

## 回分式活性汚泥法によるリン、窒素及びBODの同時除去

### － 3. 生活排水処理にORP制御を組み込んだ 好気工程と待機工程の効果－

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

### － 3. Effect of Aerobic Process Included Control of Oxidation-Reduction Potential and 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<sup>1)</sup>の生活排水処理において、水温の高い時期では、リン、窒素及びBODの除去はすべて良好で、また、待機工程の効果も認められた。しかし、水温の低い時期では、それぞれ程度の差はあったが、除去率は低下した。

そこで、年間を通して処理の安定化を得るために、本実験では、藤井ら<sup>2)</sup>も行っているように、酸化還元電位(ORP)を運転指標として、ORPの上限値を設定し、好気工程においてORPが上限値に達すれば、曝気を停止し、ORPが上限値より低下すると自動的に曝気を行うon, off方式で曝気を制御することを試みた。このことにより、好気工程

でも脱窒が進み、処理水の $\text{NO}_x^-$ -Nの低下並びに窒素除去率の向上が期待できる。

一方、待機工程では、処理水の $\text{NO}_x^-$ -Nの低下に伴い、待機工程での脱窒が容易になり、リン除去の安定化が望める。

#### 実験方法

前報のAアパートの生活排水が公共下水道に流入することになったため、流入水はB団地の合併処

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	沈殿	放流	待機
1.00	1.25	0.75	1.25	0.75	0.50	1.00	0.50	1.00

\* 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	ORP制御設 定値 mv	第3好気終了時 のORPmv	第3好気終了時 のDOmg/l
H.3.4	16.3 (12.9~18.2)	3280 (3000~3500)	0.10	25	60	72 (63~77)	4.1 (2.7~6.0)
5	20.4 (16.7~22.3)	2830 (1740~3300)	0.10	14	60	59 (48~65)	3.0 (1.4~3.7)
6	23.3 (23.1~24.3)	2580 (1800~3100)	0.11	73	60	21 (14~27)	0.8 (0.7~0.9)
7	26.0 (23.6~28.6)	2280 (2240~2820)	0.09	24	70	69 (18~85)	3.1 (0.6~4.5)
8	27.3 (25.8~29.0)	2530 (2240~2820)	0.10	17	70	41 (21~68)	0.8 (0.6~1.0)
9	26.3 (25.0~28.2)	2130 (1820~2320)	0.14	14	70	62 (48~72)	6.0 (4.2~6.9)
10*	22.7 (20.2~23.7)	1580 (1300~1860)	0.16	10	70	83 (80~85)	6.1 (4.1~7.8)
10	19.5 (18.0~21.8)	1530 (1380~1880)	0.16	27	70	84 (80~88)	5.2 (2.4~6.8)
11	16.2 (15.1~16.7)	2070 (1760~2260)	0.13	23	70	58 (33~73)	4.2 (1.1~6.2)
12	14.9 (13.5~16.2)	2130 (1660~2520)	0.14	21	70	57 (43~66)	5.3 (3.1~7.5)
H.4.1	12.7 (11.0~14.0)	2900 (2480~3360)	0.09	26	70	56 (35~65)	4.8 (3.9~5.5)
2	12.0 (11.0~12.7)	3140 (2860~3340)	0.09	26	70	48 (40~55)	3.0 (2.9~3.0)
3	13.7 (12.2~15.0)	3030 (2480~3920)	0.10	48	70	55 (10~72)	5.1 (3.7~6.1)
平均	19.1	2540	0.11	28		57	3.8

\* : 比較実験を示し, 平均に含めない.

理浄化槽(5,000人槽)の原水に変更した。1サイクルの処理工程は好気工程でのORP制御に伴い、待機時間を前報の1.5時間から1.0時間に変更し、表1に示すような運転時間で行った。他の運転操作は前報と同様に行った。その時の運転条件(月間平均値)を表2に示す。曝気槽内混合液浮遊物質(MLSS)は1530~3280mg/l、汚泥滞留時間(SRT)は10~73日とかなり変動があった。6月のSRTが73日と長いのは、5月に実験操作の誤りで汚泥の流出があり、2週間ほど汚泥引抜きを止めたためである。BOD負荷は前報と同様に0.09~0.16Kg/Kg・MLSS/dayと低負荷であった。ORP制御の上限の設定値は、前報の水温の低い時期においてORPが約70mv以上ではリン除去率が低下したことから、60~70mvにした。

また、待機工程の効果を確認するため、9月末から10月中旬にかけて本実験の待機工程時の攪拌を止める運転操作を行い、それを比較実験とした。

## 結果及び考察

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	pH
H.3.4	137 (120~154)	3.4 (3.2~3.5)	39.4 (37.6~41.2)	7.7 (7.6~7.7)
5	129 (114~138)	3.5 (3.2~3.7)	35.4 (32.5~38.7)	7.3 (7.2~7.4)
6	108 (89.3~119)	2.9 (1.9~3.9)	31.5 (24.7~39.8)	7.2 (7.1~7.3)
7	83.1 (70.0~95.2)	2.8 (2.4~3.0)	29.7 (24.3~36.0)	7.4 (7.2~7.6)
8	109 (93.4~124)	3.3 (3.1~3.5)	32.9 (31.9~33.8)	7.3 (7.2~7.4)
9	112 (106~117)	3.7 (3.5~3.9)	33.8 (30.4~35.9)	7.4 (7.3~7.4)
10*	99.5 (92.0~107)	3.8 (3.6~4.0)	36.4 (35.2~37.6)	7.3 (7.1~7.4)
10	103 (94.0~112)	3.7 (3.5~3.9)	25.3 (20.5~30.0)	7.4 (7.3~7.5)
11	128 (114~142)	4.4 (4.1~4.6)	42.0 (40.4~43.5)	7.5 (7.3~7.6)
12	136 (121~152)	4.2 (4.2~4.3)	39.5 (37.1~41.4)	7.5 (7.4~7.6)
H.4.1	125 (118~128)	4.1 (4.0~4.2)	38.8 (30.0~39.9)	7.5 (7.3~7.7)
2	134 (128~136)	4.0 (4.0~4.1)	39.3 (35.6~41.0)	7.6 (7.4~7.8)
3	159 (141~189)	4.0 (3.6~4.4)	38.1 (34.1~40.8)	7.7 (7.6~7.7)
平均	122	3.7	35.5	7.5

\* : 比較実験を示し, 平均に含めない.

表 4 放流水の月別変化(月間平均値)

月別	BOD mg/l	T-P mg/l	T-N mg/l	ケルダールN mg/l	NO <sub>x</sub> <sup>-</sup> -N mg/l	pH
H.3.4	3.9 (3.4~4.3)	0.7 (0.6~0.7)	5.5 (4.0~7.5)	0.8 (0.7~1.0)	4.7 (3.0~6.8)	7.8 (7.5~8.0)
5	3.4 (2.4~4.3)	0.4 (ND~0.7)	5.6 (3.6~6.8)	1.1 (0.9~1.7)	4.5 (2.7~5.5)	7.5 (7.4~7.6)
6	3.4 (2.3~4.7)	0.1 (ND~0.3)	6.0 (4.1~7.2)	2.6 (1.0~5.2)	3.4 (2.0~5.4)	7.6 (7.4~7.8)
7	2.4 (1.6~3.5)	0.1 (ND~0.3)	3.8 (0.9~5.9)	1.5 (0.5~3.5)	2.3 (0.3~4.9)	7.7 (7.4~8.2)
8	3.0 (1.9~4.1)	0.2 (ND~0.4)	7.6 (3.8~12.5)	4.0 (0.5~11.0)	3.6 (0.9~6.0)	7.5 (7.4~7.5)
9	1.9 (1.4~2.3)	ND (ND~ND)	6.4 (4.4~8.3)	0.5 (0.3~0.7)	5.9 (3.9~8.0)	8.1 (8.0~8.2)
10'	1.8 (1.4~2.1)	1.3 (0.2~1.6)	7.7 (4.9~10.7)	0.4 (0.3~0.7)	7.3 (4.6~10.0)	7.3 (7.2~7.3)
10	2.6 (2.3~2.8)	1.4 (1.2~1.8)	8.9 (7.1~10.3)	0.7 (0.4~0.7)	8.2 (6.6~9.6)	7.3 (7.2~7.5)
11	11.9 (4.5~19.2)	0.8 (0.1~2.1)	11.8 (8.4~15.7)	6.5 (1.2~12.6)	5.3 (2.5~7.2)	7.4 (7.2~7.5)
12	6.0 (2.2~10.2)	0.7 (0.2~1.5)	11.8 (9.7~14.9)	8.3 (4.4~12.7)	3.5 (4.4~12.7)	7.4 (7.2~7.5)
H.4.1	4.5 (4.4~4.6)	0.3 (0.1~1.0)	12.0 (9.3~14.2)	8.6 (5.3~10.9)	3.4 (5.3~10.9)	7.6 (7.5~7.6)
2	9.6 (4.7~14.4)	0.6 (0.3~0.7)	13.3 (10.0~17.8)	10.1 (5.8~14.8)	3.2 (5.8~14.8)	7.5 (7.4~7.6)
3	19.8 (15.8~25.6)	0.7 (0.2~1.1)	12.5 (10.3~15.8)	9.0 (5.6~13.8)	3.5 (5.6~13.8)	7.5 (7.4~7.5)
平均	6.0	0.5	8.8	4.5	4.3	7.6

T-PのND: 0.1mg/l

\*: 比較実験を示し, 平均に含めない.

### 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, T-P及びT-Nとも夏期が他の季節に比べて低い傾向がみられた. なかでも, BODにおいて, 7月は83.1mg/lと3月の159mg/lに対して約1/2であった. また, 流入水(年平均値)のBOD, T-P, T-Nは122, 3.7, 35.5mg/lと前報に比べてそれぞれ若干低かったが, T-P/BOD比及びT-N/BOD比は0.030, 0.29と前報の0.028, 0.26とほぼ同じであった.

### 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は年間(10月を除く)を通して各月とも1mg/l以下で, 平均0.5mg/l, 除去率75%と安定した結果が得られた. 特に, 水温の高い6~9月にかけて平均0.1mg/l, 除去率97%と良好で, 水温の低い11~3月においても平均0.6mg/l, 除去

率86%であった. なお, 10月は中旬まで比較実験を行ったが, その後, 本実験に戻してもNO<sub>x</sub><sup>-</sup>-Nが高いこともあって, リン除去が回復せず, 中旬以降において平均1.4mg/l, 除去率63%であった.

次に, T-Nも年間を通して10月の比較実験の影響もなく, 平均8.8mg/l, 除去率76%と良い結果が得られ, 特に, 4~10月までは各月とも10mg/l以下で, 平均6.4mg/l, 除去率81%と良好であった. 水温の低い11~3月では平均12.3mg/l, 除去率69%と若干悪化したが, 前報のこの時期の平均16.0mg/l, 除去率61%に比べれば, 除去率の低下は少なかった.

BODは年間を通して平均5.8mg/l, 除去率95%と良好であったが, 11~3月では各月によってかなり変動がみられ, 平均10.4mg/l, 除去率92%と若干悪化した.

#### (2) ORP制御を組み込んだ好気工程と待機工程の効果

ア ORP制御を組み込んだ好気工程について

表4に示すように、処理水の $\text{NO}_x^-$ -Nは年間(10月を除く)を通して平均 $3.9\text{mg/l}$ ( $2.3\sim 5.9\text{mg/l}$ )と安定して低い値が得られた。また、窒素除去も年間を通して平均 $8.8\text{mg/l}$ と前報の平均 $12.5\text{mg/l}$ より良かったことから、ORP制御を組み込んだ好気工程からほぼ期待どおりの結果が得られた。しかし、9月末から比較実験の期間及びその後の本実験に戻ってしばらくの間、後述する污泥容量指標(SVI)の関係で曝気量をあまり減少しないで、MLSSを下げた結果、比較実験の期間の中頃から第3好気工程のみならず、第2好気工程においてもORP制御が作動した。これは過曝気によるものと考えられ、そのため、第3好気工程が終了したにも拘らず、タイ

時のORPあるいはDOを下げると、 $\text{NO}_x^-$ -Nも低くなり、リン除去が回復した。

イ 待機工程について

図1に示すように、処理水のT-Pが $0.1\text{mg/l}$ 未満と良好であった9月末、比較実験として待機工程の効果のみた。その結果、攪拌を止めた翌日には、T-Pは $0.2\text{mg/l}$ となり、4日後には $1.5\text{mg/l}$ まで悪化した。この間の $\text{NO}_x^-$ -Nは $4.6\sim 5.1\text{mg/l}$ と、9月末までのリン除去が良好であった時と変化はなかった。これは室内実験で検討しているように<sup>3)</sup>、処理水の $\text{NO}_x^-$ が比較実験の待機工程ではあまり除去されないために、リン除去に影響を及ぼしたものと考えられ、本実験の待機工程における脱窒の効果を再確認できた。

一方、T-N、BOD除去は比較実験によって影響を受けなかった。

3 污泥の性状

污泥のリン含有率は年間(10月の比較実験等を除く)を通して平均 $3.1\%$ ( $2.9\sim 3.2\%$ )、比較実験期間では平均 $2.7\%$ ( $2.2\sim 3.0\%$ )であった。

污泥容量指標(SVI)は4~5月では平均113( $100\sim 123$ )と良好であったが、6月の後半から徐々に高くなり、9月には平均218( $191\sim 223$ )まで悪化した。しかし、污泥の流出はなかった。SVI悪化の要因として、水温が高いこの時期は、活性污泥が嫌気状態になりやすく、更に高いMLSSのために、かなり曝気量を増やしたものの、表2に示すように、ORP制御が常に作動するまでORPが上がらず、また、DOが低いことから、MLSSに対して曝気量の不足が考えられる。そのため、MLSSを下げたところ、SVIが改善され、10~3月において平均111( $79.2\sim 167$ )となった。

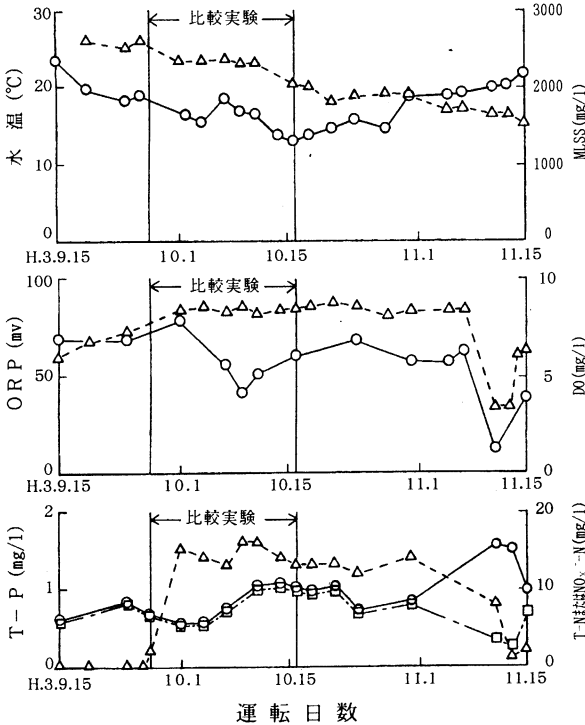


図1 本実験及び比較実験のT-P等の経日変化

ム・ラグによりORPは上昇し、表2に示すように、上限の設定値をかなり上回った。その結果、第3嫌気工程及び第3好気工程で脱窒が十分進まず、処理水の $\text{NO}_x^-$ -Nが高くなった。これは、今後の検討課題として残った。その後、図1に示すように、一時的に曝気量をかなり減らし、第3好気工程終了

まとめ

前報の生活排水の処理において、水温の低い時期にリン、窒素及びBODの除去率がそれぞれ程度の差はあったものの低下したことから、本実験では前報の待機工程に更にORP制御を組み込んだ好気工程を設けることにより、平成3年4月から1年間処理の安定化を試みた。その結果は以下のとお

りであった。

1 処理水のT-P, T-N及びBODは年間(比較実験を除く)を通してそれぞれ平均0.5, 8.8, 5.8mg/lと安定した結果が得られた。また, 水温の低い11~3月においてもそれぞれ平均0.5, 12.6, 10.3mg/lと前報の同時期より改善された。

2 待機工程の効果について確認のため, 9月末に比較実験として待機工程時攪拌を止めた結果, 翌日からリン除去の悪化がみられた。

3 好気工程にORP制御を組み入れたにも拘らず, 水温, MLSSの影響を受けて曝気不足や過曝気を生

じ, SVIの悪化や処理水の $\text{NO}_x^-$ -Nが高いことがあった。

#### 文 献

- 1) 福田哲郎ほか: 山口衛公研業報. (13), 52~56(1992)
- 2) 藤井正博ほか: 第23回下水道研究発表会講演集, 305~307(1986)
- 3) 福田哲郎ほか: 山口衛公研業報. (11), 77~82(1990)