

平成 23 年度猪苗代湖調査研究事業等報告書

平成 24 年 5 月

福島県環境センター

目 次

1	猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査	1
2	猪苗代湖大腸菌群超過対策調査	20
3	猪苗代湖北部水域の水質調査に関する報告	30
4	水生植物による水質への影響確認調査	38
5	pH上昇によるリン酸塩再溶出に関する調査	48
6	猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査	54

1 猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査

1 目的

猪苗代湖は長年酸性湖として知られていたが、平成7年に5.1であったpHが平成22年には6.8まで上昇するなど、水質に変化が生じている。pHが上昇しているのは、猪苗代湖や猪苗代湖に流入する河川中のイオンの量及び組成が変化していることが原因であると考えられる（H22年度福島県環境センター年報）。

このため本調査では、猪苗代湖及び猪苗代湖に流入する河川のイオン成分等を継続的に調査し、水質等を把握するとともに、猪苗代湖のpH上昇との関連を調べる。

2 調査方法

湖水及び流入河川について各溶存イオン等の濃度から負荷量を算出し、近年の湖水のpH上昇との関連について考察する。

3 調査地点

調査地点は図1に示した。

- (1) 猪苗代湖(湖心) 1地点
(4層 表層、10m、50m及び90m)
- (2) 硫黄川(高森川合流前) 1地点
- (3) 高森川(酸川合流前) 1地点
- (4) 酸川(高森川合流前) 1地点
- (5) 酸川(酸川野) 1地点
- (6) 長瀬川(上長瀬橋) 1地点
- (7) 長瀬川(小金橋) 1地点

なお、長瀬川(小金橋)は発電所から

の放流水の影響を受けない時間帯に調査を行った。

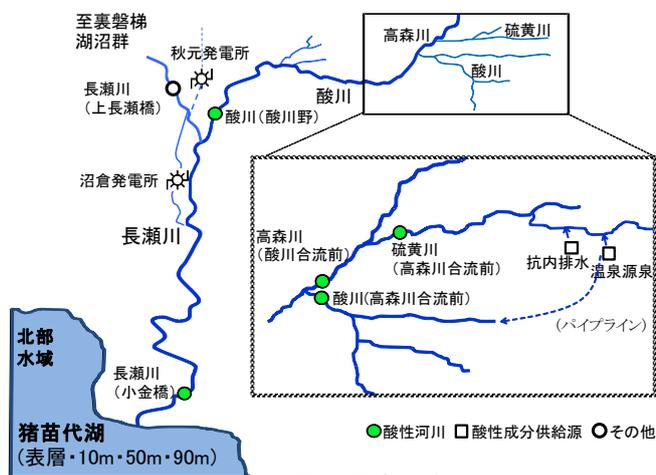


図1 調査地点

4 調査時期

3-(1)については年4回(4月、6月、8月、10月)

3-(2)～(7)については年6回実施した(4月、6月、8月、10月、12月、2月)。

5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度(湖)、色相(湖)、流量(河川)、透視度(河川)
- (2) 金属成分(Fe、Mn、Al、Zn)
- (3) 陽イオン(Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、NH₄⁺)
- (4) 陰イオン(F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻)
- (5) その他(pH、EC、DO、T-P、T-N、酸度、アルカリ度、TOC、chl-a)

なお、Fe、Mn、Al、Zn、T-Pは、試料をGF/C(ろ紙)でろ過し、ろ液を測定したものを溶存態物質として、イオンバランスを検討した。

以下、この溶存態物質をそれぞれ、S-Fe、S-Mn、S-Al、S-Zn、S-Pとして、全量を測定

したものを、それぞれ T-Fe、T-Mn、T-Al、T-Zn、T-P と示す。

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC(電気伝導度)：電気伝導度計
- (3) DO, 酸度, アルカリ度：滴定法
- (4) T-P, PO₄-P：吸光光度法
- (5) Fe, Mn, Al, Zn：ICP/AES 法又は ICP/MS 法
- (6) Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻：イオンクロマトグラフ法
- (7) TOC：燃焼酸化-赤外線式 TOC 自動計測法
- (8) chl-a：アセトン抽出による吸光光度法

7 結果及び考察

現地調査結果を別紙 1 に、分析結果の一覧は別紙 2 に示す。

(1) 猪苗代湖湖心の水質

ア 経年変化

(7) pH (調査年度：H2～H23)

経年変化を図 2 に示す(注 1)。

平成 2 年から 7 年までは 5.0～5.1 の範囲にあったが、平成 8 年以降、年々上昇していた。

平成 23 年の pH 平均値は 6.86 で、過去 3 年(H20～H22)の結果の範囲(6.59～6.76)と比べて上昇していた。

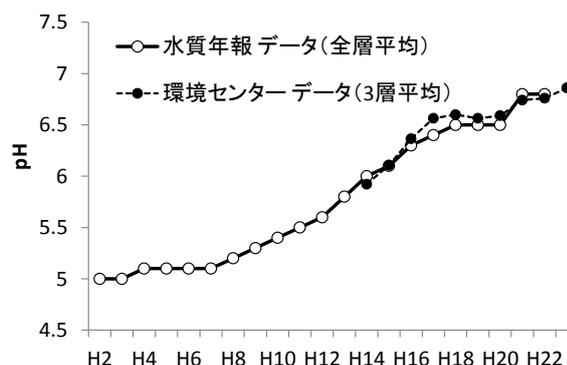


図 2 pH 経年変化

注 1：『水質年報データ(全層平均)』とは水質汚濁防止法に基づく常時監視結果であり、全層(0, 10, 20, 50mの4層)平均値を示し、『環境センターデータ(3層平均)』とは3層(0, 10, 50m)の平均値を示す。

(イ) 溶存イオン (調査年度：S54-56、H14-H23)

昭和 54～56 年に福島大学等が、平成 14～23 年(2001～2012)に当センターが行った調査のイオン当量濃度の推移を図 3 に示す。イオン当量濃度の総和(平成 14～23 年)は、昭和 54～56 年と比べると減少している。また、調査開始以降平成 18 年までは減少、19 年からは横ばい若しくは増加傾向となっている。

陽イオンの成分割合は、多い順に Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺の順で、調査開始以降、成分濃度に顕著な経年変化は認められなかった。昭和 54-56 年に比べると Al が減少している。

陰イオンの成分割合は、多い順に SO₄²⁻、Cl⁻で、この 2 物質で全体の 90%以上を占め、次いで HCO₃⁻、NO₃⁻の順であった。昭和 54-56 年に比べると SO₄²⁻が減少している。アルカリ度は、図 4 に示すように pH 上昇と同様の増加傾向が確認された。

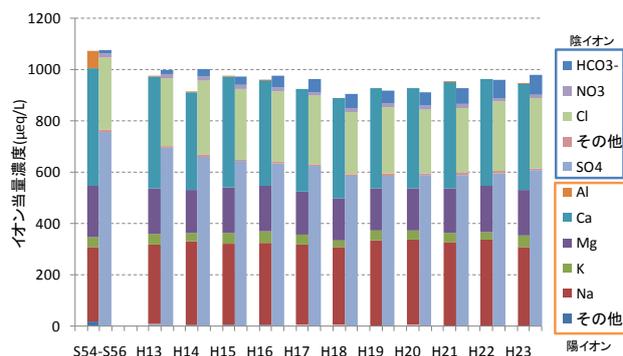


図3 イオン当量濃度の経年変化

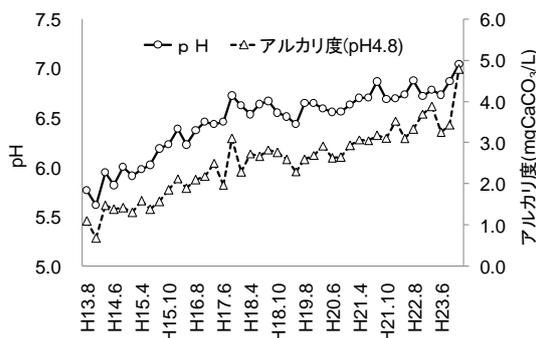


図4 pH及びアルカリ度の経年変化

(イ) 金属成分 (T-Fe、T-Mn、T-Al)

金属成分の経年変化を別紙 2-2 に示す。

T-Fe の H19 年度以降の結果の範囲は、 $<0.01 \sim 0.41 \text{mg/L}$ (最大値: H20.4月 90m) であり、各調査年度の最大値は4月の水深90mで認められることが多かった。

T-Mn の H19 年度以降の結果の範囲は、 $<0.01 \sim 0.53 \text{mg/L}$ (最大値: H22.10月 90m) であり、各調査年度の最大値は10月の水深90mで認められることが多かった。

T-Al の H19 年度以降の結果の範囲は、 $<0.01 \sim 0.35 \text{mg/L}$ (最大値: H20.4月 90m) であり、各調査年度の最大値は4月の水深90mで認められることが多かった。

イ 平成 23 年調査結果 (季節変動)

(ア) 鉛直水温

鉛直水温の調査結果を図5に示す。4月に全層が均一化、6月には水温躍層が形成されつつあり、10月に水温躍層が崩壊に向かう例年と同様の挙動であった。測定期間の最高水温は8月の表層で 26.5°C 、最低水温は4月の水深90mで 3.8°C であった。

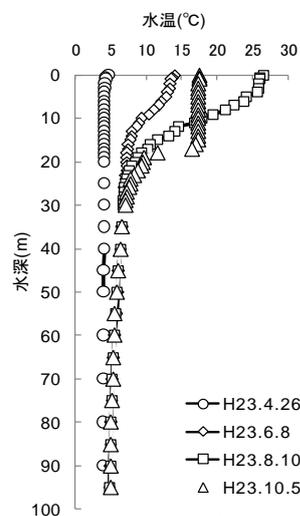


図5 鉛直水温

(イ) pH と EC

pH および EC の結果を図6、図7に示す。

pH の最大値は、7.53 (10月の水深10m) で、最小値は、6.32 (10月の水深90m) であった。

表層の pH は、6.64~6.90 の範囲で推移し、水深10mでは、6.76~7.53で推移し、水深別で最も変動の幅が大きかった。また、水深50mでは、6.62~6.73で推移し、水深別で最も変動の幅が小さかった。水深90mでは、6.32~6.69の範囲で

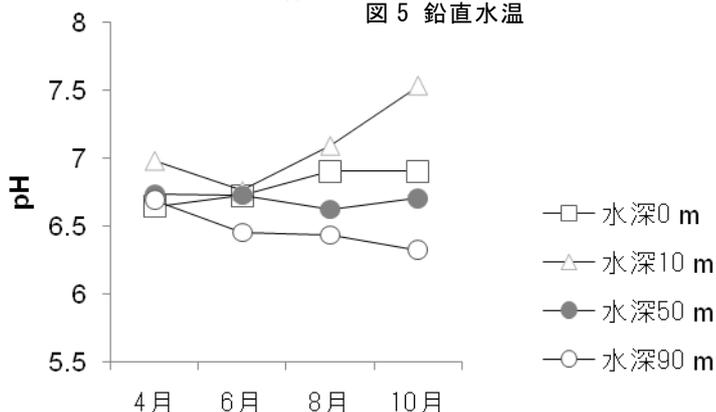


図6 pHの季節変動

推移し、4月を除き水深別で最も値が小さかった。

一方、ECは、112~116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲であり、水深別および季節で大きな差は認められなかったが、8月と10月の水深50m及び90mで比較的高い値を示した。

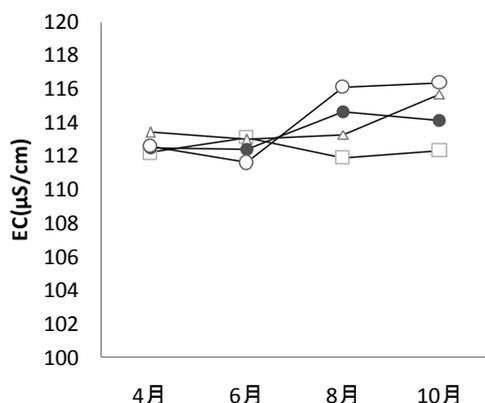


図7 ECの季節変動

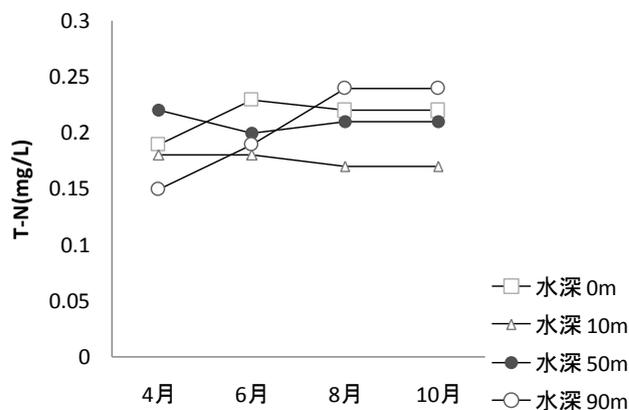


図8 T-Nの季節変動

(ウ) T-N、T-P

T-Nの季節変動を図8に示す。最小値は0.15mg/L(4月の水深90m)で最大値は0.24mg/L(8月および10月の水深90m)であった。水深90mのT-Nの季節変動幅は、他の3層を比べて大きかった。平成22年の水深90mの結果は、0.13(4月)、0.17(6月)、0.22(8月)、0.41(10月)mg/Lであり同様の季節変動を示した。今後も水深別の季節変動等を注視していく必要がある。

T-Pはすべて0.003 mg/L未満であった。

(エ) イオン成分

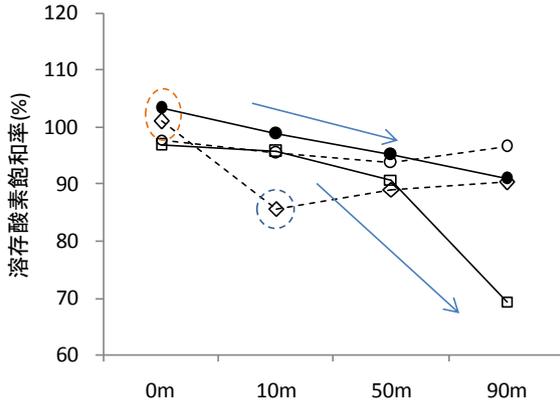
陽イオン (Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+})、陰イオン (SO_4^{2-} 、 Cl^{-}) は、全層で同様の水質を示し、また、季節変動も認められなかった。

(オ) D0

D0飽和率の季節変動を図9に示す。表層は6月と8月に過飽和となっていた。

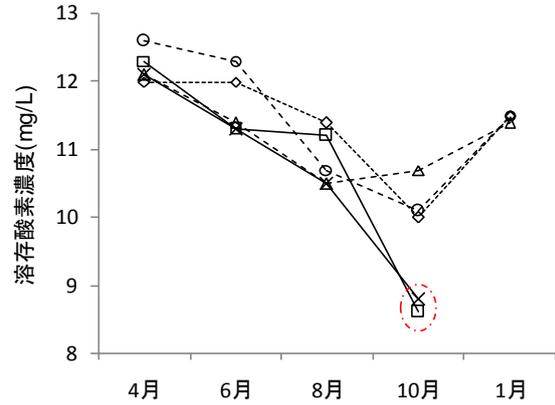
水深10mは8月にD0飽和率86%と他の3層と比較して低い値となった。水深90mでは、10月に69%と最も低かった。水温躍層が形成される6月と崩壊に向かう10月のD0飽和率は、下層ほど低下する傾向であった。

10月の水深90mのD0は、8.6mg/Lと最低値を示したが、図10に示した平成19年度以降のD0の経年変化はいずれも8mg/L以上であった。このことから、湖底のD0は高く保たれており、現時点で湖底にリンなどと共沈している水酸化鉄が嫌気的条件下で溶出し、リンなどを溶出させるおそれは低いものと考えられた。



--○-- H23.4 ● H23.6 --◇-- H23.8 □ H23.10

図9 DO飽和率(季節変動)



---◇--- H19 ---○--- H20 ---△--- H21 ---×--- H22 ---□--- H23

図10 水深90mにおけるDO(経年変化)

(カ) chl-a と水温、TOC

chl-a と水温の季節変動を図11に示す。chl-a 濃度は6月と8月の湖水温の高い時期に高くなる傾向があり、10月に低下した。

TOCは8月と10月に高くなる傾向があったが、0.8mg/L未満であり、季節変動はそれほど大きくなかった(図12)。

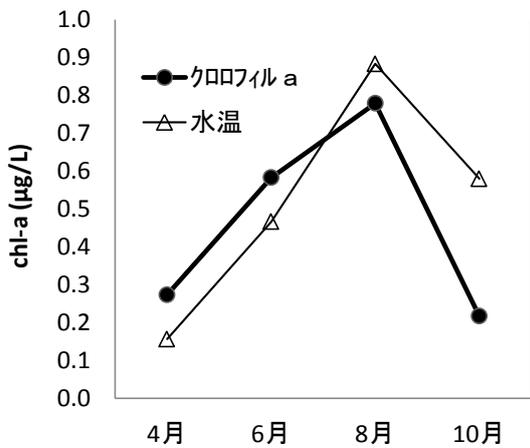


図11 chl.a と水温の季節変動

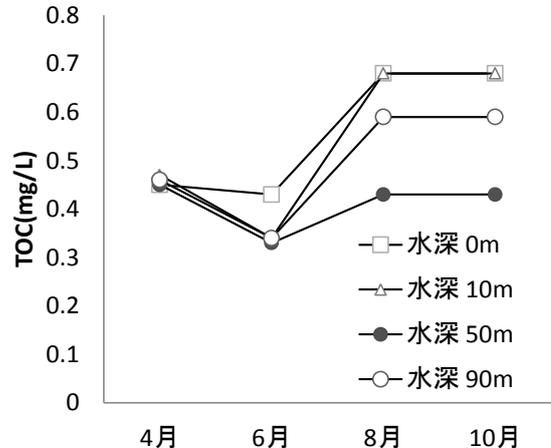


図12 TOCの季節変動

(キ) 金属成分

図13に溶解性(S-)と全量(T-)のFe、Al、Mnの季節変動を示す。

4月は、表層から水深90mまで、T-Feが0.10 mg/Lから0.12 mg/Lと平成22年4月の結果(0.01 mg/L)と比較して高い値だった。4月のS-Feは、すべての水深で0.01~0.03mg/Lであり、4月の高いT-Feは、懸濁態のFeによるものと考えられた。

同様にT-Alも4月にすべての水深で0.05~0.06 mg/Lと他の月(<0.01~0.01mg/L)と比べて高かった。また、平成22年のすべての結果の範囲(<0.01~0.02mg/L)と比べても高い値を示した。平成23年4月のS-Alは、すべての水深で<0.01~0.01mg/Lであったことから、4月の高いT-Alは、懸濁態のAlによるものと考えられた。

8月と10月の水深90mでT-Mnが他の3層の範囲 (<0.01~0.04mg/L) に比べて高い値 (0.22mg/L) を示した。平成22年もT-Mnが10月の水深90mで0.17 mg/Lと同様に高い傾向を示していた。10月の水深90mのS-Mnも同様に高い値(0.22mg/L)を示した。

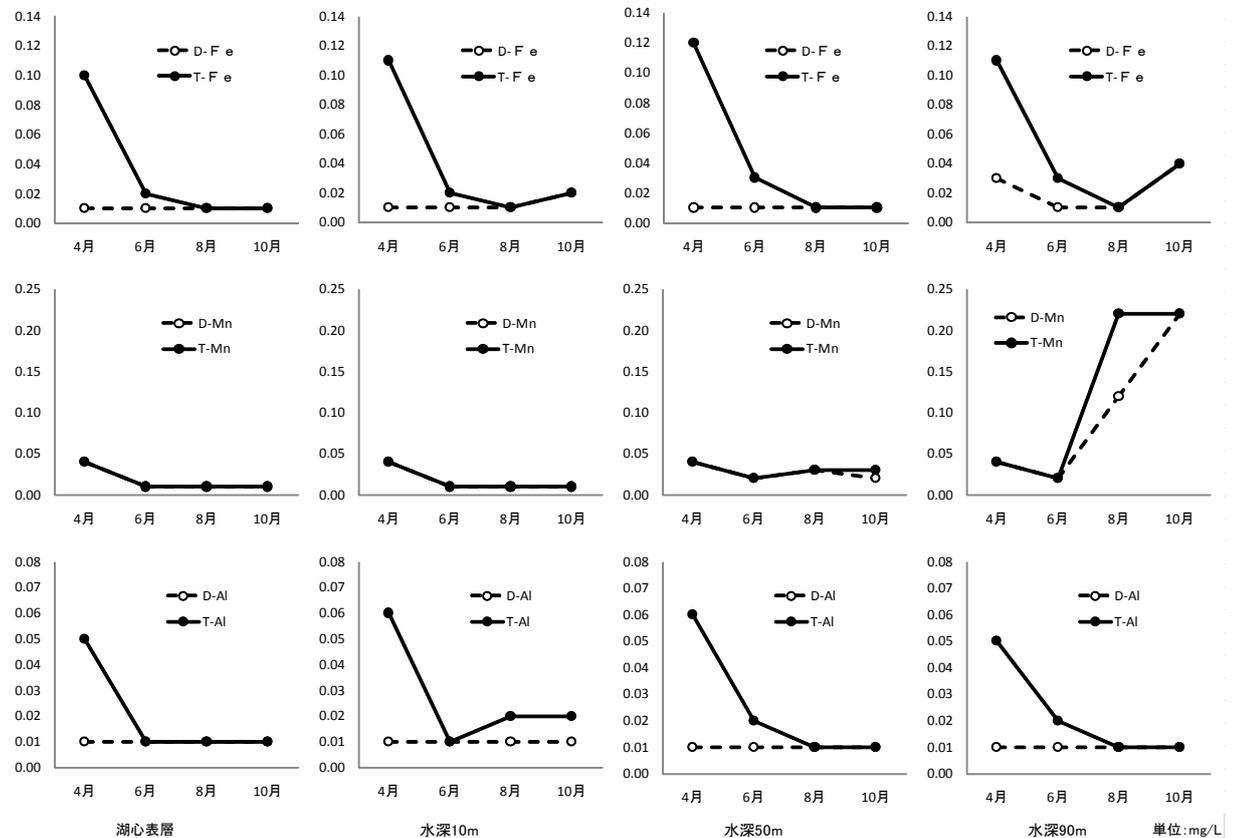


図 13 溶解性 (S-)・全 (T-) Fe、Mn、Al の季節変動

(ク) 透明度

平成23年4月の透明度は5.3mと低い値であったため、過去のデータが蓄積されている『水質年報(平成12年度)』～『水質年報(平成22年度)』と比較した。

この値は、平成13年9月の3.0mに次ぐ値であり、平成12年7月の5.5mに匹敵するものであった。平成12年および13年は年平均値でそれぞれ7.1m、6.8mと平成23年の平均値9.2mと比べて透明度の値が低い調査年であった。

しかし、平成20年度以降では、透明度8.0m以上を示し、今回の透明度5.3mは近年では顕著に低い値であったことから、その要因について検討した。透明度に関連する項目として、SS、chl-a、金属成分などが考えられるため、以下の点を考察する。

・SSは本調査では測定していないが、福島県水質年報によると、ほぼすべて

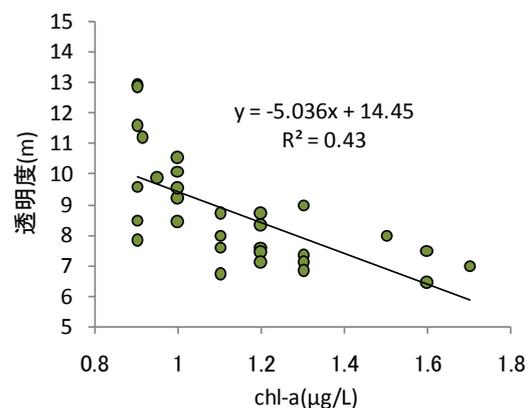


図 14 chl.a と透明度の関係 (S51-H21 水質年報)

の調査年度、時期、水深にかかわらず 1mg/L 未満である。このため透明度との比較が困難であるが、関連性は低いと考えられる。

・chl-a は、本年度はすべて $1\mu\text{g/L}$ と低い値で推移しており、図 14 に示した chl-a と透明度の関係によれば、 $R^2=0.43$ とわずかに相関がみられるが、平成 23 年 4 月の chl-a は $0.3\mu\text{g/L}$ と低く、4 月の透明度悪化との関連性は認められなかった。

・金属成分については、(キ) で述べたように 4 月の T-Fe、T-Al はすべての水深にわたって他の時期より高い値を示した。この際の S-Fe は、 $0.01\sim 0.03\text{mg/L}$ であったことから、4 月の高い T-Fe は、懸濁態の Fe に起因するものと考えられる。

同様に T-Al も 4 月にすべての水深で $0.05\sim 0.06\text{mg/L}$ と他の時期 ($<0.01\sim 0.01\text{mg/L}$) と比べて、高い値を示した。この際の S-Al は、すべての水深で $<0.01\sim 0.01\text{mg/L}$ であったことから、4 月の T-Al は、懸濁態の Al に起因するものと考えられる。

透明度悪化がみられた 4 月にすべての水深で T-Fe、T-Al 濃度が上昇していたことから、透明度悪化は懸濁態 Fe、Al 濃度上昇が関連している可能性が考えられた。

また、直近 5 か年の金属成分 (Fe、Mn、Al) 濃度の最大値は、4 月又は 10 月の水深 90m で認められることがあり、水温躍層の生成・崩壊時期と懸濁態 Fe、Al 濃度の上昇との関連について、今後検討する必要がある。

(2) 流入河川について

調査地点は、旧硫黄鉱山坑内排水の影響を受ける強酸性の硫黄川が下流で高森川と合流し、沼尻・中ノ沢温泉の影響を受けている酸川へ合流している。すべての酸性河川が合流した酸川(酸川野)は、さらに下流で裏磐梯湖沼群を流出源とする長瀬川本川と合流する。

ここで上記3に記した調査地点の、硫黄川(高森川合流前)、高森川(酸川合流前)、酸川(高森川合流前)を酸性物質の発生源付近の『上流域河川』と位置づけ、酸川(酸川野)、長瀬川(上長瀬橋)、長瀬川(小金橋)^{注2}を『下流域河川』として結果を示す。

ただし、調査地点ごとの流量は次にまとめて図15に示し、また、図16に調査対象河川の概要をまとめて示す。

注2：平成23年度は長瀬川(小金橋)が震災の影響を受け、同地点での採水が困難であったことから、小金橋の下流約400m地点の月輪橋で採水した。この間河川水の流入はなく、距離も短いため今年度の月輪橋での調査結果も長瀬川(小金橋)の結果として記載している(以下同じ)。

調査地点の流量は、4月が最も大きく(硫黄川(高森川合流前)の12月 0.48m³/sを除く)、2月が最も小さかった。

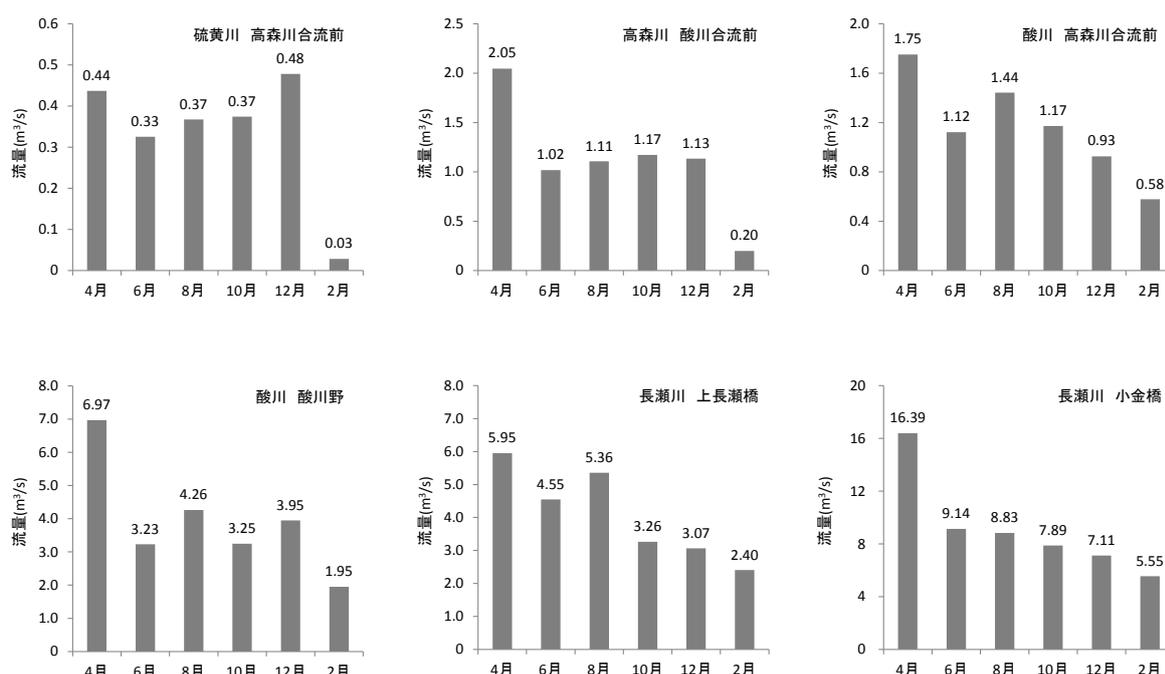


図15 河川流量の季節変動

ア 上流域河川の調査結果

猪苗代湖湖心でFe、Al濃度の経年的な減少が確認されている(H22年福島県環境センター年報)ことから、酸性物質湧出源付近の河川の水質変化を検討した。

(ア) 地点ごとの傾向

上流域の3河川の調査結果を別紙2-3に示す。

この3河川のpHは、いずれもpH2~3の強酸性の河川であり、旧硫黄鉱山坑内排水

の影響を受けている硫黄川(高森川合流前)は、調査対象河川中、各成分の濃度が最も高かった。調査対象河川の pH、流量および鉍酸酸度負荷量を図 16 に示す。

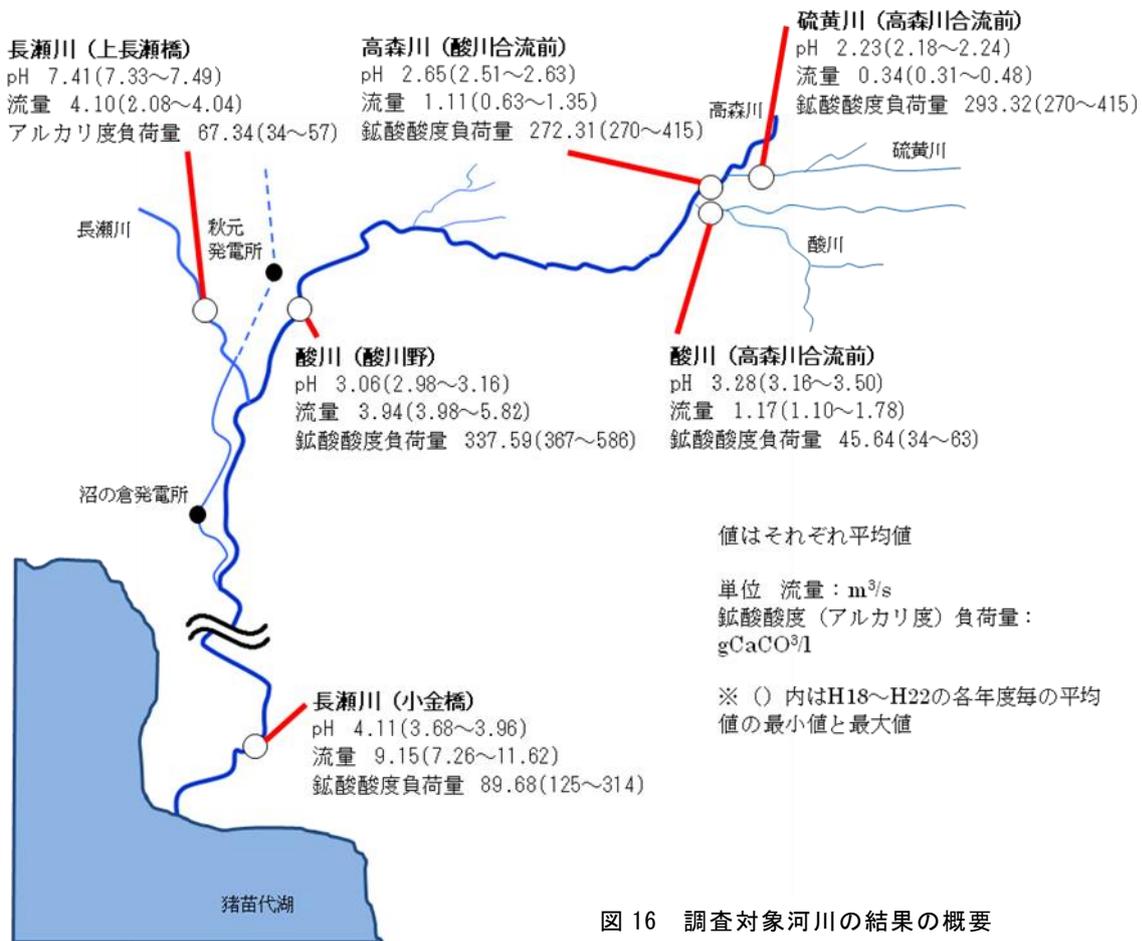


図 16 調査対象河川の結果の概要

(イ) 経年変化

旧硫黄鉍山坑内排水の影響を受けている硫黄川(高森川合流前)、沼尻・中ノ沢温泉水の影響を受けている酸川(高森川合流前)、また、硫黄川が流入する高森川(酸川合流前)の水素イオン、鉍酸酸度、Fe、Al、SO₄²⁻負荷量及び流量の経年変化を検討した。

なお、それぞれの負荷量は年平均値で示している。

最上流部に位置する、硫黄川(高森川合流前)の酸性成分の経年変化を図 17 に示す。

硫黄川(高森川合流前)の水素イオン負荷量、Fe、Al、SO₄²⁻負荷量は、平成 18 年が最大であり、その後、減少若しくは横ばいとなっている。平成 20 年度は平均流量が他の調査年度と比べて低く、各成分負荷量に影響を及ぼしている。

硫黄川(高森川合流前)は、調査対象河川中、各成分の濃度が最も高く、長瀬川への酸性成分の供給に寄与する影響が大きいと考えられる。

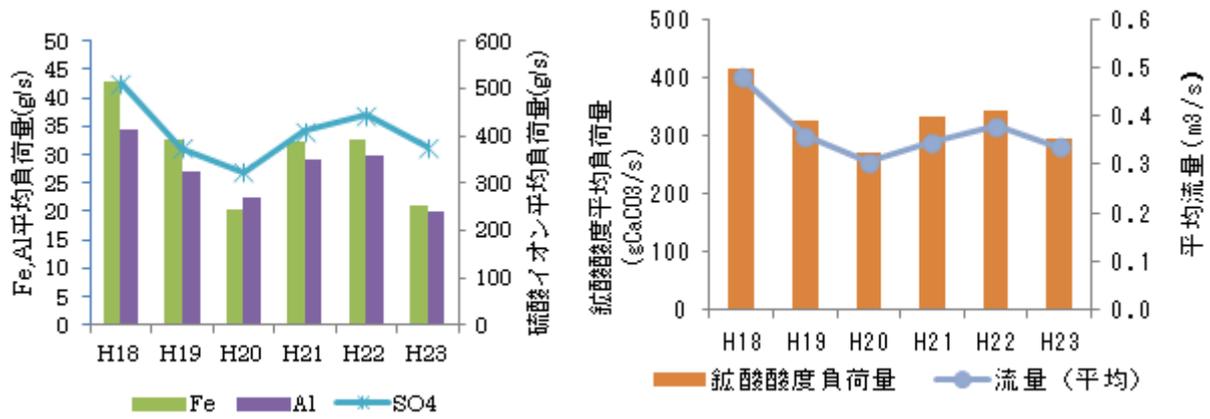


図 17 硫黄川（高森川合流前）における酸性成分の経年変化

酸川（高森川合流前）の酸性成分（水素イオン負荷量、鉍酸酸度負荷量、Fe・Al・SO₄²⁻負荷量）の経年変化を図 18 に示す。

酸川（高森川合流前）の水素イオン負荷量、鉍酸酸度負荷量は直近の 6 年間で減少傾向が確認できたが、Fe、Al、SO₄²⁻の負荷量に明確な増減は認められなかった。

また、高森川（酸川合流前）の酸性成分（水素イオン負荷量、鉍酸酸度負荷量、Fe・Al・SO₄²⁻負荷量）の経年変化を図 19 に示す。高森川（酸川合流前）の水素イオン負荷量、鉍酸酸度負荷量、Fe、Al、SO₄²⁻負荷量は直近 6 年間で減少傾向にある。

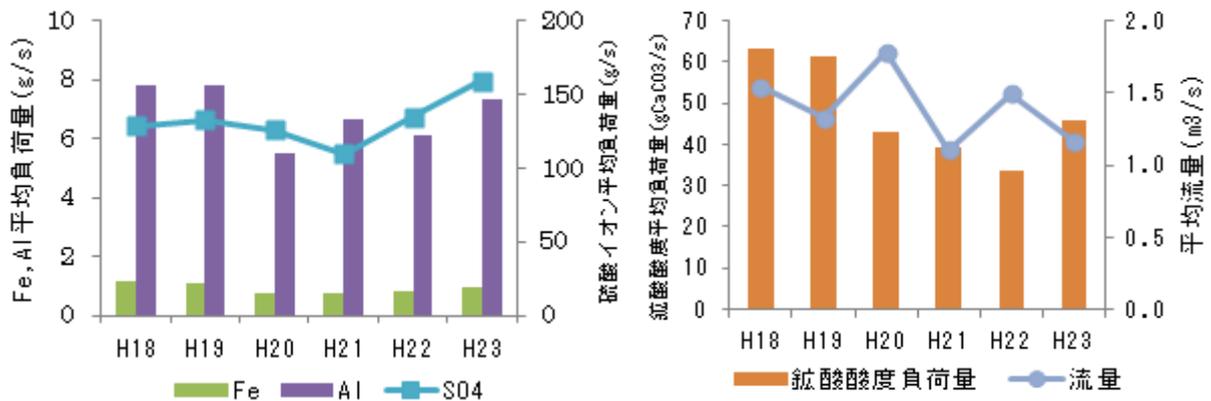


図 18 酸川（高森川合流前）における酸性成分の経年変化

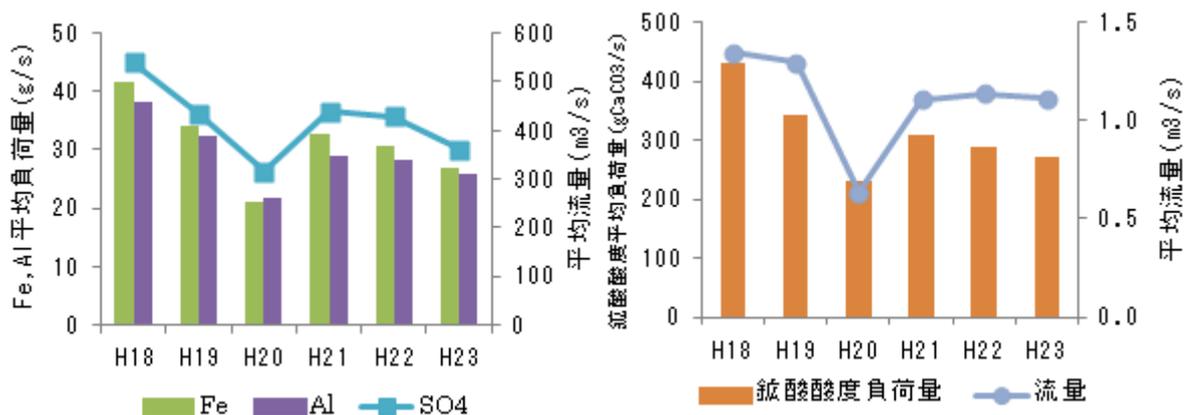


図 19 高森川（酸川合流前）における酸性成分の経年変化

イ 下流域河川の調査結果

酸川(酸川野)、長瀬川(上長瀬橋)、長瀬川(小金橋)の3地点は平成16年以降、年6回の頻度で調査を行っている。酸川(酸川野)は酸性物質の湧出源である旧硫黄鉱山坑内排水及び沼尻・中ノ沢温泉水の影響を受けた河川が合流した地点であり、酸性物質の総量を検討することができる。

(7) 地点ごとの傾向

下流域の3河川の調査結果を別紙2-4に示す

各地点のpHとECの季節変動は図20に示すとおり、酸川(酸川野)と長瀬川(小金橋)では、4月にECが低くpHが高くなっているが、融雪による流量増大の影響と考えられた。上長瀬橋のpHは年間を通して大きな変動は無くECは6月と8月に低くなっていた。

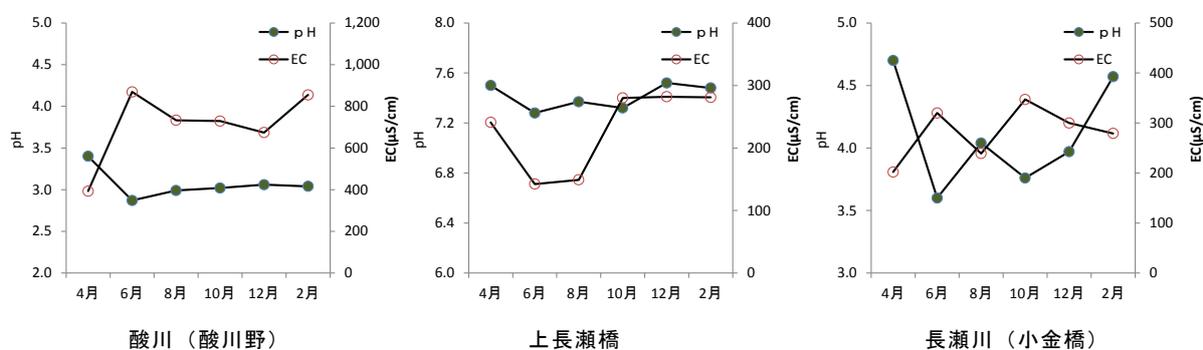


図20 pH、ECの季節変動

(イ) 経年変化

酸川(酸川野)の酸性成分(鉍酸酸度負荷量、 $\text{Fe} \cdot \text{Al} \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 負荷量)の経年変化を図21、22に示す。酸川(酸川野)の鉍酸酸度負荷量は、直近の5年間で減少する傾向があり、平成16年度から調査している、Fe、Al負荷量は減少しており、 SO_4^{2-} 負荷量はFe、Al負荷量の増減と同様に変動していた。

長瀬川(小金橋)の酸性成分(鉍酸酸度負荷量、 $\text{Fe} \cdot \text{Al} \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 負荷量)の経年変化を図23、24に示す。長瀬川(小金橋)の鉍酸酸度負荷量は、直近の5年間で減少する傾向があり、Fe、Al、 SO_4^{2-} の負荷量は平成16年度からFe、Al負荷量が減少しており、 SO_4^{2-} 負荷量は明確な増減は認められなかった。

また、平成16年度からの調査では、長瀬川(上長瀬橋)のアルカリ度負荷量は河川流量にほぼ比例し、直近4年間は増加傾向にある(図25)。

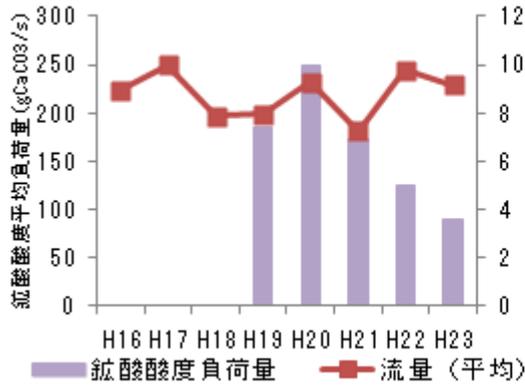


図 21 酸川（酸川野）の経年変化①

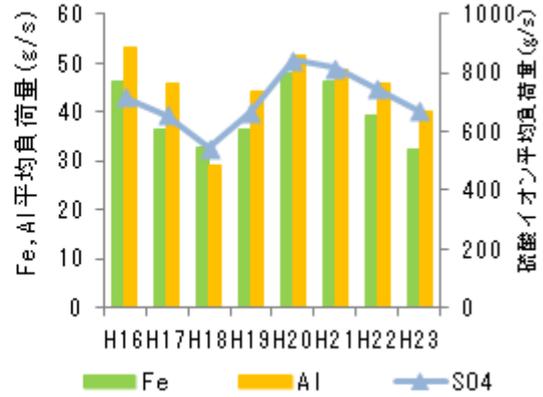


図 22 酸川（酸川野）の経年変化②

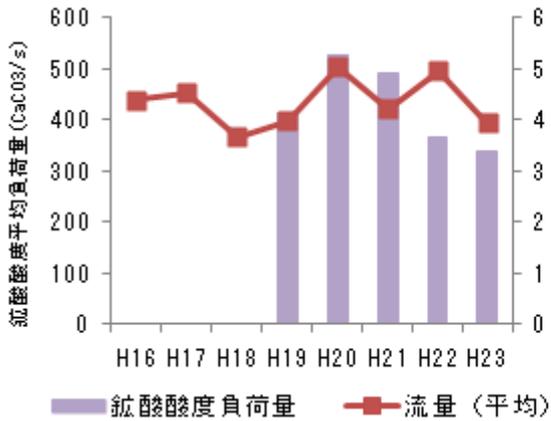


図 23 長瀬川小金橋の経年変化①

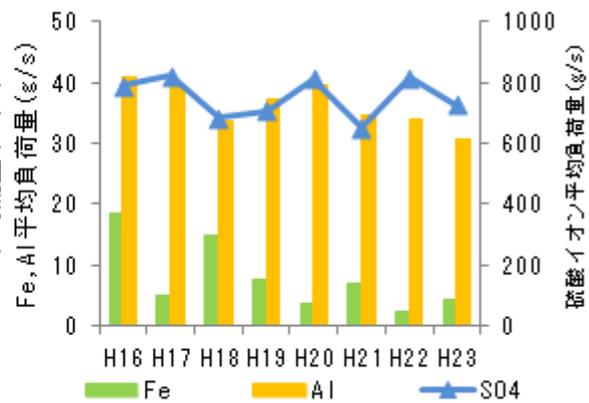


図 24 長瀬川小金橋の経年変化②

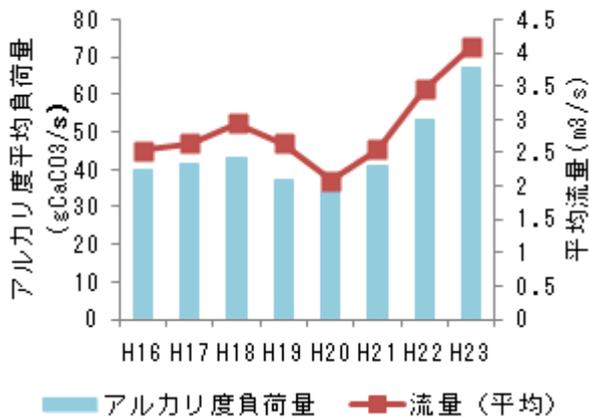


図 25 長瀬川上長瀬橋の経年変化

8 まとめ

(1) 猪苗代湖湖心の調査結果

ア pH

猪苗代湖における平成 23 年の pH は 6.86、アルカリ度は $3.52\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ と経年的な上昇が認められた。

イ イオン成分

イオン成分の大きな季節変動はなく、イオン当量の総和は平成 18 年までは減少、平成 19 年からは横ばい若しくは増加傾向となっていた。

ウ DO

10 月の水深 90m の DO は、 8.6mg/L であったが、平成 19 年度以降、水深 90m では、いずれも 8mg/L 以上であり、湖底付近の DO は高く保たれている。このことから、現時点で湖底にリンなどと共沈している水酸化鉄が嫌氣的条件下で溶出し、リンなどを溶出させるおそれは低いものと考えられた。

エ 透明度と金属成分

透明度の悪化がみられた 4 月は、すべての水深で T-Fe、T-Al 濃度が上昇し、この濃度上昇は懸濁態 Fe、Al に起因していたことから、この透明度悪化は、懸濁態 Fe、Al の濃度上昇が関連している可能性が考えられた。また、水温躍層の生成時期、崩壊時期と懸濁態 Fe、Al 濃度上昇との関連についても、今後検討する必要がある。

(2) 河川の調査結果

上流域河川のうち、各成分の濃度が最も高い硫黄川(高森川合流前)の水素イオン負荷量、T-Fe、T-Al、 SO_4^{2-} 負荷量は、平成 18 年を最大にその後、減少若しくは横ばいとなっていた。

高森川(酸川合流前)でも、同様に T-Fe、T-Al、 SO_4^{2-} 負荷量は減少傾向であった。

上流域河川での T-Fe、T-Al、 SO_4^{2-} 負荷量の減少傾向をうけて、下流域河川の酸川(酸川野)及び長瀬川(小金橋)の T-Fe、T-Al の負荷量も平成 16 年度以降、減少していた。

これらの上流域河川は、長瀬川への酸性成分の供給源として重要な役割を果たしていることから、今後も継続して調査を実施し、詳細なデータの蓄積が必要である。

別紙1 猪苗代湖及び流入河川 現地調査票

調査地点 調査年月日	湖心(表層)			
	H23.4.26	H23.6.8	H23.8.10	H23.10.5
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	8:57	9:00	9:00	8:55
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	曇り
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(°C)	7.1	18.1	27.2	14.7
水温(°C)	4.7	14.0	26.5	17.4
透明度(m)	5.3	8.5	10.1	10.0
水色(フォーレル)	7	6	6	7
色相	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	酸川(酸川野)					
	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	11:35	8:34	14:33	10:45	11:55	11:45
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	7.0	18.8	27.0	16.0	7.0	-2.0
水温(°C)	5.6	16.8	21.5	13.0	5.6	3.0
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	長瀬川(上長瀬橋)					
	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	10:55	9:35	14:50	14:30	12:05	12:05
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	4.8	17.5	27.0	16.0	4.8	-3.0
水温(°C)	6.2	18.0	23.8	16.0	6.2	2.4
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	長瀬川(月輪橋)					
	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	9:45	8:34	8:55	9:15	9:25	7:10
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	2.8	21.0	27.6	15.5	2.8	-5.0
水温(°C)	4.5	17.3	20.6	13.5	4.5	0.5
透視度	>100	>100	>100	86	>100	65
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	褐色	無色	無色	茶褐色	無色	茶褐色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	微濁	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	11:35	10:40	11:05	11:38	11:35	11:15
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	4.8	18.0	27.0	16.5	4.8	-4.0
水温(°C)	4.8	14.5	17.0	12.5	4.8	3.0
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	酸川(高森川前)					
調査年月日	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	11:15	11:00	13:40	11:57	11:15	10:30
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	2.5	18.0	24.0	13.0	2.5	-5.0
水温(°C)	7.0	15.8	18.5	12.6	7.0	5.5
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	流量大	通常	通常
色相	無色	無色	無色	白色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	硫化水素臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	硫黄川(高森川前)					
調査年月日	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	10:45	11:30	10:25	12:42	10:45	9:21
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	1.3	19.5	26.5	13.0	1.3	-3.0
水温(°C)	6.5	16.5	19.0	14.5	6.5	4.2
透視度	>100	>100	>100	78	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	硫化水素臭	無臭	硫化水素臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

別紙 2-1

猪苗代湖 調査日	溶存態	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
		4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5
pH		6.64	6.72	6.90	6.90	6.98	6.76	7.09	7.53	6.73	6.72	6.62	6.70	6.69	6.45	6.43	6.32
EC	μ S/cm	112.2	113.1	111.9	112.3	113.4	113.0	113.3	115.7	112.5	112.4	114.6	114.1	112.6	111.6	116.1	116.4
T-P	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na	mg/L	7.03	7.00	7.04	7.02	7.04	6.95	6.93	6.88	7.11	6.97	6.99	6.89	7.07	7.04	7.60	6.96
NH ₄	mg/L	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07
K	mg/L	1.66	1.62	1.54	1.51	1.66	1.79	1.62	1.66	1.68	1.81	1.70	1.67	1.67	1.83	1.74	1.72
Mg	mg/L	2.13	2.25	2.13	2.13	2.26	2.27	2.12	2.14	2.15	2.29	2.12	2.13	2.13	2.32	2.16	2.18
Ca	mg/L	8.26	8.38	8.13	8.10	8.30	8.55	8.12	8.18	8.39	8.61	8.21	8.21	8.32	8.72	8.34	8.37
Fe	mg/L	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.04
Mn	mg/L	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.12	0.22
Al	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Zn	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
F	mg/L	0.12	0.16	0.15	0.16	0.12	0.14	0.14	0.14	0.12	0.13	0.14	0.15	0.12	0.12	0.14	0.16
Cl	mg/L	9.59	9.65	9.67	9.78	9.58	9.61	9.72	9.94	9.60	9.59	9.87	9.91	9.61	9.61	9.90	9.91
NO ₂	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃	mg/L	0.89	0.91	0.66	0.65	0.89	0.92	0.69	0.65	0.90	0.94	0.90	0.92	0.90	0.87	0.88	0.88
SO ₄	mg/L	28.97	29.46	28.96	29.05	28.94	29.25	29.24	29.20	28.08	29.06	29.25	29.21	29.09	29.12	29.53	29.16
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	3.7	3.4	3.3	4.1	4.1	3.0	3.6	6.7	3.8	3.4	3.5	3.6	3.7	2.8	4.4	4.9
クロロフィルa	ug/L	0.3	0.6	0.8	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO	mg/L	12.2	10.3	8.0	9.0	12.1	11.0	7.9	8.9	11.9	11.5	10.8	11.0	12.3	11.3	11.2	8.6

猪苗代湖 調査日	全量	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
		4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5
T-N	mg/L	0.19	0.23	0.22	0.22	0.18	0.18	0.17	0.17	0.22	0.2	0.21	0.21	0.15	0.19	0.24	0.24
T-P	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Fe	mg/L	0.10	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.03	<0.01	<0.01
Mn	mg/L	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.22	0.22
Al	mg/L	0.05	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.02	0.02	0.06	0.02	0.01	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01
Zn	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TOC	mg/L	0.45	0.43	0.68	0.68	0.47	0.34	0.68	0.68	0.45	0.33	0.43	0.43	0.46	0.34	0.59	0.59

猪苗代湖 湖心の水深別 金属成分の季節変動と経年変化(H19~H23)

調査年度			平成23年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.04	0.02	10	90
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.22	0.05	10	90
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.12	0.07	4	50
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.22	0.06	8, 10	90
Al	(全量)	mg/L	0.01	0.06	0.02	4	50

調査年度			平成22年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.53	0.07	10	90
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.08	0.02	10	90
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.17	0.03	10	90
Al	(全量)	mg/L	<0.01	0.02	0.01	***	***

調査年度			平成21年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	***	***
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.04	0.03	***	***
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.02	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.02	0.02	***	***
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.04	0.03	***	***
Al	(全量)	mg/L	0.01	0.04	0.02	***	***

調査年度			平成20年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.06	0.04	10	90
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.41	0.05	4	90
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.06	0.04	4	90
Al	(全量)	mg/L	<0.01	0.35	0.04	4	90

調査年度			平成19年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.14	0.05	10	90
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.06	0.03	4	90
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.14	0.05	10	90
Al	(全量)	mg/L	0.01	0.05	0.02	***	***

注: 「***」は最大値が0.05mg/L以下であることを示す。

別紙 2-3

河川 調査日	溶存態	高森川 酸川合流前						酸川 高森川合流前						硫黄川 高森川合流前					
		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
pH		3.00	2.54	2.64	2.59	2.71	2.40	3.60	3.19	3.25	3.31	3.18	3.15	2.30	2.17	2.21	2.21	2.22	2.29
EC	μ S/cm	726	1555	1367	1624	1211	2790	343	571	544	512	629	776	3060	3470	3460	3680	3480	3490
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	13.20	35.67	27.54	29.50	21.82	40.13	0.43	1.28	0.74	0.84	0.99	0.87	73.20	90.85	76.37	39.39	37.99	74.92
Mn	mg/L	0.21	0.38	0.38	0.53	0.35	0.59	0.17	0.29	0.28	0.27	0.34	0.29	0.87	0.92	0.99	1.32	1.19	0.88
Al	mg/L	13.20	30.42	25.64	30.90	21.84	41.65	4.05	9.20	6.24	5.85	7.35	7.08	71.40	76.67	70.33	41.97	38.96	76.39
Zn	mg/L	0.02	0.05	0.04	0.07	0.03	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.15	0.14	0.14	0.13	0.10
F	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	mg/L	19.14	27.19	33.07	50.51	51.20	87.23	28.68	43.46	41.88	40.40	32.88	63.60	87.58	65.10	90.59	119.61	105.40	111.18
NO ₂	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄	mg/L	193.85	460.60	390.42	458.56	132.32	866.99	74.55	118.30	112.86	106.56	339.78	154.90	998.69	1187.24	1081.57	1205.52	1126.46	1086.97
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	115.1	340.3	285.2	323.1	217.7	551.0	20.1	50.0	43.9	36.5	46.5	57.8	752.1	938.8	894.2	914.1	894.7	688.74
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	165.1	422.8	377.8	408.2	316.3	831.5	48.9	77.8	76.6	68.3	87.6	112.8	935.3	1115.9	1114.4	1137.0	1130.9	1026.85
流量	m ³ /s	2.05	1.02	1.11	1.17	1.13	0.20	1.75	1.12	1.44	1.17	0.93	0.58	0.44	0.33	0.37	0.37	0.48	0.03

河川 調査日	全量	高森川 酸川合流前						酸川 高森川合流前						硫黄川 高森川合流前					
		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
T-N	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	13.20	35.68	27.94	29.83	21.82	50.31	0.49	1.34	0.74	0.96	1.02	0.95	74.30	91.95	83.15	40.08	38.70	74.92
Mn	mg/L	0.21	0.38	0.38	0.53	0.35	0.73	0.17	0.31	0.28	0.28	0.35	0.31	0.88	0.92	1.05	1.33	1.21	0.88
Al	mg/L	13.20	30.42	25.93	31.36	21.84	52.56	4.15	9.64	6.28	6.02	7.50	7.93	72.50	78.16	77.05	42.59	39.75	76.39
Zn	mg/L	0.02	0.05	0.04	0.07	0.03	0.07	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.15	0.17	0.14	0.13	0.10

別紙 2-4

河川	溶存態	酸川 酸川野						長瀬川 上長瀬橋						長瀬川 小金橋					
		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
pH		3.40	2.87	2.99	3.02	3.06	3.04	7.50	7.28	7.37	7.32	7.52	7.48	4.70	3.60	4.04	3.76	3.97	4.57
EC	μ S/cm	393	869	733	729	674	855	241	142.3	149.1	280	282	281	202	320	239	347	300	279
T-P	mg/L	0.033	0.042	0.026	0.020	0.023	0.044	0.019	0.008	0.003	0.003	0.006	0.009	0.02	0.01	<0.003	<0.003	0.01	0.01
Na	mg/L	7.17	10.49	10.15	10.04	10.66	13.79	18.87	10.05	11.73	21.62	23.38	23.56	11.06	10.18	10.58	13.81	13.79	15.38
NH ₄	mg/L	0.10	0.15	0.15	0.02	0.13	0.21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.06	0.05	0.05	0.03	0.07
K	mg/L	2.05	3.45	3.20	3.26	3.22	4.24	3.31	1.94	2.26	3.95	4.01	4.13	2.42	2.62	2.60	3.32	3.15	3.33
Mg	mg/L	3.47	5.91	5.50	5.73	5.72	7.71	4.78	2.66	2.73	5.43	5.46	5.22	3.71	3.84	3.59	4.99	4.72	4.96
Ca	mg/L	12.67	19.66	19.66	19.41	19.40	25.96	18.97	10.93	10.93	20.48	18.25	19.48	14.62	14.59	14.59	18.74	17.57	18.07
Fe	mg/L	4.59	12.54	13.29	8.68	5.56	7.29	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.35	0.63	0.44	0.46	0.96	0.20
Mn	mg/L	0.14	0.28	0.23	0.25	0.18	0.24	0.03	<0.01	<0.01	0.03	0.01	0.01	0.10	0.12	0.12	0.12	0.10	0.09
Al	mg/L	4.05	14.70	16.96	12.15	7.59	11.43	0.02	<0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	2.06	4.38	3.33	4.61	3.78	3.20
Zn	mg/L	0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
F	mg/L	0.75	1.39	1.15	1.15	1.18	1.67	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.07	0.34	0.46	0.41	0.51	0.49	0.54
Cl	mg/L	17.06	28.75	27.34	28.84	29.73	44.03	23.06	11.26	13.95	26.34	28.26	29.99	16.29	16.09	16.28	22.61	22.32	25.63
NO ₂	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃	mg/L	1.59	1.02	1.04	1.13	1.09	1.28	0.48	0.41	0.22	0.18	0.16	0.30	1.48	0.90	0.78	1.03	1.05	1.00
SO ₄	mg/L	100.49	231.18	188.77	194.28	175.92	227.44	57.42	32.13	31.15	67.53	65.54	60.96	62.40	89.60	71.13	103.42	87.88	80.43
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	18.1	13.0	14.8	18.5	17.7	18.0	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	43.0	143.0	88.2	111.6	77.7	112.1	-	-	-	-	-	-	1.1	22.0	9.6	18.4	9.4	4.0
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	74.3	188.1	126.9	154.7	132.7	177.0	-	-	-	-	-	-	21.1	44.8	21.8	42.9	34.7	31.2
流量	m ³ /s	6.97	3.23	4.26	3.25	3.95	1.95	5.95	4.55	5.36	3.26	3.07	2.40	16.39	9.14	8.83	7.89	7.11	5.55

河川	全量	酸川 酸川野						長瀬川 上長瀬橋						長瀬川 小金橋					
		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
T-N	mg/L	0.39	0.52	0.48	0.5	0.48	0.51	<0.05	0.10	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	0.30	0.26	0.25	0.29	0.32	0.23
T-P	mg/L	0.042	0.034	0.033	0.031	0.029	0.052	0.023	<0.003	0.01	0.007	0.011	0.015	0.032	<0.003	0.012	0.013	0.014	0.022
Fe	mg/L	4.78	12.77	14.35	9.19	7.94	7.67	0.10	0.07	0.15	0.07	0.04	0.05	1.79	0.89	0.44	2.34	1.71	1.38
Mn	mg/L	0.15	0.28	0.25	0.26	0.25	0.25	0.06	0.05	0.05	0.03	0.01	0.03	0.11	0.12	0.12	0.12	0.10	0.09
Al	mg/L	4.15	14.80	18.00	12.80	11.02	11.66	0.10	0.08	0.14	0.10	0.04	0.05	2.54	4.38	3.38	4.61	3.85	3.21
Zn	mg/L	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01

2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査

1 目的

平成18年度から猪苗代湖湖心表層において大腸菌群数が環境基準を超過する事例が見受けられることから（図1）、猪苗代湖及び大腸菌群の流入が大きい河川の水質調査を実施することにより、大腸菌群が出現する傾向を把握し、その対策に資する。

また、大腸菌群数が高く検出される時期における大腸菌群の種を同定する。

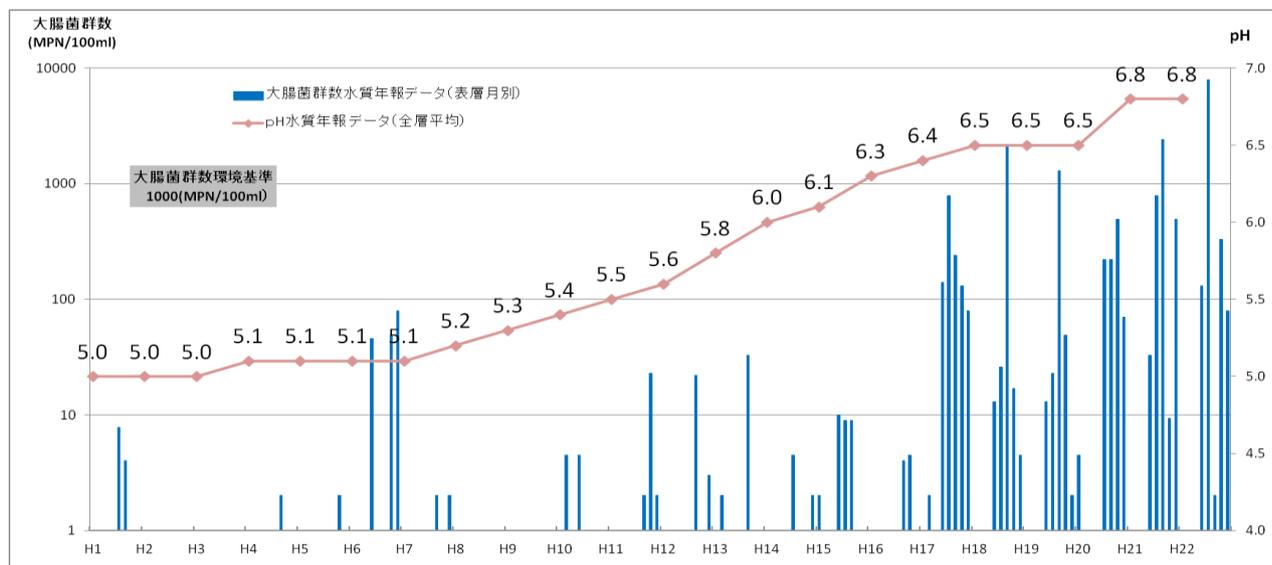


図1 猪苗代湖湖心のpH及び大腸菌群数の経年変化

2 調査方法

猪苗代湖及び小黑川の大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖に流入した大腸菌群の存在状況及び拡散状況を考察した。

3 調査地点

調査地点は図2のとおり。

- (1) 小黑川梅の橋
- (2) 猪苗代湖湖心：1地点4層
(水深0.5m、水深5m、水深15m、水深30m)
- (3) 猪苗代湖小黑川沖500m
- (4) 猪苗代湖小黑川沖500m関係地点：4地点
(SW、SSW、SSE、SE地点)

4 調査時期

- (1) 3-(1)、(2)、(3)については年8回
(7月×2回、8月×2回、9月×2回、10月×1回、11月×1回)
- (2) 3-(4)については年2回 (8月×1回、9月×1回)

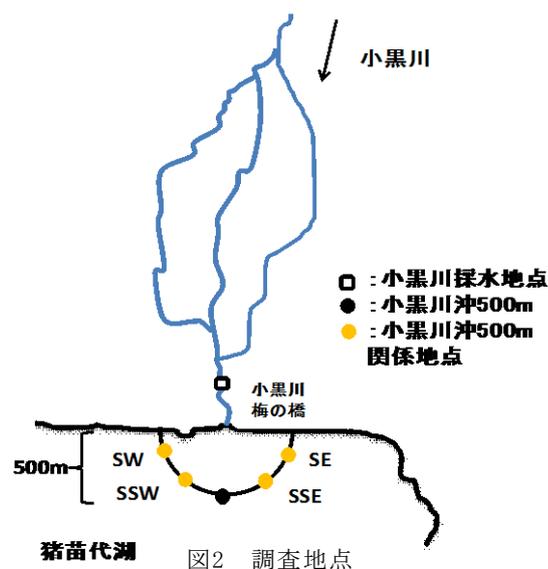


図2 調査地点

5 調査項目

- (1) 3-(1)については、気温、水温、透視度、色相、臭気、濁り、流量
- (2) 3-(1)以外については、気温、水温（垂直水温）、透明度、色相、臭気、濁り、
沖合調査地点の水深（調査時湖全体水位は土木部から確認した）
- (3) pH、EC、D0、SS、大腸菌群数、大腸菌数、TOC、大腸菌群の種（9月の1回。当所で
大腸菌群数が陽性となったBGLB液体培地からBGLB寒天培地に分離したコロニーを、福
島大学共生システム理工学類に提供し、その種の同定を依頼した）

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：伝導率計
- (3) D0：よう素滴定法
- (4) SS：重量法
- (5) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地によるQTトレイ法
*大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も一部の地点で行った。
- (6) TOC：燃烧酸化－赤外吸収式TOC自動計測法

7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1のとおり。
分析結果の一覧については、別紙2のとおり。

(1) 猪苗代湖湖心の水質について

ア 鉛直水温と水温躍層について

猪苗代湖湖心における鉛直水温の調査結果を図3に示す。なお、図3の作成にあたっては「平成23年度猪苗代湖水質モニタリング調査事業」で測定したデータも使用している。

4月の水温は、全層でほぼ一定であり、気温の上昇と共に表層の水温は上昇し、調査を開始した7月12日には水温躍層が確認された。その後10月5日までは、水温躍層が確認できた。11月の調査では悪天候のため鉛直水温の調査を行えなかったが、当日の湖心水深0.5m水温が10.1℃だったことから、例年どおり水温躍層の崩壊が始まっていたと示唆された。

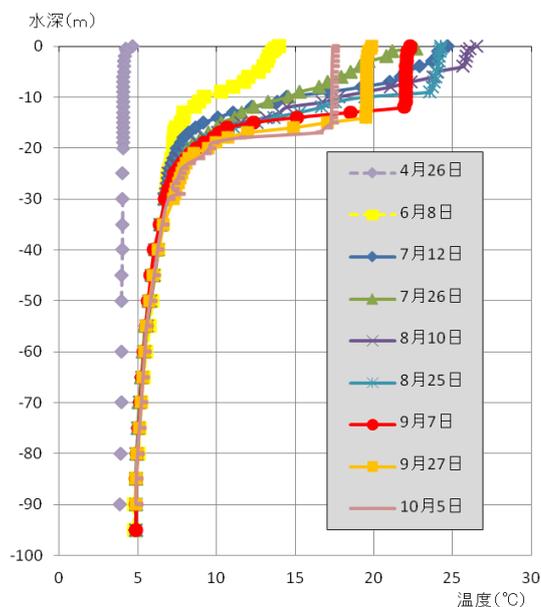


図3 湖心垂直水温

イ 大腸菌群数及び大腸菌数について

猪苗代湖湖心の大腸菌群数及び水温の調査結果を図4に示す。

猪苗代湖湖心水深0.5mの大腸菌群数は、調査を始めた7月12日には3MPN/100mlと低い値であったが、7月26日以降上昇し、8月25日には湖沼A類型の環境基準である1,000MPN/100mlを超える1,200MPN/100mlが検出、さらに9月7日には、最高値である20,000MPN/100mlとなり、10月5日まで1,000MPN/100mlを超える状態が続いた。昨年度の調査で、湖沼A類型の環境基準を超過したのは、8月4日の1回だけであったのと比較すると、今年度は大腸菌群が生息しやすい状況が約40日間続いていたと考えられる。

水深別にみても、水深0.5mと水深5mは同様な値を示した。水深15mは水深0.5mと比較すると低い値の時、高い値の時があった。水深30mは水深0.5mと比較すると8月25日以外低い値を示したが、水深0.5mと同様に8月から9月にかけて、環境基準を超える高い値を示した。

今年の水深0.5mの水温は、7月12日の早い時期に24℃と高い値を示し、その後25℃を超えたのは8月10日のみであり、この時の大腸菌群数はまだ1,000MPN/100mlを超えていなかった。その後、大腸菌群数が1,000MPN/100mlを超えたが、水温が20℃を下回った9月27日、10月5日でも大腸菌群数が1,000MPN/100mlを超えていた。水温と大腸菌群数に相関は認められなかった。

なお、大腸菌数は全ての時期及び水深で1MPN/100ml未満であった。

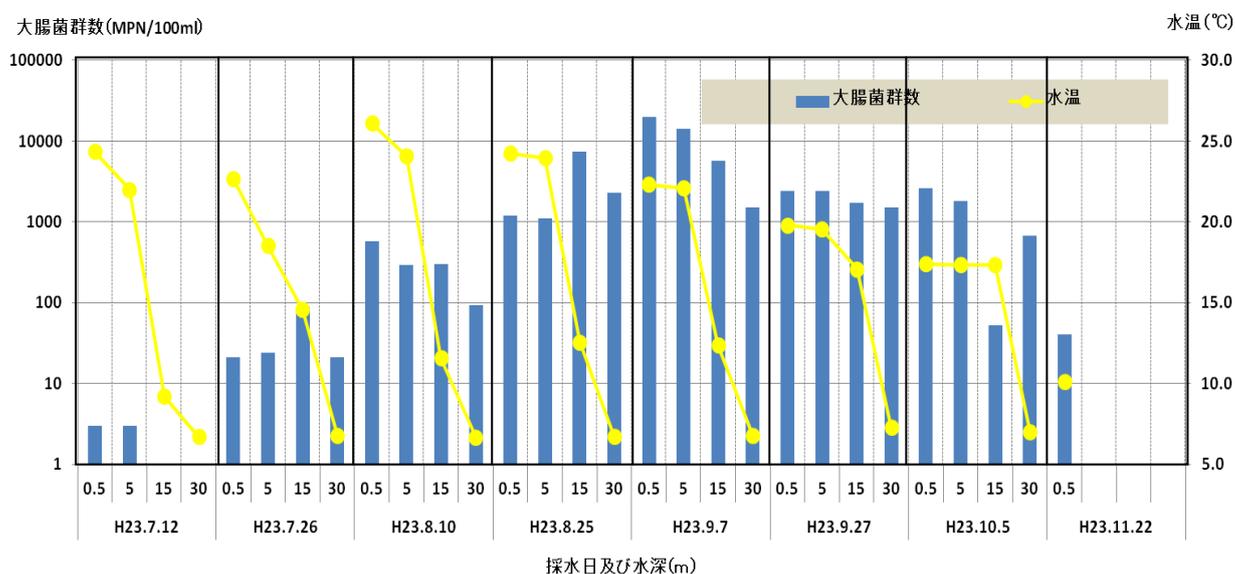


図4 湖心大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

猪苗代湖湖心の pH 及び TOC の調査結果を図5～6に示す。

大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関を表1に示す。

pHは6.62～7.00であり、水深別では、水深30mが他の水深と比較して月別変化が少なく、低い値で一定であった。大腸菌群数が最高値を示した、9月7日の水深0.5mのpHは6.84と中程度の値で、大腸菌群数とpHに相関関係は認められなかった。

TOCは0.40~0.85mg/lで、TOCは水温と高い相関が認められ、水温の上昇に伴い高い値を示した。水深0.5mの最高値が8月10日で、水深5mが2週間遅れて8月25日に最高値を示した。水深別ではpHと同様に水深30mが他の水深と比較して月別変化が少なく、低い値で一定であった。大腸菌群数との相関は認められなかった。

なお、ECは109.8~114.4 μ S/cmと月別、水深別とほぼ一定の値、DO飽和率は93%以上、SSは1mg/l未満と、大腸菌群数とこれらの項目に相関は認められなかった。

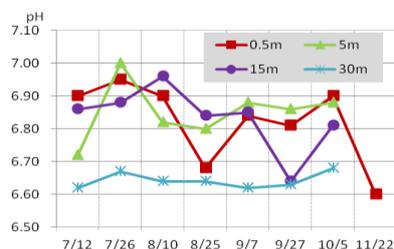


図5 猪苗代湖湖心のpH

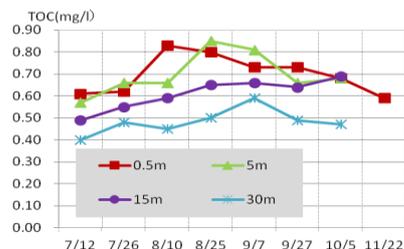


図6 猪苗代湖湖心のTOC

表1. 猪苗代湖湖心における大腸菌群数とその他の項目の相関関係

	水温	透明度	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.209	0.339	0.166	-0.176	-0.118	0.378

(2) 小黒川梅の橋及び猪苗代湖小黒川沖500mの水質について

ア 大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、猪苗代湖小黒川沖500m及び猪苗代湖湖心水深0.5mの大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図7に示す。

小黒川梅の橋の大腸菌群数は21,000~58,000MPN/100ml、大腸菌数は130~1,900MPN/100ml、猪苗代湖小黒川沖500m地点の大腸菌群数は17~2,900MPN/100ml、大腸菌数は1未満~14MPN/100mlであった。小黒川梅の橋から流入した大腸菌群、大腸菌は、猪苗代湖水に接触して小黒川沖500m地点ではともに約2桁減少していた。小黒川沖500m地点で大腸菌群数の環境基準1,000MPN/100mlを超えたのは、8月10日(1,800MPN/100ml)、9月7日(2,900MPN/100ml)の2回のみで、猪苗代湖心で環境基準を超えていた8月25日~10月5日の4回の調査時は猪苗代湖湖心より1桁低い値を示した。

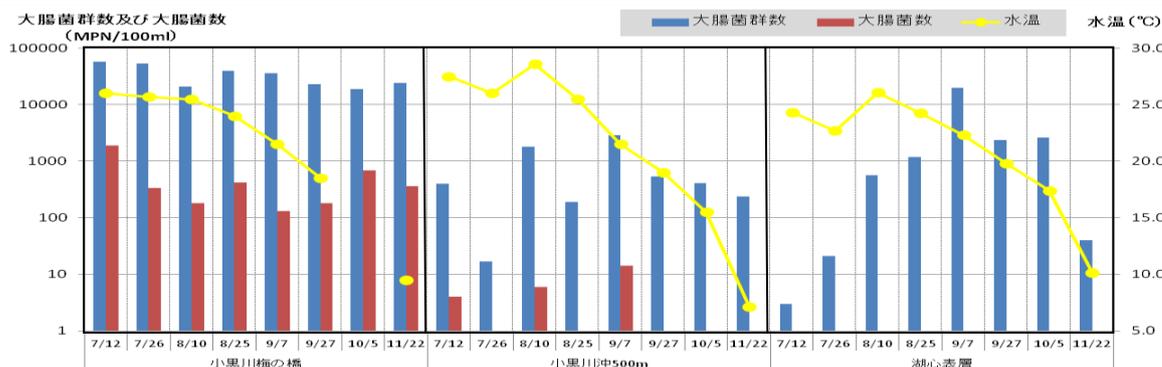


図7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

小黒川から流入した大腸菌群が猪苗代湖内でのどのように拡散していくかを確認するために、小黒川沖 500m 関係地点の調査を 8 月 10 日と 9 月 7 日行った。小黒川沖 500m 関係地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図 8 に示す。大腸菌群数は 8 月 10 日は 830~4,800MPN/100ml、9 月 7 日は 1,500~2,900MPN/100ml、大腸菌数は 8 月 10 日は 5~9MPN/100ml、9 月 7 日は 1~14MPN/100ml と同程度の値で、地点による明確な違いは認められなかった。

大腸菌群数にしめる大腸菌数の割合は猪苗代湖小黒川沖 500m（関係地点も含む）で 0~1.0%、小黒川梅の橋で 0.3~3.6%と、下水処理流入前の河川水の平均値が 5%であったという和波らの報告¹⁾よりも低かったため糞便による汚染の割合は低いと考えられた。

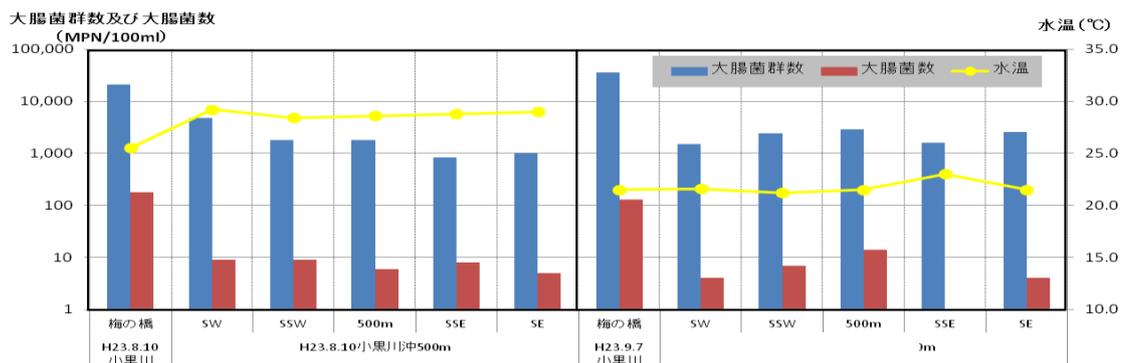


図 8 小黒川 500m 関係地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温

イ 小黒川梅の橋の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について
小黒川梅の橋の流量等のグラフを図 9~10 に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表 2 に示す。

pH は 7.19~7.63、EC は 166.9~243.0 μ S/cm、SS は 1~11mg/l、TOC は 1.44~2.34mg/l と猪苗代湖内の水質と比較して高い値を示した。DO 飽和率は 87%以上の値であった。流量の多い 7 月から 8 月と、流量の少ない 9 月から 11 月を比較してみると、流量の多い時期に pH 及び EC は低く、大腸菌群数及び SS は高い傾向を示した。

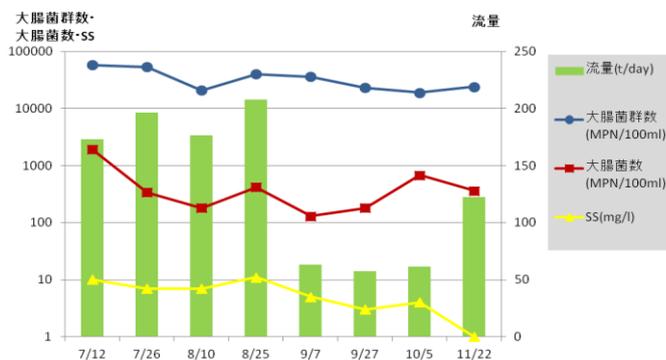


図 9 小黒川梅の橋の SS 等の推移

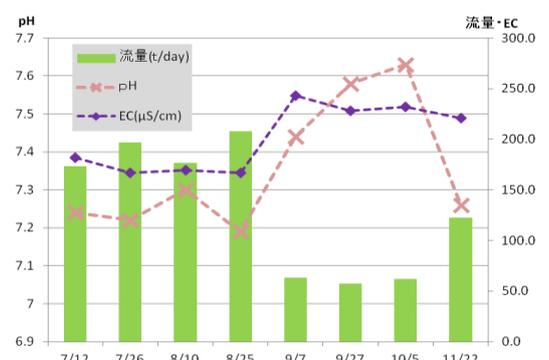


図 10 小黒川梅の橋の pH 等の推移

大腸菌群数と流量、水温、SS 及び大腸菌数で中程度の正の相関、大腸菌群数と pH 及び EC で中程度の負の相関がみられた。このことから、流量の多い時期に SS が高く土壌由来の大腸菌群数が多くなり、流量が多い時に pH 及び EC は低い値を示すため、大腸菌群数と EC で負の相関がみられたと思われた。大腸菌数は大腸菌群数と正の相関はあるが、その他の項目との相関は少なかった。

表 2 小黒川梅の橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係

	流量	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.581	0.571	-0.615	-0.517	-0.114	0.667	-0.046	0.570
大腸菌数	0.247	0.303	-0.215	-0.224	0.060	0.457	-0.217	

ウ 猪苗代湖小黒川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について猪苗代湖小黒川沖 500m（関係地点を含む。）の調査結果のグラフを図 11～13 に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表 3 に示す。

pH は 6.28～9.44 であった。8 月 10 日から 9 月 7 日にかけて炭酸同化作用のため、pH が 8 以上を示す地点があり、同時に DO 飽和率も、ほぼ 100% を超える現象がみられた。炭酸同化作用が活発で pH の高かった猪苗代湖小黒川沖 500m 関係地点の大腸菌群数が高く、pH と大腸菌群数に中程度の正の相関が認められた。

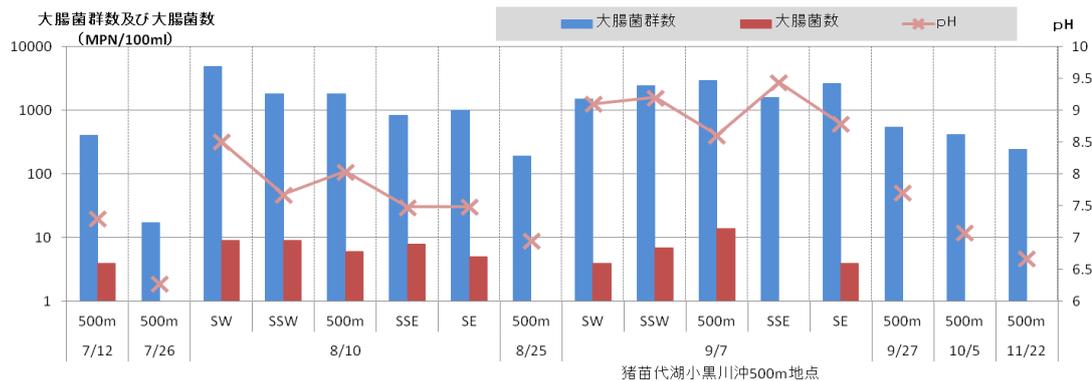


図 11 猪苗代湖小黒川沖 500m 地点の pH の推移

EC は 113.2～199.0 μ S/cm で、小黒川梅の橋の水質の影響を受けていた。また、小黒川沖 500m 関係地点においても、小黒川沖 500mSSE 及び SE が小黒川の影響をより受けていた。EC と大腸菌群数に正の中程度の相関が認められた。

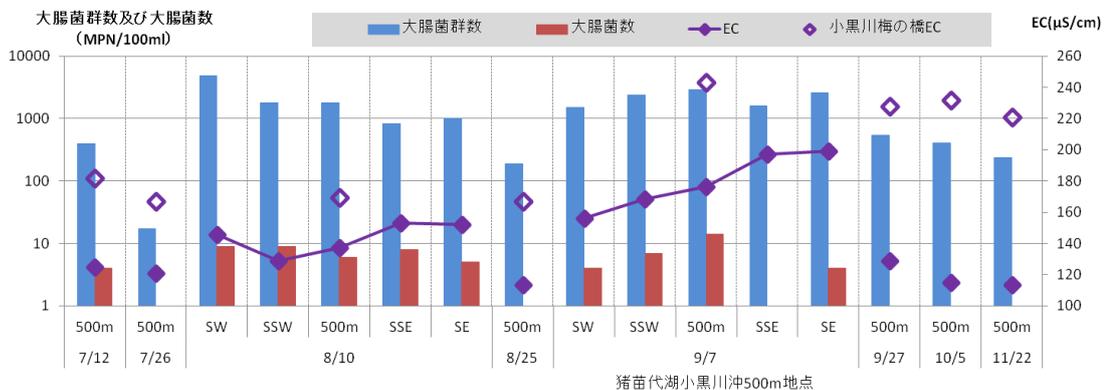


図 12 猪苗代湖小黒川沖 500m 地点の EC の推移

TOC は、0.48～2.69mg/l で、小黒川梅の橋の水質の影響を受けていた。しかし、8月10日と9月7日の小黒川関連地点では、特に SSE 及び SE が小黒川梅の橋よりも高かった。TOC と大腸菌群数に正の中程度の相関が認められた。

DO 飽和率は 98～148%、SS は 1 未満～5mg/l で大腸菌群数及び大腸菌数と相関は認められなかった。

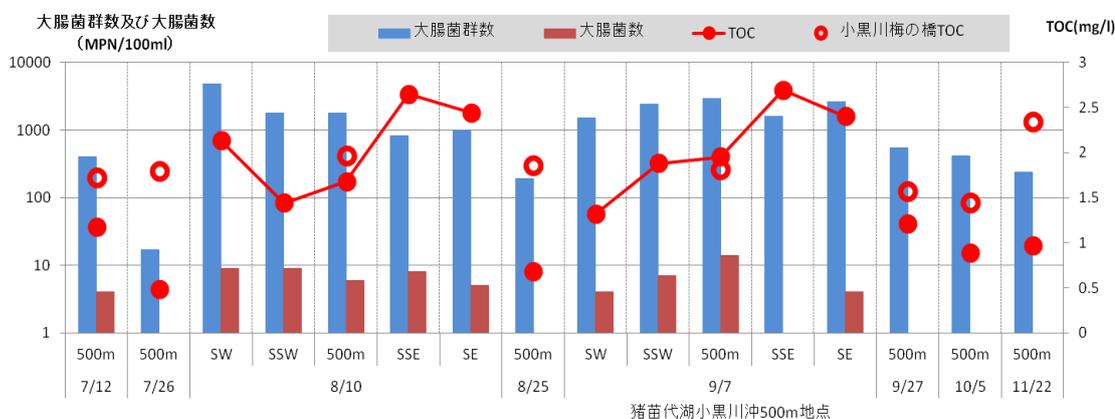


図 13 猪苗代湖小黒川沖 500m 地点の TOC の推移

表 3 猪苗代湖小黒川 500m 地点における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目の相関関係

	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.265	0.693	0.565	0.300	0.387	0.561	0.685
大腸菌数	0.388	0.378	0.348	-0.180	0.062	0.464	

(3) 大腸菌群の菌種について

猪苗代湖湖心で検出された大腸菌群の菌種の同定結果を表 4 に示す。

9月7日の猪苗代湖湖心では3層で、*E. cloacae*が、小黒川梅の橋では*E. cloacae*と*E. aminigenus 2*が検出された。同定をおこなった検体数が少ないが、湖心3層で*E. cloacae*が検出され湖心で優占している可能性が示唆された。

今回の結果は、猪苗代湖内では河川から流入した多様な大腸菌群が、それぞれの種毎に異なる死滅と生存や増殖過程を経た後、湖心では*E. cloacae*が優占しているという上野らの報告²⁾と類似していた。

表 4 大腸菌群菌種同定結果

検体名	採取水深(m)	調査年月日	大腸菌群種同定結果
猪苗代湖湖心	0.5	H23.9.7	<i>Enterobacter cloacae</i>
	5		<i>Enterobacter cloacae</i>
	30		<i>Enterobacter cloacae</i>
小黒川梅の橋	0.5		<i>Enterobacter cloacae</i>
			<i>Enterobacter aminigenus2</i>

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心の大腸菌群は、調査を始めた7月から検出され、その後徐々に上昇し、水深0.5mで8月25日から10月5日までの期間、1,000MPN/100ml（環境基準）より高い値を示した。最高値は、9月7日の20,000MPN/100mlであった。大腸菌は検出されなかった。また、7月26日から10月5日までの期間は4層で大腸菌群が検出され、水深30mでは水深0.5mより低い値を示す傾向であった。
- (2) 小黒川梅の橋の大腸菌群数は数万MPN/100ml、大腸菌数は数百MPN/100ml程度、猪苗代湖小黒川沖500m地点の大腸菌群数は数百MPN/100ml、大腸菌数は数個MPN/100ml程度と調査期間中大きな変化はなかった。小黒川梅の橋から流入した大腸菌群及び大腸菌は猪苗代湖水に接触して猪苗代湖小黒川沖500mでは2桁近く減少していた。大腸菌群数が猪苗代湖湖心水深0.5mで1,000MPN/100mlより高い値を示した期間、猪苗代湖小黒川沖500mは1桁低い値であった。また、小黒川梅の橋及び猪苗代湖小黒川沖500m地点の糞便の汚染の割合は少なかった。
- (3) 猪苗代湖小黒川沖500m関連地点の大腸菌群数は1,000MPN/100ml前後、大腸菌数は数個MPN/100ml程度の値で地点による明確な違いは認められなかった。しかし、ECは猪苗代湖小黒川沖500mSSE及びSEが小黒川梅の橋の影響を受けていた。
- (4) 各地点で、大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目で、高い相関がみられた項目はなかった。
- (5) 猪苗代湖心3層で、*E. cloacae*が検出され、猪苗代湖心では、*E. cloacae*優占しているという今までの報告²⁾と類似した結果であった。今回の菌種の同定は、9月1回のみのものであり、季節による優占種の消長なども検討するため、今後、検体数を増やしていく必要がある。

参考文献

- 1) 和波ら：大腸菌群数測定の課題と今後の動向
第46回日本水環境学会併設全国環境協議会研究集会
- 2) 上野 難波ら：猪苗代湖流入河川の大腸菌群は糞便汚染に由来するのか
福島大学プロジェクト研究〔自然と人間〕研究報告 No. 8:25-31(2010)

別紙1 現地調査票

調査地点	猪苗代湖(湖心)				猪苗代湖(湖心)				猪苗代湖(湖心)				猪苗代湖(湖心)				猪苗代湖(湖心)				猪苗代湖(湖心)				猪苗代湖(湖心)											
採取水深(m)	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30
調査年月日	H23.7.12				H23.7.26				H23.8.10				H23.8.25				H23.9.7				H23.9.27				H23.10.5				H23.11.22							
採水時間	8:45				10:10				9:00				10:00				9:15				9:15				8:55				10:25							
天候(前日)	晴れ後雨				晴れ後時々雨				晴れ				曇り				晴れ																			
天候(当日)	晴れ				晴れ				晴れ				曇り				快晴				曇り				曇り				曇り							
気温(℃)	27.1				29.8				27.2				26.0				20.5				15.3				14.7				5.0							
水温(℃)	24.33	22.00	9.19	6.71	22.67	18.54	14.58	6.76	26.09	24.05	11.56	6.68	24.25	23.97	12.56	6.73	22.30	22.07	12.35	6.75	19.80	19.56	17.09	7.26	17.40	17.36	17.32	6.97	10.10	-	-	-				
透明度(m)	13.6				9.5				10.1				9.5				13.2				9.1				10				-							
水色(フォーレル)	4				3				6				6				5				7				7				-							
色相	無色				無色				無色				無色				無色				無色				無色				無色							
臭気	無臭				無臭				無臭				無臭				無臭				無臭				無臭				無臭							
濁り	透明				透明				透明				透明				透明				透明				透明				透明							

調査地点	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500mSW	猪苗代湖小黒川沖500mSSW	猪苗代湖小黒川沖500mSSE	猪苗代湖小黒川沖500mSE	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500mSW	猪苗代湖小黒川沖500mSSW	猪苗代湖小黒川沖500mSSE	猪苗代湖小黒川沖500mSE	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日	H23.7.12	H23.7.26	H23.8.10				H23.8.25				H23.9.7				H23.9.27	H23.10.5	H23.11.22
採水時間	10:00	11:00	10:40	11:00	10:50	11:10	11:15	11:00	10:20	10:30	10:40	10:45	10:50	10:35	10:00	9:40	
天候(前日)	晴れ後雨	晴れ後時々雨	晴れ				曇り				晴れ				晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ				曇り				快晴				曇り	曇り	曇り
気温(℃)	28.1	27.0	28.6	29.4	28.8	30.2	30.5	32.0	21.9	21.6	21.7	21.6	21.8	18.5	15.1	5.0	
水温(℃)	27.5	26.0	28.6	29.2	28.4	28.8	29.0	25.5	21.0	21.6	21.2	23.0	21.5	19.0	15.5	7.1	
透明度(m)	1.6(全透)	1.7(全透)	1.4(全透)	1.0(全透)	1.0(全透)	1.2(全透)	0.9(全透)	1.3(全透)	1.1(全透)	0.5(全透)	0.5(全透)	水深1m水深繁茂	0.5(全透)	0.9(全透)	0.6(全透)	1.4(全透)	
水色(フォーレル)	16	-	15	15	14	14	15	5	16	16	16	17	16	12	11	-	
色相	茶褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
濁り	濁	透明	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	透明	透明	透明	透明	微濁	微濁	微濁	透明	透明	
検出(猪苗代土木事務所データ管理室)	513.23	513.08	513.19				512.91				512.72				512.85	512.62	512.78

*1 濁りの単位はmg/L

調査地点	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川
	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋
採水位置	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心
調査年月日	H23.7.12	H23.7.26	H23.8.10	H23.8.25	H23.9.7	H23.9.27	H23.10.5	H23.11.22
採水時間	11:30	13:25	12:30	11:40	12:30	12:10	11:40	13:30
天候(前日)	晴れ後雨	晴れ後時々雨	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	快晴	曇り	曇り	曇り
気温(℃)	31.0	25.0	32.0	28.0	21.8	22.5	15.1	5.5
水温(℃)	26.0	25.7	25.5	24.0	21.5	18.5	-	9.5
透明度(m)	>1	>1	0.54	0.89	>1	>1	>1	0.57
流量(m ³ /sec)	2.00	2.27	2.04	2.40	0.73	0.66	0.71	1.41
色相	茶褐色	茶褐色	無色	茶褐色	茶褐色	茶褐色	茶褐色	褐色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	濁

*水草多し

別紙2 調査結果表

調査地点	単位	猪苗代湖					小黒川	猪苗代湖					小黒川
		湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋	湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	5	15	30	0.5	0.5
調査年月日		H23.7.12						H23.7.26					
pH		6.90	6.72	6.86	6.62	7.31	7.24	6.95	7.00	6.88	6.67	6.28	7.22
EC	μS/cm	111.8	114.4	113.2	113.2	124.9	181.8	113.1	111.7	112.8	112.8	120.7	166.9
DO	mg/l	8.3	8.4	10.9	12.0	8.7	8.3	8.3	9.1	11.4	11.4	8.2	7.8
DO飽和率	%	101	98	98	101	111	104	98	100	116	96	103	97
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	2	10	<1	<1	<1	<1	<1	7
大腸菌群数(QT法)	MPN/100ml	3	3	1	<1	400	58,000	21	24	88	21	17	54,000
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	23											
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	4	1900	<1	<1	<1	<1	<1	340
TOC	mg/l	0.61	0.57	0.49	0.40	1.17	1.72	0.62	0.66	0.55	0.48	0.48	1.79

調査地点	単位	猪苗代湖										小黒川	猪苗代湖					小黒川
		湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	小黒川沖500mS1	小黒川沖500mS2	小黒川沖500mS3	小黒川沖500mS4	小黒川沖500mS5	梅の橋	湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5	15	30	0.5	0.5
調査年月日		H23.8.10											H23.8.25					
pH		6.90	6.82	6.96	6.64	8.04	8.51	7.68	7.48	7.49	7.30	6.68	6.80	6.84	6.64	6.96	7.19	
EC	μS/cm	111.9	111.3	112.9	113.4	137.2	145.8	129.0	152.9	152.1	169.3	112.4	112.7	113.3	113.4	113.4	166.9	
DO	mg/l	8.0	7.9	10.8	11.2	8.5	8.9	8.3	7.8	8.4	8.7	7.9	8.0	10.9	11.0	8.5	8.1	
DO飽和率	%	112	97	103	95	111	117	108	102	110	108	96	97	106	93	106	98	
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	2	2	1	2	3	7	<1	<1	<1	<1	<1	11	
大腸菌群数(QT法)	MPN/100ml	570	290	300	93	1,800	4,800	1,800	830	1,000	21,000	1,200	1,100	7,300	2,300	190	40,000	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	3,300																
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	6	9	9	8	5	180	<1	<1	<1	<1	<1	420	
TOC	mg/l	0.83	0.66	0.59	0.45	1.68	2.13	1.44	2.65	2.44	1.96	0.80	0.85	0.65	0.50	0.68	1.86	

調査地点	単位	猪苗代湖										小黒川	猪苗代湖					小黒川
		湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	小黒川沖500mS1	小黒川沖500mS2	小黒川沖500mS3	小黒川沖500mS4	小黒川沖500mS5	梅の橋	湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5	15	30	0.5	0.5
調査年月日		H23.9.7											H23.9.27					
pH		6.84	6.88	6.85	6.62	8.61	9.10	9.20	9.44	8.79	7.44	6.81	6.86	6.64	6.63	7.71	7.58	
EC	μS/cm	111.9	112.2	110.9	112.4	176.3	156.1	168.4	197.0	199.0	243.0	110.9	109.8	111.1	111.8	128.9	228.0	
DO	mg/l	8.1	8.1	10.6	11.1	8.5	9.7	9.2	12.4	10.3	8.6	8.6	8.5	8.8	11.3	9.2	10.1	
DO飽和率	%	95	95	103	94	98	113	106	148	120	100	97	95	94	97	102	111	
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	2	2	3	5	4	5	<1	<1	<1	<1	1	3	
大腸菌群数(QT法)	MPN/100ml	20,000	14,000	5,700	1,500	2,900	1,500	2,400	1,600	2,600	36,000	2,400	2,400	1,700	1,500	540	23,000	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	28,000										2,400	3,300	1,100	490	280	22,000	
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	14	4	7	1	4	130	<1	<1	<1	<1	1	180	
TOC	mg/l	0.73	0.81	0.66	0.59	1.95	1.32	1.88	2.69	2.40	1.81	0.73	0.66	0.64	0.49	1.21	1.57	

調査地点	単位	猪苗代湖					小黒川	猪苗代湖					小黒川	
		湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋	湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋	
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	5	15	30	0.5	0.5	
調査年月日		H23.10.5						H23.11.22						
pH		6.90	6.88	6.81	6.68	7.08	7.63	6.60				6.68	7.26	
EC	μS/cm	112.3	111.2	112.3	113.4	115.1	232.0	112.9				113.2	221.0	
DO	mg/l	9.0	9.1	8.8	11.3	9.8	10.0	10.3				10.8	10.2	
DO飽和率	%	97	98	95	96	101	-	94	風が強く、採水不可能のため欠測				98	87
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	4	<1				<1	1	
大腸菌群数(QT法)	MPN/100ml	2,600	1,800	52	680	410	19,000	40				240	24,000	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	1,700												
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	<1	680	<1	風が強く、採水不可能のため欠測				1	360
TOC	mg/l	0.68	0.68	0.69	0.47	0.89	1.44	0.59				0.97	2.34	

3 猪苗代湖北部水域の水質調査

1 目的

猪苗代湖の北岸部(長瀬川河口から翁島地区にかけて)は、水深 5 m 以下の水域が沖合まで広がっており、猪苗代町の市街地および農耕地からの排水が小黑川、高橋川等の中小河川を介して流入していることからその影響を受けやすく、湖岸部から沖合にかけてヨシ、ヒシ、アサザ等の水生植物が広く生育している。平成 23 年 2 月の猪苗代湖水質保全対策検討委員会の提言書でも、今後の水質保全対策の方向性について、猪苗代湖の湖心部と北部水域を分けて考えていく必要があると指摘している。

これを受け、猪苗代湖北部水域の水質について、その分布や季節変動を把握するため調査を実施した。

2 調査方法

北部水域の湖岸から 100~200m 沖の各地点の表層水をボートから採水した。ただし 10 月の調査では水深が浅かったため、湖岸から徒歩で湖に入り採水した。

3 調査地点

調査地点は図 1 のとおり。

- ① 白鳥浜沖
- ② 白鳥浜沖・小黑川沖中間(以下堅田沖)
- ③ サイクリングロード D 沖(以下 D 沖)
- ④ サイクリングロード E 沖(以下 E 沖)
- ⑤ サイクリングロード H 沖(以下 H 沖)

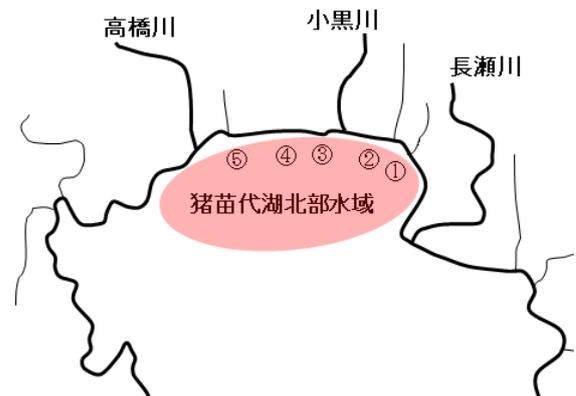


図1 採水地点

4 調査時期

年 4 回(4 月、6 月、8 月、10 月)

5 調査項目

- (1) 現地調査項目
気温、水温、透明度、色相
- (2) 水質調査項目
pH、DO、SS、COD、TOC、T-P、 PO_4 -P、T-N、 NH_4^+ -N、大腸菌群数、大腸菌数

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) DO：ヨウ素滴定法
- (3) SS：重量法
- (4) COD：滴定法 (COD_{Mn})
- (5) TOC：燃焼酸化-赤外吸収式 TOC 自動計測法
- (6) T-P、 PO_4 -P、T-N：分光光度法

- (7) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ：イオンクロマトグラフ法 (NH_4^+ の測定値に 14/18 を乗じて換算した)
- (8) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地による QT トレイ法

7 結果及び考察

(1) pH および DO について

pH および DO についての結果を図 2~4 に示す。

pH の最小値は 6 月白鳥浜沖の 5.64、最大値は 8 月 D 沖の 9.11 であった。すべての地点で pH は 6 月に低い傾向がみられ、白鳥浜沖を除く地点で 8 月にもっとも高く、10 月には下がる傾向が見られた。

北部水域の pH 平均値と、同月に採取した湖心表層、10 m、30 m および 50 m の pH 平均値を比較すると、北部水域は pH が高い傾向にあり、時期による変動も大きいことがわかった。

DO は調査期間中すべての地点で 8.8 mg/l を上回っており、DO 飽和率も 100 %前後の値であった。8 月は DO 飽和率が高く、特に堅田沖、D 沖および E 沖で 130 %を超える値であった。

これらの結果から、8 月は水温が上昇し水生植物が生育しやすい状態になることで、炭酸同化作用により pH が上昇し、DO が過飽和になったと考えられた。

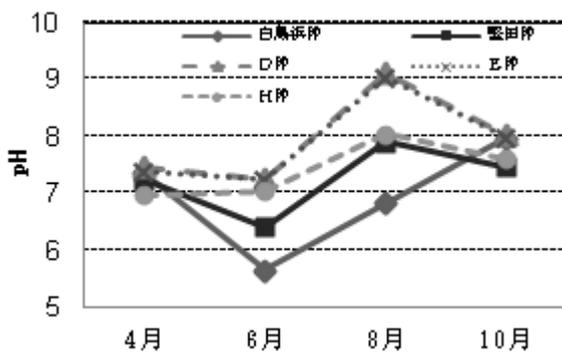


図 2 北部水域における pH の推移

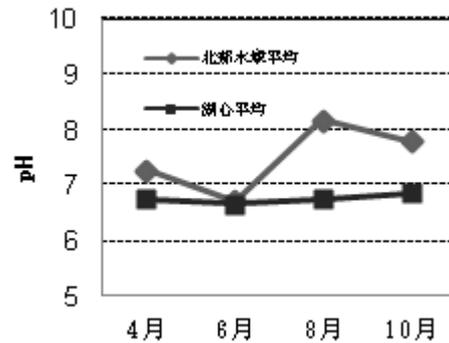


図 3 北部水域と湖心との比較

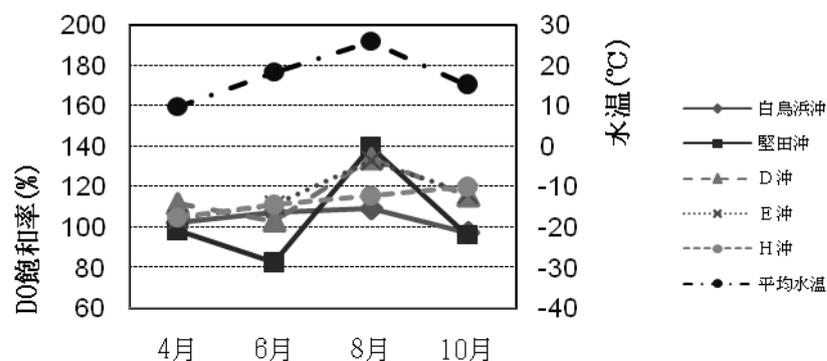


図 4 DO 飽和率の推移

(2) SS、COD および TOC について

SS、COD および TOC の結果を図 5～8 に示す。

SS、COD とともに 10 月に高い値を示した。特に D 沖で SS 85 mg/l および COD 14 mg/l、白鳥浜沖で SS 63 mg/l および COD 9.5 mg/l と高い値であった。

その原因として水生植物の枯死による SS および COD の増加が考えられるが、10 月は、例年秋の水深が浅くなる時期（水位調整等に伴うもの）で、風で波が立ち底質が巻き上げられたことの影響が大きかったことも考えられた。

TOC は最大値が 10 月の白鳥浜沖の 3.16 mg/l、最小値が 6 月の白鳥浜沖の 0.35 mg/l だった。白鳥浜沖を除く地点で 8 月にもっとも高い値を示した。

COD と TOC の比の推移をみると、E 沖を除いた地点で TOC 1 mg/l あたりの COD 量が 6 月と 10 月に高く、4 月と 8 月に低くなる傾向があった。

表 1 のように、各項目の相関係数を算出した。SS と COD に高い正の相関が見られた。TOC と COD の相関は、COD が最大値を示した 10 月 D 沖のデータが近似曲線から大きく外れ、相関が下がった。

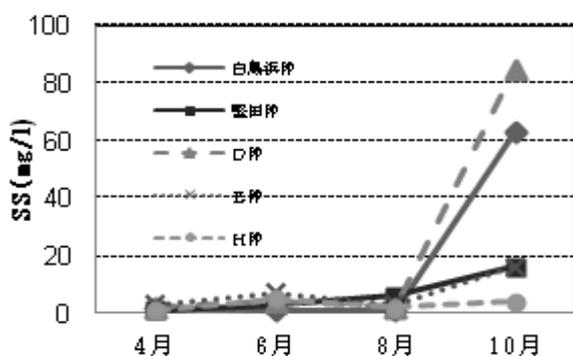


図 5 SS の推移

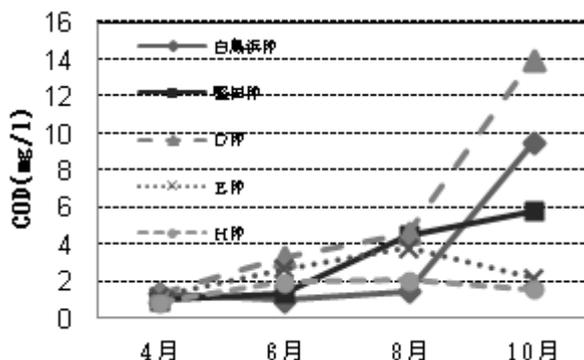


図 6 COD の推移

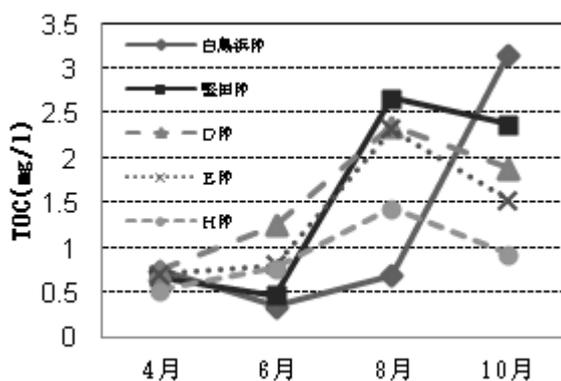


図 7 TOC の推移

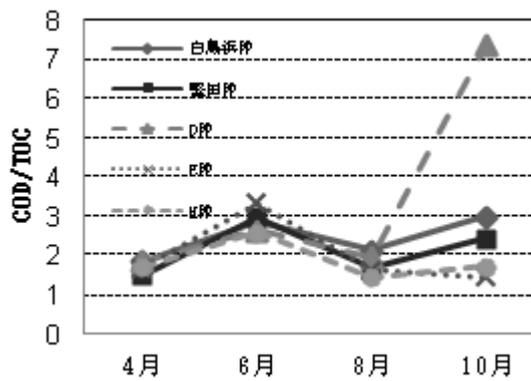


図 8 COD/TOC 比の推移

表 1 相関係数

	COD	TOC
SS	0.8667	0.2499
TOC	0.4824	—

(3) 富栄養化関連指標について

富栄養化関連指標の結果について図9、10に示す。

T-Pは10月に堅田沖で0.069 mg/lの最大値を示した。PO₄-Pは最大値が10月の堅田沖の0.059 mg/l、最小値は6月、8月の白鳥浜沖と4月のD沖で0.003 mg/l未満であった。

T-Nは堅田沖で10月に0.72 mg/lの最大値を示した。他の地点でも10月に値が上昇する傾向があり、これは底質の巻き上げや水生植物の枯死による窒素の増加も一因と考えられる。NH₄⁺-Nは最大値が6月D沖の0.10 mg/l、最小値は8月のすべての地点において0.007 mg/l未満であった。

湖沼の富栄養化の目安はT-Pで0.02 mg/l、T-Nで0.20 mg/lとされており²⁾、今回の調査期間中ではT-P、T-NともにD沖、E沖がすべての月でこの値を上回っていた。

各項目の相関係数を表2に示す。T-PとPO₄-P、T-PとT-Nに中程度の正の相関が見られた。T-NとNH₄⁺-Nについては、NH₄⁺-Nが報告下限値未満のデータが多いこともあり、相関は低かった。

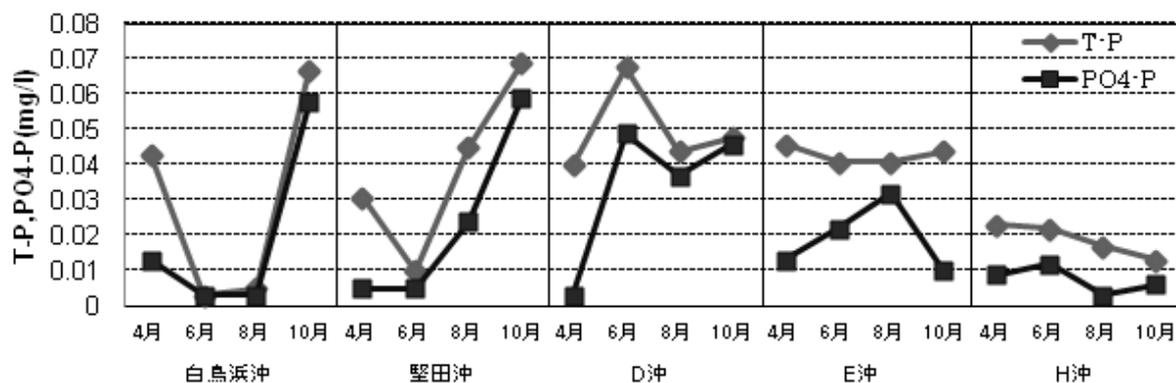


図9 T-PおよびPO₄-Pの推移

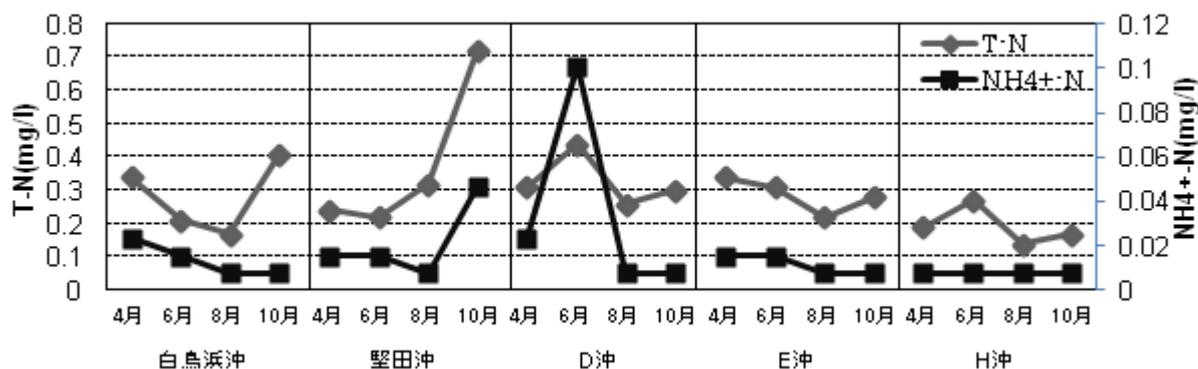


図10 T-NおよびNH₄⁺-Nの推移

表2 相関係数

	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ ⁺ -N
T-P	0.6914	0.6445	—
T-N	—	—	0.3282

(4) 糞便汚染指標について

糞便汚染指標について、図 11 に結果を示す。

大腸菌群数は 6 月に D 沖で 8100 MPN/100 ml、10 月には堅田沖で 9200 MPN/100 ml と高い値を示した。また、10 月にはすべての地点で A 類型の環境基準 1000 MPN/100 ml を超過していた。

白鳥浜沖および堅田沖では大腸菌群数が 4 月から 6 月に減少した後水温の下降する 10 月まで増加した。D 沖では 6 月に最大値を示した後 10 月にかけて減少した。E 沖では 4 月から 10 月まで増加し続けた。H 沖では 4 月から 6 月に大きく増加し、8 月に減少した後 10 月に再び増加した。大腸菌数もおおむね同様の傾向を示したが、H 沖においては同地点の大腸菌群数と異なる増減の傾向がみられ、測定値のオーダーも 2~3 桁低かった。このように、地点によって値の増減に異なる傾向がみられた。

相関係数を表 3 に示す。大腸菌群数と大腸菌数に高い正の相関がみられた。

堅田沖および D 沖で大腸菌群数および大腸菌数がそれぞれ最大値を示した 10 月と 6 月はし尿や肥料による汚染の目安となる $\text{NH}_4^+\text{-N}$ も大きな値を示し、特に大腸菌数と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の増減に類似の傾向が見られ、表 4 のように高い正の相関があった。この 2 地点は小黒川河口部の東側および西側に位置していることから、6 月に D 沖、10 月に堅田沖が生活排水や農業排水を含む小黒川の影響を強く受けたことが考えられた。表 5 のように他の地点では大腸菌群数および大腸菌数と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の間に相関関係はみられなかった。

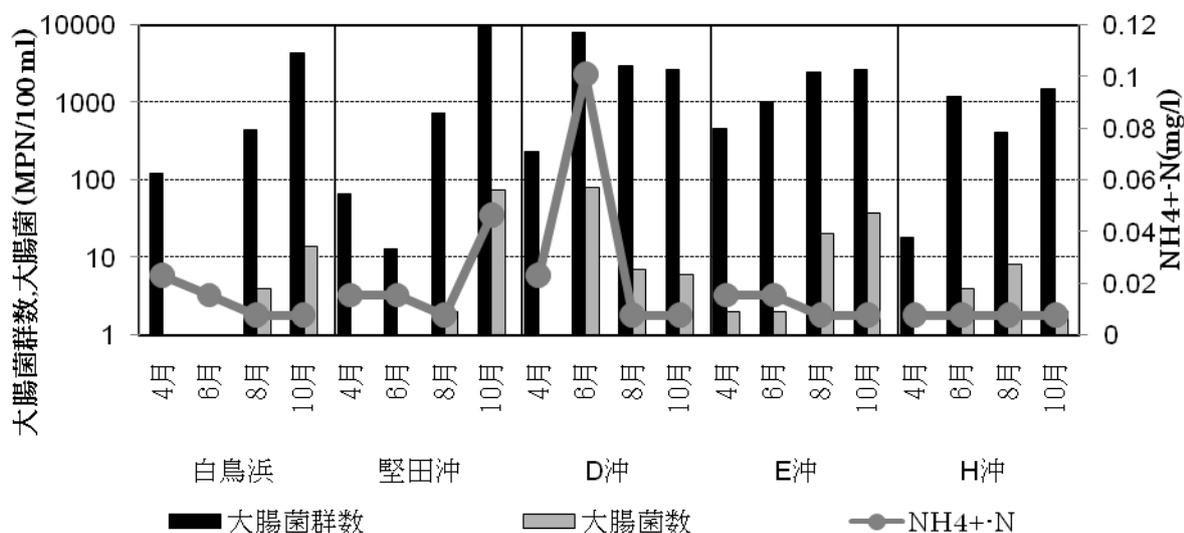


図 11 大腸菌群数および大腸菌数の推移

表 3 相関係数(全地点)

	大腸菌
大腸菌群数	0.8526

表 4 相関係数(堅田沖、D 沖)

	大腸菌数	NH ₄ ⁺ -N
大腸菌群数	0.9253	0.5749
大腸菌数	—	0.7856

表 5 相関係数(白鳥浜沖、E 沖、H 沖)

	大腸菌数	NH ₄ ⁺ -N
大腸菌群数	0.4437	0.2009
大腸菌数	—	0.1693

8 まとめ

今回の調査を通して、猪苗代湖北部水域の水質に以下のような特徴がみられた。

- (1) pHの上昇とDOの過飽和が8月にみられた。また、湖心と比較して北部水域はpHがより高いことが確認された。原因として、生育する水生植物の炭酸同化作用が一因と考えられた。
- (2) 10月にCOD、SSが増加する傾向がみられた。原因として水深低下による底質の巻き上げと水生植物の枯死の影響が考えられた。TOCは白鳥浜沖を除き、8月に最大となる傾向がみられた。
- (3) T-P、T-NはD沖、E沖で調査期間を通して富栄養化の目安を超えていることが確認された。
- (4) 堅田沖およびD沖では大腸菌群数、大腸菌数およびNH₄⁺-Nの値が高く、この2地点において特に大腸菌数とNH₄⁺-Nの値の増減に同様の傾向がみられることから、し尿を含む生活排水や農業排水由来の汚濁の影響が考えられ、これらの排水を含み堅田沖およびD沖の間に流入する小黑川の影響が特に大きいことが考えられた。

これらの点から、北部水域の水質は猪苗代湖湖心の水質と異なっており、より水質の汚濁が進行していることが分かった。

また、10月に各地点で見られる底質の巻き上げの影響については、北部水域の水深が秋の水位調整に伴い浅くなることと、巻き上げが少なくなる風の穏やかな日を採水日に選択することが困難なことから、他の季節との条件の均一化は難しいと考えられる。

参考文献

- 1) 日本大学工学部・福島県環境センター共同研究発表会、「清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る講座」運営協議会：清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る水環境研究誌（2008）
- 2) 日本水道協会：上水試験方法 解説編(1993)

表 5. 4月の調査結果

調査地点		①白鳥浜	②堅田沖	③D沖	④E沖	⑤H沖
採水日		4月26日				
天候(前日)		晴れ(晴れ時々雨)				
時間		11:57	11:47	11:23	11:15	11:08
気温		12.4	12.1	11	11	10.7
水温		11.4	9.1	10.2	9.5	8.7
透明度		1m以上	1m以上	1m以上	1m以上	1m以上
色相		無色	無色	無色	無色	無色
pH		7.36	7.23	7.45	7.37	6.96
SS	mg/L	2	1	2	3	1
TOC	mg/L	0.75	0.67	0.75	0.71	0.53
COD	mg/L	1.4	1.0	1.4	1.2	0.9
NH ₄ ⁺	mg/L	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01
T-P	mg/L	0.043	0.031	0.040	0.046	0.023
PO ₄ -P	mg/L	0.013	0.005	<0.003	0.013	0.009
T-N	mg/L	0.34	0.24	0.31	0.34	0.19
大腸菌群数	MPN/100mL	120	67	230	460	18
大腸菌数	MPN/100mL	<1	1	1	2	<1
DO	mg/L	10.8	11.0	11.0	11.5	11.8

表 6. 6月の調査結果

調査地点		①白鳥浜	②堅田沖	③D沖	④E沖	⑤H沖
採水日		6月8日				
天候(前日)		晴れ(-)				
時間		11:55	11:44	11:27	11:20	11:10
気温		21.1	20.7	20.3	20.3	19.9
水温		16.8	18.2	18.8	19.0	18.6
透明度		1.5m以上	1.2m以上	0.7m以上	0.9m以上	0.7m以上
色相		無色	無色	無色	無色	無色
pH		5.64	6.41	7.25	7.23	7.04
SS	mg/L	1	3	4	7	5
TOC	mg/L	0.35	0.47	1.25	0.81	0.77
COD	mg/L	1.0	1.4	3.3	2.7	2.0
NH ₄ ⁺	mg/L	0.02	0.02	0.13	0.02	0.01
T-P	mg/L	0.003	0.010	0.068	0.041	0.022
PO ₄ -P	mg/L	<0.003	0.005	0.049	0.022	0.012
T-N	mg/L	0.21	0.22	0.44	0.31	0.27
大腸菌群数	MPN/100mL	<1	13	8100	1000	1200
大腸菌数	MPN/100mL	<1	<1	80	2	4
DO	mg/L	10.1	9.4	9.3	10.0	10.1

表 7. 8月の調査結果

調査地点		①白鳥浜	②堅田沖	③D沖	④E沖	⑤H沖
採水日		8月4日				
天候(前日)		晴れ(-)				
時間		11:30	11:02	10:42	10:25	10:20
気温		29.0	27.0	27.5	28.0	28.0
水温		25.5	27.0	26.0	25.5	25.5
透明度		2.7m以上	2.0m以上	1.0m以上	3.0m以上	2.0m以上
色相		無色	茶色	茶色	無色	無色
pH		6.82	7.90	9.11	9.02	8.03
SS	mg/L	1	6	2	3	2
TOC	mg/L	0.70	2.67	2.36	2.33	1.44
COD	mg/L	1.5	4.5	4.6	3.8	2.1
NH ₄ ⁺	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
T-P	mg/L	0.005	0.045	0.044	0.041	0.017
PO ₄ -P	mg/L	<0.003	0.024	0.037	0.032	0.003
T-N	mg/L	0.17	0.32	0.26	0.22	0.14
大腸菌群数	MPN/100mL	440	730	3000	2400	410
大腸菌数	MPN/100mL	4	2	7	20	8
DO	mg/L	8.8	11.0	10.7	10.7	9.3

表 8. 10月の調査結果

調査地点		①白鳥浜	②堅田沖	③D沖	④E沖	⑤H沖
採水日		10月18日				
天候(前日)		くもり時々晴れ(晴れ)				
時間		11:20	11:50	12:30	13:05	13:20
気温		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
水温		15.5	15.4	15.3	15.0	15.0
透明度		0.45m以上	0.55m以上	0.55m以上	0.35m	0.95m以上
色相		茶色	褐色	褐色	無色	無色
pH		7.97	7.46	8.02	7.96	7.60
SS	mg/L	63	16	85	16	4
TOC	mg/L	3.16	2.38	1.89	1.53	0.93
COD	mg/L	9.5	5.8	14	2.2	1.6
NH ₄ ⁺	mg/L	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01
T-P	mg/L	0.067	0.069	0.048	0.044	0.013
PO ₄ -P	mg/L	0.058	0.059	0.046	0.010	0.006
T-N	mg/L	0.41	0.72	0.3	0.28	0.17
大腸菌群数	MPN/100mL	4300	9200	2600	2600	1500
大腸菌数	MPN/100mL	14	74	6	37	2
DO	mg/L	9.4	9.3	11.2	11.4	11.7

4 水生植物による水質への影響確認調査

1 目的

猪苗代湖湖岸に生育するヨシやヒシなどの水生植物が猪苗代湖の水質に与える影響を確認する。

2 調査方法

水生植物が生育している水路及び生育していない水路において、植物が繁茂している時期及び枯死、腐敗している時期の水質を調べる。

3 調査地点

(1) 水生植物が生育している水路

－入江浜（5地点）（秋期刈り取りなし）
流程 約 80m

- ① 流入水：水生植物が生育している水路に流入する水
- ② 植物入口：水生植物群に流入する前の水
- ③ 植物出口：水生植物群を通過した後の水
- ④ 沖 10 m：猪苗代湖に流入した地点から沖 10m 地点の湖水

(2) 水生植物が生育している流水路

－白鳥浜西側（3地点）（秋期刈り取りあり）
流程 約 30m

- ① 植物入口：水生植物群に流入する前の水
- ② 植物出口：水生植物群を通過した後の水
- ③ 沖 10 m：猪苗代湖に流入した地点から沖10m地点の湖水

(3) 水生植物が生育していない水路

－赤沼川（3地点） 流程 約 200m

- ① 流入水：水路に流入する水
- ② 出口：流水路を通過した水
- ③ 沖 10 m：猪苗代湖に流入した地点から沖10m地点の湖水

4 調査時期

4月（水生植物が腐敗している時期）、8月及び9月（水生植物が繁茂している時期）、12月（水生植物が枯死している時期）

5 調査項目

pH、SS、TOC、COD、T-N、T-P、PO₄-P、大腸菌群数、大腸菌数、DO



図1 調査地点

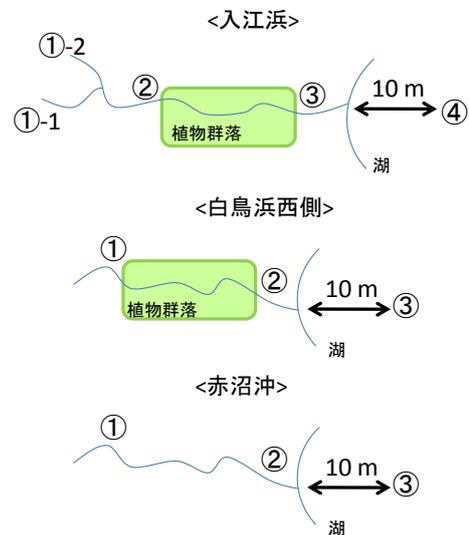


図2 採水地点概略図

6 測定方法

pH：イオン電極法

SS：重量法

TOC：燃焼酸化－赤外吸収式TOC自動計測法

COD：滴定法（CODMn）

T-N、T-P、PO₄-P：分光光度法

大腸菌群数、大腸菌数：QTトレイ法

DO：よう素滴定法

7 結果と考察

調査時の水路の状況は図3のとおり

入江浜及び白鳥浜西側の水路に生育している主な植物は図4のとおり

入江浜及び白鳥浜西側で見られた主な水生植物は、水路にヨシが生育し、「植物出口」付近にフトイが生育し、湖内にヒシ、コウホネが生育していた。

(1) 水生植物の腐敗期（調査日：平成23年4月21日）

表1 腐敗期の調査結果

	入江浜					赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
調査時刻	11:20	11:30	11:40	11:00	10:50	10:30	9:50	9:50
天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温 [°C]	17.2	17.2	17.2	15.5	15	12.0	10.5	10.5
水温 [°C]	12.5	12.5	13.5	11	11.3	9.5	7.5	8.5
透視度 [cm]	70	40.5	61	53	52	>100	15	17
流量 [m ³ /s]	0.006	0.003	0.008*1	0.008	—	0.060	0.061	—
流速 [m/s]	0.059	0.033	—	0.008	—	0.246	0.394	—
断面積 [m ²]	0.096	0.08	—	1.065	—	0.246	0.152	—
はば [cm]	94	100	—	300	—	120	160	—
pH	6.83	6.94	6.93	7.12	7.19	6.90	6.86	7.19
SS [mg/l]	9	19	8	7	6	2	41	19
TOC [mg/l]	3.21	3.56	3.20	2.60	2.18	1.63	2.86	2.28
COD [mg/l]	6.7	6.7	5.7	5.7	4.0	3.1	6.3	4.4
T-N [mg/l]	0.68	1.5	1.4	0.64	0.60	0.62	0.85	0.94
T-P [mg/l]	0.131	0.208	0.173	0.115	0.102	0.091	0.249	0.147
PO ₄ -P [mg/l]	0.118	0.197	0.158	0.101	0.074	0.066	0.189	0.108
大腸菌群数 [MPN/100ml]	1,700	240,000	3,800	2,900	3,500	240,000	64,000	36,000
大腸菌数 [MPN/100ml]	6	2300	12	12	9	1200	380	220
DO [mg/l]	9.78	7.27	9.66	10.03	12.04	9.84	9.58	10.71
COD負荷量[g/s]	0.038	0.018	0.046	0.045	—	0.186	0.381	—
N負荷量[g/s]	0.004	0.004	0.011	0.005	—	0.037	0.051	—
P負荷量[g/s]	0.001	0.001	0.001	0.001	—	0.005	0.015	—

*1 入江浜 植物入口の流速、水路の幅は欠測のため、流入水①及び流入水②の全量が流入したと仮定した。

ア 入江浜

4月に調査した際の入江浜は、枯れたヨシ等が倒れ、水路中には腐敗しているものもあった。水はほぼ停滞している状態であった。

植物群落への流入前後である「植物入口」と「植物出口」の分析結果を比較すると、TOC、T-N、T-P、 PO_4 -Pの濃度が低下し、N負荷量が減少した。

これは、流入水のSSが流下に従い低下もしくは横ばいとなっていることから、水路に倒れこんだ植物に有機物が付着したことも要因の一つと推測される。

イ 赤沼川

流入前後の「流入水」と「出口」を比較すると、SS、TOC、COD、T-N、T-P、 PO_4 -P濃度が上昇し、COD負荷量、N負荷量、P負荷量が増加した。

これは、「流入水」採水地点はコンクリート製のU字溝であるのに対し、水路は素掘りであるなど、水路構造が要因の一つと考えられる。

水路に植物群落のない赤沼川では流下によって水質に変化がないのに対し、入江浜では流水路中の植物の腐敗によって植物に蓄積されていた窒素やリンが溶出し、流下に従い汚濁負荷量が増加するのではないかと考えたが、ア、イのとおり、植物の腐敗による影響よりも流路の状態による影響のほうが大きくみられた。

また、滞留時間は、入江浜では約160分、赤沼川では約15分程度であり、滞留時間の差も考慮する必要がある。

(2) 水生植物の繁茂期 (調査日: 平成23年8月23日、平成23年9月1日)

表2 繁茂期の調査結果(上段:平成23年8月23日、下段:平成23年9月1日)

	入江浜					白鳥浜西側			赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
時刻	10:45 12:25	11:45 12:40	11:00 12:00	10:10 11:20	9:50 11:00	12:45 13:20	12:35 13:10	12:25 13:05	11:30 10:40	11:52 10:10	12:00 10:00
天候	くもり くもり時々雨	くもり くもり時々雨	くもり くもり時々雨	くもり くもり時々雨	くもり くもり時々雨	くもり くもり	くもり くもり	くもり くもり	くもり(小雨) くもり時々雨	くもり(小雨) くもり時々雨	くもり(小雨) くもり時々雨
気温 [°C]	24.0 24.8	24.0 24.8	24.0 25.0	23.0 25.0	23.0 25.0	25.5 24.5	25.5 24.5	25.5 24.5	22.5 24.3	24.0 24.0	24 24
水温 [°C]	21.5 22.5	22.5 22.7	22.2 22.5	21.5 22.2	21.3 22.3	23.5 23	22.5 22.7	21.8 22.0	22 22.4	21.8 22.5	23.0 22.5
透視度 [cm]	93.5 83	>100 87	94 >100	>100 74	>100 >100	85 91	43 45	>100 55	>100 86	>100 61.5	>100 69.5
流量 [m ³ /s]	0.102 0.06	0.180 0.15	0.296 0.18	0.289 0.14	— —	0.035*2 0.06*3	0.035 0.06	— —	0.149 0.12	0.208 0.12	— —
流速 [m/s]	0.421 0.338	0.458 0.581	0.299 0.197	0.084 0.071	— —	— —	0.071 0.278	— —	0.371 0.482	0.426 0.150	— —
断面積 [m ²]	0.24 0.18	0.40 0.27	0.95 0.99	3.02 1.76	— —	— —	0.45 0.17	— —	0.40 0.26	0.46 0.73	— —
はば [cm]	100 100	130 100	300 400	770 600	— —	150 150	300 200	— —	120 115	280 160	— —
pH	6.78 6.44	6.81 6.61	6.68 6.63	6.67 6.53	6.68 6.62	7.13 7.30	7.01 7.19	7.08 7.24	6.62 6.64	6.66 6.62	7.00 6.62
SS [mg/l]	7 9	9 9	8 11	10 19	7 4	13 12	34 22	7 32	8 14	6 20	2 22
TOC [mg/l]	2.48 2.23	1.75 2.09	2.51 2.07	2.31 2.13	2.33 2.21	2.20 2.25	2.17 2.67	1.91 1.83	1.79 2.47	1.82 2.61	1.42 2.34
COD [mg/l]	5.9 7.2	4.7 4.7	5.8 4.8	5.7 5.9	5.5 4.3	5.3 4.9	7.1 6.2	4.2 6.3	4.7 5.0	4.5 6.3	2.9 5.9
T-N [mg/l]	0.41 0.98	0.25 0.34	0.40 0.39	0.40 0.54	0.42 0.46	0.59 0.73	1.1 1.0	0.68 0.78	0.47 0.51	0.29 0.71	0.24 0.67
T-P [mg/l]	0.074 0.086	0.059 0.11	0.076 0.111	0.089 0.18	0.119 0.172	0.084 0.153	0.143 0.315	0.13 0.467	0.082 0.18	0.056 0.145	0.043 0.200
PO4-P [mg/l]	0.068 0.077	0.055 0.089	0.070 0.094	0.081 0.12	0.082 0.062	0.084 0.140	0.123 0.254	0.11 0.464	0.057 0.123	0.053 0.145	0.024 0.135
大腸菌群数 [MPN/100ml]	14,000 19,000	24,000 34,000	13,000 32,000	22,000 40,000	10,000 31,000	28,000 84,000	26,000 95,000	18,000 68,000	15,000 43,000	12,000 65,000	4,800 24,000
大腸菌数 [MPN/100ml]	35 49	130 48	43 52	58 31	55 60	110 280	190 340	170 200	170 1900	120 360	25 340
DO [mg/l]	6.4 4.9	8.2 6.7	6.3 7.2	6.1 5.6	6.0 6.6	8.5 7.0	7.8 7.7	8.8 8.0	7.7 5.0	7.2 5.2	7.8 6.1
COD負荷量[g/s]	0.602 0.428	0.845 0.726	1.718 0.888	1.645 0.843	— —	0.186 0.294	0.246 0.352	— —	0.700 0.625	0.936 0.740	— —
N負荷量[g/s]	0.024 0.058	0.039 0.052	0.074 0.072	0.057 0.077	— —	0.021 0.044	0.063 0.057	— —	0.059 0.064	0.034 0.083	— —
P負荷量[g/s]	0.004 0.005	0.009 0.017	0.014 0.021	0.013 0.026	— —	0.003 0.009	0.008 0.018	— —	0.010 0.022	0.007 0.017	— —

*2*3 白鳥浜西側の植物入口の流速、水路の幅は欠測のため、植物出口の流量と同じと仮定した。

ア 入江浜

植物群落への流入前後を比較すると、T-P及びPO₄-Pの濃度が上昇したが、T-P負荷量に大きな変化はなかった。

また、9月は、流下に従って透視度が小さくなり、SS、COD、T-N濃度が上昇したが、T-N負荷量に大きな変化はなかった。

イ 白鳥浜西側

植物群落への流下前後を比較すると、透視度が小さくなり、SSが増加した。また、COD、T-N、T-P、PO₄-Pの濃度が上昇し、COD負荷量、T-N負荷量、T-P負荷量が増加した。また、DOは、8月は減少したが9月は増加した。

「植物入口」から「植物出口」には「流入水」以外の流入がないため、COD負荷量、T-N負荷量、T-P負荷量が増加したことは、繁茂期の植物群落中でCOD、T-N濃度、T-P濃度が上昇したことが考えられた。

ウ 赤沼川

流下の前後を比較すると、8月は、流量増加に伴いCOD負荷量が増加したが、T-N負荷量、T-P負荷量に大きな変化はなかった。

水路に植物群落のない赤沼川では流下による水質の変化がないのに対し、入江浜及び白鳥浜西側では、植物の成長により窒素やリンが減少するのではないかと考えたが、ア～ウのとおり、植物の成長によると思われる傾向はみられなかった。また、滞留時間は、入江浜では約20分程度以下、白鳥浜西側では約10分程度以下、赤沼川では約20分程度以下であった。

(3) 水性植物の枯死期(調査日:平成23年12月20日)

表3 枯死期の調査結果

	入江浜					白鳥浜西側			赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
時刻	11:50	12:00	11:35	11:05	10:58	12:50	12:40	12:30	10:25	10:00	9:25
天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	晴れ
気温 [°C]	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
水温 [°C]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
透視度 [cm]	42	70	40	45	10	35	25	20	27	25	18
流量 [m ³ /s]	0.01	0.01	0.02 ^{*4}	0.14	—	0.03	0.03 ^{*5}	—	0.09	0.12	—
流速 [m/s]	0.11	0.04	—	0.07	—	0.07	—	—	0.26	0.05	—
断面積 [m ²]	0.11	0.15	—	1.76	—	0.37	—	—	0.33	2.16	—
はば [cm]	100	120	400	500	—	150	—	—	100	400	—
pH	6.85	6.77	6.84	6.73	7.40	7.44	7.44	7.53	7.09	7.00	7.48
SS [mg/l]	7	4	7	10	94	56	6	18	38	59	15
TOC [mg/l]	3.52	2.63	3.51	3.05	4.12	4.95	4.00	3.68	2.09	2.28	2.09
COD [mg/l]	5.3	3.8	4.2	4.7	7.1	7.3	5.9	7.7	5.6	3.3	5.4
T-N [mg/l]	1.2	1.1	1.1	1.2	4.4	3.1	3.2	3.8	1.1	0.77	1.2
T-P [mg/l]	0.097	0.065	0.074	0.073	0.71	0.40	0.49	0.63	0.25	0.095	0.17
PO ₄ -P [mg/l]	0.066	0.060	0.074	0.073	0.530	0.390	0.480	0.62	0.220	0.094	0.13
大腸菌群数 [MPN/100ml]	4,900	18,000	28,000	4,100	15,000	25,000	14,000	20,000	15,000	18,000	2,700
大腸菌数 [MPN/100ml]	3	190	24	4	1,700	5,800	4,200	2,500	200	300	100
DO [mg/l]	9.7	10.7	10.3	8.8	12.0	11.0	11.1	11.0	12.1	11.6	12.9
COD負荷量[g/s]	0.062	0.021	0.072	0.672	—	0.194	0.156	—	0.486	0.411	—
N負荷量[g/s]	0.014	0.006	0.019	0.172	—	0.082	0.085	—	0.095	0.096	—
P負荷量[g/s]	0.001	0.000	0.001	0.010	—	0.011	0.013	—	0.022	0.012	—

※4入江浜 植物入口の流速、水路の幅は欠測のため、流入水①及び流入水②の全量が流入したと仮定した。

※5白鳥浜西側の植物出口の水路の幅は欠測のため、流入水の全量が流入したと仮定した。

ア 入江浜

植物群落への通過前後を比較すると、COD、T-N濃度、T-P濃度にはほとんど変化がなかったが、COD負荷量、T-N負荷量がともに約9倍に増加した。これは、流量が約7倍に増加したためと考えられるが、「植物入口」から「植物出口」の間は流入が

なく、湖水が逆流していた可能性が考えられる。

イ 白鳥浜西側

調査時には水路周辺のヨシが刈り取られていた。

植物群落への通過前後を比較すると、SS、COD が減少し、T-P 濃度、 PO_4 -P 濃度が上昇したが、T-P 負荷量はほとんど変化がなく、わずかに COD 負荷量が減少した。

ウ 赤沼川

流下の前後を比較すると、SS が増加し、T-P 濃度、 PO_4 -P 濃度が低下し、COD 負荷量、T-P 負荷量が減少した。

水路に植物群落のない白鳥浜西側及び赤沼川では流下による水質の変化はなく、水路に植物群落のある入江浜では、植物の枯死により植物に蓄積されていた窒素やリンが溶出し、流下に従い汚濁負荷量が増加するのではないかと考えたが、ア～ウのとおり、入江浜でのみ流下に従い汚濁負荷量が増加した。しかし、これは、植物の枯死による影響だけでなく、湖水の逆流や土壌からの溶出等様々な要因が考えられる。また、滞留時間は、入江浜では約 20 分程度、白鳥浜西側では約 10 分程度、赤沼川では約 60 分程度であった。

(4) 平成 22 年度に行った調査結果との比較

表5 繁茂期における調査結果(調査日:平成22年8月18日)

	入江浜					赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
調査時刻	9:45	10:15	13:00	12:05	11:50	10:40	11:10	10:20
天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温 [°C]	29.8	31.3	28.0	28.0	28.0	28.2	30.3	30.3
水温 [°C]	24.7	22.0	27.0	26.0	26.0	25.7	22.0	29.0
透視度 [cm]	53	>100	77	50	50	>100	85	37
流量 [m ³ /s]	0.10	0.15	0.29	0.25	—	0.10	0.08	—
流速 [m/s]	0.437	1.100	0.433	0.318	—	0.380	0.262	—
断面積 [m ²]	0.240	0.14	0.660	0.8	—	0.264	0.3	—
はば [cm]	100	70	200	200	—	120	200	—
pH	6.59	6.73	6.64	6.62	6.66	6.58	6.56	8.15
SS [mg/l]	11	12	18	11	18	8	11	31
TOC [mg/l]	2.87	2.50	2.68	2.61	2.68	2.39	2.27	2.15
COD [mg/l]	6.1	5.4	6.0	5.6	5.9	4.9	5.1	5.1
T-N [mg/l]	0.50	0.42	0.47	0.51	0.51	0.42	0.47	0.55
T-P [mg/l]	0.083	0.075	0.086	0.081	0.081	0.085	0.086	0.042
PO4-P [mg/l]	0.046	0.071	0.063	0.059	0.058	0.085	0.086	0.042
大腸菌群数 [MPN/100ml]	23,590	444,800	29,500	30,760	41,060	30,760	30,900	15,290
大腸菌数 [MPN/100ml]	55	387	60	104	290	214	248	115
DO [mg/l]	5.8	7.1	7.4	6.2	8.2	7.3	6.1	11.4
COD負荷量[g/s]	0.640	0.832	1.715	1.425	—	0.492	0.401	—
N負荷量[g/s]	0.052	0.065	0.134	0.130	—	0.042	0.037	—
P負荷量[g/s]	0.009	0.012	0.025	0.021	—	0.009	0.007	—

表6 枯死、腐敗期における調査結果(調査日:平成22年1月11日)

	入江浜					赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
調査時刻	12:05	12:20	12:40	11:20	11:40	10:45	10:30	10:15
天候	くもり	くもり	くもり	くもり	くもり	くもり	雪	雪
気温 [°C]	0	0	0	-1.5	-1.2	-2.0	-2.5	-2.5
水温 [°C]	0.5	0.7	0.1	0.8	0.7	0.1	0.5	0.0
透視度 [cm]	—	—	—	—	—	59	89	21
流量 [m ³ /s]	0.1*2	0.03	0.13*1	0.13	—	0.11	0.13	—
流速 [m/s]	0.015	0.294	—	—	—	0.156	—	—
断面積 [m ²]	—	0.095	—	0.29	—	0.72	—	—
はば [cm]	—	50	—	—	—	60	—	—
pH	6.65	6.68	6.63	6.66	6.66	6.76	6.72	7.36
SS [mg/l]	3	5	5	7	11	3	3	31
TOC [mg/l]	2.62	1.84	2.30	2.50	2.45	1.44	1.52	1.84
COD [mg/l]	4.4	4.3	4.7	5.1	5.4	4.3	3.4	6.3
T-N [mg/l]	0.84	0.64	0.80	0.94	1.0	0.74	0.69	1.4
T-P [mg/l]	0.073	0.115	0.084	0.097	0.105	0.117	0.061	0.285
PO4-P [mg/l]	0.069	0.102	0.073	0.085	0.074	0.080	0.058	0.111
大腸菌群数 [MPN/100ml]	2,755	6,131	5,560	3,180	2,481	7,170	3,130	2,950
大腸菌数 [MPN/100ml]	127	280	178	95	69	1730	1112	201
DO [mg/l]	9.2	10.1	9.6	8.1	9.8	11.0	欠測	14.0
COD負荷量[g/s]	0.449	0.120	0.611	0.664	—	0.483	0.442	—
N負荷量[g/s]	0.086	0.018	0.104	0.122	—	0.083	0.090	—
P負荷量[g/s]	0.007	0.003	0.011	0.013	—	0.013	0.008	—

※入江浜における透視度及び流量は、積雪やそれによる歩行困難のため欠測

*1 入江浜植物入口は植物出口と同じ流量と仮定した

*2 流入①の流量は植物入口の流量から流入水②の流量を引いた差と仮定した

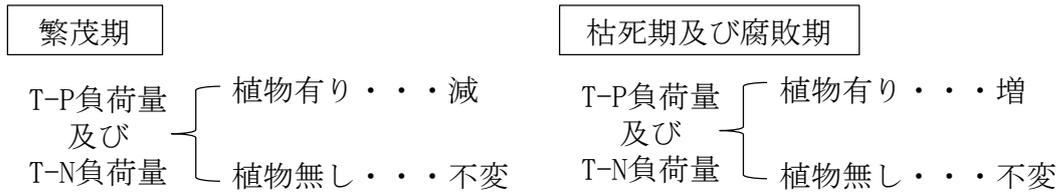
昨年度行った調査では、それぞれの調査時期に COD 負荷量の増減が認められたが、T-N 負荷量、T-P 負荷量に大きな変化はなかった。

また、今年度の調査と比較しても、調査時期や水路による傾向はみられなかった。

8 まとめ

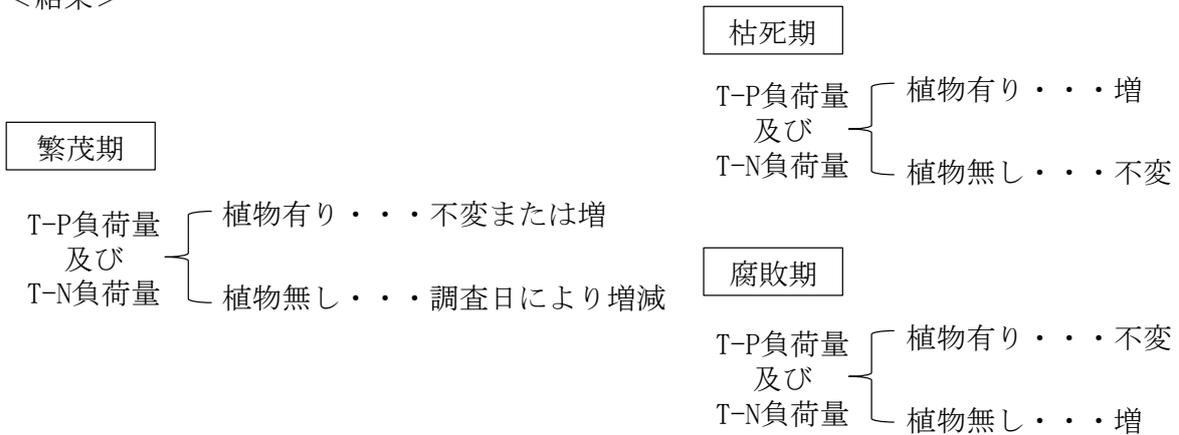
- (1) 植物はリンや窒素を栄養塩として吸収して成長し、枯死、腐敗すると蓄積されていた栄養塩類が再び水中に溶出するのではないかと考え、次のとおり仮説を立てた。

<仮説>



しかし、結果は、以下のとおり枯死期を除いては調査時期や調査地点による傾向はみられず、水生植物と栄養塩類との明確な関係性を見出すことはできなかった。

<結果>



- (2) 水生植物が猪苗代湖の水質に与える影響を調べるためには、植物の有無だけでなく、土壌や流入水等の条件を統一した圃場等で試験を行い、その後実際の環境で調査を行うことによってより確実なデータを得ることができると考える。
- (3) また、水質の変化には植物の成長だけでなく、土壌への吸着や土壌からの溶出等、様々な要因が考えられるため、多角的な調査や分析を行うことによって水生植物の影響をより確実に捉えることができると考える。また、滞留時間は、時期により異なるが、入江浜では約 20～160 分、赤沼川では約 15～60 分程度であり、白鳥浜西側では約 10 分程度以下であり、滞留時間の差も考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 福島県環境センター:平成 22 年度猪苗代湖等調査研究事業等報告書
「水生植物による水質への影響確認調査」 (2011)

図 3 調査地点の様子

<入江浜>



4 月「植物出口」から
「沖 10m」方向



7 月「植物出口」から「植物入
口」方向



12 月「植物出口」から「植
物入口」方向

<白鳥浜西側>



7 月「植物入口」から
「植物出口」方向



12 月「植物入口」手前から
「植物出口」方向

<赤沼川>



4 月「出口」から「入
口」方向



7 月「入口」流下後から「出口」
方向

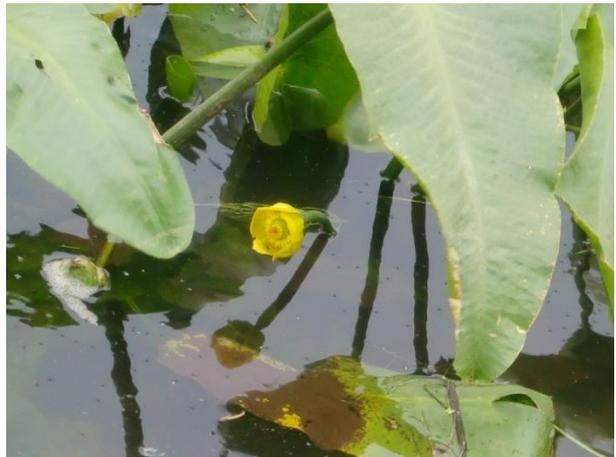


12 月「出口」から「入口」方向

図4 調査地点に生育している主な植物



ヨシ



コウホネ



フトイ



コウホネ



ヒシ

5 pH上昇によるリン酸塩の再溶出に関する調査

1 目的

近年、猪苗代湖の pH が上昇する傾向にあり、長瀬川から供給される鉄イオンやアルミニウムイオンによって湖底に沈殿したリン酸塩が猪苗代湖の pH 上昇に伴って溶出し、汚濁負荷の要因となるのではないかと懸念する声があることから、長瀬川河口湖底で採取したフロック、pH を調整した湖水を用いてリン酸塩の再溶出確認試験を行った。

2 調査機関

環境センター

3 調査方法

(1) フロック採取地点

長瀬川河口付近の猪苗代湖底

(2) 試験条件

ア 試験1 フロックからの溶出確認試験

長瀬川河口付近の湖底から採取したフロック 10 mL に pH を調整した猪苗代湖水（湖心、表層）250 mL を加え、遮光して振とうした（15℃、40 rpm/分）。この際、振とう速度は猪苗代湖底を想定して低速とした。その後、0.45 μm メンブランフィルターを用いて急速ろ過し、ろ液を分析した。

なお、平成17年度及び平成18年度に行った同様の調査¹⁾²⁾で、pH8まではリン酸塩の溶出がないことが確かめられているため、今回の試験はアルカリ性側はpH9で行った。

(ア) フロックの採取方法

長瀬川河口付近の湖水中で柄杓で湖水を攪拌し、フロックを巻きあげて湖水ごとサンプル瓶に採取した。そのサンプル瓶をしばらく静置してフロックを沈澱させ、上澄水をアスピレータで吸引してフロックを取り出した（フロック 10mL の重量 約 9.5g、乾燥重量 約 0.25g）。

(イ) pH 及び振とう時間

pH： pH5、pH9、調整なし（pH6.5）

振とう時間： 5分、2時間、24時間、48時間、5日間、9日間、20日間

イ 試験2 リン酸塩担持フロックを用いた溶出確認試験

平成18年度に行った同様の調査^{*2}により、フロックがリンを吸着することが分かっており、溶液中のリンをフロックに担持させるために 0.025 mg/L に調整したリン酸カリウム溶液 250 mL に試験1と同様に採取したフロック 10mL を添加して12日間振とうした（15℃、40rpm/分）。

次に、そのリン酸塩を担持させたフロックを用いて試験1と同じ条件（ただし、振とう時間は5分、24時間、7日間、12日間）で振とう試験を行った。

(3) 分析項目

ア 試験1

pH、全鉄(T-Fe)、アルミニウム(Al)、全窒素(T-N)、全リン(T-P)

平成17年度及び平成18年度に行った同様の調査^{*1*2}により、フロックの主成分は鉄とアルミニウムであることがわかっているため、金属成分の分析はT-FeとAlとした。
イ 試験2

- pH、T-P
- (4) 測定方法
 - pH：イオン電極法
 - T-Fe、Al：ICP-AES法
 - T-N、T-P：分光光度法

4 結果と考察

(1) 試験 1

分析結果は表 1～表 4 のとおり。

ア pHについて

pH5 では、20 日間振とう後も pH4.83 とほぼ調整どおりだったが、調整なしでは、pH6.50 だった湖水が振とう 5 分後に pH5.66 と低下し、振とう 20 日後には pH5.19 となった。また、pH9 では、振とう 5 分後に pH6.28 と急激に低下し、振とう 20 日間後には pH5.48 となった。いずれもフロックの添加によって低下したと考えられた。

イ T-Pについて

振とう時間、pH によらず T-P 濃度は 0.003 mg/L であった。

ウ T-Nについて

図 1 のとおり、pH 調整なし、pH9 の振とう 5 分後、2 時間後、pH 調整なしの 9 日後で T-N 濃度が上昇した。今回用いたフロック成分量と平成 18 年度に行った調査に使用したフロック成分量 (5.16 mg T-N/L-DW) を同じと仮定すると、フロック 0.25g に含まれる窒素量は 1.29 mg であり、pH9 は 2 時間の振とうによっておよそ 25%の窒素が溶出したと考えられた。

エ Alについて

図 2 のとおり、pH9 はほとんど溶出がなかったが、pH5、pH 調整なしは、振とう時間が長いほど多く溶出し、pH5 の振とう 20 日間後の濃度 0.49 mg/L は、猪苗代湖が pH5 程度であった 1980 年頃の猪苗代湖水のアルミニウム濃度 0.63 mg/L^3 と同程度であった。今回用いたフロックの成分量と平成 18 年度に行った調査に使用したフロックの成分量 (23.39 mg Al/L-DW) を同じと仮定すると、フロック 0.25g に含まれるアル

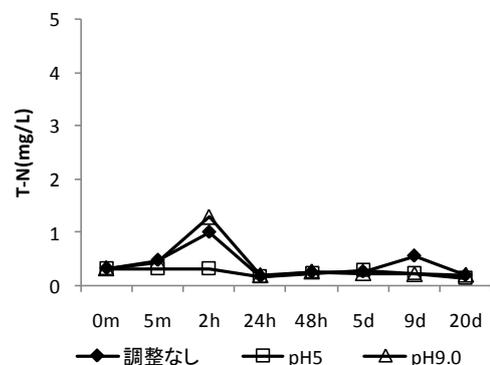


図 1 T-N 分析結果

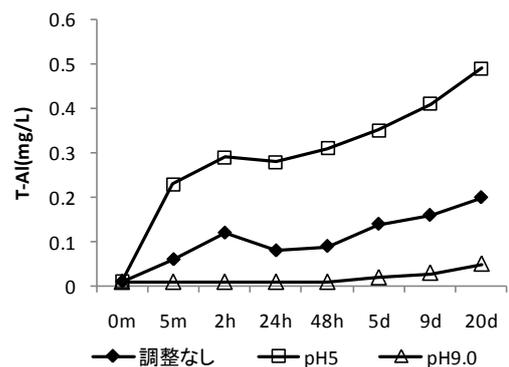


図 2 Al 分析結果

ミニウム量は 5.60 mg であり、およそ 2%が溶出したと考えられた。

オ T-Fe について

振とう時間、pH レベルによらず T-Fe 濃度は <0.01 mg/L であった。

(2) 試験 2

分析結果は表 5、表 6 のとおり

ア リン酸塩の吸着について

表 5 より、12 日間振とう後の溶液の T-P 濃度が <0.003 mg/L となったことから、溶液中のリン酸塩 (6.25 μ g) がすべてフロックに担持されたものと考えられた。

イ pH について

表 6 より、試験 1 と同様に、pH5 は 14 日間振とう後も pH4.70 とほぼ調整どおりだったが、調整なしは、pH6.50 だった湖水が振とう 5 分後に pH5.73 になり、14 日間後に pH5.07 に低下した。また、pH9 は、振とう 5 分後に pH6.61 と急激に低下し、振とう 14 日間後には pH6.34 となった。いずれもフロックの添加によって低下したと考えられる。

ウ T-P について

振とう時間、pH レベルによらず T-P 濃度は <0.003 mg/L であり、担持させたリン酸塩の溶出はなかった。

5 まとめ

- (1) 猪苗代湖の pH 上昇によりフロックに担持されているリン酸塩が溶出して水質汚濁が進むのではないかと懸念する声が上がっているが、本試験では、pH レベルによらず振とうによるフロックからのリン酸塩の溶出はなかった。
- (2) 窒素は、平成 17 年度及び平成 18 年度に行った同様の調査^{*1*2}では振とうによる窒素濃度の上昇は確認されなかったが、今回の試験では振とうによりいったん溶液中の濃度が上昇し、その後も振とうを続けると濃度が低くなり、振とう 24 時間後以降は振とう前の濃度(使用した湖水の濃度)より低下した。
- (3) 鉄とアルミニウムについては、今回の試験では、鉄は pH レベルによらず溶出しなかったが、アルミニウムは pH が小さいほど溶出し、pH5 の振とう 20 日後の濃度は、猪苗代湖の pH が pH5 台を維持していた頃 (1980 年代) の濃度と同程度であった。
- (4) 振とうによるリン酸塩の溶出がなかったこと、窒素は振とうを続けると振とう前の濃度(使用した湖水の濃度)より低下したことから、pH 上昇が猪苗代湖底のフロックからのリンや窒素の溶出を招き、水質汚濁に直結するとは考えにくい。
- (5) 今回の試験結果は、フロック添加直後に pH 低下が認められ、調整した pH を維持した状態で振とうした結果ではないため、フロック添加後及び振とう時間経過後も pH を調整し、設定 pH を維持して振とうした場合には、今回と異なる結果となる可能性も考えられる。また、今回、溶存酸素濃度を測定していないが、振とう操作によって十分な酸素濃度が確保され、好氣的な条件であったと考えられる。今後、溶出試験を行う場合には、嫌氣的条件下での試験も検討する必要がある。

参考文献

- 1) 福島県環境センター：猪苗代湖等水環境保全対策検討事業報告書
「湖内フロック成分、浄化能力等調査」（2005）
- 2) 福島県環境センター：猪苗代湖等水環境保全対策検討事業報告書
「湖内フロック成分、浄化能力等調査」（2006）
- 3) 株式会社クボタ：アーバンクボタ No. 26「会津盆地と猪苗代湖」（1987）

表1 振とうに用いた湖水の分析結果

		溶出用湖水	フロック採取地点湖水
pH		6.50	4.51
T-P	[mg/l]	<0.003	<0.003
T-N	[mg/l]	0.33	0.05
Al	[mg/l]	<0.01	3.62
T-Fe	[mg/l]	<0.01	0.01

表2 試験1 pH5の分析結果

		振とう時間						
		5分	2時間	24時間	48時間	5日間	9日間	20日間
pH		4.92	4.82	4.83	4.86	4.95	4.96	4.94
T-P	[mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
T-N	[mg/l]	0.33	0.32	0.18	0.25	0.29	0.24	0.14
Al	[mg/l]	0.23	0.29	0.28	0.31	0.35	0.41	0.49
T-Fe	[mg/l]	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表3 試験1 pH調整無しの分析結果

		振とう時間						
		5分	2時間	24時間	48時間	5日間	9日間	20日間
pH		5.66	5.36	5.35	5.34	5.20	5.30	5.19
T-P	[mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
T-N	[mg/l]	0.48	1.0	0.18	0.26	0.27	0.56	0.20
Al	[mg/l]	0.06	0.12	0.08	0.09	0.14	0.16	0.2
T-Fe	[mg/l]	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表4 試験1 pH9の分析結果

		振とう時間						
		5分	2時間	24時間	48時間	5日間	9日間	20日間
pH		6.28	6.08	5.95	5.58	5.75	5.71	5.48
T-P	[mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
T-N	[mg/l]	0.45	1.3	0.20	0.27	0.24	0.22	0.21
Al	[mg/l]	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.03	0.05
T-Fe	[mg/l]	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表5 試験2 リンの吸着試験結果

		振とう時間		
		0分	10日	12日間
T-P	[mg/l]	0.025	0.009	<0.003

表6 試験2 振とう後のT-P分析結果

		振とう時間			
		5分	24時間	7日間	14日間
pH5	pH	5.26	4.94	4.96	4.70
	T-P [mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
pH調整なし	pH	5.73	5.58	5.21	5.07
	T-P [mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
pH9	pH	6.61	6.02	6.50	6.34
	T-P [mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003

＜参考＞ H18年度調査時のフロック成分

項目	H18.1.13	H18.2.13	H18.6.20 AM	H18.6.20 PM	H18.8.3	H18.8.3	(※)平均	※備考
	長瀬川河口	長瀬川河口	五万堂山沖	五万堂山沖	五万堂山沖	小黒川沖		
乾燥減量(%)	72.48	75.30	61.25	68.13	77.77	75.10	70.56	乾燥減量による
Fe mg/g乾	80.60	-	54.23	57.03	62.00	62.77	59.01	
Al mg/g乾	48.44	-	55.65	59.89	71.61	66.69	63.46	
Mn mg/g乾	0.54	-	0.67	1.00	1.64	0.75	1.02	
Zn mg/g乾	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Cd mg/g乾	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
金属成分計	129.59	-	110.56	117.93	135.26	130.22	123.49	
P mg/g乾	2.192	2.883	0.951	1.066	1.340	1.279	1.159	風乾による
形態別P計	1.012	1.420	0.3055	0.325	0.304	0.348	0.321	
Ca-Pmg/g乾	0.018	0.022	0.004	0.007	0.009	0.011	0.008	
Al-Pmg/g乾	0.047	0.021	0.0695	0.087	0.138	0.135	0.107	
Fe-Pmg/g乾	0.947	1.377	0.232	0.231	0.157	0.202	0.206	
N mg/g乾	5.16	7.85	1.95	3.02	5.08	3.84	3.47	
C mg/g乾	59.22	71.68	21.03	31.34	52.12	41.2	36.42	

(※) 平均には、長瀬川河口のデータ含めず

※保管により、フロックからのFe成分が溶出されたものを分析したため、参考として表示

なお、フロック採取時の金属成分の分析結果は下記のとおり。

	金属成分計	Fe mg/g乾	Al mg/g乾	Mn mg/g乾	Zn mg/g乾	Cd mg/g乾
平成18年1月13日 長瀬川河口	148.63	125.41	22.39	0.81	0.02	0.00

6 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査

1 目的

猪苗代湖の年間を通じた物質循環を検討するための基礎資料を得ることを目的とする。

2 調査方法

小型メモリー計測器を調査地点に設置し、連続的に水温及び電気伝導率を測定する。

3 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心
表層、水深 5m、水深 15m 及び水深 30m
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
水深 5m、水深 15m 及び水深 30m

4 調査時期

- (1) 猪苗代湖湖心
2008 年 4 月 22 日から継続調査中
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
2011 年 11 月 22 日から 2012 年 4 月 17 日まで



図 1 調査地点

5 調査項目

水温及び電気伝導率

ただし、電気伝導率は、猪苗代湖長瀬川河口沖 300m 水深 5m でのみ測定。

6 測定方法等

- (1) 猪苗代湖湖心
JFE アレックの MDS-MkV/T を用いて、データ採取間隔 10 分間で水温を連続測定した。
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 1km
JFE アレックの MDS-MkV/T を用いて、データ採取間隔 10 分間で水温を連続測定した。
水深 5m の電気伝導率は、COMPACT-CT を用いて、データ採取間隔 10 分間で連続測定した。

7 結果及び考察

(1) 猪苗代湖における水温連続測定結果

図2に2008年4月22日から2012年4月17日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖湖心における層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温の推移を示した。なお、2010年10月から2011年9月までのデータ（水温、電気伝導率）は観測機器の不具合により採取できなかった。

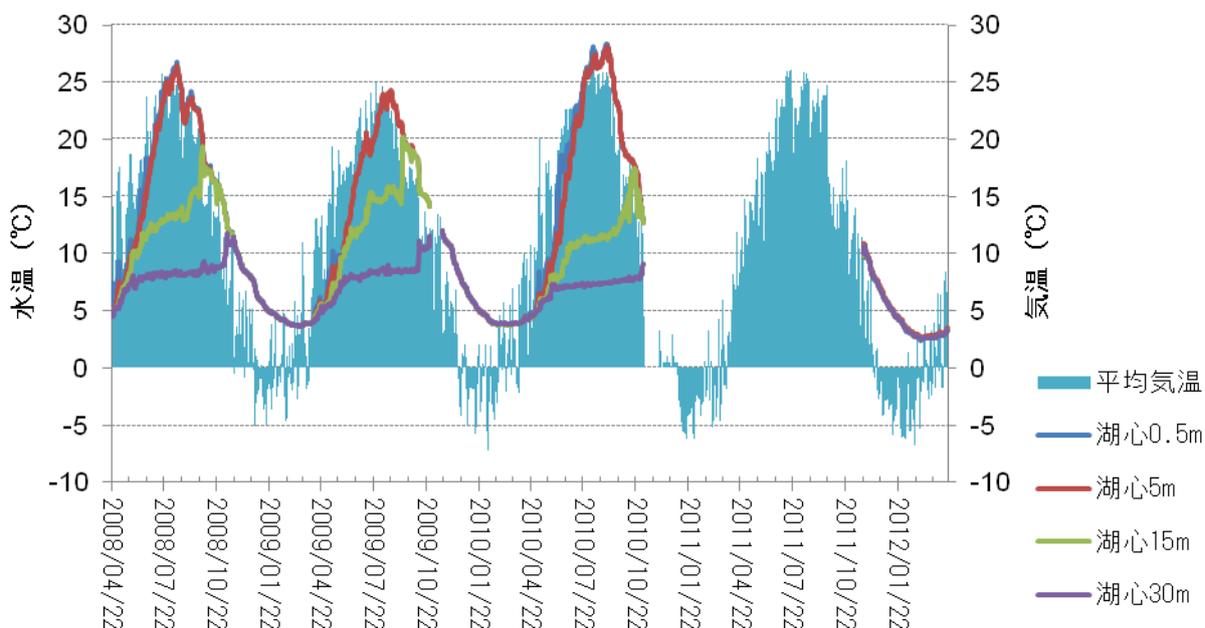


図2 猪苗代湖湖心における層別日平均水温及び日平均気温の関係

今回データを採取した11月下旬～4月中旬では全層の水温がほぼ均一であることから、水温躍層崩壊後及び形成前であることが分かった。気温に対する水温の変化についても例年と同様の傾向が得られた。

(2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における水温連続測定結果と過去データとの比較

図3に2011年11月22日から2012年4月17日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖長瀬川河口沖 300m 地点の層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温の推移を示した。

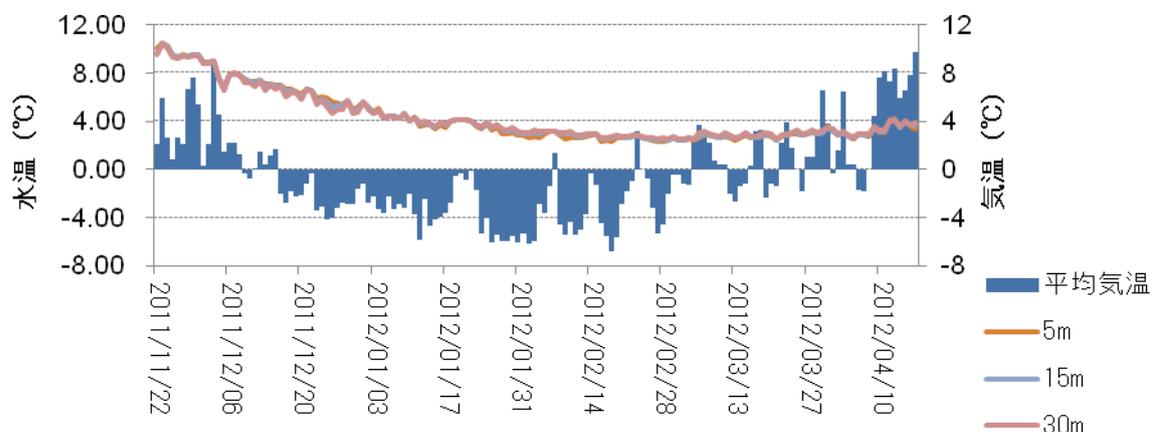


図3 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における層別日平均水温及び日平均気温の関係

湖心と同様に、水温が全層で均一であることが分かった。

図4には長瀬川河口沖 300m 地点の水深 5m における水温及び EC の測定結果を示すと同時に、過去の同時期（2009 年 11 月 22 日から 2010 年 4 月 17 日）に測定した長瀬川河口沖 1km 地点の水深 5m 地点での水温及び電気伝導率（EC）のデータを示した。

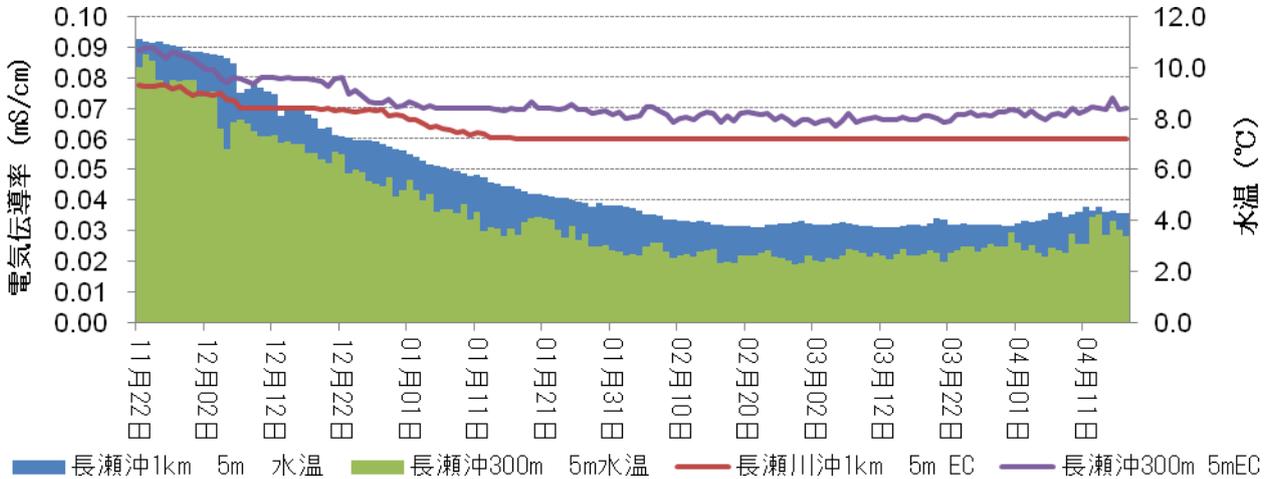


図4 長瀬川河口沖 300m 地点と 1km 地点の水深 5m における水温及び EC の比較

測定を開始した 11 月 22 日から水温の下降につれて電気伝導率の微減傾向が見られ、1 月上旬から 4 月 17 日にかけては、電気伝導率がほぼ一定の平均 0.07 mS/cm となった。冬期 4 ヶ月間のデータであるが、長瀬川河口沖 1km 地点で測定した過去のデータと同様の季節変動傾向が見られた。¹⁾

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心において、冬期の各層における水温の変化が過去の傾向と一致することを確認した。
- (2) 長瀬川河口沖 300m 地点において、冬期の各層における水温の変化が湖心とほぼ同様であることが分かった。水深 5m における電気伝導率の変化は、過去に採取した長瀬川河口沖 1km 地点におけるデータと同様の傾向を示した。今後、通年データを採取した上で更に考察を深めたい。

参考文献

- 1) 福島県環境センター：福島県環境センター年報 第 14 号（平成 22 年度）