

Ⅶ-16 気泡ポンプを用いた単一槽型反応器による窒素除去に関する基礎的研究

愛媛大学工学部 正会員 西村文武

飛島建設(株) 正会員 ○中村友則

愛媛大学工学部 学生員 赤瀬孝也

1.はじめに

上部に好気部をまた下部に無酸素部を有し、好気部から無酸素部への液循環を曝気に伴う液流れで生じさせ、同時に無酸素部での汚泥濃度を高く保持し無酸素条件を確保するため無酸素部と好気部間に汚泥分離膜を挿入した反応器を開発し、省資源・省エネルギー型の高度廃水処理システム構築への検討を行ってきた¹⁾。今回は水理的滞留時間の影響について着目し、その処理特性および設計操作因子について考察した。

2.実験方法

実験装置の概略図を図-1に示す。反応槽の全容積は3Lであり、中腹部に各孔面積が 0.64 mm^2 、単位面積あたりの全孔面積が $0.44\text{ mm}^2/\text{mm}^2$ である網状の膜を設置し、その上部に散気装置を設けた。処理対象人工下水は下部の無酸素部へ流入させ、好気部でのエアリフト効果により上向流れを生じせしめ再度無酸素部へ循環させ、好気部から循環ラインに移行する水の一部を処理水として流出させた。好気部には硝化菌付着担体としてポリウレタンフォームを好気部の容積に対して充填率が20%となるように投入・固定した。また無酸素部には都市下水処理場から採取した返送汚泥を投入して運転を開始した。実験では好気部と無酸素部が容積比で各々7:3(ケース1)、5:5(ケース2)、3:7(ケース3)の3ケース設置した。また各反応器ともに槽内水が 22°C になるようにウォータージャケットを設けた。各ケースでの実験条件を表-1に示す。また用いた人工下水の組成を表-2に示す。各水質項目の分析は下水試験方法に準拠した。

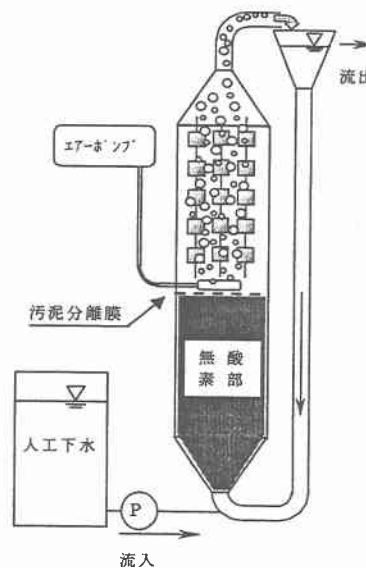


図-1 実験装置の概略図

表-1 実験条件

Run No.	経過日数 (日)	HRT (反応槽)
1	0 ~ 58	10 h
2	58 ~ 119	8 h
3	119 ~ 140	6 h

表-2 人工下水組成

メタノール	80 mgC/L
NH ₄ Cl	30 mgN/L
NaHCO ₃	214 mgCaCO ₃ /L
KHPO ₄	3.2 mgP/L
MgSO ₄	1 mgMg/L
水道水	-

3.実験結果及び考察

各ケースともに反応槽内SS濃度は無酸素部で2500~7000 mg/L、好気部で50~200 mg/Lの範囲内であり、滞留時間や無酸素好気容積比にかかわらず、用いた膜により汚泥が良好に分離されていた。またこのときの膜間の圧力損失は13cm以内であり、圧損が大きいケースにおいても流入水量に対して200%以上の循環率を得ることが示された。

図-2に溶解性有機炭素の経時変化を示す。DOCはケース1においては滞留時間の小さいRun 3に移行したときにそれまでと比較して流出水濃度が高くなる結果となった。またケース2、3においては実験開始初期および一時20mgC/L程度残存する状況が見られたものの、そのほかはほぼ90%以上除去されていることが示された。図-2~図-3にアンモニア性窒素、酸化態窒素の経時変化を示す。アンモニア性窒素はケース1では全期間を通じて90%の除去が得られているが、好気部容積の小くなる順にケース2ではRun 3において、ケース3では各Runを通じて一時的に処理が悪化する場合があった。一方、酸化態窒素はRun 1初期においては、各ケースともに濃度が25mgN/L程度残存する結果となった。硝化は実験開始直後から発現しているものの脱窒が不十分であった。これは循環流量が大きく無酸素部へのDOの持ち込みとそれに伴う無酸素部のDO濃度が上昇したためであった。このため送気量を各ケースともRun 1の後半において小さくした結果、脱窒が促進されるようになった。しかしこのためにケース3においては硝化が悪化する結果となった。このときのケース

3における好気部のDO濃度は4mg/L以上存在したが、送気量の減少に伴う槽内の攪拌が不十分になったことが関係しているものと考えられる。各ケースともRun 2、Run 3においては酸化態窒素が10mg/L程度残存する結果となった。

ここでケース1での各Runにおける窒素及び炭素の物質収支を図-4に示す。Run 1にの初期に脱窒が十分に生じなかったために酸化態窒素の無酸素部での残存が見られるが、Run 2,3では最終的に窒素分が60～70%除去された結果となった。有機物は流入の70%程度が無酸素部で消費される結果となった。これは脱窒量から算出される水素供与体としての有機物減少量の約2～3倍あり、溶存酸素の持ち込みが生じていることがわかる。窒素除去率をさらに向上させるためには溶存酸素の持ち込みを制御する必要がある。なお流出有機物は流入量の10%程度であり、無機化が効果的になされていることがわかった。この要因として、脱窒に有機物が利用されたことに加え、本処理システムは汚泥分離膜や担体を設置しているために汚泥の滞留時間が長く設定され、無機化が促進されたことが考えられる。

全実験ケースでのアンモニア性窒素負荷と硝化速度との関係を図-5に示す。ケース1では高い硝化率が得られているが、これは負荷が小さいことに加え、好気部容積が大きく縦長であることによるアンモニア性窒素の担体接触効率が向上したことが要因として考えられる。アンモニア性窒素負荷が40 mgN/L-担体/hrまでならばほぼ完全な硝化が得られることが示されているが、それ以上の負荷の時にも高い硝化率が得られうることがわかる。無酸素部のDO濃度と脱窒速度との関係を図-6に示す。高い脱窒速度を得るためにはDOを低下させることが必要条件であることがわかる。これまでに無酸素槽へのDO持ち込み速度が0.15kgDO/kgMLSS/d以下の時に無酸素部の溶存酸素濃度が1 mg/L付近に低下する事がわかっているが¹⁾、今回も同様な結果となっていた。

4.おわりに

安定した硝化には好気部でのアンモニア性窒素負荷率が40 mgN/L-担体/hr以下であることが求められるが、それ以上の効率化の可能性も示唆された。処理成績の向上には無酸素条件の確実な現出が求められる。本システムは無機化率が高く、汚泥発生を抑制する処理システムとしての可能性が示された。

5.参考文献

1)西村文武:汚泥分離および気泡ポンプを活用した反応器における窒素除去に関する研究,愛媛大学工学部紀要,18,pp.221-226,1999.

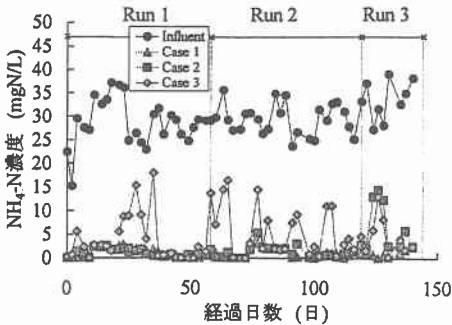


図-2 アンモニア性窒素の経時変化

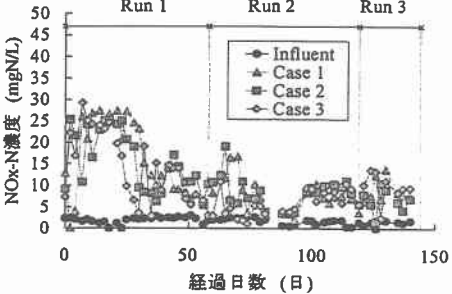


図-3 酸化態窒素の経時変化

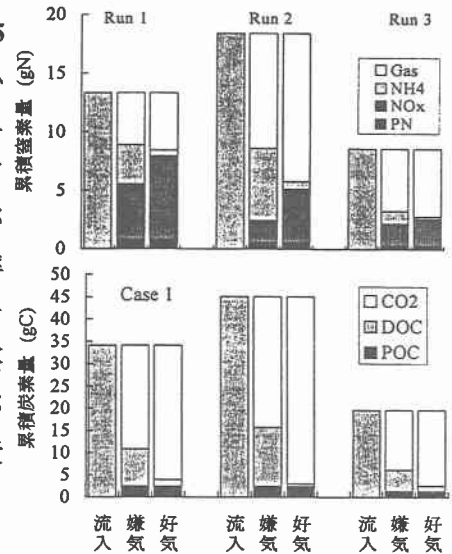


図-4 Case 1における物質収支 (上段:窒素、下段:炭素)

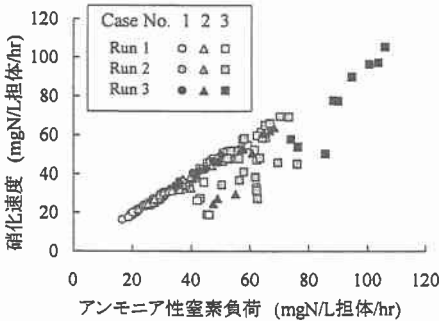


図-5 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 負荷と硝化速度の関係

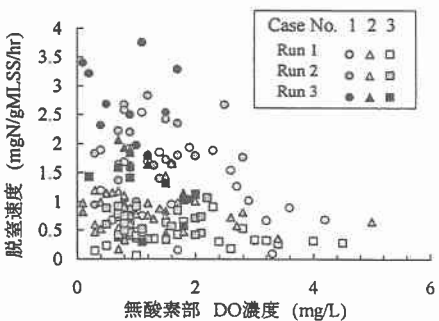


図-6 無酸素部 DO と脱窒速度の関係