

回分式活性汚泥法によるリン、窒素及びBODの同時除去

－ 2. 生活排水処理における待機工程の効果－

山口県衛生公害研究センター（所長：宮村恵宣）

福田哲郎・長田健太郎*・弘中博史

山本征治・松崎幸夫**・松村 宏

宮村恵宣

Simultaneous Removal of Phosphorus, Nitrogen and BOD by Sequencing Batch Reactor Activated Sludge Process

－ 2. Effect of Idle Process at Treatment of Domestic Wastewater －

Tetsuro FUKUDA, Kentarou OSADA, Hiroshi HIRONAKA

Seiji YAMAMOTO, Yukio MATSUZAKI, Hiroshi MATSUMURA

Shigenori MIYAMURA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health (Director: Dr. Shigenori MIYAMURA)

はじめに

前報¹⁾の室内実験では、1サイクルの処理工程として流入工程から第3好気工程までを一定にし、待機工程の時間を0～1.5時間まで変化させ、リン、窒素の除去について検討した。その結果、窒素除去は待機時間の影響をあまり受けなかった。

一方、リン除去は1.5時間において良好であったが、この要因として、待機工程では汚泥濃度が高いため、長い攪拌時間により内生脱窒が進み、リン除去に影響を及ぼすNO_x-を減少させている²⁻⁴⁾ことが考えられた。このことから、生活排水について1.5時間の待機工程を設けた小型の実験装置でリン除去の安定化をはかることを主に試みた。

実験方法

反応槽として容積60ℓの円筒タンクを使用した実験装置をAアパートの合併処理浄化槽(200人槽)のそばに設置した。流入水はその合併処理浄化槽の汚泥計量槽からローラーポンプでくみ上げ、1サイクル当たり20ℓを処理し、1日3サイクルとした。

表1 1サイクルの運転時間(Hr)

流入(嫌気1)-好気1-嫌気2-好気2-嫌気3-好気3-沈澱-放流-待機									
1.00	1.25	0.75	1.25	0.75	0.50	0.50	0.50	1.50	

た。運転は表1に示すように、室内実験に比べて若干好気工程の時間を長く、嫌気工程の時間を短くした以外は、室内実験と同様に行った。その時の

* 宇部環境保健所生活環境課環境指導班：宇部市常盤町2丁目3-28

** 山口県環境保健部医務環境課環境管理室：山口市滝町1-1

表 2 運 転 条 件 (月 間 平 均 値)

月 別	水 温 ℃	MLSS mg/l	BOD負荷 kg/kg・MLSS/day	SRT day	第3好気工程終了 時のORPmv	第3好気工程終了 時のDOmg/l
H.2.4	16.8 (13.3~19.0)	2130 (1900~2220)	0.16	30	78 (10~135)	4.8 (3.0~6.6)
5	21.6 (19.0~24.0)	2600 (2360~2960)	0.12	30	41 (-4~78)	3.6 (1.5~4.9)
6	27.4 (26.0~28.5)	3910 (3200~4420)	0.09	35	24 (-16~42)	2.7 (1.1~4.1)
7	29.1 (25.4~30.7)	3630 (3300~3940)	0.08	35	35 (-1~84)	3.2 (1.4~6.2)
8	30.0 (28.0~31.2)	3650 (3140~3920)	0.06	35	29 (-28~74)	3.8 (1.6~6.3)
9	26.7 (23.0~29.8)	3450 (2820~3780)	0.08	23	120 (20~187)	4.2 (1.5~7.2)
10	21.3 (18.2~25.0)	3640 (3320~4020)	0.08	23	91 (40~112)	4.4 (2.2~7.4)
11	18.2 (15.3~20.0)	3710 (3320~4320)	0.09	23	66 (30~116)	4.5 (1.2~7.7)
12	13.8 (11.7~17.8)	2300 (1700~3400)	0.14	21	55 (28~107)	5.3 (1.5~8.3)
H.3.1	12.8 (11.0~15.0)	2820 (2260~3400)	0.16	17	42 (27~54)	5.6 (4.0~6.8)
2	12.5 (9.8~14.0)	2770 (2400~3340)	0.14	21	50 (37~66)	5.7 (4.4~6.3)
平均	20.9	3150	0.11	27	57	4.3

運転条件(月間平均値)を表2に示す。曝気槽内混合液浮遊物質(MLSS)は2130~3910mg/l, BOD負荷は0.06~0.16Kg/Kg・MLSS/dayと低負荷で、そのため、汚泥滞留時間(SRT)は17~35日と長くなった。

なお、流入水、処理水の水質分析は1日3サイクルの混合サンプルについて実施した。また、分析頻度は処理水週2回, 流入水週1回, 汚泥についてはMLSS, 汚泥容量指標(SVI)を週2回, リン含有

表 3 流 入 水 の 月 別 変 化 (月 間 平 均 値)

月 別	BOD mg/l	T - P mg/l	T - N mg/l	T - P / BOD	T - N / BOD
H.2.4	152 (120~189)	4.0 (3.9~4.2)	39.3 (31.9~43.1)	0.026	0.26
5	149 (142~155)	4.0 (3.6~4.4)	39.5 (34.8~43.2)	0.027	0.27
6	162 (155~171)	4.6 (4.2~5.1)	40.6 (37.8~44.5)	0.028	0.25
7	130 (119~156)	4.2 (3.2~4.6)	36.3 (33.4~39.8)	0.032	0.28
8	115 (104~121)	4.2 (3.9~4.4)	35.9 (34.1~37.3)	0.037	0.31
9	128 (109~149)	4.0 (3.6~4.6)	36.6 (31.4~40.7)	0.031	0.29
10	135 (120~159)	4.2 (3.9~4.3)	39.1 (37.2~40.1)	0.031	0.29
11	154 (139~163)	3.9 (3.2~4.6)	34.9 (29.9~39.4)	0.025	0.23
12	146 (144~150)	4.2 (2.7~6.1)	38.5 (25.8~46.2)	0.028	0.26
H.3.1	205 (170~233)	5.0 (4.5~5.5)	47.0 (42.4~50.0)	0.024	0.23
2	176 (151~191)	4.1 (3.9~4.4)	42.1 (38.4~45.4)	0.023	0.24
平均	150	4.2	39.1	0.028	0.26

表 4 処理水の月別変化(月間平均値)

月別	BOD mg/l	T-P mg/l	T-N mg/l	NO _x ⁻ -N mg/l	ケルダールN mg/l	pH
H.2.4	7.4 (4.8~10.0)	1.2 (1.0~1.5)	15.3 (8.5~20.4)	8.8 (6.9~11.0)	6.5 (0.2~13.5)	
5	9.8 (6.0~12.1)	ND (ND~0.2)	14.9 (12.2~15.5)	5.8 (5.0~7.1)	9.1 (5.1~15.0)	
6	4.5 (0.8~6.2)	0.4 (ND~0.8)	8.2 (3.6~13.4)	4.7 (3.0~6.3)	3.5 (ND~10.4)	
7	1.6 (0.5~3.1)	0.7 (0.3~1.0)	9.7 (7.2~11.9)	7.9 (6.1~9.3)	1.8 (ND~5.8)	
8	1.0 (0.5~1.2)	0.8 (0.3~1.1)	9.6 (7.2~12.5)	7.8 (6.1~9.1)	1.9 (0.4~5.4)	
9	1.8 (0.4~4.1)	0.4 (ND~1.0)	8.1 (6.3~14.7)	6.3 (4.6~7.5)	1.8 (ND~7.2)	
10	0.9 (0.6~1.1)	0.3 (ND~1.0)	8.0 (6.2~12.6)	6.9 (4.9~8.8)	1.1 (ND~7.7)	7.6 (7.5~7.6)
11	3.1 (0.6~11.3)	1.3 (0.8~1.8)	10.0 (7.5~12.1)	8.1 (6.3~9.2)	2.1 (ND~5.2)	7.6 (7.5~7.6)
12	9.5 (5.4~12.9)	1.7 (0.6~2.5)	15.8 (12.0~21.0)	7.2 (2.7~12.0)	8.6 (1.7~17.1)	7.6 (7.5~7.6)
H.3.1	29.2 (20.8~36.2)	1.0 (0.2~1.8)	20.1 (15.7~24.9)	3.8 (1.7~5.1)	16.7 (11.7~20.7)	7.8 (7.4~7.9)
2	18.9 (15.7~20.8)	1.0 (0.2~1.6)	18.0 (15.5~18.1)	4.9 (4.0~6.1)	12.8 (10.8~18.1)	7.6 (7.5~7.6)
平均	8.0	0.8	12.5	6.6	6.0	7.6

ケルダールNのND : 0.2mg/l未満

率を月1~2回測定した。

結果及び考察

1 流入水

流入水の月別変化(月間平均値)は表3に示すように、BODにおいて夏期が冬期に比べて低いといった季節的な変化が見られ、特に、8月は115mg/lと1月の205mg/lに対して約1/2であった。これは竹田ら⁵⁾も生活排水について調査しているように、夏期が冬期に比べて排水量が多いことから、汚水が希釈されたためと考えられる。

一方、リン、窒素については1月が少し高かったものの、4~2月においてT-Pは3.9~5.0mg/l、T-Nは34.9~47.0mg/lと季節的な変化はみられなかったが、その要因は不明である。

2 処理水

(1) 月別変化

T-P、T-N及びBODの月別変化(月間平均値)を表4に示す。T-Pは実験開始後1か月経過した5月から10月までの6か月間において、月間平均値は

すべて1mg/l以下で、平均0.4mg/l、除去率90%とほぼ安定していた。この間、5月は0.1mg/l未満と非常に良好であったが、硝化の方はあまり進んでいなかった。また、7~8月にかけて平均0.8mg/lとやや高くなったが、これは流入水のT-P/BOD比が大きいか、あるいはBOD-SS負荷が低く、SRTが長いなどが影響していると考えられる。水温の低下する11月下旬から12月中旬にかけて、処理水のNO_x⁻-Nが8.0~12.0mg/lと高くなったことの影響か、12月のT-Pは1.7mg/l、除去率60%と悪化した。更に、水温の低下する1~2月は流入水のT-P/BOD比が小さく、また、処理水のNO_x⁻-Nが5mg/l以下となり、T-Pは不安定に推移したものの、平均1.0mg/l、除去率80%とやや回復した。

次に、T-Nは6~11月までの6か月間において、8月には流入水のT-N/BOD比が大きという状態があったにも拘らず、月間平均値はすべて10mg/l以下で、平均8.9mg/l、除去率76%と良好であった。12月は水温が15℃程度まで下がる中旬まで、硝化は十分進んだものの、T-Nは15.8mg/l、除去

率59%と悪化した。これは原田ら^{6,7)}も報告しているように、硝化速度よりも脱窒速度の低下の影響が大きいのではないかと考えられる。2月は更に水温が平均12.5℃まで下がり、硝化率も低下し⁸⁾、T-Nは19.1mg/l、除去率57%であった。

BODについては、4~12月までは平均4.4mg/l、除去率97%と良好であった。しかし、1月に入ると低温と流入水のBOD濃度が急激に高くなったことにより、BODは29.2mg/l、除去率86%と悪化した。しかしながら、曝気量を多くしたことと、BOD-SS負荷の減少により2月には18.9mg/l、除去率89%と少し回復した。

(2) 待機工程による効果

11か月間運転した結果、水温の低下に伴いリン除去が悪化したことから、処理水の NO_x^- -NとT-Pとの関係を水温20℃で区分して図1に示し、待機工程による効果をみた。

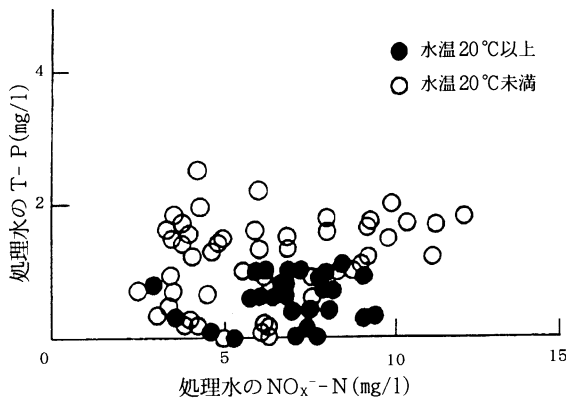


図1 処理水の NO_x^- -NとT-Pとの関係

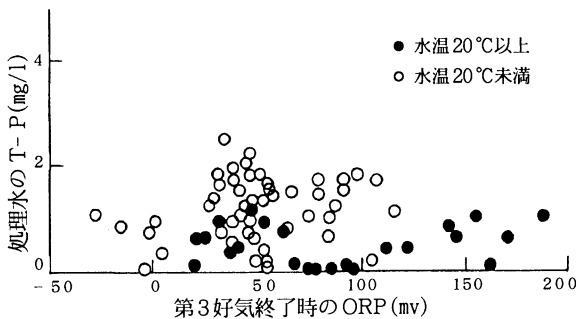


図2 第3好気工程終了後のORPと処理水T-Pとの関係

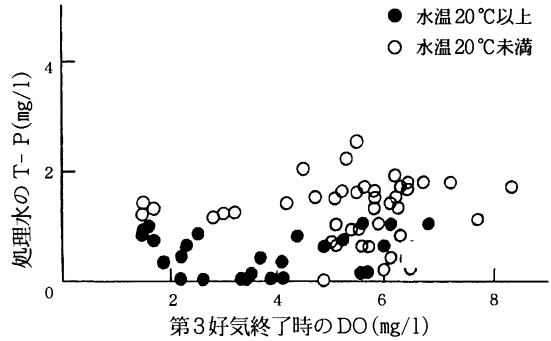


図3 第3好気工程終了後のDOと処理水T-Pとの関係

ア 水温20℃以上の時期

処理水に NO_x^- -Nが3.0~9.3mg/l存在しても、T-Pは平均0.4mg/l(ND~1.1mg/l)と良好な結果が得られ、リン除去への NO_x^- の影響はみられなかった。このことから、水温20℃以上では待機工程における脱窒の効果が認められる。

なお、第3好気工程終了後時の酸化還元電位(ORP)及びDOと処理水のT-Pとの関係については図2、3に示す。本実験はリン、窒素除去を安定化することを目的としたORP制御等⁹⁻¹¹⁾を行っていないために、第3好気工程終了時のORP及びDOは、全期間を通してそれぞれ-28~187mv、1.1~8.3mg/lと著しく変動したが、水温20℃以上の時期では、リン除去は良好であった。

イ 水温20℃未満の時期

処理水に NO_x^- -Nが1.7~12.0mg/l存在し、T-Pは平均1.3mg/l(0.2~2.5mg/l)であった。その中で、水温が15℃程度まで低下した時期には、処理水の NO_x^- -Nが8.0~12.0mg/lと高くなり、そのため待機工程により NO_x^- の影響を十分除くことができず、リン除去が悪化したのではないかと考えられる。その後、更に水温が15℃以下になる時期では、処理水の NO_x^- -Nは5mg/l前後まで低くなり、また、流入水のT-P/BOD比も小さくなることもあって、T-Pは1mg/l以下と一時的に良好な時もあったが、概して不安定であった。この時期、表5に示すように、待機工程において NO_x^- は十分除かれることが確認されたことから、リン除去に対する NO_x^- の影響は考えられず、恐らく水温の低下に伴う脱リン

表5 待機行程での $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 等の変化

項目	処理水	待機後
水温 $^{\circ}\text{C}$	12.8 (10.0~16.7)	
pH	7.6 (7.4~8.0)	7.8 (7.5~8.2)
$\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ mg/l	1.2 (0.2~1.8)	2.6 (0.5~6.9)
ケルダールN mg/l	11.6 (4.1~18.2)	12.2 (5.5~19.7)
$\text{NO}_x^- - \text{N}$ mg/l	5.6 (3.8~9.6)	0.8 (ND~3.4)

測定期間及び測定頻度：12~2月，2回/月
 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ のND：0.1mg/l未満

菌の活性度の低下がリン除去の不安定の要因^{12,13)}と推測される。いずれにしても水温 20°C 未満では待機工程のリン除去に対する効果ははっきり現われなかった。

(3) 汚泥の性状

汚泥のリン含有率は5~10月において平均3.9%(3.2~4.9%)，11~2月において平均2.7%(2.2~3.1%)であった。

また，SVIはすべての実験期間を通じて平均92(64~117)と良好で，特に冬期は80以下であった。

まとめ

室内実験を基に，生活排水について，1.5時間の待機工程を設けた回分式活性汚泥法の小型の実験装置で，リン除去に主眼を置いて平成2年4月から翌3年2月まで処理を行った。その結果は次のとおりであった。

1 流入水については，BODは夏期が冬期に比べて低いといった季節的な変化がみられたが，T-P及びT-Nは大きな変化がみられなかった。

2 処理水(月間平均値)については，T-Pは5~10月において平均0.4mg/l(ND~0.8mg/l)，T-Nは6~11月において平均8.9mg/l(8.0~10.0mg/l)と良好であったが，水温の低下に伴いT-Pは12月に1.7mg/l，T-Nは1月に20.1mg/lまでそれぞれ悪化した。その後，1~2月には流入水のT-P/BOD比が小さく，また，処理水の $\text{NO}_x^- - \text{N}$ が5mg/l以下となり，T-Pは不安定ながらも1.0mg/lとやや回復し

た。

3 水温 20°C 以上では，処理水に $\text{NO}_x^- - \text{N}$ が3.0~9.3mg/l存在してもリン除去は良好で，待機工程における脱窒の効果が認められた。

一方，水温 20°C 未満では，待機工程のリン除去に対する効果ははっきり現れなかった。

これらの結果から，今後，更に処理の安定化をはかるためには，低水温期の対策が必要である。

なお，本実験は財団法人日本環境整備教育センターの『浄化槽に関する研究及び調査』の助成を受けて行った。

文献

- 1) 福田哲郎ほか：山口衛公研業報.(11), 77~82(1990)
- 2) 佐々木正一ほか：第19回下水道研究発表会講演集, 308~310(1982)
- 3) 宗宮 功ほか：第22回下水道研究発表会講演集, 220~222(1985)
- 4) 深瀬哲朗：水質汚濁研究. 7(4), 24~25(1984)
- 5) 竹田 茂ほか：浄化槽研究. 1(1), 37~48(1989)
- 6) 原田良誠ほか：下水道協会誌. 20(230), 24~37(1990)
- 7) 羽野 忠ほか：第23回水質汚濁学会講演集, 469~470(1989)
- 8) 桜井敏郎：用水と排水. 20(1), 32~40(1978)
- 9) 加藤 勝ほか：第23回下水道研究発表会講演集, 305~307(1986)
- 10) 小林哲男ほか：第22回下水道研究発表会講演集, 247~249(1985)
- 11) 庄司 敦ほか：第24回下水道研究発表会講演集, 263~265(1987)
- 12) 村上孝雄：用水と排水. 24(10), 19~24(1982)
- 13) 赤木文行ほか：第25回下水道研究発表会講演集, 240~242(1988)