

フリーストール牛舎における戻し堆肥の利用

井上雅美・羽成勤・吉尾卓宏・相沢博美¹

Use of Recycled Compost in Freestall Housing System

Masami Inoue, Tsutomu Hanari, Takahiro Yoshio and Hiromi Aizawa¹

要 約

県内でフリーストール牛舎を導入している農家について、戻し堆肥の使用状況やベッドの敷料中の大腸菌群数の調査を行った結果、敷料に戻し堆肥を使用し管理状態の良い農家での大腸菌群の検出は、他の農家に比べて少なくなった。また、牛ふんと堆肥を混合し調整した試料中の大腸菌群数は、牛ふんとオガクズを用いた試験区よりもかなり少なく推移した。実際の牛舎のベッドの敷料に堆肥を用いた試験でもオガクズを用いた試験区より少ないことが観察された。充分腐熟した堆肥を戻し利用することは衛生的に問題なく、試算の結果から良質な堆肥を製造している生産者では、戻し堆肥を作つて利用した方がオガクズを購入するよりもコストは低くなつた。

キーワード：戻し堆肥、敷料、大腸菌群数

緒 言

フリーストール牛舎の糞尿は水分が多く、堆肥化する場合は水分を調整する必要がある。しかし、牛舎内の敷料（オガクズ等）は高騰し、種々の代替品が検討されている。また、フリーストール牛舎では牛床の衛生状態が悪化しやすく乳房炎の発生が多くなることが懸念されている¹⁾。

この試験では堆肥を敷料として再利用している事例を調査し、オガクズ等の代替敷料としての可能性や衛生面からみた戻し堆肥の利用について検討した。

方 法

1. フリーストール牛舎を導入している農家について、堆肥の生産と戻し堆肥の使用状況等を調査し、牛舎の通路とベッドに使用している敷料中の大腸菌群数の調査を行つた。また、新たにフリーストール牛舎を導入した農家について導入前後の乳質の変化を調査した。

大腸菌群は大腸菌をはじめ環境性乳房炎の原因菌とされるクレブシエラ属菌など多くの腸内

細菌科に属する菌種を含み、環境衛生上の汚染指標菌と考えられている。大腸菌群数はDHL培地の平板培養法で発育した集落数を計測して調査した。

2. 実際の牛舎のふん混じりの敷料中の大腸菌群数の推移を推定するため、牛ふんに堆肥、おがくず、110℃風乾堆肥を混ぜた試料を人工的に調整し、36℃で培養（試験区1は20℃でも培養）し、1日毎に大腸菌群数の推移を調査した。ふん混じりの試料の調整方法は表1のとおりである。この調整試料を発砲スチロールの箱に入れインキュベーターで培養した。また、当センターのフリーストール牛舎のベッドを使用して敷料中の大腸菌群数調査を行つた。牛舎ベッドに戻し堆肥区、オガクズ区、山砂区を設定して敷料のサンプルを定期的に採取し、2週間の大腸菌群数の推移を調査した。敷料は初日に十分な量を入れ試験期間中の補充は行わなかつた。
3. 戻し堆肥を生産するための施設や費用を想定し生産費を試算した。この場合堆肥化施設（堆肥舎等）はすでにあり、水分60%程度の堆肥が生産されているものとした。オガクズと山砂について購入単価から1頭1日当たりの費用を出し、比較した。

1 現茨城県畜産センター肉用牛研究所

表1 ふん混じりの試料の調整

試験区	ふん重量	敷料の種類と重量	加水量	培養温度
1	500 g	+堆肥(水分34.4%)	488.3 g	20°C・36°C
2	500 g	+110°C風乾堆肥	320.3 g +水168g	36°C
3	500 g	+オガクズ(水分12.4%)	365.6 g +水122.7g	36°C

注) 試料の調整: 敷料の乾物量を一定にし全体の水分を60%に調整した。

結果および考察

1. 堆肥の生産と戻し堆肥の使用状況等の調査結果と敷料中の大腸菌群数の調査結果をそれぞれ表2, 3に示した。農家1は敷料に戻し堆肥を使用しているが、大腸菌群の検出は、敷料1 g 中ベッドで 5×10^2 個程度、通路では 7×10^3 ~ 5×10^4 個程度となり、他の農家に比べて少なくなった。この農家では、敷料に戻し堆肥を使いベッドの敷料も2日に1回交換するなど管理状況も良いことから大腸菌群の検出は少なくなったと考えられた。農家2ではベッドに山砂を使用しているが大腸菌群数は 3.2×10^4 個と比較的少なかった。農家3でも一部のベッドでは山砂を使用しているが、そのベッドからの大腸菌群は検出限界以下であった。

また、農家3では戻し堆肥を使用しているがベッドの管理状態がやや悪いため(頻繁には交換しない)大腸菌群数は他の戻し堆肥使用農家に比べて多くなった。

農家4では堆肥の水分が高く戻し堆肥を敷料

表2 堆肥の製造と敷料の使用状況等

農家No.	飼養頭数 (成牛/育成牛)	堆肥製造方法	戻し堆肥使用状況		衛生状態 乳房炎発生等
			水分62%の堆肥4m ³ と オガクズ1m ³ を混ぜ通路 には朝晩10m ³ 撒きベッド は2日に1回交換する。	通路やベッドに 堆肥を敷き牛体 の汚れが少ない。 乳房炎減少	
1	165/80	戻し堆肥で水分調整後 密閉縦型コンポで発酵 (30~35m ³ /日排出) 堆肥舎に堆積			
2	110/50	堆積発酵 月に1回ほどショベル ローダで切り返し	使用していない。 ベッドには山砂使用		乳房炎の発生は 少ない。
3	150/60	堆肥舎で堆積発酵 オガ屑・バーク使用	ベッドの1部に使用 月1~2回補充		乳房炎の発生は 常時2~3頭ある。
4	360/80	戻し堆肥で水分調整後 密閉横型コンポで発酵 堆肥舎で堆積発酵	堆肥とオガクズを混ぜる。 ベッドには毎日補充 堆肥の使用量8m ³ /日位		乳房炎の発生 は常時ある。
5	97/21	堆積発酵	ベッドには山砂使用		
6	400/220	密閉縦型コンポで発酵	戻し堆肥を使用し始めた。		
7	40/35	モミガラ・戻し堆肥で 調整後密閉横型コンポで 発酵、堆肥舎に堆積	通路、ベッドにはオガ粉 を使用		乳房炎は少ない。

注) 表3の同番号とは同一農家

として使用するにあたりオガクズを堆肥に対し1/3~等量程度加えていた。オガクズの使用量を減らすためには堆肥の水分を減少させることが重要であると思われた。

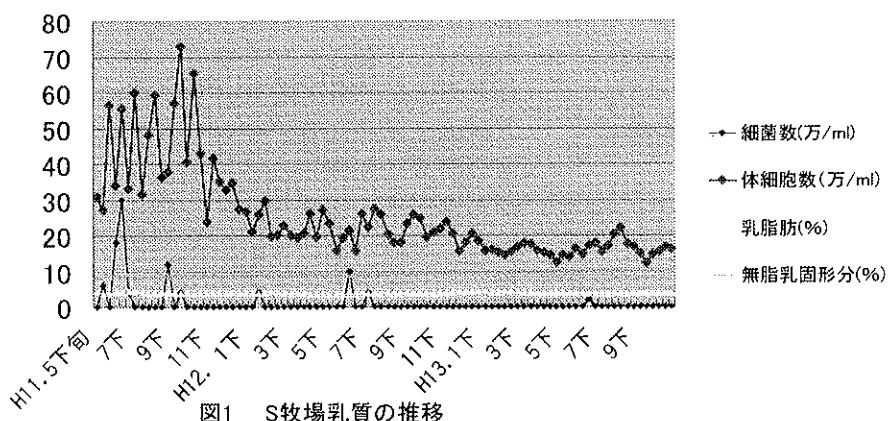
農家5ではベッドに山砂を使用しており、農家6では堆肥を敷料として使用し始めたところであった。敷料に戻し堆肥を使用している農家では大腸菌群検出数が比較的少なかった。

図1は、ある酪農家のバルク乳の乳質検査結果について示したものである。この酪農家は平成11年11月にそれまでの繋ぎ飼いからフリーストールに移行したが、生乳中の体細胞数は半数以下に減少した。移行半年後の平成12年7月から戻し堆肥をベッドの敷料に使い始めるが、体細胞数は10~20万個/ml前後ではほぼ安定した数値となった。このことは衛生状態が良くなり乳房炎の牛の数が減っていることを意味している。戻し堆肥が乳房炎を減少させているということは明らかにできないが、少なくとも衛生的に悪影響を及ぼしてはいないと考えられる。

表3 敷料中の大腸菌群数

農家No	ベッド (敷料)	通路 (敷料)	フリーバーン (敷料)	(個/g) 調査日
1	5.0×10^2 (堆肥)	7.0×10^3 (堆肥)		H12.11.1
1	7.6×10^2 (堆肥)	1.4×10^4 (堆肥)		13.7.18
2	3.2×10^4 (山砂)	2.4×10^5 (オガ)		12.11.1
3	1.4×10^6 (堆肥)	1.6×10^6 (オガ)		12.11.1
々	— (山砂)			
4	4.0×10^4 (堆肥)	1.2×10^5 (堆肥)	6.5×10^1 (堆肥)	13.3.28
5	6.6×10^3 (山砂)		3.3×10^6 (なし)	13.7.18
6	1.2×10^4 (堆肥)	5.0×10^2 (堆肥)		13.7.27
7	1.1×10^6 (オガ)	1.7×10^6 (オガ)		12.12.13
々	4.5×10^5 (オガ)	2.3×10^5 (オガ)		12.12.13
々	2.5×10^5 (オガ)	3.8×10^5 (オガ)		13.7.24
々	2.2×10^5 (オガ)	1.4×10^5 (オガ)		13.11.21

注) — : 検出限界以下



2. 牛ふんと敷料を室内で調整し大腸菌群数の時間的な推移を調査した試験では、オガクズと110℃風乾堆肥を用いた試験区では1日後に菌数が急激に増加し、オガクズ区では 10^9 個以上になったが、堆肥を用いた区では菌数は 3.7×10^7 個となり、オガクズに比べかなり少ないと観察された（図2）。110℃風乾堆肥を用いた区でも1日後に 1.9×10^7 と菌数は増加することから、堆肥中の微生物が大腸菌群の増殖を抑制しているのではないかと考えられた。その後は、各試験区とも徐々に減少して14日後にはオガクズ区と風乾堆肥区は 10^5 前後、堆肥区では検出できなくなった。20℃で培養した堆肥区は1日後は36℃と同程度であったが、その後の減少は鈍く14日後に 10^6 個であった。

堆肥中の大腸菌が増殖しないことが調査された事例¹⁾や牛ふん堆肥化過程で堆肥発酵温度が60℃前後まで上昇すると大腸菌は検出されなく

なるという報告²⁾、また、発酵槽に投入後1週間以内に検出限界に減少した事例³⁾もあり、発酵温度の上がった堆肥を廻し利用することは有効と考えられる。

当センターのフリーストール牛舎のベッドにオガクズ、廻し堆肥、山砂を使った試験では、試験開始8日後から菌数の差が大きくなかった。敷料1g中の大腸菌群数はオガクズ区で最大 3.6×10^7 個になったのに対し、廻し堆肥区で 3.8×10^6 個、山砂区で 3.9×10^5 個であった。廻し堆肥を牛舎のベッドに使用した場合、大腸菌群はオガクズに比べ増殖しないことが示された（図3）。

3. ベッド敷料のコスト比較

前提となる条件としてフリーストール牛舎は100頭規模でベッドの寸法と容積は $2.1 \times 1.2 \times 0.2m = 0.5m^3$ とし、敷料は10日間で交換することとした。山砂は現実的に20日間で交換とした。この条

件では戻し堆肥、オガクズは1日50ℓ、山砂は1日25ℓ使用（補充）していると考えることもできる。

1) 敷料としてオガクズ使用の場合

オガクズ費用（1頭1日当たり）

$$\text{ベッド容積}0.5\text{m}^3 \times \text{単価}1,500\text{円} \div 10\text{日} = 75\text{円}$$

2) 山砂使用の場合

山砂費用（1頭1日当たり）

$$\text{ベッド容積}0.5\text{m}^3 \times \text{単価}1,500\text{円} \div 20\text{日} = 37.5\text{円}$$

3) 戻し堆肥利用の場合

戻し堆肥必要量：ベッド容積 $0.5\text{m}^3 \times 100\text{頭} = 50\text{m}^3$ を10日間で製造する乾燥ハウスを考えた。

堆肥の水分約60%，容積重500kg/m³から水分約40%，容積重350kg/m³に落とす⁴⁾とすると，

1日必要蒸発水分量： $(500-350)\text{kg}/\text{m}^3 \times 50\text{m}^3 \div 10\text{日} = 750\text{kg}/\text{日}$ となる。

乾燥床からの蒸発量を $3\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ とする⁴⁾と，乾燥床必要面積： $750 \div 3 = 250\text{m}^2$ となった。乾燥床は $50\text{m} \times 5\text{m} \times 0.3\text{m}$ とした。

保管場所も含めたハウス面積を $65\text{m} \times 7\text{m} = 455\text{m}^2$ とした。

また1日に 5m^3 の堆肥を投入し同量取り出した。

1日当たり必要移動距離は $5\text{m} \div 5\text{m} \div 0.2\text{m} = 5\text{m}$ となる。

攪拌1回当たり移動距離を 0.5m とすると，1日必要攪拌回数 $5\text{m} \div 0.5\text{m}/\text{回} = 10\text{回}$ となった。

上記の設定条件で戻し堆肥製造費用を試算すると，表4のとおり1頭1日当たり59.3円となった。

1頭1日当たりの費用をオガクズ、山砂と比較すると表5のとおりとなり，戻し堆肥を敷料とする場合はオガクズよりも低くなった。オガクズは比較的質の良いものを使用して75円となり，この条件（1日平均50ℓ使用）では一番割高になった。山砂の使用量は他の半分となるので1頭1日当たりでは37.5円と安くなつた。しかし，山砂はふん尿の水分調整材としては使えず，ふん尿処理まで含めた費用で考えると割高なものになつてしまつ。

これまでの調査から，発酵温度が高く充分腐熟した堆肥をベッドに戻し利用することは衛生的に問題なく，この試算結果から，堆肥化の施設があり良質な堆肥を製造している生産者では，戻し堆肥を作つて利用した方がオガクズを購入するよりも敷料のコストは低くなると言える。

実際の利用については，戻し堆肥といえども乳房炎や蹄病の予防に過大な期待をするのは危険であるという報告^{5, 6)}もあり，汚れたら交換や補充を速やかに行つことが必要と考えられる。

最適な水分含量について仮屋は30～50%でベッドは快適な状態になる⁵⁾としている。実際堆肥化が良好に進む過程で水分はある程度下がるので，良質な堆肥を生産することが戻し堆肥の有効な利用につながるといえる。

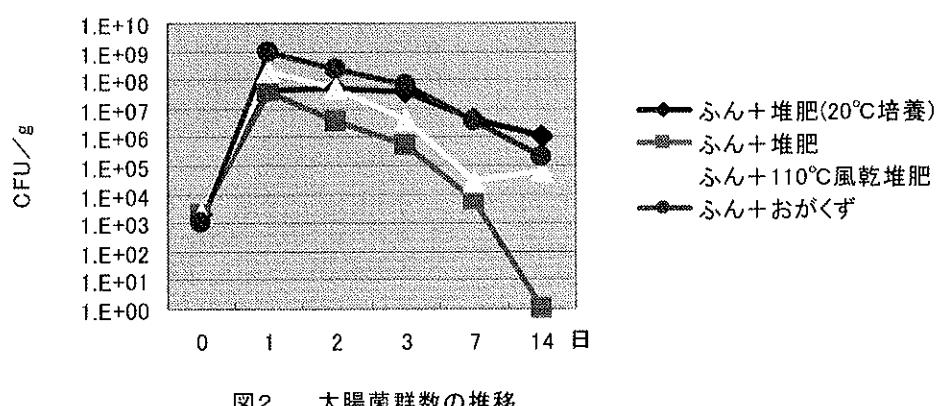


図2 大腸菌群数の推移

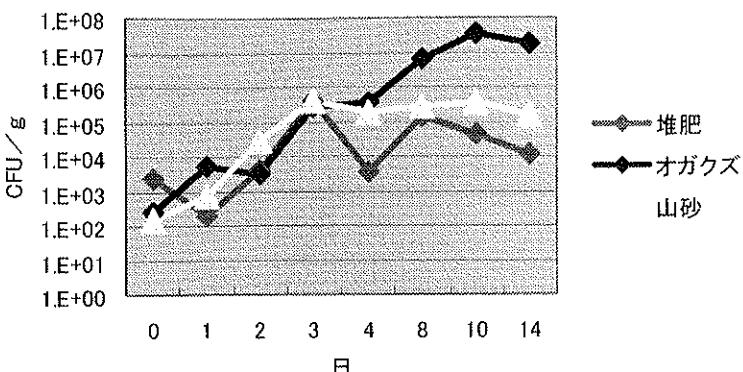


図3 ベッド敷料の大腸菌群数の推移

表4 戻し堆肥製造費用試算（ベッド敷料を10日で交換する場合）

固定費（年）	積算基礎	
減価償却費	1,588,500円	乾燥ハウス面積455m ² ハウス単価1.5万円/m ² として
支払い利子等	79,500	ハウス建設費6,825千円、搅拌装置2,000千円、耐用年
計	1,668,000	数5年
1日1頭当たり	45.70	
変動費（年）		
電気代	168,000円	走行360分(2.4kwh)搅拌180分(16.5kwh)として14,000円/月
修繕費等	150,000	搅拌つめ、ハウス補修、消耗品
労賃	180,000	臨時職員1,000円/h×0.5h×30日×12月
計	498,000	
1日1頭当たり	13.64	
合計	2,166,000円	
1日1頭当たり費用	59.34	これより戻し堆肥の製造単価=1,187円/m ³

表5 1頭1日当たりの敷料費用

	ベッド敷料	戻し堆肥	オガクズ	山砂	(円)
10日で交換(山砂は20日)した場合の敷料費①	59.3	75.0	37.5		
ふん尿の水分調整用オガクズ費②		86.4	90.0	180.0	
ふん尿処理まで含めた費用 ①+②	145.7	165.0	217.5		
14日で交換(山砂は20日)した場合の敷料費①	48.5	53.6	37.5		
ふん尿の水分調整用オガクズ費②		108.9	111.5	180.0	
ふん尿処理まで含めた費用 ①+②	157.4	165.1	217.5		

注) ふん尿量を1日55kg-水分90%、オガクズ水分20%容積重200kg/m³として計算。

ふん尿をオガクズで水分70%に調整する。山砂は調整資材としない。ふん尿調整用オガクズは1,500円/m³で計算した。

参考文献

- 1) 細田紀子・吉川清人・渡辺工一・岡本達也 (1996). 環境性乳房炎の防除法の検討. 獣医畜産新報, 49: 101-104
- 2) 渡辺千春・布藤雅之・内藤慎吾・谷庸子・藤田耕(1998). 牛ふんの堆肥化過程における大腸菌の消長と分離菌の性状. 滋賀県畜産技術センター
- 3) 伊吹俊彦・畠中哲哉・斉藤雅典・関澤奮朗 (1999). 自動切返しと戻し利用を特徴とする牛ふん尿の堆肥化処理. 草地試験場研究報告, 58: 38-57
- 4) 畜産環境整備機構(2001). 畜産環境アドバイザー養成研修会資料(堆肥化施設の設計・審査技

研究報告, 5: 27-30

- −5−

- 術研修），157-165
5) 仮谷喜弘(2003). 戻し堆肥の敷料再利用技術.
畜産の研究，57：101-105
6) 島中哲哉(2000). 戻し堆肥を成功するための
ポイント. DairyJapan, 12:14-17