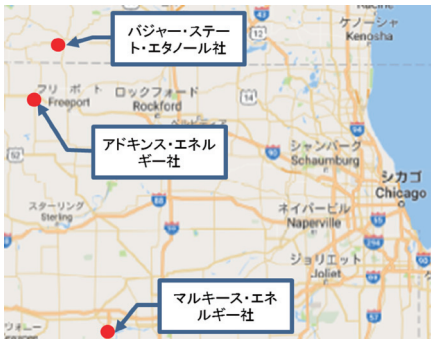


米国エタノール工場の最新レポート

米国中西部にある3社のエタノール工場を例に、トウモロコシからの燃料用エタノールの生産や技術革新について解説します。

今回取り上げる3社の工場は米国中西部のシカゴの西に位置するバジャー・ステート・エタノール社、アドキンス・エネルギー社、マルキース・エネルギー社です(図1)。

図1 シカゴ西部のエタノール工場



■バジャー・ステート・エタノール社

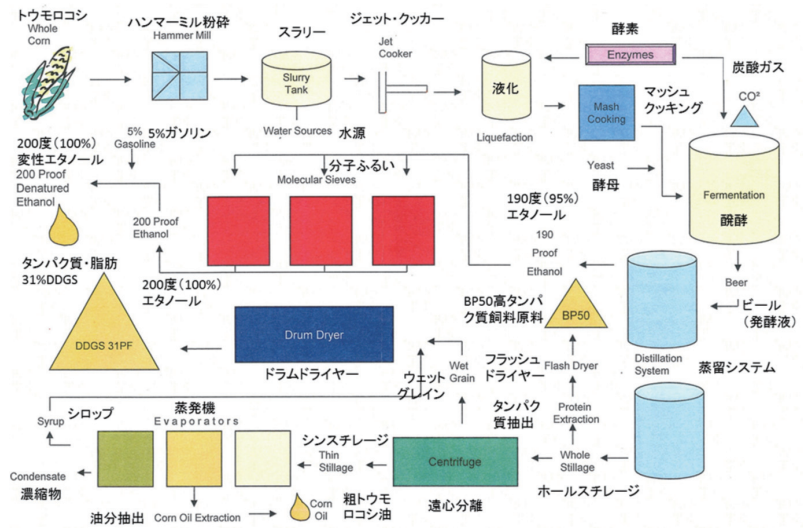
バジャー・ステート・エタノール社(図2)は、ウィスコンシン州モンローに位置するドライ・ミリングエタノール生産施設で、2002年10月に燃料と家畜飼料原料としてのドライ・ジスチラーズ・グレイン(DDGS)とウェットジスチラーズグレインの生産を目的に操業を開始しました。現在では年間5,700万ガロン(21,500万リットル)を生産しています。また併産物としてDDGS以外に、高タンパク質飼料原料とトウモロコシ油も生産しています。さらに炭酸ガスを回収して食品産業への利用を図っています(図3)。

図2 バジャー・ステート・エタノール社



高タンパク質製品はBP50と呼ばれるもので、ホールストレージの段階でタンパク質抽出を行うことにより、繊維分が少なくタンパク質を40~50%含む製品が得られます。BP50は単胃動物に適した飼料原料であるとともに、ペットフードにも適しています。BP50を与えると、その中に含まれる酵母由来の成分によって、ペットの体臭が改善

図3 バジャー・ステート・エタノール社でのドライミリングによるエタノール製造工程



されるのではないかと考えられています。現在は、BP50はバジャー・ステート・エタノール社でのみ生産されていますが、将来は類似の製品がほかの工場でも生産されるようになると思われます。

エタノール生産工程で発生する炭酸ガスの99%は隣接する工場にパイプラインによって送られ、毎日送られてくる600トンの炭酸ガス

図4 バジャー・ステート・エタノール社に隣接する炭酸ガス製造工場



左側の工場から右側のシリンダー状タンクに炭酸ガスが送られる

図5 バジャー・ステート・エタノール社の所有するガソリンスタンドでの価格表示



左から、レギュラーガソリン(2.259ドル/ガロン)、エタノール15%混合ガソリン(E15、2.209ドル/ガロン)、エタノール25%混合ガソリン(E25、2.139ドル/ガロン)エタノール35%混合ガソリン(E35、2.089ドル/ガロン)、エタノール85%混合ガソリン(E85、1.709ドル/ガロン)。エタノール工場隣接の直営スタンドのため、エタノール混合率の高いガソリンのほうが安い。エタノール混合ガソリンの価格は原油価格の変動や販売会社の価格設定方法によって異なるため、一概に言えないが、燃費はガソリンと比較してE10で3~4%、E15で4~5%良い。

から400トンの食品グレードの炭酸ガスが生産されて炭酸飲料や食肉の冷凍用に出荷されます(図4)。そのほか、ジステラズコーン油が粗トウモロコシ油として家畜飼料のエネルギーと色素源として出荷されています。

バジャー・ステート・エタノール社は工場に隣接して、エタノールの混合割合の異なるガソリンを販売するガソリンスタンドを持っています(図5)。最も混合率が高いガソリンはエタノールを85%含み、エンジンなどがエタノール混合率の高いガソリンに対応しているフレックス燃料車(図6)で利用されています。

図6 エタノール85%混合ガソリンも使えるフレックス燃料車

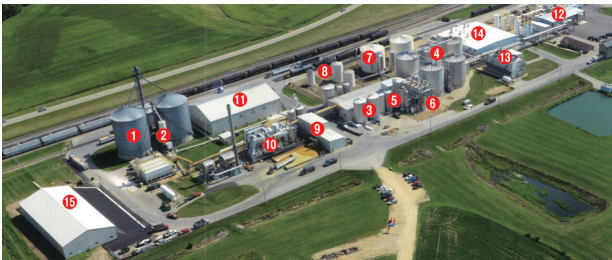


バジャー・ステート・エタノール社の所有するガソリンスタンドにて

■ アドキンス・エネルギー社

アドキンス・エネルギー社は、イリノイ州北西部リナに位置するドラミングによるトウモロコシエタノールとバイオディーゼル生産施設

図7 アドキンス・エネルギー社工場全景(紹介パンフレットより)



- 1: トウモロコシ受け入れと貯蔵
- 2: トウモロコシハンマーミリング
- 3: 水と酵素によるトウモロコシ粉砕粉からスラリー製造
- 4: 酵素と酵母によるエタノール発酵
- 5: 蒸留による190度エタノール製造と残渣(スチレージ)分離
- 6: 分子ふるいによる200度エタノール製造
- 7: エタノールの保管
- 8: エタノールの出荷
- 9: 遠心分離によるスチレージからシロップとジステラズグレイン(DG)の分離
- 10: 乾燥によるウェットDGからドライDG(DDGS)の製造
- 11: DDGSの保管と出荷
- 12: 粗トウモロコシ油のシロップからの分離と貯蔵
- 14: 全使用電力をまかなう天然ガス利用エネルギーセンター
- 15: メンテナンス用品倉庫

図8 アドキンス・エネルギー社工場全景



スラリー製造タンク(奥の太い2本)と蒸留塔(手前の細い2本)

です(図7)。1918年に設立された地域の協同組合であるパール・シティ・エレベーターを母体に300人のトウモロコシ生産者を会員とするアドキンス・エネルギーLLC社が設立されました。アドキンス・エネルギー社は、2002年に操業開始した全米でも数少ない完全な協同組合所有のエタノール工場です(図8~10)。

毎年、5,000万ガロン(1億9,000万リットル)以上の燃料用エタノール、200万ガロン(760万リットル)のバイオディーゼル、100,000トン以上のDDGS、100,000トン以上のウェットDG、150万ガロン(570万リットル)以上のジステラズコーン油を、地域で生産された1,700万ブッシェル(43万トン)以上のトウモロコシを原料に生産しています。工場内で利用される電気は天然ガスを利用したタービンから自家供給されており、すべての水はリサイクルされて排水をゼロにしています。

ウェットDGは醗酵ビールから油分を遠心分離で抽出した水分40

図10 アドキンス・エネルギー社のエタノールのタンク車出荷施設



左の貯蔵タンクからパイプによって右の線路に止まっているタンク車にエタノールを移す

図11 アドキンス・エネルギー社工場で製造される水分40~50%のウェットDG



氷点下10度の気温により、表面が凍っている

図9 アドキンス・エネルギー社のDDGS保管庫



製造過程からコンベヤで送られてきたDDGSが天井から倉庫に保管される

～50%の製品を生産しています(図11)。ジステラーズコーン油の一部はメタノールの存在下に酵素反応させることによって、グリセリドと脂肪酸メチルエステル(fatty acid methyl ester, FAME)に変換されます(図12)。ジステラーズコーン油はそのままで家禽飼料原料として用いられ、FAME製品はバイオディーゼルとして販売されています。

図12 アドキンス・エネルギー社の粗トウモロコシ油と脂肪酸メチルエステル



粗トウモロコシ油(左・赤)にメタノールと酵素を反応させて無色の脂肪酸メチルエステル(右)を製造し、それぞれ家禽飼料原料とバイオディーゼルとして販売される

■ マルキース・エネルギー社

マルキース・エネルギー社は年間3億6,000万ガロン(13億6,000万リットル)のエタノールと108万トンのDDGSを生産しています。ちなみに、1ブッシェル(25.4キログラム)のトウモロコシから2.73ガロン(10.3リットル)のエタノール、ガソリン添加により変性させたエタノールとしては2.83ガロン(10.7リットル)が生産されます。製品としてエタノールと併産物になりますが、総利益の3割が併産物の売り上げによるものです。

2008年の操業開始時には年間5,000万ガロン(1億8,000万リットル)の生産量でしたが、2014年には1億6,000万ガロン(6億560万リットル)に規模拡大され、2016年には、生産規模を倍増しました(図13)。

マルキース・エネルギー社は全米のエタノール生産の5.8%、輸出

図13 マルキース・エネルギー社ヘネピン工場全景



右奥の高いサイロは原料用トウモロコシ保管用
手前の9本のタンクは糖化されたトウモロコシの酵母によるエタノール発酵槽
工場の奥にはイリノイ川が流れ、バージ(はしけ)によるエタノールとDDGSの出荷施設がある。(マルキース・エネルギー社HPより)

されるエタノールの39%を占めています。ノーフォーク・サザン社とバーリントン・ノーザン・サンタフェ社の2社の鉄道会社とのアクセスを持ち、東海岸にはノーフォーク、西海岸にはバーリントンにより出荷されています。また、イリノイ川の河岸にあるため、エタノールとDDGSはバージによって、100万トンの収容力を持つDDGS倉庫と1,400万ガロン(5,300万リットル)の貯蔵量を持つエタノール保管施設を持つニューオーリンズに向けて出荷されます(図14)。毎月400両の鉄道貨車と40隻のバージに相当します。ニューオーリンズからは輸出業者を通じてブラジルやペルーに輸出していますが、将来は自社で輸出も手掛けていく構想です。ちなみに2016年のエタノール価格は、ブラジル産がサンパウロで1ガロンあたり\$2.24であるのに対し、米国産はシカゴで1ガロンあたり\$1.47であり、その差は1ガロンあたり77セントになります。

図14 マルキース・エネルギー社ヘネピン工場のエタノール出荷施設



製造されたエタノールはこのバージ積み込み施設から出荷される

生産されるDDGSの98%は月間で75,000トンに相当し、すべてバージでニューオーリンズに出荷されます(図15)。DDGSの平置き倉庫を持っていますが、その容量は数日分しかありません。マルキース・エネルギー社のDDGSは熱処理が緩やかなため、色調が明るくアジア市場で好まれます。典型的なエタノール工程では水分を12%以下にするために2本のドライヤーで華氏700～1,000度(370～530℃)で加熱処理しますが、マルキース・エネルギー社では6本の蒸気チューブによるタンブルドライヤーを6本通すことによって、温度を華氏200度(93℃)に抑えています。

図15 マルキース・エネルギー社ヘネピン工場のDDGS出荷施設



画面の左側にある貯蔵倉庫から、中央を左下から右上に伸びるコンベヤで右に見えるイリノイ川のバージ積み込み施設に送られる

さらに、毎週1,000トンの遠心分離による油分抽出後の水分35%のウェットDGを生産し、抽出される粗トウモロコシ油の85%はバイオディーゼル工場に出荷され、15%は家禽飼料原料として利用されています。

マルキース・エネルギー社はイリノイ州ヘネピン以外にウィスコン

シン州にも工場を持っていて、年間9,500万ガロン(3億6,000万リットル)のエタノールと17,000ショートトン(15,400トン)の35%水分ウェットDGの生産能力を持っています。ウィスコンシン州の工場では、イリノイ州の工場とは異なり天然ガスを利用したドライヤーを用いてDGを生産しているため、若干色が濃い製品が生産されています。

DDGSが出荷される際には個々のバージの荷ごとに検査が行われます。検査結果は第三者検査機関にて行いますが、おおそ3から4日後に結果が送られてきます。バージがニューオーリンズに到着するまでには15から20日かかりますので、その前に結果が判明することになります。

マルキース・エネルギー社は2014年にEUがアンチダンピングによる輸入停止する前には大量のエタノールをEUに輸出していました。その後はEUへの輸出はほとんどなくなりましたが、EU向け輸出に必要なISCC(国際持続可能性カーボン認証)の認証は引き続き保持しています。ISCCの認証には天然ガスの炭素強度(carbon

intensity)と外部からの電力が考慮されます。それらのエネルギー全体の34.7%が併産物の生産に利用されています。ISCCの認証はトウモロコシの栽培からエタノールまでの全過程を含んでいますが、トウモロコシ生産にかかわる炭素強度は、最初に集荷される地点、すなわち地域のントリーエレベーターで認証されています。マルキース・エネルギー社ヘネピン工場の場合は、原料として入荷するトウモロコシのほとんどを生産者から集荷しているメイプル・ファースト社のントリーエレベーターがそれを担っています。メイプル・ファースト社はISCCの認証を受けたエレベーターで、生産者にトウモロコシ生産についての履歴の提出を求め、さらに監査も行っています。

ISCCの基準による炭素排出削減率は、2010年には43%でしたが、エタノールの歩留まり向上とトウモロコシの単収増加によって現在では51%まで改善されています。また、電力利用効率についても、2010年には1ガロンのエタノール生産に必要な電力は0.65キロワットでしたが、現在は0.58キロワットに減少しています。

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

2017年3月9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。

今月の2016/17年度の米国産トウモロコシの予測は、エタノール生産への利用の引き上げと飼料そのほかへの利用の引き下げとなっています。トウモロコシのエタノール生産への利用は、直近の報告と旺盛な2月のエタノール生産データをもとに5,000万ブッシェル引き上げられて54億ブッシェルとなっています。これは、2015/16年度の利用実績、エタノール生産へのトウモロコシ利用の増加、ソルガム給餌の増加が見込まれることから、飼料そのほかへの利用が55億5,000万ブッシェルへと5,000万ブッシェル引き下げられたことによって相殺されています。トウモロコシの年間平均農家出荷価格は\$3.20から\$3.60と変化はありません。

2015/16年度のトウモロコシの食品・種子・産業用(FSI)利用は、2016年のエタノール・併産物生産に関する報告のデータの見直しのため、エタノール生産へのトウモロコシ利用見積もりが1,800万ブッシェル増となったことを反映して、1,100万ブッシェル引き上げられています。その一部は、エタノール以外のFSI利用の若干の減少によって相殺されています。在庫と貿易のデータより、飼料そのほかへの利用についても変更が加えられています。

世界の2016/17年度の粗粒穀物生産量は1,270万トン上方修正され、13億4,170万トンとなっています。今月の米国外での2016/17年度の粗粒穀物生産見通しは先月と比較して、生産量、消費量、貿易と在庫が先月と比較して増大となっています。ブラジルのトウモロコシ生産量は、作付面積と単収の両方の予測が引き上げられたため、上方修正されています。第一期の単収が史上最高と報告さ

れているとともに、中央西部の第二期のトウモロコシの作付けが急速に進んでおり、作付面積と単収の明るい見通しが得られていることから、より大きな作物の成長が通常の雨期の終了するまでに可能になります。南アフリカのトウモロコシ生産については、登熟期の平年より多い降雨量と温和な気温のため、単収予測が引き上げられています。インドのトウモロコシ生産量は政府の統計に基づき上方修正されています。アルゼンチンのトウモロコシ生産は、早期にトウモロコシが播種されたことと作付面積の増大が示されていることによる、予想以上の単収に基づいて引き上げられています。オーストラリアの大麦生産量は、オーストラリア農業資源経済局からの最新の情報により、これまでより大きく引き上げが予測されています。

今月の主要な2016/17年度の世界貿易の変更点としては、ブラジル、アルゼンチン、南アフリカからのトウモロコシ輸出予測の増大があります。トウモロコシの輸入量はイランで引き上げられ、大麦の輸入量はサウジアラビアと中国で引き上げられています。米国外のトウモロコシの期末在庫は、主にブラジル、アルゼンチン、イラン、南アフリカでの増加を反映して、先月より引き上げられています。

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/>