

1. はじめに

公共用水域の富栄養化対策のため、排水の窒素及びリンに関する規制が強化されつつある。これにともない、各処理施設では窒素及びリンの除去を目的とした処理法への転換が必要とされてくる。特に、窒素除去においては、硝化液循環法が経済的であると言われているが、この処理方法には以下のような問題点がある。

- ・硝化反応を完全に行わせるためには、滞留時間が標準活性汚泥法の約2倍必要となる
- ・低水温期（冬季）に硝化反応が低下する

これらの問題点は、MLSSを現状の約2倍に保った運転を行うことでほぼ解決できるが、これにともなって最終沈殿池の負荷が高くなるという問題点が生じてくる。

スポンジキューブ投入高濃度活性汚泥法は、最終沈殿池の負荷を高めることなく、エアレーションタンク内MLSSを高濃度に保持することができる。よって、エアレーションタンクや最終沈殿池の拡張を行わずに硝化液循環法への転換が可能となる。

2. スポンジキューブ投入高濃度活性汚泥法の概要

スポンジキューブ投入高濃度活性汚泥法（以下、スポンジ投入法という）は、微生物固定化担体としてスポンジキューブ（15mm×12mm×12mm）を10%ないし30%（容積比）エアレーションタンクに投入する方法であり、ドイツのリンデ社より技術導入したものである（写真. 1、写真. 2 参照）。このスポンジキューブに固定化される汚泥量は、一般的には、10～20g/個・スポンジである。

スポンジ投入法を適用した場合のエアレーションタンク内全MLSSの計算例を以下に示す。

例	MLSS（浮遊性汚泥）	： 2000mg/ℓ
	固定化汚泥量	： 10 g/個・スポンジ
	スポンジキューブ投入率	： 30%
	全MLSS	= $2000 \times (1 - 0.3) + 10000 \times 0.3$
		= 4400mg/ℓ

この例のように、エアレーションタンク内の全MLSSは約2倍になるが、スポンジキューブは、エアレーションタンク内のみで滞留するので、最終沈殿池の負荷を高めることにはならない。よって、エアレーションタンクや最終沈殿池の拡張を行わずに硝化液循環法への転換が可能となる。

また、スポンジキューブに固定化された汚泥は常にエアレーションタンク内に滞留しているため、SRTが長くなり、硝化菌のような増殖速度の遅い微生物を多量に保持することが可能となる。このことは、低水温期の硝

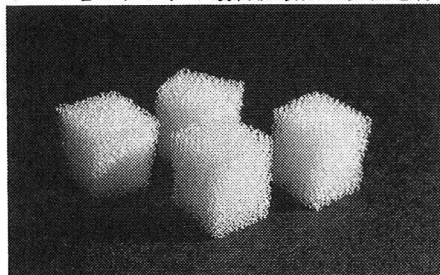


写真. 1 スポンジキューブ

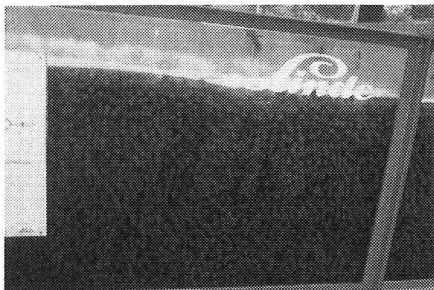


写真. 2 スポンジキューブの流動状況

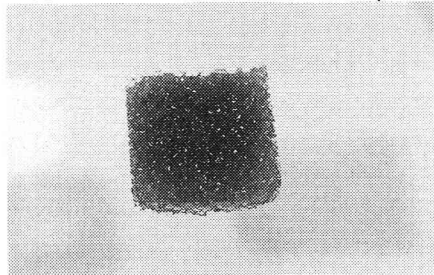


写真. 3 スポンジキューブ内部での汚泥の固定化状況

化反応の低下を補い、冬季での窒素除去の安定化を図ることができる。そのうえ、スポンジキューブ内は無酸素の状態を作りやすく、脱窒反応が生じやすいと考えられ、この点についても、処理の効率化につながる。

3. バイロットプラント実験

3.1 実験装置及び実験方法

実験では、スポンジ投入法及び標準法（浮遊性汚泥のみによる運転）の硝化液循環法を同一条件下で運転した。実験装置は、脱窒槽 0.6m³、硝化槽 0.6m³、沈殿池 0.5m³のものを使用し、横須賀市上町浄化センターの初沈流出水（年間平均のBOD=97mg/ℓ、T-N=22mg/ℓ）を原水として3.6m³/日流入させた。よって、流入水ベースの滞留時間は8時間となる。また、いずれの運転方法においても、浮遊性汚泥のMLSSは1,500~2,000mg/ℓになるように運転した。

3.2 実験結果及び考察

(1) 汚泥の固定化状況

スポンジキューブ内部での汚泥の固定化状況を写真3に示す。汚泥は、スポンジキューブの中心部から円弧状に固定化されており、その外周部は混合液で満たされていた。

(2) 固定化汚泥量

運転開始から約250日間におけるスポンジキューブ固定化汚泥量の推移を図1に示す。固定化汚泥量は6~10g/ℓ・スポンジの範囲で推移した。図2は、スポンジ投入法における浮遊性汚泥量とスポンジキューブ固定化汚泥量を考慮した全MLSS量の推移である。浮遊性汚泥量は、1,500~2,000mg/ℓであるのに対し、全MLSS量は、3,000~4,000mg/ℓと約2倍の値を示しており、スポンジキューブ投入により、MLSSの高濃度化が図られている。

(3) 処理能力比較

水温が10~15℃の範囲における処理結果（T-N）を図3に示す。平均値でみると、原水のT-Nが約30mg/ℓに対し、標準法の処理水は約15mg/ℓ、スポンジ投入法の処理水は約8mg/ℓであった。循環水量比が2における計算上のT-N除去率は66.7%であるが、実験結果から求めたT-N除去率は、スポンジ投入法で約70%、標準法では約50%であり、標準法のT-N除去率が低下している。図4は各槽内における窒素濃度の変化を示しているが、脱窒槽内のNH₄-Nに着目すると、スポンジ投入法においては、硝化液の循環によって希釈された濃度にほぼ近似

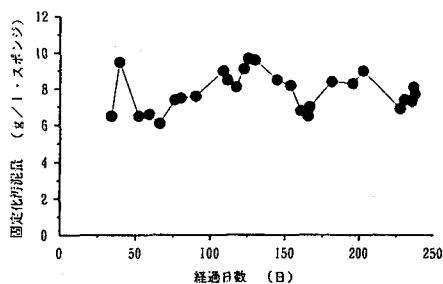


図1 固定化汚泥量の推移

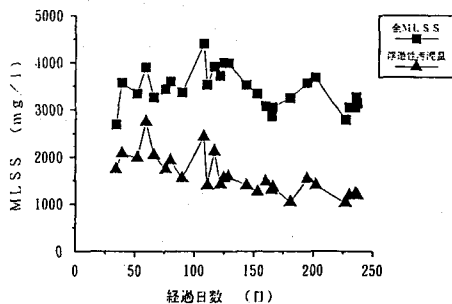


図2 浮遊性汚泥量及び全MLSS量の推移

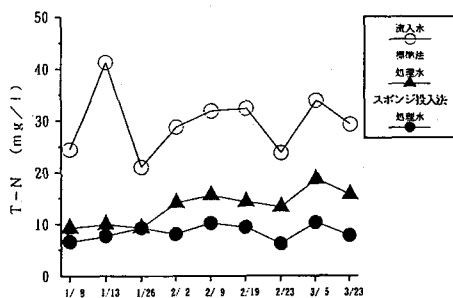


図3 通常負荷条件での処理結果（T-N）

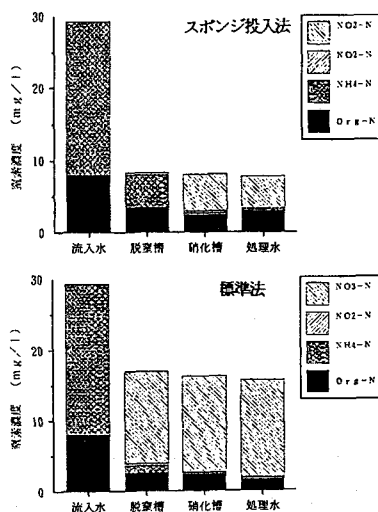


図4 各槽における窒素濃度の変化（代表例）

しているが、標準法では、 $1\text{mg}/\text{L}$ 以下になっており、脱窒槽内における脱窒反応が不完全であり、代わりに硝化反応が進行していたと考えられる。このことは、脱窒槽内におけるORPの値からも裏付けられ、スポンジ投入法ではORPがほぼ -100mV 以下を維持しているのに対し、標準法においては、 0mV 程度であった（図. 5 参照）。スポンジ投入法においては、スポンジキューブに固定化された汚泥により、MLSSが約2倍に増加するため、脱窒槽内で無酸素状態を形成しやすく、脱窒反応を良好に進行させる効果が現れたと考えられる。

（4）脱窒速度及び硝化速度

スポンジ投入法におけるスポンジキューブ固定化汚泥と浮遊性汚泥及び標準法の汚泥において、脱窒能力及び硝化能力の相違を確認するために、バッチ試験により脱窒速度・硝化速度を測定した。試験結果を図. 6に示す。脱窒速度及び硝化速度のいずれにおいても、スポンジ投入法の浮遊性汚泥と標準法の汚泥では、ほぼ同様な値を示している。しかし、固定化汚泥では、浮遊性汚泥に対して約1.5倍の値を示した。

4. スポンジ投入法及び標準法での必要容量比較

スポンジ投入法及び標準法で硝化液循環法を運転する場合に必要な槽容量の計算例を図. 7に示す。計算によって求められた容量の比較から、スポンジ投入法を用いることによって、標準活性汚泥法で設計されている一般的な下水処理場においても、エアレーションタンクや最終沈殿池の拡張を行わずに硝化液循環法への転換が可能であると考えられる。

5. まとめ

- ①運転開始から約250日間のスポンジキューブ固定化汚泥量は $6\sim 10\text{g}/\text{L}\cdot\text{スポンジ}$ であり、また、スポンジキューブ固定化汚泥量を考慮した全MLSS量は、浮遊性汚泥量の約2倍となった。
- ②スポンジキューブ固定化汚泥は、浮遊性汚泥及び標準法の汚泥の約1.5倍の硝化・脱窒速度を示した。
- ③標準活性汚泥法の運転方法（滞留時間が8時間、MLSSが $1500\sim 2000\text{mg}/\text{L}$ ）に準じて硝化液循環法を運転した場合、標準法においては処理水のT-Nが約 $15\text{mg}/\text{L}$ と目標水質（ $\text{T-N} = 10\text{mg}/\text{L}$ 以下）をクリアすることはできなかったが、スポンジ投入法においては処理水のT-Nが約 $8\text{mg}/\text{L}$ であり、低水温期においても安定して目標水質をクリアしていた。

本実験を行うにあたり、御協力頂きました横須賀市の皆様にお礼申し上げます。

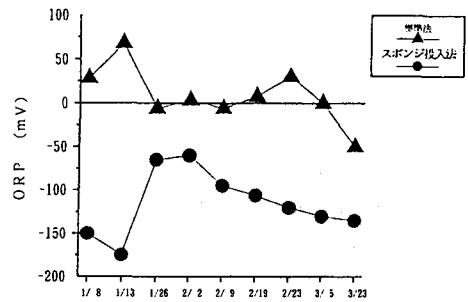


図. 5 脱窒槽内におけるORPの推移

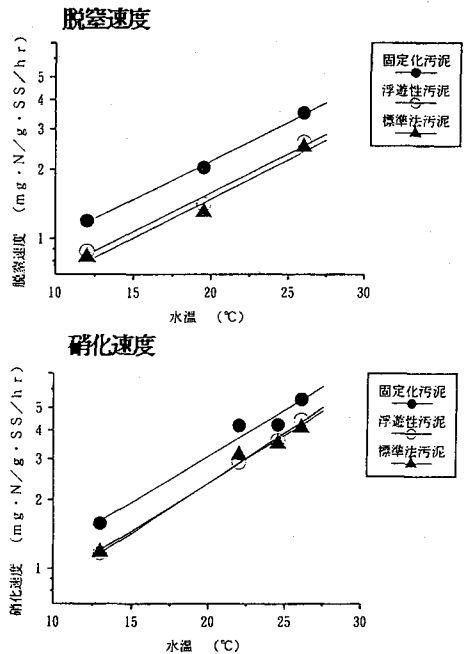


図. 6 脱窒速度及び硝化速度

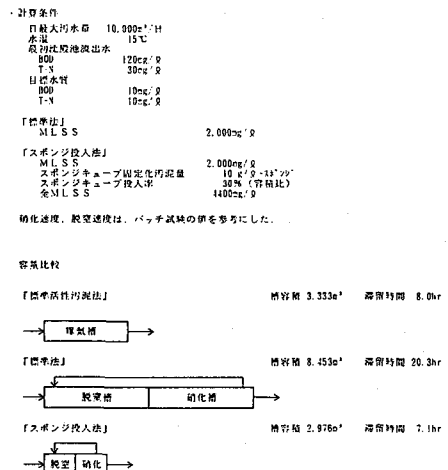


図. 7 必要槽容量の計算例