

ブラジルの車はサトウキビエタノールで走る

塩谷 哲夫*

● 日本の燃料バイオエタノール事情

経済産業省は5月29日、「新・国家エネルギー戦略」を発表した。2030年までに全エネルギーに占める石油依存度を、現在の50%から40%を下回る水準を目指す“脱石油”を宣言した。その柱は、①原子力発電比率を29%から30~40%以上に高める、②エネルギー効率をさらに30%改善する省エネルギーを推進する、③石油依存度が100%近い運輸部門に対する対策を強化して80%にまで下げるの3本柱である（経済産業省METI-Release）。

そして③の対策として、「バイオ由来燃料等の新燃料の導入や次世代自動車の導入促進など燃料多様化に本格的に着手する」という。最も期待されているのは、自動車の燃料ガソリンにサトウキビやトウモロコシを原料とするバイオエタノールを混合させて、それで代替させた分だけ石油（ガソリン）の使用量を減らそうということである。

これを受けて環境省は、温室効果ガスの排出削減のために、ガソリンへのバイオエタノール混合率（体積濃度）上限3%（E3=3%混合ガソリン）を引き上げ、供給率も段階的に増加させていき、2030年までには日本国内使用自動車のガソリン全量を、10%混入（E10）に切り替える方針を決めた（朝日新聞、06.6.12）。こちらは「京都議定書」で約

束した地球温暖化ガスの排出を削減しようという狙いである。バイオエタノールの燃焼に伴う二酸化炭素は、植物が生育中に固定したものを放出したにすぎないので、温室効果ガスの放出量としてカウントされない（CO₂ニュートラル）。すなわち、バイオエタノールで走る車の炭酸ガス排出量はゼロなのである。

また、自動車製造業界は、すでに現在販売されている新車は3%混合のE3に対応可能としている。トヨタは国内向けも含めて全ての乗用車のエンジンをE10対応可能とする方針で、07年春にはエタノール燃料車の本場ブラジルにアルコール燃料対応車を投入すると発表した（共同通信、06.6.13）。燃料供給業界の「石油連盟」も2010年度をめぐりに全国ガソリン消費量の20%をE3で供給する方針だそうである。

さらに、政府の“本気さ”を象徴する発表があった。08年度から沖縄県宮古島で、島内全てのガソリンをバイオエタノール混合に切り替え、品質やコストを検証する大規模実験を実施するというのである（沖縄タイムス他各紙、06.6.21）。

● バイオエタノールの原料作物は？

まことに結構な計画であるが、問題になるのは2030年時点で原油換算で220万klに相当すると試算されているバイオエタノールをどうやって確保するかということである。

日本にはとても自前で必要なだけのエタノールを産出しうるほどの原料を生産できる

*しおや てつお 東京農工大学名誉教授、全国拓殖農協連合会(JATAK)農業技術普及交流センター所長

わけがなく、他国から輸入するしか道はない。「環境省はアジア諸国でのバイオエタノール生産を推進し、途上国支援と安定的な輸入量確保、排出権獲得も視野に入れる」という方針のようである（朝日新聞、06.6.12）。

しかし、日本が必要としている大量のエタノールを供給するに足るほどの大量の原料作物を低コストで生産し、エタノールにすることは、机上で計算するほど容易なことではない。原料作物としては何を想定しているのだろうか。

バイオエタノールの原料には、トウモロコシ、麦類などの穀物やサツマイモ、バレイショなどのイモ類による「デンプン質原料」と、サトウキビ、テンサイ、飼料作物のソルガムなどの「糖質原料」がある。飲料アルコール、つまりお酒の醸造原料と同じことである。デンプン質原料として、日本酒はコメ、ウイスキーはスコッチなら大麦で、バーボンならトウモロコシが、焼酎にはコメ、大麦もあればサツマイモも使われる。私の好きなブラジルの酒ピンガ（カチャーサともいう）は、糖質原料のサトウキビを使っている。

原料植物からのエタノール収量は、原料重量当たりでは穀類の方が多く、トウモロコシで337ℓ/t、大麦で333ℓ/tである。コメでも303ℓ/tと、サツマイモ129ℓ/tの2.5倍のエタノール収量がある。

しかし、栽培面積当たりエタノール生産量では、作物収量が高いサトウキビが断トツに多く、おおよそ5,200ℓ/ha、次いでテンサイの3,850ℓ/ha、バレイショの2,800ℓ/haで、トウモロコシは2,130ℓ/haと、サトウキビの40%程の生産量しかない。

また、バイオエタノールの製造工程上も糖質原料が優位にある。すなわち、デンプン質原料をエタノールにするためには、糖化酵素でデンプンを糖に変換してから酵母を加えて発酵させ、その後で蒸留することになる。一

方、糖質原料の場合は、搾汁を水などで濃度調整するだけで酵母を加えて発酵工程に入ることができる。それだけ投入エネルギーが少なくコストも低くてすむ。その上、ありがたいことに、サトウキビは汁液を搾った粕（バガス）は工場のボイラー燃料に使える。しかもその時発生するCO₂は温暖化ガスとしてカウントされない。サトウキビエタノールは、まさに一石数鳥の結構づくめである。

しかし、作物選択には国・地域による特有の生産条件があるから、作物別のエタノール生産効率の順番どおりの作物選択がなされるわけではない。トウモロコシ大国の米国はトウモロコシを選んだ（大麦原料のスコッチよりも、米国はやっぱりバーボンが合っているようだ）。EUなら大麦やテンサイが良いのかもしれない。かといって、日本や東南アジアはコメにするか…というわけにはいくまい。自動車燃料よりも人間の生きるための食料を確保しなければならないのが現実なのだから。

現在、サトウキビエタノールを日本に供給できる実力があるのはブラジルしかない。世界最大のサトウキビ産地ブラジルの広大なサトウキビ畑、そして効率的で巨大な生産システムを体感している者としてそう思う。

● アルコール燃料車で大地を走る

私が働く農業技術普及交流センターのあるゲアタパラ市までは、サンパウロから300kmある。ブラジル第1の大都市サンパウロを出て、国道330号線を北上する。

サンパウロを出ておおよそ1時間半。サン・カルロスを目指して車は310号線に入る。ここから先は農村地帯。行けども行けども眼前に広がるのはサトウキビばかり。まるでサトウキビの緑の海のような。8月の乾いた空気は光を良く通す。空は真っ青に晴れ上がり、アップダウンしながら丘陵地帯を数十キロも一直線で貫く道路の先までくっきり見える。小高

い丘、せり上がった台地、みんなサトウキビに覆われている。この広さは、言葉でも写真でも伝わらない。その中に身をおいて、初めて実感できるものではないかと思う。そして、いつも、狭くて山がちな祖国日本の農地に思いをはせながら、“なんて不公平なんだ”と思う。

ところで、私が乗っている自動車を走らせている燃料には、この一面の“緑の海から摂れた”エタノールが20%混合（E20）してある。それどころか、100%エタノール燃料（E100）で走る車もある。また、ガソリンとエタノールの「フレキシブル車」（多種燃料適応型自動車）もある。燃料タンクは1つで、ガソリンとエタノールのどちらを入れても、センサーが燃料中のエタノール濃度を検出してコンピューターが働いてエンジンを最適状態に制御してくれる。ブラジル全国自動車工業会は、2005年中に全自動車生産台数の50%がアルコール車（ブラジルではそう呼んでいる）になると発表していた。

なお、ここで留意しておかなければならないことは、リッター当たり走行距離がガソリンとエタノールでは違うことである。エタノールの燃費はガソリンの65%程度、つまりエタノール燃料価格はガソリンの65%で引き合うわけである。政府はアルコールを自動車燃料に使用することを決めた際に、エタノール価格をガソリンの60~70%に設定した。

だから、ガソリン価格が1ℓ当たりR\$2.5



サトウキビの機械化収穫作業（専用の大型収穫機と伴走するリフトダンプ付きのトレーラー）

（日本円で130円相当：2006年3月のサンパウロ）なら、エタノールはR\$1.75~1.5程で燃費的に均衡するわけである。ところが、2005年後半、世界の砂糖価格が高騰したので、サトウキビ生産業界がサトウキビを砂糖生産に向けた。このため、エタノール原料が不足し、エタノール価格が値上がりした。2006年の年頭からアルコールが不足してエタノールが値上がりしR\$2.0にまで高騰した。これでは、せっかく車の価格も燃料も安上がりで済むアルコール車を買ったのに割に合わないで大騒ぎになった。ガソリンもE25がE20になった。

こうした騒ぎは一過性のものであるが、国際的なエタノール需要の高まりが、“元祖バイオエタノール燃料大国”に、これからも様々な形で影響を与えることになろう。

● バイオエネルギー利用の“超先進国”

私がセラード開発の技術研究支援のために初めてブラジルを訪れた1980年には、既に沢山のアルコール車が走っており驚かされた。

ブラジルの国土面積は日本の23倍。北の赤道直下の熱帯から、南の温帯までの広がりがあり、しかも多様な地質・立地条件の下で鉱業資源・生物資源もとんでもなく豊富である。しかし、輸送網・輸送手段の整備なしに、この広さ、資源を、有効に生かすことはできない。飛行機を飛ばすにしても、車を走らすにしても、輸送手段を動かす燃料がない。この広大な国土から石油が見つからなかったのである^(注)。このことは国家経済建設の致命的な弱点であった。

広い緑の大地、降り注ぐ太陽。持続的に再生可能な植物バイオマス生産力こそブラジルの最高の資源である。ポルトガルは、“発見”

注：ブラジルは1980年にリオ・デ・ジャネイロ沖に海底油田を掘り当て、自給石油で国家エネルギーの40%を賄っている。

したブラジルの地でサトウキビを栽培して砂糖を作り本国に送った。以来、サトウキビ（砂糖）はブラジルの最重要農産物となった。アフリカから大量の黒人労働力を入れたのも砂糖作りのためであった。トウモロコシ、マンジョカ（キャッサバ）、アブラヤシ、ヒマ。バイオマス原料には事欠かない。ブラジルの研究陣はバイオエタノール生産にターゲットを絞った。ブラジルは1960年代後半から70年代前半にかけて、国家プロジェクトとして石油代替燃料の研究に力を注いだ。

70年代の初めには世界的な石油危機が起こり、ブラジルの研究には一層力が入り、1975年には100%エタノール燃料車の開発にこぎつけた。同年「プロアルコール」政策によるエタノール燃料の導入・普及を開始し、1985年には自動車生産台数の96%がE100エタノール車になっていた（自国の油田開発でその後減少）。しかし「石油が出ないからといって生産コストの高いサトウキビをたくさん作り、それから作るアルコールで車を走らすなんてばかげている。何時まで続くものやら」と、当時ブラジルのアルコールの自動車燃料化政策は世界中の笑いのものだった。

今では「ブラジルのバイオエネルギー利用はすばらしい！我が国にもアルコールを少し分けてほしい」と、日本の小泉首相（2004年9月）をはじめ、各国からアルコール狙いのブラジル詣でがひっきりなしにある。それにしても、今日、振り返ってみると、再生可能かつ大気汚染が少なく、“CO₂ニュートラル”なバイオエネルギー燃料で車を走らせたことの意義は大きい！ブラジル一国にとってだけではなく世界的、歴史的な価値がある。現在、サトウキビ由来のエネルギーは国家のエネルギー需要の13%を供給している。

● ブラジルのサトウキビ生産の“実力”

サトウキビはイネ科の多年生作物である。

トウモロコシというよりも茎の太いススキの親方みみたいな草姿で竹のような節があり、5mにも育って、ススキの穂のような花を着ける。ブラジルでは「カナ・デ・アスカウ」、普通は「カーナ」と呼んでいる。

50cm程の節付き茎を苗として植え付けて、最初は1年半後に刈り取り、その後は1年毎に経済的に引き合う年限として5～6回収穫するのが一般的である。ブラジルサトウキビ生産者協会のデータ（FNP, 2006）によると、1haの収穫量は1回目の124tから始まって順次103, 93, 82, 72, 62tの収穫があり、合計で536t（各回平均89t）にもなる。

私がいる農場では250ha程のカーナを栽培している。カーナ畑を車で通り抜けるたびに「また大きくなった」と実感する。数十日も雨が降らない期間でも成長を続け、収穫時期のカーナは草丈5m以上、1株の乾物重が1kg、1haで100tにも達する驚異的な乾物生産力がある。根系の発達も巨大であろうと推測される。

FAOの発表（2004年）によると、世界のサトウキビ生産は総栽培面積が2,029万ha、生産量は13億2,395万tである。そのうちブラジルが557万ha（27.5%）、4億1,098万t（31.0%）を占めている。第2位はインドで410万ha（20%）、2億4,480万t。3位以下はかなり水があいて中国（135万ha、9,064万t）、タイ、



サトウキビ畑（再生株。1回植え付けると初回収穫は1年半後、その後1年1回ずつ5、6回収穫する）



こんなに大きいサトウキビ（中央は筆者）

パキスタン、メキシコと続く。収量も同年のデータでは、1 ha当たりブラジルが約74t、インドは60t、以下はさらに低収で、ブラジルの生産性は抜きん出て高い。

ちなみに、日本のサトウキビ生産は、沖縄（栽培面積の60%）・鹿児島（40%）の大事な特産作物で、平成17年度（予想）で、収穫面積21,700ha、125万t、ha単収は約58tである。

今後サトウキビエタノールの国際的な需要が高まることは間違いなく、ブラジル政府、加工業者、原料生産者は、サトウキビ生産拡大に強気で臨んでいる。ホベルト・ホドリグエス農相は、サトウキビ栽培面積を、現在の約600万haから10年後には900万haに拡大できるとの見通しを発表した（サンパウロ新聞、06.03.03）。

ブラジルの農林統計情報の調査機関であるFNPは、2005/2006年の550万ha、423百万tのサトウキビ生産が、2014/15年産では937万ha、768百万tへと7、8割生産が拡大し、砂糖は4,277万t、アルコールは4,109万t生産され、アルコールの国内消費が2,658万t、輸出が1,400万tになると予測している。生産地域は圧倒的にサンパウロ州が中心で、2005年6月現在で栽培面積の48%、生産量の64%を

同州が占めている。

製糖用機器大手のデジニ社は、ブラジルが内外市場の需要を満たすには2011年までに5億7千万tの生産が必要で、それには739の製糖・アルコール工場を設置する必要があり、約8千億円の投資が必要と報告している。現在、343工場で3億8千6百万tを生産しており、建設中の工場が27、企画中が29件あるとのことである。

● サトウキビ生産・土地利用の持続性

このように、ブラジルのサトウキビエタノール生産の勢いは、時代の風を受けて容易には止まりそうに無い。今のところサトウキビに勝る収益性のある土地利用型作物はないと言われている。

しかし、見渡す限り、まるで緑の海でもあるかのように、サトウキビのモノカルチャーで農地を支配させ続けておいて良いのだろうか？農業（植物生産）の持続性の根本である「地力維持」が保たれるのだろうか？太古以来肥沃な大地を育んだ森林を皆伐して農地化し、それを収奪農法によって使いつぶして、今では粗放な放牧地でしかないというところを各地で目にするにつけ、こんな不安が頭を離れない。

近年、サトウキビ生産者・企業もこの問題への対策を講じ始めている。広大なカーナ畑を貫いてカナル（開水路）やパイプラインを設けて、ウジナ（工場）の有機廃液を搬送して、各区の圃場にタンカーで分配し、レインガンで散布したり、残渣固形物をコンポスト化して圃場還元している。また、生産者農協がカーナ後に落花生やダイズを作付ける輪作の試みを行っている。これらの対策によって、サトウキビの驚異的な養水分の吸収力をどれだけ補填し、地力を維持できるだろうか。現在の私の大きな関心事であり、研究課題である。