

窒素・リン除去機能を備えた余剰汚泥減量化プロセスに関する研究

山口大学（学）○江藤 貴子，（正）今井 剛，黒澤 真一
（正）浮田 正夫，関根 雅彦，樋口 隆哉

1. はじめに

廃水処理施設から発生する汚泥は、建設業から排出されるものも含めると産業廃棄物中で最大の割合を占め、その処理・処分に莫大な費用を要している。従って汚泥排出量の減量化が社会的に急務となっている。一般に、活性汚泥法に余剰汚泥減量化プロセスを組み込む場合、その減量化率を100%に近づけることが目標とされる場合が多い。その際に問題となるのが、処理水中の窒素・リン濃度が高くなることである。したがって、本研究では高速回転ディスク装置¹⁾により余剰汚泥を可能な限り減量化するとともに、引き抜き汚泥中にリンを濃縮し、窒素は脱窒させることで処理水中の窒素・リン濃度に影響を与えないプロセスの開発を目的とする。

2. 実験装置及び方法

可溶化促進のための前処理としてアルカリ添加（設定 pH=10）を行った汚泥に対して、高速回転ディスクにより可溶化処理を行う。この可溶化汚泥について、図1（下部分）に示すフローにしたがって嫌気・好気・無酸素処理を行い、本プロセスによる処理水への窒素・リンの溶出抑制効果を把握する。具体的には以下に示す2.1から2.3の実験を表1の実験条件にて行い、各処理工程毎のサンプルについて溶存酸素濃度(DO)、水素イオン濃度(pH)、浮遊物質濃度(MLSS)、揮発性浮遊物質濃度(MLVSS)、全有機炭素量(TOC)、溶解性有機炭素量(DOC)、溶解性全リン(solT-P)、溶解性全窒素(solT-N)、アンモニア態窒素(NH_4^+-N)、亜硝酸・硝酸態窒素($\text{NO}_{2,3}^--\text{N}$)を測定する。

2.1 植種と基質の割合の違いによる処理効率の比較

予備実験（データは非表示）からアルカリ+高速回転ディスク処理により処理を担う微生物が死滅していたことが示唆されたため、効率よく生物処理を行うためには植種が必要であると考えられる。そこで、植種となる未処理の余剰汚泥と基質である可溶化汚泥の割合を、全量2Lに対し表1のように変化させて処理効率の比較を行った。

2.2 無酸素処理における投入基質量に関する検討

窒素を生物学的に除去する（本プロセスでは無酸素処理）場合、脱窒を担う微生物にとって有機源が不可欠である。しかし、嫌気・好気処理で利用可能な易分解性の有機源がすべて微生物によって消費されつくされている可能性があるため、無酸素処理にて基質の追加投入が必要であると考えられる。したがって追加量を表1の通りとし、2.1の結果と併せて検討を行った。

2.3 処理時間の違いが及ぼす処理効率への影響

各処理は、それぞれ微生物の代謝を利用しているためその処理時間によって処理効率も異なることが予想される。一般に嫌気性微生物は増殖速度が低く、逆に好気性微生物はそれが高いことから、嫌気処理時間を3日、5日と延長し、好気処理はそのまま2日に設定し、処理効率の比較を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 植種と基質の割合の違いによる処理効率の比較

図2に各ケースにおける脱離液中のsolT-Pの結果を示す。嫌気・好気処理により処理開始時に比較してsolT-P

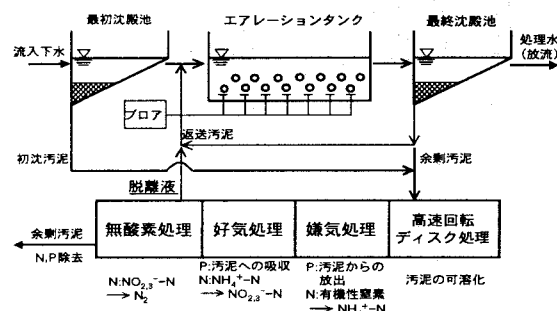


図1 活性汚泥に汚泥減量化プロセスを組み込んだ処理工程フロー

表1 実験条件

実験目的	植種:基質	嫌気処理	好気処理	無酸素処理
植種:基質の割合に関する検討	3:1 1:1 1:3 ブランク (余剰汚泥のみ)	2日	2日	2日 (追加基質200mL) (追加基質なし)
追加投入 基質量に関する検討	1:1① 1:1②	2日	2日	2日 (追加基質100mL) (追加基質なし)
処理時間に関する検討	1:1① 1:1②	5日 3日	2日	—

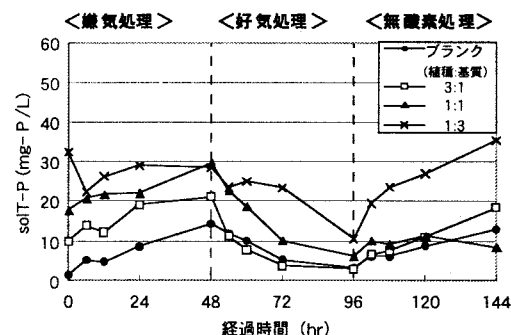


図2 solT-Pの経時変化

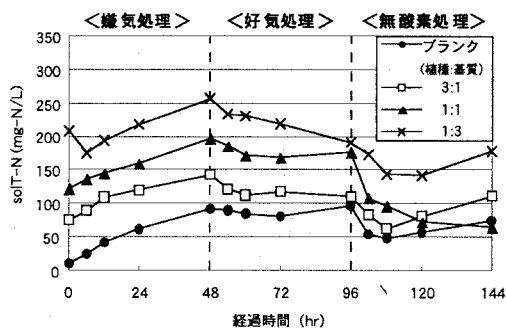


図3 solT-Nの経時変化

は最大で70%減少し、処理水への溶出は抑制されることが確認できた。次に、脱離液中のsolT-Nの結果を図3に示す。嫌気・好気処理ではsolT-Nの減少はほぼなかったが、無酸素処理初期で脱窒により減少した。これは図4に一例として示した植種:基質=1:1の形態別窒素濃度の経時変化から確認できた。今回の実験では、植種と基質の割合が1:1のものが最も窒素・リンの溶出抑制には効果的であった。しかし、時間の経過とともに無酸素処理において図2、図3のsolT-P、solT-Nは増加傾向を示し、この時DOCが消費しきれていなかったこと（データは非表示）も踏まえると、無酸素処理での追加基質投入量の少量化および処理時間の再検討が必要と考えられる。

3.2 無酸素処理における追加投入基質量に関する検討

図5(a)に無酸素処理における追加投入基質量の違いによるDOCの経時変化を示す。嫌気処理で溶出したDOCは、好気処理では微生物によって消費されるため減少した。しかし、好気処理初期における急激な減少以降はほぼ一定であったことから、残存するDOCが難分解性でありその消費が困難であったことが推察される。このことは、図5(b)に示した $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_{2,3}^-\text{-N}$ の経時変化において、無酸素処理で基質を追加投入した方では早期に脱窒が認められ、追加投入しなかった方では脱窒に時間を要したことから推測できる。したがって、脱窒を促進するためには、100mL程度（好気処理終了時の全汚泥量に対して1割程度）の基質の追加投入が必要であることが示唆された。また、無酸素処理において時間の経過とともにsolT-Pが増加傾向を示すことが多かったことから、その処理時間は1日に短縮する方がよいと考えられる。

3.3 処理時間の違いが及ぼす処理効率への影響

図6(a)より嫌気処理時間が長いほど有機物の分解が進み $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が溶出し、好気処理での硝化菌による $\text{NH}_4^+\text{-N}$ から $\text{NO}_{2,3}^-\text{-N}$ への硝化効率も増加することが確認できた。また、図6(b)に示したsolT-Pの結果から、嫌気処理時間が長いほど好気処理での微生物への吸収量が多いことが把握できた。したがって、実験結果より嫌気処理時間は適用条件（コストや処理能力）を考慮し、許容範囲内での最大時間と設定することが処理水質の向上のためには望ましく、嫌気処理5日程度ならば好気処理は2日、無酸素処理は1～2日で十分であると推定される。なお、本プロセスに馴致・適応された汚泥であれば処理効率はさらに向上し、solT-Pの吸収量もより高くなると予測される。

4. まとめ

本研究をまとめると以下のようなものである。

- (1) 植種と基質の割合は1:1が最も窒素・リンの溶出抑制に効果的であり、無酸素処理における追加投入基質量は、好気処理終了時の全汚泥量に対して1割程度必要であることが明らかとなった。
- (2) 実験の範囲では処理水質の向上という面において、嫌気処理5日、好気処理2日、無酸素処理1～2日が効率的な処理時間だといえる。
- (3) 今回用いた余剰汚泥は嫌気・好気・無酸素法で馴致・適応されたものではなく、一般の活性汚泥であるため、本プロセスに馴致された汚泥であればさらに窒素・リンの溶出抑制に効果が期待できると考えられる。

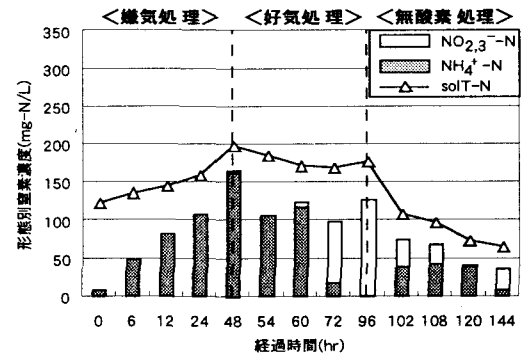


図4 形態別窒素濃度の経時変化
(植種:基質=1:1)

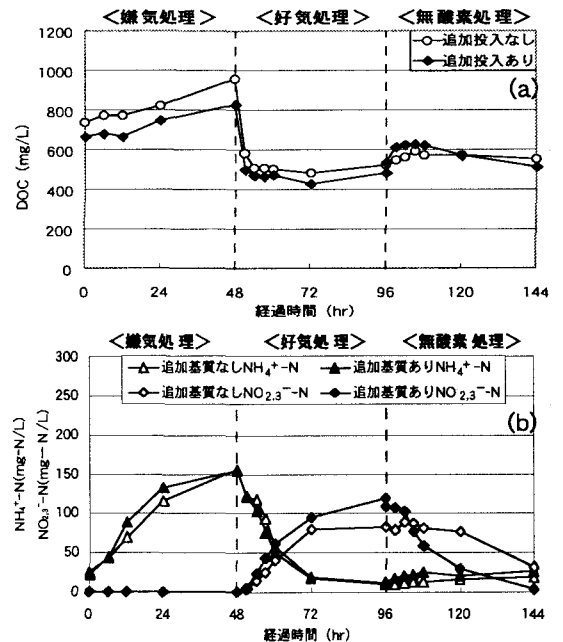


図5(a) DOC 経時変化
(b) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_{2,3}^-\text{-N}$ の経時変化

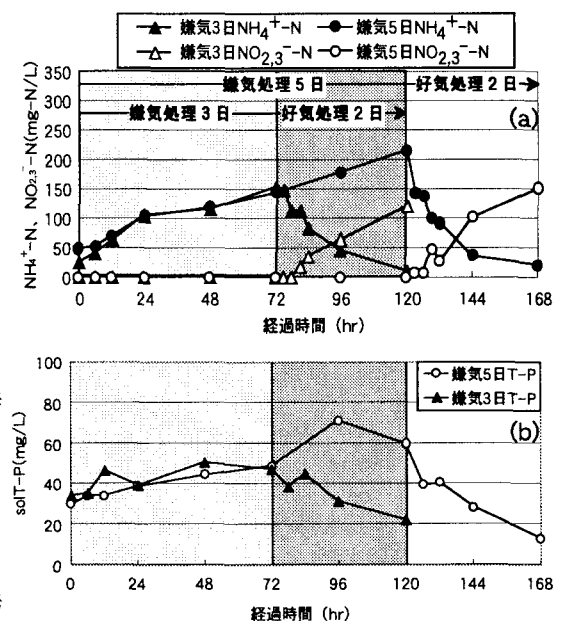


図6(a) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_{2,3}^-\text{-N}$ の経時変化
(b) solT-Pの経時変化