衛生化学
EISEI KAGAKU
25 (2) 120-126 (1979)

活性汚泥の管理指標に関する研究 (第2報)¹⁾
滞留時間および BOD 対窒素比を変化させた場合の
還元条件下の亜硝酸性窒素生成パターン²⁾

富田伴一, 莊加泰司, 浜村憲克,^{3a)} 小瀬洋喜^{3b)}
愛知県衛生研究所,^{3a)} 岐阜薬科大学^{3b)}

Studies on the Control Index of Activated Sludge. II.¹⁾
The Time Course Patterns of Nitrite Nitrogen Contents under
the Anaerobic Condition when the Retention Times and
the Ratio of BOD to Nitrogen were changed²⁾

BANICHI TOMITA, TAIZI SHOKA,
NORIKATSU HAMAMURA,^{3a)} and YOUKI OSE^{3b)}
Aichi Prefectural Institute of Public Health^{3a)} and Gifu College of Pharmacy^{3b)}

(Received November 6, 1978)

The change in the time course patterns of nitrite nitrogen content in the anaerobically treated activated sludge was investigated by changing the retention time in aeration tanks and the ratio of BOD to nitrogen content.

1) To treat the synthetic waste water, volumetric load was fixed at 0.54 kg-BOD/m³·day and retention time was changed from 3.7 to 54.5 hr. At any retention time, the activated sludges were in good condition and oxidative decomposition progressed. In this case, all the time course patterns belonged to type A.

2) In the case of BOD : N=100 : 2.9, sedimentation of the sludge became worse and BOD of the effluent increased. The time course patterns belonged to type D.

In the case of BOD : N=100 : 11, the activated sludge was in good condition and the oxidative decomposition progressed. In this case, all the time course patterns belonged to type A.

In the case of BOD : N=100 : 66, the content of NO₂-N, BOD, and COD of the effluent increased and the time course patterns changed from type A and B to type C as the condition of the activated sludge became worse.

Keywords—activated sludge ; control index ; nitrite nitrogen ; the time course patterns of nitrite nitrogen contents ; anaerobically treatment ; retention time in aeration tank ; ratio of BOD to nitrogen

緒 言

前報において、負荷量を変化させて活性汚泥を培養し、その際の活性汚泥の状態変化を還元下 NO₂-N 生成パターンにより簡易に判定できることを報告した。¹⁾

活性汚泥法には種々の処理方法があり、曝気槽における汚水の滞留時間も、例えばモディファイド法では 1.5—3 hr, 標準法では 4—6 hr, トータル・オキシデーション法では 20—40 hr と様々である。⁴⁾

1) 第1報：富田伴一, 浜村憲克, 小瀬洋喜, 衛生化学, **25**, 13 (1979).

2) 日本薬学会第96年会, 名古屋, 1976年4月要旨一部講演.

3) Location : a) 7-6 Nagare, Tsuji-machi, Kita-ku, Nagoya. (名古屋市北区辻町字流7-6) ; b) 5-6-1, Mitahora-higashi, Gifu. (岐阜市三田洞東5-6-1).

4) 福田信行, “公害防止技術実用便覧,” オーム社書店, 東京, 1966, pp. 535—560 ; 矢込堅太郎, 針生昭一, “改訂版, し尿処理施設維持管理の知識,” 日本環境衛生センター, 川崎, 1978, pp. 208—209.

TABLE I. Treatment Parameters

Aeration tank No.	Volume of influent (ml/day)		Retention time (hr)	Concentration of influent	
	Tap water	Synthetic wastewater		BOD (ppm)	N (ppm)
I	23300	720	3.7	82	9
II	11500	720	7.2	161	18
III	5470	720	14.2	318	35
IV	890	720	54.5	1220	134

BOD load was 1970 mg/day.

Volumetric load was 0.45 kg-BOD/m³ · day.

活性汚泥は BOD : N を約 100 : 5 の割合で取り込み増殖するが,⁵⁾ し尿や都市下水では一般に BOD にくらべて N のしめる割合が高い。例えば、我国における処理場への流入下水の標準組成は BOD : N = 100 : 17 であり,⁶⁾ 著者らが調査した団地終末下水処理場流入水 ($n=21$) では BOD : N = 100 : 18, し尿処理場曝気槽流入水 (消化槽脱離液, $n=24$) では BOD : N = 100 : 200 であり,⁷⁾ 明らかに BOD にくらべて N が過剰である。

本法では、還元下 NO₂-N 生成パタンの活性汚泥管理指標としての実用性を確認する目的で、滞留時間および BOD : N を変化して、この際の水質の変化と還元下 NO₂-N 生成パタンとの関係を検討し知見を得たので報告する。

実験方法

1. 活性汚泥実験装置 前報で示した連続式活性汚泥実験装置を用いた。¹⁾

2. 活性汚泥培養方法 1) 一定 BOD 負荷時の滞留時間と還元下 NO₂-N 生成パタンとの関係——実験室で培養した活性汚泥¹⁾を、4 個の連続式活性汚泥実験装置にそれぞれ MLSS を約 4000 ppm に調整し、合成下水 (glucose 1.50 g, peptone 2.25 g, Na₂HPO₄ · 12H₂O 0.125 g, KCl 0.100 g, MgSO₄ 0.075 g を蒸留水に溶解して 1 l とした、この合成下水の BOD : N : P は 100 : 11 : 1.4 である) を加えて負荷量 0.54 kg-BOD/m³ · day, 滞留時間 7.2 hr で 2 週間馴養した。

実験開始時の活性汚泥の状態は SVI が 84—91, BOD 除去率が 93—95%, 無機性窒素成分の約 75% が NO₃-N まで酸化されていた。

1 日目以降、合成下水を馴養時と同じ 0.54 kg-BOD/m³ · day (合成下水を 720 ml/day) でそれぞれの曝気槽

に連続注入し、別の定量ポンプで Table I に示すように水道水を 4 種類の条件で注入して滞留時間を 3.7 hr (曝気槽 No. I), 7.2 hr (曝気槽 No. II), 14.2 hr (曝気槽 No. III), 54.5 hr (曝気槽 No. IV) に変化させ、38 日間培養した。このときの各曝気槽への流入水の BOD 濃度はそれぞれ 82, 161, 318, 1220 ppm, N は 9, 18, 35, 134 ppm である。なお、活性汚泥の培養温度は約 20° とし、汚泥の引き抜きは行なわなかった。

2) 一定 BOD 負荷時の N 含有量と還元下 NO₂-N 生成パタンとの関係——BOD : N : P が 100 : 2.9 : 1.4, 100 : 11 : 1.4, 100 : 66 : 1.4 の 3 種類の合成下水を Table II に示すように調製した。

実験室で培養した活性汚泥¹⁾を 3 個の連続式活性汚泥実験装置にそれぞれ MLSS を約 4000 ppm に調製し、BOD : N が 100 : 11 の合成下水 680 ml/day と水道水 5500 ml/day を別々の定量ポンプで連続注入して 2 週間馴養した。

実験開始時の活性汚泥の状態は SVI が 55—57, BOD 除去率が 93—94%, 無機性窒素成分の約 70% が NO₃-N まで酸化されていた。

1 日目以降、BOD : N が 100 : 2.9 (曝気槽 No. V), 100 : 11 (曝気槽 No. VI), 100 : 66 (曝気槽 No. VII) の 3 種類の合成下水をそれぞれ 680 ml/day と水道水 5500 ml/day を別々の定量ポンプで各曝気槽へ連続注入して、27 日間培養した。各曝気槽への BOD 負荷量はすべて 0.51 kg-BOD/m³ · day, 流入水の BOD は 300 ppm と一定であり、N はそれぞれ 9, 34, 199 ppm である。なお、活性汚泥の培養温度は約 20° とし、汚泥の引き抜きは行なわなかった。

3. 測定項目 前報で示した還元下 NO₂-N 生成パ

5) 佐藤孝彦, 渡辺紀子, 下水道協会誌, **6**, No. 57, 1 (1969); 小野英男, 醸工, **49**, 367 (1971); 植村定治郎, 相田浩編, “発酵と微生物Ⅲ,” 朝倉書店, 東京, 1970, p. 183.

6) 須藤隆一, 森 忠洋, 大竹久夫, 岡田光正, 合葉修一, 下水道協会誌, **12**, No. 133, 34 (1975).

7) 富田伴一, 大沼章子, 莊加泰司, 浜村憲克, 小瀬洋喜, 昭和52年度日本薬学会東海支部第1例会講演要旨集, **7**, 1977.

TABLE II. Components of Synthetic Wastewater

Aeration tank No.		V	VI	VII
BOD : N : P ppm		2730 : 78 : 39 (100 : 2.9 : 1.4)	2730 : 308 : 39 (100 : 11 : 1.4)	2730 : 1810 : 39 (100 : 66 : 1.4)
Material ^{a)}	Glucose	3.10 g	1.50 g	1.50 g
	Peptone	0.57 g	2.25 g	2.25 g
	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	0.369 g	0.125 g	0.125 g
	KCl	0.100 g	0.100 g	0.100 g
	MgSO ₄	0.075 g	0.075 g	0.075 g
	NH ₂ CONH ₂	None	None	3.22 g

a) Diluted to 1 l with distilled water.

Fig. 1. Time Course of Components when Retention Times were changed

—○—: retention time 3.7 hr (aeration tank No. I).
 —●—: retention time 7.2 hr (aeration tank No. II).
 —□—: retention time 14.2 hr (aeration tank No. III).
 —■—: retention time 54.5 hr (aeration tank No. IV).
 Volumetric load : 0.54 kg-BOD/m³ · day.
 ↑ : Retention times were changed.

Fig. 2. The Time Course Patterns of $\text{NO}_2\text{-N}$ Contents in the Anaerobically Treated Activated Sludge when Retention Times were changed

—○—: retention time 3.7 hr (aeration tank No. I).
 —●—: retention time 7.2 hr (aeration tank No. II).
 —□—: retention time 14.2 hr (aeration tank No. III).
 —■—: retention time 54.5 hr (aeration tank No. IV).
 Volumetric load: $0.54 \text{ kg-BOD/m}^3 \cdot \text{day}$.

タンのほか, pH, SVI, BOD, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ について前報と同様の方法で測定した.¹⁾

4. 測定用検体 還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターン, pH, SVI は曝気槽混合液, BOD, COD は沈殿槽流出水, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ は曝気槽混合液を東洋濾紙 No. 5A で濾過した濾液を検体とした.

実験結果および考察

1. 一定 BOD 負荷時の滞留時間と還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンとの関係

1) 水質の変化 一定 BOD 負荷において滞留時間を変化した場合の水質の変化を Fig. 1 に示す.

SVI は各曝気槽ともほぼ同様の变化を示し, すべて 100 以下の良好な沈降性を示した.

流出水の BOD は流入水 BOD 濃度の高い曝気槽 No. III, IV では 9 日目まで上昇したが, その後減少し, 28—38 日目ではほぼ一定値を示した. 一定値になったときの BOD 値は曝気槽 No. I—III では 11—22 ppm, 滞留時間の長い曝気槽 No. IV では 80—89 ppm であった. このときの BOD 除去率は曝気槽 No. I では平均 83%, No. II では 91%, No. III, IV では 93% であり, 標準法 (滞留時間 4—6 hr) よりも滞留時間の長い曝気槽において BOD 除去率が若干高かった. COD についてもほぼ同様の結果を認めた.

$\text{NH}_3\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ はよく似た経日変化を示した. 滞留時間を延長した曝気槽 No. III, IV では流入水の N

濃度が高く, 17 日目まで $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の上昇が認められたが, その後減少し, 28—38 日目ではほぼ一定値を示した.

$\text{NO}_2\text{-N}$ は各曝気槽ともほとんど検出されなかった.

$\text{NO}_3\text{-N}$ は流入水 N 濃度の高い曝気槽 No. IV, III, II, I の順に高くなっていたが, 各曝気槽とも無機性窒素成分中の 60% 以上が $\text{NO}_3\text{-N}$ であり, 酸化分解は良好に進行しているものと考えられる.

2) 活性汚泥混合液の還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターン

曝気槽 No. I—IV の活性汚泥の状態は上述のようにいずれも良好であった. 各曝気槽の活性汚泥混合液について還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンを測定した結果を Fig. 2 に示す.

$\text{NO}_2\text{-N}$ の増加量は流入水の N 濃度が高く, 滞留時間の長い順に高かった. 前報において還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンを Type A, B, C, D に分類したが,¹⁾ 各滞留時間ともすべて Type A を示した. この Type A は活性汚泥の状態が良好で酸化分解が進行している場合に認められるパターンであるが,¹⁾ 処理効果と一致した結果が得られ, 種々の滞留時間の曝気槽における活性汚泥の管理指標としての実用性を認めた.

2. 一定 BOD 負荷時の N 含有量と還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンとの関係

1) 水質の変化 一定 BOD 負荷において BOD : N を変化した場合の水質の変化を Fig. 3 に示す.

Fig. 3. Time Course of Components when the Ratio of BOD to Nitrogen were changed

—○—: BOD : N = 100 : 2.9 (aeration tank No. V).
 —●—: BOD : N = 100 : 11 (aeration tank No. VI).
 —□—: BOD : N = 100 : 66 (aeration tank No. VII).
 Volumetric load : 0.51 kg-BOD/m³ · day.
 ↑ : Ratio of BOD to Nitrogen were changed.

SVIはBOD : Nが100 : 2.9の曝気槽 No. Vでは21日目までは40—57であったが、23日目以後上昇し、27日目には汚泥の一部が浮上し128となった。BOD : Nが100 : 11のNo. VIでは全期間を通じて40—60であり安定していた。BOD : Nが100 : 66のNo. VIIでは1日目に激しい発泡を生じ、5日目までSVIが上昇の傾向にあったが、以後82—63であり、大きな変化は認められなかった。

pHは合成下水の組成の影響を大きくうけた。Na₂

HPO₄添加量が多く、BOD : Nが100 : 2.9の曝気槽 No. Vでは5日目までpHの上昇が認められ、以後6.8—7.0で一定となった。BOD : Nが100 : 11のNo. VIでは全期間を通じて4.4—4.6で安定しており、低pHにもかかわらず、バルキング等の異常現象は認められなかった。尿素を添加しBOD : Nが100 : 66のNo. VIIでは1日目にpHの明らかな上昇を認め、2日目には8.1となったが、5日目以後は5.8—6.2と一定になった。

流出水のBODはBOD : Nが100 : 2.9の曝気槽 No.

Fig. 4. The Time Course Patterns of $\text{NO}_2\text{-N}$ Contents in the Anaerobically Treated Activated Sludge when the Ratio of BOD to Nitrogen were changed

—○—: BOD : N = 100 : 2.9 (aeration tank No. V).
 —●—: BOD : N = 100 : 11 (aeration tank No. VI).
 —□—: BOD : N = 100 : 66 (aeration tank No. VII).
 Volumetric load : 0.51 kg-BOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{day}$.

VではSVIの上昇が認められた23日目以後若干上昇した。23日目、27日目におけるBOD除去率はそれぞれ90%, 87%であった。BOD : Nが100 : 11のNo. VIでは全期間を通じて10—24 ppmであり、大きな変化は認められなかった。BOD : Nが100 : 66のNo. VIIでは5日目まではほぼ一定であったが、14日目以後上昇し、21日目以後は154—161 ppmとなり、このときのBOD除去率は51—53%に低下し悪化した。

CODはBODと類似した傾向を示し、BOD : Nが100 : 2.9の曝気槽No. Vでは全期間を通じて9.9—22 ppmであり、大きな変化は認められなかった。BOD : Nが100 : 11のNo. VIでは5.9—16 ppmであり、安定していた。BOD : Nが100 : 66のNo. VIIでは1日目に上昇した後、2—5日目には減少したが14日目に再び上昇し、21日目以後は78—83 ppmでほぼ一定となった。以上のように、流出水のBOD, CODはBODにくらべてNが過剰なNo. VIIが極端に高い値を示した。

$\text{NH}_3\text{-N}$ はBOD : Nが100 : 2.9の曝気槽No. Vでは1日目以後全く検出されなかった。BOD : Nが100 : 11

のNo. VIでは全期間を通じて3.1—4.8 ppmであり、低濃度存在したが安定していた。BOD : Nが100 : 66のNo. VIIでは2日目まで増加したが、14日目まで減少し、以後増加して21日目以後は49—53 ppmでほぼ一定となった。

$\text{NO}_2\text{-N}$ はBOD : Nが100 : 2.9の曝気槽No. V, 100 : 11のNo. VIではほとんど検出されなかった。BOD : Nが100 : 66のNo. VIIではしだいに増加し、21日目以後は51—55 ppmでほぼ一定となった。このときの無機性窒素中にしめる $\text{NO}_2\text{-N}$ の割合は約50%であった。 $\text{NO}_2\text{-N}$ はCOD値として測定されるため、⁸⁾曝気槽No. VIIのCOD値の上昇には $\text{NO}_2\text{-N}$ が大きく影響しているものと考えられる。

$\text{NO}_3\text{-N}$ はBOD : Nが100 : 2.9の曝気槽No. Vでは2日目以後はほとんど検出されなかった。BOD : Nが100 : 11のNo. VIでは全期間を通じて6.3—12 ppmでほぼ一定であり、無機性窒素中にしめる $\text{NO}_3\text{-N}$ の割合は約70%であった。BOD : Nが100 : 66のNo. VIIでは5日目まで増加したが以後減少し、21日目以後は4.4

8) 愛知県衛生研究所, 愛知県衛生研究所年報, 2, 24 (1974); し尿処理ガイドブック編集委員会, “し尿処理ガイドブック,” 環境技術研究会, 大阪, 1978, pp. 81—82; 石川哲也, 小瀬洋喜, 佐藤孝彦, 衛生化学, 25, 19 (1979).

—5.5 ppm であり、ほぼ一定となった。

以上のように、活性汚泥に取り込まれるとされている⁹⁾ BOD : N = 100 : 5 に比較して曝気槽 No. V では N が不足しているため、N は活性汚泥中に取り込まれてしまい水中にほとんど存在せず。尿素を添加した No. VII では N が過剰なため、N が水中に残存し、しかも残存する N が過剰なため酸化が不完全であり、 $\text{NH}_3\text{-N}$ あるいは $\text{NO}_2\text{-N}$ として存在しているものと考えられる。

2) 活性汚泥混合液の還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターン

BOD : N を変化した場合の還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パタンの経日変化を Fig. 4 に示す。

BOD : N が 100 : 2.9 の曝気槽 No. V では2日目以後、全く $\text{NO}_2\text{-N}$ の生成を認めず、Type D であった。しかし、この場合は曝気槽混合液中に $\text{NH}_3\text{-N}$ が存在せず、前報¹⁾ の BOD 負荷量を増加した場合に認められた Type D では $\text{NH}_3\text{-N}$ が残存していたのとは異なっていた。

BOD : N が 100 : 11 の曝気槽 No. VI では活性汚泥の状態および酸化分解が良好であり、Type A であった。

BOD : N が 100 : 66 の曝気槽 No. VII では5日目まで $\text{NO}_3\text{-N}$ が増加しており、この期間は Type A であったが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、BOD、COD の増加にともない14日目には Type B、21日目以後は Type C に変化した。

以上のように、還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンにより、活性汚泥の状態や酸化分解の程度を判定でき、その時点の曝気槽混合液中の窒素成分の存在形態を推測できることから、N 含量の異なる各種汚水が流入する曝気槽における活性汚泥の管理指標としての実用性を認めた。

結 論

負荷量を一定にして、流入水の BOD と滞留時間を変化したときおよび BOD : N を変化したときの活性汚泥の状態や水質の変化と還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンとの関係を検討した。

1. 活性汚泥の状態が良好であり、酸化分解が進行している場合は各滞留時間 (3.7—54.5 hr) とともに還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンはすべて Type A を示した。

2. 1) BOD にくらべて N が不足している場合 (BOD : N = 100 : 2.9) は、汚泥の沈降性が悪化し、BOD の上昇を認め、還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンは Type D であった。

2) BOD : N = 100 : 11 では活性汚泥の状態は良好であり、酸化分解も進行していた。還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンはすべて Type A であった。

3) BOD にくらべて N が過剰の場合 (BOD : N = 100 : 66) は、曝気槽混合液中で窒素成分は $\text{NH}_3\text{-N}$ あるいは $\text{NO}_2\text{-N}$ として存在しており、BOD や COD の明らかな上昇を認めた。還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンは活性汚泥の状態の悪化にともなって Type A → Type B → Type C に変化した。

以上のように、還元下 $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成パターンを滞留時間や流入汚水水質 (BOD : N) の異なる各種活性汚泥処理の管理指標として使用できることを認めた。

謝辞

御校閲を賜った愛知県衛生研究所長 井上裕正博士に厚く感謝いたします。