

## 牛ふん炭化物の牛舎敷料利用と堆肥化

石崎重信・岡崎好子

Usage of Charcoal Made from Dairy Farming Waste as Bedding Material of Cattle,  
and Composting and Recycle Use as Fertilizer

Shigenobu ISHIZAKI and Yoshiko OKAZAKI

### 要 約

搾乳牛由来の乾燥ふん尿を炭化した牛ふん炭をオガクズと完熟堆肥 1 : 1 に混合した敷料に容積比で 5、10、30% 添加して育成牛を 2 週間飼育したところ、畜舎における敷料からのアンモニア発生、牛の行動や肢蹄への悪影響、堆肥化時のアンモニア臭気発生や発酵への影響が認められなかった。牛ふん炭は悪臭がなくある程度の吸水性があるため、敷料素材として利用可能であるが、アンモニア吸着能は活性炭の 1/10 程度、吸水性はモミガラ程度と高くなく、牛の敷料素材として優れたものではなかった。

### 緒 言

「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」の施行を受け、畜産農家における堆肥化施設の整備は急速に進んでおり、良質な家畜ふん堆肥の供給可能量は増加しているが、耕種農家における家畜ふん堆肥の利用は横ばい状態である<sup>1)</sup>。さらに、千葉県の農地における窒素収支に関する研究では、家畜ふん尿堆肥の供給量が県内農耕地での使用量を大きく超える<sup>2)</sup>と試算されており、家畜ふん尿の堆肥利用以外の用途開発が必要である。そこで、ハウス乾燥した搾乳牛のふん尿を炭化処理し、牛ふん炭化物(以下、牛ふん炭)の敷料素材としての利用性、堆肥化時の発酵特性や堆肥化物の肥料成分について検討した。

### 材料及び方法

牛ふん炭は、当センターの搾乳牛舎から排出されたふん尿混合物を直線攪拌型ハウス乾燥施設で乾燥させた乾燥牛ふん尿(水分 53.0%)を直燃式横型ロータリーキルン(株式会社 トーム)で炭化処理した。この牛ふん炭を、育成牛の敷料(オガクズと完熟堆肥(牛豚鶏ふん混合物堆肥) 1 : 1 の混合物(容積比))に混合して、育成牛を飼養した。

飼養試験は、表 1 の試験区分のとおり 3 回に分けて実施した。当センターの乳用牛育成牛房において 2 牛房(各 31.6

m<sup>2</sup>)を用い、育成牛を 3 頭ずつ 14 日間収容した。各牛房は南面が飼料給与スペースで北側にウォータカップを設置した鉄パイプ製の開放型施設である。各敷料素材は容積 46.5L のポリバールで容積を計り重量を記録した。供試牛は、体重 391~541kg、月齢 11~17 ヶ月齢で、A 群(開始時体重 479、503、541kg; 平均 505kg、平均月齢 16.0 ヶ月齢)と B 群(体重 319、392、393kg; 平均 392kg、平均月齢 12.7 ヶ月齢)の 2 群に分け、14 日間の飼養期間の前半 7 日と後半 7 日で牛を入れ替え体重差による影響を無くした。

牛飼養時における敷料から発生するアンモニアの測定は、飼養開始後の 4、7、11、14 日目に、牛房の 4 または 8 箇所(90cm × 90cm × 厚さ 20cm の箱を被せ、3 分後にヘッドスペースのアンモニア濃度をガス検知管(No. 3 L, No. 3 La; 株式会社 ガステック)で測定した。

飼養開始から 14 日目にふん尿を含んだ敷料を搬出し、トラックスケールで重量を測定し、コンクリート平床の堆肥舎内で堆肥化を行った。堆肥温度は温度センサー(TR-1220, 株式会社 ティアンドデイ)を堆積物の山の中央位置の床面から 10、30、50、70cm の高さ 4 箇所に設置し、60 分毎に連続して測定した(Thermo Recorder おんどとり TR-71S, 株式会社 ティアンドデイ)。

堆肥の切り返しは、堆肥化開始後の 1、2、3、4、6、8、10、14 週目にフロントローダーで実施したが、切り返し前に堆積物の山を厚さ 50cm 程度に広げて、90cm × 90cm × 厚さ 20cm の箱を被せ、30 秒後と 3 分後にヘッドスペースのアンモニア濃度をガス検知管で測定した。

切り返し時には、混合物のサンプルを採取し、一部を冷蔵保存し、残りを通風乾燥機(70℃)で乾燥させ乾物割合を

平成 16 年 8 月 31 日受付

表1 試験区分\*と用いた敷料の量

実施時期		牛房 1	牛房 2
試験 I	2003年10月23日～14日間	対照区1 (炭無添加) オガクズ 1 m <sup>3</sup> (340kg) 堆肥 1 m <sup>3</sup> (460kg)	5%区 オガクズ 1 m <sup>3</sup> (340kg) 堆肥 1 m <sup>3</sup> (460kg) 牛ふん炭 0.1 m <sup>3</sup> (44.4kg) 添加
試験 II	2003年11月6日～14日間	対照区2 (炭無添加) オガクズ 0.50 m <sup>3</sup> (167kg) 堆肥 0.50 m <sup>3</sup> (229kg)	10%区 オガクズ 0.45 m <sup>3</sup> (153kg) 堆肥 0.45 m <sup>3</sup> (208kg) 牛ふん炭 0.1 m <sup>3</sup> (45.1kg)
試験 III	2003年11月20日～14日間		30%区 オガクズ 0.357 m <sup>3</sup> (119kg) 堆肥 0.357 m <sup>3</sup> (166kg) 牛ふん炭 0.30 m <sup>3</sup> (138.4kg)

\*：下線が試験区分

算出し、ウイレー式粉碎機で粉碎後(4mmスクリーン、池田理化)、遠心粉碎機(1mmスクリーン、日本精機製作所、ZM-1(Retsch))で粉碎した。

粉碎サンプルについて、灰分(650℃4時間灰化、ヤマト科学株式会社、FA-21)を測定して、次式により有機物分解率と乾物分解率を推定した。

$$\text{有機物分解率}(\%) = 100 \times \left\{ \frac{1 - \text{ash}_0 \times (100 - \text{ash}_n)}{\text{ash}_n \times (100 - \text{ash}_0)} \right\}$$

$$\text{乾物分解率}(\%) = 100 \times (1 - \text{ash}_0 / \text{ash}_n)$$

ash<sub>0</sub> : 堆積処理開始時の乾物中灰分%

ash<sub>n</sub> : n回目切返し時の乾物中灰分%

堆肥化14週目のサンプルについては、肥料成分を分析した。C/Nは千葉県農業総合研究センターのNC ANALYZER SumigraphNC-900(SUMIKA CHEMICAL ANALYSIS SERVICE)により、その他のミネラルについては当センターの慣行法(520℃乾式灰化:K、Ca、Mgは原子吸光分光光度計、Pは比色法)により分析した。

冷蔵保存した堆肥サンプルについて、乾物20g相当量に蒸留水を加えて120gとし、30分間振とう攪拌後に静置して得た上清液について、ガラス電極pHメータ(HM-21P;東亜電波工業株)およびECメータ(CM-14P;東亜電波工業株)を用いてpHとECを測定した。

敷料素材の吸水性の測定は、敷料素材(原物)2～10gを150ml容器に入れ3時間水に漬け、5A濾紙でろ過して漏斗上で3時間放置し、吸水した敷料素材を載せたろ紙を乾いたペーパータオル上に広げて15分間放置後に秤量し、別に測った吸収させたろ紙の重量と吸水前の素材重量を差引いた重量増加分を吸水量とした。

### 結果および考察

敷料素材の容積重は、牛ふん炭=0.45、完熟堆肥=0.46、

表3 牛飼養後の敷料重量増加とアンモニア発生

試験区	敷料量 (m <sup>3</sup> )	敷料重量 (kg)		増加分 (kg)	搬出時水分 (%)	敷料からのアンモニア発生 (ppm) *			
		開始時	終了時			3日目	7日目	10日目	14日目
対照区1	2	800	1756	956	55.2	49	72	50	41
炭5%区	2	844	1800	956	54.7	19	48	46	34
対照区2	1	369	1269	873	62.5	35	17	19	29
炭10%区	1	406	1278	872	64.3	24	19	12	20
炭30%区	1	424	1294	870	63.0	9	22	21	29

\*：アンモニア濃度は、4または8箇所測定した平均値。アンモニア濃度には区間に有意な差はなかった

オガクズ=0.38kg/lであった。牛ふん炭の粒度分布を表2に示したが、2mm以下の粒子が83%(重量比)を占める比較的細かいものであった。

表2 供試した牛ふん炭の粒度分布

	重量%	容積重(kg/l)
15.9mm以上	0.7	0.24
7.93～15.9mm	3.0	0.28
4.0～7.93mm	12.9	0.32
2.0～4.0mm	18.8	0.36
1.0～2.0mm	21.5	0.37
0.5～1.0mm	16.2	0.38
0.25～0.5mm	13.5	0.44
0.125～0.25mm	8.3	0.56
0.125mm以下	5.1	0.62

各飼養試験における敷料重量のふん尿による増加を表3に示した。14日間の飼養により敷料重量は870～956kg増加したが、1日1頭当たりでは20.7～22.8kgの増加であった。なお、若干の乾草の引き込みやウォーターカップからの水のこぼれがあった。

敷料からのアンモニア発生は、測定場所によるバラツキが大きく、排ふん排尿頻度が高いと思われる飼料給与スペースのある南側で高い傾向があった。また、対照区に比べて牛ふん炭添加区で低くなる傾向も見受けられたが、統計的には有意な差は認められなかった(p>0.14:表3、敷料量に差があり、炭5%区は対照区1、炭10%区と30%区は対照区2と比較)。なお、ガス検知管で揮発性脂肪酸の測定も試みたが検出できなかった。

今回供試した牛ふん炭はアルカリ性であり(10gに蒸留水100mlを加えた時のpH=約10)、アルカリ物質であるアンモニアを化学的に吸着しにくいと考えられる。また、牛ふん炭と活性炭(顆粒状;和光純薬工業株)を直径50mm長さ150mmのアクリル管に詰め、30℃に保温した1/100に希釈したアンモニア水に毎分1リッターの空気をバブリングして発生させたアンモニアガスの吸着能力を比較したところ、

活性炭の1/10程度と低かった(脱臭効果がなくなるまでの時間「破過点」は、牛ふん炭6分、活性炭63分)ことから、牛ふん炭を牛舎敷料に加えたときのアンモニア臭気低減効果は少ないものと考えられる。

なお、牛飼養時の牛体の汚れ状況、肢蹄の損傷や疾病等の発生には差はなかった。また、牛が牛ふん炭を忌避したり採食したりするような、慣行の敷料利用時と異なった行動は認められなかったが、牛ふん炭が無臭であるためと考えられた。

飼養試験に用いたふん尿の混ざった敷料を堆肥化したときの、堆肥化105日までの平均温度の推移を図1に示したが、敷料に牛ふん炭を添加したことによる影響は認められなかった。なお、敷料量に比べて牛ふん量が少なかったこと、堆肥化物総量が1.3~1.8t程度と少なかったためか、堆肥化物の温度は60℃以下と比較的低く推移した。

堆肥切り返し時のアンモニア発生を表4に示したが、箱を被せる時間は30秒と3分で差がなかったため30秒の値を示した。炭30%区では対照区2や炭10%区に比べて低めで

あったが、発酵が穏やかであったことが原因と考えられる(堆肥温度を参照)ことから、牛ふん炭の添加は堆肥切り返し時のアンモニア発生を低減化できないと考えられた。

図2に堆肥化物の水分割合の推移を示したが、敷料量が2㎡と多かった対照区1と炭5%区は、1㎡であったその他の区に比べて水分が低く推移した。なお、堆肥化が進むにつれて、水分蒸散により水分含量が低くなって発酵が停滞したため、対照区1と炭5%区では14週目に水150Lと16週目に100Lを、対照区2と炭10%区では10週目に水50Lを加えた。

有機物の分解率の推移を図3に示した。今回供試した牛ふん炭は、灰分が67.0%あり、残りの33.0%は堆肥化で分解されにくい炭素等と考えられる。分解率は、対照区1と炭5%区ではほぼ同様に推移したが、炭10%区、炭30%区では牛ふん炭の添加量が高くなつて対照区2に比べて分解率が下がる傾向であった。

堆肥化19週目の堆肥化物の肥料成分等を表5に示したが、乾物割合がほぼ等しかったことから原物中の値を示した。

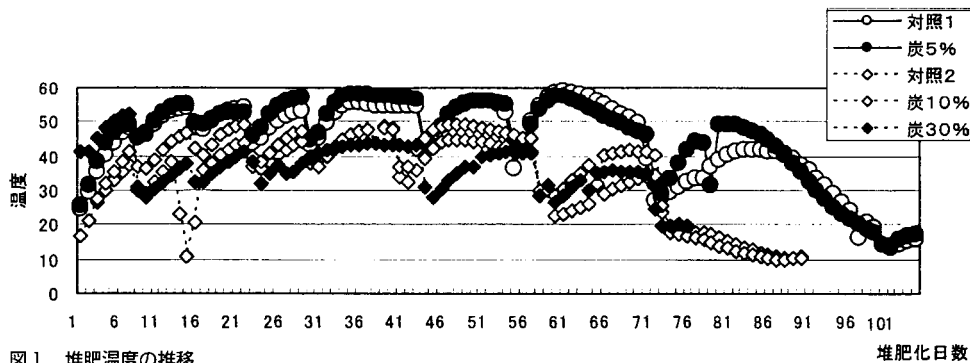


図1 堆肥温度の推移

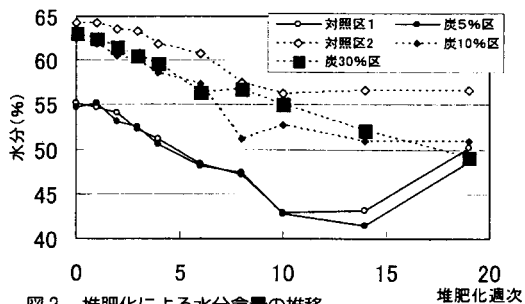


図2 堆肥化による水分含量の推移

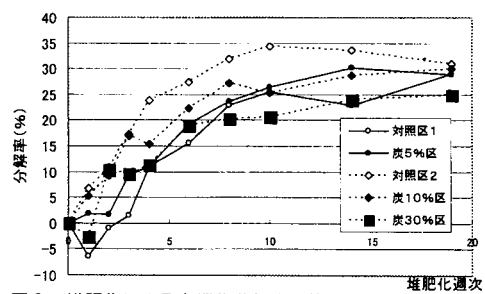


図3 堆肥化による有機物分解率の推移

表4 堆肥切り返し時のアンモニア臭気 (ppm)

試験区	1週	2週	3週	4週	6週	8週	10週	14週
対照区1	300	350	115	115	38	19	4	0
炭5%区	300	290	250	140	13	17	9	0
対照区2	50	50	25	15	19	1.5	0	0.8
炭10%区	45	185	125	63	33	0.5	0.3	0.8
炭30%区	30	26	13	5	9	1	0	-

表5 牛ふん炭混合敷料堆肥化物の肥料成分 (堆肥化19週目の堆肥)

試験区	堆肥乾物(%)	堆肥原物中の成分割合(%)					C/N	pH	EC (mS/cm)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO			
対照区1	49.8	1.1	1.7	1.7	0.6	1.3	17.4	8.2	1.1
炭5%区	51.5	1.1	1.9	2.1	0.7	1.9	17.2	8.3	1.2
対照区2	54.2	1.1	2.1	2.4	0.7	2.0	17.3	8.7	1.1
炭10%区	49.5	1.0	2.0	2.3	0.7	1.8	17.2	9.0	1.3
炭30%区	50.9	1.0	2.1	3.1	0.9	2.5	18.0	9.4	1.7

pH, ECは堆肥乾物20g相当量に蒸留水を加えて120gとし30分間振とう抽出した液で測定

牛ふん炭の添加割合が高くなると、肥料成分ではカリウムが増加したが、今回供試した牛ふん炭が搾乳牛のふん尿混合物でカリウムが多かったこと、炭化温度が500℃程度であったためカリウムが炭化中に飛散せずに炭化物中に残ったためと考えられた。また、牛ふん炭の添加割合が高くなるとpHおよびECが上昇したが、牛ふん炭中のカリウムやカルシウムなど塩基によるものと考えられた。

敷料素材の吸水性を比較した結果を表6に示した。供試した敷料素材ほかの原物100g当たりの吸水量でみると、「細孔」のない海砂でも111gあり、供試した牛ふん炭で205g、オガクズで333g、モミガラ175gであり、牛ふん炭の吸水性はモミガラ程度であり、吸水性に優れた素材とはいえなかった。

表6 敷料素材の吸水性の比較

	水分(%)	吸水量①	吸水量②
牛ふん炭	6	205	225
完熟堆肥	17	214	279
オガクズ(杉)	28	333	504
モミガラ	11	175	211
粉碎成型モミガラ	6	316	344
海砂(20~35メッシュ)	0	111	111

吸水量①：原物100g当たりの吸水量 (g)

吸水量②：乾物100g当たりの吸水量 (g)

以上、牛ふん炭は、ある程度の吸水性があり敷料素材として利用可能ではあるが、牛舎敷料からのアンモニア臭発生の低減効果や敷料を堆肥化するときの発酵促進効果など、牛ふん炭の添加による付加的効果は少ないと考えられた。敷料素材が具備すべき性能として保温性も重要な要因でありこの点については今回検討していないが、牛ふん炭は敷料素材として優れた素材とはいえないと考えられた。

## 謝 辞

牛ふんの炭化処理をお願いした株式会社トームに深謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 栗原大二(2003)、農業経営体の堆きゅう肥等に関するニーズの解明、農林業未利用資源循環研究室リサイクル研究推進事業、平成14年度試験研究成績書：15~17
- 2) 八槇 敦ほか(2003)、千葉県における農地に関する窒素収支、千葉県農業総合研究センター研究報告第2号：69-77