

地域資源を活用した低コスト脱臭技術の開発

浅岡丈楽¹⁾・須藤華織²⁾・脇本亘³⁾・白波瀬歩

1) 現：茨城県鹿行農林事務所 2) 現：茨城県県北農林事務所

3) 現：茨城県営業戦略部営業戦略農産物輸出促進チーム

Development of low-cost deodorization technology utilizing local resources

Jouraku ASAOKA , Kaori SUDOU, Wataru WAKIMOTO, Ayumi SHIRAHASE

要約

畜産業における苦情は、悪臭関連が半数以上を占めている。堆肥化処理施設で発生する臭気は脱臭槽にて対策するが、その設置費や維持費が高額である。そこで、茨城県内で入手可能な資材を用いて簡易な脱臭槽を作製し、脱臭能力を検討した。また、充填資材の交換が容易な簡易脱臭槽の構造の検討も行った。充填資材の選定は、アンモニウムイオン (NH_4^+) 吸着率を用いて検討した。その結果、 NH_4^+ 吸着率等から、充填資材には木質系炭化物を選定した。次に、コンクリートパネルやパレット等を用いて脱臭槽を作製し、充填資材の鶏ふん堆肥由来の臭気の除去率を検討した。その結果、木質系炭化物はゼオライトと同程度のアンモニア除去率を有することが示された。その結果を基に、コンクリートパネルや単管パイプ等を用いた簡易な脱臭槽に木質系炭化物を充填し、鶏ふん堆肥由来の臭気の除去率を検討した。その結果、16日間で約65%のアンモニアを除去できることが明らかになった。

キーワード：脱臭資材、アンモニアガス濃度、簡易脱臭槽

緒言

茨城県は令和3年の農業産出額が全国第3位であり、そのうち約1/4が全国第1位の鶏卵をはじめとする畜産物である畜産大県である。畜産業は全国的に、苦情発生戸数は減少してきているものの、苦情発生率はほぼ横ばいで推移してきている。発生する苦情のうち、その半数以上を悪臭が占め、次いで水質汚濁、衛生害虫が占めており、悪臭に対する対策が強く求められている¹⁾。畜産経営における「臭い」の発生源は畜舎、堆肥舎、汚水処理施設など様々であるが、規模拡大により家畜排せつ物の発生量が増加したことから、各畜産農家が発酵処理する際に発生する臭気への対応に苦慮しているケースが多く見受けられる。

堆肥化処理施設で発生する臭気物質への対策としては、土壌やオガ粉、ロックウール等を充填した脱臭槽で処理する手法と、薬液やオゾンを噴射して科学的に脱臭する手法があり、前者が一般的であるが設置コストおよび維持管理費用が高額であるため、処理量（発生量）が増えても、新たな施設を設置できていない事例が多く生じている²⁾。

群馬県畜産試験場は、充填資材に安価な軽石を使って設置コストを抑えた脱臭設備を開発し、極めて高い

脱臭性能を実証している³⁾。このように、安価で脱臭能力の高い充填資材を選定することで低コスト脱臭設備の開発に応用できる可能性がある。また、脱臭槽の多くはコンクリートで基礎や壁面を作製するが、コンクリートパネルや単管パイプといった入手が容易かつ安価な資材で脱臭槽を作製することで設置費用を削減できる可能性がある。

本研究では、畜産農家が県内で入手可能な資材を用いた簡易脱臭槽を開発することを目的とした。

材料および方法

1 県内で入手可能な充填資材の選定

1) 充填資材ごとのアンモニウムイオン吸着能力の検討

(1) 供試資材

供試資材を表1に示す。今回供試した充填資材は県内のホームセンターで入手可能な資材を主に選定した。また、茨城県那珂市にある火力発電所で発生する石炭燃焼灰（クリンカアッシュ）や、県内で廃棄されるナシ剪定枝を炭化したナシ剪定枝炭化物（茨城県農業総合センターにて作製）も併せて供試した。

(2) 試験方法

供試資材が有する脱臭能力を検討するため、家畜排せつ物管理で発生する主要な臭気物質の一つであるアンモニウムの吸着能力を測定した。吸着能力の測定には、アンモニウムイオン濃度約 250ppm の塩化アンモニウム水溶液 10ml に充填資材 1g を添加し、24 時間振とう混和した後、遠心分離した上清中のアンモニウムイオン濃度をイオンクロマトグラフィー (ICS-1100、サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社、東京) を用いて測定し、アンモニアイオンの吸着率を計算した⁴⁾。

2) 鶏ふん堆肥由来の臭気除去能力の検討

(1) 供試資材

1-1) の結果から、ゼオライトとナシ剪定枝炭化物を用いた。

(2) 試験方法

小型堆肥化実験装置かぐやひめおよびコンテナ等を用いて小型の脱臭槽を作製し、脱臭槽通過の前後の臭気を測定した。鶏ふん堆肥は茨城県畜産センターで飼養されている鶏からの排せつ物を用いて、容積重約 0.6kg/L になるようおが粉にて調整し、堆肥化処理を行った。試験期間は 2021 年 7 月 15 日～10 月 11 日まで行った。臭気測定は鶏ふん堆肥由来の臭気的主要臭気であるアンモニアをガス検知管 (ガステック GV-110S、ガステックアンモニアガス検知管) を用いて行った。

3) 木質系炭化物の鶏ふん堆肥由来の臭気除去能力の検討

(1) 供試資材

1-1) に用いたもみ殻燻炭およびナシ剪定枝炭化物を用いた。

(2) 試験方法

コンクリートパネルやパレット等を用いて作成した箱型簡易脱臭槽 (以下、箱型脱臭槽) と鶏ふん堆肥を用いて試験を実施した。箱型脱臭槽は縦 0.9m×横 1.4m×高さ 1.1m で作製し、各充填資材を 420L 充填した (図 1、2)。堆肥化処理には鶏ふん 300kg の容積と同容積のおが粉を混合し、堆肥化チャンバーにて堆肥化した。試験期間は、ナシ剪定枝炭化物木炭の試験を 2021 年 11 月 10 日～12 月 12 日まで実施し、もみ殻燻炭の試験を 2022 年 6 月 24 日～7 月 29 日まで実施した。臭気測定はアンモニアを上述の方法で、脱臭槽の通過

前後に測定した。

また、使用済みの充填資材の二次利用方法を検討するため、土壌改良剤として畑に施用した際の生育への影響をコマツナポット試験にて検討した。試験には 1/5000a ワグネルポットと黒ボク土を用いて、茨城県栽培基準に基づき化成肥料を施肥して栽培した。試験区では、農林水産省 HP にて推奨されているバイオ炭施用量上限の半分量の容積あたり 10% の充填資材を添加した。試験開始日は 2022 年 11 月 22 日からとし、葉の高さが茨城県栽培基準の出荷目安である 25cm を超えた区が見られた 2023 年 1 月 18 日を試験終了日とした。試験終了後は各区の葉の部分を取り取り、65℃で 24 時間乾燥した後、重量を測定した⁵⁾。

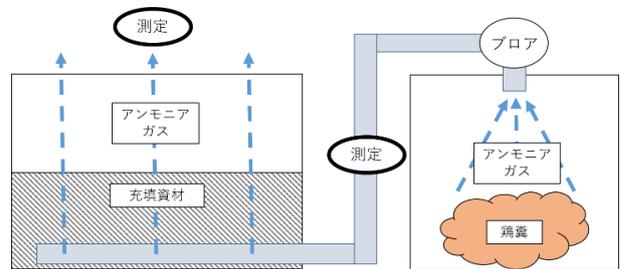


図 1 箱型脱臭槽模式図



図 2 箱型脱臭写真

2 簡易脱臭槽構造の検討

農家が個人で作製できる簡易脱臭槽の構造検討のため、ホームセンターで入手が可能な資材のみで脱臭槽を作製し、上述の試験で選定した充填資材を用いて鶏ふん堆肥由来の臭気の脱臭能力を測定した。また、使用済み充填資材の交換が容易な脱臭槽構造の検討も同時に行った。

(1) 供試資材

ホームセンター等で購入が可能な資材 (コンクリートパネル、単管パイプ等) を用いて、簡易脱臭槽を作製した。充填資材の交換を考慮し、脱臭槽の 4 方のうち 1 方を完全開放する構造とした (以下、堆積型脱臭槽)。充填資材には 1-3) の結果から、もみ殻燻炭を用いた。

(2) 試験方法

堆積型脱臭槽は図のように作製し、充填資材320Lを充填し実施した(図3、4)。堆肥化処理には鶏ふん240kgの容積と同容積のおが粉を混合し、堆肥化チャンバーにて堆肥化した。試験期間は2022年12月5日～12月26日まで実施した。臭気測定はアンモニアを上述の方法で、脱臭槽の通過前後に測定した。

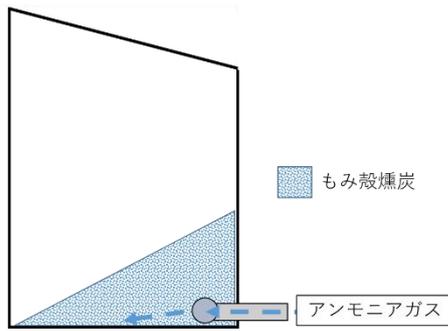


図3 堆積型脱臭槽模式図



堆積型脱臭槽(資材充填前) 堆積型脱臭槽(資材充填後) 堆積型脱臭槽背面図

図4 堆積型脱臭槽写真

結果および考察

1-1) 充填資材ごとのアンモニウムイオン吸着能力の検討

供試資材と塩化アンモニウム水溶液を用いて、供試資材ごとのアンモニウムイオン吸着率を検討した(表1)。その結果、供試資材の中ではゼオライトが最も高い吸着率を示しことが明らかになった。この結果は、ゼオライトが酸化ケイ素や酸化アルミニウムといった極性を持った分子等で構成されている物質であり、かつアンモニウムイオンを保持するのに最適な径の微細孔を有していることから、従来から高いアンモニウムイオンの吸着能力を有していることが知られている⁶⁾。

次点でアンモニウムイオン吸着率が高かった資材はもみ殻燻炭やナシ剪定枝炭化物といった木質系資材炭化物であり、脱臭槽の充填資材としてすでに用いられている黒ボク土や軽石よりもアンモニウムイオン吸着

率が高いことが明らかになった。木質系資材炭化物は、いわゆるバイオ炭とも呼ばれり、農林水産省が進めるみどりの食料システム戦略においても農地施用促進が掲げている。

これらのことから、充填資材の農地における二次利用も考慮し、本試験における充填資材は木質系資材炭化物を選定した。

表1 アンモニウムイオン吸着率

資材名	吸着率 (%)
ゼオライト	99.4
もみ殻燻炭	37.1
ナシ剪定枝炭化物	27.3
おが粉	20.6
黒ボク土	19.9
パークチップ	12.5
もみ殻	11.8
青竹	11.0
枯れ竹	8.2
軽石	6.2
クリンカアッシュ	4.3

1-2) 鶏ふん堆肥由来の臭気除去能力の検討

1-1)の結果から、脱臭槽の充填資材としてゼオライトや木質系炭化物の有用性が示されたが、実際の臭気除去能力について検討するため鶏ふん堆肥を用いて臭気除去能力を検討した。その結果、木質系資材炭化物であるナシ剪定枝炭化物は、高い臭気除去能力を有することで有名なゼオライトと同程度の臭気除去能力を有することが明らかになった(図5)。アンモニア除去率がアンモニウムイオンより高い結果になったのは、ガス状のアンモニアと水溶性のアンモニアの木質系炭化物への吸着の仕方が異なるためであると示唆される^{7) 8)}。

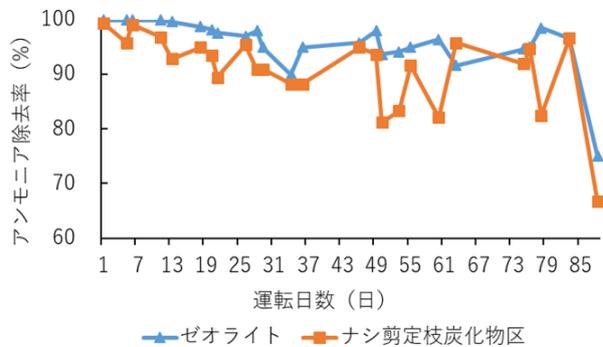


図5 資材ごとのアンモニア除去率

1-3) 木質系炭化物の鶏ふん堆肥由来の臭気除去能力の検討

2種類の木質系炭化物を用いて、鶏ふん堆肥由来の

アンモニアガス除去率を測定した (図 6)。その結果、もみ殻燻炭区の方がナシ剪定枝炭化物区に比べ、試験中の全期間を通して高いアンモニアガス除去率を有していた。今回用いたナシ剪定枝炭化物は破碎していなかったため、箱型脱臭槽充填時にナシ剪定枝炭化物間に隙間ができてしまった可能性がある。このため、通気抵抗が小さくなり、臭気とナシ剪定枝炭化物の接触時間が短くなりもみ殻燻炭に比べアンモニア除去率が低くなったことが考えられた。このため、剪定枝等の形状が大きな木質系資材炭化物を脱臭槽に使用する場合は形状を均一にすることが必要であることが考えられる。

本試験で使用した脱臭資材を用いてコマツナポット試験を行ったが、各区の乾物重量に有意な差は認められなかった (表 2)。このことから、脱臭槽で使用した木質系資材炭化物を農地で二次利用しても作物への悪影響はないことが示唆された。

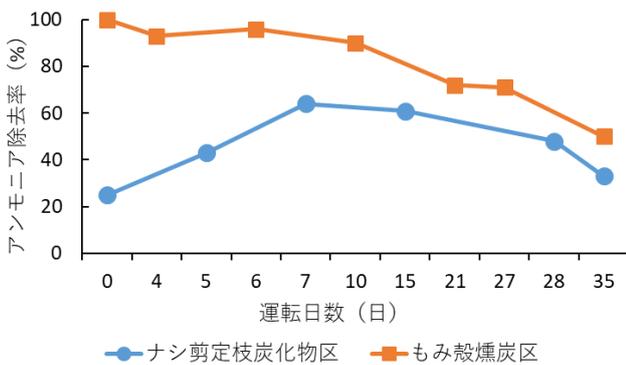


図 6 木質系炭化物ごとのアンモニア除去率

表 2 使用済み資材を施用したポット試験の結果

区分	コマツナ 乾物重量 (g)
対照区	4.9
もみ殻燻炭区	4.5
ナシ剪定枝炭化物区	6.0

(n = 3)

2 簡易脱臭構造の検討

堆積型脱臭槽を用いて鶏ふん堆肥由来の臭気除去能力を検討した (図 7)。その結果、試験開始 3 日目までは除去率 100%を示した。その後は徐々に除去率が低下していき、試験開始 21 日目には、ほぼ脱臭能力が見られなくなっていた。アンモニア除去率は 16 日間で約 65%除去できることが明らかになった。

また、試験終了後に堆積型脱臭槽から充填資材の撤

去作業をスキットステアローダーにて行ったところ、交換作業は 15 分で完了した。充填剤除去後に堆積型脱臭槽の側壁等を確認したが破損は見られず、連続使用が可能であることが確認できた。

今回の堆積型脱臭槽を用いて、年 3 回の充填資材交換作業を実施すると仮定すると、採卵鶏 1,000 羽分の糞から発生する臭気を 1 年間脱臭する際に必要となる脱臭資材は約 15m³/回であり、この容積の脱臭槽を作製するのに必要な部材費 (充填資材の費用は抜き) は 8 万円程度と試算された。もみ殻燻炭の自作のために専属で人を雇った場合、茨城県最低賃金を基に概算すると、24 時間当たり 25,000 円程度人件費がかかると試算され、初回のみ燻炭器 (5,000~8,000 円/台) の費用が必要となる。燻炭器 1 台で 1m³程度のもみ殻燻炭作製が 24 時間程度で可能であり、もみ殻を無料で入手できれば、ゼオライトと同程度のアンモニア除去率を有するもみ殻燻炭を人件費と燻炭器代で入手が可能である。また、新たに人を雇わずに自作するのであれば、さらなる出費を抑えることが可能である。本技術の堆積型脱臭槽はコンパネ等で作製しているため、長期的な使用を想定しておらず、規模拡大等による緊急的な臭気問題対策に適していると考えられ、農家毎に必要な充填資材量等は試験の結果から算出する必要がある。

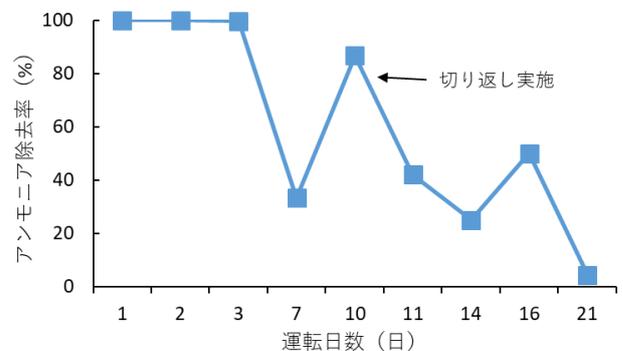


図 7 試験期間中のアンモニアガス除去率

参考文献

- 1) 農林水産省、畜産環境をめぐる情勢 令和 5 年 12 月、2023、東京
- 2) 押田敏雄、柿市徳英、羽賀清典、新編畜産環境保全論、2012、第 1 版、p. 226-233、養賢堂、東京
- 3) 山田正幸、高橋朋子、鈴木睦美、2007、軽石を利用した低コスト脱臭装置の実証、群馬県畜産試験場研究報告、14 号、p. 91-97
- 4) 財団法人日本土壌協会、堆肥等有機物分析法、

2000、第2版、p. 23-35、日本土壌協会、東京

5) 小田部裕、藤田裕、植田稔宏、折本善之、2014、クエン酸可溶性含量を指標とした家畜ふん堆肥中リン酸およびカリウムの肥効評価：コマツナのポット栽培による検討、日本土壌肥料学雑誌、85巻、p. 461-465

6) 三好保、坊木佳人、棚田成紀、1977、アンモニアガスの吸着除去に関する研究 2) 各種ゼオライトによるアンモニアガスの吸着、産業医学、19巻、p. 87-91

7) 三好保、坊木佳人、棚田成紀、1976、アンモニアガスの吸着除去に関する研究 1) 各種活性炭によるアンモニアガスの吸着、産業医学、18巻、p. 169-176

8) 市川瞬平、久場隆広、筒井峻平、2010、土木学会第65回年次学術講演会講演概要集、VII-019