

長岡技術科学大学 建設工学科 正員 〇原田秀樹

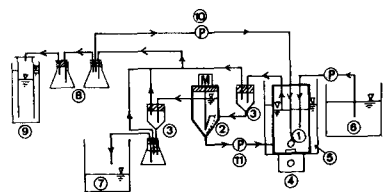
同 〃 〃 桃井清至
同 〃 〃 大塩 稔

1. はじめに: 生物学的脱窒素法では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の N_2 ガスへの還元のため水素供与体が必要であるが、現在メタノールが多く使用されている。また、経済性を考慮して、各種廃水中の有機物を使用する検討がなされているが、いろいろな炭素源の脱窒菌による資化性が問題となると推定される。本研究は、炭素源として、嫌気性消化脱窒液の利用を目的として、酢酸、プロピオン酸、酪酸等の低級脂肪酸の混合液による脱窒素反応を検討した。

2. 実験方法, 条件: 実験は連続的および回分的に行った。図-1に連続実験の装置を示す。反応槽の水理学的滞留時間は2.5時間であり、汚泥返送比は1.0である。連続実験は2系列行い、有機性炭素源として、C-Iは酢酸ソーダ(CH_3COO^- として491mg/l, C-IIは酢酸ソーダ(CH_3COO^- として246mg/l)とプロピオン酸ソーダ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$ として202mg/l)を用いた。流入水中の窒素源は($\text{NO}_3\text{-N}$ 30mg/l + $\text{NH}_4\text{-N}$ 20mg/l)であり、%比は4である。また汚泥の沈降性を改善する目的で、粉末活性炭を反応器に約150%に維持するように添加した。回分実験は6系列行った。実験条件を表1に示す。溶解性有機炭素はTOCアナライザー、低級脂肪酸はガスクロマトグラフィーで分別定量した。また連続実験系における生物性の浮遊物濃度はCNコーダーを用いて定量した。その他、 $\text{NH}_4\text{-N}$:インドフェール法、 $\text{NO}_2\text{-N}$:ナフチルジアミン法、 $\text{NO}_3\text{-N}$:Cu-Cdカラムによる還元法、Org-Nはケルダール法によって。

3. 実験結果: 図-2に連続実験C-IIの経日変化を示す。定常状態におけるSRT(生物学的固形物滞留時間)は、C-I, C-IIでそれぞれ9.6日, 8.3日であった。また脱窒素速度はそれぞれ、5.0mg $\text{NO}_3\text{-N/gMLSS}\cdot\text{hr}$, 5.7mg $\text{NO}_3\text{-N/gMLSS}\cdot\text{hr}$ であった。表-2に連続実験の定常値を示す。

次に、表-2の定常値から、脱窒素反応における硝酸性窒素の還元量、炭素源消費量、生物増殖量等の量論的關係を明らかにするため、炭素と窒素の物質収支を検討した。図-3はC-I, C-IIでの炭素の形態変化を示したものである。C-I系では、流入水中に含まれる200%の酢酸性有機炭素は、約70%が反応器中で消費されている。消費された酢酸炭素は、



①反応槽 ②沈殿槽 ③気液分離管
④マグネティックスター ⑤恒温槽 ⑥基質貯留槽
⑦流出水貯留槽 ⑧ガストラップ ⑨ガス捕集器
⑩ガス循環ポンプ ⑪汚泥返送ポンプ

図-1 連続実験装置図(C-I)

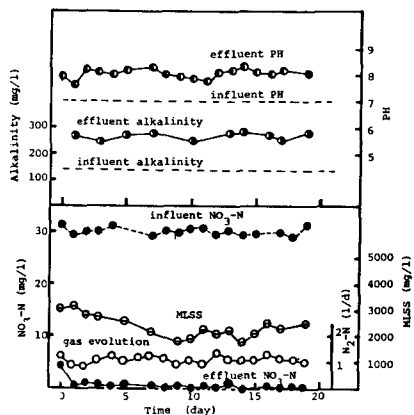


図-2 連続実験経日変化(C-II)

表-2 連続実験定常値

Component	C-I		C-II	
	Influent	Effluent	Influent	Effluent
CH_3COO^- (mg/l)	491.0	312.1	262.6	219.3
$\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$ (mg/l)	-	-	197.5	118.4
TOC (mg/l)	196.6	139.5	198.0	158.6
IC (mg/l)	18.5	49.1	15.5	47.6
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)	30.6	0.11	30.6	0.56
$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/l)	-	0.18	-	0.12
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l)	18.8	13.3	20.1	14.5
Org-N (mg/l)	-	1.4	-	0.8
$\text{N}_2\text{-N}$ (l/day)	-	1.21	-	1.17
pH	6.62	8.06	7.00	8.16
Alkalinity (mg/l)	112.5	281.3	137.5	287.5
MLSS (mg/l)	2580		2240	
LVSS (mg/l)	2352		2061	

表-1 回分実験条件

	initial concentration (mg/l)					rate of acclimated denitrification on (mgN/mgMLSS·hr)
	$\text{NO}_3\text{-N}$	acetic acid	propionic acid	n-butyric acid	biomass	
B-1	30.6	122	-	-	2200	acetic acid 3.32×10^{-3}
B-2	31.3	-	100	-	2130	propionic acid 2.74×10^{-3}
B-3	30.2	61	50	-	1900	propionic acid 4.00×10^{-3}
B-4	32.6	56	50	-	1655	acetic acid 4.62×10^{-3}
B-5	45.0	64	54	71	1609	propionic acid 4.00×10^{-3}
B-6	30.8	39	32	41	2090	skim milk 0.49×10^{-3}

硝酸除去に34.4%，細胞合成に28.8%，流入水中の溶存酸素の消費に15.2%，酢酸以外の溶解性有機物に20.6%とそれぞれ形態変化する。すなわち，脱窒素反応のための硝酸呼吸(異化)と細胞合成(同化)の炭素源の転換割合はそれぞれ54%と46%であった。従来のメタノールを水素供与体とした実験結果(70~80%:20~30%)と比較すると，酢酸の炭素源が異化過程で利用される割合が低くなる。その結果，炭素源収率 $Y_x/\text{CH}_3\text{COOH}$ は0.315($\text{mg cell}/\text{mg CH}_3\text{COOH}$)と高くなると判断される。C-Iの結果を用いて，C-IIでの反応器内で消費されたプロピオン酸の炭素量は，硝酸塩除去に39.7%，細胞合成に26.7%，流入水中の溶存酸素除去に16%，溶解性有機物に17.4%とそれぞれ形態変化する。プロピオン酸の硝酸呼吸と細胞合成の転換割合は60%:40%であった。図-4にC-I，C-IIでの窒素の形態変化を示す。いずれの系も流入水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ は，完全に除去され $\text{NO}_2\text{-N}$ の蓄積も見られない。また，細胞合成に要するN源は $\text{NH}_4\text{-N}$ から由来している。

次に，回分実験の結果を図-5に示す。B-4，B-5，B-6はそれぞれ，酢酸，プロピオン酸，スキムミルクで長期間馴養した汚泥を用いたものである。酢酸馴養汚泥(B-4)は(酢酸+プロピオン酸)混合基質系において，プロピオン酸を除去するのに5時間要したのに対し，プロピオン酸馴養汚泥(B-5)は，プロピオン酸を酢酸と同程度に利用しやすくなっている。また，スキムミルク馴養汚泥(B-6)では，酢酸は初期から遅滞なく除去されるが，プロピオン酸， α -酪酸の除去は1時間程度の誘導時間があるが，いわゆる diauxic 型の傾向は見られなかった。また，プロピオン酸は2時間以降ほとんど除去されないが， α -酪酸は緩やかに除去される。脱窒速度は，表-1に示すように $4.92 \times 10^{-4} \text{ mg NO}_3\text{-N}/\text{mg-MLSS-hr}$ と酢酸，あるいは，プロピオン酸に馴致した汚泥よりワンオーダー低い。

4. 結論

1). 連続培養脱窒反応器により水素供与体として酢酸を用いた場合，硝酸呼吸(異化)，細胞合成(同化)への転換割合はそれぞれ54%，46%であった。また，プロピオン酸の場合は60%，40%であった。

2) 低級脂肪酸を水素供与体とする場合，汚泥を十分に馴養させることにより，脱窒素能力をワンオーダー増加させることができる。

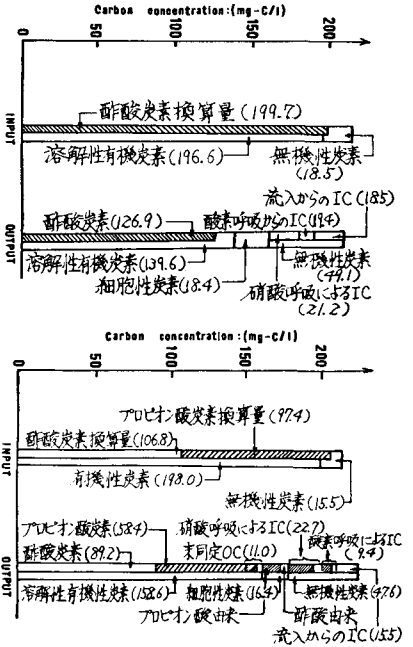


図-3 連続実験炭素収支 (上: C-I, 下: C-II)

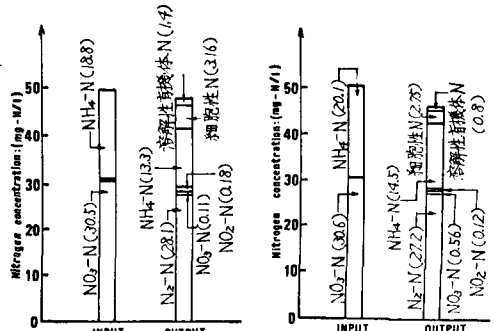


図-4 連続実験窒素収支 (左: C-I, 右: C-II)

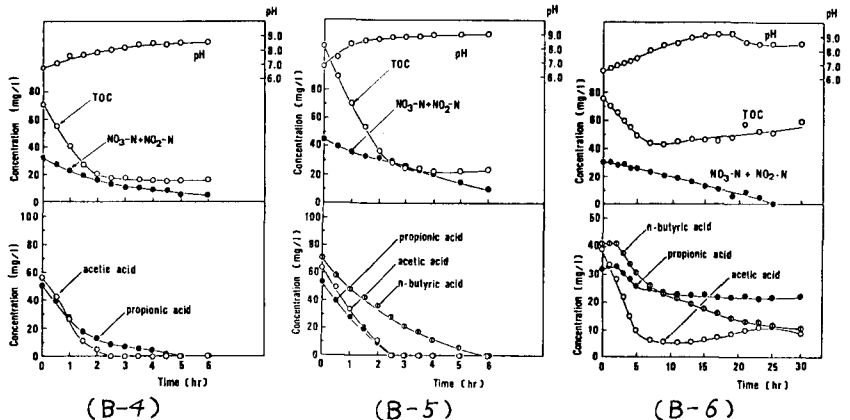


図-5 回分実験経時変化