

熱処理有機性汚泥のアンモニア吸着剤としての利用によるバイオガスプラントの効率化

東北大学	学生会員	○澤島 将貴
東北大学	正会員	北條 俊昌
東北大学	正会員	李 玉友

1. はじめに

日本では年間約 1900 万トンの食品廃棄物が発生しており、食品リサイクル法や FIT 法により、食品廃棄物を対象としたバイオガスプラントの建設数が増加している。バイオガスプラントではメタン発酵により有機性廃棄物が分解する際に発生するバイオガスを用いて発電が行われ、再生可能エネルギーによる発電量の増加を目指す日本においてバイオガスプラントの重要性は高い。類家ら¹⁾の報告によると、仙台市にある食品廃棄物を処理しているバイオガスプラントでは、消化脱水ろ液に含まれるアンモニア性窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$)により水処理過程における窒素負荷が高く、また使用されていない発電排熱が大量に存在している事が指摘されているが、稼働中の実規模プラントの効率化に関して調査・解析している例は少ない。一方で小林ら²⁾は、 $180\sim 240^\circ\text{C}$ の高温で汚泥に熱処理を行うことにより汚泥のアンモニア吸着能が増加することを報告している。

そこで本研究では、バイオガスプラントに搬入される有機性汚泥の一部に発電排熱を利用して比較的低温で熱処理を行うことでアンモニア吸着剤を作成し、脱水ろ液に含まれる窒素の除去を行うシステムを提案し、熱処理有機性汚泥のアンモニア吸着特性について検討を行なった。

2. 実験方法

吸着実験における吸着剤として粉碎した有機性汚泥を用いた。有機性汚泥は実際のバイオガスプラントに搬入されている汚泥に 135°C で熱処理を行い、熱処理時間と乾燥時間を変えた 8 種類を吸着剤として用いた。熱処理時間は 0 分(無処理)、5 分、15 分、30 分の 4 通り、乾燥時間は 2 時間と 24 時間の 2 通りの条件を比較した。吸着実験は NH_4Cl により所定の窒素濃度に調整した溶液 50 mL に吸着

剤 1 g を投入し、 35°C において 120 rpm, 24 時間で攪拌を行った。攪拌前後の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を測定し、吸着剤に付着したアンモニア吸着量と平衡濃度から吸着等温線を作成した。またアンモニア吸着剤として広く用いられているゼオライトについても吸着実験を行い、有機性汚泥の吸着性能との比較評価を行なった。

3. 実験結果および考察

ゼオライトおよび熱処理 15 分と乾燥 24 時間行なった汚泥の吸着等温線を図 1, 図 2 に示す。

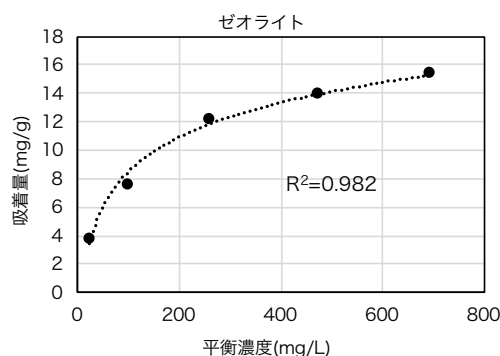


図1 ゼオライトの吸着等温線

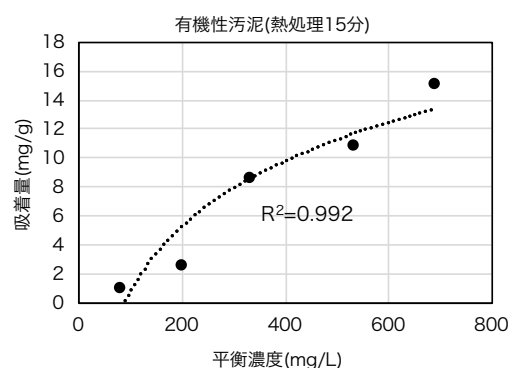


図2 有機性汚泥(熱処理 15 分, 乾燥 24 時間)の吸着等温線

Langmuir 式とフィッティングを行なった結果、ゼオライトは 0.982, 汚泥は 0.992 と高い決定係数が

キーワード アンモニア吸着、有機性汚泥、バイオガスプラント発電排熱

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科 土木工学専攻

環境保全工学研究室 TEL022-795-7463

得られ、吸着反応は Langmuir 式に従うことが示唆された。Langmuir 式から算出したゼオライトの最大吸着量は 15.0 mg/g であった。

熱処理時間による吸着能の変化を明確にするために 1000 mg/L 溶液に対するゼオライトおよび 24 時間乾燥処理をした汚泥の吸着量を図 3 に示す。熱処理 0 分(無処理)の汚泥の吸着量は 10.7 mg/g であったのに対して、5 分と 15 分熱処理した汚泥はそれぞれ 15.6 mg/g, 15.1 mg/g と 1.4~1.5 倍に増加し、ゼオライトと同等の結果が得られた。一方で 30 分熱処理を行うと 11.2 mg/g と無処理汚泥とほぼ同じ値であった。小林ら²⁾は熱処理により有機分が加水分解されることにより汚泥の BET 比表面積が増加し、また表面官能基であり親水基である OH 基が減少することを報告している。本研究では、熱処理により BET 比表面積が増大したため 5 分、15 分熱処理をした汚泥では吸着量が増加するが、30 分では親水基の減少による影響が大きく、吸着量が減少したと考えられる。熱処理時間 5 分と 15 分で吸着量が変化していないため、熱処理による汚泥中の有機物成分の加水分解は 5 分以内で平衡に達したと考えられる。小林らの実験では 180~240℃で水熱処理を行い、模擬食品廃棄物中の有機物の加水分解は 5 分以内で平衡に達すると報告しており、熱処理温度によらず有機物の加水分解は 5 分程度で平衡に達すると考えられる。長時間熱処理を行うことで吸着量が減ることや熱処理によるエネルギー消費やコストを考慮すると熱処理時間は 5 分以内で行うことが望ましいと考えられる。

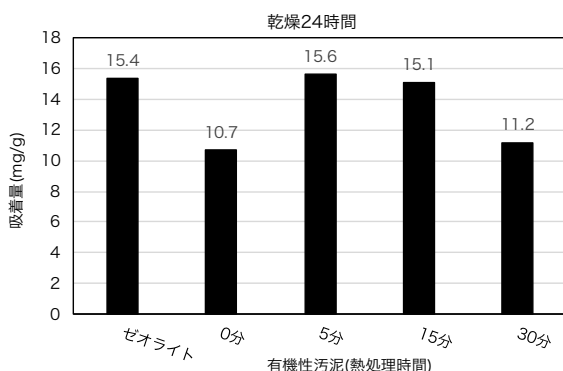


図 3 1000mg/L 溶液におけるアンモニア吸着量

乾燥時間による汚泥の吸着能の変化を比較するために、熱処理を 15 分行った汚泥の吸着等温線を図 4 に示す。グラフから乾燥を 24 時間行った汚泥の吸着量が多くなる傾向が確認された。1000 mg/L 溶液に

対する吸着量は、乾燥 2 時間は 13.3mg/g であったのに対して、乾燥 24 時間では 15.1mg/g と約 14%増加していた。乾燥時間を長くすることで汚泥の含水率が低くなり、汚泥 1g 当たりの吸着サイトが増加するためであると考えられる。

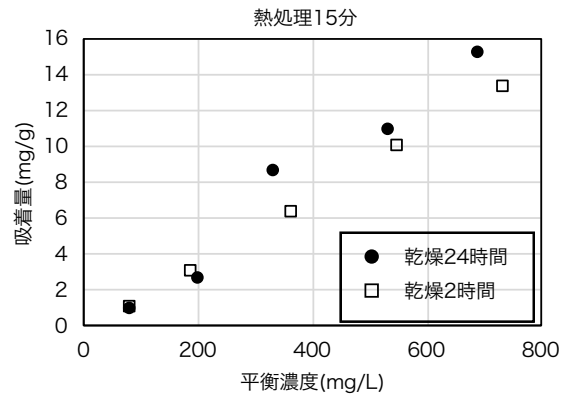


図 4 有機性汚泥(熱処理 15 分)の吸着等温線

4. 結論

熱処理を行なった有機性汚泥の吸着実験を行なった結果、以下の結果が得られ、熱処理有機性汚泥はアンモニア性窒素の除去に有効であることが示唆された。

- 1) 熱処理 15 分と乾燥 24 時間行なった汚泥は 0.992 という高い決定定数により Langmuir 式に従うことが示唆された。
- 2) 熱処理を 5 分および 15 分(乾燥 24 時間)行なった汚泥はアンモニア吸着量が 1.4~1.5 倍に増加し、1000 mg/L 溶液に対する吸着量がそれぞれ 15.6mg/g, 15.1mg/g となり、ゼオライトの 15.4 mg/g に匹敵する吸着性能を有することが明らかになった。熱処理時間を 0~30 分の間の 4 通り用意して吸着実験を行なった結果、汚泥中の有機物成分の加水分解は 5 分以内で平衡に達したと考えられる。
- 3) 熱処理を 15 分行なった汚泥において乾燥時間による 1000 mg/L 溶液に対する吸着量の比較を行なった結果、乾燥 2 時間は 13.3mg/g であったのに対して、乾燥 24 時間では 15.1mg/g と約 14%増加していた。

参考文献

- 1) 類家渉ら、日本水環境学会年会講演集、2018
- 2) 小林信介ら、廃棄物循環学会論文誌、2017