

デンマークにおける家畜ふん尿処理の現状

(財)畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 研究員 長峰孝文

1. はじめに

筆者は、デンマーク大使館主催のデンマークバイオガス研修旅行(平成15年5月31日～6月6日)に参加する機会を得た。見学したバイオガスプラントは1つの集中型プラント、3つの個別型プラント、1つの試験プラントである。他に移動型固液分離装置、消化液成分分離装置、スラリー成分分離装置を見学し、5つのセミナーを受けた。メタン発酵を中心とした内容であったが、デンマークにおける家畜ふん尿処理は、農地へのスラリー散布とメタン発酵処理が主流であることを考えると、デンマークにおける家畜ふん尿処理の現状を視察できたと考えて良いと思われる。

本研修旅行には、農業システム系の大学教員2名、養豚業関係4名、廃棄物処理コンサルタント業2名、大手建設業1名といった幅広い専門分野からの参加者がおり、多くのコメントや情報をいただくことができたことは幸いであった(写真1)。



写真1 Hegndalの養豚農家で撮影した参加者全員の写真。左から4番目がこの農家の持ち主で、前デンマーク養豚協会会長であり日本にも来たことがあるとのこと。彼は、長時間にわたる参加者からの質問責めに、終始丁寧に答えていただいた。前列左が筆者である。

2. 家畜ふん尿処理の歴史および現状

デンマークでは、過去に窒素による水圏の汚染が深刻な問題となったことから、ふん尿を散布できる農地面積によって飼育できる家畜の頭数を定めた法律、いわゆるハーモニー・ルールと呼ばれるものが定められている。これによって窒素汚染を低減させることに成功したが、現在はリンによる水圏の汚染が問題となっている。これは、農地に肥料として必要となる窒素量に見合う量のスラリーや消化液を散布すると、リンを必要量の2倍散布してしまうことに起因している。スラリーや消化液を固液分離すると、リン成分の多くが固形分に、窒素成分の多くが液分に分けることができることから、農地に適正な窒素量とリン量を施肥できるようになる。そこで、デン

マークでは、1年前にアンモニアの揮散防止とリンの過剰施肥の問題を回避する目的で、固液分離すれば飼養可能な頭数を125%に増加、さらに液分の成分分離をすれば150%に増加できる法律が制定されている。

3. バイオガスに対する補助政策

バイオガスなどの再生可能エネルギーによって発電された電力を電力会社に売ると、その売電量に応じて国から補助金を受けることができる。今年からグリーン証書制が始まっており、その内容は以下の通りである。(DKKはデンマーククローネ、1クローネは約19円)

- ・既存のバイオガスプラントは、
固定買取価格(0.33DKK/kwh)+補助金(0.27DKK/kwh)=0.6DKK/kwh
を受け取ることができる。
- ・2000年以降の新設バイオガスプラントは
固定買取価格(0.5DKK/kwh)+グリーン証書の販売代金(0.1?0.27DKK/kwh)=0.6~0.77DKK/kwh
を受け取ることができる。ただし、固定買い取り価格は10年経過後に0.5DKK/kwhが0.4DKK/kwhになり、その後にはどうなるかはまだ決まっていない。グリーン証明書の販売代金は最低でも0.1DKK/kwhは保障されている。
- ・2008年以降に建設されたバイオガスプラントには補助金が出ない。

バイオガスに対する補助政策が縮小の方向にあるが、デンマーク政府がバイオガスを見限ったわけではない。EUでは、政策的に伸ばしたい産業に補助金を付けるが、産業が十分に育成されたと考えられれば補助を縮小するのが一般的である。バイオガスは、今後もデンマークにおけるエネルギー資源の1つであり、有機物質循環の要に位置づけられ続けるとのことである。ただし、このような状況のため、バイオガスプラントメーカーは、海外での販売に力を入れているようである。

4. バイオガスプラントの現状

デンマークには、集中型バイオガスプラントが25施設、個別型バイオガスプラントが50施設ある。デンマークでは、耐久性があり、コンピュータ制御によって自動化されたものが好まれるとのことで、全体的に施設はかなり高価であった。しかし、施設の構造を単純にすることで、価格を抑えると同時に耐久性を向上させている点も特徴となっている。発酵方法は、見学した施設のほとんどが高温発酵であり、中温発酵から高温発酵に転向したプラントもあった。高温発酵は、温度制御の難しい方法であるが、タンク容量あたりの処理能力が高く、発酵温度が52~60℃と高いため、病原性微生物対策にもなることから、広く採用されるようになってきている。

デンマークでは、補助金が販売した電力量に応じて支払われることから、発酵タンク容量あたりのバイオガスの発生量を多くして発電量を増やすことを目的に、ふん尿と一緒に有機性の産業廃棄物を投入するco-digestionが広く普及している。廃棄物を排出する業者から処理費を受け取ることも目的とされているが、見学したプラントによっては、廃棄物を購入している例もあった。消化液を農地に還元することから、受け入れる廃棄物については、人の食品工場由来はそのまま使用可能、鶏と豚由来の脂肪は120℃、2気圧の処理したものは使用可能、病畜は使用できない、といった規制がなされている。また、バイオガスプラントに持ち込まれた廃棄物は、全て個別に重金属類等の測定がなされている。バイオガスプラントに投入されている廃棄物としては、と畜場や魚加工場から出る残渣や、チーズ、牛乳、マヨネーズ、ドレッシング、マーガリン、ビール等の工場からの廃棄物があった。油類はバイオガスの発生量が高いため、好んで受け入れられていた。co-digestionは、見学した全てのプラントが採用しており、デンマークにおける2000年のバイオガスの原料は、80%が家畜ふん尿で、20%が有機性廃棄物であった。

5. 各バイオガスプラントの概要

まず、Linkogas社は、1988年に66戸の畜産農家が集まって設立され、1990年に稼働したバイオガスプラントである。このように数戸の畜産農家のふん尿を集めて操業しているプラントを集中型バイオガスプラントと呼んでいる。各農家からスラリーをタンクローリーで回収しており、その際に、回収した量と同量の消化液を農家に置いてくるようになってきている。驚いた点は、スラリーも消化液も同じタンクを使用しており、1台のタンクローリーが複数の農家を巡っているにもかかわらず、タンクの殺菌や洗浄は行っていないことであった。しかし、EUの定めた病原微生物対応マニュアルに従っているので全く気にしていないとのことであった。生産されたバイオガスは、パイプラインを使って近隣の町まで送っており、お湯と電気を供給している。

Dansk Biogas社製の個別型バイオガスプラントは、Hegdallにある母豚2万頭で、700haの広大な農地に4カ所に分かれた牧場を持つ養豚農家であった。ここの特徴は、原料となるスラリーを各牧場からパイプラインで送り(4.5kmまで搬送可能とのこと)、消化液の液成分(消化液の成分分離装置については後述する)も農地までパイプラインで送るようにすることで、輸送コストを抑えると共に、各農場に病原菌を持ち込むことがないようにしている点であった。

Lundsby Bioenergi社製の個別型バイオガスプラントは、150haの農地を持つ母豚1100頭の繁殖農家に設置さ

れていた(写真2)。このプラントは、見学した中で唯一の中温発酵(36°C)である。この施設の特徴は、弁で流路を切り替えることにより、1台のポンプで、畜舎→前処理槽、前処理槽→発酵槽、発酵槽→消化液槽の送液を行っている点である。この農家では、消化液を自家消費しきれないため、周辺の耕作農家に無料で散布していたが、他の農場では16クローネ/tの料金を払って散布させてもらっているところもあるとのことである。

DDH Contractors A/S社製の個別型バイオガスプラントは、処理能力22000t/年の比較的小さい施設である。このプラントの最大の特徴は、スラリータンクを同心円状に3つに区切り、これにフタをしたような形状のタンクがあり、この一番外側が発酵槽、間の槽が前処理槽(スラリー等の原料の加温と均質化を行っている)、中央の槽が有機性廃棄物の貯留槽(油が固化しないように加温している)という構造になっている点である(写真3)。この構造によって、前処理槽と貯留槽が保温され、発酵槽と貯留槽ではドーナツ状の槽内を一方方向に流すことで、発酵液の攪拌が可能となっている。また、発酵温度が46-47°Cという中途半端な温度である点もユニークである。

Green Farm Energy社の実験プラントは、スラリー40,000t/年、使用済み敷料6,300t/年、動物性廃棄物8,000t/年の処理量を持つ、実規模サイズの施設である。と畜場由来の廃棄物を処理する施設とバイオガスプラントが組み合わさっており、消化液の成分分離装置(後述)も組み込まれている。と畜場からの肉骨粉は1000°Cで焼却、それ以外の残渣は120°Cで滅菌してからバイオガスの発酵槽に投入される。120°Cの滅菌には、同時に使用済み敷料などの固形物も投入されており、発酵槽での消化率を向上させている。また、この時にアンモニアの除去も行われており、メタン発酵では利用困難とされる鶏ふんを原料とすることも可能だとのことである。



写真2 Lundsby Bioenergi社製個別型バイオガスプラント。左が前処理槽400m³で奥が発酵槽13000m³。その間にある黒い縦型のタンクは脱硫槽で、右の白い縦型のタンクにはお湯が貯留してある。右の建物に制御装置、発電機、ポンプ等が集中して入っている。



写真3 DDH Contractors A/S社製の個別型バイオガスプラントの特徴的な形をしたタンク。外側から発酵槽、前処理槽、有機性廃棄物の貯留槽が配置されている。

6. 成分分離装置の概要

移動型固液分離装置は、実際に農場で固液分離しているところを見学できた(写真4)。この装置は、国の研究者と各装置メーカーが共同開発し、現在経済性のテスト中である。固液分離した固形分は、元のスラリーよりもバイオガスを2倍程度発生させることが出来ることから、集中型バイオガスプラントから離れていても効率的に原料を送ることが出来るようになること、また、先に述べたように、固液分離することで飼養頭数が増やせることが農家の利点となっている。農家にとってこれらは魅力的であるが、母豚300-500頭の中規模の養豚農家にとって、高価な固液分離装置を導入することは困難なことから、移動型固液分離装置を開発したとのことである。この装置1台で、10~15件の農家をカバーできる。

消化液成分分離装置は、Hegndalの養豚農家とGreen Farm Energy社の実験プラントに設置されていた。どちらも基本的には、消化液を固液分離し、液分をアンモニア液、カリウムなどを含むミネラル液、抽出水に分離する装置であった。液分の分離に、Hegndalの養豚農家はエバポレーターとイオン交換樹脂を、Green Farm Energy社はアンモニアストリップと中空糸膜+逆浸透膜を用いていた。Hegndalの養豚農家では、固形分を海外に輸出した実績もあるとのことであった。Green Farm Energy社は、固形分をペレット化していた。固形分はかなりの悪臭がするが、ペレット化することで低減することができているようであった(写真5)。

スラリー成分分離装置は、Funk社製のManura2000という製品であった。この装置は、スラリーを元のスラリーの10%の固形分、2%のアンモニア液、13%のカリウムなどを含むミネラル液、75%の抽出水に分離する。液分の分離には蒸留、VFA除去装置、イオン交換樹脂が用いられていた。蒸留は電力で104°Cに加熱しており、ここで48kw/m³の電気が必要とのことであった。



写真4 移動型固液分離装置。左手前のスラリー貯留槽から吸引し、左のタンクとトラックに分離した液分と固形分を排出している。装置は、トラックによって牽引できるトレーラー内に、コントローラー、カッターポンプ、固液分離器、燃料等の稼働に必要な全てが搭載されていた。また、トラブルが生じた際には、自動で携帯電話に知らせるようになっていることから、1度作動させた後は無人運転が可能とのことである。

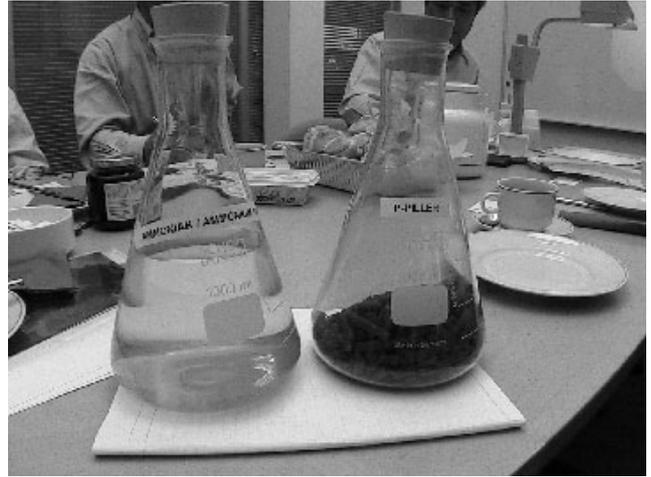


写真5 Green Farm Energy社の実験プラントにて消化液から分離されたアンモニア溶液(左)と固形分のペレット(右)。アンモニア溶液は硫酸アンモニアとなっているため、弱いアンモニア臭がするだけであった。これらの肥料としての市場性は十分にあるとのことである。

7. おわりに

デンマークは、政策的に、農地にスラリーの適性量の散布するようにさせ、次にスラリーのバイオガスプラントを推進し、現在は成分分離装置の導入を進めている。1年半前に政権が変わったことによって環境保護政策が緩和される方向にあり、成分分離装置の導入によって飼養可能な頭数増加ができる法律ができたのも、畜産業界や装置メーカーの要請に寄るところが大きいとのことである。デンマークのふん尿処理事情をそのまま日本に適用することはできないが、産業界内部での努力だけでなく、それに伴う法整備が重要であり、これが今後の日本の畜産産業の行く末を定める大きな要因となると強く感じた。

セミナーの講師によっては「バイオガスプラントの技術に関して日本はデンマークよりも10年以上遅れている」という意見もあったが、実際にバイオガスプラントに携わっている同行した参加者から「技術的には日本も負けていない！」という力強い言葉を聞くことができたことを付記する。また、エバポレーターなどによる分離技術についても、既に日本で試みた経緯があるし、バイオガスプラントの低コスト化については日本に高い技術があるとの意見も聞くことができた。デンマークから改めて日本を観ることができた研修旅行であった。

最後に、今回の研修旅行に参加する機会を与えていただいた農林水産省生産局畜産部環境対策室、並びに当機構の関係諸氏に厚く御礼申し上げて、報告を終わりたいと思います。