

## 深型攪拌式堆肥発酵施設による乳牛ふんの堆肥化処理

高田 修\*・篠倉和己\*・柘田隆一\*\*

### 要 約

乳牛ふんを速やかに発酵処理するため、主に戻し堆肥を用いて水分を約70%に調整し、深型攪拌式堆肥発酵施設で堆肥化を行い、その処理性能を1年間調査した。発酵レーンは2レーン方式で、各レーンは深さ25cm、幅5m、有効長さ37mで使用した。運転方法は、第1レーンに水分調整ふんを投入し、第1レーン排出堆肥は第2レーンに投入した。

- 1 牛ふん処理量は搾乳牛換算で年間平均31頭、堆肥のレーン通過日数は第1レーンが約14日、第2レーンが約17日であった。
- 2 第1レーン排出部の堆肥水分は平均52%であった。夏は42%で戻し堆肥としての利用が可能であった。第2レーン排出部の堆肥水分は平均35%であった。冬は51%と高いため戻し堆肥としての利用にはオガクズと混合しなければならなかった。
- 3 1日1㎡当たりの水分蒸発量は、第1レーンが平均4.8kg、第2レーンが平均2.3kgであった。第1レーンは季節差が大きかった。
- 4 堆肥温度は第1レーン投入部が最も高く、発酵が良好に進行しているが、攪拌・移動により温度低下が見られた。
- 5 当施設で搾乳牛30頭規模のふんを処理するためには、冬の戻し堆肥水分が高いため、年間平均約10%のオガクズ利用が必要である。また、堆肥完熟化のためには、堆肥舎での2次発酵促進が必要である。

## Composting Processes of Dairy Cows Feces by the Deep Churning Type Compost Fermentation Facilities

Osamu TAKATA, Kazumi SASAKURA and Ryuichi MASUDA

### Summary

In order to carry out fermentation processing of dairy cows feces promptly, the moisture in feces was adjusted to about 70% using returned compost mainly, and it composted with the deep churning type compost fermentation facilities, and the processing performance was investigated for one year. Fermentation facilities have two lanes, and each lane was used by depth of 25cm, width of 5m, and effective length of 37m. The moisture adjusted compost was thrown into the 1st lane, and compost discharged from 1st lane was thrown into the 2nd lane.

- (1) The amount of processed cows feces was equal to 31 animals feces in milking cow conversion per year in average. The lane passage days of compost was about 14 days in the 1st lane, and it was about 17 days in the 2nd lane.
- (2) The moisture of compost was about 52% in average and was 42% in summer at discharge part in 1st lane. This result suggested that the compost in 1st lane can be used as return compost in summer. The moisture of compost was about 35% charge part in 2nd lane. In winter, it was 51% so it had to mix with sawdust for use as a return compost.
- (3) The amount of transpired moisture per day/㎡ was 4.8kg in 1st lane and 2.3kg in 2nd lane in average, and that in 1st lane showed large seasonal difference.
- (4) Although the compost temperature showed highest value at the injection part in 1st lane

2003年8月29日受理

\* 農林水産技術総合センター淡路農業技術センター

\*\* 現兵庫県農林水産部農林水産局畜産課

and fermentation was seemed promptly.

- (5) Since the amount of moisture in return compost in winter was high, sawdust was needed to adjust the moisture of return compost. And the amount of sawdust was about 10% of compost annually in the facilities used in the experiment to process the feces of 30 milking cows. Moreover, in order to make full-ripeness compost, it was required to promote secondary fermentation in compost yard.

キーワード：堆肥処理、深型攪拌式、戻し堆肥、乳牛ふん

## 緒言

牛から排泄されたふんを出来るだけ速く好氣的に堆肥化処理することが悪臭の防止につながるが、好気発酵を速やかに促進させるためには、処理開始時の水分を70%程度に調整<sup>1)</sup>する必要がある。特に乳牛のふんは水分が高いため、水分調整をどの様に行うかが大きな問題である。

ふんの水分調整方法は、低水分の副資材と牛舎内あるいは処理施設投入時に混合する方法が一般的であり、副資材としてはオガクズ等が用いられているが、最近は戻し堆肥の利用が多くなっている。戻し堆肥として利用するためには、水分の蒸発を高め、水分を40%程度に低下させる堆肥化処理が必要となる。

堆肥化処理施設として、乾燥目的では浅型攪拌式乾燥ハウス、発酵目的ではスクープ式発酵槽が普及しているが、今回、乾燥と発酵を同時に進行させる堆肥化処理として、深型攪拌式発酵施設を設置し、乳牛ふんの堆肥処理状況を1年間連続して調査した。

## 材料及び方法

### 1 処理施設の概要

発酵ハウスは面積571m<sup>2</sup>(幅12.7m, 長さ45m), 軒高5~6mで、半透明波板での密閉式である。側面は巻き上げ式シート(巻き上げ高1.7m)で、必要に応じて開閉した。

ハウス内に面積205m<sup>2</sup>(幅5m, 長さ41m)の発酵レーンを2レーン設けた。レーンの有効使用容積は46m<sup>3</sup>(深さ25cm, 幅5m, 長さ37m)で、各レーンにロータリー型攪拌機を設置した。

### 2 施設管理方法

成牛約40頭規模の牛舎で、敷料はオガ粉を使用した(一部ストローを使用した分は別処理とした)。除ふんはバークリーナーで夕朝実施し、堆肥舎で1日分を戻し堆肥と混合して水分を約70%に調整した。戻し堆肥の水分は40%程度のものを目安として使用し、水分が高い冬季にはオガクズを混合して使用した。

水分調整したふんは第1レーンに毎日投入した。第1

レーン排出堆肥は第2レーンに投入し、第2レーン排出堆肥は堆肥舎に堆積した。各レーンの排出作業は週2回程度で行った。

### 3 調査方法

施設は2001年4月から使用したが、管理方法が安定した2002年3月から2003年2月までの1年間を調査した。集計は、3~5月を春、6~8月を夏、9~11月を秋、12~2月を冬として処理した。

毎日の運転管理は、ふん投入が11時、攪拌運転は9時~14時の間に3~4回で、調査及びサンプリングは16時に月1回の間隔で実施した。

- (1) 堆肥等の処理量：堆肥等の運搬はショベルカーで行い、ショベルカーバケット容量で処理容量を算出した。処理重量は含水分から比重を推測して換算した。
- (2) 堆肥の温度：温度計(おんどとり jr TR-52, ティアンドデイ社)で堆積高の中間部位を2~3か所測定し、最も高い測定値を用いた。
- (3) 堆肥の水分：堆肥約1リットルを堆積高の中間部位からサンプリングし、65°C・24時間で風乾後、110°C・2時間で乾燥して算出した。
- (4) 堆肥の粗灰分：水分測定用サンプルを約3g用い、ガスコンロで燃焼後、電気炉で600°C・8~16時間加熱して算出した。
- (5) 水分消失率(%)の算出式：処理前水分%-現物中処理前粗灰分%÷現物中処理後粗灰分%×処理後水分%
- (6) 有機物消失率(%)の算出式：(乾物中処理後粗灰分%-乾物中処理前粗灰分%)÷{(乾物中処理後粗灰分%×(100-乾物中処理前粗灰分%))}×10,000
- (7) 堆肥の肥料成分測定：平成14年11月に、各レーンの排出部より1点をサンプリングし、土壌作物生育診断機器実用化事業土壌、水質及び作物体分析法に基づいて行った。

## 結果

### 1 堆肥処理量

施設での月当たり堆肥処理量を表1に示す。

牛舎から排出された生ふんの内、施設で処理した量は平均47.3m<sup>3</sup>/月(1,555リットル/日)で、搾乳牛換算頭数(1頭1日当たり50リットルとして換算)は31.1頭であった。施設投入時の水分を70%に調整するため、戻し堆肥とオガクズを使用した。その使用量は平均で戻し堆肥が43.8m<sup>3</sup>/月(1,440リットル/日)、オガクズが10.3m<sup>3</sup>/月(339リットル/日)であった。

## 2 処理過程における堆肥水分の変化

施設投入時の水分調整方法を表2に、処理過程における堆肥水分の変化を表3に示す。

第1レーンへの投入部水分は、年間を通してほぼ70%に調整することができた。排出部水分は夏が41.7%、冬が60.6%、平均が52.1%であった。第2レーン排出部は夏が21.9%、冬が50.6%、平均が35.0%であった。

## 3 処理過程における堆肥温度の変化

発酵レーンにおける堆肥温度の変化を表4に示す。レーン部位の温度変化は、第1レーンの投入部が平均50

表1 施設での月当たり堆肥処理量 (m<sup>3</sup>)

区分	春	夏	秋	冬	平均
生ふん*	39.5	57.9	46.5	45.2	47.3
戻し堆肥	33.4	48.9	55.5	37.4	43.8
オガクズ	19.5	0	0	21.6	10.3
搾乳牛頭数*(頭)	25.7	37.8	30.7	30.1	31.1

\*生ふんには一部敷料(オガクズ)を含む

\*搾乳牛頭数:搾乳牛1頭1日生ふん量50リットルとして換算

表2 施設投入時の水分調整方法(容積での混合割合:%)

区分	春	夏	秋	冬	平均
生ふん	42.8	54.2	45.6	43.4	46.5
戻し堆肥	36.2	45.8	54.4	35.9	43.1
オガクズ	21.1	0	0	20.7	10.5
投入時水分(%)	69.9	68.5	70.2	69.7	69.5

表3 発酵レーンにおける堆肥水分の変化(%)

区分	春	夏	秋	冬	平均
第1レーン:投入部	69.9	68.5	70.2	69.7	69.5
排出部	54.5	41.7	51.6	60.6	52.1
第2レーン:投入部	54.2	42.3	48.9	59.0	51.3
排出部	38.5	21.9	26.2	50.6	35.0

表4 発酵レーンにおける堆肥温度の変化(°C)

区分	春	夏	秋	冬	平均
第1レーン:投入部*	47.0	55.2	56.6	43.5	50.0
中央部	43.3	53.2	50.9	30.9	44.0
排出部	45.9	44.7	41.3	31.9	40.9
第2レーン:投入部	41.3	38.9	34.6	36.4	38.1
中央部	36.8	37.5	31.6	36.6	36.0
排出部	28.9	34.9	26.1	22.4	28.3

\*投入部位から約5m先の部位

°Cと最も高く、排出部へ移動するごとに低下している。しかし、冬においては第2レーンへの移動で少し温度が上昇した。季節での温度変化は、外気温度に影響され、夏が高く、冬が低くなった。第1レーン投入部で夏から秋にかけての温度が最も高かったが、60°C以上にはならなかった。

## 4 処理過程における堆肥の水分蒸発状況

レーン投入時と排出時の含水分と粗灰分を測定し、各レーンにおける水分蒸発量と消失率を求めた。その結果を表5に示す。

1日1m<sup>3</sup>当たりの水分蒸発量は、第1レーンが平均4.8kg、第2レーンが平均2.3kgであった。第1レーンは季節による差が大きく、夏は6.2kgであったが冬は3.6kgであった。水分消失率としては、第1レーンで平均40.7%、夏が52.4%と高く、冬が28.4%と低かった。

## 5 処理過程における堆肥の容積減少と有機物消失状況

レーン投入時と排出時の容積、含水分及び粗灰分を測定し、各レーンにおける容積減少率と有機物消失率を求めた。その結果を表6に示す。

容積の減少率は第1レーンが平均18.0%、第2レーンが平均25.0%であった。季節差としては、第1レーンでは秋、夏の減少率が高かったが、第2レーンでは春、夏の減少率が高かった。有機物消失率はデータが揃わなかったが、夏が高く冬が低く、また、第1レーンが第2レーンよりも高かった。

## 6. 堆肥成分

発酵レーン排出部の堆肥成分を表7に示す。レーンによる堆肥成分の差はほとんど見られなかった。成分値と

表5 処理過程での堆肥の水分蒸発量(kg/m<sup>3</sup>・日)と消失率(%)

区分	春	夏	秋	冬	平均
水分蒸発量:第1レーン	3.7	6.2	5.9	3.6	4.8
第2レーン	2.8	2.2	2.0	2.3	2.3
水分消失率:第1レーン	39.4	52.4	42.4	28.4	40.7
第2レーン	—	—	34.6	19.2	—

表6 処理過程での堆肥の容積減少率(%)と有機物消失率(%)

区分	春	夏	秋	冬	平均
容積減少率:第1レーン	12.5	20.4	22.0	16.5	18.0
第2レーン	39.1	24.7	15.1	21.1	25.0
全レーン	46.7	40.1	33.8	34.1	38.5
有機物消失率:第1レーン	—	19.4	16.3	14.3	—
第2レーン	—	—	8.2	6.7	—

表7 堆肥成分(乾物中%:平成14年11月測定,各1点)

測定部位	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N
第1レーン排出部	2.8	2.7	4.7	13.3
第2レーン排出部	2.7	2.9	4.5	13.3

しては、T-Nが2.8%、 $P_2O_5$ が2.8%、 $K_2O$ が4.6%、C/Nが13.3%であった。

### 考 察

施設での処理量を毎日正確に把握することは困難であるが、毎日の作業上で可能な方法として容量と水分から重量を推定する方式を取り入れた。レーン長は41mあるが、作業上利用できる長さは約37mであった。攪拌の深さは機械能力(攪拌モーター3kw)から25cmに設定して運転した。

生ふんの第1レーン投入量から、搾乳牛1頭の1日排泄量を50リットルとして換算した施設処理頭数は31.1頭であった。また、各レーンの1日当たり平均投入量からレーン通過日数を算出すると、第1レーンが14日間、第2レーンが17日間となったが、レーン通過中に容積の減少があるため、実際の通過日数はもう少し長いと思われる。

本施設の設置目的は、堆肥の一次発酵促進と、戻し堆肥として利用するための堆肥の水分減少である。一次発酵促進のために投入時水分を70%に設定し、戻し堆肥で水分調整を行うようにしたが、冬から春にかけてレーン排出堆肥の水分が設定基準の40%より高くなるため、オガクズを利用しなければならなかった。夏は第1レーン排出堆肥で水分が約42%であるため、第1レーンのみでも戻し堆肥としての利用が可能であった。ハウス乾燥施設での1日1㎡当たりの水分蒸発量は3kgが目安とされているが<sup>4, 6, 7)</sup>、外気温度、湿度及び堆肥の発酵状態とともに初期水分含量によっても大きく左右される<sup>4)</sup>。水分蒸発量が冬季に低く、また第1レーンより第2レーンで低いのはこれらの理由によるものである。レーンの堆積高は25cmであり、発酵熱の保存が充分でなかった。このため、外気温度が低下する冬においては堆肥温度の低下が大きく、初期発酵も抑制されているものと考えられる。通常の乾燥ハウスにおける攪拌の深さは10cm程度であり、発酵温度の保温効果はほとんど無いため、発酵はさらに抑制されるものと思われる。

発酵状況を推測する指標として、通常は乾物分解率が用いられ、開放型堆肥化装置における1次処理での分解率は27%<sup>6)</sup>とされているが、現場での重量測定は困難であることから、今回は実用性と正確性から容積減少率と有機物消失率<sup>3)</sup>を求めた。容積減少率において、冬場が低いのは堆肥温度低下により発酵が抑制されたためと考える。有機物消失率はデータが揃わなかったが、夏に比べて冬が低かったのも同様の原因と考える。また、戻し

堆肥を多量に利用しているため、全体的にやや低い消失率であった。

以上より、深さ25cmでの攪拌式堆肥発酵装置において、搾乳牛1頭当たり約6㎡の面積を確保した発酵レーン(2レーンでは約12㎡)で、生ふん46%、副資材(戻し堆肥主体)54%の混合で水分を約70%に調整し、第1レーン通過日数が約14日間、第2レーン通過日数が約17日間という条件で運転させた場合、夏においては第1レーンのみでも処理が可能であるが、冬においては第2レーン利用でもオガクズ等の副資材が必要になる。戻し堆肥のみで処理していくためには夏の低水分戻し堆肥を備蓄出来る堆肥舎を設置することであるが、戻し堆肥のみでは塩類蓄積<sup>1, 2, 5)</sup>が大きくなり、堆肥の利用に注意が必要となる。2002年11月での堆肥成分測定値は、浅井による乳牛ふん堆肥成分<sup>2)</sup>と比較しても各成分共に高く、塩類蓄積の傾向が見られた。このため、ある程度オガクズ等の利用が必要である<sup>5)</sup>と思われる。本施設においては容積で年間平均約10%のオガクズ利用量であった。

全体の施設体系として、発酵ハウス以外に、低水分の戻し堆肥保管用や、二次発酵によるさらに高い発酵温度の確保と完熟化促進(養生)用の堆肥舎が必要である。本施設で処理した堆肥を堆肥舎に堆積することにより、70℃以上の温度で二次発酵が促進される。また、オガクズを使用した場合は完熟化に3か月以上の発酵期間が必要である。

### 引用文献

- (1) 秋場宏之(2003):家畜排せつ物由来堆肥の飼料作物に対する適性施用量:山形県畜産研究報告 1, 15-21
- (2) 浅井貴之(1999):長野県における堆肥の製造方法と成分組成の特徴:日本畜産学会北陸支部会報 79, 22-30
- (3) デーリィ・ジャパン社(2001):Dairy Japan 5月号 46, 74-78
- (4) 農文協編(1995):畜産環境対策大辞典:211-215
- (5) 畜産試験研究推進会議,農林水産省畜産試験場(2001):畜産研究成果報告 14, 43-44
- (6) 中央畜産会(2001):堆肥化施設設計マニュアル:116-120
- (7) 吉田雅規・中西隆男(2001):ハウス乾燥施設での送風による乾燥促進効果:徳島畜研報 1, 208-212