微量栄養素イニシアティブ」は、栄養不足状態を「隠れた飢餓」と呼んでいる。同団体のウェブサイトは、「隠れた飢餓が蔓延すれば、家庭、地域、そして国全体が、健康障害と貧困の悪循環に陥ることがあり得る」と説明している。

適切な成長を促す主要ビタミンや栄養素が幼少期に不足すると、その子どもは一生にわたって障害を背負っていくことになりかねない。

今日から将来にわたって、世界中の人々に栄養豊富な食糧を十分に供給することができれば、それは最も望ましい解決策だが、それは最も難しい解決策でもある。その他の対策としては、ビタミン剤などの栄養補助食品の配布や、ヨウ素添加塩、ビタミンD・カルシウム添加牛乳などの栄養強化食品の提供が挙げられる。こうした解決策は2009年、「行動を求める団結した呼びかけ」において、米国際開発庁や国連児童基金など、世界の多くの主要援助機関から支持されている。

栄養不足の解決策としてさらに考えられるのは「バイオ栄養強化作物」で、より豊富な栄養素を蓄えた主要食糧を、品種改良によって作り出そうという試みである。

国際農業研究プロジェクトである「ハーベストプラス」では、問題の解決を目指し、アジアやアフリカで栽培されている７つの主要農作物の栄養価を高める研究を行っている。豆、キャッサバ、トウモロコシ、トウジンビエ、コメ、サツマイモ、小麦がその主要農作物である。

ハーベストプラスは、今年中にはバイオ栄養強化作物の初めての植え付けを行うことを目指している。子どもたちの半数が鉄欠乏症に苦しむ可能性があるルワンダとコンゴ民主共和国で、通常より鉄分を多く含む豆を栽培するため、品種改良が行われてきた。

ハーベストプラスは2011年から2012年までに、通常の３倍のビタミンAを含有するキャッサバを品種改良によって作り出し、正常な視力を保つために推奨されるビタミンA摂取量の約半分を、この作物で供給することを目標にしている。まだ開発段階ではあるが、2011年から2012年までには、バイオ栄養強化したキャッサバが、ナイジェリアとコンゴ民主共和国で栽培される予定である。

農作物が21世紀のエネルギーを供給する

イライザ・ウッド

© AP Images/Andre Penner

ブラジルではサトウキビのくずを利用して生産されたエタノールが、自動車燃料用に決められた割合でガソリンに混合される

各国が国民の将来の食糧ニーズを満たす方法を模索している一方で、よりクリーンなエネルギー源を見つけ出すことも急務である。将来、農業がエネルギー生産の一部を担う可能性は高く、さまざまな国が現在この可能性を追求している。

イライザ・ウッドはエネルギー問題の専門家。その著作はwww.RealEnergyWriters.comで読むことができる。

世界のエネルギー問題に対する解決策の１つは、油田ではなくトウモロコシ畑にある。このことは、必要な石油の一部を、植物から作る燃料であるバイオエネルギーで賄う国が増えていることからも分かる。ブラジルではサトウキビ、米国ではトウモロコシと大豆、他の国ではその他のイネ科の植物や種子、樹木というように、「エネルギー農業」によって農作物に対する需要が増大し、農作物の巨大な新市場が開かれている。

米国における農作物由来燃料

多くの国がすでに乗用車やトラック用の燃料にバイオエネルギーを利用しており、その多くはガソリンやディーゼル油に混合して使われている。農作物をベースにした燃料で、米国で使用されているものは主に２種類ある。トウモロコシから作るエタノールと、大豆から作るバイオディーゼル油である。

これらの燃料の市場は成長することが予測される。米国の液体燃料の需要は今後25年で拡大するが、その増加分の一部はバイオエネルギーによって賄われると米国エネルギー情報局は述べている。欧州、アジア、中南米でもバイオエネルギーに対する依存度は増加している。

バイオエネルギーには特別な魅力がある。農作物を育てるだけで得られるバイオエネルギーは、再生可能だからである。現在多くの交通機関で主な燃料源として使われている石油は、使ってしまった分を補充することはできない。エコノミストたちは、石油は供給量が減少するにつれて価格の上昇が予想されると述べ、専門家はバイオエネルギーが21世紀における解決策の１つになると予測している。

「石油をベースとする燃料から脱却するうえで、バイオ燃料が果たす役割は非常に大きい」とLEGCコンサルティング社のバイオエネルギー専門家、ジョン・アーバンチャックは言う。同社は世界中に事務所を持つ専門性の高いコンサルティング会社である。事実、アーバンチャックが顧問役を務める「全米バイオディーゼル協会」によると、米国が現在使用しているディーゼル油の５％を再生可能燃料に置き換えれば、米国がディーゼル油生産用に現在イラクから輸入しているのと同量の原油が不要になるという。

「他にもメリットはある」とアーバンチャックは付け加える。「バイオ燃料は市場取引に基づく収入を農家にもたらすが、これは非常に重要である。市場取引に基づく収入を農家に提供できれば、農業への政府補助金を減らすことができ、その分を他に使うことができるからだ」

特に、トウモロコシ農家はバイオエネルギー・ブームで利益を上げている。米国がガソリンへのエタノール混合率を上げる政策をとっているからである。2008年に米国がガソリンに混合したエタノールは340億キロリットルを上回ったが、これには32億ブッシェルのトウモロコシが使用されている。連邦政府は2022年までにエタノールの生産量を４倍にするよう定めている。製造業者の事業拡大に伴い、業者が必要とするトウモロコシの量は増加する。米国農務省によると、米国におけるトウモロコシの使用量のうちエタ

ノール生産に使用される割合は、2018年までに35%になる見込みである。

米国でトウモロコシがエネルギー作物になるのはもっともなことだ。なぜなら、「米国は何よりトウモロコシの栽培と加工に優れている」からだ、とアーバンチャックは言う。トウモロコシは米国で最も広く生産されている飼料用穀物であり、米国は常により効果的な栽培方法がないかと研究を続けている。昨年、米国のトウモロコシ作付面積は前年より500万エーカー(202万ヘクタール)少なかったが、それで132億ブッシェルという記録的な生産量を上げている。

バイオディーゼル油の主要な原料作物である大豆も、米国では大量に栽培されている。米国は世界最大の大豆の生産国および輸出国であり、29州で40万戸近い農家が大豆を栽培している。米国におけるバイオディーゼル燃料(混合またはは単体で使用)の販売量は、2009年には170万キロリットルにのぼっている。大豆1ブッシェルからバイオディーゼル油1.4ガロン(5.3リットル)を生産できるので、農家は2009年だけでも3億2,800万ブッシェル近くの大豆を再生可能なバイオディーゼル油の生産に供給した。

国際的なバイオエネルギー熱

バイオ燃料と風力は、経済協力開発機構(OECD)加盟の30カ国において、最も急速に成長する再生可能エネルギー資源だと考えられている。インドは今後20年間でバイオ燃料の使用量を推定15%、中国は10%拡大する見通しである。南米諸国でもバイオ燃料産業が成長しつつある。

しかし、先頭を走っているのは米国とブラジルであり、今

バイオエネルギー:利用可能、再生可能、持続可能

© AP Images/Victor R. Caivano

ブラジルのバイオ燃料企業のエタノール貯蔵タンク。中のエタノールは隣接する畑で採れるサトウキビを原料としている

バイオエネルギーは最近まで生きていた生物に由来するエネルギーである。

バイオエネルギーは気候変動の原因にはならない。なぜなら、バイオエネルギーが作り出す二酸化炭素(CO2)は、最近まで生きていた別の生物の形で大気中に存在していた炭素に由来しているからである。他方、化石燃料は温室効果ガスを大気中に放出するが、これはもともと地球の内部に閉じ込められていたものである。

バイオマスとは、ある一定の生息地の中にいる生物の集合体である。木材など普通に燃料として使われるものだけでなく、農業廃棄物、家畜の糞、自治体が回収する都市ゴミ、産業廃棄物など通常はゴミとみなされる多くのもの、および燃料用に栽培される一部の農作物もバイオマスに含まれる。バイオマスには魅力的な特徴がもう1つある。バイオマスは大抵どこにでもあるもので、一部の国にだけ集中しているものではないということである。

バイオマスは天然資源を枯渇させることなく栽培、収集、使用、置き換えが容易にできる。従って、バイオエネルギーは再生可能であるだけでなく、持続可能でもある。

エタノールは酒類や医薬品に使われる場合はエチルアルコールというが、このエタノールは現在米国で最も広く使われているバイオ燃料である。米国におけるトウモロコシ収穫量の約3分の1がエタノールの生産に向けられている。このような状況により、米国のエタノールの年間生産量は2003年以降3倍に増加している。2009年には約340億キロリットルのエタノールが米国で生産された。

米国エネルギー省は、農作物や森林廃棄物などの豊富なバイオマス資源をもとに輸送用液体燃料を開発する、費用効率の高い新たな方法の研究を支援している。

© epa/Kimimasa Mayama/CORBIS

2009年、羽田空港でバイオ燃料と従来の燃料を同量ずつ混合して給油する日本航空747-300型機。日航などの航空会社数社がバイオ燃料の飛行試験を行なったが、こうした代替燃料は航空業界では幅広く導入されていない

後もその状態は続くと考えられる。この２国で世界のバイオエネルギーの70％を生産している。米国の方がエタノールの生産量は多いが、世界初のバイオ燃料国はブラジルだと言われることが多い。十分な政府投資を背景に、ブラジルはこの30年間、サトウキビからエタノールを生産する工程を完成させてきた。もはやブラジルには、純粋にガソリンだけで走っている車はない。ブラジル政府は、すべての車両燃料のエタノール混合率を約25％にするよう定めている。2008年におけるブラジルのエタノール生産量は約２万5,000キロリットルで、その約15％が輸出されている。他の国もブラジルの成功にならうことができるかどうかは、大きく議論が分かれるところである。ブラジルほどサトウキビ栽培に適した気候と土地を持つ地域は、世界にほとんどないからである。

開発途上国では既に、バイオ燃料が広く使われているが、それは家庭内の暖房や料理の熱源として使われているにすぎない。バイオ燃料用作物は、その市場がまだ形成されていないため、収入源にはなっていない。しかし、いくつかの開発途上国には、未開拓の膨大なバイオエネルギー資源が眠っており、これを考えれば、状況が変わる可能性はある。これは、ハーバード大学ケネディ行政大学院科学・国際関係ベルファーセンターの調査報告書Certification Strategies, Industrial Development and a Global Market for Biofuelsが述べているところである。

バイオエネルギーは、貧しい農村地域に新しい農業を築くための基盤となり得る可能性があるが、その一方で、現実には、難しい問題が残っている。投資家や資本を引き付けて必要なインフラを構築するためには安定した政府が必要である。また、バイオ燃料の生産には、バイオ燃料の精製所、バイオ燃料を使える車、バイオ燃料を市場に運ぶ輸送施設が必要なのである。

さらに、エタノールは１バレル約60ドルとコスト競争力の高い燃料であるが、バイオ燃料の輸出市場は、ベルファーセンターの報告書によれば、政府が策定する政策目標が「さまざまで、時には矛盾するため、現在無計画に形成されつつある」という。例えば、先進国が自国の農家の利益を保護しようと輸入を制限すれば、その市場への新規参入は難しくなる。同報告書では、それでもスリナム、ガイアナ、ボリビア、パラグアイ、コンゴ民主共和国、カメルーンには、サトウキビを原料とするエタノールを生産・輸出できる可能性があると見ている。

最も重要なのは、国家が農業資源をエネルギーに投入する前に、食糧安全保障を達成することである、と同報告書は述べている。実際、バイオ燃料が食糧供給に影響を及ぼすのではないかとの懸念は、米国内にすらある。2007年から2008年にかけて食品価格が上昇したとき、アースポリシー研究所などは、その主な原因はバイオ燃料にあると指摘した。燃料の生産にトウモロコシを使用することでトウモロコシの需要が増加し、食料用トウモロコシの価格を押し上げた、と同研究所は断定した。しかし、のちに米国議会予算局は、トウモロコシをエタノール生産に使用したことが食品価格に及ぼした影響はわずかであり、食品価格は5.1％上昇したが、そのうちバイオ燃料生産が原因による価格上昇は0.5～0.8ポイントにすぎないとの結論を出した。エネルギーコストの高騰など他の要因の方が、食品価格の上昇に占める割合は大きかったと予算局は述べている。しかし重要なのは、バイオ燃料がとりもなおさず食品価格の上昇につながるという不安を、バイオエネルギーを擁護する人々が払拭することである。イネ科の植物や豆類の全てが燃料生産に使われるわけではないと、多くの人が指摘している。家畜の飼料用、あるいは他の目的でも、穀物の粉や他の副産物が抽出されているのである。

次は何か

トウモロコシと大豆の需要は今後も堅調に続くと予測されるが、現在さまざまな開発段階にある他の農作物も、バイオ燃料の原料として競合することになる。例えば、アイダホ大学農業・生命科学部の研究者は、カラシナの種子、セイヨウアブラナ、ナタネに大きな可能性があると考えている。カラシナの種子には２つの用途があり、種子から採れる油はバイオディーゼル油になり、刺激性のある粗びき粉は殺虫剤として農地に散布できる、とアイダホ大学で品種改良・遺伝子学の教授を務めるジャック・ブラウンは言う。

バイオ燃料が完全に石油にとって代わるとは考えられない。しかし、バイオ燃料によって減る石油の使用量がほんの少しであっても、バイオ燃料の存在が石油価格を押し下げる圧力になるとアナリストたちは期待している。バイオディーゼル油に関しては、必要な石油燃料のすべてをバイオディーゼル油に換えるよう、ブラウンは農業界に強く呼びかけている。農業を支援するだけでなく、石油が排出する汚染物質から農地を守るためにも、トラクターとトラックは農場で作られた燃料で走らせるべきだと同教授は言う。これが石油の利用に与える影響は、重大だが小さなものでしかない。農業は米国の国民総生産の１％強を占めている

バイオ燃料の原料

第１世代
（完全に実用化されている技術）

原料	用途
トウモロコシ、サトウキビ、糖液、ソルガム	エタノール
大豆その他の植物油、再生油脂、牛脂	バイオディーゼル

第２世代
（新しい技術）

原料	用途
トウモロコシの茎、麦わらや稲わら、家畜の糞尿、バガス（サトウキビやモロコシの茎の絞りかす）などの農業廃棄物	メタン、セルロース系エタノール、発電所
伐採残渣（ざんさ）や木材など、森林のバイオマス	セルロース系エタノール、発電所
都市廃材、埋め立てゴミ	メタン、セルロース系エタノール、発電所
スイッチグラス、ススキ、クサヨシ、サトウモロコシ、アルファルファなどの草本植物	セルロース系エタノール、発電所
ヤナギ、ハイブリッドポプラ、ハコヤナギ、スズカケノキ、ユーカリなど、短期輪作の木質作物	セルロース系エタノール、発電所

上記の情報の出所は、バイオマス研究開発委員会が作成した『米国のバイオマス原料の経済学：文献の再検討』

にすぎないからだ。「バイオディーゼルが、私たちの望みどおりのものになったとしても、この国で必要な燃料のほんの一部しか生産できない。従って、マクギンティ夫人が子どもを学校に送迎する車や、セレブなカリフォルニアのスターがバイオディーゼル油を使うべきではない。環境に敏感な地域で使うべきだ」とブラウン教授は述べている。

もっと変わった原料からバイオ燃料を作る研究も行なわれている。すなわち、藻類、ヒマシ油、コーヒーの粉、微生物、羽毛粉、サケ油、タバコ、その他の草類、種、樹木などである。ハリウッドのスターは、ファーストフード店が揚げ物に使った残り油から作るバイオ燃料を使っていると宣伝している。しかし、揚げ物の残り油などは固まりやすいため制限があるうえ、利用できるのはわずかな量である。

その一方で、航空業界はバイオ燃料へと移行しつつある。ボーイング社、メキシコ通信運輸省傘下の空港・補助サービス庁、およびハネウェル社は共同で、バイオ燃料の生産にメキシコ産の農作物を使用する方法を研究している。米国では貨物輸送会社フェデックスが、使用する燃料の３分の１を2030年までにバイオ燃料にすると約束している。バイオエネルギーは、小規模発電所での使用が大半であるが、発電にも使用されている。有望な分野の１つは、バイオエネルギーと石炭の混焼である。こうした発電所では、一定時間だけ石炭を使用してコストを抑え、残りはバイオエネルギーを使用して環境にやさしい発電所にしようというのである。

バイオ燃料に対する世界の需要は、2030年まで年間8.6％の伸びが予測されている。この伸びが現実のものとなるかどうかは、政府の支援にかかっている。多くの再生可能エネルギーがそうであるように、バイオ燃料も依然として資金面での優遇措置に依存しているからである。例えば米国では、連邦政府が設けた基準により、ガソリンに混入するバイオ燃料を2022年までに１億4,500万キロリットル近くまで増やすと定められている。さらに、オバマ政権は、バイオ燃料の先端的研究に8,000万ドルを拠出すると約束している。

この種の支援と、石油代替物を求める動きを考え合わせると、バイオエネルギーは農業という非常に古いビジネスに新たな活力を吹き込み、農業が立ちゆくすべを提供してくれる。農業はこれまで食料、衣料、住居用資材を生みだす製品づくりを担ってきたが、今では、もう１つの必需品、つまり、ものを動かすためのエネルギーの供給も確実に農業の仕事になっている。

本稿で示された意見は、必ずしも米国政府の見解あるいは政策を反映するものではない。

世界の農産物貿易

国際貿易で重要な食料品の例

イラストの中の主要産品の主な輸出国

アルゼンチン	大豆油	フィリピン	バナナ
ブラジル	鶏肉	南アフリカ	オレンジ
カナダ	小麦	スペイン	オリーブオイル
コスタリカ	パイナップル	チュニジア	ナツメヤシ
フランス	ワイン	トルコ	干しアンズ
マレーシア	ヤシ油	米国	トウモロコシ

データ：国連食糧農業機関
イラスト：ニコル・ラジャー・フラー

グローバル市場における農業

C･ピーター･ティマー

© AP Images/Feng lei sh/Imaginechina

上海のスーパーマーケットで輸入食品を選ぶ買物客。中国の食料品輸入は、多くの製品同様、増加の一途をたどっている

21世紀の農業は、より高い効率性とより高度な技術を有する市場体制を創出するために、農村部の農家と都市部の住民との間に一層強い結びつきを築くことになりそうだ。

C･ピーター･ティマーは、農業経済学と開発経済学の分野における有数の経済学者である。スタンフォード大学、コーネル大学、カリフォルニア大学サンディエゴ校で教授を務め、現在は、ハーバード大学名誉教授（トーマス･D･カボット開発学記念教授）である。

農業のグローバル化が進み、その結果としてスーパーマーケットが支配的な役割を果たすようになったことによって、利益を得る人は多いが、不利益を被る人もいる。21世紀のグローバル市場に影響力を持つ者は、何百万もの人々にこれまでより多様で、健康に良く、手頃な値段の食べ物を提供できるという真の利益を維持しながら、それに伴う負担を公平に配分するよう努めるべきである。

農業は、その本来の性質上、主として局地的に行われる活動であり、その根本は土壌にある。世界の10億以上の農業従事者の大多数は、自分たちが育て、食べている農作物がある場所から歩いていける範囲内で暮らしている。人間社会と、栽培される作物の種類が互いに影響を及ぼし合いながら進化した結果、その地域固有の環境に対する優れた順応性が生まれ、家族の幅広い栄養ニーズを満たすことができる高度に多様化した作物体系が作り出された。こうした地域的に限られた農業は、世界の貧しい人々の大多数にとっては、今でも標準的な農業の形態になっている。

経済学者は、長い間、こうした農業形態への依存が貧困の原因であり、決して歴史的偶然ではないという見方をしてきた。その地域の在来作物を、周辺の土壌に含まれる養分を利用して、家族労働により栽培するという、限られた形の農

業を行っていることが、貧困と栄養不良の原因である、と彼らは主張する。そして、結論として、地域レベルで食料の自給自足が行われていることが、個々の家庭および経済全体を疲弊させていると言う。1979年のノーベル経済学賞は、こうした洞察を示した２人の経済学者に与えられた。農村世帯の貧困を克服するための新しい技術の必要性を力説したT･W･シュルツと、総合的な経済開発を促すための不可欠の要因として、農業の近代化が果たす役割を強調したW･アーサー･ルイスである。

グローバル化した市場

農家と都市住民との間の市場を通じての相互作用は、前述の２つの問題を解決する鍵を握っている。しかし、市場は、より高度な技術の利用とより高い効率性を可能にするだけでなく、新しいリスクをもたらす。すなわち、農家が一生懸命働いても、価格変動がそれを帳消しにし、農家を借金漬けにするおそれがある。同時に、ダイナミックな都市経済は農民、特にその子どもたちに都市での新しい生活を始める機会を提供する。市場を世界規模に拡大すれば、農家や国レベルでの機会、選択肢、およびリスクはすべて増える。

市場のグローバル化は新しいことではない。米国に住む私たちは、何世紀もの間、グローバル市場に依存してきた。例えば、グローバル市場は、コーヒー、紅茶、香辛料を私たちに供給し、私たちから余剰穀物、タバコ、植物油を買う。世界の他の地域も近代経済の成長が始まって以来、同じようにグローバル経済につながっている。18世紀のイングランドにおける小麦価格は、バルト海沿岸の港での価格と直接連動していたし、カルカッタとボンベイ、さらにはパリにおける米の価格は、ラングーンやサイゴンの米の価格とつながっていた。このように、農産物の遠距離貿易は、取引の両端にいる人々に利益をもたらすものである。

とはいえ、現代におけるグローバル化は、18世紀あるいは19世紀に見られたいかなるグローバル化の動きよりも範囲が広く、奥が深い。それは、３つの革命的な変化が、商品市場の急速な統合を促進することになったからである。すなわち、

- 農業技術分野における革命的な変化により、生産性が極めて高く、同時に極めて専門化された農業技法が可能になった
- 通信および輸送分野における革命的な変化により、遠く離れた場所にいる売主と買主を、迅速かつ低コストで結びつけることが可能になった
- 世界の人々の生活水準に革命的な変化が起きて、何十億人もの新しい消費者が自らの自由裁量で物品を購入することが可能になったのである。

現代のグローバル化は、供給、販売活動、および需要の各面において進展があった結果である。

これらの要因を推進力として、農業のグローバル化は、消費者の食生活と農業生産者の慣行に影響を与え、その方向性を決める。消費者は、より多様な食料品を、容易に手ごろな価格で入手できることで恩恵を受ける。これは、自国の農業生産が提供できる範囲をはるかに超えた豊かさの象徴である。ヨーロッパの消費者は、ケニヤ産の新鮮なサヤマメを毎日手に入れることができるし、米国の消費者は２月に新鮮なペルー産アスパラガスを楽しむことができる。輸送システムのコストが下がり、貿易障壁が低くなったことで、多くの消費者は世界中の豊かで多様な食材の入った買い物かごを手にする。

同時に、グローバル化は、国全体として見た場合には農業分野の多様化を進めることになるにしても、個々の農家に対しては単一の作物への特化を奨励する可能性がある。農家は、農業をめぐる生態学的条件が全国的にほぼ同一でない限り、資源状況や土壌の質などの理由から、特定の種類の作物を栽培することで競争

© AP Images/Hasan Jamali

リヤド近郊の市場でナツメヤシの実を売るサウジアラビアの農民。国連食糧農業機関（FAO）によれば、サウジアラビアは、エジプトとイランに次ぐ世界第３位のナツメヤシ生産国である

© AP Images/Eric Risberg

サンフランシスコの「ファーマーズ・マーケット」。地元の生産者が、スーパーマーケットと競争で、消費者に農産物を直接販売するスペースが設けられている

を圧迫されるのを避けるため、供給チェーンのコスト削減に向けて新しい情報技術を利用したり、自国市場から離れ、食品小売事業が比較的非効率な状態にあり、利益率が高い国に参入したりしている。食料品販売に携わっている多国籍企業のほとんどは、すでにこの２つのことを実施している。

多国籍企業が保有するスーパーマーケットは、ますます世界の食料品供給チェーンを支配するようになってきている。外国直接投資に支えられ、多国籍企業は、多くの国で食料品小売産業を統合し、高い利益、さらに独占的利益さえ得ていると一部では言われている。しかし、消費者にとってこれはどのような意味を持つのか。その答えは複雑である。

上の優位性を構築することになるだろう。農家にとっては、その作物の栽培に特化することが、自らが持つ農業資源を最も効率的に活用することになる。農家のこうした狭い範囲への特化は、農業の商業化と農産物の国際貿易により、国レベルでの多様性の拡大と整合性がとれているのである。

スーパーマーケットの役割

現代のスーパーマーケットは、消費者のために世界各国の食料品を豊富に取りそろえている。何十億人にも上る消費者の購買力に焦点を合わせることにより、スーパーマーケットは魅力あるさまざまな食料品を低価格で提供することができる。しかし、スーパーマーケットはまた、農業部門に対し、効率的な供給チェーン管理慣行を取り入れるよう、グローバル化重視の立場から圧力を強めている。スーパーマーケットが、農業の生産構造、だれが販売プロセスに参加するかという問題、および消費者が入手可能な商品の性質とコストに与える影響は甚大である。

スーパーマーケットと、一般的には、その保有者である多国籍企業（TNC）も、激しい競争に直面している。米国のウォルマート、英国のテスコ、フランスのカルフール、オランダのアホールドなどの多国籍企業は、激しい競争により利益

食料品供給チェーン全体の取引コストを下げる技術によって、消費者に低価格化の恩恵を与えながらも、スーパーマーケットが利益を増やすことは可能である。情報技術は、以前にもまして、調達、在庫水準および消費者の支払いプロファイル情報に対する完璧な管理能力をスーパーマーケット経営者に与える。これは、コスト管理、品質維持、欠陥商品または安全性の問題が生じた場合の商品追跡といった面で非常に高い競争優位性となる。

農業のグローバル化は、その他にもいくつかの恩恵をもたらす。例えば、フロリダが枯らし霜の被害にあった時でも、米国の消費者はオレンジジュースの不足に見舞われることはない。ブラジルその他の国からの代替品を容易に入手できるからであり、その逆もまたしかりである。世界規模での生産の増加は、世界の食糧安全保障を高め、気候変動が作物生産に与える影響に対する保険の一部としての役割を果たす。

しかし、情報技術のコストが低くなるにつれ、その恩恵を受けるのが誰かという点については、以前よりもはっきりしなくなる。最新技術を導入する競争相手が増えるのに伴い、食料品小売業者間の競争は激化する。消費者は、その結

果もたらされる低価格の恩恵を受ける。その代わり、多国籍企業は、供給サイドにさらなる効率性を求める。食料品売り場のコストを削減しなければならないという絶え間ない圧力は、結局のところ、個々の農家にまでさかのぼって及ぶのである。

公平性に関する懸念

スーパーマーケットの支配力が高まると、農産物流通システムにおける公正性と公平性をめぐって真の問題が生じる。多くの取引が、開かれた、透明性のある公設市場から、少数の大手バイヤーを代表するスーパーマーケットの調達担当幹部に移行するにつれ、食糧生産者は、交渉の場からますます容易に排除されてしまう。価格はどんどん低く抑え込まれる。農家はそのような状況に適応するか、さもなければ離農を余儀なくされる。

しかし、この話には別の側面もある。競争的な環境下では、スーパーマーケットは、顧客の好みに対応しなければならない。環境保護に高い関心を持つ顧客がいる一方、地元の農家への支援を強めるためにいくぶん高い価格を進んで払う顧客もいる。多国籍企業は、これらの事を考慮して一部の調達契約を結ぼうとする。開発途上国の世界で、特定の多国籍企業が独占的な支配力と販売力を確立するのではないかという恐れは、誇張されているようだ。というのも、1つのスーパーマーケットチェーンの成功が他のスーパーマーケットチェーンを引きつけることになるからだ。多国籍企業は、自分たち同士で激しい競争を繰り広げている。ほんの一握りの小売業者がコスト競争を勝ち抜いたとしても、食料品購入者のお金をめぐる市場の競争は極めて激しい。

明らかに、多国籍企業が保有するスーパーマーケットの成長は、小規模農家をリスクにさらす。取引コストが高いため、多くの小規模農家と取引することは、少数の大規模サプライヤーとビジネスするよりも高くつく。小規模農家は、簡単にスーパーマーケットの供給チェーンへのアクセスを失い、貧困に陥る可能性がある。しかし、リスクとともに、機会をもたらしてくれる場合もしばしばある。小規模農家の中には、現代の供給チェーンへの参入に成功し、利益をあげている者もある。インドネシアのジャワ中部の小規模農家は、現在、特産の「黒スイカ」を地元の消費者だけでなく、ジャカルタ、シンガポール、クアラルンプールの消費者にも販売している。貧しい国でも、小規模農家をスーパーマーケットの供給チェーンに組み込むことに成功した国は、大いに利益を得ている。

グローバル化した食料品供給チェーンは、両刃の剣である。消費者に、より低価格の食料品とより高い食糧安全保障を提供してくれる。けれども、外国の消費者と生産者が現地の価格を動かすことになるため、国家が自国の食糧生産と貿易に対する支配権を失うこともあり得る。新しい国際貿易体制は、特に最も貧しい国々──食糧安全保障が最も低い国々──が苦しまないように、これらのプラスの面とマイナスの面のバランスを公平に保たなければならない。

本稿に示された意見は、必ずしも米国政府の見解あるいは政策を反映するものではない。

農産物生産でトップに立つ国

重要作物の生産で世界のトップに立つ国を以下に示す（2007年生産量を示すFAOの最新データより）

国	作物	生産量
中国	米	1億8,700万トン
中国	小麦	1億900万トン
米国	トウモロコシ	3億3,000万トン
フランス	大麦	950万トン
ナイジェリア	キャッサバ	4,300万トン
ブラジル	サトウキビ	5億5,000万トン

自然 ＋ 科学 ＝ 新しい作物

Courtesy of Stephen Ausmus/USDA

この写真にある各種の食用の「静物」はすべて、ある生物の遺伝子を別の生物に挿入し、第１の生物の望ましい属性を第２の生物に与える遺伝子工学のプロセスを経て生産されたもの。米国農務省（USDA）の報告によれば、このプロセスの利用やテストが行われている作物が大幅に増えている

今から約6000年前、考古学上の証拠によると、先史時代の南北アメリカ大陸の農民はトウモロコシの異種交配により、本来は少数の植物にしか存在しない、望ましい形質をもった作物をつくり出した。それから何千年も経って、19世紀のオーストリアの司祭、グレゴール・ヨハン・メンデルは何万個ものエンドウ豆を使って実験を行い、植物の異種交配に関する法則を特定した。メンデルの研究の意義が正しく評価されたのは、「メンデルの遺伝法則」が、遺伝学という新しい科学にとって１つの基準になった20世紀初めになってからであった。

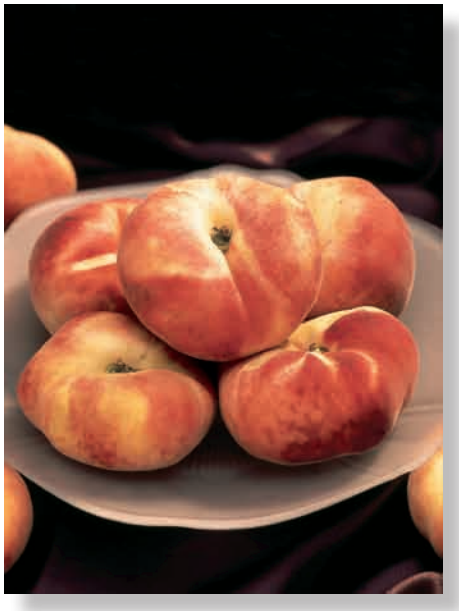
今日、世界の主な食用作物のほとんどは交雑種から育てられている。バイオテクノロジーの出現と遺伝子組み換え生物（GMO）の創出に伴い、遺伝科学は進歩を遂げた。こうした技術には議論の余地があり、強硬な反対論者もいるが、多くの尊敬に足る科学者は、より少ない肥料と水で、より多くの収穫を遺伝的に確保できる植物の開発は、将来の食糧需要を満たすのに必要であると主張している。

遺伝子工学をめぐる議論がどのよう形で決着するにせよ、人間には植物種操作の長い歴史があり、それが現代の食生活に豊かさと多様さをもたらしていることに、疑いの余地はない。

トウジンビエは、熱帯の半乾燥地域に住む人々の主要農作物。インド南部にあるこの畑のトウジンビエは、遺伝子組み換えにより、収穫に壊滅的な打撃を与える可能性のある病気に対する耐性を備えている

© AP Images/Desikan Krishnan

ギャラクシーピーチ（桃）。形が平たいことから、ベーグルピーチの名でも知られる。米国農務省農業研究局が10年をかけて開発した新品種で、甘みが強く実成りも良いため、自宅の裏庭などを利用して園芸を楽しむ人たちに人気がある



Courtesy of USDA

© AP Images/Andy Wong

中国雲南省の試験農場。さまざまな品種のイネを植え付け、どの品種がこの地域固有の環境条件に最も容易に適応するかを調べる。適応能力が高く、その結果、生産量が多くなる品種を植えることによって収穫量が増え、農民の暮らしは大幅に向上する

© AP Images/Gary Kazanjian

カリフォルニア州の出荷プラントで包装ラインを転がるネクタリン。ネクタリンはピーチの自然突然変異体で、遺伝子は１つ違うだけだが、その違いによって、ネクタリンの方がなめらかな皮を持つ。ピーチは中国原産と考えられているが、今から2000年も前に、交易商人によって西欧に伝えられた

© AP Images/The Winchester Star/Scott Mason

時季遅れの寒波の後、「プルオット」の花の霜害を調べるバージニア州の果実栽培業者。プルオットは、プラムとアプリコット（アンズ）を３対１の比率で交配することによって開発された果実。「アプリウム」は、プラムとアプリコットの遺伝物質を１対３の比率で混合した、遺伝子組み換え果実。プルオットとは外観と味が微妙に違う

© AP Images/Kent Gilbert

コスタリカのブリビ・インディアンは、コスタリカ大学の研究者が開発した新しい農法と病害に強い作物品種を取り入れている

Courtesy of Jack Dykinga/USDA

植物生理学者のアタナシオス・テオロギスはトマトの成熟遺伝子を分離してそのクローンを作った。この遺伝子を操作することによって、テオロギスらは「エンドレスサマー」というトマトの新品種を開発した。この品種は、トマトの実を、十分な風味と歯ごたえが出るまで枝につけたままにしておいても、スーパーマーケット搬入時に、食べごろの状態を保っている

© AP Images/Boris Heger

ギニア共和国のキンディアにある市場で、ネリカ米（「アフリカのための稲の新品種」から取れた米）を売る人々。研究者は、アフリカ在来の稲の品種を別の品種と交雑させることによって、この高収量の品種を開発した。この稲の導入によって、農家は売却用の米の収穫量が増え、収入も増加した

水がすべてを支える

© Ed Darack/Science Faction/CORBIS

米国第１位の農業州カリフォルニアのサンタリタヒルズ地区の、夕日に照らされる灌漑風景

© Louie Psihoyos/Science Faction/CORBIS

稲作で使われる水をたたえるバリの棚田。全世界の作物別耕作範囲の広さで、稲は第２位を占める

何世紀にもわたる経験と技術の進歩により、今日の農業従事者は、何千年も前に地面から作物をこすり取っていた最初のころの農民とは別の存在になっているが、共通点が１つ残っている。それは、農業には水が必要だということである。農業は地球上にある淡水の90％を消費しており、これは工業用水や生活用水をはるかに上回る。

世界の人口が増加を続ける中で、そのニーズを満たすために農業生産を拡大するには、水の安定供給を確保することがきわめて重要な要因になる。課題は、水一滴一滴の効率を高めることにある。国連食糧農業機関によると、開発途上国の灌漑（かんがい）地面積は2030年までに34％の増加が見込まれているが、食用作物の生産に使われる水の量は、灌漑方法の改善により、14％の増加にとどまるという。

では、食用作物を育てるにはどれくらいの水が必要だろうか。もちろん、作物が違えば、必要な水の量も大幅に異なるが、一般的に言って、平均的な人１人が１日に消費する食料を育てるには2,000～5,000リットルの水が必要になる。

米国環境保護庁は、各種の食料を生産するのに必要な水の量を次のように推計している。

水の量	食料
15リットル	ミルク4リットル
1,514リットル	鶏１羽の飼育
22.71リットル	フライドポテト１人分
52.23リットル	オレンジ１個
378.54リットル	スイカ１個
567.8リットル	パン１斤
11.35リットル	トマト１個
132.48リットル	米１食分
454.24リットル	卵１個

植物の遺産

© AP Images/Eduardo Verdugo

メキシコで野生トウモロコシの種子を選別する「国際トウモロコシ・小麦改良センター」の技術員。同センターは、固有の特性を持った数千の種子のサンプルを北極で安全に貯蔵するため、スバールバル世界種子貯蔵庫に送りだしている

国際社会は、植物界の遺伝子という富を守るため、協調して取り組みを進めている。

何十万種類にも上る種子や植物のサンプルが、気候変動や生息環境の喪失のため、また自然災害または人災により失われるのを防ぐため、その保護と保全を図る取り組みが現在行われている。

将来における発見の可能性を維持し、今日の作物の保全を図ることが、この取り組みの動機づけになっている。科学により植物の遺伝子情報の組み換えが可能になり、ある植物の望ましい特性を抽出して、それを別の植物へ挿入するようになった。こうした形のバイオエンジニアリングは、農家が何世紀にもわたって行ってきた他家受粉による交雑を加速するものである。今日の科学の力を考えると、どこにでもあるあらゆる植物がいつか人間を助ける生物学的な秘密、例えば、病気の治療法、強化食品、あるいはその他の役に立つ合成物を持っているかもしれないとう認識が高まる。

「食糧と農業のための植物遺伝資源は、世界の食糧安全保障に生物学的な基盤をもたらし、地球に住むすべての人の生活を支える」と、国連の植物遺伝資源保護計画に関する文書は述べている。1996年に発表されたこの文書は、植物の多様化に対する国際社会の関心と責任を記録にとどめている。

国際的な取り組み

国際的な農業研究のための連合体があり、世界11カ所の遺伝子バンクを支援して、農作物、飼料、灌木、樹木の65万を超える遺伝子のサンプルを保護し、それを公有のものとして管理している。この「国際農業研究協議グループ」(CGIAR)の目的は、「これらの収集物を長期的に保全し、その生殖質(1つの生物の遺伝資源の集積)および関連情報を地球公共財として利用可能にする」ことである。

CGIARは、そのウェブサイトによると、これらの種子と植物の膨大な宝庫を全人類の利益のために維持しており、「この中から提供された種子は、アフガニスタンやアンゴラ、モザンビーク、ソマリアなど紛争から抜け出しつつある国で農業の成長を活性化し、復興の基礎を築くのに役立った」と述べている。自然災害に襲われた地域は、遺伝子バンクから貴重な種子を取り出し、その地域固有の気候と条件に独自に順応する植物を復活させることが可能になる。

米国の取り組み

「米国国立植物生殖質システム」(NPGS)は、遺伝子バンクのネットワークを維持し、害虫、病原菌、病気、その他の世界の食糧と繊維の供給への脅威との闘いに使える遺伝形質の保全を図っている。

NPGSの収集物には、米国農務省農業研究局(ARS)の権限下にある20カ所を超える遺伝子バンクに保存されている約51万1,000の種子、組織、および植物全体のサンプルが含まれている。これらの遺伝子バンクの多くは、大学や各州の農業試験場の支援を受けている。

サンプル中の有用と確認された形質は米国の作物に組み込まれ、作物を危険な病原体から守るのに役立っている。例えば、1948年にトルコで収集された小麦は、その15年後に米

国の作物を脅かした菌類の一種に耐性を示した。その遺伝的特徴は、ARSの文書によると、現在では、米国太平洋岸北西部で栽培されているほとんどすべての品種の小麦に組み込まれているという。

1986年には、ロシアの小麦につくアブラムシが米国にまで広がり、米国全体の小麦の作柄に深刻な影響を与える恐れが生じた。ARSの科学者はNPGSが保管する小麦粒の緊急試験を行い、耐性を持つ可能性がある遺伝子を数百種類発見した。そして、集中的な取り組みにより、耐性を持つ品種が開発され、小麦をめぐる作物危機は回避された。

凍結状態で保存される種子

ノルウェー本土の北1,000キロの北極圏では、平均気温が低いため、氷点下の気温を維持するのに電力を必要としない。この北極圏の永久凍土層と厚い岩盤に囲まれた山腹を掘って造られた「スバールバル世界種子貯蔵庫」は、世界各地から集めた数十万の種子のサンプルを冷凍隔離状態で保存しており、事故や災害によって、温かい気候の地域を原産とする種子を補充する必要が生じた場合に使われる。

スバールバル貯蔵庫は、ノルウェー王国が国際的な協力を得て建設し、「世界作物多様性トラスト」が運営に当たっており、植物多様性を守るための世界最後の保険である。世界各地の遺伝子バンクは、自らが備蓄するものと重複する種子のサンプルをこのスバールバル貯蔵庫に預けて保管を依頼する。同貯蔵庫は、サンプルの紛失、管理上のミス、資金の枯渇など予見不可能な組織上の失敗があった場合に備えて、どこか他の遺伝子バンクがバックアップのサンプルを保管するような措置をとっている。

2008年のスバールバル貯蔵庫開設以来、米国生殖質システムは２万種を超える植物のサンプルを同貯蔵庫に送り保管している。米国は、今後数年間かけて、収集済みの全植物のサンプルを徐々に送ることにしている。

世界作物多様性トラストは、主要農作物の収集を支援するための資金を募る官民パートナーシップである。同トラストは、国際的な植物多様性協定に合わせて、植物遺伝資源の長期的保全を目的とする効率的で持続可能な地球規模のシステムを推進する活動を行っている。

地球に存在する植物はきわめて多様であり、人間がそのすべてを把握して定量化するのは難しい。既知の植物種の数はおよそ30万から40万と推定されているが、遠隔地の森林や山々の高所には、何千もの未知の植物種が生息し、その固有性を認識する科学者によって発見されるのを待っている可能性がある。

© AP Images/John McConnico

Courtesy of Scott Bauer/USDA

Courtesy CGIAR/IITA

（左から時計回りに）ウィスコンシン州にある「米国馬鈴薯遺伝子バンク」で作業するプロジェクト担当の園芸職員、チャールズ・フェルナンデス。「スバールバル世界種子貯蔵庫」の中にいる「世界作物多様性トラスト」事務局長キャリー・ファウラー。ナイジェリアのイバダンにある「国際熱帯農業研究所」で在庫をチェックする技術員

数字あれこれ

10億2,000万：世界で飢えて栄養不足の状態にある人の数。このうち、６億4,200万人がアジア太平洋地域に、２億6,500万人がサハラ以南のアフリカに住む。（FAO）

１億4,800万：不適切な食事で育てられている子どもの数。（unitedcalltoaction.org）

67万：ビタミンA欠乏症に起因する年間の子どもの死亡数。（unitedcalltoaction.org）

７対１：ビタミンA強化によって賃金の増加および身体障害の減少という形で戻って来る金額と、ビタミンA強化に使われる金額の比率。（USAID）

28対１：ヨウ素添加塩がもたらす金銭的効果とヨウ素添加にかかる費用の比率。（USAID）

84対１：鉄分強化食品がもたらす金銭的効果と鉄分強化にかかる費用の比率。（USAID）

100％：2050年に予想される世界の人口90億人の食糧を確保するのに必要な食糧の増産率。（FAO）

55億ドル：世界の飢餓と闘うために米国政府が今後２年間に支出を予定している金額。（トム・ビルサック農務長官）

55％：世界の食糧援助のために米国政府が過去50年間に支払った金額の割合。（ビルサック農務長官）

70％：世界の淡水供給量のうち農業に使われる分の比率。（FAO）

2,000～5,000リットル：平均的な１日の食生活のための食糧を生産するのに必要な水の量。（国連水関連機関調整委員会）

300％：ノーマン・ボーローグがメキシコにいた間に、同地の小麦生産量が増加した割合。（ランド研究所）

25％：「緑の革命」後の開発途上国の平均的な人のカロリー消費量の増加率。（ゴードン・コンウエイ）

250％：1950～1984年の穀物生産の増加率。（キンダルとピメンテル）

400％：2009年「世界食糧賞」受賞者ゲビサ・エジェタが開発した、雑草との競合や干ばつに強いソルガムの交配種を、現地に以前からある品種と比較した収穫量。（世界食糧賞）

300％：「青の革命」創始者のビジャヤ・グプタが開発した水産養殖技術を使ったバングラデシュの漁業生産の増加率。（世界食糧賞）

参考資料

書籍論文およびウェブサイト

論文・記事

Agricultural Biodiversity in FAO. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. *http://www.fao.org/docrep/010/i0112e/i0112e00.htm*

Briscoe, John, et. al. *Water and Agriculture: Implications for Development and Growth.* Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, 2009. *http://csis.org/publication/water-and-agriculture*

Energy-Water Nexus: Many Uncertainties Remain about National and Regional Effects of Increased Biofuel Production on Water Resources. Washington, DC: Government Accountability Office, 2009. *http://www.gao.gov/new.items/d10116.pdf*

Federoff, Nina, et. al. "Radically Rethinking Agriculture for the 21st Century." Science, vol. 327, no. 5967 (12 February 2010): pp. 833 — 834. *http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/327/5967/833*

Hausmann, Ricardo and Rodrigo Wagner. *Certification Strategies, Industrial Development and a Global Market for Biofuels.* Cambridge, MA: Belfer Center for Science and International Affairs at Harvard University's Kennedy School, January 13, 2010. *http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/19856/certification_strategies_industrial_development_and_a_global_market_for_biofuels.html*

International Energy Outlook 2009. Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2009. *http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/*

McFadden, Steven. *Community Farms in the 21st Century: Poised for Another Wave of Growth?* Kutztown, PA: Rodale Press, 2007. *http://newfarm.rodaleinstitute.org/features/0104/csa-history/part1.shtml*

A New Biology for the 21st Century: Ensuring the United States Leads the Biology Revolution. Washington, DC: National Academy of Sciences, 2009. *http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12764#toc*

Pardey, Philip G. and Julian M. Alston. *U.S. Agricultural Research in a Global Food Security Setting.* Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, 2010. *http://csis.org/publication/us-agricultural-research-global-food-security-setting*

Quinn, Kenneth M. "Dr. Norman E. Borlaug: 20th-Century Lessons for the 21st-Century World" *http://www.worldfoodprize.org/borlaug/borlaug-history.htm*

Timmer, C. Peter. "Do Supermarkets Change the Food Policy Agenda?" *World Development,* vol. 37, no. 11. (November 2009): pp. 1812-1819.

Von Braun, Joachim. *The Poorest and Hungry.* Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2009. *http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/oc63.pdf*

ウェブサイト

AgNIC: The Agriculture Network Information Center
http://www.agnic.org

The Center for Global International Agriculture Research (CGIAR)
http://www.cgiar.org/

Food and Agriculture Organization of the United Nations
http://www.fao.org/

Global Information and Early Warning System (GIEWS): On Food and Agriculture
http://www.fao.org/giews/english/index.htm

International Food Policy Research Institute
http://www.ifpri.org/

Millennium Villages Project
http://www.millenniumvillages.org/

National Institute of Food and Agriculture
http://www.csrees.usda.gov/

Responding to World Hunger
http://www.america.gov/food_security.html

Svalbard Global Seed Vault
http://www.croptrust.org/main/arctic.php?itemid=211

U.S. Agency for International Development
Food Security
http://www.usaid.gov/our_work/agriculture/food_security.htm

U.S. Department of Agriculture
Global Food Security
http://www.ers.usda.gov/Briefing/GlobalFoodSecurity/

U.S. Department of Agriculture
Food Security
http://www.fns.usda.gov/fsec/

U.S. Department of State
Global Hunger and Food Security
http://www.state.gov/s/globalfoodsecurity/index.htm

U.S. National Plant Germplasm System (NPGS)
http://www.ars-grin.gov/npgs/

World Agricultural Forum
http://www.worldagforum.org

映像フィルム

Sustainable Table: What's on Your Plate? (2006)
Running time: 52 minutes
Director: Mischa Hedges
Summary: What's on your plate, and where does it come from? What are its effects on the environment and your body? This film presents questions about the sustainability of many agricultural practices, and attempts to pursue some answers.

Food Inc. (2008)
Running time: 94 minutes
Director: Robert Kenner
Summary: The film examines large-scale food processing in the developed world, arguing that its methods do not promote good health for consumers or the environment.

Diverseeds: Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (2009)
Running time: 51 minutes
Director: Markus Schmidt, Austria
Summary: Large agricultural producers have adopted a few plant varieties with genetically engineered qualities desirable for crop production. This practice has narrowed genetic diversity, which, the filmmaker argues, is vital to meeting the world's future development needs.

King Korn (2009)
Running time: 88 minutes
Director: Aaron Woolf
Summary: Best friends from the eastern United States move to the agricultural producing regions of the Midwest to learn where their food comes from. They grow a corn crop and attempt to follow it through the food processing system.

Farm! (2008)
Running time: (not listed)
Director: Christine Masterson
Summary: This documentary is about a new generation of organic and sustainable farmers in the state of Georgia.

In Organic We Trust (2010)
Running time: (not listed)
Director: Kip Pastor
Summary: This film examines the organic food industry and the paths towards an organic, self-sustaining agriculture system.

本インタビューで表明された意見は、必ずしも米国政府の見解や政策を反映するものではない。全てのインターネットのリンクは2010年３月時点で有効だったものである。

米国大使館 / アメリカンセンター
レファレンス資料室

札幌アメリカンセンター・レファレンス資料室
〒064-0821　札幌市中央区北1条西28丁目　米国総領事館内
Tel: 011-641-3444
Fax: 011-641-0911

米国大使館レファレンス資料室
〒107-8420　東京都港区赤坂1-10-5
Tel: 03-3224-5292　（レファレンスサービス）
Tel: 03-3224-5293　（来館予約）
Fax: 03-3505-4769

名古屋アメリカンセンター・レファレンス資料室
〒450-0001　名古屋市中村区那古野1-47-1　名古屋国際センタービル6階
Tel: 052-581-8641
Fax: 052-561-7215

関西アメリカンセンター・レファレンス資料室
〒530-8543　大阪市北区西天満2-11-5　米国総領事館ビル6階
Tel: 06-6315-5970
Fax: 06-6315-5980

福岡アメリカン・センター・レファレンス資料室
〒810-0001　福岡市中央区天神2-2-67　ソラリア・パークサイドビル8階
Tel: 092-733-0246
Fax: 092-716-6152

米国大使館のウェブサイト

米国大使館　http://japan.usembassy.gov/tj-main.html

米国大使館携帯サイト　http://usembassy.jp/