

1 4 家畜ふん尿等の低コスト処理方法の確立

(1) 杉皮の敷料利用と堆肥化処理技術

Bedding Use and Compost Processing Technology of Cedar Bark

吉田 周司・阿部 正八郎^{*1}

要 旨

杉皮（以下、バーク）の利用拡大を目指し、オガクズの代替として牛ふん堆肥化時の副資材、F1肥育牛及び搾乳牛の敷料として利用し、その有用性について調査検討し以下の結果を得た。

- (1) 新鮮バークの容積重は堆積バークやオガクズより小さく水分率も低い。堆肥化終了時でも粗大物が残存するため、副資材としての利用は難しい。一方、堆積バークではオガクズ堆肥と同様に良好な発酵を示し、副資材として利用できる。
- (2) 堆肥化終了時、コマツナ種子による発芽試験、根の伸長試験、コンポテスターによる腐熟度の判定ではバーク堆肥とオガクズ堆肥で差は認められなかった。
- (3) 敷料として堆積バークとオガクズを1週間使用した後では、一般細菌数がそれぞれ増加したが、菌数に大きな違いはなかった。また、どちらの敷料も特に多い菌種は*E.coli*、*Klebsiella sp*の腸内細菌であり、サルモネラ属は分離されなかった。また、堆積バークとオガクズに5%消石灰を混合することにより、pHが上昇し大腸菌群数も激減した。
- (4) F1肥育牛に堆積バークを敷料利用した場合、横臥時間、牛体の汚れ具合、蹄への影響等オガクズとの差は認められなかったものの、床替え時に堆積バークが床に固着する傾向があった。
- (5) 搾乳牛に堆積バークを敷料利用した場合、牛体にバーク粒子が付着し搾乳時の清拭に手間取った。

(キーワード：杉皮、バーク、副資材、堆肥化)

背景及び目的

杉皮（以下、バーク）は、県内各地で生産されているが、供給が需要を上回り年々蓄積の量が増加している。これまで、堆肥化による農耕地や緑地への利用、養液栽培の培地として利用され、また成形化技術、油吸着剤へ応用されたりしたものの利用量が伸びず、更なる利用方法の確立が要望されている。そこで、バークの利用促進につなげる目的で、堆肥化時の副資材や敷料として多用されるオガクズの代替としてバークの有用性を調査検討した。

試験方法

バークは堆積期間によって性状が大きく異なる。このため本試験では便宜上、製材所で排出されたばかりの1年以内のバークを新鮮バークとし、新鮮バークを3年以上露天で堆積したものを堆積バークとした。試験1として、新鮮バーク、堆積バーク、オガクズを副資材として乳牛ふんの堆肥化を行った。さらに試験2として堆積バークをオガクズの代替としてF1肥育牛の敷料として利用、堆肥化を行うとともに試験3として搾乳牛の敷料に堆積バークを利用

*1 大分家畜保健衛生所

し敷料、副資材としての適否を検討した。

試験 1：パーク等を副資材とした乳牛ふん堆肥化試験

(1) 試験期間：堆肥化期間は2005年8月30日～11月27日までの90日間とした。

(2) 材料：乳牛ふんの副資材として新鮮パーク(図1)、堆積パーク(図2)、オガクズを用いた。これらの副資材と乳牛ふんの混合物水分率を70%にするため堆積パーク堆肥区は容積比1:1、新鮮パーク堆肥区は1.7:1、オガクズ堆肥区は1.4:1の割合で混合した(表1)。

(3) 堆肥化方式：各区の堆積量を3m³とし通気型堆肥舎で堆積発酵を行い、月1回、計3回切り返しを行った。

(4) 調査項目：発酵温度、水分率、容積重の推移及び堆肥化終了後の成分分析とコマツナ発芽試験及びシードパックによる根の伸長試験、コンポテスターによる腐熟度判定を実施した。

試験 2：堆積パークのF1肥育敷料利用試験

(1) 試験期間：F1肥育牛の敷料利用期間は2006年

9月21日～10月6日までの16日間とし、終了後、3週間に1回切り返しを行いながら90日間堆肥化を行った。

(2) 材料：F1肥育牛を牛房面積48m²に5頭収容し、試験区は水分率50%の堆積パークを2m³敷料として利用した。また、対照区として水分率46%のオガクズを2m³敷料とした。

(3) 堆肥化方式：各区の堆積量を2m³とし無通気堆肥舎で3週間に1回切り返しを行いながら93日間堆肥化を行った。

(4) 調査項目：敷料中の細菌数測定、堆肥化時の発酵温度、水分率、容積重及び成分分析を実施した。

試験 3：堆積パークの搾乳牛敷料利用試験

(1) 試験期間：搾乳牛の敷料利用期間は2007年8月10日～8月22日までの12日間とし、終了後、3週間に1回切り返しを行いながら90日間堆肥化を行った。

(2) 材料：繋ぎ飼育の搾乳牛12頭を用い、毎日汚れた敷料部分を取り除きながら2日～3日ごとに約50Lの堆積パークを追加した。また、対照区としてオガクズを搾乳牛14頭に用いた。



図 1 堆積パーク



図 2 新鮮パーク

表 1 試験方法等

試験区分	堆積パーク堆肥区	新鮮パーク堆肥区	オガクズ堆肥区	備考
副資材	堆積パーク	新鮮パーク	オガクズ	
混合容積割合 (生ふん:副資材)	1:1	1:1.7	1:1.4	水分率70%を目標
堆積量	3m ³			
堆肥化方式	ロータリー2回攪拌後、通気型堆積発酵			
切り返し	4週間に1回			
堆積期間	90日			
調査項目	発酵温度、水分率、容積重、成分分析、根長試験			

(3) 堆肥化方式：バンクリーナーで排出された堆積バークとオガクズ2m³を用い無通気堆肥舎で3週間に1回切り返しを行いながら90日間堆肥化を行った。

(4) 調査項目：敷料中の細菌数測定、堆肥化時の発酵温度、水分率、容積重及び成分分析を実施した。

結果及び考察

試験 1：バーク等を副資材とした乳用牛ふん堆肥化試験

(1) 各副資材の水分率等の性状を表 2 に示した。堆積バークの水分率は48.6%で、新鮮バークは14.3%であった。堆積バークは長期間堆積することによりバークに含まれる油性物質が流出し、新鮮バークより吸水性が高まり水分率も上昇したものと考えられた。いずれのバークも露天の状態であり、天候によってはさらに水分率が上昇し、副資材として不適になると考えられた。容積重は堆積バークが0.25kg/Lであったのに対し、新鮮バークは0.13kg/Lでオガクズと同等の容積重であった。新鮮バークは製材所で材木より剥皮されたばかりのバークであり、粗大物を含んでいるため容積重が堆積バークやオガクズの半分程度になり、通気性の改善に有利と考えられた。

(2) 堆肥化による水分率、容積重の変化は、堆積バーク堆肥区では水分率が72.3%から64.6%に低下し、容積重は0.62kg/Lから0.45kg/Lへと低下した。また、新鮮バーク堆肥区では水分率が72.0%から66.7%に低下し、容積重は0.54kg/Lから0.41kg/Lへと低下した。オガクズ堆肥区では水分率は71.0%か

ら61.8%に低下し、容積重は0.52kg/Lから0.31kg/Lへと低下した。水分率、容積重の低下の程度はオガクズ堆肥区が、バークを副資材とした試験区より大きく、発酵が良好であったと考えられた(表3)。

(3) 堆肥化初期の発酵温度は堆積バーク堆肥区、新鮮バーク堆肥区で高く、新鮮バーク堆肥区では最高温度が70℃以上に上昇したが、堆肥化中期以降はオガクズ堆肥区の発酵温度が高く推移した。いずれの試験区も堆肥化終了時には20℃以下となり、一次発酵が終了したものと考えられた(図3)。新鮮バーク堆肥区は堆積バーク堆肥区に比べ、堆肥化終了時でも粗大物がそのまま残存し、堆肥として土壤還元するのは難しいと考えられた。

(4) 堆肥成分のうちN、P、K、Zn、Cu、及びECは堆積バーク堆肥区、新鮮バーク堆肥区ともに牛ふん堆肥の平均的な成分組成(平成19年度大分県有機質資材生産者協議会分析値)に比べ低く、C/Nは高くなった。また、シードパックによるコマツナ根の伸長試験ではどちらの試験区も蒸留水を用いた対照区に比べ100%以上の伸長を示し、生育障害は示さなかった(表4)。

以上のことより、新鮮バークは堆肥化終了時でも粗大物が残存するためそのままの形で副資材として利用するのは難しく、粉碎を行う必要があると考えられた。一方、堆積バークは新鮮バークより分解が進んでおり水分率が60%以下であれば、乳牛ふん：堆積バークの混合容積割合を1：1とすることで堆積発酵条件が整い、切り返しを行うことにより良質堆肥ができると考えられた。

表2 副資材の性状

	水分率 (%)	容積重 (kg/L)	吸水比	pH
堆積バーク	48.6	0.25	1.75	6.79
新鮮バーク	14.3	0.13	1.45	6.11
オガクズ	42.1	0.24	2.49	6.45

表3 堆積発酵による水分率、容積重の変化

	発酵前		発酵後	
	水分率 (%)	容積重 (kg/L)	水分率 (%)	容積重 (kg/L)
堆積バーク堆肥区	72.3	0.62	64.6	0.45
新鮮バーク堆肥区	72.0	0.54	66.7	0.41
オガクズ堆肥区	71.0	0.52	61.8	0.31

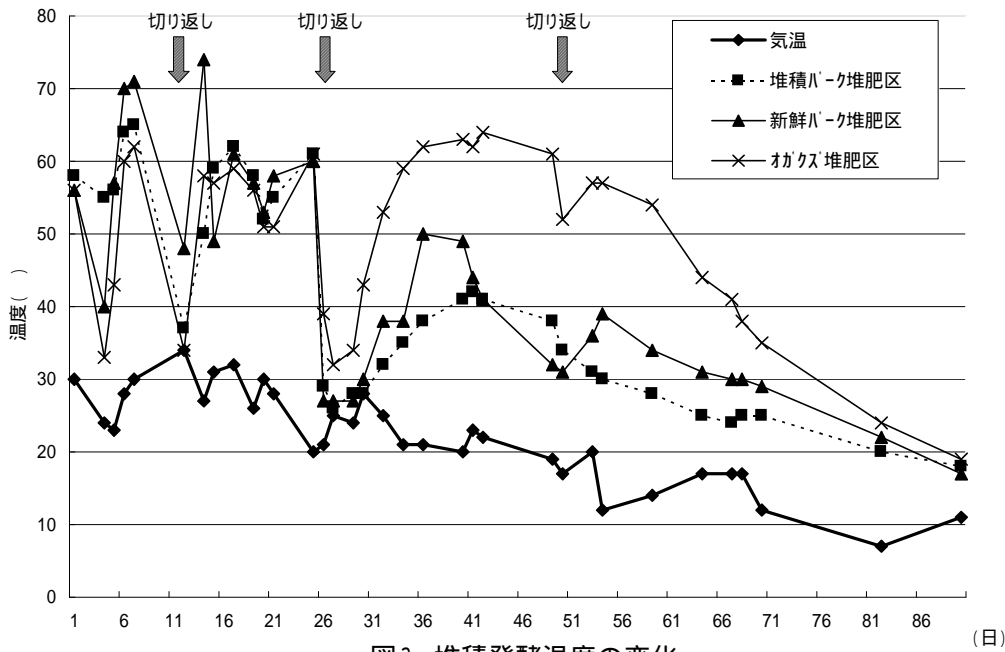


表4 堆肥成分分析結果

	pH	EC (mS)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	C (%)	C/N	根長試験 ¹⁾ (%)
堆積パーク堆肥区	5.9	2.0	0.6	0.5	0.6	1.1	0.2	26	12	16.8	27.8	148.4
新鮮パーク堆肥区	6.5	2.7	0.8	1.0	1.0	1.4	0.3	48	15	17.7	21.5	144.6
オガクズ堆肥区	7.5	4.7	0.5	0.8	1.1	1.1	0.3	38	13	18.9	38.9	198.4
(参考)牛ふん堆肥の平均的な成分組成 ²⁾	8.1	6.9	0.9	1.2	1.6	1.4	0.6	80	21	17.3	19.8	-

1)コマツナ種子によるシードパック法。(蒸留水に対する各区抽出液の根長を%表示したもの。)

2)平成10年度大分県有機質資材生産者協議会より

試験 2：堆積パークのF1肥育敷料利用試験

(1) 敷料利用前後の細菌数

堆積パークの一般細菌数は敷料使用前が 5.5×10^5 であったものが、16日間敷料として利用した後は 3.2×10^6 へ増加した。一方、オガクズの一般細菌数も、使用前の 6×10^5 から 2.6×10^6 に増加し、堆積パークとオガクズで大きな菌数の違いは認められなかった(表5)。また、一般細菌数のうち大腸菌群数は、オガクズより堆積パークの方が少ない傾向を示した。なお、大腸菌群数のうち特に多い菌種は*E. coli*、と*Klebsiella sp*であり、これらの菌数の差は堆積パークとオガクズの間で認められなかった。

また、堆積パークとオガクズに5%消石灰を混合することにより、pHは6台から12台に上昇し大腸菌

群数も 10^2 以下となった。このことから、消石灰の混合は堆積パークやオガクズ中の細菌数の減少に有効であり、搾乳牛へ敷料利用する際には乳房炎を防止する効果があると考えられた。敷料利用時の牛への影響差(横臥時間、牛体の汚れ具合、蹄への影響等)は認められなかったものの、床替え時にオガクズより堆積パークの方が床に固着する傾向があった。

(2) 堆肥化試験

堆積パーク、オガクズ共に発酵温度が70℃を超え良好な発酵を示し、4回目の切り返し以降は発酵温度が上昇せず、一次発酵が終了したものと考えられた(図4)。また、堆肥化前後の容積重と水分率はパーク堆肥がそれぞれ 460kg/m^3 から 367kg/m^3 、53%から50%へ低下し、オガクズ堆肥もそれぞれ 355kg/

m³から288kg/m³、52%から48%へ低下した（表6）。さらに、堆肥化終了後、コマツナ種子による発芽試験とコンポテスターの腐熟度検査では、堆積パーク堆肥とオガクズ堆肥で差は認められず、シードパックによるコマツナ根の伸長試験では、いずれも蒸留水を対照区としたものより高い値を示しオガクズ堆肥、パーク堆肥、対照区の順となった（表7）。畑中ら¹⁾の報告では、杉樹皮を副資材として用いることによりコマツナの根の伸長を抑制する傾向を認めたものの、トマトの床土に鶏ふん杉樹皮堆肥を用いても生育に対する悪影響を認めていない。コマツナ根の伸長抑制について、今回の試験では3年以上堆積したパークを用いたため抑制傾向を認めなかったものと考えられた。

試験3：堆積パークの搾乳牛敷料利用試験

(1) 堆積パークの一般細菌数は敷料使用前が 6.5×10^7 であったものが、12日間敷料として利用した後は 6×10^8 へ増加したが、オガクズの一般細菌数は使用前の 8×10^8 から 7×10^8 と堆積パークと比較して変化が小さく（表8）この細菌数の変化は島村ら²⁾の報告と同様であった。また、一般細菌数の

表5 試験2の敷料利用前後の細菌数

	利用前 (CFU/g)	利用後 (CFU/g)
堆積パーク一般細菌数	5.5×10^5	3.2×10^6
オガクズ一般細菌数	6×10^5	2.6×10^6
堆積パーク大腸菌群数	6×10^3	2.4×10^5
オガクズ大腸菌群数	8.9×10^4	8×10^5
消石灰混堆積パーク大腸菌群数	1×10^2	NT
消石灰混オガクズ大腸菌群数	1×10^2	NT

うち大腸菌群数は、オガクズより堆積パークの方が少ない傾向を示した。大腸菌群数のうち特に多い菌種は*E. coli*、と*Klebsiella sp*であり、サルモネラ属は分離されず、試験2と同様な傾向を示した。なお、試験2と比較して全体的に細菌数が増加した原因は、敷料利用時期が試験2は9月末の乾燥した期間に肥育牛に利用したのに対し、試験3は8月の高温多湿の時期に搾乳牛に利用し、敷料中の水分率が約10%上昇していたことが関係したものと考えられた。

(2) オガクズの吸水比は2.49に対して堆積パークは1.75であり、堆積パークの吸水性はオガクズの70%程度である（表2）。このため繋ぎ飼育の搾乳牛に堆積パークを敷料利用した場合、後躯周辺がオガクズの時より湿潤状態となりパークの色素や粒子が牛体に付着して不潔感が増加するとともに、搾乳時の乳房清拭作業がオガクズ時に比較して長時間を要した。なお、試験期間中の乳房炎発生状況は堆積パークとオガクズで差は認められなかった。

(3) 敷料試験終了後の堆肥化では、堆積パーク、オガクズ共に1回目と2回目の切り返しの後に最高温

表6 試験2の堆肥化前後の容積重、水分率の変化

	パーク堆肥		オガクズ堆肥	
	容積重 (kg/m ³)	水分率 (%)	容積重 (kg/m ³)	水分率 (%)
開始時	460	53	355	52
終了時 (90日後)	367	50	288	48

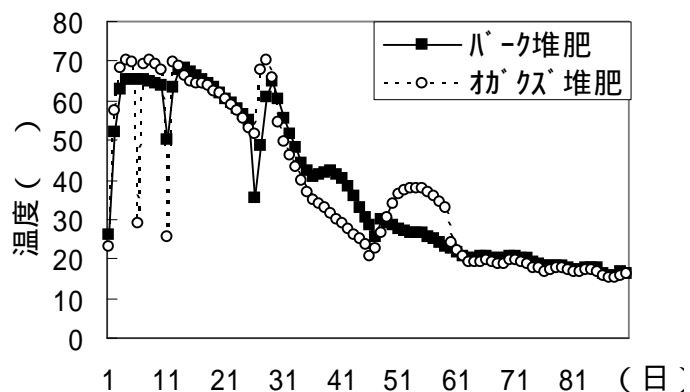


図4 試験2の堆肥化時の温度変化

表7 試験2の堆肥化終了時の腐熟度判定

	発芽試験	根の伸長試験	コンポテスター腐熟度 ¹⁾
パーク堆肥	90.0	111.9	0.0
オガクズ堆肥	90.0	130.6	0.0
対照区	84.0	100.0	-

1)2以下を完熟と判定

度が70 を超え、4回目の切り返し以降は40 までしか発酵温度が上昇せず、一次発酵が終了したものと考えられた(図5)。また、堆肥化前後の容積重と水分率はパーク堆肥がそれぞれ570kg/m³から520kg/m³、65%から62%へ低下し、オガクズ堆肥もそれぞれ550kg/m³から490kg/m³、63%から58%へ低下した(表9)。

(4) 堆肥成分のうちN、P、K、Zn、Cu及びECは堆積パーク堆肥区、新鮮パーク堆肥区ともに牛ふん堆肥の平均的な成分組成(平成19年度大分県有機質資材協議会分析値)に比べ低く、C/Nは高くなった(表10)。この傾向は試験1と同様であった。さらに、堆肥化終了後、コマツナ種子による発芽試験、シー

ドパックによるコマツナ根の伸長試験、コンポテスターにより腐熟度を判定したが、堆積パーク堆肥とオガクズ堆肥で差は認められず、いずれも蒸留水を対照区としたものより高い値を示した(表11)。

まとめ

堆積パークの一般細菌群数はオガクズと差がなく、敷料利用時の肥育牛への影響差は認められなかった。堆肥化もオガクズ堆肥と同様に良好な堆肥が生産可能であり、オガクズの代替として肥育牛の敷料に利用可能と考えられたが、搾乳牛では外見上不潔感が増し乳房清拭に手間取るため敷料利用は難し

表8 試験3の敷料利用前後の細菌数

	利用前 (CFU/g)	利用後 (CFU/g)
堆積パーク一般細菌数	6.5 × 10 ⁷	6 × 10 ⁸
オガクズ一般細菌数	8 × 10 ⁸	7 × 10 ⁸
堆積パーク大腸菌群数	3.2 × 10 ⁵	2 × 10 ⁷
オガクズ大腸菌群数	2 × 10 ⁷	5 × 10 ⁷

表9 試験3の堆肥化前後の容積重、水分率の変化

	パーク堆肥		オガクズ堆肥	
	容積重 (kg/m ³)	水分率 (%)	容積重 (kg/m ³)	水分率 (%)
開始時	570	65	550	63
終了時 (90日後)	520	62	490	58

表10 試験3の堆肥成分分析結果

	水分率 %	pH	EC mS	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	Mg %	C %	C/N
パーク堆肥	62.2	6.3	5.0	1.0	0.8	0.9	1.1	0.3	16.6	16.0
オガクズ堆肥	59.3	6.4	6.3	1.2	1.7	1.4	1.1	0.6	27.7	23.5
平均的な 牛ふん堆肥 ¹⁾	54.4	8.1	6.9	0.9	1.2	1.6	1.4	0.6	17.3	19.8

1)平成19年度大分県有機質資材協議会分析値

表11 試験3の堆肥化終了時の腐熟度判定

	発芽試験	根の伸長試験	コンポテスター腐熟度 ¹⁾
パーク堆肥	94.0	104.7	0.0
オガクズ堆肥	96.0	113.9	0.0
対照区	90.0	100.0	-

1)2以下を完熟と判定

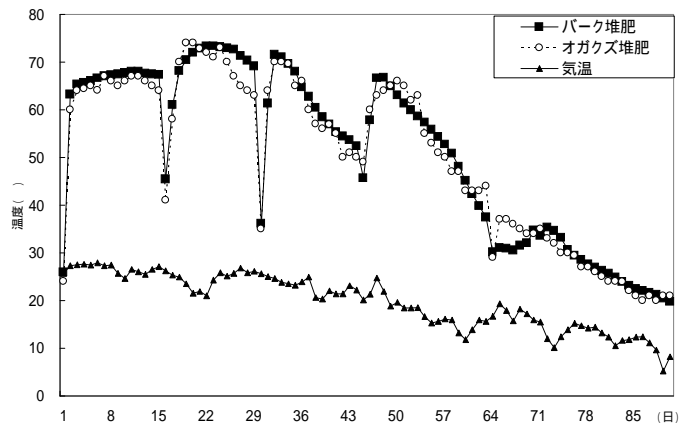


図5 試験3の堆肥化温度推移

いと思われた。堆積バークの水分率は採材部位、天候等に左右されるが、できるだけ乾燥した部位を利用し、水分率60%以上（強く握って手のひらにかなりつく状態）の場合は敷料利用せず、副資材としての利用にとどめる必要がある。なお、たい肥化後もバークの形状が残るものの、コマツナ発芽試験、根の伸長試験では異常を認めなかった。

参考文献

- 1) 畑中博英・窪田泰之(2002)未利用有機物資源の堆肥化と利用技術．石川農総試研報 24：17～24
- 2) 島村雄三・吉村武志(2004)スギ樹皮の有効利用法に関する試験．徳島森研報 3：3～6