

石狩川河跡湖の水質保全機能に関する評価

Evaluation of Oxbow Lakes in Ishikari River Basin for its Function of Water Quality Conservation

山本忠男*・長澤徹明*・井上 京*・草 大輔**

YAMAMOTO Tadao*, NAGASAWA Tetuaki*, INOUE Takashi* and KUSA Daisuke**

*北海道大学大学院農学研究科, **農林水産省

*Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, **Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

I はじめに

現在の石狩川の河道は昭和 40 年代に形成されたものであるが、石狩川は、元来激しく蛇行する河川であった。近傍には自然短絡による河跡湖が存在し、後背地は洪水常襲地帯であった。明治以来、洪水被害の解消を目的に捷水路（ショートカット）工事による直線化が進められた。捷水路工事によって排水が改善され、後背地ではさまざまな土地利用が可能となった。これにともない石狩川本流から切り離された河川部分が人工の河跡湖として残された。石狩川周辺に形成された多くの河跡湖の中には、河川堤防の拡幅や農地開発のため、埋め立てられ消失してしまったところもある。これら河跡湖の利用・開発に関しては、比較的自由度が高いとみられがちであるが、現存している河跡湖は、河川法で「石狩川」として扱われる場合があり、利用に関しては、河川法の制約下で関係機関における調整、協議等が必要となる。そのため大幅な改変をとまなう利用は難しいこともあって、河跡湖は原型に近い状態で存在しているといえよう。一方、昭和 40 年代以降には、農業用水の需要増加や多様化にともない、河跡湖が水源として評価されるようになった。

現在、石狩川河跡湖は、地域農業にとって重要な水源であると同時に、排水の受け皿、循環灌漑における中間貯留の場といった役割も担っている。また農業以外でも、ビオトープやレクリ

エーション空間、遊水池などの様々な機能があり、重要な地域資源として位置づけられる¹⁾。

本来、一般湖沼と同様に河跡湖にも水質環境保全機能がある。しかし一方で、河跡湖は河川等にくらべて滞留時間が大きい湖内に物質を貯留しやすい。さらに河跡湖では、その自然浄化能力を超えた物質の流入によって、浅化や富栄養化が生じる危険性がある。いずれにしろ現存する河跡湖を地域資源として将来にわたって位置づけていくためには、その水質保全機能を把握する必要がある。本研究では、石狩川河跡湖の水質環境の実態を調査し、水質保全機能の評価を試みた。

II 調査の概要と水質分析

石狩川中下流域には多数の河跡湖が点在するが、周辺土地利用や河跡湖の利用状況、流入・流出河川の有無などの特徴に鑑み、代表的な 7 つの河跡湖（東沼、西沼、菱沼、伊藤沼、雁里沼、皆楽公園、しのつ湖）を調査対象とした（図 1～6、表 1）。これらの河跡湖で灌漑期に約 10 日間隔、非灌漑期には約 1 ヶ月間隔で定点採水をおこなった（サンプル数 14～17）。なお、採水は降雨影響の無い時におこなった。採水期間は 2000 年 4 月～11 月である。また、河跡湖の利用状況や周辺土地利用等に関するヒヤリング調査を、各市町村、土地改良区等の協力を得ておこなった。

東沼と西沼の周辺地区では循環灌漑がおこなわれており、河跡湖は中間貯留池、あるいは補助用

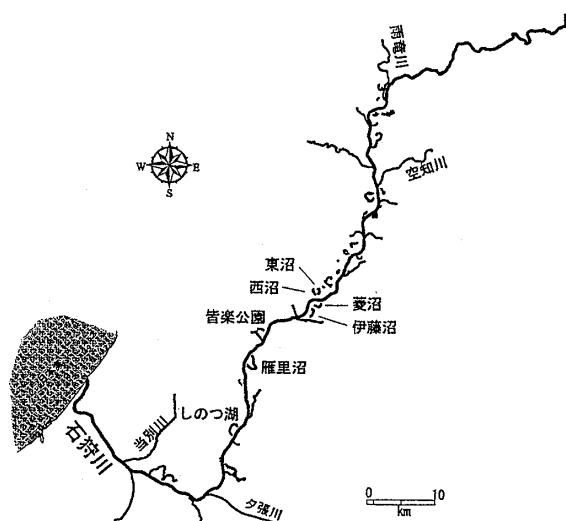


図1 河跡湖の位置

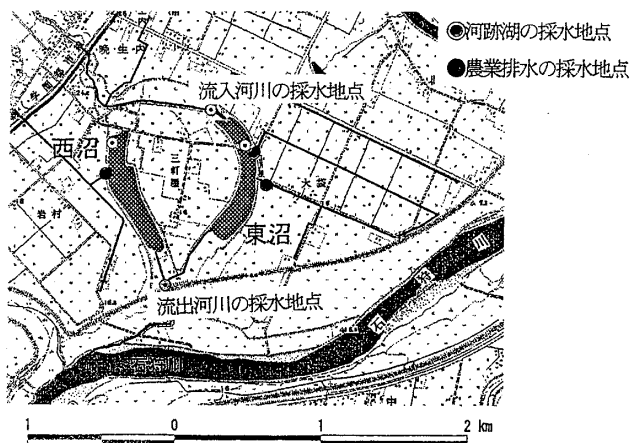


図2 東沼と西沼の概要

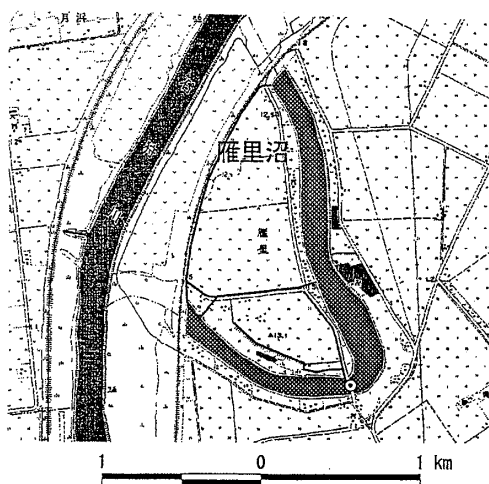


図3 雁里沼の概要

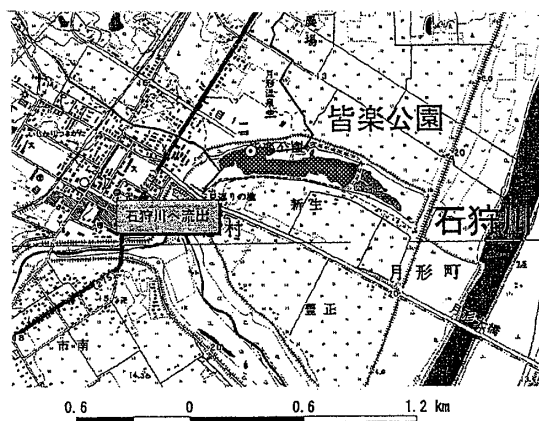


図4 皆楽公園の概要

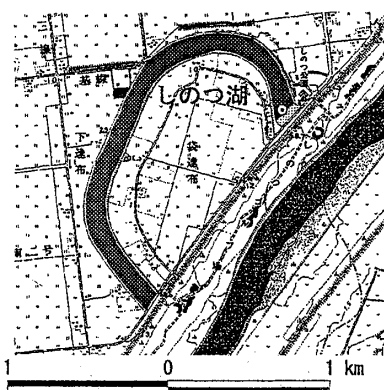


図5 しんのつ湖の概要

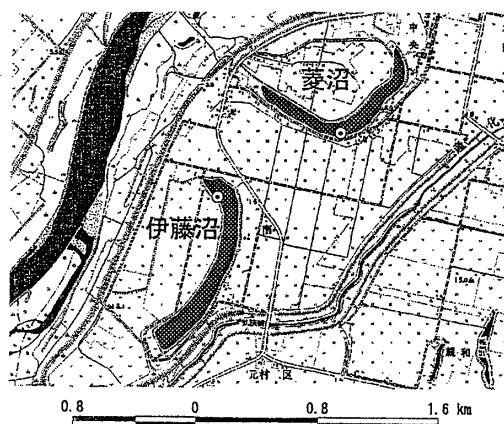


図6 菱沼と伊藤沼の概要

表1 河跡湖の概要

河跡湖	所在	面積(km ²)	利用形態	流入河川	石狩川への排水の有無
東沼	浦臼町	0.18	農業	○	○
西沼	浦臼町	0.11	農業	×	○
雁里沼	月形町	0.47	農業・漁業	×	× ^{注)}
皆楽公園	月形町	0.11	公園・治水	○	○
しのつ湖	新篠津村	0.33	農業・公園	×	×
菱沼	美唄市	0.09	農業	×	× ^{注)}
伊藤沼	美唄市	0.11	農業	×	×

注) 水位調節用の樋門がある

水源として利用されている。周辺土地利用の多くは水田で、畑地ではダイズ、アズキ、エンバク、コムギ等が栽培されている。東沼への流入水は、晩生内川と農業排水である。また西沼への流入水は農業排水のみである。

雁里沼には2つの揚水機場と水位調節用の樋門がある。沼と石狩川に囲まれた地区の農業用水は、ほとんどが沼の水でまかなわれており、典型的な循環灌漑がおこなわれている。沼への流入水は農業排水が多くを占めている。

皆楽公園は市街地に隣接しており、河跡湖を核として公園利用されている。流入水は、市街地を通過した河川水と農業排水であり、農業用水には利用されていない。

しのつ湖は温泉・宿泊施設が近接する公園として整備されている。周辺には水田と畑地（タマネギ）が展開し、農業用水は石狩川からの灌漑用水と河跡湖の揚水機場からの補助用水を利用している。河跡湖への流入水は農業排水のみである。

菱沼と伊藤沼は灌漑用水源として利用されている。菱沼は、周辺農地に石狩川からの用水供給が十分あるため、補助的に利用されるにすぎない。一方伊藤沼の周辺農地は、河川からの用水補給がなく、完全に沼からの揚水によって灌漑されている。

いずれの河跡湖も周辺にヨシを主体とする植物群落がみられ、さらに皆楽公園としのつ湖を除く河跡湖ではヒシが繁茂する状況にあった。また、これら河跡湖周辺の水田水管理は、寒冷地ゆえの夜間取水・昼間止水の間断灌漑が基本となっている。

河跡湖の水質環境を把握するため、採水時に EC、pH、D₀ を現地で測定し、採水したサンプル（500ml）を密封、保冷状態で移送・保管して実験室にて水質分析をおこなった。分析項目は、全窒素（T-N：アルカリ性ペルオキソ二硫酸カリウム分解-紫外線吸光光度法）、硝酸態窒素（NO₃-N：紫外線吸光光度法）、全リン（T-P：ペルオキソ二硫酸カリウム分解-発色試薬による吸光光度法）、浮遊物質（SS：ガラス繊維濾紙吸引法）であり、JISに準拠する方法で分析した。

Ⅲ 結果と考察

1 河跡湖の水質濃度の季節変動

T-N、NO₃-N、T-P 濃度の季節変動を図7、図8に示す。

T-N は、全般にどの河跡湖も4ないし5月に濃度が高く、また水田の落水後（8月以降）に濃度がやや上昇する傾向がある。5～8月は、河跡湖によって変動状況が異なっている。流入・流出河川のない雁里沼、しのつ湖、伊藤沼の3つの河跡湖では、4～5月に濃度が高く推移するが、これは元肥の流出と代かきによる土粒子や有機物の流出の影響と考えられる。また5月から8月下旬にかけて濃度が低下しているが、この要因は水質の良好な農業用水²⁾（栽培管理用水）の流入による希釈に加え、河跡湖内の植生の増加にともなう負荷の取り込み³⁾が考えられる。8月中旬以降は農業用水の利用がなくなるため、河跡湖への流入水による希釈効果が減少し高濃度に転じる。東沼と西沼では、循環灌漑の影響により灌漑期間（普通期）中も比較的高い濃度となっているが、8月には一時低濃度となった。菱沼も農業利用が主体の河跡湖であるが、4月下旬の高濃度以外はほぼ一貫して低濃度であった。

T-N に占める NO₃-N の割合は、季節や河跡湖によって異なるものの、概ね2～5割程度であった。NO₃-N の変動は、大きく2パターンに分けられる。4～6月上旬にかけてほぼ一定で推移し、その後上昇して8月に低下し、9月以降に再度上昇する場合と、4～6月上旬に濃度低下して、以後同様の変動を示す場合である。前者のパターンにあてはまるのは、流入河川を有する河跡湖（東沼、皆楽公園）である。これらの河跡湖で4～6月上旬に濃度が一定になるのは、水田から排出される NO₃-N が少なく、水質が比較的安定した河川水の影響と推察される。一方、4～6月上旬に濃度が低下するのは、流入河川のない河跡湖（西沼、雁里沼、しのつ湖、菱沼）であり、この現象は農業用水が直接河跡湖に流入することによって生じる希釈が影響しているものと考えられる。

T-P は、代かきの影響で5月上旬～下旬に濃度上昇する場合が多い。その他の季節はおおむね濃

度が低く推移した。

2 河跡湖水質と各種水質基準

対象とした河跡湖の水質濃度（単純平均値）と各種水質基準を表2に示す。農業用水基準と比較すると、EC、SSともに基準値より小さく、

この点では良好な水質といえる。しかし、東沼と雁里沼を除くすべての河跡湖で、T-N濃度は農業用水水質基準値を越えている。水稻の水質基準は $1.0\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下とされているものの、現在では $3.0\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 程度までなら許容範囲といわれている

4) ため、対象とした河跡湖の水質は農業用水利用に問題ないと判断される。

次に環境基準と照らし合わせると、ほとんどの河跡湖で基準値を超過する。ここで環境基準のV類型は、環境保全（国民の日常生活において

不快感を生じない限度）、農業用水（T-Nのみ適用）などに対する基準値である。先の基準を考慮すると、河跡湖の農業用水源としての利用に関しては問題はないものの、現在、公園として利用されている河跡湖では、何らかの対応が必要である。

3 河跡湖の水質保全機能

通常、農業排水は排水路を通じて河川に流出さ

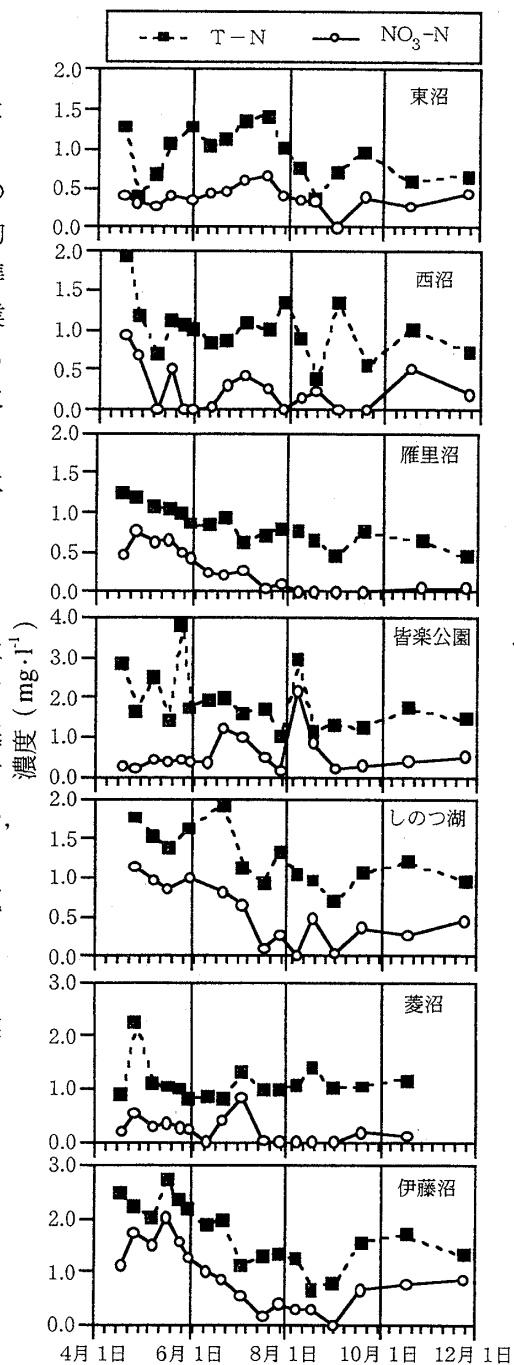


図7 N濃度の季節変動（2000年）

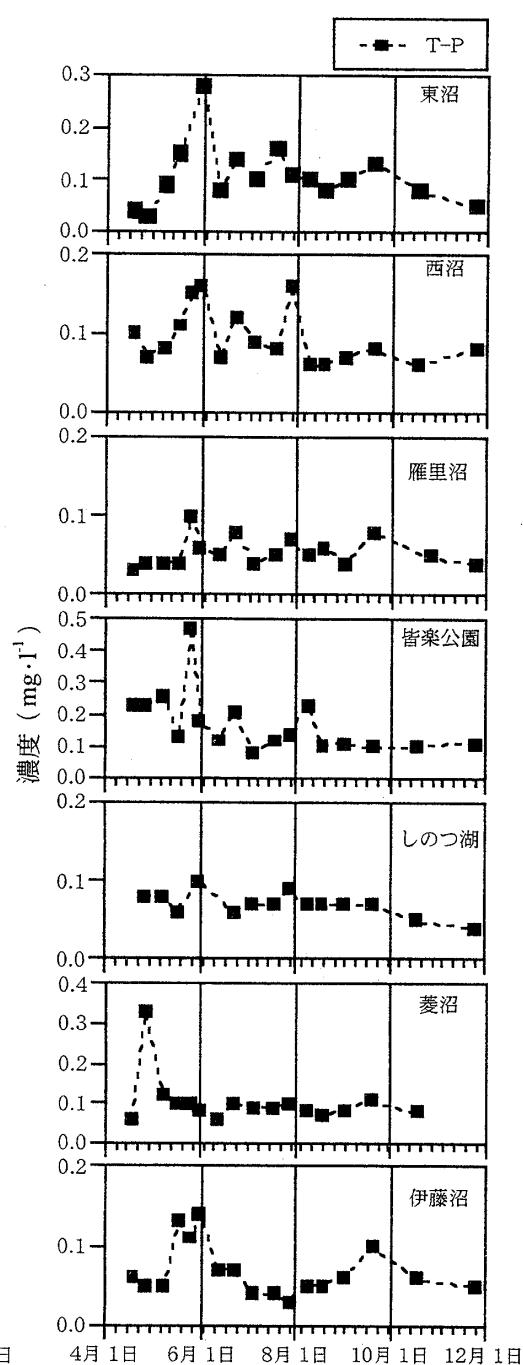


図8 P濃度の季節変動（2000年）

れるため、排水の水質は下流域の水環境に大きく影響する。しかし、本研究で対象とした河跡湖のなかで、雁里沼、しつつ湖、菱沼、伊藤沼は石狩川への常時排水がない半閉鎖的な河跡湖である。このような河跡湖では、本来石狩川に流出する負荷が河跡湖に蓄積されるため、石狩川への負荷流出を削減しているとみなすことができる。とくに、水質濃度の上昇する代かき期までの河川への負荷

流出が削減される意義は大きい。その一方で、流入負荷の蓄積による河跡湖の環境劣化が問題になることも考えられるが、ヒアリング調査などによると、そのような問題は顕在化していなかった。このことは、循環灌漑にともなう河跡湖からの負荷の持ち出しや、湖岸の水生物による吸収・捕捉などによる自然浄化作用^{3, 5)}の影響と考えられる。

一方、石狩川への排水が常時みられる河跡湖についても、その水質保全機能の効果を定量的に検討するため、河跡湖の

負荷収支に注目した。

具体的には、石狩川と排水河川によって連続している東沼と西沼を対象として、負荷収支の視点から河跡湖の水質保全機能について検討した。東沼と西沼の違いとしては、東沼は農業排水に加えて晩生

内川からの水の供給があり、西沼では農業排水による供給だけに限られる点が挙げられる。また東沼と西沼からの石狩川への合計流出量は石狩川本流の流量（年平均水位）の約 500 分の 1 程度である。負荷は、実測（約 10 日間隔で平水時に定点採水）によって得られた水質濃度の単純平均値に、配水模式図に記載されている計画流量を乗じて求めた計算値である。

また水利権で定められた計画流量は、営農期によって異なり、代かき期（苗代を含む 61 日間）と普通期（62 日間）に分けられる。なお、東沼における農業排水負荷は河跡湖に流入する 2 つの農業排水（図 2）の平均濃度に基づいて求めた。

東沼へ流入する負荷には、農業排水由来と晩生内川由来の 2 つがある。流入負荷は、代かき期の晩生内川からの SS を除いて、すべての項目で普通期より代かき期で大きく、石狩川へ排出される負荷もこの期間に大きい（表 3）。総流入負荷（L1+L2）と石狩川への流出負荷（L4）の差は、

表 2 河跡湖の水質と各種水質基準

	EC ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$)	T-N ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	T-P ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	SS ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)
東沼	119	0.91	0.11	41.5
西沼	146	1.00	0.09	23.5
雁里沼	118	0.82	0.05	7.9
皆楽公園	118	1.88	0.17	39.9
しのつ湖	212	1.25	0.07	19.3
菱沼	110	1.11	0.10	12.2
伊藤沼	115	1.69	0.07	16.1
農業用水基準	300	1.00		100.0
環境基準（湖沼；T-N, T-P: V 類型, SS: B 類型）		1.00	0.10	15.0

表 3 東沼の負荷収支

代かき期	東沼への流入負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)		東沼からの流出負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)		差引負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)	削減率 ^(注1)
	農業排水(L1)	晩生内川(L2)	還元水(L3)	石狩川へ(L4)	$\Delta L = (L1+L2) - L4$	(%)
T-N	0.444	0.204	0.234	0.298	0.350	54.0
T-P	0.072	0.027	0.034	0.043	0.056	56.6
SS	21.177	3.530	10.502	13.356	11.350	45.9
普通期	東沼への流入負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)		東沼からの流出負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)		差引負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)	削減率 ^(注1)
	農業排水(L1)	晩生内川(L2)	還元水(L3)	石狩川へ(L4)	$\Delta L = (L1+L2) - L4$	(%)
T-N	0.167	0.167	0.155	0.098	0.235	70.6
T-P	0.022	0.018	0.018	0.011	0.028	71.0
SS	5.437	6.788	4.662	2.951	9.273	75.9

注1) 削減率 = $\Delta L / (L1+L2) \times 100$

表 4 西沼の負荷収支

代かき期	西沼への流入負荷	西沼からの流出負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)		差引負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)	削減率 ^(注2)
	農業排水(L5)($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)	還元水(L6)	石狩川へ(L7)	$\Delta L = L5 - L7$	(%)
T-N	0.100	0.062	0.026	0.074	74.0
T-P	0.021	0.008	0.003	0.018	84.6
SS	1.331	2.399	1.001	0.330	24.8
普通期	西沼への流入負荷	西沼からの流出負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)		差引負荷($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)	削減率 ^(注2)
	農業排水(L5)($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)	還元水(L6)	石狩川へ(L7)	$\Delta L = L5 - L7$	(%)
T-N	0.240	0.043	0.010	0.230	95.8
T-P	0.012	0.004	0.001	0.011	92.3
SS	3.505	0.871	0.210	3.295	94.0

注2) 削減率 = $\Delta L / L5 \times 100$

河跡湖によって捕捉（削減）された負荷である。代かき期では各項目とも 50% 前後削減され、普通期には 70% 程度削減されている。ここで河跡湖が存在しないと仮定すると、河跡湖への流入負荷はそのまま石狩川へ流出することとなり、代かき期には現在の 2 倍、普通期には 3 倍程度の負荷が石狩川へ流出すると推定される。

西沼への流入負荷は農業排水（還元水）のみによる。西沼では、T-P を除き、代かき期より普通期の流入負荷が大きい（表 4）。負荷の削減についてみると、代かき期には、T-N, T-P で 70% 以

上、普通期では全項目で 90%以上の流入負荷が河跡湖に捕捉される。

一方、流入負荷と流出負荷の差引負荷は、循環灌漑により農地へ還元されるほか、底泥への沈降・吸着、抽水植物による吸収、水棲生物による取り込み^{3, 5, 6)}などによって、河跡湖内に蓄積されると考えられるが、現在のところ河跡湖の富栄養化は大きな問題となっていない。また、河跡湖に蓄積された負荷は、ヨシやヒシなどの刈り取り、脱窒による大気への放出、洪水時における底質の巻き上げによる流下などによって系外へ移送されるとみられる。

以上のことから、これまでのところ、本調査で対象とした河跡湖は地域から排出される負荷の削減にある程度寄与していることが認められ、石狩川中下流域にあって、農地と河川間の緩衝帯として機能していることが示唆された。

Ⅳ おわりに

河跡湖は、石狩川への負荷流出の削減に寄与していることが確認された。石狩川本流を流下する総負荷に比べると、個々の削減量はわずかではあるが、石狩川流域には河跡湖が多数存在することから、その影響は無視できないものとなろう。本報告では、河跡湖の水質保全機能について、降雨影響を除いて検討をおこなった。今後は降雨出水時も考慮したうえで、河跡湖の水質保全機能を解明する必要がある。さらには河跡湖の水質保全機

能の持続性についても検討が必要であろう。

本研究をすすめるにあたり、北海道開発局農業水産部、市町村、土地改良区ならびに関係機関の方々に多くのご協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。また、現地調査、水質分析に協力いただいた、安本庸平氏（現北海道庁）はじめ当研究室の各位に謝意を表する。

引用文献

- 1) 長澤徹明・草大輔・井上京・山本忠男 (2001): 農業水利機能等を有した河跡湖の地域資源的評価－石狩川本流・中下流域の事例－, 農業土木北海道, 23, pp.31-41
- 2) 長澤徹明・井上京・梅田安治・宗岡寿美・山本忠男 (1997): 水田水利用による水質環境への影響－北海道における調査事例－, 水文・水資源学会誌, 10(5), pp.477-484
- 3) 宗宮 功編著 (1990): 自然の浄化機構, 技報堂出版, pp.134-145
- 4) 水質環境学編集委員会編 (1998): 地域環境工学シリーズ4・清らかな水のためのサイエンス－水質環境学－, 農業土木学会, pp.9-25
- 5) 服部明彦編 (1993): 湖沼汚染の診断と対策, 日刊工業新聞社, pp.141-156
- 6) 古川大輔・石川雅也・佐藤洋平 (2000): ヨシ湿地を利用した水質浄化機能, 農村計画論文集, 2, pp.205-210

In this paper, the function of water quality conservation by oxbow lakes in Ishikari River basin was evaluated. Many oxbow lakes of Ishikari River basin have been utilized as part of water resource and reservoir of irrigation water for agriculture, especially for circular reuse of irrigation water. Semi-closed oxbow lake that has no outlet to Ishikari River accumulates the load from catchment area in its body, which means effluent load to Ishikari River has been cut. The function of load reduction by oxbow lake that has outlet to Ishikari River was also evaluated from balance calculation. More than 50% and 70% of T-N was reduced by oxbow lake during puddling period and normal period, respectively.