

8 家畜ふん尿の低コスト処理方法の確立

(1)低コスト家畜排せつ物処理方式の確立

ア．簡易堆肥処理方式による糞尿処理技術(第2報)

Feces-and-urine Processing Technology by the Simple Manure Processing System

吉田周司・高木喜代文・井上一之・渋谷清忠・衛本憲文

要 旨

いずれの農家でも取り組めるような簡易な施設や方式による堆肥化処理技術の確立が待ち望まれているため、カバーシートを用いた堆肥化、シートを利用した堆肥盤による堆肥化及び水分調整剤として産業廃棄物である木くずチップを用いた堆肥化を実施した。

- (1) カバーシートを用いた堆肥化では、防水通気性のある堆肥シートでの堆肥化の方が、サイレージシートでの堆肥化より発酵温度が高く推移し、堆肥の水分率も低くなり腐熟度が高くなった。良好な堆肥を生産するためには堆肥シートであっても切り返しが必要と考えられた。
- (2) シートを利用した堆肥盤による堆肥化は、泥濘化に強いと考えられた灰土を使用しても、シート間隙からの雨水の浸入により堆肥盤が軟弱となり機械による切り返し作業性が低下した。このため、切り返しを行い堆肥化を目指す場合、床はコンクリート製とすることが望ましく、シートを利用する場合には切り返しを行う堆肥化施設としてでなく、散布までの一時保管施設としての利用にとどめる必要があると考えられた。
- (3) 木くずチップを水分調整剤とした堆肥化では、オガクズと容積比 1 : 1 で混合することにより水分率 72 %、容積重 600kg / m³となり、オガクズを用いた堆肥化に比べ 10 前後高い発酵温度で推移した。また、水分率は開始時、ほぼ同等であったものが発酵温度差と廃汁量の多寡により、終了時にはチップ堆肥の方がオガクズ堆肥より低くなった。木くずチップ堆肥の腐熟度はオガクズ堆肥より高く良質堆肥であったが、堆肥化しても木くずチップの形状が残ることは今後の検討課題と考えられた。

(キーワード：低コスト堆肥処理、堆肥シート、木くずチップ)

背景及び目的

家畜排せつ物法によりふん尿の適正処理が求められているが、小規模農家をはじめ、高齢あるいは後継者がいない農家等においては多額の設備投資に踏み切れない状況となっており、いずれの農家でも取り組めるような簡易な施設や低コストな方式による堆肥化処理技術の確立が待ち望まれている。そこでシートを利用した堆肥化処理と、土木工事などで排出される安価な木くずチップを副資材とした堆肥化処理を実施し、これらの技術を確立することにより堆肥化処理の低コスト化を目指し、経営内循環はもとより、有機質資源の地域内循環を推進しエコ農業

の確立を目指すこととした。

試験方法

- (1) 試験 1 : カバーシートの違いによる堆肥化試験

カバーシートとして用いたシートは、防水通気性を特長とする堆肥シート(W社製)と不通気性であるサイレージシートを使用し、床はコンクリート製で水分調整剤としてオガクズを用い水分率 72 %に調整した牛ふんを夏季と冬季にそれぞれ堆積発酵した。(表 1) なお、調査項目を発酵温度、水分率、容積重、堆肥の成分分析とし、さらに藤原¹⁾による腐熟度判定を行った。

(2) 試験 2：シートを利用した簡易堆肥盤による堆肥化試験

床をサイレージシートと土で作成した簡易堆肥盤を 2 種類製作し、堆肥シートを覆いとして堆肥化を行った。このうち、簡易堆肥盤 1 は入手しやすい黒ボク土をサイレージシートの上に 10 ~ 20cm の厚さに敷いて、シートの破損を防ぐ緩衝材として使用し、簡易堆肥盤周囲の盛り土を行い浸水防止を図った。(図 1) 一方、簡易堆肥盤 2 は 50cm 地面を掘り下げ、サイレージシートを敷き込み、堆肥盤の泥濘化に黒ボク土より強いと考えられた灰土を敷き込んだ。さらに簡易堆肥盤 2 では雨水対策として排水溝も設置した。(図 2) どちらの簡易堆肥盤も大きさは 6 m × 5 m とし、オガクズで水分率 72 % に調整した牛ふん 5 m³ を堆積し、簡易堆肥盤の半分は

切り返しスペースとして空け、雨水の浸入を防ぐためサイレージシートで覆った。なお、調査項目は発酵温度、水分率、堆肥の成分分析及び腐熟度判定を行った。

(3) 試験 3：木くずチップを副資材とした堆肥化試験

使用する木くずチップは、土木工事に伴って排出される雑木、竹、切り株、根などをタブグラインダーで処理したもので、長さ数センチメートル以下のチップ状となっている。従来、木くずは焼却処分していたが、法改正により焼却が制限されたためチップ状にして堆肥化処理などが行われており、オガクズに比べ非常に安価となっている。

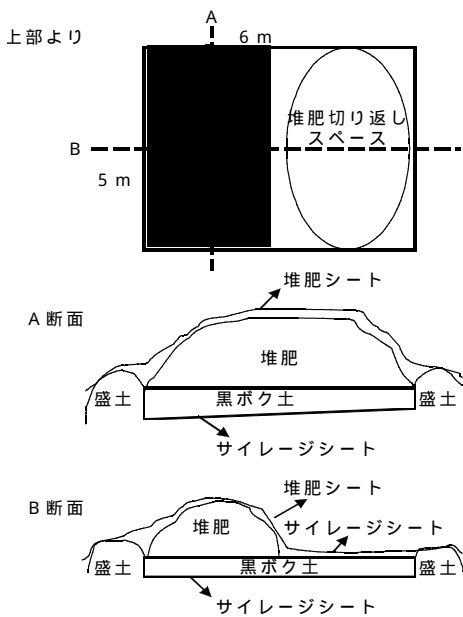
堆肥化期間：88 日間

各区 5 m³ 堆積 (牛ふんと副資材を等量混合)

表 1 カバーシートの違いによる堆肥化試験

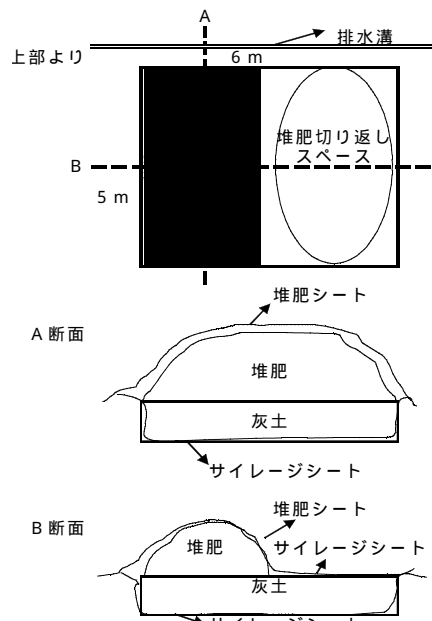
	夏季試験	冬季試験
堆積日数	78 日間	84 日間
堆積量	1 m ³	2 m ³
試験区 1	サイレージシート、切り返しなし	サイレージシート、切り返しなし
試験区 2	堆肥シート、切り返しなし	堆肥シート、切り返しなし
試験区 3	サイレージシート、3 回切り返し	サイレージシート、3 回切り返し
試験区 4	堆肥シート、3 回切り返し	堆肥シート、3 回切り返し

注) サイレージシート 96 円 / m²
堆肥シート 949 円 / m²



シートの緩衝材として黒ボク土を使用
土の厚さは 10cm ~ 20cm
黒ボク土の必要量 8 m³

図 1 簡易堆肥盤 1 の概要図



シートの緩衝材として灰土を使用
土の厚さは 50cm
灰土の必要量 15 m³

図 2 簡易堆肥盤 2 の概要図

試験区 1：木くずチップ+牛ふんを堆積発酵、
6 回繰り返し

試験区 2：木くずチップ+牛ふんをロータリー
発酵槽を通した後、堆積発酵、6 回
繰り返し

対 照 区：オガクズ+牛ふんを堆積発酵、6 回
繰り返し

調査項目：発酵温度、水分、容積重、堆肥の成分
分析及び腐熟度判定

結果及び考察

(1) 試験 1：カバーシートの違いによる堆肥化試験

シートの違いによる発酵温度変化を図 3、4 に示した。最高温度は夏季 61 ~ 65、冬季 46 ~ 57 を示し、いずれの試験区も堆積初期に現れ、堆肥シートを使用し繰り返しを行った試験区 4 の発酵温度が他の試験区に比べて高く推移した。切り返しは期間中 3 回実施したが、堆積発酵時に切り返しをすると認められる特有の温度上昇とその後の温度低下が見られず、日数の経過に伴って継続的に発酵温度が低下し、終了時には夏季では 30 前後、冬季は 10 台まで低下した。この原因としてスタート時の水分率が高く、良好な発酵が維持できなかったことと、堆積量が少なく (1 m³ の堆肥化スタート時の混合物は、86 % の水分含量の乳用牛ふんをオガクズで水分調整した場合 10 頭分に相当する。) 蓄熱作用が働かなかつたためと考えられた。次に水分率の

推移を表 2 に、容積重の変化を表 3 に示した。試験開始時の目標水分率を 72 % として副資材 (オガクズ) を用いたが、測定した水分率は夏季 74 ~ 75 %、冬季 70 ~ 72 % であった。堆肥化が進むにつれ水分率は低下したが、堆肥シートを用い繰り返しを行った夏季の試験区 4 で 68 %、冬季の試験区 4 でも 66 % までの低下となった。なお、夏季試験区 2 では 56 % まで低下しているが、この数字は繰り返しをしていない堆肥シート直下の採材で、堆肥シートの通気性によるものと考えられた。また、密閉状態にあった試験区 1 の堆積下部は水分が溜まり泥濘化していた。一方、夏季試験区の容積重は、開始時いずれの試験区も 650kg / m³ であったものが試験区 4 では 480kg / m³ まで低下したが、試験区 1 では逆に 680kg / m³ まで上昇した。これは試験区 1 が通気性のないサイレーシシートを使用したため、有機物が分解し体積は減少したものの分解熱による水分蒸発が外部に排出されず、容積重が増加したものと推察された。同様の容積重の推移は冬季試験でも認められ、試験区 1 は開始時 630kg / m³ が終了時は 680kg / m³ へと上昇した。次に、堆肥の分析結果を表 4 に示した。各試験区の水分率と腐熟度判定に違いがあるのを除き、他の成分には特徴的な違いは認められなかった。

今回の試験では堆積量が少なく、水分率も高かったため良好な発酵が継続しなかったが、通気性のある堆肥シートを用いても良好な堆肥を生産するためには繰り返しが必要と考えられた。

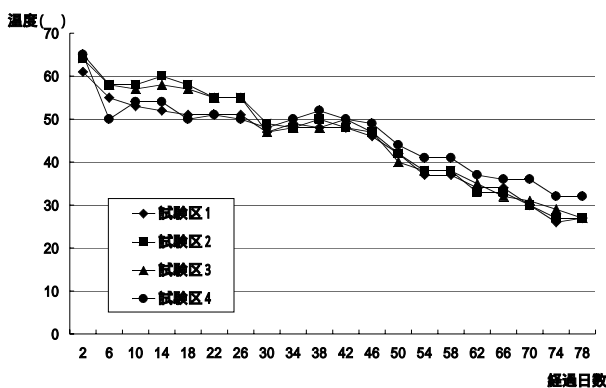


図 3 カバーシートの違いによる最高温度推移 (夏季)

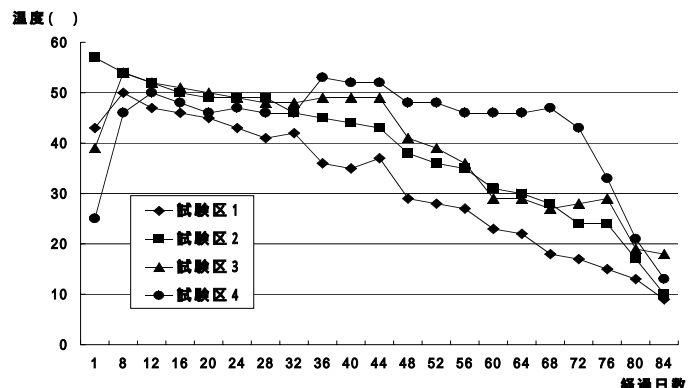


図 4 カバーシートの違いによる最高温度推移 (冬季)

表 2 水分率の推移

		(%)			
		開始時	1 回目 切り返し	2 回目 切り返し	3 回目 切り返し
夏季	試験区 1	75.2	75.9	74.6	73.9
	試験区 2	73.9	67.5	60.2	56.8
	試験区 3	75	75.7	73.2	72.7
	試験区 4	74.7	73.5	69.7	68
冬季	試験区 1	71.5	72.3	72.5	74.6
	試験区 2	70.9	71.4	70.3	68.5
	試験区 3	71.7	71.5	72.1	73.5
	試験区 4	72.3	70.7	68.9	66.5

注) 試験区 1、2 は切り返しを実施せず、それぞれの切り返し時にサンプリング

表 3 容積重の変化
(kg/m³)

		開始時	終了時
夏季	試験区 1	650	680
	試験区 2	650	600
	試験区 3	650	640
	試験区 4	650	480
冬季	試験区 1	630	680
	試験区 2	630	610
	試験区 3	630	630
	試験区 4	630	580

表 4 堆肥分析結果

		水分 %	PH	EC	N %	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Zn ppm	Cu ppm	C %	C/N	腐熟度 判定
夏季	試験区 1	77.5	7.1	11.2	0.81	0.92	0.75	0.95	0.27	85	10	9.04	11.2	23
	試験区 2	69.7	6.9	10.9	0.75	0.85	0.69	0.91	0.32	90	12	8.68	11.6	26
	試験区 3	68.1	7.2	11.1	0.64	0.9	0.77	1.08	0.31	94	14	8.53	13.3	41
	試験区 4	66	6.8	11.5	0.71	0.77	0.73	0.8	0.28	73	9	10	14.1	45
冬季	試験区 1	75.5	7	10.1	0.84	0.96	0.66	0.92	0.29	88	11	8.91	10.6	19
	試験区 2	67.8	6.9	9.8	0.81	0.95	0.71	0.89	0.28	91	12	8.86	10.9	15
	試験区 3	73.2	6.7	10.3	0.68	0.86	0.73	0.99	0.29	90	12	8.39	12.3	38
	試験区 4	65.8	6.8	10.5	0.73	0.77	0.71	0.89	0.28	78	10	9.38	12.8	48

(2) 試験 2 : シートを利用した簡易堆肥盤による堆肥化試験

簡易堆肥盤 1 は、排水対策が不十分で設置後の大雨により盛土の一部から浸水があり、緩衝材とした黒ボク土が泥濁化した。このため第 1 回目の切り返し時、サイレージシート上をホイールローダーのタイヤが滑る状態となり、切り返し自体が困難と判断され試験を中止した。

次に、黒ボク土より泥濁化に強いと考えられた灰土を利用し、堆肥盤の周囲に排水溝を設けた簡易堆肥盤 2 では、簡易堆肥盤 1 と異なりホイールローダーの切り返しは可能であったものの、切り返す回数が増えるにつれ轍が形成され、タイヤがスリップしホイールローダーの作業性が低下した。これは水分調整した堆肥からの水分が灰土へ流下したことや、切り返し用のスペースが平坦でシート上に雨水が溜まり、シートの取り外し時に堆肥盤へ流入し盤が軟弱

になったためと考えられた。また、一度雨水が浸入し軟弱となった堆肥盤の床土を乾燥硬化させるため、晴天時にシートをはずしたものの、表面のみの乾燥にとどまり機械が乗り込むと軟弱な状態であった。次に、堆肥化時の発酵温度と水分率変化を図 5 に、堆肥分析結果を表 5 に示した。堆肥化時の最高発酵温度は 60 で、堆積日数につれ低下し、3 ヶ月後の終了時には 40 となった。また、水分率は堆積発酵に伴い 68 % 台まで低下したものの、シート間隙からの浸水などで途中から上昇し終了時には 71.8 % となった。堆肥分析結果は、試験 1 で実施した堆肥化試験と同等の数値を示した。この中で、堆積中の雨水等の浸入により水分率が高くなり発酵温度が上昇しなかったことにより腐熟度が 38 と判定され、このままの状態の販売用とするには不十分と考えられた。

表 5 堆肥分析結果

	水分率 %	PH	EC	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	Zn ppm	Cu ppm	C %	C/N	腐熟度
簡易堆肥盤	71.8	8.7	5.0	0.69	0.91	0.79	0.49	0.40	33	5	12.6	18.2	38

藤原俊六郎：有機物の腐熟度判定法による

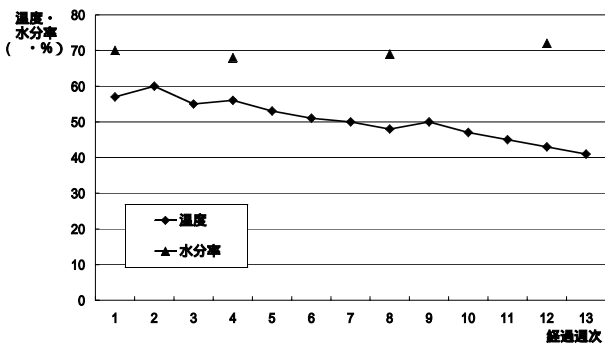


図5 簡易堆肥盤での発酵温度と水分率の変化

(3) 試験3：木くずチップを水分調整材とした堆肥化試験

木くずチップ堆肥の温度変化を図6に示した。最高温度は木くずチップを用いた試験区1と2で70以上を示し、期間を通じて対照区より試験区で10前後高く推移し、良好な発酵が行われていたと考えられた。また、堆肥化の後半では切り返しをすると認められる特有の温度上昇とその後の温度低下が認められた。次に、水分率の推移と容積重の変化を図7と表6に示した。副資材としたオガクスと木くずチップの水分はそれぞれ47.2%、46.4%であり、牛ふんと副資材を等量混合することによりス

タート時の水分は72～73%となった。堆肥化開始直後、木くずチップを使用した試験区ではオガクスの対照区より廃汁の排出が多量であり、水分率の低下も大きくなった。これは、チップの方がオガクスより保水性が低く、水分の高い牛ふんに対してある種のスクリーン状の役割を果たしたものと推察され、必要に応じて周辺にオガクスを敷いたり、木くずチップの割合を増やすなどの対策が必要と考えられた。堆肥化終了時には試験区2で56.2%、試験区1で60.1%となり、対照区は63.4%であり、当初の廃汁排出量の多寡と発酵温度の違いにより差が出たと考えられた。さらに、容積重も当初は570～600kg/m³であったものが試験区では430～470kg/m³へ低下したのに対し、対照区は545kg/m³までしか低下しなかった。次に堆肥の分析結果を表7に示した。試験区と対照区の間にはEC、P₂O₅、腐熟度判定で差が認められた。ECについては、堆肥化初期における廃汁排出が影響していると考えられ、腐熟度は木くずチップを使用することにより発酵温度が上昇し有機物の分解が促進されたためと考えられた。

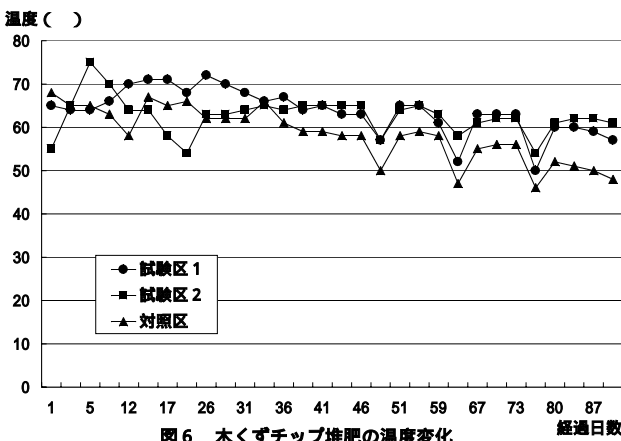


図6 木くずチップ堆肥の温度変化

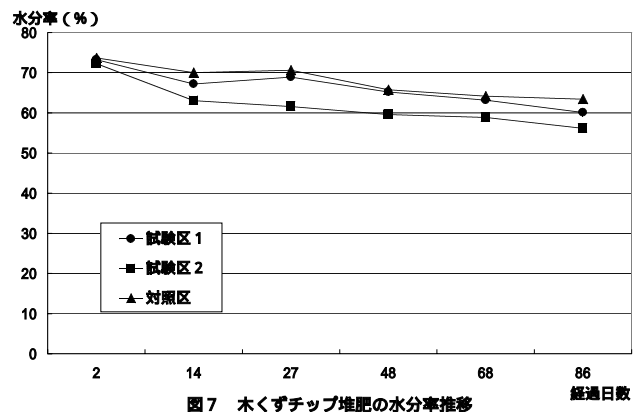


図7 木くずチップ堆肥の水分率推移

表6 容積重の変化

	(kg/m ³)	
	開始時	終了時
試験区1	600	470
試験区2	590	430
対照区	570	545
(参考) 木くずチップ		270
オガクス		220

表7 木くずチップ堆肥分析結果

	水分率 %	PH	EC	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	Zn ppm	Cu ppm	C %	C/N	腐熟度 判定
試験区1	60.1	6.7	6.2	0.93	0.76	0.77	0.81	0.31	43	7	16.7	18	57
試験区2	56.2	7.5	6.1	0.99	0.75	0.93	0.69	0.35	42	7	17.7	17.9	77
対照区	63.4	6.7	8.3	0.93	0.44	0.87	0.73	0.31	38	4	16.2	17.5	49

まとめ

今回シートを利用した堆肥化試験を実施し、その有効性を調査した。試験では水分調整した堆肥を一度に堆積したが、実際の現場においてはふん尿は毎日排出されるため、天候に関係なく、シートを開閉してこれらの施設のみで堆肥化を行うことは労力的に厳しいと考えられ、既設の堆肥舎が小さく堆肥散布までの貯蔵面積が足りない場合の補完的施設として利用可能と考えられた。

また、シートを利用した堆肥盤は不浸透性のシートを敷くことにより法律上はクリアできるものの、雨水が浸入しやすく、一度雨水が浸入すると盤が軟弱となり回復不能で、機械の作業性が著しく低下するため、切り返しを行う場合にはコンクリート製の堆肥盤が必要と考えられた。シートを利用することは施設費自体は抑えられるものの、シートの開閉、雨水進入防止対策、風対策等の労力が必要となると考えられた。このためこれらの諸問題を解決する一

法としてビニールハウス堆肥舎を考案しその概要を図 8 に、その資材費を表 8 に示した。このビニールハウス堆肥舎は、耐風性を考慮し、ハウスの両側に扉を作成し密閉可能とした。耐久性を目指し糸入りビニールを使用した。トラックが乗り入れられるよう牧柱を溶接し高さを高くした。等の特徴があり、資材費は 3,268 円 / m²であった。

一方、木くずチップを副資材とした堆肥化試験では、木くずチップを使用することにより良好な堆肥となることが確認できた。木くずチップ自体は産業廃棄物であり地域によっては無料、あるいは 2,000 円 / m³以上のオガクズに比べ非常に安価と考えられ、水分含量の高い乳用牛ふんの水分調整剤として有用と判断されたが、堆肥化しても木くずチップの形状が残るため、施設園芸では堆肥として敬遠される可能性があるため今後検討する必要があると考えられた。

表 8 ビニールハウス堆肥舎の資材費

品名	金額(円)	備考
生コンクリート	139,230	11m ³
ブロック	53,708	330個
セメント	6,825	
木材	9,009	
糸入りビニール	57,750	0.14 × 9m × 24m
その他資材	24,845	
パイプハウス	0	リサイクル品
牧柱	100,800	80本、@1,260円
計	392,167	

ビニールハウス：20m × 6m (120m²)



図 8 ビニールハウス堆肥舎全景

参考文献

- 1) 藤原俊六郎：有機物の腐熟度判定法、有機廃棄物資源化大事典、41 ~ 50