

調整池における窒素の変化とその評価

長崎大学工学部 学生員 ○内田祐介 長崎大学工学部 正 員 西田 渉
長崎大学工学部 フェロー 野口正人 長崎大学大学院 学生員 仁木将人

1. はじめに

近年、内湾、湖沼といった閉鎖性水域での富栄養化に伴う水質の劣化が問題となっており、流域からの汚濁負荷の軽減や水域の浄化機能の強化に向けた努力が払われてきている。これら水質の浄化対策を効果的、経済的に進めていくためには、水域の水質の変化機構を明らかにしておくことが必要であろう。本研究では、諫早湾に造成された調整池を対象とするが、当水域は、利用目的上、閉鎖性の極めて強い水域となっており、そこでの水質は流域からの汚濁物質の流入と蓄積により、富栄養化が進むことが懸念されている。

ここでは調整池の水質について、環境モニタリングの結果から水質の現状把握を行うとともに、栄養塩に着目した数理モデルを作成し、その変化機構を明らかにしようと試みた。

2. 調整池の水質

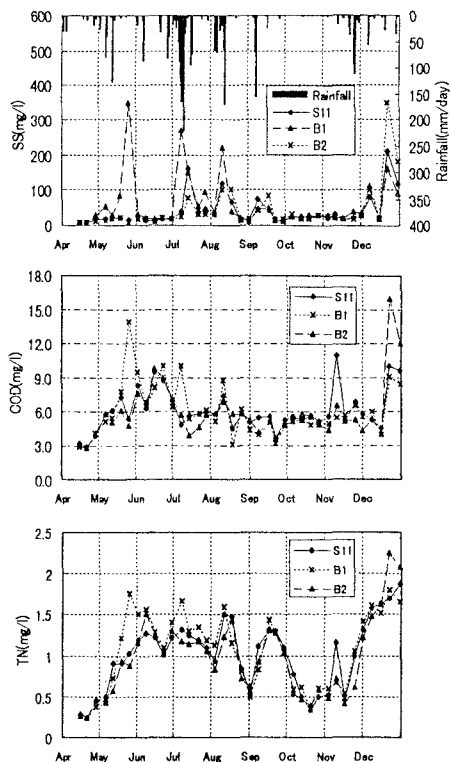
調整池の水質については、環境モニタリングの一環として計測が行われている¹⁾。【図-1】に1997年3月の潮止め工事直前から、約1年間の浮遊懸濁物質(SS)、化学的酸素要求量(COD)、全窒素(TN)の経時変化を示す。なお、各実測値は、【図-3】に示された北部(B1)、中央部(S11)、南部(B2)でのものである。

COD、TNは、4月から6月にかけて増加しており、潮止め以前と比べて3、4倍の濃度となっている。また、TNの濃度は、10、11月に低くなっているが、その後、再び高くなっている。TNの変化を降雨とSSの時間分布と併せて考察すると、比較的降雨量が多く、SSが高濃度になる日に濃度が上昇する。その変化は、後に【図-4】に示される、無機態窒素(IN: $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の和とした)、有機態窒素(ON: TNとINの差とした)の実測値から、主にINの増加によって生じていることがわかる。10、11月のTNの減少についてもINの変化に大きく影響されているようである。また、12月にはSSが100mg/lを越えることがたびたびあり、CODやTNを増加させる原因となっているようである。植物プランクトンと窒素との関係について、調整池ではクロロフィル濃度(Chl)がTNよりもOPとの相関が強く、ChlとOPの間には【図-2】に示される相関関係が現れている。

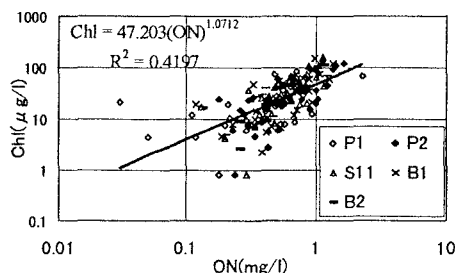
以上の結果から、調整池の水質は、降雨に伴う河川からの汚濁負荷の流入と共に、SSの発生に関連した水質の変化機構があるものと推察される。

3. 水質モデルの概要

ここでは、窒素の変化機構を明らかにするための水質モデルを作成した。モデルの作成にあたっては、窒素をINとONとに分類し、前者を溶存態、後者を懸濁態として取り扱った。また、INについてはONの直接的な無機化と水底からの溶出が考慮されており、ONについては植物プランクトンによる生産、水底への沈降が考えられた。なお、調整池での植物プランクトン量はChlとして評価することとし、【図-2】中に示されたOPの関係式から算出することとした。また、2.での考察から、SSの変化についても沈降、巻き上げを考慮したモデル化が図られた。なお、調整池が比較的浅い水域であることから、モデルは鉛直方向に1層としたボックスモデルとしている。以下にその収支式を示す。



【図-1】調整池での水質の変化



【図-2】有機態窒素とクロロフィルとの相関図

$$Vol \frac{\partial SS}{\partial t} = \sum F_{SS} + \lambda_0 \cdot Area - w_{SS} \cdot SS \cdot Area \cdots (1)$$

$$Vol \frac{\partial IN}{\partial t} = \sum F_{IN} - \alpha_0 \cdot Chl \cdot Vol + k_n \cdot ON \cdot Vol + \beta_0 \cdot Area \cdots (2)$$

$$Vol \frac{\partial ON}{\partial t} = \sum F_{ON} + \alpha_0 \cdot Chl \cdot Vol - k_n \cdot ON \cdot Vol - w_{ON} \cdot ON \cdot Area \cdots (3)$$

ここに、 Vol :ボックスの体積、 $\sum F_x$:移流による物質の総流入量、流出量、 $Area$:ボックスの水底面積、 λ_0 :単位面積当たりの巻き上げ量、 α_0 :植物プランクトンによる IN の摂取速度、 k_n : ON の自己分解速度、 w_{SS}, w_{ON} : SS 、 ON の沈降速度、 β_0 : IN の溶出速度、である。 α_0 は日射量と水温の変化の影響が考慮されており、 β_0 は水底の摩擦応力によって変化するものとした。調整池のボックス分割は 2 次元平面流のシミュレーションの結果を参考に、【図-3】に示されるとおりになに分割した。なお、調整池の水質が降雨の流入の影響を受けていることから、河川流量は 3 段のタンクモデルを使って流量ならびに窒素の流入量の時間変化を評価している。

4. 現地への適用と結果

【図-4】には $S11$ 地点における IN 、 ON の計算結果と実測値とが示されている。実測値との比較から、本モデルは、 IN の 7~9 月の増加や 10、11 月の減少を、また、 ON の潮止め工事後の増加や 7、8 月の一時的な減少とをある程度再現しているものと考えられる。ここで、 IN 、 ON の計算で考慮された各変化の要因の時間変化を示すと【図-5】のとおりである。この図から以下のようなことが推察される。降雨の直後には、調整池内の水の流動が大きくなり、結果として各物質の生産に移流成分の効果が大きくなっている。この傾向は、とくに IN で顕著であり、 $S11$ における IN の生産のほとんどを占めている。 ON については、無機化や沈降の効果を無視することはできないものの、主に植物プランクトンの一次生産による変化が大きいようである。7 月や 8 月のように、降雨直後に SS が増加すると水中の日射量が減少するために、その生産量は一時的に減少している。

長期間にわたる水質の変化を予測するためには、水域での物質の変化速度に関してさらに検討を進める必要がある。また、調整池では水深が浅いことから、水吹流の形成に伴う流れの変化や懸濁物質、栄養塩等の溶出速度の変化が予想されており²⁾、物質の循環過程について、さらに検討を進めねばならないと考えている。

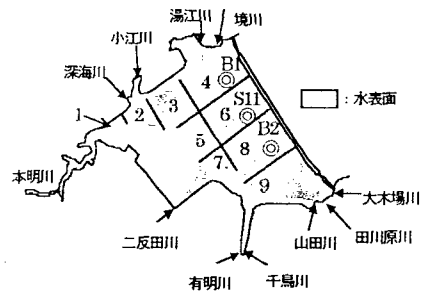
5. おわりに

本研究では、環境モニタリング結果をもとに、調整池の水質について現状の把握を行い、数理モデルを用いて窒素の変化機構を明らかにしようと試みた。その結果、調整池では潮止め工事後に COD や窒素に関わる水質指標が増加しており、その変化は、降雨や懸濁物質の時間変化に影響を受けていることが示された。また、窒素については、化学的、生物学的変化過程をとおして変化することが示された。

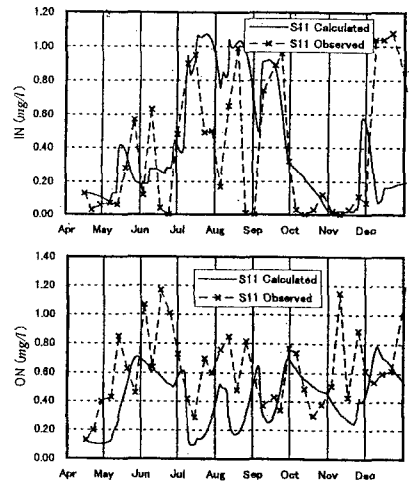
今後は、先述の課題と共に、観測等をとおして栄養塩類の変化に影響する各因子の相互作用に対しての検討を進めたいと考えている。

【参考文献】

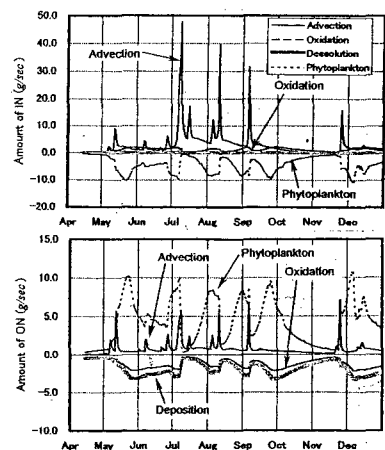
- 1) 九州農政局諫早湾干拓事務所: “諫早湾干拓事業環境モニタリング資料”, p. 27, 1998
- 2) 柳本、西田、野口、仁木: “吹送流が調整池の SS に及ぼす影響の予測” 平成 9 年度日本水環境学会九州支部研究発表会講演要旨集, pp. 22-26, 1997



【図-3】モニタリング地点とボックス分割図



【図-4】 $S11$ 地点における IN 、 ON の計算結果



【図-5】 $S11$ 地点における 各要素の時間変化