

(49) ATPを指標とした 余剰汚泥削減型活性汚泥モデルの構築

古崎 康哲^{1*}・榊原 隆司²・菊川 哲生³・笠原 伸介³・石川 宗孝³

¹株式会社エコソリューションネット (〒535-8585大阪府大阪市旭区大宮5丁目16-1)

²松下環境空調エンジニアリング株式会社 (〒564-0062大阪府吹田市垂水町3丁目28-33)

³大阪工業大学環境工学科 (〒535-8585大阪府大阪市旭区大宮5丁目16-1)

* E-mail: kosaki@fantasy.plala.or.jp

本研究では汚泥再基質化による余剰汚泥削減型活性汚泥法において、ATPを指標としたモデルの構築、汚泥のATP濃度分析による再基質化成分の分画、解析値と連続実験結果との比較によるモデルの評価、余剰汚泥発生量のシミュレーションを行った。

本法における再基質化処理は大きく分類して、ガス化、低分子化、細胞質漏出、細胞殺傷などがあり、現在開発されている技術の多くは後者2者である。これら2者の処理液中には、死滅して再基質化された汚泥と、死滅せず一連のシステムに影響を受けない汚泥が混在している。その比率を把握することは、各技術を一律に評価して基本設計を行うために重要であるにもかかわらず、現在まで有効な手段が得られていなかった。

本研究では、超音波による再基質化を行い、ATP測定により死滅汚泥の定量を行い、その結果をモデルに適用し、次の知見を得た。(1) 死滅汚泥の定義をATPが検出されない汚泥とし、再基質化後の汚泥を活性汚泥、死滅汚泥、溶解成分とした「再基質化・生物法」モデルを提示した。(2) 超音波照射による再基質化処理前後の汚泥のATP濃度を測定することにより、再基質化液中の懸濁成分のうち、死滅汚泥の割合を把握することができた。また、溶解成分を測定することにより、再基質化液中の各成分の含有比を算出することができた。(3) 再基質化液中の各成分の含有比を用いてモデルの解析値を求めたところ、連続実験の結果と整合することがわかり、「再基質化・生物法」モデルの有効性を示すことができた。(4) 超音波処理による「再基質化・生物法」のシミュレーションでは、曝気槽MLSSおよび再基質化成分含有比の条件設定を行うことにより、曝気槽滞留時間および超音波照射倍量を種々設定した場合の汚泥削減率、処理水水質、曝気槽内汚泥中の死滅汚泥の比率を試算することができた。

Key Words : Excess sludge, ATP analyzing, Kinetics modeling, Ultrasonic wave, Simulation

1. はじめに

活性汚泥法等の好気性生物処理工程において余剰汚泥発生量を抑制する技術は、近年、様々な手法が研究開発されている。それらの中で、余剰汚泥に物理・化学的あるいは生物学的な処理を行い、汚泥を生物分解可能な物質に変換・改質(再基質化)し、再基質化液を曝気槽へ返送して、再度生物処理することで余剰汚泥を削減する方法(以下、「汚泥再基質化による余剰汚泥削減型活性汚泥法」または「再基質化・生物法」と略す。)が多様に開発されている。

再基質化・生物法は、汚泥再基質化プロセスと、再基

質化液を再度生物処理する生物処理プロセスからなる余剰汚泥削減システムである。

汚泥再基質化プロセスには、超音波¹⁾、水熱反応²⁾、オゾン³⁾、ウォータージェット⁴⁾、湿式ピーズミル⁵⁾、好熱細菌⁶⁾、高速回転ディスク⁷⁾など種々の方法が用いられており、いずれも汚泥の主要構成成分である細菌類に対してダメージを与えることを目的としている。これらの処理によって汚泥中の細菌類等は、CO₂等への分解(ガス化)、細胞壁等が溶解するまでの分解(低分子化)、細胞壁が破碎され細胞由来成分が溶出(細胞質漏出)、細胞由来溶出はないが微生物活性を失う(細胞殺傷)といった状態へと改質される⁸⁾。いずれも改質された汚泥は

その一部もしくは大部分が微生物活性を失い、それらは生物機能による代謝分解が可能な物質となる。筆者らはこれを汚泥の「死滅」と定義し、汚泥再基質化の必要条件であるとしている。

これら再基質化・生物法を同一の方法として取り扱い、体系化して、汚泥削減のメカニズムを理論化し、モデル化することは、再基質化プロセスの比較検討および、装置規模、再基質化処理量、汚泥削減率、処理水水质設定等の基本設計を行うにおいて重要なことである。筆者らは既に汚泥再基質化の概念について体系化し、「再基質化・生物法」のモデルを提案し、水熱反応による再基質化に適用して検証し、本モデルが有効であることを示している²⁾。

しかしながら、水熱反応では160℃以上の高温によって、処理された余剰汚泥は全てが「死滅」して再基質化するのに対し、細胞質漏出や細胞殺傷の汚泥再基質化プロセスは、処理液中に再基質化されていない汚泥も混在した状態である。このような状態の再基質化液においては、死滅汚泥と活性を有する汚泥との存在比率を把握することが、装置の処理能力の優劣を評価したり、基本設計を行うにおいて必要である。

死滅汚泥の割合を把握する手段として、筆者らは主に超音波による再基質化において、曝気槽内汚泥の生菌数⁹⁾や、再基質化液の酸素消費能力測定¹⁰⁾等によるアプローチを試みたが、いずれも汚泥削減率との有意な関係は得られなかった。そこで、再基質化後に汚泥が微細化されることに着目して、処理前後の汚泥の粒径分布を測定することにより、再基質化成分の分画が可能であることを示した¹⁰⁾。しかしながらこの方法は、再基質化の要件である汚泥の「死滅」を直接表現したものではない。

以上のことから本研究ではATPを死滅の指標とすることで、細胞質漏出や細胞殺傷の再基質化プロセスにおいて「再基質化・生物法」モデルの適用が可能であるかどうかの検討を行った。ATPは生細胞内にのみ存在し、微生物が死滅した場合には速やかに消失する。活性汚泥に対する応用手法についても報告されている^{11,12)}ことから、死滅汚泥の定量に有効な手段であると考えられる。

本研究では、ATPを指標とした「再基質化・生物法」モデルの構築を行い、超音波による汚泥再基質化においてATP分析を行い、処理前後のATP濃度を比較することにより、「死滅」汚泥の定量を試みた。

次に、この手法で定量化された再基質化液の死滅汚泥の比率をモデルに適用して解析を行い、連続実験による実測値と比較することで、モデルの有効性について検討した。

さらに、本モデルにおいて超音波処理量および曝気槽

運転条件等を種々設定して余剰汚泥発生量のシミュレーションを行い、基本設計への応用を考慮した解析結果の活用方法についても提案した。

2. ATPを指標としたモデルの構築

(1) 再基質化の定義

図-1に、再基質化の定義を示す。ここで、再基質化の定義および仮定を下記の通りとする。

- ① 微生物活性を有する汚泥を「活性汚泥」とし、再基質化された汚泥を「死滅汚泥」とする。
- ② 処理前後の汚泥成分は、有機炭素成分をC (mg-TOC/L)、浮遊物質(SS)成分をX (mg-SS/L)とする。
- ③ 処理前の活性汚泥は懸濁成分のみとし、有機炭素成分を C_0 、SS成分を X_0 とする。
- ④ 処理後の汚泥は懸濁成分(C_p , X_A)と溶解成分(C_d)に分類される。
- ⑤ 溶解成分の定義は、12 μ m以下の成分とする。
- ⑥ 処理後の懸濁成分は活性汚泥(C_s , X_S)と死滅汚泥(C_e , X_e)に分類される。
- ⑦ 死滅汚泥の割合は、再基質化処理前後の汚泥のATP減少率から算出する。
- ⑧ 処理によって再基質化される成分を、死滅汚泥と溶解成分とする。
- ⑨ 活性汚泥、死滅汚泥のSS成分は、有機炭素成分に転換係数を乗じて算出するものとし、それぞれ α 、 β とする。

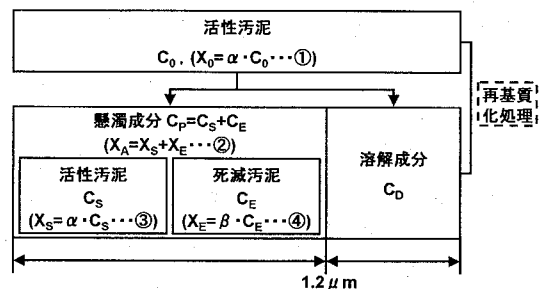


図-1 再基質化の定義

(2) 物質収支モデル

図-2、3にそれぞれ有機炭素成分、およびSS成分の物質収支モデルを示す。曝気槽内の汚泥の一部を「再基質化処理装置」によって再基質化して再び曝気槽へ返送し、槽内の「活性汚泥」により分解されるものとした。

ここで、 V_X : 曝気槽容量(L)、 Q : 流量(L/day)、 C_W : 流入基質濃度(mg-TOC/L)、 C_S : 活性汚泥濃度(mg-TOC/L)、 C_E : 死滅汚泥濃度(mg-TOC/L)、 C_D : 溶解成分濃度(mg-TOC/L)、 X_S : 活性汚泥濃度(mg-SS/L)、 X_E : 死滅汚泥濃度

(mg-SSL)である。

物質収支モデルにおける仮定を下記の通りとする。

- ① 流入水および処理水は溶存成分のみとする。
- ② 活性汚泥 X_S は、流入基質、再基質を分解できる。
- ③ 死滅汚泥 X_E は、流入基質、再基質を分解できない。

その他モデルにおける仮定は、既報²⁸⁾に従うものとする。

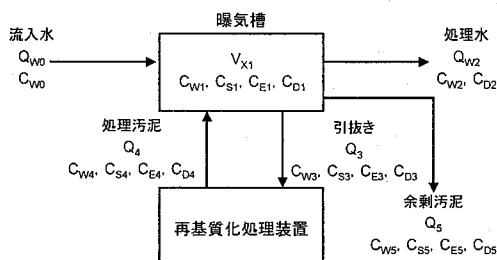


図-2 物質収支モデル (有機炭素成分)

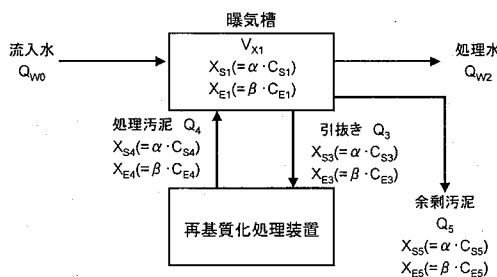


図-3 物質収支モデル (SS成分)

(3) モデル式と定常状態での解析式

基質、再基質の分解・増殖、および物質収支式を以下に示す (式中の記号の説明は表-2参照)。

反応式	
基質の分解	
$\frac{dC_W}{dt} = -k_W \cdot \frac{C_W}{K_{SW} + C_W} \cdot X_S \quad \dots (1)$	
$\frac{dC_D}{dt} = -k_D \cdot \frac{C_D}{K_{SD} + C_D} \cdot X_S \quad \dots (2)$	
$\frac{dC_E}{dt} = -k_E \cdot \frac{C_E}{K_{SE} + C_E} \cdot X_S \quad \dots (3)$	
汚泥の増殖	
$\begin{aligned} \frac{dC_S}{dt} = & Y_W \left(k_W \cdot \frac{C_W}{K_{SW} + C_W} \cdot X_S \right) + Y_D \left(k_D \cdot \frac{C_D}{K_{SD} + C_D} \cdot X_S \right) + Y_E \left(k_E \cdot \frac{C_E}{K_{SE} + C_E} \cdot X_S \right) - b_C \cdot X_S \\ = & \left(Y_W \cdot k_W \cdot \frac{C_W}{K_{SW} + C_W} + Y_D \cdot k_D \cdot \frac{C_D}{K_{SD} + C_D} + Y_E \cdot k_E \cdot \frac{C_E}{K_{SE} + C_E} - b_C \right) \cdot X_S \quad \dots (4) \end{aligned}$	
$\frac{dC_X}{dt} = \frac{dC_W}{dt} + \frac{dC_D}{dt} + \frac{dC_S}{dt} + \frac{dC_E}{dt} \quad \dots (5)$	
物質収支式	
$V_{X1} \left(\frac{dC_{W1}}{dt} \right) = Q_{W0} \cdot C_{W0} - Q_{W2} \cdot C_{W2} - Q_3 \cdot C_{W3} + V_{X1} \left(\frac{dC_{W1}}{dt} \right)_{V_{X1}} \quad \dots (6)$	
$V_{X1} \left(\frac{dC_{D1}}{dt} \right) = -Q_{W2} \cdot C_{D2} - Q_3 \cdot C_{D3} + Q_4 \cdot C_{D4} - Q_5 \cdot C_{D5} + V_{X1} \left(\frac{dC_{D1}}{dt} \right)_{V_{X1}} \quad \dots (7)$	
$V_{X1} \left(\frac{dC_{S1}}{dt} \right) = -Q_3 \cdot C_{S3} + Q_4 \cdot C_{S4} - Q_5 \cdot C_{S5} + V_{X1} \left(\frac{dC_{S1}}{dt} \right)_{V_{X1}} \quad \dots (8)$	
$V_{X1} \left(\frac{dC_{E1}}{dt} \right) = -Q_3 \cdot C_{E3} + Q_4 \cdot C_{E4} - Q_5 \cdot C_{E5} + V_{X1} \left(\frac{dC_{E1}}{dt} \right)_{V_{X1}} \quad \dots (9)$	

3. 実験方法

(1) 汚泥のATP濃度測定

ATP濃度の測定は再基質化前後の汚泥に対して、TCA抽出、ルフェニンブルー発光法により、生物発光・化学発光装置(株明電舎製UPD-4000)を用いて行った^{11,12)}。

超音波による再基質化は、MLSS濃度10,000 mg/Lの汚泥100 mLに対し、超音波照射装置 ((有)カワリマナリ製、振動子: 36 φ, 周波数: 20kHz, 出力: 150W) により行った。

再基質化の対象となる汚泥は、活性汚泥反応槽を用いて、肉球ス、ペプトン、グルコース、を主成分とする人工下水により培養されたもので、再基質化の影響を受けていない汚泥とした。

(2) 回分実験

流入基質、再基質および活性汚泥の動力学パラメータ値を算出するために回分実験を行った。

再基質化は、超音波装置 ((有)カワリマナリ製、振動子: 36 φ, 周波数: 20kHz) により行った。実験方法は2Lの回分式反応槽に、超音波処理汚泥 ((I)と同様の処理条件) 0.5L, 超音波処理に馴致された汚泥 (連続実験により馴致されたもの) 1.0Lを投入し、曝気量1.0L/minで行い、所定時間ごとに採水・分析を行った。

パラメータ算出は、MLSSおよびDOCの測定結果を用いてL-Bプロットにより、各基質分解時における汚泥転換率(Y), 自己酸化率(b), 分解速度(k), 飽和定数(K_S)を算出した。

(3) 連続実験

連続実験結果は、既報の値を用いた¹⁰⁾。実験方法の概略は次のとおりである。実験装置は有効容量17Lの曝気槽、有効容量10Lの沈殿槽を有する活性汚泥試験装置 ((株)宮本製作所製) を使用した。原水は、肉球ス、ペプトン、グルコースを主成分とする人工下水を使用し、曝気槽への流入TOCが80mg/L (BOD換算で200mg/L) となるように24時間連続投入した。超音波照射系においては、返送汚泥の一部を(I)と同様の超音波照射装置により150W, 5minで再基質化処理を行った。表-1に実験条件を示す。

表-1 実験条件¹⁰⁾

		HRT hr	流入TOC mg/L	MLSS mg/L	超音波照射量 g/day
RUN1	対照系	12	80	3,200	—
	照射系			3,200	5.7
RUN2	対照系	16	80	4,400	—
	照射系			4,600	3.2
RUN3	対照系	24	80	4,300	—
	照射系			4,000	1.9

4. ATPを指標としたモデルの評価

(1) ATPによる懸濁成分の分画

図-4に再基質化処理液の単位汚泥（懸濁性有機炭素成分）当たりのATPの変化を示す。超音波照射により再基質化された汚泥は照射前と較べてATPの濃度が減少し、処理前からの減少率は、照射時間5, 15, 25 minにおいてそれぞれ38, 48, 49%であった。このことは、再基質化処理によって死滅汚泥が生成したことを示している。以上の結果より、死滅汚泥 C_E をATP減少分とし、照射時間5, 15, 25 minの場合、 $C_S : C_E$ はそれぞれ0.62 : 0.38, 0.52 : 0.48, 0.51 : 0.49となった。

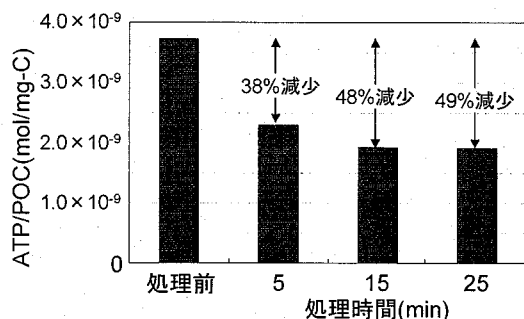


図-4 単位汚泥（有機炭素成分）当たりのATP

(2) 再基質化液の各成分含有比率の算出

図-5に懸濁成分、溶解成分の含有比を示す。処理時間が長くなるにつれて微生物活性を有する活性汚泥の割合が減少し、死滅汚泥および溶解成分の割合が大きくなることを示している。これらの結果を図-1における各成分の含有比率として適用し、照射時間5, 15, 25 minの場合、 $C_S : C_E : C_D$ はそれぞれ、0.58 : 0.36 : 0.06, 0.46 : 0.43 : 0.11, 0.45 : 0.43 : 0.12となった。

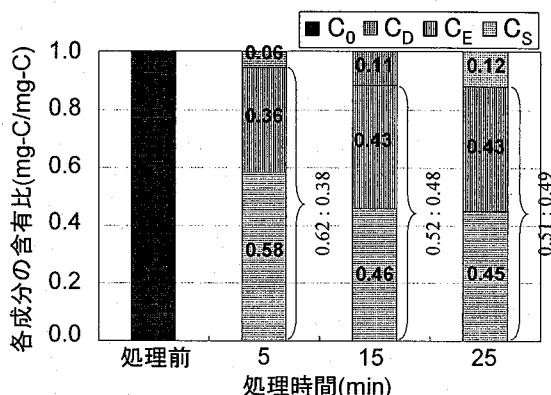


図-5 超音波照射による再基質化汚泥の成分構成

(3) 各基質成分のパラメータ算出

表-2に、回分実験結果から得られた、汚泥の自己酸化率、流入基質、溶解成分、死滅汚泥の分解および増殖に関するパラメータを示す。

表-2 各基質成分のパラメータ値

自己酸化率	b_X : 自己酸化率(SS成分) (1/day)	0.02
	b_C : 自己酸化率(炭素成分) (1/day)	0.008
流入基質	Y_W : 微生物収率(kg-TOC/kg-TOC)	0.752
	k_W : 分解速度(1/day)	1.96
溶存成分	K_{SW} : 飽和定数(mg-TOC/L)	361
	Y_D : 微生物収率(kg-TOC/kg-TOC)	0.484
死滅汚泥	k_D : 分解速度(1/day)	1.33
	K_{SD} : 飽和定数(mg-TOC/L)	904
死滅汚泥	Y_E : 微生物収率(kg-TOC/kg-TOC)	0.083
	k_E : 分解速度(1/day)	0.03
	K_{SE} : 飽和定数(mg-TOC/L)	189

(4) 連続実験結果との比較によるモデルの評価

図-6に、表-2のパラメータと、図-5における超音波処理時間5 minの結果を用いて算出した、余剰汚泥発生量の解析値および、連続実験結果を示す。また、図-7に処理水DOCの解析値および連続実験結果を示す。連続実験結果は既報の値を用いた¹⁰⁾。曝気槽HRTを変化させた各条件において、対照系、照射系のいずれにおいても解析値は実測値と整合しており、ATPを指標とした本モデルは、「再基質化・生物法」の解析に有効であることがいえる。

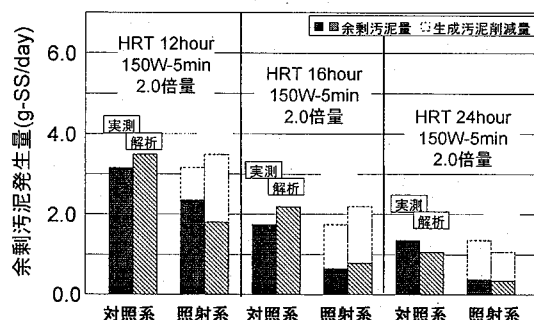


図-6 生成汚泥量の実測値および解析値の比較

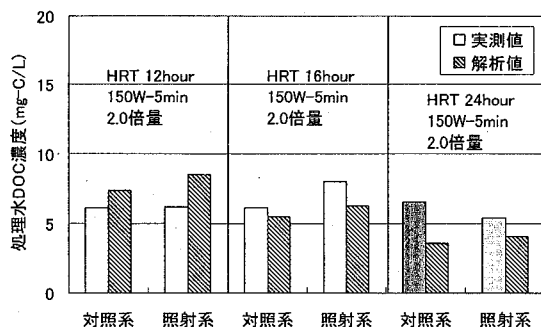


図-7 処理水DOCの実測値および解析値の比較

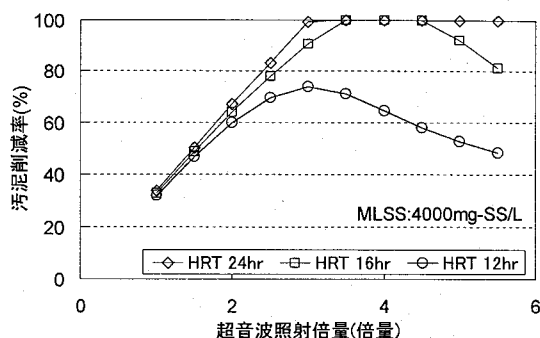


図-8 超音波照射倍量と汚泥削減率の関係

5. シミュレーションによる操作条件の検討

次に、表-3に示す運転条件で、超音波処理による「再基質化・生物法」のシミュレーションを行った。図-8に超音波照射倍量と汚泥削減率の関係、図-9に超音波照射倍量と曝気槽内の活性汚泥(X_S)、死滅汚泥(X_E)の割合、図-10に超音波照射倍量と処理水DOCの関係を示す。ここで超音波照射倍量とは、超音波を照射せずに運転(対照系)した際の余剰汚泥発生量を1倍量とし、1~5倍量に変化させて解析を行った。

表-3 解析における運転条件	
曝気槽滞留時間HRT (hr)	12, 16, 24
MLSS (mg/L)	4,000
超音波照射倍量 (倍量)	1~5
超音波照射時間 (min)	5
再基質化成分含有比 (活性汚泥 : 死滅汚泥 : 溶存成分)	0.58 : 0.36 : 0.06

図-8に示すとおり、いずれの曝気槽滞留時間においても、照射倍量の増加とともに汚泥削減率は向上するが、曝気槽HRTが12, 16hrにおいては照射倍量を大きくした場合、削減率が低下に転じる結果が得られた。これは、図-9に示すように、照射倍量が高くなるほど曝気槽中で死滅汚泥(X_E)の占める割合が高くなり、活性汚泥の割合が減少して死滅汚泥の分解ができなくなるためと考えられる。また、活性汚泥(X_S)の割合が小さくなることにより基質除去能力が低下するため、図-10に示すように処理水DOC濃度が高くなる結果となる。

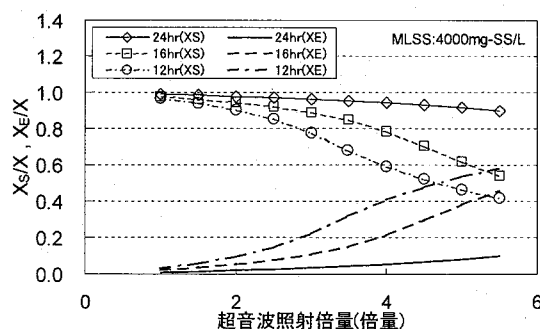


図-9 超音波照射倍量と X_S/X , X_E/X の関係

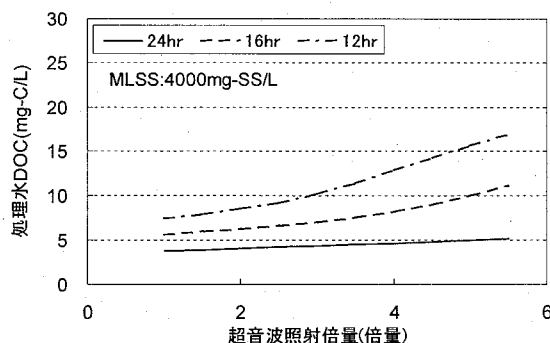


図-10 超音波照射倍量と処理水DOCの関係

6. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 再基質化後の汚泥を活性汚泥、死滅汚泥、溶解成分の3つの成分とした「再基質化・生物法」モデルを提示した。
- (2) 再基質化前後の汚泥のATP濃度を測定することにより、再基質化液中の懸濁成分のうち、死滅汚泥の割合を把握することができた。また、溶解成分を測定することにより、再基質化液中の各成分の含有比を算出す

ることができた。

- (3) 再基質化液中の各成分の含有比を用いてモデルの解析値を求めたところ、連続実験の結果と整合することがわかり、「再基質化・生物法」モデルの有効性を示すことができた。
- (4) 超音波処理による「再基質化・生物法」のシミュレーションでは、曝気槽MLSSおよび再基質化成分含有比の条件設定を行うことにより、曝気槽滞留時間および超音波照射倍量を種々設定した場合における、汚泥削減率、処理水水质、曝気槽内汚泥中の死滅汚泥の比率を試算することができた。

今回の研究においては「再基質化・生物法」を超音波による再基質化について行ったが、本モデルは他の細胞質漏出および細胞殺傷による再基質化技術も同様に評価できるものである。本研究はこれら再基質化処理技術を一律に評価するための基礎モデルとして提示されたものであり、今後さらにパラメータ値に関する知見の蓄積やモデルの改良を行い、より実用性の高いものとする必要がある。

謝辞：本研究の一部は私立大学学術研究高度化推進事業（産学連携研究推進事業）として行われたものである。また、研究を進めるにあたって、大阪工業大学衛生工学研究室の方々から多大なご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 見手倉幸雄，古崎康哲，奥田友章，甲斐智子，笠原伸介，石川宗孝：超音波を用いた余剰汚泥削減メカニズムに関する研究，環境工学研究論文集，Vol.40, pp. 11-21, 2003.
- 2) 奥田友章，村上定暁，笠原伸介，石川宗孝：水熱反応を利用した余剰汚泥削減型活性汚泥法に関する研究，環境工学研

究論文集，Vol.39, pp.43-54, 2002

- 3) 安井英育，深瀬哲朗，堺好雄，松橋隆治：余剰汚泥を生成しない活性汚泥法の運転，環境技術，Vol. 28, No.8, pp.527-531, 1999.
- 4) 中村裕紀，麻生伸二，佐藤一教：ウォータージェットを用いた生成汚泥量低減プロセスの基礎検討，第 38 回下水道研究発表会講演集，pp.848-850, 2001.
- 5) 名和慶東：ミル破碎工程を含む汚泥減容化の研究，環境技術，Vol.28, No.8, pp.562-565, 1999.
- 6) 塩田憲明，赤司昭，長谷川進：好熱細菌を利用した余剰汚泥の発生しない活性汚泥法，環境技術，Vol.28, No.8, pp.532-534, 1999.
- 7) 今井剛，浮田正夫，深川勝之，河村友喜，関根雅彦，樋口隆哉：高速回転ディスクによる余剰汚泥の高効率可溶化処理に関する研究，環境工学研究論文集，Vol.38, pp.131-139 2001
- 8) 石川宗孝：物理化学的手法による汚泥減量化技術，環境浄化技術，Vol.3, No.5, pp.1-7, 2004.
- 9) 分林静人，甲斐智子，石川宗孝，笠原伸介，古崎康哲：超音波を用いた余剰汚泥削減システムにおける超音波処理量の影響，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，Vol.58, pp.227-228, 2003.
- 10) 見手倉幸雄，古崎康哲，榊原隆司，安藤卓也，石川宗孝，笠原伸介：超音波を用いた余剰汚泥削減システムに関する研究，環境工学研究論文集，Vol.39, pp.31-41, 2002.
- 11) 橋本奨，岩堀恵祐：活性汚泥法制御における微生物の濃度評価(I)，用水と廃水，Vol.28, No.7, pp.673-685, 1986.
- 12) 杉崎雅人，福岡正芳：活性汚泥中微生物の活性変化，第 27 回下水道研究発表会講演集，pp.632-634, 1990.
- 13) 菊川哲生，分林静人，石川宗孝，笠原伸介：超音波を用いた余剰汚泥削減型排水処理システムのモデル化，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集，Vol.59, pp.105-106, 2004.

(2006.5.26 受付)

Modeling of an Activated Sludge Process Without Excess Sludge Production Using Indicator from ATP Analysis of Sludge

Yasunori KOSAKI¹, Takashi SAKAKIBARA², Tetsuo KIKUGAWA³, Shinsuke KASAHARA³ and Munetaka ISHIKAWA³

¹Eco Solution Net Corp.

²Matsushita Environmental Air Conditioning Eng. co. Ltd.

³Dept. of Environmental Engineering, Osaka Institute of Technology

In this work, we used modeling by ATP concentration of sludge as an indicator in order to classify sludge converted into substrate by ATP analysis of sludge, then comparing the examination results with those obtained by simulation of excess sludge in the activated sludge process.

As a result: (1) By assuming that extinction sludge is not detected by ATP, converted sludge was classified into activated sludge, extinction sludge and soluble matter. Then a "Conversion to substrate and biodegradation of sludge" model was developed using an indicator from ATP analysis of sludge. (2) The concentration ratio of activated sludge and extinction sludge in suspended matter was clarified by analyzing the ATP concentration of sludge that was converted to substrate by an ultrasonic processing reactor. The concentration ratios of the three components in converted sludge were estimated by adding the soluble matter concentration. (3) Simulated values obtained from the model based on applying the concentration ratios of converted sludge following ultrasonication were consistent with the results obtained from continuous experimentation. Therefore, the "Conversion to substrate and biodegradation of sludge" model is considered available for analysis of activated sludge process without excess sludge production. (4) On simulation of this model by ultrasonication, the reduction ratio, water quality of effluent and ratio of extinction sludge in the aeration tank could be estimated by setting parameters of MLSS, the concentration ratio of the converted ratio under the various operation conditions.