

## 簡易土間工法堆肥舎の建設法並びにエアコンプレッサーとパイプを利用した通気式堆肥化処理

杉本清美・大泉長治・佐二木茂明\*

An Easy Method of Construction at Composting Pen Slab and Composting System by an Aerator Using a Air Compressor and Pipes

Kiyomi SUGIMOTO, Choji OIZUMI and Shigeaki SAJIKI \*

### 要 約

防水シートと骨材チップ資材を使用し配筋と割栗工程のいらぬ土間コンクリート工法を利用した堆肥舎を建築したところ、初期投資が少ない施設設置が可能であった。

また、エアコンプレッサーに耐圧ホースとステンレス製のパイプを繋ぎ、パイプを堆肥の任意の場所に挿し込んで通風し堆肥化を促進する可動式通風装置を作製して乳牛ふんを堆肥化したところ、繰り返し回数の少ない省力的な堆肥化が可能であった。

### 緒 言

家畜排せつ物の法の制定により、素堀・野積みが禁止され家畜排せつ物処理施設の整備及び適切な処理・利用技術の普及定着が求められているが、経済的負担の少ない簡易で低コストな施設並びに労働負担の軽い処理方法が望まれている。

近年、土木工事などではトンネル内のコンクリート剥離補修などにプラスチック製繊維を骨材として混合する工法が開発されている。これはコンクリートの曲げ強度を高め、クラックが起りにくくなる利点があり、軟弱地盤の床面としても設置が可能である<sup>1)</sup>。また、コンクリートと密着する防水性の底面シートを設置し、その骨材チップ混合コンクリートと併せて割栗石と配筋なしで床面を打設する簡易な工法も開発されており<sup>2)</sup>、資材費・設置手間・労賃が節約できると期待できるため、この工法を堆肥舎の床面に応用した簡易土間工法の堆肥舎を建設した。

一方、家畜排せつ物の堆肥化には空気の供給が必要であるが、開放型堆肥舎において床面に固定化した通風装置では目詰まりが起りやすく詰まったまま放置されている事例もあつたり、また、労働力不足により切り返し

の手間もかけられないため、腐熟の進まない不良な堆肥を作出している経営もある。そこで、エアコンプレッサーによる高圧空気の吹き込みにより目詰まりなく切返しの手間もかけず良質な堆肥化が促進できると期待される可動式通風装置を作製し、堆肥化処理の実証試験を行った。

### 材料及び方法

#### 1. 簡易土間工法堆肥舎の設置

2004年1月に、簡易土間工法堆肥舎を設置し、耐久性・経済性を調査した。建築方法は、コンクリートと密着する防水性の底面シートを設置し、その上にポリプロピレン製繊維の骨材チップを混合させたコンクリートを床面として打設した。壁面はプレキャスト擁壁、屋根は園芸用パイプハウスを利用して建築した。施設の概要は図1～3のとおりで、堆肥盤幅8m(パイプハウス間口9m)×奥行き6.5m(パイプハウス奥行き7m)と、搾乳牛15頭飼養規模を想定した小規模な堆肥舎である。堆肥舎設置に使用した材料は、表1のとおりである。

#### 2. 可動式通風装置による堆肥化試験

エアコンプレッサーに耐圧ホースとステンレス製のパイプを繋ぎ(図4)、堆積した堆肥の任意の場所にパイプを挿し込んで通風する装置を作製した。通風装置の作製に使用した材料は表2のとおりである。

この装置により堆肥中に通風を行い堆肥を90日腐

平成19年8月31日受付

\* 元千葉県畜産総合研究センター

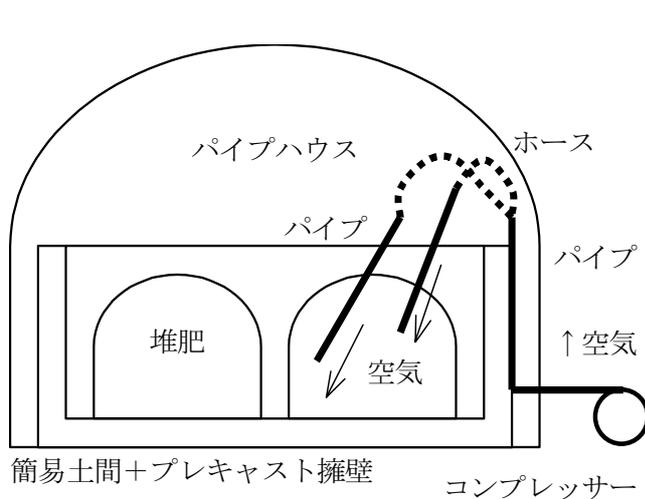


図1 施設の概要図、平面図

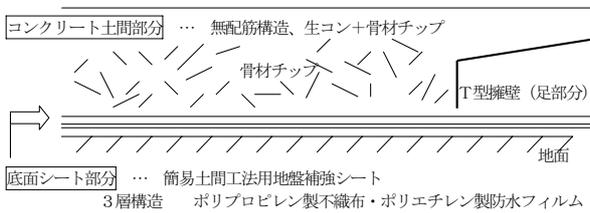


図2 簡易土間部分の概要図



図3 簡易土間工法堆肥舎 図4 堆肥挿入パイプ・ホース

表1 簡易土間工法堆肥舎の使用材料

1. 生コンクリート	9 m <sup>3</sup>
2. 骨材チップ	40 kg
3. 防水シート	81 m <sup>2</sup>
4. T型プレキャスト擁壁	高さ2 m×長さ24 m (厚さ15 cm)
5. 骨組みパイプ	48.6 mm 88 m、 42.7 mm 212 m
6. ピニール	結露防止加工 254 m <sup>2</sup>
7. パイプ接続・固定部品他	

表2 可動式通風装置の使用材料

1. エアコンプレッサー	200V 2.2kW 0.93MPa
2. ステンレス製パイプ	13 mm 2 ~ 3 m
3. 耐圧ホース	6.5 mm 20 m
4. その他継ぎ手	カブラ・ソケット・ニップル・ホースバンド・13 mm耐圧ホース等
5. 流量調整	ボールバルブ及び流量計

熟させその進行状態を調査した。通風パイプは4本作製して堆肥に挿入した。3~4日に1回挿入箇所を変更し、内部の状態を観察するため1ヵ月に1回切返し

を行った。

堆肥化材料はバークリーナーでふん尿分離した搾乳牛ふんおよびモミガラを使用した。試験期間は、冬季試験として、2004年2月~5月(3ヵ月間)において、乾燥牛ふんおよび牛ふん14.5 tを使用した試験を、小規模試験として、2004年3~6月において、牛ふんおよびモミガラ(含水率77%・80%、連続通気・間欠通気)を使用した試験を、夏季試験として、2004年7月~10月(3ヵ月間)において、牛ふんおよびモミガラ区3.5 t、対照区として、1週間に1回ローダで切返し区3.5 tを設置して、試験を実施した。

調査項目は、通風量、堆肥発酵温度、堆肥重量・成分、排汁量・成分、気象条件等である。堆肥温度は、堆肥底部(下から10 cm)、中央部(下から60 cm)、上部(下から110 cm)の3ヵ所測定し、堆肥重量、容積、水分、有機物、灰分、pH、EC、窒素、リン、カリ、腐熟度等成分は「堆肥等有機物分析法」<sup>3)</sup>に従い分析した。

## 結果及び考察

### 1. 簡易土間工法堆肥舎の設置

簡易土間工法の工期は床面と壁面に7日間、パイプハウスの建築に7日間かかった。1年経過後も床面や壁面のひび割れ、屋根の破損等は起きなかった。なお、当試験の骨材チップと防水シート両資材を使用した場合、資材提供企業試験によると表3のとおり防水シート無しプレーンコンクリートよりも曲げ強度が1.2倍

表3 曲げじん性試験結果<sup>2)</sup>

	特殊防水シート	曲げ強度(N/mm <sup>2</sup> )	曲げじん性係数
プレーンコンクリート	無	5.87	1.00
	有	6.55	1.07
骨材チップコンクリート	無	6.08	1.39
	有	6.85	1.96

防水シート無しプレーンコンクリートの1.2倍

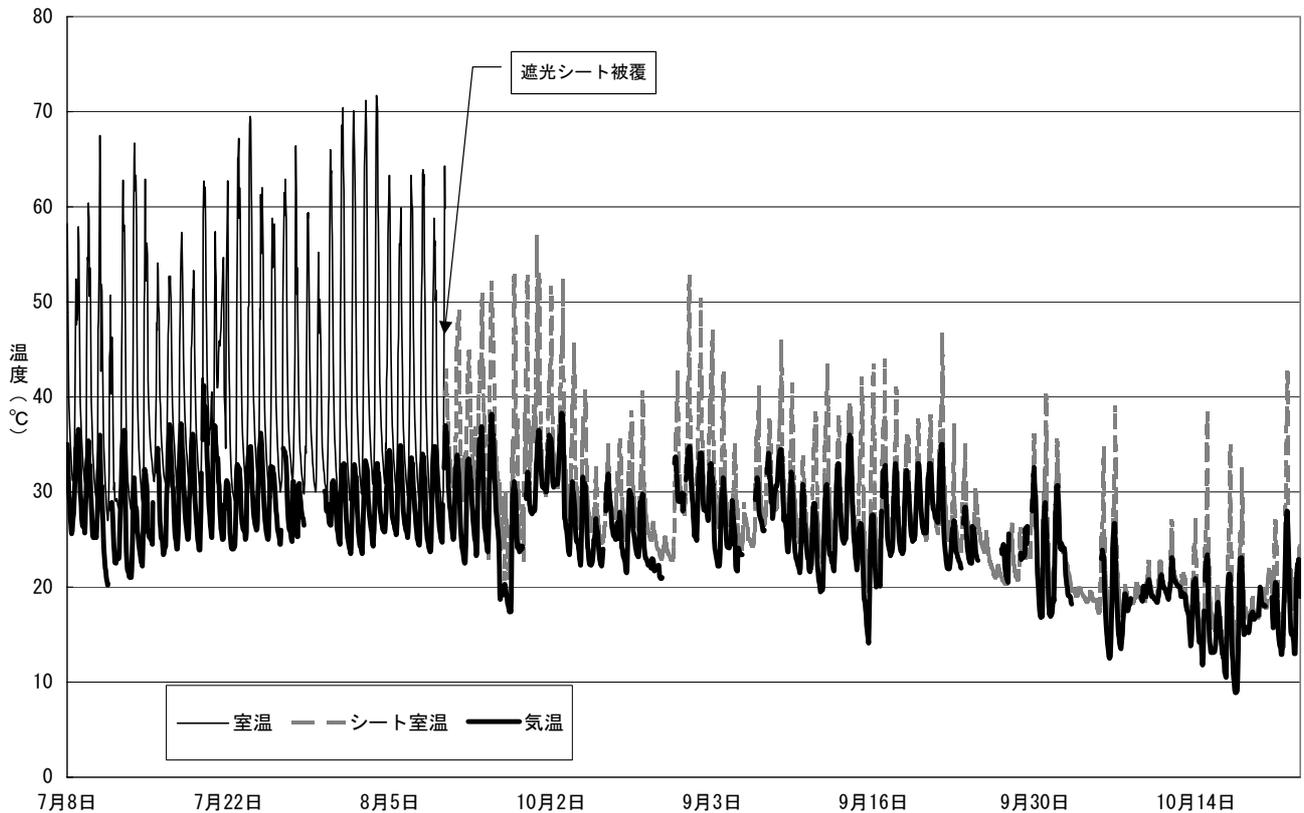


図5 ハウス内温度の推移

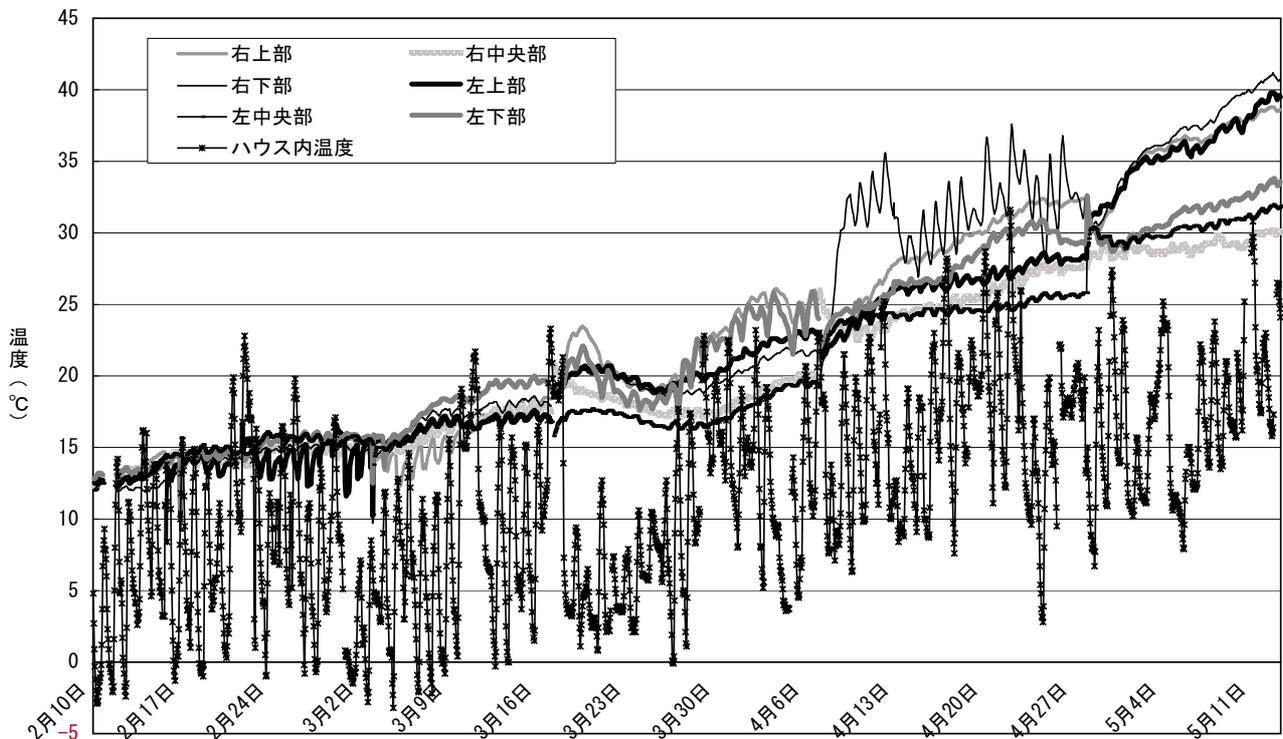


図6 冬季試験における堆肥温度の推移

発現している<sup>2)</sup>。今回の堆肥舎設置以前の2003年5月に当センター内の道路において簡易土間工法による厚さ10cmの土間を打設しローダ等重機を毎日通行させ経過を観察していたが、3年経過後もひび割れは起きていない。

施工上の留意点としては、簡易土間の施工にはチップを混ぜるのに小さな攪拌機でも良いがコンクリートミキサー車が便利であることと、プレキャスト擁壁の設置にはオペレーター付きクレーン車が必要であった。

表4 堆肥化試験の結果

(\* は乾物中)

	冬季試験			夏季試験		
	仕込原料	中間時点	製品堆肥	仕込原料	中間時点	製品堆肥
重量 (kg)	14,300	-	9,750	3,470	-	1,140
含水率 (%)	77	77	76	78	62	60
灰分 (%)	4.6	5.1	5.9	4.1	9.8	12
有機物分解率 (%) *	-	-	33.3	-	-	48.0
pH	9.0	8.3	8.7	8.3	8.2	7.9
E C (mS/cm)	7.5	7.5	8.4	5.0	5.0	5.7
発芽率 (%)	-	68	87	-	89	97
全窒素 (%) *	2.8	2.7	2.9	2.3	2.1	2.1
全リン (%) *	3.1	3.0	3.4	1.9	2.1	2.2
全カリ (%) *	3.9	3.9	4.8	2.1	2.7	3.0
全石灰 (%) *	2.6	3.5	4.0	2.2	2.2	2.6
全苦土 (%) *	0.9	1.0	1.1	0.9	1.0	1.1
大腸菌群数 (個/g)	-	10 <sup>2</sup> 以下	10 <sup>2</sup> 以下	-	10 <sup>2</sup> 以下	10 <sup>2</sup> 以下
酸素消費量 (コンボ テスター値) (μg/g/分)	8	3	2	8	3	2
最高温度 ( )	-	32	41	-	75	75
60 以上の日数 (日)	-	0	0	-	48	19

構造上の反省点としては、堆肥盤の擁壁が高い構造のため、パイプハウスの入口1ヵ所と側面の巻上げカーテンだけでは、換気量が少なかった。ハウスを閉め切ると熱とガスが充満するので、換気に注意すべきであった。もう1ヵ所出口を設置し、風が通り抜ける構造が作業上好ましいと考えられた。特に夏季にはハウス内が高温になり作業中は寒冷紗などの日よげが必要であった。そのため、7月中旬に遮光ビニールシート(ポリエチレン製・白・遮光率90%)を屋根部分に張ったところ、図5のとおりハウス舎内の気温を低下させることができた。

## 2. 可動式通風装置による堆肥化試験

### (1) 冬季試験

ハウス乾燥牛ふん(含水率65%)と生牛ふん(含水率85%)を混合して、スタート時含水率77%とし、通風量は堆肥1m<sup>3</sup>当たり50L/分として24時間連続通風で堆肥化試験を行った。

発酵温度は図6、含水率や有機物分解率等の推移は表4のとおりであった。通風による温度低下と副資材不使用による通気性の悪さにより、堆肥化は進行しなかったといえる。

### (2) 小規模試験

生ふんに副資材としてモミガラを混合した場合の通気性の範囲を確認するため、箱形通風堆肥化槽(0.9×0.9×1.8m=1.5m<sup>3</sup>、木製、2面透明アクリル板、図7)と小型通風装置(0.4kW100Vコンプレッサー使用)を作製して堆肥化試験を行った。生牛ふんにモミガラを混合してスタート時含水率を77%・80%に設定し、槽の1角部から20cmの部分にパイプ1本を挿入・通風した。各含水率での試験で、50L/分・m<sup>3</sup>の通風について連続通気と間欠通気の試験を行った。なお、下部30cmには排汁分離のためモミガラを充填した。2週間後、高さ30cmごとに区切り(全8段階)1段階で中心部と四角の5ヵ所計40ヵ所の含水率と有機物分解率を測定した。温度は、パイプ挿入部・中心部・パイ



図7 小型通風発酵槽

プ対角部の3ヵ所において、堆肥下部から20cm・80cm・140cmの3部分の計9ヵ所を測定した。

通気範囲を確認したところ、50L/分・m<sup>3</sup>の通風で影響を受けたのは、含水率・有機物分解率及び温度の分布から推測して通気孔半径約1mの範囲だったため、パイプ1本につき3~4m<sup>2</sup>をカバーできると考えられた。また、連続通気よりも間欠通気のほうが発酵温度が上昇した。

### (3) 夏季試験

生牛ふん(含水率85%)にモミガラ(含水率15%)を混合してスタート時含水率78%とし、1日30分3回計1時間30分の間欠通風で堆肥化試験を行った。

通風量は堆肥1m<sup>3</sup>当たり50L/分とし、数日に1回パイプの位置を挿し替えて通風したところ、図8のとおり温度上昇(最高75)が見られた。温度の下がっているところは繰り返し時又は通風時で、特に下部の線に上がり下がりの顕著な所があるが、これは温度計の近くに通風パイプの吹き出し口があり、間欠通気に沿って温度変化があったと思われる。2ヵ月目くらいから、通風区と、対照区として設置した週1回の切返し区ともに温度が上がってきた。

また、表4のとおり有機物の分解も見られ、堆肥化が進行した。3ヵ月後の試験終了時には含水率60%の堆肥となった。切返し区と比較すると、切返し区の

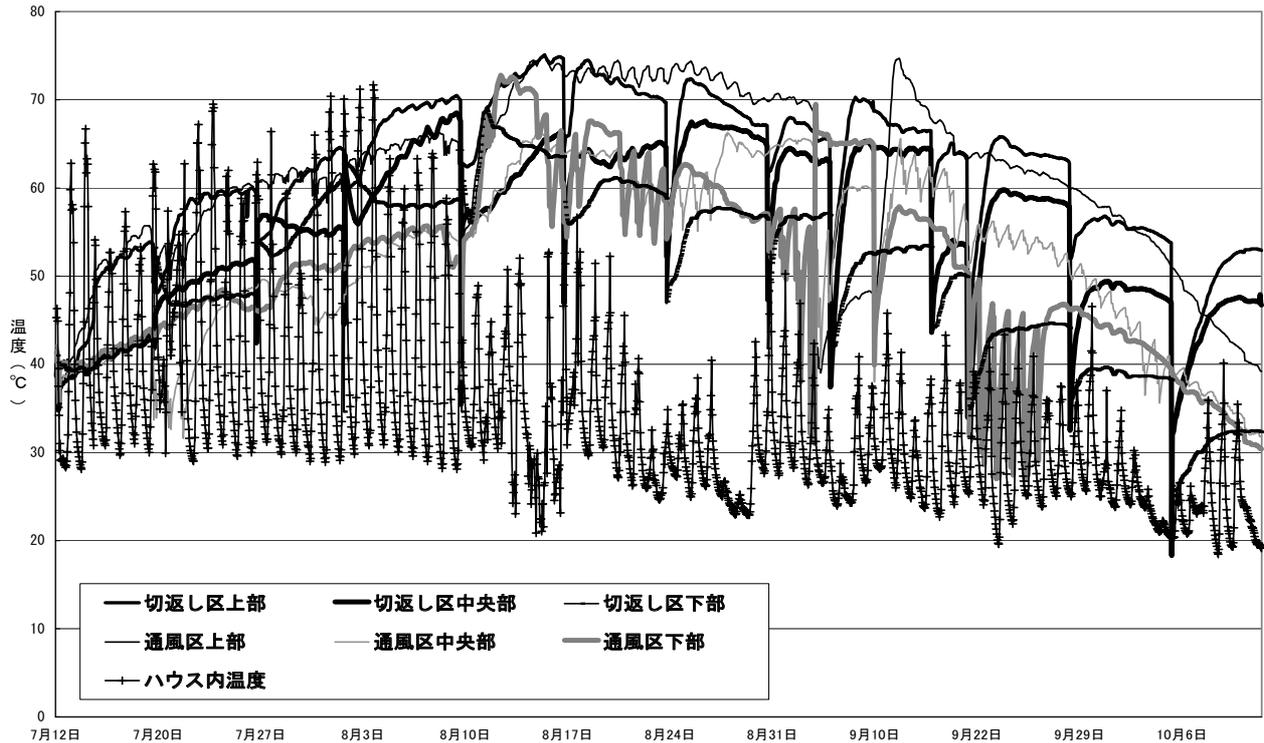


図8 夏季試験における堆肥温度の推移

表5 夏季試験における通風区と切返し区との比較

	試験開始時		終了時
	(両区)	通風区	切返し区
試験重量 (t)	3.5	1.1	1.1
含水率 (%)	78	60	55
排汁 (推定・kg)	-	175	100
最高温度 (°C)	-	75	75
60 以上の日数 (日)	-	67	63
コンポテスター値 (µg/g/分)	8	2	1
発芽率 (%)	-	97	86

55%にやや劣るものの良好な発酵状態だった(表5)。さらに、排汁が、通風区 175 kg、切返し区が 100 kg 出て、排汁の促進も観察された。

また、床面に固定化した通風装置のような目詰まりは起こらなかった。

通風装置の部材はすべて小売店で入手可能で、自作可能な装置である。また、パイプを堆肥のどこにでも挿入できるので、部分的に高水分の箇所にも通風でき、切返しの手間がかからず堆肥化が促進できた。

施工上の留意点としては、部品には腐蝕に強い素材を用いることと、パイプとホースの継ぎ手はホースバンドでの固定式でも良いが、カプラを利用したほうが扱いやすく便利であった。

また、運転上の留意点としては、

ア．パイプを挿入する時は、パイプを小刻みに出し入れしながら行くと挿入しやすく、通気しながら行くと目詰まりしにくい。パイプを挿し込んで少し戻すと空気が通りやすかった。

イ．パイプの挿し込む位置により、発酵ムラができるので、均質になるよう位置に注意する。挿入位置は、以前挿入した場所と異なる位置にする。パイプを抜いた跡が位置の目安になるが、近いとそこから空気が短絡するので、1～2 mほど離れたほうが良い。

ウ．同じ箇所にパイプを挿し込んだままだと、乾燥しすぎ、抜けにくくなるので、数日間で他の箇所に挿し直す。

エ．パイプが長すぎると、扱いにくく、曲がりやすく、

表6 簡易土間工法の有利性試算 (m<sup>2</sup>当たり)

簡易土間工法		通常工法	
項目	円	項目	円
根切り (15 cm)	120	根切り (30 cm)	240
特殊防水シート	900	割栗石 (15 cm)	1,500
骨材チップ	880	配筋 (D 13・150 mmピッチ)	1,500
コンクリート打設 (15 cm)	1,700	コンクリート打設 (15 cm)	1,700
コンクリート面 均し	400	コンクリート面 均し	400
重機回送	80	重機回送	80
重機代金	300	重機代金	350
賃金 (3日間・6人)	1,200	賃金 (4日間・8人)	1,600
残土処理 (場内)	150	残土処理 (場内)	300
計	5,730	計	7,670

表7 施設・装置の経済性

イニシャルコスト	全体(15頭・千円)		堆肥舎	通風装置	計	
	搾乳牛1頭当たり(千円/頭)		1,527	370(流量計除く)	1,897	
ランニングコスト	全体 (15頭・千円)	償却費	堆肥盤 20年	コンプレッサー 5年	281	
		電気代	パイプハウス 10年	他部品 5年		
	搾乳牛1頭1日当たり (円/日・頭)		17	120	34	51
	搾乳牛1頭1年当たり (千円/年・頭)		6	12	18	

上から挿すと倒れやすいが、奥の部分用に4mほどのパイプがあると便利である。

などの注意点が考えられた。

ただ、今回の試験は冬夏各1回の堆肥化試験のため、適正な通風量と時間等が未検討である。最も効率の良い適切な通風方法を確立するためには、更に試験を実施する必要がある。また、試験では通風パイプを4本作成したが、実証規模では更に多くのパイプが必要と考えられ、それを間欠通気のために自動で切り替えて通風する装置が必要である。今後の課題として、間欠通風のための切り換え機の試作と適正通風時間の検討が必要である。

### 3. 施設・装置の経済性

簡易土間工法では、表6のとおり工期が短縮でき、資材費と設置手間を含めて $m^2$  千円程度節約できると試算した。既成擁壁とパイプハウスの利用によっても節約できると想定し、業者の協力により、堆肥舎全体は $m^2$ 単価 23千円で建築した。

可動式通風装置は、通風用パイプ4本を1組として16本程度必要である。

堆肥舎と通風装置の経済性を試算したところ、表7のとおりとなった。今回の施設は搾乳牛15頭規模と小規模経営を想定しており、イニシャルコストは約190万円となった。面積規模を大きくすれば、面積当たり建築単価は安くなると考えられる。ランニングコストについては、簡易土間工法堆肥舎の償却費は年9万円となった。可動式通風装置については、通風用パイプ16本を4本1組で4組に分けて使用、1日30分3回をタイマーにより4組交代で通風させると想定して運転すると、償却費・電気代で年19万円と試算された。

以上のように、簡易土間工法の利点としては、底面シートと骨材チップが、コンクリートの曲げ強度を高め、クラックが起りにくい。また、割栗石と配筋なしで床面を打設するため、資材費・設置手間・労賃が節約できる低コストな堆肥舎と期待できる。

また、可動式通風装置の利点としては、パイプを堆肥のどこにでも挿入できるので、部分的に高水分の箇所にも通風でき、切返しの手間がかからず堆肥化が促

進できる。また、床面に固定化した通風装置のような目詰まりが起りにくい。省力的な家畜排せつ物処理が可能になり労働力の少ない中小規模の畜産農家に対する普及が見込まれるとともに、腐熟化の進んだ良質堆肥の生産が期待される。

今回作製した堆肥舎と通風装置は簡易で低コストな施設・装置のため、畜産経営への導入も簡便であり、家畜排せつ物の適正処理が図れる。特に中小規模畜産農家に対応し、施設建築費の低減が図れ、経営の安定化に資することができる。

なお、この研究は(財)畜産環境整備機構「簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業」委託事業に参画して行ったものである。

最後に、この研究に当たり技術的資料の提供等御協力をいただいたM(株)社の関係各位に感謝申し上げます。

### 引用文献

- 1) 清水建設(株)、繊維補強コンクリート構造物、特開昭62-178644
- 2) 丸和パイオケミカル(株)、コンクリート床スラブの施工方法、特開2005-54401
- 3) (財)日本土壌協会(2000)、堆肥等有機物分析法