特集・排水の窒素・リン処理施設の実施例と諸問題

排水からの窒素およびリン除去の意義

——特集にあたって——

須 藤 隆 一*

わが国における湖沼および内海などの閉鎖性水域は、各種の排水および山林や田畑からの流出水、底泥からの溶出によって富栄養化の進行が著しい。これは、とくに人口が集中している地域および観光地にある水域で顕著であり、霞ヶ浦、手賀沼、相模湖などのアオコ（水の華）、琵琶湖 瀬戸内海、三河湾などの赤潮は今日の大きな社会問題の一つになっている。

富栄養化とは、人為的な活動によって水中の栄養塩類（窒素およびリンなど）濃度が増加し、これを利用して光合成を行う藻類や水生植物（1次生産者）が異常に増殖する現象をいう。1次生産者の増大は、水中の有機物濃度が増加することであるから藻類などの代謝や分解のために、酸素欠乏、水質悪化、悪臭の発生、底質への腐泥の蓄積などが認められるようになり、水産業、水道、農業、工業などの水利用はもちろんのこと、景観にも多大の被害を被るようになる。

富栄養化を抑制するためには、1次生産者の増殖を制限している物質の濃度を低下させるより他に方法はない。あとで述べるように、1次生産者の増殖制限物質は、窒素およびリンと推定できるので、水域に対するこれら栄養塩類の負荷量を少なくする必要がある。富栄養化防止対策には、表1に示したように発生源対策、水域内対策、対症療法的対策の三つがあるが、発生源対策が最も効果的である。発生源対策のなかで、流域内の各種排水の窒素およびリン除去が富栄養化防止対策の決め手になることはいうまでもない。

わが国の湖沼のうち、約60%の湖沼が主として富栄養化の進行のために環境基準(COD)が不適合であるという背景のもとで、環境庁は湖沼の窒素およびリンに係る環境基準および排水基準を設定させるとともに湖沼水質保全特別措置法を制定した。図-1は、湖沼に係る窒素およびリンの排水基準の基本的な考え方を示し

たものである。排水基準は、窒素120mg/ℓ（日間平均60mg/ℓ）、リン16mg/ℓ（日間平均8mg/ℓ）という高い数値であるから、特定の業種以外は窒素・リン除去を実施しなくても排水基準を満足してしまう。これは水質汚濁防止法に基づいた国の一律基準としては止むを得ないであろう。国の一律基準に先立ち、琵琶湖および霞ヶ浦では条例に基づいて窒素およびリンの排水基準が定められており、これは上乗せ基準になる。重要湖沼については順次上乗せ基準が設定されるであろう。

一方、内海・内湾についても富栄養化防止の立場から、リンおよび窒素に係る水質目標や排水規制の検討が続けられているが、湖沼のように水利用との関係が明快でないので、規制行政の中に取り込まれるまでには、まだ時間を要するようである。

しかしながら、いずれにしても湖沼および内海・内湾に負荷される窒素・リンを削減する必要があることには変りはない。水域の特性にもよるが、排水中の窒素は5～10mg/ℓ以下、リンは0.5～1.0mg/ℓ以下であることが望ましく、BODやSSと同様に徐々に要求

表1 富栄養化防止対策

A：発生源対策	
①	排水の高度処理…窒素・リンの除去
②	流入排水の流路変更
③	集水域の土地利用形態の変更
④	流入河川水などの処理
⑤	リンを含む合成洗剤の使用禁止
B：水域内対策	
①	水中の栄養塩類の除去
②	底泥の浚渫および封じ込め
③	富栄養化した水の希釈、洗い流し
④	藻類、水生植物の収穫
C：対症療法的対策	
①	殺藻剤、除草剤による処理
②	人工的な曝気、循環

* 国立公害研究所陸水環境室長
Ryuichi SUDOH

(対象水域)

(背景)

○相当数の湖沼で富栄養化による問題が発生し(58年度までの報告数は148湖沼), その他の湖沼でも問題発生のおそれがある。

○湖沼の富栄養化の要因物質は, 基本的に窒素及びリンである。

一定の富栄養化しやすい湖沼につき, 富栄養化の未然防止の観点も含め, 窒素及びリンの抑制を図ることが必要。

(対策)

工場・事業場→水質汚濁防止法に基づく排水規制
(特定事業場)

① 排水基準(一律基準)……一般家庭汚水と同程度のレベルに設定。

窒素 120mg/ℓ (日間平均60mg/ℓ)

リン 16mg/ℓ (日間平均 8mg/ℓ)

○直ちに対応が困難な業種等については, 経過措置として5年間の暫定基準を設定。

② 上乗せ排水基準

環境基準のあてはめを行い, 適切に設定すること。

—その他の発生原因に係る対策の推進

{ 湖沼に係る窒素及びリンの発生原因は多岐にわたるため, 富栄養化防止対策の総合的推進が必要. }

図-1 湖沼に係る窒素及びリンの排水規制の考え方

される処理水質が厳しくなることが予想される。

藻類の異常増殖を刺激する窒素およびリン濃度は, それぞれ0.2~0.5mg/ℓ 0.02~0.03mg/ℓ 程度であるといわれているのに対して, 各種排水中には一般に100~1,000 倍の窒素およびリンが含まれている。AGP(藻類生産の潜在能力)の測定結果によれば, 排水のAGPは放流水域

の100倍以上を示すことが多い¹⁾ また排水の脱窒・脱リン処理を行えばAGPは著しく低下することが知られている。この結果は, 富栄養化防止には, 窒素およびリンの除去が不可欠であることを示唆するものである。表2は, AGP法によって, 湖沼におけ藻類増殖の制限要因を調べた結果である²⁾ 本表より, 琵琶湖

表2 湖沼における藻類増殖の制限要因

	測定回数	N	P	N + P	Fe
霞ヶ浦	17	15	0	1	1
琵琶湖	7	1	5	1	0
湯の湖	6	6	0	0	0

供試藻類: *Selenastrum capricornutum*
および *Microcystis aeruginosa*

前処理: 加熱分解法

ではリン、霞ヶ浦および湯の湖では窒素が制限要因になっていることがわかる。また表には示していないが、内海・内湾ではリンが制限要因になっていることが多い。このように、窒素あるいはリンまたは両者が同時に制限要因になることが多いので、排水中のリンあるいは窒素一方の除去のみでは富栄養化防止対策としては不十分である。窒素を固定する微生物が存在するので窒素除去は無意味であるという意見もあるが、窒素固定微生物が優占的になることはほとんどないこと、窒素は炭素を除けば最も多量に定常的に必要な元素であることなどを考えれば、窒素とリンを一体として削減する方向が望まれる。

これからの排水処理は脱窒・脱リンに限らず、低コスト化、省エネ化、省資源化、簡易化が望まれている。

生物処理プロセスの中で、BOD、窒素、リンを同時に除去する技術の開発も続けられており、近い将来には莫大な費用を投じることなく、窒素およびリンの除去が可能になるであろう。都市下水をはじめ多くの業種について規模別に窒素およびリンの処理技術を確立する必要がある。たとえば現在までの技術では硝酸を多量に含む排水、硝化が阻害される排水などでは効果的な処理は難しい。窒素・リンともに処理技術が完成したとはいいがたく、今後基礎的にも技術的にも検討しなくてはならない問題は数多く残されている。

このように閉鎖水域の富栄養化防止対策が焦眉の急を要す課題として取り上げられているときに、本誌「環境技術」が、「排水の窒素およびリン除去」を特集することはまことに時機を得たもので、脱窒・脱リンの技術の発展と普及の契機となることを願うものである。

引用文献

- 1) 須藤隆一, 稲森悠平: 下水からの窒素およびリン除去の意義と処理技術の動向. 下水道協会誌, 20(7), 1 (1983)
- 2) 須藤隆一: 富栄養化とその防止対策, 都市環境工学, 12(2), 31 (1980)