

愛媛大学工学部 正会員 西村 文武
愛媛大学大学院 学生会員 ○森川 貴典

1. はじめに

閉鎖性水域における富栄養化防止、水道水源の水質保全等の観点から、下水処理では有機物除去のみならず、窒素・リン等の栄養塩除去が求められている。これまでに数多くの栄養塩除去システムが開発されているが、全体的な環境保全の観点から省資源・省エネルギー型のシステムであることも同時に希求されている。

そこで本研究では、気泡ポンプと汚泥分離膜を組み込んだ無酸素好気循環システムを考案した。気泡ポンプは液の揚水に活用されるものであるが、本反応器ではこれを好気槽に設置し、好気槽から無酸素槽への液循環と好気槽における酸素供給を図るものとした。また汚泥分離膜は固液分離を図るため設置した。今回は、その基礎的な処理特性と設計操作において重要となる因子を把握することを目的とした。

2. 実験装置及び実験条件

本実験装置の概略図を図-1に示す。反応槽の容量は約3Lであり左側の槽には散気管を設置して好気条件を現出し、右側の槽は無酸素条件となるようにした。好気槽と無酸素槽の間には固液分離を目的としてメッシュ状の膜を設置した。この膜は孔径 1.43mm^2 、厚さ 0.2mm 、単位面積あたりの全孔面積は $0.63\text{mm}^2/\text{mm}^2$ のものをを用いた。また無酸素槽混合液と処理水の分離を目的として、孔径 0.64mm^2 、厚さ 0.4mm 、単位面積あたりの全孔面積が $0.44\text{mm}^2/\text{mm}^2$ のものをを用いた。汚泥分離膜の設置面積はそれぞれ 45cm^2 と 36cm^2 とした。好気槽には硝化菌を保持する目的で、ポリウレタンフォーム担体を好気槽容積に対して20%(V/V)で投入、固定した。この担体は馴致せず、実験開始と同時に槽内で活性汚泥を付着させた。散気管は好気槽に酸素を供給するとともに、そのときに生ずる気泡によって装置内に循環流を生じさせる。ポンプによって流入された人工下水は、循環流によって装置内を循環し、循環水吐口より流出した循環水の一部は処理水として反応槽外へ排出される。実験装置は、好気槽と無酸素槽の容積比率の影響を把握する目的で、好気槽と無酸素槽の容積比率が各々3:7(ケース1)、5:5(ケース2)、7:3(ケース3)となる3つのケースを設定した。実験条件を表-1に、人工下水組成を表-2に示す。

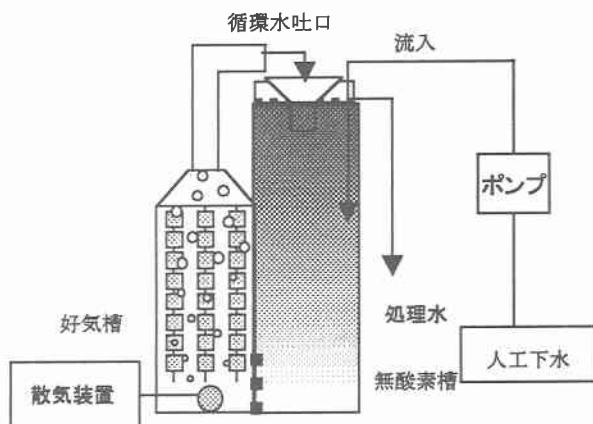


図-1 装置概略

表-1 実験条件

RUN No.	1	2
運転日数(日)	0~77	78~83
水温(°C)	20~22	20~22
HRT(h)	10	10
送気量(mL/sec)	50	30

表-2 人工下水組成

項目	濃度	成分
DOC	25mgC/L	グルコース
	25mgC/L	溶性デンプン
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	25mgN/L	NH_4Cl
アルカリ度	214mg CaCO_3 /L	NaHCO_3
PO_4^{3-}	3.2mgP/L	KH_2PO_4
Mg^{2+}	1mgMg/L	MgSO_4

3. 実験結果および考察

図-2、図-3にMLSSの経日変化とRUN1での無酸素槽好気槽間における水頭損失と循環流量の関係を示す。気泡ポンプの揚水は、簡易的には液と気液混合体の密度差が推進力となり生ずるものと考えられているが、本システムの場合は、無酸素槽での浮遊汚泥を保持するために設置した膜による水頭損失が、それを妨げるように作用する。しかし本研究で用いた汚泥分離膜は孔径が大きく、結果として4~6cmの水頭損失において

も 200%以上の循環流量を得る結果となった。スケールアップについての考察に関しては、更なる物理学的な検討を加える必要はあるが、適切な孔径の膜を組み込むことにより、特にエネルギーを加えることなく汚泥分離と硝化液の循環を行いうることが示されている。図-4 に溶解性窒素の経日変化を示す。実験開始当初溶解性窒素はほとんど除去されていなかったが、無酸素槽の DO 濃度の低下に伴って除去が進行した。RUN 1 では溶解性窒素除去率が 30%以下であったが、送気量を下げた RUN 2 では無酸素槽 DO 濃度が 0.5mg/L 以下となった 79 日目では溶解性窒素除去率はケース 1 で 71.4%、ケース 2 で 75.6%、ケース 3 で 55.1%となった。全体的にケース 3 は他の 2 つのケースに比べて除去率が低くなったが、これは無酸素槽容積が他のケースに比べ小さく脱窒菌保持量が少ないことが要因であった。これらの結果より本処理システムでは循環比を高くとりやすいことから、無酸素槽における DO 濃度が高くなることで処理成績の低下を引き起こす要因の一つになることがわかる。ここで図-5 に DO-MLSS 負荷率と無酸素槽での DO 濃度の関係について示す。これより無酸素槽 DO 濃度を 2mg/L 以下に制御するためには、DO-MLSS 負荷率を 0.01~0.1kgDO/kgMLSS/d 以下に設定する必要があることがわかる。この値は MLSS の呼吸速度と同程度である。確実に無酸素条件を現出させるには、槽内 MLSS 濃度を高くとるなどの操作を行い DO-MLSS 負荷率を小さくすることと同時に、MLSS の呼吸速度を高くとることが有効であると考えられる。

アンモニア性窒素担体負荷と硝化速度の関係を図-6 に示す。これよりアンモニア性窒素負荷率が 50mgN/L 担体/hr 以下の範囲では、各ケースともほぼ 90%以上の硝化率が得られている。

4. まとめ

本研究では送気に必要なエネルギーを液循環のためのエネルギーとして活用しうる省エネルギー型窒素除去装置の開発を試み、その設計操作因子及び条件について検討を加えた。

- ・ メッシュ状の膜と気泡ポンプを組み込むことにより、汚泥分離と液循環が曝気のために必要とされるエネルギーのみで行われうることが示された。
- ・ 無酸素槽の DO 濃度を脱窒が生ずるに必要な 2mg/L 以下にするには DO-MLSS 負荷率が 0.01~0.1kgDO/kgMLSS/d 以下に設定する必要があることが示された。
- ・ アンモニア性窒素担体負荷が 50mgN/L 担体/hr 以下の範囲では、ほぼ 90%の硝化率が得られることが示された。

参考文献

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, 221-226, 1999-2

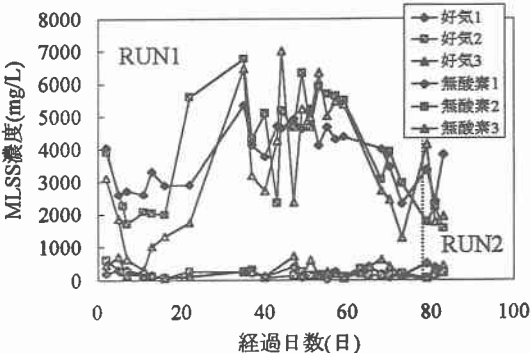


図-2 MLSS 濃度の経日変化

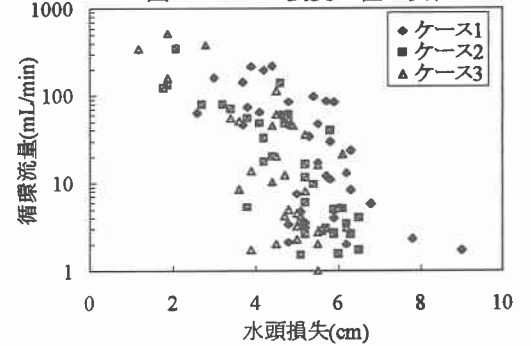


図-3 水頭損失と循環流量の関係

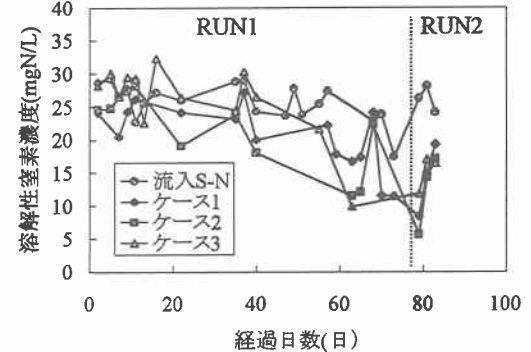


図-4 溶解性窒素の経日変化

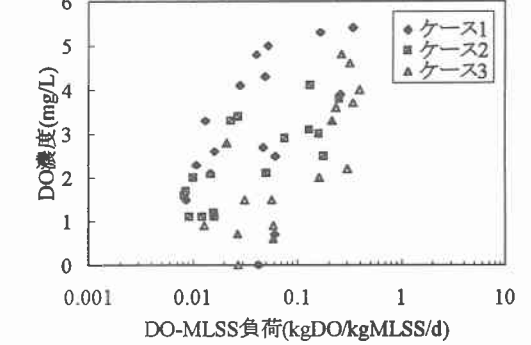


図-5 DO-MLSS 負荷と DO 濃度の関係

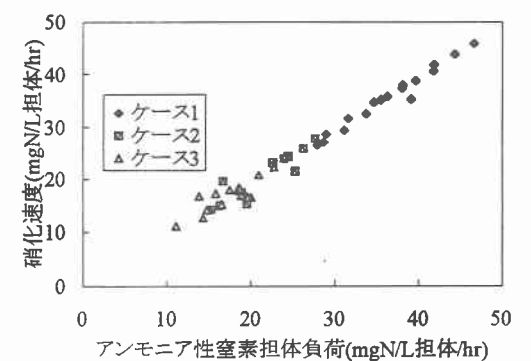


図-6 負荷と硝化速度の関係