

養豚における環境問題とふん尿処理技術

羽賀清典（農林水産省畜産試験場）

Haga, K. (1997). Environmental pollution problems and swine waste management. *Proc. Jpn. Pig. Vet. Soc.*, 31: 12-20

1. 畜産に関する環境問題

1. 排水に関する法規制

水質汚濁防止法による排水の水質規制項目には、多くの項目があるが、畜産に関係が深い項目はpH（水素指数）、BOD（生物化学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質）、大腸菌群数、窒素、リンの7項目である（表1）。表1は国の規制値であり、各自治体の環境条件に応じ、より厳しい上乘せ基準が設定されることがある。また、表1の規制は1日の排水量が50 m³以上の養豚家に適用されるが、各自治体によってはより少ない排水量についても規制されることがある。

窒素とリンは湖沼などの富栄養化原因物質である。湖沼に窒素、リンが増えると植物プランクトンが異常増殖し、アオコや赤潮などの被害が起きる。そのような恐れのある告示湖沼の流入域に、窒素、リンの排水基準が適用されている。畜舎排水は窒素とリンの濃度が高く、除去が難しいため、2000年（平成12年）の7月14日まで窒素140（日間平均70）mg/L、リン34（日間平均17）mg/Lの暫定基準がしかれている。

東京湾、伊勢湾、瀬戸内海のような閉鎖系水域では、濃度規制だけでは水質保全が果たせないため、CODによる総量規制がある。排水量とCOD濃度をかけ合わせたCOD総量による規制基準が該当水域の都道府県ごとに定められている。

発ガン物質の疑いのあるトリハロメタンが水道水中に検出され問題となっている。トリハロメタンは浄水場において原水中に含まれるある種の有機物（トリハロメタン生成能と呼ぶ）が消毒用塩素と反応して生成する。それに対処するため、指定水源地域の事業場の排水中のトリハロメタン生成能を「特定水道利水障害防止のための水道水源水域の水質保全に関する特別措置法」によって規制している。畜舎排水のトリハロメタン生成能の基準は1.3~5.2mg/Lの間で定められている。畜産は水道水源に近い山間部へと移動させられる傾向にあるため、この規制の影響は大きい。

2. 悪臭に関する法規制

悪臭防止法では、事業場の境界線において、22の悪臭物質（表2）が規制対象となっている。さらに、物質規制だけでは改善が認められない場合には、人間の官能試験（三点比較式臭袋法）のデータをもとにした臭気指数による規制が導入されている。臭気を無臭に感じるまでに希釈したときの希釈倍率を臭気濃度としその対数値を10倍にした値が臭気指数である。人間の嗅覚は臭気に対して対数的に官能するので、臭気指数は臭気の実態を反映する数値として、いくつかの自治体でも早くから規制に導入されてきている。

規制は臭気強度を基本とし、臭気強度2.5から3.5の範囲内で各自治体が規制値を定めることになっている（表2）。臭気強度とは人間の臭気を感じる強度を0から5までの6段階で表示するもので、0が無臭、1がやっと感知できるにおい（検知閾値）、2が何のにおいがわかる弱いにおい（認知閾値）、3が楽に感知できるにおい、4が強いにおい、5が強烈なにおいである。臭気強度と臭気物質濃度との関係は表2のとおりだが、臭気強度と臭気指数との関係は、養豚の場合、臭気強度2.5、3.0、3.5について各々臭気指数12、15、

表1 家畜尿汚水の排水基準項目の性質、測定法

項目	排水基準	性質	測定法
pH	5.8~8.6	7が中性、高いとアルカリ性、低いと酸性	pH電極または試験紙
BOD	160mg/L（日間平均120mg/L）	微生物学的に酸化分解される成分	20℃、5日間培養
COD	160mg/L（日間平均120mg/L）	化学的に酸化分解される成分	100℃、30分間反応
SS	200mg/L（日間平均150mg/L）	浮遊・懸濁している成分	1 μm以上の粒子
大腸菌群数	日間平均3,000個/mm ³	ふん便性の細菌数	37℃、20時間培養
窒素	120mg/L（日間平均60mg/L）*	窒素を含む成分	窒素含有量の分析
リン	16mg/L（日間平均8mg/L）*	リンを含む成分	リン含有量の分析

*：窒素、リンについては、指定湖沼の流入域に限って適用される。

また、畜産業については2000年（平成12年）7月14日まで、窒素140mg/L（日間平均70mg/L）、リン74mg/L（日間平均37mg/L）の暫定基準がしかれている。

表2 規制悪臭物質と臭気強度別濃度

悪臭物質	臭気強度	物質濃度 (ppm)			に お い
		2.5	3	3.5	
(1)アンモニア		1	2	5	し尿のようなにおい
(2)メチルメルカプタン		0.002	0.004	0.01	腐った玉ねぎのようなにおい
(3)硫化水素		0.02	0.06	0.2	腐った卵のようなにおい
(4)硫化メチル		0.01	0.04	0.2	腐ったキャベツのようなにおい
(5)二硫化メチル		0.009	0.03	0.1	腐ったキャベツのようなにおい
(6)トリメチルアミン		0.005	0.02	0.07	腐った魚のようなにおい
(7)アセトアルデヒド		0.05	0.1	0.5	青ぐさい刺激臭
(8)スチレン		0.4	0.8	2	都市ガスのようなにおい
(9)プロピオン酸		0.03	0.07	0.2	すっぱいような刺激臭
(10)ノルマル酪酸		0.001	0.002	0.006	汗くさいにおい
(11)ノルマル吉草酸		0.0009	0.002	0.004	むれたくつ下のにおい
(12)イソ吉草酸		0.001	0.004	0.01	むれたくつ下のにおい
(13)トルエン		10	30	60	ガソリンのようないにおい
(14)キシレン		2	2	8	ガソリンのようないにおい
(15)酢酸エチル		3	7	20	刺激的なシンナーのようないにおい
(16)メチルイソブチルケトン		1	3	6	刺激的なシンナーのようないにおい
(17)イソブタノール		0.9	4	20	刺激的な発酵したにおい
(18)プロピオンアルデヒド		0.05	0.1	0.5	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
(19)ノルマルブチルアルデヒド		0.02	0.07	0.2	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
(20)イソブチルアルデヒド		0.02	0.07	0.2	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
(21)ノルマルバレルアルデヒド		0.009	0.02	0.05	むせるような甘酸っぱいにおい
(22)イソバレルアルデヒド		0.003	0.006	0.01	むせるような甘酸っぱい焦げたにおい

18が対応している。

22の規制物質のうち、畜産にとくに関係が深い悪臭物質は、アンモニア、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル、プロピオン酸、ノルマル酪酸、ノルマル吉草酸、イソ吉草酸の9物質である。悪臭物質の測定方法は悪臭防止法施行規則に定められ、アンモニア（比色分析または簡便には検知管も利用される）以外の物質はガスクロマトグラフで分析される。

3. 土壌還元に関する法規制

廃棄物の処理および清掃に関する法律では、家畜ふ

ん尿は産業廃棄物として、畜産農家自らが責任をもって処理しなければならないことが定められている。埋立て処分当たっては公共水域および地下水の汚染の防止につとめなければならない。ふん尿を多量に土壌還元した場合、ふん尿中の窒素が硝酸態窒素に変化し、地下水の硝酸塩汚染を起こすことがある。わが国の飲用地下水の硝酸態窒素の許容上限値は10mg/L（硝酸塩として約44mg/L）であり、それを守るための窒素施用上限量は、たとえば飼料作物を対象とした場合、窒素約250kg/ha・年になるといわれている（志賀、1996）。

表3 家畜ふん堆肥の推奨品質基準（全中、1994）

ア. 品質表示を要する基準項目			イ. 品質表示を要さない基準項目		
基準項目	基準値		基準項目	基準値	
有機物	乾物当たり	60%以上	水分	現物当たり 70%以下	
炭素-窒素比		30以下	電気伝導度	現物につき 5mS/cm以下	
窒素全量	乾物当たり	1%以上			
リン酸全量	乾物当たり	1%以上			
加里全量	乾物当たり	1%以上			

注：ただし、各種堆肥に共通な品質基準として、(i)ヒ素、カドミウム、水銀については肥料取締法の特種肥料の規制に適合すること、(ii)幼植物試験（コマツナ）で生育に異常を認めないこと、(iii)乾物当たりの銅、亜鉛含有率が600mg/kg、及び1,800mg/kg以下であることが定められている。

豚ふん堆肥を特殊肥料として流通利用する場合、カドミウム5mg/kg、砒素50mg/kg、水銀2mg/kgの基準があり、さらに重金属を含む産業廃棄物に係わる判定基準として抽出液で鉛0.3mg/L、セレン0.3mg/Lなど21物質の基準がある。豚ふん中には、上記の元素はあまり多くないが、銅と亜鉛が多量に含まれていることがある。環境庁(1988)の調査では豚ふん堆肥には銅が平均値で353mg/kg(範囲28~1,170mg/kg)、亜鉛が871mg/kg(237~2,480mg/kg)含まれており、銅の平均濃度は下水汚泥よりも高かった。堆肥中の銅、亜鉛については、現在のところ推奨品質基準(表3)の値しかなく、規制はない。ただし、土壌の環境基準として、銅については125mg/kg(水田土壌)未満の基準があり、亜鉛については、環境庁局長通達で土壌中の重金属等の蓄積防止の管理基準として亜鉛120mg/kg(土壌)が定められている。環境保全の見地から、これら土壌の環境基準等を越さないように堆肥施用量に留意しなければならないが、それにも増して、ふん中に排泄される銅、亜鉛量を低減させるよう畜産側の努力が必要である。

4. 環境汚染問題の発生件数

畜産に起因する環境汚染問題の発生件数は、畜産局の調査によれば、昭和48年度の11,676件/年をピークとし、その後数年は急激に減少した(図1)。しかし、

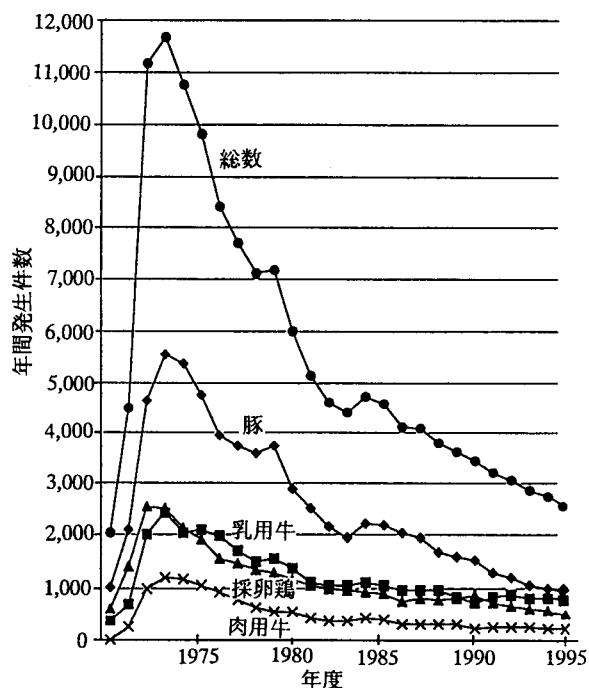


図1 畜産に起因する環境汚染問題の年間発生件数の推移

昭和55年あたりから減少率がやや鈍り、平成8年度では2,576件/年とピーク時の約22%になっている。問題の内訳は概ね、水質汚濁関連が約40%、悪臭関連が約60%、害虫発生が約10%である。畜種別では、養豚経営に起因するものもっとも多く約40%を占め、次に乳用牛が約30%、鶏が約20%、肉用牛が約10%の順になっている。問題の内訳と畜種別の割合はここ数年大きな変動はない。養豚経営に起因する環境汚染問題(平成8年度の944件)の内訳をみると、水質汚濁関連が45.4%、悪臭関連が39.4%、害虫発生が15.0%となっており、他畜種に比べ水質汚濁関連の占める割合が高い傾向にある。

II. ふん尿の特徴

1. ふん尿排泄量

豚のふん尿の排泄量は、体重、飼料の種類、飲水量、飼養形態、季節などによって様々であり、その量を正確に知ることはなかなか困難である。ふん尿の処理・利用施設の規模算定に用いられる排泄量は表4に示すとおりである。全家畜のふん尿の年間排泄量は、現在約9,000万tと試算されている(羽賀, 1993)。豚の排泄量はふんが約800万t、尿が1500万tと試算されるので、全家畜ふん尿排泄量に豚の占める割合は約26%となる。

2. ふん尿の汚濁物質

ふん尿の汚濁負荷量は、表5に示すとおりである。ふん尿の排泄量、汚濁負荷量とも、人間に比べてきわめて高い。例えば、肉豚の平均体重を成人とほぼ同じ60kgと考えた場合、排泄物の量では約3.6人分、BODでは10人分の量となる。また、BODやSSなどの汚濁物質は、ふんの方に約90%と圧倒的に多く含まれることが大きな特徴である。つまり、ふんの中の多量の汚濁物質を固形物の状態で処理するか、または尿と混合してドロドロの状態では処理するかは、汚濁物質の量からみて重要な選択である。

III. ふん尿の処理方

1. 豚舎から排出されるふん尿の性状と処理法の種類

排出されるふん尿の性状は飼養管理方法、畜舎構造などによって異なり、固形物、スラリー、液状の3種類に分類される(羽賀, 1995a)。この性状の違いによって、図2に示すように処理・利用方法が異なる。

固形物で排出されるのは、豚舎で分離されたふん、

表4 規模算定に用いるふん尿排泄量(生ふん量)(中央畜産会, 1987)

畜種		体重 kg	ふん(ノ日・頭羽)		尿	
			排泄量 kg	平均水分 %	乾物量 kg	kg/日・頭羽
乳用牛	経産牛	550-650	30	80	6.0	20
	育成牛	40-550	10	80	2.0	7.5
肉用牛	繁殖牛	400-550	20	78	4.4	13.5
	育成牛	30-40	7	78	1.5	5.5
	肥育牛	200-700	15	78	3.3	10.5
豚	繁殖雌豚	160-300	3.0	75	0.75	5.5
	繁殖雄豚	200-300	2.0	75	0.50	5.5
	子豚	3-30	0.8	75	0.20	1.0
	肉豚	30-110	1.9	75	0.48	3.5
産卵鶏	成鶏	1.4-1.8	0.14	78	0.031	-
	ヒナ	0.04-1.4	0.06	78	0.013	-
ブロイラー		0.04-2.8	0.13	78	0.029	-

表5 豚ふん尿の汚濁負荷量(成畜1頭当たり)(中央畜産会, 1989)

家畜(区分)	排出量 kg/日	BOD		SS		N		P	
		濃度 mg/L	負荷量 g/日	濃度 mg/L	負荷量 g/日	濃度 mg/L	負荷量 g/日	濃度 mg/L	負荷量 g/日
豚	ふん	1.9	60,000	114	220,000	418	10,000	19	7,000
	尿	3.5	5,000	18	4,500	16	5,000	18	400
	混合	5.4	24,000	130	80,000	430	6,800	37	2,700

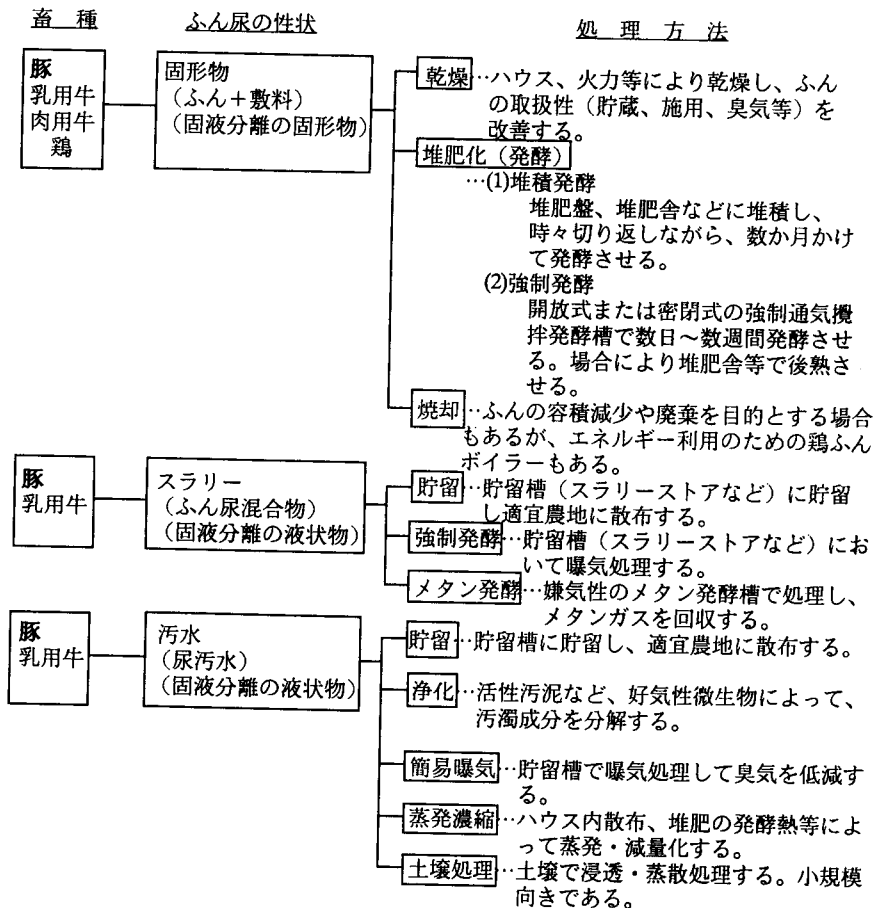


図2 家畜ふん尿の処理方法ふん尿の汚濁負荷量(成畜1頭当たり)(中央畜産会, 1989)

またはふんと敷料が混合した固形物、固液分離機で分離された固形物などである。固形物の処理は乾燥と堆肥化が主要な処理方法である。乾燥ふんは肥料利用だけでなく直接燃焼による燃料利用もある。

スラリーとは、ふんと尿が混合してドロドロした状態のものをいう。スノコの下にふん尿溝に水を張り、ふんと尿を混合したスラリー状態で搬出する。スラリー処理は、肥料利用を目的とし、貯留槽にある時間貯留したものを農耕地へ散布する方法や、強力な曝気によって液状コンポスト化し利用する方法など色々ある。処理および散布の際に粗大固形物が邪魔なので、固液分離機にかけて固形物を除去することが多い。また、メタン発酵法もスラリー処理のひとつであり、得られるメタンガスは燃料に利用できる。

液状物は、豚舎で分離された尿汚水である。豚はふんに比べて尿量が多く（表4、表5）、他の畜種よりも尿汚水の処理に重点をおく必要がある。また、豚舎のふん尿全量を水洗除去する方法は、省力的で豚舎も清潔になるが、汚水量が膨大となる。そのため、大きな污水处理施設を設備する必要があり、経費（施設費と維持管理費）や維持管理上の問題から、養豚農家すべてに適用できるやり方ではない。尿汚水は肥料利用されることは少なく、浄化処理して放流したり、土壌を利用した蒸散浸透処理や、堆肥などの上に散布して蒸発させる方法などがある。しかし、このような蒸発させる方法で汚水全量を処理することは難しい。

2. 乾燥法

ふんを主体とした固形物を、火力乾燥機またはプラスチックハウス乾燥施設で乾燥する。乾燥したふんは取り扱いやすく、臭気も少なくなる。乾燥施設には安価で簡易なものが要求されるため、ビニールハウス乾燥施設が広く利用されている（図3）。とくに、石油ショック以後、火力乾燥施設が減少し、ハウス乾燥施設が主流となっている。

ハウス乾燥施設の場合には、ふんを15～20cmの厚さに広げて攪拌機で攪拌して蒸発面積を広くし、太陽熱エネルギーによって加温し、自然の風通しをよくすることで乾燥を早めている。ハウス乾燥施設の水分蒸発能力は、夏季で4.5～5 L/m²・日、冬季で1.5～2 L/m²・日の範囲である。ただし、積雪寒冷地では上記の蒸発能力を得られない。ハウスの必要面積は、水分蒸発能力、生ふんの水分、乾燥物の目標水分の3つの数値を基本とし、比較的簡単に算出することができる。ハウス乾燥施設は、乾燥ふんを生産するだけでなく、堆肥化のための前処理（水分調整）用に利用されることも多い。

3. 堆肥化法

(1) 堆肥化の特徴と処理条件

ふんには易分解性の有機物が多く含まれ、それが悪臭や水質汚濁など環境汚染の原因になる。そこで、微生物の作用によって有機物を好氣的に分解し、有機質肥料に変換する処理方法が堆肥化である。有機物を積極的に分解させる点が、乾燥処理と異なる点である。現在、堆肥化法は固形物の処理法として主要な方法となっている。

堆肥化を進行させるためには、水分を60～65%程度に調整し、通気性を良くして好気性微生物が活動しやすい条件を整えることが必要である。水分調整にはハウス乾燥施設で乾燥したり、オガクズ、モミガラなどの副資材を混合する方法がある。通気性の目安として、堆肥原料のかさ密度を0.5 kg/L程度に調整する。強制通気する場合の必要通気量は水分や規模によって異なるが、堆肥1 m³当たり50～300 L/分の範囲にある。

家畜ふんの中には10⁸～10⁹/gくらいの多くの微生物が生存しているので、一般的には外部から微生物を添加することで、直接的に堆肥化を促進する効果はあまり期待できない。むしろ、既存の微生物が活動しやすい環境条件を整備することのほうが重要である。

このように堆肥化に適した水分や空気などの条件が整うと、ふんの中の有機物が微生物によって盛んに分解され、その結果として堆肥の温度が上昇する。温度が上昇することは、堆肥化が順調に進行している証拠であると同時に、温度の上昇によって、有機物の分解速度が促進され、水分が減少し、さらに病原菌や寄生虫、雑草の種子が死滅し、安全な堆肥を製造することができる。そのための目安は、60℃以上の温度が数

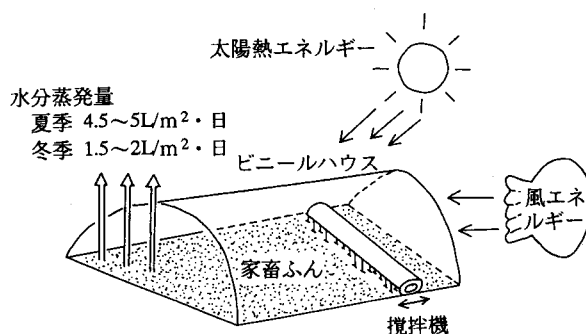


図3 家畜のふんのハウス乾燥施設

日間続くことである。また、水分が蒸発しすぎて、微生物にとって乾燥気味になり、逆に堆肥化の進行が妨げられる場合には、加水も必要になる。

(2) 堆肥化装置

堆肥化装置はその発酵槽の型式から、図4のように分類される。大きく分けて、堆積方式と攪拌混合（強制発酵）方式がある。堆積方式は堆肥舎や堆肥盤に堆積するものや、箱型の発酵槽に充填するものなどある。ショベルローダーによって随時切り返しを行い、堆肥全体を攪拌・混合する。箱型発酵槽では下部から通気できるものがある。また、少量ずつ通気性の良いバッグに詰めて堆積する方式もある。

攪拌混合方式には、密閉タイプと開放タイプの発酵槽がある。密閉タイプは槽内の滞留時間が数日間と短いので、後熟のために堆積する必要がある。開放タイプでは、発酵槽をハウス内に設置し、2週間から20日間くらいの滞留時間がとれる容積とする。発酵槽の形には直線形、楕円形、円形などがある。攪拌装置にはスクープ式、ロータリー式、スクリュース式、パドル式などいろいろな型式がある。発酵槽が楕円や円形の場合には攪拌装置はエンドレス方式（回行方式）で運転される。攪拌混合方式の場合も、床面下部からの強制通気が併用されることが多い。豚ふん処理に使われる堆肥化装置としては、堆積方式や開放横型槽が多く、縦型密閉槽も使われる。

4. スラリー処理

ふん尿混合スラリーを曝気攪拌とし、好氣的に強制発酵して、堆肥のように温度を上げる方法が利用されている。しかし、養豚農家はスラリーを散布する農耕地を所有することがほとんどないため、処理したスラリーの処分に困ることも多い。したがってスラリー処理では散布する土地を十分に確保することが前提となり、豚ふんの処理方法としては、あまり一般的ではない。メタン発酵法は嫌気性条件でのスラリー処理である。メタン発酵は燃料源となるメタンガスを生産するので、エネルギー利用の項で述べる。

5. 汚水の浄化処理

(1) 活性汚泥法の種類

豚は尿汚水量が多いため、尿汚水処理は重要である。尿汚水の浄化処理方法の代表的なものは活性汚泥法である。活性汚泥法には多くの変法があるが、尿汚水の処理に用いられる主な方法は、比較的維持管理のやさしい標準活性汚泥法、酸化溝法、長時間曝気法である。また、曝気槽容積の大きい曝気式ラグーン法も用いられている（羽賀，1995b）。

活性汚泥法は、汚水の投入運転方式の違いによって、連続式と回分式に分かれる。大規模施設では連続的に汚水を投入し処理水を得る連続式が一般的である。回分式のタイムチャートは、普通1日に1回、時間を決めて曝気を止め、汚泥を沈殿させて処理水を放流してから汚水を投


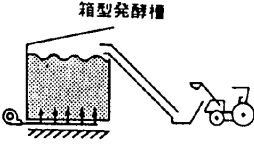
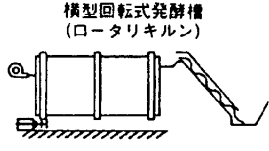
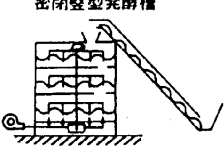
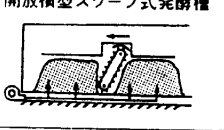
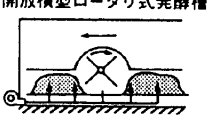
方式	施設名および略図	特徴
堆積方式	 <p>堆肥舎(盤)</p>	ショベルローダ等によって、切返しだけを行なう、最も簡単な堆肥化方式。
	 <p>箱型発酵槽</p>	ショベルローダ等によって切返しを行ない、下部から強制通気をする施設も多い。
密閉タイプ	 <p>横型回転式発酵槽 (ロータリキリン)</p>	横置き円筒型発酵槽が低速で回転しながら、原料の攪拌、混合、移動を行なう。内部に強制的に通気し、乾燥を目的に加温空気を送り込むことも多い。
	 <p>密閉型発酵槽</p>	単段から複数段まであり、中心部を通る主軸に取り付けた攪拌羽根で攪拌し、強制通気を行なう。上部投入、下部取出し。
開放方式	 <p>開放横型スクープ式発酵槽</p>	開放横型の発酵槽に取り付けた、幅広のチェーンコンベアを移動させながら切り返す。底部から強制通気を行なう。
	 <p>開放横型ロータリー式発酵槽</p>	開放横型発酵槽に取り付けた、耕耘機のロータリー部と同様の機構の切返し装置で攪拌する。強制通気を行なわない施設が多い。
	<p>その他 開放横型スクリュース式発酵槽 開放横型パドル式発酵槽</p>	切返し装置の機構の違いによってさまざまなタイプのものがある。

図4 家畜ふんの堆肥化装置の各種発酵槽 (西村, 1990)

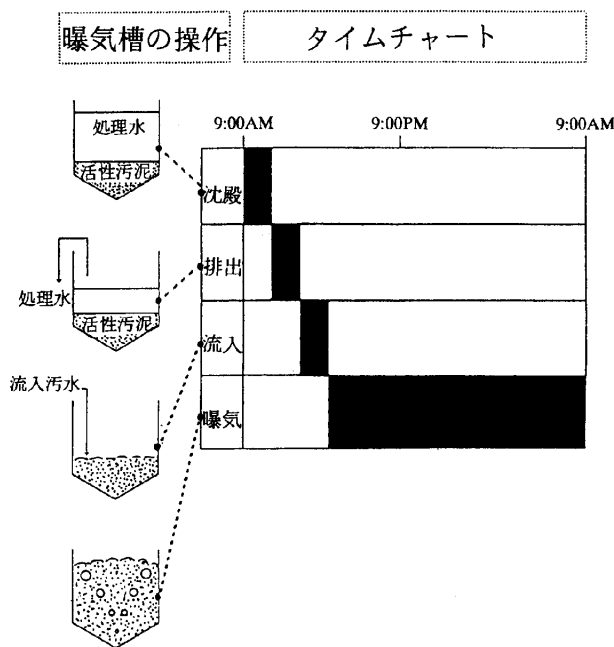


図5 回分式活性汚泥法の曝気槽の操作とタイムチャート

入し、曝気を再開する方式である（図5）。最終沈殿池や返送汚泥のための装置が不要なため装置が単純で、経費も安く、維持管理も比較的容易なことから、回分式はかなり普及している（本多，1996）。

(2) 曝気槽の規模と維持管理

尿汚水量は飼養管理条件によって異なるが、ふん尿分離豚舎でボロ出しを十分にやっただとして、肥育豚1頭当たり汚水量10L/日、BOD50g/日、SS75g/日が処理施設の設計条件の目安となる。尿汚水の活性汚泥法の運転操作条件は、下水などと違って、汚濁物質の濃度が高いことや安定した性能を得たいことから、BOD容積負荷を0.5kg/m³・日以下に、MLSS（活性汚泥濃度）を5,000mg/L以上に、曝気槽の滞留時間を1日以上とるように設定したほうが、良い水質の処理水が得られる。すなわち、酸化溝法や長時間曝気法の条件に近いものが比較的良好な成績を出している。

処理水の水質（BODやSS）を現場で簡単に推定する方法として、透視度計が利用されている。豚舎汚水は濁りが強く、浄化が進み水質が良くなるにしたがって透明度が増す性質を応用したものである（羽賀、1995c）。透視度からBODやSSを簡易・迅速に推定する水質推定尺も実用化されている（陰山ら，1993）。

(3) 簡易曝気法

活性汚泥法による浄化処理は、浄化効率が高く、わが国のような厳しい排水基準が適用されているところでは必須な施設になっている。しかし、活性汚泥法に

よる浄化槽は、養豚農家にとって高価であり、維持管理も熟練を要する。そこで、悪臭の少ない液肥をつくる目的で簡易曝気法が利用されている。この方法にもいくつかの変法があるが、簡易な施設で尿汚水を曝気し、好氣的に処理する点では一致している。腐食物質や岩石などを利用する方法もある。効率はまだ高くないものの経費は安く、悪臭防除と経費節減には効果をあげている。処理水は液肥として利用し、河川等への放流は難しい。

6. 臭気対策

養豚の臭気の発生源には豚舎、ふん尿処理施設、ふん尿を散布した農耕地の3か所がある。適切に処理されたふん尿は散布しても悪臭の発生が少ない。豚舎の臭気は、清掃をきちんと行うことで最小限に抑えることができる（本多ら，1992）。したがって、ふん尿処理施設から排出される高濃度の臭気対策が一番大きな課題である。ふん尿処理施設は、なるべく好氣的な処理を行うことによって、揮発性脂肪酸や硫黄系悪臭物質の発生を抑制できる（羽賀，1996）。よく腐熟した堆肥を戻して生ふんと混合すること（戻し堆肥）も臭気の低減に効果がある。それでも発生する臭気が問題となるときは脱臭装置を付設する。脱臭装置には、土壌脱臭装置、オガクズ脱臭装置、ロックウール脱臭装置などがある（福森，1995）。

IV. ふん尿の利用法

1. 農耕地への利用

豚、牛、鶏のふんの肥料成分の特性を比較すると、牛ふんは豚や鶏よりも肥料成分含有率は低く、繊維質に富みC/N比率は20前後で、カリが少し高い。鶏ふんは窒素、りん酸、カリ、石灰など肥料成分が高く、C/N比率は8前後と低い。豚んはその中間でC/N比は10～15にあり、りん酸含有量が比較的高い。処理形態や副資材の種類などによって多種多様である。豚ふんを主体とする堆肥には前述の表3のような推奨品質基準が設けられている。

養豚農家は堆肥を施用する自分の農耕地を持たないことが多いので、堆肥を耕種農家などに利用してもらわなければならない。そのためには品質のよい、成分含有量の安定した堆肥を生産する必要がある。取扱性をよくするために、堆肥の成型（ペレット化）などが行われている（原，1996）。

豚ふんの農耕地への施用量は、必要窒素量をふんでどのくらい代替するかで決めるのが一般的である。施

表6 豚ふん及び堆肥の肥料成分含量 (乾物%) (農林水産省草地試験場, 1983)

種類	成分	乾物率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	T-C	分析点数
生ふん	平均値	30.6	3.61	5.54	1.49	4.11	0.56	0.33	41.3	62
	変動係数	24.1	17.3	18.0	54.4	35.5	39.6	53.6	0.4	
オガクズ入り堆肥	平均値	42.8	2.22	3.25	1.53	3.00	0.97	0.14	39.9	227
	変動係数	21.9	17.7	48.6	39.8	60.0	49.6	-	16.6	
イナワラ入り堆肥	平均値	30.3	2.92	5.95	4.74	1.38	0.87	04.62	-	12
	変動係数	-	-	-	-	-	-	-	-	
モミガラ入り堆肥	平均値	60.5	2.27	3.67	1.21	4.00	1.16	-	38.8	34
	変動係数	13.3	9.3	15.1	80.1	-	-	-	-	

表7 関東東海地域都県における豚ふん及び処理物の施用基準 (農林水産省農業研究センター, 1985)

		生ふん t/10a	乾燥ふん t/10a	ふん堆肥 (オガクズ入) t/10a
水	稲	0.8~1.5	0.2~1.5	0.5~1.5
一般畑作物		0.1~2.0	0.1~1.0	0.5~2.0
野菜		0.3~4.0	0.2~2.0	1.0~4.0
飼料作物		3.0~10.0	2.0	2.0~4.0
果樹		1.0~4.0	0.2~2.0	0.5~5.0
	茶	1.0~5.0	0.5~3.0	0.5~5.0
	桑	3.0~10.0	0.3~2.0	1.5~4.0

用基準の一例として関東東海地域各都県における基準を表7に示す。基準量に幅があるのは、作物の種類、土壌の種類、立地条件などによるものである。

堆肥はマニユアスプレッターによって散布する。ペレット状に成型した堆肥は取り扱いやすく、ブロードキャスターなどで散布できる。スラリーはバキュームカーやポンプタンカーで農耕地に表面散布する方法が一般的だが、臭気の問題のときは、スラリーインジェクターによる土中への注入施用もある。

2. エネルギー利用

家畜ふん尿のエネルギー利用方法には、直接燃焼法、熱分解ガス法、石油化法、堆肥の発酵熱利用法、メタン発酵法などいくつかの方法がある (羽賀, 1982a)。ブロイラーの乾燥ふんを利用した直接燃料法は、鶏ふんボイラーとしてかなり普及しているが、豚ふんは水分が高いので直接燃焼法は適用しにくい。豚ふんの堆肥化時の発酵熱回収や乾燥ふんペレットからの熱分解ガスの生産については試験研究が行われ、熱分解ガスの実施はかつて運転されたことがある。

豚ふん尿はスラリー状態で排出されることも多いので、メタン発酵法は豚ふん尿のエネルギー利用法とし

て多くの実績がある (羽賀, 1982b)。メタン発酵はメタン細菌を中心とした嫌気性微生物の作用によってメタンガスを生産する方法である。したがって、嫌気性微生物が活動しやすいように保温 (25~35℃) した嫌気性発酵槽を用意する必要がある。豚1頭について、約150Lの発酵槽から約150~250Lのメタンガスが生産される。発熱量は5,500kcal/m³で都市ガスの5A規格に相当するので、炊事、暖房、動力源、発電など色々な用途がある。しかし、メタン発酵処理したスラリーは河川等へ放流できる水質ではないので、液肥として利用するか、さらに浄化処理する必要がある。

おわりに

資源小国であるわが国にあって、廃棄物の資源化を将来ともに推進すべき方向であろう。有機質肥料としての堆肥生産は重要な技術である。ただし、養豚経営は自分の農耕地を所有しない現状があるため、完結的な汚水処理ならびに良質堆肥の流通は重要な課題である。

日進月歩の廃棄物・排水処理技術、衛生工学や生物化学工学などの専門分野から積極的に導入することも必要である。ただし、その技術は養豚から遊離した

技術であってはならず、養豚技術としてしっかり根づかせることが、関係者の重大な責務である。ふん尿処理の現場は多くの制約条件があるので、現場で5年なり10年なり磨かれた技術には学ぶ点が多い。

美味で高蛋白でビタミンB群に富む素晴らしい栄養食品である豚肉、それを提供する養豚業は社会的貢献度が大きいのに、とかく3Kを指摘され、環境問題に対する風当たりが厳しい。これからは、新しい3K(きれいで簡単に活気ある)で、環境に優しく、持続型農業としての養豚業の発展が望まれる。

参考文献

- 1) 中央畜産会 (1987) 堆肥化施設設計マニュアル. p.79, 中央畜産会, 東京
- 2) 中央畜産会 (1989) 家畜尿汚水の処理利用技術と事例. p.63, 中央畜産会, 東京
- 3) 福森 功 (1995) 脱臭の原理と方法. p.101~111, 畜産環境対策大事典. 農山漁村文化協会, 東京
- 4) 羽賀清典 (1982a) 家畜ふん尿の再利用. 日本獣医師会雑誌, 35: 377~387
- 5) 羽賀清典 (1982b) 家畜・家禽排泄物のメタン醗酵. 日本畜産学会報, 53: 235~250
- 6) 羽賀清典 (1993) 家畜ふん尿の農耕地利用. 用水と廃水, 35: 919~929
- 7) 羽賀清典 (1995a) 飼養形態と排泄物の取扱い. p.457~465, 新畜産ハンドブック. 講談社, 東京
- 8) 羽賀清典 (1995b) 畜産系排水処理と負荷軽減. 用水と廃水, 37: 44~49
- 9) 羽賀清典 (1995c) 尿汚水処理(浄化処理)の原理と方法. p.95~100, 畜産環境対策大事典. 農山漁村文化協会, 東京
- 10) 羽賀清典 (1996) 臭気を抑えたふん処理と堆肥. 養豚界, 31(6): 30~36
- 11) 原 正之 (1996) 成型機. p.92~93, マニユア・マネージメント. 羽賀清典監修, デーリイマン社, 札幌
- 12) 本多勝男, 石川嘉彦, 米持勝利 (1992) 飼養管理技術の改善による臭気軽減に関する試験. 神奈川県畜産試験場研究報告, 82: 1~27
- 13) 本多勝男 (1996) 養豚農家の視点から汚水処理施設を考える. 養豚界. 31(6): 37~44
- 14) 陰山 潔, 田島敏夫, 新原 進 (1993) 畜産用水質推定尺の考案とその利用の検討. 畜産の研究, 47: 577~582
- 15) 環境庁 (1988) 再利用資源土壌還元影響調査に係わる総合解析調査—資材調査結果の解析—. p.1~60, 環境庁, 東京
- 16) 西村 洋 (1990) 家畜ふん堆肥化施設の運用と実際. 畜産の研究, 44: 175~182
- 17) 農林水産省農業研究センター (1985) 農耕地における有機物施用技術. p.226, 農林水産技術情報協会, 東京
- 18) 農林水産省草地試験場 (1983) 家畜ふん尿処理利用研究会資料. 農林水産省草地試験場資料58-2: p.60~61
- 19) 志賀一一 (1996) 酪農と環境のかかわり/環境に優しい酪農のあり方. p.20~23, マニユア・マネージメント. 羽賀清典監修, デーリイマン社, 札幌
- 20) 全国農業共同組合中央会 (1994) 有機質肥料等品質保全研究会報告書(抜粋). p.7, 全国農業共同組合中央会, 東京

第52回日本豚病研究会研究集会発表

住所: 〒305 茨城県稲敷郡基崎町池野台2