

家畜ふん尿は新資源によみがえることができるか

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	原田, 靖生
巻/号	16巻5号
掲載ページ	p. 13-18
発行年月	1993年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



特集 新しい視点でとらえる家畜ふん尿

家畜ふん尿は新資源によみがえることができるか

—資源的視点—

原田 靖生

現在、我が国で1年間に発生する家畜ふん尿の総量は9,000万トンに達すると推定される。その中には膨大な量の養分およびエネルギーが含まれており、資源として利用できるはずである。しかし、現状では家畜ふん尿は必ずしも有効に利用されているとは言えず、環境中に排出されて汚染の原因になることも少なくない。このような環境汚染を防止するためには、家畜ふん尿の資源としての利用促進を図ることが重要である。利用の方策としては、コンポスト、液状コンポストなどの形で農耕地に施用する農業利用、可燃性ガス、燃焼熱、発酵熱、石油様物質などを得るエネルギー利用、加工して家畜に給与する飼料利用、微生物菌体、水生植物、昆虫、魚などを生産するバイオマス生産などが含まれる。このような資源的利用の促進により、我が国での食料、飼料、エネルギーも含めての自給率を向上させ、海外からの輸入量を低減することが根本的な環境汚染防止につながる対策と言えるだろう。

1. はじめに

家畜ふん尿は資源と言えるのだろうか？家畜ふん尿には植物の生育に必要な養分が多く含有されているし、エネルギーも蓄積されている。家畜のふん尿は古くより貴重な肥料として用いられてきたし、インドやアフリカなどの乾燥地帯では、燃料として利用されているところもある。こう考えると、家畜ふん尿は疑いもなく資源であると言えるだろう。しかし、現在の我が国の状況を見ると、家畜ふん尿は必ずしも有効に利用されているとは言えないようである。その結果、環境中に排出されて悪臭や水質汚濁な

ど環境汚染の原因になることも少なくない。このような環境汚染を防止するためには、家畜ふん尿を資源によみがえらせ、利用の促進を図ることが極めて重要である。ここでは、家畜ふん尿を資源として利用するための方策、その問題点などについて考えてみたい。

2. 家畜ふん尿の資源的利用の概要

家畜ふん尿の形状は、畜種、畜舎構造、飼養形態、ふん尿の分離・搬出の方式などによって大きく異なり、利用の方策もそれらの形状によって違ってくる。ふん尿の形状は連続的なものであって明確に区分することはできないが、ここでは便宜的に固形状、スラリー状、液状の3つに区分し¹⁾、それぞれ考えられる利用の方策

Yasuo HARADA: Can animal wastes recycle as new resources?

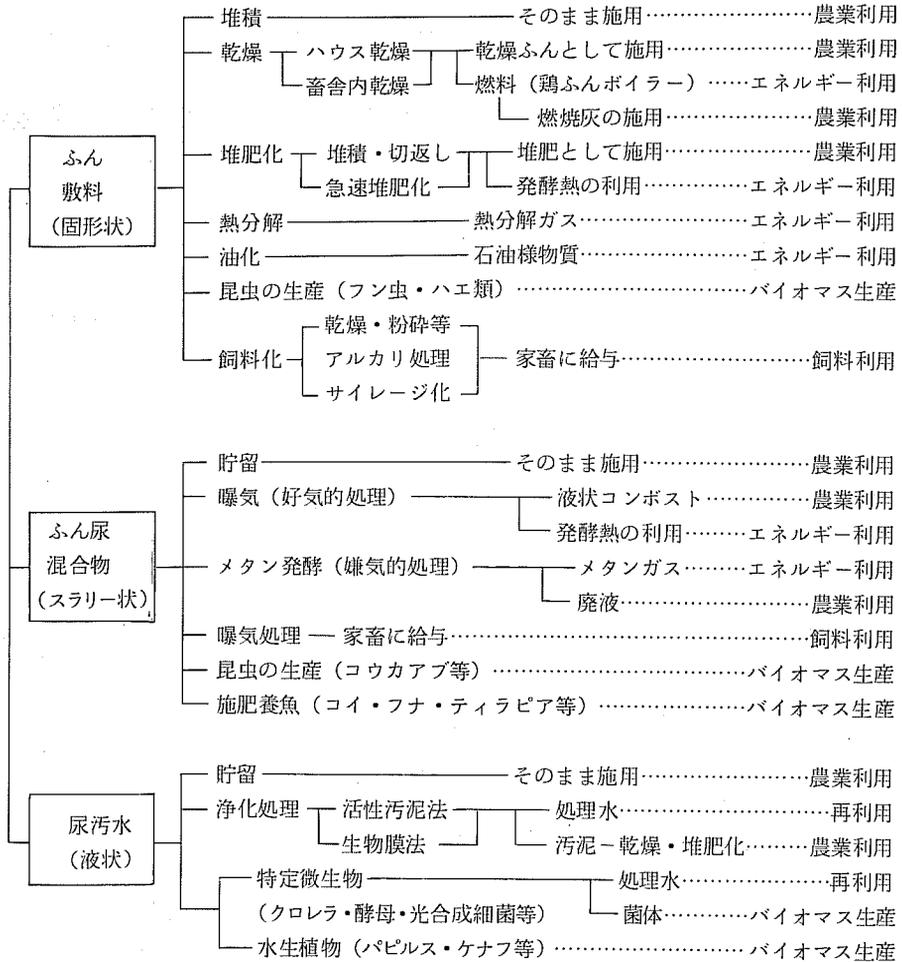


図1 家畜ふん尿の資源的利用方策

を図1に示した。そこには、乾燥ふん、コンポスト、液状コンポストなどの形で農耕地に施用する農業利用、可燃性ガス、燃焼熱、発酵熱、石油様物質などを得るエネルギー利用、加工して家畜に給与する飼料利用、微生物菌体、水生植物、昆虫、魚などを生産するバイオマス生産などの利用方策が含まれる。

3. 農業利用

(1) コンポスト化

家畜ふん尿は窒素、りん酸、カリ、ミネラルなどを多く含み²⁾、肥料成分の供給源として重要であるだけでなく、土壤改良効果もあり、農業にとって有用な資源である。しかし、ふん尿はそのままでは取り扱い性や安全性の点で多くの問題がある。利用するためには適切な処理を行い、病原菌や雑草の種子などを死滅させ、悪臭成分や有害成分を分解し、取り扱いやすく安全な製品にまで加工することが必要であり、コンポスト化は固形物(ふん・敷料)を製品化するための有効な方法である³⁾。

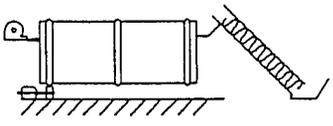
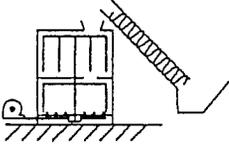
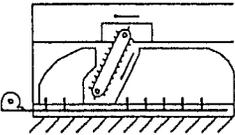
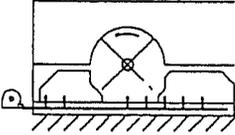
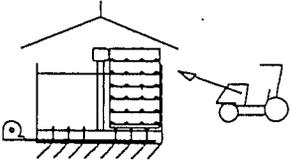
<p>横型回転式発酵槽 (ロータリキルン)</p> 	<p>円筒型の発酵槽が低速で回転して、原料をかかはん混合、移動する。内部に空気を供給するが、乾燥を目的として加温空気を送ることも多い。</p>
<p>縦型発酵槽</p> 	<p>単段から複数段まである。中心部を通る主軸に取り付けたかくはん羽根でかくはんし、空気を送り込む。上部投入、下部取り出し。</p>
<p>横型スクープ式発酵槽</p> 	<p>幅広のチェーンコンベア (スクープ) を移動させながら切り返しを行う。底部から空気を供給する。</p>
<p>横型ロータリ式発酵槽</p> 	<p>耕うん機のロータリ部と同様の機構の切り返し装置で切り返しを行う。空気を供給しない施設が多い。</p>
<p>円型スクープ式発酵槽</p> 	<p>円型の発酵槽で、スクープ式の切り返し装置をエンドレスで回転する。投入は発酵槽の周りからショベルローダなどで行う。発酵槽上部にテントをつり下げ、密閉タイプにすることができる。</p>

図 2 高速コンポスト化の方式⁴⁾

従来のコンポスト化は堆積方式で行われていたため、処理に長い期間を必要としていたが、最近では効率的にコンポスト化を進行させる装置が多く開発されており、それによって処理期間が短縮され、高品質の製品を得ることが可能になった。これらの装置を用いる方式は高速コンポスト化 (High rate composting) と呼ばれている。現在用いられている高速コンポスト化の方式を図 2 に示す。

コンポストの利用をさらに促進するためには、近隣農家ででの利用だけでなく広域流通も可能で

あるような高品質の製品を製造することが重要である。最近の傾向として、とくに取り扱い性の向上の観点から粒状に成型し、袋詰めにして販売される例が多く見られるようになった。今後の方向としては、単に取り扱い性だけでなく、作物の生産にとって真に有効なコンポストを製造し、流通・利用システムを確立することが重要であろう。

しかし、コンポストの国内での流通システムを確立したとしても、対策としては十分でない。膨大な量の窒素が食料・飼料として我が国に持

ち込まれている現状をみると、家畜ふん尿を海外に持ち出すことも根本的な対策の1つとして考える必要があるのではないかと。オランダでは豚ふんから有機質肥料を製造して外国に輸出している企業があるし、我が国でも鶏ふんコンポストを海外に輸出している企業がある。窒素のグローバルな偏在を是正するためにも、このような対策が重要であろう。

(2) 曝気処理（液状コンポスト化）

乳牛の飼養形態においては、スラリー状のふん尿混合物として排出される場合が多い。スラリーは搬送・貯蔵の問題および施用時の悪臭の問題などがあり、流通ルートには乗りにくく、自家利用が基本となる。曝気処理の目的は好気的条件下で有機物を分解し液状化を促進させること、臭気を低減すること、易分解性有機物や生育阻害物質を分解することなどである。

4. エネルギー利用

(1) 直接燃焼

エネルギー利用で最も普及しているのはプロイラー飼育における鶏ふんの直接燃焼による熱利用であろう。それに用いる装置は鶏ふんボイラーと呼ばれている⁵⁾。プロイラーは飼育期間中ふんを床に堆積したままであり、また床暖房するため、鶏舎から排出される時には水分30%以下にまで乾燥している。こうして乾燥したふんは低位発熱量で約2,000kcal/kg以上の発熱量を有しており、直接燃焼させて鶏舎暖房のためのエネルギー源として十分利用できる。また、燃焼灰はりん酸とカリを含む肥料として有効に利用できる。

(2) メタン発酵

スラリー状のふん尿からエネルギーを回収・利用する技術としては、メタン発酵が知られている。メタン発酵は古くから行われてきた技術であり、比較的簡単な施設で可燃性のガスを得ることのできる有効な方法である。発生したメタンガスは純メタン (C₂H₆) を60%前後含み、

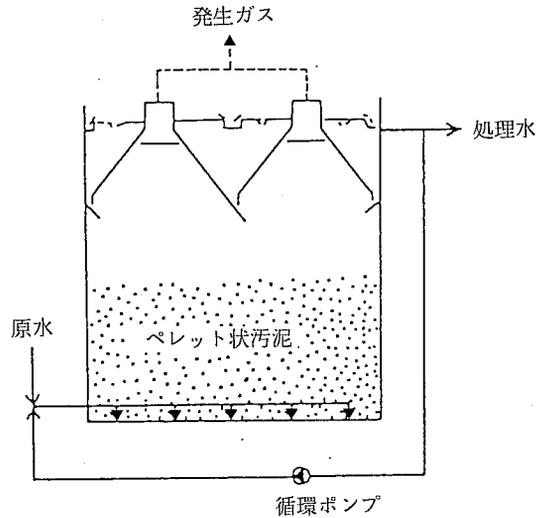


図3 UASB反応器の構造⁷⁾

残り40%の大部分は二酸化炭素である。発熱量は約6,000kcal/m³であり、都市ガスの代替燃料となることはもちろん、エンジンや発電など広範囲のエネルギー源として利用できる⁶⁾。

メタン発酵技術に関しては多くの研究が実施されており、最近では、UASB方式 (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) という極めて効率の高い方式が開発されている (図3)。この方式が家畜ふん尿に応用できるかどうかは明らかではないが、検討する価値はあるであろう。

畜産農家においてメタン発酵を行う場合、最も問題となるのは廃液の処理である。酪農のような草地・飼料畑を有する経営形態では廃液の施用が可能のためメタン発酵を導入できるが、農地を持たない畜産経営においてはメタン発酵は有利な処理・利用方式とは言い難い。もう一つの問題点は、温度が低くなるとガス発生量が低下することである。つまり、エネルギーを最も必要とする冬期に十分なガスが得られないということも、我が国でのメタン発酵の普及にとって大きな問題となっている。

(3) 熱分解

乾燥した家畜ふんを高温下 (600~800℃) で熱分解し、可燃性の熱分解ガスを得る方法であり、市販の装置もある。ガスの収量は乾燥ふん

1 kg当たり300~800 ℓであり、一酸化炭素を主成分とし、1,000~3,000 kcalの発熱量がある。問題点としては、ふんの乾燥が必要なこと、一酸化炭素の有毒性、ガスの発熱量が低いこと、タールの処理が困難なことなどがある。

(4) 油化

高温高压下で一酸化炭素と水蒸気を使って水素添加を行い、石油様物質を得る実験がアメリカでなされた⁸⁾。この実験では、水分60%の牛ふんを用い、380℃、408気圧の条件で20分間反応させ、収率47%で石油様物質が得られているが実用化には至っていない。

最近、我が国においても下水汚泥の油化技術の研究が行われ、汚泥油化連続処理システムが開発された(図4)。得られた油の発熱量は約8,000 kcal/kgあり、重油ほどではないが燃料として十分使用可能なエネルギーを有している。この技術は家畜ふんにも適用可能と考えられる。

これら油化技術の有利な点は、原料を水分の高いまま使用できるので、乾燥のためのコストが不要になることである。

5. 飼料利用

ふん尿を家畜に再給与する研究が、アメリカ

において多く行われた。飼料利用の場合にも、あらかじめ何らかの処理を行って、家畜に対する嗜好性の向上、栄養素の回収率の向上、病原菌の死滅など安全性の向上、臭気の改善などを図る必要がある。処理方法としては、乾燥・粉碎、消化率を向上させるためのアルカリ処理、サイレージ化などがある。また、豚のふん尿を酸化溝法によって好氣的に処理し、酸化溝内の液状物を豚に給与する試験についても報告されている。

しかし、これらの方法は臭気の除去や嗜好性の向上には効果があるものの、栄養価を向上させる効果はあまり期待できないと考えられている¹⁰⁾。

6. バイオマス生産

(1) 藻類・微生物菌体の生産

緑藻類(クロレラなど)、光合成細菌、酵母などの微生物は汚水の浄化に役立つと同時に、その菌体は蛋白質含量が高く栄養的に優れている。そこで、これらを用いて畜舎汚水を処理し、増殖した菌体を回収し、家畜や魚介類の飼餌料として利用することが可能である。ただし、これらの実用化に当たってはいくつかの問題点が

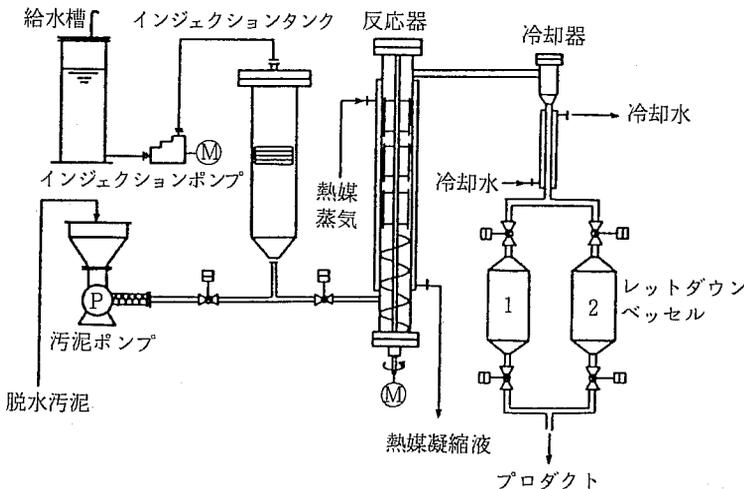


図4 汚泥油化連続処理システムの概略のフロー⁸⁾

ある。たとえば、純粋培養が困難なこと、菌体の回収が困難なことである。実用化を進めるためには、菌体のより簡易な回収・利用の方法、さらに培養が容易で、回収しやすい微生物の探索などの研究が重要である。

(2) 水生植物の生産

植物と濾材を組み合わせた污水浄化システム（バイオジオフィルター）を用いて農村集落排水などを浄化し、合わせて工芸作物や花卉などを生産する研究が進められている¹¹⁾。これまでの研究の結果、パピルス、ケナフなどの植物が窒素・りん除去能力が高く、バイオマス生産量も多いことが明らかになった。ただし、畜舎污水が農村集落排水などと根本的に異なるのは、窒素・りんなどの濃度が桁違いに高いことである。水生植物を用いて畜舎污水を放流できるほどまでに浄化することは恐らく困難であろうが、バイオマス生産という観点に立てば有効な方策といえるだろう。

(3) 昆虫の生産

フン虫やハエ・アブのような昆虫は家畜ふんを好んで食べることが知られている。これらの昆虫は、一般的には衛生害虫として嫌われているが、タンパク質など多くの有用成分を含んでおり、見方を変えれば利用可能なバイオマスである。家畜ふんを餌としてこれらの昆虫を大量生産し、家畜の飼料や食品として利用しようという研究が進められている¹²⁾。これらの昆虫はタンパク含量が高く栄養価に富んでいるが、それだけでなく酵素、抗菌物質、生理活性物質などを含んでおり、様々な利用法が考えられる。しかし、このような観点からの研究はごく最近始められたばかりであり、未知の分野である。今後、基礎的な研究の積み上げが必要であろう。

7. おわりに

家畜ふん尿の利用技術のうち農業利用は最も現実的な利用法であり、ふん尿を有機資材に加工して農業利用を促進することが極めて重要で

ある。しかし、我が国でのふん尿の発生量と農耕地面積から計算すると、ふん尿すべてを農耕地に施用するのは困難なことと考えられる。現在のところ、農業利用以外の利用技術は実用化されていないものが多いが、ここで述べてきたような変換・利用技術を確立し、農耕地以外の場面での利用を促進することも重要であろう。こうして、我が国での食料、飼料、エネルギーも含めての自給率を向上させ、海外からの輸入量を低減することが根本的な環境汚染防止につながる対策と言えるだろう。

（農業研究センター プロジェクト研究第6チーム長）

引用文献

- 1) 原田靖生(1985)畜産業と水質汚染、肥料、45 : 57~63
- 2) 農林水産省草地試験場(1983)家畜ふん尿処理利用研究会会議資料 : 60~61
- 3) 原田靖生(1990)畜産廃棄物のコンポスト化、圃場と土壌、No256 : 57~66
- 4) 西村 洋(1991)マニユア・コントロール（資源としての牛糞尿処理と利活用） : 146~152
- 5) 吉田修作(1981)鶏糞ボイラーの利用と実際、養鶏の友、229 : 13~19
- 6) 羽賀清典(1982)家畜ふん尿の再利用、日獣会誌、35 : 377~387
- 7) 依田元之(1991)我が国におけるU A S B法の利用動向、第18回日本水質汚濁研究協会セミナー講演資料集 : 40~51
- 8) H.R.Appell *et al.*(1972) Agric.Eng.,53 : 17~19
- 9) 伊藤新治 他(1991)下水汚泥の油化技術、紙パ技協誌、45 (3) : 36~42
- 10) 亀岡喧一(1980)家畜排泄物の飼料利用、世界の畜産、48
- 11) 尾崎保夫(1992)バイオジオフィルターによる高付加価値型水質浄化、つくば研究支援センター会報、19
- 12) 早川博文(1991)昆虫による畜産廃棄物の有用物質への変換、生研機構、Brain No.20 : 42~55