

平成 25 年度猪苗代湖調査研究事業等報告書

平成 26 年 11 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	プレジャーボートによる水質の影響調査	33
4	湖沼における難分解性有機物調査	42
5	高度処理浄化槽からの排水実態調査	51
6	猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査	56
7	水質汚濁負荷量削減の数値化調査	60
8	裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査	68

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るが、平成7年に5.1であったpHが平成23年には6.8まで上昇するなど、水質に変化が生じている。このpHの上昇は、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ている（H22年度福島県環境センター年報）。このため、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経年的に把握することを目的として平成13年度から継続して本調査を実施している。

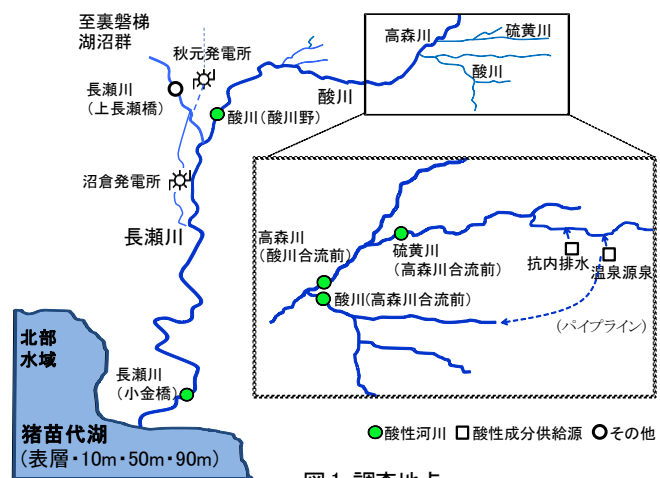
2 調査方法

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

調査地点を図1に示す。

- (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)は原則として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。

4 調査時期

3-(1)の地点 4月、6月、8月、10月 (年4回)

3-(2)～(7)の地点 4月、6月、8月、10月、12月、2月 (年6回)

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^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+)
- (4) 陰イオン (F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^-)
- (5) その他 (pH、EC、DO、T-P、T-N、酸度、アルカリ度、TOC、クロロフィルa (chl-a))

なお、Fe、Mn、Al、Zn、T-Pは、試料をGF/C(ろ紙)でろ過し、ろ液を溶存態物質とした。

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：電気伝導度計
- (3) DO、酸度、アルカリ度：滴定法
- (4) T-P、PO₄-P、T-N：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

本年度の現地調査結果を別紙 1-1 及び 1-2 に、湖心部の分析結果の一覧を別紙 2 に示す。

(1) 猪苗代湖湖心の水質

ア 経年変化

(ア) pH (H1～H25)

pH の年平均値の経年変化を図 2 に示す^(注1)。平成元～7 年度までは 5.0～5.1 の範囲にあったが、平成 8 年度以降、年々上昇していた。

今年度の pH の年平均値は 6.80 で、過去 3 か年 (H22～H24) の結果の範囲 (6.74～6.86) と比べほぼ横ばいの結果であった。

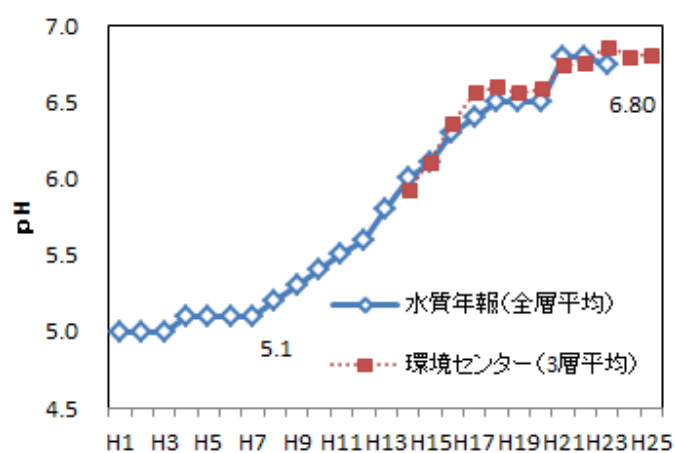


図 2 pH 経年変化

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、50 m 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、50 m) の平均値を示す。

(イ) イオン当量濃度 (S54-56、H13-25)

昭和 54 年度から 56 年度に福島大学等が、平成 13 年度から 25 年度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。平成 13 年度から 25 年度のイオン当量濃度の総和は、昭和 54 年度から 56 年度と比較すると、減少していた。また、調査開始以降平成 18 年度までは減少、平成 19 年度からは横ばい若しくは上昇傾向となっている。

陽イオンの成分割合は、大きい順に Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺の順で、調査開始から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 年度と比較すると、Al の低下の割合が大きかった。

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。SO₄²⁻は調査開始から平成 18 年まで低下傾向にあり、平成 22 年度まで横ばいで推移した後上昇に転じた。

表層の pH 及びアルカリ度の経年変化を図 4 に示す。今年度調査のアルカリ度は 3.97～4.19 mgCaCO₃/L であった。経年的には緩やかな増加傾向がみられた。

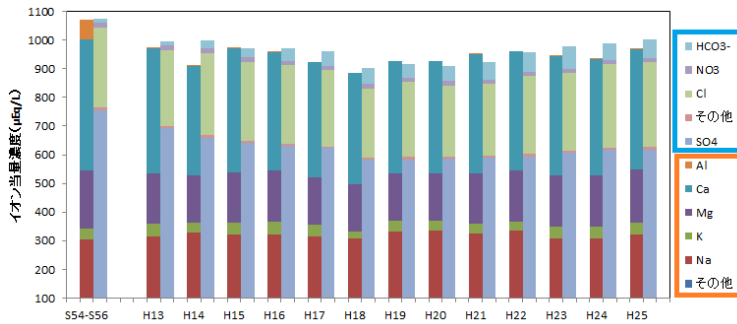


図3 イオン当量濃度の経年変化 (3層平均)

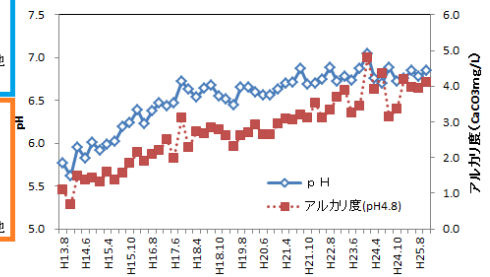


図4 pH及びアルカリ度の経年変化 (表層)

(ウ) T-Mn (H19-H25)

水深90 mの調査が始まった平成19年度から、T-Mnが10月の水深90 mでもっとも高い値を示す傾向がみられ、平成25年度調査では0.31 mg/Lであった。図5に示すとおり、経年的に増加傾向がみられることから、今後も注視していく必要があると考えられる。

(エ) TOC (H19-H25)

TOCは平成19年度から調査項目となった。TOCの表層、水深10 m、50 m、90 m及び全層の年平均値の経年変化を図6に示す。層別では水温躍層の上層となる表層及び水深10 mの値が下層となる水深50 m及び90 mよりおおむね高かった。また水深10 m、50 m及び全層の年平均値は平成19年度から今年度まで増加傾向がみられた。表層及び水深90 mでは年度ごとの値の変動が大きいものの、経年的には増加傾向がみられた。

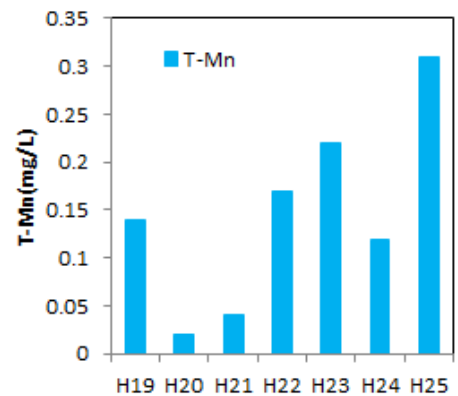


図5 10月水深90m T-Mn 経年変化

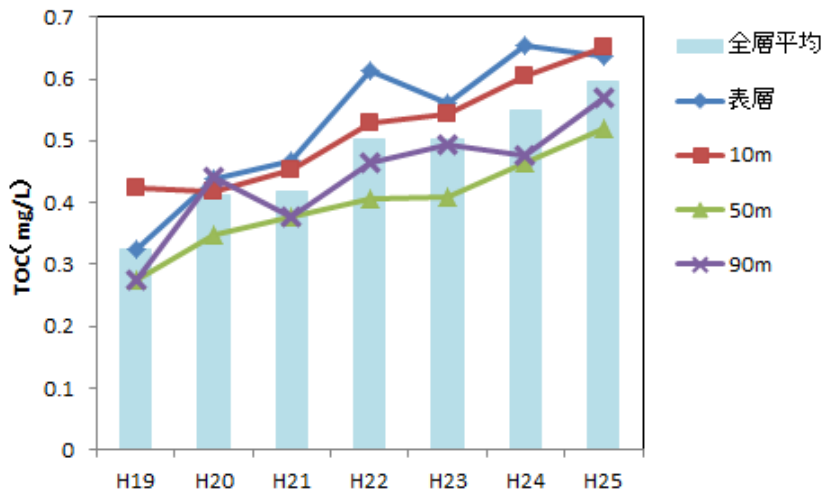


図6 TOCの層別年平均値及び全層年平均値の経年変化

イ 平成 25 年度調査結果 (季節変動)

(ア) 鉛直水温

鉛直水温の調査結果を図 7 に示す。4 月の水温は全層でほぼ一定であり、6 月には水温躍層が形成されつつあり、8 月には水深 10~20 m に水温躍層が形成され、10 月には水温躍層が水深 20~30 m に下がり、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 23.9 °C であった。

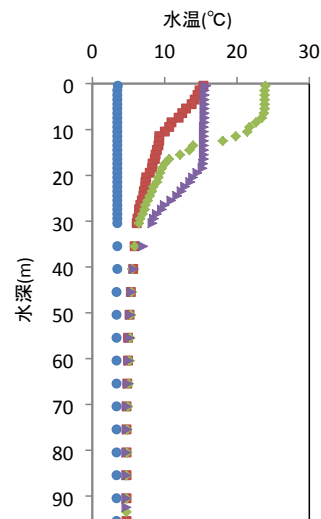


図 7 鉛直水温

(イ) pH

pH の結果を図 8 に示す。pH の最大値は、6 月の水深 90 m における 7.04 で、最小値は 10 月 90 m における 6.52 であった。

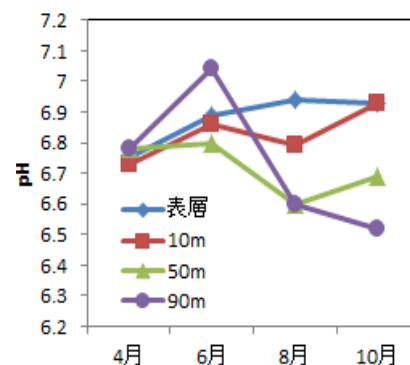


図 8 pH の季節変動

水深ごとに pH の季節変動をみると、表層では 6.75~6.94 の範囲で推移していた。水深 10 m では、6.73~6.93 で推移していた。水深 50 m では、6.60~6.78 で推移していた。水深 90 m では、6.60~7.04 の範囲で推移しており、水深別でもっとも季節変動が大きかった。

pH の季節変動を全層についてみると、水温躍層形成前の 4 月には pH の値が全層でほぼ一定であるのに対し、水温躍層が形成され始める 6 月には水深ごとに差が見られ、水深 10~20m に水温躍層が形成される 8 月及び水温躍層が水深 20~30m に下がる 10 月には、水温躍層の上下で差が見られた。

(ウ) T-N、T-P

T-N の最大値は 8 月 90 m の 0.48 mg/L であり、最小値は 10 月表層の 0.18 mg/L であった。T-N の水深別の季節変動はみられなかった。

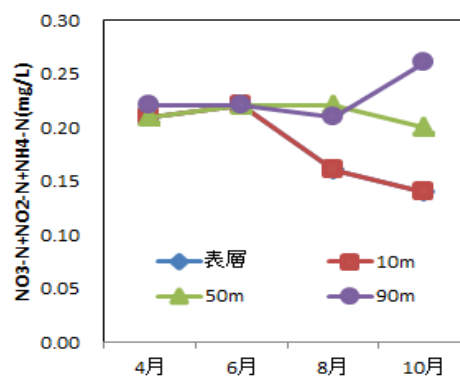


図 9 NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動

また、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動を図 9 に示す。NO₃⁻、NO₂⁻ 及び NH₄⁺ 濃度の定量下限は 0.01 mg/L であるが、0.01 mg/L 未満の場合 0 mg/L として合算値を算出した。水温躍層が形成されている 8 月、10 月に、水温躍層の上下で差がみられた。4 月、6 月には全層でほぼ一定であり、8 月、10 月には表層及び水深 10m で濃度が低下しており、水深 50m では 4 月から 10 月までほぼ一定だった。水深 90 m では 10 月に濃度の上昇がみられた。これには NH₄-N 濃度の上昇が寄与していた。

T-P はすべての水深・調査月で 0.003 mg/L 未満であった。

(エ) イオン成分

陽イオン(Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺)、陰イオン(F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻)濃度の結果を図 10、11 に示す。陽イオン及び陰イオン各成分の濃度の季節変動はなく、水深別の差もみられなかった。

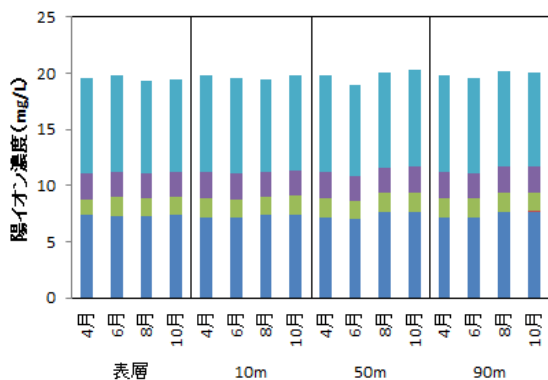


図 10 陽イオン成分の水深別季節変動

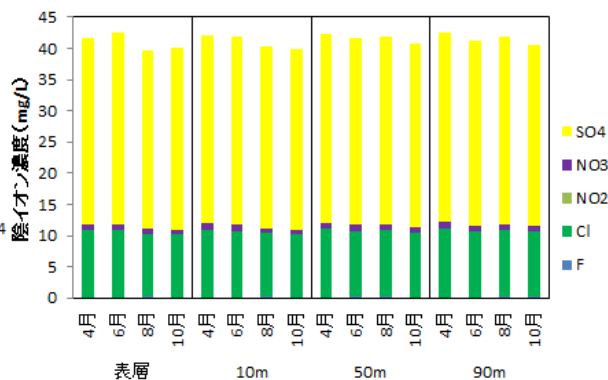


図 11 陰イオン成分の水深別季節変動

(オ) DO

DO 飽和率の季節変動を図 12 に示す。DO 飽和率が最も高くなったのは 6 月表層の 107 %、最も低くなったのは 10 月水深 90 m の 71 % であった。

季節変動をみると、水温躍層が形成されている 8 月及び 10 月には、表層及び水深 10 m では DO 飽和率が高く、水深 50 m 及び 90 m では低くなっており、水温躍層の上下で異なる傾向がみられた。特に 10 月の水深 90 m において DO 飽和率が低下しており、このときの DO は 8.9 mg/L であった。

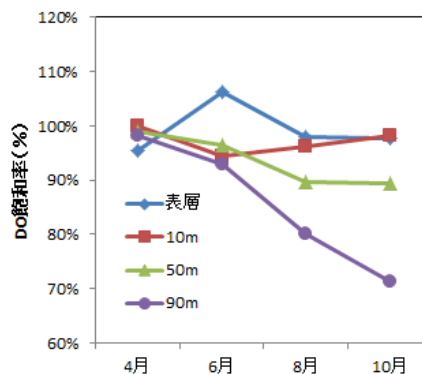


図 12 DO 飽和率の季節変動

(カ) 金属成分 (Fe、Mn、Al、Zn)

金属成分の全量 (T-) から溶存態 (D-) を差し引いた値を懸濁態 (S-) として、Fe、Al 及び Mn それぞれの溶存態と懸濁態の季節変動を図 13~15 に示す。金属成分の定量下限値は 0.01 mg/L であるが、0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L としてプロットした。また、溶存態が 0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として懸濁態を算出した。

Fe について、T-Fe の値は 0.01 mg/L 未満から 0.03 mg/L の狭い範囲で推移していた。4 月及び 6 月のほとんどが 0.01 mg/L 未満であり、季節変動の明確な傾向はなかった。

Mn について、T-Mn の最大値は 10 月の水深 90 m の 0.31 mg/L であり、その全量が溶存態だった。T-Mn の季節変動をみると、表層、水深 10 m 及び 50 m では 0.01 未満から 0.02 mg/L の狭い範囲で推移しており、明確な季節変動はみられなかった。水深 90 m では 8 月から濃度の上昇がみられていた。前述ア(ウ)T-Mn の経年変化で述べたとおり、10 月水深 90 m の T-Mn は経年的に増加傾向がみられており、今後も注視する必要がある。

Al について、T-Al が 0.01 未満から 0.02 mg/L の間で推移しており、季節変動及び溶存態と懸濁態の割合に明確な傾向はみられなかった。

Zn について、4 月の表層で 0.01 mg/L であったのを除き、全層・全調査月で 0.01 mg/L 未満であった。

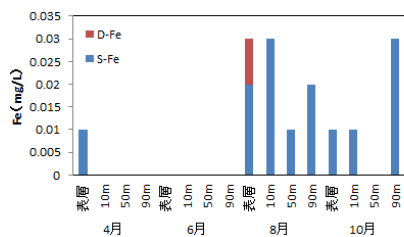


図 13 Fe の季節変動

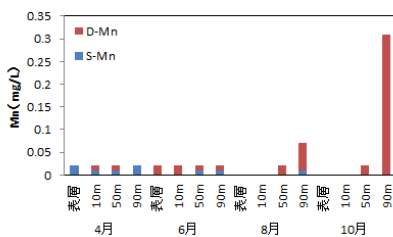


図 14 Mn の季節変動

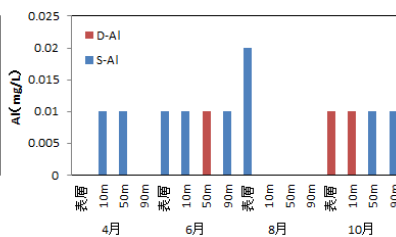


図 15 Al の季節変動

(キ) TOC

TOC の季節変動を図 16 に示す。

最も高い値は 8 月の水深 10 m で 0.80 mg/L であり、最も低い値は 10 月の水深 50 m で 0.47 mg/L であった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の 4 月と形成初期の 6 月には全層で TOC 濃度がほぼ均一であったが、水温躍層の形成期の 8 月に水温躍層の上層である表層及び水深 10m の値が上昇していた。水深 50m の TOC はほぼ一定であった。水深 90 m では 6 月から 10 月にかけてわずかに上昇する傾向がみられた。例年、水温躍層の上層では 8 月以降増加し、下層では減少する傾向がみられたが、今年度の水深 90 m において異なる傾向がみられたため、今後も注視していく必要があると考えられる。

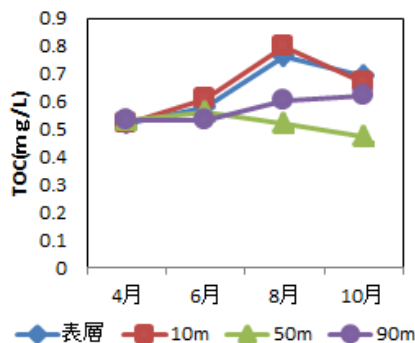


図 16 TOC の季節変動

(2) 流入河川について

猪苗代湖流入河川の調査結果を別紙 3-1 及び 3-2 に示す。また、調査地点の概要について述べる。

旧硫黄鉱山坑内排水の影響を受ける強酸性の硫黄川が高森川と合流した後、沼尻・中ノ沢温泉水の影響を受け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、3 で示した調査地点のうち(1)硫黄川（高森川合流前）、(2)高森川（酸川合流前）、(3)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、(4)酸川（酸川野）、(5)長瀬川（上長瀬橋）、(6)長瀬川（小金橋）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 17 に示す。4 月、8 月及び 10 月の酸川（酸川野）は水量の増加により流速、水深及び川幅を測定できなかったため、平均流量の算出には 6 月、12 月及び 2 月のデータを用いた。

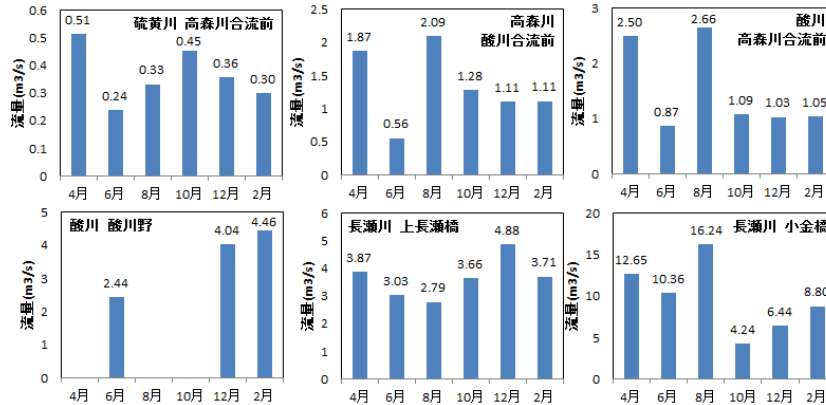


図 17 各河川の流量の季節変動

また、調査対象河川の概要を図 18 に示す。

pH の年平均値について、長瀬川（上長瀬橋）及び高森川（酸川合流前）において平成 18 年度から平成 24 年度までの年平均値の範囲を上回った。pH の年平均値はそれぞれ 7.52 及び 2.68 であった。鉍酸酸度負荷量の年平均値について、硫黄川（高森川合流前）において平成 18 年度から平成 24 年度までの年平均値の範囲を下回った。鉍酸酸度負荷量の年平均値は 252.95 gCaCO₃/L であった。また、酸川（酸川野）において流量の年平均値が平成 18 年度から平成 24 年度までの年平均値を下回ったが、これは流量の多い時期のデータが欠測となったことが影響したと考えられた。そのほかの調査地点では、昨年度までの年平均値の範囲内であった。欠測等により年度毎にデータ数が異なるため、各成分の経年的な増減の傾向があるかは判断できないことから、来年度以降も傾向を注視する必要があると考えられる。

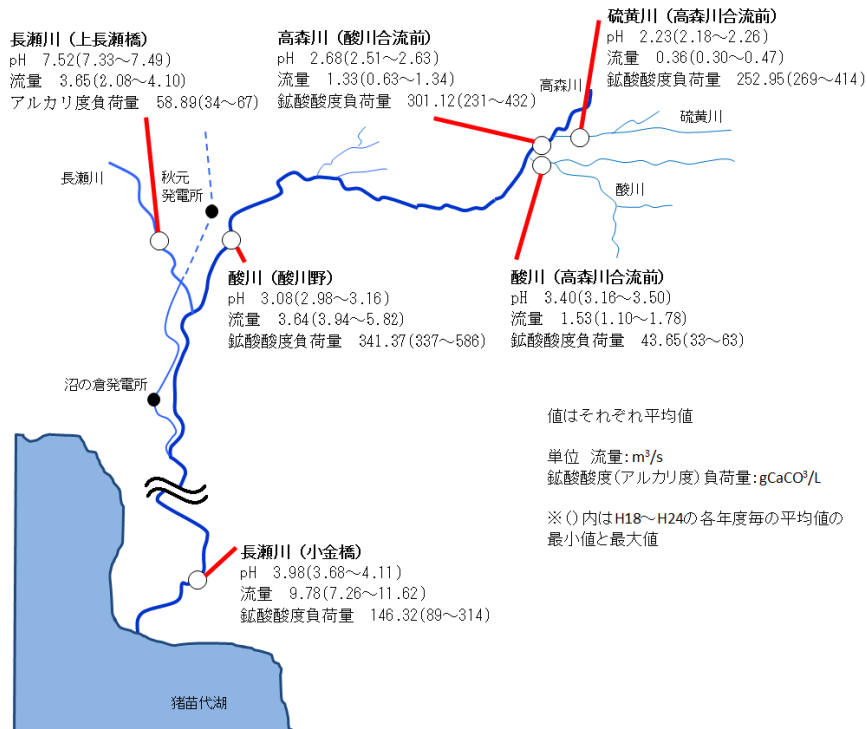


図 18 調査対象河川の概要

ア 経年変化 (H16-H25)

酸性河川である硫黄川（高森川合流前）、酸川（高森川合流前）、高森川（酸川合流前）、酸川（酸川野）及び長瀬川（小金橋）について、溶存態（D-）のFe 負荷量、溶存態（D-）のAl 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、鉍酸酸度負荷量及び流量の年平均値の経年変化を検討した。微アルカリ性河川である長瀬川（上長瀬橋）についてはD-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の年平均値の経年変化を検討した。なお、それぞれの負荷量は年平均で示している。

硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 19 に示す。D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、鉍酸酸度負荷量は上流域河川の調査を開始した平成 18 年度が最大値であり、今年度調査ではD-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値が大きく減少した。流量の年平均値は平年並みであり、D-Fe と D-Al の濃度が減少したことが原因と考えられた。 SO_4^{2-} 負荷量及び鉍酸酸度負荷量の年平均値は平成 23 年度及び 24 年度と同程度であった。

高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 20 に示す。すべての酸性成分負荷量の年平均値について上流域河川の調査を開始した平成 18 年度が最大値であり、今年度調査では硫黄川（高森川合流前）と同様に D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値が大きく減少し、 SO_4^{2-} 負荷量及び鉍酸酸度負荷量の年平均値は平成 23 年度及び 24 年度と同程度であった。これは酸性成分の供給源である硫黄川の水質の影響を受けたものと考えられた。

酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 21 に示す。D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量の年平均値は上流域河川の調査を開始した平成 18 年度から 19 年度が最大値であり、今年度調査では大きく減少した。流量の年平均値は平年並みであり、D-Fe と D-Al の濃度が減少したことが原因と考えられる。 SO_4^{2-} 負荷量の年平均値は平成 24 年度と同程度であった。鉍酸酸度負荷量の年平均値は平成 24 年度に比べ増加していた。

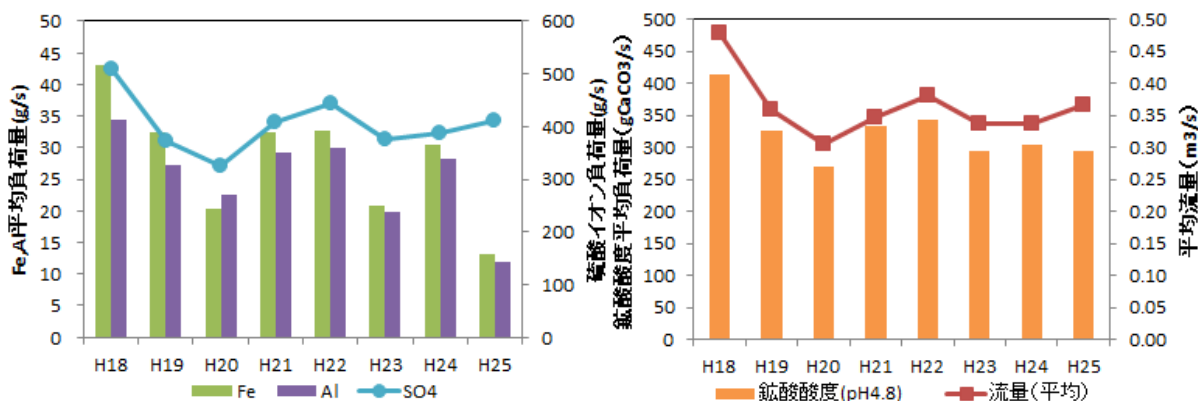


図 19 硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

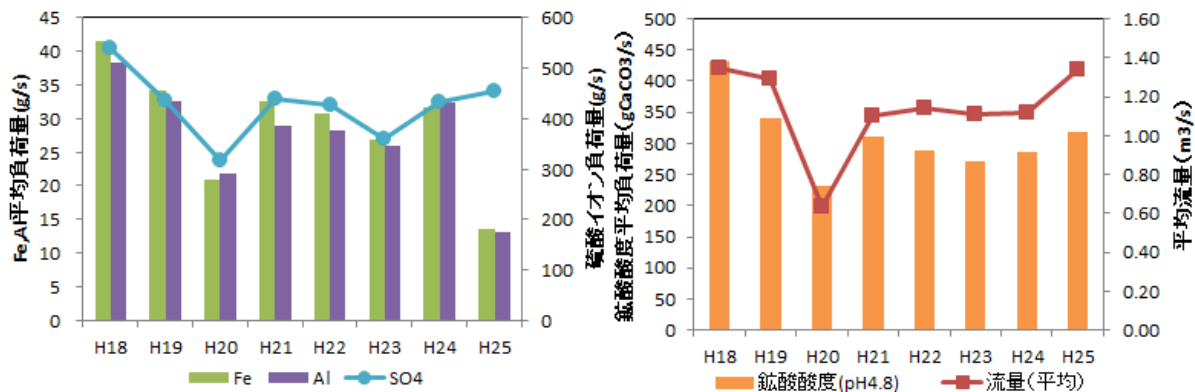


図 20 高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

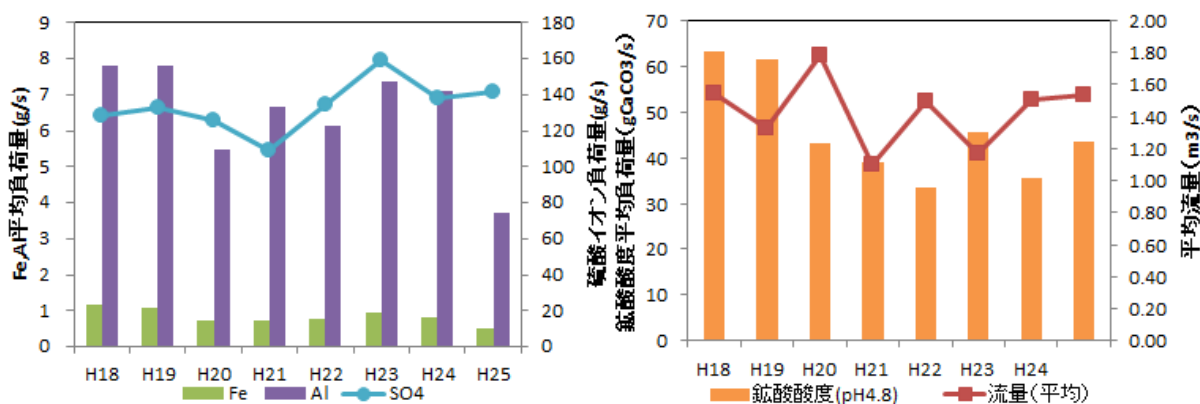


図 21 酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

上流域の硫黄川、高森川及び酸川が合流した後の地点である酸川（酸川野）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 22 に示す。今年度調査ではD-Fe 負荷量及びD-Al 負荷量の年平均値が大きく減少していた。これは上流域河川のD-Fe 及びD-Al 濃度が減少したことが影響したと考えられる。SO₄²⁻ 負荷量及び硫酸酸度の年平均値は平成 24 年度より減少していたが、上流域河川では SO₄²⁻ 負荷量の年平均値が減少していないことから、前述の通り欠測により流量の年平均値が例年を下回ったことが影響したと考えられる。

長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 23 に示す。D-Fe 負荷量及びD-Al 負荷量は他の地点に比べ値が小さく、顕著な経年変化はみられなかった。SO₄²⁻ 負荷量の年平均値は平成 22 年度から 24 年度にかけての値と同程度であった。アルカリ度負荷量の年平均値は平成 24 年度と同程度であった。

最下流部である長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 24 に示す。今年度調査ではD-Fe 負荷量及びD-Al 負荷量の年平均値が大きく減少していた。これは上流域河川及びそれらの合流後である酸川（酸川野）のD-Fe 及びD-Al 濃度が減少したことが影響したと考えられる。SO₄²⁻ 負荷量の年平均値は例年と同程度の値であり、経年変化はみられなかった。硫酸酸度負荷量の年平均値は平成 20 年度が最大値であり、今年度調査では平成 24 年度に比べ減少しており平成 22 年度と同程度の値であった。

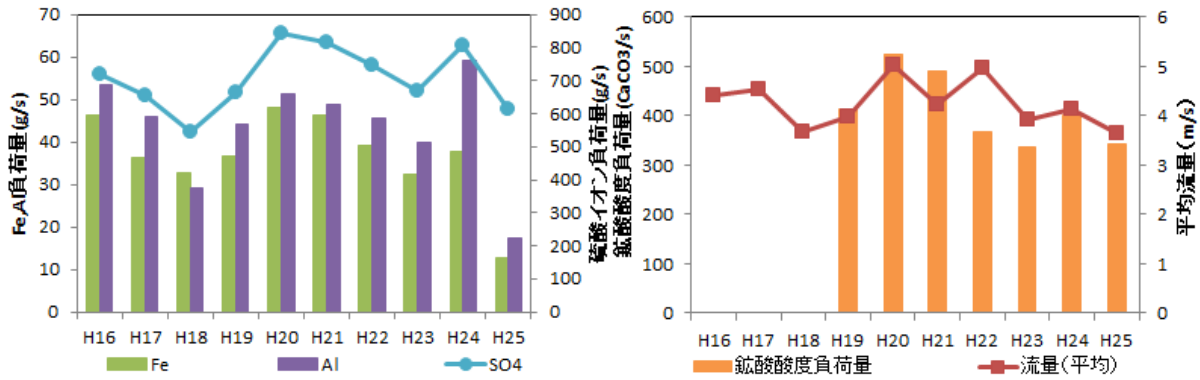


図 22 酸川（酸川野）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

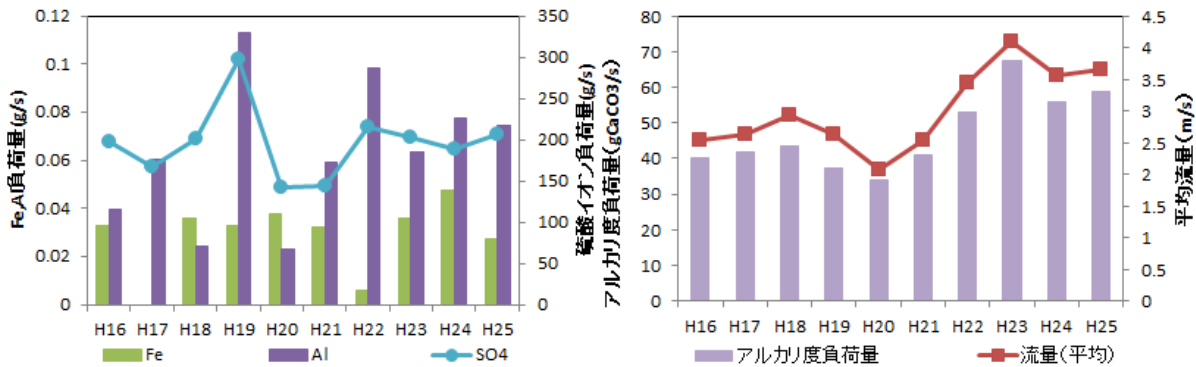


図 23 長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

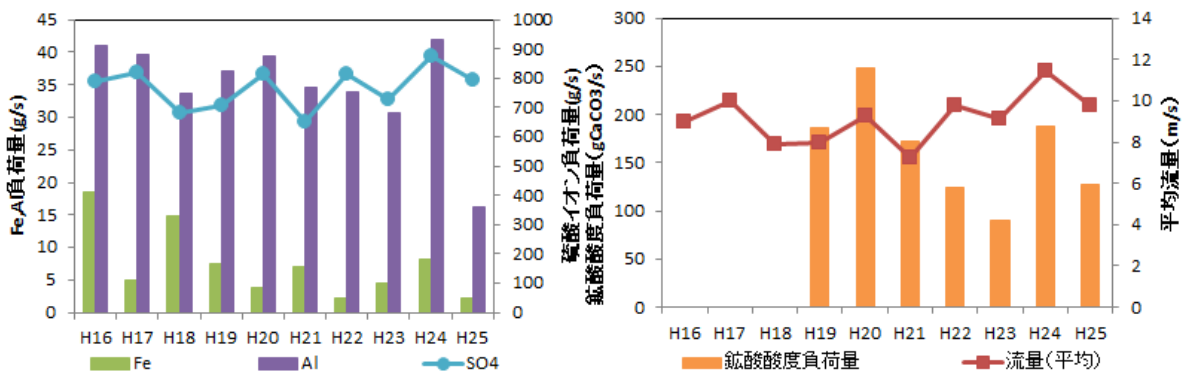


図 24 長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

イ 平成 25 年度調査結果（季節変動）

(ア) 金属成分

調査対象河川における全量溶存態 (D-) の Fe、Al 及び Mn のそれぞれの負荷量の季節変動について、また全量 (T-) から溶存態を差し引いた値を懸濁態 (S-) として算出した負荷量及び流量の季節変動について図 25 に示す。金属成分濃度の定量下限値は 0.01 mg/L であるが、0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として負荷量を算出しプロットしている。また、溶存態が 0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として懸濁態を算出している。ただし、酸川（酸川野）の 4 月、6 月及び 10 月は流量の欠測により負荷量が算出できないためプロットしていない。

Fe について、調査対象河川全体を通してみると、上流域河川及び上流域河川の合流後地点である酸

川（酸川野）までは溶存態の割合が高く、微アルカリ性河川である長瀬川（上長瀬橋）との合流後の長瀬川（小金橋）では懸濁態の割合が上昇している。これは酸川と長瀬川の合流による pH の上昇に伴い、Fe の一部が不溶化したものと思われた。

Mn 及び Al について、上流域河川及び上流域河川の合流後である酸川（酸川野）までは 1 年を通じて全負荷量に占める溶存態の割合が高く、裏磐梯湖沼群を上流源とする長瀬川（上長瀬橋）では、負荷量が小さく明確な溶存態と懸濁態の比率や季節変動はみられなかった。最下流部である長瀬川（小金橋）では、負荷量の大きい酸川（酸川野）の影響を受け、酸川（酸川野）と同様に 1 年を通じて溶存態として存在する割合が高かった。

Zn について、すべての調査対象河川において 1 年を通じて負荷量が小さく、明確な溶存態と懸濁態の比率や季節変動はみられなかった。

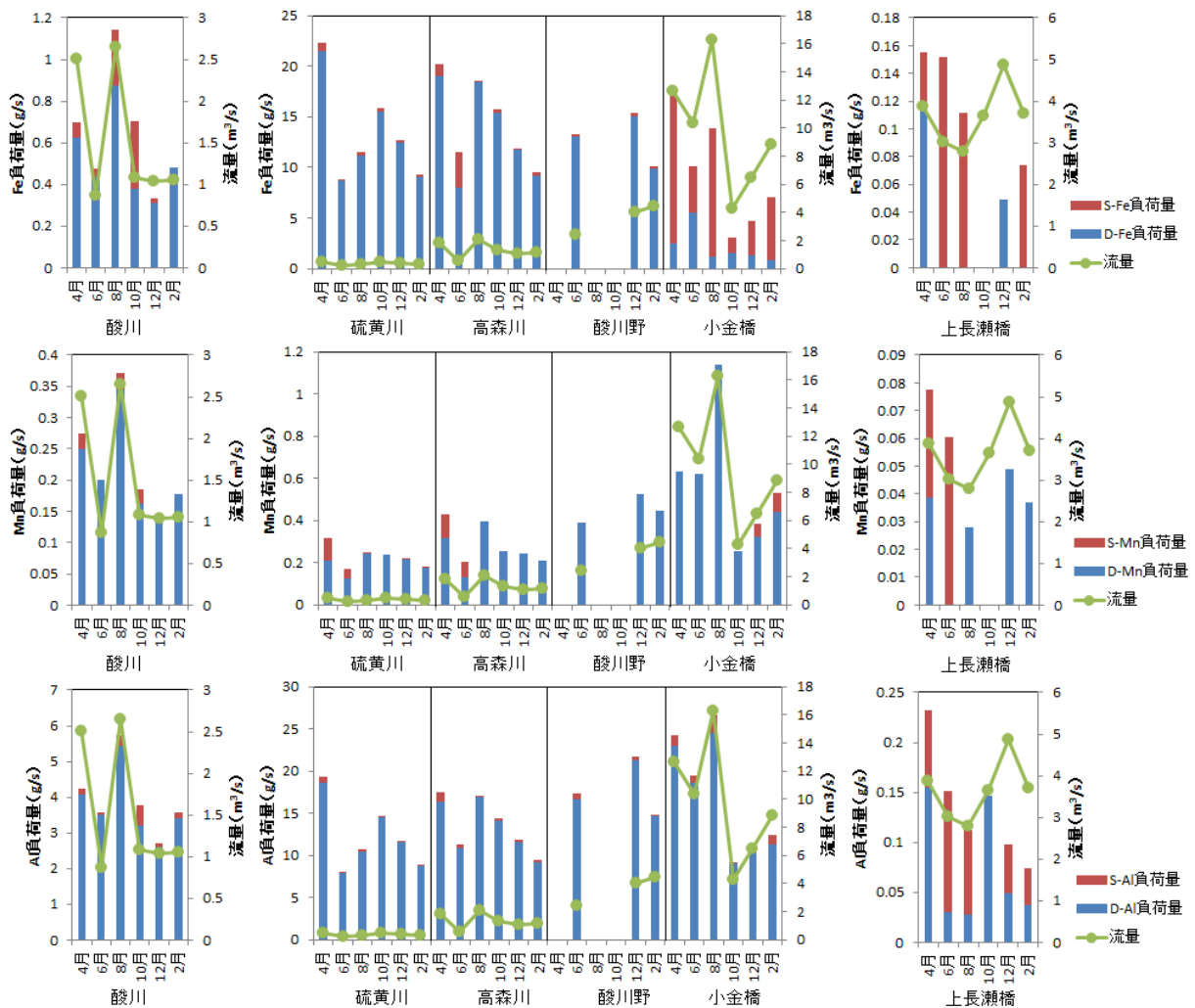


図 25 金属成分負荷量の季節変動

(イ) 酸度、アルカリ度

調査対象河川の総酸度及び鉍酸酸度、並びにアルカリ度の結果を図 26 に示す。鉍酸酸度負荷量の総酸度負荷量に占める割合は、硫黄川（高森川合流前）の 10 月の 56 %を除いて、硫黄川（高森川合流前）、高森川（酸川合流前）及び酸川（酸川野）で約 66～84 %であり、酸川（高森川合流前）と長瀬川（小金橋）で約 22～65 %であった。

長瀬川（上長瀬橋）のアルカリ度負荷量については、流量の変化に応じた増減がみられた。

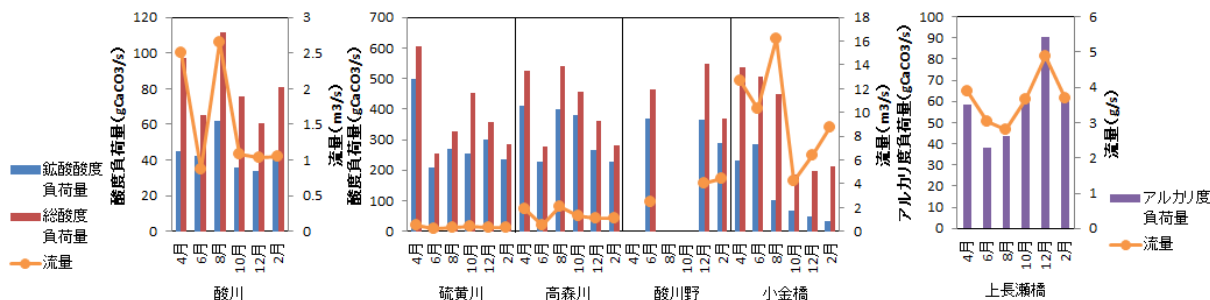


図 26 酸度負荷量及びアルカリ度負荷量の季節変動

(ウ) イオン成分負荷量

上流域河川における Cl^- 及び SO_4^{2-} 負荷量の季節変動、下流域河川における陰イオン及び陽イオン成分負荷量の各季節変動を図 27 に示す。

すべての上流域河川において、1年を通じて SO_4^{2-} 負荷量が Cl^- 負荷量より大きく、流量に応じた増減がみられた。

すべての下流域河川の陰イオン成分負荷量について、1年を通じて SO_4^{2-} 及び Cl^- 負荷量の合算が陰イオン成分の合計負荷量の 98 % 以上を占めていた。また、すべての陰イオン成分負荷量は流量に応じた増減が見られ、イオン毎の構成比に季節変動はみられなかった。

陽イオン成分負荷量について、すべての下流域河川において Na^+ 及び Ca^{2+} 負荷量の合算量が陽イオン成分の合計負荷量の 76 % 以上を占めていた。また、陽イオン成分負荷量の構成比に季節変動はみられなかった。

(エ) T-P (D-P、S-P)

下流域河川における D-P のそれぞれの負荷量の季節変動について、また T-P から D-P を差し引いた値を S-P として算出した負荷量及び流量の季節変動について図 28 に示す。また、D-P の定量下限値は 0.01 mg/L であるが、0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として S-P を算出している。

T-P について、1年を通してすべての調査地点で流量に応じた増減がみられた。また、上流域河川の合流後の地点である酸川 (酸川野) にお

いて、S-P より D-P の割合が大きかった。裏磐梯湖沼群を流出源とする長瀬川 (上長瀬橋) では負荷量が小さく明確な季節変動はみられなかったが、10月から2月にかけて D-P の割合が増加していた。最下流部である長瀬川 (小金橋) においては 83~100 % が S-P であった。これは前述の通り、酸性河川の酸川と中性河川である長瀬川が合流し pH が上昇することで一部不溶化した Fe にりんが吸着し懸

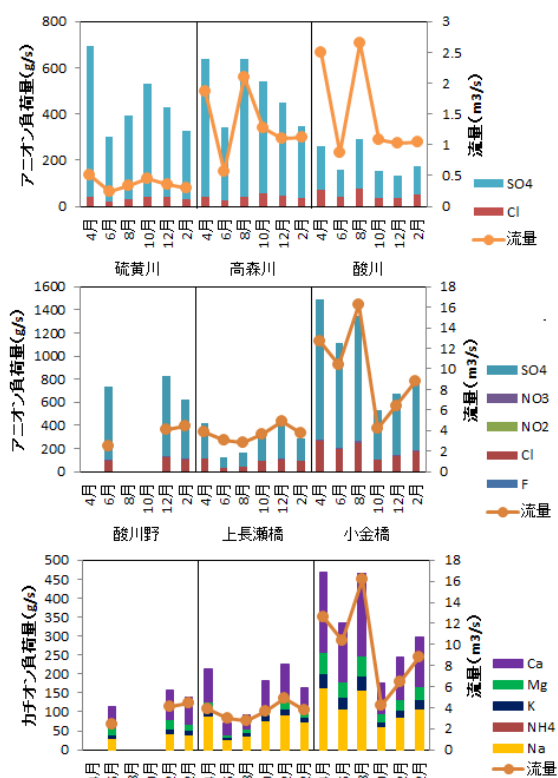


図 27 アニオン負荷量及びカチオン負荷量の季節変動

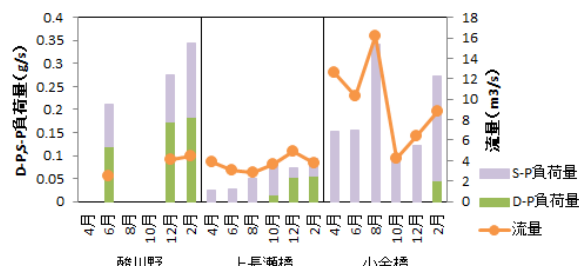


図 28 D-P 及び S-P 負荷量の季節変動

濁態（フロック）になったものと考えられる。

8 まとめ

(1) 猪苗代湖湖心の調査結果

今年度の pH の 3 層平均は 6.80 であり、経年的には上昇傾向がみられたが、過去 3 か年の結果の範囲と比較するとほぼ横ばいであった。また、今年度結果をみると、pH 及び DO 飽和率について、水温躍層が形成されている 8 月と 10 月には水温躍層の上下で値が異なり、いずれも上層では値が高く、下層では値が低かった。10 月の水深 90 m では特に DO 飽和率が低かったが、このときの DO は 8.9 mg/L であり、湖心湖底の溶存酸素濃度は十分保たれていると考えられた。また、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値については、水温躍層が形成されている 8 月と 10 月に水温躍層の上層で値が低くなり、下層にあたる水深 50 m では調査月を通じてほぼ一定であった。10 月の水深 90 m で値が高くなったが、これには NH₄⁺濃度の上昇が寄与していた。

今年度の溶存イオン当量濃度は、昭和 54~56 年の結果と比較すると減少しているが、平成 19 年度から今年度にかけては横ばいもしくは増加の傾向がみられた。また、今年度の陽イオン及び陰イオン成分濃度に季節変動はみられず、水深別の差もみられなかった。

今年度の金属成分について、Fe は 0.01 mg/L 未満~0.03 mg/L の狭い範囲で推移し、4 月及び 6 月のほとんどが 0.01 mg/L 未満であり、溶存態と懸濁態の割合に明確な季節変動はみられなかった。Mn は水深 90 m において 8 月から濃度の上昇がみられた。10 月の水深 90 m における Mn は経年的に増加傾向がみられており、今後も注視していく必要がある。Al は全層で濃度が低く、溶存態と懸濁態の割合に明確な季節変動はみられなかった。Zn は 4 月の表層において 0.01 mg/L であったのを除き、全層・全調査月で 0.01 mg/L 未満であった。

平成 19 年度から調査項目となった TOC は、全層の年平均値について平成 19 年度から今年度まで増加傾向がみられた。水深別にみると、水温躍層の上層にあたる表層及び水深 10 m の年平均値が下層にあたる水深 50 m 及び 90 m の年平均値よりおおむね高かった。TOC は調査開始から今年度までの経年的な増加傾向がみられたことから、今後も注視していく必要がある。

(2) 猪苗代湖流入河川の調査結果

酸性成分負荷量の年平均値の経年変化をみると、すべての上流域河川で D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量の年平均値の減少がみられた。上流域河川の SO₄²⁻負荷量及び鉍酸酸度負荷量の年平均値は過去 3 か年の値と同程度であった。また、下流域河川では上流域河川の合流後地点である酸川（酸川野）、最下流部である長瀬川（小金橋）においても D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量が減少していた。これは上流域河川の影響を受けたものと考えられる。裏磐梯湖沼群を流出源とする長瀬川（上長瀬橋）では酸性成分負荷量及びアルカリ度負荷量の大きな変動はみられなかった。

今年度の金属成分負荷量は上流域河川では 1 年を通じてほとんどが溶存態として存在していた。下流域河川では、上流域河川の合流後地点である酸川（酸川野）の Fe が 1 年を通じて溶存態の割合が高い一方で、長瀬川（小金橋）では Fe の全量に対する溶存態の割合が低下していた。これは酸川（酸川野）と長瀬川（上長瀬橋）の合流による pH の上昇に伴い、Fe の一部が不溶化したものと思われた。そのほかの金属成分では、流下に伴う形態の変化はみられなかった。

イオン成分負荷量について、すべての上流域河川において、1 年を通じて SO₄²⁻負荷量が Cl⁻負荷量より大きく、流量の変化に応じた増減がみられた。また、すべての下流域河川において、陰イオン成分では Cl⁻負荷量及び SO₄²⁻負荷量の合算値が総負荷量の 99 % 以上を、陽イオン成分では Na⁺負荷量及び Ca²⁺負荷量の合算値が総負荷量の 76 % 以上を占めており、陰イオン成分、陽イオ

ン成分それぞれの負荷量の構成比に季節変動はみられなかった。

下流域河川におけるりん負荷量について、上流域河川の合流後地点である酸川（酸川野）では溶存態りん負荷量の割合が大きく、最下流部である長瀬川（小金橋）では83～100 %が懸濁態りん負荷量であった。これは前述の通り、酸性河川である酸川と中性河川である長瀬川の合流後、pHの上昇により不溶化した鉄にりんが吸着し懸濁態（フロック）になったものと考えられる。

調査地点	湖心(表層)			
調査年月日	H25.4.15	H25.6.5	H25.8.7	H25.10.21
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	10:05	9:10	9:35	9:15
天候(前日)	晴	晴	雨	雨
天候(当日)	晴	晴	晴	晴
気温(°C)	6.5	18.8	25.1	14.3
水温(°C)	3.5	15.3	23.9	15.7
透明度(m)	10.7	10.3	10.0	11.9
水色(フォーレル)	6	6	8	9
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	酸川(酸川野)					
調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	10:30	12:40	10:30	9:50	13:15	7:30
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	曇り	曇り	晴	雪
気温(°C)	11.2	23.6	26.0	21.0	8.6	-1.0
水温(°C)	9.0	19.5	17.0	15.5	7.6	3.5
透視度(cm)	>1004	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	流量大	流量大	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	長瀬川(上長瀬橋)					
調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	11:00	13:10	12:45	12:30	13:45	10:10
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	曇り	晴	晴	雪
気温(°C)	11.5	25.5	29.4	19.8	8.8	-1.1
水温(°C)	9.0	19.9	22.5	19.2	6.9	1.8
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量大	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	長瀬川(小金橋)					
調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	7:15	9:20	8:40	9:05	9:25	6:47
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	曇り	晴	晴	曇り
気温(°C)	6.5	25.0	25.5	20.9	8.1	-1.8
水温(°C)	5.0	18.0	18.5	16.6	6.5	2.7
透視度(cm)	>100	>100	90	>100	77	61.5
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	黄色	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	高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	8:45	12:00	10:50	10:40	12:00	9:20
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	曇り	晴	雪
気温(°C)	9.5	21.5	24.5	19.0	8.1	-2.9
水温(°C)	7.5	16.6	16.8	14.5	6.6	2.5
透視度(cm)	>100	>100	84.5	>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	硫化水素臭	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	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	9:30	11:30	11:20	11:03	12:40	9:40
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	曇り	晴	雪
気温(°C)	7.5	22.8	22.5	17.5	5.8	-1.8
水温(°C)	7.4	16.2	16.5	15.5	8.1	5.0
透視度(cm)	>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	硫黄川(高森川前)					
調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.26	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	9:50	10:30	14:10	11:50	11:00	8:40
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	曇り	晴	雪
気温(°C)	5.8	24.0	22.8	19.1	5.0	-2.0
水温(°C)	8.9	17.3	19.5	16.7	8.5	4.8
透視度(cm)	98.5	>100	72	>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	硫化水素臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	微濁	透明	透明	透明

猪苗代湖 調査日	湖心 0m			湖心 10m			湖心 50m			湖心90m						
	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21
pH	6.75	6.89	6.94	6.93	6.73	6.86	6.79	6.93	6.78	6.80	6.60	6.69	6.78	7.04	6.60	6.52
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	112	111	106	109	113	113	109	110	114	113	110	110	113	115	111	111
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	7.38	7.31	7.28	7.37	7.21	7.18	7.35	7.46	7.19	7.03	7.63	7.65	7.21	7.18	7.66	7.63
NH ₄ 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
K mg/L	1.42	1.65	1.65	1.68	1.69	1.63	1.65	1.70	1.72	1.58	1.69	1.70	1.72	1.63	1.70	1.71
Mg mg/L	2.29	2.28	2.17	2.20	2.32	2.24	2.20	2.23	2.32	2.19	2.27	2.30	2.32	2.24	2.29	2.24
Ca mg/L	8.50	8.58	8.17	8.22	8.60	8.47	8.30	8.40	8.61	8.21	8.53	8.62	8.61	8.45	8.59	8.46
Fe 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
Mn mg/L	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.06	0.31
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	0.14	0.15	0.16	0.14	0.13	0.15	0.16	0.15	0.13	0.16	0.17	0.15	0.14	0.15	0.18	0.17
Cl mg/L	10.74	10.67	10.11	10.18	10.84	10.55	10.22	10.12	10.98	10.56	10.66	10.37	10.98	10.44	10.69	10.47
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	0.05
NO ₃ mg/L	0.94	0.98	0.75	0.64	0.97	0.98	0.75	0.65	0.97	0.98	0.98	0.92	0.99	0.99	0.97	0.87
SO ₄ mg/L	29.85	30.63	28.65	29.20	30.12	30.19	29.15	28.97	30.29	30.00	30.16	29.37	30.52	29.69	30.11	28.98
7.16カドミウム mgCaCO_3/L	4.19	3.97	3.97	4.18	4.18	3.94	4.08	4.12	4.2	4.01	3.73	4.05	4.17	4.73	5.13	6.46
加印7/1/a $\mu\text{g}/\text{L}$	0.7	0.1	0.9	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
DO mg/L	12.3	10.3	8.1	9.4	12.9	10.3	8.3	9.5	12.8	11.9	11.8	11.4	12.7	11.6	10.5	8.9

猪苗代湖 調査日	湖心 0m			湖心 10m			湖心 50m			湖心90m						
	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21
T-N mg/L	0.24	0.21	0.29	0.18	0.27	0.22	0.28	0.17	0.29	0.21	0.30	0.23	0.24	0.22	0.48	0.32
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	0.01	<0.01	0.03	0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.03
Mn mg/L	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.31
Al mg/L	<0.01	0.01	0.02	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	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
TOC mg/L	0.52	0.58	0.76	0.69	0.52	0.61	0.80	0.67	0.53	0.56	0.52	0.47	0.53	0.53	0.60	0.62

河川	溶存態	酸川 酸川野				長瀬川 上長瀬橋				長瀬川 小金橋									
		4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4
pH		3.04	2.90	3.21	3.02	3.01	3.32	7.53	7.41	7.50	7.67	7.60	7.43	3.69	3.70	4.26	3.72	4.09	4.43
EC	μS/cm	640	914	447	707	683	460	302	127	167	276	226	221	325	297	201	350	272	214
T-P	mg/L	0.033	0.038	<0.003	0.028	0.025	0.036	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	0.011	0.015	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01
Na	mg/L	7.80	12.40	7.44	10.51	10.68	8.83	22.83	8.97	13.29	21.21	18.82	19.62	12.83	10.39	9.64	14.39	13.16	12.23
NH ₄	mg/L	0.03	0.09	0.04	0.06	0.06	0.06	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04
K	mg/L	2.50	4.05	2.08	3.11	3.11	2.35	3.87	1.76	2.49	3.87	3.41	3.35	2.94	2.84	2.23	3.22	2.91	2.61
Mg	mg/L	4.10	6.94	3.49	5.46	5.50	4.14	6.09	2.46	3.35	5.24	4.89	4.46	4.41	3.96	3.37	4.95	4.52	3.91
Ca	mg/L	14.76	23.80	13.46	19.43	19.36	15.65	22.40	9.95	13.26	19.52	19.06	16.95	16.90	15.08	13.38	18.56	17.23	15.10
Fe	mg/L	3.99	5.35	3.46	3.96	3.72	2.22	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.20	0.53	0.07	0.36	0.20	0.10
Mn	mg/L	0.08	0.16	0.11	0.13	0.13	0.10	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05
Al	mg/L	4.12	6.83	3.77	5.65	5.25	3.28	0.06	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	1.81	1.79	1.51	2.14	1.60	1.28
Zn	mg/L	<0.01	0.02	<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	0.83	1.13	0.69	1.09	1.10	0.73	0.12	0.05	0.09	0.09	0.08	0.07	0.42	0.43	0.34	0.45	0.39	0.36
Cl	mg/L	20.14	38.73	17.28	28.55	30.45	23.09	29.76	11.36	15.70	26.37	21.98	24.50	20.23	18.50	14.82	22.89	20.52	19.54
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	1.17	1.09	1.37	1.09	1.00	1.71	0.86	0.29	0.24	0.10	0.25	0.45	1.22	0.90	1.12	0.89	0.94	1.31
SO ₄	mg/L	165.32	261.54	123.73	183.68	172.61	113.76	78.34	30.40	41.00	67.40	58.85	52.07	96.03	87.33	66.92	102.13	83.28	66.05
7日5日連続4日	mgCaCO ₃ /L	—	—	—	—	—	—	15.12	12.62	15.59	16.85	18.52	16.44	—	—	—	—	—	—
酸度(H+8)	mgCaCO ₃ /L	91.71	151.42	60.16	107.69	90.16	65.11	—	—	—	—	—	—	18.21	27.45	6.18	16.02	7.53	3.8
酸度(H+3)	mgCaCO ₃ /L	134.46	190.53	92.25	155.27	135.74	82.64	—	—	—	—	—	—	42.57	48.93	27.67	43.57	30.93	24.26
流量	m ³ /s	欠測	2.439	欠測	欠測	4.042	4.460	3.874	3.031	2.794	3.655	4.883	3.707	12.65	10.36	16.24	4.243	6.439	8.798
河川	全量	酸川 酸川野				長瀬川 上長瀬橋				長瀬川 小金橋									
T-N	mg/L	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4
T-P	mg/L	0.49	0.47	0.50	0.56	0.46	0.87	0.08	0.09	0.12	0.15	0.12	0.17	0.31	0.28	0.31	0.38	0.29	0.52
Fe	mg/L	0.037	0.049	0.032	0.05	0.043	0.041	0.006	0.009	0.018	0.023	0.015	0.025	0.012	0.02	0.021	0.023	0.019	0.031
Mn	mg/L	4.22	5.44	3.48	4.14	3.82	2.26	0.04	0.05	0.04	<0.01	0.01	0.02	1.42	0.97	0.85	0.72	0.74	0.80
Al	mg/L	0.08	0.16	0.11	0.14	0.13	0.10	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06
Zn	mg/L	4.34	7.11	3.81	5.88	5.36	3.31	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02	0.02	1.92	1.88	1.64	2.16	1.61	1.41
	mg/L	<0.01	0.04	<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

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									
4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/26	10/1	12/3	2/4
2.72	2.53	2.72	2.65	2.66	2.84	3.64	3.26	3.56	3.31	3.38	3.27	2.17	2.24	2.24	2.22	2.22	2.30
1110	1760	959	1300	1290	1040	309	558	318	516	440	577	3640	3310	3150	3250	3350	3070
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.19	14.27	8.83	11.98	10.61	8.26	0.25	0.50	0.33	0.35	0.30	0.46	41.91	36.20	33.50	34.39	34.77	29.30
0.17	0.23	0.19	0.13	0.22	0.19	0.10	0.22	0.13	0.15	0.13	0.17	0.41	0.52	0.73	0.52	0.60	0.59
8.76	19.40	8.08	11.00	10.47	8.23	1.63	4.06	2.04	2.96	2.54	3.26	36.18	33.18	31.14	31.97	32.21	29.30
<0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.02
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.57	45.19	19.68	43.51	41.62	32.08	28.40	50.35	29.91	31.80	36.13	48.99	80.83	88.37	93.35	88.96	118.64	104.97
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
319.72	573.33	286.34	378.82	363.93	281.64	75.06	130.53	78.76	107.73	93.32	118.32	1272.54	1174.75	1083.26	1085.88	1084.45	979.33
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220.11	408.64	191.53	298.03	241.43	205.36	18.01	48.88	23.29	33.05	33.05	40.71	968.7	872.43	807.25	559.50	841.51	780.40
280.78	497.38	259.22	355.63	325.58	252.95	38.92	75.46	42.10	69.49	58.85	77.34	1177.8	1062.96	977.73	1001.80	1006.80	951.71
1.869	0.557	2.092	1.281	1.105	1.114	2.502	0.867	2.657	1.086	1.032	1.047	0.514	0.239	0.333	0.452	0.357	0.300

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									
4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/26	10/1	12/3	2/4
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.81	20.66	8.89	12.32	10.77	8.52	0.28	0.55	0.43	0.65	0.32	0.46	43.45	37.03	34.60	35.03	35.44	29.75
0.23	0.37	0.19	0.20	0.22	0.19	0.11	0.23	0.14	0.17	0.13	0.17	0.62	0.72	0.75	0.52	0.62	0.60
9.36	20.17	8.16	11.22	10.71	8.48	1.69	4.13	2.16	3.47	2.62	3.41	37.57	33.71	32.33	32.35	32.82	29.75
<0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.02

2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査

1 目的

猪苗代湖の大腸菌群数が湖沼 A 類型環境基準 (1,000MPN/100ml) 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負荷が大きいと考えられる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する。また、大腸菌群の種の同定を行い、湖心での季節による生息状況の違いを考察した。また、大腸菌群数が多く検出される 9 月においては、全ての地点について大腸菌群の同定を行い、湖心への影響を確認する。

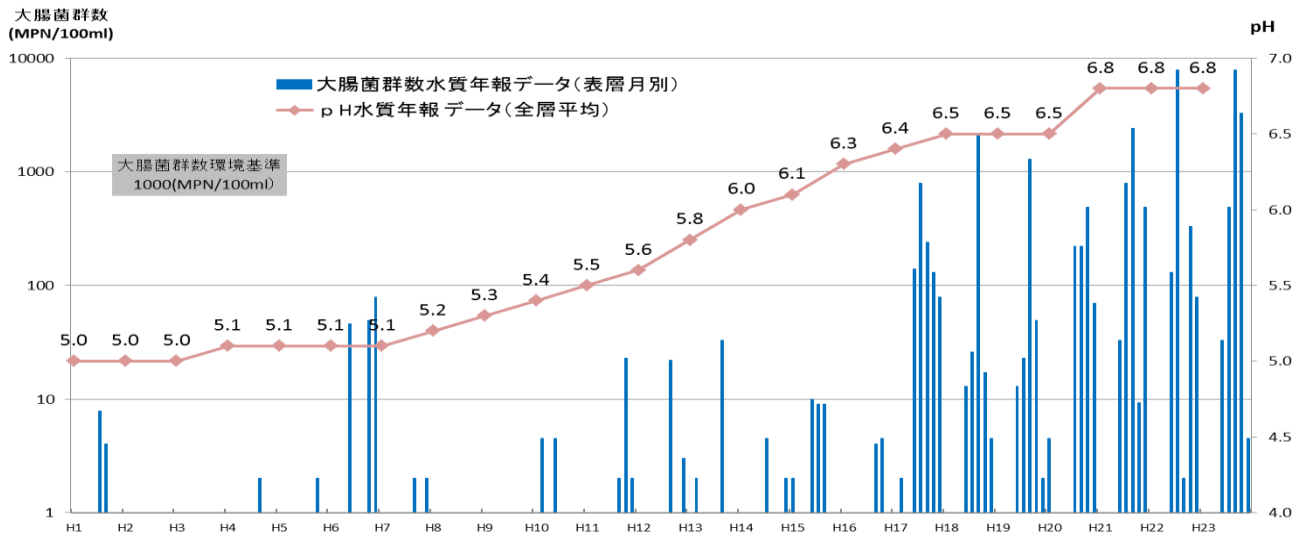


図1 猪苗代湖湖心の pH 及び大腸菌群数の経年変化

2 調査方法

猪苗代湖及び小黒川、高橋川、長瀬川の大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖の大腸菌群の由来や出現状況を考察した。

3 調査地点

調査地点は図2のとおり。

- (1) 猪苗代湖湖心
(表層、水深5m、水深15m、水深30m)
- (2) 高橋川 (新橋)
- (3) 小黒川 (梅の橋)
- (4) 長瀬川 (小金橋)
- (5) 猪苗代湖高橋川沖500m (以下「高橋川沖500m」)
- (6) 猪苗代湖小黒川沖500m (以下「小黒川沖500m」)
- (7) 猪苗代湖長瀬川沖500m (以下「長瀬川沖500m」)

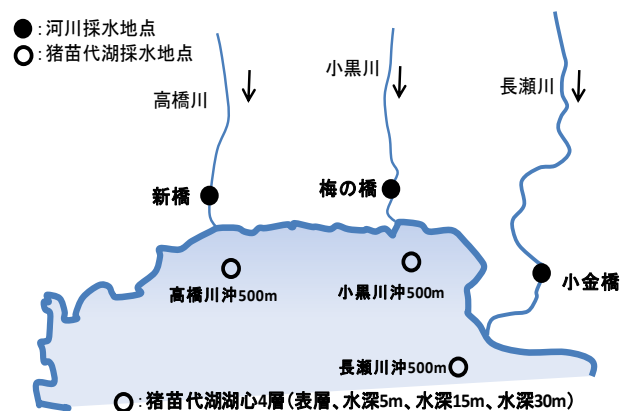


図2 調査地点

4 調査時期

年7回(5月、6月、7月、8月、9月、10月、11月)

5 調査項目

- (1) 3-(2) (3) (4)については、気温、水温、透視度、色相、臭気、濁り、流量
- (2) 3-(1) (5) (6) (7)については、気温、水温、透明度、色相、臭気、濁り、沖合調査地点の水深
- (3) pH、EC、DO、SS、大腸菌群数、大腸菌数、TOC、大腸菌群の種の同定

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：伝導率計
- (3) DO：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（アイデックスラボラトリーズ（株））
*猪苗代湖湖心の大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も実施した。
それ以外の地点については9月のみ実施した。
- (6) TOC：燃焼酸化-赤外吸収式TOC自動計測法
- (7) 種の同定：大腸菌群陽性となったBGLB液体培地からBGLB寒天培地に塗末し、普通寒天培地で単離培養後、もう一度BGLB液体培地でガスを発生した菌株を対象にAPI20E（シスメックス・ビオリユー（株））で菌種を同定した。

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 水温の鉛直分布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25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、7月10日には水温躍層が確認された。その後10月21日には躍層部の下層への低下が始まっていた。

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。

猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数は、調査を始めた5月15日には3MPN/100mlと低い値であり、6月及び7月には検出されなかったが、8月7日には湖沼A類型の環境基準を超える1,700MPN/100mlが検出された。さらに9月11日には8,600MPN/100mlと上昇していたが、10月21日には420MPN/100mlと環境基準以下となっていた。

水深別にみても、4層全層で大腸菌群数が検出された8月及び9月の大腸菌群数は、水温躍層の上層である表層及び水深5mで、同程度であったが、水温躍層の下層である水深15m及び水深30mでは、表層及び水深5mより低い値を示した。表層から水深15mまで水温が同程度を示した、10月及び11月の大腸菌群数は、水深が深くなるにつれ高い値を示した。

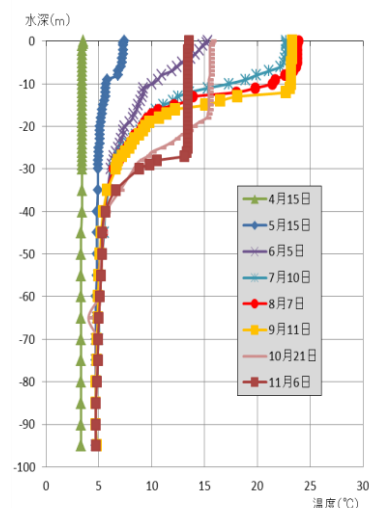


図3 湖心の鉛直分布

猪苗代湖湖心表層の水温は、7月10日に約23℃を示し、その後9月11日までその状態が続いた。水温の上昇とともに大腸菌群が高い値を示す傾向はみられるが、水温の低い水深30mでも大腸菌群の上昇がみられた。水温和大腸菌群数に中程度の正の相関が認められた。

なお、大腸菌群数は全ての時期及び水深で1MPN/100ml未満であった。

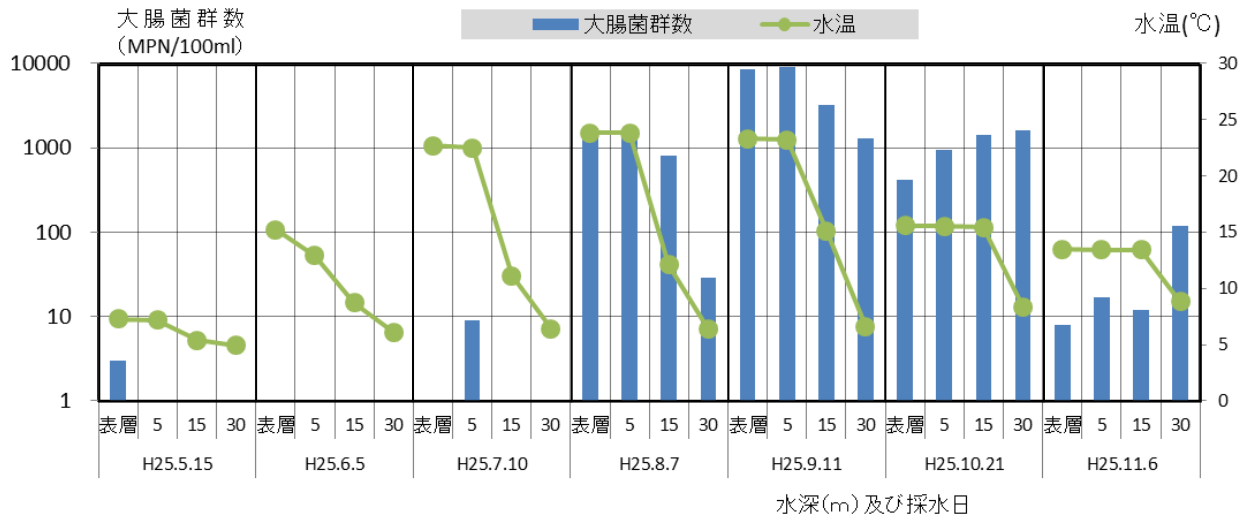


図4 湖心大腸菌群数と水温の推移

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6.64～7.04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。一方、大腸菌群数も最高値であった9月11日の表層及び水深5mのpHが7を超えた高い値であり、大腸菌群数とpHに中程度の正の相関関係が認められた。

TOCは0.53～0.77mg/Lで、TOCは水温と高い相関があった。TOCも比較的大腸菌群数が高かった、8月7日及び9月11日の表層及び水深5mで高い値を示し、大腸菌群数とTOCに中程度の正の相関関係が認められた。pHと同様に水深30mが他の水深と比較して低い値であった。なお、ECは104～115μS/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

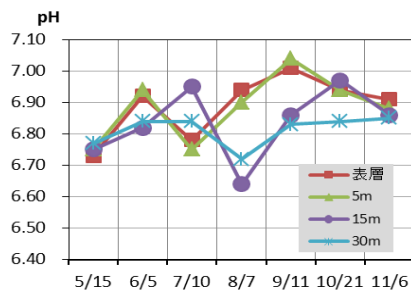


図5 猪苗代湖湖心のpH

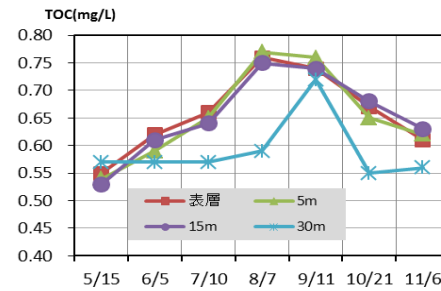


図6 猪苗代湖湖心のTOC

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	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.520	0.540	-0.384	-0.331	0.590

(2) 各河川及び各河川沖 500m の水質について

ア 高橋川新橋及び高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

高橋川新橋、高橋川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層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。

高橋川新橋の大腸菌群数は 9,200~64,000MPN/100ml、大腸菌数は 14~190MPN/100ml、高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 14~8,600MPN/100ml、大腸菌数は 1 未満~6MPN/100ml であった。高橋川沖 500m では大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。高橋川沖 500m は猪苗代湖心表層より 9 月 11 日を除いては高い値を示しており、大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100ml を超えたのは、8 月 7 日 (2,700MPN/100ml)、10 月 21 日 (8,600MPN/100ml) の 2 回であった。

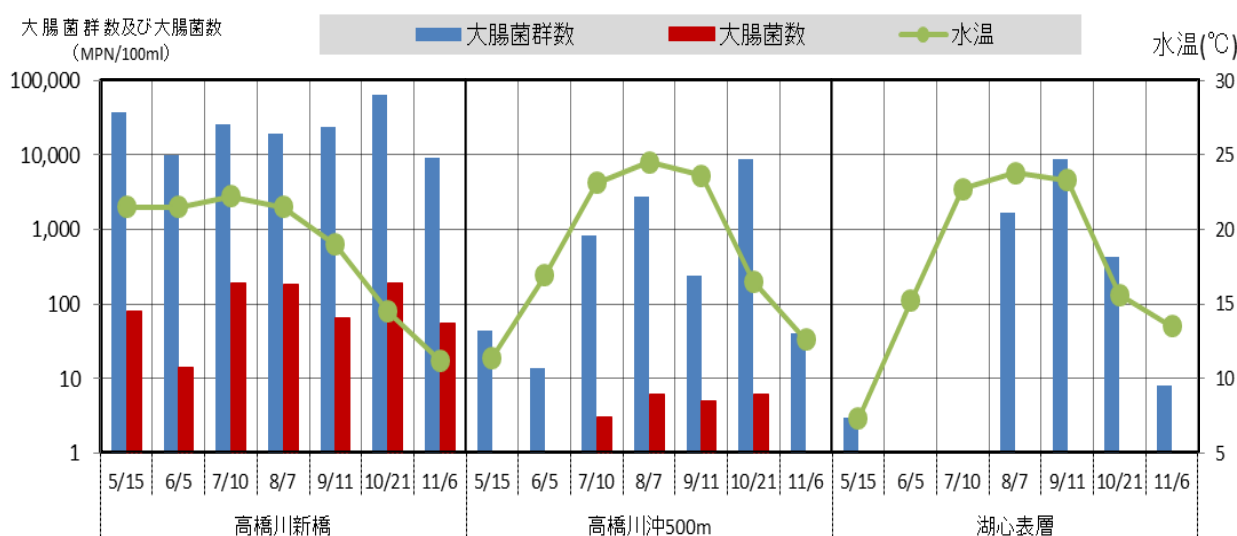


図 7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

イ 小黒川梅の橋及び小黒川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、小黒川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層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。

小黒川梅の橋の大腸菌群数は 12,000~120,000MPN/100ml、大腸菌数は 86~860MPN/100ml、小黒川沖 500m の大腸菌群数は 5~24,000MPN/100ml、大腸菌数は 1 未満~450MPN/100ml であった。8 月 7 日、9 月 11 日の大腸菌群及び 8 月 7 日、10 月 21 日の大腸菌数については、小黒川梅の橋と小黒川沖 500m で、ほぼ同様な値であったが、それ以外は小黒川沖 500m 地点の大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。小黒川沖 500m 地点は猪苗代湖心表層より 9 月 11 日を除いては高い値を示しており、大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100ml を超えたのは、7 月 10 日 (2,100MPN/100ml)、8 月 7 日 (24,000MPN/100ml)、9 月 11 日 (6,100MPN/100ml)、10 月 21 日 (5,200MPN/100ml) の 4 回であった。

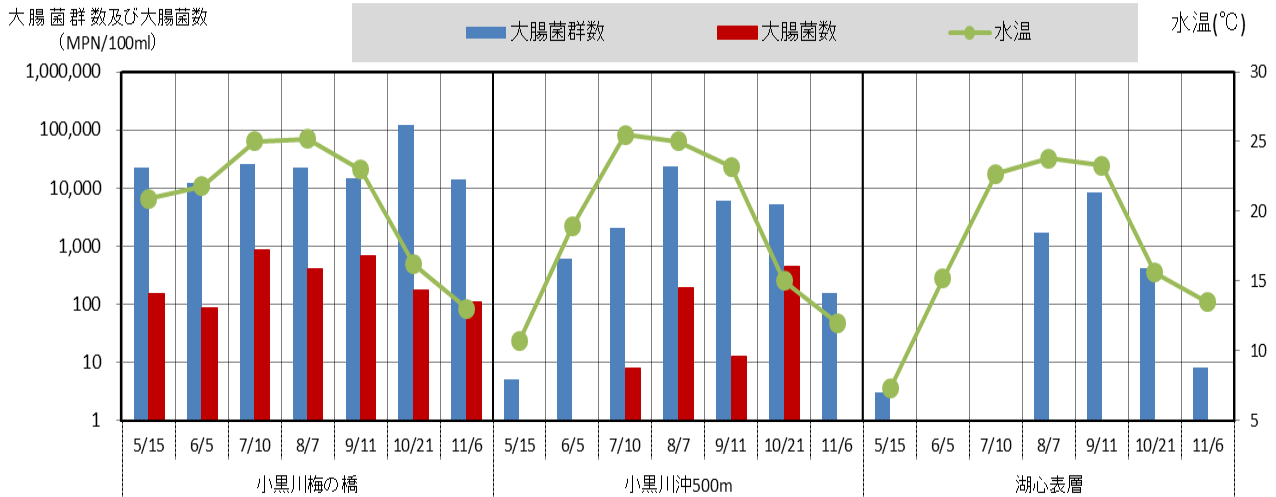


図8 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

ウ 長瀬川小金橋及び長瀬川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

長瀬川小金橋、長瀬川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図9に示す。

長瀬川小金橋の大腸菌群数は120～8,100MPN/100ml、大腸菌数は1未満～17MPN/100ml、長瀬川沖500mの大腸菌群数は1未満～2,700MPN/100ml、大腸菌数は1未満～16MPN/100mlであった。大腸菌群数については、長瀬川小金橋と長瀬川沖500m地点と同様な値を示す日が多く、長瀬川沖500mと猪苗代湖心表層も5月15日、7月10日以外はほぼ同様な値であった。長瀬川沖500mで大腸菌群数の湖沼A類型の環境基準である1,000MPN/100mlを超えたのは、7月10日(2,400MPN/100ml)、9月11日(2,700MPN/100ml)の2回であった。酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数及び大腸菌数は、高橋川新橋及び小黒川梅の橋と比較して1～2桁低い値であった。しかし、長瀬川の流量は高橋川や小黒川の4～50倍あるため、大腸菌群の流入負荷総量では同程度の負荷を示す日もあった。また、長瀬川沖500mの大腸菌数は7月10日に16MPN/100mlが検出されただけであり、高橋川500m沖及び小黒川500m沖と比較して低い値だった。

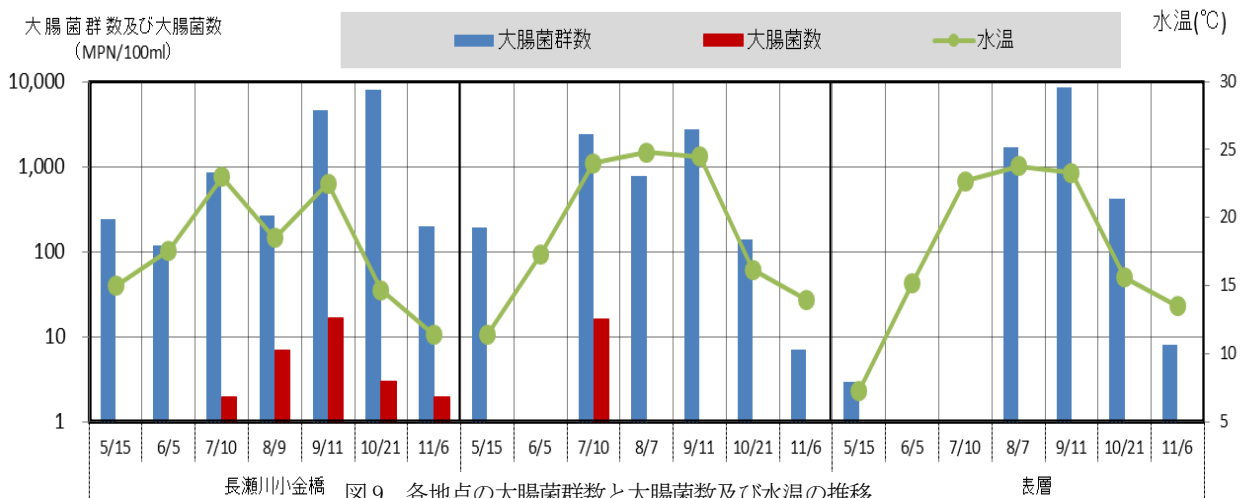


図9 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

エ 各河川及び各河川沖 500m の大腸菌群数に占める大腸菌数の比について

地点ごとの大腸菌群数に占める大腸菌数の比の結果を表 2 に示す。

全ての地点の分布は 0~8.7% であり、小黒川沖 500m で 10 月 21 日に 8.7% であった以外はすべて 5% 以下であった。全ての地点の平均値も、下水処理水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⁾ よりも低く、各河川及び各河川沖 500m の大腸菌による汚染の割合は低いと考えられる。

表 2 各地点の大腸菌群数に占める大腸菌数の比

地点名	大腸菌数/大腸菌群数(%)	
	平均値	分布
高橋川新橋	0.5	0.1~0.9
高橋川沖500m	0.4	0~2.1
小黒川梅の橋	1.7	0.2~4.5
小黒川沖500m	1.5	0~8.7
長瀬川小金橋	0.6	0~2.6
長瀬川沖500m	0.1	0~0.7

オ 各河川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

各河川の流量等のグラフを図 10~11 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 3~4 に示す。

高橋川新橋及び小黒川梅の橋の pH は 7.02~7.62、EC は 151~298 μ S/cm、SS は 2~55mg/L、TOC は 0.90~5.02mg/L と猪苗代湖湖心の水質より高い値を示した。DO 飽和率は 90% 以上の値であった。5 月 15 日の採水は、高橋川新橋及び小黒川梅の橋 2 地点とも、水田の代掻きの影響を受けて透視度 (0.38m、0.18m) が低かった。その影響を受けて、EC 及び SS は高い値を示したが、大腸菌群数及び大腸菌数は、他の月と同程度であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋 2 地点とも、水温の上昇する夏期に大腸菌数が高くなり、大腸菌数と水温に正の相関が認められた。

長瀬川小金橋の pH は 4.05~6.64、EC は 73~292 μ S/cm、SS は 3~10mg/L、TOC は 0.67~1.77mg/L、DO 飽和率は 92% 以上であった。5 月 15 日、6 月 5 日、9 月 11 日は秋元発電所の放流水が流入している時間帯の採水のため、水量が多く流速の測定が困難だったため、流量を欠測とした。平成 24 年度の調査²⁾ では、秋元発電所が放流する時間帯の採水時は、秋元湖由来の水質の影響で pH が高く EC が低く、大腸菌群数及び大腸菌数は低い値を示していた。しかし、今年度の秋元発電所放流時の調査時であった 9 月 11 日に、pH が高く EC は低かったが、大腸菌群数及び大腸菌数は高い値を示した。この 9 月 11 日に TOC が高い値となり、大腸菌群数及び大腸菌数と TOC に正の相関が認められた。

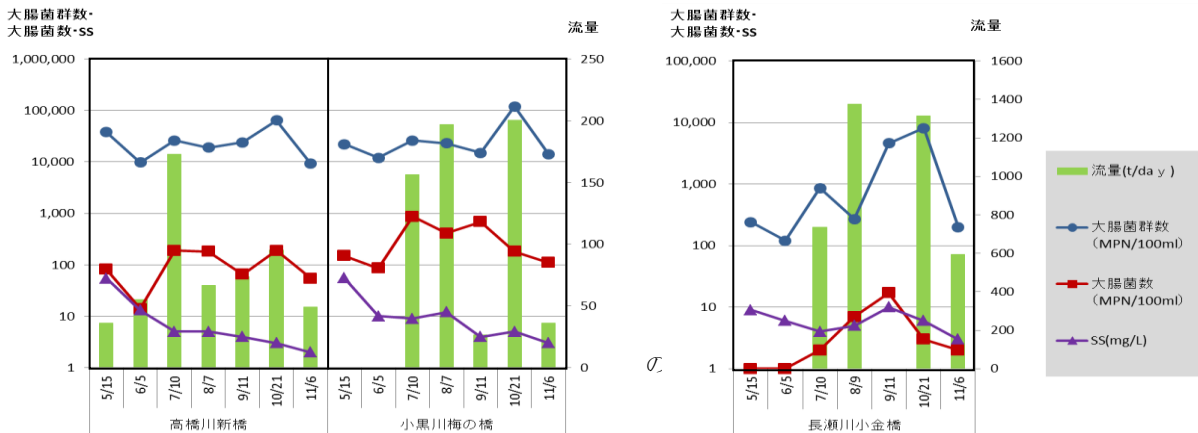


図 10 各河川の流量と SS 等の推移

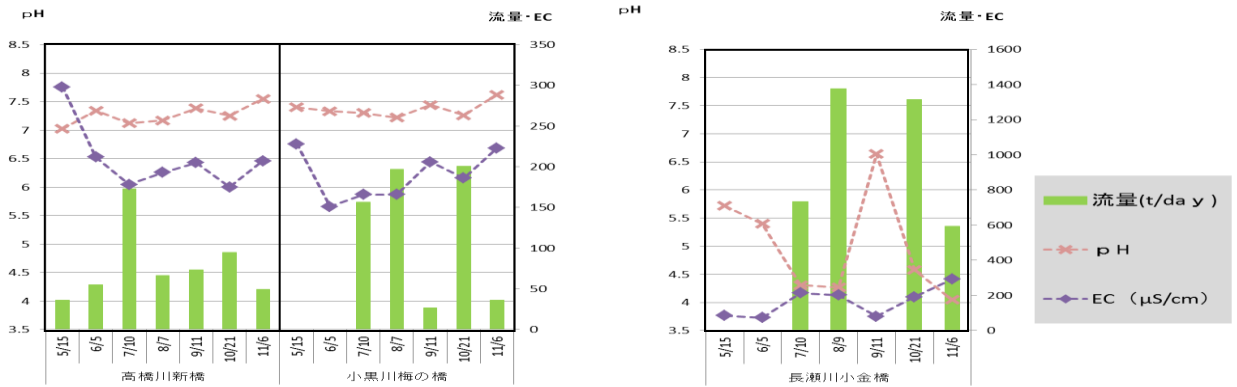


図 11 各河川の流量と pH 等の推移

表 3 高橋川新橋及び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 (n=14)

	水温	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	-0.247	-0.322	-0.072	-0.043	0.278	-0.028
大腸菌数	0.520	-0.017	-0.331	-0.167	-0.017	

表 4 長瀬川小金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 (n=7)

	水温	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.039	0.193	-0.060	0.305	0.654	0.361
大腸菌数	0.537	0.588	-0.287	0.557	0.768	

カ 各河川沖 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
各河川沖 500m の調査結果のグラフを図 12～14 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 5～6 に示す。

高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の pH は 6.92～9.24、EC は 112～201 μ S/cm、SS は 1 未満～8mg/L、TOC は 0.66～3.43mg/L、DO 飽和率は 83% 以上の値であった。水深の浅い高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m は、pH、EC、SS 及び TOC は猪苗代湖湖心より高い値を示した月も多く、各流入河川の影響を強くうけていた。また、この 2 地点の水深は、5 月から 11 月まで 0.5～1.7m と浅く、夏季から秋季にかけてはコカナダモ、セキショウモ及びヒルムシロが湖底に繁茂し、7 月及び 9 月には pH が 8 以上の値になる炭酸同化作用の影響がみられた。5 月 15 日に代掻きの影響で、高橋川新橋及び小黒川梅の橋の EC 及び TOC が高かったが、それぞれの河川沖 500m では、その影響はみられなかった。TOC は、高橋川沖 500m で 9 月 20 日、小黒川沖 500m で 8 月から 10 月にかけて高い値を示し、TOC と大腸菌数に正の相関がみられた。

長瀬川沖 500m の pH は 4.45～7.03、EC は 106～159 μ S/cm、SS は 1 未満～3mg/L、TOC は 0.54～1.94mg/L、DO 飽和率は 98% 以上であった。長瀬川沖 500m は、高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m より水深が深く、このため、長瀬川小金橋の水質ではなく、ほぼ湖心表層と同様な水質であった。しかし、5 月 15 日の調査では、長瀬川から帯状に流れてくる長瀬川由来のフロックが目で確認でき、その時の長瀬川沖 500m の pH や EC は長瀬川の影響強くみられた。水温の高くなる夏期に、大腸菌群数と大腸菌数が高くなっており、水温と大腸菌群数及び大腸菌数に正の相関があった。大腸菌数と DO 飽和率及び SS に高い相関があるが、検体数が少ないため今後データを蓄積して検討していきたい。

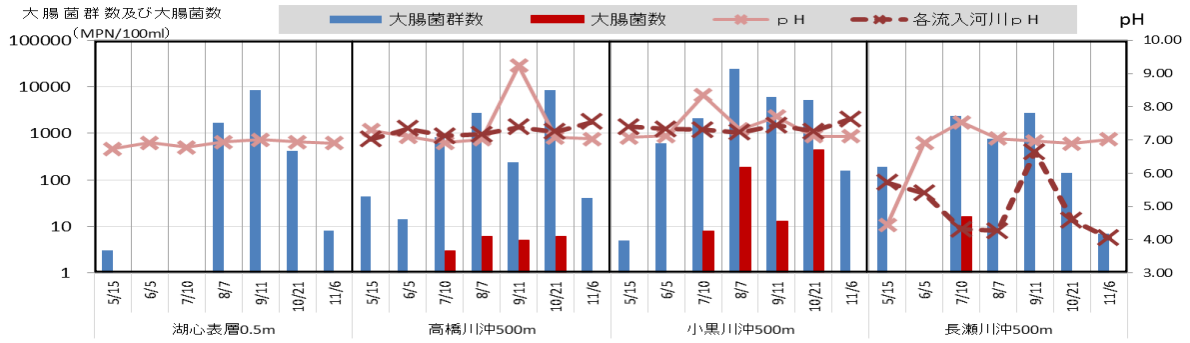


図12 各河川沖500m地点等のpHの推移

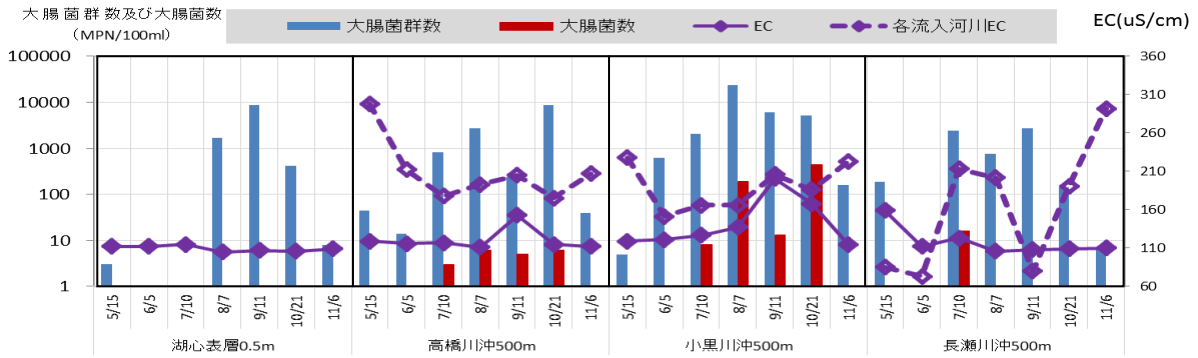


図13 各河川沖500m地点等のECの推移

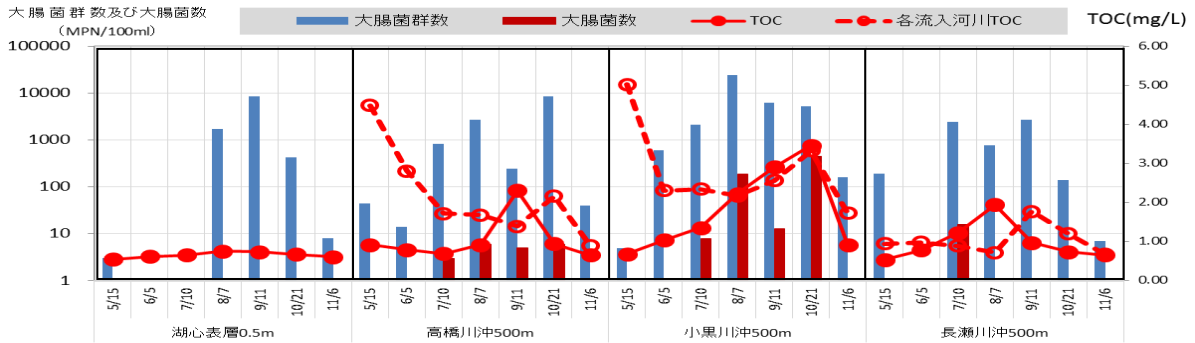


図14 各河川沖500m地点等のTOCの推移

表5 高橋川沖500m及び小黒川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

(n=14)

	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.393	-0.057	0.255	0.126	0.203	0.425	0.434
大腸菌数	-0.020	-0.119	0.435	-0.502	0.619	0.723	

表6 長瀬川沖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

(n=7)

	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.780	0.372	-0.141	0.469	0.422	0.355	0.571
大腸菌数	0.409	0.368	0.114	0.931	0.881	0.230	

(3) 大腸菌群の同定

大腸菌群の同定結果を表7に示す。

猪苗代湖湖心の5月15日では、表層でのみ大腸菌群が検出され、*Enterobacter cloacae*が同定された。6月5日は全層で大腸菌群数が検出されず、7月10日は全層で大腸菌群数が検出され、全層から*Aeromonas*属のみが同定された。表層で大腸菌群数がA類型の環境基準を超過した8月7日には、*E. cloacae*と*Aeromonas*属が、水深5m及び水深15mでは*E. cloacae*が同定された。9月11日の表層で*E. cloacae*が、水深5m以下では、*E. cloacae*と*Enterobacter asburiae*が同定され、10月21日の表層では、*E. cloacae*、*Serratia*属、*Pantoea*属が、水深5mでは*Enterobacter amnigenus*2、水深15mでは*E. cloacae*と*E. asburiae*が水深30mでは*E. cloacae*が同定された。11月11日には、表層で*Aeromonas*属が、水深5mでは*Aeromonas*属と*E. cloacae*が、水深15mでは*E. cloacae*と*E. asburiae*が、水深30mでは*E. cloacae*のみが同定された。5月から11月にかけて猪苗代湖湖心の大腸菌群数の種の同定を行ったが、最も高い頻度で同定されたのは*E. cloacae*で、数回*E. asburia*、*Aeromonas*属、*E. amnigenus*2、*Serratia*属、*Pantoea*属が同定された。この結果は、湖心から単離された大腸菌群のうち最も高い頻度で*E. cloacae*が同定され、次いで*E. asburia*、*E. amnigenus*1が多く出現したという小野³⁾の報告と類似するものであった。しかし、7月に*Aeromonas*属のみが検出される事例がみられることから、今後*Aeromonas*属の出現状況に注視していきたい。

9月11日の高橋川新橋からは*Aeromonas*属、*E. cloacae*、小黒川梅の橋からは*E. cloacae*、*Enterobacter sakazaki*、*Klebsiella oxytoca*が同定された。酸性河川であり大腸菌群数が少ない長瀬川小金橋からは、*Aeromonas*属、*E. cloacae*、*Serratia marcescens*が同定され、各河川においても*E. cloacae*が最も高い頻度で出現した。

高橋川沖500mでは*Aeromonas*属、*E. asburia*、*S. marcescens*が、小黒川沖500mでは*Aeromonas*属が、長瀬川沖500mは*E. cloacae*のみが同定された。

表7 大腸菌群の同定結果

採水地点	採水日	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria1</i>	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria2</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacter sakazaki</i>	<i>Enterobacter asburiae</i>	<i>Enterobacter amnigenus2</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>	<i>Hafnia alvei1</i>	<i>Chromobacterium violaceum</i>	<i>Pantoea spp2</i>	<i>Pantoea spp3</i>	<i>Raoultella terrigena</i>	The others	BGLB培地の 大腸菌群数の結果 (MPN/100ml)	BGLB培地の 最高希釈試験管接種量 (ml)	BGLB培地の 最高希釈陽性試験管本数(本)	ト コ リ ラ ー 地 の 大 腸 菌 群 数 の 結 果 (MPN/100ml)
猪苗代湖 湖心 表層	H25.5.15			0.8														7	10	3	3
猪苗代湖 湖心 水深5m																		<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 水深15m																		<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 水深30m																		<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 表層	H25.6.5																	<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 水深5m																		<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 水深15m																		<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 水深30m																		<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 表層	H25.7.10	2.4																240	1	5	<1
猪苗代湖 湖心 水深5m		3.4																2400	0.1	5	9
猪苗代湖 湖心 水深15m		2.9																790	0.1	3	1
猪苗代湖 湖心 水深30m		2.9																790	0.1	3	<1
猪苗代湖 湖心 表層	H25.8.7	2.7		3.3														2400	0.1	5	1700
猪苗代湖 湖心 水深5m				3.1														1300	0.1	4	1500
猪苗代湖 湖心 水深15m				2.4														280	0.1	3	810
猪苗代湖 湖心 水深30m												1.5						33	1	1	29
猪苗代湖 湖心 表層	H25.9.11			3.9														7900	0.01	3	8600
猪苗代湖 湖心 5m				3.7	3.4													7900	0.01	3	9200
猪苗代湖 湖心 15m				3.3	2.7													2400	0.1	5	3200
猪苗代湖 湖心 30m				3.2	3.0													2400	0.1	5	1300
猪苗代湖 高橋川沖500m			2.2		1.7								1.7					240	1	5	240
猪苗代湖 小黒川沖500m			2.9	3.4														3500	0.01	4	6100
猪苗代湖 長瀬川沖500m					3.4													2400	0.1	5	2700
高橋川 新橋				3.5	3.7	3.2	3.2	3.2										13000	0.01	4	24000
小黒川 梅の橋				3.3	3.3	3.3							3.3					7900	0.01	3	15000
長瀬川 小金橋		2.5		2.5														1300	0.1	4	4600
猪苗代湖 湖心 表層	H25.10.21			1.5					1.5	1.5			1.5					130	1	4	420
猪苗代湖 湖心 水深5m								2.5										330	0.1	1	950
猪苗代湖 湖心 水深15m					2.7	2.4												790	0.1	3	1400
猪苗代湖 湖心 水深30m					2.3													220	0.1	2	1600
猪苗代湖 湖心 表層	H25.11.11	1.7																49	1	2	8
猪苗代湖 湖心 水深5m		1.3		0.7														23	10	5	17
猪苗代湖 湖心 水深15m				1.1	1.0													23	10	5	12
猪苗代湖 湖心 水深30m				1.5														33	1	1	120

*表中の数値は最高希釈の試験管から出現した割合に数値を乗じた値の常用対数表

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数は、5月から7月まではほとんど検出されなかったが、水温の上昇とともに8月から11月にかけては4層で検出された。特に9月11日の表層では、8,600MPN/100mlと、湖沼A類型の環境基準(1,000MPN/100ml)を超える高い値となった。大腸菌群数とpHに中程度の相関がみられた。なお、年間を通じて大腸菌は検出されなかった。
- (2) 高橋川新橋及び小黒川梅の橋の大腸菌群数は数千~十万MPN/100ml、大腸菌数は数十~数百MPN/100ml程度、高橋川沖500m及び小黒川沖500mの大腸菌群数は数MPN~数万MPN/100ml、大腸菌数は1未満~数百MPN/100ml程度であった。高橋川及び小黒川から流入後、猪苗代湖内の高橋川沖500m及び小黒川沖河川沖500mでは、同程度又は数桁減少していた。猪苗代湖2河川沖の大腸菌数とTOCに高い正の相関がみられた。
- (3) 長瀬川小金橋の大腸菌群数は数百~数千MPN/100ml、大腸菌数は1未満から17MPN/100mlであり、8(2)の2河川と比較して低い値であった。猪苗代湖内の、猪苗代湖長瀬川沖500mではほぼ同様に1~2桁減少、大腸菌数も減少し、大腸菌数は7月10日を除いては1MPN/100ml未満であった。長瀬川小金橋で大腸菌数とTOCに、猪苗代湖長瀬川沖500mで大腸菌群数と水温、大腸菌数とDO飽和率及びTOCに高い正の相関がみられたが、試料数(n=7)が少ないため今後データを蓄積し、検討していきたい。
- (4) 大腸菌群数に占める大腸菌数の比は各河川で0~4.5%、猪苗代湖各河川沖500m地点で0~8.7%と大腸菌数の割合は少なかった。
- (5) 猪苗代湖湖心の大腸菌群数の種は、最も高い頻度で同定されたのは*E. cloacae*で、このほか*E. asburia*、*Aeromonas*属、*E. amnigenus*2、*Serratia*属、*Pantoea*属が同定された。各河川において大腸菌群も、*E. cloacae*が高い頻度で出現した。

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) 平成24年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境センター
- 3) 小野公嗣：猪苗代湖に出現する大腸菌群とその由来
福島大学大学院共生システム理工学研究科 修士論文 2011年3月

別紙1 現地調査結果

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)		
	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30
採取水深(m)	H25.5.15	9:10	晴れ	曇り時々雨	曇り	24.3	25.1	23.4	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
調査年月日	H25.5.15	9:30	晴れ	曇り時々雨	曇り	25.1	25.1	23.4	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
採取時間	H25.5.15	9:30	晴れ	曇り時々雨	曇り	25.1	25.1	23.4	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	曇り時々雨	曇り	25.1	25.1	23.4	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	曇り時々雨	曇り	25.1	25.1	23.4	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)	7.3	7.2	5.4	4.9	15.2	12.9	8.7	6.1	22.7	22.5	11.1	6.4
水温(℃)	10.3	10.3	10.3	9.6	10	10	8	11	15.6	15.5	15.4	8.3
透明度(m)	6	6	6	8	8	8	8	9	13.5	13.4	13.4	8.8
水色(フォーレル)	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
色相	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
臭気	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
濁り												

調査地点	猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖		
	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖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	
調査年月日	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	
採取時間	11:30	11:20	10:50	11:35	11:35	11:05	11:20	10:45	10:20	11:30	11:25	11:00	10:55	10:35	
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り時々雨	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り時々雨	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	
気温(℃)	20.8	19.6	18.1	24.8	23.8	22.6	25.4	23.9	24.7	25.1	25.5	25.1	24.2	24	
水温(℃)	11.4	10.7	11.4	16.9	18.9	17.3	23.1	25.5	24	24.5	25.0	24.8	23.2	24.5	
水深(m)	1.2	1.0	24.8	1.4	0.9	41.2	1.4	1.0	10.2	1.7	1.2	10.4	0.7	24	
透明度(m)	全透	全透	全透	全透	全透	9	全透	全透	2.6	全透	全透	6.4	全透	10	
水色(フォーレル)	14	16	14	13	14	6	11	14	14	10	15	9	16	7	
色相	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	
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	
備考	513.18	513.18	513.14	513.13	513.50	512.90	512.90	512.90	512.90	512.90	512.90	512.90	512.90	513.32	

*長瀬川沖500mまで長瀬川由来のフロッグが確認できた

調査地点	高橋川			小黒川			長瀬川			高橋川			小黒川			長瀬川			
	新橋	梅の橋	小黒川	高橋川	新橋	梅の橋	高橋川	新橋	梅の橋	高橋川	新橋	梅の橋	高橋川	新橋	梅の橋	高橋川	新橋	梅の橋	
採取水深(m)	27	24	24.5	30.9	28.5	29.2	30	32	29	29.2	29	29.2	30	32	29	29.2	30	32	
調査年月日	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	H25.5.15	
採取時間	12:10	12:25	13:30	13:10	13:30	14:15	11:40	12:05	12:35	12:10	14:00	8:40	12:05	12:33	12:56	10:15	10:45	11:20	
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り時々雨	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	
気温(℃)	21.5	20.9	15.0	21.5	17.6	17.6	22.2	25.0	23.0	21.5	25.2	18.5	22.5	23	22.5	14.5	16.2	14.7	
透明度(m)	0.38	0.18	0.76	0.78	>1	>1	>1	0.82	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	
流量(m ³ /sec)	0.42	欠測	欠測	0.64	欠測	欠測	2.00	1.81	8.51	0.77	2.28	15.94	0.85	0.31	欠測	1.10	2.32	15.22	
色相	茶色	茶色	緑褐色	黄褐色	無色	無色	無色	褐色	無色	無色	無色	無色	茶褐色	茶褐色	茶褐色	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	無臭	無臭	
濁り	濁	濁	微濁	微濁	微濁	微濁	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	
備考							放流9:10~16:00					放流7:30~17:00							放流14:20~

*小金橋は流速が速すぎて欠測
 *小黒川は、猪苗代湖の水位が高く流れが少なく、橋から流速測定できず欠測。
 *小黒川、高橋川は代かきの影響で濁っていた。
 *放流8:00~20:00
 *工事中 放流14:30~

別紙2 調査結果

調査地点	調査年月日	猪苗代湖						高橋川		小黒川		長瀬川	
		湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日		H25.6.5											
pH		6.73	6.75	6.75	6.77	7.29	7.08	4.45	7.02	7.40	5.72	7.34	
EC	μS/cm	112	111	110	112	119	119	159	298	228	85	112	
DO	mg/l	12.4	11.8	11.9	12.1	10.4	10.6	10.4	8.9	10.0	9.9	11.8	
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	3	1	2	54	55	9	<1	
大腸菌群数(CFU/100ml)		3	<1	<1	<1	44	5	190	38,000	22,000	240	<1	
大腸菌群数(CFC/B法)	MPN/100ml	7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	81	150	<1	<1	
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	81	150	<1	<1	
TOC	mg/l	0.55	0.54	0.53	0.57	0.92	0.68	0.54	4.48	5.02	0.95	0.62	

8/9採水

調査地点	調査年月日	猪苗代湖						高橋川		小黒川		長瀬川	
		湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日		H25.7.10											
pH		6.78	6.75	6.95	6.84	6.92	8.35	7.53	7.12	7.30	4.31	6.94	
EC	μS/cm	115	115	113	113	117	127	123	178	166	213	105	
DO	mg/l	8.6	9.2	11.3	11.8	9.1	9.7	9.6	-	7.9	7.8	8.0	
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	2	3	5	9	4	<1	
大腸菌群数(CFU/100ml)		<1	9	1	<1	810	2,100	2,400	26,000	26,000	860	1,700	
大腸菌群数(CFC/B法)	MPN/100ml	240	2,400	790	790	<1	<1	<1	3	8	16	2,400	
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	3	8	16	190	860	2	<1	
TOC	mg/l	0.66	0.65	0.64	0.57	0.69	1.35	1.23	1.72	2.34	0.89	0.76	

調査地点	調査年月日	猪苗代湖						高橋川		小黒川		長瀬川	
		湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日		H25.9.11											
pH		7.01	7.04	6.86	6.83	9.24	7.70	6.96	7.38	7.44	6.64	6.94	
EC	μS/cm	107	108	109	110	153	201	108	205	206	80	106	
DO	mg/l	8.0	8.0	9.5	11.9	9.4	9.7	8.1	8.3	9.7	8.4	9.4	
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	3	8	<1	4	4	10	<1	
大腸菌群数(CFU/100ml)		8,600	9,200	3,200	1,300	240	6,100	2,700	24,000	15,000	4,600	420	
大腸菌群数(CFC/B法)	MPN/100ml	7,900	7,900	2,400	2,400	240	3,500	2,400	13,000	7,900	1,300	130	
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	5	13	<1	65	680	17	<1	
TOC	mg/l	0.74	0.76	0.74	0.72	2.31	2.90	0.97	1.39	2.56	1.77	0.67	

調査地点	調査年月日	猪苗代湖						高橋川		小黒川		長瀬川	
		湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日		H25.11.6											
pH		6.91	6.88	6.86	6.85	7.03	7.11	7.02	7.55	7.62	4.05	6.94	
EC	μS/cm	109	109	110	111	112	114	110	207	223	292	106	
DO	mg/l	9.8	9.7	10.5	10.1	10.0	9.8	10.2	11.3	10.2	10.2	9.4	
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1	2	3	<1	<1	
大腸菌群数(CFU/100ml)		8	17	12	120	40	160	7	9,200	14,000	200	950	
大腸菌群数(CFC/B法)	MPN/100ml	49	23	23	33	<1	<1	<1	54	110	2	330	
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	54	110	2	<1	
TOC	mg/l	0.61	0.62	0.63	0.56	0.66	0.91	0.66	0.90	1.73	0.67	0.67	

3 プレジャーボートによる水質への影響調査

1 調査目的

猪苗代湖は、夏季に湖水浴やヨット、水上バイク等のウォーターレジャーによる湖面利用がなされており貴重な観光資源となっている。しかし、近年、湖水の中性化に伴って水質が悪化しており、福島県では、平成25年3月に改定した「猪苗代湖及び裏磐梯湖沼水環境保全推進計画」（以下「計画」という。）において重点的に取り組む施策の一つとして観光地対策を掲げ、プレジャーボート等による水質への影響の把握や、プレジャーボート等による汚濁負荷低減を図っていくとしている。

プレジャーボートは、燃料等の取扱いや走行時に排出される廃油分の環境への影響が懸念されており、福島県では平成24年度に猪苗代湖において実態調査を行った。その結果、揮発性有機化合物(VOC)が検出されたが、その値は基準値や指針値等の参考値と比較すると低い値であった。平成24年度の調査では湖水のVOC濃度とプレジャーボート数との明確な関係は得られなかったため、平成25年度は、平成24年度の調査で最もプレジャーボートが多く確認された中田浜において調査を行った。

2 調査方法

プレジャーボート利用者の多い夏季の休日及び平日に湖水を採取し、プレジャーボートの排ガスからの排出が懸念されている VOC 中のベンゼン、トルエン及びキシレンと pH 等の測定を行った。沖合及び湖心の採水にはボートを用い、湖心採水時に比較として調査用ボート後方のエンジン付近の湖水も採取した。

プレジャーボート台数は、採水を行う湖岸から目視により 10 分間の航行台数及び停泊台数を数えた。

3 調査地点

中田浜：湖水浴場として利用されている岸から 10～20m 程度の地点
(平成 24 年度の調査地点の北側の入江)

中田浜沖合：プレジャーボートが走行する中田浜の沖合 200m 程度の地点

湖心：猪苗代湖中心部の表層及び調査用ボートエンジン付近の表層



図1 調査地点

4 調査日時

8月21日(水) 11時頃から約2時間おきに3回

8月26日(日) 11時頃から約2時間おきに3回

10月21日(月) AM1回

11月6日(木) AM1回 ※中田浜沖合及び湖心のみ

5 調査項目

(1) 現地での調査項目：気温、水温、透明度又は透視度、臭気、水色、濁り、プレジャーボート台数

(2) 分析項目：pH、電気伝導度(EC)、TOC、ベンゼン、トルエン、キシレン

6 測定方法

気温：日本工業規格（以下「JIS」と略す）K0102 7.1 に定める方法

水温：JIS K0102 7.2 に定める方法

透明度：海洋観測指針(第1部気象庁)に掲げる方法

透視度：JIS K0102 9 に定める方法を準用し透視度計は全長 1m のものを使用

pH：JIS K0102 12 に定める方法（イオン電極法）

EC：JIS K0102 13 に定める方法（導電率計）

TOC：燃焼酸化-赤外吸収式 TOC 自動計測法

ベンゼン、トルエン、キシレン：JIS K0125 5.1 に定める方法

7 結果と考察

(1) プレジャーボート台数調査結果

プレジャーボートの総数は、8月21日(水)は35台、8月25日(日)は72台であった。種類別では、4サイクルエンジン付き座り乗りタイプ的水上オートバイが61台、2サイクルエンジン付き立ち乗りタイプ的水上オートバイが14台、モーターボートが28台、エンジン付きヨットが1台、観光船が3台であり、4サイクルエンジン付き座り乗りタイプ的水上オートバイが全体の約6割を占めた。走行していたプレジャーボートは96台、停泊していたプレジャーボートは11台であった。平日のボート数は35台で休日の約5割であった。

表1 プレジャーボート台数調査結果

		中田浜								
		10:30	11:15	13:00	13:30	14:25	15:00			
8月21日 水	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	1	2	2	4	1	8		
		停泊数					1			
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数	1	1	1		3	1		
		停泊数								
	モーターボート	走行数		2	1		3			
		停泊数	1	1				1		
	ヨット (エンジン付き)	走行数								
		停泊数								
	白鳥号 (観光船)	走行数								
		停泊数								
	合計	走行数	2	5	4	4	7	9	走行数合計	31
		停泊数	1	1	0	0	1	1	停泊数合計	4

		中田浜								
		10:30	11:00	13:00	13:40	14:10	14:40			
8月25日 日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	5	1	8	6	13	6		
		停泊数					3			
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数	2	3	1	1				
		停泊数								
	モーターボート	走行数	3	3	2	4	2	2		
		停泊数			1	2				
	ヨット (エンジン付き)	走行数				1				
		停泊数								
	白鳥号 (観光船)	走行数	1		1	1				
		停泊数								
	合計	走行数	11	7	12	12	15	8	走行数合計	65
		停泊数	0	0	1	3	3	0	停泊数合計	7

(2) pH、EC、TOC の結果(別表 1、2)

pH は、中田浜沖合、中田浜ともに 6.9~7.0、EC は、中田浜沖合 106~116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、中田浜 106~107 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。いずれも休日、平日による差異はみられず、県が湖心ほか 8 地点で行っている常時監視測定結果との大きな違いもみられなかった。TOC は、中田浜沖合 0.67~0.86 mg/L 、中田浜 0.74~1.17 mg/L であった。

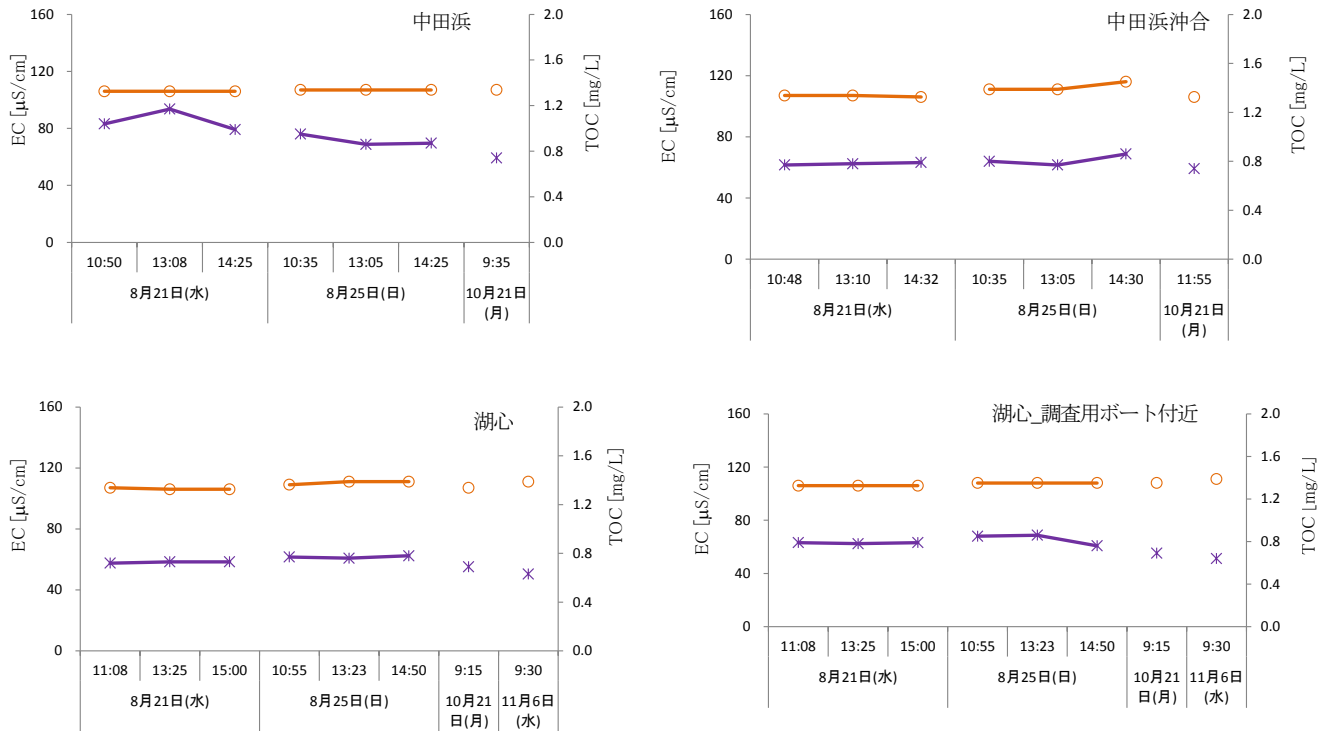


図2 各調査地点における EC 及び TOC ○ EC * TOC

(3) VOCの結果(別表1、2)

ベンゼン、トルエン、キシレンの結果を図3及び図4に示す。ベンゼン及びキシレンは中田浜沖合、中田浜いずれでも検出されず、トルエンは、中田浜沖合0.0003~0.0009 mg/L、中田浜<0.0002~0.0003 mg/Lの範囲で検出された。

これらの最大値を環境基準値等と比較すると、中田浜沖合のトルエンは水道水質基準の約1/220、浜のトルエンは1/660であった。(表2)

物質名	最大値		水質汚濁に係る 環境基準等	水質基準 (水道法第4条)等
	沖合	浜		
ベンゼン	<0.0002	<0.0002	0.01	0.01
トルエン	0.0009	0.0003	0.6 ^{*1}	0.2 ^{*2}
キシレン	<0.0004	<0.0004	0.4 ^{*1}	0.4 ^{*3}

*1 要監視項目及び指針値

*2 水質管理目標設定項目(目標値/15年局長通知)

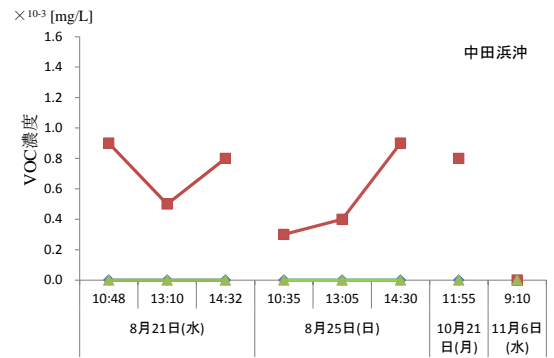
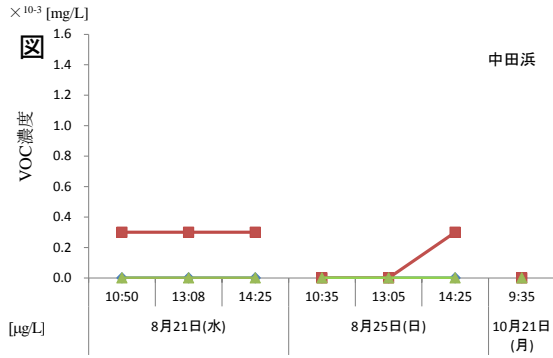
*3 要検討項目(目標値/15年審議会答申)

調査用ボートからどの程度VOCが排出されるかを走行するボートが少ない湖心で調査用ボートのエンジン付近の湖水を採取、測定することにより確認した。その結果、ベンゼンは最大0.0015 mg/L、トルエンは最大0.040 mg/L、キシレンは最大0.0010 mg/L検出されたが、採取するタイミングによっては検出されない場合もあった。

VOC濃度の推移をみると、中田浜、中田浜沖合及び湖心、いずれでもトルエンのみ検出された。中田浜のトルエンは、8月21日(水)は時間経過によらず0.0003 mg/Lと一定、8月25日(日)は10時、13時は検出されず、15時は0.0003 mg/Lであった。10月21日(月)は検出されなかった。中田浜沖合のトルエンは、10時半、13時、14時半の順に8月21日(水)は0.0009 mg/L、0.0005 mg/L、0.0008 mg/L、8月25日(日)は0.0003 mg/L、0.0004 mg/L、0.0009 mg/Lであり、8月25日(日)は時間経過とともにトルエン濃度が上昇した。10月21日(月)は0.0008 mg/L、11月6日(水)は検出されなかった。中田浜及び中田浜沖合を比較すると、8月21日(水)及び8月25日(日)いずれも中田浜よりもプレジャーボートの往航する中田浜沖合のトルエン濃度が高かった。

湖心のトルエンは、8月21日(水)の13時半、15時に0.0046 mg/L、0.0056 mg/Lと中田浜や中田浜沖合のトルエン濃度と比較して高い値であった。8月21日(水)の湖心調査時は、調査用ボート以外にプレジャーボートは確認できなかったため、トルエンが高濃度に検出された原因として調査用ボートの影響が考えられた。このため、湖水の採水方法をひしゃくにより直接汲み取る方法からバケツ投げ入れにより調査用ボートから2m程度離れた地点の採水へと変更した。採水方法変更後はトルエンは検出されなかった。

また、8月21日(水)と8月25日(日)の湖心調査用ボート付近のVOC濃度が大きく異なる一因として風の影響が示唆された。8月21日の調査時は風がほとんどなく湖面が穏やかだったのに対して、8月25日の調査時は8月21日調査時よりも波があり、調査用ボートエンジン付近のVOCの拡散が進み、トルエンが検出されなかった可能性が考えられた。



◆ キシレン ■ トルエン ▲ ベンゼン (下限値は0とプロット)

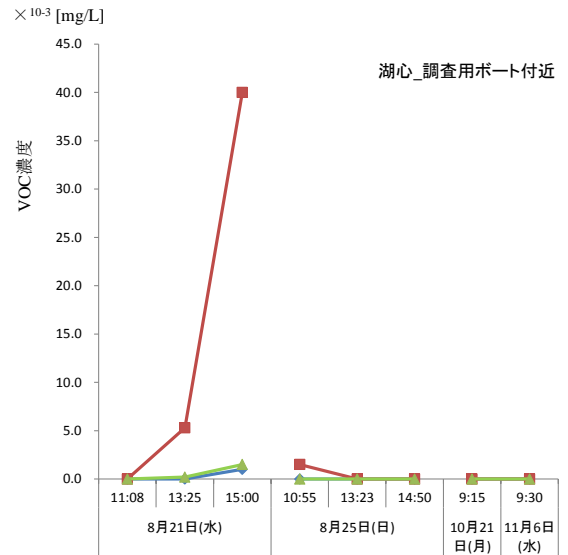
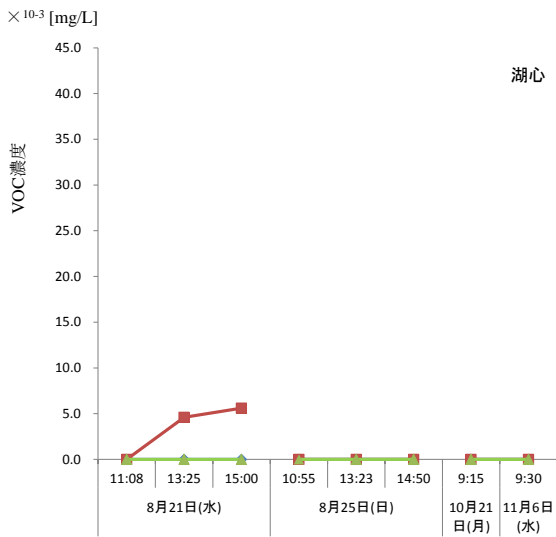


図4 湖心及び調査用ボート付近における VOC 濃度

◆ キシレン ■ トルエン ▲ ベンゼン (下限値は0とプロット)

(4) プレジャーボート走行台数及び停泊台数とトルエン濃度との関係

中田浜において確認されたプレジャーボート走行台数と、検出されたトルエン濃度の最大値をみると、それぞれの調査時間帯ではプレジャーボート数とトルエン濃度間に一定の傾向はなかったが、8月25日(日)は時間経過とともにトルエン濃度が上昇した。一方で、日曜日に比べてプレジャーボート数の少ない8月21日(水)においても8月25日(日)と同程度の濃度のトルエンが検出された。また、プレジャーボートが走行していなかった10月においても中田浜沖でトルエンが検出された。

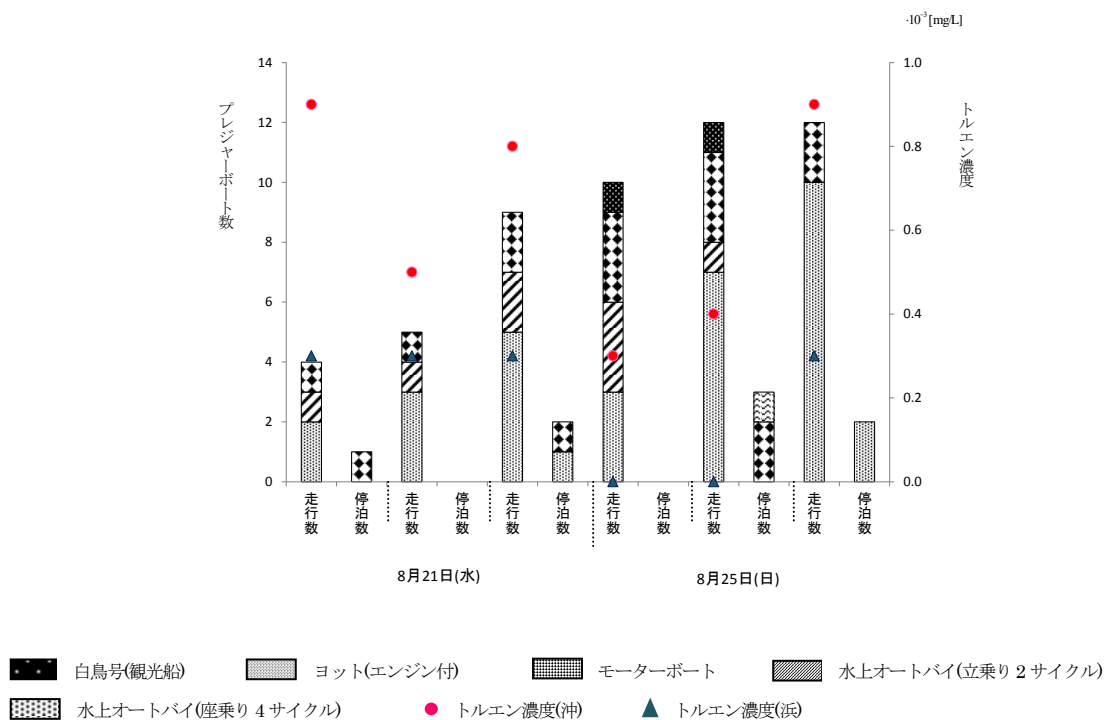


図5 中田浜におけるボート数とトルエン濃度の関係

8 まとめ

- (1) プレジャーボートは、8月21日(水)は35台、8月25日(日)は72台確認された。
- (2) 今回の調査における中田浜及び中田浜沖合のVOCの最高値は、トルエン0.0009 mg/L、ベンゼン、キシレンは不検出であった。このトルエンの結果を環境基準値の指針値と比較すると約660分の1、水道水質基準と比較すると約220分の1であった。
- (3) 湖心_調査用ボート付近のVOC濃度が調査回によって大きな差異を生じたことから、湖水中のVOCはプレジャーボートと採水地点の距離や湖面の状態等、採水時の状況に大きく影響を受けると示唆された。
- (4) 今回の調査において検出されたVOCは基準や指針値等の参考値と比較し低い値ではあるが、今後も継続的な調査が必要であると考えられる。

9 参考文献等

- (1) 猪苗代湖及び裏磐梯湖沼水環境保全推進計画,福島県,平成14年3月
- (2) 猪苗代湖水環境保全基礎調査委託業務報告書,福島県,平成12年11月
- (3) 水上バイクが琵琶湖に与える影響調査結果報告書(2006年度版),琵琶湖市民大学,平成18年3月
- (4) プレジャーボートによる水質への影響調査報告書,福島県,平成25年3月

別表 1 調査結果(8月21日(水))

調査地点		中田浜			中田浜沖			猪苗代湖湖心			猪苗代湖湖心 調査用ボート付近		
採水日		8月21日(水)											
天候 当日(前日)		曇り(小雨)											
採水時間		10:50	13:08	14:25	10:48	13:10	14:32	11:08	13:25	15:00	11:08	13:25	15:00
位置情報	緯度	37° 31' 52.28"			37° 28' 6.28"			37° 28' 32.30"			37° 28' 32.30"		
	経度	140° 02' 15.41"			140° 02' 20.1"			140° 05' 44.64"			140° 05' 44.64"		
湖岸からの距離		6			150								
採水地点の水深		1.0	1.0	1.0	5.0	6.0	3.0	96.0	96.0	97.0	96.0	96.0	97.0
気温		23.8	26.0	26.1	24.0	32.0	28.8	26.2	28.5	26.8	26.2	28.5	26.8
水温		27.0	28.0	28.6	21.5	27.0	27.0	21.0	20.8	20.8	21.0	20.8	20.8
透明度 (中田浜は透視度)		>1	>1	>1	>5	>6	>3	10.2	10.0	9.5	10.2	10.0	9.5
水色(フォーレル)		No	15	15	15	5	6	6	6	5	6	6	5
色相		無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
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
pH		6.9	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.9
EC		106	106	106	107	107	106	107	106	106	106	106	106
TOC		1.04	1.17	0.99	0.77	0.78	0.79	0.72	0.73	0.73	0.79	0.78	0.79
ベンゼン		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	1.5
トルエン		0.3	0.3	0.3	0.9	0.5	0.8	<0.2	4.6	5.6	<0.2	5.3	40
キシレン		<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	1.0

別表 2 調査結果(8月25日(日))

調査地点		中田浜			中田浜沖			猪苗代湖湖心			猪苗代湖湖心 調査用ボート付近		
採水日		8月25日(日)											
天候 当日(前日)		晴れ(雨)											
採水時間		10:35	13:05	14:25	10:35	13:05	14:30	10:55	13:23	14:50	10:55	13:00	15:00
位置情報	緯度	37° 28' 49.54"			37° 28' 6.53"			37° 28' 35.9"			37° 24' 8.62"		
	経度	140° 02' 21.39"			140° 02' 47.6"			140° 06' 00.1"			140° 07' 20.7"		
湖岸からの距離		3			150								
採水地点の水深		1.0	0.9	0.9	7.3	5.7	7.3	96	96	96	96	96	96
気温		22.5	24.0	25.3	26.7	31.0	29.5	26.8	29.8	25.0	26.8	29.8	25.0
水温		25.5	27.5	27.0	25.0	25.8	25.5	25.0	25.7	24.5	25.0	25.7	24.5
透明度 (中田浜は透視度)		>1	>1	>1	6.5	5.7	7.3	10.5	10.0	10.5	10.5	10.0	10.5
水色(フォーレル)		No	17	17	6	6	6	5	5	4	5	5	4
色相		無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
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
pH		6.9	6.9	7.0	6.9	6.9	7.2	7.0	7.0	6.9	7.0	6.9	6.9
EC		107	107	107	111	111	116	109	111	111	108	108	108
TOC		0.95	0.86	0.87	0.80	0.77	0.86	0.77	0.76	0.78	0.85	0.86	0.76
ベンゼン		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン		<0.2	<0.2	0.3	0.3	0.4	0.9	<0.2	<0.2	<0.2	1.5	<0.2	<0.2
キシレン		<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

別表 3 調査結果(10月21日(月))

調査地点		中田浜	中田浜沖	猪苗代湖湖心	猪苗代湖湖心 調査用ボート付近
採水日		10月21日(月)			
天候 当日(前日)		晴れ(雨)			
採水時間		9:35	11:55	9:15	9:15
位置情報	緯度	37° 31' 52.28	37° 28.653	37° 28.359	
	経度	140° 02' 15.41	140° 02.476	140° 06.001	
湖岸からの距離	m	6	150		
採水地点の水深	m	0.8	10.6	95.8	95.8
気温	°C	19.2	17.2	14.3	14.3
水温	°C	15.7	16.0	15.7	15.7
透明度 (中田浜は透視度)	m	>1	8.0	11.9	11.9
水色(フォーレル)	No		10	9	9
色相		無色	無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明	透明
臭気		無臭	無臭	無臭	無臭
pH		6.9	7.0	7.0	6.8
EC	μ S/cm	107	106	107	108
TOC	mg/l	0.74	0.74	0.69	0.69
ベンゼン	× 10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン	× 10 ⁻³ mg/L	<0.2	0.8	<0.2	<0.2
キシレン	× 10 ⁻³ mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

別表 4 調査結果(11月6日(水))

調査地点		中田浜沖	猪苗代湖湖心	猪苗代湖湖心 調査用ボート付近
採水日		11月6日(水)		
天候 当日(前日)		晴れ(晴れ)		
採水時間		9:10	9:30	9:30
位置情報	緯度	37° 28.653	37° 28.359	
	経度	140° 02.476	140° 06.001	
湖岸からの距離	m	150		
採水地点の水深	m	10.6	90.0	90.0
気温	°C	10.1	7.1	7.1
水温	°C	13.2	13.5	13.5
透明度 (中田浜は透視度)	m	>10.6	13.4	13.4
水色(フォーレル)	No	8	8	8
色相		無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明
臭気		無臭	無臭	無臭
pH		6.9	6.9	6.9
EC	μ S/cm	110	111	111
TOC	mg/l	0.67	0.63	0.64
ベンゼン	× 10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン	× 10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	<0.2
キシレン	× 10 ⁻³ mg/L	<0.4	<0.4	<0.4

4 湖沼における難分解性有機物調査

1 目的

湖沼における環境基準未達成の要因の一つと考えられる難分解性有機物について、県内の代表的な湖沼の実態を把握することにより、水環境保全対策に資することを目的とする。

2 調査方法

猪苗代湖及び尾瀬沼の溶存態及び懸濁態の有機物量等を調査する。また、生分解試験を行い難分解性有機物の存在状況を把握し、各湖沼の有機物による汚濁の現状を検討した。

3 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心（表層、水深 50m、水深 90m）
- (2) 尾瀬沼湖心（表層、水深 3m、水深 6m）、大江川 尾瀬沼流入前の橋（表層）

4 調査時期

- (1) 3-(1)については、4月及び9月
- (2) 3-(2)については、6月及び9月

5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度（透視度）、色相、臭気、濁り
- (2) pH、EC、BOD、COD、溶存態 COD（D-COD）、TOC、溶存態 TOC（DOC）、SS、T-N、溶存態全窒素（DTN）、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P、溶存態全リン（DTP）、PO₄-P、一般細菌数、紫外部吸光度（UV260）、クロロフィル a
- (3) 難分解性有機物に関する報告書（案）（平成 23 年 3 月環境省水・大気環境局水環境課）に基づき、表 1 の条件で生分解試験を行った。

なお、100 日生分解後の有機物を難分解性成分とした。

表 1 生分解試験の条件等

試料量	500ml 又は 900ml
分解期間	100 日間（尾瀬沼のみ 30 日も実施した）
容器等	ガラス製容器 蓋シリコ栓
温度、光条件	20℃、暗
植種、希釈の有無	無
酸素供給	攪拌
分析項目	pH、EC、TOC、DOC、UV260

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：伝導率計

- (3) BOD：よう素滴定法
- (4) COD：100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法
- (5) D-COD：ろ過後、100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法
- (6) 懸濁態 COD (P-COD)：COD-D-COD で算出
- (7) TOC：燃焼酸化－赤外吸収式 TOC 自動計測法
- (8) DOC：ろ過後、燃焼酸化－赤外吸収式 TOC 自動計測法
- (9) POC：TOC-DOC で算出
- (10) T-N、T-P、PO₄-P：分光光度法
- (11) DTN、DTP：ろ過後、分光光度法
- (12) 懸濁態 T-N (PTN)：T-N-DTN で算出
- (13) 懸濁態 T-P (PTP)：T-P-DTP で算出
- (14) NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N：イオンクロマトグラフ法
- (15) SS：重量法
- (16) 一般細菌数：標準寒天培地による平板法
- (17) UV260：波長 260nm の紫外部吸光度
- (18) クロロフィル a：分光光度法

* 溶存態成分のろ過は 450℃で約 3 時間加熱後の WhatmanGF/B ろ紙 (Poresize 約 1.0 μm) を使用してろ過した。

7 結果及び考察

現地調査結果は、別紙 1 のとおり。

分析結果の一覧は、別紙 2 のとおり。

(1) 各湖沼等における BOD、COD 及び TOC の月別変化について

各湖沼等における BOD、COD 及び TOC の調査結果を図 1 に示す。図において、BOD の定量下限値は、0.5mg/L であるが定量下限値未満の検体については 0mg/L の位置にプロットした。

一般的に BOD として測定される有機物は微生物により分解されやすい有機物（易分解性有機物）であり、COD として測定される有機物は、酸化剤により分解させることから微生物に分解されにくい有機物（難分解性有機物）を含んだ有機物となる。また、TOC は、実質的な全有機炭素量を測定しているため、有機物の種類により差がでない指標である。

猪苗代湖の BOD は、9 月の表層で 0.5mg/L であった以外すべて 0.5mg/L 未満の低い値であった。COD は 0.65～1.0mg/L の範囲にあり、4、9 月とも表層の値が、水深 50m 及び 90m と比較して高く、BOD と同様に COD の最高値は 9 月表層であった。それぞれの COD に占める D-COD の割合は 67～100%と、特に 4 月表層が低い値を示した。TOC も、9 月の表層が 0.71mg/L と最高値を示し、それ以外すべて 0.5mg/L 程度の低い値であった。TOC に占める DOC の割合は 87～98% と全有機物に占める溶存態の割合が高かった。

尾瀬沼の BOD は、6 月は 0.5 未満～0.7mg/L、9 月は 0.8～1.0mg/L、COD は 6 月は 2.6～2.9mg/L、9 月は 4.3～4.9mg/L であった。COD に占める D-COD の割合は 76～89%で、採取水深による明確な差はなかった。COD は BOD と比較して 4 倍以上の高い値であり、このことから、全有機物に占める難分解性成分が多いと考えられる。TOC は 6 月は 1.4～1.6mg/L であったが、9 月は 2.2～2.8mg/L と上昇していた。TOC に占める DOC の割合は 81～100%と、COD 同様に溶存態の割合

は高く、採取水深による明確な差はみられなかった。BOD、COD 及び TOC は全ての水深で、4 月より 9 月に高い値を示していた。

尾瀬沼に流入する河川の中で最も流量の多い大江川の BOD は 0.5 mg/L 未満(6 月)、0.5mg/L(9 月)、COD は 1.5mg/L(6 月)、1.8mg/L(9 月)、TOC は 1.0mg/L(6 月)、0.95mg/L(9 月)であり、尾瀬沼のそれぞれの値より低い値を示した。COD 及び TOC の溶存態の割合は 88~100%と、全有機物に占める溶存態の割合は高かった。

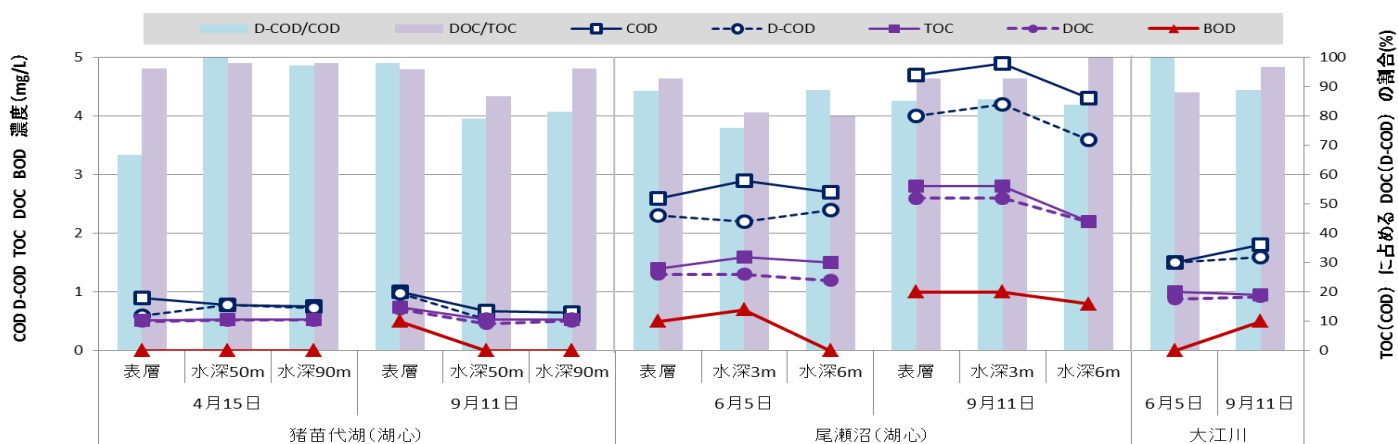


図1 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川における BOD 等の変化

(2) 各湖沼等における窒素及びリンの月別変化について

各湖沼等における T-N 及び T-P 等の調査結果を図 2、図 3 及び表 2 に示す。図において、T-N、NO₃-N、NH₄-N の定量下限値は 0.05mg/L、TP、PO₄-P の定量下限値は 0.003mg/L であるが定量下限値未満の検体については 0mg/L の位置にプロットした。

猪苗代湖の T-N は、4 月は 0.24~0.29mg/L、9 月は 0.27~0.39mg/L であり、9 月は水深が深くなるに従い高い値を示していた。4 月は T-N の約 80%を NO₃-N が占めていたが、9 月には約 50%前後に下がり、9 月の水深 90m では NH₄-N が 0.07mg/L 検出された。T-N は、4 月より 9 月に少し高い値を示し、含まれる N の形態が異なっていることがわかった。T-P はすべて 0.003mg/L 未満を示し、T-P が 0.003mg/L であったと仮定して N : P 比 (重量比) を計算しても 10 以上となり、リンが植物プランクトンの増殖の制限因子となっていた¹⁾。

尾瀬沼の T-N は、6 月には 0.28~0.40mg/L と水深が深くなるに従い、高い値を示していた。この時の NO₃-N は水深に関わらず 0.17mg/L 前後の値であった。しかし、9 月の T-N は 0.15~0.19mg/L とすべての水深で T-N の減少がみられ、NO₃-N も検出されなくなった。このことは、6 月表層と比較して 9 月表層のクロロフィル a 濃度が 2 倍以上の値を示していることからわかるが、9 月に植物プランクトンの増殖が活発になり、NO₃-N が消費され減少していることが原因と考えられた。T-P は 6 月、9 月とも表層で 0.005mg/L 前後の低い値であったが、下層に行くにつれて上昇傾向にあり、特に 9 月の水深 6m で 0.015mg/L と高い値を示した。PO₄-P はすべてで検出されなかった。N : P 比 (重量比) はすべて 10 以上となり、リンが植物プランクトン増殖の制限因子となっていた¹⁾。

大江川の T-N は 6 月に 0.37mg/L、9 月に 0.27mg/L と尾瀬沼湖心表層より高い値を示し、T-N の約 90%近くを NO₃-N が占めていた。T-P は検出されなかった。

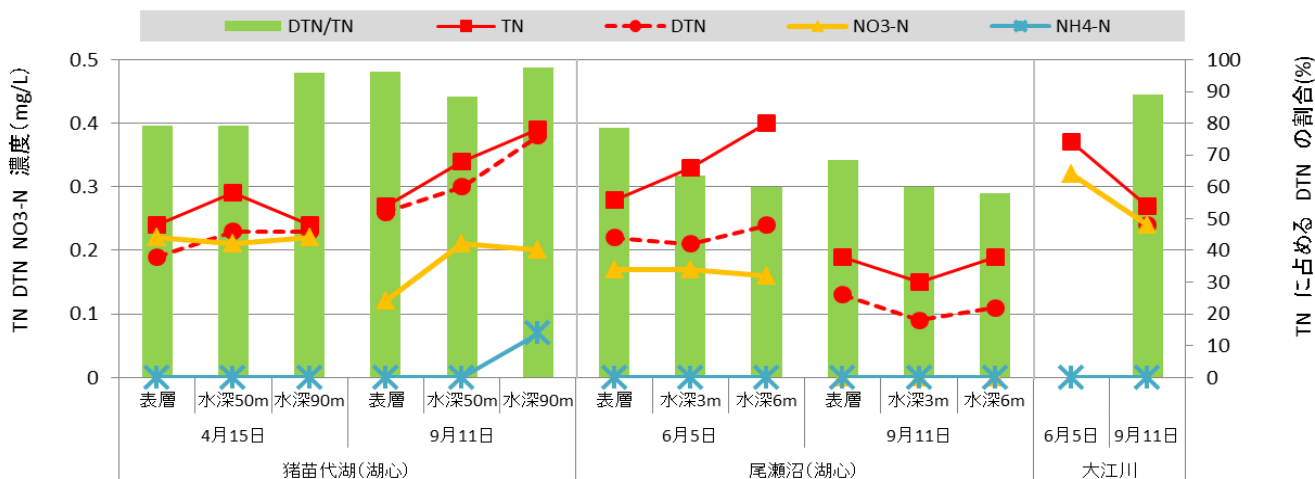


図2 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川におけるT-N等の変化

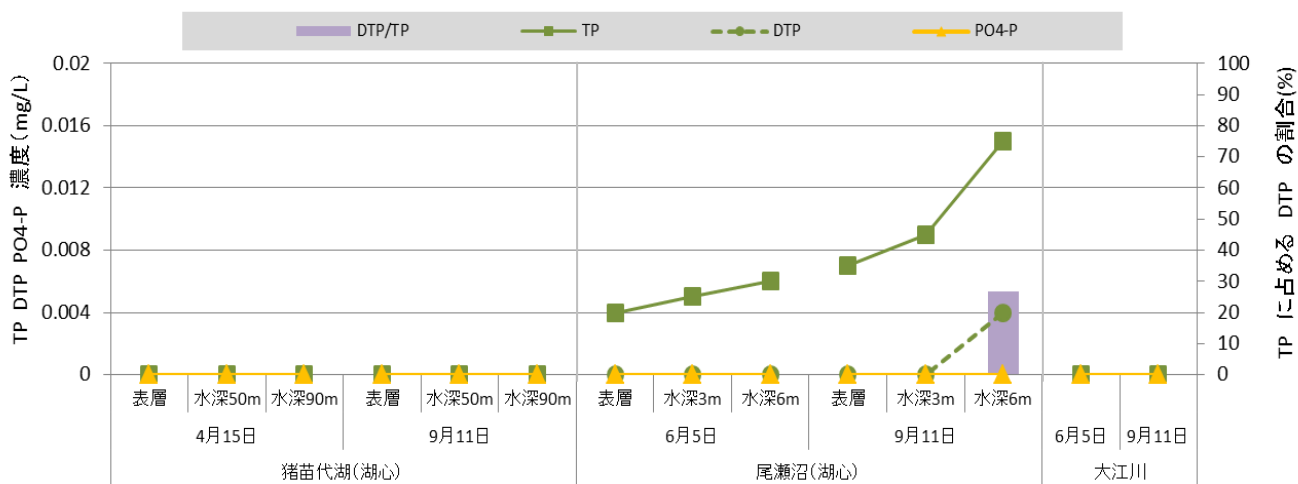


図3 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川におけるT-P等の変化

表2 猪苗代湖及び尾瀬沼におけるN:P比(重量比)

調査地点	猪苗代湖湖心						尾瀬沼湖心					
	表層	水深50m	水深90m	表層	水深50m	水深90m	表層	水深3m	水深6m	表層	水深3m	水深6m
採取年月日	4月15日			9月11日			6月5日			9月11日		
N:P比	80	97	80	90	113	130	70	66	67	57	17	13

*猪苗代湖湖心についてはT-Pが0.003mg/L未満であったため、0.003mg/Lと仮定して計算した。

(3) 各湖沼等におけるUV260/DOC比について

各湖沼等におけるUV260/DOC比の調査結果を図4に示す。

猪苗代湖のUV260/DOC比は、4月、9月ともにすべての水深で10[(mABS/cm)/(mg/L)]であり、湖水の内部生産有機物由来が多いことを示す値(12[(mABS/cm)/(mg/L)])²⁾に近かった。

尾瀬沼のUV260/DOC比は、6月は40[(mABS/cm)/(mg/L)]と土壌由来である外来性有機物を多く含むと考えられる値に近い値(23~58[(mABS/cm)/(mg/L)])²⁾であった。しかし、9月には25~29[(mABS/cm)/(mg/L)]と低下していた。このことは、7(2)のとおり9月表層の植物プランクトンの増殖が活発であったことから、UV260/DOC比の低い内部生産由来の有機物の増加により、UV260/DOC比が低下したと考えられる。

大江川の UV260/DOC 比は、6 月は $33[(\text{mABS}/\text{cm})/(\text{mg}/\text{L})]$ 、9 月は $44[(\text{mABS}/\text{cm})/(\text{mg}/\text{L})]$ と、6 月の尾瀬沼と同程度の値を示していた。この値は、UV260/DOC 比が $20\sim 30[(\text{mABS}/\text{cm})/(\text{mg}/\text{L})]$ に入る河川が多いという報告³⁾より高い値であり、発生源が生活雑排水 ($10[(\text{mABS}/\text{cm})/(\text{mg}/\text{L})]$)³⁾ではなく、腐植物質を多く含む畑、森林流出水 ($30[(\text{mABS}/\text{cm})/(\text{mg}/\text{L})]$)³⁾の影響を強く受けていることが確認できた。そして、9 月は、6 月より腐植物質を多く含む畑、森林流出水の寄与が高いことが考えられる。

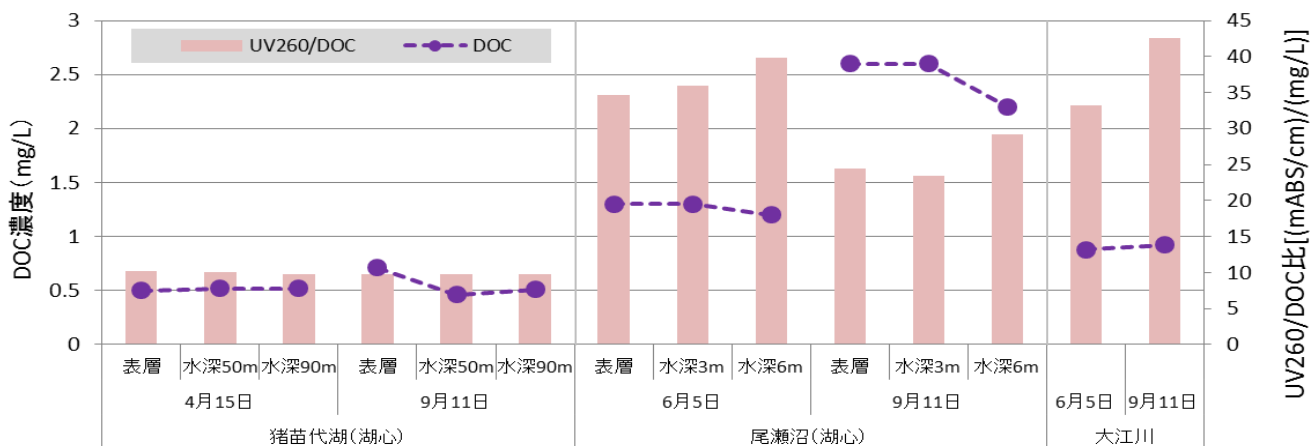


図4 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川における UV260/DOC 比及び DOC の変化

(4) 生分解試験結果について

ア 難分解性有機物について

生分解試験の TOC 等の調査結果を図 5 及び図 6 に示す。

難分解性有機物について難分解性 TOC 及び難分解性 DOC を用い検討を行った。猪苗代湖は、平均滞留時間が約 3.7 年と長いため 100 日後の生分解試験のみ行ったが、尾瀬沼は、平均滞留時間が約 78 日⁴⁾と短いことから、30 日間の生分解試験も行い、易分解性有機物の分解にかかる時間経過についても検討した。

猪苗代湖の 4 月表層及び水深 50m、9 月の水深 50m の難分解性 TOC は $0.42\text{mg}/\text{L}$ (平均値)、難分解性 DOC は $0.41\text{mg}/\text{L}$ (平均値) であった。難分解性 TOC と難分解性 DOC の値はほぼ変わらず、難分解性 TOC のほぼ 100% 近くが溶存態であり、TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は約 80% であった。しかし、9 月表層の TOC ($0.74\text{mg}/\text{L}$) が一番高かった時の、難分解性 TOC は $0.46\text{mg}/\text{L}$ 、難分解性 DOC は $0.45\text{mg}/\text{L}$ と、TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は約 60% であった。このことは、9 月表層の TOC が一番高い値を示したが、この TOC の増加分には易分解性の成分が多いことを示している。水深 90m の難分解性 TOC は $0.51\text{mg}/\text{L}$ (平均値)、難分解性 DOC は $0.49\text{mg}/\text{L}$ (平均値) で、TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は約 90% と高かった。



図5 猪苗代湖における生分解試験における DOC 等の変化

尾瀬沼の6月の難分解性 TOC は 1.03mg/L (3層平均値)、難分解性 DOC は 0.97mg/L (3層平均値)、9月の難分解性 TOC は 1.49mg/L (3層平均値)、難分解性 DOC は 1.46mg/L (3層平均値) であり、6月に比べ9月が高く、難分解性 TOC のほぼ 100%が溶存態であった。生分解前に存在していた POC のほとんどが減少したことにより、POC のほとんどが易分解性成分であったことがわかった。TOC 及び DOC 中の難分解性有機物割合は9月の表層及び水深 3m で約 55%と低い値を示し、それ以外は 65~81%であった。このことは猪苗代湖と同様に、9月表層及び水深 3m で TOC が高い値を示すが、この TOC の増加分には易分解性の成分が多いことを示していた。また、30日で生分解するものは、全有機物の 20%程度であるが、9月表層及び水深 3m では 30%以上となった。

また、大江川の TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は、6月(80%) 9月(90%)とも、尾瀬沼より高かった。

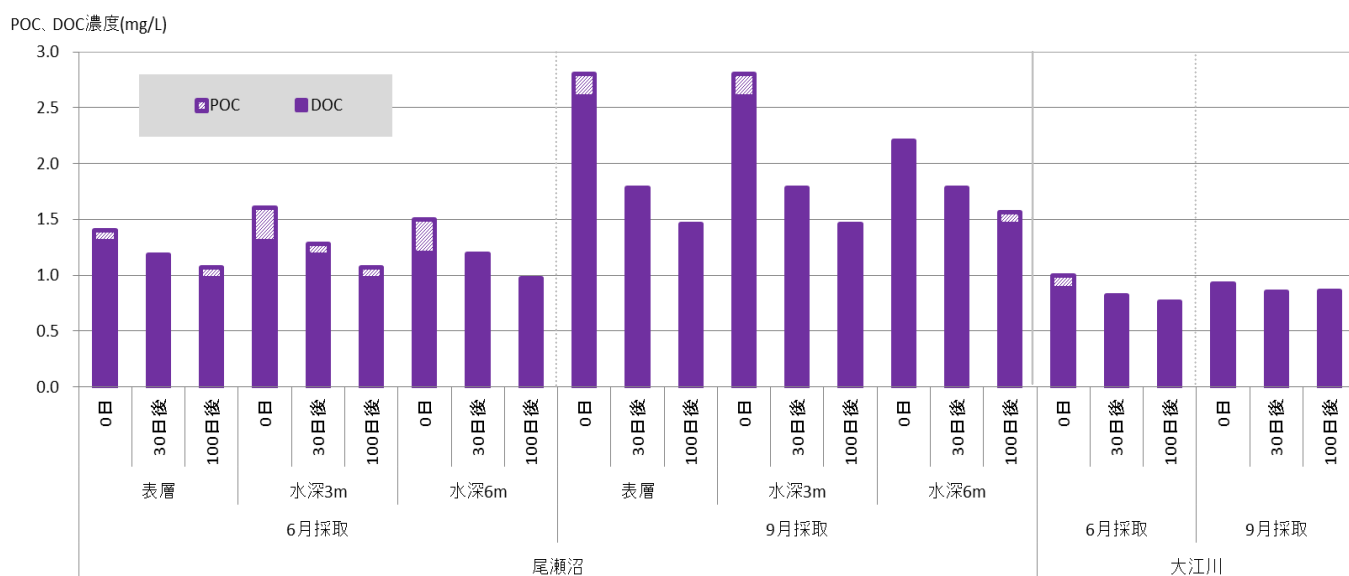


図6 尾瀬沼及び大江川における生分解試験における DOC 等の変化

イ 生分解後の UV260/DOC 比について

生分解試験の UV260/DOC 比の調査結果を図 7 に示す。

猪苗代湖の 100 日生分解後の UV260/DOC 比は 11~15 [(mABS/cm)/(mg/L)] と、生分解前の値 (10 [(mABS/cm)/(mg/L)]) と比較してわずかな増加がみられた。

尾瀬沼の生分解後の 6 月の UV260/DOC 比は生分解前の値と比較して減少、9 月の UV260/DOC 比は生分解前の値と比較して増加していた。このことは、DOC 中の易分解性成分が分解され DOC 濃度の低下はみられるが、難分解性有機物は分解されず、UV260 の値は変わらないため、UV260/DOC 比が増加していると考えられる。

大江川の 100 日生分解後の UV260/DOC 比は、6 月はほとんど変化がなく、9 月は低下していた。

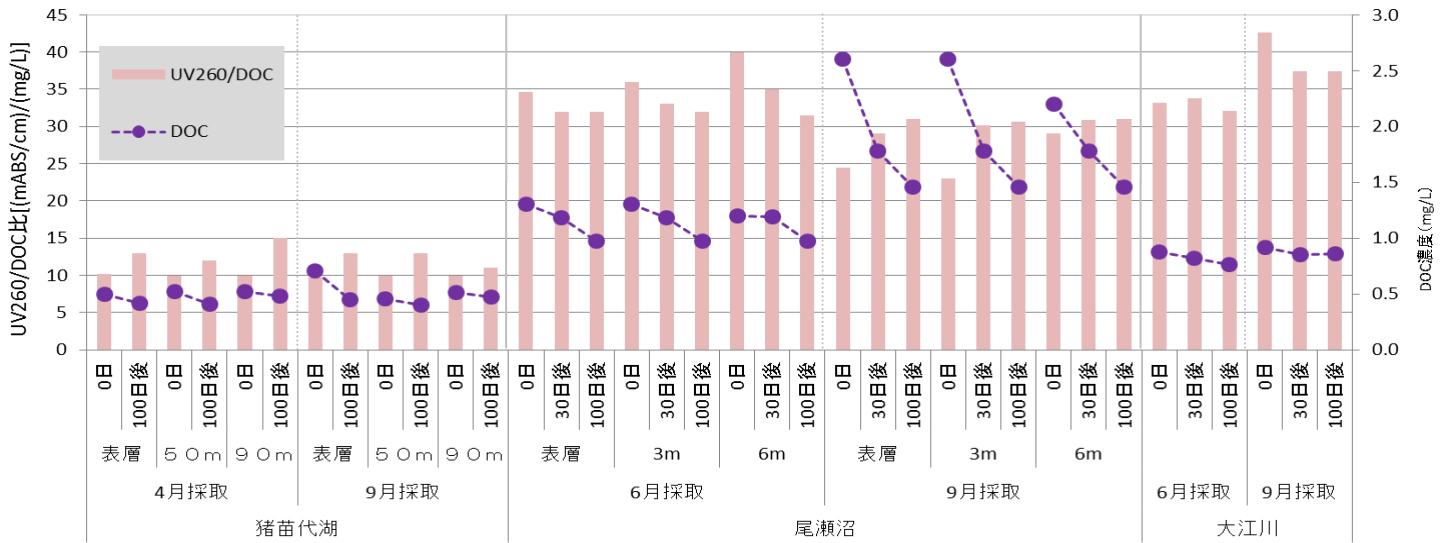


図7 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川における生分解試験における UV260/DOC 等の変化

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖では、リンが植物プランクトンの増殖の制限因子となっているため内部生産は少なく、BOD、COD 及び TOC とも低い値であった。湖水の有機物特性は内部生産性有機物の寄与が大きいと考えられた。TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は 9 月表層で約 60%、6 月及び 9 月の水深 90m は約 90%、それ以外は約 80%と異なり、水深及び時期により易分解性有機物の割合に違いがあった。9 月表層の難分解性有機物割合が低く、TOC の増加分には易分解性の成分が多いことが示唆された。
- (2) 尾瀬沼の有機物特性は、6 月に DOC 成分は腐植物質等を多く含むと考えられ外来性有機物の寄与が大きく、9 月には内部生産由来有機物の寄与が増えていた。TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は 9 月の表層及び水深 3m で約 55%、それ以外は 65~81%と、猪苗代湖と同様に、9 月表層及び水深 3m の難分解性有機物の割合が低く、TOC の増加分には易分解性の成分が寄与していると示唆された。
- (3) 大江川の有機物特性は、6 月及び 9 月とも腐植物質等を多く含むと考えられる外来性有機物の寄与が大きく、特に 9 月が顕著であった。TOC を始め含まれる有機物の濃度は、尾瀬沼より少ないが、有機物中の難分解性有機物割合は高いことがわかった。

参考文献

- 1) 陸水学 アレキサンダー・J・ホーン チャールス・R・ゴールドマン 著
京都大学学術出版会
- 2) 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究
国立環境研究所特別研究報告、SR-36-2001 (2001)
- 3) 湖水溶存有機物の紫外部吸光度 水環境学会誌 20. 397(1997)
福島武彦 今井章夫 松重一夫 井上隆信 小澤秀明
- 4) 全国湖沼環境保全対策推進協議会：全国湖沼資料集 (第 7 章) (平成 17 年 3 月)

別紙 1 現地調査結果一覧

調査地点	猪苗代湖(湖心)						尾瀬沼(湖心)						大江川	
採取水深(m)	表層	50	90	表層	50	90	表層	3	6	表層	3	6	表層	
調査年月日	H25.4.15			H25.9.11			H25.6.4			H25.9.11			H25.6.4	H25.9.11
採水時間	10:05	10:05	10:05	9:25	9:25	9:25	9:55	10:20	10:45	8:55	9:15	9:38	8:55	9:38
天候(前日)	晴れ			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ	晴れ
天候(当日)	晴れ			晴れ			快晴			曇り			快晴	曇り
気温(°C)	6.5	6.5	6.5	23.4	23.4	23.4	13.0	13.0	13.0	17.5	17.5	17.5	16.5	17.8
水温(°C)	3.5	3.3	3.3	23.3	5.1	4.7	13.3	11.5	6.6	18.6	18.6	13.6	6.2	11.7
全水深(m)	97.5			95.8			8.5			8.5			-	-
透明(透視)度(m)	10.7			11.0			3.6			3.1			>100	-
水色(フォーレル)	6			8			15			17			-	-
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色	中緑色	淡褐色	淡褐色	中緑色	淡褐色	淡褐色	中緑色	無職
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
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
流量(m ³ /s)	-			-			-			-			0.364	0

別紙2 難分解性有機物水質測定結果

*黄色いセル及び容量補正有りの際は計算値

調査地点	猪苗代湖(湖心)						尾瀬沼(湖心)						大江川	
	表層	50	90	表層	50	90	表層	3	6	表層	3	6	表層	
採取水深(m)	2013/4/15						2013/6/5						2013/9/11	
調査年月日	2013/4/15						2013/6/5						2013/9/11	
pH	6.9	6.8	6.8	7.0	6.6	6.5	6.9	6.8	6.5	7.4	7.3	6.7	6.8	6.9
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	114	113	113	108	111	112	32	33	36	31	32	36	25	32
BOD mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.7	<0.5	1.0	1.0	0.8	<0.5	0.5
COD mg/L	0.90	0.78	0.75	1.0	0.67	0.65	2.6	2.9	2.7	4.7	4.9	4.3	1.5	1.8
D-COD mg/L	0.60	0.78	0.73	0.98	0.53	0.53	2.3	2.2	2.4	4.0	4.2	3.6	1.5	1.6
P-COD mg/L	0.30	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	0.7	0.3	0.7	0.7	0.7	<0.2	0.2
TOC mg/L	0.52	0.53	0.53	0.74	0.53	0.53	1.4	1.6	1.5	2.8	2.8	2.2	1.0	0.95
DOC mg/L	0.50	0.52	0.52	0.71	0.46	0.51	1.3	1.3	1.2	2.6	2.6	2.2	0.88	0.92
POC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	<0.1	0.12	<0.1
T-N mg/L	0.24	0.29	0.24	0.27	0.34	0.39	0.28	0.33	0.40	0.19	0.15	0.19	0.37	0.27
DTN mg/L	0.19	0.23	0.23	0.26	0.30	0.38	0.22	0.21	0.24	0.13	0.09	0.11	欠測	0.24
PTN mg/L	0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	0.13	0.16	0.06	0.06	0.08	<0.05	0.05
NO3-N mg/L	0.22	0.21	0.22	0.12	0.21	0.20	0.17	0.17	0.16	<0.05	<0.05	<0.05	0.32	0.24
NO2-N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH4-N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.07	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
T-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.009	0.015	<0.003	<0.003
DTP mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	<0.003	<0.003	<0.003
PTP mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	0.004	0.006	0.011	<0.003	<0.003	<0.003
PO4-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
SS mg/L	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	2	1	3	2	3	(1)	(1)	(1)
一般細菌数 個/ml	1	4	7	82	5	1	6	5	45	23	940	47	4	68
UV260 ABS/cm	0.0051	0.0052	0.0051	0.0069	0.0045	0.0050	0.0450	0.0468	0.0478	0.0637	0.0610	0.0642	0.0292	0.0392
UV260/DOC mg/L	10	10	10	10	10	10	35	36	40	25	23	29	33	43
クロロフィルa $\mu\text{g}/\text{L}$	0.7	-	-	0.6	-	-	2.4	-	-	5.7	-	-	-	-

猪苗代湖生分解試験結果

調査地点	bl									猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)		
	4月			6月			9月			表層	50	90	表層	50	90	表層	50	90	表層	50	90
採取水深(m)	2013/4/15									2013/9/11											
調査年月日	2013/4/15									2013/9/11											
生分解試験日数	0日	100日	0日	30日	100日	0日	30日	100日	0日	100日	0日	100日	0日	100日	0日	100日					
容量 ml	500	480	900	890	880	900	890	880	500	500	480	480	900	900	900	880	880				
pH	6.3	6.9	6.3	5.9	5.9	6.3	5.9	5.9	6.9	6.8	6.8	7.0	7.0	7.2	7.0	6.6	6.5				
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	1	5	1	4	1	1	1	1	114	113	113	115	116	122	108	111	112				
TOC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.19	0.25	<0.1	0.10	<0.1	0.52	0.53	0.53	0.45	0.44	0.50	0.74	0.53	0.53				
DOC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.19	0.22	<0.1	0.10	<0.1	0.50	0.52	0.52	0.44	0.43	0.50	0.71	0.46	0.51				
UV260 ABS/cm	0.0000	0.0009	0.0000	0.0005	0.0003	0.0000	0.0007	0.0000	0.0051	0.0052	0.0051	0.0059	0.0054	0.0075	0.0069	0.0045	0.0050				

生分解試験結果(容量補正有り)

調査地点	bl									猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)		
	4月			6月			9月			表層	50	90	表層	50	90	表層	50	90	表層	50	90
採取水深(m)	2013/4/15									2013/9/11											
調査年月日	2013/4/15									2013/9/11											
生分解試験日数	0日	100日	0日	30日	100日	0日	30日	100日	0日	100日	0日	100日	0日	100日	0日	100日					
容量 ml	900	900	900	890	890	895	880	880	900	900	900	890	890	890	880	880	880				
pH	6.3	6.9	6.3	5.9	5.9	6.3	5.9	5.9	6.9	6.8	6.8	7.0	7.0	7.2	7.0	6.6	6.5				
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	1	5	1	4	1	1	1	1	114	113	113	115	116	122	108	111	112				
TOC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.18	0.24	<0.1	0.09	<0.1	0.52	0.53	0.53	0.43	0.42	0.48	0.74	0.53	0.53				
DOC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.18	0.21	<0.1	0.09	<0.1	0.50	0.52	0.52	0.42	0.41	0.48	0.71	0.46	0.51				
POC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1				
UV260 ABS/cm	0.0000	0.0008	0.0000	0.0004	0.0002	0.0000	0.0006	0.0000	0.0051	0.0052	0.0051	0.0056	0.0051	0.0072	0.0069	0.0045	0.005				
UV260/DOC mg/L	0	0	0	2	1	0	7	0	10	10	10	13	12	15	10	10	10				

尾瀬沼生分解試験結果

調査地点	尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		大江川		大江川	
	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層		
採取水深(m)	2013/6/4														2013/9/11			
調査年月日	2013/6/4														2013/9/11			
生分解試験日数	0日		30日		100日		0日		30日		100日		0日		30日		100日	
容量 ml	900	900	900	890	890	895	880	880	900	900	900	890	890	890	880	880	900	890
pH	6.9	6.8	6.5	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.3	7.4	7.3	6.7	7.5	7.6	7.6	7.5	7.5	7.5
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	32	33	36	34	34	41	34	33	37	31	32	36	35	32	39	36	34	40
TOC mg/L	1.4	1.6	1.5	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	2.8	2.8	2.2	1.8	1.9	1.8	1.5	1.5	1.6
DOC mg/L	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	2.6	2.6	2.2	1.8	1.8	1.8	1.5	1.5	1.5
UV260 ABS/cm	0.0450	0.0468	0.0478	0.0383	0.0399	0.0423	0.0322	0.0320	0.0312	0.0637	0.0610	0.0642	0.0521	0.0536	0.0545	0.0449	0.0451	

生分解試験結果(容量補正有り)

調査地点	尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		尾瀬沼(湖心)		大江川		大江川			
	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層		
採取水深(m)	2013/6/4														2013/9/11			
調査年月日	2013/6/4														2013/9/11			
生分解試験日数	0日		30日		100日		0日		30日		100日		0日		30日		100日	
容量 ml	900	900	900	890	890	895	880	880	900	900	900	890	890	890	880	880	900	890
pH	6.9	6.8	6.5	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.3	7.4	7.3	6.7	7.5	7.6	7.6	7.5	7.5	7.5
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	32	33	36	34	34	41	34	33	37	31	32	36	35	32	39	36	34	40
TOC mg/L	1.4	1.6	1.5	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	2.8	2.8	2.2	1.8	1.8	1.8	1.5	1.5	1.6
DOC mg/L	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	2.6	2.6	2.2	1.8	1.8	1.8	1.5	1.5	1.5
POC mg/L	0.1	0.3	0.3	<0.1	0.10	<0.1	0.10	0.10	<0.1	0.2	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	0.12
UV260 ABS/cm	0.045	0.0468	0.0478	0.0378	0.0394	0.0420	0.0314	0.0312	0.0305	0.0637	0.0610	0.0642	0.0521	0.0536	0.0545	0.0449	0.0451	
UV260/DOC mg/L	35	36	40	32	33	35	32	32	31	25	23	29	29	30	31	31	31	31

5 窒素・リン除去型浄化槽からの排水実態調査

1 目的

猪苗代湖及び裏磐梯湖沼群の水環境保全条例の改正により、小規模事業所及び一戸建ての住宅に新規で設置する浄化槽について、窒素・リン除去型浄化槽の設置が平成 25 年 4 月 1 日から求められている。このため、猪苗代湖流域での窒素・リン除去型浄化槽の放流水を調査し、処理機能を確認するとともに効果的な負荷低減対策の検討に資する。

2 調査対象

次のとおり(位置は図1のとおり)。

- ① 窒素・リン除去型浄化槽
(会津若松市湊町)
- ② 窒素除去型浄化槽
(会津若松市湊町)

調査対象浄化槽のそれぞれの諸元は、表1のとおり。



図1 調査対象施設の位置

表1 調査対象浄化槽の諸元等

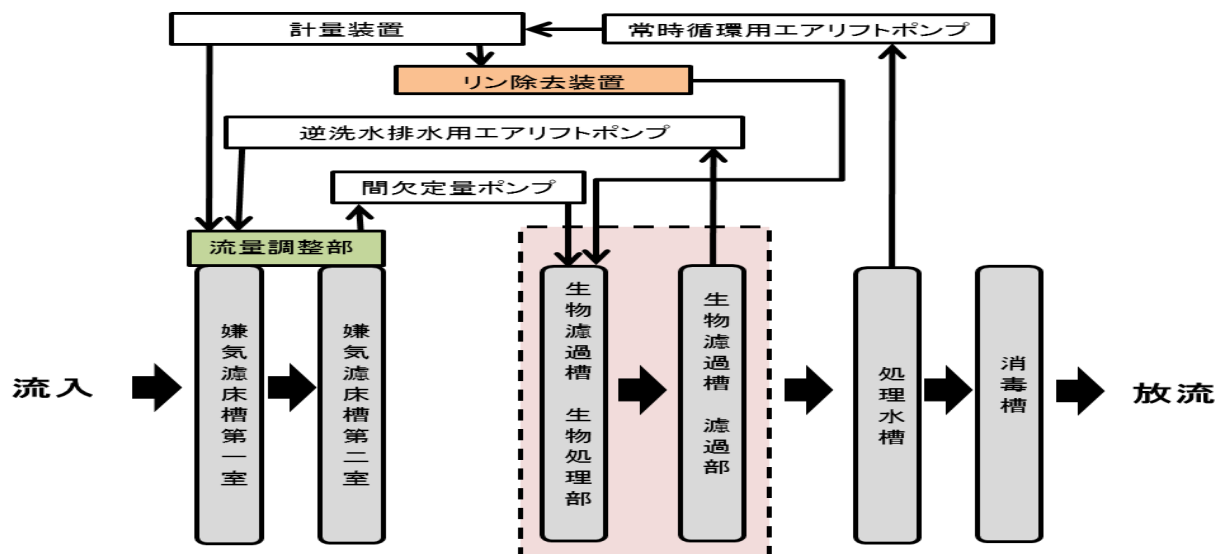
種別	処理方式	流入水質(mg/L)			実使用人員	建物用途
		(上段)				
		処理性能(設計処理水質)注(mg/L)(下段)				
		BOD	全窒素	全リン		
①窒素・リン除去型 浄化槽 7人槽	流量調整型嫌気ろ床・担体流動ろ過方式にリン除去装置を加えた方式	200以下	45以下	5以下	6人	一戸建住宅
		10以下	10以下	1以下		
②窒素除去型 浄化槽 7人槽	流量調整型嫌気ろ床接触ばっき循環方式	200以下	50以下	—	4人	一戸建住宅
		10以下	15以下	—		

注)設計処理水質は、日間平均値である。

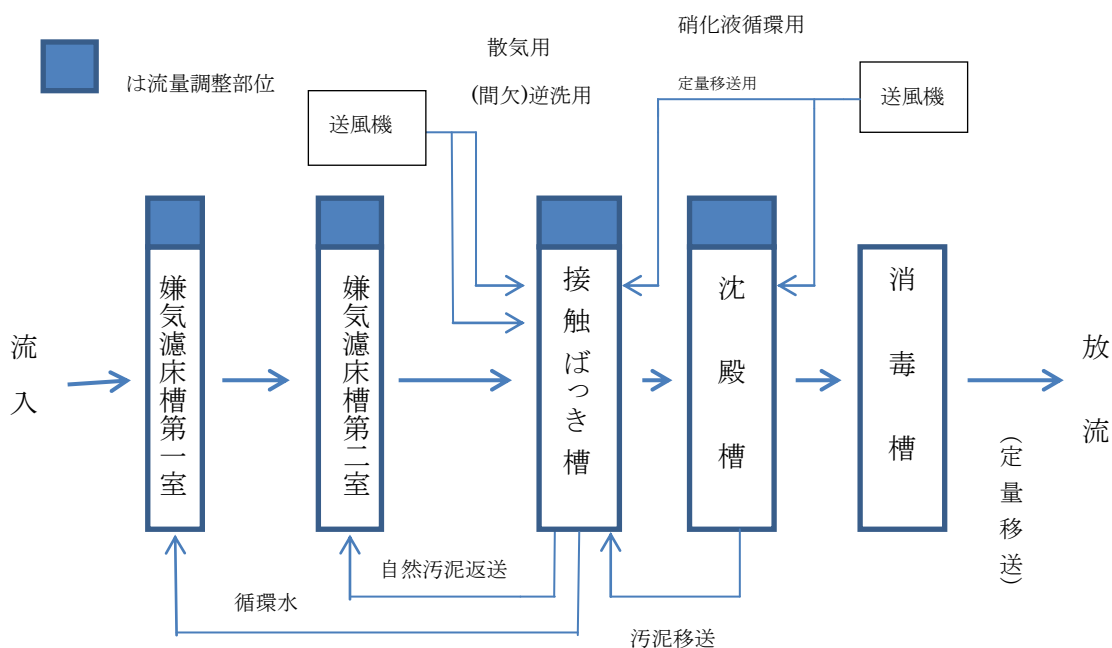
*両浄化槽とも市が整備したものであり、維持管理も市が委託して行っている。

『各浄化槽のフローシート』

① 窒素・リン除去型浄化槽



② 窒素除去型浄化槽



『①窒素・リン除去型浄化槽のリン除去装置の概要』

鉄電解槽の原理は、水に接触した2枚の鉄電極板間に大電流を通すと、陽極側から2価の鉄イオン(Fe^{2+})が溶出し、水中の溶存酸素により3価の鉄イオン(Fe^{3+})が生成される。これと水中のリン酸イオンが反応し、不溶性のリン酸鉄が生成され、汚泥として取り込まれることで水中のリンが除去される。このため、消耗品である鉄電極板の交換など適切な維持管理が行われないと、所定のリン除去機能が発揮できない可能性がある。

実際の鉄電解槽及び鉄電極板の状況は以下のとおりである(写真1,2 平成24年6月撮影)。引き上げた鉄電極板(写真2)は、使用後2ヵ月目で一部に腐食がみられ、鉄イオンが処理水中

に溶解している状況である。この鉄電極極板の交換時期は、概ね 4 か月に一度とされており、時期を超えて交換しないと、2 価の鉄イオンの発生が減少し、リン除去機能が低下するとされる。



写真1 鉄電極板の設置状況



写真2 鉄電極板

3 調査方法等

(1) 協力機関

社団法人福島県浄化槽協会、会津若松市

(2) 調査時期

年4回(5月、7月、9月、11月)

(3) 調査項目

ア) 現地調査項目

気温、水温、透視度

イ) 試料採取等

処理水は、窒素・リン除去型は処理水槽から、窒素除去型は沈殿槽からいずれも手動ポンプを用いて採水した。原水は、いずれも沈殿分離槽から手動ポンプを用いて採水した。

ウ) 分析項目

pH、BOD、SS、COD、EC、全リン (T-P)、溶存態リン (D-P)、全窒素 (T-N)、溶存態窒素 (D-N)、溶解性鉄

(4) 測定方法

ア) pH：ガラス電極法 (昭和49年環境庁告示第64号)

イ) BOD：容量法 (昭和49年環境庁告示第64号)

ウ) SS：重量法 (昭和49年環境庁告示第64号)

エ) COD：容量法 (昭和49年環境庁告示第64号)

オ) EC：電極法 (JIS K 0101 12)

カ) T-P、D-P、T-N、D-N：

ペルオキシ2硫酸カリウム分解法による吸光光度法(昭和49年環境庁告示第64号)

キ) 溶解性Fe：フレイム原子吸光法 (昭和49年環境庁告示第64号)

4 結果及びまとめ

調査結果は、別紙『平成 25 年度 窒素・りん除去型浄化槽排水実態調査 総括表』のとおりである。

今回、処理方式の異なる浄化槽 2 基を対象に継続して調査を実施したが、いずれの結果も採水時における瞬時値であるため、各浄化槽の設計処理水質（日間平均値）と単純に比較することはできない。

窒素及びりんの原水と処理水を比較した除去率は、表 2 のとおりである。

窒素・りん除去型浄化槽は、全リンの除去率は 7～89%であり、懸濁態リンの除去率は 9～99%であった。特に 5,7,9 月の懸濁態リンの除去率は、83～99%と高率であった。また、全窒素の除去率は 0～59%であり、懸濁態窒素の除去率は 25～91%であった。

窒素除去型浄化槽は、全窒素の除去率は 4～67%であり、懸濁態窒素の除去率は 67～98%であった。

表2)窒素及びりんの原水と処理水を比較した除去率

		全リン	溶存態リン	懸濁態リン	全窒素	溶存態窒素	懸濁態窒素
窒素・りん除去型 浄化槽	5月	89%	11%	99%	59%	18%	91%
	7月	17%	3%	83%	9%	-12%	60%
	9月	34%	0%	83%	25%	-21%	90%
	11月	7%	6%	9%	0%	-8%	25%
窒素除去型浄化 槽	5月	-2%	-8%	40%	4%	-4%	85%
	7月	9%	0%	67%	29%	-4%	97%
	9月	6%	-3%	43%	16%	-5%	67%
	11月	48%	9%	93%	67%	30%	98%

別紙 平成25年度 窒素・りん除去型浄化槽排水実態調査 総括表

処理水	①pH	②電気伝導度 μ S/cm	③SS mg/L	④BOD mg/L	⑤COD mg/L	⑥全リン mg/L	⑦溶存態リン mg/L	⑦懸濁態リン mg/L	⑧全窒素 mg/L	⑨溶存態窒素 mg/L	⑨懸濁態窒素 mg/L	⑩溶解性鉄 mg/L	気温 °C	水温 °C	透視度 cm
窒素・リン除去型	5月	300	4	5.1	9.9	1.8	1.7	0.1	16	14	2	1.0	20.2	20.0	>30
	7月	380	6	7.3	12	3.0	2.9	0.1	32	28	4	-	27.0	25.0	>30
	9月	370	10	16	11	2.9	2.6	0.3	18	17	1	0.2	25.0	24.0	30
	11月	310	24	32	25	3.9	2.9	1.0	17	14	3	0.4	2.5	15.5	12.5
窒素除去型	5月	440	18	16	30	4.2	3.9	0.3	24	24	<0.3	-	18.9	18.3	16
	7月	450	10	16	25	3.0	3.0	<0.1	27	29	<0.3	-	28.5	24.5	>30
	9月	370	22	21	23	3.4	3.0	0.4	26	23	3	-	21.0	23.0	18.5
	11月	280	8	12	18	3.2	3.0	0.2	8.5	8.4	<0.3	-	1.5	14.5	24

原水	①pH	②電気伝導度 μ S/cm	③SS	④BOD mg/L	⑤COD mg/L	⑥全リン mg/L	⑦溶存態リン mg/L	⑦懸濁態リン mg/L	⑧全窒素 mg/L	⑨溶存態窒素 mg/L	⑨懸濁態窒素 mg/L
窒素・リン除去型	5月	-	-	-	-	16	1.9	14	39	17	22
	7月	-	-	-	-	3.6	3.0	0.6	35	25	10
	9月	-	-	-	-	4.4	2.6	1.8	24	14	10
	11月	-	-	-	-	4.2	3.1	1.1	17	13	4
窒素除去型	5月	-	-	-	-	4.1	3.6	0.5	25	23	2
	7月	-	-	-	-	3.3	3.0	0.3	38	28	10
	9月	-	-	-	-	3.6	2.9	0.7	31	22	9
	11月	-	-	-	-	6.2	3.3	2.9	26	12	14

注)懸濁態リン(窒素)は、全リン(窒素)濃度から溶存態リン(窒素)濃度を差し引いて算出したもので、合計が合わないことがある。

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、水温及び電気伝導率を連続的に測定する。

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 10m 及び水深 15m



図1 調査地点

4 調査時期

- (1) 猪苗代湖湖心
平成 20 年 4 月 22 日から継続調査中
今年度調査期間：
平成 25 年 7 月 11 日～平成 26 年 4 月 8 日
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
平成 23 年 11 月 22 日から継続調査中
今年度調査期間：平成 25 年 6 月 7 日～平成 26 年 3 月 24 日
ただし、水深 10m については測定器故障のため欠測
なお、平成 20 年 7 月 31 日～平成 22 年 11 月 3 日の期間は猪苗代湖長瀬川河口沖 1km において測定を行った。

5 調査項目

水温及び電気伝導率 (EC)
ただし、EC 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
以下の小型メモリー計測器を用いてデータ採取間隔 10 分間で水温を連続的に測定した。
表層、水深 5m、水深 15m：JFE アドバンテック社製 MDS-MkV/T
水深 30m：JFE アドバンテック社製 DEFI-T
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
以下の水深、項目及び計測器で採取間隔 10 分間で連続的に測定を行った。
水深 5m：水温及び電気伝導率(JFE アドバンテック社製 COMPACT-CT 使用)
水深 10m：水温(JFE アドバンテック社製 MDS-MkV/T)
水深 15m：水温(JFE アドバンテック社製 MDS-MkV/T)

7 結果及び考察

(1) 猪苗代湖における水温連続測定結果

平成 20 年 4 月 22 日から平成 26 年 4 月 8 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（以下日平均気温）の推移を図 2 に示す。なお、平成 24 年 7 月から平成 25 年 4 月までの水深 5 m 及び 30 m の水温データは計測器の故障により採取できていない。

猪苗代湖において、水温躍層は例年 8 月に水深 10～20m で形成され、10 月には水深 20～30m へ下がる事が確認されている。今年度は、水深 15m における水温の上昇が 9 月 16 日頃に始まっており、平成 21 年度、平成 20 年度と同時期である一方で、上昇開始が遅かった平成 24 年度、平成 22 年度とは異なる傾向を示した。

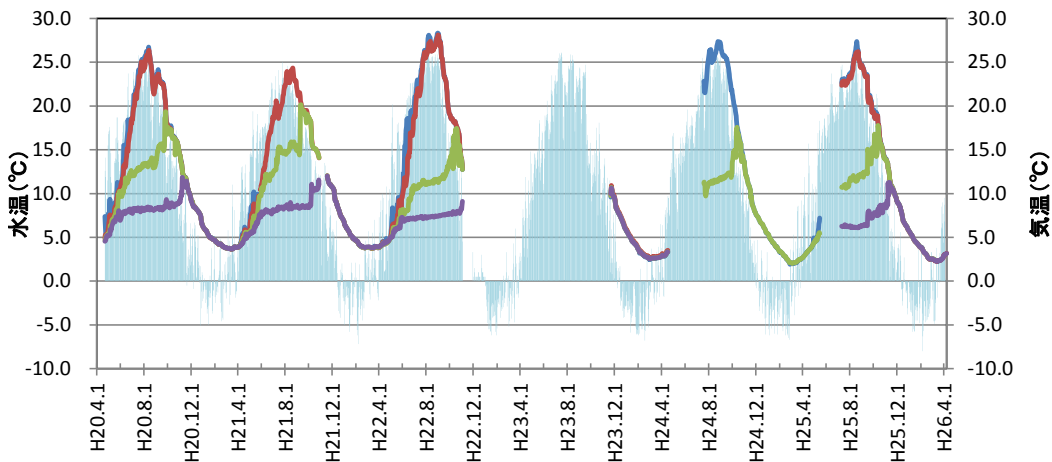


図 2 猪苗代湖湖心における層別日平均水温及び日平均気温の関係

■ 平均気温 ■ 湖心表層 ■ 湖心水深5m ■ 湖心水深15m ■ 湖心水深30m

また、水温躍層が形成され崩壊する 6 月から 11 月の表層及び水深 30 m における年度別の水温の変化を図 3 及び図 4 に示す。いずれの年度も概ね類似した傾向だが、表層においては、平成 20 年、平成 22 年、平成 24 年は 8 月上旬に水温が上昇し、一度下降した後 9 月にかけて再び上昇する傾向がみられたが、今年度は 8 月半ばに最高温度となり、その後は下降した。水深 30m では今年度が最も水温が低い傾向にあった。

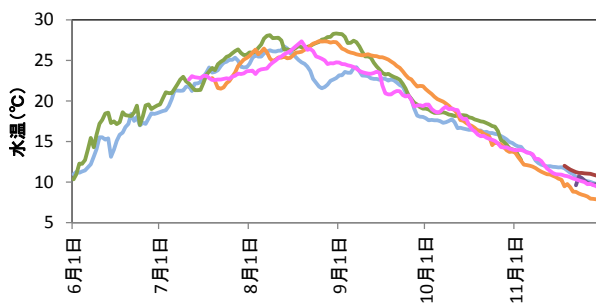


図 3 6 月から 11 月にかけての表層における水温変化

■ H20 ■ H21 ■ H22 ■ H23 ■ H24 ■ H25

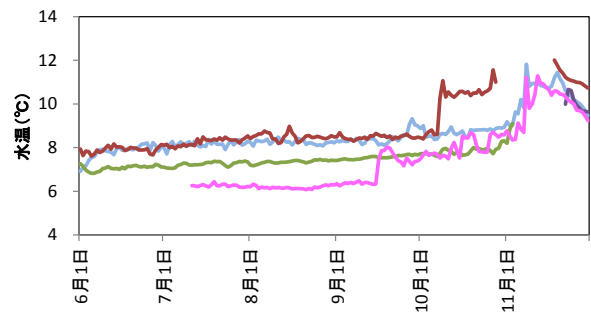


図 4 6 月から 11 月にかけての水深 30m における水温変化

■ H20 ■ H21 ■ H22 ■ H23 ■ H24 ■ H25

(2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における連続測定結果

今年度の猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m における層別日平均水温及び日平均気温の関係を図 5 に、今年度の猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m(水深 5 m)における水温及び EC の日平均値を図 6 に示す。

長瀬川河口沖では、これまでの調査同様で5月中旬から水温躍層が形成され、9月下旬から10月上旬にかけて水温躍層が下降し、11月上旬には崩壊することが確認されており、今年度の調査開始日である6月7日には水温躍層が水深5~15 mにかけて形成されていた。また、10月9日頃には水深15 mの水温が水深5 mの水温と同程度まで上昇し、水温躍層の下降、崩壊が示唆された。

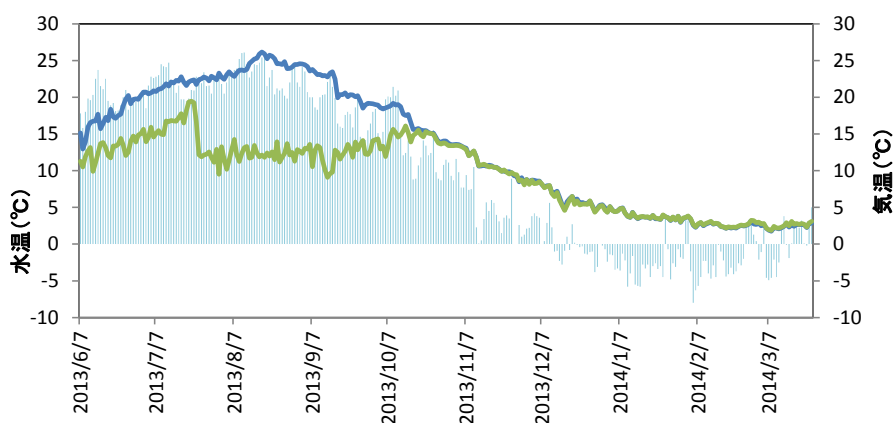


図5 猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m における層別日平均水温及び日平均気温の関係

■ 日平均気温 ■ 水深5m_水温 ■ 水深15m_水温

また、ECは1°Cの水温上昇に対して約2%増加すると言われているため、長瀬川河口沖300m地点の水深5mにおける日平均ECの結果を以下の数式により水温25°Cとして換算した。今年度調査におけるECは0.10~0.13 mS/cmとなり、ほぼ一定であった。

$$EC_{25} = EC_t / \{1 + 0.02(t - 25)\}$$

EC₂₅: EC25°C換算値、EC_t: EC生データ、t: 水温

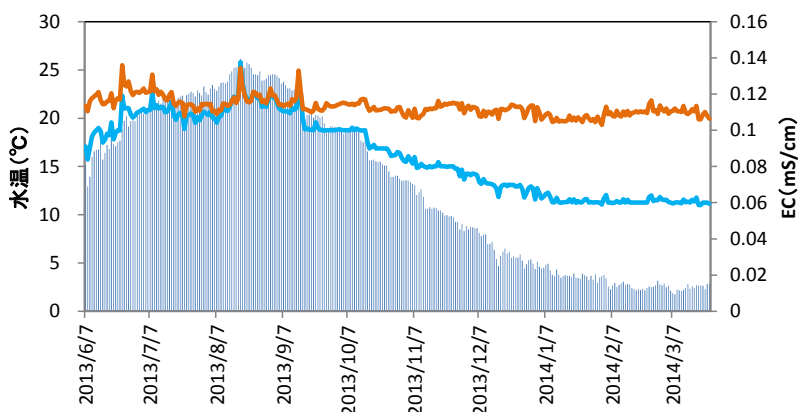


図6 猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m(水深5m)における水温及びECの日平均値

■ 水深5m_水温 ■ 水深5m_EC(生データ) ■ 水深5m_EC(換算値)

また、長瀬川河口沖 300 m 地点の水深 5 m における日平均水温及び日平均 EC の測定結果 (25°C 換算値) と、長瀬川河口から約 2 km 上流に位置する小金橋及び猪苗代湖湖心表層における EC (平成 25 年度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結果並びに平成 25 年度猪苗代湖大腸菌群数超過対策調査よりデータを抜粋) の比較を図 7 に示す。なお、小金橋及び猪苗代湖湖心表層の EC は、試験室で 25°C に加温して測定した結果であることから、長瀬川河口沖の EC 連続測定結果は 25°C に換算した値を用いた。図 7 より、昨年度同様、長瀬川河口沖 300 m 地点 (水深 5 m) における EC は、小金橋ではなく湖心 (表層) の値に近いことが確認された。

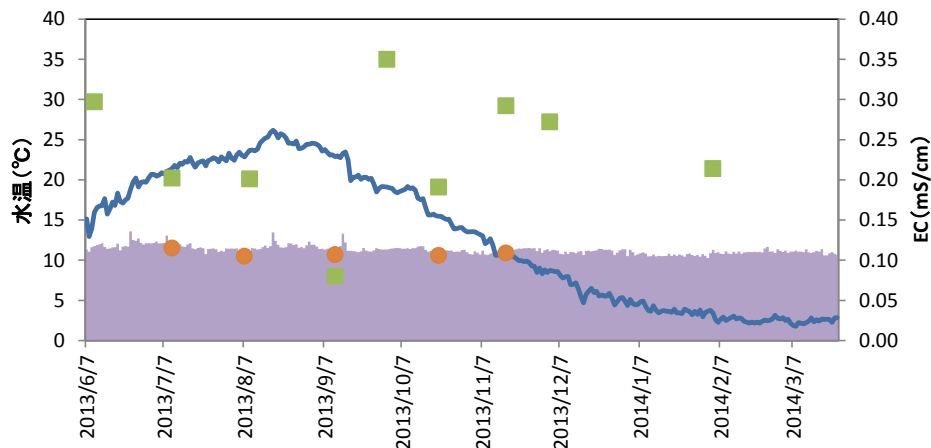


図 7 長瀬川河口沖 300 m 地点 (水深 5 m) における水温及び EC の日平均値と、小金橋及び湖心表層における EC の比較

■ 河口沖水深5m_EC(換算値) — 河口沖水深5m_水温 ■ 小金橋_EC ● 湖心表層_EC

8 まとめ

- (1) 今年度は、猪苗代湖湖心水深 15m における水温の上昇が 9 月 16 日頃に始まっており、平成 21 年度、平成 20 年度と同時期である一方で平成 24 年度、平成 22 年度とは異なる傾向を示した。
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m 地点において、これまでの調査同様、6 月 7 日調査開始時に水温躍層が既に形成されており、10 月には水温躍層の下降が確認された。また、長瀬川河口沖 300m (水深 5m) の EC は猪苗代湖流入前の長瀬川 (小金橋) の値より湖心 (表層) の値に近いことが確認された。

9 参考文献

- (1) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 23 年 3 月
- (2) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 24 年 3 月
- (3) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 25 年 3 月
- (4) 湖水の電気伝導度の温度依存性について, 滋賀大学

7 水質汚濁負荷量削減の数値化調査結果

1 目的

猪苗代湖においては、北部水域に繁茂するヨシ及びヒシの刈り取りや漂着水草の回収、除じんスクリーンによる刈草の除去・回収などが緊急雇用創出基金事業やボランティアなどにより行われている¹⁾。これらの活動による水質汚濁負荷削減効果を数値化するため、主な水生植物について栄養塩類等の調査を行った。

2 調査方法

水生植物の含水率測定及び栄養塩等含有量試験により、汚濁負荷削減量を考察する。

3 調査地点

図1に示すとおり、6地点で試料の採取を行った。

- (1) ヨシ…① (小黒川河口左岸付近)
- (2) ヒシ…7月② (猪苗代町三ツ輪沖・湖内)、8月③ (猪苗代町村前沖・湖内)
- (3) アオミドロ状水生植物…③ (猪苗代町村前沖・湖内)
- (4) 刈草…④ (猪苗代町長田・水路)
- (5) 天神浜漂着水生植物…⑤ (天神浜・湖岸)
- (6) 松橋浜漂着水生植物、堆積枯死水生植物…⑥ (松橋浜・湖岸)



図1 調査地点

4 調査時期

- (1) ヨシ…4回/年 (5月、8月、11月、12月)
- (2) ヒシ…2回/年 (7月、8月)
- (3) アオミドロ状水生植物、刈草…1回/年 (9月)
- (4) 漂着水生植物 (天神浜、松橋浜、堆積枯死) …1回/年 (11月)

5 調査項目

含水率、全炭素、全窒素、全りん、放射性核種濃度

6 測定方法

- (1) 含水率…試料を水道水で洗浄し水気を拭き取った後、鋏で1~2 cmに裁断してアルミカップに入れ、105 °Cで4~7時間乾燥した後80 °Cで一晩乾燥した。
- (2) 全炭素、全窒素…(1)の乾燥試料をミルサーで粉碎もしくは乳鉢ですり潰した粉末試料を作製した。これを農業総合センターに依頼し、SUMIGRAPH NC-220F（住化分析センター製）で分析した。
- (3) 全りん…(1)の乾燥試料をミルサーで粉碎もしくは乳鉢ですり潰した粉末試料を底質調査法 4.9.1(4)b 硝酸-硫酸分解法により前処理した後、モリブデンブルー吸光光度法で分析した。
- (4) 放射性核種濃度…(1)の乾燥試料をミルサーで粉碎もしくは乳鉢ですり潰した粉末試料を作製し容量100 mLのU8容器に詰め、これを原子力センターに依頼し、分析した。

7 結果及び考察

分析結果を別紙1に示す。

(1) ヨシ

ヨシの概念図は図2に示したとおり。葉、茎、地下茎及び穂（11月及び12月採取試料のみ）の部位別に分けて測定した。なお、地下茎は地上の茎から直接繋がる新株、新株の分岐元の旧株及びひげ根（5月及び8月採取試料のみ）の3種に分割し測定した。

また、ヨシの生育する土壌を採取し、同様に測定した。

ヨシの含水率、全炭素、全窒素及び全りん含有率を図3~6に示す。

含水率は、ヨシの地上部位である葉及び茎で5月に74%及び86%と高く、その後12月の7.4%及び8.0%まで顕著に減少していた。地下部位の地下茎新株及び旧株についても、5月から11月まで62~72%で顕著な増減がなかった含水率が12月には37%及び38%へ低下していた。

全炭素含有率は、ヨシのすべての部位及び採取時期で41~46%の範囲にあり、葉及び地下茎（新）では生長・枯死に従い炭素含有率が低下する傾向がみられた。

全窒素含有率は、地上部位である葉及び茎では5月に採取した試料が3.4%及び2.3%と調査時期の中で最も高く、その後低下する傾向がみられた。全りん含有率も、5月の葉及び茎が0.33%及び0.37%と調査時期の中で最も高く、その後低下する傾向がみられた。全窒素及び全りん含有率ともに、茎は5月から8月にかけて大きく低下し、葉は5月から11月にかけて徐々に減少していく傾向がみられた。地下部位である地下茎新株及び旧株は、5月及び8月と11月及び12月を比較すると、後半にかけて増加する傾向がみられた。また穂の全りん含有率は、同時期の葉、茎及び地下茎と比べて高いことがわかった。

これらのことから、ヨシを夏に刈り取ると水質汚濁負荷を効率よく除去すると考えられるが、ヨシズ材料への利用等を考慮しヨシの枯死後に刈り取る場合には、地上部位の枯死後なるべく早い時期に刈り取りを行うことが良いと考えられる。

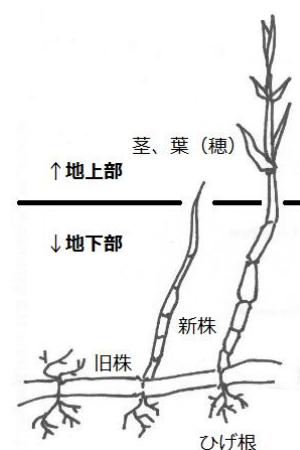


図2 ヨシ概念図

なお、夏に刈り取る場合は、切口から窒素及びリン等の成分が漏出する可能性があることから水質汚濁負荷除去については、これらの影響も含めて検討する必要があると考えられる。

また、ヨシの部位別放射性核種濃度の測定結果を図7に、ヨシ原土壌の放射性核種濃度の測定結果を図8に示す。検出下限値未満の場合は0 Bq/kg-乾としてプロットした。ヨシを部位別に見ると、葉、茎及び地下茎新株において5月に最も高く、その後減少する傾向がみられた。しかし、ひげ根や穂の放射性核種濃度は検出下限値が高く、すべて検出下限値未満であったため検討できなかった。土壌の放射性核種濃度について、8月に¹³⁴Csと¹³⁷Csの合算値が903 Bq/kg-乾と特に高い値を示した。

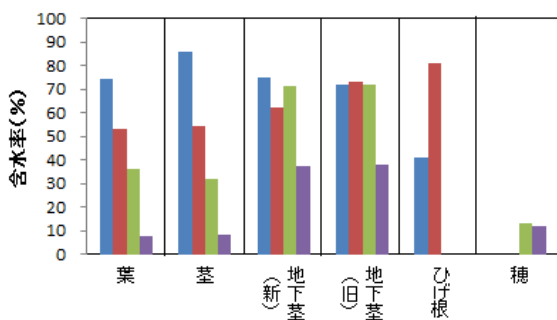


図3 ヨシの部位別含水率

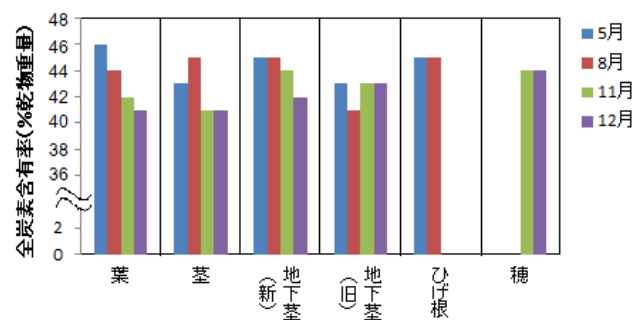


図4 ヨシの部位別全炭素含有率

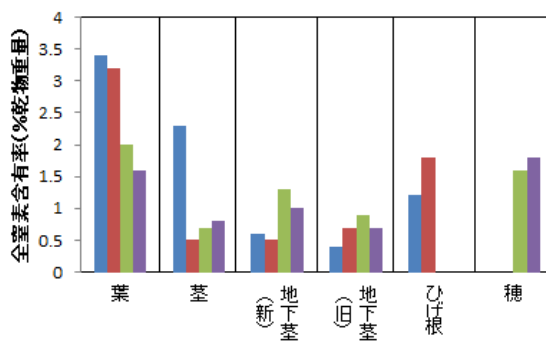


図5 ヨシの部位別全窒素含有率

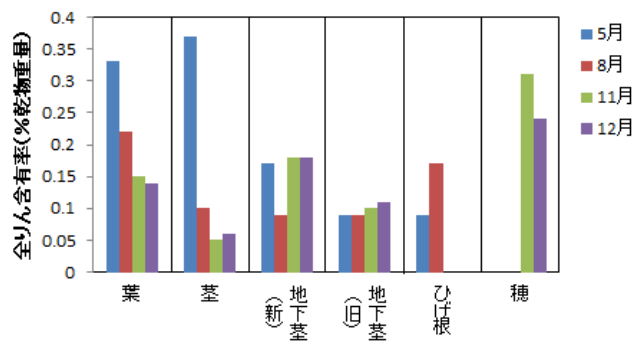


図6 ヨシの部位別全りん含有率

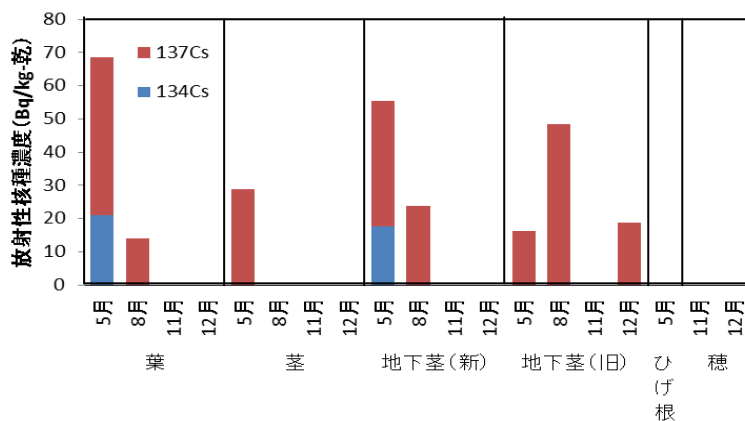


図7 ヨシの部位別放射性核種濃度

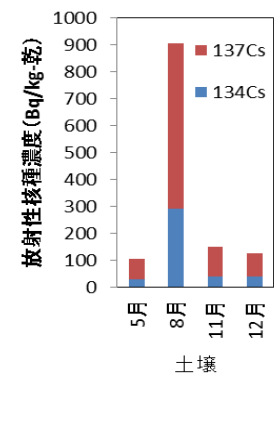


図8 土壌放射性核種濃度

(2) ヒシ

ヒシの概念図は図9に示したとおり。ヒシは葉、浮き袋等の水上部と茎や水中葉等の水中部の二部位に分けて測定した。全炭素、全窒素及び全りん含有率の結果を図10～12に示す。

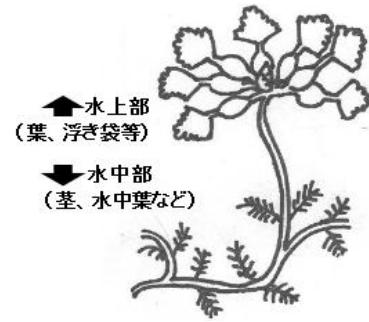


図9 ヒシ概念図

含水率は、すべての採取時期及び部位で一定 (87 %) であった。全炭素含有率は水上部水中部ともに7月から8月にかけて増加しており、最も高い値は8月の水上部の42%であった。全窒素含有率は7月の水上部が最も高く、4.3%であった。同様に、全りん含有率は7月の水上部が最も高く、0.57%であった。全窒素及び全りん含有率は水上部、水中部ともに7月から8月にかけて減少していた。また、各元素の含有率は水中部より水上部の方が高かった。

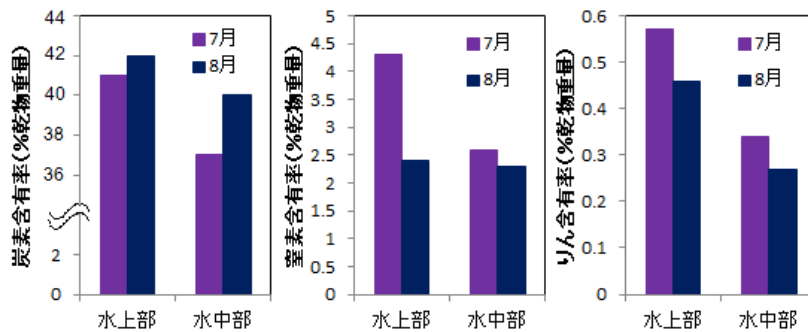


図10 全炭素含有率 図11 全窒素含有率 図12 全りん含有率

(3) アオミドロ状水生植物、刈草、漂着水生植物及び堆積枯死水生植物

アオミドロ状水生植物、刈草、漂着水生植物 (天神浜・松橋浜) 及び堆積枯死水生植物についての測定結果を図13～16に示す。

含水率は87～97%であり、アオミドロ状水生植物が最も高かった。全炭素含有率は34～43%であり、刈草が最も高かった。全窒素含有率は1.7～2.3%であり、刈草と堆積枯死水生植物が最も高かった。全りん含有率は、0.17～0.23%である他の試料に比べ刈草の値が高く、0.44%であった。刈草は農業用水路に設けられた除じんスクリーンからの回収物であり、猪苗代湖に流入する水質汚濁負荷物質である。

漂着水生植物は秋から冬にかけて猪苗代北部水域の東岸に打ち寄せられるもので、湖内部の栄養塩類を吸収した水質汚濁負荷物である。猪苗代湖岸の漂着水草回収活動による平成25年度の回収量は天神浜と松橋浜の合算で184.8 m³であった。湖岸に漂着する水生植物は主にヒメホタルイとセキショウモであり、嵩重量は527.9 kg/m³である³⁾。天神浜及び松橋浜の試料の全窒素及び全りん含有率の平均をとり水質汚濁負荷の除去量を算出すると窒素除去量が209 kg、りん除去量が23 kgであった。

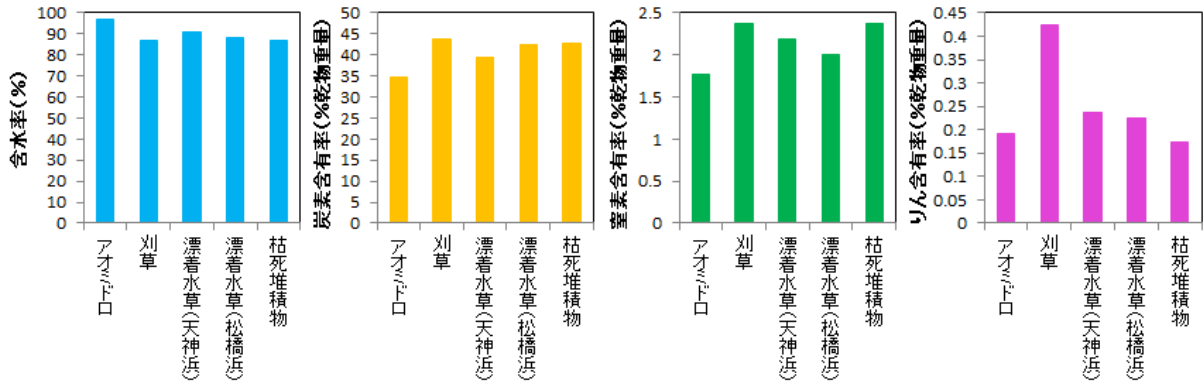


図 13 含水率

図 14 全炭素含有率

図 15 全窒素含有率

図 16 全りん含有率

8 まとめ

- (1) ヨシの地上部の全窒素及び全りん含有率は5月が最も高く、8月もしくは11月にかけて大きく低下した。一方、地下部の全窒素及び全りん含有率は5月及び8月と比較して11月及び12月に増加していた。このことから水質汚濁負荷を効率よく除去するためには夏に刈り取るのが望ましいと考えられるが、ヨシズへの利用等を考慮しヨシの枯死後に刈り取る場合にはなるべく早い時期にヨシ刈りを行うことが良いと考えられる。なお、夏に刈り取る場合は、切口から窒素及びリン等の成分が漏出する可能性があることから水質汚濁負荷除去については、これらの影響も含めて検討する必要があると考えられる。
- (2) ヒシは水中部より水上部の全炭素、全窒素及び全りん含有率が高かった。全炭素含有率は7月から8月にかけて上昇しており、全窒素及び全りん含有率は7月から8月にかけて低下していた。
- (3) その他の水生植物・湖内流入植物体について、農業用水路等より猪苗代湖へ流入することが考えられる刈草の全りん含有率が特に高かった。また、ヒメホタルイ及びセキショウモ等からなる漂着水生植物の全窒素及び全りん含有率から、平成25年度漂着水草回収事業による水質汚濁負荷除去量を計算すると、全窒素として209 kg、全りんとして23 kgであった。

9 引用文献

- 1) 福島県水・大気環境課：猪苗代湖及び裏磐梯湖沼水環境保全推進計画，平成25年3月
- 2) 紺碧の猪苗代復活プロジェクト会議：平成24年度事業実績
- 3) 清らかな湖、美しい猪苗代湖の水環境研究協議会：平成24年度活動報告，平成25年5月

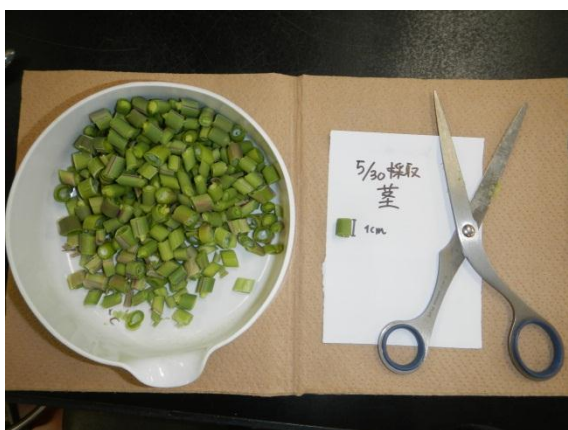
10 写真資料



5月ヨシ採取地点



5月ヨシ葉裁断後



5月ヨシ茎裁断後



5月ヨシ地下茎(新株)裁断後



5月ヨシ地下茎(旧株)裁断後



5月ヨシひげ根裁断後



8月ヒシ水上部洗浄後



8月ヒシ水中部洗浄後



9月刈草洗浄後



11月漂着水草(天神浜)



11月漂着水草(松橋浜)洗浄後



11月漂着水草(枯死堆積物)

表 1 含水率並びに窒素、炭素及びリン含有率

植物	試料名 採取日	部位	含水率 %	全窒素 %乾物重	全炭素 %乾物重	全リン %乾物重
ヨシ	5月30日	葉	74	3.4	46	0.33
		茎	86	2.3	43	0.37
		地下茎(新株)	75	0.6	45	0.17
		地下茎(旧株)	72	0.4	43	0.09
		ひげ根	41	1.2	45	0.09
		土壌	82	0.4	6.4	0.16
	8月9日	葉	53	3.2	44	0.22
		茎	54	0.5	45	0.10
		地下茎(新株)	62	0.5	45	0.09
		地下茎(旧株)	73	0.7	41	0.09
		ひげ根	81	1.8	45	0.17
		土壌	68	0.6	8.8	0.29
	11月6日	葉	36	2.0	42	0.15
		茎	32	0.7	41	0.05
		地下茎(新株)	71	1.3	44	0.18
		地下茎(旧株)	72	0.9	43	0.10
		穂	13	1.6	44	0.31
		土壌	53	0.5	7.1	0.19
	12月3日	葉	7.4	1.6	41	0.14
		茎	8.0	0.8	41	0.06
		地下茎(新株)	37	1.0	42	0.18
		地下茎(旧株)	38	0.7	43	0.11
		穂	12	1.8	44	0.24
		土壌	66	0.6	9.1	0.25
ヒシ	7月29日	水上部(葉、浮き袋)	87	4.3	41	0.57
		水中部(茎)	87	2.6	37	0.34
	8月30日	水上部(葉、浮き袋)	87	2.4	42	0.46
		水中部(茎)	87	2.3	40	0.27
アオミドロ状水生植物	8月30日	全体	97	1.7	34	0.19
刈草	8月31日	全体	87	2.3	43	0.44
漂着水生植物	11月10日	天神浜採取	91	2.1	39	0.23
		松橋浜採取	88	2.0	42	0.22
		堆積枯死水生植物	松橋浜採取	87	2.3	42

表 2 ヨシ及びヨシ原土壌の放射性核種濃度

(Bq/Kg-乾)

	5月		8月		11月		12月	
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
葉	20.9	47.8	<15.1	14.1	<13.1	<11.0	<19.1	<20
茎	<15.9	29	<11.1	<9.23	<15.9	<14.1	<21.6	<14.0
地下茎(新)	17.8	37.7	<15.7	23.8	<30.6	<25.8	<13.1	<11.8
地下茎(旧)	<17.1	16.3	<17.3	48.4	<21.6	<22.8	<19.8	18.9
ひげ根	<93.7	<89.5						
穂					<53.6	<51.3	<144	<122
土壌	27.3	76.1	290	613	38.4	112	39.1	85.0

裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に 関する調査結果（第3報）

要 旨

裏磐梯五色沼湖沼群の水質の現況を把握するため、2011年から2013年にかけて調査を実施し、千葉ら(1986年)が実施した1985年の調査結果と比較し考察した。各湖沼水等における陽イオンや陰イオン等の成分割合は、1985年調査と同様の傾向であったが、全体的に各成分の含有量は減少傾向にあった。特に銅沼及びもうせん沼では、1985年に比べ硫酸イオンや金属成分が顕著に減少していた。

I. はじめに

1888年の磐梯山の噴火により長瀬川とその支流が堰き止められるなどしてできた五色沼湖沼群の水質は、火山活動に由来し金属成分を豊富に含んだ硫酸酸性の水や磐梯山の深層地下水などから構成され、沼ごとに微妙に異なったものとなっている。いくつかの沼では、金属成分を含む酸性水が中和される過程で生成するケイ酸アルミニウムの微細粒子(アロフェン)により青白色の美しい水色を呈し、湖内や周囲の多様な植生と相まって独特の美しい景色が楽しめるなど、本県を代表する景勝地とされている。しかし近年、外来植物の侵入や水色変化の指摘など、五色沼湖沼群をとりまく環境の変化が懸念されている。

生態系や水質に関する本格的な調査は1980年代半ばを境に激減していることから、福島大学、福島県等の関係機関が2011年に「裏磐梯の湖沼環境を考える会議」を設置し、水辺生態系や水質の現状や変化の有無を明らかにするため、連携して調査を行うこととした。

本報は、環境センター等が2011年11月に実施した1回目の調査、2012年6月の2回目の調査及び2013年8月の3回目の調査で、湖水等の化学的成分に関する調査の結果をまとめたものである。

II. 調査内容

1. 調査年月日

- 1回目：2011年11月14日
(銅沼等の3地点は11月8日)
- 2回目：2012年6月19日
(銅沼等の3地点は6月15日)
- 3回目：2013年8月27日
(銅沼等の3地点は8月26日)

2. 調査地点

銅沼^{るりぬま}、瑠璃沼^{あおぬま}、青沼^{べんでんぬま}、弁天沼
(以上『銅沼系』)、もうせん沼^{やろくぬま}、弥六沼^{やなぎぬま}、柳沼^{いしくらぬま}、石倉沼(以上『柳沼系』)、竜沼^{たつぬま}、
深泥沼^{みどろぬま}、毘沙門沼^{びしやもんぬま}(以上『竜沼系』)及び赤沼^{あかぬま}(12湖沼)

また、このほか銅沼の北にある無名の沼、及び裏磐梯スキー場ゲレンデ内湧水等でも採水を行った。さらに参考地点と

して五色沼湖沼群からの流水が合流する長瀬川直下でも追加して調査を行った。

12 湖沼では原則として、それぞれの流入水と流出水を採取することとしたが、植生や底泥等により流入水(又は流出水)の採水が困難な地点は、流入地点(又は流出地点)付近の湖沼内の水を採取した。また、表流水の流入が確認できない銅沼、赤沼、流入地点付近への到達が著しく困難な瑠璃沼、もうせん沼は沼の中央部又は流出地点付近の 1 箇所とした。総調査地点数は、7 湖沼×2 地点、5 湖沼×1 地点、追加地点 6 地点の計 25 地点とした。

3.調査機関

現地調査・採水：福島県水・大気環境課，会津地方振興局，環境センター，公益財団法人福島県保健衛生協会，福島大学

分析：福島県環境センター，公益財団法人福島県保健衛生協会

4.分析項目及び測定方法

分析項目及び測定方法は別表 1 のとおり。分析項目のうち、大腸菌群数とクロロフィル a は原則として各湖沼の 1 地点(流出側)とした。

Ⅲ. 結果と考察

調査の結果は、別紙 2「平成 25 年度結果一覧表」のとおり。五色沼湖沼群は、千葉ら(1986)によると、銅沼→スキー場湧水→緑沼→瑠璃沼→青沼→弁天沼の系列(以下[銅沼系])と、もうせん沼→弥六沼→父沼→母沼→柳沼→石倉沼の系列(以下[柳沼系])があり、これらが合流して、竜沼→深泥沼→毘沙門沼(以下[竜沼系])と流下して長瀬川に流入しており、1985 年に今回とほぼ同様の詳細な

調査を行い上記の水系別に考察を加えている(以下「1985 年調査」とする)。

今回(2013 年調査)は五色沼湖沼群の水質について、1985 年、2011 年～2013 年の各調査結果との比較を行った。なお、採水地点名を省略する場合は、別表 2 の地点番号(No.1～No.22)を使用した。

1.湖沼水の主要成分について

溶存物質の総量である蒸発残留物(mg/L)及び個別の各成分含有量を積算した含有量総和(mg/L)、イオン当量総和(meq/L)、電気伝導率 EC 及び pH について各項目間の相関(R 値)を調べた。

表 1 主要項目間の相関 2013 年

2013年					
	pH	蒸発残留物	イオン当量	含有量総和	EC
pH	1				
蒸発残留物	-0.7962	1			
イオン当量	-0.8010	0.9938	1		
含有量総和	-0.8078	0.9983	0.9978	1	
EC	-0.8519	0.9826	0.9814	0.9865	1

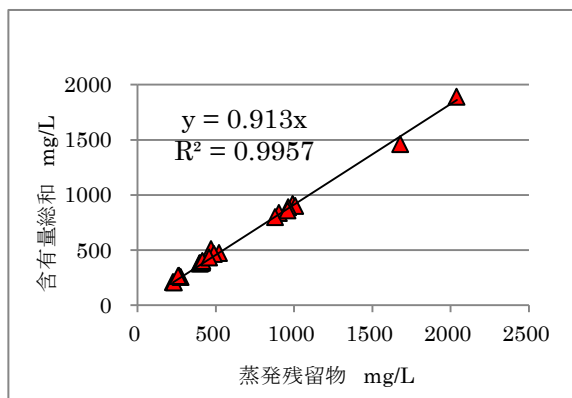


図 1 主要項目間の相関 2013 年

蒸発残留物，含有量総和，イオン当量総和いずれの間においても高い相関を示している。蒸発残留物と含有量総和との関係を図 1 に示した。EC と蒸発残留物，

含有量総和，イオン当量総和との間に高い相関が見られる．2011年，2012年も同様であった．

主要成分の含有量(mg/L)を地点毎に比較した(図2)．調査地点の中で最も標高の高い所に位置している銅沼は蒸発残留物が2040 mg/L(別表)と調査地点の中で最大だった．含有量が最大の成分は硫酸イオンであり，各成分の総和(mg/L)に硫酸イオンが占める割合が最も高い地点は銅沼で約70%を占めていた．最小地点は弥六沼流出地点で約50%であった．上流部の地点は各成分とも濃度が高く，下流域では大きな違いはなかった．

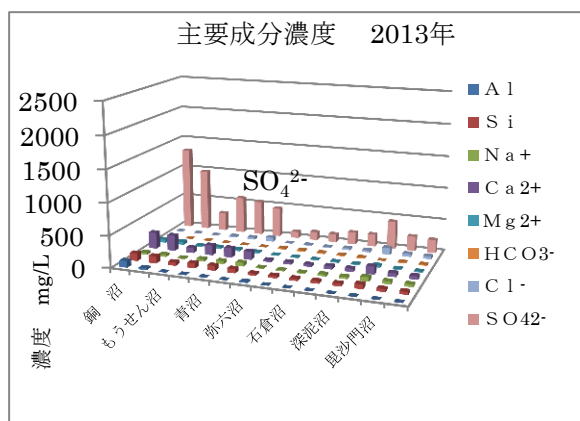


図2 主要成分濃度 2013年

成分含有量の総量(含有量総和)が最大の地点(銅沼)では，硫酸イオン以外にカルシウムイオンやマグネシウムイオンのカチオンやAl,Fe,Mnの金属及びケイ酸SiO₂が多かった．2011年及び2012年の結果も同様であった．

1985年の千葉らの調査結果では，湖沼群全体の成分含有量について上流部は各成分の濃度が高く，下流部では低いという傾向は大きな変化はないが，銅沼ともうせん沼では硫酸イオン等成分の濃度低下が顕著であった(図3)．

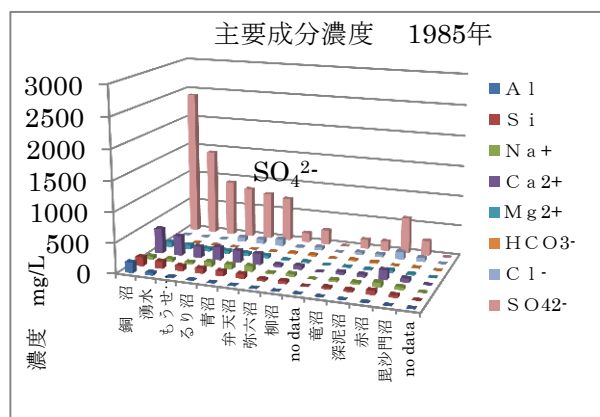


図3 主要成分濃度 1985年

2. 主要成分間の相関

千葉らが主要成分としていた硫酸イオン濃度，カルシウムイオン濃度について相関を調べると1985年調査と同じような相関がみられた(図4)．

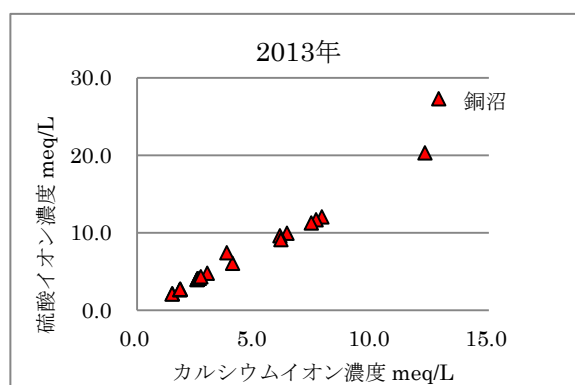


図4 硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度との関係

銅沼は直線から外れるが，[硫酸イオン濃度(meq/L)]=1.61×[カルシウムイオン濃度(meq/L)]-0.276 (R²=0.996)の関係式が成り立つ．硫酸イオン濃度とマグネシウムイオン濃度との間にも同様な一次式で表される一定の関係が成立していた．

硫酸イオンは多くの2価イオンと塩を生成するので，カルシウムイオン，マグネシウムイオン及びAl,Fe,Mnの金属成分を合計したイオン当量濃度(meq/L)と硫

酸イオン当量濃度 (meq/L) との相関を調べてみた (図 5)。

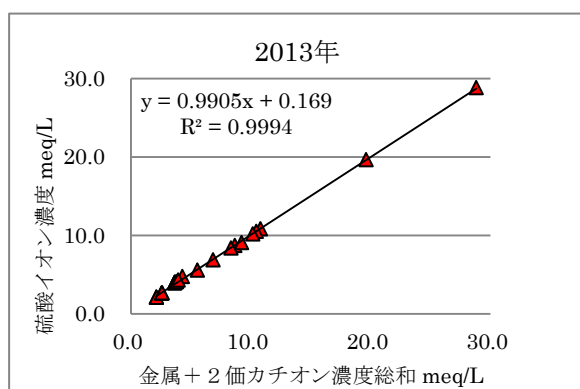


図 5 硫酸イオン濃度と金属 + 2価カチオン濃度との関係

五色沼湖沼群では、イオン等量数ではほぼ 1 対 1 の関係が成り立っている。この強い相関は、1985 年、2011 年、2012 年の結果でも同様であった。

以上のことから、五色沼湖沼群の湖沼水はカルシウムイオンやマグネシウムイオン等の硫酸塩が主成分といえる。

3.各調査項目の結果と考察

3.1 pH

pH の結果を図 6 に示す。1985 年調査と比較すると多くの地点で pH の上昇がみられた。銅沼系の湖沼では、すべて酸性を示していた。銅沼 (No.1) の 3.44 から下流部へ下るにつれ pH が上昇し、弁天沼 (流出水, No.8) では 5.46 を示した。柳沼系のもうせん沼 (No.7) では、1985 年調査と比較すると pH が 4.26 から 5.31 (2011 年調査 : 5.95, 2012 年調査 : 5.04) へ上昇している。弥六沼 (No.11) 及び柳沼 (No.13) はいずれも中性を示し、大きな変動はみられなかった。

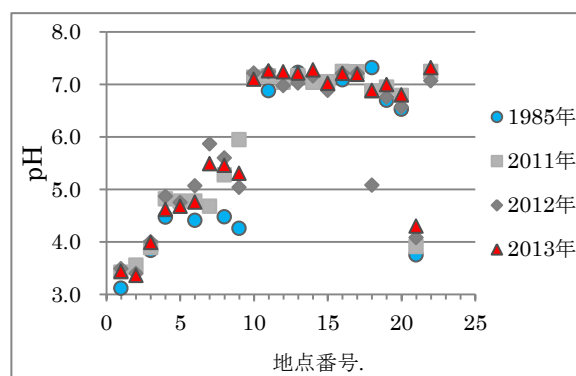


図 6 各調査地点の pH 値

銅沼系と柳沼系が合流した後の竜沼系の湖沼では中性を示し、1985 年調査とはほぼ同程度の値であった。深泥沼 (流出水, No.18) では 7.32 から 6.89 と低下していた。赤沼 (No.21) は竜沼系の沼と異なり、酸性を呈しているが pH3.75 (1985 年) から 3.91 (2011 年), 4.08 (2012 年), 4.30 (2013 年) と上昇が続いている。

各湖沼のイオン当量濃度でカチオンの占める割合は「 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > (\equiv) \text{Mg}^{2+}$ 」、アニオンの占める割合は「 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ 」の順となっており、1985 年調査と同様の結果となった。1985 年調査と比較すると、銅沼系、柳沼系及び赤沼で硫酸イオンの減少がみられた。特に銅沼ともうせん沼では硫酸イオンの他に、カルシウムイオン、マグネシウムイオンも減少した。

イオン当量の構成比にも変化が生じている (別図「五色沼湖沼群の主要構成イオンの比較」)。1985 年調査より約 30 年経過した現在 (2013 年) は、カルシウムイオン及びナトリウムイオンの割合が増え、金属、マグネシウム及び塩化物イオンの割合が減少した。

3.2 EC(電気伝導率)

ECは、銅沼系と赤沼で1.0 mS/cm以上と高く、柳沼系及び竜沼系は低い値であった。蒸発残留物も同様に銅沼系と赤沼で1000 mg/L以上と高い値を示した。2011年及び2012年の調査結果と比べると全般に低下した地点が多かった。特に銅沼直下の沼(No.2)は2012年調査時の約半分に低下し、2011年とほぼ同水準の値に近くなった。降水等低濃度の水で湖沼水が希釈されたためと思われる。1985年調査では同じ地点のデータがなかったので比較はできなかった。

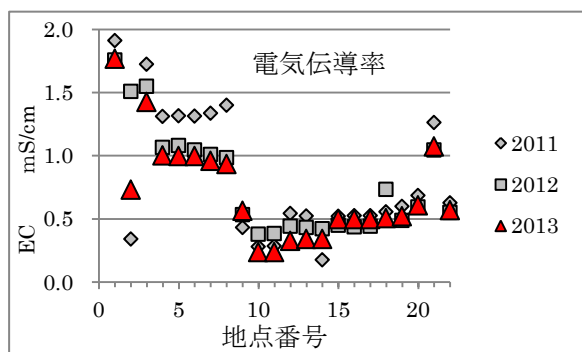


図7 電気伝導率 EC

3.3 DO(溶存酸素)

もうせん沼と赤沼が比較的、溶存酸素濃度が低いこと以外は目立った変化はなかった(図8)。もうせん沼と赤沼は表流

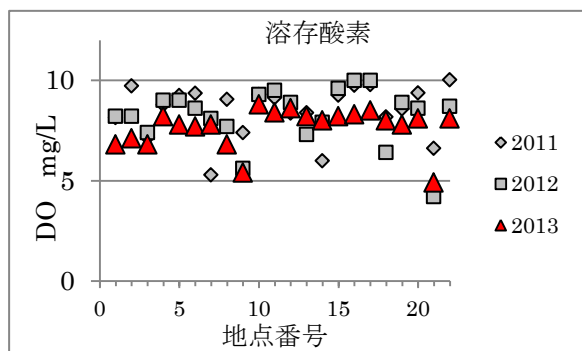


図8 溶存酸素

水の流れが不明確で水の流入・流出に乏しい湖沼と思われる。

2013年の調査時期は8月の暑い日であったため、比較的低い値を示したものと思われる。

3.4 COD と TOC

COD及びTOCはいずれも有機物指標に用いられるものである。柳沼系の湖沼はCODが2 mg/L前後であるが銅沼系および竜沼系の湖沼は1前後と比較的低値である。赤沼は2011年と比較して上昇しており、2013年は4.3mg/Lとなった(図9)。

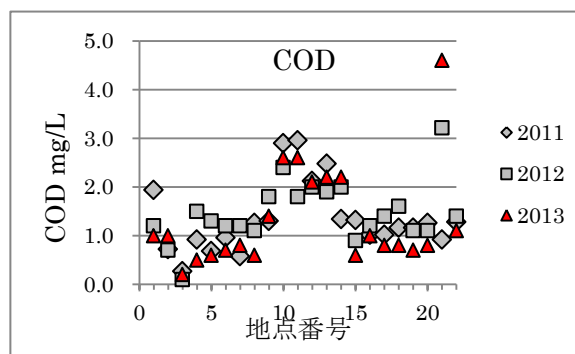


図9 COD

TOCはCODと同様に柳沼系の沼が比較的高めであった(図10)。

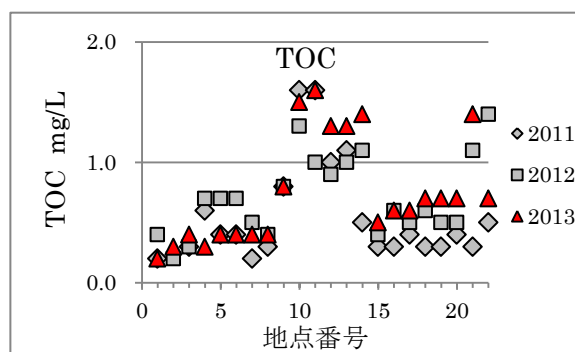


図10 TOC

この二つの項目の比COD/TOCをとると銅沼系の一部と赤沼(No.21)を除いた大部分のCOD/TOC値は1.6前後となっ

た(図 11). 2012 年は 2013 年と同様な傾向だが, 2011 年は全般に高めであった.

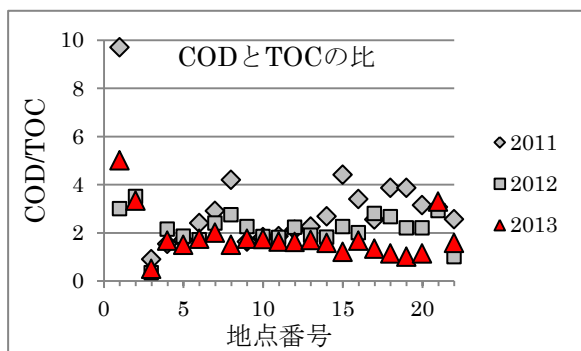


図 11 COD と TOC の関係

3.5 T-P,T-N およびクロロフィル a
全リン(T-P)は定量下限未満となった地点が弁天沼流出地点(No.8)のみであった. 2013 年は 0.003 未満から 0.019 mg/L と比較的 low 値であった(図 12). 調査時期により, 多少の変動がみられた. 2011 年からの 3 ヶ年の結果では, 柳沼系の地点が比較的高めであった.

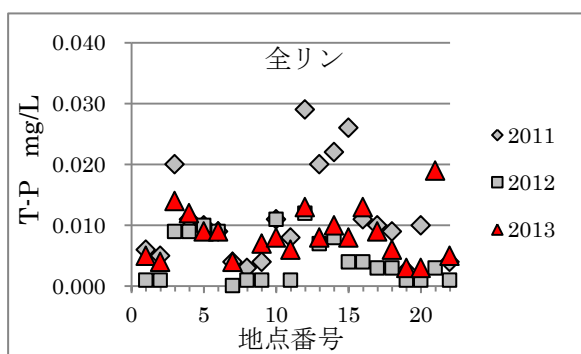


図 12 全リン

全窒素(T-N)は, 銅沼系湖沼と赤沼(No.21)で比較的高い. また, 2013 年は 2011 年と 2013 年の間の値を示すものが多い. 調査時期別では 6 月(2012 年), 8 月(2013 年), 11 月(2011 年)の順に値が大きいく.

クロロフィル a 濃度は, 瑠璃沼(No.4)を除き, 銅沼系の湖沼では比較的 low 値

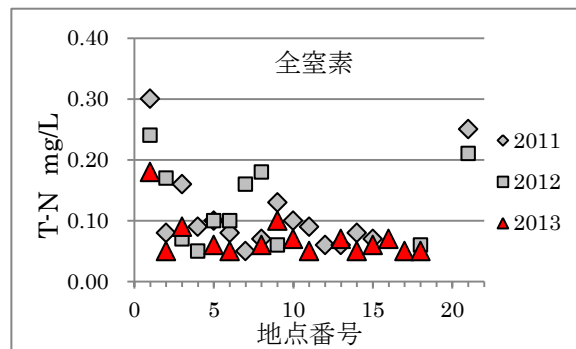


図 13 全窒素

(図 14)で柳沼系及び竜沼系の竜沼流入・流出水(No.15, No.16), 深泥沼流出水(No.18), 赤沼(No.21)で高値である.

また, 毘沙門沼流入・流出水(No.19, No.20)では low 値である.

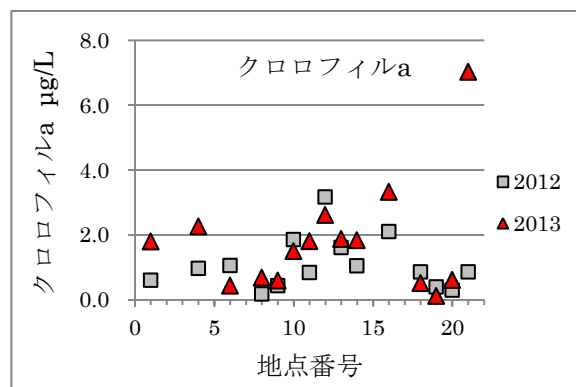


図 14 クロロフィル a

クロロフィル a は全リン(T-P)濃度及び全窒素(T-N)濃度との相関が高く, その関係を表す式⁴⁾が知られている.

今回の調査結果に適用すると, 全リンとの間では関係式 $\log[\text{クロロフィル濃度}(\mu\text{g/L})]=1.83\log[\text{T-P 濃度}(\text{mg/L})]+3.615$ を満足し, よい相関が得られた(図 15).

また, 全窒素との間に相関はなかった.

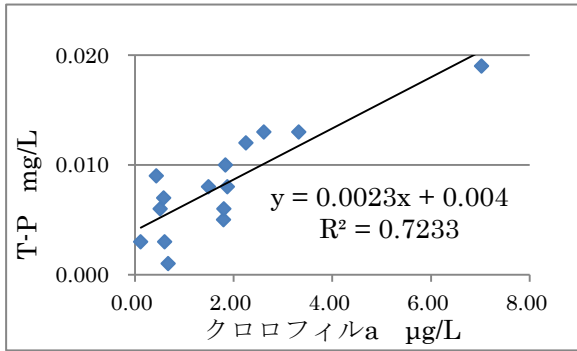


図 15 クロロフィル a と全リン

3.6 大腸菌群数

銅沼系では低めで，柳沼系及び竜沼系で多い傾向にある。竜沼流出水(No.16)と毘沙門沼流入水(No.19)が 2013 年調査では最大値の 330MPN/100 mL を示した。毘沙門沼流出水が合流する直下の長瀬川(No.22)では，環境基準を超える 1,300MPN/100 mL であった(図 16)。

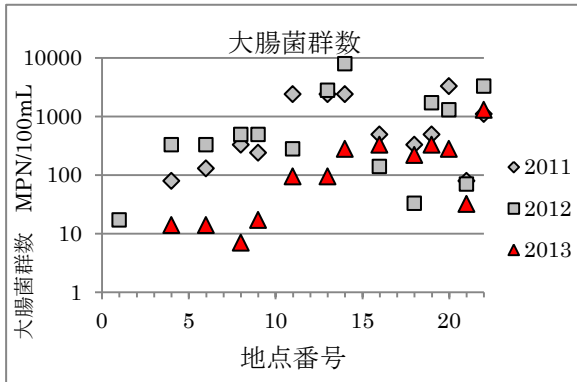


図 16 大腸菌群数

2011 年,2012 年の調査はそれぞれ 11 月，6 月の調査であり，調査年による違いか，季節変化を示すものかはわからない。

なお，赤沼(No.21)の大腸菌群数が少ないのは pH が低いことと関連があるのか(図 17)調べた。

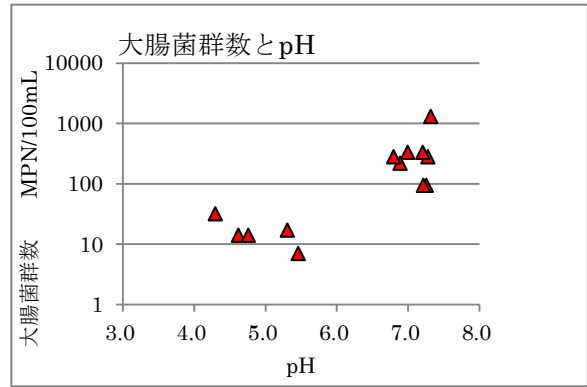


図 17 大腸菌群数と pH(2013 年)

大腸菌群数が高いグループと低いグループそれぞれ中性側，弱酸性側に 2 分された。対象を 2011 年から 2013 年までの 3 年分を使用して大腸菌群数と pH の傾向は図 18 のとおり。菌数の分布範囲が広く，低 pH になるほど菌数の最大値が

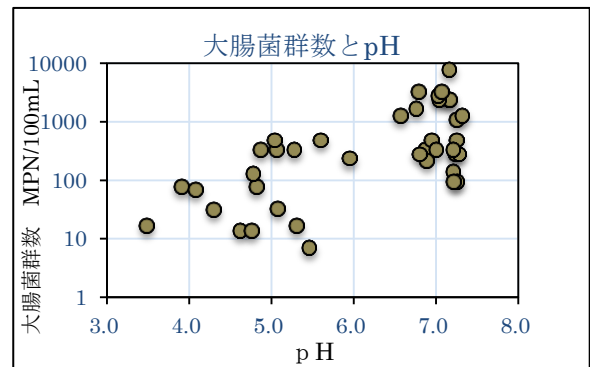


図 18 大腸菌群数と pH(1998 年～2011 年)

小さくなる。

五色沼湖沼群の下流部に位置している毘沙門沼は「福島県水質測定計画」で水質の定期モニタリングを行なっている地点である。

1998 年(平成 10 年)から 2011 年(平成 23 年)にかけて毘沙門沼湖心における pH と大腸菌群数の関係を図 19 に示した。五色沼湖沼群全域と同じような傾向が見られた。

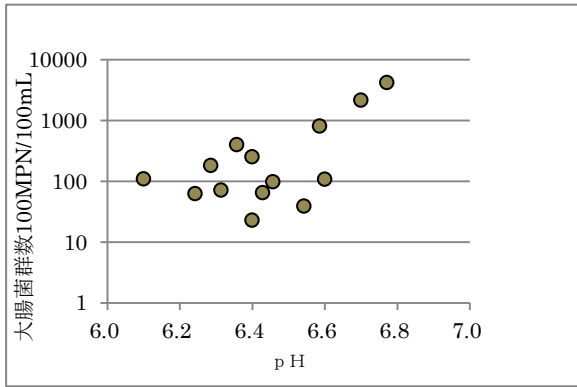


図 19 昆沙門沼における pH と大腸菌群数(1998 年～2011 年)

1,000MPN/100 mL を上回るのは pH が 6.6 付近のときであった。五色沼湖沼群水が流下する猪苗代湖も近年、pH 上昇とともに大腸菌群数検査で検出されることが多くなった。1000MPN/100 mL を超えるようになったのは湖心の pH が 6.5 以上になってきてからである。

3.7 アルカリ度および酸度

アルカリ度の最大値は柳沼系の柳沼流出水(No.13)で 16.6 mg/L だった。

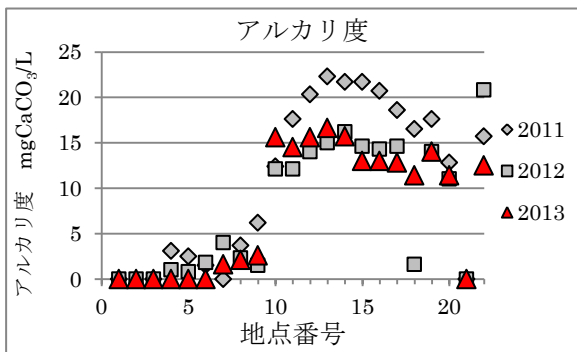


図 20 アルカリ度

2011 年からの最近 3 ヶ年では、低値であった(図 20)。2011 年に最大値を示した地点は 2013 年と同様、柳沼流出水地点(No.13)で最大値は 22.3 mg/L と 2013 年の約 1.3 倍あった。

酸度については、銅沼系の地点は他の水系より酸度が高い(図 21)。銅沼系、柳沼系、竜沼系の 3 つの水系いずれとも流入・流出水の出入りが明確ではない赤沼は酸度が高く(34.2 mg/L)、銅沼系や柳沼系のもうせん沼より高い。同じ水系の中でも上流より下流側に酸度の高い地点がいくつか見られる。これは、表流水以外に伏流水等の地下水のつながりがあって、上流(上流側)から酸度の高い水が供給されていることを示しているものと思われる。

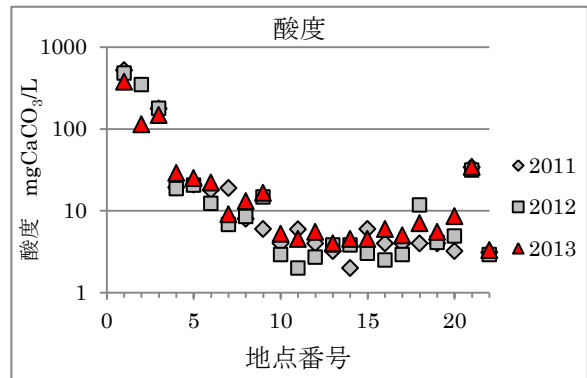


図 21 酸度

8 金属成分

酸度とアルミニウム濃度は相関が高い(図 22)。鉄やマンガンなどの金属成分も同様である。

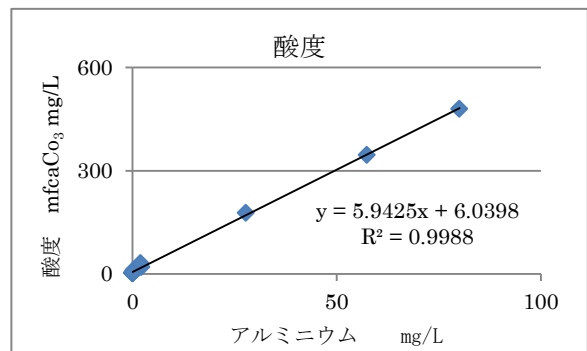


図 22 酸度とアルミニウム濃度

アルミニウムなどの金属成分は pH の低い銅沼系の湖沼および赤沼 (No.21) に多く含まれている。とりわけ、最も酸度の高い銅沼 (No.1) が最も高濃度であった (図 23)。

五色沼湖沼群では、アルミニウムは金属成分の中で最も含有量 (mg/L) が多く、銅沼では、溶存している金属の中で、約 92% をアルミニウムが占めている。

スキー場湧水 (No.3) でのアルミニウムの割合は 83% (溶存態)、同様に瑠璃沼流出水 (No.4) では 83%、青沼流出水 (No.6) 59%、弁天沼流出水 (No.8) 25% となっていた。

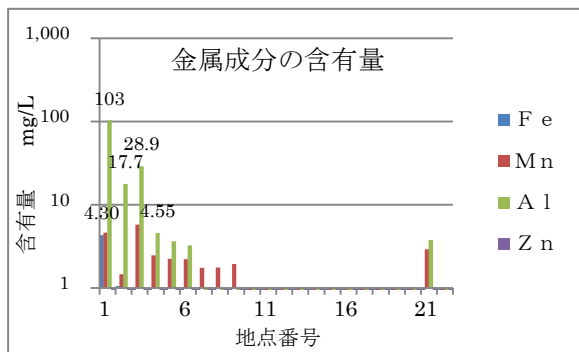


図 23 金属成分の含有量

アルミニウムなどの金属成分は pH の低い銅沼系の湖沼及び赤沼 (No.21) に多く含まれている。とりわけ、最も酸度の高い銅沼 (No.1) が最も高濃度であった (図 23)。

また、pH5.0 を超える地点では全アルミニウム、溶存態ともに検出下限未満となった。

金属成分中の溶存態が占める割合を図 24 に示した。鉄はアルミニウムと異なり溶存態の割合は低く、銅沼では 61%、瑠璃沼で 71%、青沼流出水では 17% であった (図 24)。

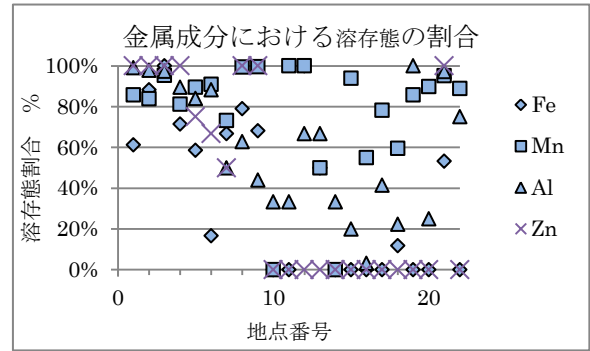


図 24 金属成分中の溶存態の割合

マンガンは地点別にこれといった傾向はなかった。亜鉛は含有量が少なく、pH3 台の低い pH では溶存態の割合が高かった。

3.9 ケイ酸

ケイ素をケイ酸 SiO_2 として求めた (図 25)。上流部及び銅沼系で高く、柳沼系および竜沼系ではほぼ一定で 33mg/L から 55mg/L の範囲で分布していた。No.2 の地点では、2012 年調査時と比べると半減しており、ケイ酸以外の成分も半分から約 1/3 に低下していた。降水成分等低

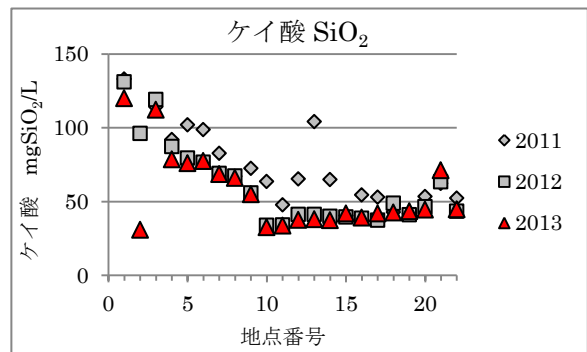


図 25 ケイ酸

濃度の水で希釈された可能性が高い。赤沼はケイ酸含有量が高く pH が低い。銅沼系湖沼との類似性から pH とケイ酸との関連を調べたところ (図 26)、比較的高い相関が得られた。

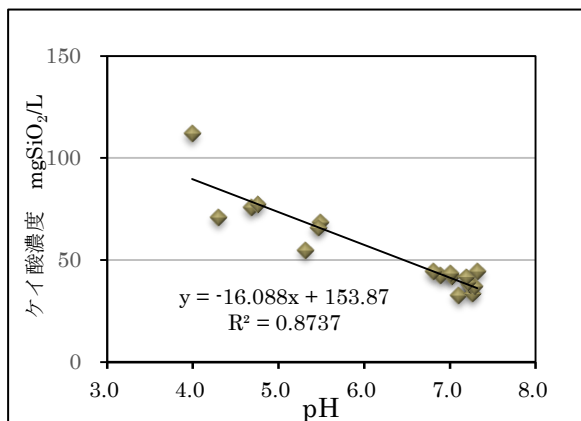


図 26 ケイ酸濃度と pH

2011年, 2012年調査も同様傾向を示した。1985年の千葉らの結果をあてはめても同様な結果が得られた。

3.10 その他の成分

千葉らの報告(1986年)では, NaCl型地下水の存在に言及している。ナトリウムイオン濃度(meq/L)と塩化物イオン濃度(meq/L)との間に1対1の割合で流下方向に増加している。上流部の銅沼には塩化物イオンが2.9mg/L程度と極くわずかししか存在してない。今回(2013年)の調査結

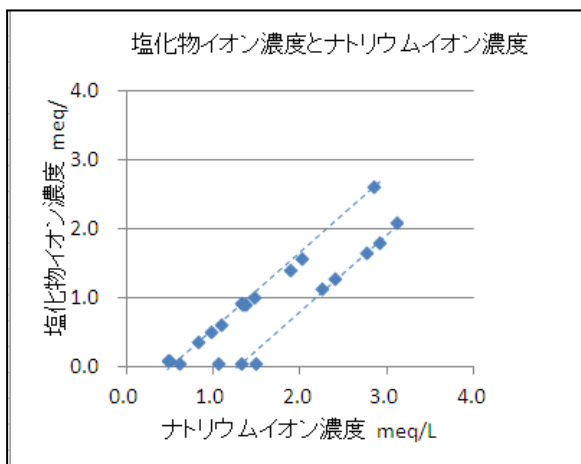


図 27 塩化物イオンとナトリウムイオン濃度(1)

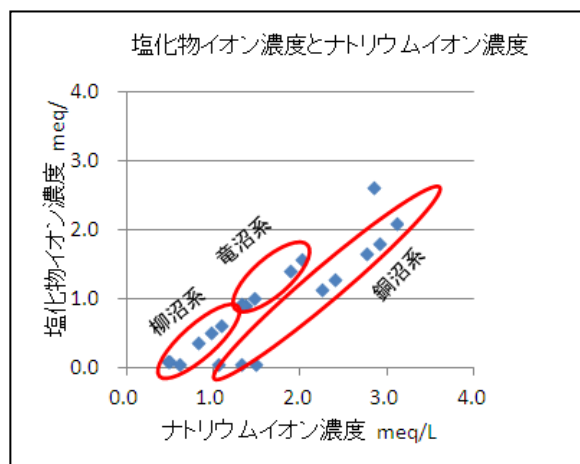


図 28 塩化物イオンとナトリウムイオン濃度(2)

果はその推定結果と類似するものである。

図 27 において, イオン当量比で塩化物イオン濃度とナトリウムイオン濃度との間に, 1対1の割合で増減している水系が少なくとも2つあることがわかる。

二本の直線上にプロットされる地点は左下から柳沼系, 竜沼系で右側の直線は銅沼系の湖沼がプロットされている(図 28)。

炭酸水素イオンはNaClと同様に銅沼にはない成分であるが柳沼系及び竜沼系の湖沼に広く存在している。

また, 炭酸水素イオンはpHと相関が高い成分で, 五色沼湖沼群では弥六沼流入水から出現する。もうせん沼から弥六沼に至る水系のどこかで炭酸水素イオンを含有するアルカリ性の水が合流してくるものと思われる。佐藤ら⁵⁾の柳沼等の底質の分析結果からカルシウム、マグネシウム、アルミニウム等金属が豊富に検出されることからこのことを支持するものである。

最後に、フッ素(F)イオン,硝酸イオン,亜硝酸イオン,アンモニアイオン及びカリウムイオンは含有量が少なく,他の成分や調査項目と相関が認められなかった.

IV. まとめ

千葉らの1985年調査を参考に2011年と2012年に「裏磐梯の湖沼環境を考える会議」の会員機関等で実施した調査データから、裏磐梯五色沼湖沼群の水質について考察した.

裏磐梯五色沼湖沼群に共通する特徴として,主成分は硫酸カルシウム及び硫酸マグネシウムなどの硫酸塩であり,硫酸イオンとカルシウムイオン及びマグネシウムイオンとは一定の比率で存在している.

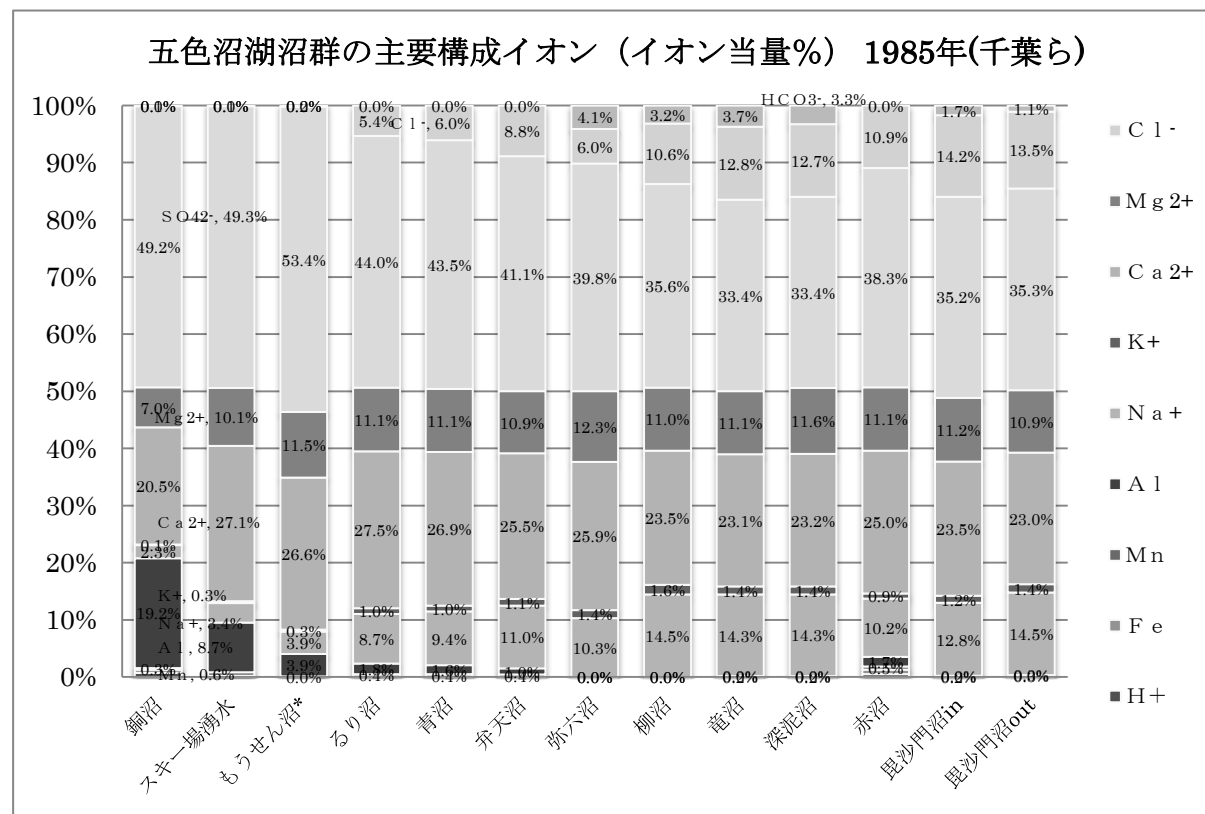
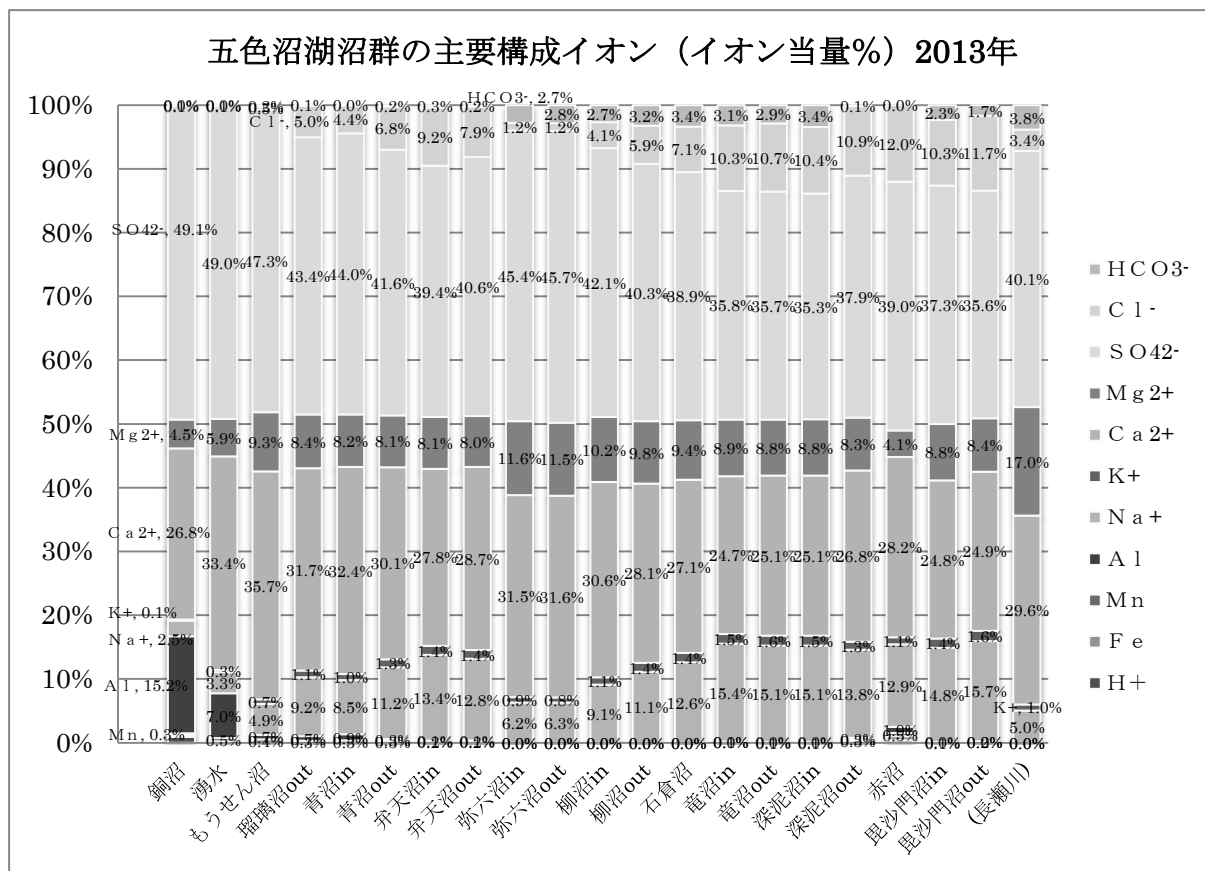
銅沼のpHの高低により下流部の湖沼等の硫酸イオンやカルシウムイオン及びマグネシウムイオン等の濃度が減少または増大する.

裏磐梯湖沼群の水質は約pH4程度から7までと幅広く分布しており,2011年から2013年の調査では,1985年調査時より,pHが上昇している.銅沼の主要成分濃度も1985年調査時の約半分程度,もうせん沼においては約5分の1にまで顕著に減少していた.安達太良山からの酸性物質供給量が一時期より減少し,下流河川の酸度減少,pH上昇を引き起こしている⁶⁾が同じような源流域河川の成分濃度低下が磐梯山周辺でも生じていて,猪苗代湖への硫酸塩等の負荷量の減少をもたらすなど下流域の水質に影響を及ぼしている可能性がある.

引用文献

- 1)千葉 茂・朝倉誠司・松本仁志 (1986) 裏磐梯五色沼の水質とその成因について, 福島大学教育学部論集理科報告 (38), 19-29.
- 2) 國井芳彦・鈴木 仁・佐久間智彦・林王克明 (2012) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的成分に関する調査結果, 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 26-37.
- 3) 國井芳彦・渡邊 稔・佐久間智彦 (2013) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的成分に関する調査結果 (第2報), 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 26-35.
- 4) Sakamoto,M. (1966) Primary production by phytoplankton community in some Japanese-lakes and its dependence on lake depth. Arch.Hydrobiol., 62, 1-28.
- 5) 佐藤一男・阿部純一・佐久間智彦 (2012) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖底堆積物～その物理化学的な性状～, 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 157-162.
- 6) 渡邊 稔・國井芳彦・渡辺俊次 (2012) 流入河川が猪苗代湖に及ぼす影響について, 全国環境研会誌, 37, 51-57.

別図 裏磐梯五色沼湖沼群の構成イオンの比較



付表 1 調査項目ごとの測定方法と結果の表示方法 (裏磐梯五色沼湖沼群環境調査 第3回目)

【福島県環境センター】

調査項目	測定方法	単位	測定結果の表示方法		
			定量下限値	表示した最小桁数	「水質測定計画」との相違点
pH	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 12.1 ガラス電極法)	—	—	小数点以下2桁	※1 大腸菌群数、全窒素及び全磷については 水質測定計画と同じ。 ※2 ECも単位(mS、μ S)が異なるだけで水質 測定計画と同じ。 ※3 pH及びクロロフィルaは、水質測定計画よりも 一桁下まで(小数点以下2桁目まで)表示す ることとし、有効数字桁数は考慮しないこと とした。 ※4 DO及びCODは水質測定計画で報告下限 とされている0.5mg/L未満の値でも、結果を そのまま表記した。同様にクロロフィルaも1μ g/L未満の値も表記した。
EC	JIS 13 電気伝導度計	mS/cm	—	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	
COD	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 17 KMnO4による酸素消費量)	mg/L	(0.0)	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
大腸菌群数	“(最 確数による定量法)	MPN/100mL	(0)	—	
全窒素	“(JIS 45.2 紫外吸光度法)	mg/L	0.05	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
全磷	“(JIS 46.3.1 ベルオキソ二硫酸トリウム分解法)	mg/L	0.003	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	
クロロフィルa	上水試験方法 27	μg/L	(0.00)	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
DO	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 32 よう素滴定法)	mg/L	(0.0)	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	

※ JISとは「日本工業規格 K0102 工場排水試験方法」を示す。

※ 水質測定計画とは「平成25年度水質測定計画(福島県)」を示す。

【(財)福島県保健衛生協会】

調査項目	測定方法	単位	測定結果の表示方法		備考
			定量下限値	表示した最小桁数	
蒸発残留物	JIS K0102 14.2	mg/L	1	整数3桁(小数点以下を切り捨て)	0.45μ mのメンブレンフィルターにてろ過したものを試料とした。
酸度	上水試験方法 14.3	mgCaCO3/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
アルカリ度	上水試験方法 14.2	mgCaCO3/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
TOC	JIS K0102 22 燃烧酸化—赤外線式TOC自動計測法	mg/L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Fe	JIS K0102 57.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Mn	JIS K0102 56.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Al	JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Zn	JIS K0102 53.3 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Si	JIS K0101 44.3.1 モリブデン青吸光度法	mgSiO2/L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Na ⁺	JIS K0102 48.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
K ⁺	JIS K0102 49.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Ca ²⁺	JIS K0102 50.4 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Mg ²⁺	JIS K0102 51.4 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
NH ₄ ⁺	JIS K0102 42.2 インドフェノール青吸光度法	mg/L	0.05	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
F ⁻	JIS K0102 34.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
SO ₄ ²⁻	JIS K0102 41.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
NO ₃ ⁻	JIS K0102 43.2.5 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
NO ₂ ⁻	JIS K0102 43.1.2 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Cl ⁻	JIS K0102 35.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
HCO ₃ ⁻	鉱泉分析法指針 7-30 中和滴定法	mg/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
T-Fe	JIS K0102 57.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	懸濁分は酸添加による分解を行い、 試料中の全量を測定した。
T-Mn	JIS K0102 56.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
T-Al	JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
T-Zn	JIS K0102 53.3 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	

