

浄化センターの処理水による 海洋水産資源への栄養塩類供給の取組

北野 耕平

静岡市 上下水道局 下水道部 下水道施設課（〒422-8046 静岡県静岡市駿河区中島1711-1）

静岡市を流れる安倍川の左岸河口近くにある中島浄化センターでは、下水をできる限りきれいに処理し、安倍川を経由して駿河湾へ放流している。しかし、近年では、「きれいな海」から「豊かな海」への転換が求められていることから、中島浄化センターでも栄養塩類を多く排出するための運転方法の検討を行った。検討と実証実験を重ねた結果、栄養塩類のひとつであるアンモニア性窒素を、今までより多く駿河湾に供給することができ、また運転経費の削減や環境負荷の低減、さらには水循環基本法に規定されている「健全な水循環」に加え「栄養塩類の循環」への寄与において、有効な運転方法を導入することとなったため報告する。

キーワード 下水処理場、栄養塩類、硝化抑制、省エネ、駿河湾

1. はじめに

1970年の第64回国会（いわゆる公害国会）において、下水道法に「公共用水域の水質保全」が規定されて以降、重点的な下水道の整備等が進められてきた結果、海域における栄養塩類（窒素やりん）の環境基準達成率は上昇傾向にある。

その一方で、近年、海がきれいになり過ぎた結果、水中の栄養塩類が不足することによって、植物プランクトンが減少する状態となっている。これに伴い、植物プランクトンを捕食する動物プランクトン、それらを捕食する魚類も減少している。このように、「きれいな海」になり過ぎると、生物が生育しにくくなり、地域によっては近年の水揚量減少の要因の一つとされている。

静岡市が面する駿河湾においても、水揚量の減少傾向が確認されている。2023年に本市の水産振興課が策定した第2次静岡市しずまえ振興計画によると、桜えびについては2018年以降、しらすについては2017年以降、水揚量が減少傾向にある。当然ながら、この原因のすべてが海域における栄養塩類の減少に由来するものではないが、栄養塩類の減少が何らかの影響を与えている可能性は否定できない。

こうした背景を踏まえ、生物多様性の確保や水産資源の持続的な利用の観点から、本市では様々な対策を行ってきており、下水道部としても、何らかの取組が求められた。

2. 栄養塩類供給運転について

近年、一部の自治体において、近隣海域の水質環境基準の達成に影響しないことを前提に、下水処理場から放流する栄養塩類の濃度を適度に増加させることで、海域で不足している栄養塩類を供給する取組が進められている。一部の自治体が先行して栄養塩類供給運転を開始したことを受けて、2023年に国土交通省は、栄養塩類の能動的運転管理の効果的な実施に向けたガイドライン（案）（以下、「ガイドライン」という。）を策定した。ガイドラインには、栄養塩類供給運転を実施している自治体にアンケート調査を行った結果が取りまとめられており、栄養塩類を効果的かつ安定的に排出するための方法が詳細に記載されている。

本検討では、ガイドラインに記載されている栄養塩類増加手法を参考にし、中島浄化センターにおいて、排水基準に適合したうえで、駿河湾により多くの栄養塩類を排出できる運転方法の確立を目指した。中島浄化センターの概要を表-1に示す。

表-1 中島浄化センターの概要

供用開始	1985年10月
下水排除方式	分流式
水処理方式	標準活性汚泥法
日平均計画汚水量	74,500 m ³ /日

3. 栄養塩類供給運転の導入

(1) 栄養塩類増加手法の選定

栄養塩類供給運転の導入に際しては、既存施設の改修や新設を行わないこと、従来の水処理方法よりも水処理に要する費用を増加させないことを前提に運転方法を選定した。

ガイドラインに記載されている栄養塩類増加手法を確認したところ、アンモニア性窒素（以下、「 $\text{NH}_4\text{-N}$ 」という。）を増加させる運転（硝化抑制運転）については、既存施設の改修や新設を行うことなく、運転方法を変更するだけで導入可能であることが分かった。

(2) 中島浄化センターで導入した栄養塩類増加手法

下水処理場では、下水中に含まれる様々な汚れ成分を処理している。本検討で増加させる $\text{NH}_4\text{-N}$ は、反応タンクと呼ばれる槽で下水と微生物を混合し、そこに送風機を使用して空気を送り込むことによって処理している。下水処理場に流入する下水の汚れ具合は時間帯によって変動するため、下水の汚れ具合にあわせて送風機の運転台数を変更している。中島浄化センターでは、大型の送風機2台を常時運転させようと、下水の汚れ具合が上昇したときに小型の送風機を1台又は2台追加で運転させている。本検討では、中島浄化センターに流入する下水の汚れ具合が上昇したときに、従来の運転方法と比較して小型の送風機の運転台数を減らすことにより、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の処理を抑制し、処理水に含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度を増加させることを目指した。

なお、流入する下水の汚れ具合が高すぎるときに、小型の送風機の運転台数を減らす検討を行うと、処理水の水質が不安定になり、排水基準を超過する可能性がある。よって、本検討では、中程度の汚れ具合の下水（流入する下水の全有機炭素量（TOC：試料中に有機物の形で存在する炭素の量）が100mg/L以上200mg/L以下の範囲の下水）が流入したときのみ検討を行うこととした。

4. 栄養塩類供給運転の導入効果

(1) $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度変化

表-2に栄養塩類供給運転を導入する前後の処理水の水質試験結果を示す。栄養塩類供給運転を導入することにより、処理水に含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度は、導入前の1.8mg/Lから12mg/Lまで増加した。

なお、栄養塩類供給運転の導入により不安定になることが知られている生物化学的酸素要求量（BOD：試料中の有機物が微生物により分解されるときに消費される酸素の量）及び大腸菌数については、導入前後で大きな変化は見られず、導入後も排水基準値を満たせることが確

認できた。

(2) $\text{NH}_4\text{-N}$ の供給量変化

表-3に栄養塩類供給運転を導入する前後の $\text{NH}_4\text{-N}$ の供給量を示す。栄養塩類供給運転を導入することにより、処理水に含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ の供給量は、導入前の15トン/年から98トン/年まで増加可能であることが分かった。

(3) 電気料金の削減額

栄養塩類供給運転の導入に伴い、小型の送風機の運転台数を減らすことができるため、電気料金の削減が可能となる。過去の運転記録をもとに、栄養塩類供給運転を通年で採用した場合の電気料金の削減額を計算した結果、最大で765万円削減可能であることが分かった。

(4) 近隣海域の水質

栄養塩類供給運転の導入に伴い、処理水の水質は不安定なものとなりやすく、近隣海域の水質等に大きく影響する可能性がある。こうした背景を踏まえ、中島浄化センター周辺海域の水質を調査した結果、近隣海域の水質は、栄養塩類供給運転の導入前後で大きな変化は見られず、導入後も水質環境基準値を満たせることが確認できた。

5. まとめ

中島浄化センターに流入する下水の汚れ具合が上昇したときに、小型の送風機の運転台数を減らすことにより、処理水に含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度を増加させる運転方法の確立に成功した。また、副次的な効果として、電気料金を削減可能であることが分かった。

2025年度は、中島浄化センターにおいて栄養塩類供給運転を導入したが、今後は、他の下水処理場においても栄養塩類供給運転を導入し、本市が面する駿河湾における生物多様性の確保や水産資源の持続的な利用に貢献したい。

表-2 栄養塩類供給運転の導入前後の処理水質

	導入前	導入後
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L)	1.8	12
BOD (mg/L)	1.9	2.2
大腸菌数 (CFU/mL)	30未満	30未満

表-3 栄養塩類供給運転の導入前後の $\text{NH}_4\text{-N}$ 供給量

	導入前	導入後
$\text{NH}_4\text{-N}$ 供給量(トン/年)	15	98