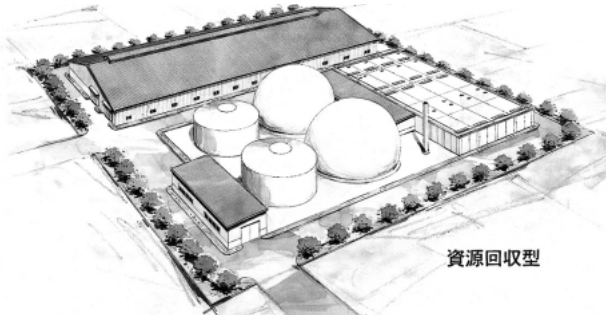
特 集 論 文

家畜ふん尿処理施設の導入について

Introduction of Domestic Animal Waste Treatment Plant

藤瀬和彦　橋爪隆夫
中村謙治　大村友章



平成11年度に施行された農業関連環境三法により，家畜ふん尿処理の必要性が高まっている．一般的に家畜ふん尿は畜種及びその飼養形態によりふんと尿が分離して発生する場合と混合して発生する場合がある等，性状は多様であることが知られている．また，処理後のふん尿利用形態については，近隣の耕種農家等との関連性があり，地域性が大きく影響する．弊社では各地域にて発生する家畜ふん尿を集中的に処理する施設として，状況，ニーズによりあらゆるプロセスを提案することが可能であるが，大別すると⑴衛生処理型プロセス，⑵資源回収型プロセスの２つの方式となる．これらについて紹介する．

1. は じ め に

近年，地球温暖化や有害化学物質問題など，環境汚染問題が深刻化しており，持続可能な循環型社会形成が叫ばれるようになっている．

このような社会ニーズには，農林水産業界でも対応する必要があるため，国は平成11年に“食料・農業・農村基本法”（新農業基本法）を策定し，“自然環境機能の維持管理”を目指した．

さらに，この実現に向けた具体策として，国会においていわゆる農業関連環境三法を相次いで制定・改定した．

こうした法律制定・改正の流れの中で，とりわけ畜産業においては，環境保全への意識の高まりもあって，家畜ふん尿の適正な処理及びこれにより発生するたい肥の耕種農業への利用促進による循環型社会の構築が強く求められるようになっている．

弊社は長年にわたって，し尿処理（汚泥再生処理センター）施設を納入してきており，また，最新技術にも対応してきているが，これと同じ有機性廃棄物である家畜ふん尿についても，いくつかの処理システムの提案をすることできる．

そこで今回，これらの法令制定・改正の内容を説明するとともに，弊社の取組みについて紹介することとした．

2. 法制度と新たな処理施設の必要性

“食料・農業・農村基本法”（新農業基本法）が平成11年７月の国会で可決，成立した．新農業基本法は，消費者重視の食料政策と国土保全対策の重要性を強調するなど総合的な農業振興策を打ち出しているのが特徴である．新法に基づいて三つの法律が制定・改定されたが，この三法は相互に関連するものである．これらにより，家畜ふん尿の適正処理が求められ，今後家畜ふん尿処理導入の必然性は，急速に高まっている．

2.1 新農業基本法

制定された新農業基本法では，

① 食料の安定供給の確保（食料自給率の向上）
② 国土の保全・自然環境の保全
③ 農業の持続的な発展（自然循環機能の維持・増進）
④ 農村の振興

が明記されており，食生活の高度化・多様化が進む中で，輸入自由化の影響や国土保全，また，農業者の高齢化や廃業の進行などを考慮したものとなっている．

2.2 農業関連環境三法

新農業基本法の内容を具体的に実現していくために，次に述べる三法が，いわゆる“農業関連環境三法”として国会にて可決された．

2.2.1 持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律

農地生産力の維持増進に不可欠な土づくりは年々減退する一方で，化学肥料や農薬の過剰な使用の是正，有機農産物等に対する消費者ニーズは，急速に高まっている．

こうした課題にこたえるため，たい肥などによる土づくりと化学肥料・農薬の使用の低減を一体的に行う“持続性の高い農業生産方式”の導入促進を図ることが本法の目的である．

2.2.2 肥料取締法の一部を改正する法律

持続性の高い農業生産方式の普及が重要な課題となっている中で，たい肥など特殊肥料の適切な施用の促進及び品質の保全が求められている．このため，たい肥など特殊肥料について，品質表示を義務付けする制度を創設するとともに，品質保全の必要性の大きいものは登録の対象とし，その適切な施用を図ることを目的とした．

2.2.3 家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律

家畜排せつ物（家畜ふん尿）は，これまで畜産業における資源として有効利用されるものもあったが，近年，畜産経営

の大規模化の進行，高齢化に伴う農作業の省力化などを背景に再利用量が減少しつつある．

一方，資源循環型社会への移行が求められているなか，家畜ふん尿についても，たい肥として農業の持続的な発展に資する土づくりに積極的に活用するなど，有効利用を一層促進する必要がある．

このため本法は，畜産業における家畜ふん尿の管理適正化を図るための措置及び利用を促進するための支援措置を講ずることにより，国内畜産の健全な発展を図ることをねらいとしている．

以上の法律は，基本的には個々の農家が守るべきものとして制定されたものである．

しかしながら，実際には個々の農家においてこれらの法律を守るために必要な施設を整備し，課題となっている家畜ふん尿を適正に処理して行くことは，費用面・技術面で非常に大きな負担であることは明白である．

そこで，建設・維持コスト面を考慮して，集中処理施設建設が全国の畜産密集地域の多くで検討され始めている．

3．地域特性に対応した処理プロセス

全国の家畜ふん尿の発生量は**表１**に示すとおりで，乳用牛，肉用牛，豚それぞれに地域毎に特性があることが分かる．さらに，乳用牛，肉用牛，豚では，排出するふん尿そのものの違いの外に，飼育方法の違いにより，搬入される原料としては，各地域ごとに大きく変わってくる．一方，前述のように，各地域にて発生する家畜ふん尿処理方法として，集中処理施設が有効であるが，こうした地域ごとの特性に適応させる必要がある．弊社では，このような地域ニーズに合った種々のプロセスを提案可能であるが，大別すると以下の２つの方式に分類することができる．

(1) 衛生処理型プロセス

(2) 資源回収型プロセス

図１，**図２**にそれぞれのプロセスの一例を示す．

(1) 衛生処理型プロセス

家畜ふん尿中のBOD，SSのみならず，窒素，リン，色度等の除去を行い，残渣をたい肥化するプロセスであり，以下の特徴を有する．

① 固液分離設備

家畜ふん尿の性状により，含水率の高いふん尿は，固液分離設備にて，固体と液体に分離し，それぞれ以下の設備で処理する．

② 排水処理設備

固液分離設備で分離された液は，生物処理の前段でオゾン前処理を行うことにより，効率的な色度低減を図る．また，弊社独自の高性能曝気装置（ロータリアトマイザ）の採用により，BOD，窒素等の汚濁物質除去機能の向上を図るとともに，適正処理を目的とした運転管理を容易にした．

③ たい肥化設備

固液分離設備で分離された固体や，含水率の低いふんなどは，このたい肥化設備にてたい肥化する．ふん尿，肉牛ふんといった搬入原料の条件や，臭気等の周辺環境，たい肥製品形状等を考慮して，汚泥発酵方式が選択できるようになっている．

具体的には，臭気対策での密閉型選択，たい肥形状での製品造粒型の選択等を可能としている．

(2) 資源回収型プロセス

(1) にある衛生処理機能に加えて，搬入原料をメタン発酵し，エネルギー回収と，メタン発酵後の消化汚泥中に含まれるアンモニア性窒素を有価物であるアンモニア水として回収する，資源回収を目指したプロセスであり，以下の特徴を有する．

① メタン発酵設備及びエネルギー回収設備

搬入された家畜ふん尿より発生させたメタンガスをガスエンジン発電機や蒸気ボイラの燃料として利用し，排気ガスからの熱回収等により，エネルギーを効率良く回収する．

② アンモニア水回収設備

メタンガスより得られた熱エネルギーを利用し，メタン発酵後の消化汚泥に含有するアンモニア性窒素を有価物アンモニア水として回収を行い再利用可能な形態にするとともに，消化汚泥を高温で殺菌を行うこと

表１　全国の家畜ふん尿発生量

	乳用牛（113 780 t / 年）		肉用牛（57 040 t / 年）		豚（68 660 t / 年）	
1 位	北海道	47 %	北海道	15 %	鹿児島	14 %
2 位	岩　手	3.6 %	鹿児島	8.5 %	宮　崎	7.6 %
3 位	千　葉	3.5 %	宮　崎	4.9 %	茨　城	6.4 %

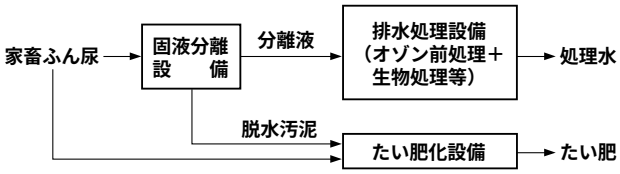


図１　衛生処理型プロセスフロー　家畜ふん尿処理の基本プロセスフローの一つで，搬入されたふん尿を環境基準値まで処理することを目的とする．

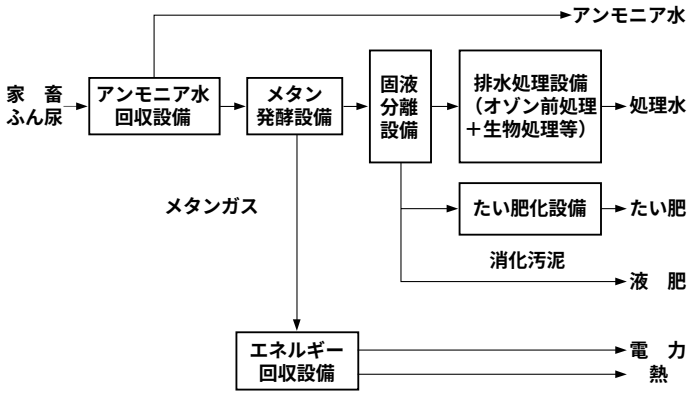


図２　資源回収型プロセスフロー　家畜ふん尿処理の基本プロセスフローの一つで，搬入されたふん尿を衛生処理するだけではなく，有機資源としてエネルギー回収やたい肥として再利用することを目的とする．

で安全性に配慮したものとなっている．これにより，本設備でアンモニア回収された後の消化汚泥は，安全な液肥として利用も可能となる．

4. 各技術の特徴

4.1 メタン発酵技術

メタン発酵処理に関して弊社では，汚泥再生処理センターとして，生ごみとし尿汚泥を原料とした高濃度メタン発酵設備の実績が2件ある．この実績をいかし，家畜ふん尿の特性を考慮したシステムを提案している．家畜ふん尿は，し尿汚泥・生ごみに比べて，窒素や難分解性成分が多く含まれているという特性があるが，汚泥再生処理センターでの技術をベースに，この家畜ふん尿の特性を考慮し，発酵温度，攪拌方法等の改良を行うことで処理を可能とした．また今後は，メタン発酵周辺技術の開発等により，ランニングコスト低減等，ユーザ側の立場から見た開発を進めていきたいと考えている．

4.2 たい肥化技術

家畜ふん尿処理により生産されるコンポストの安定した需要を確保するためには，品質が安定した耕種農家のニーズを考慮した付加価値の高い製品を供給していくことが求められる．耕種農家のニーズは利用する作物等地域によって異なるが，密閉型，開放機械攪拌型等を使い分けることで対応可能である．また，たい肥の造粒を行う方式，局所的に温度を上昇させ確実に滅菌を行う方式等の技術を保有しており，蓄種，ニーズ等により適切に使い分けることを可能としている．

4.3 アンモニア回収技術

前述の資源回収型プロセスでは，メタン発酵によるメタンガス回収によって，家畜ふん尿中のC（炭素），H（水素）の有効活用を図っている．一方，家畜ふん尿中に多量に含まれる窒素分については，メタン発酵を行ってもそのほとんどが液中に残留することが知られているが，弊社ではこの窒素分をアンモニア水として回収することで，更なる資源循環を図ったプロセスを提案している．

図3にアンモニア回収装置の回収プロセスフローを示す．

本技術は，排水処理設備の前段に設けることで，排水設備処理入口でのC/N比調整が可能となるとともに，蒸気により，対象液を90℃程度の高温とするため，液肥の消毒・殺菌装置としての機能も有している．**表2**にアンモニア回収率に関するデータを提示しているが，原料に含まれる全ての窒素の90％以上（無薬注でも75％程度）をアンモニア水として回収可能なことが分かる．

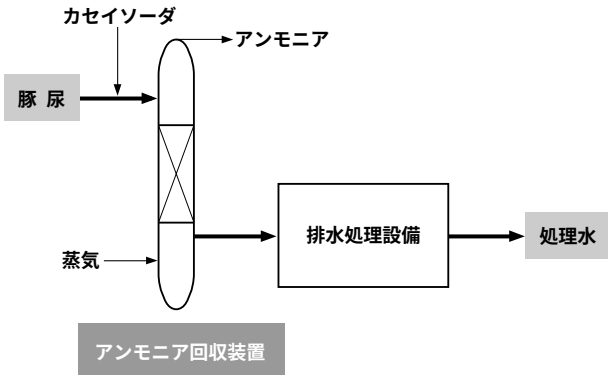


図3　アンモニア回収プロセス　家畜ふん尿にカセイソーダを加え，アルカリ性に調整した後，蒸気にて加熱沸騰させると，水より蒸発しやすいアンモニアが蒸気となり，回収できる．

表2　アンモニア回収率

原水pH	（－）	8.2
原水全窒素濃度	（mg / L）	3 700
アンモニア回収装置入口pH	（－）	9.0
処理水全窒素濃度	（mg / L）	240
窒素除去率	（%）	93.5

注）全窒素＝アンモニア＋有機性窒素

主に北海道では，家畜ふん尿のメタン発酵後，消化汚泥の液肥利用が検討されているが，地下水汚染及び窒素過多による作物の発育障害の懸念があるため，施肥量が制限されることがある．アンモニア回収装置は，有価物としてのアンモニア水回収のみならず，この問題の解決にも大きく貢献できる．

4.4 水処理技術

① オゾン前処理

家畜ふん尿を集中処理する場合，処理水の放流先の確保が大きな障害となることが多く，放流先の地域住民の理解を得るために処理の高度化が求められる．BOD除去に関しては，従来のし尿処理と比較して家畜ふん尿中には難分解性有機物が多く含まれており，従来の処理方式では完全に処理しきれない．そこで，“オゾン前処理”により難分解性有機物の易分解化を図るとともに，これら有機物が脱窒における炭素源としても利用可能となり，処理の高度化を図ることができる．さらに，色度に関しては法律で規制対象に該当していないものの，地域住民の心情等に配慮して客先から要求されることが多い．

また，オゾン処理による処理の高度化は，凝集剤や高度処理活性炭の使用量が削減可能となり，ランニングコスト低減においても非常に効果的な技術である．

② 生物処理（硝化脱窒素処理）

従来個別農家にて設置していた汚水処理装置は，BOD，SSのみを除去対象とすることが多く，ラグーン等の簡易な活性汚泥法での浄化処理が主流であった．集中処理を行う場合は，窒素も除去対象となり，水質汚濁防止法関連法令及び条例で設定される基準値を満足することが必要となる場合が多い．このため，従来のラグーン等の簡易な方式に弊社独自の高性能曝気装置（ロータリアトマイザ）を適用することで，メタノール等の薬品を使用せずに，処理水T-N 60 mg/l程度を実現することが可能としている．

5. 運　転　実　績

“オゾン前処理＋硝化脱窒素処理”による家畜ふん尿処理について，10 t／日の実証試験を行った．運転実績データを**図4**，**表3**に示すが，概要は以下のとおりである．

① 従来ほとんど除去対象としていなかった窒素について，

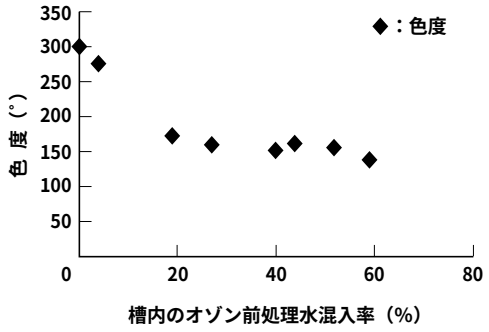


図４　オゾン前処理による色度除去　オゾン前処理をしていない家畜ふん尿を貯留している水槽にオゾン前処理をした家畜ふん尿を投入すると，色度が落ちていくことより，オゾンによる色度除去効果が分かる．

目標（T-N 60 mg/l）を大きく下回るT-N 10 mg/l以下の水質を得ることができている．

② 色度は，生物処理水として従来の50～70％程度低減でき，現状160度程度が得られている．

放流水における，色度は100度を目標として実施しているが，これは凝集沈殿及び廃オゾン利用等による処理で十分達成可能であり，色度除去の観点からは高価な活性炭を使用しなくても十分水質を満足できることを確認した．

この家畜ふん尿処理におけるオゾン前処理＋硝化脱窒素処理及びたい肥化処理は，全国農業協同組合連合会から，“全農推奨式”として評価を得ており，家畜ふん尿処理において，弊社基幹技術の一つとなっている．

弊社では，その他の技術についても，一部を除いて現状ほぼ確立しており，あらゆるニーズに対して，技術的に十分対応可能な状況にある．

6. 家畜ふん尿処理施設のFS検討例

前述したとおり，施設に搬入される家畜ふん尿の性状は，地域ごとに大きく異なるという特徴をもっている．そのため，個々の地域におけるFS検討を実施するためには，搬入ふん尿の性状・発生量調査を実施することが重要である．そこで，本紙では全国平均と考えられる家畜ふん尿性状を仮定して，FS検討を実施した例を簡単に紹介する．

6.1 検討条件

搬入家畜ふん尿は，乳牛ふん尿 50 t／日（VTS：135 000 mg/L），豚ふん尿 50 t／日（VTS：74 000 mg/L）を受け入れることとし，メタン発酵・ガス発電・たい肥化設備を備えた施設を仮定する．

6.2 検討結果

上記の搬入性状のふん尿で１t当たりの発電量は，乳牛ふん尿で約 94 kWh，豚ふん尿で約 64 kWhとなる．このことから，施設での発電量は１日当たり約7 900 kWh／日となり，施設内で使用する電力量だけでなく，余剰電力が発生し売電することも可能となる．

ここで注意すべきは，敷料の使用形態や畜舎での洗い水の混入量などにより，仮定した搬入家畜ふん尿の性状（VTS）より低くなる場合には，家畜ふん尿の処理量は同じであっても，メタン発酵による発電量は低くなってしまい，場合によっては施設運転のために買電する必要が生じることもある点である．

表３　運転実績

水質項目		投入原料	生物処理水
pH	（－）	8.1	7.8
SS	（mg / L）	1 200	8.5
COD Mn	（mg / L）	1 700	80
COD Cr	（mg / L）	6 640	200
BOD	（mg / L）	4 800	8
T-N	（mg / L）	1 160	6.8
NO3-N	（mg / L）	＜0.5	＜0.5
NO2-N	（mg / L）	＜0.01	＜0.01
NH4-N	（mg / L）	936	＜0.1
KJ-N	（mg / L）	1 160	6.8
色 度	（°）	3 710	160

このように施設導入にあたっては，まず搬入家畜ふん尿の性状調査を実施することが重要となる．

以上を踏まえると，家畜ふん尿処理施設を導入するにあたっては，搬入量・搬入性状・たい肥化販売先の確保が重要と言える．さらに良質な事業系食品廃棄物を受け入れることで，より多くの発電量を確保することも可能となる．

7. ま　と　め

弊社では，近年の地球環境保全の動きや，社会における環境問題の深刻化に対応すべく，様々な環境装置製品をラインナップし，万全の体制を整えている．その中でも，今回紹介した“家畜ふん尿処理施設”は，農業関連環境三法の施行により，畜産農業関係業界においては，早急な施設整備が求められるものである．この“家畜ふん尿処理施設”建設に必要となる技術は，弊社が有機性廃棄物処理及び再資源化を目的とした“し尿処理”で培った技術が大いに役立つことが期待される分野でもある．

今後は今まで以上に，ユーザの方々からの声を反映し，ニーズに合ったより維持管理しやすく，低コスト（イニシャル・ランニングとも）である施設を建設すべく，鋭意技術開発を進め，環境装置を製造するメーカとしても，資源循環型社会の早期構築の一翼を担っていきたいと考えている．

藤瀬和彦
横浜製作所
環境装置技術部
設計三課長

橋爪隆夫
横浜製作所
環境装置技術部
設計三課主席

中村謙治
横浜製作所
環境装置技術部
設計三課

大村友章
技術本部
横浜研究所
環境装置研究推進室
工博