

循環する資源としての家畜排せつ物



目 次

1. 家畜排せつ物の現状	1
(1) 発生状況および問題点	1
1) 近年畜産業の成り立ちと排せつ物問題	1
2) 家畜排せつ物の農業への利用	1
<コラム①：南部曲り家>	1
3) 家畜排せつ物の量とその蓄積	2
(2) 処理・利用の現状	3
1) 処理・利用を促進する制度	3
2) 処理・利用の方法と施設	3
3) 欧米の状況	4
2. 研究開発の内容と成果	5
(1) 環境への影響を低減化するための技術開発	5
(2) 資源としての有効利用を目指した技術開発	5
1) 堆肥化・液肥利用技術	5
<コラム②：堆肥利用についての農業者の意向>	9
2) エネルギー化技術	10
<コラム③：八木バイオエコロジーセンター>	11
(3) 開発技術の収支分析（バイオガスシステムの例）	11
3. 解決すべき課題と今後の取組方向	13

1. 家畜排せつ物の現状

(1) 発生状況および問題点

1) 近年畜産業の成り立ちと排せつ物問題

わが国の畜産業は、1960年頃より農業の近代化が図られる中で、将来に向かって発展させる政策のひとつとして、当時の経済の高度成長に伴う食生活の洋風化とともに急速に生産量を拡大して行きました。この目覚ましい発展の一方で、わが国の畜産業は自分の耕地で家畜のエサを作らず、その多くを海外からの輸入に依存する加工型畜産がその主流を占めるようになりました。その結果として、飼料自給率の低下に加え、本来農地に還元すべき大量の家畜糞尿を抱えるようになり、畜産公害と呼ばれる深刻な問題を引き起こすことになりました。ちなみに、この間に昭和40年度（1965年）には54.6%あったわが国の純国内飼料自給率（カロリーベース）は、平成11年度（1999年）には24.3%にまで低下しています。

このため、1970年頃には糞尿の処理をめぐって、悪臭の問題や川や湖沼の汚染の問題、すなわち公害問題の一つとして取り上げられるようになりました。その後、1980年代から1990年代にかけての農産物の輸入自由化の進行につれて、わが国の畜産業も国際価格との競争のために一層のコスト削減を迫られ、輸入飼料への依存がますます進むとともに農家当たりの飼養頭数が拡大することになりました。このため、糞尿の排せつ量の増加に処理の能力が追いつかない状況が各地で発生し、糞尿処理はわが国の畜産業が抱える大

きな問題として残ったまま今日に至っています。また、現在では、従来の悪臭・水質汚濁といった問題に加えて、野積み、素掘りに起因する硝酸性窒素による地下水汚染、病原性微生物の水道水源汚染といった人の健康に直接影響を及ぼしかねない問題も懸念されてきています。

2) 家畜排せつ物の農業への利用

わが国農業において、牛馬は古くから農耕労働力として農家に利用されてきただけでなく、農閑期にはワラや里山から集めてきた落ち葉を糞尿と共に踏み込ませることにより良質な堆肥を生産することにも利用されていました。この様な時代の糞尿は、廃棄物として扱われることはなく、むしろ貴重な生産資源でした。こうした糞尿を資源として循環させる有機的な農業は、その後の化学肥料の開発に伴い影を潜めてしまいました。

一方、多くの開発途上国では、家畜の糞尿は依然として貴重な肥料・燃料源であるとともに、先進諸国における環境に配慮した持続型農業では、化学肥料の代替として重要な有機資源として位置付けられています。たとえば、EU諸国中で面積当たりの家畜頭数が最も多いオランダでは、「ミネラル管理政策（第1段階：1987-1990、第2段階：1990-1998）」により化学肥料の施用量を20%削減することに成功しています。さらに、1998年から開始された政策の第3段階では、窒素とリン酸塩の需給のバランスを取ること为目标としています。

コラム①

南部曲り家（なんぶまがりや）

岩手県には、「南部曲り家」という古い住宅様式があります。水稻や雑穀の栽培を中心とする農村社会では、牛や馬を貴重な労働力として大切にする生活意識が形成され、人と家畜が同じ棟に住む住宅が普及しました。住宅の一角では、家畜糞尿から堆肥も作られ、農地に還元されていました。

写真は、岩手県立博物館構内に復元展示されている南部曲り家で、19世紀後期のものです。



国指定重要文化財
旧佐々木家住宅（南部曲り家）
[写真撮影：高橋智氏（もりおか歴史の記憶探求館ホームページより）]

3) 家畜排せつ物の量とその蓄積

家畜糞尿を農業用資源という視点で捉える時、糞尿の発生量とそれを利用する田や畑の面積およびその単位面積当たりの最大利用可能量が問題となります。現在、わが国で1年間に排せつされる家畜の糞尿は9,441万トンで、その内訳は、乳用牛3,099万トン、肉用牛2,618万トン、豚2,255万トン、採卵鶏828万トンおよびブロイラー642万トンとなっています（平成11年度）。一方、平成11年度の国内での飼料作物の収穫量は3,944万トンであり、その他に飼料用として稲ワラが109万トン利用されているのに対して、1,642万トンの穀物飼料と255万トンの粗飼料が海外から輸入されています。その結果、前述したようにわが国の飼料自給率（可消化養分量換算）は、25%前後となっています。

これを窒素量に換算して、わが国の農耕地で利用するとすると、全国平均では146kg/ha/年となります。地下水の硝酸性窒素濃度を10ppm以下にするために許容される窒素施肥量の上限はおよそ250kg/haです

から、平均的に見ると大多数の都道府県では上限以下となります。しかし、畜産業の盛んな地域で見ると糞尿発生量が耕地面積で許容できる量を超えている県も少なくありません（図1）。

この過剰な窒素は、わが国の土壌、水質や生態系に悪影響を及ぼす恐れがあります。また、海外から飼料や農産物を輸入するということは、間接的に相手国の耕地土壌や水を輸入することであり、世界的な規模での環境問題として、顕在化する可能性があります。

また、化学肥料としての窒素施肥量も全国平均で約100kg/ha/年（平成12年）ですから、この分を加算するとわが国全体の平均として上限値に達しているという状況です。

いずれにしても、わが国および関係諸国において、資源を適正に循環させ持続的な食料の確保を目指すためには、可能な限り国内での自給態勢を確立することが重要です。とりわけ家畜糞尿の問題解決の基本として、飼料自給率の向上が不可欠の課題となっています。

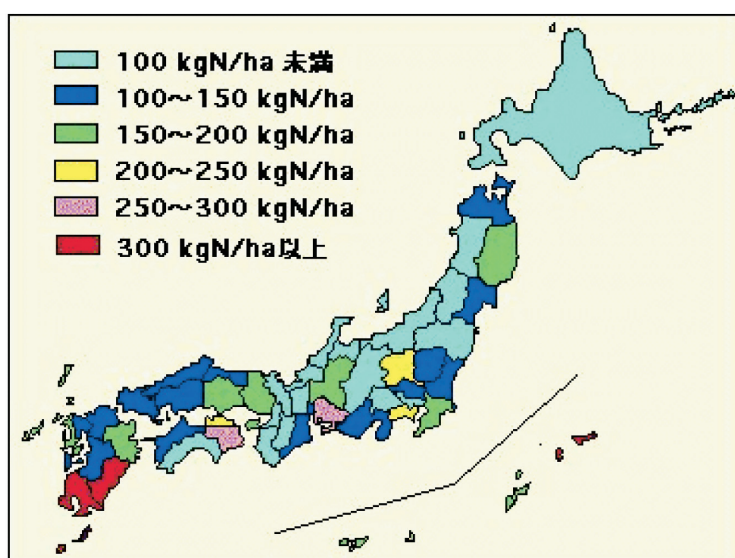


図1 延べ耕地面積当たりの家畜糞尿窒素負荷量

[独立行政法人 農業技術研究機構中央農業総合研究センターホームページより]

(2) 処理・利用の現状

1) 処理・利用を促進する制度

平成11年に制定された「食料・農業・農村基本法」の下で、食料自給率の向上、農業の自然循環機能の維持・増進等の新たな政策が進められる中で「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律（家畜排泄物法）」、「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」等の環境保全型農業の推進に関わる法律が制定されました。これらの法律の目的は、家畜排せつ物の管理適正化と利用促進を通じた環境保全型農業の実現にあります。

「家畜排泄物法」の要点は、以下のとおりです。

[管理の適正化]

- ア. 農林水産大臣による家畜排せつ物の処理・保管施設の構造基準等を内容とする管理基準の策定
- イ. 畜産業を営むものによる管理基準に則した家畜排せつ物の管理
- ウ. 都道府県知事による必要な指導・助言、勧告・命令（一定の規模以下のものを除く）の実施

[利用の促進]

- ア. 農林水産大臣による家畜排せつ物利用の促進のための基本方針の策定
- イ. 都道府県による地域の实情に即応した施設整備の目標等を内容とした計画の作成、およびそのための金融上の支援措置

さらにこの法律では、研究開発に関して「国および都道府県は、家畜排せつ物の堆肥化その他利用の促進に必要な技術の向上を図るため、技術の研究を促進し、その成果の普及に努めるものとする（第12条）」とされており、新たな技術開発に大きな期待が寄せられています。

2) 処理・利用の方法と施設

農地への還元を目途とした家畜糞尿の処理法としては、畜種別に図2に示したものがあります。

乳牛では、①糞尿混合に水分調整材（敷料、戻し堆肥含む）を入れて堆肥化、②糞と尿を分離して、糞は堆肥化、尿は液肥、③糞尿混合で液肥化の3方式が主になります。肉用牛では、一般的に敷料を多量に用いる踏み込み式畜舎であり、ほとんど堆肥化です。

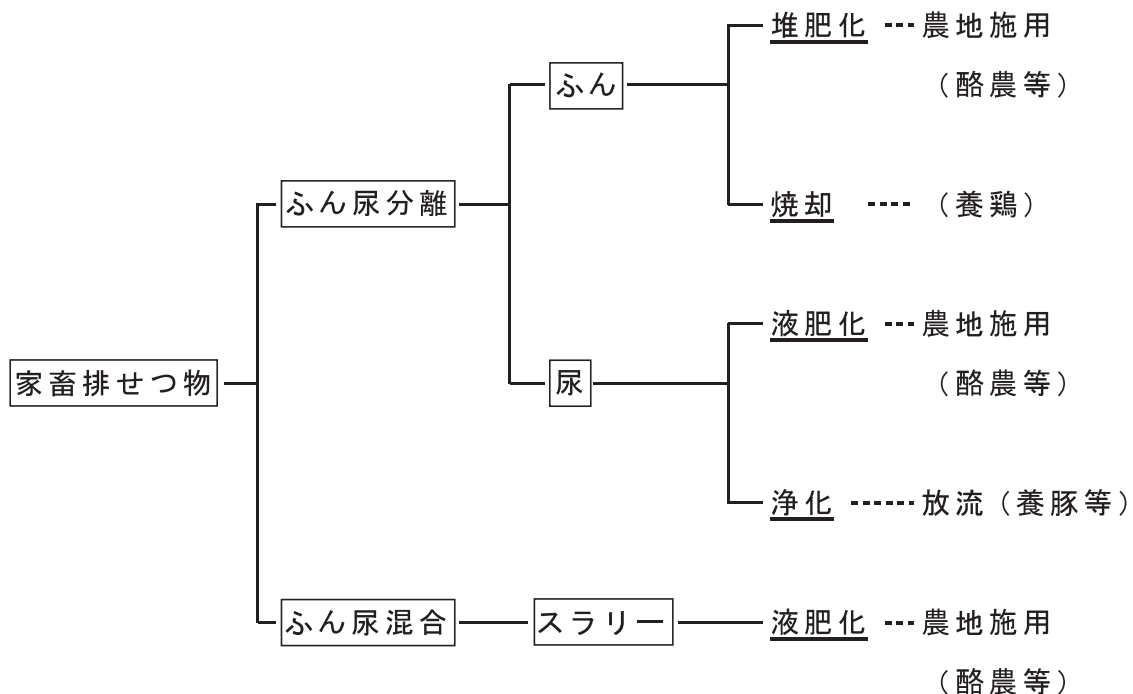


図2 家畜排せつ物の処理方法

豚では、①糞尿混合で堆肥化、②個液分離後固形分を堆肥化、液分を液肥化もしくは浄化後に河川放流というのがおもな方法です。

また、鶏・ブロイラでは糞尿混合で排せつされ、牛・豚に比較して水分が低いため液肥処理されることはなく、全量堆肥として利用されるか、あるいは焼却になります。

「家畜排泄物法」では、平成12年度から平成16年10月までの5年間に野積みや素掘り等の不適切な管理を解消することになっています。このために都道府県毎に計画的に施設整備が行われており、堆肥舎を中心に、生ゴミ混合処理、バイオガス発電後の堆肥化など年間5,000件から6,000件のペースで様々な施設が整備されています。具体的には、牛では堆肥盤（糞を置くためのコンクリート床、シートを掛けて雨水浸入を防ぎ発酵を促進）、堆肥舎（堆肥盤に屋根が架かったもの）、また尿を貯留する施設の整備件数が多く、豚では、堆肥舎や攪拌発酵施設、尿の貯留施設の整備が多くなっています。

処理施設の整備に関する畜産農家の声としては、「建設費が高い」「処理能力が足りない」等があげられており、家畜糞尿の適切処理を促進するためには、技術開発による低コスト化や高能力化が求められています。また、今後糞尿利用を促進するためには、田や畑を耕す農家と畜産農家との連携協力が不可欠であり、窒素負荷量の地域間のアンバランスを解消するためには堆肥の広域流通も必要となります。このために堆肥の低価格化、品質・成分の評価法および安定化法、ハンドリング・運搬法、さらには農地への施用法の開発など利用する農家の側に立った技術開発も重要です。

以上のような堆肥化等による農地への還元を中心とする処理方法のみでは、限られた面積の農地を考えると、窒素の過剰蓄積問題を解決するためには十分ではありません。このため、家畜糞尿をバイオマス資源のひとつとして位置づけ、メタン発酵等によりエネルギーを回収するための低コストで環境負荷が低い技術の開発が重要となります。

3) 欧米の状況

家畜糞尿の問題は、わが国に限った問題ではありません。EU諸国では、わが国に先立つ形で畜産環境からの汚水流出が主な原因となって地下水汚染や海水の富栄養化等の環境問題が発生しました。このためEU委員会では、1991年に、加盟国が地下水の窒素濃度の高い地域を環境脆弱地域として指定し、①家畜排せつ物の散布時期の制限、②家畜排せつ物処理施設設置の義務化、③家畜排せつ物の散布上限量の設定（当初の4年間は210kg/ha/年、その後は170kg/ha/年）等を内容とする行動計画を策定し、1999年12月までに段階的に改善を図ってきました。特に、オランダの「ミネラル管理政策」では、糞尿処理、処理物の施用量、施用時期、施用法等に厳しい規制がある一方で、アミノ酸添加の低蛋白質飼料やフィターゼ添加の低リン飼料の給与等、窒素やリンの排せつ量を削減するような環境にやさしい飼養法を採用している農家に対しては、課徴金の低減や、飼養頭数の制限を緩める措置等の政策的誘導も行われています。また、糞尿のエネルギー化への取り組みとして、英国では鶏糞を燃料とする発電所が1992年7月から稼働しています。

わが国やEUに比べて、国土が広いアメリカ合衆国でも畜産に対する規制が強まる傾向にあります。連邦政府では水質保全法に基づき、1,000家畜単位（成牛1頭がほぼ1家畜単位）以上の大規模畜産経営体に対して水質保全の遵守を条件とする経営許可の取得を義務づけています。また、1,000家畜単位以下の経営体に対しても、各州が最適管理手法を実施するように求めています。さらに、州政府においては地域の実情を踏まえて連邦政府の水質保全法より厳しい規制を設けることが出来ることとされており、1995年に大規模養豚場の糞尿貯留施設が豪雨により決壊し、大規模な河川汚染を引き起こしたノースカロライナ州では、1997年3月から1999年9月まで養豚場の新設を禁止する措置がとられました。

2. 研究開発の内容と成果

「家畜排泄物法」が「管理の適正化」と「利用の促進」の二つの項目を強調しているように、家畜糞尿には、環境に悪影響を与える材料という視点と、十分な利用が図られていない資源という視点の二面性があります。この二つの視点はそのまま研究開発による解決を求められている問題点でもあり、①環境への影響を低減化するための技術開発、②資源としての有効利用を目指した技術開発が取り組むべき重要な研究テーマです。

このため、現在これらの研究テーマについて、様々

な角度からの取組がなされています。また、取組のレベルも、農家レベル、研究者レベル、民間の個別技術開発レベル、地方自治体のシステム開発レベルと様々です。ここでは、これらの研究の概要を紹介します。

(1) 環境への影響を低減化するための技術開発

畜産業に寄せられる苦情の多くは、家畜糞尿による悪臭と水質汚濁の問題です。特に水質については、地下水汚染、病原性微生物発生につながる恐れもあり、十分な対策が必要とされています。それらの問題に対する技術について整理すると表1のようになります。

表1 家畜糞尿問題軽減化技術

対応問題	技術	技術の概要	備考（経費など）
悪臭防止技術	紫外線光触媒脱臭	光触媒が紫外線の照射により強い酸化力を発揮することを利用したシステム。箱状の装置下部から臭気ガスを取り込み、触媒吸着材と紫外線ランプを多段に組み込んだ装置内を上向きに通過させ脱臭する。	処理風量60m ³ /分速で本体約900万円、処理風量6m ³ /分速で本体約80万円（実績15台以上）
	ロックウール脱臭	微生物を固定化したロックウール中に臭気ガスを通過させ無臭化させる生物脱臭法のひとつ。脱臭槽を半地下にすることによって、寒地でも微生物活性を維持。	ロックウール高2.2mで200ppmのアンモニアガスの無臭化（実績6カ所以上）
	土壌脱臭	玉石、砂、土を層状に重ねた土槽に下から臭気ガスを送り、土壌の吸着能力と土壌微生物により脱臭する方式	装置は送風機のみで廉価
	微生物脱臭	円筒形を横にしたタンクの下半分には脱臭菌の液層があり、その上部の空間を通過する臭気ガスにポンプで菌液をシャワー状に散布する方式	菌液槽、脱臭槽約16m ³ 、送気2m ³ 、1160ppmアンモニアガスを99.9%除去
排水浄化処理、脱色技術	活性汚泥法	活性汚泥微生物層に汚水を循環させることによる浄化法	豚150頭規模で約2500万円、様々な形式のものが数多く普及
	生物膜法	発泡コンクリートに微生物を着床させ尿汚水中の窒素、リンを除去する方式	年間1割の濾材の補充が必要、窒素75%、リン95%除去

(2) 資源としての有効利用を目指した技術開発

1) 堆肥化・液肥利用技術

堆肥化では、まず、耕種農家の利用に適した高品質堆肥の生産が必要です。そのためには、肥料成分の安定化とその表示、作物に対する安全性の確保、不快臭の除去、取り扱い性の向上等が求められます。現在、各種の堆肥発酵装置が開発されていますが、一般にインシヤルコストもランニングコストも高く、それらの

低減化が課題です。そして、地域としての循環システムを構築するために、農業以外にも、例えば街路樹や家庭菜園までの利用を促進すべきと思われます。その際、家庭から出る生ゴミや食品製造残渣などを含め、地域で発生する有機性廃棄物の総合的な利用を念頭に置く必要があります。

ところで、堆肥化施設の大きな問題のひとつに、悪臭の問題があります。悪臭防止対策として前述したよ

うに技術的にはかなり解決が図られていますが、一般的に装置のコストが高く、時には脱臭装置そのものが本体の堆肥化施設に匹敵するほど高額になるので、その低コスト化が大きな課題です。また、アンモニアの飛散は酸性雨の原因物質との見方もあり、その視点からの対策も今後重要となってくるものと考えられます。

液肥の問題はさらに重要で、その適切な処理法の開発は喫緊の課題です。液肥に関しては、長距離輸送に向かず、流通に乗りにくいという欠点があります。また、わが国の農業の特徴である水田に液肥を投入する

ことは、排水に際し河川を汚染する恐れからほとんど行われてきませんでした。最近、水田における飼料イネの栽培が増えており、液肥の利用に向けた取り組みも見られるようになりましたが、今後液肥の利用拡大を図るためには、水田を含む農耕地を確保すること、あるいは閉鎖的な水管理技術を開発することが課題となっています。

堆肥化および液肥の処理に関する最近の技術とその概要を表2に、またそれらの技術が抱える問題点とそれを解決するための研究開発についてのまとめを表3に示します。



通気式堆肥舎（有限会社 国分農場（福島県））

[写真提供：畜産環境整備機構畜産環境技術研究所]

表2 堆肥化・液肥利用技術

対応問題	技術	技術の概要	備考（経費など）
堆肥化 [堆肥製造]	密閉縦型発酵装置	エレベータ式投入装置で原料糞を上から投入、混合・攪拌しながら下部へ移動する間に発酵。熱効率もよく、数日で一次発酵を終了。密閉型なので臭気対策が容易。	初期投資、運転経費ともかかるが、敷地面積が最も少なく済むことから、最近とくに普及。
	円形スクープ式発酵装置	外周部から投入した糞を、攪拌しながら徐々に中心部へ移動。発酵終了後、中央部から取り出す。装置中の堆肥により水分調整されるので、原料糞をそのまま投入可能。面積が小さいので、シートで覆って吸引すれば臭気対策容易。	密閉縦型発酵装置に次いで敷地面積を要さない。しかし、初期投資、運転経費とも密閉式より高価。
	開放直線型発酵装置	機械攪拌式では最も一般的。ロータリー式とスクープ式がある。水分調整した原料糞を一端から投入し、他端から取り出す方式。臭気対策が困難だが、投入側から吸引すればある程度臭気が軽減。	長大な敷地と建屋が必要。故障が比較的少ないので、自動切返し式の堆肥発酵装置としては最も普及。
	堆肥クレーンシステム	原料糞を水分調整し投入ピットに落とすだけで、クレーンが自動的に切り返しを行う。草地試験場（現畜産草地研究所）が開発。	つかみ上げて他のピットに落とすだけなので、動力が軽減できる。那須地域の一部の酪農家が導入。
	通気式堆肥舎（前頁の写真）	ショベルローダーなどで前面から切り返す方式。発酵促進のため、床面から通気。前面をカーテンで密閉すれば臭気対策も可能。	初期投資、運転経費が安価であるが、労力がかかる。最も一般的な堆肥化施設。
	簡易式堆肥化システム	水分調整した原料糞をメッシュバッグや通気性の良いコンテナに詰めて積み上げ、定期的に積み替えることで切り返し効果を出す。腐熟後はそのまま製品として出荷。屋根またはシート等の雨水対策と搾汁対策が必要。	堆積場所さえあれば最も安価。耕種農家側でもできる。大規模園芸地帯などへの流通システムとして一部導入。
	ペレット堆肥	ペレット化により、減容化、機械使用が可能。ペレットの粒径調整、不足養分の混合により、品質の向上が期待できる。	乾燥、粉碎等の工程が不可欠。10円/kg以上のコスト増。肥料価値の高い鶏糞等では一部導入。
[成分評価]	簡易成分分析	近赤外分光分析法は迅速・簡易な測定が可能。窒素以外の成分については精度不十分。土壌成分簡易分析法では、不特定堆肥のN、P、K分析が可能であるが労力がかかる。	民間による分析は高額。近赤外分光分析計は、同一堆肥化施設の製品の成分変動のチェックには使用可能。
	簡易腐熟度判定法	近赤外分光分析法で易分解性有機物の指標としてのBODを測定。幼植物の簡易栽培試験法についても確立されつつある。原料、発酵温度等の情報を総合評価することにより腐熟度判定。	近赤外分光分析計の整備は進んでおり、幼植物簡易栽培試験装置も民間と共同で開発。
[流通]	流通ネットワークシステム	各地方農政局等が中心となり、都道府県毎の堆肥需給者リストが整備。現在、これらに堆肥の品質を加える方向で進んでいる。	圃場の土壌診断と、堆肥の成分・腐熟度分析及びそれらを結びつける指導者の連携体制が重要。
[調整]	生ゴミとの混合堆肥化	窒素が多い家畜糞に生ゴミを混合することにより、バランスがとれ堆肥化が促進。不純物除去や混合堆肥の利用法等が課題。	地域有機質資源のリサイクルということで、自治体の主導性重要。住民の理解と、堆肥利用に有効。
液肥利用	臭気除去・腐熟促進	スラリーの臭気除去には曝気が最も効果的。スラリーの濃度が高い場合にも、曝気により易分解性有機物の発熱分解が促進。	電気代が必要。曝気は臭気が無くなるまで。その後も好気性が保てる程度に行う必要がある。
	浅層型スラリーインジェクター	土中10cm程度の浅層にスラリーを注入する作業機。大気への臭気物質の揮散と汚染成分の地下浸透を極力抑え、作物に有効。	機械的に故障し易い部分があったが、改良が重ねられ、実証段階に近づいている。

[独立行政法人 農業技術研究機構畜産草地研究所 代永通裕氏作成]

表3 堆肥化・液肥利用技術の問題点と必要とされる技術開発

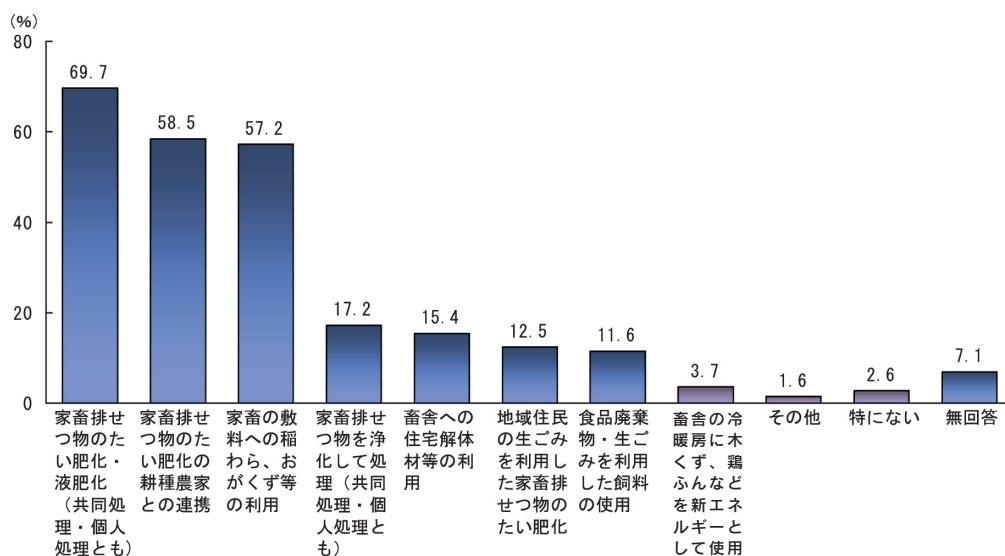
問題点	解決のために必要な技術・研究
<p>【堆肥化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・成分および腐熟度の安定性 ・堆肥利用の促進 ・堆肥発酵装置等の低コスト化 <p>【液肥利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・曝気処理の低コスト化 ・液肥利用の促進 	<ul style="list-style-type: none"> ・堆肥成分および腐熟度の簡易測定法の確立 ・堆肥成分および腐熟度の不安定要因の解明 ・作物別成分調整堆肥の開発 ・流通ネットワークシステムの成立条件解明 ・簡易堆肥化システムの開発・改良 ・他の廃棄物との混合処理による腐熟促進 ・安価な水分調整資材の開発 ・糞尿の量を少なくするための飼養管理技術 ・エゼクタ方式（空気吸引式ポンプを使用）など高効率曝気技術の開発 ・風力、太陽電池等自然エネルギーの利用技術の開発 ・液肥の安全性向上技術（病原菌、混入雑草種子等の排除）

堆肥利用についての農業者の意向

◆農業・畜産業生産における資源循環への取組についての意向（農業者）

－家畜排せつ物の堆肥化が7割程度、耕種農家との連携、稲わら等を敷料に利用がそれぞれ6割程度－

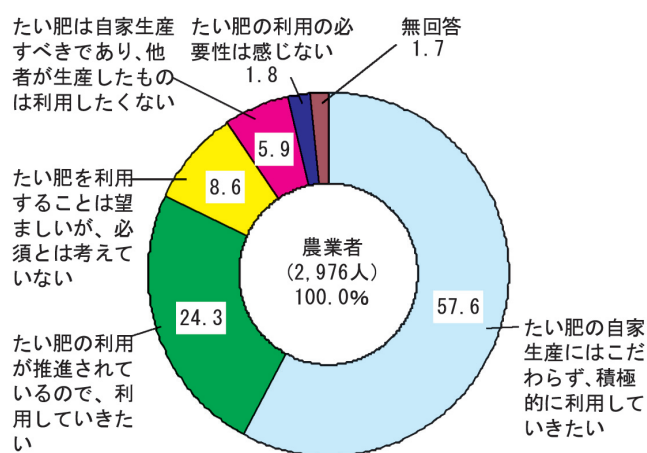
販売を目的として家畜を飼養している農業者に、農業・畜産業生産において資源循環への取組としてどのようなことを行っていきたいかを聞いたところ、「家畜排せつ物の堆肥化・液肥化（共同処理・個人処理とも）」が69.7%と最も高く、次いで、「家畜排せつ物の堆肥化の耕種農家との連携」が58.5%、「家畜の敷料への稲わら、おがくず等の利用」が57.2%の順となっている。（下図、複数回答）



◆堆肥利用についての意向（農業者）

－積極的に利用したいが6割程度－

農業者に、堆肥の利用についてどう考えているかを聞いたところ、「堆肥の自家生産にはこだわらず、積極的に利用していきたい」が57.6%と最も高く、次いで、「堆肥の利用が推進されているので、利用していきたい」が24.3%となっている。



◆堆肥利用についての問題点

－散布の労力がかかるが6割－

農業者に、堆肥を利用しようとした時に問題となることは何かを聞いたところ、「化学肥料に比べて散布のための労力が多くかかる」が62.6%と最も高く、次いで、「堆肥の購入や散布のための費用が多くかかる」が45.5%、「堆肥の品質に不安がある」が34.9%の順となっている。

[農林水産情報13-169(地域-18)：農林水産省統計情報部(H14.3.8公表)]

2) エネルギー化技術

①鶏糞ボイラー

鶏糞ボイラーは、乾燥させた鶏糞を高温燃焼させることによって得られる排熱エネルギーを利用する技術です。排熱は主に鶏舎の暖房に利用され、大規模な養鶏場で実用化されています。また、焼却灰（鶏糞燃焼灰）は、肥料としての価値が高く、農業および園芸用として需要があります。

島根県下のある養鶏場の事例では、60万羽規模の鶏舎から年間約600tの鶏糞が排出され、その50%を燃料としています。鶏舎暖房費用として、年間700～800万円を要していた重油の経費が、鶏糞ボイラー（施設価格約450万円）により500万円程度に縮減されました。

この技術のポイントは、鶏糞の十分な乾燥による完全燃焼にあります。そのため、糞の水分量および臭気を少なくするエサの開発、鶏糞乾燥のための敷ならし方法、もみがら等との混合度合いなどの効率化を高める技術開発が行われています。また、燃焼によるダイオキシンの発生抑制技術も重要な課題です。

②メタン発酵システム（バイオガスプラント）

畜産糞尿のエネルギー利用で最も実用化が図られて

いる技術は、メタン発酵です。この技術は、家畜糞尿に生ゴミなどの有機性廃棄物を混ぜて、微生物の機能を利用してメタンを生成するものです。得られたメタンは、硫化水素・アンモニアを除去した後に、発電および熱源として利用されることが一般的です。発酵の方式は、原料の状態により湿式、半乾式、乾式に分かれ、発酵微生物（メタン生成菌）も様々です。基本的な技術は、ドイツやデンマークなどのEU諸国で開発されたものが多く、わが国独自の開発技術も加えると、現在20近いメタン発酵システムが考案されています。そのほとんどは、実証規模プラントとして、国内で建設中あるいは稼動中です。

メタン発酵システムは、大量の家畜糞尿を環境負荷を最小限にして有効利用できること、地域のバイオマスエネルギー源として有望であることから、経済的にも、エネルギー的にもバランスのとれた実用化が期待されています。実用化に向けては、経済性の確保に加え余剰物の汚染防止処理法の開発などの解決すべき技術的問題点もまだ残っています（表4）。また、技術的な問題の他にも、メタン発酵システムの設置費が高額なこと、余剰電力の売電単価が低い（2～4円/kwh）ことなどの、経済的、制度的問題も多くあります。

表4 メタン発酵システムの問題点と必要とされる技術開発

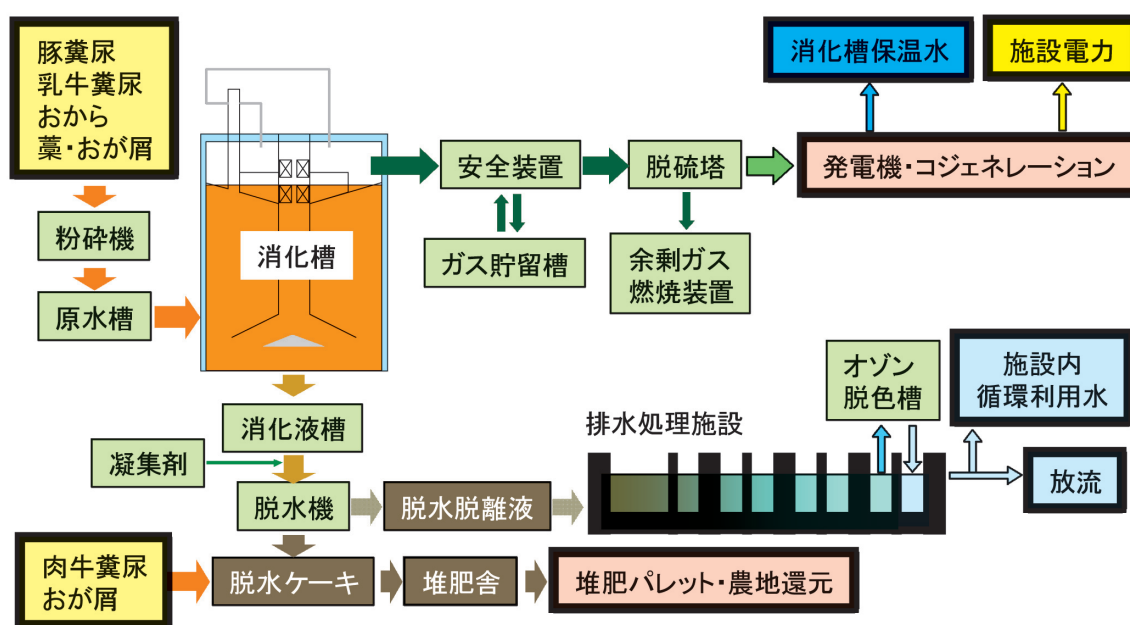
問題点	解決のために必要な技術・研究
【メタン発酵】 ・メタンガス発酵の安定性 ・発酵過程で発生する有害物質処理 【発酵残渣処理】 ・発酵後の廃液（消化液）処理 【利用】 ・地域特性に合った合理的システムの組立て	・最適な発酵手法（メタン生成菌）の確立 ・原料廃棄物の組み合わせ方法の検討 ・濃縮・精製システムの高度化 ・消化液発生の減量化技術 ・消化液の再利用技術 ・その地域にあった規模・システムの選定方法の確立

コラム③

八木バイオエコロジーセンター

京都府船井郡八木町の八木バイオエコロジーセンターは、家畜糞尿等を再利用するための設備で、メタン施設、堆肥化施設、排水処理施設等を備えています。乳牛・豚からの家畜糞尿、食品加工残渣のオカラ、わら・おがくずといった有機性廃棄物（処理量47t/日）から、空気を供給しない状態で微生物に有機物を分解させる嫌気性発酵により「消化ガス」、つまりメタンガスを発生させ、これを用いて発電し、施設内の電力を賄うと同時に、コジェネレーション[電力と熱を同時に生産するシステム]によりエネルギーを効率的に利用し、発酵槽の保温に必要な温水も供給します。更に、発酵残渣を脱水し、その脱水残渣に肉牛糞尿およびおがくずを混ぜて堆肥化して農地に還元するとともに、排水はオゾン脱色により放流できる程度にまで処理し、そこで出る余剰汚泥は再び発酵槽で利用します。

このような施設は、家畜糞尿の供給が不安定であること、初期投資が莫大であること等の問題点を抱えてはいますが、今後、酪農地域において環境にやさしい循環型社会を築くために必須なものと考えられています。



(3) 開発技術の収支分析（バイオガスプラントの例）

家畜糞尿の管理の適正化、および利用の促進のための技術は、その効果の高さは勿論ですが、コストの面、環境負荷の面、エネルギー収支の面でバランスがとれていることが重要で、それらがある程度満足されていなければ広く普及される実用化技術にはなりません。

家畜糞尿の処理・利用については、ライフサイクルアセスメント（LCA）などの環境評価が特に重要です。開発した技術の実用性は、技術の全過程において消費する資源・エネルギーと発生する物質の環境への負荷および保全効果等の、プラス面とマイナス面の客観的な評価の上に成り立ちます。LCAの手法も、十分確立したものではありませんが、開発技術はすべて、環境評価を行いその適用性を検証することが必要と考

えます。

以下に、バイオガスプラントについて、コストとエネルギーの収支を分析した事例を紹介します（表5）。

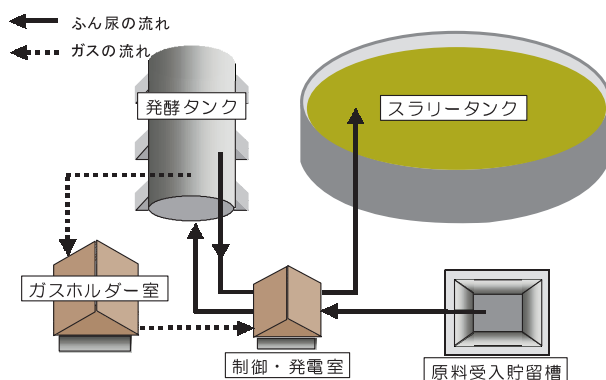
この試算は、乳牛120～130頭規模の畜産農家が、できるだけ簡便なプラントを採用した場合の、エネルギーとコストの投入と償還について検討したものです。エネルギーについては、建設の資材および工程をエネルギー原単位に置き換えて計算し、コストは初期投資への公的資金の補助率と売電価格を変動要因として計算しています。

この分析結果から、初期投資をできるだけ低コストにし、すなわちプラントの規模をあまり大きくせずに、消化液を肥料として有効利用する場合には、農家に役立つ実用的施設になり得ることがわかります。

表5 個別農家用バイオガスプラントのエネルギー・経済評価（試算）

◇ 試算条件：

項目	設定
原料	乳牛ふん尿 (乾物率 5%)
処理量	10m ³ /日 (120-130 頭規模)
発酵温度	35-37 °C(要加温)
対流日数	25 日間
バイオガス発生量	20m ³ /ふん尿 1m ³
メタンガス濃度	60 %
ガスエンジン発電効率	25 %



戸別農家用バイオガスプラントの概観

◇初期投資エネルギー

項目	建設エネルギー[GJ]	割合[%]
管理棟建設	308	12
プラント建設	1,918	76
スラリータンク建設	308	12
合計	2,534	100

◇投入金額

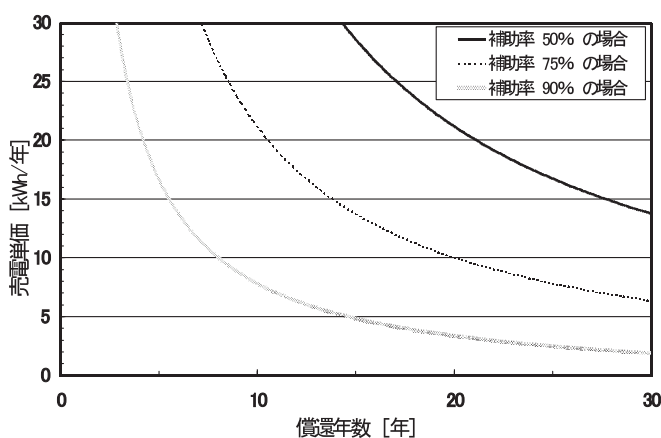
内訳	金額
初期投資	84,000 千円
運転経費	1,000 千円/年
保守経費	1,600 千円/年

◇エネルギー償還年数

・消化液を肥料として有効利用の有無

- なし → 7年
- あり → 3年

◇コスト償還年数



戸別農家用バイオガスプラントにおける補助導入下の償還年数と売電単価(消化液を考慮する)

[千場信司：農業施設学会大会講演要旨（2001）他]

3. 解決すべき課題と今後の取組方向

家畜排せつ物の管理および処理に関しては、畜産現場の住環境の健全化、農村地域および流域全体の環境保全といった地域的な視点に加え、わが国のように大量の飼料を輸入している国にとっては、窒素、リンなどの資源の地球的循環といった視点からの対応が重要

なことです。

国の大きな施策の方針として、「循環型社会の実現」があります。家畜排せつ物に注目すると、地球、国、地域、農家の各レベルそれぞれにおける「循環」を可能にするための課題とその解決に向けた技術面からの取組方向を整理すると、表6のようになります。

表6 家畜排せつ物循環の課題と技術的取組方向

視点	課題	技術的取組の方向
国レベル	・飼料の大量輸入による家畜糞尿の国内蓄積量の増加	・自給率向上に向けた低コスト飼料供給のための技術開発 ・環境負荷低減に考慮した新しい農地還元技術、糞尿処理技術の開発
地域レベル	・糞尿が地域に偏在するため、利用率が不十分	・堆肥、エネルギー等の資源を利用する者とのネットワークの構築 ・資源としての品質の向上、均質化 ・地域内で循環利用するためのシステムの構築
農家レベル	・堆肥化、エネルギー化等の施設が高額 ・労力不足（収集など）	・極力低コストを目指した処理技術の開発（いわゆるローテクの活用も含めて） ・簡易な堆肥施設の設計・施工法

表に示したように、技術的にも解決すべき問題はまだまだ残されています。家畜排せつ物から見た循環型社会を実現するために、適用の場面を想定した実質的な技術の開発とその展開がますます必要とされています。

「循環型社会の実現」と同様に重要な視点として、「地球温暖化対策への貢献」があります。「地球温暖化対策推進大綱（H14.3.19,地球温暖化対策推進本部決定）」では、非エネルギー起源の温室効果ガスを2010年には1990年総排出量基準より0.5%削減することを目標としています。この中には、二酸化炭素排出抑制のための農地における堆肥還元の促進、あるいはメタン排出抑制のための家畜の飼養管理技術、堆肥化等のリサイクル技術の確立などが明記されています。このことから、家畜排泄物の適正な処理および循環利用技術の確立は地球温暖化対策に貢献する重要な位置づけを持つことがわかります。

農林水産技術会議事務局では、家畜排せつ物に関連して、プロジェクト研究の中で以下に例示するような技術開発に取り組んでいます。

- ・UASB法メタン発酵技術による污水处理システム
- ・家畜排せつ物処理のための微生物資材評価技術
- ・吸引式による悪臭等環境負荷低減技術の開発
- ・家畜排せつ物中の窒素、リン等の削減技術
- ・乾式メタン発酵による固形有機性廃棄物からの効率的メタン生成技術
- ・堆肥等の低環境負荷型施用技術
- ・堆肥の広域流通計画の策定

今後は、これらの研究を実用化に向けて加速させるとともに、個別の技術開発の効率化、地域での処理から利用までを完結するシステムの提案に向けて、産学官の連携による研究開発を促進していきます。

本レポートについてのご意見・ご感想を募集します

今後のレポート作成の参考とするため、皆様から幅広いご意見・ご感想をE-mail、ファックス、郵便等によりうけたまわっていますので、下記宛までお寄せ下さい。

住所：〒100-8950 東京都千代田区霞が関1-2-1
農林水産省 農林水産技術会議事務局 技術政策課企画調整班
(担当) 森澤、中井
電話：03-3501-4609 (直通)
03-3507-8794 (FAX)
E-mail：www@s.affrc.go.jp

農林水産研究開発レポート No.3 「循環する資源としての家畜排せつ物」
2002年5月17日 発行

監 修 農林水産省 農林水産技術会議
編集・発行 農林水産省 農林水産技術会議事務局
〒100-8950 東京都千代田区霞が関1-2-1
TEL 03-3502-8111 (代) FAX 03-3507-8794
<http://www.s.affrc.go.jp>

