

## 消臭型家畜ふん堆肥化ハウスの開発

### (3) 発酵乾燥床に埋設したシートの遮水性確認試験

田邊眞・川村英輔・齋藤直美<sup>1</sup>・青木稔<sup>2</sup>・藤井八月・倉田直亮  
(<sup>1</sup> 神奈川県畜産課、<sup>2</sup> 神奈川県東部家保)

Development of Composting House with Deodorization system  
(3) Studies on Waterproofing Sheet under Composter

Makoto TANABE, Eisuke KAWAMURA, Naomi SAITO,  
Minoru AOKI, Haduki FUJII and Naosuke KURATA

消臭型家畜ふん堆肥化ハウスの発酵乾燥床に埋設したシートについて、漏洩電流式による漏水検知と土壌成分分析により遮水性の確認調査を行った。施設設置時には建設養生シートを用い、シートとシートの接着はテープで、コンクリート壁にシートは接着しないで施工したところ、シート埋設1年半後に電極法により漏洩が疑われる場所が2カ所見つかり、土壌成分分析でもふん尿成分の土中への浸透が確認された。そこで、土木用シートに張り替え、施工方法をシートとシートは熱溶着し、シートとコンクリート壁は接着する方法に変更したところ、埋設2ヶ月後に漏洩は確認されなかった。発酵乾燥床にシートを埋設する場合はシートの素材と施工方法を十分検討する必要がある。

キーワード：発酵乾燥床、遮水性シート、漏水検知、土壌成分

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により、家畜排せつ物を処理する際には環境負荷物質が処理施設外に流出しないような対策を講じることが求められた。

田邊らは土壌成分分析により家畜ふん堆肥化施設からふん尿成分が土壌に流出していることを報告した<sup>1)</sup>。家畜ふん堆肥化ハウスの発酵乾燥床は、通常土間であることから、ふん尿成分が地下に浸透する可能性がかなり高い。そこで、当センターでは、家畜ふん堆肥化ハウスを新設するにあたって、発酵乾燥床に遮水性のシートを埋設した。

発酵乾燥床は家畜ふんの堆肥化で高温かつ湿潤な環境となるため、埋設したシートの遮水性を確認する必要がある。電氣的漏水検出法の中で、漏洩電流式検知は高精度かつ迅速な漏洩の検知を行うことができ、シートの遮水性の確認に利用されている<sup>2)</sup>。

本試験では、消臭型家畜ふん堆肥化ハウスの発酵乾燥床に埋設したシートの遮水性を確認するた

め、漏洩電流式検知と土壌成分分析を行った。

#### 材料及び方法

##### 1. 消臭型家畜ふん堆肥化ハウス

堆肥化ハウスは、2001年4月に当センターに設置され、①堆肥化時の臭気を拡散させないための閉鎖型施設、②施設の排気を脱臭する微生物脱臭と酸化チタン脱臭を組み合わせた畜産臭気脱臭システム、③環境負荷低減のため発酵乾燥床に遮水性のシートを埋設、の3点の特徴を持つ(図1)。

堆肥化ハウスの構造は、透明樹脂フィルム張り軽量鉄骨で、間口8m、奥行き35m、棟高さ4.8m、発酵乾燥床室内容積は806m<sup>3</sup>である。発酵乾燥床は、幅6m、長さ29m、面積174m<sup>2</sup>で、土間部分にはシートを敷き、その上に土を20cmかぶせた。攪拌移送機の堆肥攪拌深さは50cmで、発酵乾燥床を1日2~3回往復させた。

本施設では、当センターのフリーストール牛舎から排出されるふんを1日約700kg処理した。堆

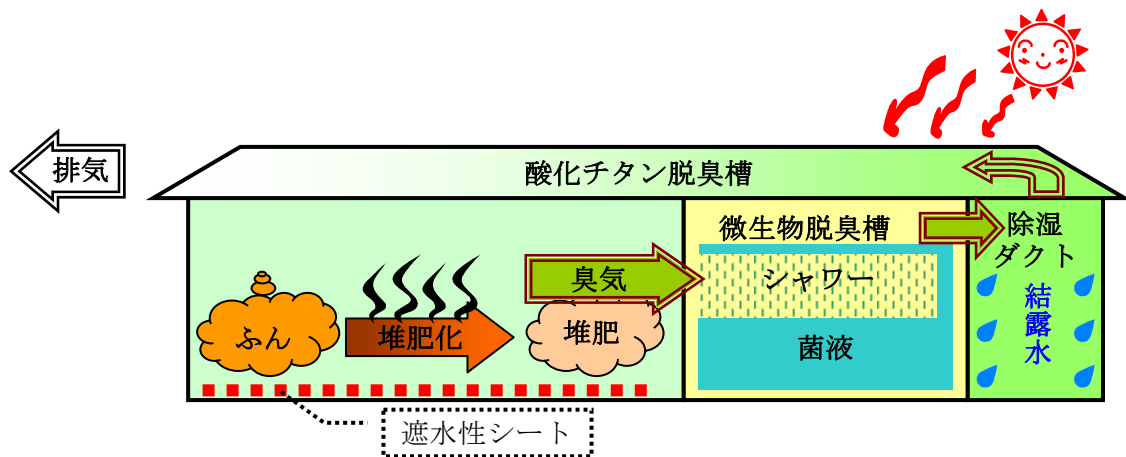


図1 畜産臭気脱臭システムを組み入れた消臭型家畜ふん堆肥化ハウス

肥化ハウスの扉は、ふんや堆肥の搬入搬出時のみ開閉し、通常は閉鎖した。水分・比重調整のための副資材は、戻し堆肥のみを使用した。

## 2. シート

施設建設時では、価格の安い建設養生シートを埋設した(表1)。施工方法は、シートがコンクリート壁に接する部分はシートを折りたたみ、シートとシートの接着はテープで行った(図2)。

2003年9月に土木用シートに張り替えた。土木用シートは、材質が軟質塩化ビニルで建設養生シートに比べて厚さ1.00mmと厚く、比抵抗値も高い。施工方法では、コンクリート壁とシートは直接溶剤で接着し、シート同士は熱溶着により接着した。

## 3. 分析方法

### (1) 漏洩電流式検知

漏洩電流式検知は、施設建設時(2001年4月)、施設使用1年6ヵ月後(2002年12月)及びシート張替え3ヵ月後(2004年1月)の3回実施した。測定は、発酵乾燥床に1.8m×2.0mの間隔で測定電極を配置し、マルチチャンネルデジタル電気探査装置(McOHM Profiler-4)により行った。漏水検知のほか、検知精度を確認するため、模擬漏洩電極(φ2~3cm)を設置して漏洩検知も行った。なお、データ測定並びに解析は応用地質株式会社の協力を得て実施した。

### (2) 土壌成分分析

土壌採取は、手動式動的回転式サウンディング試験装置(東邦地下工機社製)を用い、先端に土壌サンプラーを取り付けて行った<sup>3)</sup>。土壌は、シート施工時に、発酵乾燥床の搬入部、中央部、搬出部の3ヶ所からそれぞれシート下の0~1m、1~2m、2~3mの3部位から採取した。また、シ-

表1 使用したシート

	施設設置時	張替え時
施工月日	2001年3月	2003年9月
使用シート	建設養生シート	土木用シート
材質	ポリエステル	軟質塩化ビニル
厚さ	0.34mm	1.00mm
重量	410g/m <sup>2</sup>	1,360g/m <sup>2</sup>
価格	870円/m <sup>2</sup>	1,570円/m <sup>2</sup>
比抵抗値	10 <sup>7</sup> Ω m	10 <sup>8</sup> Ω m
施工方法	シートと壁 テープ	接着
	シート同士	熱溶着

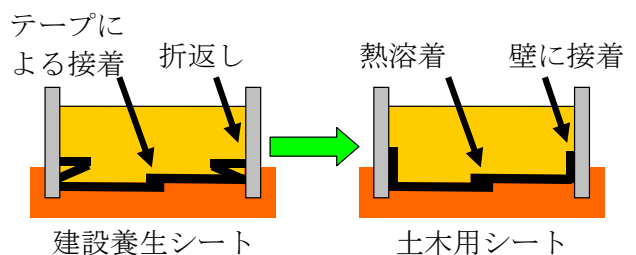


図2 シートの施工方法

ト張替え時に漏洩電流式検知で漏洩が疑われた2ヵ所の土壌も採取した。

さらに、当センターに1994年に設置し、シートを埋設していない閉鎖型堆肥化ハウスの発酵乾燥床(長さ22m、幅4m、深さ30cm、シートなし)からも同様に土壌を採取した。土壌成分は、土壌環境分析法<sup>4)</sup>に準じてpH、電気伝導率(EC)、水溶性の陽イオン(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)と陰イオン(Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)を測定した。

## 結果及び考察

### 1. 電極法による漏水検知

#### (1) 建設養生シート

##### ア 施設建設時

施設建設時の測定結果を図3に示した。電位分布は均一で漏洩電流は観察されず、漏洩点はないと判断された。模擬漏洩電極を設置したところ、模擬漏洩電極を中心に電流強度の大きい場所が観測され、模擬漏洩点を精度よく検知できた。

以上から、建設養生シートの遮水性が確認された。なお、測定では測定装置の最大通電電流である120mAまで通電可能であったことから、建設養生シート自体がある程度通電すると思われた。そこで、建設養生シートの比抵抗値を測定したところ、値は $10^7\Omega\text{m}$ でわずかではあるが通電性が認められた。

##### イ 施設使用1年6ヵ月後

施設使用1年6ヵ月後の測定結果を図4に示した。発酵乾燥床の壁際2ヵ所に電流強度の大きい場所が観測され、漏洩点が検知された。漏洩点2は漏洩点1に比べて電流強度が大きく、漏洩の程度が大きいことが示唆された。このことから、埋設した建設養生シートは2ヵ所から漏洩していることが判明した。

一方、模擬漏洩電極を設置したところ、模擬漏洩電極付近に電流強度の変化は認められず、模擬漏洩電極を漏洩点として検知できなかった。これは、検知された2ヵ所の漏洩点が模擬漏洩電極の漏洩経路よりも抵抗が小さく、流した電流がすべてこの2ヵ所から漏洩しているためである。模擬漏洩電極の直径は2~3cmなので、2ヵ所の漏洩点は、模擬漏洩電極よりも大きいと推察された。

#### (2) 土木用シート

土木用シートに張替えた3ヵ月後の測定結果を図5に示した。電位分布は均一で電流強度の大きな場所は観察されなかった。また、模擬漏洩電極を設置したところ、模擬漏洩点を精度よく検知できた。以上から、土木用シートには漏洩箇所はないことが確認された。

測定において流すことができた電流は20mA程度で、建設養生シートの測定時に比べ小さかった。土木用シートは、建設養生シートより比抵抗値が大きく、電気絶縁性は高かった。建設養生シートは電極法で漏水検知は可能であったものの、電極法による漏水検知では、遮水性シートの電気絶縁性が高いことが求められる。電極法による漏水検知を行う場合には、埋設する前に使用する遮水性シートの電気絶縁性を確認する必要がある。

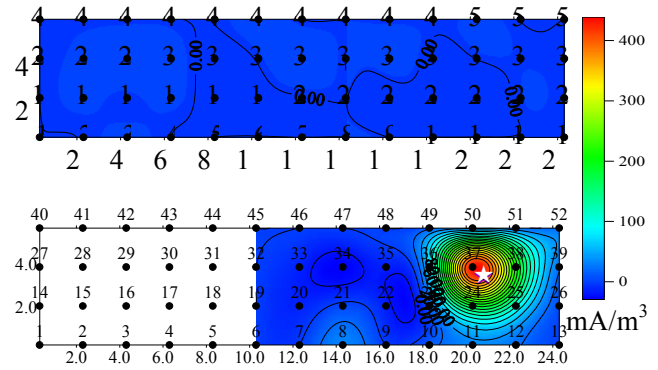


図3 漏洩電流強度（施設建設時）  
上段；通常状態での測定  
下段；模擬漏洩電極（★）を設置

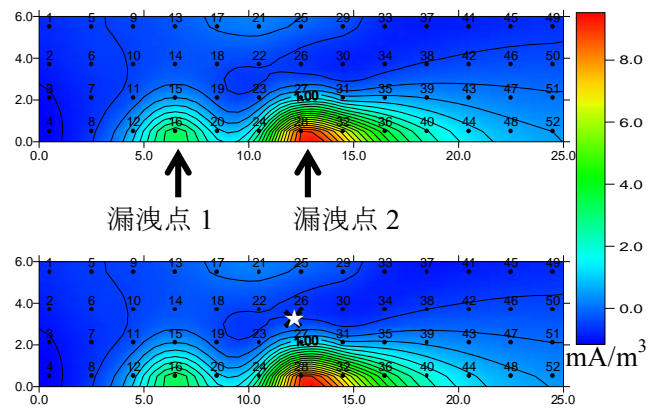


図4 漏洩電流強度（施設使用1年6ヵ月後）  
上段；通常状態、漏洩箇所；矢印  
下段；模擬漏洩電極（★）を設置

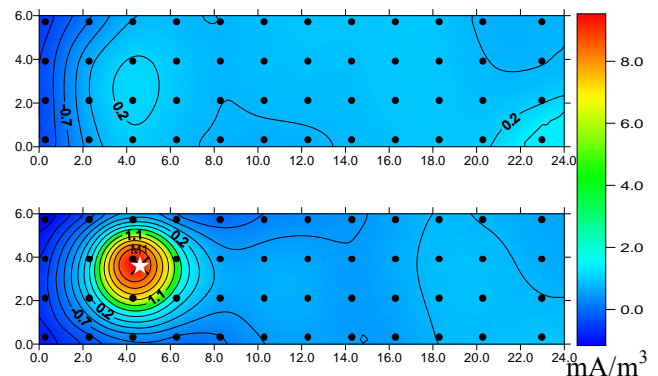


図5 漏洩電流強度（張替え3ヵ月後）  
上段；通常状態での測定  
下段；模擬漏洩電極を設置（★印）

### 2. 土壌成分分析

#### (1) 消臭型家畜ふん堆肥化ハウス

##### ア 施設建設時

施設建設時に採取した土壌の成分組成を表2に示した。搬出部のシート下2~3mの土壌は、他の

土壌に比べて pH6.3 とやや低く、EC は 0.18mS/cm と高かった。乾土 100g あたりのイオン含有量では、Cl<sup>-</sup>3.3meq、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>7.5meq、Na<sup>+</sup>3.1meq と高い値を示した。

それ以外の土壌は、pH6.7~7.0、EC0.04~0.08mS/cm の範囲であった。イオン含有量では、

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は 1.4~3.4 meq と高かったが、他のイオンは 1.5meq 以下と低い値を示し、採材場所や深さによるイオン含有量の差はみられなかった。

イ 漏洩検知された地点

電極法により漏洩が疑われた 2ヶ所の土壌の成分組成を表 3 に示した。この 2ヶ所の土壌は、施

表 2 施設建設時の発酵乾燥床土壌の成分組成

pH、EC を除き meq/乾土 100g												
採土場所 (シート下)	Cl <sup>-</sup>			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			pH		
	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出
0~1m	0.5	0.7	0.6	0.2	0.5	0.5	2.5	1.4	3.1	6.9	6.8	6.7
1~2m	0.1	0.6	0.3	0.2	0.1	0.2	3.4	1.6	2.3	6.9	6.9	6.8
2~3m	0.2	0.5	3.3	0.5	0.1	7.5	3.2	2.4	2.9	7.0	6.9	6.3
採土場所 (シート下)	Na <sup>+</sup>			K <sup>+</sup>			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			EC (mS/cm)		
	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出
0~1m	0.8	1.1	1.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.06	0.08	0.07
1~2m	0.5	0.6	1.1	0.7	0.2	1.5	0.1	0.2	0.2	0.05	0.04	0.06
2~3m	1.5	0.6	3.1	0.2	0.1	1.3	0.2	0.2	0.3	0.05	0.04	0.18

表 3 使用後 1 年 6 ヶ月目における発酵乾燥床土壌の成分組成

pH、EC を除き meq/乾土 100g									
採土場所 (シート下)	Cl <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		pH		
	漏洩 1	漏洩 2	漏洩 1	漏洩 2	漏洩 1	漏洩 2	漏洩 1	漏洩 2	漏洩 2
0~1m	1.9	2.8	1.9	37.1	8.7	3.2	7.4	7.0	
1~2m	1.0	0.9	3.2	2.0	2.6	5.4	7.3	7.1	
2~3m	1.3	0.7	1.3	0.9	7.0	4.3	7.2	7.1	
採土場所 (シート下)	Na <sup>+</sup>		K <sup>+</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		EC (mS/cm)		
	漏洩 1	漏洩 2	漏洩 1	漏洩 2	漏洩 1	漏洩 2	漏洩 1	漏洩 2	漏洩 2
0~1m	7.5	3.4	1.3	3.2	1.2	8.8	0.12	0.36	
1~2m	2.1	2.3	2.7	0.9	0.7	1.5	0.10	0.11	
2~3m	4.2	1.3	0.3	0.2	0.7	0.8	0.12	0.08	

表 4 発酵乾燥床土壌の成分組成 (閉鎖型堆肥化ハウス、1994 年建設)

pH、EC を除き meq/乾土 100g												
採土場所 (シート下)	Cl <sup>-</sup>			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			pH		
	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出
0~1m	704	762	106	2.8	126	30	89	140	255	7.9	7.6	7.0
1~2m	348	145	15	4.4	25	4.8	41	52	29	7.4	7.3	7.2
2~3m	137	114	11	0.3	18	3.1	16	43	29	7.3	7.5	7.2
採土場所 (シート下)	Na <sup>+</sup>			K <sup>+</sup>			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			EC (mS/cm)		
	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出	搬入	中央	搬出
0~1m	535	493	60	1353	1407	120	188	199	11	2.27	2.31	3.37
1~2m	286	103	8.2	580	114	7.7	84	48	1.2	1.01	0.54	0.55
2~3m	80	90	7.5	103	76	6.2	31	28	0.7	0.46	0.51	0.46

工時の土壌に比べて pH が 7.0~7.4 と高く、EC も 0.08~0.36mS/cm と高かった。また、イオン含有量も全体的に高い値を示した。漏洩点 2 のシート下 0~1m の土壌では、乾土 100g あたり NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は 37.1meq、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は 8.8meq、K<sup>+</sup>は 3.2meq と高い値であった。漏洩点 2 は発酵乾燥床のほぼ中央部であることから、堆肥化ハウス使用前の中央部シート下 0~1m の場所の値と比べると、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup> の濃度はそれぞれ 74 倍、44 倍、11 倍となった。漏洩点 2 では、採土場所が深くなるにつれてイオン含有量は低下する傾向がみられたが、漏洩点 1 ではそのような傾向はみられなかった。

これらの結果から、電極法により漏洩が疑われた 2 ヶ所ではふん尿成分が発酵乾燥床下の土壌に漏出したことが強く疑われた。また、漏洩点 2 の土壌ではイオン含有量が漏洩点 1 の土壌より多いことから、漏洩点 2 の方が漏洩の程度が大きいと判断されたが、これは電極法による漏水検知でも同様の結果が得られた。

以上から、土壌成分分析は、ふん尿成分の漏出状況の把握に応用できることが確認された。

## (2) 長期間使用した堆肥化ハウス

当センターで 1994 年から使用している閉鎖型家畜ふん堆肥化ハウスの土壌は、pH7.0~7.9、EC0.46~3.37mS/cm と、消臭型家畜ふん堆肥化ハウスの施設建設時の測定値よりも高い値を示した(表 4)。イオン含有量も全体的に高く、K<sup>+</sup>では搬入部と中央部の床下 0~1m の土壌ではそれぞれ 1,353meq、1,407meq とかなり高い値を示した。EC とイオン含有量は土壌の採取場所が深くなるにつれて値が低くなる傾向がみられた。また、Cl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>では搬入部から搬出部に向かうにつれてイオン含有量は低下する傾向がみられた。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は搬入部では 2.8meq であったが、中央部では 126meq と 45 倍も高かった。これは、発酵乾燥床の中央~搬出部では硝化反応が生じている結果と考えられた。

以上から、家畜ふん堆肥化ハウスの発酵乾燥床からふん尿成分が地下にかなり浸透していることが明らかになった。発酵乾燥床に遮水性シートを埋設することは、ふん尿成分を土中に流出することを阻止し、環境汚染を防ぐ重要な方法であることが確認された。

## 3. シートの施工方法と漏水検知調査の方法

建設養生シートでは、漏洩の疑われる場所が 2 ヶ所確認されたが、遮水性シート張り替え時にシートの破損など肉眼的な確認を行ったが漏洩箇所は見つからなかった。建設養生シートの施工方法

では、シートと壁は接着せずに折り畳んで処理したため、施設の使用中にシートと壁に隙間ができ、その場所から漏洩が生じた可能性が考えられた。遮水性シートを埋設する際には、遮水性シートと壁は溶剤などにより接着することが必要であると思われる。

電極法での測定では、遮水性シート上下の絶縁性を確保する必要がある。建設養生シートの施工方法では、遮水性シートの端の絶縁性を保つため、測定のために発酵乾燥床上の堆肥化物を一部除去する必要がある。一方、土木用シートの施工方法では測定時に堆肥化物を除去することなく測定が可能で電極法の調査を省力的に行うことができた。

土壌成分分析による漏水検知調査は、土中にふん尿成分が流出している程度を把握できる点で優れていた。しかし、土壌を採取する際にシートに穴を開けなければならない、採取後に穴から漏洩しないようシートの補修を行う必要があるため、遮水性の確認検査としてはあまり適した検査法ではないと考える。

## 謝辞

本研究は、畜産環境整備機構の簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の助成を得て実施したことを記して感謝いたします。また、電極法による測定及びデータ解析に協力して下さった応用地質株式会社に感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 田邊眞・川村英輔・倉田直亮. 家畜ふん堆肥化過程で発生する滲出液の環境負荷. 神奈川県畜産研究所研究報告, 第 90 号: 40~45. 2005.
- 2) 島裕雅・伊関伸一・坂下晋. 管理型廃棄物処分場における電氣的漏水検出法の高精度化. 物理探査学会第 88 回学術講演会論文集, 211~216. 1993.
- 3) 小川ひろし・竹下良美・柳信一郎・福江次郎・島津光夫. スクリューポイントを用いた動的サウンディング試験器の開発. 第 32 回地盤工学研究会発表講演集, 2635~2636. 1997.
- 4) 土壌環境分析法. 土壌環境分析法編集委員会編, 1997.

