

# ドイツエネルギー事情

林産試験場 山崎 亨 史

## はじめに

2004年3月に北海道大学農学部松田従三教授を団長とした「欧州バイオマス利活用最新事情視察」旅行(環境新聞社企画, JTB 主催)が行われました。現在, 私は木質系家畜敷料の普及と木材のエネルギー利用について研究していることもあり, 海外の情報収集のために個人として参加しました。今回はこのとき得られたバイオガスの情報を中心に, ドイツにおける新エネルギーについてご紹介します。なお, ユーロは当時のレートで130円として計算しています。

視察ではバイオガスエンジンメーカーと4か所のバイオガスプラントを訪問しました。また, プラントメーカーの企画で, メーカー, 農家グループ, バイオエネルギー村などのレクチャーも受けました。

## エンジンによる CHP

バイオガスエンジンメーカー SEVA 社は, エンジンを製造するのではなく, Deutz や Volvo のエンジンをバイオガス用に改良, CHP 化を行っています(写真1)。CHP とは, Combined Heat and Power

の略で, 電熱併用, いわゆるコジェネのことです。この CHP, コジェネの採用は, 海外におけるエネルギー界で常識となっています。発電だけだとエネルギー効率は良いものでも30%程度しかなく, 熱も利用することによって合計で90%近くまで上げることができるからです。

バイオガス用のエンジンはガス専焼とデュアルフュエル(軽油併用)の2種類あり, ガス専焼はプラグ着火させるのに対し, デュアルフュエルはプラグを必要としないいわゆるディーゼルエンジンです。出力規模で350kWまでがデュアルフュエル, これより大きく1MWまでがガス専焼となります。排ガス規制はデュアルフュエルのほうがゆるく, また, アフターサービスも10~20%安くなっています。なおこの会社では, 連続運転に向かないとして20~30kWのような小型からは手を引いたそうです。

## 畜糞によるバイオガスプラント

見学したプラントの内, 3か所は家畜糞尿が主原料です。ガス発生の適性として牛, 豚, 鶏による大きな

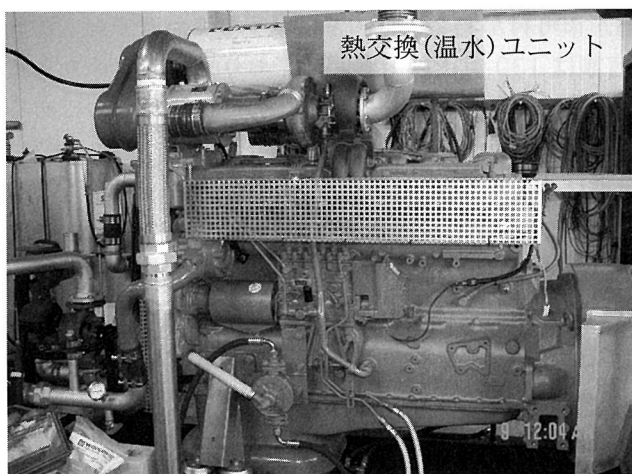


写真1 バイオガス用エンジン CHP

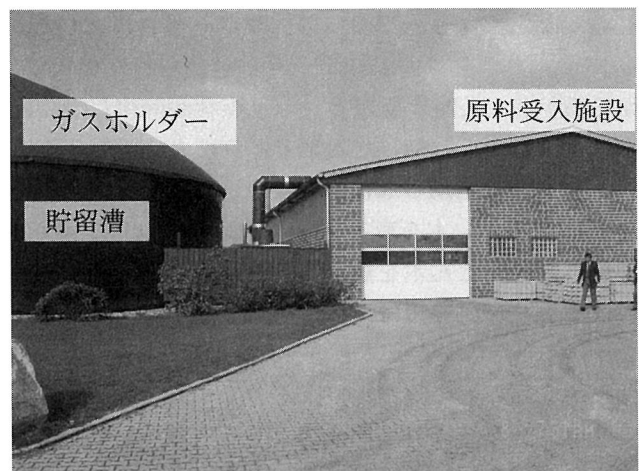


写真2 Bahtmann プラント

差はありませんが、プラントメーカーによると、鶏の場合は餌に砂を混ぜていることから、糞にも砂が混ざっており、砂対策された(砂自動排出)プラントでなければ利用できないそうです。今回の視察では、2軒が牛糞、1軒が豚糞でした。豚糞を利用している農家は養鶏も行っていました。鶏糞はそのまま農地に撒くとのことでした。

では畜舎の見学もできた Bahtmann プラントを紹介します(写真2)。本プラントはオランダ国境から約50kmに位置しています。経営者は育成牛飼育農家です。この辺りは養豚が盛んですが、ここでは仔牛2,000頭を飼育しています。松田教授によるとドイツの畜産業では、ほとんど敷料を使用せず、糞尿は液状であるスラリーとして処理されるとのことです。ここも敷料を使用せず、すのこ状のスラット床での飼育で

した(写真3)。この畜舎で出た糞尿は、ポンプで地下配管を通してガスプラントに送られます(写真4)。

ガスの原料は畜糞だけではありません。というよりも、畜糞の利用は50%程度です。優良なガスを得ること、廃棄物処理の観点から、他に廃食用油30%、作物屑(トウモロコシ等)10%、穀類・ヌードル粕10%を利用しています。これは他のプラントでも比率は異なりますが同様なものを利用しています。

他の農家からの糞尿や作物屑などの固形物は重機で地下のピットに入れられます(写真5)。作物屑は粉碎して投入されます。固形分は投入時の12%に対し、消化液(発酵終了後の液体)では3%まで下がり、それを液肥として機械により農地へと還元しています(写真6)。

植物油と穀類・ヌードル粕は購入しており、廃油

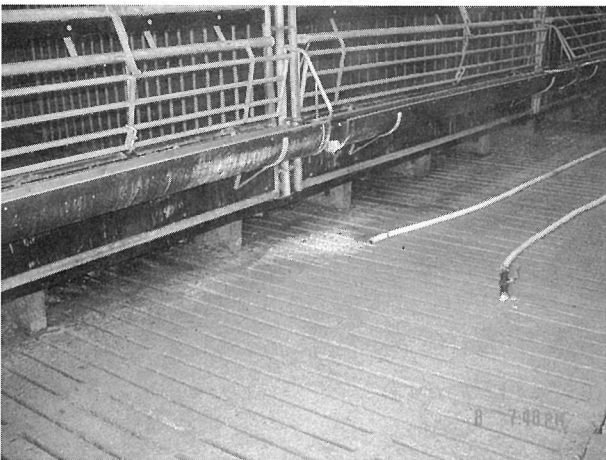


写真3 畜舎のスラット床 (ホースで水を流し清掃, スラリーとして流す)



写真4 スラリーを発酵槽に送るポンプ (後ろのレンガは畜舎)



写真5 原料受入施設内部



写真6 液肥散布用機械

の価格は10ユーロ/トン(約1,300円)とのことでした。一方、動物性の廃油は処理費用として10ユーロ/トンで引き受けています。動物性油を使用する場合、消化液の病原菌対策として70℃で1時間以上殺菌処理しなければなりません(EU規格)。熱処理は写真5の中央奥のタンクで行っています。熱処理を証明するため、コンピューターで温度管理し、記録しています(写真7)。なお、動物性油はペットフードメーカーなどから、高い温度(70~80℃)の状態ですべてタンクローリーに入れられ運ばれてきます(写真8)。

発酵温度は42℃の中温発酵で、発酵槽は断熱材として12cmの発泡スチロールで覆われています。内部には攪拌機が取り付けられており、これによりガスの発生が滞りなく進みます。

発生するガスには55~65%のメタンが含まれており(他は二酸化炭素が主)、これをエンジンで燃焼させ発電(100%売電)し、熱は飼料の処理や暖房などに利用しています。熱の利用率は6割程度だそうです。

なお、ここでは2003年に1,500m<sup>3</sup>の発酵槽17万ユーロ、360kWのガス専焼エンジン20万ユーロ、トランス4万ユーロ合計で約5,400万円の投資を行い、現在は発酵槽3基合計2,800m<sup>3</sup>、エンジン3基合計出力730kWの規模になっています。月あたり12万kWh消費するのに対し、売電は45万kWhであり、年間約7,000万円の売り上げになります。消費する電力は電力会社から安い電力を買うため、2003年の投資は1年程度で取り戻しているように推測されます。ただし、原料購入代のほかに、消化液は自家消費しきれないため、契約農家に年1万トン、

トン当たり5~6ユーロで引き取ってもらう経費も必要で、単純ではありませんが、いずれにせよいい商売ではないでしょうか。

ガスに硫化水素が含まれるとエンジンにダメージを与えるため、通常バイオガスプラントでは脱硫と呼ばれる硫化水素の除去が必要となります。脱硫には化学式、生物式などがありますが、ここでは化学式を採用し、鉄酸化物を地下ピット投入口から原料に応じて投入してタンク内に混ぜています。また、それでも発生したものはフィルターで除去されます。

### ドイツのエネルギー政策

バイオガスプラントの目的は糞尿処理の側面もありますが、売電が主であると感じました。これは政策的なものを感じます。ドイツは現在、社会民主党と緑の党による連立政権(1998~)で、原子力発電を全廃する方針を打ち立てています。そのため、原発に代わる電力を風力やバイオマスなどの新エネルギー(再生可能エネルギー)に求め、再生可能エネルギー法を制定し、買電価格を法律で決めています。この買電価格は運転開始時から10年間保障されており、政権が替わらない限り下げられることはないようです。今回の調査での聞き取りでは、バイオガス発電は1kWh10セント(約13円)でした。この価格はバイオマス発電に対してのもので、NEDO海外レポートによると500kW以下が10セント、5,000kW以下が9セント、それ以上が8.5セントでしたが、再生可能エネルギー法の改正案が2004年7月可決され、2005年から小規模施設に対する優遇として150kW以下の区分が設

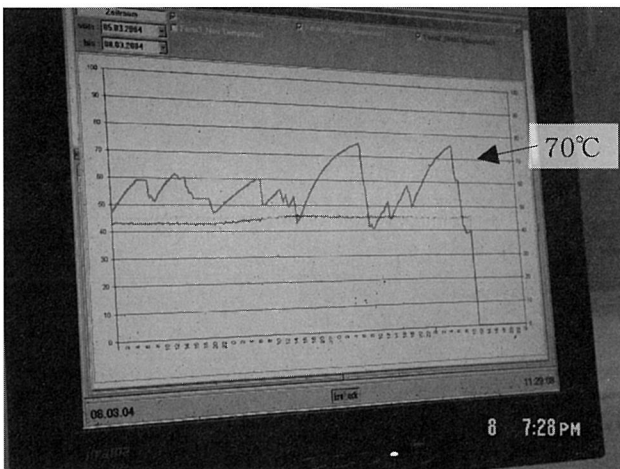


写真7 動物性油脂の殺菌処理温度管理



写真8 廃食用油の輸送車(プラント Werlteにて)

けられ 11.5 セントの買取となっています。また、施設条件による上積みの規定も盛り込まれています。なお、1997 年以前は建設に対する補助としてプラント当たり 10 万ユーロ支給するという政策であったとのことでした。

### エネルギー作物によるバイオガス

このような情勢から新たな試みとして、エネルギー作物(エネルギープランテーション)による実験的なバイオガスプラントである Obernjesa プラントを見学しました(写真 9)。ここはカッセル大学の Konrad Scheffer 教授の構想に基づくプラントで、ガス原料は家畜糞尿ではなく、エネルギー作物として畑で栽培した小麦、ライ麦、菜種、ひまわり、トウモロコシなどによる 2 毛作です。これらは通常の作物としての収穫と異なり、受粉し結実した直後(種になる前)に収穫、粉碎し、サイレージ(写真 10)として保存して利用しています。1 年を通してガスを発生させるため、サイレージにしますが、この方法だと原料のエネルギー損失を最小限に抑えることができるそうです。通常の実の収穫より早い時期の刈り取りですが、これは実が熟するまでおくと、リグニンの沈着による木化が進み、分解に支障がでるためです。

通常のバイオガス原料は液状(スラリー)ですが、ここは粉碎されたサイレージを固形(固形分 30%)のまま投入しており(写真 11)、現在、糞尿などのスラリーは一切使用していません。ただし、プラント稼動開始の際に、糞尿スラリーで発酵槽に必要な水分を導入しています。ただし、メーカーとしても初めての施設であり、内部の液の粘度が通常より高かったためか配管が詰まり、施設内部にあふれたこともあったそうです。現在は、発酵液の固形分は 6%まで下がりますが、熱交換器の能力が固形分 12%のため、発酵槽内をそれ以下に保つようになっています。

消化液は元の農地(エネルギー作物用)に還元されます。糞尿主体の消化液と異なり窒素分が少ないためか、化学肥料(窒素分)も施肥されます。また、農薬はなるべく使わないそうです。

プラントのオーナーは自分のプラントを「緑色の牛」と呼んでいました。草を「食べさせ」て、「体内」の微生物の作用により収入を得ていることを例えたものです。本プラントは 50%の補助(Dr. Volker 基金)を受けて建設され、建設費は 68 万ユーロ(約 9 千万円)です。



写真 9 緑色のプラント(上に向かうコンベアで発酵槽に投入される)



写真 10 原料貯蔵場(2面で1年分、上からシートがかけられサイレージにされている)



写真 11 投入される原料サイレージ

熱は発酵槽と建物で利用し、利用率は2~3割程度、収入は売電により1日当たり200ユーロ(約26,000円)だそうです(写真12)。

### バイオエネルギー村

Obernjesa プラントの近くにある、Jundne 村ではドイツ初のバイオエネルギー村が計画されていました。バイオマスからエネルギーを生産し、村への熱供給と発電(売電)を行うというものです。この村はゲッチングゲン市に近く、本プロジェクトはゲッチングゲン大学の社会システムの研究として支援を受けているそうです。200戸の内、農家が9戸(畜産)の村で、そのうちの130戸に熱供給する契約を結んでおり、将来的には全戸との契約を目指しています。

基本的には9戸の農家の糞尿とエネルギー作物によるバイオガスですが、厳寒期に熱不足が予想され、このため木材チップを燃焼させて熱として利用します。さらに寒いときの予備として天然ガス、石油用のボイラーを用意していますが、その利用率は5%程度と予測しています。つまり、95%はバイオマスエネルギーによるものです。

この施設は村としての景観も重要視され、写真13のように周りに樹が植えられ、CGによる景観のシミュレーションを行い、施設自体はあまり人目に付かないようにされます。

なお、ここでは木材もエネルギーとして利用する予定ですが、ドイツの状況として、バイオマスエネルギーはバイオガスが主で、ほとんど木材をエネルギーに利用していないというような話が帰ってきました。また、2004年11月に別の視察で訪問した旧東ドイツであったドレスデン近郊フライベルグのガス化炉のメーカー、フューチャーエナジー社で同じ質問をしたところ、木材についてはつい最近技術が確立したところであるとの回答でした。一方、同じフライベルグにあるコーエン社ではチップ購入し利用していましたが、時間の都合で質問できず、原料の確保などの詳しいことは分かりませんでした。ただし、NEDO 海外レポートによると、熱供給として一般家庭では木質が一番多く、また、製材・木材加工工場を中心に、大きなところでは電熱併用型の木質燃焼施設が設置されているようです。家庭用の燃料には木質ペレットも使われており、Obernjesa プラントにも置かれていました(写真14)。なお、木質などのバイオマスを利用したガス化炉につ

いてはドイツ以外を含め別な機会に紹介したいと思います。



写真12 SEVA社製 CHP ユニット

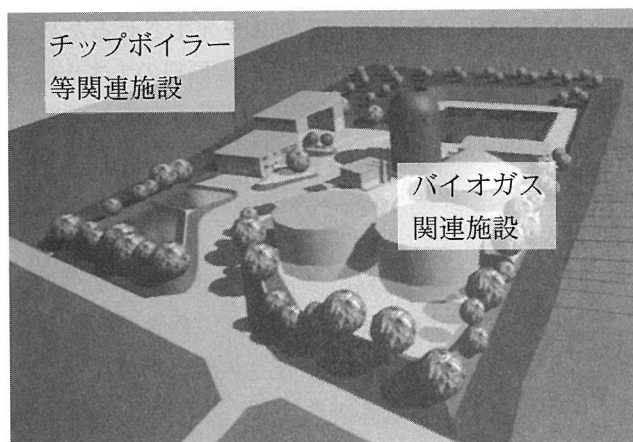


写真13 バイオエネルギー村のプラント



写真14 袋詰めされた木質ペレット

**農家とバイオガス、風力発電**

この視察では畜産農家のバイオガスプラントを3か所訪問しましたが、いずれにおいても発電した電力はすべて売電し、使う電力は電力会社から購入していました。前述した政策により、この方が得だからです。

また、排出される消化液は畑に撒き、還元しています。ヨーロッパでは水質汚染などの観点から規制も厳しく、その分量は化学肥料と合わせて決められます。

ここで農家における活動として、約100軒の周辺農家による組織で運営されている、バイオガスプラント Werlte における農家の取り組む事業について紹介します。このプラントを運営している組織は、農協と異なる農家の集まりによる会社組織で、全体を統括する組織の下にいくつかの会社が存在します(写真15)。バイオガス部門のほかに、原料と消化液の計画部門、消化液の散布部門などがあります。消化液の散布量については規制に合わせるため、組織で管理しています。

これらのほかに風力発電部門(写真15左から2番目 Wind Park)もあり、農家が関与するもう一つの新しいエネルギーです。ドイツ北部は平坦で、海岸から離れたハノーバー付近でも風が強く吹いています。そのため、写真16のように内陸部の農地にもたくさんの風車が設置されています。これも地代や出資による還付などとして農家の収入源となっています。農家も多角的な経営が進んでいる印象を受けました。

風力発電施設はハノーバー付近だけではなく、フランクフルトやドレスデンの近郊などの内陸奥地でも見られました。

ただし、風力発電は法の改正により、2005年から買取り価格が引き下げられます。また、効率の悪い施設は買取り対象にならなくなります。一方で、洋上施設へと移行させる方向にあり、それによる価格は優遇されます。

**おわりに**

今回の内容は木材と直接関係ないものでした。しかし、日本国内におけるエネルギーの関係者は、森林バイオマスに対して大きな期待をよせており、木材の用途として今後エネルギー利用も視野に入れ、他の再生可能エネルギーについて情報を持つことも必要なのではないでしょうか。

今回紹介したなかでエネルギー作物としての麦類や

ひまわりなどがありますが、このエネルギー作物は草本に限られたものではなく、木材を用いるという考え方もあります。バイオガスには向きませんが、燃焼やガス化の原料として、収穫しやすい場所で、成長量の大きい樹種を成長の良い時期、すなわち成長の鈍る前に伐採し、利用するという考え方です。

エネルギーについては国策によって情勢は異なり、直接参考になるものではないですが、日本で検討されている炭素税や環境税などの導入によっては新エネルギーの導入が促進されるかも知れません。今回の情報が来る日にお役に立てばと考えます。

**参考**

松田從三：ドイツ、デンマークツアー報告書(2004)  
NEDO 海外レポート No.936, 939

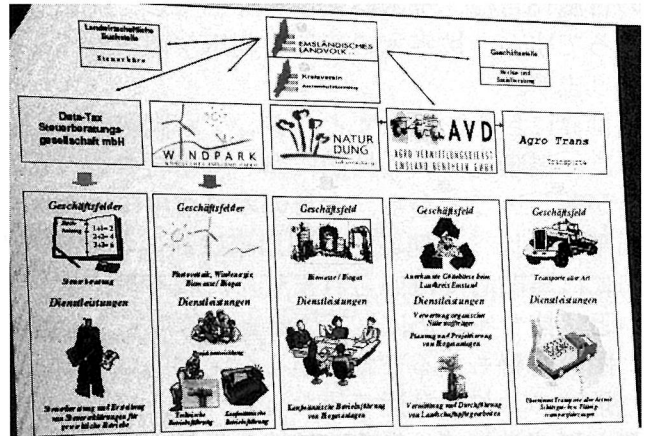


写真15 農家の各種組織



写真16 農地に設置された風力発電施設