

II-491 基質代謝における有機物質の酸化率に関する基礎的研究

日本大学大学院 学生員 大滝 俊彦
 日本大学理工学部 正会員 松島 眸

1. はじめに

活性汚泥は微生物群の集合体で、その性状特性は介在する微生物群のエネルギー要求と消費の結果であり、性状特性の決定には摂取された有機物質の酸化率の程度に重要な意味があると考えられる。本研究では、好氣的環境下において、基質の炭素、窒素の負荷強度や運転上の操作因子の条件あるいは基質供給方式の相違等が活性汚泥に摂取された有機物質の酸化率に及ぼす影響について検討した。

2. 試験方法

一連の試験は、基質 C/N比を様々に設定し、基質の供給方式が連続式あるいは半連続式の完全混合型を用いて行った。基質の組成（L-N系基質と称する）を表-1 に示す。尿素の投入量を変量として基質C/N比を調製した。基質代表例を表-2 に示す。完全混合型連続式装置は曝気槽容積9ℓ、沈殿槽容積5ℓによって構成され、水理的滞留時間は 8時間、汚泥返送比は30%となるように流量調整した。曝気槽内汚泥量制御のため活性汚泥を引抜き SRTを設定した。完全混合型回分式装置は、曝気槽容積15ℓで、曝気停止後30分間静置して活性汚泥を分離、上澄液を排水したのち基質を供給（混合液量の75%）そして曝気を再開する1行程8時間のFill & Draw方式で行った。基質投与は1日3回とし、3回目の基質投与直前に混合液を採取し、その後設定SRTに対応する汚泥量を抜取り、曝気停止、処理水の採取した。

表-1 基質成分表*

	L-N
グルコース	0.28 gm/ℓ
尿素	0.012gm/ℓ
カリウム	0.04 gm/ℓ
スクロース	0.01 gm/ℓ
ブドウ糖	0.01 gm/ℓ

無機栄養塩含有液

A液(リソ酸緩衝液)	0.3mℓ/ℓ
B液(MgSO ₄)	2 mℓ/ℓ
C液(CaCl ₂)	4 mℓ/ℓ
D液(FeCl ₃)	4 mℓ/ℓ

(*1ℓあたりのL-N系基質の成分)

表-2 基質の水質**

	L-N	H-N
TOC	127	149
TN	8.3	58.7
PO ₄ ³⁻ -P	3~6	3~6
TOC/TN	15.3	2.5

(**TOC/TNを除いてmg/ℓ)

3. 摂取されたTOCの酸化率

微生物の代謝活動において液相から摂取あるいは除去されたTOCとTN に関して、関与する微生物相が従属栄養性微生物群であると仮定し、脱窒素現象を考慮して基本の物質収支式を以下のように仮定する。

$$U(\text{TOC})_T = U(\text{TOC})_{\text{SLD}} + U(\text{TOC})_{\text{ENG}} + U(\text{TOC})_{\text{DN}} \quad (1)$$

$$U(\text{TN})_T = U(\text{TN})_{\text{SLD}} + U(\text{TN})_{\text{DN}} \quad (2)$$

ここに、 $U(\text{TOC})_T$: TOCの全比摂取速度、 $U(\text{TOC})_{\text{SLD}}$: 増殖細胞の構造構築用TOCの比摂取速度、 $U(\text{TOC})_{\text{ENG}}$: エネルギー生成用TOCの比摂取速度、 $U(\text{TOC})_{\text{DN}}$: 脱窒素用TOCの比摂取速度、 $U(\text{TN})_T$: TNの全比摂取速度、 $U(\text{TN})_{\text{SLD}}$: 増殖細胞の構造構築用TNの比摂取速度、 $U(\text{TN})_{\text{DN}}$: 脱窒素用TNの比摂取速度を意味する。比摂取速度とは単位時間、単位細胞量あたりの基質成分の摂取量を意味する。

式(1)について、TOCの各利用内容を全比摂取量 $U(\text{TOC})_T$ についての割合として示すと、

$$1 = (S)_{\text{SLD}} + (E)_{\text{ENG}} + (E)_{\text{DN}} \quad (3)$$

ここに、 $(E)_{\text{ENG}}$: 単位細胞量あたりに摂取された全TOC量のうち酸化される割合、 $(S)_{\text{SLD}}$: 組成用TOCの利用率、 $(E)_{\text{DN}}$: 脱窒素に消費されたTOCの利用率、 $(E)_T$: 摂取されたTOCのうち酸化された全割合を意味し、次式で定義する。

$$(S)_{\text{SLD}} = U(\text{TOC})_{\text{SLD}} / U(\text{TOC})_T ; (E)_{\text{ENG}} = U(\text{TOC})_{\text{ENG}} / U(\text{TOC})_T$$

$$(E)_{\text{DN}} = U(\text{TOC})_{\text{DN}} / U(\text{TOC})_T ; (E)_T = (E)_{\text{ENG}} + (E)_{\text{DN}} = 1 - (S)_{\text{SLD}}$$

式(2)を変形して、TNの全比摂取速度が細胞の平均的組成 (N/C) 比: $[(N/C)_{\text{SLD}} = U(\text{TN})_{\text{SLD}} / U(\text{TOC})_{\text{SLD}}]$ とTOCの比摂取速度と脱窒素のために摂取された比脱窒素速度の関係式で表し、さらに $U(\text{TOC})_T$ で除して整理すると、

$$\frac{U(\text{TN})_T}{U(\text{TOC})_T} = (N/C)_{\text{SLD}} \cdot \frac{U(\text{TOC})_{\text{SLD}}}{U(\text{TOC})_T} + \frac{U(\text{TN})_{\text{DN}}}{U(\text{TOC})_{\text{DN}}} \cdot \frac{U(\text{TOC})_{\text{DN}}}{U(\text{TOC})_T} \quad (4)$$

$$= (N/C)_{\text{SLD}} \cdot (S)_{\text{SLD}} + \{U(\text{TN})_{\text{DN}} / U(\text{TOC})_{\text{DN}}\} \cdot (E)_{\text{DN}} \\ = (N/C)_{\text{SLD}} \cdot \{1 - (E)_T\} + \{U(\text{TN})_{\text{DN}} / U(\text{TOC})_{\text{DN}}\} \cdot (E)_{\text{DN}} \quad (5)$$

式(5)をさらに $(E)_T$ について整理して次式を得る。

$$(E)_T = 1 - (C/N)_{SLD} \cdot \frac{U(TN)_T}{U(TOC)_T} + (E)_{DN} \cdot (C/N)_{SLD} \cdot \frac{U(TN)_{DN}}{U(TOC)_{DN}} \quad (6)$$

以上の内容から、代謝活動に関与する重要な基質成分として TOCとTNとを考慮する場合、摂取されたTOCの酸化率 $(E)_T$ あるいは $(E)_{ENG}$ は脱窒素量とともに基本的な関係因子として細胞の組成 (C/N) 比およびTOCとTNの比摂取速度の影響を受けることが推察される。細胞量を揮発性固形物質(MLVSS)で置換すれば $(N/C)_{SLD}$ はVSSの平均組成 N/C 比で近似され、脱窒素現象を考慮しなれば、 $(E)_{ENG}$ の値は式(6)の第2項によりあるいは式(4)を変形した式(7)による模式図に基づいて平均値として算出される。

$$[U(TN)_T - U(TN)_{DN}] = (N/C)_{SLD} \cdot [U(TOC)_T - U(TOC)_{DN}] - U(TOC)_{ENG} \quad (7)$$

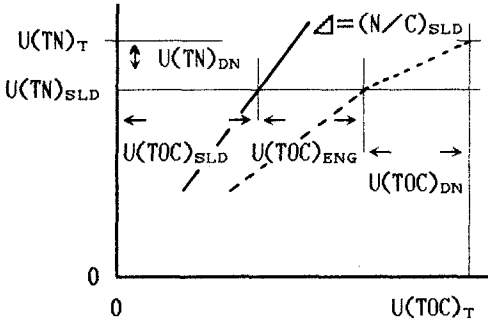
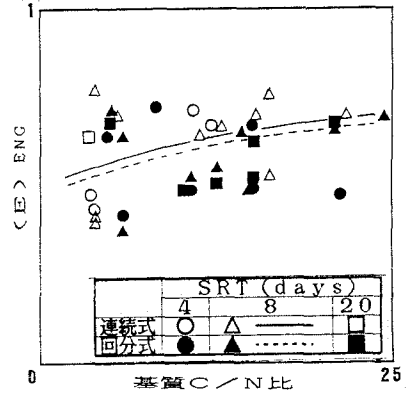


図-1 式(7)の概念図

4. 試験結果

活性汚泥が好気的環境下で連続あるいは回分培養された場合での摂取された TOCの酸化率について、脱窒素現象による比脱窒素量を無視し、 $U(TN)_T$ と $U(TOC)_T$ および $(N/C)_{SLD}$ の実測平均値を用い、細胞量を MLVSS 量で置換し、図-1 に従い平均的な値として求めた。その結果を図-2 に示す。図-2 の内容は連続式、回分式培養における基質 (C/N) 比が活性汚泥に摂取された TOC の酸化率 $(E)_{ENG}$ に及ぼす影響をまとめて図示したものである。その傾向は、連続式、回分式の双方について、基質 C/N 比が比較的小さい場合には $(E)_{ENG}$ の変動幅が大きく、基質 C/N 比が大きくなるにつれて $(E)_{ENG}$ が安定し、かつ比較的高い値を示す傾向が認められた。また、基質 C/N 比が小さい場合には $(E)_{ENG}$ に及ぼす SRT の影響が強いようである。

図-2 $(E)_{ENG}$ に及ぼす基質 C/N 比の影響



5. むすび

好気性代謝を行う微生物のエネルギー利用効率是一般に40%程度と高い割合を示すとされている。活性汚泥に摂取された TOC の酸化割合の大きさは微生物細胞膜内での自由エネルギーの生成量に比例し、その生成量の大きさが微生物の仕事量に関係すると考えられる。

以上に述べたように、代謝活動に重要な基質成分として TOCとTNとを考慮する場合、摂取された TOC の酸化率 $(E)_T$ あるいは $(E)_{ENG}$ は脱窒素量とともに基本的な支配因子としての基質 (C/N) 比や設定 SRT の影響を受けることが推察される。また、物質収支の関係式は活性汚泥が基質成分についてなした仕事として炭素や窒素の同化および蓄積作用と脱窒素作用とを意味して、そのため当然エネルギーが消費される。今後において摂取された有機物質の酸化率の程度が活性汚泥の組成性状の決定とどのような関係にあるかについて検討を加えたいと考える。

参考文献・大滝、松島：「活性汚泥の性状決定支配因子に関する研究(その2)」土木学会第43回年誌 II -487, 1988
 ・佐司、松島：「活性汚泥の性状決定支配因子に関する研究(その1)」土木学会第43回年誌 II -488, 1988
 ・松島：「活性汚泥の窒素挙動に及ぼす SRT 条件の影響に関する基礎的研究」衛生工学研究論文集 vol.25, 1989