

令和 3 年 5 月 28 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04458

研究課題名（和文）畜産施設における臭気対策に関する研究

研究課題名（英文）Odor control for livestock production facilities

研究代表者

長谷川 麻子（Hasegawa, Asako）

熊本大学・大学院先端科学研究部（工）・准教授

研究者番号：80347004

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：畜産施設で発生する臭気対策として、熊本地域の素材を活かして流通コストや環境負荷を削減しつつ、狭い敷地にも設置可能な小型脱臭装置の開発を目指し、対象とする臭気成分ガスの選定および濃度の決定、ガス発生方法の検討、素材の量や固定方法など基本的な試験条件に関する検討を行ったのち、初期性能としての除去率を試験的に得て、長期性能としての除去容量を求める試験方法を確立した。並行して、ガス除去材やその製品に関する性能試験方法について、ISOのJIS化作業を行ったので、成果の一部として取り上げている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

試験方法の確立に際し、条件の異なる基礎的な実験を多数行って検証しており、結果が得られるまで予想以上に長期間要したために、学術的な査読論文としての成果発表は思うようにできなかったが、ISOのJIS化作業の成果として、種々のケミカルガスに対する素材や製品の除去性能試験方法が近日公表されることにより、社会的に貢献できると考えている。

研究成果の概要（英文）：A local material "Limonite" and similar material were examined to invest the small scale deodorizing equipment to control odor emitted from livestock production facilities. NH₃ was employed as test gas at 10ppm and the simple on-the-table testing device was fabricated. Materials were set in the middle of the column and gas concentrations at the inlet and outlet of the column were measured. The removal efficiency as initial performance of the material was obtained by this method easily and the removal capacity was evaluated by long term testing. Additionally, ISO 10121-1 and 2 were translated and modified as JIS B 9901-1 and 2, and published soon as a part of result of this study.

研究分野：建築環境工学・設備

キーワード：臭気 ガス除去 フィルタ 除去率 除去容量

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

農業生産額の 1/3 を占める畜産業は日本の主要な第一次産業である。特に熊本県は、農林水産省の畜産統計(平成 28 年 2 月 1 日調査)によると、乳用・肉用牛の飼育頭数が全国 4 位であることについて豚が 11 位と養豚業が盛んな県であり、熊本県畜産統計(平成 28 年 2 月 1 日調査)によれば、養豚農家の戸数は菊池、天草、熊本振興局の順に多い。

近年、地方移住の推進や郊外の宅地開発が進み、既存の農家と新規住民との距離が近くなったため、畜産・農業活動によって発生する臭気は、常時換気による取入外気を汚染するだけでなく、地域住民や畜産業の後継者に対して心象をも悪くしてしまう。

畜舎内で発生する悪臭については、デンマークのバイオフィルターなど海外技術も輸入されているが、高額な費用が必要で、中小規模の畜産農家が導入できる規模・価格帯ではない。オゾンによる気相分解も検討されているが、大型なオゾン発生装置が必要で、また大量の有害オゾンを動物飼育現場で拡散することは新たな問題となる。

研究代表者と研究分担者は 2009 年度、下水処理施設における排ガス処理塔への装着を想定して、阿蘇特有の鉱物資源「リモナイト」を対象に、実装に適切な形状や脱硫性能を把握し、さらに、研究分担者は脱硫反応後のリモナイトをフェントン反応により再生することに成功(研究業績 23)、地域資源のサステナブルな利活用を実現した。

また、学内理工薬学系教員らと協力し、2014～2016 年度 拠点形成研究としてメソスケールでの物質制御や機能性付加などに取り組み、大気中に存在する微小・微量成分の化学分析や、多孔質材料のケミカルガス吸着性能について動的評価を行った。

特に、2015 年度は知の拠点整備事業(COC)として「教会も空気もきれいな天草を世界遺産に」と銘打ち、歴史的な教会群を有する天草の集落において、養豚場の悪臭成分の定性・定量測定、および周辺部の臭気分布状況を移動計測を実施した。その結果、悪臭の発生源は、し尿処理槽や固形糞処理場ではなく、主に豚舎であることが分かった。

以上のような畜舎およびその周辺における悪臭の計測や、ガス吸着、リモナイトによる有機物分解などに関する研究実績や経験から、「畜産施設から発生する悪臭を低減する安全で新しいシステムを提案できないか?」と考えた。

2. 研究の目的

本研究では、畜舎の空気を外へ排出する換気システムに付加的に取り付けられる機構として悪臭成分を吸着/分解により低減する安全で新しい素材・安価な除去システムを開発することを目的に、その脱臭性能をラボスケールで評価することにより、既存の畜産施設に実装することを想定した悪臭除去装置を設計・評価しようと試みた。

3. 研究の方法

まず、脱臭装置のフィルタを構成する材料について除去性能を求めるため、卓上に設置できる規模の小型試験装置を製作し、模型実験を行った。小型試験装置は、JIS B 9901 ガス除去フィルタ性能試験方法を参考に製作しており、空気を流量制御して取り入れ、活性炭にて空気を浄化し、対象ガスを発生させて供試体の入ったカラムに通し、そのカラム上・下流部分にある検出部から測定するしくみである。この小型試験装置を用いる試験においては、流量の決定と共に悪臭成分のガスを定常的に発生させること、しかも、その濃度はブランク試験などでダイレクトに大気放出される場合や何らかのトラブルで実験室内に漏出した場合でも問題がない濃度である必要があり、ガス種の選定および低濃度で定常発生させる方法を検討した。供試体は、既往の研究で脱臭性能を見出した「リモナイト」をベースに、他の類似素材である赤玉土を対象とした。リモナイトは、阿蘇地域で無尽蔵に採取できる多孔質鉱物であり素材自体が安価で、熊本地域特有の素材を利用することによって搬送コストも削減できる。

次に、小型試験装置を用いて、ブランク試験により定常濃度発生ができることを確認し、そののちワンパス試験を行って初期性能としての除去率を求め、さらにそのまま時間経過ごとの除去率を測定し続けることにより長期性能としての除去容量を算出して、脱臭装置を設計する際の基礎データを得ることとした。

4. 研究成果

1) ブランク試験

まず、ガス種については、悪臭防止法で規制されている特定悪臭物質のうち、尿にふくまれることから畜産で頻繁に問題となる物質としてアンモニアを選定した。天草の観光地では問題とはなっていないが、においの閾値が高く、測定が容易にできることも選定理由である。

次に、アンモニアガスの発生方法について、アンモニア水のバブリングによる発生、校正用ガス調整装置、ガスポンプを使う方法があるが、校正用ガス調整装置は高額で、アンモニア水はガスの定常発生が難しいという短所があるため、本試験ではパーミエーションチューブを密閉したメスシリンダーに封入し、清浄空気を送り込むことによって発生させることにした。

また、アンモニアガスの濃度測定方法については、ガスクロマトグラフ法、中和滴定、吸光度法などがあるが、これらオフライン法では濃度を即時得ることができないので、本試験では安価にその場ですぐ計測値が得られる検知管法を採用した。

図 1 に、本研究で製作した試験装置のフローを示す。

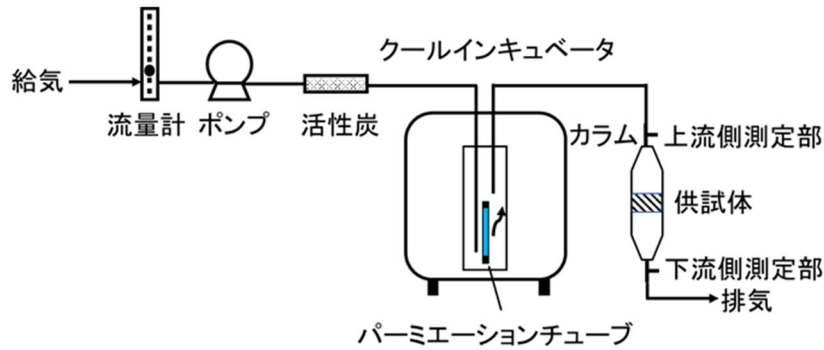


図1 試験装置概要

アンモニア濃度は給気流量およびインキュベータ内の温度によって変化するので、これらの条件を変化させながらカラム内に供試体がない状態でブランク試験を行い、定流量で一定濃度のガス供給ができることを確認した。その結果、インキュベータ内温度は、年間を通じて実験室内とほぼ同等に維持することにより、安定したガス発生が得られることが分かったので、25 に固定することとし、給気流量のみを変化させてブランク試験を行った。

図2に、給気流量とカラム上流側で計測した濃度との関係を示す。この結果から、供給流量に応じてアンモニア濃度を変化させることができることが分かり、排気ガス濃度を考慮して流量を250ml/min、発生ガス濃度は10ppmと決定した。この濃度は、JIS B 9901と同等であり、1週間以上計測した結果、定常濃度で供給できていることが確認できた。

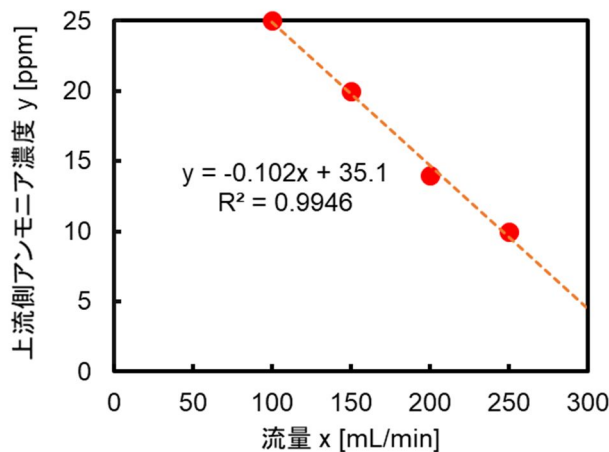


図2 給気流量とアンモニア濃度との関係

2) 除去率試験

小型試験装置の流路内に、10ppmのアンモニアガスを定期的に供給できることが確認できたので、カラム内に供試体を設置して、カラム上下で濃度を計測することにより、初期性能としての除去率を求めた。除去率とは、JIS B 9901でも採用されているガス低減性能評価方法の1つで、供給ガス濃度に対する供試体通過後の濃度との差を、百分率で表すものである。

まず、カラム内に内蔵する供試体の形状、重量、設置位置と固定方法について検討を行った。形状については、表面積の条件をそろえるため、ほぼ1cm角になるように整えてから用いることにした。重量については、20~100gの間で段階的な重量で実験的に検討した結果、カラム断面に対して平均的に空隙がないよう設置でき、除去率の低下が開始されるまでの期間も考慮して80gとした。カラム内に供試体を固定して設置する方法については、粉末化した供試体が流路内に漏出しないようにメッシュの細かいネットに内蔵することとし、カラム内に同径のステンレス製粉糖ふるいを用いて固定することに成功した。

2種の供試体について3回の除去率試験を行った結果、どちらも除去率が100%であることが確認できた。

3) 除去容量試験

上述除去率試験を行ったのち、そのまま継続して長期的な除去率を求め、100%であった除去率が90~95%程度に低下するまで続け、その積分値から除去容量を求めようと試みた。

図3に、リモナイトおよび赤玉土を供試体としてカラム内に内蔵した場合の除去率について、経過日数による変化を示す。リモナイトの場合は、実験開始から43日後まで除去率100%を維持し、109日後に除去率85%まで低下し試験を終了した。赤玉土の場合は、実験開始から49日経

過後も除去率 100%を維持していたが、パーミエーションチューブ内の液量残量が間に合わず、やむを得ず試験を終えた。

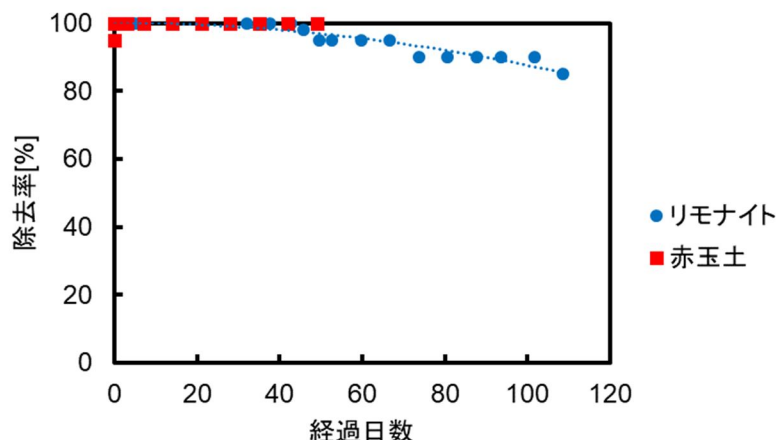


図3 除去容量試験結果

除去容量も、JIS B 9901 定められているガス低減性能の評価方法の1つであり、供試体のガス除去率が初期ガス除去率の 85%に低下するまでに吸着又は吸収したガス量を示し、下式で求めることができる。

$$Q=C_1V\left\{a\eta_a \times 10^{-2} + \int_a^b \eta(t)dt \times 10^{-2}\right\}10^{-3}$$

ここに、

- Q: 除去容量 [L]
- C_1 : 上流側平均ガス濃度 [ppm]
- t: 試験ガス流通時間 [min]
- V: 定格風量 [m^3/min]
- η : ガス除去率 [%]
- a: 定常状態での一定時間 [min]
- b: ガス除去率が初期の 85%以下に低下する時間 [min]

本式を用いて、リモナイトのアンモニアガスに対する除去容量を算出した結果、80g で 0.37 L、つまり、4.65 L/kg となり、25 換算では 3.23 g/kg である。このようなデータを用いれば、実大規模の脱臭装置を設計することができ、素材の交換時期の予測など維持管理にも応用できると考えられる。

4) 新しいガス除去性能試験に関する JIS の検討

畜舎から発生する臭気成分の除去を直接目的としたものではないが、現行の JIS B 9901 は ISO 10121 の和訳を日本向けにモディファイした 2 つの規格に置き換わることになっており、研究代表者は上述試験と並行して、その原案作成委員会の一員として翻訳および加筆・修正作業にあっている。新 JIS B 9901 はガス除去材、つまり素材に関する除去性能試験方法を規定するパート 1 と、その素材を用いたフィルタ、つまり製品に関する除去性能試験方法を規定するパート 2 の 2 部構成となっており、コロナ禍のため計画よりも半年遅れになるが、2021 年度前半には公開予定である。本研究の成果の一部として、新 JIS 原案作成において議論・検討を行った主要な点を以下に示す。

- ・パート 1 と 2 のすみ分け：ISO 10121 では、part1 が Gas-phase air cleaning media、part2 が Gas Phase Air Cleaning Devices を対象とした性能試験方法を規定しており翻訳に苦慮したが、前者は素材そのもの、後者は「装置」というよりも製品としての除去性能を扱うという理解のもとで原案を作成した。
- ・試験ガスの発生方法について、基本的にはポンペで供給されたガスを希釈して使用することを想定しているが、ISO に規定されている一部のガスについては国内でのポンペ製造実績を確認できなかった。また、試験ガスの中には大気放出が不可の化合物があり、JIS では削除した。
- ・試験条件となる温湿度について、ISO は許容変動幅がかなり狭かったが、国内フィルタメーカー各社が多用している空気清浄協会(JACA)指針に合わせるとともに、計測器自体の測定精度を考慮して、許容変動幅を変更した。
- ・ガス濃度計測方法として、ISO で採用されているオフライン法に加え、現場ですぐに計測値が得られる検知管法を簡易法として加えた。

- ・実際に、パート 1 で得られた素材試験の結果からパート 2 で得られるはずのフィルタ性能を推定できるか検証実験を行い、その成果をパート 1 の一部として加筆した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	戸田 敬 (Toda Kei) (90264275)	熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・教授 (17401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関