



Title	茨戸湖の水環境保全
Author(s)	吉田, 邦伸; 米谷, 功; 行木, 美弥 他
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 8 都市・水・室内等の環境 . 8-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 308-313
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7634
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-8-1_p308-313.pdf



茨戸湖の水環境保全

北海道大学工学部 吉田邦伸、米谷 功、行木美弥、橘 治国

1. 緒言

都市近郊水域の富栄養化現象は、栄養塩の発生源が下水処理場放流水、生活排水そして地表面や排水溝内の堆積物を含む降雨時流出水などとして多数存在し、またこれら栄養塩は水域内はもちろん流出過程においても様々に質的な変化を受けるため、そのメカニズムは防止対策として自然環境を取り戻すことができるまでには把握されていない。筆者らは、札幌市からの生活系を中心とした各種の排水が流入して富栄養化が著しい茨戸湖を対象に、その特徴と機構の解明を目的として調査を行っている。今回は、茨戸湖の水質の特性を統計的に区分し、各グループの栄養塩の動態を明らかにするとともに、これらと藻類の増殖との関係の特徴を整理した。また湖内の水質に影響を与えるものとして、降雨量と栄養塩の面源流出負荷量（下水処理場からの簡易処理水や田畑からの増水時排水）の関係を検討し、富栄養化の防止対策について若干の考察をおこなった。本報告は、資料1)2)3)の成果をまとめたものである。

2. 研究方法

2.1 茨戸湖の概況 茨戸湖は、石狩川の内水位氾濫防止を目的に、昭和6年に生振新水路によって本流から切り離されてできた全長約20Km、面積4,4Km²の三日月湖である⁴⁾ (図1)。本湖は、上部、中部、下部の3湖盆に分かれ、水路によって連結されているが、湖盆間での水の交換は少ない。茨戸湖への主な流入河川は、伏古川、創成川、発寒川の3河川で、下部湖盆の東端付近に流入する。創成川と伏古川には札幌市の下水処理放流水が、また茨戸湖下部湖盆には札幌市と石狩町の下水処理放流水が流入し、茨戸湖への最大の汚濁源となっている。下部湖盆は志美運河によって石狩川と連絡し湖水は流出するが、石狩湾の潮位によっては石狩川の水とともに遡上した海水の流入を見ることがある。なお地質的には上部湖盆を中心に本湖の周辺には泥炭地が発達している。

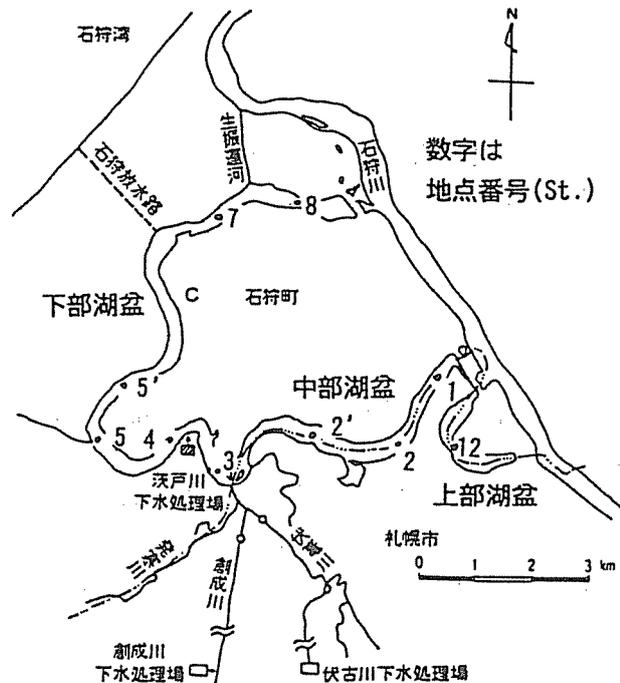


図1 茨戸湖の概況

2.2 調査地点と時期 採水地点を図1に示す。調査は、1992年9~11月（降雨の影響調査）、1993年7月~9月（非降雨時の調査）に実施した。

2.3 分析項目 栄養塩やTOCなどの富栄養化関連成分や主要無機イオンなど、約30項目を対象水質成分とした。

3. 結果と考察

3.1 茨戸湖の水質の特徴と形成要因

藻類の増殖が著しかった8月の表層水の水質（図2）を対象に、代表的な15の水質成分の濃度

に関して主成分分析を行った。その分析結果を図3と図4に示した。第1主成分(寄与率43%)は、COD、フミン酸など泥炭地浸出水に特有の項目が正に、 Cl^- や Mg^{2+} など海水起源の項目が負に分布し、集水域の特性など自然的要因の影響度合いを示している。第2主成分(寄与率23%)は、BOD、 NO_3^- -Nなど都市排水に高濃度で含まれる項目が高い負荷量となり、人為的汚濁の度合いを示している。この結果から、茨戸湖水質を下記に示す特徴的な3グループに区分できた。水質の季節変化が大きいため、通年的に区分することは難しかった。

(1) 第1グループ: St.12、1 (上部湖盆、中部湖盆上流部) COD、フミン酸濃度が高く、泥炭地にみられる湖沼特有の水質である。この水域は停滞性が強く、周囲の農耕地などからの流入によって富栄養化が進行しており、藻類濃度も高い。

(2) 第2グループ: St.2'、3、4、5、5' (中部湖盆下流部、下部湖盆上流部) BODと NO_3^- -Nを高濃度を含み、札幌市から流入する都市排水の影響で、有機汚濁と富栄養化が進んでいる。夏季の藻類増殖は活発である。

(3) 第3グループ: St.7、8 (下部湖盆下流部) 有機物や栄養塩の濃度は、第2グループより減少する。 Cl^- などの無機イオン濃度が増加し、汽水性を呈する。流下過程の自浄作用と、運河を通じた湖外との水の交換の影響が認められる。

3.2 茨戸湖における栄養塩の動態と藻類増殖

(1) 栄養塩とChl-aの濃度変化

茨戸湖の栄養塩とChl-aの濃度分布から、各グループについて下記のような富栄養化の特徴が認められる。

第1グループ: 懸濁態リンを除くと栄養塩濃度は低いですが、藻類の増殖は活発である。栄養塩と藻類量の季節変化は少なかった。

第2グループ: 栄養塩濃度が高く、最高濃度はTPで0.16mg/l、TNでは8.1mg/lであった。対応して藻類の増殖が著しく、8月にはChl-a濃度は200 μ g/lに達した。

第3グループ: 栄養塩濃度はTPで0.10~0.07mg/l、TNで5.4~2.2mg/lと決して低くはなかったが、塩水の混入による無機イオンの増加によって、藻類の増殖が制限される傾向があった。

(2) 藻類利用可能栄養塩の存在状態について

藻類が利用しやすい栄養塩の形態として、窒素についてはTINを、リンについてはPRP

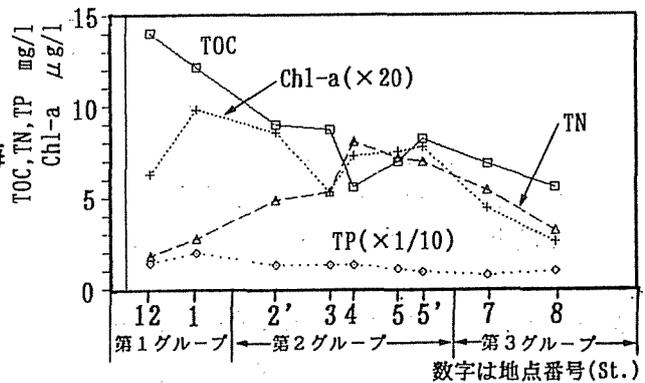


図2 有機物と栄養塩の濃度分布(表層)(8/16)

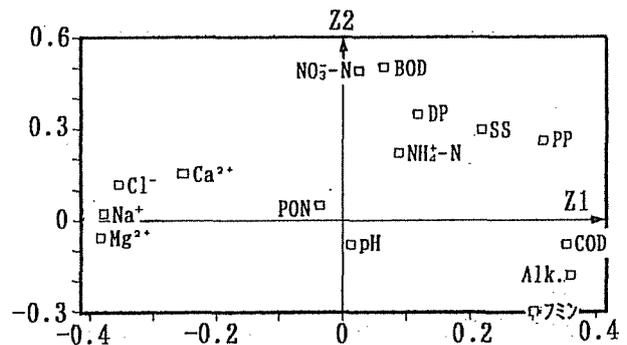


図3 因子負荷量の散布図
(第1、第2主成分について)

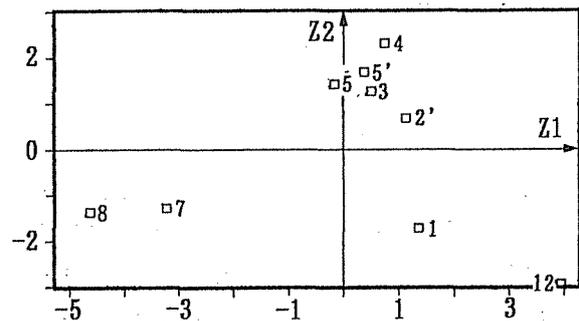


図4 主成分得点の散布図
(第1、第2主成分について)

の藻類利用可能性⁵⁾を考慮にいれTRP (= DRP+PRP)を用い、N/P比(図5)から栄養塩の存在状態、すなわち藻類の増殖を支配する栄養塩の流入環境について検討した。まず第2、第3グループのTIN/TRPが10以上で、中部・下部湖盆の栄養状態が窒素の過剰な都市排水の影響であることが明らかである。一方第1グループではその比が小さく、特にSt.12では8以下となり、相対的にTRPの割合が高く特異的である。第1グループ周辺の農地からは、リン酸を吸着した懸濁物質を多く含む排水の流れ込むことがわかる。

以上から、グループ毎に栄養塩の流入環境には差があり存在状態が異なることがわかった。

(3) 藻類増殖環境について

藻類量当たりの栄養塩量を、Chl-a濃度に対するTIN、TRP濃度の比(図5)で示した。TINについては第1グループと第2グループで大きな差があるのに対し、Chl-a濃度にはそれほど差はなく、これらの水域では藻類は窒素による制限を受けていないことがわかる。第1、第2グループのTRP/Chl-aは、TIN/Chl-aよりも分布幅が狭く、Chl-a濃度と比べて変動が小さく、この水域では反応性リン、特にその大部分を占める懸濁態リンによって藻類増殖が維持されていることがわかる。

第3グループでは、TIN/Chl-aとTRP/Chl-aは共に大きくなっている。つまり、栄養塩濃度に対して藻類濃度が小さいことがわかる。Cl⁻とChl-aの関係から(図6)、8月にChl-aが高い濃度を示した地点(増殖した藻類の流下が認められる地点)を除けば負の相関が認められ、このグループは栄養塩ではなく、石狩川から遡上する無機イオンが藻類増殖を支配していることがわかる。茨戸湖はグループごとに特徴ある多様な水質を持ち、湖水中の藻類はそれぞれの水質環境に適応した増殖パターンを持っていることがわかった。

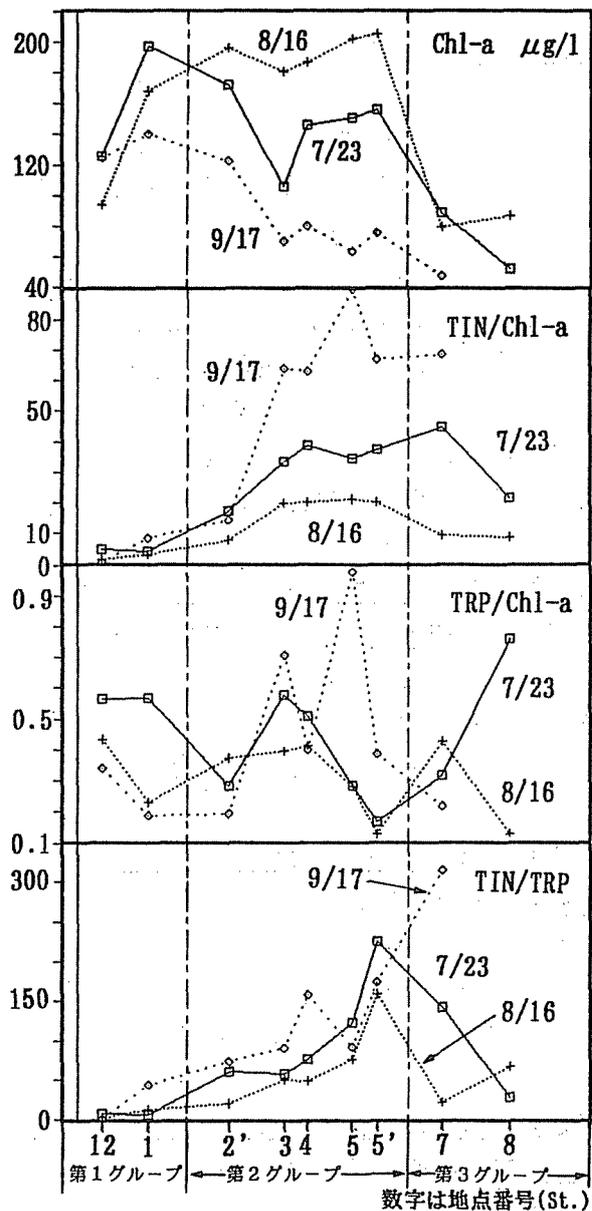


図5 栄養塩濃度と藻類量の関係(8/16)

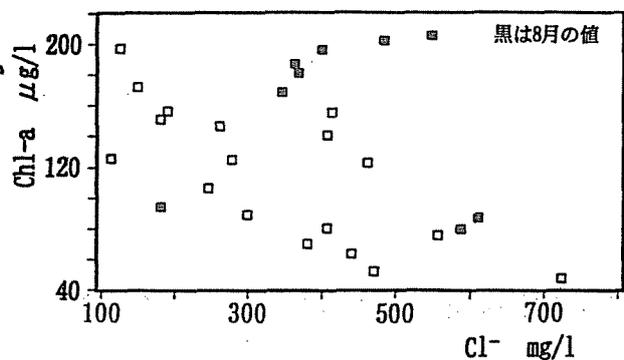


図6 Cl⁻とChl-aの相関

3.3 都市からの茨戸湖への汚濁負荷

都市近郊湖沼においては、下水道システムが合流式の場合、降雨時に下水処理施設から放流される簡易処理水や未処理水によって、都市内の地表や排水溝内で蓄積した堆積物が流入する。そこで、都市排水の影響を大きく受けた水質である第2グループのSt. 3において、湖内の栄養塩濃度と、汚濁負荷の発生源や気象的要因との関係について検討した。

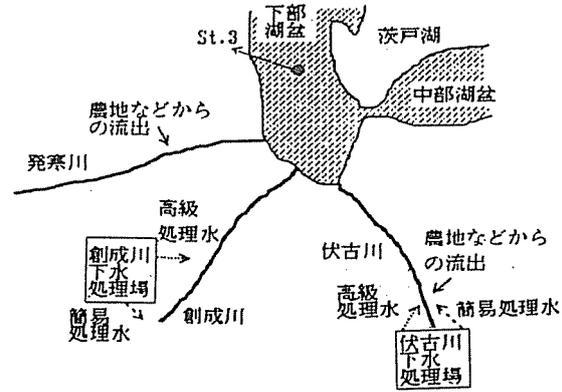


図7 栄養塩の茨戸湖(St.3)への流入経路

(1) 降雨時の茨戸湖水質の推定方法

集水域内におけるSt.

3までの降雨の到達時間はおよそ半日から1日なので、茨戸湖水質への降雨の影響量として、採水日とその前日の合計量を用いた。降った雨は、図7に示す通り、主に創成川、伏古川、発寒川を經由してSt. 3に流入する。本報告では茨戸湖への栄養塩流入負荷量を降雪(融雪)期を除いた1991年5月~11月の期間を対象に1ヶ月単位で推定した。

表1 下水処理場放流水の年平均水質 (mg/l)

	創成川処理場				伏古川処理場	
	高級処理		簡易処理		高級処理	簡易処理
	第一施設	第二施設	第一施設	第二施設		
TN	13.3	10.8	25.2	23.3	16.8	26.2
TP	0.28	0.56	2.8	2.6	0.32	2.5

表2 原単位 (kg/km²・年) と降雨時流出負荷量算定式

	原単位	算定式
TN	1300	$L = 0.00225 \times A \times \left(\frac{Q}{A}\right)^{1.030}$
TP	190	$L = 0.0000017 \times A \times \left(\frac{Q}{A}\right)^{0.605}$

L: 負荷量 (kg), Q: 流出量 (= 流出率 × 降水量)
A: 流域面積 (km²)

下水処理場からの負荷は、放流水を高級処理水と簡易処理水(無処理の直接放流水を含む)に分け、高級処理水は放流量に表1に示す年平均水質を乗じて⁶⁾、簡易処理水は放流量と初沈流出水の月平均水質などを用いて推定した。農地などの面源から流出する負荷は、表2に示すとおり、晴天時は海老瀬による原単位によって、降雨時は海老瀬による回帰モデル式を用いて算出した⁷⁾。なお降雨の水域への流出率は0.5と仮定した。河川に流入した負荷は自浄作用もなく全て茨戸湖下部湖盆東端(St. 3)に流入するものとした。

(2) 降雨時の茨戸湖水質

St. 3における降水量とTN、TP濃度との関係を図8に示した。TPでは降雨量と正の相関関係が認められるが、TNで劣るようである。降雨量が増加すると下水処理施設から簡易処理水や無処理の汚水が放流され、

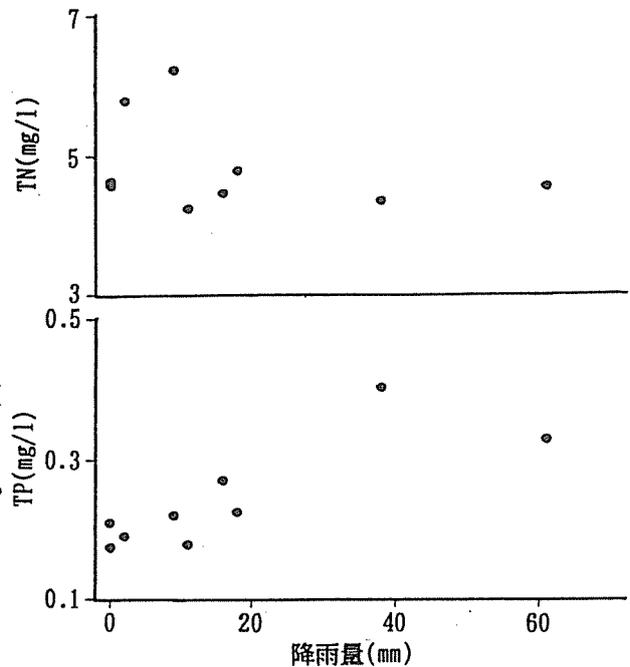


図8 降雨量と栄養塩濃度の関係

さらに周囲の農地などからの流出水量も増すため、茨戸湖の水質が悪化すると考えられる。

(3) 降雨量と茨戸湖へ流入する栄養塩負荷量との関係

降雨量と茨戸湖に流入する負荷量との関係を図9に示した。栄養塩流入負荷量は降雨量に対応して増加する傾向がある。この傾向はTNよりTPの方が顕著である。これは表1の通り、TP濃度は高級処理水と比べて簡易処理水の方が4~10倍も大きい、TN濃度には両者にあまり差がないためである。

S t. 3への流入負荷量を発生源別の割合にしたものが図10である。横軸には対象とする月を降雨量の少ない順に並べた。全負荷量に占める簡易処理水の割合が、TPでは6月では2%しかないのに、8月では38%にまで増加している。これに伴い、高級処理水の割合は、TNでは78~93%と大部分を占めるのに対し、TPでは6月で76%、8月では49%まで減少している。降雨量に対応して簡易処理水や未処理水が放流されるが、その水質に与える影響はTPで顕著である。

(4) 茨戸湖へ流入する栄養塩負荷の発生源別割合

調査期間(5月~11月)における、茨戸湖へ流入する栄養塩の総流入負荷を発生源別に表したものが図11である。TNでは、高級処理水が85.4%と大半を占めるのに対し、TPは高級処理水が61.5%、それ以外が38.5%(簡易処理水21.5%、農地など17.0%)と面源から流入する分の割合が高くなる。TPは、茨戸湖における藻類増殖の主な制限物質であり、簡易処理水や未処理水からの流入負荷を削減することが富栄養化防止策として重要であろう。

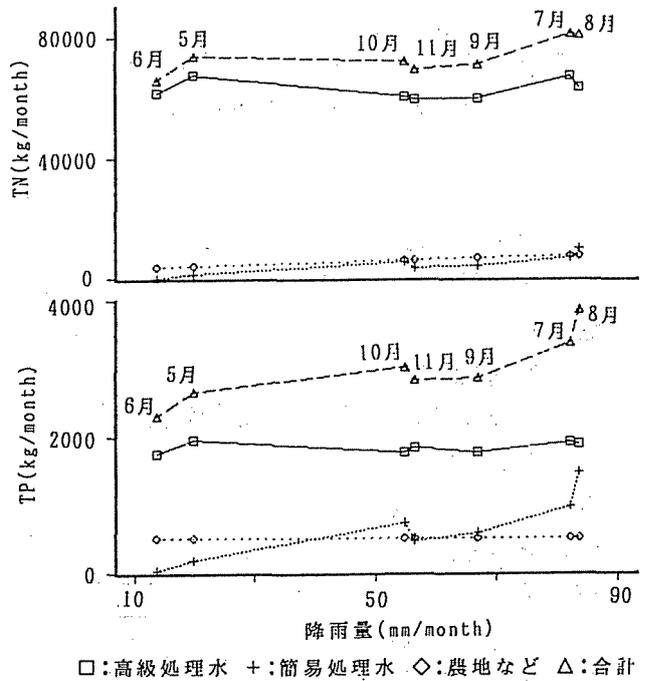


図9 降雨量と茨戸湖流入負荷の関係

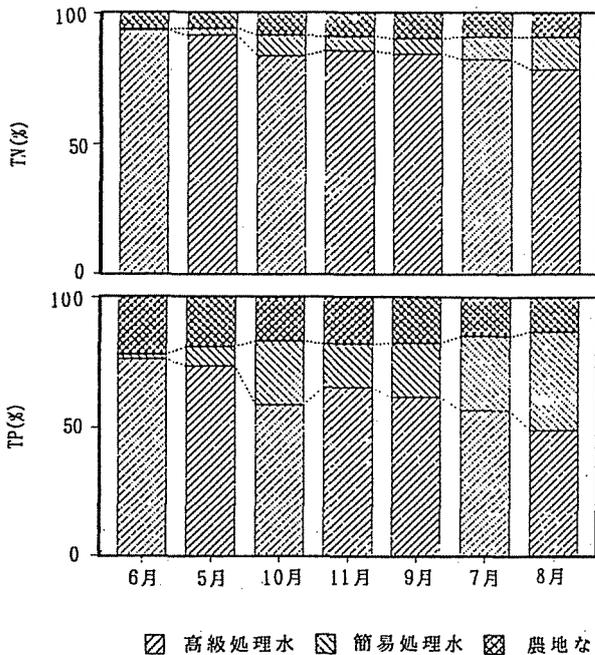


図10 茨戸湖流入負荷の発生源別割合 (各月別)

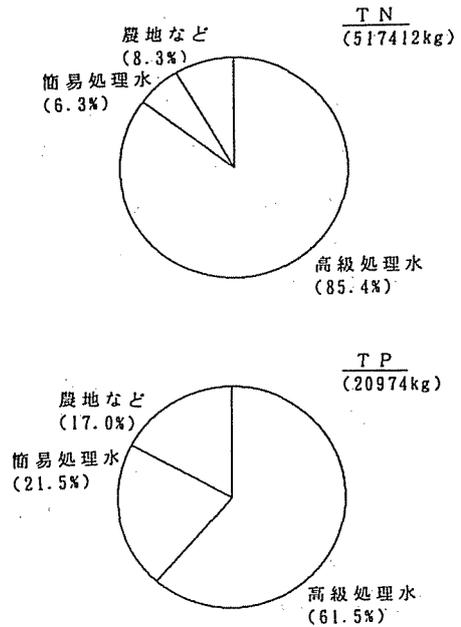


図11 茨戸湖流入負荷の発生源別割合 (合計)

4. 結言 = 茨戸湖の水質環境の保全 =

札幌市近郊の茨戸湖は、流入してくる都市排水ばかりでなく、地理的あるいは地形的な要因によって、さまざまな水質的特徴と藻類の増殖特性を持つ水域であることがわかった。富栄養化制御についても、現場状況に対応した施策の実施が望まれる。

今回の調査の結論は以下のようにまとめられる。

(1) 茨戸湖の水質は水質成分の分布や、集水域の環境等から以下の3グループに分類された。農地などからの面源負荷や、泥炭地浸出水の影響が大きいグループ。

札幌市などの生活排水の影響が大きいグループ。

石狩川との水の交換の影響が大きく、汽水性を呈するグループ。

(2) 栄養塩の存在状態と藻類の増殖状態は地域特性を反映して特徴的であり、湖盆の環境により藻類の増殖を支配する要因は異なる可能性があることがわかった。

(3) 藻類増殖の重要な制限物質であるリンの負荷源として、都市域においても簡易下水処理水を含め、懸濁物質を多量に含む降雨時の面源からの寄与の大きいことがわかった。

(4) 以上の結果から、茨戸湖の富栄養化防止対策は画一的なものでなく集水域の特徴をよく考慮して行われなければならないことがわかった。

茨戸湖は石狩川本流から切り放され人工的に造られた三日月湖であるが、停滞性水域となつてからすでに60年余りが経過した。そのため茨戸湖の周辺環境の影響によって多様な水質環境が形成され、湖内にはそれらに適応した多くの魚種が生息し⁸⁾、漁業も営まれている。湖岸付近には水草が繁茂し、生息する小魚や水生昆虫を餌とする水鳥の姿も多く目にする。このように多様性の大きい、すなわち貴重で得難い生物環境を持つ茨戸湖は、重要な都市近郊の水辺として保全されていくべきであり、そのための富栄養化対策が望まれる。筆者らは、このことを念頭にフィールド調査を継続し、新たな保全システムを提案したい。

参考文献

1) 米谷 功、吉田邦伸、行木美弥、橘 治国 茨戸湖の富栄養化と栄養塩負荷、土木学会北海道支部論文報告集、50巻、p680~683、1994

2) 橘 治国、吉田邦伸、行木美弥、井上 聡 茨戸湖の水質特性と藻類増殖、水文・水資源学会研究発表会要旨集、p350~351、1994

3) 吉田邦伸、米谷 功、橘 治国 茨戸湖の水質環境、寒地技術シンポジウム講演論文集、投稿中、1994

4) 橘 治国(分担) 川の風景(さっぽろ文庫44)、札幌市教育委員会編、1988

5) 橘 治国 藻類増殖能力の推定に関する一考察、衛生工学研究論文集、20巻、p53~60、1984

6) 札幌市下水同局施設部 平成3年度維持管理年報

7) 海老瀬潜一 土地利用形態別流出負荷原単位とその特性、第1回自然浄化シンポジウム-自然浄化機能による水質改善-報告書、環境庁国立公害研究所、p21、1985

8) 井上 聡 都市近郊河川・湖沼の水質及び水辺環境の保全に関する研究 河川環境管理財団助成事業報告書、1984