

ISSN 0386—5878

土木研究所資料第2482号

土木研究所資料

硝化・内生脱窒法に関する実験報告書

昭和62年 3 月

建設省土木研究所
下水道部三次処理研究室

Copyright ©1987 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

硝化・内生脱窒法に関する実験報告書

三次処理研究室 室長 佐藤 和明

研究員 森山 克美

要旨

本報告書は、長時間エアレーション法の運転を硝化・内生脱窒法と呼ばれる方式に変更することによる窒素除去率の改善について、実施設を用いて行った実験結果をまとめたものである。全窒素除去率の低下は、低水温期に硝化速度が低下することに起因したが、この時期を除けば、硝化・内生脱窒法により生物反応槽滞留時間 20 時間程度で 80 ～ 90 % の全窒素除去率を得られることが分かった。本法の硝化速度、および脱窒速度が、循環式硝化脱窒法や有機炭素源を添加する従来の硝化脱窒法に比べ低いため、生物反応槽容量が従来法の 1.5 ～ 2.0 倍程度となるが、本法は脱窒反応に必要な有機炭素源を添加せず、高い窒素除去を得られることが示された。

キーワード：活性汚泥変法，硝化，脱窒，内生脱窒，窒素除去

目 次

1. はじめに	1
2. 硝化・内生脱窒法の概要	2
2-1 原 理	2
2-2 基本フローシート	2
3. 実験方法	4
3-1 実験施設概要	4
3-2 分析項目と分析方法	5
3-3 実験条件	5
4. 実験結果と考察	8
4-1 平均的处理水質	8
4-2 水質の経年変化	11
4-3 生物反応槽における水質変化	13
4-4 窒素除去の支配因子	17
5. ま と め	24

1. はじめに

自然水系へ放流される排水中の窒素化合物やリン化合物は、水環境に対してさまざまな影響を与える。たとえば富栄養化の助長であり、このような水系が上水道水源である場合、臭気のみならず、窒素の形態によっては、塩素滅菌効果が弱められるため、衛生上好ましくからざる状況をまねく。

こうした背景から窒素を多分に含む都市下水の処理において、窒素除去を行うことは、富栄養化防止、水質汚濁防止上、極めて効果がある。

窒素除去技術には、物理化学的除去法と生物学的窒素除去法があるが、今日、生物学的窒素除去法が主流となっている。これは、一つには物理化学的除去法では、すべての形態の窒素除去に対応できないことや、薬品の使用、後処理の必要といった問題点があるのに対し、生物学的窒素除去法では、すべての形態の窒素に対応でき、処理の最終形態が窒素ガスであるので、物質循環からみて合理的、かつ、二次公害の恐れがないためである。さらには、生物学的窒素除去法は、従来の有機物除去を目的とした活性汚泥処理プロセスの運転操作条件を変更することにより窒素除去の反応を司る硝化菌、脱窒菌の機能を引き出し、有機物除去と並行して窒素を効果的に除去することが可能である。

生物学的窒素除去法の開発においては、硝化反応に必要なアルカリ度、脱窒反応に必要な有機炭素源の合理的な確保と窒素除去率の改善という立場から、種々のプロセスが提案されてきた。

本報告書で対象とした硝化・内生脱窒法（以下、本法と記す。）と呼ばれる生物学的窒素除去法は、脱窒反応に必要な有機炭素源を添加せず、前段の硝化工程で活性汚泥に吸着した下水中の有機物、および活性汚泥微生物の細胞内物質を脱窒反応の有機炭素源として用いる方式であり、内生脱窒法（Wuhrmann法）の一種と考えられる。本法は、一般に脱窒速度が小さいため施設容量が過大になると言われているが、原理的には硝化された窒素の全量を脱窒できるので、高い窒素除去率を得られるという利点を有している。

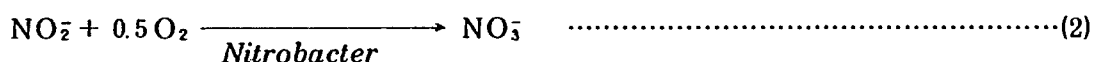
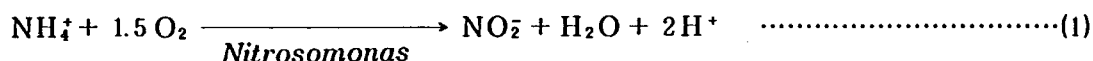
本報告書は、本法を長時間エアレーション法の実施設に適用し、窒素除去率の改善の可能性について検討を加えたものである。

2. 硝化・内生脱窒法の概要

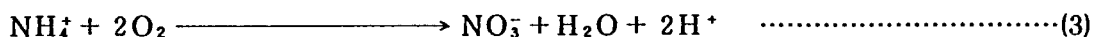
2-1 原 理

本法は、原理的には他の生物学的窒素除去プロセスと同様に、微生物による硝化・脱窒反応を利用するものである。硝化槽（図-1 参照）では、好気条件下で自栄養菌である亜硝酸菌（主として、*Nitrosomonas*）及び硝酸菌（主として、*Nitrobacter*）は、無機性窒素を酸化することにより増殖のためのエネルギーを得る。

これらの反応を化学量論的に表わすと次のようになる。



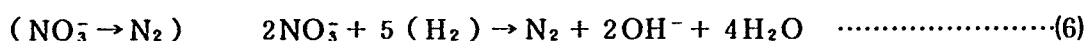
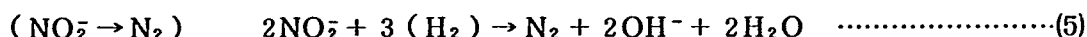
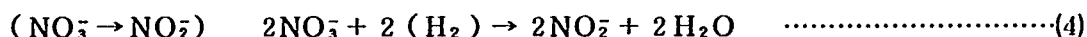
したがって硝化菌による硝化反応は、(1)、(2)式を組合わせて総括的には次のように表わすことができる。



この反応によって硝化菌の増殖のためのエネルギーが得られる。

次に、これらの反応により生成した硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素を含む硝化液が、脱窒槽へ流入すると、脱窒槽中の嫌気条件下で通性嫌気性菌である脱窒菌（代表種として *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Bacillus* など）による硝酸性呼吸あるいは亜硝酸性呼吸が行われ、硝酸性窒素や亜硝酸性窒素は窒素ガスにまで還元される。

嫌気性状態における呼吸反応は次の式で表わされる。



これらの反応における (H_2) は水素供与体から与えられる。

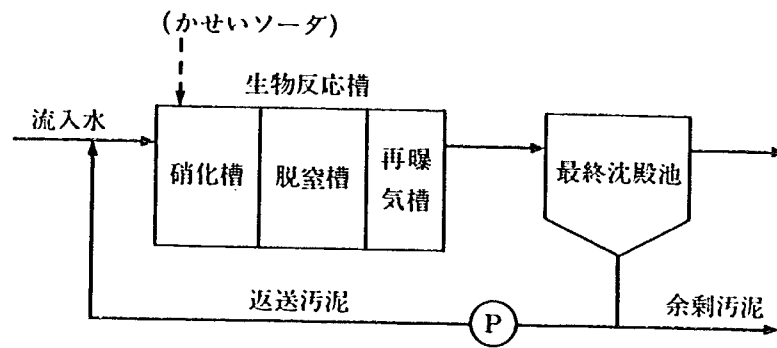
本法では、脱窒反応に用いられる水素供与体として硝化槽で活性汚泥に吸着されたり、細胞内に蓄積された下水中の有機物を利用する点に特徴がある。このような脱窒方法を外部から有機炭素源を添加したり、下水中の有機物をそのまま脱窒反応に利用する方法などと区別して内生脱窒と呼ぶこととする。

2-2 基本フローシート

本法の基本的なフローシートを図-1 に示す。本法の生物反応槽は、図-1 に示すように硝化槽、脱窒槽および再曝気槽から構成される。

流入水のアルカリ度が低く、pH の低下によって硝化速度に悪影響が生じるような場合には、硝化槽または流入渠へのかせいソーダの添加が有効である。

再曝気槽は、脱窒槽から流出する混合液を好気状態にすることにより、最終沈殿池での脱窒



図－１ 硝化・内生脱窒法の基本フローシート

による汚泥の浮上を防止すると共に、放流水の溶存酸素濃度を確保するために設けられる。

3. 実験方法

3-1 実験施設概要

本実験は、浜松市湖東浄化センター実施設において行われた。表-1に湖東浄化センターの施設仕様を示す。

表-1 湖東浄化センター施設仕様

施設名	仕様
沈砂池	巾 0.6 m × 長 4.0 m × 水深 0.3 m × 2 槽
調整槽	巾 2.25 m × 長 10.0 m × 水深 4.1 m × 2 槽 巾 2.25 m × 長 7.3 m × 水深 4.0 m × 3 水路 × 2 槽 計 580 m ³
生物反応タンク	巾 4.8 m × 長 25.0 m × 水深 4.0 m × 4 槽 480 m ³ /槽 × 4 槽 = 1920 m ³
沈殿池	φ 9.0 m × 水深 2.5 m × 2 池 水面積 64 m ² /池 容量 160 m ³ /池
上向流式砂ろ過塔	ろ過面積 5.8 m ² /池 × 3 池 ろ材 砂, 砂利 有効径 2 ~ 3 mm 8.1 m ³ 8 ~ 12 mm 1.1 m ³ 40 ~ 50 mm 1.4 m ³ ろ材充填高 1.90 m
計画汚水量 (現在)	1980 m ³ /日 (1090 m ³ /日)
計画処理人口 (現在)	4300 人 (3440 人)

湖東浄化センターは、約 4,000 人の処理人口を持ち、1 日 1,000 m³程度の生活排水を処理する下水処理場である。本浄化センターの施設は、長時間エアレーション法を基本としたものであり、最初沈殿池は設置されておらず、汚水は沈砂池へ流入後、電磁流量計による計測を経た後に調整槽を經由して生物反応槽へ導入されている。生物反応槽は 2 系列あり、各系列の反応槽はガラス繊維強化発泡プラスチック製板材で 5 等分 (A ~ E 槽) に仕切られている。各仕切の開口部は、仕切りの最下部片側に交互に設けられ、その開口断面は高さ 20 cm × 幅 50 cm とし、硝化槽と再曝気槽からの溶存酸素の持ち込みをなるべく防ぐような構造となっている。硝化槽、再曝気槽は、粗気泡型散気装置 (ディスクディフューザー) により曝気され、脱窒槽では 1.5 kW の上向噴射式水中攪拌機を底部に固定し、攪拌している。

本施設の処理水は浜名湖へ放流されることから、漁業への影響を考慮して、BOD₅, COD₁₀, SS₃, T-N₅, T-P 1 mg/l を目標水質としており、窒素除去には本報告で取り上げる硝化・内生脱窒法で対応している。さらにリン除去のために生物反応槽末端 (再曝気槽, E 槽) へ凝集剤として硫酸バンドを添加している。また、SS 除去のためには、生物処理水を上向流式

砂ろ過塔によりろ過処理している。

なお、本施設内における場内返流水としては、余剰汚泥の濃縮槽上澄水（平均 $13 \text{ m}^3/\text{日}$ ）と上向流式砂ろ過塔の逆洗水（ $40 \text{ m}^3/\text{日}$ ）があり、これらは調整槽へ返されている。

3-2 分析項目と分析

処理成績を把握するため、流入水としては調整槽出口、反応槽では各槽の出口付近、生物処理水としては最終沈殿池越流後、砂ろ過処理水については砂ろ過塔通水後の貯留ピットにおいて試料を採水し、分析を行った。

試料採水は、通日試験においては2時間間隔での採水、他は午前9～10時の採水（スポットサンプル）とした。ただし、後述（4-1、図-3）するように、調整槽において流入水質の時間変動の平滑化があるため、スポットサンプルではあるが、水質変動の影響はさほど受けずに平均的な水質が得られると考えられる。

本調査における分析項目と分析方法を表-2に示す。

表-2 分析項目と分析方法

分 析 項 目	分 析 方 法
pH	ガラス電極法
アルカリ度	総アルカリ度法
SS	ガラスファイバー濾紙法
BOD	一般希釈法 ～ ウィンクラーアジ化ナトリウム変法
COD	高温アルカリ法
T-N	ケルダール法（ $K-N + NO_x - N$ ）
$NH_4 - N$	フェノール次亜塩素酸法
$NO_3 - N$	ブルシン法
$NO_2 - N$	α -ナフチルアミン、スルファニル酸法
Org - N	（ $K-N - NH_4 - N$ ）
T-P	モリブデン酸青法
$PO_4 - P$	モリブデン酸青法
MLSS	遠心分離法
MLDO	隔膜法

3-3 実験条件

実験期間中の流入水量、汚泥返送比、空気倍率等の運転条件を表-3、処理フローを図-2に示す。

実験は、Run-1～Run-6までの6種類の実験条件で実施された。

(1) Run-1～4

Run-1～4は、SRTが異なるために実験区分を別としたが、基本的には、図-2に示す

表-3 運 転 条 件

	実 験 区 分					
	Run - 1	Run - 2	Run - 3	Run - 4	Run - 5	Run - 6
運転期間	S.59.11.5 ~ 12.4	12.5 ~ S.60.1.14	1.15 ~ 3.15	4.1 ~ 6.3	6.4 ~ 6.19	6.20 ~ S.61.3.14
流入水量 (m ³ /day)	950	910	940	1,063.8	1,130.5	1,080.0
返送比 (%)	126	132	128	113	85	81
生物反応タンク 滞留時間 (hr)	48.5	50.7	49.0	43.3	20.4	21.3
沈殿時間 (hr)	8.1	8.4	8.2	7.2	3.4	3.6
空気倍率 (倍)	18.3	19.2	18.5	16.4	13.4	14.9
余剰汚泥量 (m ³ /day)	17.7	12.2	14.6	20.5	16.3	18.8
RSSS (mg/l)	7,470	6,540	6,420	6,810	5,940	6,710
MLSS (mg/l)	4,240	4,140	3,910	4,000	2,700	3,300
MLVSS (mg/l)	3,450	3,350	3,190	3,130	2,070	2,630
MLVSS/MLSS (%)	81	81	82	78	77	80
S V I	234	241	252	238	304	255
S R T (day)	29.6	45.2	70.9	46.8	19.9	23.0
Al添加率(mg/l)	1.5	0.6	1.9	1.9	1.8	1.9

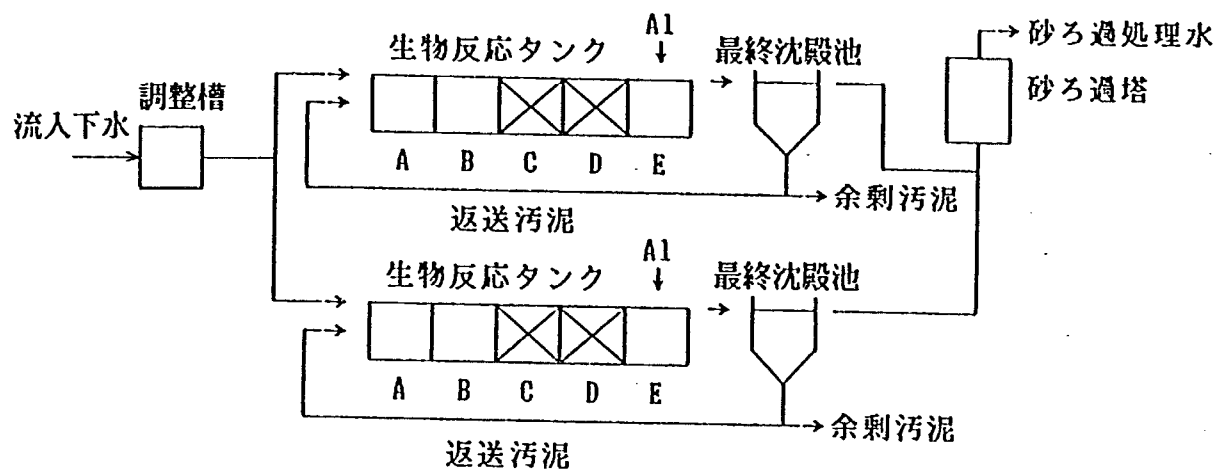
ように生物反応槽 2 系列を用いることにより、十分な滞留時間を確保し、完全硝化、完全脱窒を目指しているものである。

(2) Run - 5

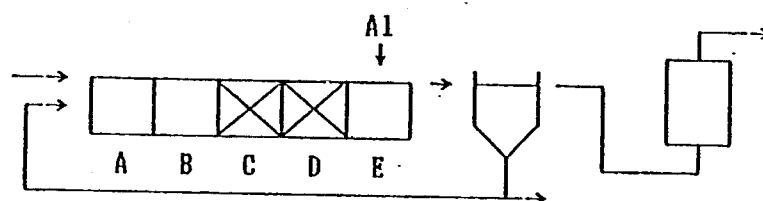
流入下水の水温が 20°C 程度まで上昇し、滞留時間を半減させても十分な硝化、脱窒が期待できるものと考えられたため、生物反応槽 1 系列での運転を試みたものである。

(3) Run - 6

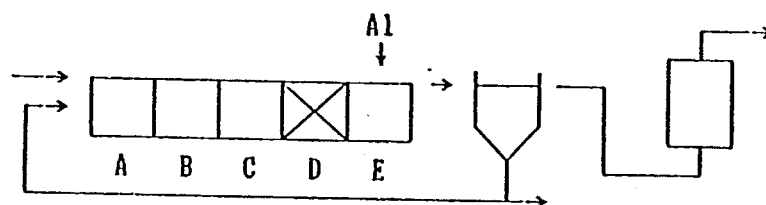
Run - 5 において、水温が上昇しても完全硝化までには至らなかったため、第 1 脱窒槽を硝化槽に変更して運転したものである。



Run-1, 2, 3, 4 (2系列運転)



Run-5



Run-6

□ 好気槽 ⊗ 嫌気槽

図-2 各実験の処理フロー

4. 実験結果と考察

4-1 平均的処理水質

本施設の流入下水の特性を把握するために流入生下水と調整槽を経た生物反応槽流入下水の BOD, T-N, T-P の時間変動を測定した結果を図-3 に示す。

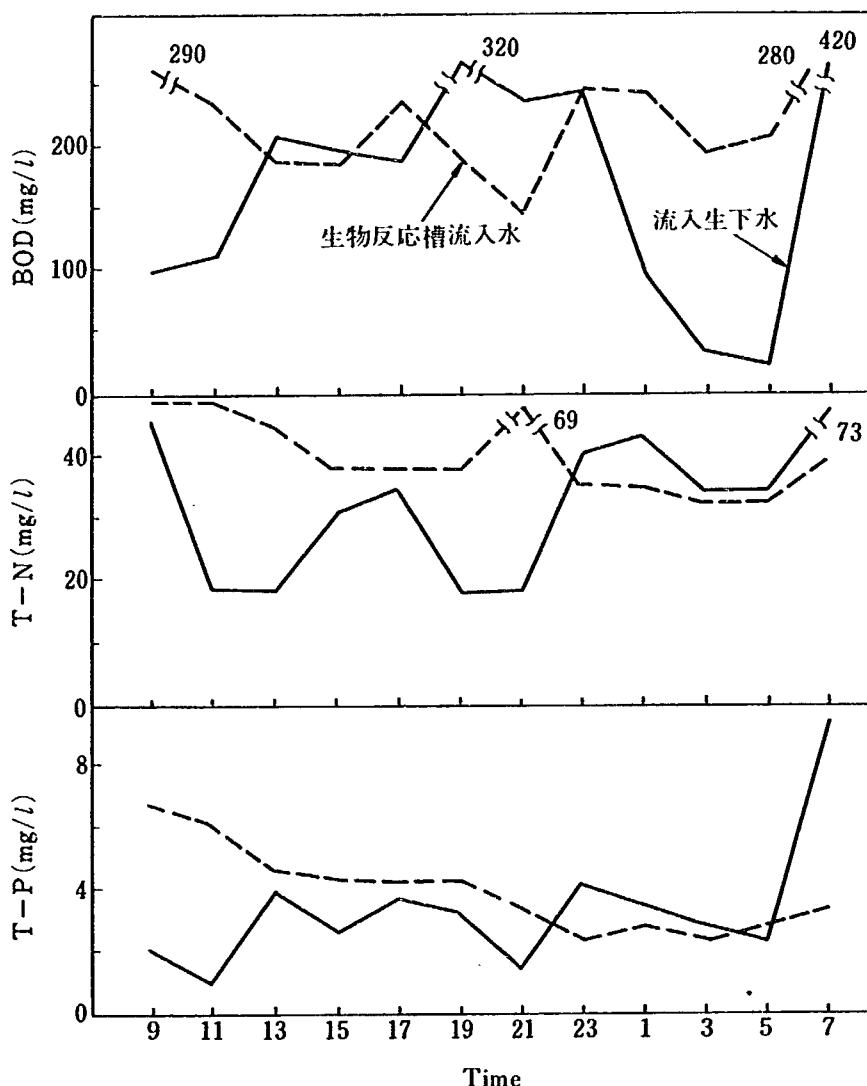


図-3 流入生下水と生物反応槽流入水の経時変化

流入下水は、時間的にかなり変動するが、調整槽を経ることによりある程度均一化していることがわかる。

各実験区分における処理特性を概観するために流入水質と処理水質の平均値を表-4 に示す。

Run-6 は、実験期間が9ヶ月にわたり、期間中の水温の幅が広いことから、高水温期と低水温期に分けて表示している。他の実験については、実験期間が1~2ヶ月以下であり、水温の変動も大きくないので、実験期間の平均値を示した。BOD, COD, SS, T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$ について除去率を見ると、ほぼ80~95%であるが、低水温期の実験区分 Run-2, Run-3,

表-4 各実験区分における流入水質と処理水質の平均値

実験区分		Temp. (℃)	pH	BOD	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	T-P	PO ₄ -P
Run-1	流入水	19	7.3	210	62	210	45	33	0.1	5.1	2.3
	生物処理水	21	6.4	13	9.0	11	5.6	1.2	1.4	1.3	0.8
	除去率(%)			93	85	95	88	96		75	65
Run-2	流入水	12.5	7.2	360	82	220	60	36	0.2	5.8	2.1
	生物処理水	17	6.3	15	9.7	18	6.2	1.3	2.8	2.0	1.2
	除去率(%)			96	88	92	90	96		66	43
Run-3	流入水	12	7.3	410	74	260	51	32	0.1	5.4	2.2
	生物処理水	14.5	6.7	15	11	13	8.9	4.8	1.7	1.1	0.6
	除去率(%)			96	85	95	83	85		80	73
Run-4	流入水	18	7.2	340	110	220	44	27	0.1	5.3	2.0
	生物処理水	20	6.9	19	13	26	7.2	3.0	0.6	1.6	1.0
	除去率(%)			94	88	88	84	89		70	55
Run-5	流入水	20	7.1	260	70	140	39	23	0.1	3.5	1.7
	生物処理水	23	6.7	19	13	13	10	7.3	0.7	1.3	0.8
	除去率(%)			93	81	91	74	68		63	53
Run-6-1 (高水温期)	流入水	23	7.1	240	57	160	37	22	0.1	4.3	1.8
	生物処理水	29	6.6	9	7	6	5.8	1.2	2.4	0.9	0.6
	除去率(%)			96	88	96	84	95		79	67
Run-6-2 (低水温期)	流入水	11	7.3	350	62	207	47	29	0.1	4.2	2.0
	生物処理水	20	6.6	31	10	15	11.4	4.6	4.6	0.9	0.4
	除去率(%)			91	84	93	76	84		79	80

(単位: mg/ℓ)

Run-6-2では、除去率の高いものの、処理水濃度は高い値となっている。これは、低水温期(冬期)においては、使用水量が低下し、流入水質濃度が高いためである。

表-4のBOD, NH₄-N, NO_x-N, T-Nについてグラフ化した結果を水温の違いにより分類して図-4に示す。流入水濃度は低水温期に高く、高水温期に向かって低くなる。これは、前述のように使用水量の違いによるものと考えられる。このため、基本的には、流量と流入水濃度の積で求められる負荷量は、年間を通してほぼ一定であると考え、硝化、脱窒速度等が水温の影響を受け低水温期に低下したため、処理水の窒素系濃度が高くなったものと考えられる。特にRun-6-2のHRTは約20時間であり、Run-2, 3のHRTの1/2であることから水温低下の影響が顕著であったことがRun-6-1と比較して推察できる。

なお、湖東浄化センターの実験期間中における流入下水量の平均値(低水温期930 m³/日、高水温期1,190 m³/日)と図-4の流入水質からBOD, NH₄-N, T-Nの負荷量を水温期別に求めると、低水温期の負荷量が、高水温期のそれより、BODで約15%, NH₄-N, T-Nで

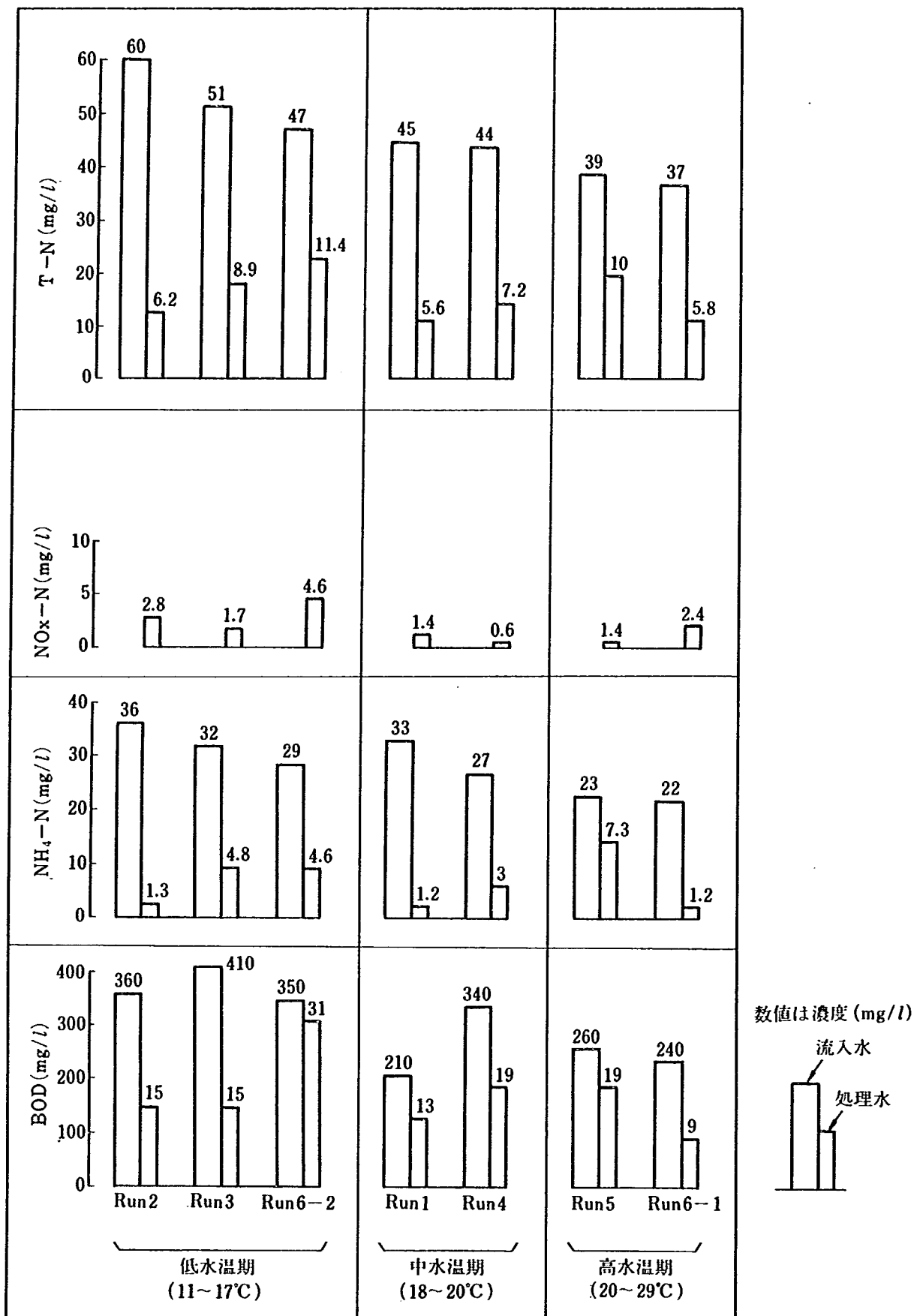


図-4 各実験区分におけるBOD，窒素系の
流入水，処理水平均濃度

いずれも約 10 % 高い結果となった。このことから、低水温期の処理水質の悪化は、水温の低下で硝化、脱窒速度が低下することの他、負荷量の若干の増加にも起因していることが考えられる。

4-2 水質の経年変化

図-5 に Run-1 ~ 3 の各実験区分における窒素除去の経過を示す。Run-1 ~ 3 では、流入水、処理水の T-N を測定していないので、流入水の窒素濃度としては $\text{NH}_4\text{-N}$ を、処理水の窒素濃度としては $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の合計を指標として考える。流入水 $\text{NH}_4\text{-N}$ は、多少ばらついているが、 32 mg/l 程度とみなすことができよう。処理水中の窒素濃度は、水温の低下に伴い上昇し、水温が $12 \sim 13^\circ\text{C}$ で一定の期間では、ほぼ $5 \sim 7 \text{ mg/l}$ で一定になっており、水温との関係が顕著であることがわかる。また、処理水中の窒素を形態別にみると、○

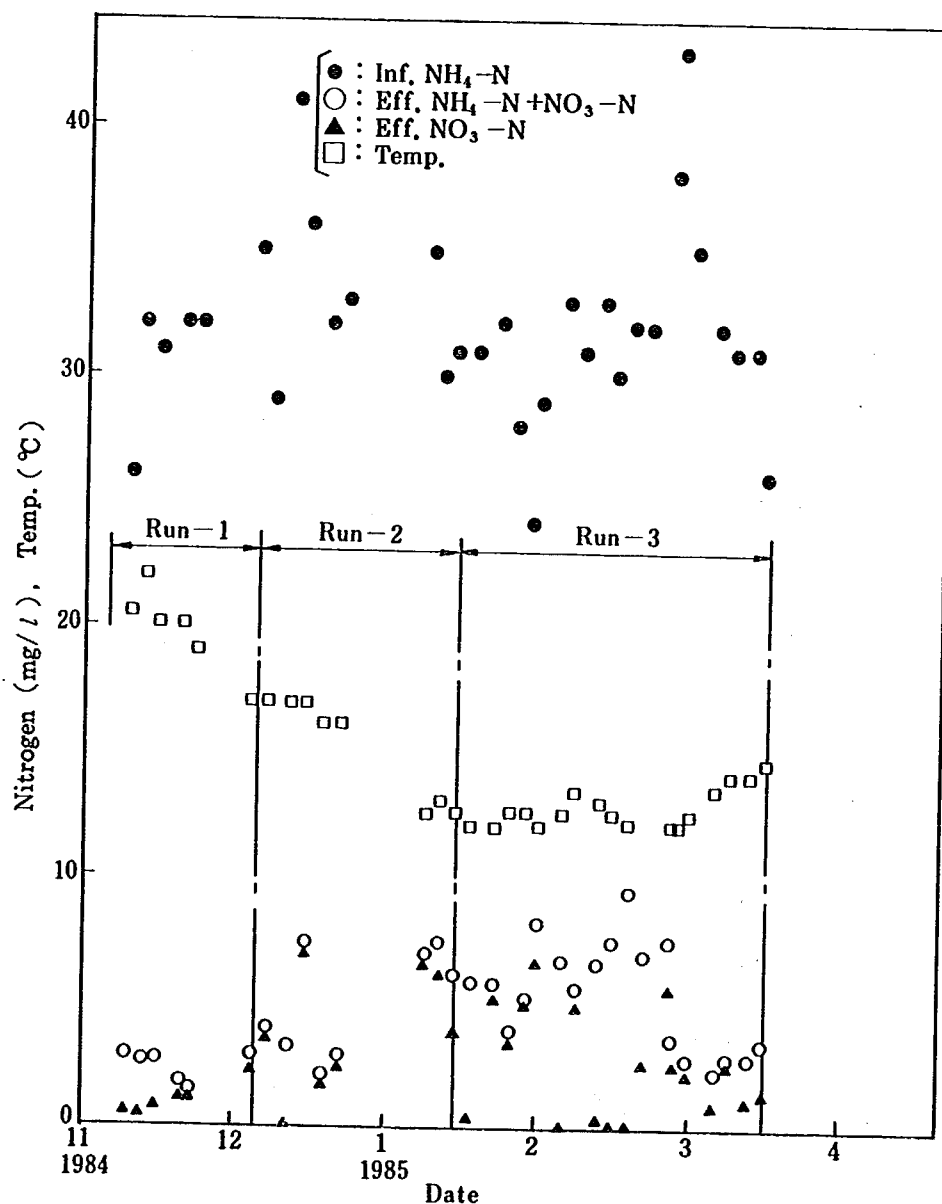


図-5 窒素系、水温の経年変化 (Run-1, 2, 3)

印と▲印の差は $\text{NH}_4\text{-N}$ であるから、水温の低下に従って $\text{NO}_3\text{-N}$ が高くなり、水温が $12\sim 13^\circ\text{C}$ で一定となった2月には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は低くなり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が主となっている。このことは、水温の低下により、まず、脱窒速度が低下し $\text{NO}_3\text{-N}$ が処理水に残留するようになり、続いて硝化速度が低下して $\text{NH}_4\text{-N}$ が処理水に残留することを示している。

図-6にRun-4～6の各実験区分における窒素除去の経年変化を示す。流入水T-N、処理水T-Nの変化は、図-4で示した平均値の水温による変化と同様、水温の経年変化と関係していることが分かる。すなわち、4月から8月に向けて水温が上昇するに従い、流入水、流出水共にT-Nが低下し、その後、冬期に向かって水温が低下するに従い、T-Nは上昇している。Run-5で処理水T-Nが高いのは、Run-4の2系列運転を1系にしたことにより生物反応槽のHRTが半減し硝化槽2槽では、硝化時間が不足したため $\text{NH}_4\text{-N}$ が処理水に残留した結果である。この水質悪化は、Run-6において、硝化槽3槽、脱窒槽1槽にしたことにより解決された。

図-6において、12月から1986年1～3月まで処理水T-Nが他の期間に比べ高い値となっているが、これは、図-5で示された低水温期の状況と同一である。その悪化していく過程も同様で、先に脱窒速度の低下があり、続いて硝化速度が低下したことを示している。

図-5と図-6の低水温期で処理水T-Nが、Run-3では $6\sim 7\text{ mg/l}$ 、Run-6では9

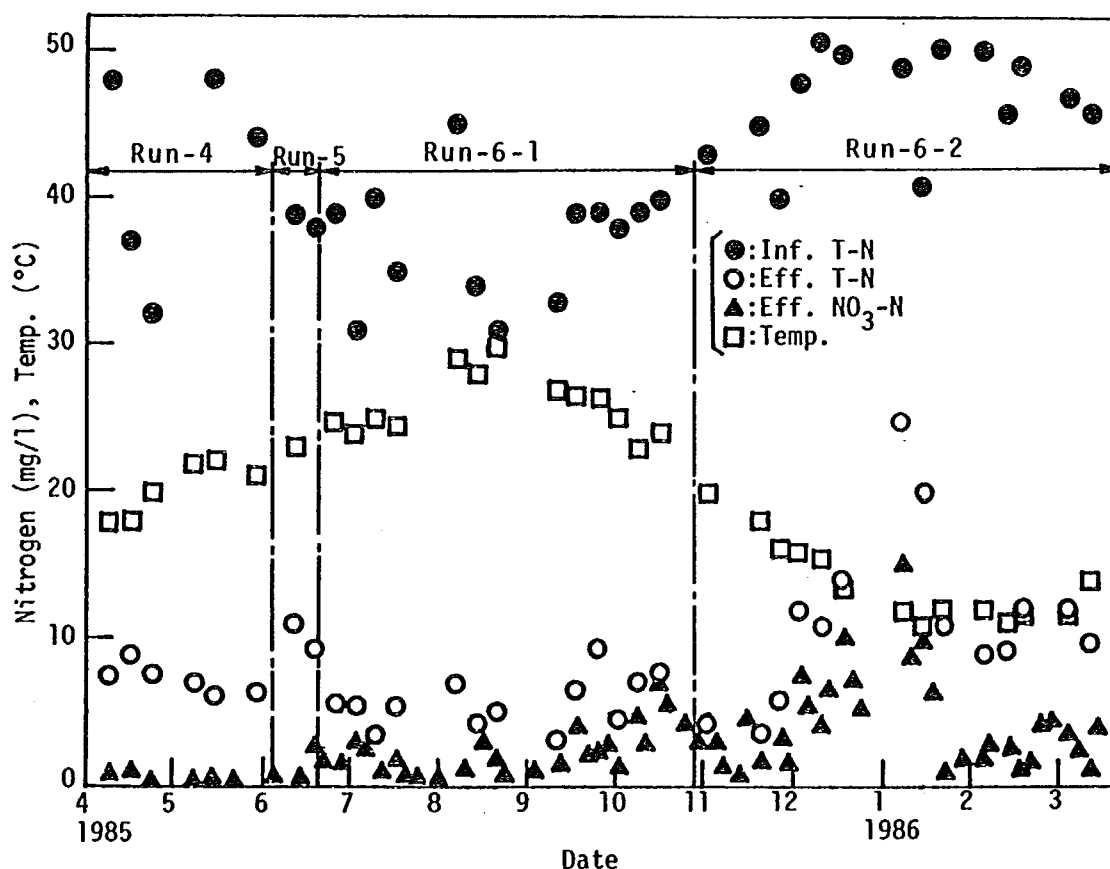


図-6 窒素系、水温の経年変化 (Run-4, 5, 6)

～12 mg/ℓであるが、この差は、生物反応槽 HRT の違いによると考えられるので、低水温期には、高水温期より若干長めの HRT を確保できるようにするか、設計の基本因子の設定に当たっては、水温期を念頭に置く必要がある。

Run 4 と Run 6 における流入水 T-N と除去 T-N の関係を図-7 に示す。低水温期の Run 6-2 のデータが、主として除去率 70～80% に分布し、他の水温期のデータは、除去率 80～90% に主として分布しており、水温の影響が大きいことがわかる。

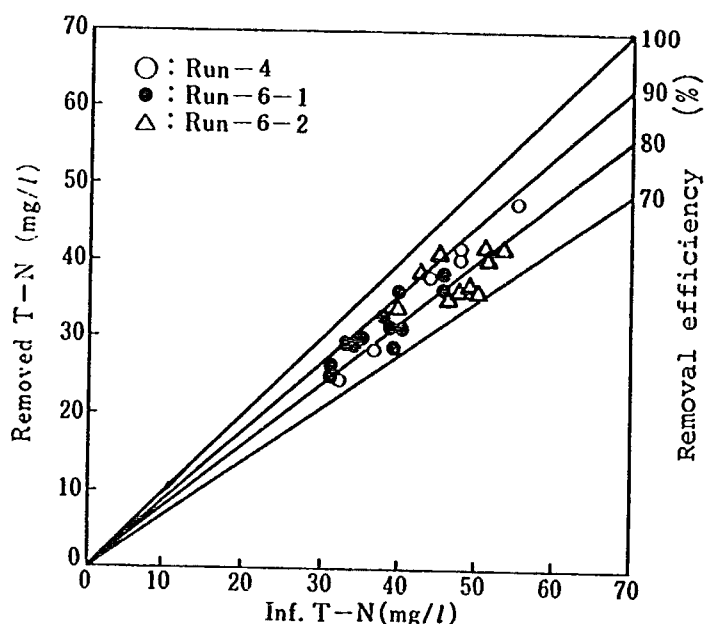


図-7 流入全窒素濃度と除去全窒素濃度の関係

4-3 生物反応槽における水質変化

Run-4, 6 の実験期間において、本法プロセス内の反応を詳細に検討するため、流入水、A～E の各生物反応槽混合液、生物処理水、返送汚泥混合液の汙液について、2 時間間隔で 24 時間にわたって採水、分析を行った。Run-6 については、低水温期、中水温期、高水温期の 3 回行った。これらの実験結果を 24 時間の平均値で示したものが、表-5～8 であり、グラフ化したものが図-8 である。

図-8(I)によれば、硝化槽(好気槽)A, B で $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化が生じ、その $\text{NO}_3\text{-N}$ が後続く脱窒槽(嫌気槽)C, D で除去されている。これらの硝化、脱窒反応に伴い、硝化槽でアルカリ度が消費され、嫌気槽で生成されている。これら一連の水質変化が、本法の典型的な挙動と考えられる。

図-8(II), (III)は、Run-6 の高、中水温期の水質変化を示しており、処理水の窒素濃度は、Run-4 と同じ程度となっている。Run-6 の生物反応槽 HRT は、Run-4 の約 1/2 であることから、これらの水温期においては、硝化速度、脱窒速度が上昇するので、HRT を 20 時間程度に短縮しても、Run-4 と同程度の処理水窒素濃度が得られたものと考えられる。

表-5 Run-4における水質データ(通日試験平均値)

(1985.5.28~29)

Parameter		Inf.	Inf. + Return Sludge	Cell A Oxic	Cell B Oxic	Cell C Anoxic	Cell D Anoxic	Cell E Oxic	Bio-eff.	Filtrate
Temp.	°C	21	—	21	21	21	21	21	21	21
pH		7.1	—	6.9	6.8	6.8	6.8	6.5	6.8	6.9
SS	mg/ℓ	140	—	—	—	—	—	—	38	9
COD	mg/ℓ	55	32.3	—	—	—	—	—	13	7.5
BOD	mg/ℓ	250	125	—	—	—	—	—	19	4.5
T-N	mg/ℓ	38	20.0	—	—	—	—	—	4.7	4.2
NH ₄ -N	mg/ℓ	19	9.8	5.0	1.0	1.5	1.8	1.5	2.0	2.5
NO ₂ -N	mg/ℓ	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR
NO ₃ -N	mg/ℓ	TR	TR	2.3	5.2	2.0	0.3	0.3	TR	0.1
T-P	mg/ℓ	3.8	2.6	—	—	—	—	—	1.6	1.5
PO ₄ -P	mg/ℓ	2.2	1.7	0.9	0.8	1.0	1.7	1.1	1.2	1.0
DO	mg/ℓ	—	—	0.4	0.4	ND	ND	0.5	—	—
MLSS	mg/ℓ	—	—	—	—	—	—	4070	—	—
MLVSS	mg/ℓ	—	—	—	—	—	—	2910	—	—
Alkalinity	mg/ℓ	130	93.2	63	27	52	50	50	62	56

FLOW RATE 1017m³/day, RETURN RATIO 118%, RSSS 8070mg/ℓ,
WASTE SLUDGE 25m³/day

表-6 Run-6(a)における水質データ(通日試験平均値)

(1985.9.10~11)

Parameter		Inf.	Inf. + Return Sludge	Cell A Oxic	Cell B Oxic	Cell C Oxic	Cell D Anoxic	Cell E Oxic	Bio-eff.	Filtrate
Temp.	°C	27	—	27	27	27	27	27	27	27
pH		7.0	—	6.8	6.7	6.6	6.6	6.6	6.8	6.9
SS	mg/ℓ	55	—	—	—	—	—	—	2	2
COD	mg/ℓ	54	33	—	—	—	—	—	7.8	6.4
BOD	mg/ℓ	190	107	—	—	—	—	—	12	3.9
T-N	mg/ℓ	30	18	—	—	—	—	—	4.3	3.8
NH ₄ -N	mg/ℓ	11	6.5	2.6	2.0	1.3	2.0	1.8	1.3	1.2
NO ₂ -N	mg/ℓ	ND	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	TR
NO ₃ -N	mg/ℓ	TR	0.7	3.0	4.8	7.0	2.8	1.8	1.4	1.2
T-P	mg/ℓ	3.4	2.2	—	—	—	—	—	0.8	0.9
PO ₄ -P	mg/ℓ	2.1	1.4	0.9	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	1.1
DO	mg/ℓ	—	—	0.6	0.6	0.5	0.3	0.4	—	—
MLSS	mg/ℓ	—	—	—	—	—	—	2940	—	—
MLVSS	mg/ℓ	—	—	—	—	—	—	2220	—	—
Alkalinity	mg/ℓ	130	93	69	47	30	43	46	50	49

FLOW RATE 1098m³/day, RETURN RATIO 87%, RSSS 6330mg/ℓ,
WASTE SLUDGE 25m³/day

表-7 Run-6(b)における水質データ(通日試験平均値)

(1985.11.19~20)

Parameter		Inf.	Inf. + Return Sludge	Cell A Oxic	Cell B Oxic	Cell C Oxic	Cell D Anoxic	Cell E Oxic	Bio-eff.	Filtrate
Temp.	°C	17.5	—	18	18	18	18	18	18	17
pH		7.1	—	6.9	6.6	6.5	6.7	6.7	6.7	6.8
SS	mg/ℓ	140	—	—	—	—	—	—	6	1
COD	mg/ℓ	65	37	—	—	—	—	—	4.9	7.6
BOD	mg/ℓ	240	132	—	—	—	—	—	9.7	1.8
T-N	mg/ℓ	39	23	—	—	—	—	—	4.9	4.9
NH ₄ -N	mg/ℓ	19	10.5	3.5	TR	0.8	1.7	1.5	0.8	0.6
NO ₂ -N	mg/ℓ	TR	ND	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	TR
NO ₃ -N	mg/ℓ	0.1	1.0	4.1	4.5	4.1	3.3	2.3	2.0	2.8
T-P	mg/ℓ	3.8	2.3	—	—	—	—	—	0.5	0.6
PO ₄ -P	mg/ℓ	1.2	0.8	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.6
DO	mg/ℓ	—	—	0.2	0.1	0.1	ND	ND	—	—
MLSS	mg/ℓ	—	—	—	—	—	—	3110	—	—
MLVSS	mg/ℓ	—	—	—	—	—	—	2410	—	—
Alkalinity	mg/ℓ	140	94	55	31	28	43	43	41	38

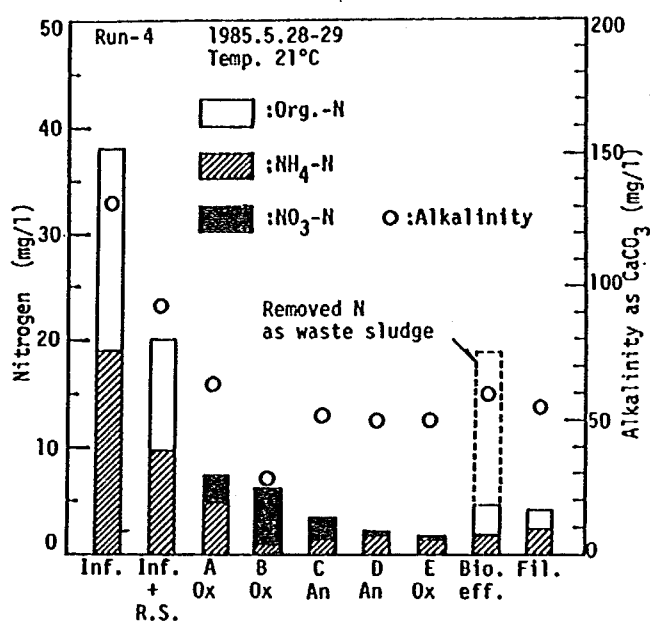
FLOW RATE 959 m³/day, RETURN RATIO 88%, RSSS 6280 mg/ℓ,
WASTE SLUDGE 25 m³/day

表-8 Run-6(c)における水質データ(通日試験平均値)

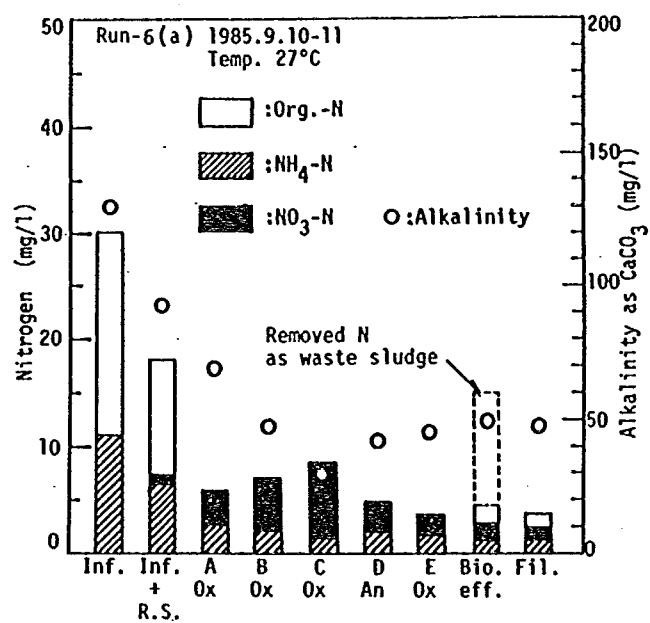
(1986.1.19~20)

Parameter		Inf.	Inf. + Return Sludge	Cell A Oxic	Cell B Oxic	Cell C Oxic	Cell D Anoxic	Cell E Oxic	Bio-eff.	Filtrate
Temp.	°C	12.0	—	12	12	12	12	12	13	12
pH		7.2	—	6.9	6.6	6.6	6.7	6.8	6.8	6.8
SS	mg/ℓ	92	—	—	—	—	—	—	13	4
COD	mg/ℓ	62	40	—	—	—	—	—	12	10
BOD	mg/ℓ	220	143	—	—	—	—	—	42	7.8
T-N	mg/ℓ	47	31	—	—	—	—	—	11	10
NH ₄ -N	mg/ℓ	21	15.3	11	9.8	9.1	8.5	8.7	7.9	7.0
NO ₂ -N	mg/ℓ	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	TR	0.1	TR
NO ₃ -N	mg/ℓ	0.1	0.4	4.1	5.0	4.2	2.0	1.1	0.9	2.4
T-P	mg/ℓ	2.1	1.6	—	—	—	—	—	1.0	0.8
PO ₄ -P	mg/ℓ	—	—	0.8	0.4	0.3	TR	TR	—	—
DO	mg/ℓ	—	—	0.6	0.4	ND	ND	ND	—	—
MLSS	mg/ℓ	—	—	—	—	—	—	3460	—	—
MLVSS	mg/ℓ	—	—	—	—	—	—	2830	—	—
Alkalinity	mg/ℓ	150	120	95	70	67	83	82	80	77

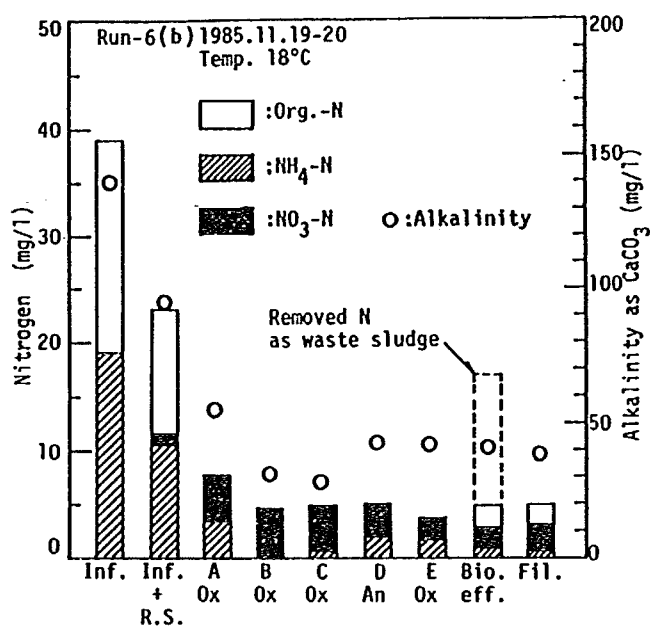
FLOW RATE 1097 m³/day, RETURN RATIO 77%, RSSS 6840 mg/ℓ,
WASTE SLUDGE 25 m³/day



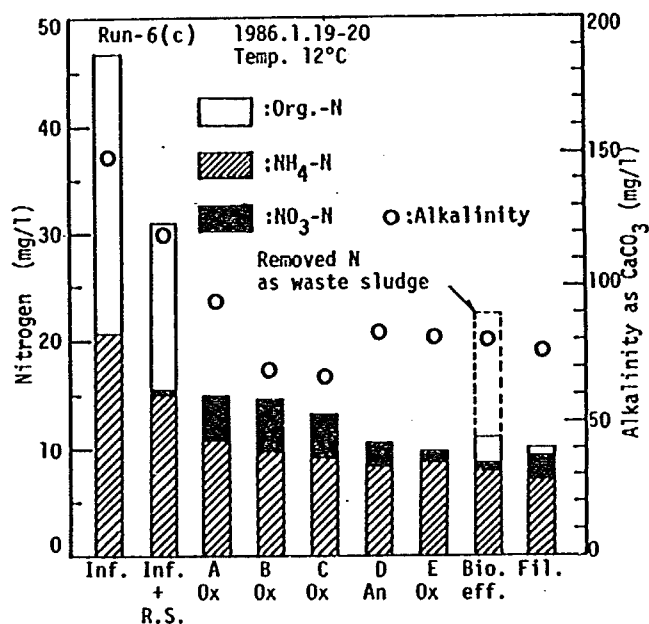
(I) Run - 4



(II) Run - 6(a) (高水温期)



(III) Run - 6(b) (中水温期)



(IV) Run - 6(c) (低水温期)

図-8 プロセス内における窒素系, アルカリ度の変化

図-8 (IV) に低水温期の Run-6 における水質変化を示しているが、硝化速度が著しく低下したために、高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留し、処理水 T-N を他の場合に比べて2倍に上げている。この硝化速度の低下は、水温低下の他に表-8に示されている硝化槽 DO 濃度が低いことに起因していると考えられる。特に硝化槽 C の DO 濃度は、零となっている。低水温期に、このように DO 濃度が上がらないのは、本施設の散気装置が粗気泡型であることに加え、低水温期の流入水の $\text{NH}_4\text{-N}$ と BOD 濃度が他期に比べて高いこと、更には低水温期には MLSS 濃度を高くして運転すること等によると考えられる。以上の他、この実験で観察されたこととして、脱窒槽において、 1 mg/l 程度の $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加があること、および、硝化槽において脱窒が生じていることが挙げられる。特に、後者については、Run-4, Run-6 (III) において観察されており、いずれの場合も硝化槽 B における $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の合計濃度が硝化槽 A における合計濃度より低下していることから、硝化槽において脱窒が生じていることがわかる。

4-4 窒素除去の支配因子

(1) 硝化に関する考察

これまでの検討の結果、現象的には、図-9に示すように低水温期に処理水に $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留することが認められた。この原因としては、次のようなことが考えられる。

- a. 低水温期は、流入下水量が減少するため流入水 T-N 濃度が高く、また負荷も若干高い。
- b. 水温低下のため硝化速度が低下する。

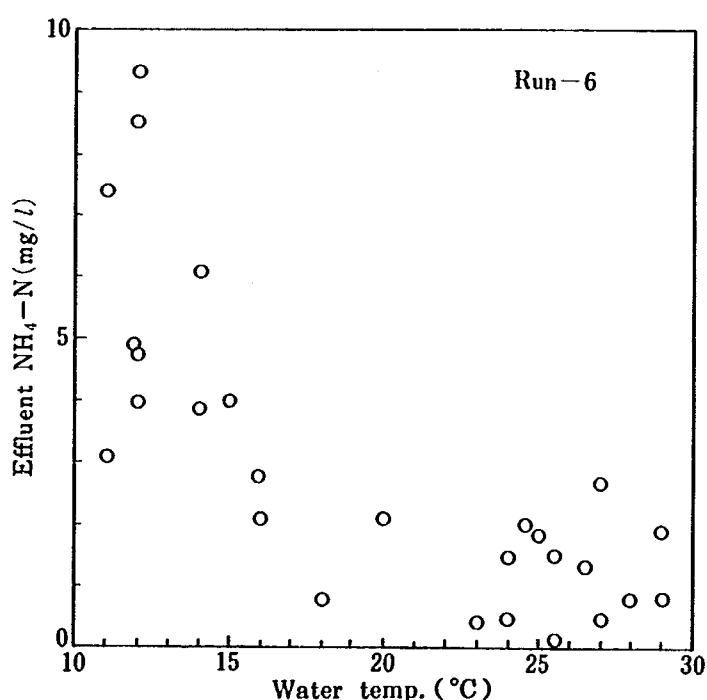


図-9 処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ と水温の関係

- c. 硝化槽 DO 濃度が低いため、硝化速度が低下する。
- d. 硝化菌の系内保持に必要な SAT が確保されていない。

処理水に $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留するのは、以上の 4 つの原因が複合した結果であるが、以下に考察を加えることとする。

まず、a については、4-1 で考察を加えたように、流入水濃度が高いことに加え、 $T\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の負荷が、夏期に比べ約 10 % 高いことが明らかとなっている。このため、低水温期に硝化速度が低下すると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留することになる。

硝化速度と水温の関係については、実施設において求められた結果を図-10 に示す¹⁾。この図からわかるように、低水温期には、高水温期の約 1/2 程度にまで、硝化速度が低下する。

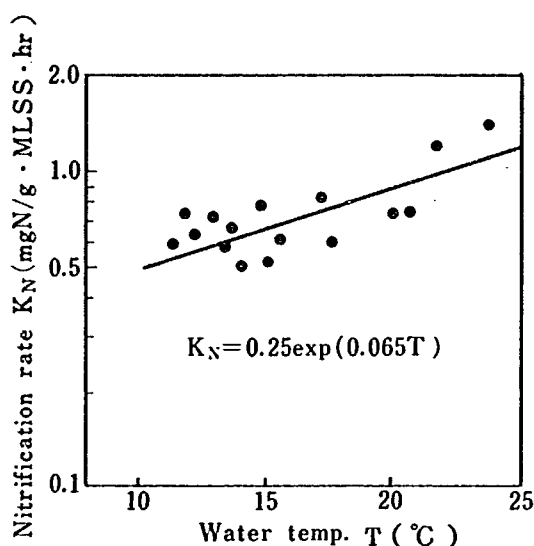


図-10 硝化速度と水温の関係¹⁾

図-10 に示した硝化速度を実施設で求めたときの硝化槽 DO 濃度は、約 $0.6 \text{ mg}/\ell$ 以下であったことから、低 DO 濃度下の硝化速度と水温の関係とみなす必要がある。図-10 の関係を他の施設における関係と比較するために図-11 を示す。硝化速度は、窒素除去プロセスの構成型式によらず、基本的には同様な温度特性を示すはずである。図-11 をみると、水温低下の影響は、いずれも同様とみなすことができる。ただし、本法における絶対値が他のものに比べて低いことは、硝化槽の低 DO 濃度に起因していると考えられる。また、低水温期に特に低 DO 濃度になる原因としては、次のことが考えられる。本法では、内生呼吸を利用して脱窒を行うため、脱窒速度が遅い。このため、低水温期には、脱窒速度を上げるために高水温期に比べて、MLSS 濃度を高くして運転を行なう。このような運転は、脱窒反応には問題はないが、MLSS を高くした結果、硝化槽における内生呼吸量が MLSS 濃度に比例して増加するため、散気設備の能力上、空気量を低水温期に特に大きくできない場合、硝化槽 DO 濃度が低下することになる。

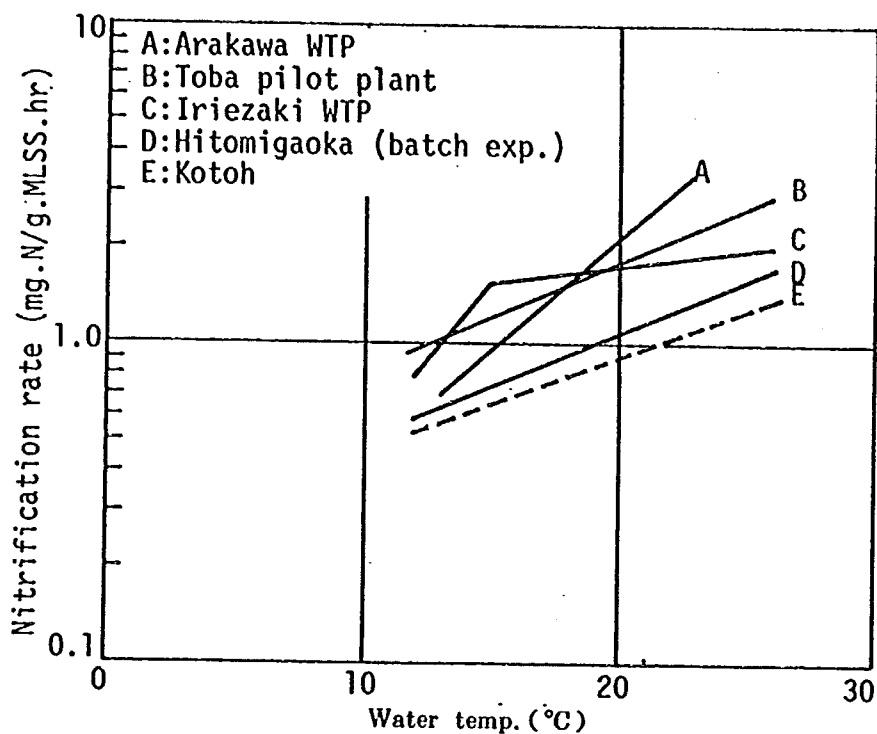


図-11 他の施設における硝化速度と水温の関係との比較

次に、SAT (Sludge Aeration Time, 好気槽を基準とした汚泥滞留時間) について考察する。

SAT は、硝化菌の系内保持に関して重要な因子となっている。硝化菌を系内に保持するには、SAT を硝化菌の比増殖速度 μ の逆数より大きく維持することが必要である。

活性汚泥中の他栄養性細菌の増殖速度は、硝化菌の増殖速度に比べ大きく、適正な BOD-SS 負荷率を維持するには、他栄養性細菌の一部を余剰汚泥として引抜かねばならない。この余剰汚泥中には硝化菌が曝気槽内と同一の比率で含まれているため、結果的に硝化菌の系内での滞留時間は、他栄養性細菌の滞留時間に支配されることになる。

硝化菌の増殖には好気状態が必要であるという前提から、硝化菌の系内保持については、生物反応槽を基準とした汚泥滞留時間 (SRT) ではなく、次式で示される SAT を用いて検討する。

$$\text{SAT} = \text{SRT} \cdot T_N / T_T \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここに、 T_N : 硝化槽滞留時間 (h)

T_T : 生物反応槽滞留時間 (h)

一般に SAT の算定には好気槽滞留時間を用いる。本法では好気槽として硝化槽と再曝気槽があるが、硝化反応は硝化槽のみで生じると考えるので好気槽滞留時間として硝化槽滞留時間 T_N のみを考慮し SAT を算定する。

SRT は次式で求められる。

$$\text{SRT} = \frac{1}{Y \cdot L_s} \quad \dots\dots\dots(8)$$

ここに、Y：活性汚泥の自己分解による減少を含んだ汚泥転換率，0.6～0.8（－）

L_s ：BOD－SS 負荷（kg BOD/kg SS・日）

硝化菌を系内に保持するには，次式(9)の関係が満足されることが必要である。

$$SAT > \frac{1}{\mu} \quad \dots\dots\dots(9)$$

ここに、 μ ：硝化菌の比増殖速度（1/日）

ただし、 μ と水温の関係式としては，次式が得られている²⁾。

$$\mu = 0.11 \exp \{ 0.07 \times (T - 15) \} \quad \dots\dots\dots(10)$$

ここに、T：水温（℃）

一般に SAT は $1/\mu$ の 2 倍程度以上とすれば，硝化菌を確実に系内保持でき，安定した硝化速度を維持することができる。

以上のことを基礎に Run－6 の期間中における SAT と μ の関係について検討を加える。

SAT は，式(7)，(8)から求めることもできるが，余剰汚泥発生量，処理水 SS として流出する汚泥量等を基に実績値を求めることもできる。その結果を表－9 に示す。この計算においては，最終沈殿池内および汚泥返送系の汚泥量は考慮されていない。表－9 によれば，SAT は夏期に短かく，冬期に長くなっており，16～21 日程度となっている。一方， $1/\mu$ を式(10)により求めると，低水温期（水温 12℃）の場合約 11 日，高水温期（水温 29℃）の場合約 3.4 日である。すなわち，低水温期には，硝化菌の保持に必要な日数 11 日に対して SAT は

表－9 湖東浄化センターにおける SAT の実績値

期 日	S R T	S A T	処理水量	処 理 水 S S	M L S S	余 汚 泥 量	余 汚 泥 濃 度
	日	日	m ³ /日	mg/ℓ	mg/ℓ	m ³ /日	mg/ℓ
昭和 60 年 7 月	20.1	16.1	1,301.3	5	2,930	21.1	6,320
8 月	21.0	16.8	1,128.3	4	3,010	19.2	6,030
9 月	21.8	17.4	1,089.8	6	3,000	18.7	6,730
（ 夏 ） 平 均	21.0	16.8	1,173.1	5	2,980	19.7	6,360
10 月	26.8	21.4	1,003.4	9	3,620	17.7	6,820
11 月	22.7	18.2	996.1	8	3,040	19.7	6,110
12 月	18.4	14.7	958.1	13	2,920	20.2	6,920
（ 秋 ） 平 均	22.6	18.1	985.9	10	2,860	19.2	6,620
昭和 61 年 1 月	21.1	16.9	918.2	23	3,370	18.4	7,170
2 月	33.2	26.5	918.1	14	4,210	15.5	7,030
3 月	24.4	19.5	951.4	16	4,030	17.9	8,020
（ 冬 ） 平 均	26.2	21.0	929.2	18	3,870	17.3	7,410

21日(約2倍), 高水温期には, 必要な日数3.4日に対してSATは16日(約4倍)であり, 本施設の運転条件においては, 年間を通して, 確実に硝化菌を保持していることがわかる。

(2) 脱窒に関する考察

脱窒反応には, 水素供与体として有機物が必要である。本法の脱窒は, 内生脱窒と呼ばれる方法であり, 下水中の有機物をそのまま脱窒反応に用いる訳ではなく, 硝化槽で活性汚泥に吸着されたり, 細胞内に蓄積された下水中の有機物を利用するものである。しかしながら, 流入水中に含まれる有機物が唯一の有機物源であることから, この有機物の指標であるBOD濃度と脱窒反応には何らかの関係があることが推察される。そこでBODと脱窒の関係を調べてみた。脱窒現象は, 直接には $\text{NO}_3\text{-N}$ あるいは $\text{NO}_2\text{-N}$ の減少量で把握することができるが, 本実験の中では, これら $\text{NO}_x\text{-N}$ の変化量が小さいので, $\text{NO}_x\text{-N}$ を用いて脱窒現象を定量的に把握することは困難であった。そこで, 処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が 2 mg/l 以下で, すなわち, 硝化反応が良好であり, 処理水 T-N 濃度に占める $\text{NO}_x\text{-N}$ の割合が高いときの T-N 濃度を用いて脱窒現象を検討することとした。

図-12に, 流入水の BOD/T-N 比と T-N 除去率の関係を示す。本施設には, 最初沈殿池がないためBOD濃度が高く, BOD/T-N 比も高い値となっている。このとき, T-N 除去率は, ほとんど80~90%の範囲にあり, 脱窒に必要な有機物は, BOD/T-N 比で3以上あれば良いことがわかる。

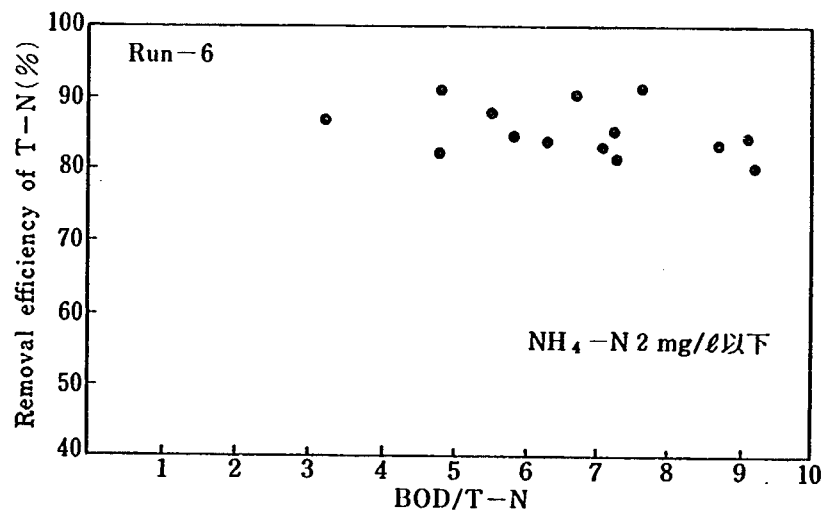


図-12 BOD/T-N 比と T-N 除去率の関係

次に水温と処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係を図-13に示す。水温の低下に従い, 脱窒速度が低下し, 処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高くなったものと考えられる。そこで, 脱窒速度と水温の関係を図-14に示す。図-10に示された硝化速度と水温の関係と同様, 低水温期の速度は高水温期の1/2程度になっている。図-10と14を詳細にみると, 同一水温の速度は脱窒速度の方が若干小さいことがわかる。このことは, 低水温期に近づくにつれて, まず $\text{NO}_3\text{-N}$ が

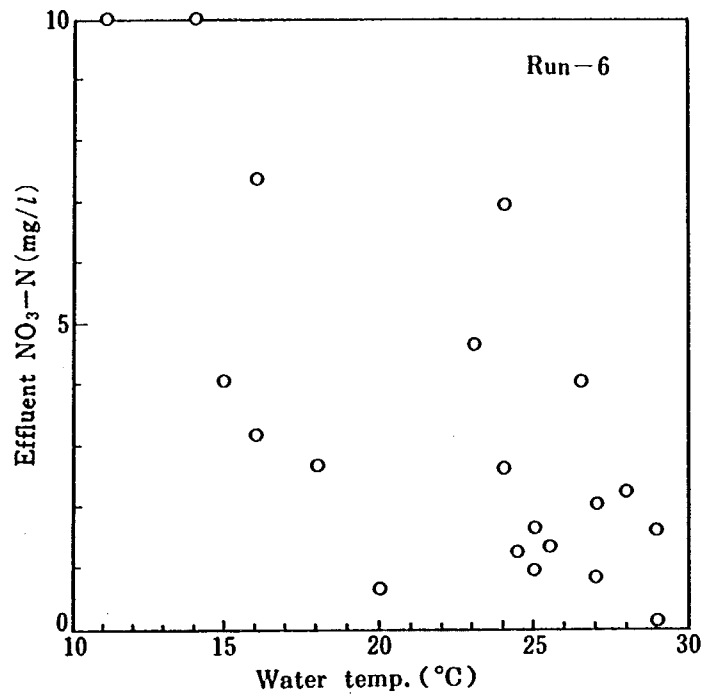


図-13 処理水 NO₃-N と水温の関係

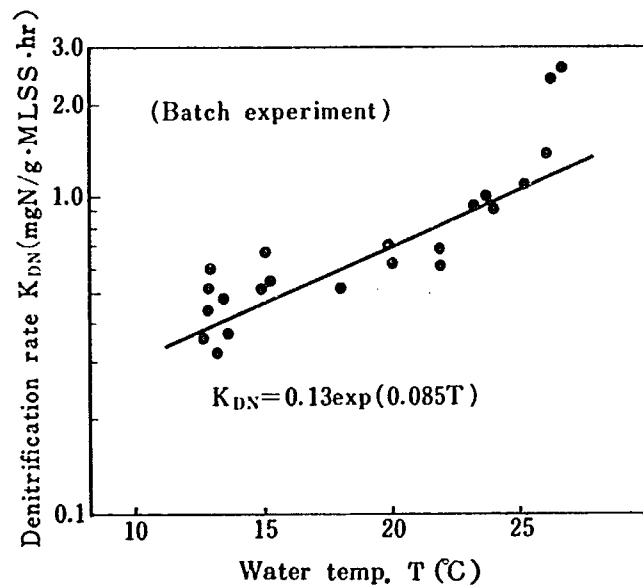


図-14 脱窒速度と水温の関係

残留し、続いて硝化が生じなくなり NH₄-N が残留するようになることを裏付けている。

図-14 に示された脱窒速度と水温の関係を他の施設における関係と比較するために図-15 を示す。A～C は、循環式硝化脱窒法におけるものであり、これらに比べると本法における内生脱窒速度は若干小さいことがわかる。

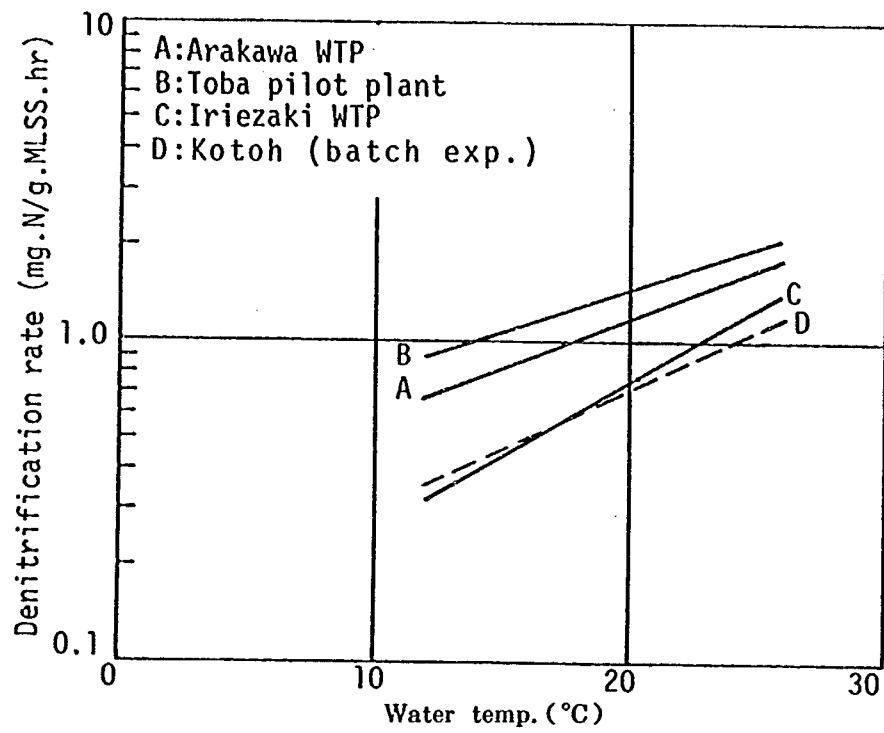


図-15 他の施設における脱窒速度と水温の関係との比較

5. ま と め

浜松市湖東浄化センターの実施設を用いて行われた硝化・内生脱窒法の実験で得られた成果を要約すると、以下のとおりである。

- (1) 本法の窒素除去率は、水温の影響を顕著に受け、低水温期で70～80%、低水温期を除くと80～90%であった。
- (2) 低水温期の窒素除去率の低下は、硝化、脱窒速度の低下、流入水T-N濃度、および負荷が高いことに主として起因するものであった。
- (3) 硝化菌の系内保持に必要なS A Tは、一年を通して十分な日数が確保されていた。
- (4) 本法における硝化速度は、硝化槽D O濃度が低いために、一般的に得られている硝化速度の1/2程度であった。
- (5) 本法の内生脱窒速度は、硝化速度同様、一般に得られている脱窒速度の1/2程度であった。
- (6) 本法は低水温期になるに従って処理水T-N濃度が高くなるが、その悪化の過程は、先に脱窒速度が低下し $\text{NO}_3\text{-N}$ が処理水に残留するようになり、続いて硝化速度が低下して $\text{NH}_4\text{-N}$ が処理水に残留するという経過をたどる。
- (7) 本法においては、硝化槽において脱窒現象が生じることがあった。
- (8) 本法の窒素除去量の約70%が硝化・内生脱窒によるものであり、残りの約30%は余剰汚泥の引抜きによるものであった。

<参考文献>

- 1) 原田・進士・小堀・清水：「活性汚泥変法による窒素・リンの同時除去」，衛生工学研究論文集，Vol. 20，1984.
- 2) 日本下水道事業団技術評価委員会：「微生物を利用した窒素及びリン除去プロセスの評価に関する第1次報告書」，1986.

附 表

付表-1 Run-1, 2, 3の実験結果

日付	水温 (°C)	NH ₄ -N		NO ₃ -N 流出 (mg/ℓ)	NH ₄ -N NO ₃ -N 流出 (mg/ℓ)	Qo (m ³ /日)	HRT (hrs)	Qr (m ³ /日)	E 槽 MLSS (mg/ℓ)	流入水 アルカリ度 (mg/ℓ)	実験区分
		流入 (mg/ℓ)	流出 (mg/ℓ)								
昭和59年 11/9	20.5	26	2.2	0.6	2.8	943	49	600	—	—	Run-1
12	21.0	32	2.2	0.4	2.6	993	46	"	4060	190	
15	20.0	31	1.6	0.7	2.3	925	50	"	—	—	
20	20.0	32	0.6	1.1	1.7	943	49	"	3720	180	
22	19.0	32	0.3	1.2	1.5	861	54	"	—	—	
12/4	17.0	35	0.7	2.2	2.9	899	51	510	4940	180	Run-2
7	17.0	29	0.3	3.6	3.9	899	51	444	—	—	
11	17.0	41	3.1	0.1	3.2	911	51	600	4860	190	
14	17.0	36	0.5	6.9	7.4	852	54	"	—	—	
18	16.0	32	0.4	1.7	2.1	896	51	"	3990	170	
21	16.0	33	0.2	2.5	2.7	896	51	425	—	—	
昭和60年 1/8	12.5	35	0.3	6.5	6.9	920	50	600	3580	180	Run-3
11	13.0	30	1.3	6.1	7.4	875	53	"	—	—	
14	12.5	31	2.3	3.8	6.1	800	58	"	—	—	
17	12.0	31	5.4	0.4	5.8	894	52	"	4100	170	
22	12.0	32	0.5	5.2	5.7	894	52	"	4100	170	
25	12.5	28	0.4	3.4	3.8	890	52	"	—	—	
28	12.5	24	0.2	4.9	5.1	908	51	"	—	—	
2/1	12.0	29	1.5	6.6	8.1	857	54	600	—	—	
5	12.5	33	6.6	0.1	6.7	820	56	"	3520	180	
8	13.5	31	0.8	4.8	5.6	861	54	"	—	—	
12	13.0	33	6.3	0.3	6.6	891	52	"	3540	180	Run-3
15	12.5	30	7.3	0.1	7.4	857	54	"	—	—	
18	12.0	32	9.3	0.1	9.4	851	54	"	3500	170	
21	13.0	32	4.3	2.6	6.9	880	52	"	—	—	
26	12.0	38	1.8	5.6	7.4	852	54	"	—	—	
27	12.0	43	1.0	2.5	3.5	878	52	"	—	—	
3/1	12.5	35	0.6	2.1	2.7	917	50	600	—	—	
5	13.5	32	1.3	0.9	2.2	889	52	"	4650	170	
8	14.0	31	0.2	2.5	2.7	882	52	"	—	—	
12	14.0	31	1.7	1.1	2.8	930	50	"	3980	170	
15	14.5	26	2.1	1.3	3.4	974	47	"	—	—	

付表-2 Run-4, 5, 6の実験結果(I)

日付	水温 (°C)	BOD 流入 (mg/ℓ)	T-N		T-N 除去量 (mg/ℓ)	T-N 除去率 (%)	BOD T-N (-)	NH ₄ -N		NO ₃ -N 流出 (mg/ℓ)	NH ₄ ⁺ -N NO ₃ ⁻ -N 流出 (mg/ℓ)	実験区分
			流入 (mg/ℓ)	流出 (mg/ℓ)				流入 (mg/ℓ)	流出 (mg/ℓ)			
昭和60年 4/9	18	380	48	7.4	40.6	84.6	7.9	33	2.7	0.5	3.2	Run-4
4/16	18	310	37	8.9	28.1	75.9	8.4	28	3.7	1.0	4.7	
4/23	20	290	32	7.5	24.5	76.6	9.1	21	6.0	0	6.0	
5/7	22	270	55	7.0	48.0	87.3	4.9	22	4.2	0.2	4.4	
5/14	22	330	48	6.1	41.9	87.3	6.9	30	1.2	0.3	1.5	
5/28	21	430	44	6.2	37.8	85.9	9.8	26	2.1	0	2.1	
6/11	23	330	39	11.0	28.0	71.8	8.5	27	9.3	0.1	9.4	Run-5
6/18	22	190	38	9.3	28.7	75.5	5.0	14	1.1	2.6	3.7	
6/25	24.5	280	39	5.7	33.3	85.4	7.2	21	2.0	1.3	3.3	Run-6
7/2	24	150	31	5.5	25.5	82.3	4.8	20	1.5	2.7	4.2	
7/9	25.5	190	40	3.7	36.3	90.8	4.8	17	0.1	1.4	1.5	
7/16	25	220	35	5.6	29.4	84.0	6.3	20	1.5	1.7	3.2	
8/6	29	410	45	7.0	38.0	84.4	9.1	27	1.9	0.2	2.1	
8/13	28	110	34	4.5	29.5	86.8	3.2	22	0.8	2.3	3.1	
8/20	29	220	31	5.2	25.8	83.2	7.1	22	0.8	1.7	2.5	
9/10	27	160	33	3.1	29.9	90.6	4.8	19	0.5	0.9	1.4	
9/17	26.5	340	39	6.5	32.5	83.3	8.7	24	1.3	4.1	5.4	
9/24	27	180	39	9.4	29.6	75.9	4.6	25	2.7	2.1	4.8	
10/1	25	210	38	4.6	33.4	87.9	5.5	26	1.8	1.0	2.8	
10/8	23	280	39	7.1	31.9	81.8	7.2	19	0.4	4.7	5.1	
10/15	24	370	40	7.9	32.1	80.3	9.3	26	0.5	7.0	7.5	
11/12	20	290	43	4.2	38.8	90.2	6.7	20	2.1	0.7	2.8	
11/19	18	340	45	3.8	41.2	91.6	7.6	22	0.8	2.7	3.5	
11/26	16	230	40	6.0	34.0	85.0	5.8	26	2.1	3.2	5.3	
12/3	16	400	48	12.0	36.0	75.0	8.3	35	2.8	7.4	10.2	
12/10	15	380	53	11.0	42.0	79.2	7.2	27	4.0	4.1	8.1	
12/17	14	250	50	14.0	36.0	72.0	5.0	29	3.9	10	13.9	
昭和61年 1/7	12	280	49	25.0	24.0	49.0	5.7	31	4.9	15	19.9	
1/14	11	330	41	20.0	21.0	51.2	8.0	31	7.4	10	17.4	
1/21	12	140	52	11.0	41.0	78.8	2.7	20	9.3	0.9	10.2	
2/4	12	450	51	9.1	41.9	82.2	8.8	41	4.9	1.9	6.8	
2/12	11	430	46	9.4	36.6	79.6	9.3	31	3.1	3.1	6.2	
2/18	12	240	49	12.0	37.0	75.5	4.9	30	8.5	0.9	9.4	
3/4	12	370	47	12.0	35.0	74.5	7.9	30	4.0	3.3	7.3	
3/11	14	710	46	9.8	36.2	78.7	15.4	28	6.1	1.1	7.2	

付表-3-1 Run-4, 5, 6の実験結果(Ⅱ-1)

日付	水温 (°C)	NH ₄ -N		NO ₃ -N	NH ₄ -N NO ₃ -N 流出	Qo	HRT	Qr	E 槽 MLSS	流入水 アルカリ度	実験区分
		流入 (mg/ℓ)	流出 (mg/ℓ)	流出 (mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(m ³ /日)	(hrs)	(m ³ /日)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	
昭和60年											
4/ 5	18.4	20	0.5	5.9	6.4	1065	43	600	-	-	Run-4
9	18	33	2.7	0.5	3.2	1027	45	"	4000	160	
12		27	5.6	0.8	6.4	1050	44	"	-	-	
16		28	3.7	1.0	4.7	982	47	"	3340	150	
19		34	0.9	0.4	1.3	956	48	"	-	-	
23	20	21	6.0	0	6	845	55	"	4720	120	
26		24	3.6	0.2	3.8	963	48	"	-	-	
30	20	28	2.9	1.0	3.9	970	48	"	-	-	
5/ 2	20	26	3.1	0.1	3.2	934	49	600	-	-	
7	22	22	4.2	0.2	4.4	1002	46	"	4160	160	
10		16	2.7	0.1	2.8	947	49	"	-	-	
14	22	30	1.7	0.4	2.1	1258	37	"	-	160	
17		22	1.3	0.1	1.4	1011	46	"	-	-	
21		24	4.5	0.1	4.6	1195	39	"	-	-	
24		22	3.0	0.3	3.3	1099	42	"	-	-	
28	21	26	2.1	0	2.1	1017	45	"	3270	130	
29		54	2.1	0	2.1	1110	42	"	-	-	
6/ 4	20	24	7.6	0.4	8.0	1145	20	960	-	-	Run-5
7		24	11	0.1	11.1	1014	23	"	-	-	
11	23	27	9.4	0.1	9.5	1044	22	"	2610	160	
14		27	7.2	0.1	7.3	1072	21	"	-	-	
18	22	14	1.1	2.6	3.7	1048	22	"	2800	160	
21	22.5	14	0.2	1.5	1.7	1226	19	"	-	-	Run-6
25	24.5	21	2.0	1.3	3.3	1691	14	"	2640	150	
28		17	0.8	1.5	2.3	1355	17	"	-	-	
7/ 2	24	20	1.5	2.7	4.2	1450	16	960	3070	130	
5		16	0.3	2.6	2.9	1516	15	"	-	-	
9	25.5	17	0.1	1.4	1.5	1311	18	"	2960	140	
12		19	1.9	0.9	2.8	1238	19	"	-	-	
16	25	20	1.5	1.7	3.2	1231	19	"	2760	140	
19		21	1.4	0.7	2.1	1272	18	"	-	-	
23		21	1.9	0.2	2.1	1169	20	"	-	-	
25		19	2.6	0	2.6	1177	20	"	-	-	
30		20	1.6	0.5	2.1	1149	20	"	-	-	

付表-3-2 Run-4, 5, 6の実験結果(Ⅱ-2)

日付	水温 (°C)	NH ₄ -N		NO ₃ -N	NH ₄ -N NO ₃ -N 流出	Qo	HRT	Qr	E 槽 MLSS	流入水 アルカリ度	実験区分
		流入 (mg/ℓ)	流出 (mg/ℓ)	流出 (mg/ℓ)	流出 (mg/ℓ)	(m ³ /日)	(hrs)	(m ³ /日)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	
昭和60年											
8/ 2	28.5	16	1.9	0.5	2.4	1157	20	960	—	—	Run-6
6	29	27	1.9	0.2	2.1	1256	18	"	3240	150	
9		21	0.8	1.1	1.9	1092	21	"	—	—	
13	28	22	2.8	—	2.8	1116	21	"	3050	140	
16		26	1.5	3.0	4.5	1116	21	"	—	—	
20	29	22	0.8	1.7	2.5	1090	21	"	2740	150	
22		17	1.1	0.8	1.9	1066	22	"	—	—	
27		20	3.0	0.2	3.2	1061	22	"	—	—	
30		17	1.6	0.2	1.8	1059	22	"	—	—	
9/ 3	26	15	1.2	0.8	2.0	1091	21	960	—	—	
4		14	1.8	0.2	2.0	1138	20	"	—	—	
10	27	19	0.5	0.9	1.4	1098	21	"	2880	130	
11		29	1.2	1.3	2.5	1039	22	"	—	—	
17	26.5	24	1.3	4.1	5.4	976	24	840	2920	160	
20	25	25	1.0	2.0	3.0	1058	22	"	—	—	
24	27	25	2.7	2.1	4.8	1007	23	"	3190	170	
27		28	1.1	2.8	3.9	998	23	"	—	—	
10/ 1	25	26	1.8	1.0	2.8	1049	22	840	4490	170	
4		31	1.2	4.1	5.3	957	24	"	—	—	
8	23	19	0.4	4.7	5.1	976	24	"	3330	160	
11		30	0.6	2.8	3.4	975	24	"	—	—	
15	24	26	0.5	7.0	7.5	1005	23	"	3030	160	
18	21.5	27	0.9	5.4	6.3	945	24	"	—	—	
22	21	30	0.7	4.8	5.5	970	24	"	—	—	
24		28	0.7	4.2	4.9	978	24	"	—	—	
29		28	1.1	3.0	4.1	947	24	"	—	—	
31		28	1.8	2.3	4.1	987	23	"	—	—	
11/ 5	19.5	28	1.5	3.0	4.5	1004	23	840	—	—	
8		20	1.1	1.4	2.5	1079	21	"	—	—	
12	20	20	2.1	0.7	2.8	941	24	"	2820	160	
15		34	0.7	4.6	5.3	947	24	"	—	—	
19	18	22	0.8	2.7	3.5	959	24	"	3230	140	
20		20	0.4	1.6	2.0	945	24	"	—	—	
26	16	26	2.1	3.2	5.3	981	23	"	3070	160	
29	16	22	2.5	2.5	3.9	967	24	"	—	—	

付表 - 3 - 3 Run - 4, 5, 6 の実験結果 (II - 3)

[illegible]

付表－4－1 通常試験分析結果

1985－5－28

	Inf.	1 系							Eff.
		Cell-A	Cell-B	Cell-C	Cell-D	Cell-E	Return Sludge	Bio.-eff.	
Temp. (°C)	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
pH	7.3	6.9	6.8	6.8	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1
Alkalinity (mg/ℓ)	130	63	27	52	50	50	50	62	56
SS (mg/ℓ)	180							43	17
COD (mg/ℓ)	64							13	8.5
BOD (mg/ℓ)	430							19	7.6
D－COD (mg/ℓ)									
D－BOD (mg/ℓ)									
T－N (mg/ℓ)	44							6.2	5.3
Kj－N (mg/ℓ)	44							6.2	4.8
D－Kj－N (mg/ℓ)									
NH ₄ －N (mg/ℓ)	26	6.2	1.0	0.2	0.7	2.1	2.1	2.1	3.5
NO ₂ －N (mg/ℓ)	ND	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
NO ₃ －N (mg/ℓ)	Tr	0.1	4.1	1.0	0.8	0.4	0.1	ND	0.5
T－P (mg/ℓ)	4.5						120	1.7	1.7
PO ₄ －P (mg/ℓ)	2.2	1.2	0.9	1.1	2.0	1.8	2.9	1.2	1.0
MLDO (mg/ℓ)		0.4	0.4						
SV (mg/ℓ)						94.0	99.0		
MLSS (mg/ℓ)						4550	7970		
MLVSS (mg/ℓ)						3270	6020		

付表－4－2 通常試験分析結果

1985－9－10

	Inf.	1 系							Eff.
		Cell-A	Cell-B	Cell-C	Cell-D	Cell-E	Return Sludge	Bio.-eff.	
Temp. (°C)	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
pH	7.0	6.8	6.7	6.6	6.6	6.6	6.7	6.8	6.9
Alkalinity (mg/ℓ)	130	69	47	30	43	46	53	50	49
SS (mg/ℓ)	37							2	1
COD (mg/ℓ)	47							7.1	6.7
BOD (mg/ℓ)	160							10	4.4
D－COD (mg/ℓ)									
D－BOD (mg/ℓ)									
T－N (mg/ℓ)	33							3.1	3.2
Kj－N (mg/ℓ)	33							2.0	2.2
D－Kj－N (mg/ℓ)									
NH ₄ －N (mg/ℓ)	19	9.6	3.9	1.5	1.3	1.6	1.8	0.5	1.0
NO ₂ －N (mg/ℓ)	ND	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	Tr
NO ₃ －N (mg/ℓ)	0.1	1.4	4.4	5.7	3.6	2.2	0.4	0.9	1.0
T－P (mg/ℓ)	3.8						140	0.7	1.1
PO ₄ －P (mg/ℓ)	2.1	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	1.8	0.6	1.1
MLDO (mg/ℓ)		0.6	0.6	0.4	0.3	0.4			
SV (mg/ℓ)						82.0	98.0		
MLSS (mg/ℓ)						2880	7460		
MLVSS (mg/ℓ)						2180	5650		

付表 - 4 - 3 通常試験分析結果

1985 - 11 - 19

	Inf.	1 系							Eff.
		Cell-A	Cell-B	Cell-C	Cell-D	Cell-E	Return Sludge	Bio. - eff.	
Temp. (°C)	17.5	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	17.0	18.0	17.0
pH	7.5	6.9	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8
Alkalinity (mg/l)	140	55	31	28	43	43	50	41	38
SS (mg/l)	330							5	Tr
COD (mg/l)	80							7.5	7.1
BOD (mg/l)	340							5.7	0.7
D - COD (mg/l)									
D - BOD (mg/l)									
T - N (mg/l)	45							3.8	5.1
Kj - N (mg/l)	45							1.0	2.4
D - Kj - N (mg/l)									
NH ₄ - N (mg/l)	22	7.1	1.4	0.1	1.1	0.9	1.4	0.8	Tr
NO ₂ - N (mg/l)	Tr	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Tr
NO ₃ - N (mg/l)	0.1	3.4	3.3	4.6	3.3	2.8	0.2	2.7	2.7
T - P (mg/l)	6.0							0.4	0.7
PO ₄ - P (mg/l)	1.2	0.6	0.5	0.4	0.6	0.3	0.5	0.4	0.6
MLDO (mg/l)		0.2	0.1	ND	ND	ND			
SV (mg/l)						90.0	99.0		
MLSS (mg/l)						3230	6000		
MLVSS (mg/l)						2480	4610		

付表 - 4 - 4 通常試験分析結果

1986 - 1 - 21

	Inf.	1 系							Eff.
		Cell-A	Cell-B	Cell-C	Cell-D	Cell-E	Return Sludge	Bio. - eff.	
Temp. (°C)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	13.0	12.0
pH	7.3	6.9	6.6	6.6	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8
Alkalinity (mg/l)	150	95	70	67	83	82	86	80	77
SS (mg/l)	70							17	4
COD (mg/l)	63							11	6.5
BOD (mg/l)	140							54	11
D - COD (mg/l)									
D - BOD (mg/l)									
T - N (mg/l)	52							11	12
Kj - N (mg/l)	52							10	8.8
D - Kj - N (mg/l)									
NH ₄ - N (mg/l)	20	13	11	8.8	6.8	7.7	6.9	9.3	8.5
NO ₂ - N (mg/l)	ND	0.2	0.2	0.2	0.1	Tr	0.1	0.2	Tr
NO ₃ - N (mg/l)	0.1	3.8	5.0	6.0	1.1	Tr	Tr	0.9	3.2
T - P (mg/l)	4.5						69	1.0	0.6
PO ₄ - P (mg/l)	2.1	1.0	0.5	0.3	ND	Tr	ND	0.7	0.5
MLDO (mg/l)		0.6	0.4	ND	ND	ND			
SV (mg/l)						73.0	97.0		
MLSS (mg/l)						3510	7110		
MLVSS (mg/l)						2870	5820		

付表-5-1 通日試験分析結果

(1985. 5. 28-29)

Sampling point		9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00	Ave.
Inf.	Temp.	7.3	7.3	7.2	7.3	7.2	7.3	7.1	7.0	6.8	7.0	7.1	7.0	21
	pH	180	180	190	100	110	110	130	140	120	150	170	110	7.1
	SS	57	64	54	57	56	52	58	57	61	53	47	46	140
	COD	230	430	130	410	160	280	290	230	140	210	370	160	55
	BOD	52	44	38	41	39	32	33	40	33	40	32	27	250
	T-N	27	26	23	22	20	19	17	14	16	14	14	16	38
	NH ₄ - N	ND	ND	Tr	ND	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	ND	19
	NO ₂ - N	ND	Tr	Tr	Tr	0.1	0.1	0.1	ND	Tr	ND	0.1	Tr	Tr
	NO ₃ - N	3.7	4.5	4.7	4.6	4.6	4.1	3.3	3.0	3.1	3.2	3.1	3.1	Tr
	T-P													3.8
1系	Cell-A	NH ₄ - N	3.1	6.2	7.7	6.3	6.3	5.8	4.5	4.0	3.8	2.8	2.4	5.0
		NO ₃ - N	2.1	0.1	0.7	2.3	2.2	2.5	2.6	2.6	2.9	3.1	3.5	2.3
		PO ₄ - P	0.9	1.2	1.2	1.2	0.9	1.0	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9
	Cell-B	NH ₄ - N	0.4	1.0	1.3	2.6	2.2	1.5	1.8	1.0	0.2	0.3	0.4	1.1
		NO ₃ - N	4.6	4.1	4.0	4.8	5.1	5.4	5.7	6.3	4.9	5.3	6.0	5.2
		PO ₄ - P	0.8	0.9	1.1	0.8	0.9	1.3	0.8	0.8	0.7	0.4	0.6	0.8
	Cell-C	NH ₄ - N	0.9	0.2	1.4	2.0	2.2	2.9	2.7	1.9	0.9	1.4	1.9	1.5
		NO ₃ - N	0.7	1.0	1.0	0.8	1.4	2.1	2.4	2.7	2.9	3.0	3.1	2.0
		PO ₄ - P	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	1.3	0.8	0.7	1.0
	Cell-D	NH ₄ - N	2.0	0.7	1.4	1.2	2.2	3.0	2.7	2.3	1.4	2.3	0.8	1.8
		NO ₃ - N	0.1	0.8	0.6	0.2	0.2	0.2	Tr	0.1	0.6	0.3	0.6	0.3
		PO ₄ - P	1.9	2.0	1.8	1.7	1.9	1.9	1.0	1.9	2.0	1.2	1.6	1.7
	Cell-E	NH ₄ - N	2.2	2.1	1.4	1.2	1.4	1.4	1.6	1.5	1.3	1.9	1.2	1.5
		NO ₃ - N	0.4	0.4	0.4	0.2	0.7	0.4	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0.3
		PO ₄ - P	1.1	1.8	1.3	1.1	1.3	0.9	0.9	0.8	1.0	0.7	1.8	1.1
		pH	6.7	6.8	6.8	6.5	6.5	6.5	6.4	6.4	6.4	6.4	6.2	6.5
		MLDO	0.3	0.4	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.5
		MLSS	4240	4550	4350	3980	3970	3630	3850	4290	4060	3820	3970	4070
		MLVSS	3160	3270	2900	2890	2700	2770	2870	2990	3060	2310	2980	2910
	Return Sludge	pH	6.8	6.9	6.8	6.7	6.6	6.6	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.6
		RSSS	7420	7970	6960	7720	8220	8650	8800	8440	8170	8040	8500	8070
		RSVSS	5470	6020	5310	5360	5810	6150	6440	6470	6240	5650	6400	5940
1系 Bio.- Eff.		pH	6.9	7.0	6.8	6.9	6.9	6.9	6.8	6.5	6.6	6.6	6.6	6.8
		SS	43	43	41	41	39	33	37	39	38	38	33	38
		COD	13	13	14	13	13	14	14	13	14	13	13	13
		BOD	23	19	16	20	20	20	18	19	16	19	17	19
		T-N	6.0	6.2	5.3	5.0	4.6	3.6	4.8	4.3	3.7	4.3	4.2	4.7
		NH ₄ - N	2.5	2.1	1.9	1.9	1.6	1.8	1.9	1.8	2.1	1.8	2.2	2.0
		NO ₂ - N	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
		NO ₃ - N	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	Tr
		T-P	1.8	1.7	1.7	1.4	1.8	1.9	1.6	1.7	1.5	1.9	1.7	1.6
Eff. (filtrate)		pH	7.0	7.1	7.0	7.0	7.1	7.2	7.0	6.7	6.8	6.7	6.7	6.9
		SS	11	17	8	8	8	8	8	7	7	7	8	9
		COD	7.3	8.5	5.9	8.1	7.9	7.3	6.9	6.9	7.1	8.9	7.9	7.5
		BOD	7.5	7.6	3.5	4.5	3.5	4.7	3.8	2.3	5.0	4.2	4.3	4.5
		T-N	5.5	5.3	4.3	4.2	4.3	3.9	3.7	3.4	3.6	4.0	3.8	4.2
		NH ₄ - N	3.4	3.5	3.4	2.5	2.2	2.1	2.3	1.9	2.1	2.4	2.3	2.5
		NO ₂ - N	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
		NO ₃ - N	0.1	0.5	Tr	0.1	0.2	0.1	Tr	Tr	Tr	0.1	Tr	0.1
		T-P	1.3	1.7	1.8	1.3	1.5	1.4	2.0	1.6	1.1	1.6	1.4	1.5

付表-5-2 通日試験分析結果

(1985. 9. 10-11)

Sampling point		9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00	Ave.
Inf.	Temp.	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	6.9	6.9	7.0	—	7.1	27
	pH	26	37	36	57	63	75	62	56	76	—	—	61	7.0
	SS	65	47	48	48	57	51	51	53	63	50	—	57	55
	COD	280	160	160	130	180	120	160	190	200	240	—	290	54
	BOD	37	33	34	30	26	27	27	27	37	24	—	29	190
	T-N	25	19	14	6.5	6.1	11	6.5	11	16	4.4	—	5.3	30
	NH ₄ -N	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—	ND	11
	NO ₂ -N	0.2	0.1	0.1	Tr	Tr	0.1	Tr	Tr	Tr	Tr	—	Tr	ND
	NO ₃ -N	5.0	3.8	3.7	3.3	3.1	3.3	3.5	2.7	3.0	2.8	—	3.2	Tr
系	Cell-A	NH ₄ -N	1.6	9.6	2.3	1.4	0.8	2.9	3.5	2.1	1.5	0.3	0.1	2.6
		NO ₃ -N	3.0	1.4	1.8	2.4	2.3	3.6	3.2	3.0	2.3	4.0	4.8	3.0
		PO ₄ -P	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.9
	Cell-B	NH ₄ -N	0.2	3.9	3.1	3.2	4.0	1.7	3.0	1.1	1.9	0.2	0.1	2.0
		NO ₃ -N	5.5	4.4	4.0	3.9	4.3	5.2	5.1	4.1	4.8	4.7	5.4	4.8
		PO ₄ -P	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8
	Cell-C	NH ₄ -N	0.2	1.5	1.9	3.0	2.2	1.9	1.6	0.7	0.5	0.2	0.3	1.3
		NO ₃ -N	7.5	5.7	5.4	7.3	7.0	7.5	7.3	7.0	6.9	7.7	7.0	7.0
		PO ₄ -P	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
		pH	6.6	6.6	6.8	6.6	6.6	6.7	6.6	6.5	6.4	6.4	6.7	6.6
		MLDO	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.3	0.4	0.7	1.1	0.5
	Cell-D	NH ₄ -N	1.1	1.3	1.6	2.9	3.7	3.3	3.1	2.7	1.6	0.6	0.8	2.0
		NO ₃ -N	3.9	3.6	3.5	2.2	1.5	3.4	2.4	0.9	3.4	3.1	1.5	2.8
		PO ₄ -P	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8
	Cell-E	NH ₄ -N	0.9	1.6	1.5	1.7	1.7	2.9	1.8	1.5	2.6	2.2	1.6	1.8
		NO ₃ -N	3.6	2.2	2.6	2.1	1.7	1.6	1.8	1.3	1.5	1.6	1.3	1.8
		PO ₄ -P	0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6
		MLSS	2280	2880	2780	2780	2900	2960	3100	3080	2960	3110	3170	2940
		MLVSS	1690	2180	2100	2140	2170	2260	2350	2300	2230	2400	2340	2220
	Return Sludge	RSSS	4350	7460	7990	7420	7440	7190	7290	7380	7340	3250	2890	6330
		RSVSS	3240	5650	6120	6400	6610	5390	5370	5560	5620	2230	2160	4900
1系 Bio.- Eff.	pH	6.8	6.8	6.8	6.8	6.9	6.8	6.8	6.7	6.7	6.8	6.8	6.7	6.8
	SS	Tr	2	4	1	4	6	5	Tr	Tr	3	2	Tr	2
	COD	7.5	7.1	7.9	8.1	7.9	7.1	7.5	7.5	8.7	9.1	7.5	7.9	7.8
	BOD	14	10	7.5	10	12	12	13	15	14	11	14	15	12
	T-N	3.2	3.1	2.8	3.7	5.2	5.2	5.9	5.3	4.4	4.7	4.0	4.0	4.3
	NH ₄ -N	0.5	0.5	0.6	1.2	1.5	0.6	2.1	1.8	2.1	2.0	1.2	1.2	1.3
	NO ₂ -N	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	Tr	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2
	NO ₃ -N	1.3	0.9	1.2	1.7	1.2	0.7	0.7	1.8	1.7	2.3	1.8	1.3	1.4
	T-P	0.6	0.7	0.6	0.8	1.0	0.9	1.0	0.6	0.8	1.1	1.0	0.9	0.8
Eff. (filtrate)	pH	6.9	6.8	6.8	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	6.8	6.9	6.9	6.9	6.9
	SS	2	1	1	1	5	4	6	2	Tr	Tr	1	Tr	2
	COD	6.3	6.7	5.7	5.5	7.9	6.3	6.3	6.9	7.5	6.3	6.5	5.3	6.4
	BOD	4.4	4.4	3.5	2.8	3.7	4.1	3.4	4.7	4.4	4.8	3.0	3.7	3.9
	T-N	4.3	3.2	2.9	2.6	3.1	3.4	3.6	4.2	5.1	4.0	5.0	4.3	3.8
	NH ₄ -N	1.2	1.0	1.7	0.5	0.3	1.1	0.7	1.5	1.4	1.5	2.8	1.2	1.2
	NO ₂ -N	0.1	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
	NO ₃ -N	1.6	1.0	1.6	0.9	1.1	1.3	1.0	1.3	1.1	1.1	1.5	1.1	1.2
	T-P	1.2	1.1	1.0	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	0.9	0.9

付表-5-3 通日試験分析結果

(1985. 11. 19-20)

Sampling point			9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00	Ave.
Inf.		Temp.													17.5
		pH	7.4	7.5	7.2	7.3	7.2	7.2	7.0	7.0	6.9	7.0	7.0	7.0	7.1
		SS	220	330	120	200	100	120	100	130	100	140	36	100	140
		COD	75	80	70	55	62	66	63	62	59	58	56	74	65
		BOD	630	340	160	140	300	130	140	380	270	130	100	120	240
		T-N	51	45	44	38	31	38	36	48	40	34	30	32	39
		NH ₄ -N	22	22	27	21	15	12	22	18	18	14	12	20	19
		NO ₂ -N	ND	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
		NO ₃ -N	0.1	0.1	Tr	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
T-P	6.8	6.0	4.7	3.6	4.1	6.1	3.7	1.0	2.7	2.8	2.9	0.9	3.8		
1	Cell-A	NH ₄ -N	2.1	7.1	6.1	6.9	5.4	3.9	3.2	4.1	1.6	0.5	1.2	0.1	3.5
		NO ₃ -N	3.4	3.4	3.9	2.7	3.1	5.2	4.3	4.1	5.4	3.5	4.8	5.6	4.1
		PO ₄ -P	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.4
	Cell-B	NH ₄ -N	0.3	1.4	2.3	2.9	3.0	1.6	0.3	0.2	0.5	Tr	Tr	Tr	Tr
		NO ₃ -N	4.5	3.3	3.0	3.4	4.8	5.0	5.0	4.4	4.8	5.4	5.0	4.8	4.5
		PO ₄ -P	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6
	Cell-C	NH ₄ -N	0.1	0.1	1.1	2.4	3.4	1.2	0.8	0.5	Tr	Tr	0.1	0.1	0.8
		NO ₃ -N	2.6	4.6	2.7	4.8	3.5	2.6	4.3	4.6	4.7	4.5	5.1	5.7	4.1
		PO ₄ -P	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5
		pH	6.5	6.6	6.6	6.7	6.6	6.4	6.4	6.7	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
		MLDO.	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Cell-D	NH ₄ -N	0.9	1.1	1.3	1.6	2.6	3.2	3.3	2.4	1.6	0.7	1.0	1.0	1.7
		NO ₃ -N	3.7	3.3	3.2	3.0	2.5	2.9	4.3	3.5	2.3	4.4	2.3	4.1	3.3
		PO ₄ -P	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.4	0.4	0.6
	Cell-E	NH ₄ -N	0.8	0.9	1.4	0.5	1.7	2.0	2.7	2.1	2.5	1.5	0.9	0.9	1.5
		NO ₃ -N	2.3	2.8	2.3	1.8	1.3	2.0	2.6	3.5	1.8	4.1	2.3	0.2	2.3
		PO ₄ -P	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.4
		MLSS	3180	3240	3220	3210	3120	3100	3080	2950	2870	3010	3070	3150	3110
		MLVSS	2450	2480	2470	2500	2480	2420	2370	2280	2310	2340	2370	2410	2410
	Return Sludge	RSSS	5570	6000	6740	6590	6590	6440	6590	6690	6400	6270	6200	5300	6280
		RSVSS	4350	4610	5250	5150	5130	5090	5060	5230	4980	4860	4780	4060	4880
1系 Bio.- Eff.		pH	6.7	6.8	6.7	6.8	6.5	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
		SS	5	5	5	2	4	3	7	5	8	8	10	8	6
		COD	8.1	7.5	7.6	4.6	4.4	6.9	4.8	4.6	5.3	5.3	4.3	4.9	4.9
		BOD	9.3	5.7	6.8	6.8	10	10	11	12	11	9.6	11	13	9.7
		T-N	4.4	3.8	5.2	4.6	4.4	6.9	4.8	4.6	5.3	5.3	4.2	4.9	4.9
		NH ₄ -N	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	1.5	1.0	0.7	0.9	0.4	0.8
		NO ₂ -N	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		NO ₃ -N	2.1	2.7	2.0	1.6	2.3	1.9	1.9	1.6	2.3	1.5	2.1	1.6	2.0
		T-P	0.6	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5
Eff. (filtrate)		pH	6.7	6.8	6.7	6.8	6.5	7.0	7.0	6.7	6.8	6.8	6.7	6.7	6.8
		SS	1	Tr	2	Tr	Tr	Tr	2	Tr	Tr	1	2	3	1
		COD	7.2	7.1	7.5	7.3	7.1	7.5	7.7	7.3	7.7	7.7	7.7	9.3	7.6
		BOD	1.5	0.7	2.3	1.1	1.6	2.8	2.9	1.5	2.1	0.8	1.3	3.1	1.8
		T-N	7.0	5.1	5.0	3.9	5.1	4.7	4.2	4.2	4.8	4.8	5.1	4.6	4.9
		NH ₄ -N	0.5	Tr	0.5	1.1	0.3	0.2	0.4	0.5	0.8	1.1	1.0	0.4	0.6
		NO ₂ -N	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
		NO ₃ -N	3.0	2.7	2.1	2.6	3.8	3.1	2.0	3.0	2.9	2.3	2.2	4.0	2.8
		T-P	0.6	0.7	0.5	0.8	0.6	0.4	0.6	0.5	0.7	0.6	0.7	0.8	0.6

付表-5-4 通 日 試 験 分 析 結 果

(1986. 1. 19-20)

Sampling point		9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00	Ave.	
Inf.	Temp.	7.3	7.3	7.3	7.2	7.2	7.1	7.0	6.9	7.0	7.1	7.2	7.2	12	
	pH	85	70	75	80	96	120	120	130	98	97	68	66	7.2	
	SS	67	63	70	69	57	52	72	65	55	59	58	60	92	
	COD	280	140	300	180	190	270	250	240	300	150	190	110	62	
	BOD	57	52	50	45	42	58	44	43	37	39	48	44	220	
	T-N	32	20	27	17	22	25	16	19	18	19	17	19	47	
	NH ₄ - N	ND	ND	Tr	0.2	0.2	0.2	Tr	ND	ND	Tr	0.2	Tr	21	
	NO ₂ - N	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	
	NO ₃ - N	2.7	4.5	2.3	2.3	2.3	2.0	1.0	1.5	1.8	1.2	0.9	3.1	0.1	
T-P													2.1		
系	Cell-A	NH ₄ - N	13	13	14	12	11	10	9.6	11	11	8.7	8.2	6.5	11
		NO ₃ - N	5.2	3.8	4.5	7.0	0.9	1.5	1.7	1.1	4.8	5.0	6.5	7.0	4.1
		PO ₄ - P	0.8	1.0	1.1	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	1.2	0.8	0.4	0.3	0.8
	Cell-B	NH ₄ - N	8.5	11	11	13	12	8.5	11	11	8.4	9.6	7.1	6.5	9.8
		NO ₃ - N	9.4	5.0	9.4	5.3	1.3	1.9	3.1	1.6	5.1	4.8	5.6	7.4	5.0
		PO ₄ - P	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.9	0.5	0.1	Tr	0.1	0.1	0.1	0.4
		MLDO	0.5	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
	Cell-C	NH ₄ - N	7.2	8.8	8.5	12	10	11	8.1	7.2	9.3	9.6	9.3	7.7	9.1
		NO ₃ - N	5.4	6.0	5.0	3.3	4.2	3.3	3.9	4.0	3.8	4.0	4.3	3.4	4.2
		PO ₄ - P	0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Cell-D	NH ₄ - N	6.1	6.8	8.6	9.4	11	9.8	9.2	8.4	9.3	8.0	6.2	8.9	8.5
		NO ₃ - N	1.7	1.1	4.1	1.8	5.7	3.5	2.9	3.3	Tr	Tr	Tr	Tr	2.0
		PO ₄ - P	Tr	ND	Tr	ND	Tr	ND	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	ND	Tr
	Cell-E	NH ₄ - N	10	7.7	6.2	8.2	11	9.9	9.5	9.6	7.8	9.5	11	4.5	8.7
		NO ₃ - N	Tr	Tr	Tr	Tr	3.3	3.1	3.6	2.8	Tr	Tr	Tr	Tr	1.1
		PO ₄ - P	ND	Tr	ND	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	Tr	Tr	ND	Tr
		MLSS	3480	3510	3520	3590	3490	3370	3440	3410	3410	3360	3400	3380	3460
		MLVSS	2850	2870	2880	2900	2910	2860	2760	2820	2770	2740	2790	2780	2830
	Return Sludge	RSSS	6550	7110	7490	7520	6900	6980	7330	7240	7180	7120	5610	5020	6840
		RSVSS	5350	5820	6160	6090	5680	5760	6060	5980	5930	5880	4640	4100	5620
1系 Bio. - Eff.	pH	6.8	6.8	6.9	6.8	6.8	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.9	6.8	6.8	
	SS	17	17	14	11	8	12	16	10	10	12	12	11	13	
	COD	13	11	12	12	11	12	13	12	12	12	12	13	12	
	BOD	47	54	35	46	46	47	45	49	49	51	36	41	42	
	T-N	11	11	9.3	8.3	11	8.5	11	12	11	11	11	11	11	
	NH ₄ - N	6.6	9.3	7.9	7.2	8.5	7.4	6.8	9.3	8.1	5.8	8.6	9.3	7.9	
	NO ₂ - N	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Tr	0.1	
	NO ₃ - N	0.5	0.9	ND	ND	1.5	ND	ND	1.1	1.9	1.8	1.8	0.8	0.9	
	T-P	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Eff. (filtrate)	pH	6.8	6.8	7.0	6.8	6.8	6.7	6.6	6.6	6.8	6.8	6.7	6.9	6.8	
	SS	4	4	3	3	4	3	4	4	5	6	7	3	4	
	COD	9.6	11	10	10	10	10	10	11	11	10	10	11	10	
	BOD	6.5	6.5	8.7	6.5	9.7	5.8	5.5	2.9	9.4	15	6.8	10	7.8	
	T-N	9.2	12	9.4	10	8.7	9.0	8.1	13	10	11	12	12	10	
	NH ₄ - N	5.5	8.5	6.7	7.3	4.4	6.2	4.4	9.5	7.9	6.8	7.2	10	7.0	
	NO ₂ - N	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	
	NO ₃ - N	3.1	3.2	0.7	2.3	3.4	2.5	2.8	2.8	1.6	2.2	1.8	2.0	2.4	
	T-P	0.6	0.6	0.9	0.7	0.7	1.0	0.9	1.0	0.8	0.8	1.0	0.7	0.8	

硝化・内生脱窒法に関する
実験報告書

I S S N 0 3 8 6 - 5 8 7 8
土木研究所資料第 2482 号
昭和 62 年 3 月 (1987)
佐藤 和 明, 森 山 克 美

キーワード: 活性汚泥変法, 硝化, 脱窒, 内生脱窒, 窒素除去

要 旨 本報告書は, 長時間エアレーション法の運転を硝化・内生脱窒法と呼ばれる方式に変更することによる窒素除去率の改善について, 実施設を用いて行った実験結果をまとめたものである。全窒素除去率の低下は, 低水温期に硝化速度が低下することに起因したが, この時期を除けば, 硝化・内生脱窒法により生物反応槽滞留時間20時間程度で80~90%の全窒素除去率を得られることが分かった。本法の硝化速度, および脱窒速度が, 循環式硝化脱窒法や有機炭素源を添加する従来の硝化脱窒法に比べ低いため, 生物反応槽容量が従来法の1.5~2.0倍程度となるが本法は脱窒反応に必要な有機炭素源を添加せず, 高い窒素除去を得られることが示された。



郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
三次処理研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2482号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印