

# 火力乾燥機による牛糞の乾燥と脱臭

烏山 昇・奥山 肇・杉藤和夫・小林 茂

## まえがき

家畜のふん尿を処理利用する場合、ふんは乾燥して運搬しやすい形にして、肥料として利用するのが最も望ましい方法である。そのためにふんを畜舎でとりのぞきやすい畜舎構造の改善や、とりのぞいたふんを乾燥するため、ビニールハウスの利用、火力、醗酵による機械乾燥が行われている。

いずれの方法をとり入れるかは経営内容によって異なり、経営にマッチした方法をとり入れないと、労力、運転経費、流通経路等に問題が生じ、十分にその能力を発揮させることができず、早急にこの方法は駄目だという結論をだしがちである。

火力乾燥についても燃料費がかかりすぎるとか、悪臭を除去するのが大変であるとかいう批判をき

く。

東京都でも、畜産環境保全対策事業の一つとして、乾燥焼却機の助成を行っている。48年度事業分として酪農家に設置された乾燥機について、その性能、運転経費、経営に及ぼす影響について調査した。

## 調査農家の経営概要

調査対象農家は、農業構造改善事業により施設を整備し、昭和39年3月に農事組合法人M牧場として発足した。

畜産環境としては都心から離れた青梅市で、まだ農村の風景が残っており、畜産公害は問題にならない所で、都心の畜産家より恵まれた環境にある。

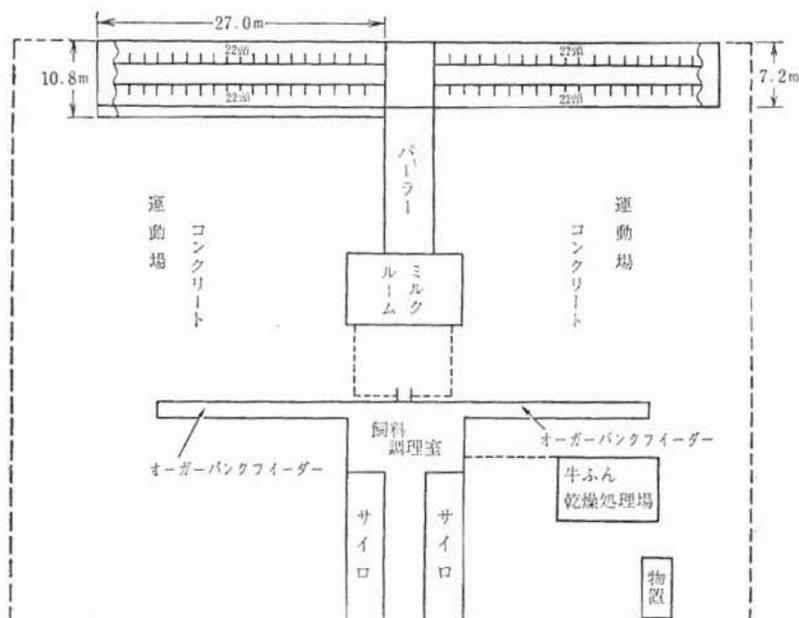


図1 M牧場の施設配置

経営内容はつぎのとおりである。

敷地：1.16 ha

施設の規模：100頭収容

乳牛舎（スタンション方式）

休憩舎 448.8m<sup>2</sup>（136坪）

搾乳舎（ミルクシーラー）65.67m<sup>2</sup>（19.9坪）

パイプラインミルクカー：8頭搾り

牛乳処理室（ミルクルーム）：46.2m<sup>2</sup>（14.0坪）

糞乾燥施設：68.04m<sup>2</sup>（20.6坪），

内ふん置場 22.68m<sup>2</sup>（6.8坪）

同牧場は、酪農、肉牛、養豚の三つの部門に分れ、全人員は8名で作業量に応じて人員を配置している。

調査時の飼育規模は搾乳牛56頭、育成牛38頭、肉用牛（ホルスタイン）70頭、繁殖豚と肉豚60頭である。乳量は850kg/日である。

飼料の種類は、乳牛はビール粕、ビートパルプ、澱粉粕、稲わら、エンシレージ、乳牛配合と青刈飼料作物で、肉用牛は配合飼料と稲わらである。

飼料畑は合計1.5haで、とうもろこし、ソルゴー、小麦、大根、ヒエ、イタリアンを作付している。乳牛のふんは大体全部乾燥して商品化しているが、肉用牛と豚のふんは自家の畑へ還元している。主としてとうもろこしに利用し、利用できない期間は30aの畑を堆積撒布用としている。

乳牛は給飼をするときだけスタンションにつな

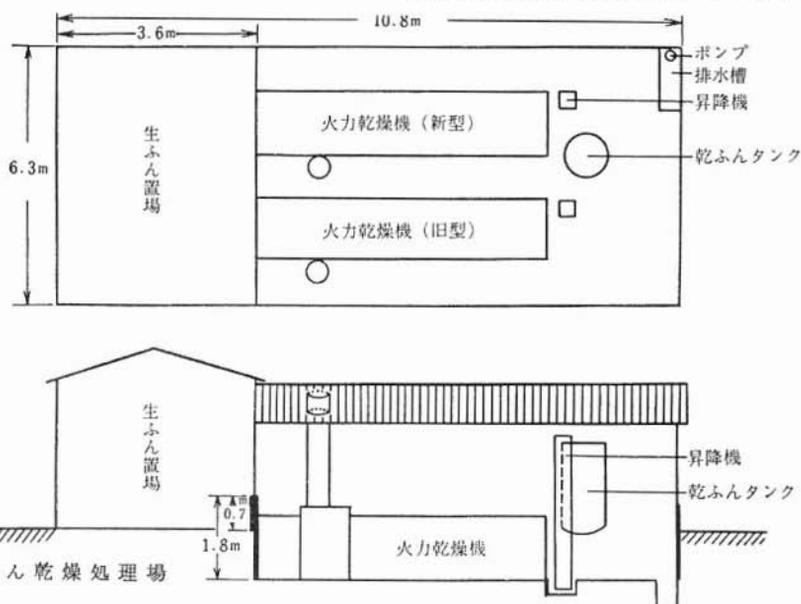


図2 牛ふん乾燥処理場

ぐが、あとは一年中コンクリート床の運動場に放牧している。ふん尿はコンクリート床の上に堆積したままで、晴天10日間位で水分60前後の乾燥状態となり、集めて乾燥機で乾燥する。

#### 調査対象乾燥機

乾燥機は図3のとおりである。

昭和46年12月に、S式無臭乾燥機を購入し、48年11月に助成事業で、同じ会社製のN10K型を設置した。この機種を選んだ動機は、乾燥ふんの仕上りがよく、商品価値の高いものができる

からということであった。

今回の調査は、助成事業で設置した乾燥機（図3）について調査した。

図3についていうと、①から原ふんを投入し、そのふんが②のドラムの回転によって攪拌粉碎されながら、加熱によって乾燥ふんとして③に出されてくる。

加熱は⑥のバーナーの燃焼熱を送風機でドラムの外側に熱風を送ること（熱交換方式）によって原ふんが乾燥される。脱臭はドラム内のふんの移動とは逆の方向に送風ブローで吸引される。吸

引された空気中には、燃焼に不都合な水蒸気やガス等を含んでおり、これらの水蒸気、ガス、粉塵を除くために⑤の水洗冷却器で水洗され、送風ブロワーで二次空気として燃焼に利用し脱臭をしている。この機種の特長として、ふんの加熱とガスの再燃焼を同一バーナーで行なうので、再燃焼のための燃料分が少なくすむことである。

調査結果

調査の項目は、①ふんの処理量、②洗濯水（使用量、水質分析）、③臭気の測定、④乾燥ふんの

生産費の各項目について調査した。

1. ふんの処理量

ふんの処理量は運転開始から運転終了まで、原ふんと乾燥ふんを計量した。計量の結果はつぎのとおりである。原ふんの処理量は時間当たり212kgで、乾燥ふんは111kgであった。

本機の性能について設計値と調査結果を比較すると表1のとおりで、処理量は約1400kg/8時間（水分含量80～85%）であり、今回の調査では1,696kgと高かった。

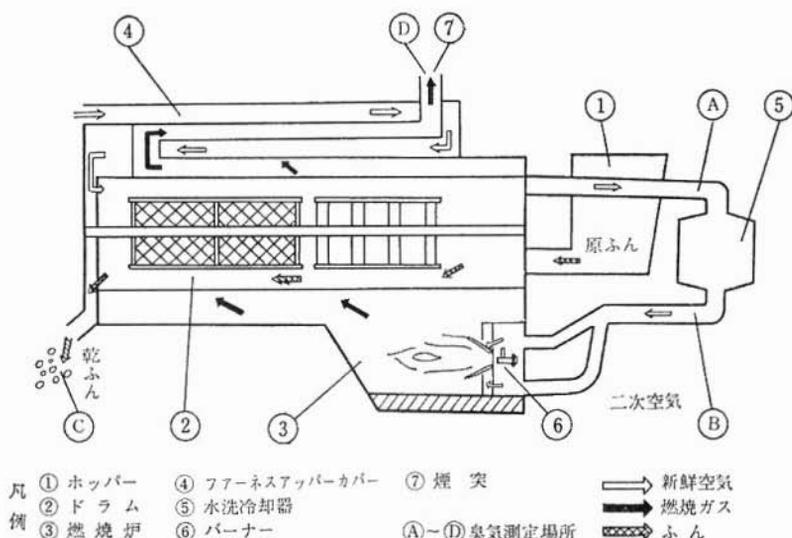


図3. 乾燥機の構造

表1 設計値との性能比較

	設計値	調査結果
原料処理量	約 1,400kg/日(80~85%WB)	1,696kg (56.7%WB)
製品出来高	350kg/日(約 20WB)	888kg (22.4%WB)
燃料消費量	15~18t/H	14t/H
洗濯水使用量	0.7~1.0t/H	0.594~0.719t/H
排気成分 (脱臭後)	NH <sub>3</sub> 0 H <sub>2</sub> S 0	*7 ppm 0

\* 6回測定の前平均値

表2 洗濯水の水質

運転開始後	pH	S. S	C. O. D	B. O. D
0.35分	9.4	1,340Ppm	1,400Ppm	155.0Ppm
2時30分	9.6	1,430	1,360	1,090.0
6時	9.6	2,580	1,227	937.5

調査対象の原ふんの水分含量5.2.7%と低かつ

たのは、運動場がコンクリートであるため、晴天続きで天日乾燥が進んだものであった。乾燥ふんのでき高は、設計値は約350kg/8時間（水分含量約20%）であり、調査では888kg/8時間（水分含量22.4%）であった。

2. 洗濯水の使用量および水質分析

洗濯水は本機のドラム中で発生した水分、臭気、粉塵等を除去するために使用される。ドラム内で発生した水蒸気は、水洗冷却器で冷却されることにより除かれる。除去できなかったガスを新鮮空気と混合して二次空気としてバーナーで燃焼させて除去される。ドラム内で発生した水蒸気の除去は洗濯水の量に関係しており、使用量の調整がよ

くないとバーナーの燃焼が不完全になり、息づき現象がおきる。調整時の洗滌水は乾燥開始後1時間で5941 l/hであり、その後、乾燥ふんのコゲがあり、バーナーを停止(13分間)した。その後、ドラムの回転速度を調整して洗滌水の量を増した。運転開始4時間の測定では、7191 l/hの洗滌水の使用量であった。洗滌水として排出された水は、経時的に3回採取して分析した。分析の結果は表2のとおりである。

pHは9.4~9.6, S.Sが1,340~2,580 ppm, C.O.Dは140~1,360 ppm, B.O.Dは155~1,090 ppmで、運転開始後経時的に高くなっている。

### 3. 臭気の測定

臭気の測定は、北川式真空法ガス検知管で約1時間毎に測定した。測定対象ガスは、NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S

で0~11 ppmであり、H<sub>2</sub>Sはいずれも検出されなかった。

### 4. 洗滌水の臭気度

当牧場周辺は悪臭防止法による規制地域内であり、洗滌水の臭気も二次公害の発生源となるので、その臭気度(pO<sup>\*</sup>)を測定した。

法第4条、規制基準の項は、規制地域内の事業場より発生する悪臭を、その敷地境界線(第4条第1号)、排出口(同第2号)、排出水中(同第3号)の3つの面から規制する三点規制を行なっているが、そのうち第3号の排出水に係る規準がこの洗滌水に適用されることになる。

しかし、排出水中の悪臭物質中の濃度と大気中に蒸散する当該悪臭物質の濃度との関係が明確でないで、現在はまだ法でも都条例でも算出法を提示しておらず、実質的には規制対象とはなっていないので、今回は実態を数値で把握するのみで結論は避けた。

今後、関係各機関の調査研究が進みしだい、規制対象となりうる事が予想されるので、動向を注視していきたい。

表4の洗滌水の臭気度と表3の乾燥機内でのアンモニアガス濃度の変動は同様の傾向を示している。

表3 臭気の測定

時 間	9.50~	10.50	11.40	13.20	15.00	14.45	備 考
	10.15	11.10	12.00	14.20	15.20	16.10	
場 所	NH <sub>3</sub>						
①水 洗 前	75	50	128	150	150	48	運転開始 9時25分 NH <sub>3</sub> =検知 管C型使用 H <sub>2</sub> S=B型
②水 洗 後	15	9	40	10	56	21	
③乾燥ふん出口	18	24	35	10	43	38	
④煙 突	0	8	10	8	4	11	
				以上	以上		

であったが、H<sub>2</sub>Sは検出されなかった。測定位置は(図3を参照)、①水洗前、②水洗後、③乾燥ふん出口、④煙突の4ヶ所を測定した。結果は表3のとおりである。

測定位置①②は機体内での臭気であり、NH<sub>3</sub>で9~150 ppm以上であった。機体外に排出される③④で、③は乾燥ふんの出口で10~43 ppmの範囲であった。④は燃焼ガスの排出される煙突

表4 洗滌水の臭気度

運転開始後	臭気度 (pO)	pH
35 分	6.7	9.4
2 時間 30 分	8.0	9.6
6 時間	8.6	9.6

\* 適量の蒸留水を40℃程度に加熱し、試料をその臭いを感じはじめる(閾値濃度)まで滴下し、その量をもとにして次式で算出する。

$$pO = 3.32 \times \log \frac{a+b}{a}$$

a: 試料滴下量 (ml)  
b: 蒸留水量 (ml)

また、洗滌水の水温が40℃以上とかなり高温であり、臭気の発生が激しかったが、放冷すると減少する傾向にあった。臭気の質は運転中を通じてアンモニア臭が主で、他には燻臭が認められた。また、いずれもpHが9以上であるが、これは洗滌水中に溶け込んだNH<sub>3</sub>によるものと思われる。

### 5. 乾燥ふんの臭気度

製品はいずれ畑地で水分を含んで臭気を発生するようになるので、その時どの程度の臭気を発生するのか、原料ふんの臭気度と比較した。原料ふんと乾燥ふんとは水分含量が56.7%, 2.2.4%と異なるので、両者のS.S量に対する滴定値を真の滴定値として補正を行い、両者の臭気度を比較した。

原料ふんの滴定値(実測値) a = 2.5

(補正值) a = 1.08 pO = 7.5

乾燥ふんの滴定値(実測値) a = 2.0

$$\rightarrow a = 1.55 \quad pO_2 = 7.0$$

両者ともに滴定値(実測値)  $b = 200$

$$\therefore pO_1 > pO_2$$

この結果によって明らかに乾燥ふんの方が臭気の発生が少く、かつ、その質も燻臭が主で芳香性なので、畑地での問題発生は少ないと思われる。

表5 乾燥ふん1日(8時間)当り生産費概算

支		出	
項目	金額	内容	
重油代	3,136円	141/H × 28円 × 8時 = 3,136円	
水道代	289	0.567m <sup>3</sup> × 8時間 = 5.26m <sup>3</sup> 5.26m <sup>3</sup> × 55円 = 289.0円	
電気代	79	2.48kW × 8時 × 4円 = 79.36円	
労賃	5,000	1人 × @5,000 = 5,000円	
償却費	968	① $\frac{1,687,000円}{1.825日(耐用年数5年)} = 924円$ (火力乾燥機 1,537,000円) (昇降機 150,000円) 397,317円 ② $\frac{9,125日(耐用年数25年)}{上屋基礎工事その他付帯工事一式} = 44円$	
修理費	137	$\frac{50,000円}{365日} = 136.9円$ (火力乾燥機 30,000円) (上屋その他 20,000円)	
諸経費	5,770	ビニール袋 81袋 × 70円 = 5,670円 グリス、オイル等 100円	
小計	15,379		

収		入	
項目	金額	内容	
乾燥ふん販売	24,300	111kg/H × 8時 = 888kg 888kg ÷ 11kg/袋 = 81袋 81袋 × 300円 = 24,300円	
収益	8,921	収入 24,300 - 支出 15,379	

(備考) 償却費の基礎工事は自家労力であるので、賃金は含まれていない。水道代は自家井戸水を使用しているが、本調査では市営水道で算出した。

### 6. 乾燥ふんの生産費

乾燥ふんの生産にかかる経費の概算は表5のとおりである。乾燥ふんの生産量は1日8時間稼働で888kgで、1袋11kg詰めで約81袋である。調査時は1袋当り300円で販売されており、1日当り24,300円の収入、支出の方は合計15,379円で差引8,921円の収益であった。1kg当りの乾燥ふん生産費は約17円販売価格はkg当り約27

円であった。

### 7. 乾燥ふんの販売

販売方法は、ある肥料業者と数量のみを一定量契約し、価格については重油の変動等、諸物価の価格変動により、協議決定するようにしている。調査時の契約は、500袋/月の契約であった。乾燥鶏ふんに比較して一般に高値で取引されているようで、需要と供給の関係から牛ふんは不足がちであり、鶏ふんの方は需要が果樹園等の大口に利用されるが、牛ふんは化粧袋に詰替えられ、家庭園芸用のバラ等に使用されているとのことであった。

参考までに乾燥ふんの肥料成分を示すと表6のとおりである。

表6 本機製品の乾燥ふんの肥料成分

分析場所	東京都肥料検査所	愛知県農業試験場
水分	11.43	11.48
N	2.32	2.71
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.05	2.32
K <sub>2</sub> O	1.45	1.73
有機分	65.20	82.3

### ま と め

1. 排水される洗滌水は、分析結果からいずれも水質汚濁防止法の基準以上であり、処理する場合は1日/8時間運転で、B.O.D. 1.000ppm以上の汚水、5.6~8.0m<sup>3</sup>の処理施設が必要になってくる。

2. 臭気については煙突の排出ガスは設計理論からは燃焼によって分解され、NH<sub>3</sub>はゼロでなければならない。今回の調査では0~11ppmの範囲のNH<sub>3</sub>が検知された。水蒸気の除去は洗滌水の量と関係があり、今回の調査では洗滌水の量が設計値と比較して少ないため、水蒸気が十分に除かれず、そのため燃焼温度が低くなり、ガスの熱分解ができず、排出されたものと思われる。

3. 今回の調査では、原ふんの水分含量が56.7%と低いため、乾燥ふんの生産量は設計値の2.5倍であった。乾燥ふんの生産量を高めるためには、原ふんを予備乾燥した方が生産コストが低下する。

しかし、牛の生ふんの水分含量は約85%であり、このふん1トンを乾燥して水分含量56%にすると、約340kgとなり、1/3の量となる。これだけ予備乾燥するのはかなり大変なことである。

参考までにビニールハウス利用による豚ふんの乾燥調査を行った結果を示すと、梅雨期では12日目でも66%であり、夏でも一週間以上かかった。今後は、水分含量の高いふんの乾燥について調査する予定である。

4. 火力による家畜ふんの乾燥はエネルギー資源節約の折から、適当でないとか、悪臭を取り除くことがむずかしくて、畜産の個別経営には不適當

であるという意見も聞くが、今回の調査では1日・8時間稼働で、5,000円の労賃を支払って、9,000円の利益をあげるという結果がでた。もちろんこれは予備乾燥を十分行ったふんを乾燥した場合であり、水分含量80~85%の生ふんを乾燥した場合は異なった結果がでると思われる。

しかし、いずれにしても家畜のふんはきたないもの、くさいもの、すてるものという考え方を改めて、商品価値のある自然肥料の原料であると考えれば、ふん尿の処理と利用の姿も自ら変わってくるのではなかろうか。そのためには製造工程も含めた流通経路の確立が先決問題であろう。