

II-9

茨戸湖の水質の変遷

学生会員 川辺英行 北海道大学工学部
 吉田邦伸 北海道大学工学部
 正会員 橋 治国 北海道大学工学部

1. はじめに

都市近郊の水域の有機汚濁は、下水道や工場、事業所の処理施設の整備によって改善がなされてきた。しかし湖沼のような閉鎖性の強い水域では、下水の処理過程で残された栄養塩や、農地等の面源に由来する栄養塩の流入によって富栄養化が進み、今だアオコが発生などの環境問題が生じている。したがって下水道の高度処理とともに、水域周辺の面源流出の管理が要求されるが、目標とされる水質をクリアできるような富栄養化防止対策を行うことには困難を伴う。

本論文では、筆者らが20年以上に渡って測定した札幌市近郊にある茨戸湖の水質データを基に、都市近郊湖沼の水質の変化とその特徴について解析し、湖沼の集水域内の下水処理や土地利用との関連について検討を加えた。そして将来の都市活動と周辺水域の環境管理についても若干の考察を行った。

2. 研究方法

2.1 対象水域の概況

茨戸湖は石狩川の治水政策の一環として昭和6年に石狩川本流から切り離されてできた人工の三日月湖である。

その全長は約20kmで最大水深が8~9mの浅い湖沼であり、上部、中部、下部の三湖盆からなる。各湖盆は小水路のみで結ばれているために閉鎖的である(図2-1参照)。本水域の特徴として、下部湖盆の上流側には創成川、伏古川、発寒川が流入しており、創成川と伏古川を通じて札幌市の下水処理水が流入している。また、札幌市と石狩町で管理している茨戸川下水処理場の放流水が下部湖盆に直接流入している。創成川処理場は1967年に、伏古川処理場は1968年に、1977年には茨戸川処理場がそれぞれ運転を開始した。札幌市北部の住宅地域の発展により1970年には約20万人であった処理人口も1990年には約160万人を超えるようになった。このように本湖は、都市排水の影響を強く受けている。1978年からは茨戸川浄化対策事業が始まり、この時期から底泥の浚渫が下部湖盆St.5付近から開始された。また1976年の洪水を契機に河川の改修がはじまり、St.3付近は拡張され様相を一変した。

2.2 解析方法

1970年から1994年までに茨戸湖全域で行った調査によって得られた有機物や栄養塩、無機イオンなどに関する水質データの中から、上部湖盆(St.12)、下部湖盆上流端(St.3)、下部湖盆(St.5)の3地点について着目し、解析を行った。一般的な水質の経時変化は、札幌河川事務所20年史¹⁾に詳述されている。

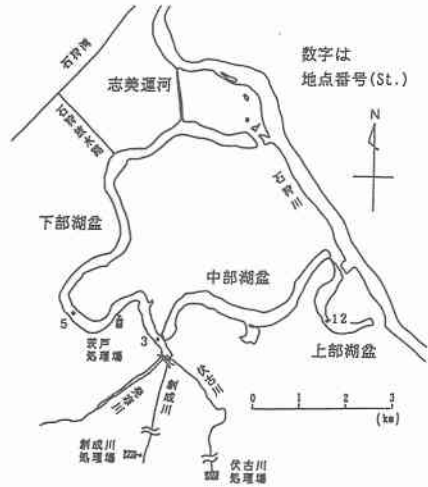


図2-1 茨戸湖の概況

Changes of water quality of Lake Barato

by Hideyuki KAWABE, Kuninobu YOSHIDA and Harukuni TACHIBANA

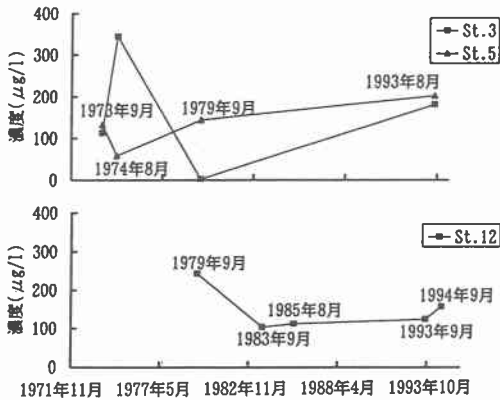


図 3-1 Chl-a 濃度の経時変化

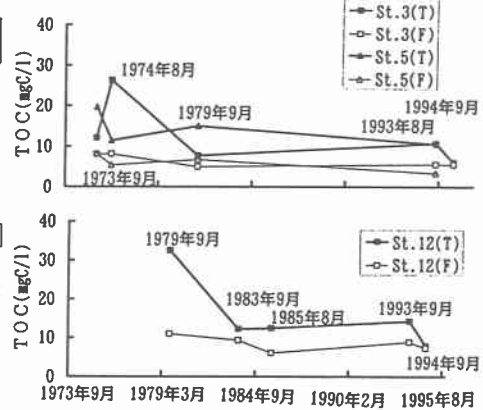


図 3-2 有機物炭素(TOC)濃度の経時変化

3. 結果と考察

3.1 水質の経時変化

(1) 藻類の増殖状況について

茨戸湖の各調査地点における Chl-a 濃度を図 3-1 (夏季のデータ) に示した。下部湖盆の Chl-a 濃度には過去に大きな変化が認められるが、上部湖盆 (St. 12) では 100~200 mg/l で大きな変化はない。流入河川の河口部である St. 3 では、1974 年が 344 μg/l、1979 年が 2.5 g/l と変化が著しいが、これはこの地点が流入河川水の滞留など流況の影響を受け易かったためである。河川整備後 (1979 年以後) は、常にこの St. 3 で藻類の発生がみられるようになった。St. 3 より下流側に位置する St. 5 でみると、藻類の増殖状況は経年的には大きな変化はないといえる。このことから栄養塩の発生源である札幌市の下水処理および排除システムに大きな変化がなかったといえる。また、上部湖盆への栄養塩の流入形態には、大きな変化がなかったといえる。図 3-1 に対応した有機物炭素 (TOC) 濃度 (1979 年以前は COD (Cr) から換算) の経時変化を図 3-2、また TOC (SS) 濃度と Chl-a 濃度との相関を図 3-3 に示した。TOC 濃度は Chl-a 濃度と対応して変化しており、夏季の

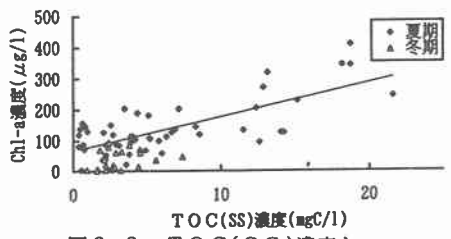


図 3-3 TOC(SS)濃度と Chl-a 濃度との相関

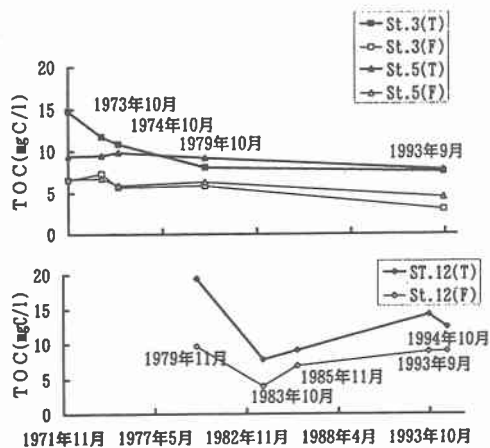


図 3-4 TOC 濃度の経時変化(低温時)

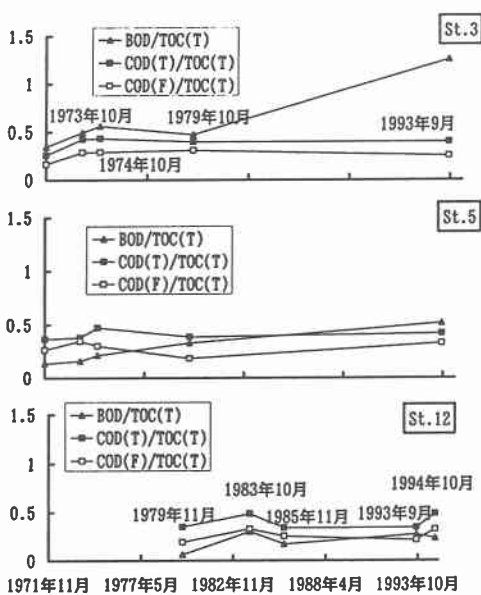


図 3-5 有機物組成の経時変化

有機物の増加が藻類、すなわち高い栄養塩に有機物よることがわかる。

(2) 有機物について

茨戸湖の各地点における低温時の有機物炭素 (TOC) 濃度 (1979年以前はCOD (Cr) から換算) の経時変化を図3-4に示した。都市排水の流入を受けた下部湖盆のSt. 3, 5では、TOC濃度が幾分低下しているようではあるが、20年間では大きな変化はない。閉鎖的な上部湖盆のSt. 12もTOC濃度には大きな変化がなく、下部湖盆のSt. 3, 5地点に比べると若干高いという特徴が維持されている。BOD、CODとTOC (酸素濃度変換) との比を図3-5に示した。BOD/TOC (T) が下部湖盆で大きく、上部湖盆で小さいという傾向には変化がなく、TOC濃度の経時変化を併せると、上部湖盆の自然的特徴はまだ残されているといえるが、St. 12で、若干高くなる傾向が近年に認められる。これは本湖盆の泥炭地という特異な環境にも、周囲の土地開発などの影響が現れ始めたことによると推察される。下部湖盆St. 3, 5では、BOD/TOCにかなりの増加の傾向がみられるが、TOC濃度が増加していないことから、BODの測定値が大きいことによると考えられる。これには下水処理場で問題になっている硝化による酸素消費や藻類による呼吸が関

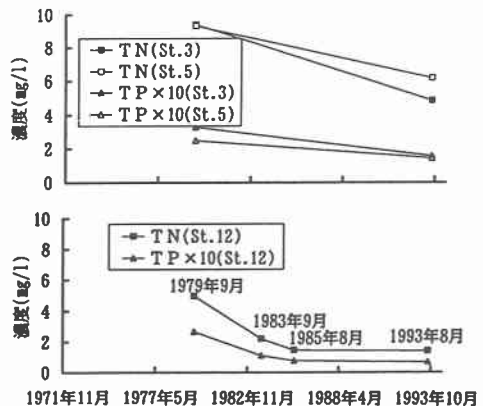


図 3-6 全窒素(TN)濃度と全リン(TP)濃度の経時変化

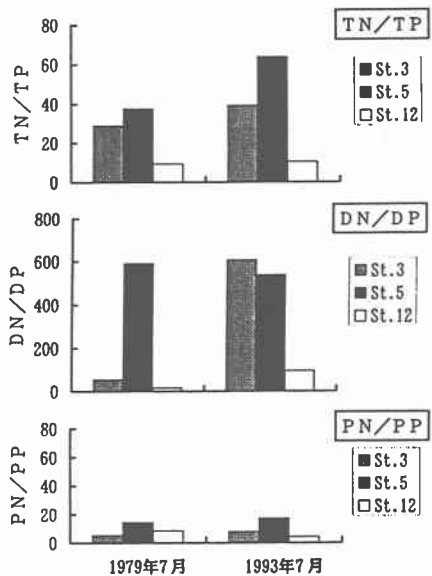


図 3-7 N/P比の変化

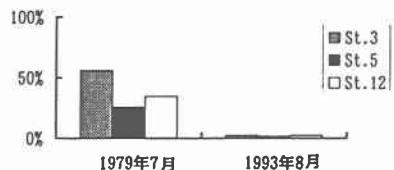


図 3-8 DRP/TRP比の変化

連していると思われる。今後の検討事項であろう。COD/TOCは、本湖では0.4と低い値を示しており、難分解性有機物が存在していることがわかる。

(3) 栄養塩について

TNとTP濃度の経時変化を夏季について図3-6に示した。1970年代はじめは、TN、TPの観測には、分析法のこともあり、一般には測定されることは少なかった。St. 3、5では、TN、TP濃度がともに減少の傾向を示している。1979年には、TNで10mg/l程度もあったわけで、栄養塩濃度の低下は下水処理等の普及の効果と見なせるだろう。上部湖盆St. 12では、最近著しく小さいが、農地等の面源からの流出が少なくなったためといえる。TN/TPを図3-7に示したが、St. 5で大きく、St. 12で著しく小さい傾向は変わらず、栄養塩の存在形態に大きな変化がないといえる。本湖の下部湖盆では、基本的にはリンに対する相対的な窒素量が多く、藻類の増殖はリンに制限されていると考えられる。St. 3で1979年のDN/DPが極めて小さいが、これはTOCでも説明したが、都市排水そのものの影響が強いため、St. 5では通常に回復している。いいかえれば、過去にはリン化合物が底泥にかなりの量で沈降していたと推測される。

異常増殖で問題となる藻類が利用しやすいのは溶存態反応性リン(DRP)である。DRP/TRPを図3-8に示したが、最近では激減しており、TRPのうちほとんどがPRPの状態である。これはリンの流入形態に大きな変化が生じたといえ、下水処理の普及や水田面積の減少が原因として推測される。しかしChl-a濃度は大きく変化していないので、藻類は懸濁態リンPRPを利用して容易に増殖することがわかる。

2) このことは、リンと藻類の増殖を関係づけるときに重要な知見である。

3.2 茨戸湖の水質組成の変化

茨戸湖の水質組成の時間的な構造の変化を、各地点の水質の主成分分析によって検討した(図3-9~3-11参照)。以下にその結果をまとめる。

(1) 下部湖盆(St. 3)について

本地点の水質は都市排水の影響がもつとも大きい。図3-9に示したとおり、第1主成分は、正方向にBOD、Chl-a、硝酸性窒素(NO₃⁻-N)やCl⁻、負方向にアンモニア性窒素(NH₄⁺-N)、溶存態リン(DP)、TOC(F)で、生物活動や水の流動に関する要素と解釈できる。第2主成分は正方向に有機汚濁物質、負方向に栄養塩を中心とした人為汚濁物質が位置し、汚濁供給源すなわち汚濁のパターンと関連した成分といえる。

得られた主成分得点の分布は、第3、4象限に分布する1979年のグループと第1、2象限に分布する1993年、1994年のグループとに分けられた。したがって、下水処理水の

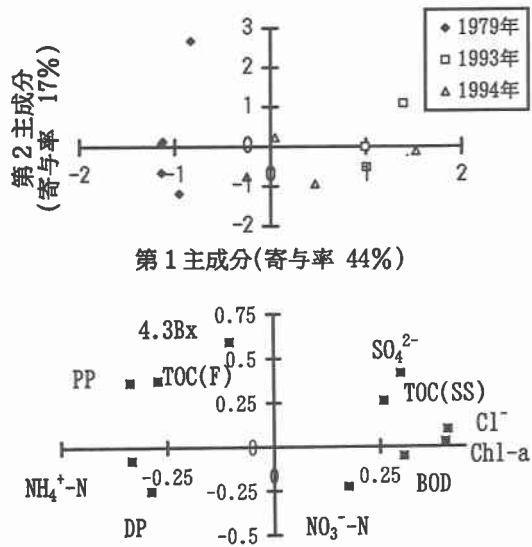


図3-9 主成分分析の結果(St.3)

影響を強く受けるSt. 3の水質は1979年から1994年までの15年間に有機物や窒素・リンが特徴的であった状態から、下水処理の効果により減少したとはいえ未だ高い濃度の栄養塩によって潜在的な藻類増殖能力が高い状態にあるといえる。

(2) 下部湖盆 (St. 5) について

図3-10より、第1主成分は正方向に塩化物イオン (Cl^-) や硫酸イオン (SO_4^{2-}) が、負方向に茨戸湖に特有の溶存有機成分 (TOC (F)) が、運河を経由して侵入する海水を混入した石狩川の水の影響を表している。第2主成分はSt. 3と同じような分布である。図3-10から、St. 5の水質は茨戸湖特有の有機汚濁の状態から、富栄養化を中心とした汚染の形態に変化してきていることがわかる。

(3) 上部湖盆 (St. 12) について

図3.2.3から、第1主成分は水の流動と関連した成分であり、中部湖盆由来の一般無機成分が負方向に、下部湖盆に由来する有機成分や栄養塩が正方向に分布している。第2主成分はSt. 3同様に汚染の形態と関連している成分である。経時的にも他の地点同様に、供給源の変化 (土地開発等) の影響がみられ、本湖盆固有の有機汚濁に変化がみられてきたようである。

4. 結論

茨戸湖の水質は、元来泥炭地特有のものであったとおもわれる。この湖には札幌市を中心とした都市の排水が流入し、有機汚濁と富栄養化が進行したが、下水道の整備や都市開発による土地利用状況の変化は、確実に水質に変化を及ぼしている。

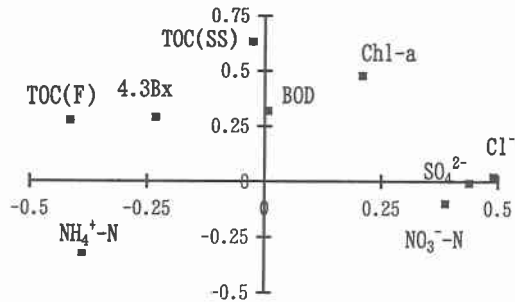
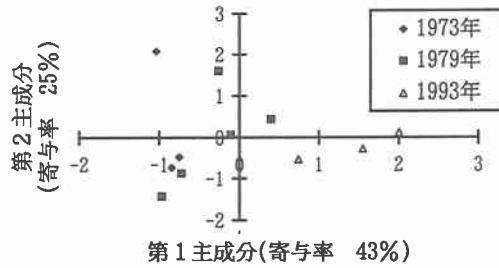


図3-10 主成分分析の結果 (St.5)

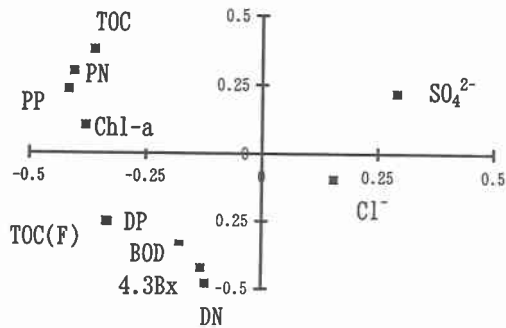
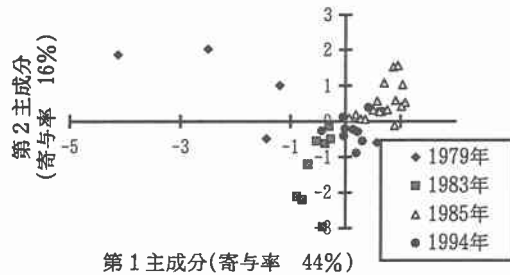


図3-11 主成分分析の結果 (St.12)

しかし栄養塩の質が変化したにも関わらず藻類の発生状況には大きな変化はない。適切な水質管理には、新しい視点での対応が求められる。

(参考文献)

- (1)北海道開発局石狩川開発建設部札幌河川事務所 札幌河川事務所20年史、1993
- (2)橋 治国 富栄養化と水質解析 1995年度(第31回)水工学に関する夏期研修会講義集Aコース、A-2-1-A-2-16、1995