

汚泥の熱処理を取り入れた嫌気性 MBR 法処理の効率化研究

東北大学 工学部 建築・社会環境工学科 非会員 ○佐々木 萌波, 李 玉友, 覃 宇

1. 研究背景と目的

社会環境への地球温暖化の影響が深刻化していることを背景に様々な社会活動の分野でその対策がとられている。下水道事業は、下水汚泥や下水熱といったカーボンニュートラルなエネルギー資源を有しており、こうした資源を有効利用することで低炭素社会の構築に向けて大きな役割を果たすことが期待される。

下水汚泥の発生量は年間約 215 万トンであり、その減量化と資源化ニーズが高まっている。そのような中、下水道法改正や FIT 法の策定などにより、循環型社会への足掛かりとして嫌気性消化によるバイオガス発電が注目されている。しかし、嫌気性消化によるバイオガス発電は広く普及しておらず、原因として汚泥の分解率が低く有機分の半分程度しかガス化できないため大量の消化汚泥が残ることなどが挙げられる。

近年世界的に注目されている下水処理方法として、嫌気性 MBR 法が挙げられる。従来の嫌気性処理では嫌気性微生物の維持・増殖に大きなコストがかかることや、放流基準を満たす処理水質が得られないなどの問題があった。嫌気性 MBR 法では、嫌気性処理と膜分離を組み合わせることで菌体を高濃度に保持し、良好な処理水質を得ることができる。また、膜分離によってメタン生成阻害物質を速やかに低減できるうえ、窒素・リンなどの資源はる液として高濃度に回収できる。しかしながら、消化汚泥の大量発生は、依然として嫌気性 MBR 法の問題点となっている。

この問題点は重要な研究課題であり、汚泥処理システム効率化の手段の一つに汚泥への熱処理が挙げられる。汚泥に熱処理を行うことで可溶化され、バイオガス生成ポテンシャルが増加することが明らかとなっている。既往の研究では、余剰汚泥に前熱処理を行なったところ、可溶化・メタンガス生成ポテンシャル共に最も効果が見られたのは 70°C-60 分間熱処理した汚泥であり、メタンガス生成ポテンシャルは熱処理を行っていない汚泥か

ら約 15%増加したという報告がある。嫌気性 MBR 法における消化汚泥に対して熱処理を行うことでより一層の可溶化が図られ、メタン生成量の増加が期待できる。

そこで本研究では、嫌気性 MBR 槽内の汚泥に 50~80°C の条件で熱処理を施すことで、バイオガス生成量を増加させ、汚泥処理システムの効率化を目指した。

2. 実験方法

サンプルとして用いる嫌気性 MBR 槽内の余剰汚泥を 50°C、60°C、70°C、80°C でそれぞれ 30 分間、60 分間加熱した。熱処理を行なった 8 サンプル、及び熱処理を行っていない 1 サンプルの計 9 サンプルについて、SS 及び VSS、また酸化剤として二クロム酸カリウムを使用して溶解性 COD Cr 濃度を、フェノール硫酸法で溶解性炭水化物濃度を、Lowry 法でタンパク質濃度を測定した。

熱処理がメタンガス生成に与える影響を調査するために回分実験を行なった。バイアル瓶への汚泥投入量は、種汚泥 60ml、基質汚泥 20ml とした。種汚泥は、嫌気性 MBR 槽内の汚泥を用いた。基質汚泥は、50°C-30 分、50°C-60 分、60°C-30 分、60°C-60 分、70°C-30 分、70°C-60 分、80°C-30 分、80°C-60 分で熱処理した余剰汚泥、及び熱処理なしの余剰汚泥を用いた。また、基質汚泥を投入せず、種汚泥のみを投入したサンプルも用いた。これらのサンプルをバイアル瓶に投入し、3 分間 N₂ パージを行い、瓶内を嫌気状態にした後、ブチルゴム栓をし、アルミシールでキャップをした。これらのサンプルを用いて回分実験を行い、24 日間ガス生成量とガス組成を記録した。培養環境として 35°C、100rpm の振とう速度とした。測定は 24 時間ごとに行い、ガス生成量が落ち着きはじめから測定日数を減らしていった。次に測定方法を示す。まずシリンジをバイアル瓶に挿し、ガス生成量を記録する。次にバイアル瓶内のガスを 0.4ml 抜き取りガスクロマトグラフィーに通してガス組成を記録した。

キーワード

汚泥処理・バイオガス・メタン発酵

連絡先 Email : monami.sasaki.q5@dc.tohoku.ac.jp

3. 結果・考察

以下の図 1 にサンプルの SS 及び VSS を示す。50℃・60℃で熱処理を行なった汚泥では SS 及び VSS の減少が見られたが、70℃・80℃で熱処理を行なった汚泥ではあまり変化が見られなかった。図 2 に溶解性 COD_{Cr} 濃度を示す。図 2 より、処理温度が高く処理時間が長いほど、溶存中の COD の値が大きくなる。熱処理によって汚泥中の固形物の有機物が溶存する可溶化が起こっており、その効果は処理温度が高く、処理時間が長いほど顕著であることがわかった。有機成分の一つである炭水化物、タンパク質について、図 3・図 4 に溶解性炭水化物濃度、溶解性タンパク質濃度を示す。どちらも、処理温度が高く処理時間が長いほど溶存態濃度の増加が見られ、可溶化が進んでいると言える。

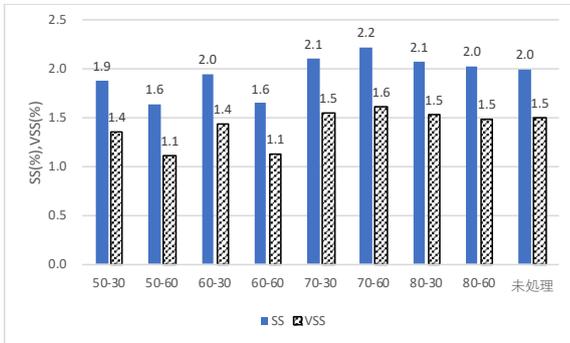


図 1：SS 及び VSS

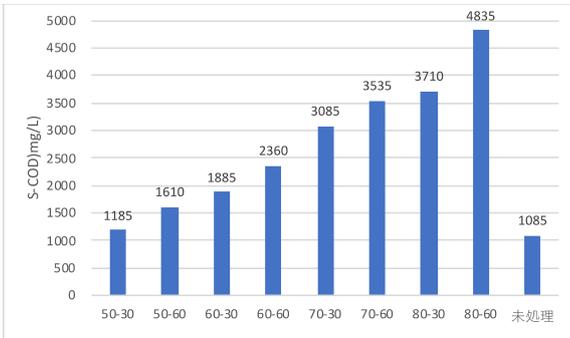


図 2：溶解性 COD_{Cr} 濃度

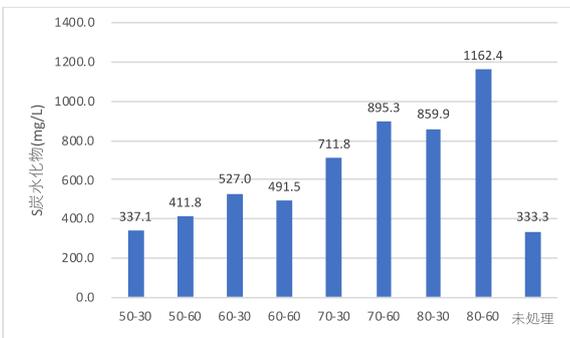


図 3：溶解性炭水化物濃度

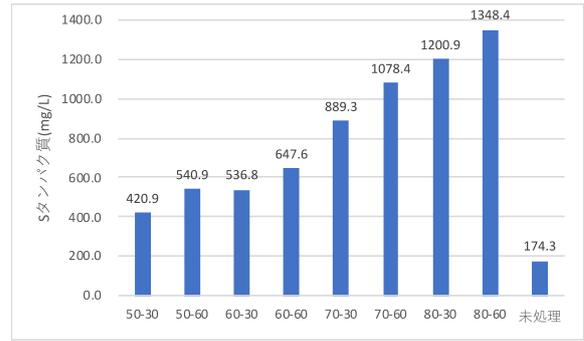


図 4：溶解性タンパク質濃度

図 5 にメタンガス生成量を示す。どの熱処理条件でも熱処理なしのサンプルに比べ、ガス生成量が増加した。最もガス生成量の増加が見られたのは 80℃60 分における熱処理サンプルであり、処理温度・時間とガス生成量には正の相関があることがわかった。

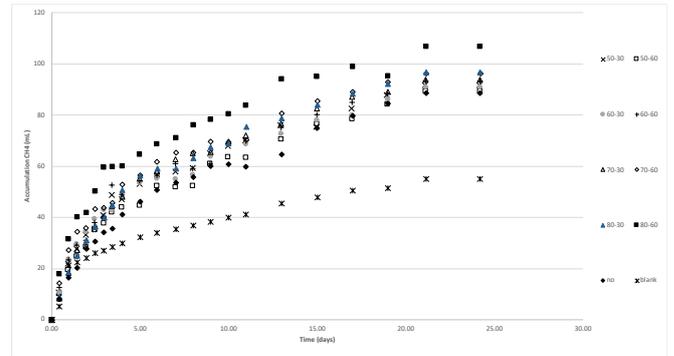


図 5：メタンガス生成量

メタンガス生成ポテンシャルを表 1 に示す。

表 1：メタンガス生成ポテンシャル (mL)

| | 50℃ | 60℃ | 70℃ | 80℃ | 未処理 |
|-----|------|------|------|------|------|
| 30分 | 86.8 | 86.9 | 88.7 | 92.5 | 86.6 |
| 60分 | 87.8 | 89.4 | 92.7 | 99.3 | |

4. 結論

今回嫌気性 MBR 槽内の汚泥に熱処理を施し、回分実験を行い、以下の知見を得ることができた。

- 1) 汚泥の熱処理による可溶化の効果は処理温度が高く、時間が長い条件であるものほど顕著であることがわかった。
- 2) ガス生成ポテンシャルは 80℃60 分によるものが最も大きく、熱処理を行わない場合と比較してバイオガス生成ポテンシャルは約 12%、メタンガス生成ポテンシャルは約 15%増加した。