

高度処理における反応槽隔壁開口部の影響と改善による効率化

(財) 愛知水と緑の公社 ○ 藁科亮
丸山司

1. はじめに

衣浦西部浄化センターのステップ流入2段硝化脱窒法の反応槽においては隔壁上部に開口があった。エアリフト効果による下流の硝化槽から上流の脱窒槽への逆流が起こっていることが目視で確認されていた。この影響と思われる問題としては、槽内の反応状況が水質試験データから正確に把握できないことであった。そのため運転管理に苦慮していた。これを解消するための隔壁の改良を行い、その効果を確認するための調査を行った。

2. 調査方法

反応槽隔壁上部の開口の影響で逆流が起き槽間で相互混合が起きていることを確認するために、隔壁改良の前後でトレーサー試験による槽列モデルおよび逆流量の推定を行った。

(1) 施設概要

当該反応槽は図-1に示す通り、ステップ流入2段硝化脱窒法で容積は上流から370m³、1470m³、1160m³、1910m³である。流入量316m³/hr、ステップ比50:50、返送率65%の状態ですべて調査した。

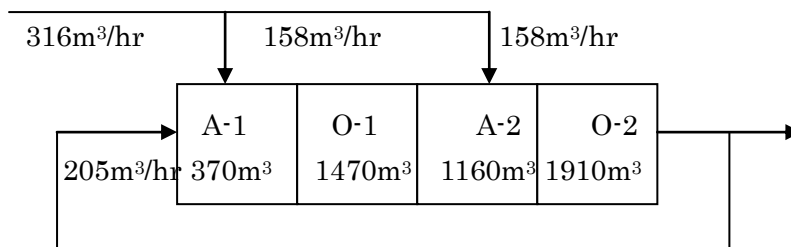


図-1 反応槽の概況

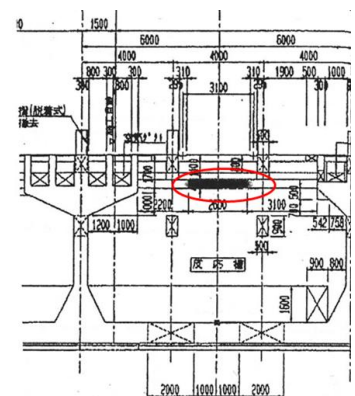


図-2 反応槽隔壁図面

(2) 反応槽隔壁

当該反応槽の隔壁は図-2に示す通り、断面積65.5m²で下部に長方形の1.44m²（開口率2.2%）の開口がある。また、上部中央には0.47m²（開口率0.7%）の開口がある。本調査では逆流の原因と思われた上部開口を遮断する改良を行った。

(3) 試験方法

1段硝化槽（O-1）のリチウム濃度が3mg/Lとなるように塩化リチウムをO-1に瞬時に添加し、各槽で経時的に採水しリチウム濃度を測定した。

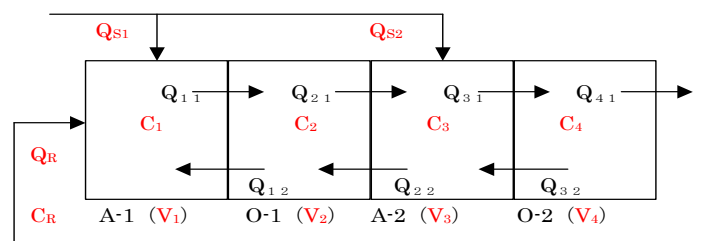


図-3 リチウム収支の模式図

逆流量の計算は図-3の模式図も用い、トレーサーであるリチウムの収支式に基づいた。各槽のリチウム濃度に初期値を与え、各槽の収支式である4式の連立微分関数方程式を解くことにより各時間帯におけるリチウム濃度の理論値を得た。ここで逆流量 Q_{12} 、 Q_{22} 、 Q_{32} を変数とし、各時間帯におけるリチウム濃度の理論値と測定値の差の2乗が最小になるときの Q_{12} 、 Q_{22} 、 Q_{32} を求め、これらの値を逆流量と推定した。

3. 試験結果及び考察

各槽のリチウム濃度の測定値の経時変化を図-4、図-5に示す。

(1) 隔壁改良前の混合特性

O-1に投入されたリチウムが投入直後からA-1に検出されており、O-1からA-1への逆流が認められる。A-1ではピーク値を示した後、O-1の濃度の低下に呼応して減少している。また、投入槽であるO-1は槽列モデルにおける完全混合槽に類似した濃度変化を示しており、O-1だけに注目すれば完全混合槽に近い混合特性であることが認められる(死水域がない)。また、後続の槽であるA-2及びO-2におけるピーク時間はA-1が無いものと考えたときの t/T (理論滞留時間に対する比率) のそれぞれ、約0.2、約0.5となり、槽列モデルにおける $N < 2$ (槽数2)、 $N = 2$ (槽数3) に相当し、実槽数より少ない槽列となっていることからこれらの槽においても逆流による相互混合の存在が示唆された。

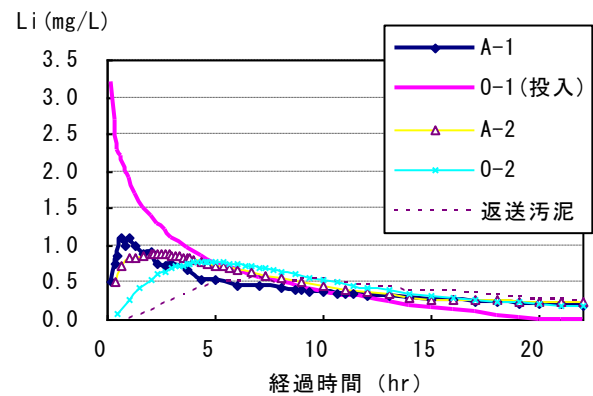


図-4 各槽におけるリチウム濃度 (隔壁改良前)

(2) 隔壁改良前の逆流量

表-1に示す通り逆流量はO-1→A-1が $345\text{m}^3/\text{hr}$ 、A-2→O-1が $295\text{m}^3/\text{hr}$ 、O-2→A-2が $711\text{m}^3/\text{hr}$ と推定された。このことから、A-1及びA-2それぞれの理論滞留時間の間にO-1からA-1への逆流量はA-1容積の1.01倍、O-2からA-2への逆流量はA-2容積の1.52倍にもなる。さらにA-2からO-1への逆流量も考慮すれば、槽列モデルの結果が $N = 2$ もしくは2未満であったことは妥当な推定であるといえる。

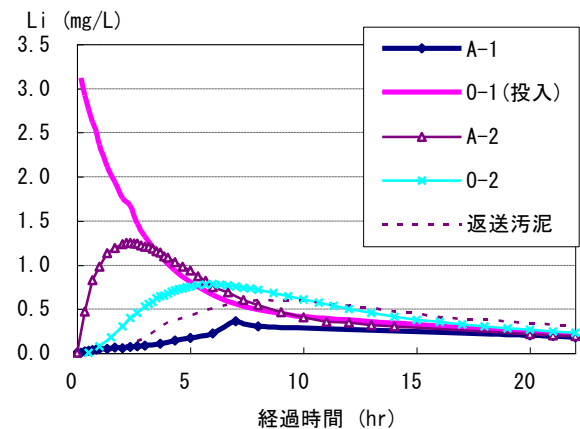


図-5 各槽におけるリチウム濃度 (隔壁改良後)

(3) 隔壁改良後の混合特性

O-1に投入したリチウムは投入直後ではA-1ではほとんど検出されていない。時間が経過するにつれわずかながら増加している程度である。投入槽であるO-1は槽列モデルにおける完全混合槽に類似した濃度変化を示しており、O-1だけを注目すれば完全混合槽に近い混合特性であることが示された。また、後槽であるA-2及びO-2におけるピーク時間は t/T のそれぞれ約0.25、約0.6となり槽列モデルにおける $N < 2$ (槽数2)、 $N = 3$ (槽数3) に相当し、改良前と比較してより実槽数に近い槽列となっていることから逆流による相

表-1 推定流量算出結果

	改良前	改良後
初期値	3.2mg/L	3.1mg/L
A-1流下	$687\text{m}^3/\text{hr}$	$352\text{m}^3/\text{hr}$
O-1流下	$637\text{m}^3/\text{hr}$	$477\text{m}^3/\text{hr}$
A-2流下	$1177\text{m}^3/\text{hr}$	$473\text{m}^3/\text{hr}$
O-2流下	$467\text{m}^3/\text{hr}$	$472\text{m}^3/\text{hr}$
O-1逆流	$345\text{m}^3/\text{hr}$	$6.5\text{m}^3/\text{hr}$
A-2逆流	$295\text{m}^3/\text{hr}$	$132\text{m}^3/\text{hr}$
O-2逆流	$711\text{m}^3/\text{hr}$	$0.8\text{m}^3/\text{hr}$
誤差の2乗	0.2608	0.2605

互混合がかなり少なくなったといえる。

(4) 隔壁改良後の逆流量

O-1 から A-1 への逆流量は $6.5\text{m}^3/\text{hr}$ 、O-2 から A-2 へは $0.8\text{m}^3/\text{hr}$ と改良前と比較して逆流がほとんど発生していないことを示す結果となった。上部開口を遮断する改良をしたことで、下部開口での速度勾配に逆らって逆流する比率が非常に少ないといえる。したがって、槽列モデルの結果が改良前と比較してより実槽数に近い槽列となったという推定は妥当であるといえる。

(5) 活性汚泥モデルへの適用

隔壁改良前に当該反応槽において活性汚泥モデル適用の調査も行っていた。そこで、今回の調査で求めた逆流をモデルへ考慮に入れると考慮しない場合と比べ、モデルによる水質の予測値（計算値）と実測値の差が小さくなった。このことから、ステップ流入2段硝化脱窒法のような高度処理の実施設を対象とする活性汚泥モデル適用は、反応槽の混合特性を把握し、モデルに組み込むことが重要であることが示唆された。

(6) 改善による効果

上述の通り隔壁改良により逆流がほとんどなくなったため、相互混合もなくなった。そのため、図-6、図-7 の例で示すように各槽の反応区分が明確になったといえる。つまり、硝化槽における硝化反応状況は $\text{NH}_4\text{-N}$ の残存濃度から容易に推測でき、また、脱窒槽における脱窒反応状況は $\text{NO}_3\text{-N}$ の残存濃度から容易に推測できるようになった。また、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 等の状況も容易に推測できる。このことにより、各部位に風量計、流量計等が設置されていない状況下においてもより最適な風量、流量の調整が可能となったといえる。処理水質の予測、各種開度設定等の運転管理が容易になり、バランスを欠くことによる無駄な曝気等が減ったり、設備を最大限に利用できることも可能となったといえる。実際、管理者の負担は大きく軽減され、かつ安定した放流水質も保たれている。

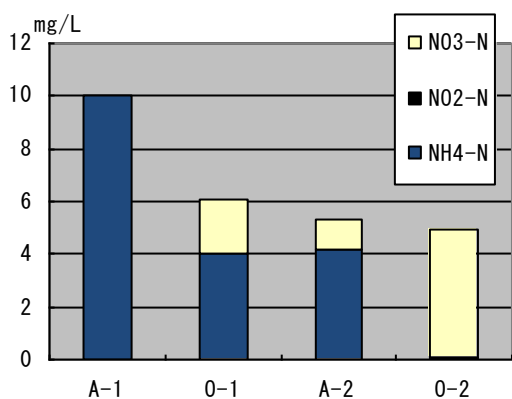


図-6 各槽における各態窒素濃度
(隔壁改良前)

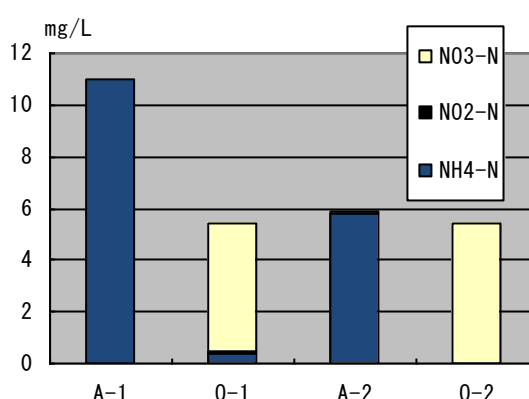


図-7 各槽における各態窒素濃度
(隔壁改良後)

4. まとめ

- (1) トレーサー試験により隔壁上部開口の影響（エアリフト効果）による、逆流および相互混合を確認した。
- (2) 上部の開口を遮断することにより、逆流がほとんどなくなることを確認した。
- (3) 逆流による相互混合がなくなったことにより、より最適な運転管理が容易に行えることができた。