

汚泥解体を引き起こす運転条件の解析

水質管理課 ○ 北谷 道則
田邊 孝二
神南みよ子

1. はじめに

活性汚泥処理は、微生物の浄化機能を最大限効率的に活用した処理法である。そのため、反応タンク内の微生物を増殖させ活性度の高い汚泥（MLSS）を保持し続けなければならない。

しかし、下水処理場に有害物質が流入した時などには、活性汚泥生物に影響を与える事態を回避できない場合があり、処理悪化を招くことがある。また、水温や負荷変動が原因で、運転条件が追従できずに活性汚泥が解体するなどの事態に陥ることがある。このような場合に、活性汚泥生物に影響を及ぼさない運転方法を予め選択できれば処理悪化を回避することが可能となる。

そこで今回、冬期を中心に汚泥が解体する南部下水処理場の運転条件を解析することで、処理悪化を防ぐ運転方法について考察したので報告する。

2. 南部下水処理場の処理実績と管理状況

南部下水処理場の平成10年～14年度の5年間の処理状況を図-1に、水質状況を図-2に示す。本市の11下水処理場の中で、南部下水処理場は反応タンクの滞留時間が5時間と最も短い。このため、反応タンク内のBOD負荷が0.26（kg/MLSS・日）、SRTが5.3日と処理能力が低い合流式下水処理場である。

しかし、当処理場は、反応タンクへ流入する最初沈殿池流出水の水質はBODが84mg/l、NH₄-Nが12mg/lと低いいため、活性汚泥生物が要求する空気量は倍率で3.3倍と11下水処理場の中で最も低いのが特徴である。また、活性汚泥のMLSSは1,600mg/lと低濃度運転をしているが、SVIは200であり活性汚泥としての沈降性は悪くはない。

最終沈殿池流出水（処理水）の水質は、硝化促進の運転を行っているためNH₄-Nは低濃度であるが、NO₂-Nが0.93mg/l検出しているのが特徴である。

3. 処理水質の悪化状況

平成9年4月～平成15年3月までの6年間の処理水のCODの経日変化を示したのが図-1である。この間にCODが大きく上昇し処理が悪化したのが、平成9年度冬期、10年度冬期、11年度春期、12年度冬期、14年度冬期の5回あった。このうち、1月～3月の冬期に処理が悪化したのは、13年度冬期を除いた4回である。

処理が悪化してCODが上昇したのは、処理水中のNO₂-Nが5～8mg/l程度まで上昇したことが原因である。NO₂-Nがこの程度まで上昇すると、CODを5～10mg/l程度上昇させることになる。

表-1 処理状況（平成10年～14年度平均）

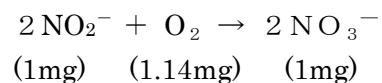
流入水量（m ³ /日）		186,000
高級処理水量（m ³ /日）		172,000
反 応 タ ン ク	滞留時間（時間）	5.0
	BOD負荷（kg/MLSS・日）	0.26
	SRT（日）	5.3
	空気倍率（倍）	3.3
	DO（mg/l）	3.7
	MLSS（mg/l）	1,600
	SVI	200

表-2 水質状況（平成10年～14年度平均）

最初沈殿池 流出水	SS（mg/l）	44
	BOD（mg/l）	84
	T-N（mg/l）	20
	NH ₄ -N（mg/l）	12
最終沈殿池 流出水	SS（mg/l）	4.6
	BOD（mg/l）	9.3
	T-N（mg/l）	11
	NH ₄ -N（mg/l）	1.2
	NO ₂ -N（mg/l）	0.93
	NO ₃ -N（mg/l）	8.0

【参考】

亜硝酸性窒素（1mg）を硝酸性窒素（1mg）まで酸化するのに消費する酸素量は、（1.14mg）である。



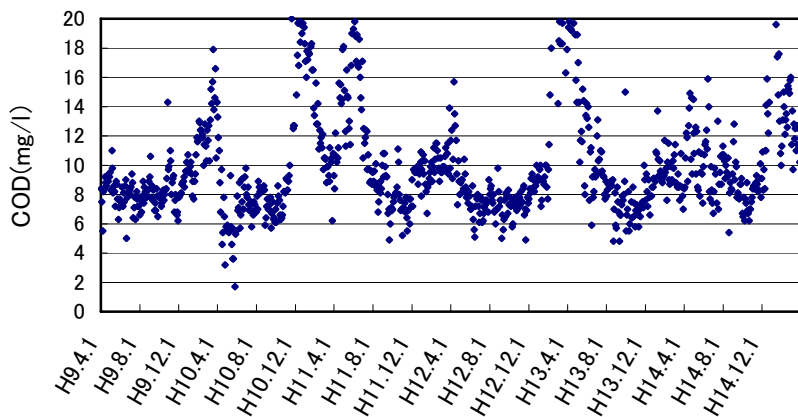
4. 亜硝酸性窒素の上昇と処理への影響

冬期に亜硝酸が上昇する状態（平成13年10月～平成14年3月）の1例を示したのが図－2である。12月に入り硝化が後退し始め $\text{NO}_3\text{-N}$ が減少すると同時に $\text{NO}_2\text{-N}$ が上昇してきた。その結果、12月の下旬には $\text{NO}_2\text{-N}$ が 7mg/l 程度まで上昇した。このため、それ以後は、硝化抑制運転を切り替え $\text{NO}_2\text{-N}$ の生成を抑制する運転を行った結果、今度は $\text{NH}_4\text{-N}$ が上昇した。

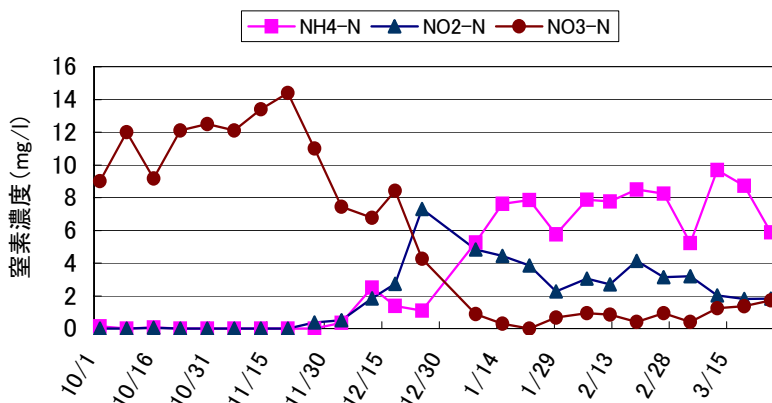
次に、 $\text{NO}_2\text{-N}$ が上昇した時の水温の影響を示したのが図－3である。水温は11月の初旬には 20°C を超えていたものが徐々に低下し始め、1月の末には 15°C 程度まで低下した。この間、降雨により一時的な水温の低下が見られた。この降雨による水温の低下と $\text{NO}_2\text{-N}$ の上昇が同時の起こっていることから $\text{NO}_2\text{-N}$ の上昇には水温の低下が影響していることがわかる。まず、水温が12月中旬に 19°C から 14°C まで低下した後に、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 2mg/l 程度まで上昇し、12月下旬に水温が 18°C から 14°C まで低下した後に、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は 7mg/l 程度まで一気に上昇した。その後、1月上旬に水温が 17°C から 10°C まで大きく低下したが、硝化抑制運転を始めたので $\text{NO}_2\text{-N}$ のさらなる上昇は起こらなかった。

この $\text{NO}_2\text{-N}$ の上昇が処理水質に与えた影響を示したのが図－4である。12月中旬の降雨で $\text{NO}_2\text{-N}$ が 2mg/l まで上昇すると透視度が 70cm まで低下した。その後、12月下旬の降雨で $\text{NO}_2\text{-N}$ が 7mg/l まで上昇した時に透視度が 40cm 以下まで低下し活性汚泥が解体状態になった。その後、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の生成を抑制する硝化抑制運転を行い、 $\text{NO}_2\text{-N}$ を徐々に低下させ 2mg/l 程度まで低下した時点で透視度も上昇し汚泥解体がおさまった。

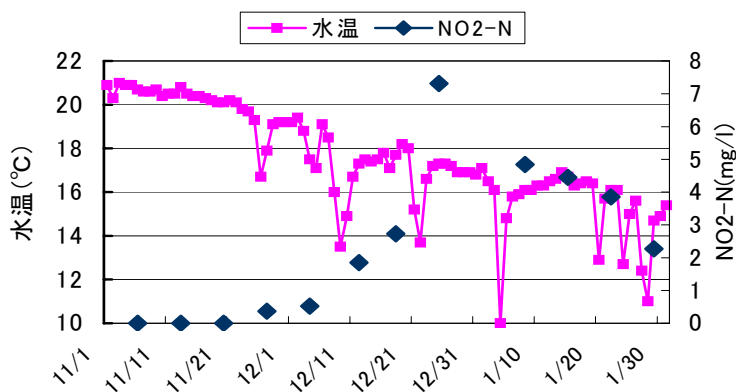
このように、汚泥解体には $\text{NO}_2\text{-N}$ が悪影響を及ぼしている。



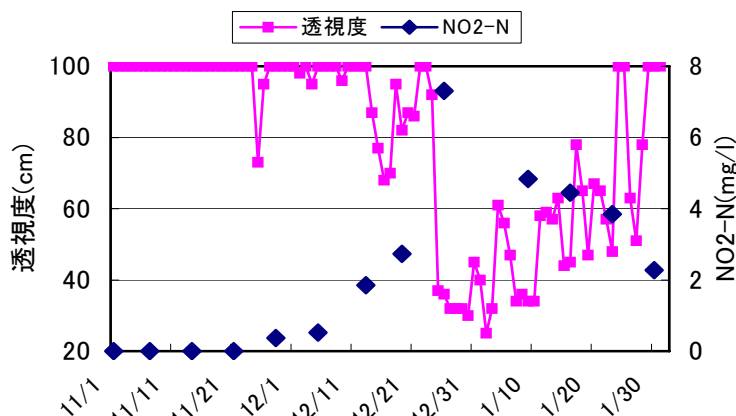
図－1 処理水の COD の経日変化



図－2 溶解性窒素濃度の経週変化（平成13年10月～14年3月）



図－3 水温の低下と $\text{NO}_2\text{-N}$ の上昇（平成13年11月～14年1月）



図－4 透視度の低下と亜硝酸の上昇（平成13年11月～14年1月）

5. 汚泥解体の原因と予防対策

$\text{NO}_2\text{-N}$ が汚泥解体の原因物質であることいえるが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ を生成させる要因として硝化細菌数の減少が考えられる。活性汚泥中には、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を $\text{NO}_2\text{-N}$ まで酸化するアンモニア酸化細菌と $\text{NO}_2\text{-N}$ を $\text{NO}_3\text{-N}$ まで酸化する亜硝酸酸化細菌が共存しており硝化細菌数が十分確保されているときは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ から $\text{NO}_3\text{-N}$ まで硝化反応は円滑に進み $\text{NO}_2\text{-N}$ が蓄積されることはない。一般に、硝化細菌による酸化還元反応では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を $\text{NO}_2\text{-N}$ まで酸化するよりも、 $\text{NO}_2\text{-N}$ を $\text{NO}_3\text{-N}$ まで酸化するのにエネルギーを多く必要とするといわれており、硝化促進を行っている最中に亜硝酸酸化細菌数が減少してしまう事態が起こると、 $\text{NO}_2\text{-N}$ から $\text{NO}_3\text{-N}$ への酸化が遅れ反応系で $\text{NO}_2\text{-N}$ が蓄積することになる。

そこで、硝化反応を進める上で参考となる水温と SRT の関係を示したのが図-5 である。この図は南部下水処理場の 6 年間（平成 9 年～14 年度）の関係を示しているが、SRT は 4～6 日の範囲に集中している。これは、図-6 に示す水温と MLSS の関係から判断できるが、水温の低下に伴って MLSS を高めに設定していないためである。

図-5 で 80%以上の硝化を維持できる水温と SRT の関係式（下水道設計・設備指針参照）と比較して、20℃以下の水温では、硝化を維持できる SRT の範囲から大きくはずれている。特に、降雨などで急激に水温が低下した場合などは、硝化が大きく阻害されることが推察できる。水温の低い冬期には、硝化細菌数の確保ができずに硝化反応が遅延し $\text{NO}_2\text{-N}$ が蓄積することが十分予測できる。

このような低水温期に、硝化に必要な SRT を確保する対策として、MLSS を高め SRT を大きくする必要がある。そこで、水温が 19℃以下の時に MLSS を 2,500mg/l に維持した時の関係を示したのが図-7 である。MLSS を高く維持したことにより、硝化を維持できる SRT の範囲に近づけることができる。

6. おわりに

汚泥解体を起こさせないようにするには、 $\text{NO}_2\text{-N}$ が蓄積するのを防止することが重要であり、硝化細菌が増殖するのに必要な SRT を確保しなければならない。そのためには、MLSS を適正に管理する運転が必要となるが、活性汚泥の沈降性、最終沈殿池の滞留時間、水面積負荷等を考慮して、MLSS の設定を心がけねばならない。

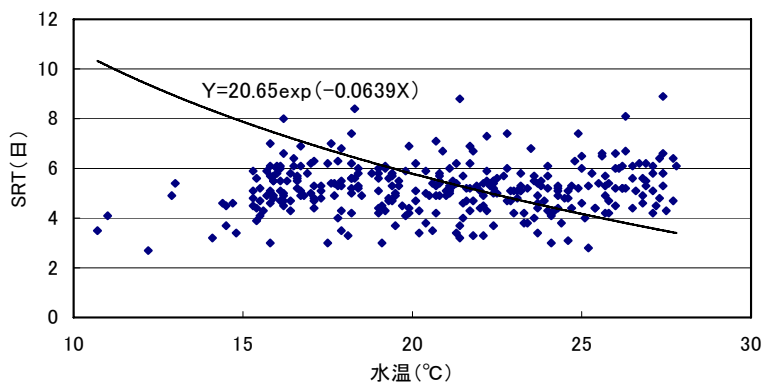


図-5 水温と SRT の関係

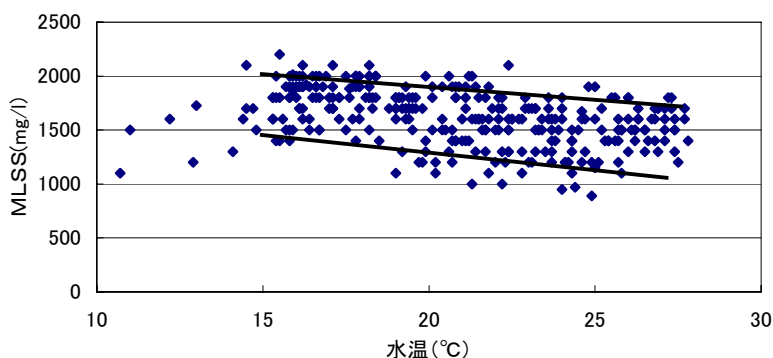


図-6 水温と MLSS の関係

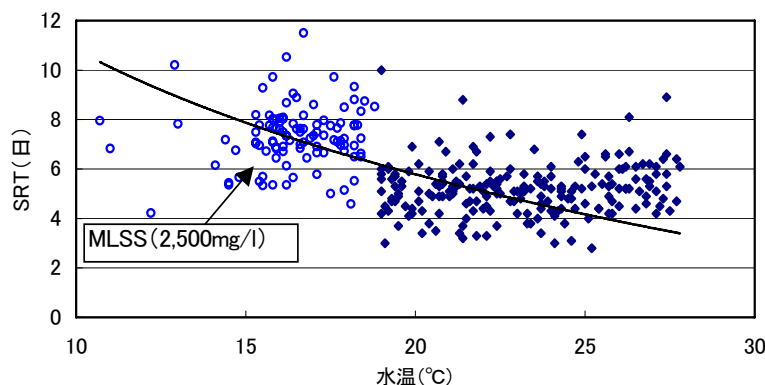


図-7 高 MLSS 時の水温と SRT の関係