



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	オガクズを担体とする糞便の好氣的分解に伴う窒素の形態変化に関する実験
Author(s)	堀田, 真也; 野口, 友寛; 船水, 尚行
Description	第13回衛生工学シンポジウム (平成17年11月17日 (木) -18日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 1 上下水道管理 . 1-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 13, 55-58
Issue Date	2005-11-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1330
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-6_p55-58.pdf



1-6 オガクズを担体とする糞便の好氣的分解に伴う窒素の形態変化に関する実験

○堀田真也・野口友寛・船水尚行（北海道大学）

1. はじめに

家庭排水の分離分散型処理において、し尿は他の排水から分離して処理される。これまでの研究からオガクズを担体としたコンポスト型トイレによるし尿処理では、(1)糞便有機物の速やかな安定化、(2)し尿の減容化、(3)し尿中の栄養塩類の回収と再利用、等が可能であることが示された^{1),2)}。し尿は水分、有機物、栄養塩類などが豊富に含まれており、オガクズは多孔性、適度な水分保持能と通気性に優れた性質を有しているため、本トイレは好氣的な微生物が増殖しやすい環境を作り出すことができる。従来の家畜糞尿を麦稈等の担体を用いてコンポスト化を行う研究においては、コンポスト化過程でアンモニアガス(NH₃g)が揮発することが報告されており、本トイレにおいても同様の現象が確認されている³⁾。NH₃gの揮発は、臭気等の問題に加えて有用資源である窒素の回収・再利用の観点から積極的なコントロールが望まれる。本トイレにおいてし尿を同時に処理した場合、投入した窒素のうち7~8割の窒素がNH₃gの揮発として失われることが著者らにより実験的に確認されている³⁾。し尿中窒素の約90%は尿に偏在していることから⁴⁾、本研究ではし尿を分離し反応槽へは糞便のみを投入して処理することで、窒素の負荷を緩和する処理方法の検討を始めた。オガクズなど担体を用いた有機物の分解に伴う窒素の形態変化やNH₃gの揮発挙動に関する知見は乏しい。そこで本研究では糞便のコンポスト化過程における窒素の形態変化を実験的に検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 実験材料

本研究ではし尿分離型処理方式を検討するための知見を得ることを目的としているため、従来型のオガクズとの比較を行うという観点から、実験材料は履歴の異なる二種類のオガクズと糞便とした。オガクズの作成履歴を表1にまとめた。

表1 実験に用いたオガクズの履歴

	採取場所	投入物	運転温度	運転期間
オガクズA	コンポスト型トイレ	糞便・尿	40~50°C	約2年
オガクズB	実験装置	糞便のみ	室温(10~25°C)	約半年

オガクズAは、現在し尿混合処理を行っているコンポスト型トイレから採取した。オガクズBは、オガクズを用いて有機物を好氣的に分解する実験装置で、糞便のみを調整することで得た。糞便はプラスチック製の容器に排便を採取し、冷蔵庫で数日~一週間保存した後実験に供した。実験に供した糞便とオガクズを混合した混合物(Mixture)の含水率は、60%になるように調整した。含水率は、105°Cのオーブンで24時間乾燥させた際の重量減少分を含水量として求めた。本研究では糞便のオガクズに対する負荷率は、糞便固形物重量のオガクズ固形物重量に対する百分率で評価したF/S比(Feces Sawdust ratio)を5%とし、オガクズAを用いて行った実験をRUN1、オガクズBを用いて行った実験をRUN2とした。

2.2 実験装置

本実験装置では、エアーコンプレッサーを用いて、円柱形の反応槽(体積:1770ml)下部から通気を行うことで糞便の好氣的な分解を再現した¹⁾。反応槽内の気圧は1.25atmとし、通気量は流量計により

100ml/minに調整した。反応槽への通気は事前に蒸留水中（体積：600ml）をバブリングさせて適度な湿気を与える事で、通気によるMixtureの乾燥を防いだ。反応槽上部から排気された空気は1Nの硫酸（体積：300ml）へバブリングさせNH₃gの捕集を行った。硫酸びんは適当な間隔で交換した。本実験ではCO₂センサー（飯島電子工業、CO₂分析計LX-710）を設置する事で、反応槽における二酸化炭素生成速度（CO₂PR：CO₂ Production Rate）を測定した。反応槽を含む実験装置は50°Cの恒温水槽へ浸し反応温度を一定にコントロールした。

2.3 測定項目

本研究では糞便有機物の好氣的な分解過程を、CO₂PRの推移から評価した。実験過程における測定項目は、Mixture中のアンモニア量（TA量）、MixtureのpH、含水率とした。本研究では実験装置を二系列用意し、一系列目はCO₂PRと排気中のNH₃gの量を正確に測定した。二系列目は実験の途中で反応槽を開放し、Mixtureを適宜採取し測定項目の分析を行った。実験は有機物の分解速度が十分に低下するまでの期間約100時間行った。本実験では土壌分析法に従い、MixtureのpHはMixture湿重5gに対して50mlの蒸留水を加えて約30分間攪拌し、抽出液をpHメーターで測定した。その後抽出水はろ過され、Fraction 1（F1）を得た。続いて漏斗に残った残渣に500mlの蒸留水を加えてF2を、更に500mlの蒸留水を加えてF3を得た。Mixture中のTA量はF1～F3をインドフェノール青吸光度法に従って測定しその総和とした。本研究においては、TAの中でも特に分子状のアンモニアをNH₃aqと記述した。またTAの値をMixture5g中の水分量で除して、Mixture中のTA濃度を計算した。NH₃g揮発量は、硫酸ビン中のTA量を測定して求め、その量を通気時間で除すことで1時間当たりのNH₃g揮発速度（ANVR：Ammonia Nitrogen Volatilization Rate）を求めた。

3. 結果と考察

3.1 有機物の好氣的分解について

有機物の好氣的分解と窒素の揮発の挙動について、CO₂PRとANVRの比較を図1-1、1-2に示す。まずCO₂PRが上昇してピークを向かえ、その後NH₃gの揮発が起こっていることが分かった。すなわち有機物が好氣的に分解される過程において、炭素と窒素はそれぞれ無機化されるがMixtureから揮発して失われるには時間差があることが確認された。また、CO₂PRのピークの数はいったオガクズによって、一度の場合と二度の場合が見られた。本実験で用いたオガクズAとオガクズBは、その調整段階で尿処理をした場合と、糞便のみを処理した場合とで、それぞれ履歴が異なる。オガクズAには尿由来の窒素、リンや有機物等がオガクズBよりも多く含まれており、糞便を好気性微生物が分解する過程においても何らかの影響が生じる可能性が考えられたが、詳細について今後の課題としたい。

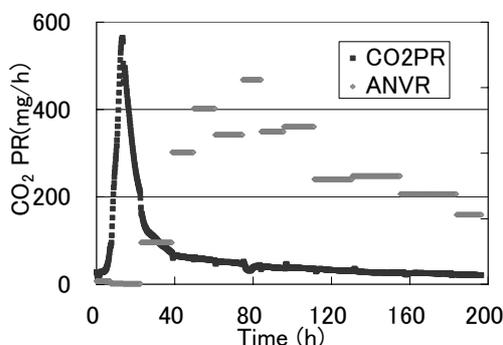


図1-1 CO₂PRとNH₃揮発速度の経時変化(RUN1)

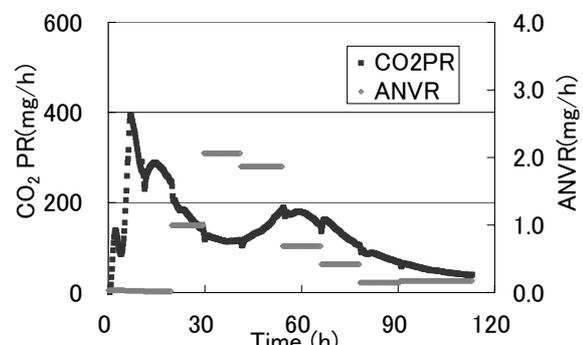


図1-2 CO₂PRとNH₃揮発速度の経時変化(RUN2)

3.2 MixtureのTA濃度とMixtureのpHについて

有機物分解とアンモニア態窒素（TA）生成の関係を検討するために図2-1(RUN1)、図2-2(RUN2)に

MixtureのTA濃度とCO₂PRの経時変化を示す。有機物の分解に伴ってTA値が増加し、RUN1 は約 40 時間後、RUN2 では約 20 時間後にTA値のピーク値をとり、CO₂PRのピーク値がRUN1 で約 20 時間後、RUN2 で 10 時間後にピーク値をとっていたことから、有機物分解のピークから約 10 時間(RUN1)~20 時間(RUN2)の遅れの後、TA値がピーク値をとった。図 3-1 (RUN1)、図 3-2 (RUN2) にMixtureのTA濃度とMixtureの pH の経時変化を示す。pH値もこのTA値の増加に対応して上昇した。

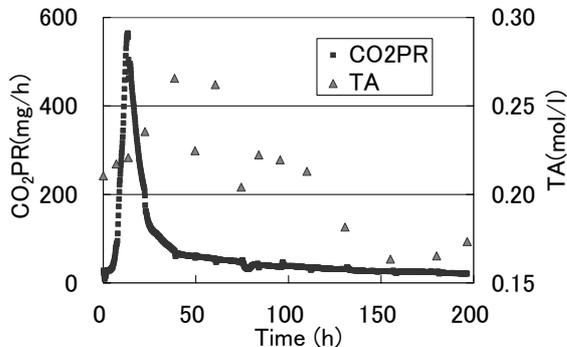


図 2-1 CO₂PRとTA濃度の経時変化(RUN1)

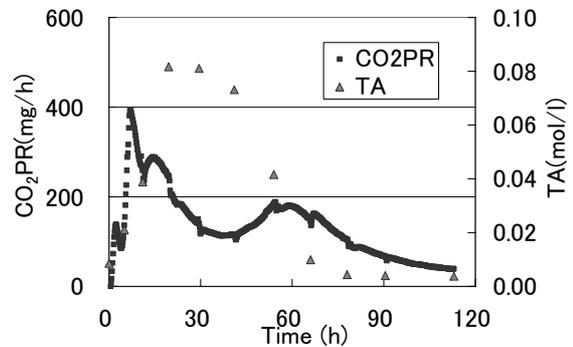


図 2-2 CO₂PRとTA濃度の経時変化(RUN2)

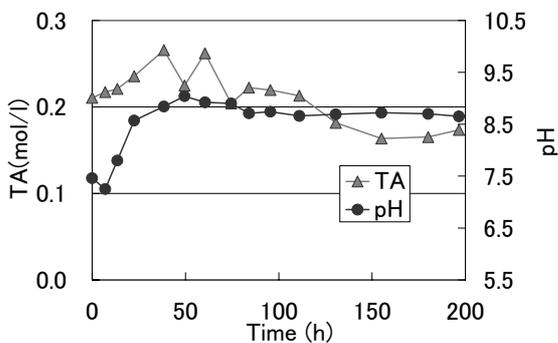


図 3-1 TA 濃度とpHの経時変化(RUN1)

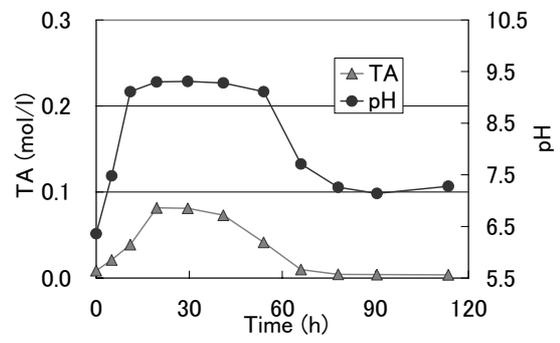


図 3-2 TA 濃度とpHの経時変化(RUN2)

次にMixtureのTA濃度、Mixtureの pHとNH₃g揮発の関係を検討するために、図 4-1 (RUN1) と図 4-2 (RUN2) にMixtureの pHとANVRの経時変化、図 5-1 (RUN1)、図 5-2 (RUN2) に分子状アンモニア (NH₃aq) とANVRの経時変化を示す。NH₃aq濃度はT Aの水分子との解離平衡が成立するとして、実測のpH値、TA値、50℃におけるpK_w (13.27)、アンモニアのpK_a (4.73) から下記の式 (1) より推算したものである。図 4-1、図 4-2 より pHが上昇した後、時間の遅れを伴ってANVRの増加が観察された。NH₃gの揮発に直接関係すると考えられるNH₃aqとANVRの関係も同様であり、NH₃aq濃度の増加の後、時間の遅れを伴ってANVRが増加していた。

$$\text{NH}_3\text{aq} = \frac{\text{TA}}{1 + 10^{(\text{pK}_w - \text{pH} - \text{pK}_a)}} \dots (1)$$

以上のことから、糞便の好氣的分解過程における窒素のNH₃gとしての揮発は、1) 糞便中有機物の分解によるTAの生成、2) pHの上昇とNH₃aq濃度の上昇、3) ANVRの増加、というプロセスで進行していると整理されるが、これら3つの反応は同時に進行せず、個々のステップ間に時間の遅れが存在することが確認された。本実験装置は反応槽が 1770ml、硫酸びんは 500ml の体積で、通気量は 100ml / minであった。反応槽から硫酸瓶、硫酸瓶からO₂センサー、CO₂センサーを接続しているチューブの体積は無視できる体積である。図 4-1、4-2 と図 5-1、5-2 から得られた時間差は 10 時間以上であったため、この時間差が実験装置の構造によるものとは考えにくい。TA濃度の増加と pHの上昇、pHの上昇とANVRの増加いずれにおいても時間差をおいて起こる現象はいずれの場合もpHの挙動が大きく影響する。反応

槽から採取した数グラムのMixtureの微細系に存在する水分のpHを正確に測定することは困難であり、推算することも塩分強度が非常に高いことなどから特異的な物理化学反応の可能性も考えられ容易ではない。今後、Mixture中の微細系に存在する水分のpHを測定するための方法を検討し、そのpHの値を基に改めて本課題を検討したい。

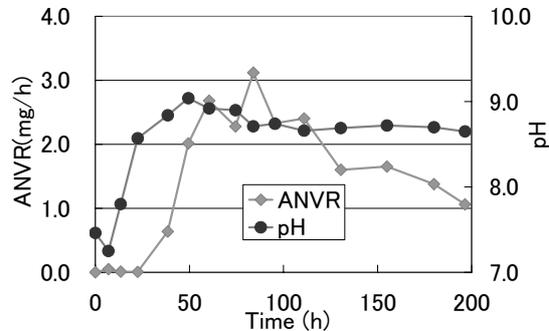


図 4-1 pHとANVRの経時変化(RUN1)

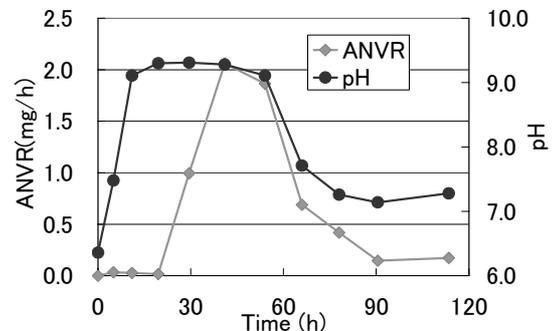


図 4-2 pHとANVRの経時変化(RUN2)

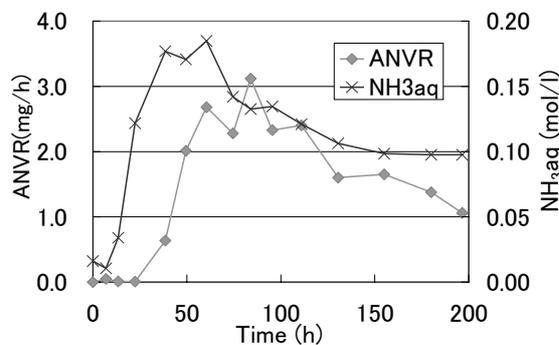


図 5-1 NH₃aqとANVRの経時変化(RUN1)

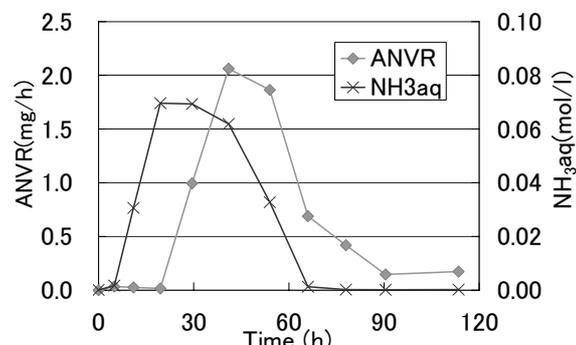


図 5-2 NH₃aqとANVRの経時変化(RUN2)

4. まとめ

糞便のコンポスト化反応における窒素の挙動を実験的に検討した。その結果以下の知見を得た。

- 1) 有機物の好氣的分解の指標であるCO₂生成速度 (CO₂PR) の経時変化と、NH₃g揮発速度 (ANVR) の経時変化を比較した結果、CO₂PRが最大となる時間とANVRが最大となる時間にはずれが生じており、CO₂PRが最大となった後、ANVRの最大値が観察された。
- 2) MixtureのTA濃度とMixtureのpHの測定結果より、a)糞便中有機物の分解によるアンモニア態窒素 (TA) の生成、b)MixtureのpHの上昇、分子状アンモニア (NH₃aq) 濃度の上昇、c)ANVRの増加という反応には時間的な遅れが存在することが確認された。

5. 参考文献

- 1) Lopez M. A., Funamizu N., Takakuwa T. (2004) Modeling of aerobic biodegradation of feces using sawdust as a matrix. *Water Research* 38(5), pp. 1327-1339
- 2) Kitsui T., Terazawa M. (1999) Environmentally friendly toilets for the 21st century, Bio-toilet. Proceedings of the 10th ISWPC. Yokohama, III, pp. 120-121
- 3) 堀田真也、寺沢実、船水尚行 (2004) コンポスト型トイレにおけるアンモニアガスの揮発特性に関する基本的研究 *環境工学研究論文集* 41, pp. 79-86
- 4) Haarstad K., Lystad H., Warner W. (2002) Evaluating ecological sanitation - A sociotechnical approach. Proceedings of 1st International Conference on Ecological Sanitation pp. 199-201