

汚水の高度処理に関する研究

I. 嫌気・好気法について

吉武香織*・吉田 勲**・猪迫耕二**

Studies on Advanced Wastewater Treatment

I. A Consideration of the Phoredox Method

Kaori YOSHITAKE* Isao YOSHIDA** and Koji INOSAKO**

It is vitally important to remove phosphorus in order to keep the lake water from being contaminated. Presently there are two methods to remove phosphorus, namely, chemical and biological methods. In the former, the phosphorus can be removed completely, but it needs the considerable expenditure and skillful operation. The latter, which is called the Phoredox method, was recently developed and applied to full-scale plants. The point of this method is that the anaerobic zone has to be set before an aeration tank in conventional plants. The major conclusion derived from this paper is that this biological method is very useful for removal of phosphorus.

緒 言

平成3年度の全国公共用水域の水質測定結果¹⁾によると、有機汚濁指標である生物化学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD) の環境基準の達成状況は河川 (BOD) 75.4% (前年度73.1%)、海域 (COD) 80.2% (前年度77.6%)、湖沼 (COD) 2.3% (前年度44.2%) となっている。河川や海域における、環境基準の達成状況は比較的良いと言える。しかし、湖沼や内海などの閉鎖水域では富栄養化が進行しアオコや赤潮が発生し

ている²⁾。湖沼や内海では内部生産が COD の約半分を占めているとも言われ水質改善には窒素やリンの排水規制が必要となってきた。閉鎖水域の富栄養化防止のために、湖沼については昭和60年7月に窒素、リンの環境基準が告示され、その対策が推進されている。しかし、窒素・リンの排水規制が緩い事もあり、窒素・リンの環境基準の達成状況は31.3% (前年度42.6%) とかなり低い。

富栄養化を防止するには排水から窒素・リンを除去することが不可欠である³⁾。しかし、窒素については、空中窒素を固定する藻類も存在するのでリン除去の方が重

*鳥取県土地改良事業団体連合会

*Tottori Prefectural Federation of Land Improvement Association

**鳥取大学農学部農林総合科学科生存環境学講座

**Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

要であると言われている。

排水中からリンを除去する方法は、化学的処理と生物学的処理とに分類される。化学的処理は鉄塩やアルミニウム塩などの凝集剤を排水に添加してリン酸イオンと結合させ、その結果、生成した不溶性の塩を沈澱除去する方法である。この方法では高率のリン除去が安定してなされるが、凝集剤に費用がかかることや、運転管理が難しいなどの欠点がある。そのために、最近では生物学的処理が注目されてきている。

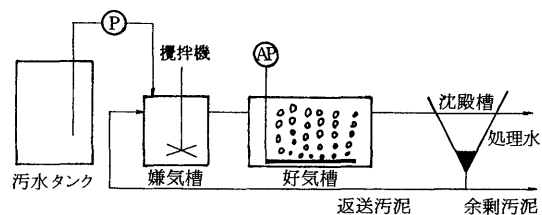
生物学的リン除去法とは活性汚泥を嫌気状態におくと、リンを放出し、その後、この汚泥を好気性状態にすると、嫌気状態で放出した以上のリンを摂取するという性質を利用して、リンを過剰摂取した汚泥を余剰汚泥として系外に排出する方法である。

本論文は生物学的リン除去法の処理能力とその実用性を考察することを目的に活性汚泥法の運転を種々に変えて嫌気・好気性領域を作り、それによる脱リン効果を実験室で確認したものである。

実験装置と実験方法

本研究で用いた実験装置を第1図に示す。この図に基づいて実験方法を以下に説明する。まず、容器300ℓの污水タンクに鳥取大学生活排水処理施設から採取した原水を入れ、約200ml/minの速度でポンプを用いて嫌気槽に送る。送られた原水は押し出し流れて好気槽、沈澱槽へと流れていく。沈澱槽に沈澱した汚泥は一日に1～2回の割合で引き抜き、その一部を嫌気槽に返送した。このシステムは污水の流れに従って嫌気状態・好気状態となっているので、今後、この方法を嫌気・好気法と呼ぶことにする。

対照実験として前部に嫌気工程を含まない標準法による実験を行い、この方法と嫌気・好気法との運転性能の比較を行った。標準法による運転においては、第1図の好気槽の前にある嫌気槽は污水タンクの一部とみなし、返送汚泥は好気槽へ送った。第1表に実験条件を示す。



第1図 実験装置のフローシート

第1表 実験条件 (1993)

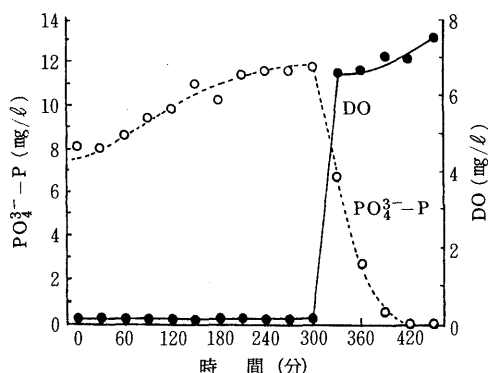
	標準法	嫌気・好気法
実験期間	9/28～10/22	10/23～11/12
流量 (ml/min)	200	200
滞留時間 (hr)		
嫌気槽	5.5	5.5
好気槽	11	11
MLSS (mg/ℓ)	2500～3500	2500～3500
水温 (℃)	14.0～23.6	13.1～19.7

水質試験として水温、溶存酸素 (DO)、pH、生物学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、全窒素 (T-N)、アンモニア体窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、亜硝酸体窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、全リン (T-P)、リン酸イオン ($\text{PO}_4\text{-P}$)、混合液の濃度 (MLSS) などの試験を行った。

実験結果と考察

1) リン酸イオンの取り込みと放出現象について

実験装置の曝気槽から活性汚濁を採取して、原水と混合し、この混合液を10ℓの円筒系タンクに入れ、溶存酸素と $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度を30分ごと測定した。 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度がほぼ一定になったら曝気を開始し、その後も $\text{PO}_4\text{-P}$ と溶存酸素濃度の変化を追跡した。その結果を第2図に示す。第2図から汚泥が嫌気状態にある試験開始から300分までは、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は増加していき、ほぼ300分後には一定になった。300分後に曝気を開始すると、槽内は好気状態になり、リン酸イオンは汚泥に取り込まれ、急激に汚泥中のリン酸イオンは低下する事が分かる。



第2図 リン酸イオンの取り込みおよび放出現象

2) 標準と嫌気・好気法による T-P の除去試験

標準法と嫌気・好気法による汚水処理模型実験の結果のうち、第3図に脱リン試験結果を示す。第3図において、T-Pの平均除去率は標準法で43.8%、嫌気・好気法74.0%であった。一般に標準活性汚泥法のT-P平均除去率は約40%と言われており、この実験でもほぼ同じ結果が得られた。しかし、除去率にはかなりのばらつきが見られる。例えば、嫌気・好気法における除去率は53.3%、標準法では17.7%~79.6%にあった。

最低値についてみれば、嫌気・好気法では53.5%、標準法では17.7%であったが、嫌気・好気法の法が、かなり高い除去率をしめしている。

標準法の場合、10月6日の脱リン率は79.6%とたかくなっている。これは9月30日にMLSSの高い大学処理施設の活性汚泥 (MLSS = 5,500ppm) を利用したこと

第2表 T-Pの処理成績

	原水	嫌気槽	好気槽	処理水	
標準法	T-P	7.1	7.4	3.8	4.0
	PO ₄ -P	5.9	6.4	3.5	3.3
嫌気・好気法	T-P	5.8	6.7	2.0	1.5
	PO ₄ -P	4.7	5.7	1.8	1.3

よると思われる。このように値が分散しているのは実験中の原水の水質や温度が変動していることに起因するものと考えられる。なお、処理水中の平均 T-P 濃度は標準法で4.0mg/l、嫌気・好気法で1.5mg/lであった(第2表)。

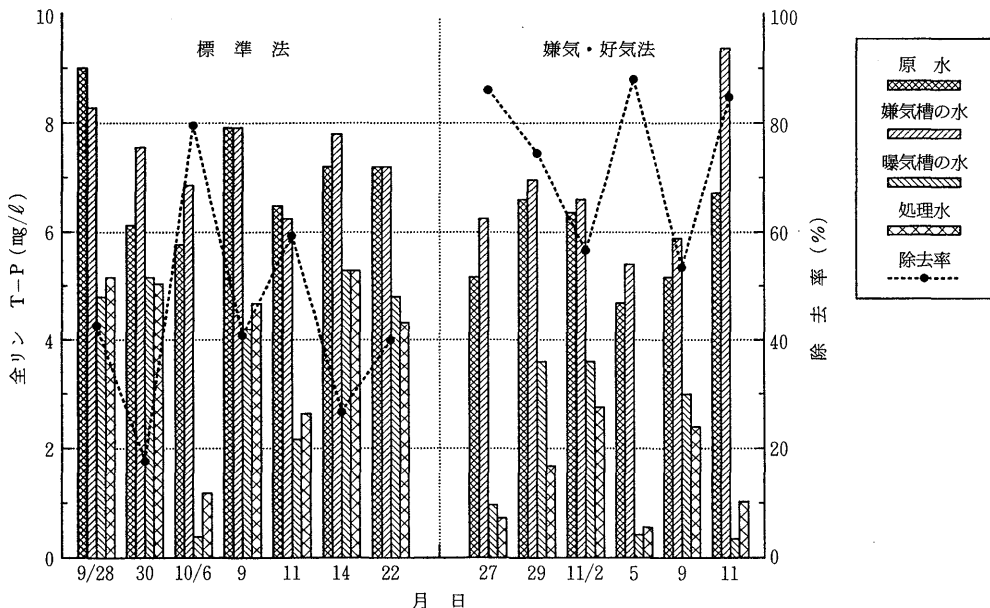
3) 処理工程中における COD とリン酸イオンの変化

(1) CODについて

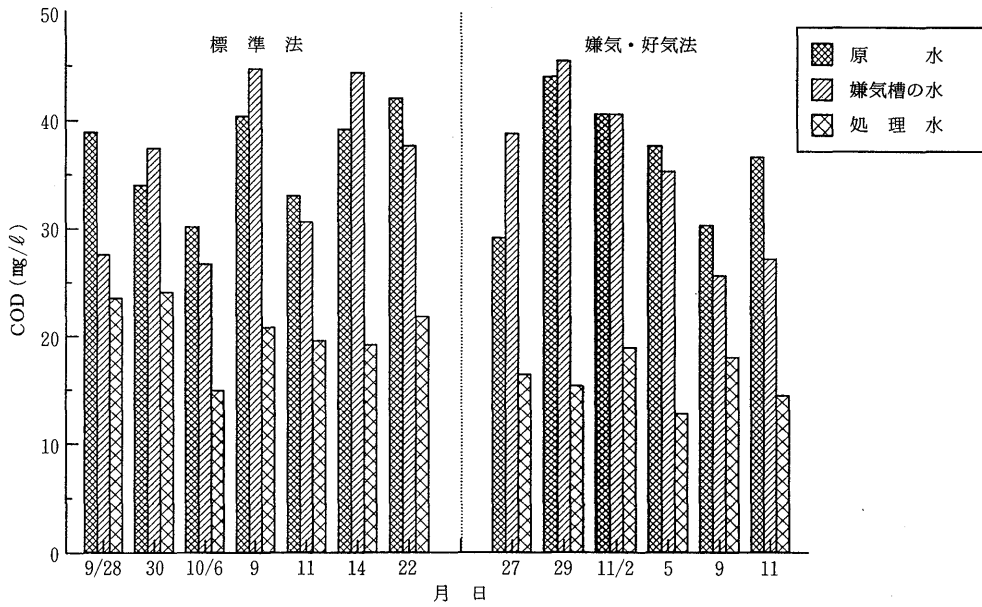
第4図に原水、嫌気槽の水及び処理水のCODの測定値を示す。この場合、原水よりも嫌気槽でCODが高くなる現象が13例中、5例に見られた。一般の下水処理場でも言える事であるが、原水が処理中の水よりも必ずしも汚れているとは限らない。その原因は原水の水質が時間的に変動することにあると思われる。

(2) リン酸イオンについて

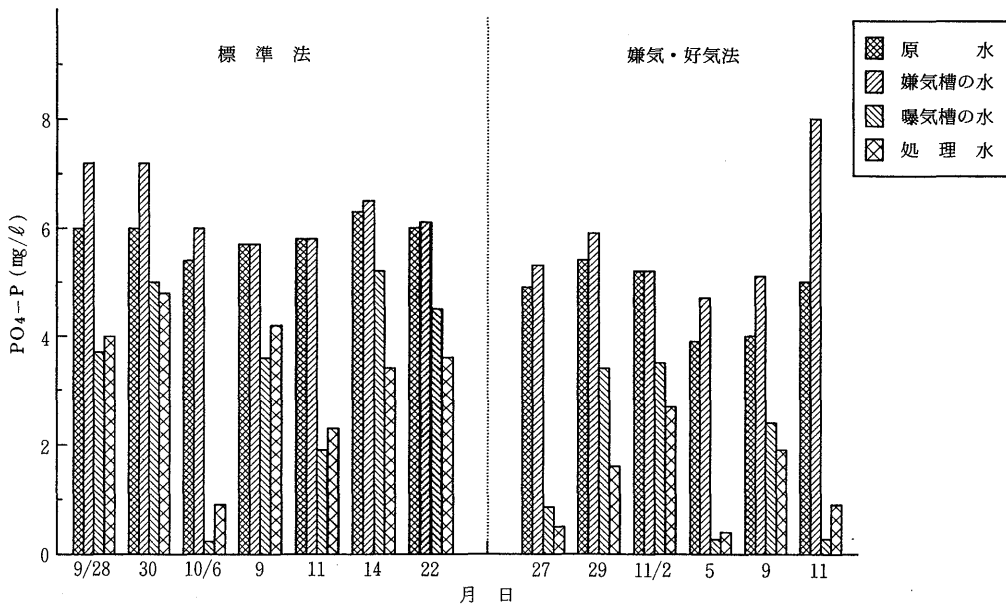
次にリン酸イオンについて考察するために、第5図にPO₄-Pの除去成績を示す。両運転法における全てのデータにおいて嫌気槽でPO₄-Pの増加がみられる。このリンの増加は前述のように嫌気状態下において活性汚泥からリン酸イオンが放出されたためである。次に各水槽ごとの水質を見ることにする。曝気槽の水と処理水(沈澱槽の上澄水)とを比較すると、13実験例中、8例が曝気槽のPO₄-Pのよりも処理水のそれの方が高くなっている。これは沈澱槽に沈澱した汚泥からリン酸イオンが放出されたことに起因すると思われる。即ち、沈澱した



第3図 リンの除去成績 (1993)



第4図 CODの処理成績 (1993)



第5図 PO₄-Pの処理成績 (1993)

汚泥が速やかに嫌気状態になって、リン酸イオンを溶出し、溶出したリン酸イオンが沈澱槽内に拡散したものと考えられる。したがって、処理水にPO₄-Pが含まれないようにするには、汚泥の引き抜きを頻繁に行い沈澱槽中の汚泥槽が嫌気状態にならないようにすることが大切である。

4) BOD, T-Nの除去

第6図にBOD, 第7図にT-Nについての実験結果を示す。以下、個々に検討することにする。

(1) BODについて

第6図において、両方も処理水のBODは放流水質基準20mg/lを十分に満足していた。

(2) T-Nについて

第7図において、両方法の窒素除去率はそれほど高くないことが分かる。すなわち、処理水中の窒素の平均値(第3表)は標準方で33mg/l、嫌気・好気法の場合、31mg/lであった。次に処理過程における窒素の形態変化を見ることにする(第8図~第9図)。原水に含まれる窒素は殆どが無機のアンモニア体窒素で、有機体窒素は全窒素の約10~30%を占めているにすぎない。また、原水に含まれる窒素の形態の割合も日によってかなり違うことが分かる。

嫌気槽でも無機体窒素の形態はほぼ100%アンモニア体窒素であった。これを好気条件下におくと、硝化菌の

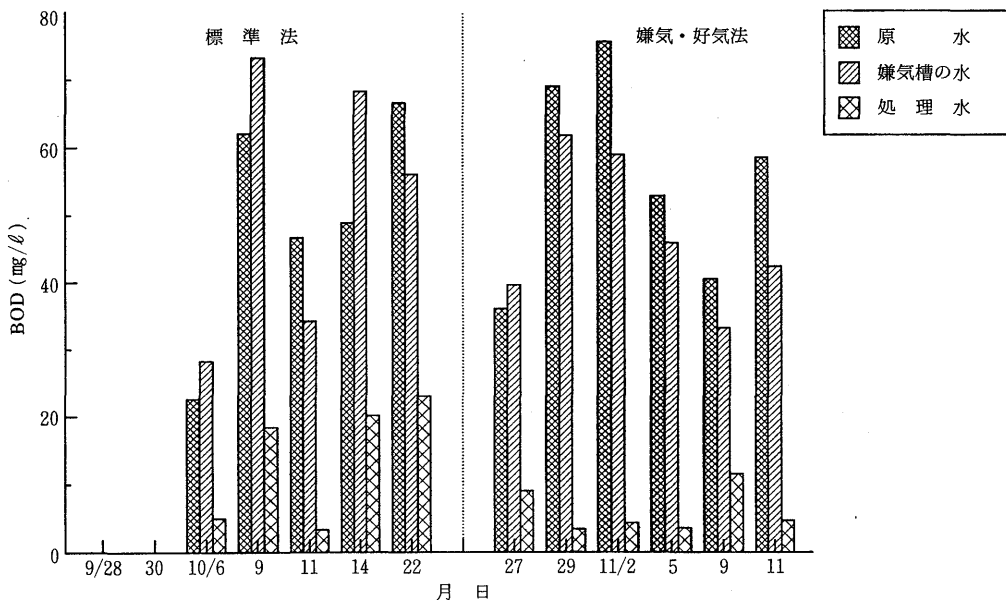
第3表 BOD, COD, T-Nの水質分析の結果(mg/l)

		標準法	嫌気・好気法
BOD	原水	49.3	55.4
	処理水	18.7	6.0
COD	原水	36.8	36.4
	処理水	20.5	16.0
T-N	原水	41.0	49.0
	処理水	33.0	31.0

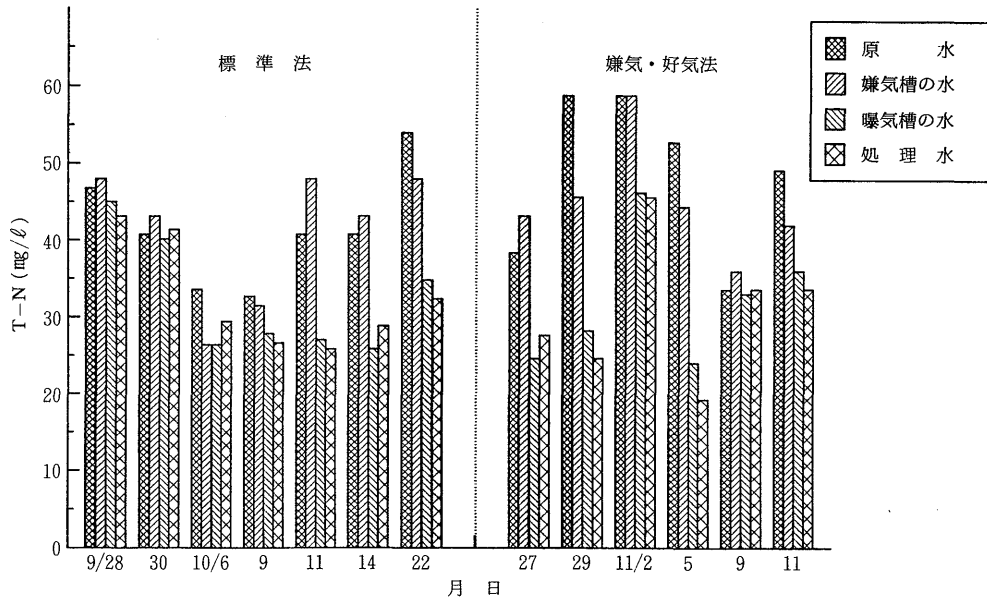
働きによって、アンモニア体窒素が減少し、逆に亜硝酸体窒素、硝酸体窒素が生成されている。その後、これを嫌気条件下におくと、硝酸は窒素ガスに変化し、大気に放出される。これが脱窒素現象である。

次にBODとT-Nの関係を見ると、BODの減少と共にT-Nも減少している。したがって、本実験での窒素の除去は脱窒素作用によるというよりも、BOD除去にともなって起こったものと思われる。

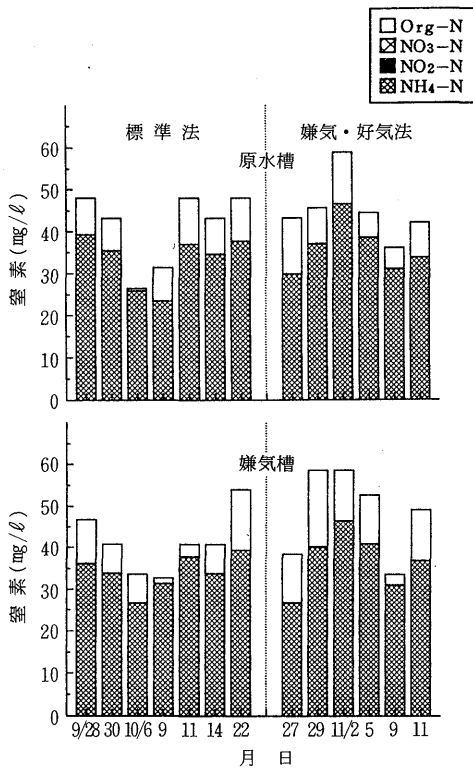
本実験装置では好気槽の後に嫌気槽を設置して、そこで脱窒を起こさせ、その後、再び好気槽を設置すれば窒素、リンの同時除去も可能であると思われる。今後、この点について研究したい。



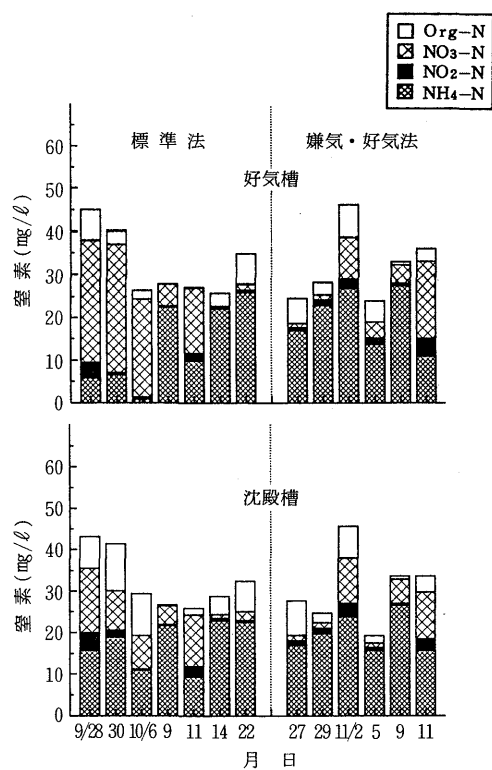
第6図 BODの処理成績(1993)



第7図 全窒素 T-Nの処理成績 (1993)



第8図 各槽における窒素の形態 (1993)



第9図 各槽における窒素の形態 (1993)

結 論

以上の事をまとめると次のようになる。

1. 処理水の平均全リン濃度は標準法で4.0mg/l, 嫌気・好気法で1.5mg/lであった。嫌気・好気法の処理水の平均水質は各県の上乗せ基準を満足していた。
2. 嫌気・好気法ではリン酸イオンの放出, 過剰摂取現象が見られ, これによって高いリン除去が得られた。
3. 沈澱槽ではリン酸イオンの溶出現象が見られる場合があった。
4. BOD, CODの除去率には両法の間には顕著な差が見られなかった。

引用文献

- 1) 古畑義正, 安斉純雄: 嫌気・好気法によるリンの除去, 用水と廃水 24 (10) 27-34 (1982)
- 2) 原 賢二: リン化合物, 集落排水 21 46-52 (1990)
- 3) 稲森愁平, 須藤隆一: 生物学的リン除去法の最近の動向, 用水と廃水 24 (10) 3-18 (1982)
- 4) 稲森愁平, 藤本尚志, 須藤隆一: 水界生態系に及ぼす影響から見た廃水処理における窒素, リンの同時除去の必要性, 用水と廃水 35 (1) 19-26 (1993)
- 5) 環境庁: 平成5年度環境白書
- 6) 西口 猛 編著: 農村集落排水のための汚水処理技術入門 (1985)
- 7) 総務庁行政観察局: 湖沼の環境保全の現状と問題点 (1991)

- 1) 古畑義正, 安斉純雄: 嫌気・好気法によるリンの除