



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	オガクズを用いたし尿好気処理過程におけるアンモニアの揮発特性に関する基本的研究
Author(s)	堀田, 真也; 寺沢, 実; 船水, 尚行
Description	第12回衛生工学シンポジウム (平成16年11月4日 (木) -5日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 3 上下水道管理 . P3-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 105-108
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1241
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-5_p105-108.pdf



3-5 オガクズを用いたし尿好気処理過程におけるアンモニアの揮発特性に関する基本的研究

○堀田真也、寺沢実、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では、し尿は他の排水から分離して処理される。このし尿処理の一つとしてコンポスト型トイレがあり、オガクズを担体とし、し尿の好氣的分解・コンポスト化が行われる。オガクズを用いる利点として、その多孔性に富み、適度な水分を保持しつつ、通気性にも優れているという性質が挙げられる。このため、し尿の約 90%を占める水分を蒸発させることでし尿の減容化(乾燥化)を促し、かつ、し尿中有機物の好氣的生物分解を可能にしている。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では、コンポスト化の過程でアンモニアガス($\text{NH}_3(\text{g})$)として、窒素が揮発するということが報告がされている。 $\text{NH}_3(\text{g})$ の揮発は、臭気等の問題に加え、有用資源としての窒素の回収・再利用の観点から、積極的なコントロールが望まれる。本研究では、2つの目的を設定した。(1)コンポスト型トイレにおける窒素の収支を把握すること、(2)水分蒸発と $\text{NH}_3(\text{g})$ 揮発が同時に生じる系における、水分蒸発が $\text{NH}_3(\text{g})$ 揮発に与える影響の実験的評価を行うこと。

2. 方法

本研究では、以下の三つの実験を行った。

2.1 実験 1:コンポスト型トイレの窒素収支把握実験

オガクズを用いたコンポスト型トイレを実際に運転して、実験期間中の窒素全投入量とオガクズ残存窒素量をそれぞれ求めて、窒素の収支を計算した。し尿それぞれの期間中全投入量、アンモニア(NH_3)換算量を表 1

にまとめた。し尿中窒素の含有量は文献値からし尿それぞれの窒素含有率を得て、それを基に計算した¹⁾。試験期間中、 $\text{NH}_3(\text{g})$ 濃度の測定を北川式ガス検知管を用いて行った。測定部位は排気筒内部と便座真下の反応槽の二箇所とした(図1)。オガクズの全窒素量は反応槽から採取したオガクズサンプルを 24 時間 105°Cオープンで乾燥させた後、NC アナライザー(島津製作所、SUMIGRAPH NC-1000)を用いて全窒素量を測定した。

2.2 実験 2:水分蒸発がない場合の実験

オガクズに尿素水溶液を加えて、含水率 50%のオガクズ混合物を得た。実験では尿素投入量を 181mg、362mg、724mg と三段階に設定した。これらはそれぞれ NH_3 として $6.0 \times 10^{-3}\text{mol}$ 、 $2.0 \times 10^{-2}\text{mol}$ 、 $2.4 \times 10^{-2}\text{mol}$ であった。以後それぞれ、RUN1、RUN2、RUN3 と表記する。尿素は容易に加水分解され、 NH_3 が生成される。また、人間が一日に排泄するし尿中有機態窒素の 5~6 割が尿素とされている。このため実験 2 では NH_3 源であるし尿中の有機態窒素を代表して尿素を用いた²⁾。

実験期間は 7 日間とし、期間中反応槽を 25~30°Cの温室に安置し、1 日 2 回攪拌を手作業で行った。測定項目は $\text{NH}_3(\text{g})$ 濃度、オガクズ pH、オガクズ中の NH_3 量とした。 $\text{NH}_3(\text{g})$ 濃度の測定は実

表1 し尿投入量の一覧

	全投入量(g)	NH_3 換算量(mol)
し	4268	4.9
尿	25245	16.8
合計	29513	21.8

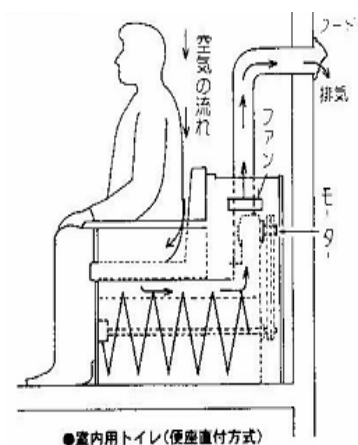


図 1 コンポスト型トイレ図

験1に準じた。オガクズpHは土壤環境分析法に準拠した³⁾。オガクズに存在するNH₃の定量分析は、インドフェノール青吸光光度法を用い土壤環境分析法に準拠して行った³⁾。

2.3 実験3:水分蒸発とNH₃(g)揮発が同時に生じる場合の実験

実験3では水分の蒸発が強制的に生じる実験系を作った。オガクズにNH₃水を加えてオープンに投入することで強制的に乾燥を起こし、オガクズから水分の蒸発が起こる場合オガクズ水分中に溶解しているNH₃がどのように揮発するのかを観察した。

オガクズとNH₃水との混合割合は含水率約10%の風乾オガクズ50gに1mol/l、0.1mol/l、0.01mol/lに希釈したNH₃水100mlをそれぞれ加えて、オガクズ混合物を得た。得られたオガクズ混合物を葉さじを用いてよく攪拌し、5.0~5.1gの範囲で100mlビーカーに取り、ビーカーを含めた総重量を計測した。得られた全ての試料を速やかに60°Cに設定したオープンへ投入して乾燥実験を開始した。オガクズ混合物の調整過程においてもNH₃(g)の揮発が生じていたため、実験開始時のオガクズ水分中NH₃濃度はそれぞれ0.47、0.07、0.01mol/lであった。以後それぞれをRUN4、RUN5、RUN6と表記する。

実験開始から一定の間隔を置いてビーカーを1個ずつ取り出し、5分間デシケーター内で冷却した後、ビーカーを含めた総重量を測定した。重量減少分を水分蒸発量とみなし含水率を計算した。その後、NH₃の定量分析に供した。分析方法は実験2に準じた。実験2と同様に、オガクズ水分中のNH₃濃度を推算した。

3. 結果と考察

3.1 実験1:コンポスト型トイレの窒素収支把握実験

し尿処理試験の過程でトイレの排気筒、反応槽の二箇所における、NH₃(g)濃度の変化を図2-1、2-2に示す。NH₃(g)濃度は、反応槽中で500~2000ppm、排気筒中ではオガクズ攪拌前で約20ppm、攪拌後は50~150ppmと攪拌の前後で明瞭な差が見られ、反応槽を攪拌することでオガクズ気相中からNH₃(g)が排気筒を経由して系外へ排出されていたことがわかった。

次に、投入された窒素の累積量とオガクズ(絶乾処理後)に残存した窒素量の変化を図3に示す。28日間の実験で、し尿としてオガクズに投入した全窒素量のうちオガクズに残存していた窒素量は約25%であった。従って、試験期間中に揮発した窒素は約75%であると推算された。Lopezらはこのコンポスト型トイレにおいてはNH₃の硝化が起こりにくいことを報告している⁴⁾。従って、NH₃→硝酸(硝化)→分子

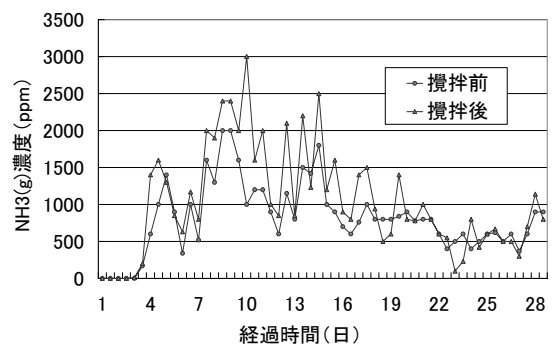


図2-1 反応槽中のNH₃(g)濃度の経時変化

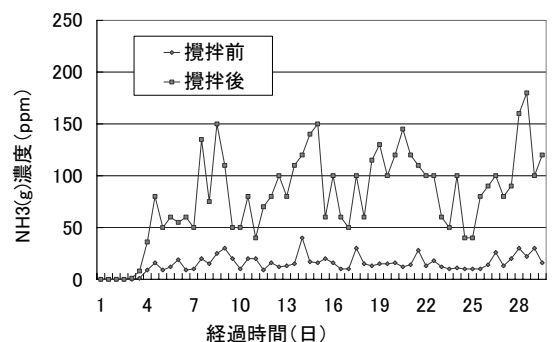


図2-2 コンポスト型トイレ排気筒におけるNH₃(g)濃度の経時変化

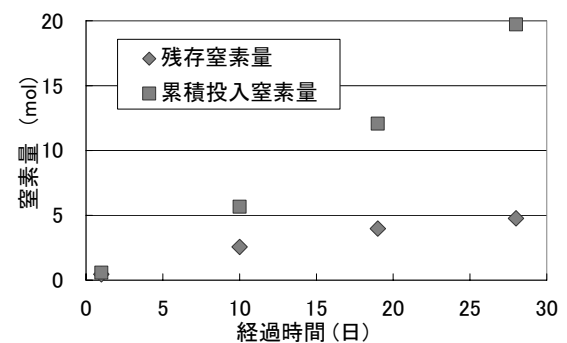


図3 コンポスト型トイレへの投入窒素量と残存窒素量の比較

状窒素(脱窒)という経路を経た窒素ガスの揮発は無視できるとし、オガクズ水分中の分子状アンモニア(NH₃(aq))がNH₃(g)として揮発したと仮定した。

3.2 実験 2: 水分の蒸発がない場合の実験結果

オガクズの水分蒸発が無視できる系内における、オガクズ水分中の NH₃ 濃度の変化を図 4 に示す。実験開始後、尿素の分解による NH₃ の生成が見られた。オガクズ pH の経時変化を図 5 に示す。実験開始から 100 時間以降、RUN1、RUN2 のオガクズ水分中の NH₃ 濃度はほとんど変化しなかったが、オガクズ pH はこの時期も、徐々に減少していた。

オガクズ pH とオガクズ気相中の NH₃(g)濃度との関係を図 6-1 に、また特に NH₃ 低濃度域を図 6-2 に示す。図 6-1 から、pH8.0 以上の区間から、急激に NH₃(g)濃度の上昇が見られた。図 6-2 よりオガクズ pH が 7.0~7.5 の区間において、NH₃(g)濃度が検知され始めたことがわかる。いずれの場合も、NH₃(g)濃度の変化には、オガクズ pH によって決まる一定の関係が見られた。

3.3 実験 3: 水分蒸発と NH₃(g)揮発が同時に生じる場合の実験

乾燥過程におけるオガクズ水分残存量の経時変化を図 7 に示す。水分残存量はほぼ直線的に減少し、その速度はほぼ 0.01g/min であった。オガクズ水分の蒸発過程において、オガクズ水分中に残存していた NH₃ 量の経時変化を図 8 に示す。オガクズ水分中の NH₃ 濃度の経時変化を図 9-1 に示す。また、低濃度域について図 9-2 に示す。RUN4、RUN5 では、乾燥実験開始から約 50 分間までオガクズ水分中の NH₃ 濃度の減少が観察され、その後 NH₃ 濃度が増加した。RUN6 では、開始後約 50 分間オガクズ水分中の NH₃ 濃度の変化は見られず、その後 NH₃ 濃度が増加に転じた。このことはオガクズ中の水分と NH₃ 量は一貫して減少しつつ一方で、水分蒸発速度と NH₃(g)揮発速度との大小関係が、乾燥過程で変化することを示している。またオガクズ水分中の NH₃ 濃度は実験開始直後からの約 50 分間と、約 100 分後~約 200 分後の区間で同等レベルとなっているにもかかわらず、両区間におけるオガクズ中 NH₃(aq)の NH₃(g)としての揮発速度は大きく異なっていた。オガクズ pH はオガクズ水分の蒸発過程で低下しつつ、実験開始

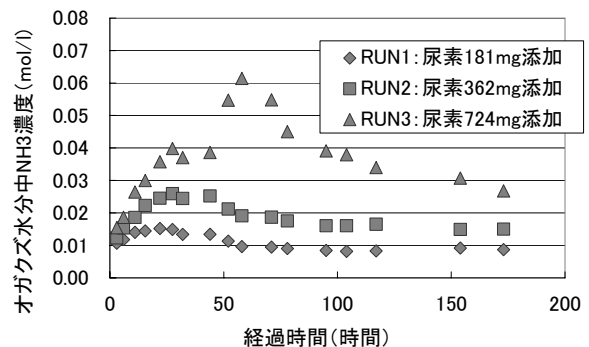


図 4 オガクズ水分中の NH₃ 濃度の経時変化

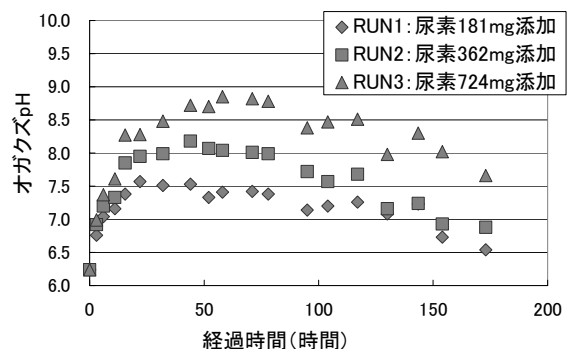


図 5 オガクズ pH の経時変化

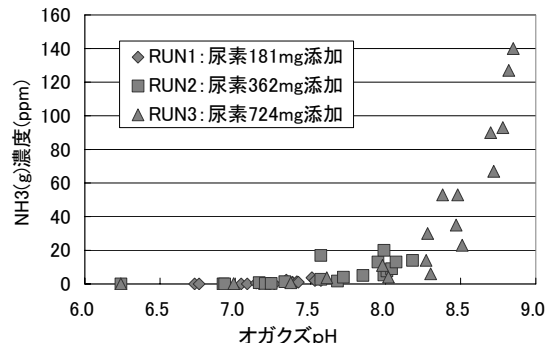


図 6-1 オガクズ pH に対するオガクズ気相中 NH₃(g)濃度

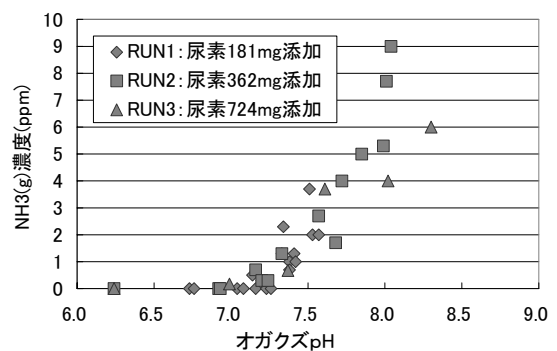


図 6-2 オガクズ pH に対するオガクズ気相中 NH₃(g)濃度

時と後半ではオガズpH の値が異なっていた。従って、実験後半の低pH 下ではオガズ水分中のNH₃ の大半はアンモニウムイオン(NH₄⁺)として存在し、NH₃(aq)濃度は低く NH₃(g)揮発速度が遅くなっていたと推察される。図 9-2 におけるオガズ水分中 NH₃ 濃度が減少傾向から増加傾向に変わる区間(RUN4では 80~120 分、RUN5 では 40~120 分、RUN6 では、0~60 分)のpH はそれぞれ 6.4~7.6 (RUN4)、6.0~7.4 (RUN5)、6.3~6.9 (RUN6)であった。また水分の蒸発がない実験においては、図 9-1 よりオガズ気相中で NH₃(g)が検出され始めたオガズpH は 7.0~7.5 であった。

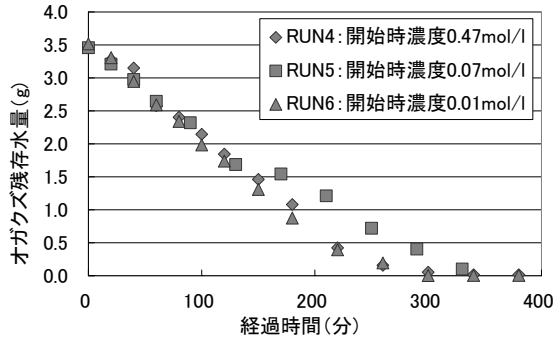


図 7 オガズ水分の経時変化

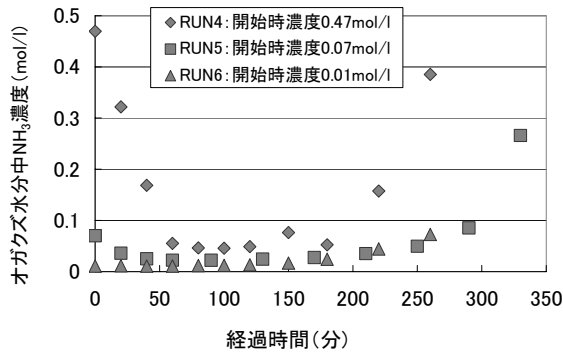


図 9-1 オガズ残存 NH₃ 濃度の経時変化

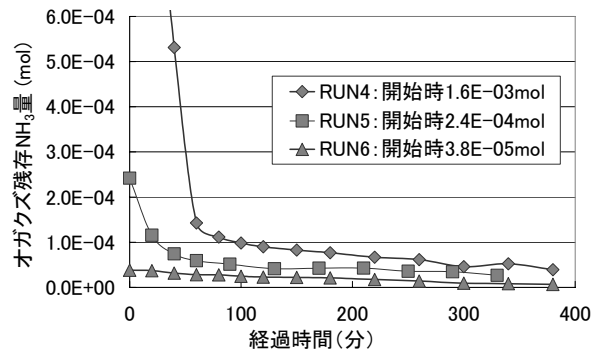


図 8 オガズ残存 NH₃ 量の経時変化

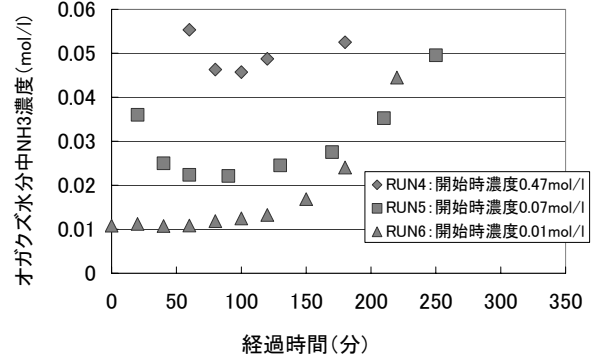


図 9-2 オガズ残存 NH₃ 濃度の経時変化

4.まとめ

オガズを担体としたコンポスト型トイレでは、し尿として投入される窒素の多くが無機化され、NH₃(g)として系外へ揮発していることが分かった。一ヶ月の実働試験においてオガズに残存していた窒素量は、期間中全投入窒素量の約 25%であると推測された。

オガズから水分蒸発と NH₃(g)揮発が同時に起こる場合、水分蒸発速度と NH₃(g)揮発速度の大小関係が経時的に変化することが確認された。オガズ含水量が少ない場合には、オガズ水分中の NH₃ 濃度が上昇傾向を示すにも関わらずオガズpH は低下し、NH₃(g)揮発速度が低くなると推察された。今回の実験条件では NH₃(g)揮発速度が水分蒸発速度より低下するpH は、約 7.0 付近であった。

5. 参考文献

- 1) Joseph C. Jenkins (1999) : *THE HUMANURE HANDBOOK* 57
- 2) Bo-Bertil Lind, Zsofia Ban, Stefan Byden (2000) : Nutrient recovery from human urine by struvite crystallization with ammonia adsorption on zeolite and wollastonite, *Bioresource technology*, 73, 169-174.
- 3) 日本土壤肥料学会監修 ; 土壤環境分析法編集委員会編 (1997) : *土壤環境分析法*
- 4) MIGUEL ANGEL LOPEZ ZAVALA (2003) : Onsite wastewater differentiable treatment system. *DOCTOR THESIS*, 115-124.