

10.2 土地利用や環境の変化が閉鎖性水域の水質・底質におよぼす影響に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水循環研究グループ（水質）

研究担当者：南山瑞彦、平山孝浩、柴山慶行

【要旨】

本研究では、周辺流域の土地利用、閉鎖性水域内の水質や藻類の発生状況等の環境変化が、水質・底質に与える影響について明らかにすることを目的とする。まず、霞ヶ浦のリン濃度が上昇傾向であることに注目し、直上水のリン濃度を変化させた溶出試験を行った。直上水の濃度変化に比してリンの溶出傾向は低下しないことや金属の溶出傾向は項目によってばらつきがあること等、過去に霞ヶ浦で生じたリン濃度の上昇が溶出傾向に及ぼす影響について解析をした。また、桜川と恋瀬川の河口から底質を採取、分析することで流域からの負荷が底質と水質に及ぼす影響について考察した。

キーワード：霞ヶ浦、閉鎖性水域、底質、溶出試験、土地利用

1. はじめに

周辺が都市化している閉鎖性水域は、農業や工業、水道用水や人々のレクリエーション等に広く利用されているが、近年においては、水質改善傾向が鈍化しており（例えば霞ヶ浦¹⁾）、良質で安全な水供給への社会的要請に対して答えきれていない状況である。COD_{Mn}の低下やアオコ発生が減少する等、下水道の整備に代表される水質改善対策の効果が表れる一方で湖内の水質改善が停滞している理由として、底泥からの溶出²⁾や周辺流域からの栄養塩流入の変化³⁾が考えられているが、その詳細な機構については不明なままである。本研究では、底泥からの溶出機構の解明と、土地利用等の周辺流域の状況の変化が、閉鎖性水域内の水質と底質に及ぼす影響を解明することを目的として行うものである。

2. 直上水栄養塩濃度の変化にともなう溶出への影響に関する検討

2.1 検討の概要

これまで、溶出対策としての浚渫効果を確認する研究⁴⁾や、底泥巻上げの影響評価のための研究⁵⁾、夏季の貧酸素や塩水の混入が溶出傾向に及ぼす影響に着目した研究⁶⁾⁷⁾等が実施されている。しかし、周辺流域や湖内の環境変化が底泥からの溶出に及ぼす影響に着目した研究は行われていない。例えば、霞ヶ浦においては、図 2-1、図 2-2 に示すように、近年では窒素濃度が横ばいで、湖内のリン濃度が漸増傾向にある³⁾⁸⁾。また、窒素濃度については西浦の流入河川水で減少傾向にある一方で北浦の流

入河川水では増加傾向にある⁹⁾ことが指摘されるなど、今後の影響が懸念されるところである。平成 23 年度は、以上のような状況にある霞ヶ浦を対象として、湖内のリン濃度が漸増傾向にあることに注目し、このことが霞ヶ浦の環境にどのようなインパクトを与えるのかを考察した後、その影響が溶出傾向に及ぼす変化を把握するために溶出試験を行った。

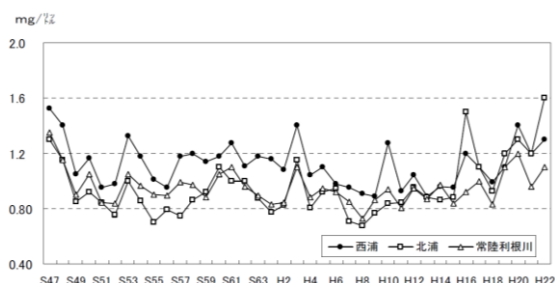


図 2-1 全窒素の経年変化¹⁾

(霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第6期)より抜粋)

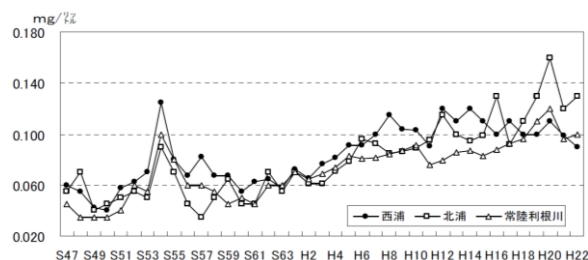


図 2-2 全リンの経年変化¹⁾

(霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画(第6期)より抜粋)

2. 2. 霞ヶ浦の概要

霞ヶ浦は、西浦と北浦、外浪逆浦の3つの水域と北利根川、常陸利根川、颯川から構成される富栄養湖である。1963年の常陸川水門の閉鎖以前は汽水湖であったが、現在は淡水化している。平均水深4m、最大水深7mと水深が小さい湖であり、このような湖では季節変化に伴う安定した成層は形成されないため、一般的に底層が完全に嫌気化することはないが、霞ヶ浦のような富栄養化している湖においては下層が貧酸素化することが報告されている¹⁰⁾。この貧酸素層は、日成層の形成に伴い混合が抑制されるものの、風速10m程度の風により上層と下層が混合し消滅することが多い。しかし、風による混合がしばらく生じない場合や、湖沼の富栄養化による高濁度のために成層が強められる影響から、日成層がその日のうちに消滅せずに有機物の分解が進み下層が嫌気化する可能性もある¹¹⁾。

霞ヶ浦において増加傾向にあるリンは、主に懸濁態状のものと推察される。それらは植物プランクトンとして存在したり、粒子に吸着されたりすることで湖水を漂っている。霞ヶ浦では、底質からの巻上げの影響により懸濁質が増加している¹²⁾ことも報告されており、湖水中のリンの中には、流入河川からの負荷以外にも巻上げの影響を受けているものも多くあると考えられる。それらの懸濁態状のリンは、下層の嫌気化とともに急速にオルトリン酸態リンとして溶出し、下層の溶解性リン濃度が増加すると予想されるが、そのことが水質や底質、溶出傾向に与える影響を調査した事例は見当たらない。

以上を踏まえて、直上水のオルトリン酸態リンが増加したときの溶出傾向の把握のために不攪乱柱状底泥を用い、溶出試験を実施した。

2. 3 実験条件

霞ヶ浦西浦湖心(N36.02.06.00、E140.24.27.00、世界測地系)から採取した内径200mm、厚さ30cmの柱状の底泥を20日間の溶出試験に供した。直上水は採泥と同時に底層から採水し、実験室に持ち帰った後、メンブレンフィルター(公称孔径1 μ m)を用いてろ過したものをを用いた。実験条件は、溶存酸素とリン濃度の違いで4つのCaseを設定した(表2-1)。ここで、好気条件とは、直上水DOが10mg/L程度、低DO条件は1mg/L程度を指し、リン濃度操作は、PO₄-P換算で1mg/L分のK₂HPO₄を添加することを指す。近年、霞ヶ浦の夏季のTPは0.1mg/L程度を示すことが多いが、底質のばらつきを考慮して、夏季の10倍程度の濃度になるように与えて影響を見る

ことにした。また、霞ヶ浦においては、下層の嫌気状態が生じるとしても短期間だと考えられることや、下層DOが4mg/Lを下回った時点でオルトリン酸態リン濃度が急激に増加する現象が観測されており¹²⁾、完全な嫌気条件にはしなかった。好気条件は空気曝気を定期的に行うことで、低DO条件は窒素ガスで散気した後パラフィンで厚さ1cmのシールをつくることで嫌気状態を維持した。温度は恒温室内で実験を行うことで20 $^{\circ}$ Cを維持し、明暗条件は光量50 μ E/m²/sとし、12時間周期で切り替えて実験を行った。試料間のばらつきを防ぎ、また、溶出試験水の採水にともなう生じる直上水の減少が実験結果に及ぼす影響を最小限にするために、一つの実験条件あたり3本の柱状底泥を用いて試験を実施した。直上水を、0、1、3、5、7、10、15、20日目に採水し、COD_{Mn}(河川水質試験方法(案)[1997年版]¹³⁾10.3.1)、TOC(同53.3.1)、TN(同53-6.3.1)、TP(同54-3.3.1)、PO₄-P(同54-2.3.1)の水質分析を行い、さらに、0、1、5、10、20日目に採水した試料については、Fe、Mn、Al、Cu、Mo、Zn、NiのICP質量分析(河川水質試験方法(案)[1997年版]に記載の方法に準じる)を実施した。溶存態と懸濁態の分離には、ガラス繊維ろ紙(粒子保持能1 μ m)を用いた。また、採水と同時に直上水のpH、DOの測定を行った。

表2-1 溶出試験の実験条件

	溶存酸素条件	リン濃度
Case 1	好気条件	操作なし
Case 2	低DO条件	操作なし
Case 3	好気条件	操作あり
Case 4	低DO条件	操作あり

2. 4 結果と考察

K₂HPO₄添加前のPO₄-Pは、0.001mg/L程度であったので、PO₄-P換算で、約1000倍の濃度変化を実験条件として与えたことになる。

4ケースともpH、DOの測定結果に大きな変動は見られず、実験条件は管理されていたといえる。

ここでは、閉鎖性水域への負荷を把握するために、溶出量を算出し実験結果を考察する。20日目までのCOD_{Mn}、窒素、リン、金属類の総溶出量算出結果を図2-3~2-5に示す。溶出量は以下の式で算出した。

$$R = \frac{\sum (V - \sum V_{n-1}) (C_n - C_{n-1})}{A}$$

ここで、 R : 溶出量 (mg/m^2 、ただし微量金属類は $\mu\text{g}/\text{m}^2$)、 V : 初期の直上水量 (L)、 V_n : n 回目の採水量 (L)、 C_n : n 回目の濃度 (mg/m^3 、ただし微量金属類は $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 A : コア断面積 (m^2) である。ただし、金属類の 3、7、15 日目の濃度は経過日数によって重みづけし、線形で内挿して計算を行った。

Case1 と Case2 を比較すると、溶出量は低 DO 条件の方が、大きくなる傾向が確認できるが、リンや鉄、マンガンがほとんど溶出しな一方、窒素の溶出量の変化は少ないことが分かる。

次に Case3 と Case4 を比較する。リン濃度は通常の直上水より高い濃度が与えられたため、時間の経過とともに $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の低下の影響から溶出量が負の値をとっている。しかし、Case3 の窒素溶出量は Case2 と同程度の溶出量を示しており、好気状態においても溶出量の増大につながることを示唆される。Case3 と Case4 の窒素溶出量を比較すると嫌気状態の方が、低い値を示しており、この原因は不明である。金属類については、Case1 と Case2 の比較と同様に、嫌気状態の溶出量増大が確認できる。

Case2 と Case4 は低 DO 条件でリン濃度の違いを与えて実験を行ったものである。窒素とリンの溶出は、リン濃度の上昇あり、なしに関わらず、生じている。直上水リン濃度を増加させるとリンの溶出量が減少することが予想されたが、溶出量の減少は半分程度であった。直上水のリン濃度上昇の割合と比べて減少量が少なかった理由は今後考察する必要がある。

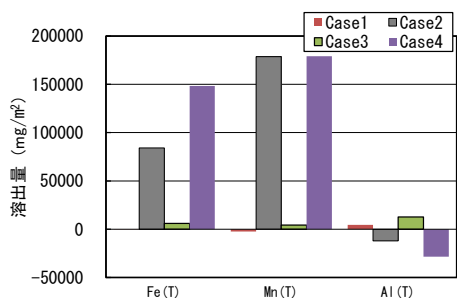


図 2-3 20 日目における溶出量比較

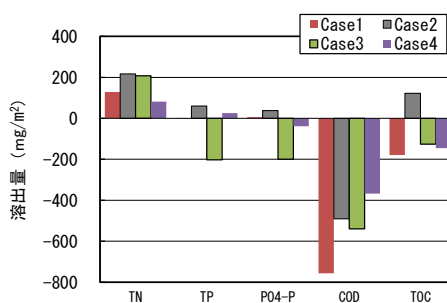


図 2-4 20 日目における溶出量比較

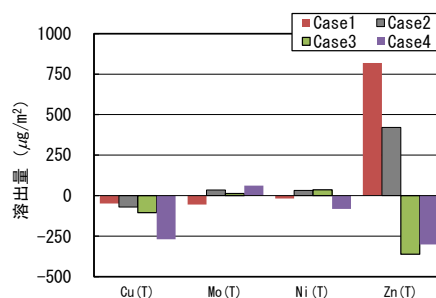


図 2-5 20 日目における溶出量比較

3. 流域の土地利用形態が閉鎖性水域の水質・底質に及ぼす影響に関する検討

3.1 検討の概要

本章では、霞ヶ浦西浦に流入する河川を対象とし、その河口にて、採水と採泥を実施し分析を行うとともに、流域の土地利用状況を整理し、流域の状況が閉鎖性水域の水質・底質に及ぼす影響について考察する。対象河川は、桜川と恋瀬川、一の瀬川とし、河口付近において採水と採泥を実施し流域の土地利用状況と比較し、考察した。また、比較対象として西浦湖心と行方市西蓮寺沖も同様に試料採取及び、分析を行った。図 3-1 に採水・採泥地点を表 3-1 に調査地点の座標を示す。

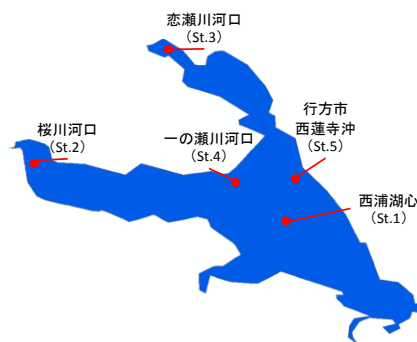


図 3-1 採水・採泥地点

表 3-1 調査地点

調査地点	緯度経度 (世界測地系)	
西浦湖心 (St.1)	N36.02.06.00	E140.24.27.00
桜川河口 (St.2)	N36.04.32.00	E140.13.15.60
恋瀬川河口 (St.3)	N36.09.28.02	E140.18.46.84
一の瀬川河口 (St.4)	N36.03.10.85	E140.21.36.79
行方市西蓮寺沖 (St.5)	N36.03.57.04	E140.24.41.80

3. 2 水質・底質調査

3.2.1 調査・分析方法

調査及び、採水と採泥は、2012年1月14～15日の晴天時に実施した。作業時間の確保のため、14日にSt.2を15日に残りの地点の採水・採泥を行った。底泥は、ダイバーにより内径70mmの亚克力パイプを用いて試料を複数本採取し、現地で底泥表層～10cm深、10～30cm深に切り分け混合した後、深さごとにビニール袋に入れ密閉し、冷蔵状態で実験室に持ち帰り速やかに分析を行った。また、底泥採取と同時に船上から表層(水面約0.5m下)、下層(底泥直上より約1m)の水を採水し、水質分析を行った。

底質の分析項目は、pH、全窒素、全リン、鉄、マンガ、ン、亜鉛とし、分析方法は、「底質の調査・試験マニュアル 改訂第三版 社団法人底質浄化協会 平成15年3月」に記載の方法を参考に完全分解後に分析した。

水質分析については、SS(河川水質試験方法(案)[1997年版]11-1.3.1)、VSS(同11-3.3.1)、D-TOC(同53.3.1)、NH₄-N(同53-2.4.2)、NO₂-N(同53-3.3.1)、NO₃-N(同53-4.3.2)、PO₄-P(同54-2.3.1)、TN(同53-6.3.1)、DTN、TP(同54-3.3.1)、DTP、とし、Fe、Mn、Cu、Mo、Zn、Al、NiのICP質量分析(河川水質試験方法(案)[1997年版]に記載の方法に準じる)も実施した。ろ紙は2.2と同じものを用いた。

3.2.2 分析結果

図3-2～3-4に水質一般項目の分析結果を示す。窒素濃度について比較するとSt.2とSt.3が高い値をとっており、St.1、St.4、St.5はほとんど変わらない値である。St.4の一の瀬川は規模が小さく、St.5付近には規模の大きな流入河川は無いことから、St.1、St.4、St.5の水質分析値は霞ヶ浦に滞留している水質を表していると考えられる。したがって、図3-2のSt.2とSt.3の値の差は流域からの流入水の影響によると考えられる。図3-3のTPと図3-4のSSの傾向は良く似ているが、St.3の表層の部分でSSが少なく定量されている。St.3で溶存態リンが高い値を

示している理由は不明である。St.2とSt.3、St.5の下層でSSやTPが高い値を示しているのは、気象庁土浦観測所によると1月14日の最大瞬間風速が12.2m/s、1月15日は4.9m/sとなっており、St.2については14日の巻き上げの影響が、St.3とSt.5については14日に巻き上げた粒子で沈降が不十分なものの影響が考えられる。St.1とSt.4の上層と下層で差が生じていないことは、湖心付近では静水時、巻き上げ時ともに上下層で濁度差がほとんどない¹²⁾ことが報告されていることから、妥当な結果だといえる。しかし、St.5では、下層のTNは上層と変わらない値を示していることから、図3-2～3-4の結果の原因は、流入河川水や底質の性状の調査結果を踏まえて判断するべきだと考える。

図3-5～3-14には金属類の分析結果を示したものである。Fe、Mn、AlについてはSt.1とSt.4で似たような傾向を示しており、St.2とSt.3、St.5ではFeとAl濃度が高いのが特徴的である。Znでは、St.2、St.3、St.4で他の地点よりも高い値を示していることが分かる。MnとMoは地点間の大きな差異は認められなかった。

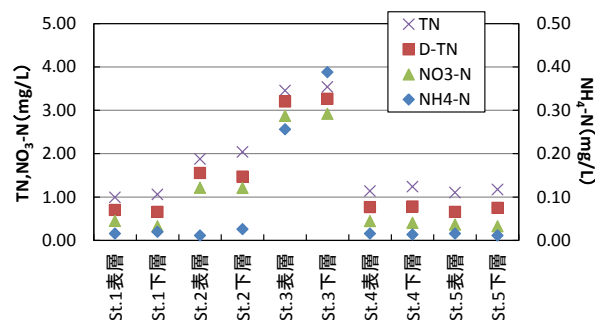


図 3-2 水質分析結果 (窒素)

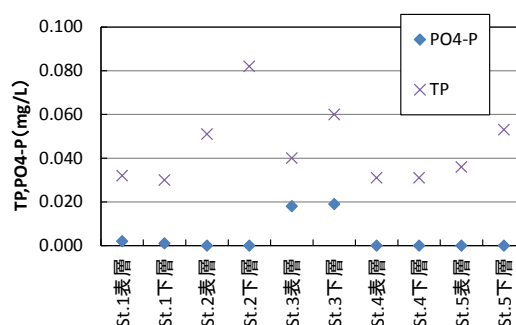


図 3-3 水質分析結果 (リン)

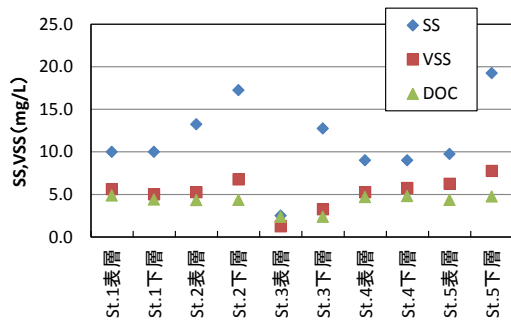


図 3-4 水質分析結果 (SS、VSS、DOC)

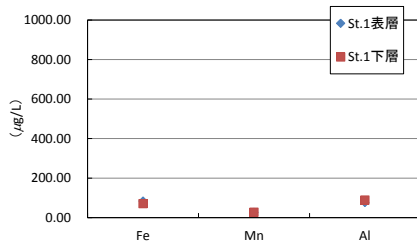


図 3-5 水質分析結果 (St. 1①)

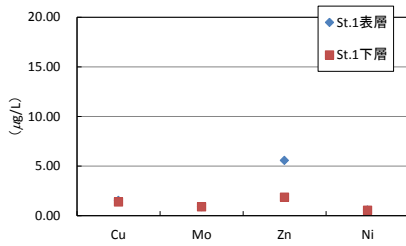


図 3-6 水質分析結果 (St. 1②)

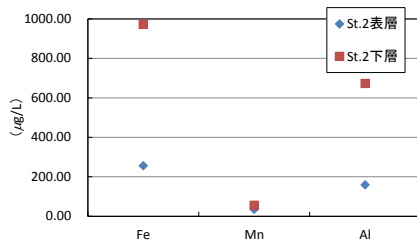


図 3-7 水質分析結果 (St. 2①)

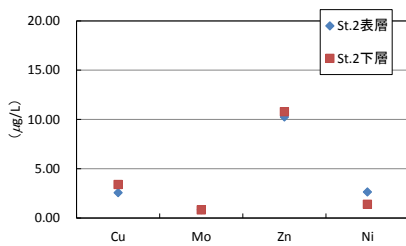


図 3-8 水質分析結果 (St. 2②)

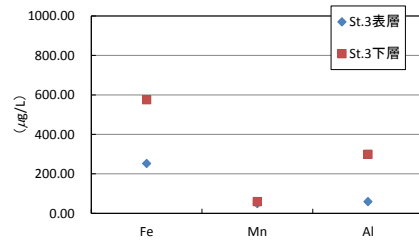


図 3-9 水質分析結果 (St. 3①)

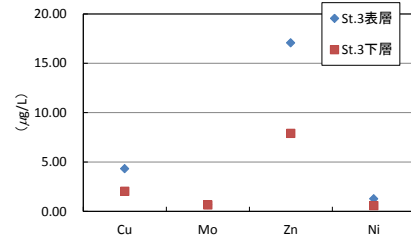


図 3-10 水質分析結果 (St. 3②)

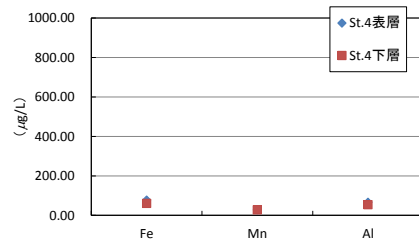


図 3-11 水質分析結果 (St. 4①)

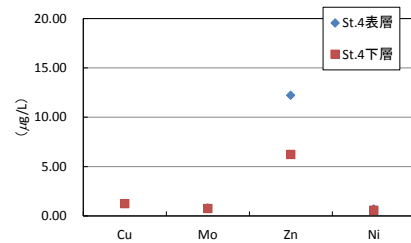


図 3-12 水質分析結果 (St. 4②)

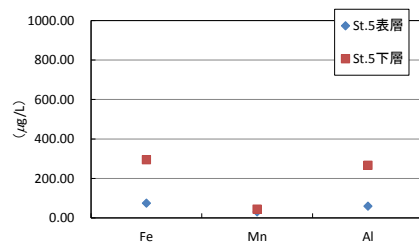


図 3-13 水質分析結果 (St. 5①)

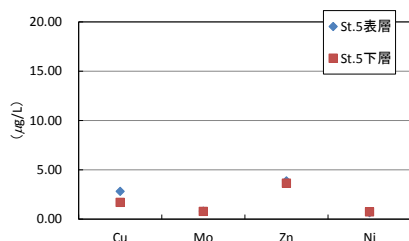


図 3-14 水質分析結果 (St. 5②)

次に、窒素とリン、鉄、マンガン、亜鉛の含有量分析結果を中心に考察を行う。

窒素とリンの分析結果について、図 3-15～3-16 に示す。リン含有量について、St. 5 の値が高いのは、付近で養殖が盛んに行われているためである¹⁵⁾。表層～10cm 深よりも、10～30cm 深の値が高いのは、1980 年代以降の生産量の減少や適正飼育の指導、飼料改善など養殖状況の変化の反映¹⁵⁾ が影響している可能性がある。St. 2 と St. 3 では、窒素濃度が低い傾向が見られたが、一方で全リンの値を比較すると変化が見られない。窒素含有量の差については次のような仮説が考えられる。

①過去の霞ヶ浦浚渫事業の効果

西浦では過去に土浦沖と高崎・高浜沖で浚渫が実施されており、その効果により窒素含有量が低く定量された可能性がある。しかし、今回の採泥地点は、浚渫域と直接重なっている地点ではなく、河口付近であった。周辺の浚渫による影響も否定できないが、St. 3 で窒素含有量が高いことの説明がつかず、浚渫事業のみでこの分析結果を説明することはできないと考える。

②流域からの流入負荷の差によるもの

流域から流入してくる負荷の差が、底質の差につながったと考え、流入水の窒素懸濁態 (PON) に注目し考察した。

まず、採泥と同時に採水した試料の水質分析結果を上層と下層で平均して比較する。桜川河口と恋瀬川河口で、TN が、1.96mg/L、3.5mg/L、PON が 0.45mg/L、0.26mg/L となり、桜川河口の方が PON は高い値をとった。

1 回のみ分析結果では、底質に与える影響を把握できないため、国土交通省霞ヶ浦河川事務所が公開している霞ヶ浦における水質分析結果を用いて考察を行った。対象地点は、桜川河口が掛馬沖、恋瀬川河口が高崎沖と対応すると考え、期間を 2008～2011 年にしぼり PON と PTP 及び Chl-a 濃度について整理したものが、図 3-17 である。図 3-4 より、冬季においては、PON、PTP とともに近い値をとるが、春～夏にかけて、高崎沖では、PON が

1(mg/L)程度の高い値をとることが多い一方で、掛馬沖では、1(mg/L)を超えることは少ない。リン濃度も同様の増減傾向であり、また、値が高崎沖の方が高い。これらの懸濁質は、沈降により、底質を形づくる可能性が高いことから、図 3-17 により底質の窒素とリンの含有量の差を説明できると考えられる。

次に、図 3-15 の水質差が流域からの負荷によるものを考察する。掛馬沖と高崎沖は、今回採泥した地点よりも沖合に位置し、桜川と恋瀬川の流入水質を直接代表するものではない。今回採水した水の PON は、0.45mg/L、0.26mg/L であり、比較すると冬季の値と良い一致を示すことや、桜川と恋瀬川が他河川に比べ流量が大きい河川であることから、冬季については流入河川水質を代表しているとして問題ないと考えられる。

一方で、春季や夏季に高い値を示すのは藻類の発生が分析結果に影響を与えている可能性がある。図 3-17 では、窒素とリンの増減傾向とクロロフィル濃度の増減傾向はよく似ており、相関があることが分かる。しかし、これだけでは、流入河川の水質が藻類の発生に影響を及ぼし図 3-15 と図 3-16 の結果につながったのか、滞留している水質が藻類の発生に影響を及ぼし分析結果につながったのかは不明である。今後、夏季を中心とした河川水の採水を行い、流域からの流入水の影響について精査する必要がある。

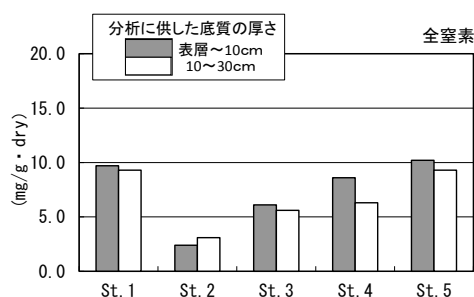


図 3-15 底質含有量分析結果 (全窒素)

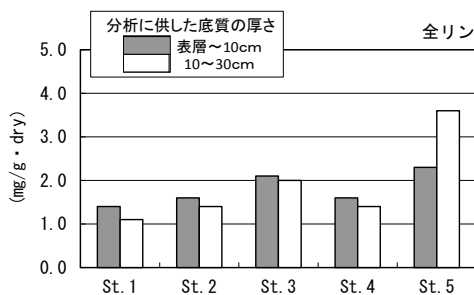


図 3-16 底質含有量分析結果 (全リン)

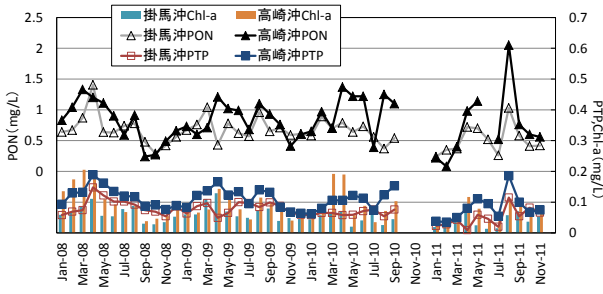


図3-17 掛馬沖と高崎沖におけるPONとPTP及びChl-aの比較

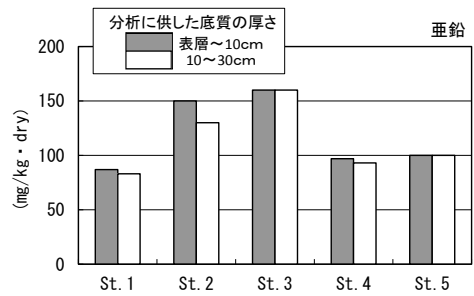


図3-20 底質含有量分析結果（亜鉛）

鉄、マンガン、亜鉛の含有量の分析結果について図3-18～3-20に示す。過去の調査によると、亜鉛は人間活動に伴い環境中に排出されて蓄積されやすい元素であり、琵琶湖の大津市付近で最高濃度を示した結果¹⁶⁾がある。霞ヶ浦における調査でも底泥中の亜鉛は高い含有量を示しているとの報告がある¹⁷⁾。今回の調査でも同様の結果を得ており、St.2とSt.3の亜鉛含有量が高いのは、人間活動が寄与していると思われる。しかし、堆積環境が汽水から淡水へ変化した影響を考慮する必要性も指摘されている¹⁷⁾。流入経路と堆積の過程も不明確であるため、この結果を説明するためにはさらなる文献調査や現地調査が必要と思われる。鉄は、地点間の差異は確認できず、マンガンは湖心の表層の値が高いことが特徴として挙げられる。

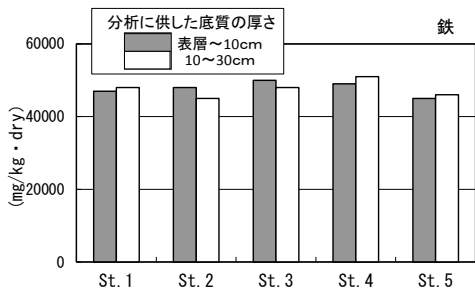


図3-18 底質含有量分析結果（鉄）

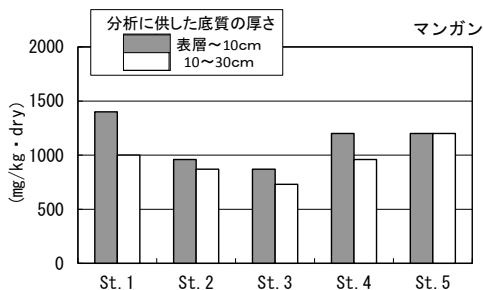


図3-19 底質含有量分析結果（マンガン）

3.3 流域の土地利用状況の整理

3.3.1 流域情報データの収集

国土地理院発行の数値地図50mメッシュ（標高）と、国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ（平成18年）、2005年農林業センサスを加工ソースとして収集した。

3.3.2 流域情報データの整理

水質・底質調査で対象とした桜川流域と恋瀬川流域、及び一の瀬川流域について、数値地図50mメッシュ（標高）より流域を設定し、土地利用細分メッシュデータを用いて、流域ごとの土地利用状況を整理した。図3-21～3-23に流域全体の面積に占める割合で表したものを示す。桜川流域と恋瀬川流域を比較すると田や森林面積、建物用地に違いがみられる。また、一の瀬川流域には畑用地が多いことが特徴として挙げられる。今後、これらのデータを参考にしつつ、水質と底質の分析結果を解析していく予定である。

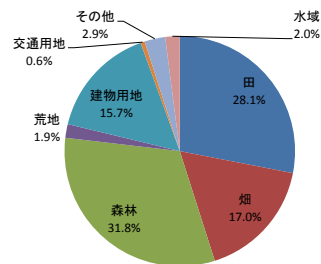


図3-21 桜川流域

10.2 土地利用や環境の変化が閉鎖性水域の水質・底質に及ぼす影響に関する研究

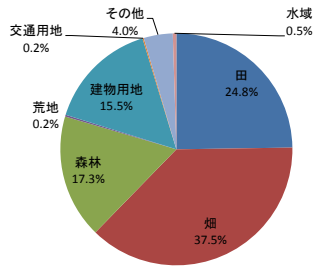


図 3-22 一の瀬川流域

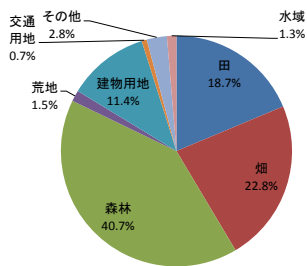


図 3-23 恋瀬川流域

4. おわりに

本報告では、霞ヶ浦を対象とし、周辺環境の変化に伴って閉鎖性水域の水質と底質がどのような挙動を示すのかを明らかにすることによって、今後の水質改善対策に寄与する知見を提供することを目的として実施している。まず、直上水の栄養塩類を変化させた際の溶出傾向の変化について確認した。次に、流域の土地利用等の違いによって、閉鎖性水域の水質と底質に与える影響について調べた。桜川と恋瀬川を対象として実施し、地点間によって差が底質の含有成分が違うことが分かった。しかし、底質の違いが、流域間の特性によるものなのか、滞留している湖水の影響なのかはデータが考察に使用したデータが不足していることから判断できなかった。今後は、夏季における河川水の分析等により、流域からの影響について解析していく必要がある。

参考文献

- 1) 茨城県、栃木県、千葉県：霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画（第6期）、pp.1-3、平成24年3月
- 2) 岩佐義朗編著：湖沼工学、山海堂、p.295、1990
- 3) 川村修平、福島武彦、恩田祐一、今井章雄、松重一夫：湖沼への流入負荷水質及び底質の関係、第38回日本水環境学会年会講演集、p.587、2004
- 4) 田中宏明、小森行也、佐々木稔、李建華、和田順之輔：底

泥－水間の物質移動に関する調査、下水道関係調査研究年次報告書集、土木研究所資料 No.3917、p.327、2003

- 5) 中園孝裕、阿部千雅、鈴木穰：霞ヶ浦の底泥表層の巻き上げ時における栄養塩類と鉄・マンガン溶出特性、環境システム計測制御学会、14巻、p.45、2009
- 6) 秋元さおり、久岡夏樹、中園孝裕、南山瑞彦、鈴木穰：汽水湖底泥からの金属溶出特性に関する研究、第45回日本水環境学会年会講演集、p.136、2011
- 7) 中園孝裕、久岡夏樹、鈴木穰、南山瑞彦：汽水湖（油ヶ淵）における底泥からの溶出特性に関する研究、第44回日本水環境学会年会講演集、p.252、2010
- 8) 永井孝志、今井章雄、松重一夫、福島武彦：霞ヶ浦における藻類優占種変遷の要因～鉄が原因か？～、第38回日本水環境学会年会講演集、p.587、2004
- 9) 松森聖治、板橋直：霞ヶ浦流域の主要河川の窒素濃度変化とその要因解明、農村工学研究所技報、No.210、pp.61-73、2009
- 10) 外岡建夫、浜田篤信：1988年に霞ヶ浦で発生した酸素欠乏について、茨城県内水面水産試験場調査研究報告、No.26、pp.48-59、1990
- 11) 石川忠晴、田中昌宏、小関昌信：浅い湖の日成層が水質に及ぼす影響、土木学会論文集、No.411/II-12、pp.247-254、1989
- 12) 関智弥、福島武彦、今井章雄、松重一夫：霞ヶ浦の濁度上昇と底泥巻き上げ現象、土木学会論文集 G、Vol.62No.1、pp.122-134、2006
- 13) 湖沼技術研究会：湖沼における水理・水質管理の技術、6-169、2007
- 14) 建設省河川局監修：河川水質試験方法（案）[1997年版]、技報堂出版、1997年
- 15) 小松信行、石井祐一、渡辺圭司、本間隆満、北村立実、根岸正美、岩崎順：富栄養化した霞ヶ浦の堆積物に養殖の痕跡を残すリンの形態と分布、陸水学雑誌、No.69、pp.193-208、2009
- 16) 井内美郎、中尾征三、横田節哉、村上文敏、斎藤文紀、寺島滋、寺島美南子、竹内三郎、吉川秀樹、志岐常正、太井子宏和、徳岡隆夫、公文富士夫：湖沼汚染底質の堆積機構解明に関する研究、環境庁環境保全研究成果集、No.42、pp.64.1-64.14、1986
- 17) 寺島滋、井内美郎、斎藤文紀、宮田雄一郎、片山肇、寺島美南子：湖沼浚渫域の底質における元素の鉛直分布と化学的性質、地質調査所月報、No.42、pp.387-407、1991

A STUDY ON THE QUALITY OF WATER AND BOTTOM SEDIMENT IN A CLOSED WATER BODY WITH CHANGE OF ENVIRONMENT AND LAND USE OF THE BASIN

Budget: Grants for operating expenses (General Account)

Research Period: FY2011-2015

Research Team: Water Environment Research Group (Water Quality Research Team)

Authors: MINAMIYAMA Mizuhiko, HIRAYAMA Takahiro,
SHIBAYAMA Yoshiyuki

Abstract: The objective of this study, which focused on environmental changes of river basins and a closed water body, was to help improve the environment of closed water bodies. First, a leachate test using sediment core samples collected from the center of Lake Kasumigaura, Nishiura was conducted to investigate the effects of the concentration of phosphorus in overlying water. Second, quantitative analyses of water and bottom sediments sampled from Sakura River and Koise River, which flow into Lake Kasumigaura, were performed. The results showed the influences of environmental changes of the river basin and closed water body, but further examination is needed to elucidate ways to improve the environment of the closed water body.

Key words: Lake Kasumigaura, closed water body, bottom sediment, leachate test, land use