

家畜糞尿を主体とする バイオガスプラントの現状と課題

北海道大学大学院 農学研究科 教授 松田 従三

1、はじめに

近年環境問題の高まりと自然エネルギーなど再生可能エネルギーへの関心が深まるにつれて、メタン発酵が急激に話題性を持つようになった。特にドイツ、デンマークなどEU諸国の一部では原子力発電所に代わってエネルギー源を多様に持つ必要性から再生可能エネルギー発生装置としてのメタン発酵槽（バイオガスプラント）の建設が盛んである。わが国でも家畜排泄物の管理に関する法律が施行されたこともあって、環境問題に対応でき、しかもエネルギーを供給するバイオガスプラントに対する関心が農家の中でも急激に高まっている。また一方では尿尿衛生処理事業にも変化があり、尿尿、汚泥、生ごみなどの処理を目的とし、メタン発酵処理とコンポスト処理によるエネルギーと有機物の回収を目的とした汚泥再生処理センターの建設も考えられている。

バイオガスとは、有機性廃棄物の嫌気性消化（メタン発酵）によって発生するガスで、約60%のメタンと約40%の炭酸ガスが主成分でその他ごく微量の硫化水素、水素、窒素が含まれている。この組成は原料や運転条件によって変わってくる。

メタン発酵法は、古く新しい技術で、ヨーロッパにおいては一六七七年にバイオマスから、一八〇六年には家畜糞尿から燃焼可能なバイオガスを取得している。一八九六年にはイギリスで下水汚泥からのバイオガスによって街灯（ガス灯）を作っている。一九〇〇〜一九五〇年は主として下水汚泥を原料とした試験が、一九五〇年以降は主として家畜糞尿を原料とした試験が多くなり、一九七〇年以降はフルスケールのプラントが作られるように

松田 従三 (まつだ じゅうぞう) さん



1969年 3月 北海道大学農学部農業工学科卒業
1969年 10月 北海道大学農学部助手
1978年 3月 農学博士 (北海道大学)
1986年 8月 北海道大学農学部助教授
1986年 10月 文部省在外研究員
(カナダ・ゲルフ大学工学部)
1997年 4月 北海道大学農学部教授
現在に至る

【研究分野】 有機廃棄物処理利用学、家畜管理機械学、自然エネルギー利用学。主として家畜糞尿や農業廃棄物などの処理・利用

【著 書】

マニユア・コントロール 監修共著(デーリマン社)1991

搾乳ロボットと酪農 共著(酪農総合研究所)1994

マニユア・マニユアル 共著(酪農学園大学エクステンションセンター)1996

マニユア・マネージメント 共著(デーリマン社)1996

さっぽろ文庫 91 ごみとリサイクル共著(札幌市教育委員会)1999

なった¹¹⁾。メタン発酵は一九五〇、一九七〇、一九九〇年代とほぼ二〇年毎に、世界中で盛んに研究されてきている。五〇年代は第二次世界大戦後のエネルギー不足、七〇年代は石油危機、九〇年代は多様なエネルギー源の探索とメタン発酵は世界のエネルギー問題と深く関わっている。今回のブームと言えるようなメタン発酵への強い関心は、エネルギー問題とともに環境問題への懸念が加わって今までより関心度が強いように感じられる。

北海道でも一昨年の家畜排泄物管理法施行以来、メタン発酵に非常に関心が高まり、昨年春からは本格的なバイオガスプラントが町村農場、酪農学園大学で稼働し始めた。ここではバイオガスプラントの将来を考えてみたい。

二、バイオガスプラントの再見直し

以前にメタン発酵に関わっていた人達にはなぜ今更バイオガス?という思いがある。すでに家畜糞尿のメタン発酵法の可否は結論が出ているのでは?と考えてもいる。確かに七〇年代にはメタン発酵法は一般農家に普及させるのは難しいとされ、現在でもそのように考えている人は多い。

何が一番変わったのか考えてみる。七〇年代と現在のものもとても大きな状況の違いは、前述したようにエネルギー問題だけでなく環境問題が加わったことであろう。メタンや亜酸化窒素の地球温暖化ガスやアンモニアなど酸性化ガスの放出がない密閉系のメタン発酵法が見直されたといえよう。処理に投入エネルギーが少ない、処理済みの消化液の悪臭が少ない、病原微生物などへの安全

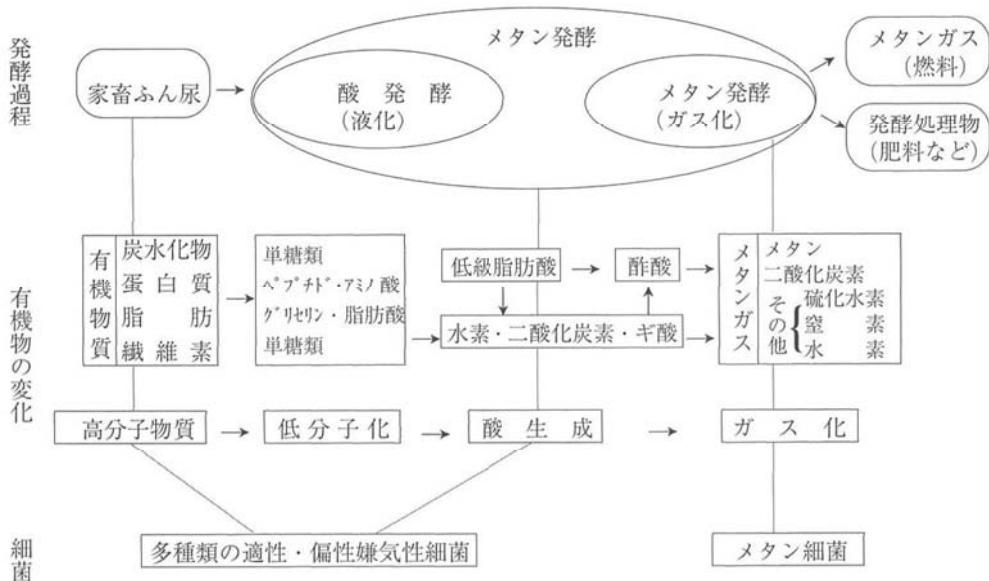


図1 家畜糞尿のメタン発酵

性が高いというのも理由の一つである。

さらに技術的問題では、七〇年代は一般に家畜糞尿のメタン発酵は、糞尿を一・五〜三倍程度に希釈するという方式が主流であった。したがって発酵槽当たりのガス発生量は少なく、北海道など寒冷地では冬期間には発生したガスで発酵槽を加温するのも難しいといわれた。無希釈の発酵槽も研究されていたが、その多くはプラグフロー方式で有機物分解率、ガス発生量、スカムの発生などで問題があった。当時は無希釈糞尿などに適した高粘度用のポンプや攪拌機がなかったこともプラグフロー方式を進めた理由の一つではなかったかと考えられる。また断熱技術も現在ほど進んでいなかったのも原因の一つである。

これら七〇年代の技術に対して現在は高負荷発酵法による安定した運転が可能となり、その結果バイオガスの発生量が多くなり、断熱技術の進歩によって加温のエネルギーが少なくなり、さらにコージエネレーションシステムによりエネルギー利用も効率的に行えるようになって、エネルギー利用の面からも大きく進歩して、農業分野での利用の見通しもついてきたと考えられる。

デンマークの報告では、技術の発展として、運転面での安定性の改善、脱硫装置の開発、悪臭低減システムの開発、糞尿の輸送システムの改善、バイオガス搬送システムの普及、ポンプ・攪拌機の改善をあげている²⁾。

三、バイオガス発生時の仕組み

バイオガスを発生させるメタン発酵法はメタン細菌の作用に



農村農場バイオガスプラント

よって、一般にはスラリー状の有機性廃棄物からメタンガスを生産する方法である。図1に示すようにメタン発酵は大きく分けて二段階の反応から成り立っている¹¹⁾。

第一段階は可溶化過程と呼ばれており、これは脂肪、炭水化物、蛋白など複雑な有機物が糖類、アミノ酸、高級脂肪酸など単純な有機物に分解する加水分解過程とそれらが酢酸、プロピオン酸など低級脂肪酸や有機酸、アルコールおよび水素、硫化水素、炭酸ガスなどに分解する酸発酵過程とからなっている。

第二段階はメタン発酵過程と呼ばれる特殊な偏性嫌気性菌であるメタン細菌によるメタンガス生成過程であり、第一段階で分解生産された酢酸など低級脂肪酸が、メタン細菌の作用によってメタンガスに変換されたり、水素、炭酸ガスからメタンガスが生成される過程である。このうち酢酸からメタンガスに変換されるのが約七〇%、水素、炭酸ガスからメタンガスになるのが三〇%と言われている。このような液化とガス化がコンビネーション良く進行するのがメタン発酵である。第一段階は通性嫌気性菌が働いており、第二段階は酸化還元電位でマイナス一五〇〜マイナス四〇〇mVの状態で偏性（絶対）嫌気性菌のメタン菌が働いている。以上のようにメタン発酵は二段階に分かれるために、発酵槽を二槽に分けたものと、一つの発酵槽で二段階とも行ってしまう一槽式とがある。一般的には、一槽式の方が多い。

牛の胃（ルーメン）はよくメタン発酵槽であるといわれている。確かに乳牛一頭から一日に約四〇〇リットルのメタン発生が認められている。ルーメン内でのメタン生成では、脂肪酸等のメチル基を資化するメタン生成細菌はほとんど存在しないと考え

られている。これは低級脂肪酸はルーメン内最終産物であり、酢酸と酪酸の相互変換はあるが、ルーメン内細菌にこれらの脂肪酸をメチル基まで分解する細菌は報告されていない。従つて、ルーメン内メタン生成菌はほとんどが水素資化菌で、これらはメチル基を持たない蟻酸を利用することも知られている。このように牛の胃は、汚泥や糞尿のメタン発酵と異なり、酸発酵によつて生産された低級脂肪酸がさらに分解され、メチル基を利用するメタン生成菌と共にその分解過程で生じる水素を利用する水素資化メタン生成菌群も共存し、メタン発酵を起すと考えられている¹³⁾。

四、メタン発酵の温度域

メタン発酵による発熱はごくわずかであるため、発生したメタンガスなどにより、発酵槽内を最適温度に加熱する必要がある。メタン発酵の適温は、一般に、中温発酵と高温発酵とに分かれ、その最適温度範囲は、それぞれ三〇〜四五℃、五〇〜六〇℃の範囲にある。また、中温と高温の一日当りの有機物処理能力は、一対二・五の比率程度であつて、高温の方が中温の二倍以上の有機物処理能力を有している。しかし、高温発酵は、発酵槽内環境の高度な制御技術が必要であり、発酵環境の平衡状態が崩れると、元の状態に戻るのに時間がかかると言われている。

現行のメタン発酵槽は、下水や尿処理も含めると、九五%以上が中温発酵法を採用しており、信頼性は極めて高い。その理由として、加温熱量と発酵槽からの熱放散が高温に比べ少なく済むこと、また温度の変動に対しての緩衝性が高いことなどがあげ

られる。さらに、毒物や発酵阻害物質に対しての耐性も強いことが知られている。EU諸国では戸別型発酵槽が多く普及しているが、それらはほとんど中温発酵である。

しかし、近年、五五℃を中心とした高温域で運転するメタン発酵槽が、特に共同型バイオガスプラントで家畜糞尿、産業廃棄物などの処理用として普及している。その背景には、断熱技術、熱交換技術の進歩、さらに発酵槽の温度制御技術の飛躍的進歩などがあげられ、また、共同型プラントはいろいろな原料が持ち込まれるため、発酵が終わつた消化液の有機質肥料としての圃場還元際に、衛生面から殺菌効果が高く、評価が高まつたものと考えられる。

これら中温、高温以外に二〇℃程度の低温発酵や全く無加温の発酵槽もある。中国型の発酵槽は、この無加温のものが多く、保温のために南側の日当りのいい場所に地下式で作ることを勧めている。

メタン発酵は、当然温度が高い方が反応が早く進むために、原料の反応槽滞留時間は短くなって、反応槽は小さくなる。デンマークでは高温発酵とは五二℃以上水理学的滞留時間七日間以上、中温発酵は二〇〜五二℃で水理学的滞留時間は最低一四日間として衛生面から規定しているが、家畜糞尿を主体とする中温発酵槽では三七℃二〇〜二五日の滞留時間をとっているものが多い。中国の無加温型では、六〇〜一〇〇日の滞留時間をとっている。

五、湿式発酵法と乾式発酵法

メタン発酵法を固形分濃度で分類すると湿式メタン発酵と

表1 農業廃棄物からのバイオガス発生量

種類	発生量 L/kgVS	平均発生量 L/kgVS	平均発熱量 kwh/kgVS
豚糞尿	340-550	450	3.2
牛糞尿	150-350	250	1.8
鶏糞	310-620	460	3.3
馬糞尿	200-350	250	1.8
羊糞尿	100-310	200	1.4
わら	180-320	250	1.8
コーン殻	350-480	410	2.9
牧草	280-550	410	2.9
野菜クズ	300-400	350	2.5
汚泥	310-640	450	3.2

L/kgVS：有機物 1kg からの発生量リットル

乾式メタン発酵とがあり、湿式メタン発酵は固形分が10～12%以下で運転する現在一般的に用いられている方法である。一方乾式メタン発酵は、固形分濃度を20～40%に濃縮したものであって、近年生ごみ、汚泥、屎尿、古紙などの高固形分処理用として開発されたものである。有機物当りのバイオガス発生量は、いずれの方法でもほぼ同じであるが、発酵槽容量当りでは固形分濃度の高い乾式メタン発酵の方が多くなる。発酵温度では、前述したように高温、中温、無加温方式があり、基本的には反応速度が異なるだけで有機物当りのバイオガス発生量は、いずれの方法でもほぼ同じである。したがって発酵槽当りで考えれば高温発酵の乾式メタン発酵法がもつとも能率は高く、無加温で湿式メタン発酵がもつとも能率が低くなり消化液の滞留時間ももつとも長く取らなければならないことになる。

一般に高温になるほどシステムが複雑で運転も難しくなり、大型共同利用向きであり、中温あるいは無加温は滞留時間が長くなるが運転が簡単で戸別農家向きと考えるべきであろう。しかし小容量（高負荷）で高能率のものを選ぶか、大容量（低負荷）で低能率のものを選ぶか議論の分かれるところであり、建設コスト、運転コスト、運転保守管理、処理液の安定性、バイオガス発生量など考慮して決定しなければならない。

六、バイオガスの発生量とその利用

バイオガスプラントでのガス発生量、メタンガス濃度は、原料

表2 家畜糞尿から発生するバイオガス量とそれからの発電量

種類	ガス発生量	排泄量	水分	有機物率	有機物量	ガス発生量	平均発熱量	発電量
	L/kgVS	kg/d	%	%DM	kgVS/d	m ³ /d	kW h/d	kW h/d
牛糞尿 (1頭)	250	65	88	87	6.8	1.7	12.2	3.4
豚糞尿 (10頭)	450	57	88	86	5.9	2.6	19.0	5.3
鶏糞 (100羽)	460	10	70	66	2.0	0.9	6.5	1.8

表3 メタンの特性

臨海温度	臨海圧力	沸点	融点	気体比重	爆発限界	発火温度	発熱量
℃	atm	℃	℃	(空気=1)	vol%	℃	kcal/m ³
-82.1	45.8	-161.4	-182.7	0.554	5.4 ~ 14.0	537	9,500

の種類、発酵温度、発酵槽内の菌密度などに影響されるが、理論的な発生量として次のようなものがある⁶⁾。

- ①炭水化物 / 50%CH₄ 0.886 N m³/kgTS
- ②脂肪 / 70%CH₄ 1.535 N m³/kgTS
- ③蛋白質 / 84%CH₄ 0.587 N m³/kgTS
- ④余剰汚泥 C₅H₇O₂N / 62.5%CH₄ 0.793 N m³/kgVS
- ⑤混合汚泥 C₁₀H₁₉O₃N / 69.4%CH₄ 1.003 N m³/kgVS
- ⑥都市分別ゴミ C₄₆H₇₃O₃₁N / 53.5%CH₄ 0.887 N m³/kgVS
- ⑦食品系生ゴミ C₁₇H₂₉O₁₀N / 57.8%CH₄ 0.880 N m³/kgVS

一般に脂肪の多い原料はガス量が多く、たんぱく質の多い原料はメタン濃度が高くなると考えられる。

デンマークの一九九八年における共同バイオガスプラントの実績では、合計五、〇〇万m³のバイオガスが生産され、処理されたバイオマス一m³当たり発生量三七m³となっている。このうち糞尿など有機性廃棄物は約四五%を占め、糞尿一m³当たりではバイオガス発生量は二〇m³となる。表1、2に農業廃棄物からのバイオガス発生量の例を示している³⁾。これらによれば適正な処理条件での一日当りのバイオガスの発生量は、牛一頭当たり一・七m³、豚一〇頭当たり二・六m³、鶏一〇〇羽当たり〇・九m³である。また豚糞からは三五m³/t、生ごみ七〇m³/t、古紙一八〇m³/tという報告もある。表2の発電量は、バイオガス一m³から二kWhが得られることから求めている。

メタン発酵から発生するバイオガスは約六〇%のメタンと約四

表4 バイオガスプラントの消化液、スラリーの成分 (1991-1996 デンマーク)

種類	サンプル数	pH	固形物量 %	総窒素 kg/t	アンモニア性 窒素 kg/t	リン酸 kg/t	カリ kg/t
消化液	41	7.5	4.6	4.4	3.1	0.9	2.7
豚糞尿スラリー	134	7.1	4.1	4.6	3.4	1.0	2.4
牛糞尿スラリー	53	7.0	7.0	4.2	2.4	0.8	3.6

0%の炭酸ガスが含まれているが、原料あるいは運転条件によってこの組成変化する。メタンガスは表3に示すような性状であるため、バイオガスの発熱量としては約六、〇〇〇 kcal/m³である⁹⁾。メタン自体は毒性はないので脱硫さえすればガス中毒の心配はないし、空気より軽い気体なので上部に換気口があれば飛散するため安全である。メタンガスはプロパンガスのように容易に液化はできない。圧縮して用いることもあるが、二〇〇気圧まで圧縮すること、圧縮するためには炭酸ガスを除去してほぼ純粋のメタンのみになければならないことなどで、圧縮ガスとして用いるには大規模な施設化が必要である。

バイオガスの利用は、直接燃焼による熱利用とエンジン発電機利用によるコージェネレーション (CHP: Combined Heat and Power) による熱・電気利用が一般的である。熱利用では、温熱利用と吸収型冷凍機を用いた冷熱利用とがある。最近のバイオガスプラントではほとんどCHPで使われている。中国型メタン発酵槽のような小規模のものでは、直接燃焼による熱利用と光利用 (照明用) がある。

戸別型プラントでのCHPによる熱利用は、発酵槽の加熱、畜舎、家屋の暖房に使われており、デンマークなどの共同型プラントでの熱は、地域暖房など広域利用されている。圧縮ガスとして用いているのはスウェーデンが有名で、バスや乗用車の燃料として使われている。またバイオガス中のメタンを改質して水素を取り出して燃料電池の燃料として用いることも試み始められている。将来的にはエンジン発電機に代わって燃料電池によるコージェネレーションが普及すると考えられる。

七、消化液・消化物の利用と処理

消化液、消化物の利用は、農地への利用が一般的である。消化液の肥料成分の例を表4に示す³⁾。これによれば、消化液は未処理の豚糞尿、牛糞尿スラリーよりpHが高く、固形物がやや低い。これは消化・分解の結果である。

消化液の農地利用は、Fertilizationと呼ばれ、肥料と水分を施用することになる。乾式発酵による消化物や消化液を固液分離した固形分は堆肥として用いられる。好気性堆肥と嫌気性堆肥とは、国や農家によってその受容度が異なっている。消化液は、好気性処理した液肥より肥料成分が高く、特にアンモニア性窒素が多いので肥料効果が高い。またpHも高いので酸度矯正には有利である。家畜糞尿だけでなく、産業廃棄物を原料とした消化液は、いろいろな肥料成分が含まれるため、肥料効果が高いといわれている。

消化液を農地利用できないところでは、水処理することになるが、糞尿混合の家畜糞尿を原料として用いた場合は消化液の窒素濃度が高いため、その浄化処理はなかなか困難である。このため活性汚泥法、凝集沈殿、消化・脱窒、膜分離、アンモニアストリッピングなどの組み合わせによる処理が考えられている。しかし高度な水処理となるため、エネルギーが得られたとしても経済的に見合うものになるかどうか疑問である。

八、バイオガスプラントの例

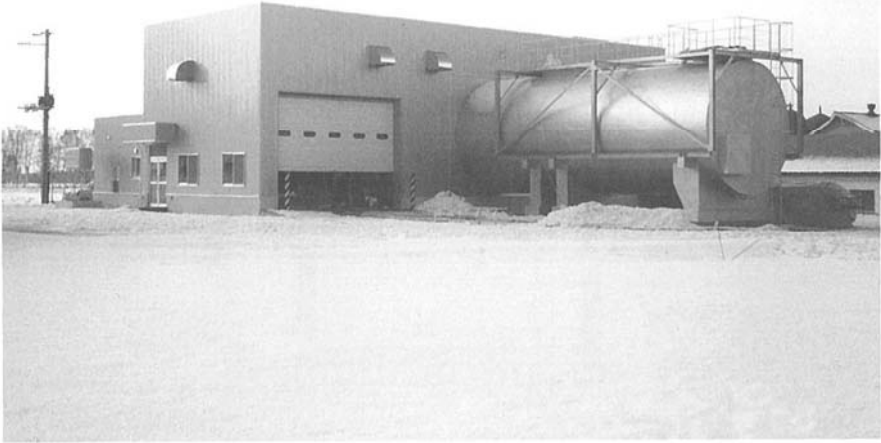
メタン発酵は世界的に見ると、中国本土がもっとも盛んであり、

一説には五〇〇万基のメタン発酵施設があるといわれている。中国に次いでインド一二六万基、ネパール六、〇〇〇基が稼働中といわれている⁸⁾。これらの国の施設は小型(八〜一五^m)で、無加温の発酵槽が主で、取得されたバイオガスはほとんどが煮炊き用、照明用に使われているものと思われる。また台湾でも相当数のメタン発酵槽が稼働中である。韓国では一九七〇年代に数万基のメタン発酵槽が稼働していたことである。ヨーロッパでは一九五〇年代はじめから特にドイツで研究、普及が盛んであった。現在ではドイツで戸別型が約六〇〇基、デンマークでは共同型二〇基、戸別型二〇基、イタリアでは戸別型五〇基、スウェーデンでは共同型八基が稼働中と言われている。いずれの国でも原料としては家畜糞尿が主体でこれに産業廃棄物、生ごみなどが加えられている。

我が国のメタン発酵は、一九五〇年代から盛んになり、一九六二年には一八〇戸のメタン発酵実施例が報告されている¹⁰⁾。当時の原料は人間尿、家畜糞尿、農業残渣で生ごみはほとんどない。この当時バイオガスは、コンロにつないで調理用、風呂用、暖房用として使われていた。

(一) 日本のバイオガスプラント

小野二良氏によれば、わが国では一九二〇年代にメタン発酵法に関心が高まり、一九二三年から一九二九年の間に四六件の発明特許と一七三件の実用新案が公告されている¹⁰⁾。したがって二〇年代にはかなりの数の発酵槽が実在したものと考えられるが不明である。その後一九五〇年代から再び盛んになり、同氏の一九



酪農学園大学バイオガスプラント

(二) EU諸国のバイオガスプラント

バイオガスの研究は海外においても一九五〇年代、一九七〇年代前半、一九九〇年代後半以降に盛んになりプラントが建設された。特に七〇年代前半のオイル危機当時はアメリカ・ヨーロッパはじめ世界各国で研究され多くのプラントが建設されたが、オイル危機が去った後では研究も中断され、建設されたプラントも採算が合わず閉鎖されてしまった。これは当時のメタン発酵技術は未熟であったこと、売電などのメリットが少なく農家がメタン発酵には興味を示さなかったことなどによる。しかし近年この技術は急速に進歩して、EU諸国ではバイオガスプラントが、戸別農家型と共同プラント型で普及してきている。ドイツではバイエルン地方に既に約六〇〇戸の個人農家が、デンマークでは共同二〇ヶ所、個人プラント二〇ヶ所、イタリアでも約五〇ヶ所の個人農家のバイオガスプラントが稼動し、スウェーデンでも大型の共同バイオガスプラントが稼動している。このようにEU諸国では家畜糞尿による環境汚染問題の一解決法として、さらにまたエネルギー政策の一環としてメタン発酵法が脚光を浴びている。これはバイオガスプラントに対してはエネルギー省などからプラント建設に対して一五〜四〇%の補助がなされ、さらにドイツ、デンマーク、イタリア、オーストリア、ルクセンブルク、スイスなどではバイオガスで発電した電気は、買い上げが義務づけられていることからわかる。スウェーデンでは、コージェネレーションによる熱電供給より、メタンを圧縮して自動車燃料として使用することを目指している。

一方アメリカ、カナダなどでは、七〇年代には盛んに研究され

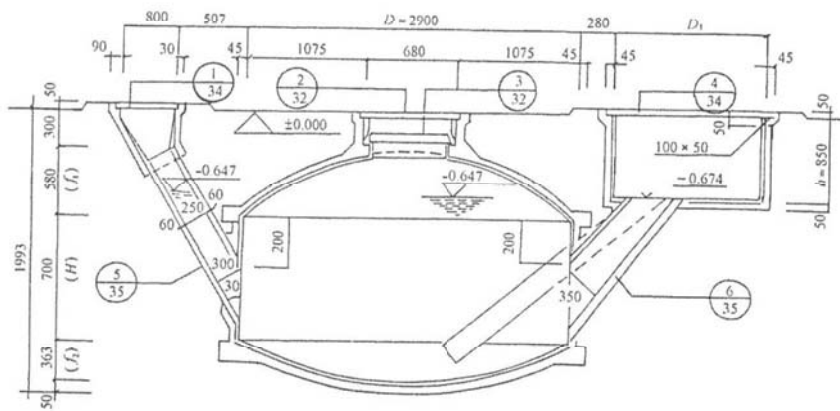


図3 中国広西型8 m³円形自動排出型メタン発酵槽

たが、現在はヨーロッパほどのバイオガスプラントに対する関心はない。これは燃料・電気などのエネルギー源が安価なことが原因と考えられるが、現在はランニングコストを安くして悪臭を軽減できるという点から再び関心を集めている。

共同プラントか戸別プラントかは議論の分かれるところであるが、デンマークでは共同プラント、ドイツでは戸別プラントが多い。デンマークで共同プラントが盛んな原因は、厳しい環境規制をクリアするために九月容量ものスラリーストアが必要になるが、この資金をバイオガスプラント会社が提供してくれ、しかもそれが散布に便利な農場付近に建設されるため、農家側にとって輸送コスト散布コストの低減などメリットが大きいとされている。これは農業政策、環境政策、さらに国民性も関係しており、一概にどちらが有利かはいえない。

(三) 中国のバイオガスプラント

バイオガスプラントに関してはある意味では中国がもつとも先進国であり、一説には五〇〇万基のバイオガス施設があるといわれている。中国に次いでインド二二六万基、ネパール六、〇〇〇基が稼働中といわれている。ただこれらの国の施設は小型(八〜一五m³)で、無加温の発酵槽が主で、取得されたバイオガスはほとんどが煮炊き用、照明用に使われているものと思われる。しかし中国四川省では、食品工場などでヨーロッパと同じような大型バイオガスプラントも稼働しており、バイオガスがコージェネレーションシステムやバスの燃料用として使われるとのことである。中国型の発酵槽は無加温のものが主流であるので、主に温暖地で多く使わ

れている。広西省の資料によれば、発酵槽は一九八五年から急激に普及し始め、図3に示すような六〜一〇³m³の発酵槽が多く、浮蓋式、固定蓋式、加圧式などがあり、丸く、浅く、小さい発酵槽を基本としている⁹⁾。桑原氏¹⁰⁾によれば、中国式発酵槽ではバイオガス¹m³/日発生するためには、二〇℃の発酵槽で牛一頭の糞尿¹¹豚四頭の糞尿¹²人間一五人分の尿尿¹³家庭生ごみ一七kgが必要としている。

九、バイオガスプラントの課題

家畜糞尿処理の一方法としてメタン発酵法には、いろいろな利点が多い。環境面でもエネルギー面でも今後積極的に進めていくべき方式の一つである。しかし家畜糞尿処理方法のうちでメタン発酵法が普遍的に最高のものとはいえない。処理方法に普遍的にベストのものは存在せず、その農家の状況にあったものが、まさに適材適所がベストなものといえよう。

メタン発酵は、以上述べてきたようにエネルギー取得の面から考えると非常に有効な廃棄物処理（利用）方法である。しかしその取得できたエネルギーをどのように利用できるかが問題である。エネルギーを取得したプラントあるいは農家で利用できるのが理想的である。さらにEU諸国のように回収したエネルギーを電気として高価で買電してくれることが望ましい。将来わが国でもバイオガス発電による電気が比較的高価で売電できるようになれば、メタン発酵法はもっと普及するものと考えられる。

ただ注意しなければならないことがある。メタン発酵法は堆肥化と違って基本的には投入原料と排出される処理液の質量はほ

んど変わらない。これはメタン発酵法は堆肥化と違って密閉系の発酵槽で分解されるために水分は蒸発しないし、アンモニアも揮散しない。BODは減少するが、量は減少せず、N、P、Kなど栄養分も減少しない。したがって大量な消化液を利用あるいは最終処理しなければならない。前項で述べように基本的には消化液は農地還元が原則である。

ひるがえって我が国をみると、処理液を還元できる十分な農地はない。特に本州ではすでに生産された堆肥すらもすべてを散布する農地はない。この処理液の最終処理方法がメタン発酵法を選択するか否かの鍵になると思える。幸いなことに北海道はまだ還元できる農地が残っており、その意味ではバイオガスプラントを導入しやすい。

このようにバイオガスプラントを導入しても、家畜糞尿は削減するわけではないから、還元する圃場がないところでは、根本的な解決方法とはならない。高水分の消化液を固体堆肥のように系外に持ち出すことは難しく、水処理して放流しなければならぬ。その浄化処理技術が可能なものか、例えばそうであっても農家にとって経済的に可能なものか、還元農地がない地域では最大の課題である。

一〇、結 び

メタン発酵法は利点も多いが、非常に高価であることが最大の問題点といえるかもしれない。一億円を越すような施設が個人農家向けといえるであろうか。我が国の農業施設が高価になるのにはい

ろいろな原因が考えられるが、その一つが補助金であると考えられる。高率な補助金のために過剰な設備を持った施設になりやすく、農家もTurn key式な立派な施設を望む。高価な施設は故障したときも修理費は高価になるのが当然である。個人農家ではその負担に耐えられず、遊休化してしまう施設が多々見受けられる。農家負担が半分で建設できるような施設の登場を望んでいる。すなわち安価でシンプルな施設である。そのためには一〇〇%の性能を求めた施設でなく、七〇%程度の性能が発揮できれば十分である。我が国の補助金制度は、初期の建設時には高率高額な補助が受けられるが、これを少なくして施設運転経費に補助できないものであろうか。例えばメタン発酵施設で発電した電気を売電する場合の価格の上乗せ補助である。電力会社が五円/kWhでしか買わないのであれば、七円/kWhを補助して一二円/kWhで買うようにすることである。このように農家が施設を上手に使えば使うほど農家の利益が上がるような補助金の出し方が必要である。

超党派の国会議員の「自然エネルギー促進議員連盟」では、「自然エネルギー発電促進法」を提出するという話も聞こえてくる。このような法律の整備とともに、補助金も前述のような使い方ができるような法律に是非変えて欲しいものである。

個人農家向けのメタン発酵施設はどんな形式なものでもいい、ただ安価で簡単なものということである。そのような施設であれば地元の企業も建設可能であろうし修理も可能である。やはり農業施設は昔の野鍛冶のようこそ地の技術で製作するのがもっともいいのではないか。地場産業をも育てるメタン発酵システムを是非普及させたいものである。

参考文献

- 1 C.H.Burton: Manure management - Treatment strategies for sustainable agriculture (一九九七)
- 2 Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics, 1999: Centralized Biogas Plants, Denmark (一九九七)
- 3 Institute of biomass utilization and biorefinery: The future of biogas in Europe Proceedings, Denmark (一九九七)
- 4 クラウス・ムッドブック他、野田典宏訳: 生物学的下水処理の理論と技術、山海堂 (一九九七)
- 5 桑原 衛: バイオガス普及のための考察、New Energy Symposium 98(TOKYO)(一九九八)
- 6 李 玉友: 汚泥・生ごみなどの有機廃棄物の高温メタン発酵、水環境学会誌 21(10) 644-649 (一九九八)
- 7 LIOR CD - ROM collection: BIOGAS from waste andwaste water treatment, Belgium (一九九七)
- 8 南方沼気池総合利用新技術: 広西科学技術出版社 (一九九八)
- 9 (社) 農林水産技術情報協会: メタンガス利用の新技術(一九八〇)
- 10 小野二郎: メタンガス利用の基礎と実際 文雅堂書店(一九六三)
- 11 押田敏雄他: 畜産環境保全論、養賢堂 (一九九八)
- 12 S.P.E. Persson, et al.: Agricultural Anaerobic Digesters, NRAES (一九九七)
- 13 高橋潤一: 私信(帯広畜産大学) (二〇〇〇)