

懸濁成分の分解過程を考慮に入れた余剰汚泥削減シミュレーション

大阪工業大学大学院

学生会員 ○小川雄生

(株) 西原環境テクノロジー 非 会 員 菊川哲生

大阪工業大学工学部

正 会 員 石川宗孝 笠原伸介

1.はじめに

著者ら¹⁾は、標準活性汚泥法の返送汚泥の一部に超音波処理を適用すると、処理後に残存する懸濁成分が曝気槽内で分解されるため、可溶化される量以上に余剰汚泥が削減されることを報告している。本研究では、施設設計および運転における最適条件の把握を目的として、懸濁成分の分解を考慮に入れた余剰汚泥削減型活性汚泥法のモデル化を試みた。また、解析値と実測値の比較により、本モデルの妥当性の検討を行った。

2.余剰汚泥削減モデルの構築と汚泥成分の分類

超音波を用いた余剰汚泥削減型活性汚泥法のモデル化を行うために超音波処理後の汚泥成分を定量的に分類し、分類された成分をもとにモデルを構築した。本研究では、超音波処理後の懸濁成分のうち、ATP が減少したものを死滅汚泥、ATP が減少しなかったものを活性汚泥と定義した。図-1 に、超音波処理による汚泥の成分分類および余剰汚泥削減モデルを示す。本モデルでは、汚泥の成分を有機炭素成分、SS のみで考えた。処理後の汚泥は懸濁成分(C_p , X_A)と溶存成分(C_D)に分類され、その中でも懸濁成分は、処理を行っても活性を維持したままの活性汚泥(C_s , X_s)、処理により微生物が死滅した死滅汚泥(C_E , X_E)と仮定した。処理後の汚泥は曝気槽に返送され、曝気槽内の微生物により異化(C_E , X_E , C_D)、一部は同化(C_E , X_E , C_D)されるとする。

グルコース、ペプトンを主成分とする人工下水で馴致した活性汚泥を SS 濃度 10,000mg/L に調整した後、トールビーカーに 100mL 投入し、超音波発信機(日本精機㈱社製、振動子 7φ、周波数 20kHz)を用いて、処理時間 5、15 および 25min 行った。処理前後の SS、TOC、DOC および ATP を測定することにより、DOC 溶出率、SS 減少率および懸濁成分の微生物活性について評価した。図-2 に超音波処理による DOC 溶出率と SS 削減率、図-3 に超音波処理後の ATP を示す。処理時間を長くするほど SS 減少率と DOC 溶出率は高くなった。ATP に関しては処理時間を長くするほど低下し、ATP/POC も同様に処理時間を長くするほど、処理後に残存する懸濁成分の微生物活性は低下した。このことから、超音波処理により微生物活性が失われることが明らかとなった。図-4 に、各成分の分類および定量結果を示す。超

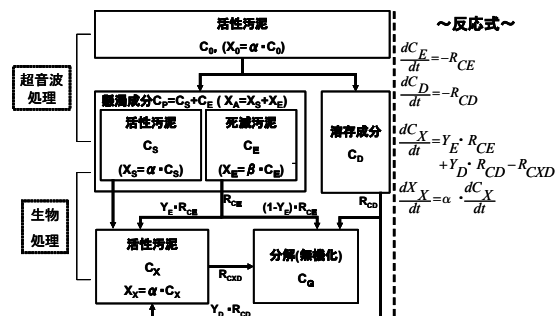


図-1 超音波を用いた余剰汚泥削減モデル

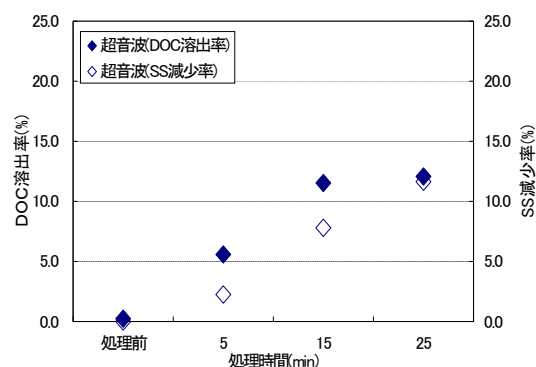


図-2 超音波処理による DOC 溶出率と SS 減少率

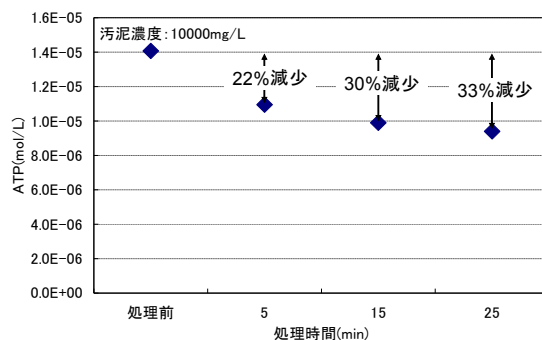


図-3 超音波処理後の ATP

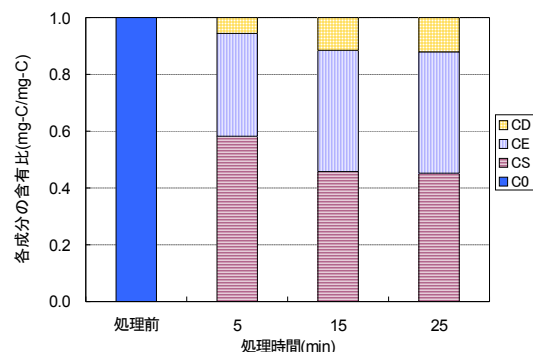


図-4 各成分の分類および定量結果

好気性余剰汚泥汚泥削減 シミュレーション 超音波処理 ATP

〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16-1 Tel06-6954-4083 Fax06-6494-0389

音波処理により、活性汚泥(C_S)の割合は処理時間の増加に伴い減少し溶存成分と死滅汚泥の割合は処理時間の増加に伴い増加した。このことから、超音波処理により生物分解し易い成分は増加することが確認され、基質の分解速度が向上し、余剰汚泥削減が可能となったと考えられる。

3.余剰汚泥削減効果のシミュレーション解析

シミュレーション解析に必要な動力学パラメータの算出を回分実験により行なった。基質の分解は、いずれも Monod 型反応式【 $dC/dt=k \cdot C/(K_s+C) \cdot X$ 】に従うものと仮定した。図-5 に曝気槽周りの物質収支を示す。反応槽内の MLSS、DOC および POC を測定し、その結果を用いて L-B プロットを行い、 Y 、 b 、 k および K_s をそれぞれ算出した。表-1 に、算出した動力学パラメータを示す。超音波を用いた余剰汚泥削減型活性汚泥法では、可溶化率が微少であるため、懸濁成分の曝気槽内での分解が余剰汚泥削減率を左右する。そこで、死滅汚泥のパラメータの整合性を確認するため、回分実験より得られた結果とシミュレーション解析により得られた結果を比較することにより回分実験で得られた死滅汚泥のパラメータの評価を行った。懸濁成分の経時変化をとったところ、多少のばらつきが確認されたものの、概ね実測値と解析値は同じ傾向を示しており、時間の経過に伴い懸濁成分(C_p , X_A)の分解が確認された。また、投入汚泥中の死滅汚泥の割合を 100%、50%および 0%と変化させ、曝気槽内の懸濁成分をシミュレーションにより求めた。これにより、投入汚泥中の死滅汚泥の割合が多いほど懸濁成分の減少が早く、ATP の減少で懸濁成分(C_p , X_A)の分解速度は向上することが確認された。これらのことで、死滅汚泥のパラメータ値の有効性が示され、ATP の減少により懸濁成分の分解速度が向上し、余剰汚泥削減が達成されていることが明らかとなった。

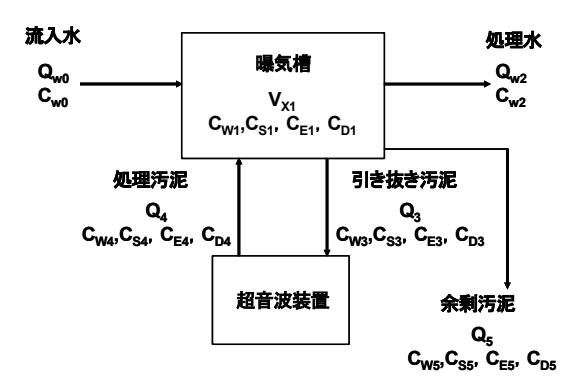
図-6 に連続実験の解析結果と実測値の比較を示す。HRT が 12、16 および 24 と長くなるにつれ汚泥削減率が上昇した。解析結果は、実測値から求めた連続実験において余剰汚泥の削減率が HRT に依存しているということをよく表した。このことから本モデルの妥当性が証明された。

5.おわりに

超音波処理後の汚泥成分を TOC で表すことで、生物分解過程をモデルで表現することが出来た。また、DOC 溶出率、ATP/POC により定量的に分類し、それに基づいてシミュレーションを行ったところ、実測値と解析値はほぼ同じ傾向を表した。これより、本モデルの妥当性が示唆された。今後の課題として、シミュレーション解析を行い余剰汚泥削減に最適な条件を求めること、また、本モデルが実施設に用いる事が可能か検討する必要がある。

【参考文献】

- 1)見手倉他:超音波を用いた余剰汚泥削減システムに関する研究，環境工学論文集，Vol.39，pp.31-41，2002
- 2)菊川他：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，土木学会年次学術講演会　講演概要集，Vol.59,pp.105-106,2004



Q;流量(L/day),C;有機炭素成分(mg/L),V;反応槽容量

図-5 曝気槽周りの物質収支

表-1 各基質の動力学パラメータ値

	項目	単位	
流入基質	汚泥転換率	a_w	kg-SS/kg-C 1.88
	微生物収率	$Y_w(a_w/\alpha)$	kg-C/kg-C 0.752
	分解速度	k_w	1/day 1.96
	飽和定数	K_{sw}	mg/L 361
溶溶性基質	汚泥転換率	a_D	kg-SS/kg-C 1.21
	微生物収率	$Y_D(a_D/\alpha)$	kg-C/kg-C 0.484
	分解速度	k_D	1/day 1.33
	飽和定数	K_{sD}	mg/L 904
死滅汚泥	汚泥転換率	$a_E(Y_E \times \alpha)$	kg-SS/kg-C 0.264
	微生物収率	Y_E	kg-C/kg-C 0.106
	分解速度	k_E	1/day 0.031
	飽和定数	K_{sE}	mg/L 369
自己酸化率		b_X	1/day 0.03
		$b_C(b_X/\alpha)$	1/day 0.01
活性汚泥の有機炭素成分から活性汚泥への転換係数			α kg-SS/kg-C 2.5
死滅汚泥の有機炭素成分から死滅汚泥への転換係数			β kg-SS/kg-C 2.7

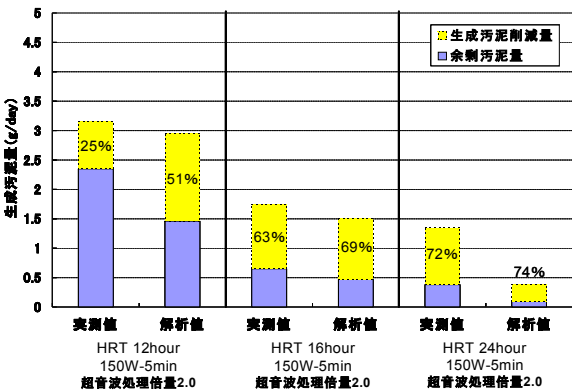


図-6 連続実験の解析結果と実測値の比較