

し尿処理場汚水の生物学的脱リンについて(1)

山口県衛生研究所(所長: 田中一成)

福田 哲郎・山本 征治・実近 祐治・松村 宏

Biological Phosphorus Removal in Night Soil Treatment Facilities(1)

Tetsuro FUKUDA, Seiji YAMAMOTO,
Yuji SANECHIKA, Hiroshi MATSUMURA

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

まえがき

最近、し尿浄化槽の普及は著しく、その水洗化人口は昭和58年度末において、総人口の25.1%にあたる約3010万人にのぼっている。¹⁾

このことから、し尿処理施設において処理される浄化槽汚泥は逐年増加しており、その混入率は昭和53年度の14.1%に対して昭和58年度26.6%と大きくなっており、50%を超える地域もある。²⁾ 浄化槽汚泥の増加は投入負荷に変動をもたらし、処理水質悪化の要因となる。

一方、湖沼等の閉鎖性水域においては、事業場排水や生活排水からのリン及び窒素の流入による富栄養化が各地で問題になっており、このため、排水処理における窒素およびリンの除去に関する研究が盛んに行われて来ている。^{3~5)}

我々は、し尿処理場の現有施設を大幅に改変することなく、処理水質の安定化とリンなどの除去率向上を目的として、既設の浄化槽汚泥貯留槽を嫌気型の貯留槽に、また、曝気槽を嫌気-好気活性汚泥法処理槽にして処理する方法を確立することにした。

今回は基礎実験として、嫌気-好気活性汚泥法の代りに回分式活性汚泥を行い、浄化槽汚泥貯留槽を嫌気型とした場合の、主にリン除去効果について検討した。

実験方法

1 実験装置

二つの方法を比較検討するため、図1に示す装置

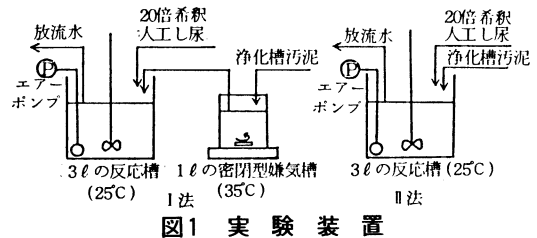


図1 実験装置

とした。両法の相違は、Ⅱ法の単独反応槽に対してⅠ法では浄化槽汚泥を35°Cで5日間滞留させる嫌気槽を別に設けたことである。両法とも流入水添加1時間→嫌気6時間→曝気3時間→沈澱1時間→放流1時間という行程を1サイクルとする半連続運転を1日2サイクル行い、1サイクルで全液量の60%が入れ替えられた。Ⅰ法では、1日1回流入水添加後、嫌気槽への浄化槽汚泥の添加を手動で行った。

2 流入水等の調整

流入水は、し尿と浄化槽汚泥の混合率を50%と想定し、20倍希釈人工し尿1ℓに浄化槽汚泥50mlを加えた。人工し尿は石川ら⁶⁾の組成を参考に調整し、表1にその組成及び分析結果を示した。浄化槽汚泥は採取後冷凍し、使用時溶解した。

3 実験区

実験を3区分した。まず、実験区(1)ではリンの挙動だけをみるため、チオ尿素を1mg/ℓ加えてNO_xの影響を除いた。この時の流入水の溶解性リン(以下単にS-Pと示す)/BOD比は0.025であった。

表1 人工し尿の組成及び性状

組 成		性 状	
Peptone	mg/ℓ 7100	BOD	mg/ℓ 9700
Meat Et	" 7200	COD	" 4140
Urea	" 1000	S-P	" 324
(NH ₄) ₂ CO ₃ ·H ₂ O	" 2000	ケルダール窒素	" 2760
NaCl	" 500	アルカリ度	" 3310
K ₂ HPO ₄	" 640	pH	" 7.9
KH ₂ PO ₄	" 520	CL ⁻	" 2720
CaCl ₂ ·2H ₂ O	" 1000		
KCl	" 3200		
H ₃ BO ₃	" 2600		
MgSO ₄ ·7H ₂ O	" 1000		
Conc.H ₂ SO ₄	ml/ℓ 0.2		

次に、流入水のS-P/BOD比がリン除去に及ぼす影響を検討するため、同比を実験区(2)では0.025、実験区(3)では0.051として実験を行った。

4 分析方法

処理水、汚泥等の分析法は主にJIS K 0102,⁷⁾及び下水試験方法⁸⁾に準拠した。なお、溶解性BOD(以下単にS-BODと示す)及びS-Pなどの分析には、1.2μのワットマンろ紙GF/Cでろ過した試料を用いた。

結果及び考察

1 浄化槽汚泥の性状

昭和59年10月から昭和61年12月にかけて、Aし尿処理場の浄化槽汚泥貯留槽出口より、滞留日数2~3日の汚泥を約1ヶ月毎に採取、使用した。汚泥の分析結果を表2に示す。BODなどほとんどの項目について、かなりの変動がみられた。浄化槽汚泥をし尿と比べると、平均BODは1/3.8、平均CODは1/2.8とかなり低値であった。

次に、5日間嫌気処理した浄化槽汚泥の分析結果を表3に示す。BODは除去率55%とかなり減少したが、CODは約10%しか除去されなかった。pHは若干低くなっており、酢酸など有機酸の生成が考えられる。

表2 浄化槽汚泥の性状

測定項目	測定値		
SV ₃₀	%	75	± 25
pH		7.1	± 0.4
SS	mg/ℓ	6270	± 1840
VSS	"	5570	± 1620
BOD	"	3550	± 1670
COD	"	2540	± 843
T-P	"	112	± 65.9
S-P	"	13.7	± 11.3
ケルダール窒素	"	445	± 193
アンモニア、	"	222	± 172
アルブミノイド窒素	"	350	± 156
アルカリ度	"	240	± 149
CL	"		

注) 検体数は39

表3 5日間嫌気処理した浄化槽汚泥分析結果

測定項目	処 理 前		処 理 後		除去率(%)
pH	7.2	± 0.4	6.9	± 0.2	—
BOD mg/ml	3140	± 1360	1110	± 761	55
COD "	2260	± 752	1980	± 505	15

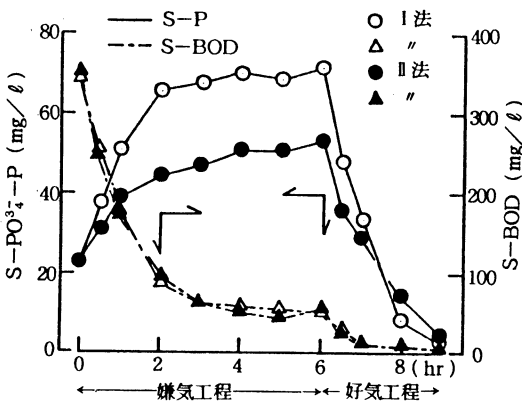


図2 リン及びBODの経時変化

2 1サイクルにおけるリン及びBODの経時変化

実験区(1)での経時変化を図2に示す。まず、S-Pは嫌気工程において2時間で放出が概ね終わり、4時間で一定になった。好気工程では過剰摂取がすみやかに進み、2.5時間後にS-Pは1~5mg/lになった。

一方、S-BODは嫌気工程においてすみやかに減少し、3時間で一定になった時の除去率は87%であった。好気工程では1時間で処理水の値と概ね同等になった。この実験では活性汚泥の有機物摂取量が同じでも、リン放出量はI法の方がII法より多かった。このことは、嫌気条件下でリンの放出量がある程度に達すれば、BOD摂取量は増加してもリン放出量がそれに依じて増加せず、従ってリンの放出には限界値があることを示唆しているように思われる。

3 リン放出について

余剰汚泥をつかって、嫌気条件下での活性汚泥のリン放出に及ぼすNOxの影響についてビーカーテストで検討し、その結果を図3に示した。

NOx-Nが約10mg/lでもリン放出に影響がみられ、NOx-Nの増加に従いリン放出速度が減少した。しかし、NOxの消失によりリン放出速度が著しく増加するような変化は認められなかった。

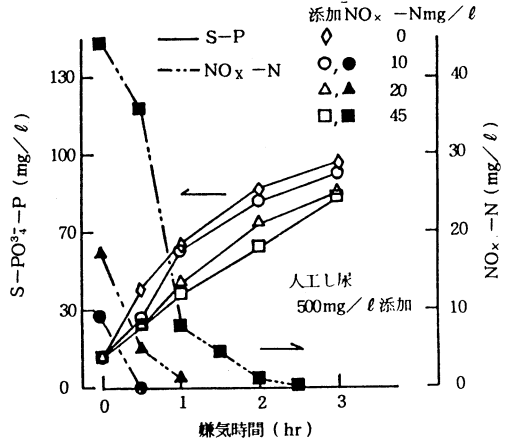


図3 リン放出におけるNOx濃度の影響

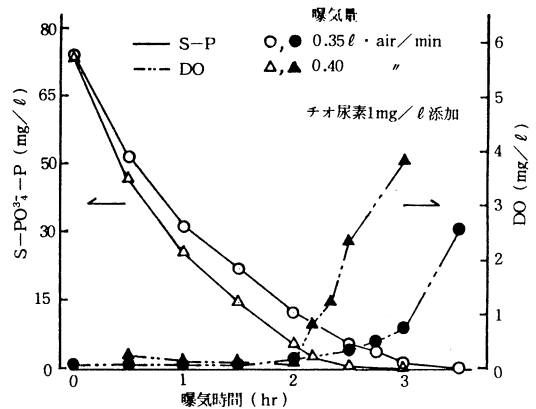


図4 リン摂取におけるDO濃度の影響

4 リン摂取について

実験区(1)でS-P除去率が低い時期に、好気工程でのリン摂取に及ぼすDOの影響を検討するため、曝気量あるいは曝気時間を変えて運転し、その結果を図4に示した。明らかに曝気終了時のDO(以下単にDOと示す)が高い状態で運転した方がリン摂取量は多かった。この理由としては、好気工程での空気吸込み量の不足が考えられる。そこで、空気吸込み量を増やしDOが高い状態で運転を継続した場合、今度はNOxなどの影響が生じ、やはりリン除去率が低くなる恐れがある。これらのことから、実際の運転ではDOが適当になるように、DO自動制

御を行うことなどの必要があるように思われる。

5 排水処理結果

実験方法のところで示したように、実験区(1)~(3)の条件で運転を行い、その排水処理結果を表4に示した。

(1)リンについて

まず、それぞれの処理法についてみると、I法では放流水のNO_xの増加及びS-P/BODの増加に伴って、S-P除去率が低下した。一方、II法ではI法と相反する結果になった。このことについては原因がはっきりせず、今後の問題点として残ったが、考えられる一つの因子としてDOがある。例え

ば、実験区(1)のII法では好気工程での空気吸込み量が不安定であったことから、DOが他に比較してバラツキが大きく、またS-P除去率は一番低いという結果になった。次に、I法とII法を比較すると、実験区(1)及び(2)ではI法、実験区(3)ではII法の方がS-P除去率が高かった。このことから、リン除去に両法のどちらが有効か分らない。しかしながら、(3)ではS-P/BODを大きくするため、人工し尿のBODを下げており、(1)及び(2)よりリン除去に及ぼす浄化槽汚泥の影響は大きいと考えられる。そこで、(3)の結果から嫌気処理した浄化槽汚泥の効果が表われているようにも見えるが、6 活性汚泥の性状のところでも示すように、汚泥滞留時間がI法より

表4 排水処理結果

実験区	S-P BOD	測定項目	流入水		放 流 水		平均値の差の 検定
			測定値	処理法	測定値	除去率 (%)	
(1)	0.025	DO mg/ℓ	—	I	3.8±1.0 (23)	—	危険率1%で 差あり
		NO _x -N "	N.D	I	N.D	—	差あるとはいえない
		S-P "	18.9±2.7 (3)	II	N.D	—	危険率1%で 差あり
		BOD "	630±12 (3)	I	0.5±0.4 (23)	97	危険率1%で 差あり
		COD "	310±3 (3)	II	4.7±2.6 (23)	75	危険率1%で 差あり
				I	23.9±12.8 (3)	99	危険率1%で 差あり
		II	30.5±13.3 (3)	99	危険率1%で 差あり		
		I	41.7±0.5 (3)	91	危険率1%で 差あり		
		II	69.4±0.8 (3)	90	危険率1%で 差あり		
(2)	0.025	DO mg/ℓ	—	I	3.5±0.9 (49)	—	危険率1%で 差あり
		NO _x -N "	N.D	II	2.6±1.1 (47)	—	危険率1%で 差あり
		S-P "	18.2±0.3 (3)	I	6.5±5.1 (49)	—	危険率2%で 差あり
		BOD "	655±58 (3)	II	7.8±5.5 (44)	—	危険率5%で 差あり
		COD "	327±37 (3)	I	2.5±1.9 (49)	86	危険率5%で 差あり
				II	3.9±3.3 (47)	79	危険率5%で 差あり
		I	20.5±5.6 (6)	97	危険率5%で 差あり		
		II	30.5±8.9 (7)	95	危険率5%で 差あり		
		I	39.2±3.9 (7)	88	危険率5%で 差あり		
		II	55.6±20.5 (7)	83	危険率5%で 差あり		
(3)	0.051	DO mg/ℓ	—	I	2.9±1.1 (8)	—	危険率5%で 差あり
		NO _x -N "	N.D	II	2.2±1.2 (8)	—	危険率5%で 差あり
		S-P "	17.7±1.3 (3)	I	35.9±5.9 (8)	—	危険率5%で 差あり
		BOD "	345±79 (3)	II	35.4±8.9 (8)	—	危険率5%で 差あり
		COD "	203±31 (3)	I	4.1±1.8 (7)	77	危険率5%で 差あり
				II	1.5±2.2 (7)	92	危険率5%で 差あり
		I	8.2 (1)	98	危険率5%で 差あり		
		II	12.1 (1)	96	危険率5%で 差あり		
		I	31.7 (1)	83	危険率5%で 差あり		
		II	36.7 (1)	82	危険率5%で 差あり		

注) () 内数値は測定数を示す

Ⅱ法の方が若干短いことから断定できなかった。

(2)BOD及びCODについて

BOD及びCODについては測定数が少なく、バラツキも大きいことから、除去率に両法の差がはっきりでていないが、すべての実験区で概ねⅡ法よりⅠ法の方がBOD及びCODとも良い結果が得られた。これは嫌気槽での浄化槽汚泥の固液分離が良好であったことと関係していると思われる。

6 活性汚泥の性状

汚泥滞留時間は両法間に若干の差があり、実験区(1)及び(2)ではⅠ法22.8日、Ⅱ法20.0日、また実験区(3)ではⅠ法31.0日、Ⅱ法28.6日であった。SVIは両法ともすべての実験区で平均45~52%と非常に良かった。汚泥中のリン含有率は実験区(1)及び(2)でⅠ法の方が若干高く平均3.9%、Ⅱ法は平均3.3%であった。

7 活性汚泥の活性度とリン摂取について

$S-P/BOD=0.025$ の流入水を好気工程で処理した場合のS-Pを活性汚泥1g当たりの空気吸込み量(以下単にair/MLSSと示す)、DO及びNOxとの関係で図5に示す。まず、運転条件のair/MLSSとそれに伴うDOをそれぞれ中央値で区分し、4つの領域にした。この運転時、流入水BODは575~734mg/lであったが、浄化槽汚泥は反応槽に流入する前に嫌気槽で一度処理(BOD除去率

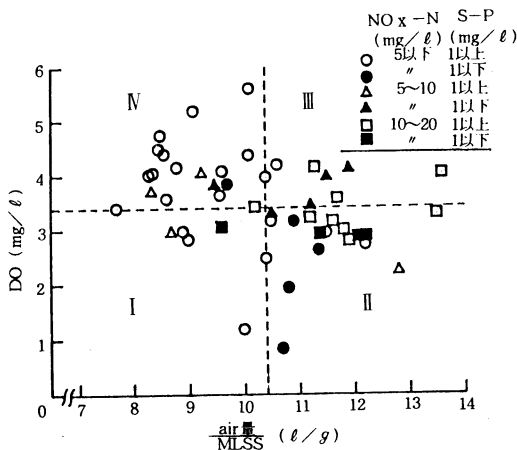


図5 活性汚泥の活性度とリン摂取について

65%)されることから、反応槽に流入するBODは約520~約570mg/lとなり概ね一定とみなすことができる。そこで、活性汚泥の酸素摂取量の差を活性汚泥の活性度の相違によるとすれば、この活性度は領域Ⅱで高く領域Ⅳで低いことになる。放流水のS-Pが1mg/l以下になった日数を領域別に比較してみると、領域Ⅱで多く領域Ⅳで少ない傾向がみられた。活性度には嫌気工程でのNOx、攪拌状態および水温など種々の因子が影響しているものと考えられる。

まとめ

回分式活性汚泥法により浄化槽汚泥と希釈人工し尿を流入水とした室内実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 嫌気処理した浄化槽汚泥のリン除去効果については明らかでなかった。
- (2) リン除去に影響を及ぼす因子を検討した結果、流入水S-P/BOD、NOx及び好気工程でのDOなどの関与が有意に認められた。

今後、さらに負荷変動などについても検討し、これらの結果を基に、嫌気型の浄化槽汚泥貯留槽を設けた嫌気-好気活性汚泥法を行う予定である。

おわりにあたり、本実験に浄化槽汚泥を提供していただいた防府市築地作業所し尿処理場の方々に感謝いたします。また、本稿の御校閲をいただいた当所所長 田中一成博士に御礼申し上げます。

文献

- 1) 環境庁編：環境白書(昭和61年度版)．256~257(1986)
- 2) 木下正明：汚泥研究年報(1981)．20~25(1980)
- 3) 桜井敏郎：用水と排水．20(1)．32~39(1978)
- 4) 松本利通：用水と排水．20(1)．63~69(1978)

- 5) 稲森悠平, 須藤隆一 : 用水と排水.
24 (10) , 3~18 (1982)
- 6) 石川宗孝, 中西弘 : 環境技術. 8 (11) , 17~
26 (1979)
- 7) 日本規格協会編 : 工場排水試験方法. JIS
K 0102 (1986)
- 8) 日本下水道協会編 : 下水試験法. 東京, 日本
下水道協会, 1984, 643 p.