

硝化の BOD と SS の関係について

水質管理課

○紺野 繁幸

1. はじめに

BOD 測定時、処理水中にアンモニウムイオンと硝化菌が存在すると、硝化作用により処理水の BOD が高い値を示すことが知られている。これを防ぐため、処理場の運転として①硝化の促進と、逆に②硝化の抑制という方法が試みられてきた。今回は②硝化を抑制して BOD が低くなる場合、それはアンモニウムイオンにより硝化が抑制されたのか SS の濃度(=硝化菌数)によるものなのかについて検討した。また、NH₄-N 濃度と SS 濃度を用いた重回帰式にて硝化の BOD(以下、NOD とする)を求めることができた。

2. ATU-BOD と有機物指標との関係について

NOD は ATU を添加することによって硝化を抑制した BOD(ATU-BOD)を全 BOD から差し引いて算出している。そこでまず、ATU-BOD が有機物による BOD としてどの程度評価できるのかについて検討した。ここでは TOC が水質試験項目として実施された昭和62、63年度の月例試験報告をもとに処理水の 1)ATU-BOD と TOC、2) COD と TOC との値について相関を調べ、それぞれの寄与率 R^2 を求めた。さらに、1)で求めた寄与率 $R^{2①}$ と 2)で求めた寄与率 $R^{2②}$ についても相関関係を解析した。図-1 に寄与率を比較した結果を示す。

図より ATU-BOD と TOC を回帰したときの寄与率の範囲は南部処理場の 0.79 から栄二処理場の 0.12、COD と TOC とでは同じく南部の 0.84 から金沢処理場の 0.44 であった。特徴として COD と TOC との相関が高い処理場ほど ATU-BOD と TOC の相関も高い傾向を示す(ここで $R^{2①}$ を y、 $R^{2②}$ を x として全 11 処理場のデータで回帰式を求めると $y=1.13x-0.27$ $R^2=0.64$ 回帰式① また、金沢を除く 10 処理場では $y=1.64x-0.65$ $R^2=0.86$ 回帰式②)。

一方、栄二と金沢は図上のプロット域が他の 9 処理場の分布域から大きく離れているのも注目される。しかし、栄二は $R^{2①}$ が 0.12 と極端に低いにもかかわらず回帰式②の上に乗っており、寄与率の高い他の処理場と同じ一連の傾向を示している。それに比べて金沢は $R^{2①}$ は 0.43 と他の処理場と比べてさほど低くなく、逆にこの値を回帰式②にあてはめ $R^{2②}$ を求めると $R^{2②}=0.66>0.44$ と高い値をとりうる事が予想される。このことから $R^{2①}$ と比べた時の金沢の COD と TOC の相関関係は他の処理場と質の異なる低さであることが推定される。この理由については不明であるが、金沢の流入基質の違いも考えられる。

3. ふらん前後の NH₄-N の差 Δ NH₄-N と NOD について

処理水 BOD 試験でふらん前後の NH₄-N の差(Δ NH₄-N)は NOD 値と対応しているものと考えられる。そこで処理水の Δ NH₄-N と NOD との関係について調査した。解析データは平成7、8年度の神奈川の週報と平成12年度冬季に北二で行った分析値を用いた。

図-2にその関係を示す。神奈川、北二とも Δ NH₄-N と NOD の関係は予想どおり一次の回帰式で表すことができた。

4. NH₄-N と Δ NH₄-N の関係について

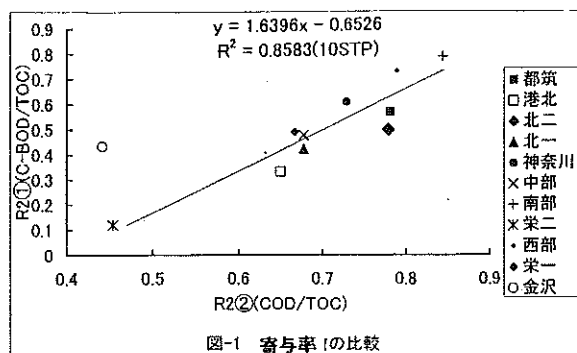


図-1 寄与率の比較

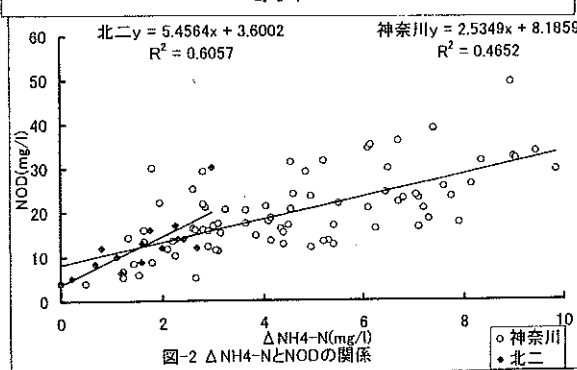


図-2 Δ NH₄-N と NOD の関係

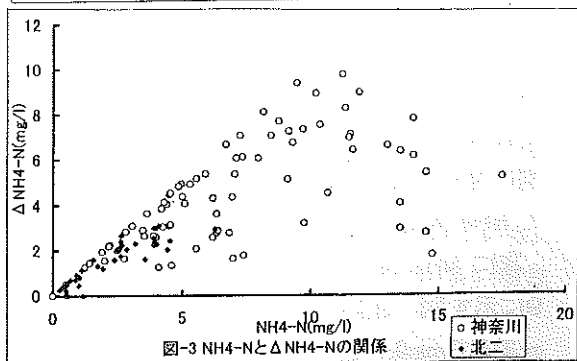


図-3 NH₄-N と Δ NH₄-N の関係

次にNH₄-Nが増大した場合、△NH₄-N値もそれに比例して上昇するのかについて検討した。図-3にその結果を示す。

図より北二についてはNH₄-Nが増えると△NH₄-Nも上昇するのに対して、神奈川ではNH₄-Nが10mg/l位までは△NH₄-Nも上昇するが、それ以上では△NH₄-Nは逆に減少するという山形の曲線を示すのが特徴である。

5. NH₄-NとNODの関係について

次にNH₄-NとNODの関係について調査した。図-4.5にその結果を示す。また、表-1に処理場別の処理水質の平均値とばらつきを標準偏差で示す。ここで、図-4についてはNH₄-Nの標準偏差の大きい処理場である神奈川(平成7, 8年度)と北一(平成10年度)、栄二(平成10年度)、図-5については標準偏差が少ない処理場である北二(平成8年度)、港北(平成10年度)について、その結果を示す。

表-1 処理水質の平均値と標準偏差の比較

| 項目 | 神奈川 | 北一 | 栄二 | 北二 | 港北 | 実験 |
|--------------------|------|-----|------|-----|--------------|-----|
| 平均値 | | | | | | |
| NH ₄ -N | 7.3 | 3.8 | 6.9 | 2.4 | 1 | 3.8 |
| SS | 7.1 | 3.5 | 4.8 | 4 | 3.3 | 2.8 |
| NOD | 19.8 | 6.7 | 13.7 | 6.7 | 4.9 (BOD5.6) | |
| 標準偏差 | | | | | | |
| NH ₄ -N | 4.1 | 6.8 | 5.8 | 2.4 | 1.2 | 2.8 |
| SS | 5.4 | 2.5 | 2 | 1.7 | 1.4 | 1.7 |
| NOD | 8.8 | 5.9 | 9.3 | 5.6 | 3.8 (BOD2.8) | |

図-4より、神奈川、北一とも前項の[4. NH₄-Nと△NH₄-Nとの関係]のようにNH₄-Nがほぼ10mg/lを境にして山形の曲線を描いている。NODは△NH₄-N量によって決まるので2処理場でのこの変化は当然といえる。しかし、栄二では神奈川、北一と異なり、NH₄-Nの増大に伴ってNODも上昇傾向を示すのが注目される。

一方、図-5より、北二、港北ではNH₄-Nが増えるとそれに比例して△NH₄-Nも増大し、それぞれの回帰式のR²値は北二で0.69 港北で0.83ときわめて相関が高く、北二、港北ではNODはNH₄-Nの影響を強くうけていることが分かる。

6. SSとNODの関係について

次にSSがNODにあたる影響について調査した。結果を図-6, 7に示す。図-6より神奈川、北一、栄二ではSSが増えるとNODが増大する傾向をしめしており、[NH₄-NとNODの関係]のときのように山形を示すことはなかった。ちなみに神奈川では対数曲線で回帰して得られたR²値は0.62と高く、NODはSSに強い影響を受けていることを示している。また、図-7より北二でもSSが増えるとNODが上昇傾向を示す。しかし、港北では特に強い相関は見出せなかった。

7. NH₄-NとSSの関係について

次にNH₄-NとSSとの関係について調査した。結果を図-8, 9に示す。図-8より、神奈川ではNH₄-Nが5mg/l付近、また、北一では3mg/l付近でSSは最大値を示し、その前後ではSSは減少傾向をしめしている。つまり、NH₄-Nが高くなってもSSは比例

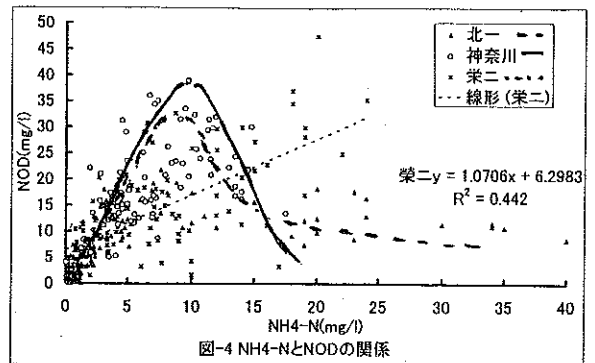


図-4 NH₄-NとNODの関係

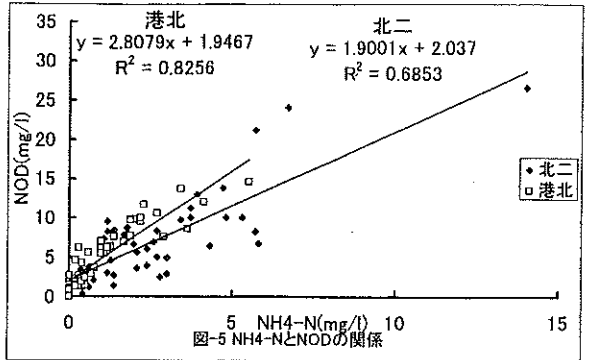


図-5 NH₄-NとNODの関係

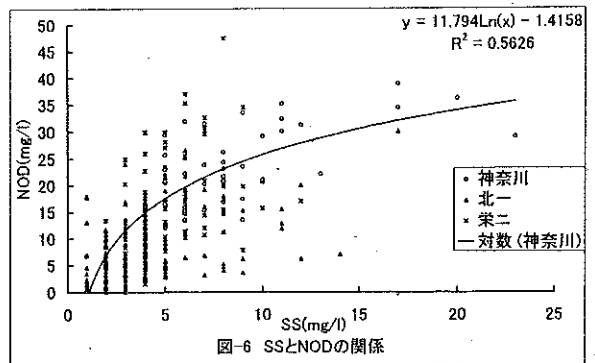


図-6 SSとNODの関係

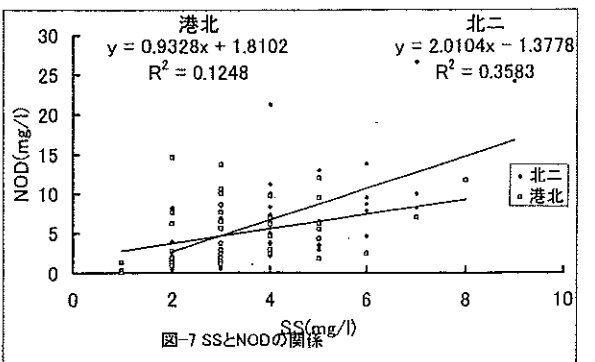


図-7 SSとNODの関係

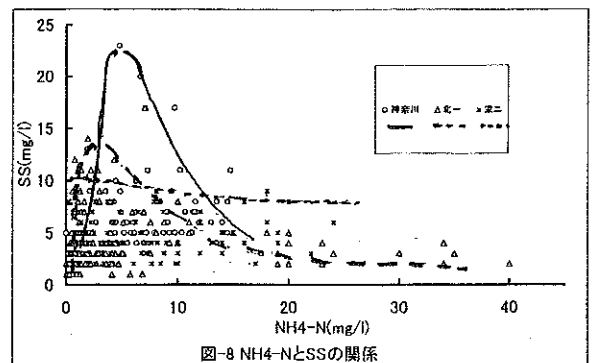
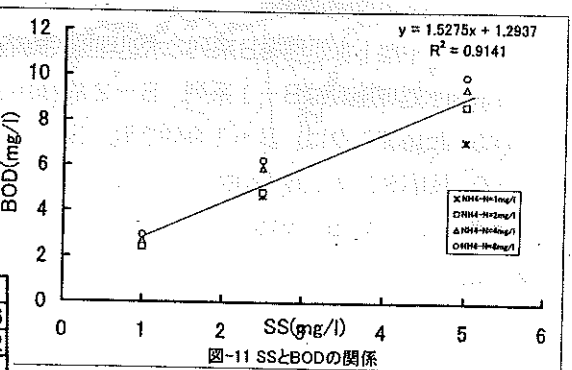
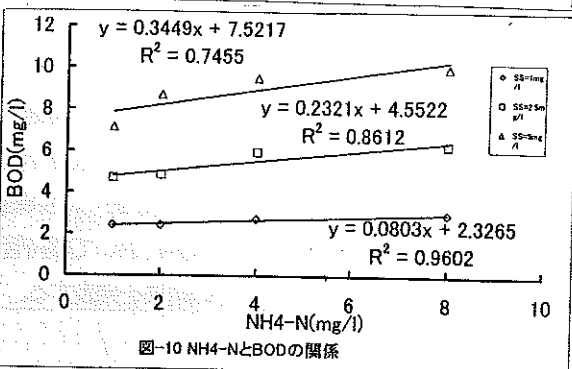
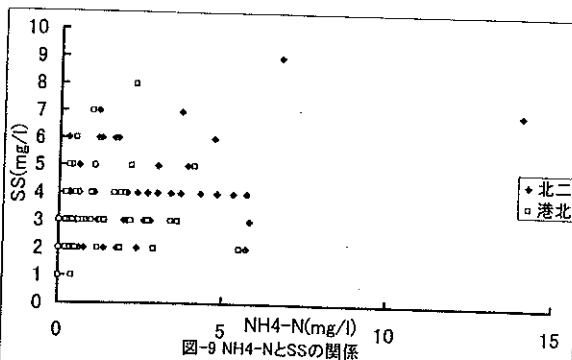


図-8 NH₄-NとSSの関係

して高くないのが両処理場の特徴である。また、この傾向は前項で表した神奈川と北一の[NH₄-NとNODの関係]に近似している。つまり、神奈川と北一ではNH₄-Nが増大してもSSが減少するのでNODも下がるということを示しており、このことから、両処理場のNODはSSの影響を強く受けているものと考えられる。また、榮二では神奈川、北一と異なり、NH₄-Nが増えてもSSが著しく減少することはない。このことは榮二でNH₄-Nが増大するとNODも比例して上昇することの理由であるといえる。以上より、硝化を抑制した際にBODが低くなるのはNH₄-Nによって硝化が抑制されるのではなく処理水中のSS(硝化菌数)が減るためであると考えられる。



一方、北二と港北ではその関係がはっきりしない。しかし、神奈川や北一とは異なり、NH₄-Nが増えても、SSが減少傾向を示すことはなかった。

8. NH₄-NとSSがNODにおよぼす影響について

次に、NH₄-NとSSがNODにどの程度影響を与えているのかを知るためにNH₄-NとSSを変数としてNODを近似する重回帰式を求めた。表-2に寄与率と2変数の回帰係数を示した。表より、SS、NH₄-Nの変動が少ない北二、港北処理場ではNH₄-Nの回帰係数がSSの係数より大きく、NH₄-Nの影響をより多く受けていることが示された。一方、NH₄-Nの変動が大きい神奈川、北一、榮二ではSSの回帰係数がNH₄-Nの係数より大きく、SSの影響をより多く受けていることが示された。

表-2 重回帰式の決定係数と回帰係数の比較

| | 神奈川 | 北一 | 榮二 | 北二 | 港北 | 実験 |
|---------------------|-------|------|------|------|------|------|
| R2 | 0.666 | 0.46 | 0.64 | 0.79 | 0.87 | 0.96 |
| NH ₄ の係数 | 0.821 | 0.38 | 1.05 | 1.61 | 2.7 | 0.22 |
| SSの係数 | 1.03 | 1.12 | 2.06 | 1.14 | 0.57 | 1.53 |

9. NH₄-NとSSがBODにおよぼす影響についての実験

次にNH₄Clを用いて、NH₄-Nが1.0、2.0、4.0、8.0mg/l活性汚泥を希釈してSSが1、2.5、5.0mg/lとなるように、NH₄-NとSS濃度が異なるBOD用試料を作り、それぞれのBOD値を求めた。NH₄-NとBODの関係を図-10に、SSとBODの関係を図-11に示す。図-10よりNH₄-Nが増えるとBODも増え、また、BODとNH₄-Nを回帰したときの傾きもSSが増えるに従って大きくなる傾向を示している。しかし、図-11より、BODとSSを回帰したときの傾きの方が極めて大きいこと(図-10よりBODとNH₄-Nを回帰した際にSSが最大のSS=5mg/lのときの傾きが0.34であるのに対して、図-11より、NH₄-N値を平均してBODとSSを回帰した得られた傾きは1.53である)、また、表2より、重回帰式の回帰係数の比較からも本実験ではBODはNH₄-Nより、SS(硝化菌数)に大きく依存していることが分かった。

10.まとめ

- ①、処理水のNODに及ぼすNH₄-NとSSの影響を比較すると、NH₄-NとSSの値が低く、ばらつきの少ない処理場ではNODはNH₄-Nの影響をより受けている。
- ②、処理水中のNH₄-NとSSの値が高く、ばらつきの大きい処理場ではNODはSSの影響をより強く受けている。
- ③、硝化を抑制してBODを抑えることができるのは処理水中のSS(硝化菌)が減るからで、もし、SSが多い場合はBODを下げることはできない。
- ④、以上より、砂濾過など、なんらかの方法を用い、処理水中からSSを下げる如果能够ならば、硝化が中途半端な状態でもBODを下げることは可能である。