

北海道大学工学部 船水尚行 ○山本勝一郎 高桑哲男
(株)クボタ 北川義雄

1. はじめに

栄養塩除去プラントの最適な運転管理を検討する方法の一つとして、処理場内の各ユニットをモデル化しシミュレーションによって適切な運転操作条件を定める方法がある。処理場における生物反応を表現するモデルとして、リン、窒素、有機物を同時に扱う Activated Sludge Model No 2¹⁾の利用が可能である。このモデルをシミュレーションに用いるためには、下水中の有機物の分類、及び汚泥中の従属栄養細菌、硝化菌、リン蓄積菌量に関する情報が必要となる。特に栄養塩除去を行う場合、リン除去、窒素除去ならびに好気的な従属栄養細菌の増殖に必要な有機物をどのように分配するかが運転管理のポイントの一つとなると考えられる。

本研究では、図1のようなステップ流入を行う実処理施設について最適な有機物分配と汚泥管理法を数学的モデルを用いて検討するために必要な、流入下水質の特徴付け、汚泥質の推定結果について報告する。

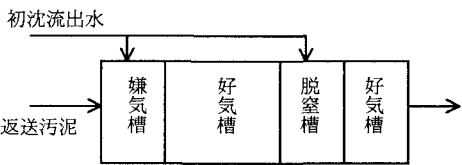


図1 処理場概要

2. 下水質と汚泥質の推定

2.1 下水質の分類及び測定法

Activated Sludge Model No 2 では、有機物を表1のように分類している¹⁾。S は溶解性有機物、X は浮遊性有機物を表す。S_A、及び S_F はともに溶解性の易分解性有機物で、発酵により S_F から S_A へ変化する。X_S は加水分解を必要とする有機物で、ゆっくりと分解される有機物である。S_I、X_I は処理場では分解できない有機物である。また、モデル中では微生物群として硝化菌、リン蓄積菌、従属栄養細菌の3つを定義しており、それぞれ X_{AUT}、X_{PAO}、X_H で表される。

全有機物量：C_{T,COD} は式(1)によって表される。

C_{T,COD}=S_A+S_F+S_I+X_S+X_H+X_I+X_{PAO}+X_{PHA}+X_{AUT} (1)

なお、S_A と S_F の和は易分解性有機物 S_S として定義され、実際には S_S と S_A が測定される。

S_S=S_A+S_F (2)

表1 有機物分類

記号	成分
S _F	有機酸以外の易分解性有機物
S _A	有機酸
X _S	ゆっくりと分解される有機物
S _I	難分解溶解性有機物
X _I	難分解浮遊性有機物
X _{AUT}	硝化菌
X _{PAO}	リン蓄積菌
X _H	従属栄養細菌

(1) 容易に分解される有機物 S_S (=S_A+S_F) の測定法

一定温度に保った密閉容器内に、試料下水、試料汚泥及び硝化反応抑制のために ATU を入れ、溶存酸素を飽和させたのち呼吸速度 (OUR) の経時変化を測定する (図2)。この OUR の経時変化パターンより Gujer²⁾の方法を用いて S_S を推定する。有機酸濃度 S_A はイオンクロマトにより直接測定し、式(2)により S_F を求める。

(2) X_S の推定法

X_S は直接測定できないため、図2の OUR の経時変化を最も良く再現する X_S 値をシミュレーションにより定める。

(3) S_I 、 X_I の算出法

回分実験における8時間後の溶解性COD値を難分解溶解性有機物 S_I とした。難分解浮遊性有機物 X_I は直接測定することが不可能なので、試料下水の全COD値から他の有機物量を差し引いた残りを X_I とした。

(4) 硝化菌 X_{AUT} 、リン蓄積菌 X_{PAO}

これらはほぼ0と仮定した。

(5) 従属栄養細菌 X_H の測定法

S_S の測定と同様、密閉容器を使用した呼吸速度の測定(図4)により算出する。ただし、活性汚泥の植種を行わずに下水中に存在する菌の対数増殖過程のOURの経時変化を測定する。この経時変化から初期呼吸速度を推定し、従属栄養細菌の初期濃度に換算する。

2.2 汚泥質の推定法

Activated Sludge Model No.2では、 X_H 、 X_{AUT} 、 X_{PAO} の3つの微生物群を定義している。これらの微生物量を推定するため試料下水と試料汚泥を用いて回分実験を行った。回分実験では、嫌気、好気、脱窒、好気の順序で経時変化を測定した。この結果と下水のキャラクタリゼーションの結果を使用してActivated Sludge Model No.2によりシミュレーションを行った。リン蓄積菌は嫌気槽でのリンの吐き出し(PO_4 -P濃度の増加)をカーブフィッティングすることにより推定した。硝化菌量は好気過程における硝酸濃度の増加と計算値の比較により、従属栄養細菌量は脱窒過程における硝酸濃度の減少と計算値の比較によりそれぞれ推定を行った。

2.3 試料下水、汚泥の採取

試料下水は札幌市内の実下水処理場の最初沈殿地流出水を冷蔵庫付きオートサンプラーで2時間おきに採取したものを混合して試験に用いた。汚泥は同じ処理場の返送汚泥を用いた。試料採取後直ちに下水質の特徴付け、回分試験を行った。

3. 実験結果

3.1 下水質

図2に S_S 測定のために行った実験のOUR経時変化を示す。呼吸速度は実験開始後から急激に減少し、30分後からは、 X_S の消費によるOURが観察される。図中の斜線部の面積が S_S の消費に用いられた酸素量として S_S 値を推定した。

図3には下水中の X_S 値を170、96、28mg/Lとした場合のOUR経時変化の計算値と実測値の比較結果を示す。図3の結果より X_S は96mg/Lと推定された。

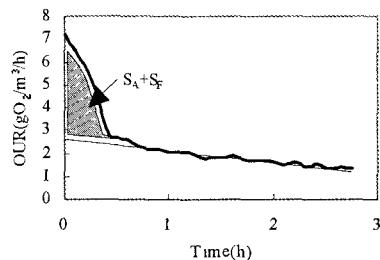


図2 S_S 測定時のOUR経時変化

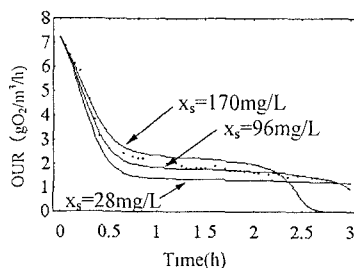


図3 X_S のシミュレーション結果

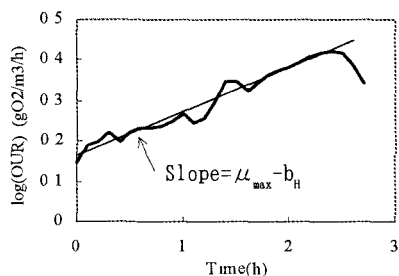


図4 対数増殖時のOUR経時変化

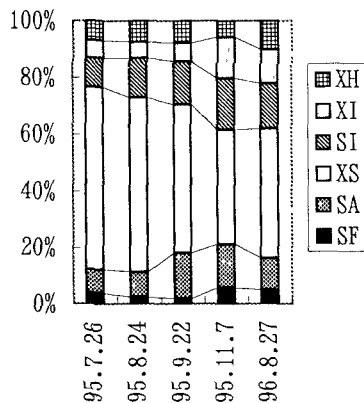


図5 下水質の推定結果

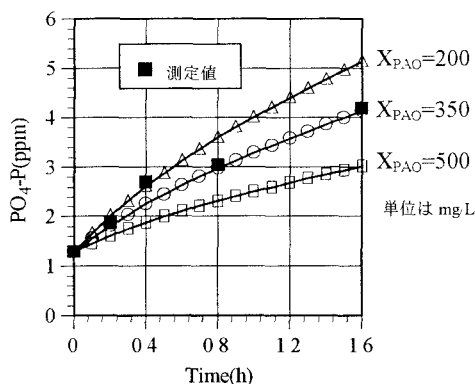


図6 嫌気槽における PO_4 -Pの経時変化

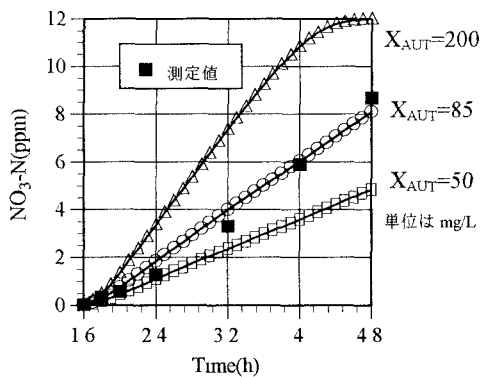


図7 好気槽における NO_3 -Nの経時変化

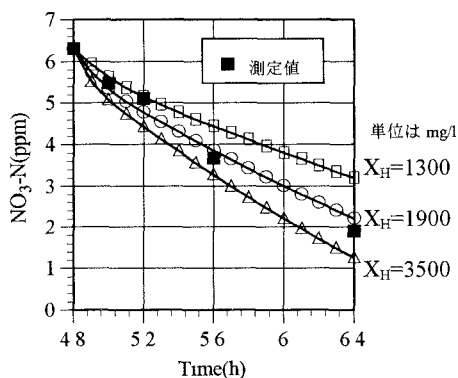


図8 脱窒槽における NO_3 -Nの経時変化

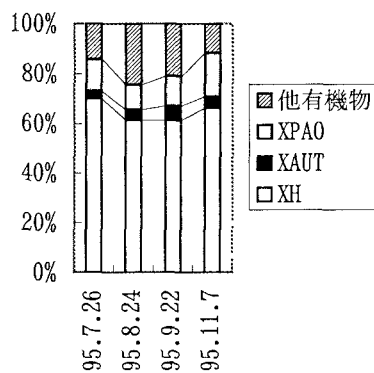


図9 汚泥質の推定

図4には対数増殖時のOURの経時変化を示す。図よりOURは指数関数的な増加を示し、従属栄養細菌の対数増殖が確認された。この結果、 $t=0$ への外挿により初期呼吸速度OUR(0)を推定した。

図5に5回の下水質測定結果を整理して各成分の存在割合を示す。測定に用いた最初沈殿池流出水的全COD値は170～220mg/Lであった。5回の測定から求めた存在割合の平均値は $S_F=4\%$ 、 $S_A=12\%$ 、 $X_S=53\%$ 、 $S_I=15\%$ 、 $X_I=9\%$ 、 $X_H=7\%$ となった。

3.2 汚泥質

4回の回分試験のうち、95年7月26日の場合について汚泥質の推定例を以下に示す。図6に回分実験での嫌気槽における PO_4 -Pの測定値とシミュレーション値との比較を示す。リン蓄積菌 X_{PAO} が350mg/Lが最も測定値に近い値を再現している。同様に図7に好気槽における NO_3 -Nの測定値とシミュレーション値との比較を示す。図8には脱窒槽における NO_3 -Nの測定値とシミュレーション値との比較を示す。この結果からCOD基準で硝化菌 X_{AUT} は85mg/L、従属栄養細菌 X_H は1900mg/Lとなった。

この様にして推定した各微生物群の存在割合を図9に示す。存在割合の平均値はCOD基準でリン蓄積菌 $X_{PAO}=13\%$ 、硝化菌 $X_{AUT}=4\%$ 、従属栄養細菌 $X_H=65\%$ であった。

【参考文献】

- 1) Henze et al Activated Sludge Model No 2, Scientific and Technical Reports, IAWQ, 1995
- 2) W Gujer and J Kappeler Estimation of kinetic parameters of heterotrophic biomass under aerobic conditions and characterization of water for activated sludge modelling, Wat Sci Tech Vol 25, No 6, pp 125-139, 1992