

○ 京都大学 工 学員 藤井 滋徳
 京都大学 工 正員 宗宮 功
 京都大学 工 正員 河村 正純

1. はじめに

三次処理としての酸化池法には ①下水二次処理水の一時的貯留による水質的な安定化 ②藻類の繁殖による栄養塩の固定などが期待される。そこでこれらの諸特性の把握, その機構解明を目的として 三年計画で酸化池内に二次処理水を導入する実験を行なっている。本稿はその中間報告として 夏期並びに秋期に実施した実験結果をもとに 池内のN, Pの挙動に注目して その除去特性及び安定性について 検討したものである。

2. プラント及び実験概要

実験は 大津市由美浜の京都大学琵琶湖実験施設内の野外水路を改良した池で行なっている(図-1)。滞留日数による水質挙動変化を把握するため, 池を流下方向に4等分した。各池の滞留日数は各々4日, その流出水は4, 8, 12, 16日間酸化池内を滞留した水質を示している。流入水は 同施設内活性汚泥法パイロットプラントの二次処理水を用いている。流入開始は53年7月10日, 採水は原則として流入開始後1月間は2日毎, その後4日毎としている。本稿で使用したデータは7月10日から11月28日までのものである(空素のり8月15日から11月28日までのデータを使用)。

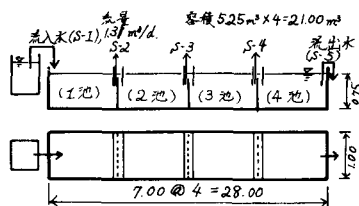


図-1. プラント概要(単位:m)

表-1. 各平均水質値

サンプル	1	2	3	4	5	
Chl-a($\mu\text{g/l}$)	0.0	16.6	28.3	32.2	28.4	
pH	7.45	8.63	9.32	9.66	9.73	
窒素	NH_4^+-N	0.37	0.20	0.08	0.05	0.05
	NO_3^--N	0.11	0.12	0.17	0.23	0.24
	NO_2^--N	6.21	5.46	4.28	3.02	2.37
	$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	0.38	0.33	0.42	0.62	0.41
	$\text{SO}_4^{2-}-\text{S}$	1.08	1.25	1.25	1.27	1.38
リン	P - P	201	66	102	95	67
	S(PO_4^{3-})-P	74	57	51	47	43
	P - P	428	380	217	119	85
	$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	0.0	50.9	64.4	44.9	57.3
藻類組成 (%)	P - P	0.0	32.7	36.1	44.1	55.2

3. 平均水質からみた組成変化

表-1に 前記期間の平均水質値を示す。Chl-a濃度は1池を除くと約30 $\mu\text{g/l}$ であり, 藻類の繁殖が観測された。またこの結果, 流下方向にpH上昇が起きた。Nは NH_4^+-N , NO_3^--N が減少, $\text{SO}_4^{2-}-\text{S}$, NO_2^--N が増加した。Pでは $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$, $\text{S}(\text{PO}_4^{3-})-\text{P}$ が減少した。固形分について検討するため, 藻類組成をChl-a:N:P=1:10:1.3と仮定し, 固形分中に藻類の占める比率を計算した(表-1の下二段)。 $\text{PO}_4^{3-}-\text{N}$ では その比率が流入で0%, 他は50%前後を占め, 4日程度の滞留で藻類中心の組成となると思われる。一方 P-Pでは 4日滞留時で約30%, その後徐々に増加し, Nと同レベルの50%程度となる。P-P中には無機態も含まれるのでそれが短滞留時に一定の比率を占め 滞留時間の増加で減少することが予期される。なお 上記の藻類組成を用いて4日滞留時の非藻類性固形分を求めると Nで0.16 mgN/l , Pで44 $\mu\text{gP/l}$ である。故に流入水中の固形分のうち, 一池で沉澱などにより除去されるものはNで60%以上, Pで80%以上と推測される。

4. 滞留時間による頻度分布変化特性

池内のT-N, T-Pの変化状況を 頻度分布から考察してみる。

[T-Nについて(図-2)] 流入水中のT-Nは 2.85 mgN/l から14.8 mgN/l まで広範囲に, わっ様に分布, この傾向は4日及び8日滞留時でも見られる。しかし, 12日及び16日滞留時には 分布が2,3所に分かれる傾向をもつ。平均値及び標準偏差は 滞留時間の増加で減少しているが, 変動係数は増加してい

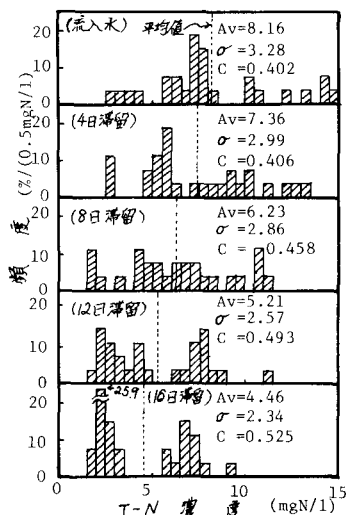


図-2 T-Nの頻度分布

る。故に 流入水中の N 濃度が大きく変動する場合、このような直列的配置の酸化池では、それほど T-N 濃度の均質化効果が期待できないことがわかる。特に、最大濃度は、流入水で 14.8 mg N/L 、16日滞留で 9.75 mg N/L と、34%の軽減しかなく、みわけの除去率45%（池の貯留効果を考慮していない）よりも小さい。さて、16日滞留で2ヶ所に分かれる分布となる意味を考察するため、T-N濃度が 5 mg N/L 以上とそれ未満とに分け、両者の N 組成の違いを検討してみた。表-2から $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の差が両者の相違となり、頻度分布において2つのピークを生じさせたことがわかる。このことから、一定量以上の $\text{NO}_3\text{-N}$ が流入する場合、未処理のまま酸化池内を素通りする $\text{NO}_3\text{-N}$ が生じることが予測される。

表-2 流出水の T-N 濃度の違いによる組成変化 (単位 mg N/L)

	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-N}$	$\text{SiO}_4\text{-N}$	T-N
T-N < 5	0.07	0.15	0.39	0.41	1.45	2.47
T-N ≥ 5	0.02	0.39	4.84	0.41	1.29	6.95
差	-0.05	0.24	4.45	0.00	-0.16	4.48

【T-Pについて(図-3)】 流入水は T-Nと同様に広範囲にかっ様に分布しているが、滞留時間の増加につれ、分布型が正規分布に近づく傾向をもつ。また T-P の除去率でも 72% と T-N に比べかなり大きい。これらのことから T-P の除去は T-N の除去と異なる反応によるものが存在すると推測される。

5. 除去速度からみた反応特性

前述のように N と P とではその除去機構に相違があると思われる。そこで、この点を除去速度の面から考察する。図-4, 5は、それぞれ T-N, T-P について、各池の1ヶ月毎の平均濃度と平均除去速度をプロットしたものである。ここで、各池内の平均濃度は、各池内を完全混合と仮定し、流出部濃度で池内濃度を代表させ、それを月毎に平均したものであり、除去速度は、月毎に流入流出量と池内貯留量変化を考慮して、池内現存量変化を求め、それを一日当り単位体積当りの量に換算したものである。その除去は、池内水相から底質・大気等へ移行することを意味する。また藻類の影響を調べるため、Chl-a 濃度によりプロットを分類した。T-N の場合、プロット全体ではバラツキが大きく、比除去率（除去速度/濃度）で $0.05 \sim 0.105 \text{ d}^{-1}$ と大きく変化している。しかし Chl-a に注目すると、その濃度の高い時、T-N 除去が大きくなる傾向をもつことが図よりわかる。故に藻類の無機 N 提取及びその沈殿などの機構で T-N 除去に藻類が関与することが推測される。一方 T-P では、比除去率で $0.035 \sim 0.17 \text{ d}^{-1}$ とバラツキながらも、濃度と比例する除去速度をもつ。また Chl-a 濃度との関係は余り明確ではない。これより T-P 除去では、化学反応のような濃度依存の反応が存在することが予想される。とりわけ池内が高 pH じわ、たことより CO_3^{2-} イオンを中心とした金属イオンと無機 P イオンの化学反応による固形化及びその沈殿には、T-P 除去の一部が起きているものと考えられる。

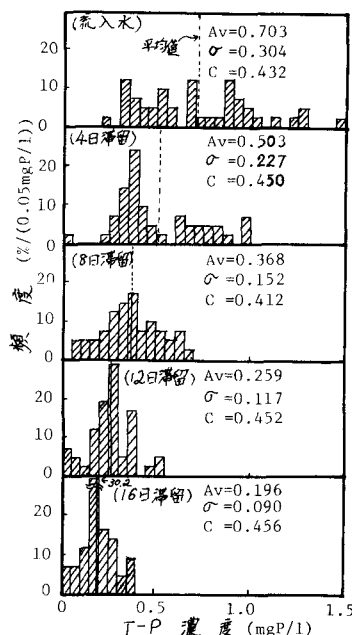


図-3 T-P の頻度分布

6. おわりに

本研究の結果、酸化池での T-N 除去と T-P 除去には、その機構に相違があり、T-N では、無機 N の藻類による固定及びその沈殿による除去、一方 T-P では、それに加えて、化学反応及び沈殿による除去があると推察された。最後に実験に協力された清水建設の米村惣太郎君に謝意を表す。

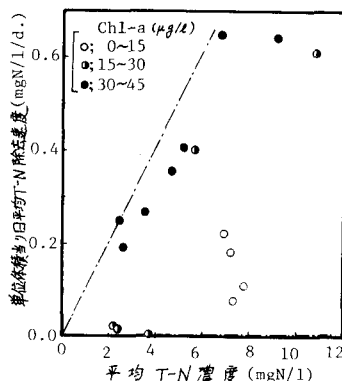


図-4 T-N 濃度と除去速度

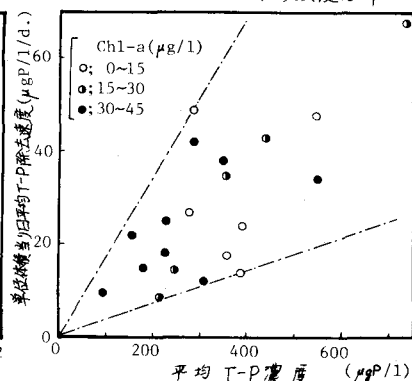


図-5 T-P 濃度と除去速度