

[分類] 技術情報

[成果名] 養豚における密閉縦型堆肥化装置の発酵の特徴と脱臭の状況

[要約] 密閉縦型堆肥化装置の発酵の特徴と脱臭の状況を調査した。冬季は加温が望ましい。発酵期間は短く堆肥は未熟である。木材チップの脱臭効果は認められない。

[担当] 畜産試験場（持続的畜産領域）飼料環境部・養豚養鶏部

[部会] 畜産部会

1 背景・ねらい

堆肥化装置の一つに密閉縦型堆肥化装置がある。エレベータ式の投入装置で、原料ふんを上から投入、混合・攪拌しながら下部へ移動する間に発酵する。熱効率がよく密閉型なので臭気対策が可能である。初期投資・運転経費ともかかるが敷地面積が最も少なく済み、近年普及が進んでいる。畜産試験場でも2021年にこれを導入した。そこで導入した密閉縦型堆肥化装置の発酵の特徴、脱臭の状況等を調査したところ、新たな知見が得られたので公表する。

2 成果の内容・特徴

- (1) 発酵槽の温度は、豚ふん投入後に一旦低下した後、徐々に上昇して半日後に最高となり、翌日の投入時刻にかけて低下する。6～12月の日最高温度は55℃前後、1～3月は外気温が低いいため、発酵温度も低下する。
- (2) 発酵槽の豚ふん滞留期間は1日から約1か月であり、平均すると約10日である。豚ふんの発酵期間が短いため、微生物によって容易に分解される有機物（易分解性有機物）が多く残っている。
- (3) 発酵槽の排気に含まれるアンモニアの濃度は200～400ppm、臭気指数は40以上である。このアンモニア濃度では脱臭槽の吸着資材はすぐに破過（物質が吸着されずに通過すること）の状態となる。木材チップでは設置4日後には破過の状態であった。

3 利用上の留意点

- (1) 密閉縦型堆肥化装置の発酵槽容積は19 m³、飼養規模は種豚60頭、肥育豚120頭、子豚120頭程度の比較的小規模農場での結果である。
- (2) この情報は、試験や調査で得た新たな知見で、生産技術の体系化には至らない情報であるため、試験場、専門技術員又は農業農村支援センターとよく相談の上利用すること。

4 対象範囲

県内養豚農家 約60戸

5 具体的データ

- (1) 密閉縦型堆肥化装置と測定装置の概要

密閉縦型堆肥化装置の構造と測定機材の設置位置を図1に示した。発酵槽容積は19 m³、脱臭槽容積は15 m³である。脱臭槽にはおおよそ10 m³の製紙用木材チップが充填されている。

発酵槽へは毎日豚ふんが投入される。投入量は飼養頭数から推定して約0.7tである。好氣的発酵を促すため、発酵槽へは送風ブロアにより外気が導入される。発酵槽からの排気は排気ブロアAで行う。排気ブロアAの風量は送風ブロアの風量よりも大きく、発酵槽からの発生ガスをすべて捕集する。同様に脱臭槽の排気ブロアBの風量は排気ブロアAの風量より大きい。

発酵槽の温度は槽内上部空間の気温を測定した。発酵槽、脱臭槽それぞれの排気成分は途中の塩ビ管から採材した。採材は1時間ごとに行い、アンモニアは検知管で、臭気は畜環研式ニオイセンサーを用いて測定した。

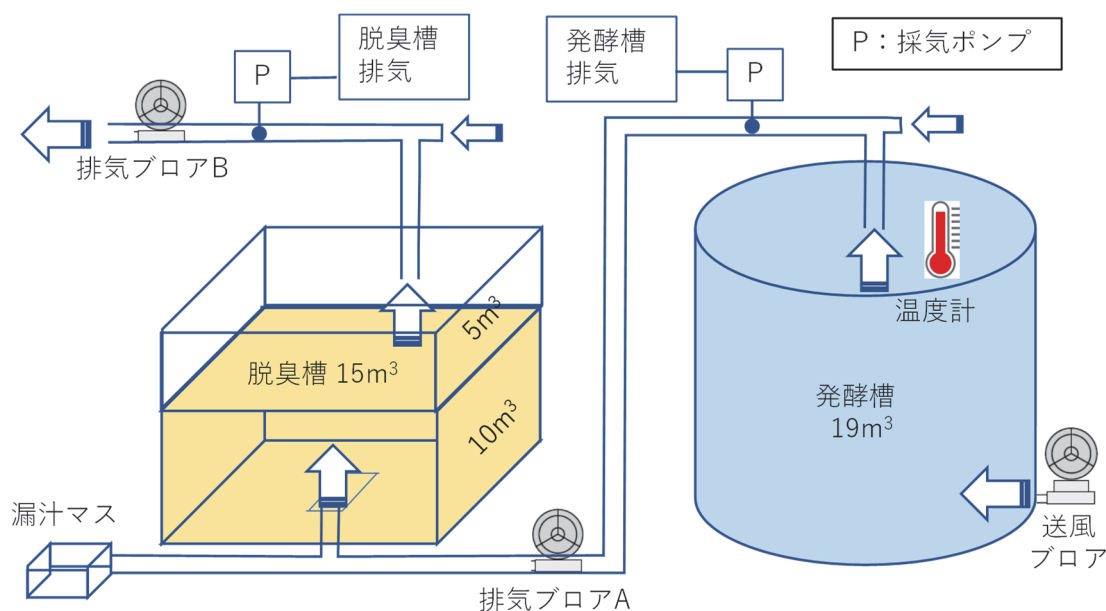


図1 密閉縦型堆肥化装置の構造と測定機材の設置位置（2023年、畜産試験場）

(2) 発酵の特徴

発酵槽上部の温度について 2023 年 1 年間の推移を図 2 に示した。6～12 月において発酵槽上部の最高温度は 55℃前後、平均温度は 40℃前後であった。一方、1～3 月はそれよりも約 15℃低く推移した。1～2 月は平均気温が 0℃前後であり、発酵温度を低下させないためにはこの時期は送風時に加温した方が良いと考えられる。

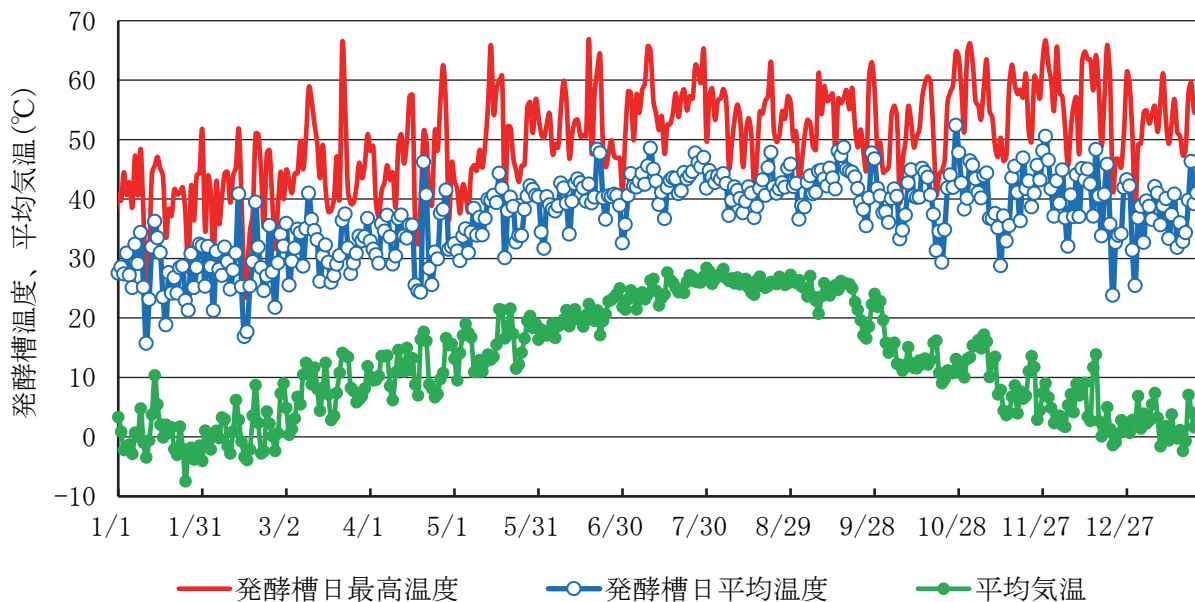


図2 発酵槽上部の日最高温度、日平均温度及び平均気温の推移（2023年、畜産試験場）

発酵槽の温度は 1 日の周期で変動した(図 3)。10 時前後に生ふんを投入すると温度は 10℃程低下し、その後約 1 時間経過すると徐々に温度が上昇した。0 時頃最高になった後は徐々に低下し続けた。投入当日の生ふんの発酵によって発酵槽の温度が上昇すると考えられる。



図3 発酵槽上部温度の日変動（2023年、畜産試験場）

（3）発酵槽における豚ふん滞留期間

発酵槽上部に投入した生ふんが下部取出し口から排出されるまでの期間を調べるため、普段使用していないもみ殻を投入し排出されるもみ殻を測定した(図4)。投入翌日からもみ殻の排出が観察され投入20日後でももみ殻は排出された。2次回帰式を当てはめると投入28日後にもみ殻の排出が終わると推定され、それによる推定の平均滞留日数は9.5日であった。

密閉縦型堆肥化装置で作られる豚ふん堆肥の発酵期間は約10日と言われておりそれが裏付けられたが、10日経ったものが排出されるのではなく、1日から約1か月滞留したものが入り混じって排出される。

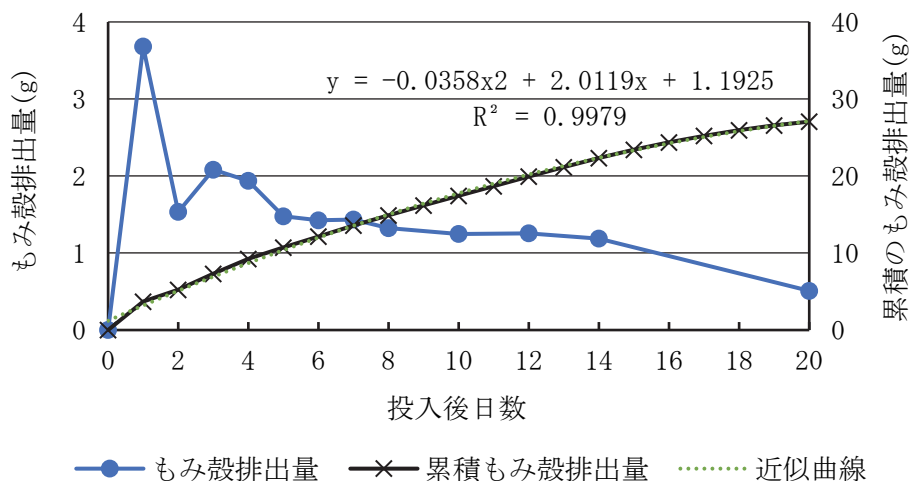


図4 発酵槽に投入したもみ殻の排出状況（2023年、畜産試験場）

毎日排出した堆肥から1 L取りその中の混入したもみ殻を選別し計量、累積値は欠測日の値を線形補間して求めた

密閉縦型堆肥化装置は強制的に発酵及び乾燥を行い短期間で排出されるため、微生物によって容易に分解される有機物（易分解性有機物）が多く残っている。排出された豚ふんを1次保管庫にて堆積、切り返しを行った時の堆積物中心部温度の変化を図5に示した。5回切り返しを行うと温度の上昇は緩やかになった。

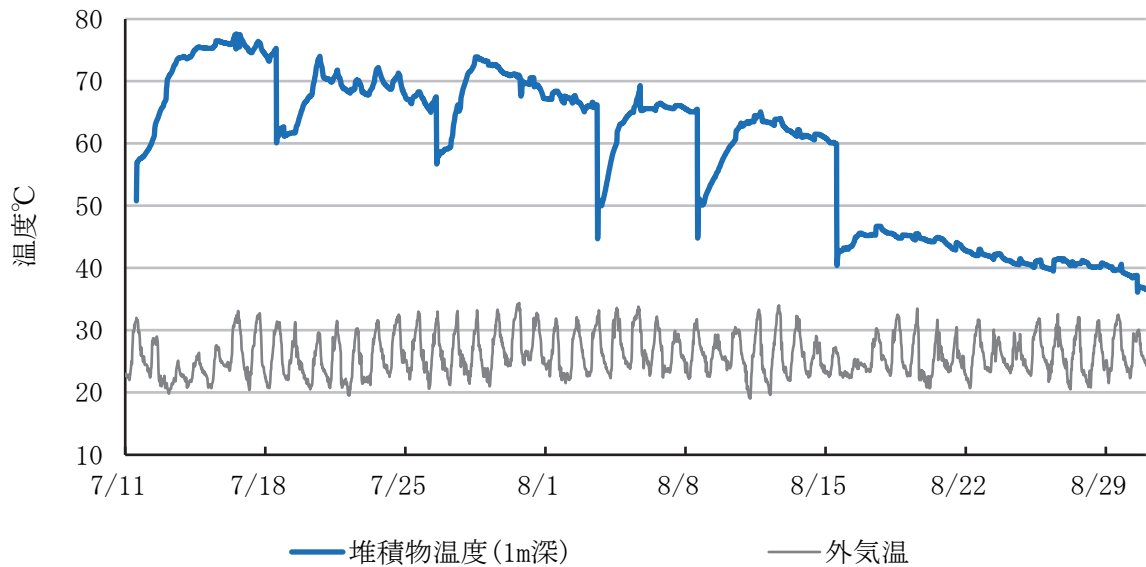


図5 密閉縦型堆肥化装置から排出した豚ふんの堆積、切り返し中の堆積物中心部温度 (2023 年、畜産試験場)

(4) アンモニア、臭気の排出と脱臭の状況

畜産試験場の脱臭槽には稼働当初から製紙用木材チップを約 10 m³ 充填しており 2023 年 10 月時点で約 2 年が経過していた。この時の発酵槽からのガス発生量や脱臭槽の脱臭状況を調査した後、脱臭槽の中味を完熟堆肥 (図 5 で作成したもの) に入替して同様に調査、その後新品の木材チップに入替して再度調査した (表 1)。調査は 1 時間毎に行い 24 時間分を平均して求めた。完熟堆肥は木材チップより通気抵抗が大きいことが予想されたため、充填量は木材チップの約半分の 5 m³ とした。

発酵槽排気中のアンモニア濃度は 200～400 ppm、臭気指数は 38.9 以上であった (表 1)。ただし臭気センサーの仕様で 40 以上は 40 と表示されるため、実際は 40 以上になる。またアンモニア濃度と臭気には日内変動があり、生ふんを投入する頃が最も低く、生ふん投入後は夜中にかけて上昇した。

脱臭槽の排気は外気と混合、希釈されているため、発酵槽排気の臭気指数よりも必ず低くなる。臭気指数が 35 程度であれば、脱臭効果はないと推定される。2 年使用の木材チップに脱臭効果はなく、新品の木材チップであっても入替 4 日後の 12 月 10 日には脱臭効果は失われたと考えられる。一方、完熟堆肥の脱臭効果は見られたが 20 日後に通気が困難になった。



製紙用木材チップの形状

表1 発酵槽からのアンモニア、臭気の発生状況と脱臭槽による脱臭の状況
(2023年、畜産試験場)

脱臭槽資材	測定日	発酵槽 日平均 温度	発酵槽 排気NH ₃ 日平均 濃度	発酵槽 排気 臭気指数 日平均	脱臭槽 排気 臭気指数 日平均	脱臭槽 NH ₃ 除去率
		℃	ppm			%
2年使用木材チップ	10月19日	37.4	230	40.0	33.6	0
同上	10月31日	40.1	213	39.4	35.4	0
同上	11月 6日	43.9	392	40.0	35.6	0
完熟堆肥	11月12日	28.8	195	39.1	33.1	1
同上	11月15日	35.5	203	39.6	30.3	0
同上	11月23日	38.7	364	39.0	29.6	0
同上 山半分	11月29日	46.5	436	39.9	34.6	0
新品木材チップ	12月10日	37.1	348	39.9	39.9	8
同上	12月17日	40.5	377	40.0	38.7	0
同上	12月25日	34.1	234	38.9	34.8	0

完熟堆肥は11月8日に入替、11月28日に通気抵抗が高くなり発酵槽からの排気が漏出したため、堆積の高さを半分に減らした。新品木材チップは12月6日に入替をした。

脱臭槽NH₃除去率は以下の式で計算し、マイナスの場合は0%とした。

脱臭槽NH₃除去率＝(発酵槽排気NH₃濃度×発酵槽排気風量-脱臭槽排気NH₃濃度×脱臭槽排気風量)÷(発酵槽排気NH₃濃度×発酵槽排気風量)

6 参考データ

近年の報告から密閉縦型発酵装置に設置したおが粉脱臭装置での脱臭能力は、数週間で低下すると言われている(畜産悪臭対策マニュアル p 39-41, 畜産環境整備機構, 2020 年(令和 2 年) 3 月、『最近の研究動向』悪臭対策技術, p6, https://www.leio.or.jp/pdf/118/tokus_43.pdf)。表面積の少ない木材チップの脱臭能力はおが粉に劣ることが予想される。

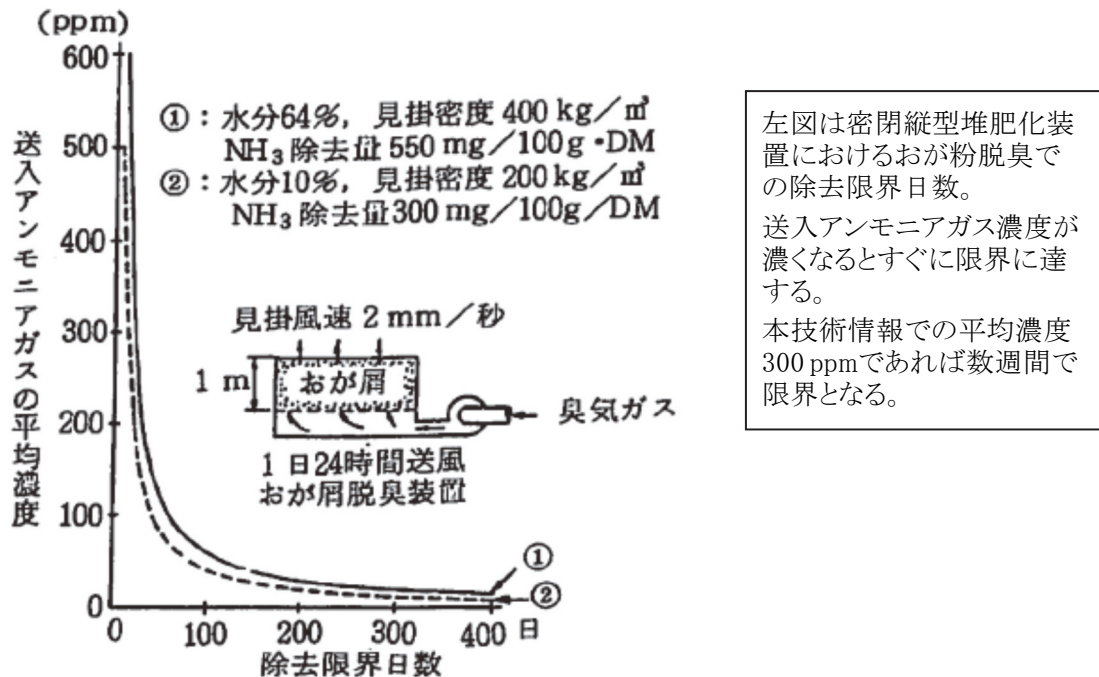


図 送込アンモニアガスの平均濃度と除去限界日数との関係

出典：畜産悪臭対策マニュアル p39-41, 畜産環境整備機構, 2020 年 3 月

また、堆肥やロックウールや発泡ガラスなどを用いる生物脱臭法は効果が優れているが、200ppmを超える濃度のアンモニアは微生物を阻害するため、アンモニアを除去する前処理が必要となる(日本型悪臭防止最適管理手法 (BMP) の手引き, p27, 畜産環境整備機構, 2017 年(平成 29 年) 3 月)。

7 特記事項

[課題名、研究期間、予算区分]

養豚における密閉縦型堆肥化処理施設の高度利用技術の開発、2023 年度(令和 5 年度)、県単プロジェクト

[分類理由]

この情報は試験や調査で得た新たな知見で、生産技術の体系化には至らないため。