

回分式活性汚泥法による窒素, リンおよびBODの 同時除去に関する研究 (第1報)*

山口県衛生公害研究センター (所長: 田中一成)

福田 哲郎・山本 征治・実近 祐治・松村 宏

Simultaneous Removal of Nitrogen, Phosphorus and BOD by Sequencing Batch Reactor Activated Sludge Process (1)

Tetsuro FUKUDA, Seiji YAMAMOTO, Yuji SANECHIKA

Hiroshi MATSUMURA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health (Director: Dr. Kazushige TANAKA)

はじめに

小規模の生活系排水処理において、回分式活性汚泥法は流入水の嫌気・好気処理および汚泥の沈降分離を1つの槽で行うため、装置の構造がきわめて簡単で、しかも維持管理が容易である。さらに、適切な運転条件を設定すれば、BODだけでなく窒素とリンの同時除去も期待できることから、富栄養化防止に有効な処理方式として注目されている¹⁻⁴⁾。その中で、窒素およびリンについてより安定した除去率を得るため、酸化還元電位 (ORP) あるいは溶存酸素 (DO) を制御する方式を用いた嫌気・好気処理も報告されている⁵⁻⁷⁾。

本報では、室内実験において放流後、次の流入までに通常 (15分程度) より長く、かつ攪拌を伴う待機工程を設けることにより、ORP自動制御などを用いることなく、簡単な嫌気・好気処理のもとで、リン、窒素共に安定して除去できる処理法について検討した。

実験方法

実験装置はFig. 1に示すように、30ℓの原水タンクと5ℓの反応槽からなり、これを20℃の恒温室に設置した。

流入原水は某アパートの合併浄化槽 (処理対象人員 200人) の調整槽より採取した流入水を4～

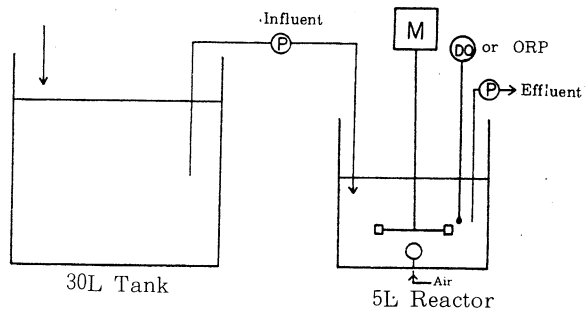


Fig. 1 Apparatus for wastewater treatment

5日毎に原水タンクに添加した。そして、流入工程時、ローラーポンプで原水タンクから反応槽に1ℓを加えた。運転はTable 1に示すように、1日3サイクルで、1サイクル8時間として行った。各Runにおいて、流入工程から第3好気工程までは同様に行い、待機工程をRun 1から5にかけて0, 0.5, 1, 1および1.5時間と変化させた。そのため、1サイクル8時間になるように沈殿と放流工程の時間を調整した。1サイクルで全液量の50%が入れ替わることになる。

反応槽内の攪拌は攪拌器により回転数100rpmの一定速度で、流入工程30分過ぎから第3好気工程まではすべてのRunにおいて、また、待機工程で

* 本報告の要旨は平成2年度下水道研究発表会 (1990年5月・東京都) において発表した。

Table 1 Time table for wastewater treatment in a cycle (unit : hr)

Run No	Fill(A・1)	O・1	A・2	O・2	A・3	O・3	Settle	Discharge	Idle
1	1.0	1.0	1.0	0.5	1.5	0.5	1.0	1.5	0.0
2	1.0	1.0	1.0	0.5	1.5	0.5	1.0	1.0	0.5
3	1.0	1.0	1.0	0.5	1.5	0.5	0.5	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	0.5	1.5	0.5	0.5	1.0	1.0*
5	1.0	1.0	1.0	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5

* : No aqitation

Table 2 Operating conditions

Run No	Date	MLSS mg/l	BOD-SS loading kg/kg MLSS/day	DO mg/l	ORP mv	SRT day
1	Nov.21,1988 ~Apr 15, 1989	2630	0.13	1.9 (0.6~5.0)	63 (11~96)	24
2	Feb.15,1988 ~May 20,1988	2550	0.14	2.9 (2.3~3.6)		20
3	Jun.15,1988 ~Nov 18,1988	3080	0.10	3.1 (0.7~6.0)	71 (21~115)	35
4	Aug. 5,1988 ~Nov.18,1988	3060	0.09	1.6 (0.6~5.2)		36
5	Nov.21,1988 ~Apr.15,1989	2580	0.13	3.4 (0.4~6.5)	87 (23~122)	24

() : Range

はRun 4を除く各Runについて行った。他の運転条件についてはTable 2に示す。

実験はRun 1と5、Run 3と4をそれぞれほぼ同時期に行っている。BOD-SS負荷はRun 3と4がRun 1、2および5に比べて若干低い。

MLSSは2500~3000mg/lになるように、汚泥を第3好気工程終了直前に手で1回/日引抜いた。汚泥滞留時間(SRT)はRun 2が1番短くて20日、Run 4が1番長くて36日になった。また、処理指標として随時DO計によるDO測定、あるいは白金-塩化銀電極を用いたORP計によるORPのチェックを行った。第3好気工程終了時

のRun 1~5のDO値はおおよそ2~3mg/lであった。

各種水質分析は、下水試験方法⁸⁾に準じて行った。

結果および考察

1 流入原水水質とBOD除去

採取した流入原水のBOD、T-PおよびT-NはTable 3に示すように、冬期を中心に運転したRun 1、2および5に比べて、主として夏期に運転したRun 3と4において若干低い傾向がみられる。その原水を原水タンクに添加しておく、

Table 3 Results of wastewater treatment

Run No	Influent			Effluent				Removal efficiency		
	BOD mg/l	T-P mg/l	T-N mg/l	BOD mg/l	T-P mg/l	T-N mg/l	NOx-N mg/l	BOD %	T-P %	T-N %
1	156 (103~205)	4.1 (2.7~4.4)	39.3 (25.8~46.2)	1.8 (1.1~2.5)	1.3 (ND~4.6)	9.6 (5.8~16.3)	6.9 (2.5~15.5)	99	68	76
2	165 (84.0~187)	4.3 (3.8~5.1)	39.6 (31.9~44.7)	7.6 (5.5~10.9)	0.4 (ND~4.4)	16.4 (13.5~24.1)	3.7 (2.2~6.4)	95	91	59
3	134 (77.0~170)	3.8 (3.2~4.7)	35.7 (31.4~40.5)	5.2 (1.2~10.5)	0.7 (ND~3.9)	11.1 (6.1~16.9)	6.9 (3.3~11.5)	96	82	69
4	130 (77.0~142)	3.9 (3.2~4.4)	36.3 (31.4~40.1)	6.7 (2.1~12.9)	1.9 (0.4~3.4)	12.4 (10.1~15.3)	7.9 (4.3~11.0)	96	51	66
5	156 (103~205)	4.1 (2.7~4.4)	39.3 (25.8~46.2)	2.3 (1.2~3.7)	0.2 (ND~2.1)	10.6 (3.5~19.8)	7.6 (2.7~18.7)	99	95	73

() : Range

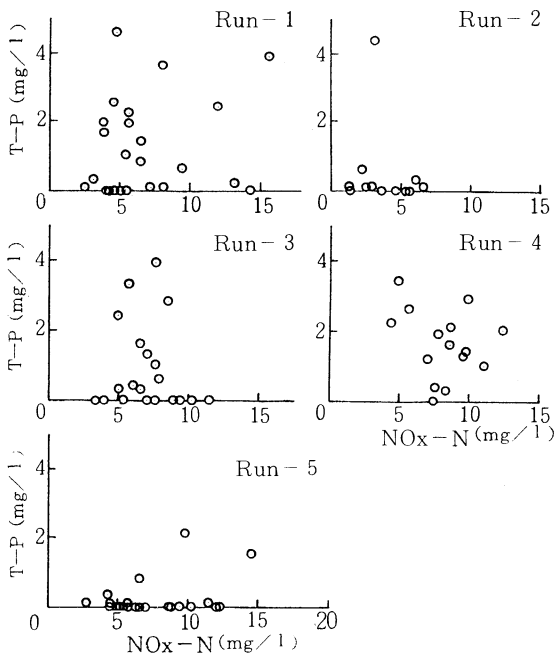


Fig. 2 Relationship between NOx-N and T-P of effluent water

BODは5日後に1/3程度減少する場合もあった。一方、リン、窒素については大きな変動はなかった。

各工程の処理により、BODの除去率は95~99%と良好な結果を示し、また、Runによる差がみられない。

2 リン除去

Table 3に示すように、次の流入までの待機時間の長い方が高い除去率を示す傾向がみられ、Run 1の68%に対し、Run 5では95%であった。しかし、待機時間が1時間と長くても、攪拌しないRun 4では除去率が51%と低かった。また、Run 2でも91%と高い除去率が得られた。

これは高いBOD-SS負荷に対して曝気風量が不足したため、放流水のT-N濃度が他のRunよりやや高く、NOx-N濃度が逆に低いことが示しているように、他のRunに比べて硝化が進んでおらず、それ故リン除去に及ぼすNOxの影響が少なかったことによると思われる。

次に、放流水のNOx-NとT-Pとの関係をFig. 2に示す。NOx以外の他の要因(流入原水のT-P/BOD, SRT等)もリン除去に影響を及ぼす⁹⁾が、Run 5ではそれらの影響も少なく、NOx-Nが10mg/lを若干越えても安定した除去率が得られた。さらに、第3好気工程終了時のORPと放流水のT-Pとの関係をみると、Fig. 3に示すように、Run 1と3はORPの範囲がおおよそ25~100mvであるのに対して、Run 5ではNOx等の影響もあって50~125mvと若干範囲が高い方へ移動しているにもかかわらず、除去率はもっとも安定している。

以上のことから、待機工程での攪拌時間は長い方が除去率が高いという結果を得た。その要因の

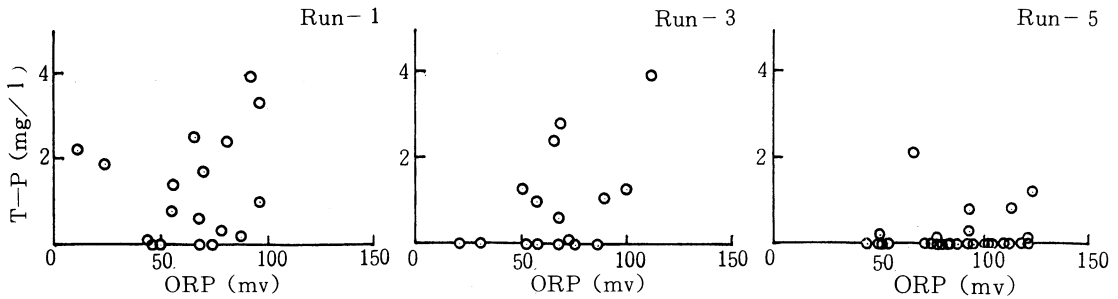


Fig. 3 Relationship between ORP and T-P of effluent water

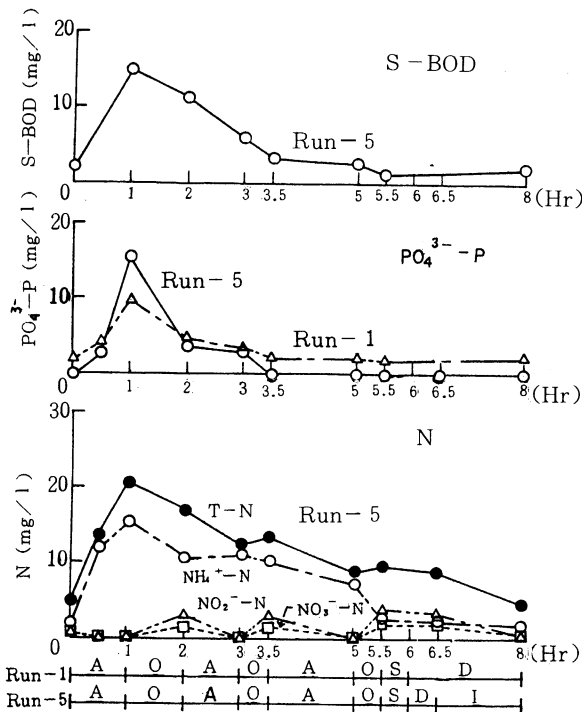


Fig. 4 Changes of S-BOD, PO₄³⁻-P and nitrogen in a treatment cycle

1つとして、待機工程では、活性汚泥濃度が高いため、攪拌時間を長くすることにより内生呼吸による脱窒が進み、流入工程でのリン放出に影響するNO_x-Nを減少させていることが考えられる。そこで、待機工程前後における各RunのNO_x-N, T-Pの変化についてみると、Table 4に示すように、NO_x-N除去率については、やはり

Run 1と4が28および19%と低く、これに対してRun 2, 3および5は74~79%と高かった。Run 2のリン除去率が良かったのは、等3好気工程後のNO_x-N濃度が低いためと考えられ、そのためか、待機工程後のリンの放出もかなりみられた。また、Run 3と5では、第3好気工程後のNO_x-Nが6~7 mg/l程度あったが、リン除去率に差を認めなかった。その後の流入工程におけるリン放出量は、Run 5が1番多く、Run 4が1番少ないという結果になった。Run 4は待機工程後のNO_x濃度が大きく影響し、リン放出量が少なかったと考えられる。いずれにしても、リン放出量と第3好気工程後のT-Pとの間には負の相関関係がみられ、汚泥のリン吐き出しと摂取をよく表わしている。

一方、汚泥のリン含有率(平均値)を求めると、Run 1から5にかけて3.8, 4.6, 5.2, 3.7 および5.1%となった。

これらの値は、上述の各Runにおける除去率をほぼ裏付ける結果になっていると思われる。

3 窒素除去

Table 3に示すように、硝化率の低いRun 2が除去率59%と最も低く、他のRunについては除去率66~76%であった。各Runにおいて放流水のNO_x成分の主体はNO₂であった。

4 1サイクル中の水質およびORPの経時変化

Run 1または5での水質の経時変化をFig. 4に示す。溶解性(S)-BODは第2好気工程終了時までにはほぼ除去された。リン(図ではPO₄³⁻-Pで表示)は除去率が高い場合、Run 5で示すように、すでに第2好気工程終了時にほとんど検出

Table 4 Effect of an idle process on changes of NOx-N and T-P

Run No	After third aerobic (A)		After idle (B)		Difference(A-B)		After fill
	NOx-N mg/l	T-P mg/l	NOx-N mg/l	T-P mg/l	NOx-N mg/l	T-P mg/l	T-P mg/l
1	6.9	1.6	5.0	2.3	-1.9 (28%)	+ 0.7	7.8
2	3.8	0.2	1.0	2.6	-2.8 (74)	+ 2.4	10.2
3	6.3	0.3	1.3	0.9	-5.0 (79)	+ 0.6	8.3
4	8.6	1.8	7.0	1.8	-1.6 (19)	0.0	3.9
5	6.9	ND	1.6	ND	-5.3 (77)	0.0	10.4

ND : Below 0.1mg/l

() : Removal efficiency of NOx-N

されず、その状態が流入工程直前まで続く。一方、除去率が低い場合、Run 1 で示すように、第2好気工程以降では除去されない。窒素については、待機工程を除いて、Run 5 と他のRunの間に経時変化の差がほとんど認められなかった。また、第2および第3嫌気工程での除去率はほぼ同じであった。

次に、ORPの経時変化をFig. 5 に示す。Run 1 と5の間で、待機工程から流入工程までの間に差が表われた。Run 5は待機工程では攪拌により、沈降していた汚泥が拡散されたり、あるいは若干空気を取り込むためか、-24mvから43mvへ上昇した。流入工程ではNOx濃度が低いいためか、汚泥が沈降すると、急激に低下し、-190mvになった。一方、Run 1は流入工程では前半 -92mvから-118mvに徐々に減少し、攪拌が始まると急激に-220mvまで低下した。

まとめ

1 サイクル8時間、1日3サイクルの回分式活性汚泥法において、ORPやDOなどの自動制御機能を組み込まず、攪拌を伴う待機工程を設けた嫌気・好気処理によって、BODと共にリン、窒素の同時除去を行うことができた。夏期、若干BOD濃度が低いといった流入原水の基質濃度の不同、あるいは曝気風量の不足から硝化が進まなかったなど、処理条件がやや異なったため、必ずしも待機工程が長い程リンの除去率が良いとは断

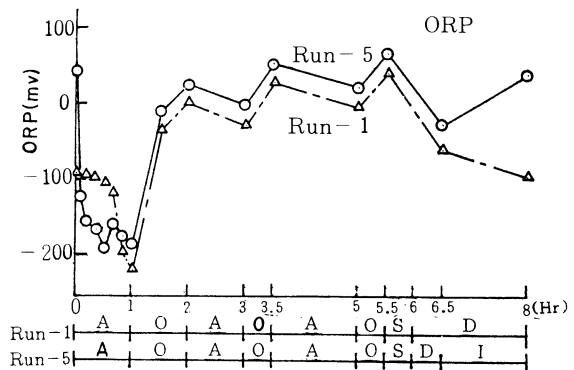


Fig. 5 Change of ORP in a treatment cycle

定できないが、1.5時間の待機工程を設けることにより、BODは99%、T-Pは95%と高い除去率が得られ、T-Nについても73%とかなり良好な除去率が得られた。

現在、野外に小型の処理装置を設置し、季節変動に対する実際の適応性を確認しているところである。

稿を終るにあたり、本稿の御校閲を頂いた当センター所長田中一成博士に厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) 早川 登ほか：第21回下水道研究発表会講演集. 329~331 (1984)

- 2) 岡田光正ほか：水質汚濁研究. **8** (11),
729～736 (1985)
- 3) 風袋則夫ほか：第22回水質汚濁学会講演集.
55～56 (1988)
- 4) 中村 和憲ほか：用水と廃水. **30** (11),
28～32 (1988)
- 5) 岡村宣夫ほか：第22回下水道研究発表会講演
集. 235～237 (1985)
- 6) 藤井正博ほか：第23回下水道研究発表会講演
集. 305～307 (1986)
- 7) 庄司 敦ほか：第24回下水道研究発表会講演
集. 263～265 (1987)
- 8) 日本下水道協会編：下水試験方法. 東京,
日本下水道協会, 1984
- 9) 稲森悠平, 須藤隆一：用水と廃水. **24** (10),
3～17 (1982)