

## 新年明けましておめでとうございます。 旧年中は、本会の活動に対し格別のご高配を賜り、 心からお礼申し上げます。

昨年を振り返りますと、急激な円安により輸入資材のコスト高が進んだ一方で、輸出振興による農産物や畜産物の輸出の拡大が、農業活性化の目玉としてさらに加速されました。また社会全般では、青色発光ダイオード(LED)を開発した日本人の3氏のノーベル物理学賞受賞、テニスや野球、バレーコンクールなどの分野での日本人の活躍など、話題に事欠かない一年となりました。米国産トウモロコシの供給については、2012年の米国中西部でのかんばつの影響から立ち直り、従来通りの安定した供給を取り戻すことができました。またDDGSの供給・利用にかかわる方々にご対応をいただいております油分抽出による低脂肪化については、低脂肪DDGSの公定規格が告示されました。これから2014年米国産のトウモロコシをはじめとする飼料穀物も皆様のお手元に到着することと思いますが、全般的に品質に問題はないと聞いております。

今後とも、本会に係られる生産者・事業者・消費者の皆様のニーズに即した、米国産穀物の需給・流通・生産の情報を迅速に提供し、皆様のお役に立てるよう努力する所存でございます。

皆様のご健勝とご発展をお祈りいたしまして、新年のご挨拶とさせていただきます。

アメリカ穀物協会 日本代表 浜本哲郎

## 食料の安全保障とバイオテクノロジー

東京大学大学院農学生命科学研究科教授 本間 正義

### 1. はじめに

筆者は2014年夏にアメリカ穀物協会主催の米国バイオテクノロジー視察に参加する機会を得た。ミズーリ州セントルイスを中心に、モンサントの本社や研究所、研修施設、遺伝子組換えトウモロコシの生産農家を訪問視察するとともに、2人の研究者からレクチャーを受けた。一人はバイオテクノロジースペシャリストでカリフォルニア大学リバーサイド校教授の Alan McHughen 博士であり、もう一人はイリノイ大学名誉教授でジョンズホプキンス大学客員教授の Robert Thompson 博士である。

Thompson 博士は開発政策と農業経済を専門とする研究者であり、世界銀行の農村開発部長や、農業開発に関する研究所であるウインロック国際研究所の代表などを務めた。筆者の専門が農業経済学であり、Thompson 博士のレクチャーに共感するところ大であったことから、本稿では、彼の講義で強調されていた世界の食料安全保障からみたバイオテク活用の重要性を論じてみたい。

### 2. 世界の食料問題

世界には8億人に上る栄養不足人口が存在する。栄養不足人口とは、健康と体重を維持し、軽度の活動を行うために必

要な食事エネルギーを十分に摂取できない人々であり、それは表が示すように、2012-14年で発展途上国人口の13.5%におよび、特に食料問題が深刻なサブサハラでは23.8%に達する。

国際的にみた食料の安全保障とは、まさにこうした栄養不足人口を解消することにある。食料の安全保障は食料問題であり、古くて新しい課題である。マルサスが『人口論』で「人口の自然増加は幾何級数をたどるが、生活資料(食料)は算術級数で増加するに過ぎないゆえ、過剰人口による貧困の増大は避けられない」と書いたのは1798年であるが、人類はそれから幾多の「成長の限界」を乗り越え、今日72億人を超える人口を養っている。

成長の限界を乗り越えてきたのはひとえに技術進歩の成果である。様々な農法の開発や農業技術、新品種、農業機械などにより、人類は限られた地球資源を有効に活用し人口増加と豊かさを実現してきた。今日抱える食料問題も、人類の英知を結集して解決にあたらなければならない。

今日の食料問題は貧困からくる栄養不足問題と、所得向上に伴う食料消費の変化、そしてバイオ燃料需要の増加による食料か燃料かの選択という3つの問題が相互にからみあい、かつ同時に解決を求められているところに困難がある。これら3つの

食料問題に共通するのは、どんな国でも一国で解決できる問題ではなく、国際間の協調となんらかの国際的共同作業を行うシステムを必要とすることである。

こうした食料問題の解決のためには不足している現地における食料の増産が最も効果的であることは言うまでもない。食料不足地域だけでなく、経済成長とともに畜産物の消費が拡大する途上国の飼料穀物需要を賄うためにも食料増産への取り組みが欠かせない。今後2050年にむけて世界の人口は35%増加することが見込まれているが、途上国の所得向上により、さらに35%食料需要が拡大すると推計されており、食料供給はこれらの需要を満たすために、2050年には今日より70%増産することが求められている。

さらに、バイオ燃料の需要は国際食料市場の予測を複雑なものにする。セルロース系のバイオ燃料の実用化の期待もあるが、バイオエタノール原料となる穀物と油糧種子の需要は食用と併せて2050年には今日の2倍になると見られている。

### 3. 資源の制約と技術進歩

これらの食料需要増加に見合う供給は可能であろうか。世界の可耕地面積は限られており、高々12%程度の増加が見込まれるだけである。一方、既に耕作されている農地においても砂漠化や土壌侵食などによる劣化が進んでおり、また都市化や工業化で農地そのものが減少し、さらには環境保護の観点から農地の利用制限を加える地域も増えている。

より深刻なのが水の制約である。農業生産に使われる農業用水は世界の真水の70%を占めるが、工業化に伴う工業用水の需要と都市化による生活用水の増加は、限られた水資源を農業と非農業部門で争う事態を生み出している。非農業部門が水に対し高価格を支払うようになれば、水供給はそちらに流れ、農業部門は水不足に陥る。

問題なのは農業部門において水はコストがかからないと認識してきたことである。したがって、これまで水を節約する生産方式の採用や技術開発を怠ってきた。イスラエルなど水資源に恵まれない地域では、例外的に点滴灌漑方式などが開発されてきたが、一般に水は豊富にある資源であり、溜池や灌漑施設などが一旦整備れば供給は無限にあるものとみなされてきた。

一定の水資源の下、農業用水として使える水が非農業部門にシフトするなら、農業部門ではより効率的に水資源を活用しなければならぬ。将来の需要に見合う生産量が今の2倍とするならば、水の生産性は2倍以上に上げなければならない。そのためには、農業用水に価格をつけて市場を通じて効率的な水利用を図る必要がある。

農業用水に価格がつけば、農業で水を節約する技術が開発される。資源制約を克服するためには、供給が限られている資源の価格を市場で評価し、それに代わる技術開発を促すことである。人類はこうした資源制約を代替技術の開発で克服

してきたのである。農業においても、米国では広大な土地に比べ労働が希少だったためトラクターなど労働節約的な技術が進歩し、一方、土地が希少な日本では品種改良などで単位面積当たりの収量を上げる土地節約的な技術が発展したことはよく知られている。

しかし、こうした技術は研究開発投資なしには開発されない。一般に農業技術は模倣されやすく、知的財産権が保護されにくい。したがって、これまで多くの農業技術は政府など公共機関によって開発されてきた。1960年代に始まった「緑の革命」における高収量品種の開発はロックフェラー財団やフォード財団が設立し、その後国際機関となった小麦とうもろこし研究所や稲作研究所といった公共機関で行われた。

ところが、そうした国際機関への拠出や投資が大きく減少している。日本だけでなく、世界各国は対外政府援助の予算を大幅に削減し、そうした拠出金でまかなわれている世界銀行や各地の開発銀行の農業への開発援助も減少の一途をたどっている。

公共機関にかわり今日の農業研究開発投資を行っているのが、モンサント、デュポン、シンジェンタ等の私企業であり、特に遺伝子組み換え作物に関しては、カーギル、ブンゲ、ADMなどの穀物メジャーと連携することにより、技術料と知的財産権で収益を確保するビジネスモデルが確立している。

私企業の研究開発投資はその資金を内部化して回収する必要がある。すなわち、開発された遺伝子組換え技術を農家に買ってもらう必要があるが、農家はその技術の使用料(種子代)を上回る十分な利益がなければ、技術は採用されない。実際、遺伝子組換え作物導入初期には種子代金が高くなったことへの不満から農家が反対したと聞く。要するに、今日の農業技術の開発は市場の失敗を克服し、市場を通じて技術の成果が取引されるようになり、従来の納税者負担による供給ではなく、市場で取引されるようになってきたのである。

### 4. バイテクの可能性

先に述べたように、資源制約を克服して食料の需要増に見合う供給を実現するためにバイオテクノロジーへの期待は大きい。従来の動植物育種でも生産性向上は可能であるが、モダンゲノミクスや遺伝子工学の活用は食料の生産性向上のフロンティアを大きく開く可能性がある。例えば、穀物の栄養素の含有量の改善、干ばつ、多湿、温度、塩、アルミニウム毒性等に対する耐性の強化、より過酷な条件や多様な変化の下での収量や生産性の維持・向上、疾病やウイルスに対する耐性の内生化、農薬、特に殺虫剤使用の減少、除草剤耐性の品種の増加、農産物の劣化の防止、将来は窒素肥料を必要としない植物などが可能とされる。これらの実現で栽培適地の拡大、光合成能力の向上、動植物の成長促進などが期待される。

遺伝子組換えだけでなく、バイオテクノロジーをより広くとらえ

れば、組織培養技術による植物培養、短期間に大量の苗、ウイルス・フリーの苗、成長のばらつきの解消、細胞融合技術による異種生物細胞の人為的融合で雑種細胞の作成、野生種の持つ形質を栽培種に付与、また、食品産業で多く活用されているバイオリアクターによる酵素や微生物を利用して物質を変換・合成する装置、さらには、高度環境制御システムは規格品を大量周年生産するための環境を作り、機械化、自動化、連続化するシステムなどにより効率的な植物工場の操業を可能にする。

世界の食料問題解決のためには現代のバイオテクの力を活用

表 世界の栄養不足人口の総人口に対する割合

(パーセント)

	1990-1992	1999-2001	2009-2011	2012-2014
世界	18.7	15.0	12.1	11.3
発展途上国	23.4	18.3	14.5	13.5
アフリカ	27.7	25.6	20.9	20.5
サブサハラ	33.3	30.2	24.4	23.8
アジア	23.7	17.6	14.1	12.7
東アジア	23.2	16.2	12.7	10.8
南アジア	24.0	18.2	16.3	15.8
東南アジア	30.7	22.9	13.4	10.3
中南米	15.3	12.3	7.0	6.1

(資料)FAO, The State of Food Insecurity in the World 2014.

に対する大きなニーズがあり、それを市場であれ公共機関を通じてであれ、利用可能なものとする環境を整える必要がある。バイオテクにより21世紀の食料と農業のすべての問題を解決することはできないが、しかし、世界の貧困者からその技術の利用可能性を奪うことは避けなければならない。日本は、国内でバイオテクへの研究投資を拡大するとともに、バイオテクに関する正しい情報の提供の場をより多く設け、不要な誤解や対立を避ける努力をしなければならない。

最後に、今回の視察を可能にして頂いた、アメリカ穀物協会に感謝申し上げます。

## 北海道のTMRセンターとDDGS

畜産・飼料調査所 御影庵主宰 阿部 亮博士

(前号からの続き)

### 5. DDGSの全炭水化物と繊維(構造的炭水化物)の消化性

日本標準飼料成分表から計算されるDDGSの炭水化物の総量は54%でその消化率は82%と高く、TDN含量中の可消化炭水化物の割合は48%を占める。脂肪の含量と消化率を併せて考えると、可消化養分総量の74%が炭水化物と脂肪の

可消化量となり、エネルギー飼料とも考えてよい。

セルロース、ヘミセルロースなどの繊維性構造的炭水化物がDDGSには38%程度含まれる。この繊維はコーングルテンフィードの繊維と同様の性質を持つと考えて、コーングルテンフィードと他の飼料の総繊維の潜在消化率と消化速度を比較すると、下表のようになる (Abe et al, 1991)。

	CGF	チモシー乾草	CS	ビートパルプ	フスマ
潜在消化率%	86	63	64	83	63
消化速度% /時間	4.7	5.0	9.0	5.5	3.6

このように繊維区分の消化性も高く、上記の全炭水化物の消化性の高さから考えて、ルーメン内発酵性炭水化物の量を増加させる性質を持つ飼料と判断されるところから、RDPから

の菌体蛋白質合成、代謝蛋白質の供給、ひいては乳蛋白質の生産にも貢献する機能を備えていると判断される。

### 6. DDGSの脂肪酸組成と飼料給与上の課題

DDGSの粗脂肪含量は低脂肪DDGSとは言っても、それは飼料素材の中では高い値である。その起源であるトウモロコシの油は約60%のリノール酸を含んでいる。

リノール酸は2重結合を2個持つ不飽和脂肪酸であるが、そのルーメン内代謝物である共役リノール酸のtrans-10、cis-12

C18:2が乳腺内での脂肪酸の合成を阻害することが知られており、それは乳脂肪量や乳脂率を低下させることにつながる。この問題がDDGS(DDGSばかりではなく、リノール酸含量の高い、脂肪含量の多い食品製造副産物)を乳牛の飼料として用いる場合の大きな問題である。

しかし、飼料由来の脂肪に多く含まれるC18脂肪酸(ステア

リン酸、オレイン酸、リノール酸)の中で不飽和結合を持つものは、ルーメン内で水素添加を受け、それが乳腺に移行し、乳脂肪合成に寄与し、C18脂肪酸の乳脂肪内での増加によって、乳脂量、乳脂率が増加するという報告も多い、筆者も綿実給与の試験でそれを確認している。

乳脂肪酸の合成量には乳腺内での脂肪酸のエステル化が関係しているという考え方があ

る。エステル化というのは各種の脂肪酸(C4~C18)がグリセリンと結合して中性脂肪を作る段階である。

この場合、3個のグリセリンの炭素の1番目の炭素はC18等の長鎖脂肪酸が結合しやすく、一方、3番目の炭素は短鎖脂肪酸(C18との対比でC16以下と考える)が結合する。

メタ分析の結果、牛乳中のC18脂肪酸の量は牛乳脂肪中のC4~C16の生成量と正比例することが確認されている。

すなわち、C18の乳脂肪中への取り込み量は短鎖脂肪酸の合成量に支配されることになる。したがって、ルーメンから吸収される酢酸から合成されるC4~C16脂肪酸の合成が共役リノール酸に阻害されると、中性脂肪の合成量が少なくなり、乳脂肪の合成量が減少する。

しかし、t-10,c-12がどのようなメカニズムで脂肪酸合成を阻害するかについての正確なメカニズムは分かってはいない。

それでは、この問題を回避するためには、どうすればよいのか、次項で近年のJ. of

Dairy Science誌の論文等からこの問題を考える。

## V. DDGSの給与量・飼料の条件と乳量・乳質との関係

ルーメン内でt-10,c-12共役リノール酸を増加させやすい飼料の条件は、①不飽和脂肪酸が多い、②粗飼料や濃厚飼料の発酵速度が大きい、③粗飼料の切断長が短い、等である。

そうすると、粗濃比(NDF対デンプン)が適切に維持され、ルーメン液状部の希釈率が適正になるような粗飼料の切断長を持たせることによって、乳脂率低下の問題を回避することができるのではないかと

思う。多くの試験で、飼料給与乾物中、NDF含量が40%~42%、34~44%、35%、また、飼料給与乾物中のデンプン含量が23%、18%といった試験の中では、DDGSの添加水準を高めることによって、乳量の上昇し、乳脂率・乳脂量も上昇するという結果が得られているものが多い。例えば、飼料乾物中20%~25%程度(最大25%)のDDGSの配合が、上記の条件下では乳量や乳質にプラスの効果をもたらすという報告である。また、20%の配合では、リジンは乳蛋白質合成の阻害要因にはならないという報告もある。しかし、DDGSの20%の添加でも、飼料乾物中のNDF含量が30%、デンプン含量が26%(推定値)では無添加の対照区に較べて、乳中の純蛋白質濃度には差がなかったが、乳量では43.6kgと42.0kg、乳脂肪量では1.41kgと1.27kg、乳脂率では3.22%と3.05%の違いがあり、添加区が有意に減少したという報告もある。この場合には、乳中の共役脂肪酸濃度は無添加区に較べて20%添加区が有意に高くなっている。

(次号に続く)

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

2014年12月10日米国農務省発表の世界農業需給予測の米国産飼料穀物に関する部分の抜粋の参考和訳を以下に掲載いたします。WASDE のフルレポートについては(<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>)よりご確認ください。また、数値や内容については、原文のレポートのものが優先いたします。各項目の詳細、注釈についても原文をご参照ください。

米国の飼料穀物の2014/15年度需給予測は、トウモロコシの食品・種子・産業用利用予測の若干の減少により期末在庫が微小な減少を見せた以外、ほとんど変化はありません。甘味料へのトウモロコシ利用は1,000万ブッシェル引き上げられたことから、期末在庫は20億ブッシェルを少し下回っています。ほかの飼料穀物の需給予測に変更はありません。トウモロコシの農家平均価格は変更なく\$3.20-\$3.80と予測されています。ソル

ガムの農家平均価格は、中国の旺盛な需要に下支えされ上端下端ともブッシェルあたり5セント引き上げられ\$3.20-\$3.80と予測されています。

ネットワークに関するご意見、  
ご感想をお寄せ下さい。



U.S. GRAINS COUNCIL アメリカ穀物協会

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

Tel: 03-6206-1041 Fax: 03-6205-4960  
E-mail: [grainsjp@gol.com](mailto:grainsjp@gol.com)

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