

終沈での固液分離障害について

水質管理課西部水質担当 金子 秀臣

○安藤 誠一郎

福井 敏幸

1. はじめに

固液分離は下水処理の基本の一つであり、特に終沈でのそれは良好な処理水を得るためにも極めて重要な事項である。西部下水処理場では、深夜、終沈で脱窒による汚泥浮上が発生し、処理水質を著しく低下させてしまうことがある。時間帯ごとの流量変動が大きく、D0 制御では負荷に合わせた空気量を送気することが難しいこと、終沈に汚泥が堆積し易いことが主要因と思われる。今回は汚泥浮上対策として反応タンクでの脱窒を進める運転を試み、知見が得られたので報告する。

2. 現況

当処理場は、完全分流で工場排水も約 3%と少なく、殆どが家庭排水のため、窒素負荷が高いだけでなく流量変動も大きくなる(図-1)。流入水量は、晴天時の昼間帯で 1.5qs 以上、夕方が 1qs 弱、夜間では 1.3qs 程度が通常であり、流入水量が 1qs を越える時は終沈スクママー下流側まで汚泥が堆積してしまう。また、流入水量の減少する 13~17 時付近の混合液が反応タンクで十分にエアレーションされ、終沈に流出する 19 時頃から、終沈での $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高くなっていることも、深夜の脱窒による汚泥浮上の要因になっていると考えられる(図-2)。

D0 制御を行なっていると、処理水量の多い昼間帯は反応タンク出口で $\text{NH}_4\text{-N}$ が残存するので、硝化を進めるためには反応タンク前段の送気量を増やすことになる。しかし、負荷変動パターンを見ると、すぐに流入負荷は減少するので、反応タンク前段では過剰にエアレーションされ、脱窒が不十分となり、反応タンク出口

で $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高くなる。これは、反応タンク出口の pH 計指示値が、脱窒反応によるアルカリ度の回復がないため、通常よりも低下するので確認できる。また、この時、1qs 以上ある処理水量のため、終沈の出口まで堆積した汚泥は、水量の減る夕方には汚泥かき寄せ機によりかき寄せられ、終沈スクママーの先まで堆積していることはないが、かき寄せ機の届かないデッドゾーンでは一度圧密した活性汚泥が脱窒による窒素ガスの浮力でそのブロックを破壊させながら連続的に浮上してくるようになる。

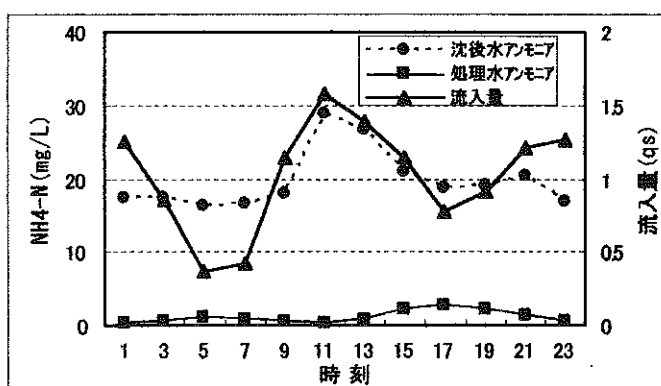


図-1 流量変動と窒素負荷 (H. 13. 1. 24)

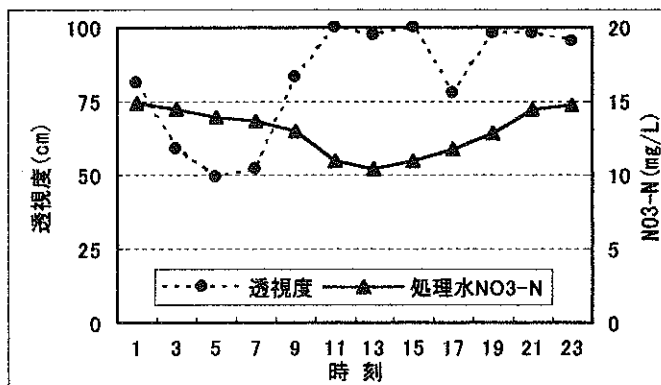


図-2 透視度と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 (H. 13. 1. 24)

冬季では硝化を優先させているため上記と同様の結果となり(図-1, 2), 夕方と深夜に汚泥浮上することがある。深夜の汚泥浮上は 23 時頃から始まっており, 流入水量の減少に伴って透視度が低下しているのは, 汚泥浮上が継続しているにもかかわらず水量が減少してしまうことで処理水による希釈効果が薄れているためと考えられる。この日の流量平均透視度は 83cm であった。他の処理場でも終沈デッドゾーンから汚泥浮上することはあるようだが, 当処理場ではそれが処理水質に著しく影響を及ぼしてしまう。

汚泥浮上対策としては, 午後から夕方での処理水量の減少分を底上げするか, その時間帯の反応タンク前段の送気量を抑えて脱窒させることで, 深夜の汚泥浮上の抑制が可能になると考えられた。

3. 対策としての窒素除去

西部下水処理場の現有設備には調整池がないため, 激しい流量変動を調節して処理水量を一定化させることは不可能である。当処理場の処理方式は標準活性汚泥法であって窒素除去を目的とした施設ではないが, 汚泥浮上対策として反応タンク前段を脱窒槽, 後段を硝化槽とし, 循環方法は返送汚泥ポンプのみの, 循環脱窒法的な運転を行ない, 夏季のように(図-3)処理水 NO₃-N 濃度が汚泥浮上しない程度まで低くなるような窒素除去をテーマとした水処理を心懸けることとした。

その方法として, 6 池ある反応タンクのうち, 散気効率の悪い多孔管を使用している 1 池を除き, 残る 5 池について平成 13 年 8 月より, 反応タンク前段の DO 設定値を下げたり, 前段への送気量分配率を下げるといった運転を順次開始し, 経過を観察した。

図-4 に, 今年度及び昨年度の冬季通日試験における処理水の透視度と NO₃-N 濃度を示す。今年度は昨年度と比較して, NO₃-N 濃度が低く, 夕方から深夜の透視度の低下も少ないことがわかる。表-1 は, 反応タンク前後段への送気比率を等しく運転した昨年度同時期の各水質データと併せて, 今年度循環脱窒法的な運転を行なった期間の水質データ平均値を示したものである。今年度は送泥管事故による二度の送泥停止があり単純な比較は難しいが, 今回の循環脱窒法的な運転で, 夏季程度にまで処理水 NO₃-N 濃度を低下させることができた。また, 硝化の促進には至らなかったものの, 汚泥流出を抑制し, 透視度等の処理水質の向上に, ある程度成果を上げることができた。

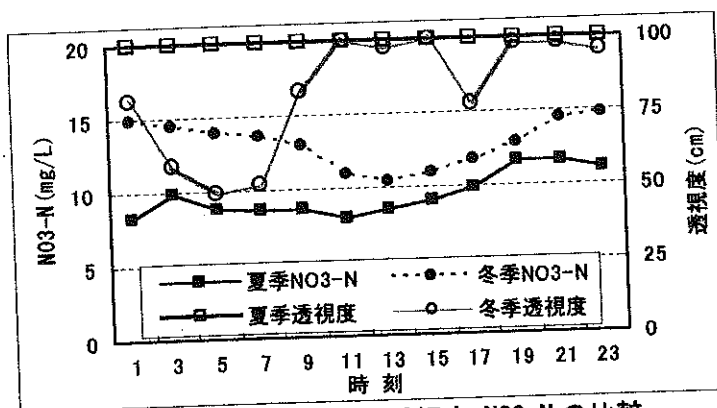


図-3 夏冬における透視度, NO₃-N の比較

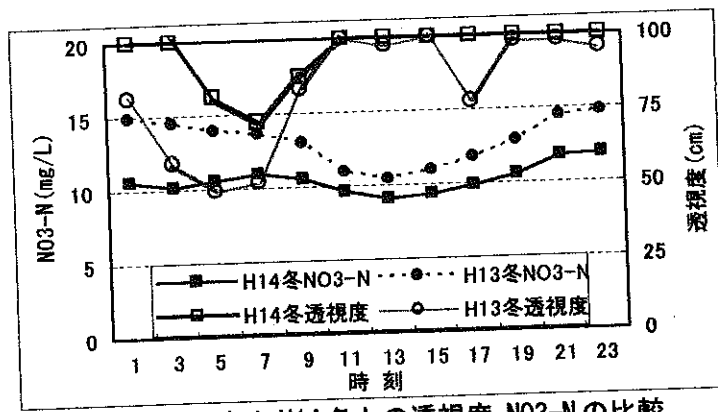


図-4 H13 冬と H14 冬との透視度, NO₃-N の比較

表-1 運転実績

	H12. 8. 13 ~ H13. 3. 17	H13. 8. 12 ~ H14. 3. 16
透視度 (cm)	90.7	92.4
SS (mg/L)	3.4	3.0
NH ₄ -N (mg/L)	1.4	1.5
NO ₃ -N (mg/L)	12.0	9.5
T-N 除去率 (%)	58.4	63.9

4. 考察

循環脱窒法の窒素除去率 η は次式で示される。

$$\eta = R \cdot \eta_n \cdot \eta_d / (1 + R \cdot \eta_n \cdot \eta_d) \quad (1)$$

(R ; 循環比 η_n ; 硝化率 η_d ; 脱窒率)

完全硝化・完全脱窒であれば $\eta_n = \eta_d = 1$ であるから、窒素除去率は循環比Rのみの関数になり、Rが大きい程、窒素除去率は高くなる¹⁾。

終沈で汚泥浮上が発生している時は、反応タンク前段での脱窒が不十分で、処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高くなっているため、反応タンク前段での脱窒の条件を整えることが重要である。故に、反応タンクで十分に脱窒することができれば、これまでのように硝化を抑える必要はないと言える。しかし、この時反応タンクでの脱窒は起こり難くなっており、脱窒率は小さくなっていると考えられるので、窒素除去率は循環比Rのみに依存せず、高い汚泥返送率で十分な窒素除去を行なえるとは限らない。実際、汚泥浮上が沈静化しない時に汚泥返送率を増加させたところ、逆に汚泥浮上が悪化した経験がある。その後、前段送気量を低く保ったことで徐々に回復した。

また、洗濯排水の増える晴天時や年末のように流入水量が増加する時、処理水量が長時間1.8qsになり、硝化が後退してしまうことがある。こういった時に硝化を促進するため、反応タンク前段送気量を増やすと汚泥浮上しやすいので、汚泥移送による硝化菌の植種を行なうことも効果的であると考ええる。当処理場では、散気効率の悪い多孔管を使用している反応タンク1池があり、流入ピーク時での処理水量が1.3qsを越えないように調整してあることから、硝化の後退が少ないので他系列への汚泥移送源に活用している。

安定した水質管理を行うためには、良好な状態に保った反応タンクを「バックアップ」として用意しておくことも必要と考える。

5. まとめ

今回、西部下水処理場における循環脱窒法的運転による窒素除去は、流量負荷変動が大きく、設備の限られた中で、その条件や硝化の促進等に課題を残したものの、冬季の汚泥流出に対して透視度等に改善が見られた。過去に、汚泥浮上の発生→硝化の抑制→SVIの上昇→送気量の増加→汚泥浮上の再発生という悪循環を繰り返すことがあったが、今回得られた知見が悪循環を断ち切る一助となればと考えている。今後、他処理場で汚泥流出に対して効果を上げている返送の時間遅れ制御等も検討しつつ、より良い処理改善を目指していきたい。

また、脱窒による汚泥浮上対策として、流入ゲートを使用した幹線貯留による流量調整も考えられるが、ゲートは本来動かすように設計されておらず、故障したときの予備がないため不安が大きく、現有施設では反応タンクでの対応しかできないのが現状である。安定した水質管理を行うために、汚泥の引き抜き量や反応タンク送気量の調整だけでなく、負荷変動対策のための流量調整も可能になることを切望している。

6. 参考文献

- 1) 下水道実務講座7 高度処理と再利用 山海堂