

II-85

停滞性水路周辺からの水質成分負荷量の連続調査と解析

北海道開発局開発土木研究所 正員 大島 省吾
 正員 藤田 満士
 正員 中津川 誠
 坂井 一浩

1. まえがき*

停滞性の水域では、水域周辺から流入する栄養塩負荷によって富栄養化が進行し、それにとまう水質障害が問題となる場合もある。このような現象を把握するため、水域周辺の土地利用状況とともに流入してくる水質成分負荷の実態を把握することが重要な課題である。

実際に河川管理者がおこなっている水域の水質調査は、一般的に頻度が月1回程度であり、総負荷量を推定する場合、特に出水時など十分な頻度とはいえない場合もある。本報告ではモデル水域を設定し、その周辺の土地利用状況からみて、栄養塩を中心に従来の定期調査のほか、自動採水装置により1か月間連続で採水分析をおこない、栄養塩流入負荷量を水域の水文特性との関係で整理した。この結果、低平地での負荷流入は、外水による背水の影響による水位変化を考慮する必要があることを示した。一方、栄養塩の形態では出水時にとくに懸濁態無機リンと硝酸態窒素が支配的であり、藻類の増殖がリン制限にある水域では懸濁態物質の流入制御が富栄養化の抑制に効果的と考えられることを示した。

2. モデル水域の概要

モデル水域として、千歳川流域にあるネシコシ排水池を設定した。図-1にネシコシ排水池の位置図を示す。ネシコシ排水池は、平成元年までに段階的に掘削が進められ、流下方向に約2,000m、横断方向に約130m、水深約1.5m、勾配1/4500の形状となっている。周辺の土地利用状況は畑地が多く、融雪による出水と灌漑期が一致する春期には栄養塩の流入が大きい。気象概況は、まず、気温は夏期に30℃程度まで上昇し、冬期には-20℃程度まで低下する。降水量は年間1,000mmを越え、7~10月に多い。風速は、年間を通して5m/s以上で、夏期に南より冬期に北よりの風向が卓越している。池内は、水深に対して流下方向の距離が大きく水流が風の影響を強く受けるため、常時、混合状態にある。さらに、火山灰やシルト質を主体とした細粒成分が流入したり巻き上げられたりして水の濁りが顕著である。

池内の流入流出状況は、主にSt.3とSt.5から流入し、St.4より千歳川へ流出している。なお、千歳川と排水池は樋門で連結されており、内水位が上昇した場合は排水機を運転して内水を千歳川に排除する。水路形状と観測位置を図-2に示す。



図-1 調査個所の位置



図-2 水路形状と観測位置

3. 調査方法

流入負荷量の調査対象地点は図-2に示すSt.3で、周辺からの集水面積は約20km²であり、水深は約1.0~1.3mで変動している。後で示すように当該水域は低平地で出水時は内水が貯留され、同時に外水(千歳川)の影響で水位の上昇とともに流量が減少する。また、内水位があるレベルまで達すると排水機場が稼働し、水位の下降とともに流量が増加する。この結果、通常河川流量の推定に用いられている水位-流量(H-Q)関係は適用できない。そこで、水位とともに自記流速計を設置し、両者によって流量を推定した。

また、水質成分については、当該水域へ流入する負荷量を連続的に把握するため、St.3に自動採水器を設置し、1日毎のコンポジット採水をおこなった。ここでおこなったコンポジット採水は、前日の9時から翌日の8時までの毎正時に24回サンプリングするように設定し、それを8月中31日間おこなうことで、流入水の水質成分の平均的な濃度変化を抑えるものである。

*Continuous Observation and Analysis of Water Quality Load from the Area around the Stagnant Water Channel by Shogo OHSHIMA, Mitsusi FUJITA, Makoto NAKATSUGAWA, Kazuhiro SAKAYI

ここで用いた自動採水装置は、冷蔵庫が装備されており気温の上昇する夏季においても試料の変化が起こらないように温度設定が可能である。自動採水装置の採水ポンプの部分は、図-3に示すように観測地点の流心で水面から常時2割水深を保つように、可動式のフロートに固定し水位変動にあわせて採水できるようにした。

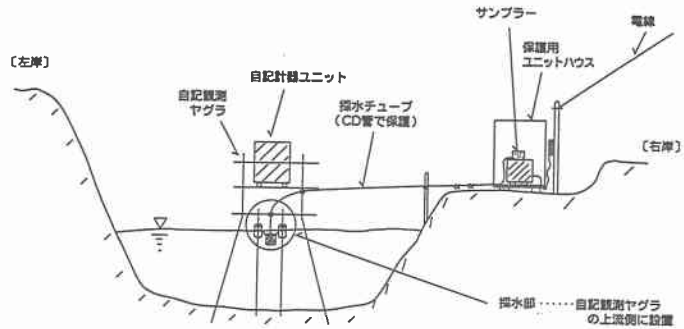


図-3 自動採水装置の設置状況

4. 水文特性と流入水質成分

図-4にSt.3の1995年8月の水位、流量とともに降水量の変化を示す。また、コンジット採水によって得られた総リンと総窒素の変化も併せて示す。調査時の栄養塩濃度の一般的傾向をみると、総リンは流量の変化に追従するように変化し、出水後には急激に濃度が下がる傾向にある。しかし、窒素は出水後も濃度の低下は緩慢であり、出水後は出水前より高い濃度が維持される傾向にあった。また、数度の出水で徐々に濃度が高まっていく履歴効果もみられている。また、それとともに、モデル水域における水文特性は、特に降雨出水時に水位上昇時には流量が減少し、水位下降時には流量が増加するといった現象が確認できる。前者は、内水の貯留とともに千歳川の背水の影響を受けて流下能力が低下すること、後者は水位上昇があるレベルに達すると排水機場の運転が開始され、水位低下とともに流れが促進されることによるものと考えられる。

一般的に流入する水質負荷成分は流量との関係式(負荷量-流量(L-Q)式)で推定することが多い。これを用いる場合、負荷量は濃度に流量が乗じたもので、すなわち負荷量は流量に対して独立の変数ではないので、濃度そのものが流量の関数として推定されるかどうかは明らかでない。もちろん、負荷量自体が流量に強く依存しているとして、実用的範囲で簡便な推定にはL-Q式の価値はあるが、場の条件を踏まえ、より一層の精度向上を目指すには、濃度自体からの考察も必要と考えられる。この観点で流量とT-P、T-N濃度自体の関係を整理すると、図-5に示すように両者にほとんど相関性がみられないことがわかる。一方、先に示したように当該水域のような低平地の流路では外水位と内水位の相対的關係で流量が規定されるので、水位の挙動が濃度に作用していると考えられる。図-6には水位と栄養塩濃度の関係を示す。

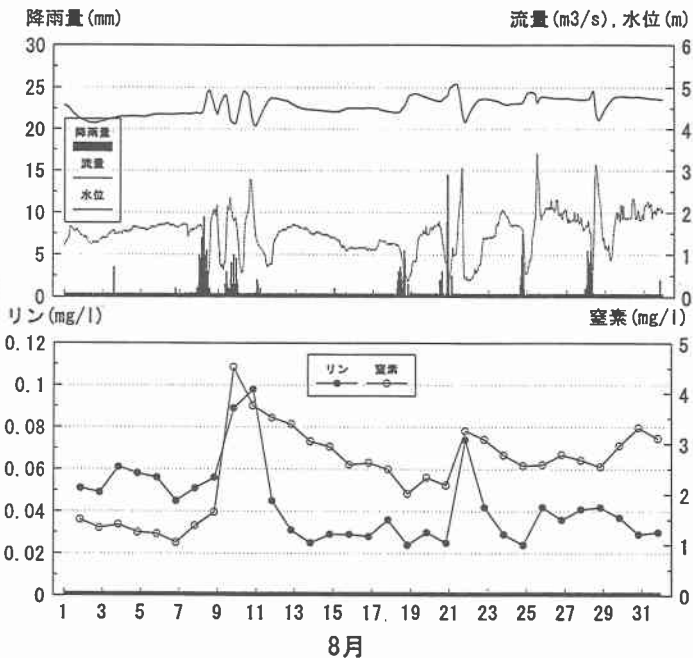


図-4 水位、流量、降水量、リン、窒素の変化 (ネシコシ 1995年)

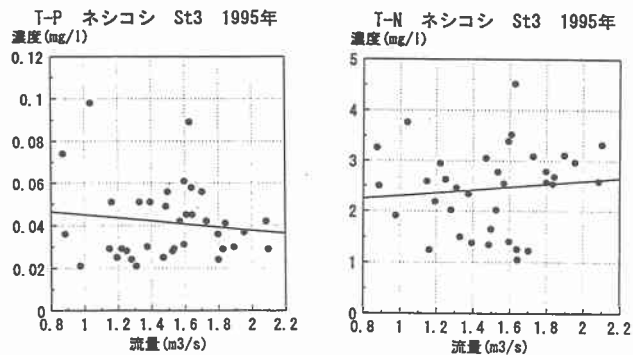


図-5 T-P、T-Nと流量の関係

これから、流量との関係よりは明瞭な傾向がみられる。ここで特徴的なのは、リンについては水位上昇とともに濃度が減少し、窒素についてはその逆である。前者については懸濁態が支配的であるため、水位の上昇とともに掃流力が落ち、懸濁物が沈降して濃度が減少すると考えられる。また、後者については溶存態が支配的であることから沈降の影響を受けず、水位の高い時期に流域からの流出に応じて負荷量が増加しているように見える。このような栄養塩の形態については次節で示す。いずれにしても、水質成分の負荷量については、現地条件や懸濁態や溶存態といった形態を勘案し、流量だけでなく、流速や流出過程などの水文条件、また土地利用条件も総合的に考えあわせて、推定精度の向上を目指していく必要がある。

5. 栄養塩の形態

リンの形態別の傾向としては、図-7に示すように溶存態リン(DP)は平常時、出水時に関わらず一定の値を示しており、出水による濃度の上昇は懸濁態リン(PP)の増加によるものであり、出水後はPPが比較的早く低下する傾向にあることが確認された。また、PPについては無機態の $PO_4\text{-P}$ が支配的であるということが確認できる。図-8に示した経年的な変化から求めた流入水質のI-PとT-Pの関係を図-9に示す。1990~1995年までの6年間の定期観測の結果から、T-PやI-Pは詳細な変化を見せているが、割合としてはI-PはT-Pの50%を平均的に占めていることが確認されている。また、リンの懸濁態成分が多いことは、図-10に示すリンとSSとの関係からもいえる。このような現象は、懸濁態リンの水域での挙動を調査した佐藤¹⁾や高島ら²⁾の報告とも一致する。先の報告³⁾で示したように、当該水域は藻類の増殖はリン制限であるので、リンの収支を把握することとともに、それをコントロールすることが重要である。また、上記で示したように懸濁態無機リンの流入が多いわけだが、それが池内の藻類の内部生産にどのように寄与しているかを解明する必要がある。もし、それが効率的に行われているのであれば、例えば沈砂池などを利用して出水時の懸濁成分の低減を図れば、富栄養化の制御に効果的とも言える。

リンに対して窒素は、図-6に示すように水位の上昇にあわせて濃度が増加

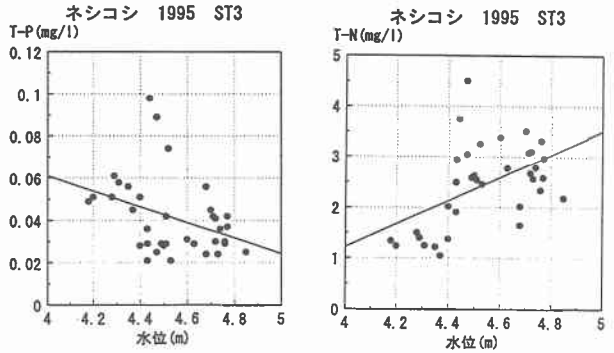


図-6 T-P, T-Nと水位の関係

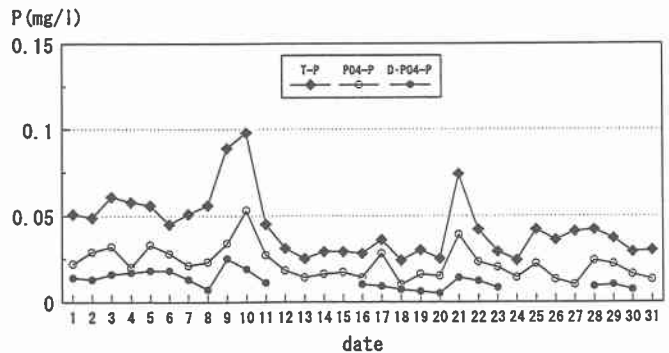


図-7 リンの形態別の変化(ネシコシ 1995年)

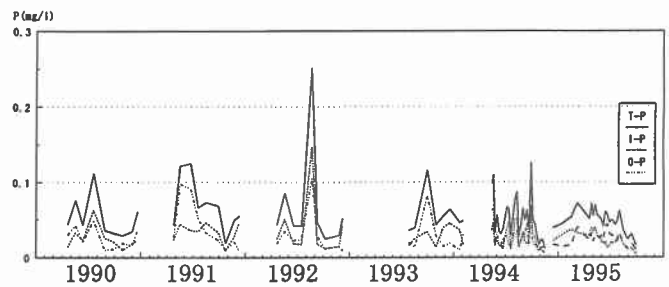


図-8 リンの形態別の経年変化(ネシコシ 1990~1995年)

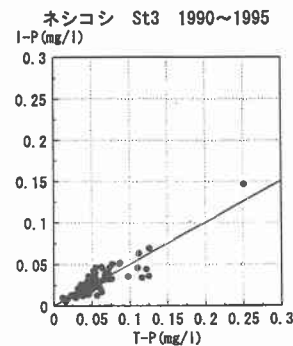


図-9 T-PとI-Pの関係

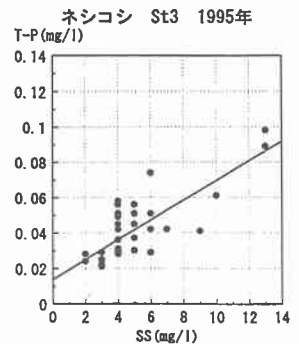


図-10 T-PとSSの関係

する傾向がみられた。また、図-11に示すように窒素は形態別成分の中でも8割以上を溶解性の特に硝酸態窒素が占め、出水時の窒素増加分のほとんどが硝酸態窒素であることが確認されている。この時、アンモニア態窒素や亜硝酸態窒素は、出水時であってもほとんど変化しない傾向にあることが確認された。また、図-12に示した窒素の経年変化を1990～1995年の6年間の定期観測の結果から、T-NのほとんどをI-Nが占めているのが明瞭に確認できる。また、I-Nの内訳は硝酸態窒素(NO₃-N)がその大部分を占めている。

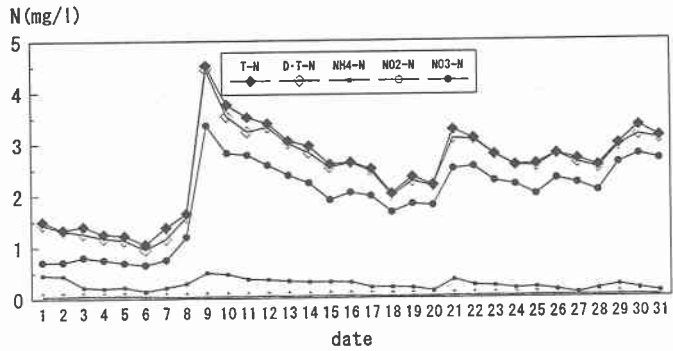


図-11 リンの形態別の変化(ネシコシ 1995年)

6. あとがき

今回の調査結果から以下のような知見が得られた。

1) 当該水域のような低平地において流入負荷を的確に推定するには、内水貯留と外水による背水の影響もたらす水位変化を考慮する必要がある。

2) 当該水域における栄養塩の形態は、出水時にくに懸濁態無機リンと硝酸態窒素が支配的であった。特に、無機リンについては常にT-Pの50%を占めていることがわかった。

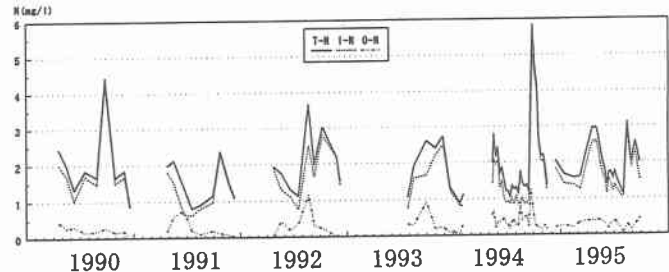


図-12 リンの形態別の経年変化(ネシコシ 1990～1995年)

今回の報告では一ヶ月間の連続的な水質調査から平常時から出水時までを含めた流入負荷の挙動を示した。

今後は、流速や流出過程などの水文的要因と水質成分の関係を考慮するとともに、土地利用状況や施肥量と水質成分の関係を調査し、流入水質の推定精度向上を目指したい。

参考文献

- 1) 佐藤敦久: 水環境工学 浮遊物質からみた環境保全, 技報堂出版, 1987
- 2) 高島英二郎, 田中宏明, 中村栄一: 手賀沼流入河川における汚濁負荷量の流出特性および年間負荷量の把握, 水環境学会誌, Vol.18, No.4, 1995, pp.297～306
- 3) 大島省吾, 中津川誠, 佐藤徳人, 山崎真一, 船木淳悟, 平野令緒, 坂井一浩: 停滞性水路における水質現象の観測と解析, 土木学会北海道支部年次学術発表会論文集, pp.336～339, 第51号(B), 1995