

アメリカ穀物協会「バイオエタノールの環境・経済・社会的貢献」 ワークショップレポートVol.2

アメリカ穀物協会は2016年5月18日にホテルオークラ東京にて標記ワークショップを開催し、米国産トウモロコシバイオエタノールの温室ガス排出削減効果やバイオエタノールの環境面、経済面、社会面での貢献についての講演が行われた。京都議定書の下での地球温暖化対策としてのバイオエタノール利用による温室ガス排出削減効果の現実と将来の可能性や、農産物を原料とするバイオ燃料の利用による様々な面での貢献について最新の国際的情勢が報告され、質疑応答も交えながら進められた。以下に講演の内容を掲載する。

前号No.105からの続き

CO₂削減を可能にする米国産エタノールプラントの最先端テクノロジー

近年、新しい技術が開発され、現在のエタノール生産の効率性が得られるようになった。コーンエタノール工場では、わずかな量ではあるがトウモロコシ油が生産され、家畜飼料やバイオディーゼルの業界に販売される。図11に示すように、バイオディーゼル製造の原材料の14%がトウモロコシ油である。米国のエタノール工場の80%がトウモロコシ油の分離をしている。



ステファン・ミュラー博士

バイオディーゼル向けトウモロコシ油

- エタノールプラントで分離されたトウモロコシ油はバイオディーゼル製造の原材料となる
- 2大消費分野
 - 動物飼料市場への販売
 - 石油主体ディーゼル燃料の代替

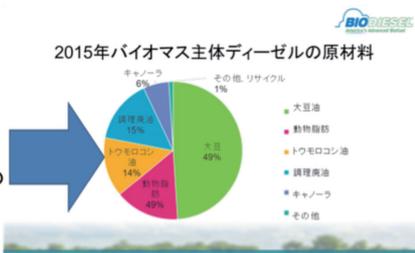


図11

さらに、トウモロコシの穀粒中にデンプン分解酵素を導入したEnogenと呼ばれるトウモロコシがあり、エタノール生産効率を上げている。2016年5月時点では、18のエタノール工場での製品が使われており、エタノールの取量の増加をもたらし、エネルギーの使用量、投入量も減少させている。

またCO₂の市場としては、飲料炭酸水があるが、そこで使われ

るCO₂の40%がエタノールプラントから供給されているほか、石油掘削業界での石油の増進回収法に使われている。このEOR、Enhanced Oil Recovery、増進石油回収法は、CO₂を地中に注入して、地中の石油を、それを注入しなければならない場合よりも多く回収することができるという方法である。

もう一つの併産物であるジスチラーズグレイン(DDG)はトウモロコシのエタノール発酵粕(ミール)で、乾燥して、あるいはウェットで飼料会社に搬入して利用される。この場合、乾燥をせずにウェットのままの、ウェットジスチラーズグレインを直接、牛を育てているような飼育場に導入することができれば、非常にコストダウンになり、実際ネブラスカ州の工場で行われている。ほかにこのDDGの使い道としては、分解装置に使うということが可能であり、バイオガスとしてかなりのエネルギーを発生することができる。

最後に、直接の土地利用の変更については、土壌で二酸化炭素を隔離、あるいは閉じ込めることによって、大幅にCO₂の排出量を減らすことが可能である。作物を栽培する農地をトウモロコシだけを生産する手法に変更することによって、土壌中に保持される炭素を変化させることができることが研究で示されている。土壌中の炭素が増えていくことが示されれば、それをクレジットとして活用することが可能であろう。実際に、種々の作物を栽培していた農地をトウモロコシのみの栽培に変えていくと、土壌中の二酸化炭素のストック、すなわち炭素ストックが増えることが示されている。米国エネルギー省の統計によると、トウモロコシの連作により平均13.7グラムCO₂/メガジュールの炭素の低減ができることが示されている。

ライフサイクルの温室ガス排出削減分析

図12はトウモロコシをエタノールに転換するライフサイクルのステージ、コンポーネントを示している。例えば、農業生産からの窒素酸化物の排出量から始まり、トウモロコシからエタノールを生産するステップ、エタノール工場のエネルギーインプット、また日本に輸出をする場合であれば、日本への輸送と流通、そして中央近辺に示している



ステファン・ウナッシュ氏

家畜飼料原料としてのDDG、バイオディーゼルの原料としてのトウモロコシ油、直接土地利用、CO₂の飲料への利用などに分けて分析している。それらの分析値から、正味の排出量が図中の

イラスト化した例：GREET LCA排出ステップとライフサイクルステージ

GREETは、燃料バ
スウェイに沿った詳
細な排出プロファイ
ルを、各投入資材
別に持っている。

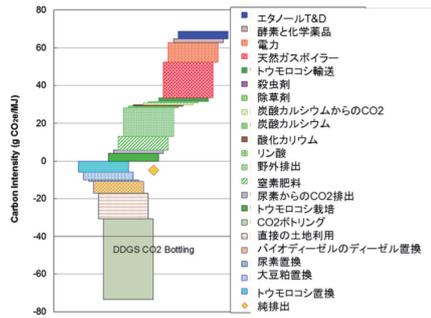


図12

ダイヤモンド印として示されている。

エタノールの輸送については、例えば、ブラジルから日本に輸出する際には、様々な経路があるが、多くの場合は、ヒューストンに輸送されてETBEに変換され、パナマ運河を通過して日本に輸送されるであろう(図13)。米国産のトウモロコシバイオエタノールも、同様にヒューストンを経由しての輸送と、鉄道により太平洋岸まで運ばれる多少短い経路も可能であろう(図14)。

ブラジルからの輸送

サトウキビエタノールのブラジルの港湾へのトラックとその後の日本への船舶による輸送(11,300海里)



図13

米国からの輸送

トウモロコシエタノールの米国港湾への鉄道輸送(1750マイル)とその後の日本への船舶による輸送(4,300海里)



図14

トウモロコシバイオエタノールの生産過程については、いくつかのモデルインプットのシナリオに分けた。ベースケースとしては、トウモロコシ油をバイオディーゼルの、乾燥とウェットのDGSを混合して使っている工場としている。次のケースはネブラスカ州などでよく見られるもので、ウェットDGSとして利用し、デンプン分解酵素を導入したEnogenを使用している。また、CO₂を飲料用と石油回収に利用している場合、そして、ウェットDGSを嫌気性分解してバイオガスを生産しているケースに分けている。

それぞれのケースに関して、エネルギーインプットを米国単位と国際単位であるSI Unitでそれぞれ表1と表2に示している。それぞれのケースについて、天然ガス、電力の投入については技術

エネルギーインプット(米国単位)

| ケース名 | | 基本ケース | 高効率ケー ス | CO ₂ ボトリ ングケー ス | CO ₂ EORケ ース | 分解装置 ケー ス |
|-----------------|---------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------|
| シナリオ | | 乾燥ジスチ ラーズグレ イン | ウェット・ジ スチラーズ グレイン | 乾燥/ウェッ ト・ジスチ ラーズグレ イン | ウェット・ジ スチラーズ グレイン | ジスチラー ズグレイン 少量 |
| | | トウモロコシ 油BD | トウモロコシ 油BD | トウモロコシ 油BD | トウモロコシ 油BD | トウモロコシ 油BD |
| | | | Enogenメン ブレ | CO ₂ ボトル | CO ₂ EOR | 嫌気性 分解装置 |
| 天然ガス | Btu/gal | 24,500 | 16,328 | 21,000 | 16,328 | 3,000 |
| 電力 | kWh/gal | 0.742 | 0.6 | 1.35 | 2 | 1 |
| DGS | lb/gal | 4.98 | 4.76 | 4.98 | 4.98 | 2.49 |
| トウモロコシ油 | lb/bu | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| CO ₂ | kg/gal | 0 | 0 | -2.3 | -2.3 | 0 |
| 収率 | | 2.8 | 3 | 2.8 | 2.8 | 2.8 |

表1

エネルギーインプット(SI単位)

| ケース名 | | 基本ケース | 高効率ケー ス | CO ₂ ボトリ ングケー ス | CO ₂ EORケ ース | 分解装置 ケー ス |
|-----------------|-------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------|
| シナリオ | | 乾燥ジスチ ラーズグレ イン | ウェット・ジ スチラーズ グレイン | 乾燥/ウェッ ト・ジスチ ラーズグレ イン | ウェット・ジ スチラーズ グレイン | ジスチラー ズグレイン 少量 |
| | | トウモロコシ 油BD | トウモロコシ 油BD | トウモロコシ 油BD | トウモロコシ 油BD | トウモロコシ 油BD |
| | | | Enogenメン ブレ | CO ₂ ボトル | CO ₂ EOR | 嫌気性 分解装置 |
| 天然ガス | MJ/L | 6.83 | 4.55 | 5.85 | 4.55 | 0.84 |
| 電力 | kWh/L | 0.20 | 0.15 | 0.36 | 0.53 | 0.26 |
| DGS | kg/L | 0.65 | 0.58 | 0.60 | 0.60 | 0.30 |
| トウモロコシ油 | kg/L | 0.34 | 0.36 | 0.34 | 0.34 | 0.34 |
| CO ₂ | kg/L | 0 | 0 | -0.61 | -0.61 | 0 |
| 収率 | L/kg | 0.029 | 0.031 | 0.029 | 0.029 | 0.029 |

表2

によって異なるが、同じ量のDGS、ならびにトウモロコシ油を生産している。Enogenを使用した場合は、エタノールの歩留まりが高くなる一方、DGSの生産は少し低くなる。エタノール生産の際にCO₂を回収しているケースでは、エタノールの約半量の炭素が回収されている。

このケース別のライフサイクル分析の結果を、土地利用の変更を考慮しない場合を図15に、土地利用の変更を考慮した場合を図16に示す。ベースとして、石油の値を1メガジュールあたり81.7グラムとして、その値と比較している。最終的に期待される削減量を数値で示し、さらにその内訳を農業、エタノール工場、輸送ならびに直接の土地利用に分けた。図15の土地利用の変更を考慮しない場合では、まず、Enogenのケースでは、エネルギーの投入量は低いが歩留まりが若干高いことから、最終的には削減率はマイナス52.2%となる。CO₂の回収を行った場合にはさらに削減率が高くなり、DGSを嫌気性分解した場合には、マイナス60.5%とさらに削減率が高くなる。今回の計算値は、かなり保守的な計算値であり、ほかの分析方法を使用した場合では、削減率の数

81.7g/MJ 石油の基本事例—土地利用クレジットのない場合

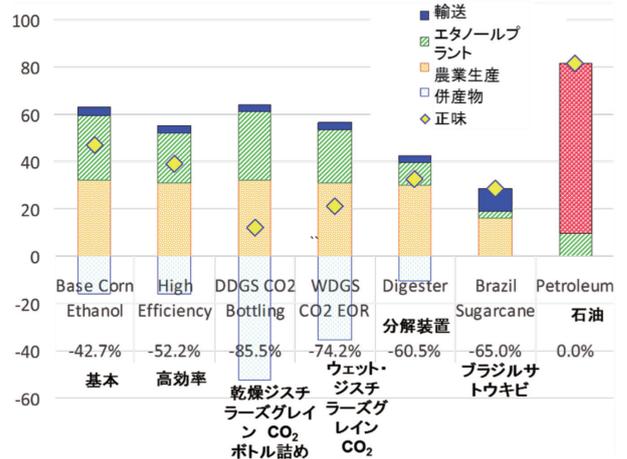


図15

値はさらに高くなると考えられる。さらに直接的な土地利用からのクレジットを考慮した場合は(図16)、すべてのケースにおいて削減量が50%を超えている。

81.7g/MJ 石油の基本事例—土地利用クレジットのある場合

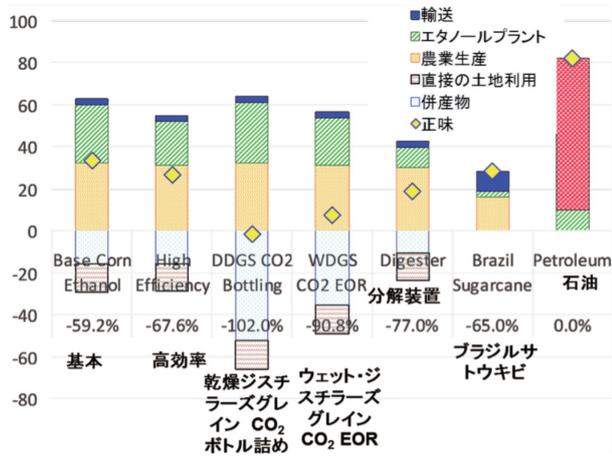
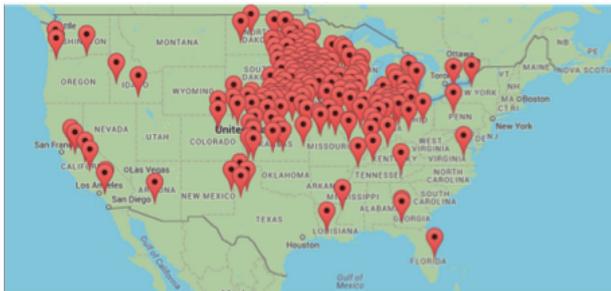


図16

日本の基準に見合うエタノール総量

現在、全米で203の大規模エタノール工場が操業しており、ア

米国のエタノール生産



再生可能燃料協会: エタノール・バイオリファイナリーの所在地
<http://www.ethanolrfa.org/resources/biorefinery-locations/>

プラント能力の単純平均年7,400万ガロン
 * 複数の原材料を使用するプラントは除外

| 州 | 生産量合計 (MGY) | プラント数 |
|----------|-------------|-------|
| アイオワ | 3937 | 42 |
| ネブラスカ | 2081 | 26 |
| ミネソタ | 1169 | 21 |
| イリノイ | 1597 | 15 |
| サウスダコタ | 1032 | 15 |
| インディアナ | 1163 | 14 |
| カンザス | 447 | 11 |
| ウイスコンシン | 537 | 9 |
| オハイオ | 528 | 7 |
| ミズーリ | 256 | 6 |
| ミシガン | 273 | 5 |
| ノースダコタ | 465 | 5 |
| カリフォルニア | 215 | 4 |
| テキサス | 390 | 4 |
| コロラド | 122 | 3 |
| ニューヨーク | 169 | 2 |
| オレゴン | 40 | 2 |
| テネシー | 225 | 2 |
| アリゾナ | 50 | 1 |
| ジョージア | 120 | 1 |
| アイダホ | 60 | 1 |
| ケンタッキー | 33 | 1 |
| ミシシッピ | 54 | 1 |
| ノースカロライナ | 0 | 1 |
| ニューメキシコ | 0 | 1 |
| ペンシルバニア | 110 | 1 |
| バージニア | 0 | 1 |
| ワイオミング | 10 | 1 |
| 総計 | 15083 | 203 |

再生可能燃料協会のデータ(再分析実施)

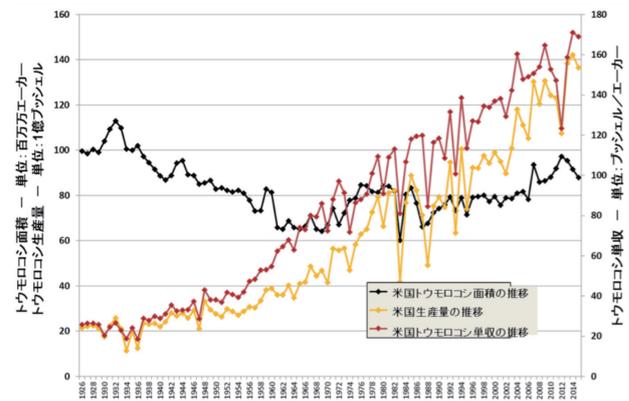
図17

イオワ州には42、ネブラスカ州には26、ミネソタ州には21、イリノイ州には15立地している(図17)。平均の生産規模は7,400万ガロン(約3億リットル)である。

これまで紹介した先端技術を使っている工場をそれぞれにグループとしてまとめることにより、日本の温室ガス削減の要求要件を満たすエタノールの供給が可能になると考えられる。表3の炭素回収と直接的土地利用の変更を考慮しない場合でも、米国産トウモロコシバイオエタノールとして、日本の要求要件を満たすものというのが38億ガロン(143億リットル)に上る。また、土壌における炭素の固定を考慮すると、米国産トウモロコシバイオエタノールとして、61億ガロン(231億リットル)分が日本の要求条件を満たすことになる。さらに併産物から得られるクレジットや石油製品が使われるであろう場合の置換によるクレジットを考慮に入ると、日本の要件を満たすトウモロコシバイオエタノールの供給に問題はないと考えられる。

持続可能性

図18に示すように、米国でのトウモロコシの収量は継続して増加している(黄色)が、この増加は黒色の線で示されているトウモロコシの作付面積が変わらないのに対して、単位面積当たりの収量(赤色)が上昇していることによる。作付面積が変わらないこと、すなわち、新たに開墾してトウモロコシ生産を行うようになったのではないことは、衛星から得られるデータを使って検証することが可能である。たとえば図19の衛星写真データはGRAS (Global Risk Assessment Services) のツールであり、ドイツ、トウモロコシエタノールの持続可能性は大幅な単収増に後押しされる



出典: Ron Alverson

持続可能性評価のための新しいソフトウェア:

- 森林開拓地で原料が栽培されていない、大規模の完成された栽培地の利用を検証
- 米国産トウモロコシ/大豆飼料原料に適用
- NAIP画像の使用(1-2m 解像度)
- 直接比較用として2008年より前の画像と現在の画像を並べて表示
- オーバーレイマスクエリア、カーボンマスク、LUCISクマスタク

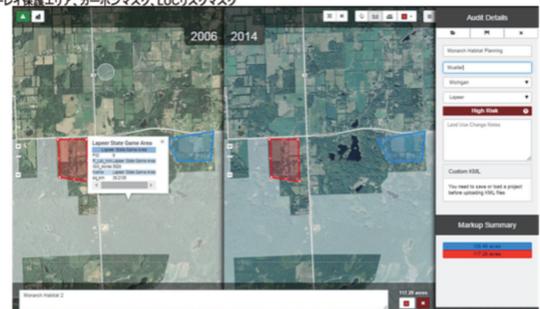


図19

あるいはEUでの認証に利用されるNASAのデータである。この画像から2006年と2014年の同一の地域で、木が伐採された土地、栽培農作物が変わった農地などの情報が得られる。エタノール工場では、このような衛星画像を認証の際に必要なデータとして用いて、世界的な認証を受けるということも可能になる。このような衛星写真を使うことによって、バイオ燃料の原料作物が、森林を伐採してつくられているのではないことを確認できる。

補正された石油ベースラインでの数値

日本の石油のベースラインは81.7であるが、精製補正を加えた場合は95グラムであると考えている。図15のグラフを81.7の代わりに95をベースラインとして用いたグラフを図20に示す。図15のベースラインを使ったものほとんど変わらず、むしろ米国産のエタノールの場合には、温室ガスの削減効果というのが、ややよくなっている。

GHG削減
石油のベースラインを95gCO₂/MJに補正した場合での比較

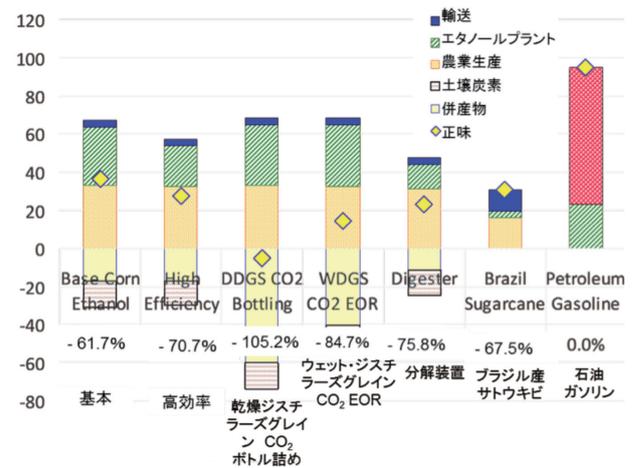


図20

(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

2016年7月12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。

米国産飼料穀物の2016/17年度の供給予測は、低い期首在庫が生産の増加により補われたために、上方修正されています。2016/17年度のトウモロコシの期首在庫は、2015/16年度の飼料そのほかへの利用とエタノール生産への利用の減少が輸出と種子用の利用の増加を上回ったため、700万ブッシェル下方修正されています。2016/17年度のトウモロコシ生産は、6月30日の作付報告で作付・収穫面積の予測が上方修正されたため、1億1千万ブッシェル高く予測されています。2016/17年度のソルガム生産量の予測は、収穫面積予測が上方修正されていることから、1,300万ブッシェル上方修正されています。オート麦の生産量は900万ブッシェル上方修正、また、大麦の生産量は1千万ブッシェル下方修正されています。これは主に作付報告に基づいています。

2016/17年度のトウモロコシの利用は、輸出の増加見通しと種子への利用の上方修正が、飼料そのほかへの利用とエタノール生産への利用の減少予測を上回っているため、3千万ブッシェル上方修正されています。輸出については、ブラジルの競争力の低下により新穀の輸出販売が1年前よりはるかに好調なことから、1億ブッシェル高く予測されています。2016/17年度の飼料そのほかへの利用予測は、豊作にもかかわらず、6月30日の在庫報告で

2015/16年度の在庫解消が予想以上に低かったことから、下方修正されています。トウモロコシのエタノールへの利用は、最新の報告での2015/16年度の修正を基に、2,500万ブッシェル下方修正されています。高いソルガムの利用を反映して変更されています。トウモロコシの種子利用は、農業統計局の単収調査のデータで、密植度が引き上げられたことを反映して、1995/96年度の高さにまで見直されています。

2016/17年度のトウモロコシの期末在庫は7,300万ブッシェル上方修正されています。2016/17年度の年間平均農家出荷価格の見通しは、すべての穀物について引き下げられ、トウモロコシはブッシェル当たり10セント引き下げられ、\$3.10から\$3.70と予測されています。2015/16年度のトウモロコシ価格は中央値で5セント引き下げられ、ブッシェル当たり\$3.60から\$3.70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

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/>