

特集

グリーンエネルギー計画

農業用熱源・動力源としての自然エネルギーの利用

Techniques for Converting Natural Energy Resources into Heat and Motive Power and its Utilization in Agricultural Production Systems

千葉 豪*

Takeshi Chiba

1 はじめに

農業における生産性向上のための諸技術は多大なエネルギー消費に依存し、その傾向はますます増大しつつある。しかし一方で石油需給は逼迫し、その消費に伴う熱的、物質的公害が取り上げられるようになってきた。そこで従来主として化石エネルギーに頼っていた農業生産に必要な補助エネルギーを、自然エネルギーによって代替することが望まれる。

補助エネルギーとは農業用施設、装置、機械等の動力、および生産環境調節のための熱などで、日射、地熱、余熱、農畜産廃棄物、風力及び水力などからの変換・取得が考えられている。動力利用の場面としては農業機械のエンジン駆動、灌漑水及び農薬・液肥の圧送・散布、温室等施設の窓の開閉、換気扇の回転、台車の移動等があり、熱エネルギー利用の対象としては温室、畜舎の暖・冷房、乾燥施設の加温、融雪促進、養殖場の水温調節等が挙げられる。

しかし自然エネルギーは概して不安定、稀薄な状態で分布しており、安定なエネルギーの供給を行うには困難が予想される。例えば日射は晴天時の日中であっても石油燃焼のエネルギーに比べてはるかにエネルギー密度は小さく、曇天、夜間には少量又は皆無である。風、波浪はその強さが常に変動して定まらず、廃棄物についても季節によって質と量の変動は大きい。従って自然エネルギーの利用に当ってはこれを変換・集積して効率的に利用することが必要となり、このために必要な機器・装置の開発・改良、及びその利用技術の確立を図ることになる。

自然エネルギーはまた安全性とクリーン性に問題がないわけではない。地熱としての温泉は熱取得後合理的な地下還元がなければ水質悪化の原因となり、水力、風力が場合により大きな災害をもたらすのは周知のこ

とである。このため施設、装置の安全性、二次廃棄物の処理なども重要な課題となる。

更に自然エネルギー利用における重要な問題は、ある地区内の単独エネルギー源に頼ってはいかにその集積を図っても、多くの場合対象とする施設、装置、機械などの必要エネルギーを常時、十分に供給することが困難であり、高価な変換・利用施設が結局は化石エネルギーの補助的役割りを果たすに過ぎないという結果を招く恐れがあることである。

これに対してはその地域で得やすい自然エネルギーを組合せて取得・利用する複合利用方式が効果的であると思われる。例えば太陽、風、水、廃棄物などから熱、圧、ガス、特定物質などの形に変換してそれぞれの蓄積部に保存し、最も有利な優先順位で利用する方式である。このとき温室に対する日射などのように、蓄積部を経ずに直接利用に廻る部分があってもよい。

こうして供給側が安定するならば、使用側も間欠的なエネルギー使用ではなく、安定消費を図るための複合化が効率を高めることになる。例えば温室、畜舎の暖・冷房、施設管理動力、農家の給湯などである。ただし自然エネルギーの複合化に当たっては、過大な施設設定及び農畜産廃棄物の非効率な運搬・移動などは省エネルギーの主旨に沿わないことになるから、物質とエネルギーのクローズドシステムを目指した適正規模の施設複合および地域複合が志向される。

以下グリーンエネルギー計画で行っている自然エネルギーの変換利用技術に関する研究の中から、主なものを紹介する。

2 太陽エネルギーの利用

2.1 温室、畜舎の暖・冷房

普通の温室では日中高温になるので換気を行い、夜間は冷却を防ぐために窓を閉じるなどの管理を行っているが、日中余分な太陽エネルギーを能率よく集めて

* 農林水産省農業土木試験場農地整理部長
〒305 茨城県筑波郡谷田部町観音台2丁目

蓄積し、夜間に利用しようとする研究が行われている。

一般の温室栽培をする植物の光飽和点はせいぜい40~50キロルクスで晴天の日の明るさの半分以下であり、これ以上の日射を受けても光合成には役立たない。そのうえ日中の温室温度は特別な気象状態のときを除いては十分高温なので、温室内に入る日射を一部途中で遮断しても支障は生じない。そこで図-1のように温室天井にプラスチックフィルムのダクトチューブを適当な間隔に張りめぐらし、このチューブの中で温められた空気を地下に導いて蓄熱する。夜間はこの蓄熱槽を通して温められた空気が温室に吹き込まれることになる。

温室内では上部に暖気が上昇することもあって、ダクトチューブは普通のビニール製などでも昇温効果を持つが、チューブを黒色にしてさらにこれを大口径の透明チューブで覆い二重管にすれば、着色チューブは日射を捕捉するので能率よくハウス内の空気を暖めることができる。竹園¹²⁾らによれば北海道においても夏期50~70℃の集熱は容易であり、蓄熱槽温度は30~40℃に維持されたということである。もしチューブを二重管にしなければ高温になった着色チューブから温室内への放熱が大きくなり、集・蓄熱効率は落ちることになる。

あまり高温を必要としないときには上記のような内部集熱型の施設で一部蓄熱方式をとればよいが、寒地における春・秋の加温、畜舎冷房のための吸収冷凍機など高温・大容量の熱を必要とするときは、舎外にソーラーコレクターと蓄熱槽を併置した外部集熱方式が必要となる。しかしこのタイプは経費と地所を必要とするため農業における利用には問題があり、内部集熱型の補助的役割を果たす小規模な外部施設を持つハイブリット方式が有利であるといわれる。

ハウスの場合と異なり畜舎については従来屋根に設置したソーラーコレクターなどを含む外部集熱型の研究が多かったが、竹園³⁾らは図-2のような内部集熱型畜舎の研究を行っている。南面の透明プラスチック壁面より入射した光はサンスペース中に積み上げられた黒色ブロックの壁面体に吸収されて熱変換し、対流によって畜舎内部を温める。試験舎における実験例では冬期-2.3℃の外気温のとき、黒色ブロック温度44℃、サンスペース温度29℃、舎内温度17℃であった。

2.2 乾燥施設

太陽エネルギーは温室、畜舎などの暖冷房ばかりでなく、穀類、牧草などの乾燥にも利用される。考え方

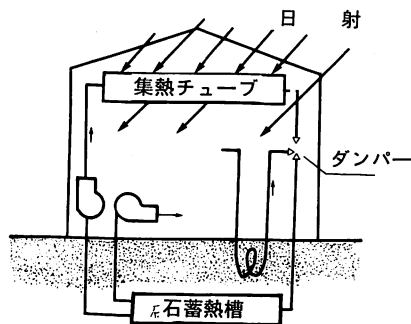


図-1 集・蓄熱用温室

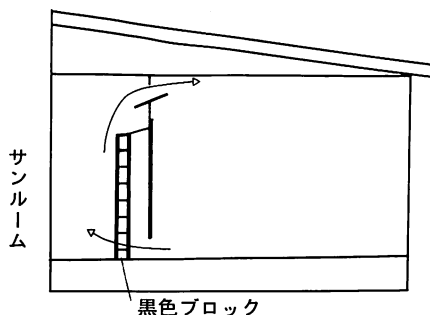


図-2 内部集熱型畜舎の模型

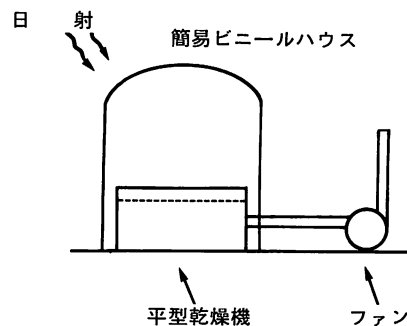


図-3 集熱乾燥機

としては従来の循環型乾燥機の熱源として太陽熱を使用し、ハウスで温めた空気あるいは空気集熱器からの温風を乾燥機に送り込む方式が考えられる。しかし最も簡単で熱効率がよい方法として井上⁴⁾らは図-3のような施設を考えた。これは簡易ビニールハウスの中に平型静置式乾燥機を入れてハウス内に暖気を吸引通風させるものである。試験結果として集熱面積19 m²、風量0.43 m³/sec、外気温に対する上昇度は夏、秋を通じて11℃以上であった。

この施設の問題点はハウス内乾燥機に対する作物の搬入・搬出が機械化しにくいことである。乾燥自体がうまくいっても全行程としてバランスがとれた技術でなければ実用化はむずかしいわけで、農事試験場の作業技術部においては図-4のような施設を試作して実験

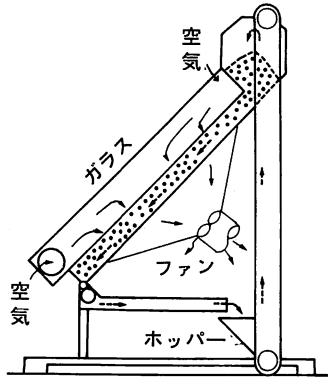


図-4 循環型乾燥機

を始めた。

ホッパーからバケツコンベヤで持ち上げられた被乾燥物は図中黒丸のように乾燥室を流下して再びホッパーに戻り循環する。乾燥室上下面は有孔の板で、特に上面は集熱板になっている。ガラス板を透過した日射は集熱板で熱変換して空気を温め、この温風がファンで引かれて小穴から乾燥室を通過し、乾燥効果を上げる。この型は平型乾燥機に比べて $\frac{1}{3}$ の集熱面積で半分以下の風量にも拘わらず、温度上昇量は 13.6°C と高く、乾燥速度もほぼ同じであった。ただし乾燥量は平型が約 $1,000\text{ kg}$ であるのに対し循環型はその $\frac{1}{2}$ 足らずである。

太陽熱乾燥施設の粗乾燥速度は現在 $1.5\sim 2$ 日であるが、これは農家の収穫作業の流れから考えてまだ長すぎ、刈取日の翌日仕上がりを目標にした乾燥速度の向上と蓄熱利用方式の検討が必要とされている。

2.3 蓄熱方法

ハウスに多く見られる地下蓄熱方式はソーラーコレクターあるいはハウス自体により、集熱されて高温になった空気を図-1のようにファンによって蓄熱部に導入しなければならない。蓄熱資材としては水、土壌、玉石などがあり、水の比熱 $1\text{ (cal/gr}^{\circ}\text{C)}$ で最も熱容量が大きく、岩石類は比熱 0.2 前後で一番小さく、土壌は含水量にしたがって 0.5 前後と考えてよいであろう。

しかし施設と蓄熱手段の簡便さからいえば玉石が一番であり、ファンで蓄熱槽に導入された暖気は玉石の間隙を通りながらこれに熱を与え、夜間は低温のハウス内空気が玉石の間を通りながら熱を受けて昇温し、温室内に還元される。この場合その地域において温室が必要とする熱量と温度、集熱可能な熱量、蓄積すべき熱量と蓄熱資材の熱容量、空気と蓄熱資材との熱交換率、空気の蓄熱槽中の通過量と速度などが計算さ

れ、むだのない効率的施設が設計されなければならない。玉石について竹園らは石層 1 m 間の圧力損失 y (mmAg)と風速 x (m/sec)の関係を $y=50.1x^{1.88}$ と算出している。

蓄熱資材が土壌のときは地下にアルミなどのパイプを配置して空気を循環させることになる。土壌の熱伝導率は約 $0.7\text{ kcal/m}\cdot\text{h}$ で岩石の約 $2\text{ kcal/m}\cdot\text{h}$ に比べて小さいから、空気との接触面積は玉石中の通気の場合に比べて大きくし、空気の循環速度を遅くするなどの配慮が必要になるが、量的なものは計算と実証によって決定されることになる。山本⁹⁾らは床面積 126 m^2 、熱交換パイプとして内径 116 mm のアルミ管 272.2 m 、(地下 50 cm 、間隔 36 cm 、 16 本)パイプ内風速 5.7 m/s とし、日中はパイプ入口から出口にかけて気温が指数曲線的に低下するのに対し、夜間は直線的に上昇することを確かめた。

水式ソーラーコレクターから水槽に蓄熱することは容易であるが、空気から水に蓄熱するのは工夫を要するところである。温められた水は密度が減少し対流によって上層に移動するので、水中に配管するとすれば水底から温めるようにするのが効果的であるが、逆に水から空気に熱を与えるときには水面近くに配管されている方が有利である。このために配管は上下 2 段にするかまたは何段かに蛇行させることが考えられる。

しかし水は熱伝導率が小さいので空気との接触面積を大きくするため、山本⁹⁾らによって向流型熱交換器というものが考えられた。扁平長方形のポリエチレン袋が耐水ベニヤの箱の中に何枚も縦にぶら下げられている。箱の高さは 160 cm 、底面 $50\times 60\text{ cm}$ 、ポリエチレン袋は $57\times 132\text{ cm}$ の大きさで 22 枚 1 組となっている。袋の中を水が薄層をなして全量 60 l/min で流下し、袋の外側を暖気が下から吹き上げて水に熱を与える。温められた水は蓄熱槽に落ち、ポンプにより循環しながら更に昇温する。夜は同じ手続きにより逆に水から空気に熱の伝達が行われ、暖気が温室に送り込まれる。これによる熱交換量は水と空気の温度差が 10°C の場合に $4,300\text{ kcal/hr}$ 、 20°C の場合には $8,250\text{ kcal/hr}$ に達し、二重温室の加温に当たっては外気温 -5°C のとき 20°C の温水があれば 50 m^2 、 30°C の温水で 100 m^2 の温室内を 10°C に保つことが可能であるという。

貯池の水が温められると表面に浮上するため、ポンドの水温はあまり上昇することができない。つまり表面に浮上した暖かい水面から蒸発によって潜熱が失われること、空気に対して伝導、対流により熱を奪われ

ること、あるいは夜間放射などのために、水温はそのときの気象条件によってきまる平衡水温以上には上昇することができない。この平衡水温は水田のように浅い湛水では日中30℃以上になることもまれではないが、1日の平均としては北海道北部で約20℃、九州でもせいぜい26℃くらいである。もし日射で温められた水塊をポンド下層部に止めておくことができれば熱の拡散が抑えられ、水温は高く保たれて大熱量を蓄積することができる。

ソーラーポンドはこのような考えのもとに下層ほど高濃度になるように塩分を溶解し、水温が上昇しても密度が上層より小さくならないように工夫したものである。比較的浅いポンドにおいて日射がポンド底部に達して熱に変換し、下から水を温めるから、水温も下から高くなってここに熱が蓄えられる。下層の塩水が浮上しないためには下層の塩分濃度が15%くらいあれば十分であり、このとき水温の上がる上限は木ノ瀬⁹⁾らの計算によれば東京附近では60℃くらい、イスラエル死海の気候条件では100℃近くになるということである。

当初ソーラーポンドに蓄積された熱の利用方法に困難が予想されたが、木ノ瀬⁹⁾らは下層の温水をポンド外に引き出して熱交換器により淡水に熱を与え、再び塩水をポンドに循環させる方式を考えた。ポンドの下層両端に水平に設置した塩水の取出しパイプと還元水取入れパイプの太さ、スリットの形などを工夫し、上層の非対流層を乱すことなく下層の温水を循環させることができた。

以上は太陽エネルギーを顕熱として集熱・蓄熱した例であるが、潜熱として蓄積・利用する研究が高倉⁹⁾らによって進められている。いま温室内温度を仮に15℃に保ちたいとき、融点が15℃の潜熱蓄熱材が温室内に設置されていれば、日中高温時には蓄熱材が熱を吸収して融解した状態になる。夜間気温が下がって15℃以下になろうとすると蓄熱材は凝固を始めて熱を放出するので室内の温度低下が止むわけである。同様の原理によって室温が15℃以上になろうとすれば融解熱を吸収するから、潜熱蓄熱材は冷房にも利用することができる。この場合温度設定を何度にするかによって蓄熱材が選択されるが、物理的、化学的に安定で毒性がなく、熱容量及び潜熱の大きいものが適することになる。実験では高温用として塩化カルシウム6水塩を、低温用としてはポリエチレングリコールを用い、マイクロコンピューターシステムにより温室の冷暖房を行った。潜熱蓄熱材が有効に動くためには設定温度において過

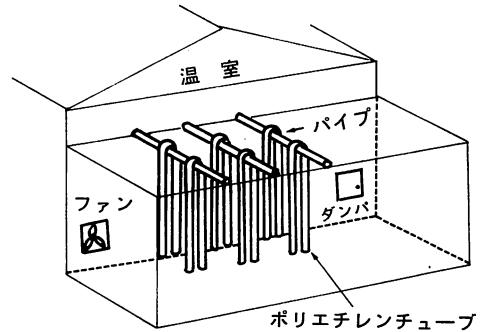


図-5 潜熱蓄熱型温室

冷却などを起こすことなく正確に固液相間の変化が始まり、しかも部分的相分離を起こさず全体に相変化を起こすことが必要である。このため容器の形、大きさ、強度、資材の封入法が重要な課題となっている。容器資材として現在ポリエチレンチューブやパックが用いられ、融点30℃の潜熱蓄熱材により室温15℃を得ることが可能とされる。図-5はこの実験施設の例である。

3 地熱の利用

現在農業において地熱が利用されている例は多くないが、未開発の地熱資源が豊富に存在することは十分期待される。地熱利用には地熱取得地点の探査および取得・利用技術、利用後の温水の地下還元技術が確立されなければならず、木村¹⁰⁾らによって研究が行われている。

土中に種々な形で含まれている放射性物質を指標として熱水の探査を行うため、車載用の地熱位置探査装置を作った。これは幅約100～300mの範囲で²²²Rnの上昇を捕捉するのに²¹⁴Bi/⁴⁰Kを測定し、その異常増から熱水の所在を判定するもので、車速7km/hr、測定間隔30秒が適することを確認した。ただし深層地下水が地層の亀裂を通して上昇する現象を増幅して検証するためにはPb-210の測定が必要であり、このため低エネルギーガンマ線用ゲルマニウム検出器により熱水取得地点の決定と賦存量の確定を旨とする。

わが国の地熱利用においては熱源エネルギーと貯水量が案外少ない所も多いうえ、多くは有害物質を含むので熱源枯渇と環境問題を避けるため熱水使用後はこれを再び地下に還元する必要がある。そこで熱水の取得と還元に伴う諸現象と地下水流動機構を実験施設において調査し、その結果に基づき現場における還元井戸の深さ、設置数、熱水取得井戸との配置関係などを決定しようというわけである。試験によれば高圧注水

の場合ダルシーの透水理論は適用されず、還元水は注水井戸周辺に集中的に拡散するのが見られた。また揚水と同量の熱水を還元するのはむずかしいが、濾過と脱気により湯あか、気泡の発生を防ぐことにより注水能力を著しく高めることができた。

4 水力の利用

水力については河川、水路などいわゆる小水力を使った発電の研究が予定されているが、現在まで行われてきたのは波浪の共振現象を動力源とする研究である。外洋からの波は次第に浅く狭くなる入江に浸入してくると大きくなるから、人口的に湾から陸地に向けて水路を絞ることにより波のエネルギーを集中し波高を拡大することができる。海岸から一定幅をもちある奥ゆきをもつ共振槽を想定し、木ノ瀬らは開口幅 40 cm、奥ゆき 1.5 m の模型によって共振周期の近傍で入射波の約 7 倍の波高が得られることを確かめた。

共振波を灌漑・排水などの動力に利用するためには図-6のようなフラップ型システムが便利である。共振槽開口部にとり付けたフラップが波浪の振動によりフラップ底部を支点としてゆれ動き、共振槽内の波高を増幅する。共振波の高さはフラップの形状により入射波の 5 倍前後まで増幅されるので、共振槽内の水はフラップの反対側隔壁を乗り越えて排除される。共振槽内に河川・排水路などからの淡水を導入する仕組みにしておけば、増幅越波した淡水は高水位で再灌漑に利用することが可能である。同様に干拓地の排水を満潮時に行うことも考えられる。このような内水排除のためには共振槽の水を用水路にではなく、海面より高位にある海への導水路に越流させればよいわけである。

現在実験は大扇形水槽の中に模型を設置して継続中であるが、実用に当たっての位置の選択、施設の工事などに難しさがあると思われる。しかし水源と電力が

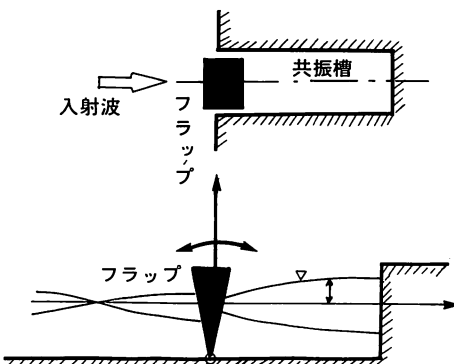


図-6 フラップ型共振槽

乏しくて灌漑期間中排水をせき止めているような、開発途上国に見られる多くの地域において、もしこのような施設が灌漑排水という水循環を可能にするならば、生産技術の進歩に大きく貢献するものと思われる。

5 風力の利用

風力は発電のエネルギー源として各方面で研究されたが、風速の変動が大きいため簡単には安定した電力が得られず、必ずしも成功してはいないようである。これに対して風力を圧力とか熱に変換する場合は広範囲の風速に対応することができ、効率のよい利用が期待される。

風力を動力として利用する研究は川村¹²⁾らによって行われており、プロペラ型風車と油圧ポンプのマッチングを図って安定した圧力変換を行うと共に、増圧器の効率を高めるため油圧システムの改善が行われている。動力利用には増圧された油圧力により油圧シリンダー、油圧モーターが駆動されるが、液体の圧送には 1~2 m の高さにタンクを置き、ここに液体を貯留して使用することもあり、この場合は水の位置のエネルギーとして貯えられることになる。

風車施設はその経済性と強風時の安全性に関し実用上問題があるので、低風速で駆動できるサボニウス型風車と低速度油圧ポンプを用いた安価な油圧変換システムが試作されている。

これに対し泊¹⁴⁾は風力を熱として変換・蓄積し、温室・畜舎の暖房、給湯、乾燥、融雪などに利用する研究を行っている。

地上 18 m の鋼管風車塔に直径 10 m の木製プロペラを装着し、これが風速 10 m 以上になれば、風向に対し直角方向に首を振って風を避ける姿勢制御装置を施した。これらによりコストダウン、騒音の減少、強風時の安全対策が図られた。熱交換ユニットは発熱オリフィス機構、安全機構、オイルタンク水結防止装置からなり、発熱により昇温した油は熱変換器で水に熱を与え、温湯が貯熱槽に貯えられる。熱利用として現在積雪時のミニハウス暖房が考えられているが、このハウスはハウス内地温の利用、雪の反射を含めた日射の有効利用、雪の断熱効果、水蒸気凝結熱の利用等自然エネルギーを最高度利用する方式であり、風力からの補助熱源が有効に活用されるはずである。

6 廃棄物の利用

廃棄物利用としては伴¹⁵⁾らによるもみがらに対する

直接燃焼方式と加熱ガス化式熱発生装置, 山沢¹⁰⁾らによる生化学的処理によるガス回収と利用についての研究がある。

直接燃焼方式ではもみがらなどを一定量空気と混合して炉内へ吹込む供給部, 連続燃焼によって高温を得る燃焼部, この高温から温湯を得る熱交換部, および灰処理部からなっており, これらの適正な規模と配置により 600~800°Cの安定した燃焼状態を得た。このときもみがら燃焼量は 57 kg/hr で熱量換算 171,000 kcal/hr, 得られる温水は約 80°C 昇温して 95~100°C になった熱水が 20 l/min, 従って熱効率は 56% と計算された。熱水は蓄熱槽に貯留され, 温室暖房その他に利用される。また熱交換器上部から蒸気を取り出し, これを更に加熱する蒸気発生装置は圧力 2 kg/cm² の蒸気を約 8 kg/hr 発生させることができた。

廃棄物を有効に利用する立場からすれば, もみがら以外のものでも燃焼させることが望まれるわけで, 枯枝を粉碎, 供給する試験が行われた。しかもみがら用燃焼装置に対しては枯枝を 10 mm 以下に粉碎する必要があり, 粉碎方法, 燃焼方法に工夫を要することが知られた。

加熱ガス化式熱発生装置はもみがらをバケットエレベータで 6 m の高さに運び上げ, ホッパーに落とす。ホッパーからはもみ供給用ロータリーバルブにより一定量ずつガス発生炉に供給されて落下しながら加熱ガス化し, 燃渣は下部から排出される。ガスは発生炉の上部からブロワーで引き出され, 途中タール分離器でクリーンにされた後ガスホルダに貯留される。ガス発生炉の大きさは内径 45 cm, 高さ 270 cm, ガスホルダの貯留量は 21 m³ である。

もみがらの処理量は約 30 kg/hr でガス発生量は 6~11 l/sec, その成分分析の結果によれば N₂:50%, CO₂:10%, O₂:3%, CO:20%, H₂:10% その他 CH₄, C₂H₆, C₂H₄ であった。もみがらガスの平均発熱量は約 1,000 kcal/m³ と計算される。また供試もみがらの揮発分, 固定炭素, 灰分はそれぞれ 61%, 19%, 20% 程度, 燃渣については 5%, 36%, 59% 程度で, 燃渣をなお燃料として活用しうる可能性のあることがわかった。なおこのガスを用いてガスエンジンの始動, 運転が良好に行われ, 発電機を介してモーターによる送風機の運転も可能であった。

ガス回収方式では畜産廃棄物を対象に太陽熱をメタン発生適温維持のための保温熱源とし, 酸発酵, メタン発酵の二相発酵方式メタン回収装置を作ってガスの

回収, 精製を行った。二相発酵方式は発酵槽内の O₂ 濃度を下げることにより畜産廃棄物の大量処理とガスの高生産収率を可能にすることがわかった。すなわち 1 m³ のメタン発酵槽に対し豚ふんの有機物 2.4 kg を供給したとき, 従来法では発酵までに 90 日を要したのが 3~4 日に短縮することができた。また約 16 日間でメタン菌群の馴養を終わり, このとき 500~600 l/day のガス発生を得た。ガスのボンベ充填も 80~120 kg/cm²G まででは現状技術で可能であり, メタンガスを燃料として発電機を回すことに成功している。

メタン発酵においては二次廃棄物の処理に問題が残っていたが, 固形分は肥料にし, 上澄液に対しては, Euphorbia 属の栽培, 光合成細菌, 藻類の培養などにより解決できることがわかり, これによって廃棄物処理のクローズドシステムが形成されることになった。(GEP 56-IV-1-17)

引用文献

- 1) 竹園尊, 天野憲典; 農業機械学会誌 41(2) p.293.(1979)
- 2) 竹園尊, 天野憲典, 池内義則; 農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究, 農林水産技術会議事務局, 昭和 54 年度報告, p.218(1980)
- 3) 竹園尊, 天野憲典, 片山秀策; 同上, 昭和 56 年度報告 (印刷中)
- 4) 井上喬二郎, 唐橋需; 前出 2), p.224
- 5) 農事試験場作業技術第 2 研究室, 穀類及び飼料作物の乾燥, 貯蔵に対する太陽エネルギーの効率的利用技術の開発, (昭 56 年)
- 6) 山本雄二郎, 岡野利明, 青木清, 養原善和; 前出 2), p.230
- 7) 木ノ瀬紘一, 桜井喜十郎; 農業土木試験場報告 19号, p.65(1980)
- 8) 木ノ瀬紘一, 桜井喜十郎; 農業土木試験場報告, 21号 p.203(1981)
- 9) Tadashi Takakura, Hiroshige Nishina; Acta Horticulturae, 115(1980)
- 10) 木村重彦, 川崎宏直, 小前隆美; 前出 3)
- 11) 木ノ瀬紘一, 大西外明, 西村司; 前出 3)
- 12) 川村登, 並河清, 藤浦建史, 浦元信; 農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究, 農林水産技術会議事務局, 昭和 55 年度報告, p.324, (1981)
- 13) 泊功; 地熱総研, 第 27号, (昭和 57 年 1 月)
- 14) 伴敏三, 久保田興太郎, 倉田勇, 猪之奥康治, 鷹尾宏之進; 前出 2) p.312, 及び前出 3)
- 15) 山沢新吾他 13 名; 前出 2), p.138, 前出 12), p.134, 及び前出 3)