

栄養塩除去活性汚泥のオゾン処理

中央大学大学院 学生会員 石渡 圭
中央大学 正会員 松尾 吉高

1. 研究の背景

今日の下水処理には、有機物除去だけではなく富栄養化防止のために窒素とリンの除去も求められている。近年では生物学的窒素リン同時除去プロセスもいくつか考案され、実用化されている。

生物学的処理方法の欠点の一つは、汚泥の発生量が比較的多い事である。余剰汚泥を減量する方法の一つであるオゾン汚泥減量法は運転方法により減量化の程度を任意に制御でき、100%減量化も可能である。またオゾン発生器、オゾン反応塔、排ガス処理装置から構成されるが、特別の維持管理の必要がない。

2. 本研究の内容

以上のことを背景に、本研究では、下水に模擬した合成排水を処理する室内規模の生物学的処理施設を用いて、次のような実験研究を行った。

リン除去を取り込んだ生物脱リン法(嫌気好気活性汚泥法)と標準活性汚泥法を並列的に運し、余剰汚泥発生量の相違を確認する。

嫌気好気活性汚泥法の一つであるUCTプロセスを室内で運転させ、生成された余剰汚泥のオゾン処理による変化を回分実験により調べる。

UCTプロセス法の系列に汚泥返送経路にオゾン分解槽を設けて、その余剰汚泥減少効果を連続運転によって確かめる。

3. 研究の結果

3-1. 標準活性汚泥法と嫌気好気活性汚泥法の余剰汚泥量比較

標準活性汚泥法と嫌気好気活性汚泥法での汚泥発生量の相違を2つの方法の実験施設を並列運転することによって実験的に調べた。

表1に示すように、同量の合成排水を処理していたにもかかわらず、嫌気好気活性汚泥法は標準活性汚泥法の4倍近いMLSS量を発生することがわかった。このような相違が生ずる原因については、確かめてはいないが、リン除去を行う微生物は完全な好気性細菌に比べて内生呼吸率が小さいことにあると推定される。

表 1

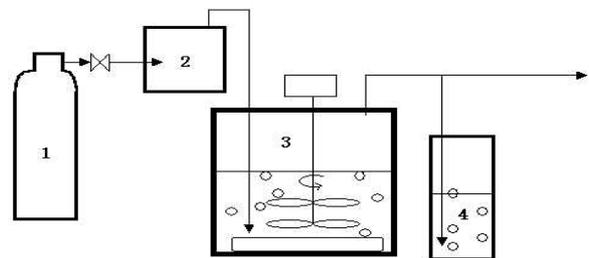
	標準 活性汚泥法	嫌気好気 活性汚泥法
余剰汚泥平均(L/day)	0.32	0.66
MLSS 平均(mg/day)	1000	3590
MLVSS 平均(mg/day)	890	3060
平均発生汚泥量(mg/day)	320	2369

3-2. UCT プロセス余剰汚泥のオゾン分解実験

実験室規模のUCTプロセス法から排出される余剰汚泥と処理水(1:4)の混合物を回分式オゾン反応槽(内容液体積 1500m³)に入れ、汚泥がオゾン処理によりどのように変化するかを回分実験で調べた。(図1)この回分実験では、定時間隔に反応液を採取しつつ計270分間オゾン処理を行った、汚泥をろ過した後、そのろ液のリン濃度・窒素濃度・TOC濃度を測定した。また、実験開始時と実験終了時に反応液のMLSS濃度を測定した。

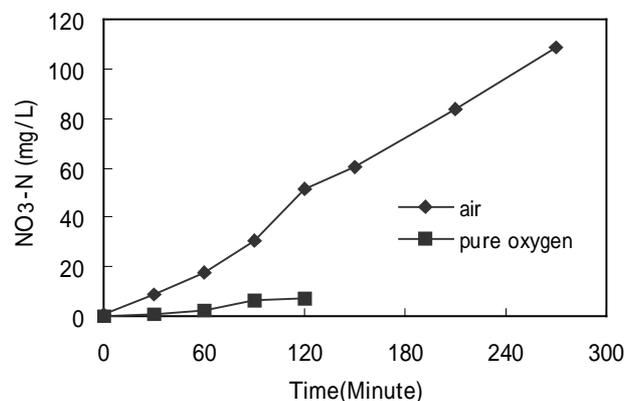
オゾンを通気して、15~20分の間から泡が出て、汚泥の色が薄くなった。溶解物質については、TOCはオゾン処理が進むにつれ増加していった。NH₄-N・PO₄-Pは、多少の増減はあったもののオゾン処理による影響は見られなかった。とくに顕著に増加したのはNO₃-Nである。(図2)このNO₃-Nの増加はオゾン発生時(オゾン発生器:紫外線ランプ方式)における原料空気中の窒素と酸素との反応でNO_xが生成し、NO₃⁻になったためであると推定された。そこで、試料液を純水にして同じ条件で回分実験を行ってみたところ、まったく同じようなNO₃-Nの蓄積が観察され、この推定が正しいことが確認できた。

図1 回分実験装置図



1: pure oxygen 2: ozone generator 3: reactor 4: KI liquor

図2 乾燥空気と純酸素の比較



キーワード：活性汚泥法 オゾン 余剰汚泥

連絡先：〒122-8551 東京都文京区春日 1-13-27 (TEL)03-3817-1813 (FAX)03-3817-1803

次に処理水で希釈することなく、余剰汚泥そのものに通気オゾン濃度を、0.1ppm、0.5ppm、1ppmとする三つの回分実験を行った。実験開始時と実験終了時に測定した MLSS 濃度から計算した汚泥消失率は0.1ppmの場合が18%、0.5ppmの場合が84%、1ppmの場合が83%であった。

また通気オゾン濃度を0.5ppm,1ppmとした実験の場合実験開始90分位から大量の発泡が見られ実験が困難になることがあった。またこの実験では汚泥は白色化しただけでなく100分以降に消失し始め反応液は次第に透明になっていった。

3-4. UCT プロセス余剰汚泥の減量実験

以上のような回分実験の結果を踏まえて、2系列のUCTプロセスの連続実験施設の一方(「UCT-03プロセス」と仮称)に対して、その返送汚泥の一部をオゾン-汚泥反応量0.3(gO₃/gSS)となるようオゾン処理した後に再び装置にもどすという連続実験を行い、排水の連続処理施設にオゾン処理を適用した場合、実際にどの程度の汚泥減量効果が得られるかを調べた。

連続実験は2期に分けて行い、第1期実験ではオゾン処理する返送汚泥の割合を20%とし第2期実験では、それを10%とした。また、オゾンの原料には純酸素を使った。

3-4-1. 第1期実験結果

第1期実験の結果は表3に示すようになった。汚泥減量効果は、44%あったが、実験が進むにつれ窒素除去の悪化が観察された。(図3)この原因は一日に系内から消失する硝化菌の速度(オゾン処理量+余剰汚泥量)が一日の硝化菌の増殖速度(水温25で約0.3)を上回ってしまったため最終的に系内に硝化菌が存在しなくなり硝化がおこらなくなり窒素の除去が悪化したためと推定できる。

図3 NH₄-N オゾン系と対象系の比較(第1期)

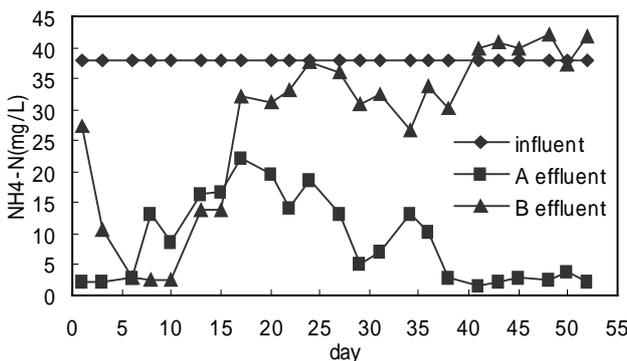


表3 実験結果(第1期)

	UCT プロセス	UCT-03 プロセス
窒素平均除去率(%)	47.74	23.24
PO ₄ -P 平均除去率(%)	99.90	98.05
余剰汚泥平均(L/day)	0.48	0.43
MLSS 平均値(mg/L)	4895.8	3069.7
平均発生汚泥量(mg/day)	2350	1320

3-4-2. 第2期実験結果

第1期の実験結果をふまえて硝化菌の消失する速度が増殖速度を超えないよう1日にオゾン処理する量を装置全体の10%におさえ第2期の実験を行った。結果は表3に示すようになった。汚泥減量効果は35%であったが、リン・有機物の除去については、第1期同様対照と差がなかった。窒素についても対象系と差がなかった。(図4)これにより第1期での推定が正しいと確認できる。

図4 NH₄-N オゾン系と対象系の比較(第2期)

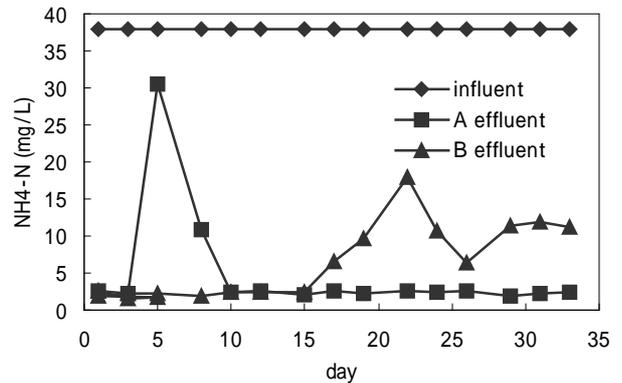


表4 実験結果(第2期)

	UCT プロセス	UCT-03 プロセス
窒素平均除去率(%)	56.61	64.98
PO ₄ -P 平均除去率(%)	100	94.61
余剰汚泥平均(L/day)	0.5	0.56
MLSS 平均値(mg/L)	4660	2696.4
平均発生汚泥量(mg/day)	2330	1510

4. まとめ

以上の実験をまとめると次のとおりになる。オゾン処理によって汚泥消失が生ずるが、そのためには一定量以上のオゾン汚泥と反応させる必要がある。紫外線ランプ方式の場合オゾン原料に空気を用いると空気中の窒素と酸素との反応で生成されたNO_xが原因でNO₃-Nが蓄積してしまう。したがって、オゾン原料は純酸素にする必要がある。オゾン処理によりNO₃-N以外の溶解物質はそれほど多く溶出されなかった。したがって、汚泥のオゾン処理を栄養塩除去を行う活性汚泥法に組み込んでも水処理系統(活性汚泥法)への溶解物質負荷は、それほど増加しないと予想される。UCT-03プロセスは余剰汚泥の減量の効果が大きい。オゾンによる汚泥処理量を適切に制御しないと栄養塩除去、特に窒素除去に悪影響を及ぼす可能性がある。

参考文献

1. 生物脱リン法の最適運転に関する研究 松尾吉高
2. 嫌気好気活性汚泥法と標準活性汚泥法の相違点 高橋祐典、松尾吉高