

平成27年度猪苗代湖調査研究事業等報告書

平成28年 9月

福島県環境創造センター

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	猪苗代湖大腸菌群数超過対策調査……	20
3	猪苗代湖全湖水面調査……	33
4	湖沼における難分解性有機物調査……	42
5	猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査……	49
6	裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査……	54

1 猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査

1 目的

猪苗代湖は長年酸性湖として知られており、平成7年にはpHは5.1であったが、最近は約6.8まで上昇し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。

このため、猪苗代湖及び猪苗代湖に流入する主要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

湖水及び流入河川水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の放流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（1回/月）

3-(2)～(7)の地点：4月、6月、8月、10月、12月、2月（1回/月）

5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度（湖）、色相（湖）、流量（河川）、透視度（河川）
- (2) 金属成分（Fe、Mn、Al、Zn）
- (3) 陽イオン（ Na^+ 、 K^+ 、 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）でろ過した試料を「溶存態」とした。

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：交流二電極法
- (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
- (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-赤外線分析方式
- (8) chl-a：アセトン抽出による吸光光度法

7 結果及び考察

平成 27 年度の現地調査結果を別紙 1-1 及び 1-2 に、分析結果を別紙 2 及び別紙 3 に示す。

(1) 猪苗代湖湖心について

ア 季節変動

(ア) 鉛直水温

鉛直水温の調査結果を図 2 に示す。なお、6 月は測定器の不具合により測定できなかったため、別調査で測定した 5 月及び 7 月の結果を使用した。4 月の水温は全層でほぼ一定で、5 月には水温躍層が形成されつつあり、7 月及び 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、例年と同様の傾向を示した。

測定期間の最高水温は 8 月の表層で 27.6 °C であった。

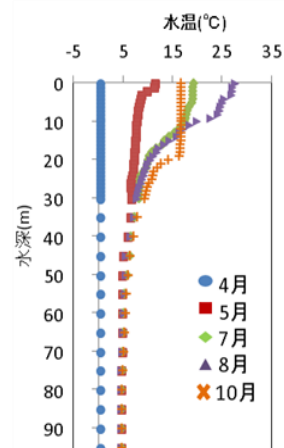


図 2 鉛直水温

(イ) pH

pH の結果を図 3 に示す。pH の最大値は、6 月の水深 10 m における 6.88 で、最小値は 10 月の水深 90 m における 6.47 であった。

水深ごとに pH の季節変動をみると、表層は 6.66～6.84、水深 10 m は 6.76～6.88、水深 50 m は 6.66～6.86、水深 90 m は 6.47～6.86 の範囲で推移していた。

pH の季節変動を全層についてみると、例年と同様に、水温躍層形成前の 4 月は pH の値が全層でほぼ一定であった。

6 月以降は表層以外は水深が下がるほど低い値となった。例年は、水温躍層が形成後は、水温躍層の上層部(表層・10m)、下層部(50m・90m)で差が見られ、上層部の方が pH が高い値となっていたが、今年度は表層部において下層部の水深 50m 地点とほぼ同じ値となり違った傾向を示した。

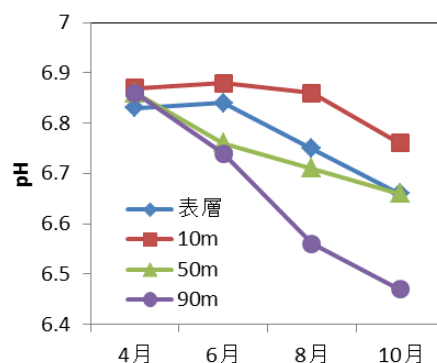


図 3 pH の季節変動

(ウ) T-N、T-P

T-N の結果を図 4、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の結果を図 5 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 未満の場合は 0 mg/L として合算値を算出した。

T-N の最大値は 8 月水深 90 m の 0.34 mg/L で

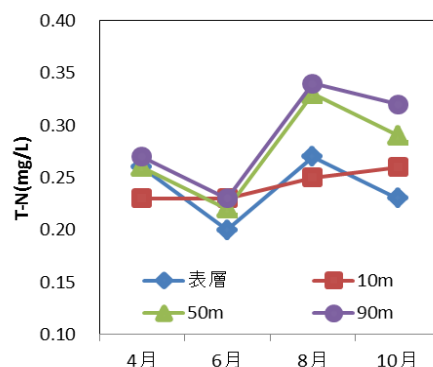


図 4 T-N の季節変動

あり、最小値は6月表層の0.20 mg/Lであった。
 水温躍層形成前の6月までは4層ともほぼ同じ値であったが、水温躍層形成後の8月及び10月は水温躍層の上下で差があり、下層部が高い値となった。

NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値も水温躍層形成後に、水温躍層の上下でT-Nよりも顕著に差が見られた。

表層及び水深10mは8月までは徐々に濃度が低下し、10月は8月と同じ値だった。水深50mは例年と同様に4月から10月まではほぼ一定だった。水深90mは、4月から8月まではほぼ一定の濃度だったが、10月に濃度の上昇がみられた。これは平成25年度及び26年度と同様の傾向であり、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。

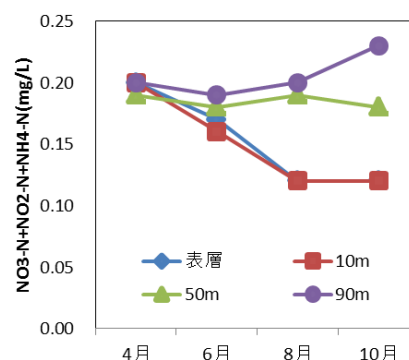


図5 NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動

(エ) イオン成分

陽イオン(Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺)及び陰イオン(F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻)濃度の結果を図6、7に示す。陽イオン及び陰イオンの各成分濃度の季節変動はなく、水深別の差もみられなかった。

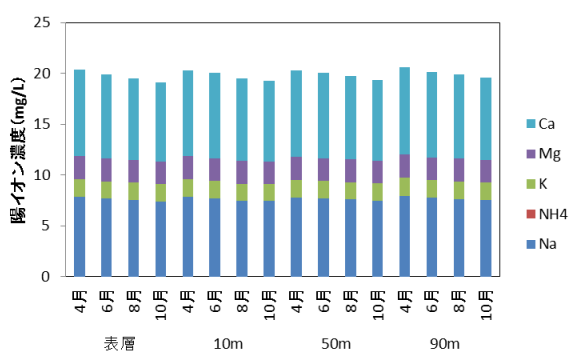


図6 陽イオン成分の水深別季節変動

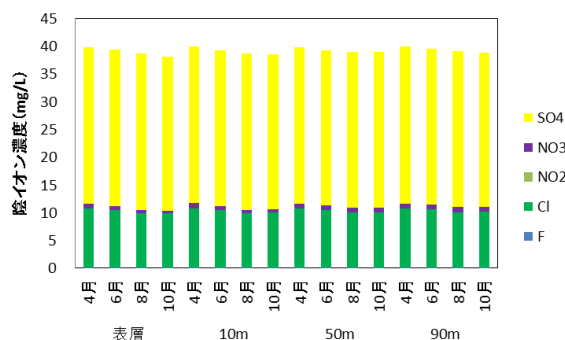


図7 陰イオン成分の水深別季節変動

(オ) DO

DO 飽和率の季節変動を図8に示す。DO 飽和率が最も高くなったのは8月表層の107.83%、最も低くなったのは10月水深90mの80.74%であった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の4月は、全層ほぼ同じ値であったが、水温躍層形成後の8月及び10月には、上層部ではDO飽和率が高く、下層部では低くなっており差が見られた。特に10月の水深90mにおいてDO飽和率が低下しており、例年と同様の傾向であった。

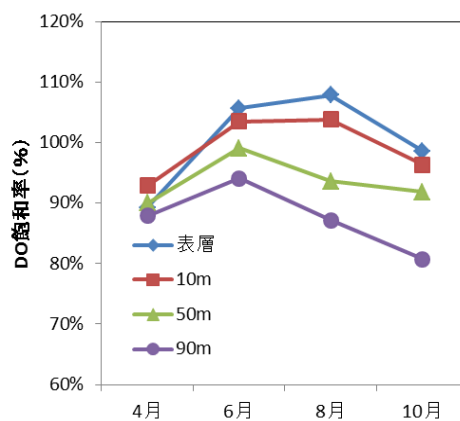


図8 DO 飽和率の季節変動

(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 9～11 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 については、溶存態は全て 0.01 mg/L 未満で懸濁態でのみ存在する結果となった。

濃度は 0.01 mg/L 未満から 0.03 mg/L の狭い範囲で推移していた。

Mn については、Fe とは反対にほぼ溶存態で存在する結果となった。

濃度は最大で 0.08 mg/L であり、Fe と同様に狭い範囲で推移していたが、ここ数年と同様に最大値は 10 月の水深 90m であり、他の結果と比較して高い値であった。

Al については、濃度は 0.01 mg/L 未満から 0.02 mg/L の狭い範囲で推移しており、ほとんどは懸濁態で存在する結果となったが、一部溶存態で存在する結果となった。

Zn については、4 月の水深 10m、50m 及び 6 月の表層で 0.01 mg/L の濃度で検出された以外は 0.01 mg/L 未満とほとんど検出されない結果となり、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。

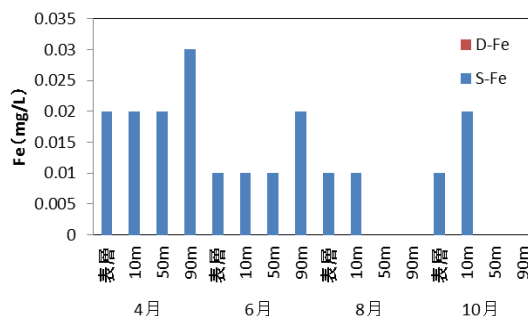


図 9 Fe の季節変動

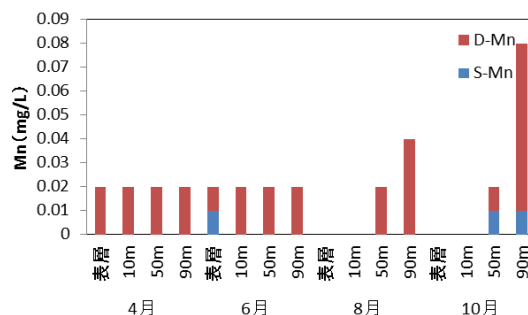


図 10 Mn の季節変動

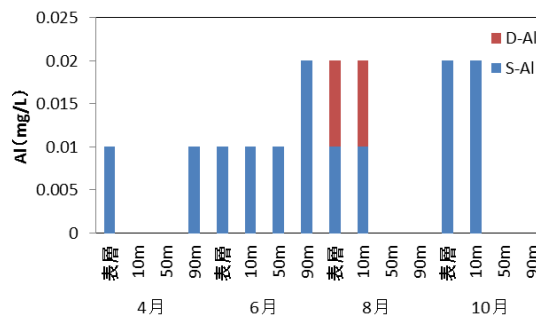


図 11 Al の季節変動

(キ) TOC

TOC の季節変動を図 12 に示す。

最も高い値は 10 月の水深 10m で 0.75 mg/L であり、最も低い値は 8 月の水深 50m 及び 90m で 0.44 mg/L であった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の 4 月は全層ほぼ同じ値であったが、水温躍層形成後の 8 月及び 10 月には上層部で高く、下層部では低くなっており差が見られた。表層及び水深 10m は 6 月から 10 月にかけて値が上昇していったが、水深 50m 及び 90m は 4 月から 8 月は下降し、10 月に上昇する結果となり上層部と違った傾向を示した。

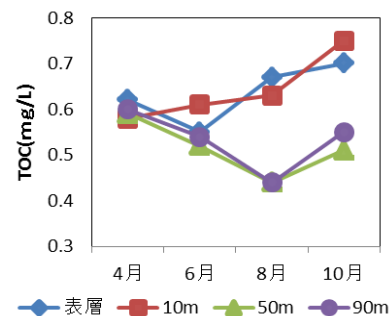


図 12 TOC の季節変動

イ 経年変化

(ア) pH (平成元～27年度)

pHの年平均値の経年変化を図13に示す。(注1)。平成元～7年度までは5.0～5.1の範囲にあり、平成8年度以降、年々上昇したが、平成21年度以降は6.8前後の値でほぼ横ばいの結果となっている。平成27年度のpHの年平均値は6.78で平成21年度以降と同様の結果であった。

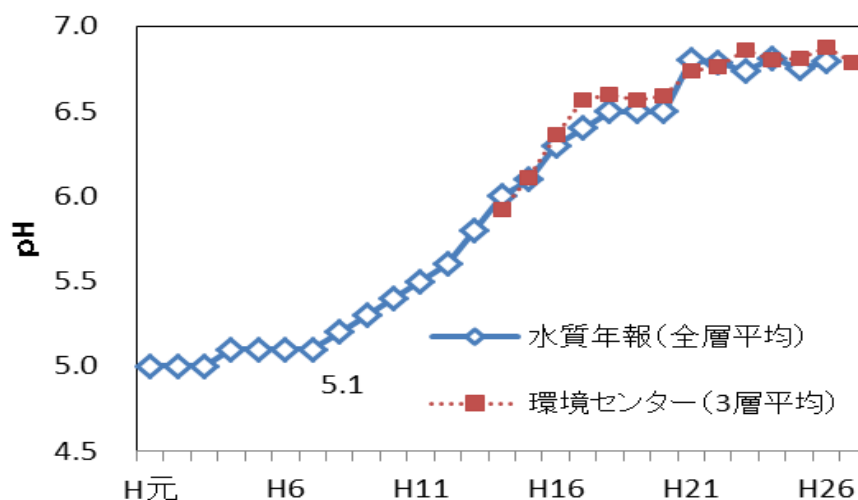


図13 pH 経年変化

注1: 「水質年報(全層平均)」とは、水質汚濁防止法に基づく常時監視結果全層(表層、-10m、-20m、-50mの4層)の平均値を指し、「環境センター(3層平均)」は3層(表層、-10m、-50m)の平均値を指す。

(イ) イオン当量濃度 (昭和54～56年度、平成13～27年度)

昭和54年度から昭和56年度に福島大学等が行った調査、平成13年～平成27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14に示す。平成13年度から平成27年度のイオン当量濃度の総和は、昭和54年度から昭和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が、平成27年度は前年度と比較すると若干減少した。

陽イオンの成分割合は、大きい順に Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} の順で、平成13年度から成分濃度に顕著な経年変化は認められていないが、昭和54年度から昭和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 SO_4^{2-} 、 Cl^{-} で、この2物質で全体の約90%を占め、次いで HCO_3^{-} 、 NO_3^{-} の順であった。 SO_4^{2-} は平成13年度から平成18年度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傾向であったが、平成27年度は平成26年度と比較して若干減少した。

表層のpH及びアルカリ度の経年変化を図15に示す。平成27年度調査のアルカリ度は4.14～6.00 mg CaCO_3 /Lであった。経年的には緩やかな増加傾向となっているが、8月及び10月に急激に増加したため、今後注視していく必要がある。

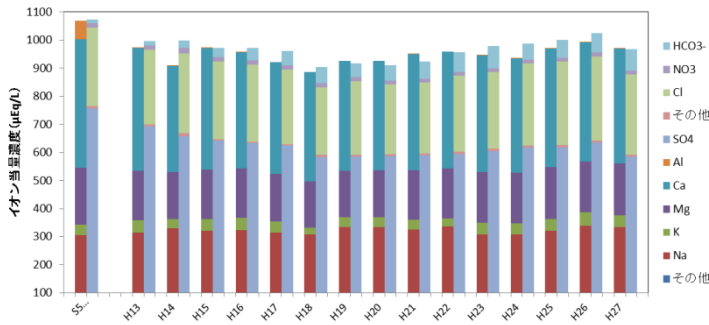


図 14 イオン当量濃度の経年変化（3層平均）

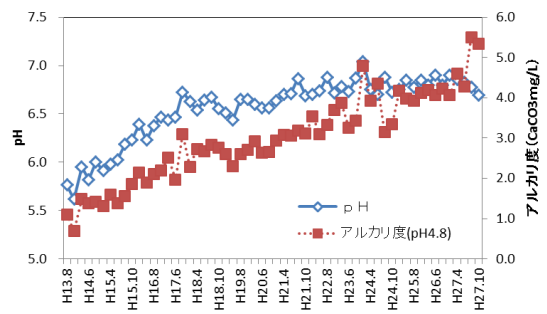


図 15 pH 及びアルカリ度の経年変化（3層平均）

(ウ) TOC（平成 19～27 年度）

TOC は平成 19 年度から調査項目とした。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 16 に示す。

年平均は、季節変動の 8 月及び 10 月と同様に水温躍層の上層部である表層及び水深 10 m の値が下層部である水深 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 25 年度までは増加傾向であり、それ以降は横ばいで推移している。表層及び水深 90 m では年度ごとの値の変動が大きいが、その他の層と同様に平成 25 年度までは増加傾向が見られ、それ以降は横ばいで推移した。

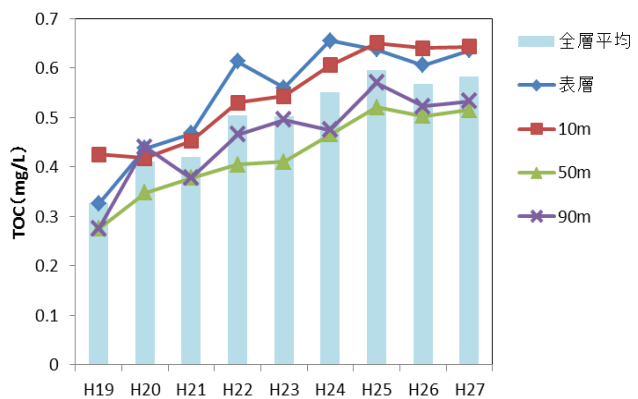


図 16 TOC の層別年平均値及び全層年平均値の経年変化

(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。調査地点の概要は、旧硫黄鉱山坑内排水の影響を受ける強酸性の硫黄川が高森川と合流した後、沼尻・中ノ沢温泉の影響を受ける酸川へ合流している。硫黄川、高森川、酸川本川が合流した酸川（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(2)硫黄川（高森川合流前）、(3)高森川（酸川合流前）、(4)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」と位置付け、(5)酸川（酸川野）、(6)長瀬川（上長瀬橋）、(7)長瀬川（小金橋）を「下流域河川」として結果を示す。

調査地点ごとの流量を図 17 に示す。

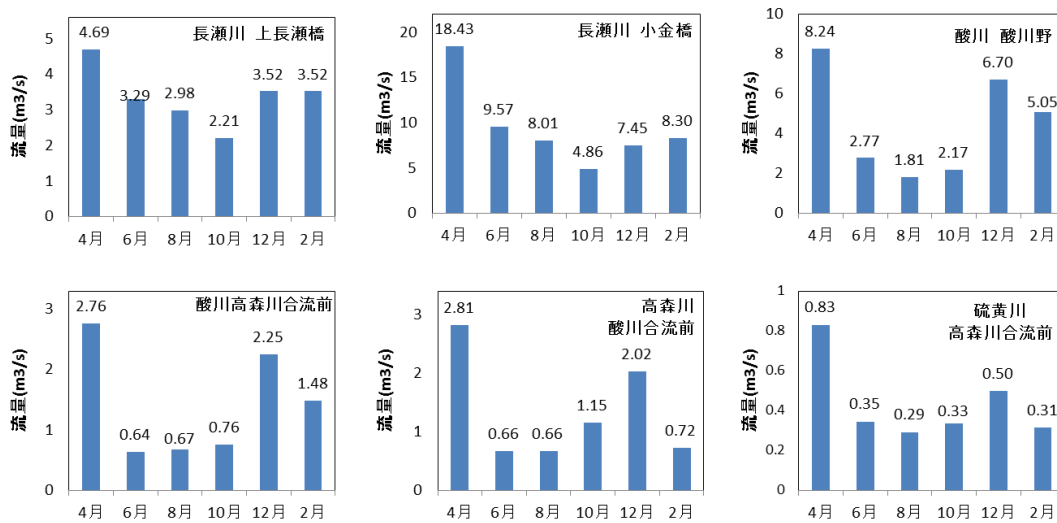


図 17 各河川の流量の季節変動

調査対象河川の概要及びそれぞれの河川における pH、流量、アルカリ度負荷量、鉍酸酸度負荷量の平均値を図 18 に示す。

酸川（高森川合流前）において、鉍酸酸度負荷量の年平均値が平成 18 年度から平成 26 年度までの年平均値の範囲を下回った。

その他の地点は、昨年度までの年平均値の範囲内であった。

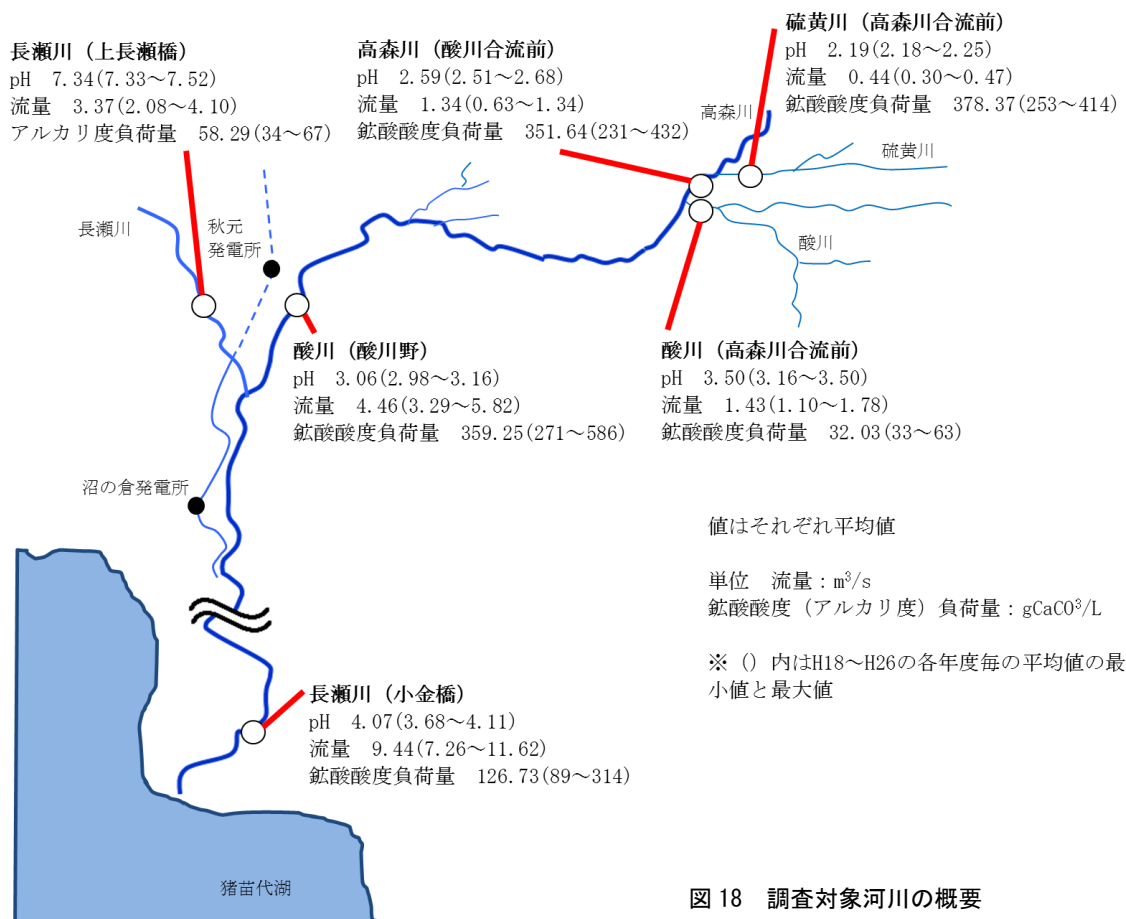


図 18 調査対象河川の概要

ア 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 19 及び図 20 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。

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合流後の地点である酸川 (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。これは例年と同様の傾向であり、酸川と長瀬川の合流による pH の上昇に伴い、Fe 等の金属イオンの一部が不溶化したためである。

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かった。裏磐梯湖沼群を上流源とする長瀬川 (上長瀬橋) では、上流域よりは懸濁態の割合が高い傾向であったが、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。

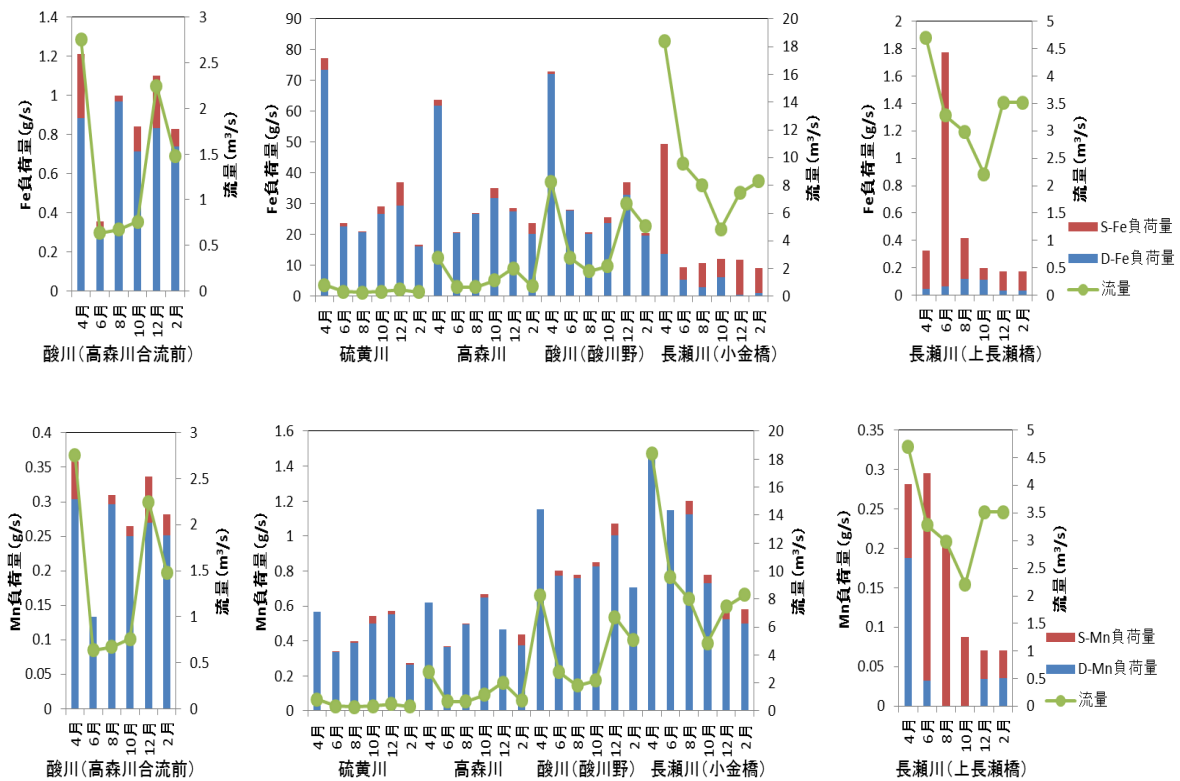


図 19 Fe, Mn 負荷量の季節変動

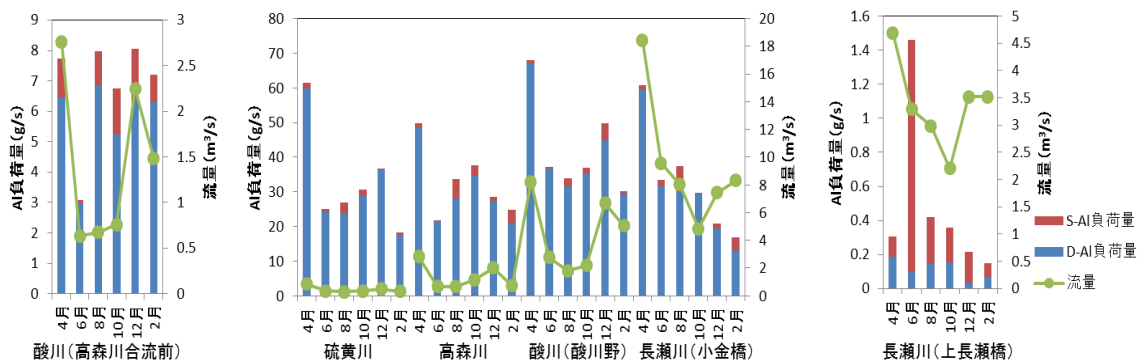


図 20 AI 負荷量の季節変動

(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 21 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）、高森川（酸川合流前）は約 75～85%と高かった。酸川（酸川野）は約 65～75 %、長瀬川（小金橋）は約 25～45%であり下流になるにつれて低い割合となった。流量の多い 4 月は全地点で高めの傾向であったが、それ以外は季節による明確な変動はみられなかった。

長瀬川（上長瀬橋）のアルカリ度負荷量は約 40～85gCaCO₃/s であった。季節による変動はなく、流量の変化に応じた増減がみられた。

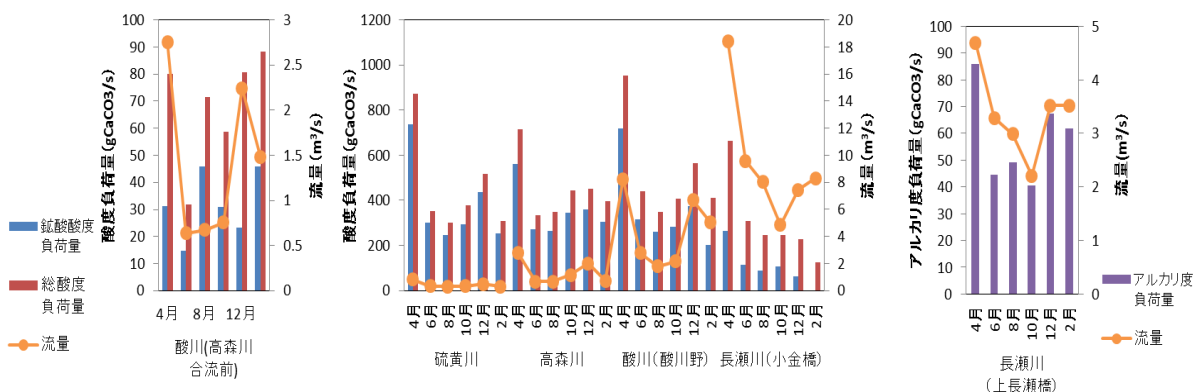


図 21 酸度負荷量及びアルカリ度負荷量の季節変動

(ウ) イオン成分負荷量

上流域河川における Cl⁻及び SO₄²⁻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 22 及び図 23 に示す。

上流域河川においては、3 河川とも 1 年を通じて SO₄²⁻負荷量が Cl⁻負荷量より大きかった。硫黄川、高森川の 4 月を除いて、SO₄²⁻と Cl⁻負荷量の割合は一定であり、一部を除いて流量に応じた増減がみられた。

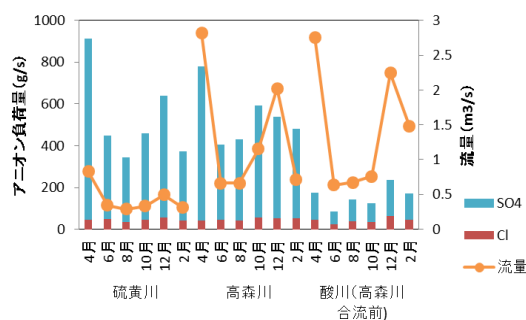


図 22 上流域河川の陰イオン負荷量の季節変動

下流域河川について、陰イオン成分負荷量については、1年を通じてSO₄²⁻及びCl⁻負荷量の合算が陰イオン成分の合計負荷量の97.5%以上を占めていた。また、上流域と同様に一部を除いて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は、Na⁺及びCa²⁺負荷量の合算量が陽イオン成分の合計負荷量の77%以上を占めていた。また、陰イオン負荷量と同様に流量に応じた増減が見られた。

上長瀬橋ではNa⁺及びCa²⁺はどちらも40~45%とほぼ同じ割合であり、酸川野はCa²⁺が約50%、Na⁺が約28%とCa²⁺の割合が高く、この2地点合流後の小金橋はCa²⁺が約45%、Na⁺が約35%と酸川野ほどではないがCa²⁺の割合が高かった。

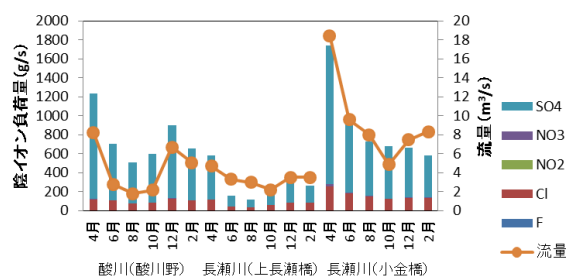
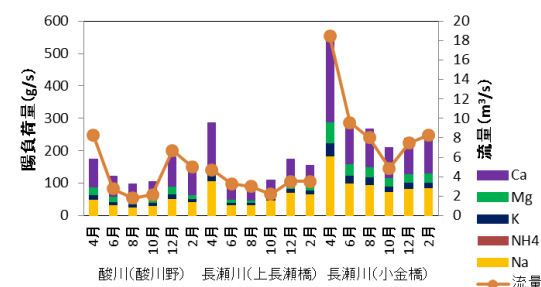


図 23 下流域河川の陰イオン負荷量及び陽イオン負荷量の季節変動



(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24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を算出した。

T-Pについては、他の項目と同様に流量に応じた増減がみられた。また、最下流部である長瀬川(小金橋)においては100%がS-Pであった。これは、例年と同様であり、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等の金属イオンにりんが吸着し懸濁態(フロック)になったためである。

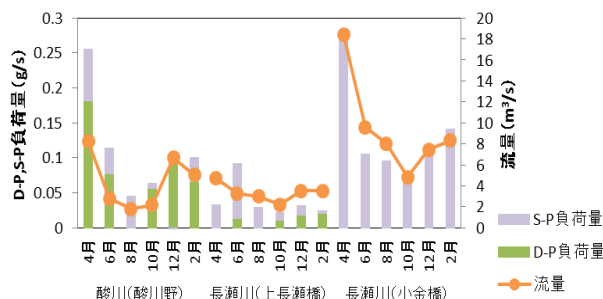


図 24 D-P 及び S-P 負荷量の季節変動

イ 経年変化（平成 16～27 年度）

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。また、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 25 に示す。

いずれの項目も平成 26 年度より負荷量は増加し、過去最大である平成 18 年度を除くと過去の結果と比較して高い値であった。平成 25 年度からの 3 年間では増加傾向にあり、 SO_4^{2-} 負荷量は平成 23 年度からは流量の増加に伴い増加傾向である。

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 26 に示す。

平成 26 年度はこれまでの結果から大きく減少していたが、平成 27 年度はいずれの項目も増加し、硫黄川と同様に過去の結果と比較しても高い値であり、硫黄川の影響を大きく受けている結果となった。

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 27 に示す。

高森川（酸川合流前）と同様に平成 26 年度は前年度の結果から減少し、これまでで最も低い値であったが、平成 27 年度はいずれの項目も増加した。しかし、前述の 2 河川と違い過去の結果と比較すると比較的低い値であった。

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 28 に示す。

上流域河川と同様に、いずれの項目も平成 26 年度より増加した。過去の結果と比較すると平均的な値であった。

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 29 に示す。

いずれの項目も増加した他の地点と違った傾向であり、平成 26 年度と比較して D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量は増加したが、アルカリ度負荷量は減少し SO_4^{2-} 負荷量はほぼ同じであった。

硫黄川とは別のラインである長瀬川（上長瀬橋）は、他の地点と比較して SO_4^{2-} 負荷量は少なく、平成 22 年度からほぼ一定の値となっている。

また、Al 及び Fe の金属成分がこれまでで最大の値であった。

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 30 に示す。

平成 26 年度と比較して、鉍酸酸度負荷量がわずかに減少し、それ以外は増加した。

また、過去の結果と比較して比較的低い値であった。

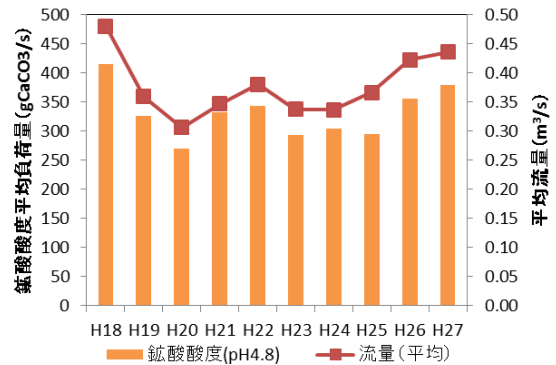
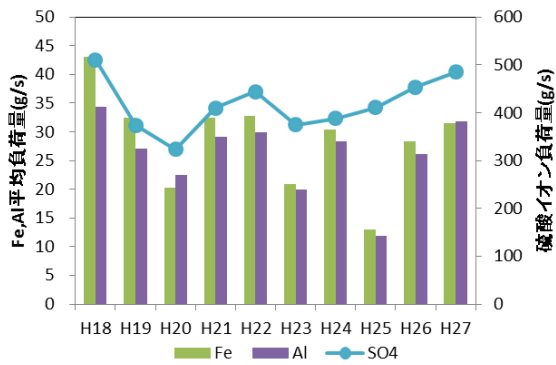


図25 硫黄川(高森川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

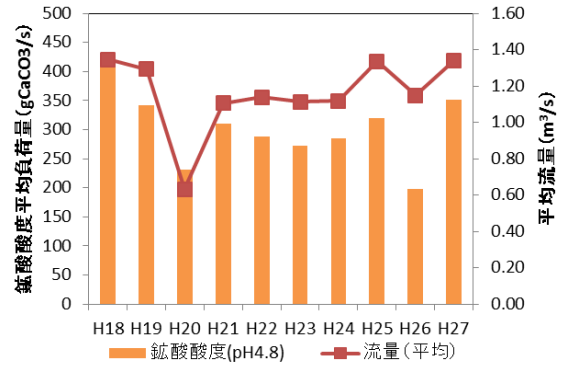
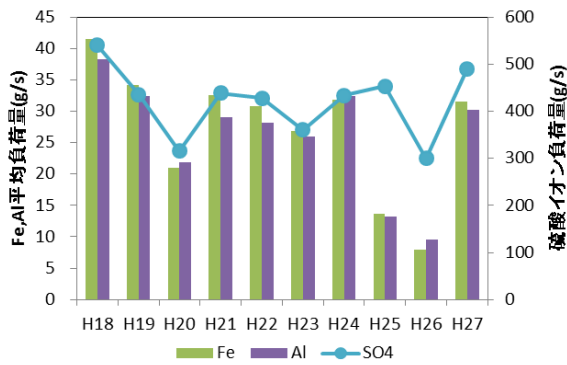


図26 高森川(酸川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

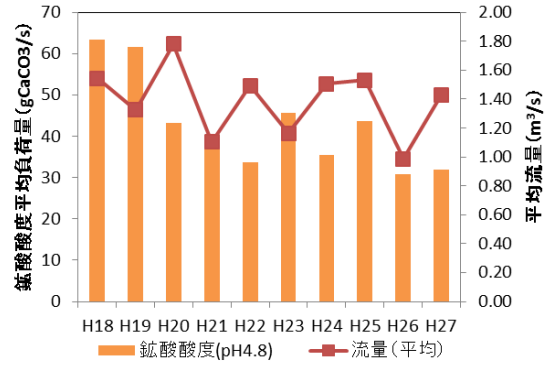
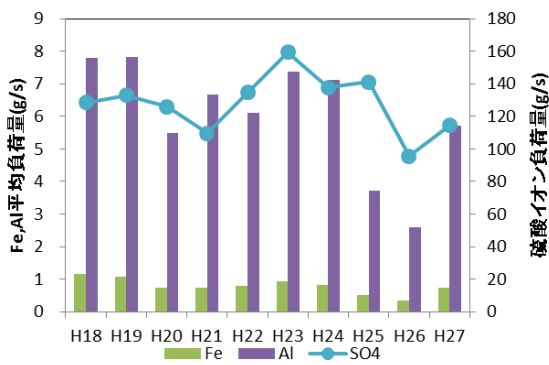


図27 酸川(高森川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

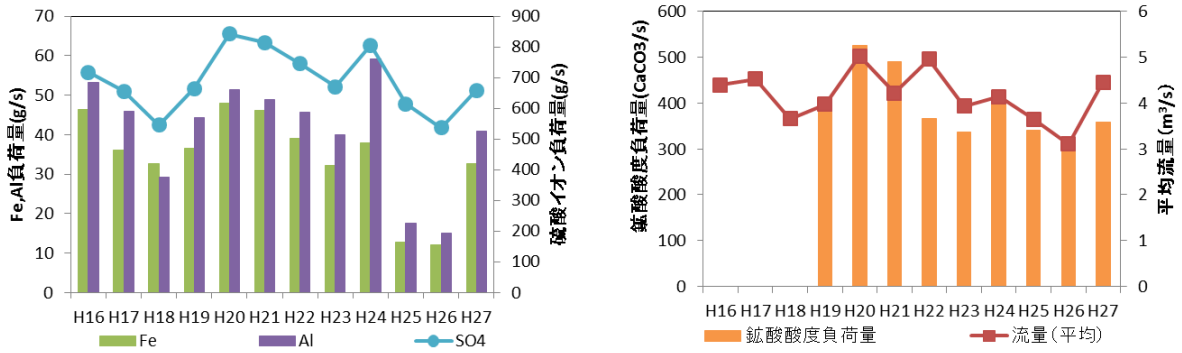


図 28 酸川(酸川野)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

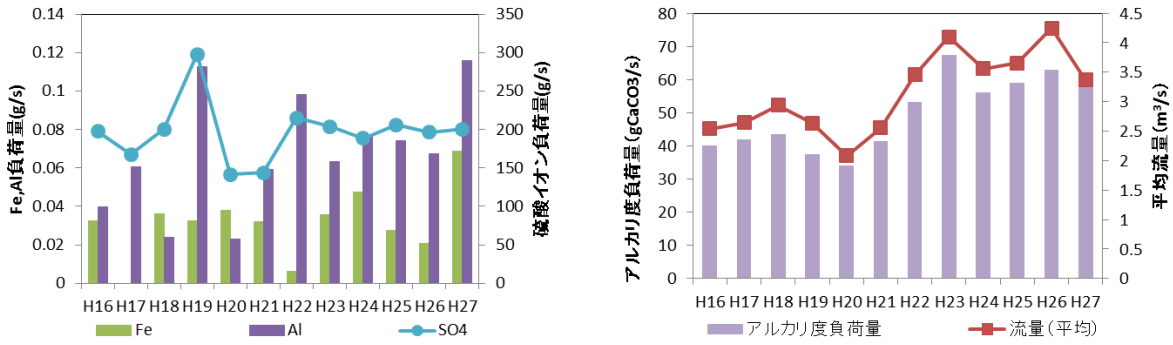


図 29 長瀬川(上長瀬橋)の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

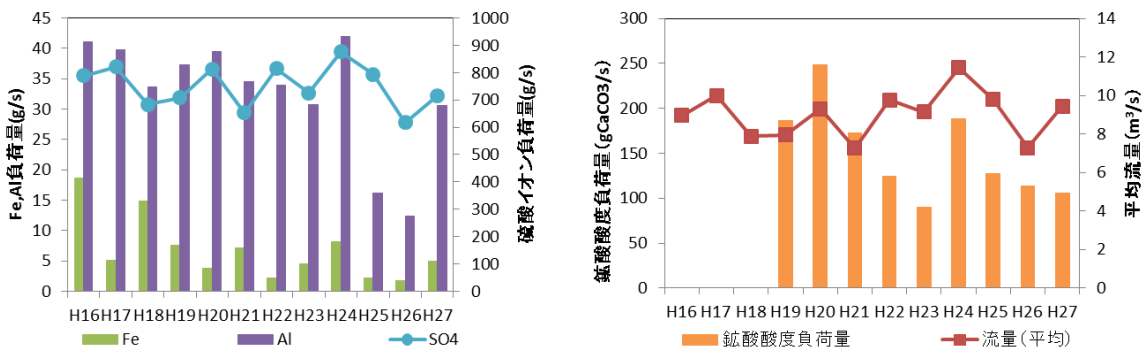


図 30 長瀬川(小金橋)の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

8 まとめ

(1) 猪苗代湖湖心の調査結果

平成 27 年度の pH の 3 層平均は 6.78 であり、平成 21 年度以降続いている横ばい傾向にあった。

DO 飽和率、T-N、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値及び TOC は、例年と同様に水温躍層形成後の 8 月と 10 月には水温躍層の上下で値が異なる結果になった。また、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値について、ここ数年と同様に 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。

pH は例年は水温躍層形成後は水温躍層の上下で値が異なり、上層が高くなっていたが、平成 27 年度は表層が水深 50m とほぼ同じ値であり、これまでと違う傾向を示したため、来年度以降注視していく必要がある。

溶存イオン等量濃度は、平成 19 年度以降増加傾向にあったが、平成 27 年度は若干減少した。また、例年と同様に全層においてほぼ一定の値であり、季節変動はみられなかった。

金属成分は、0.01mg/L 未満～0.1mg/l の低い濃度の範囲であった。Fe は懸濁態のみであり、Al もほぼ懸濁態、Mn はほぼ溶存態で存在していた。経年比較では Fe 及び Mn は例年と同様であった。Al は年によって傾向が異なるため比較を行わなかった。Zn は一部で 0.01 mg/L の濃度で検出された以外は 0.01mg/L 未満であり、例年と同様にほとんど検出されない結果となった。

(2) 猪苗代湖流入河川の調査結果

金属成分は、Mn 及び Al は酸川（酸川野）までの上流河川は溶存態の割合が高く、長瀬川（上長瀬橋）は懸濁態の割合が高かった。これらの河川の合流後の長瀬川（小金橋）は負荷量の多い酸川（酸川野）の影響を受け溶存態の割合が高かった。

Fe は、Mn 等と同様に酸川（酸川野）までは溶存態、長瀬川（上長瀬橋）は懸濁態の割合が高かったが、長瀬川（小金橋）は Mn 等と違い上長瀬橋と同様に懸濁態の割合が高かった。これは、例年と同様であり、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 等の金属イオンにりんが吸着し懸濁態（フロック）になったためである。

イオン成分負荷量は、猪苗代湖湖心と同様に、陰イオンについては SO₄²⁻及び Cl⁻負荷量が高く、陽イオンについては Ca²⁺及び Na⁺の負荷量が高かった。季節変動はあまりなく、流量に応じた変動が見られた。

T-P は、Fe と同様に酸川（酸川野）では溶存態、長瀬川（上長瀬橋）は懸濁態の割合が高く、この 2 河川の合流後の長瀬川（小金橋）は全て懸濁態で存在する結果となった。これは、2 河川の合流後、pH の上昇により不溶化した Fe にりんが吸着し懸濁態になったためと考えられている。

各河川の溶存態 Fe、Al、SO₄²⁻、鉍酸酸度負荷量の経年変化については、酸川（酸川）までの上流部は、前年度よりも増加した。

最上流の硫黄川及び高森川は過去の結果と比較して高い値であったが、それより下流部では平均以下の値であった。

別紙1-1 猪苗代湖及び流入河川 現地調査票

調査地点	湖心(表層)			
調査年月日	H27.4.15	H27.6.11	H27.8.5	H27.10.7
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	9:20	9:25	9:25	9:20
天候(前日)	雨	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(°C)	8.7	23.9	28.0	13.3
水温(°C)	0.4	17.0	27.6	16.7
透明度(m)	11.4	12.0	13.0	12.9
水色(フォーレル)	9	7	6	8
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	H27.4.28	H27.6.23	H27.8.20	H27.10.20	H27.12.17	H28.2.16
採水時間	11:40	13:00	12:50	11:20	11:24	10:30
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	雨	晴れ	晴れ	曇り	晴れ
気温(°C)	27.5	19.0	25.0	21.1	4.5	3.5
水温(°C)	13.1	17.5	19.0	14.5	10.2	5.3
透視度(cm)	>100	95	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	通常	通常	流量大	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	微濁	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	H27.4.28	H27.6.23	H27.8.20	H27.10.20	H27.12.17	H28.2.16
採水時間	12:10	13:32	13:25	11:45	11:53	11:00
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	晴れ
気温(°C)	23.8	21.2	24.8	19.8	14.0	0.0
水温(°C)	13.6	19.5	22.6	14.7	9.4	5.0
透視度(cm)	>100	62.5	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	流量大	通常	浮遊物多い	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	微濁	透明	透明	透明	透明

調査地点	長瀬川(小金橋)					
調査年月日	H27.4.28	H27.6.23	H27.8.20	H27.10.20	H27.12.17	H28.2.16
採水時間	6:40	8:43	8:47	8:35	8:50	7:05
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り時々雪	晴れ
気温(°C)	11.5	20.4	20.0	15.8	2.1	-1.5
水温(°C)	8.7	17.0	19.5	14.0	9.1	4.5
透視度(cm)	98.0	>100	>100	>100	>100	84
流況	流量大	通常	通常	流量少	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	微濁	透明	微濁	透明	透明	微濁

別紙1-2 猪苗代湖及び流入河川 現地調査票

調査地点	高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H27.4.28	H27.6.23	H27.8.20	H27.10.20	H27.12.17	H28.2.16
採水時間	10:12	11:05	10:47	10:13	10:20	9:15
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	晴れ時々雪	晴れ
気温(°C)	22.5	20.4	18.2	18.2	4.5	0.5
水温(°C)	10.8	15.5	16.1	12.8	9.1	4.5
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	通常	浮遊物多い	通常	通常
色相	黄色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	泥沼臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	微濁	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	酸川(高森川合流前)					
調査年月日	H27.4.28	H27.6.23	H27.8.20	H27.10.20	H27.12.17	H28.2.16
採水時間	10:45	11:40	11:25	10:48	10:54	9:50
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り時々小雪	晴れ
気温(°C)	25.2	19.8	18.9	17.0	3.0	3.0
水温(°C)	11.9	15.0	17.5	14.0	10.5	5.0
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	通常	浮遊物多い	流量大	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(高森川合流前)					
調査年月日	H27.4.28	H27.6.23	H27.8.20	H27.10.20	H27.12.17	H28.2.16
採水時間	9:00	10:10	10:10	9:40	9:50	8:15
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	晴れ時々雪	晴れ
気温(°C)	18.5	20.9	19.2	15.8	2.0	-2.2
水温(°C)	12.6	16.5	16.4	14.0	11.0	5.5
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	通常	通常	通常	通常
色相	黄色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	硫化水素臭	微硫化水素臭	無臭	無臭	微硫化水素臭	硫化水素臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

別紙2 湖心の分析結果

猪苗代湖	溶存態	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
調査日		4/15	6/11	8/5	10/7	4/15	6/11	8/5	10/7	4/15	6/11	8/5	10/7	4/15	6/11	8/5	10/7
pH		6.83	6.84	6.75	6.66	6.87	6.88	6.86	6.76	6.86	6.76	6.71	6.66	6.86	6.74	6.56	6.47
EC	μ S/cm	109	103	115	114	110	104	113	114	110	105	117	116	109	106	117	116
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	7.84	7.68	7.55	7.40	7.86	7.70	7.50	7.44	7.79	7.74	7.61	7.48	7.97	7.79	7.64	7.52
NH ₄	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.06
K	mg/L	1.74	1.70	1.69	1.69	1.75	1.71	1.66	1.68	1.75	1.71	1.66	1.69	1.77	1.72	1.70	1.68
Mg	mg/L	2.26	2.22	2.22	2.18	2.29	2.24	2.21	2.20	2.29	2.22	2.24	2.20	2.27	2.22	2.25	2.23
Ca	mg/L	8.52	8.30	8.05	7.83	8.40	8.40	8.10	7.92	8.50	8.38	8.23	8.01	8.61	8.38	8.27	8.13
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	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.07
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	0.17	0.10	0.14	0.14	0.20	0.08	0.15	0.14	0.18	0.10	0.15	0.14	0.20	0.11	0.15	0.16
Cl	mg/L	10.54	10.36	9.78	9.74	10.62	10.35	9.76	9.88	10.61	10.40	9.87	9.88	10.56	10.47	9.96	10.01
NO ₂	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃	mg/L	0.90	0.77	0.57	0.50	0.90	0.73	0.56	0.54	0.85	0.80	0.84	0.83	0.91	0.87	0.86	0.88
SO ₄	mg/L	28.20	28.09	28.19	27.73	28.19	28.11	28.23	27.91	28.21	27.94	28.14	28.13	28.25	28.01	28.04	27.78
アルカリ度(pH8)	mgCaCO ₃ /L	4.65	4.19	5.50	5.00	4.56	4.14	5.50	5.10	4.58	4.50	5.50	5.90	4.58	4.53	5.80	6.00
クロロフィルa	ug/L	0.8	0.3	0.3	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO	mg/L	12.5	9.9	8.4	9.3	13.0	10.1	9.2	9.1	12.6	11.5	11.4	11.1	12.3	11.5	10.9	10.1

猪苗代湖	全量	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
調査日		4/15	6/11	8/5	10/7	4/15	6/11	8/5	10/7	4/15	6/11	8/5	10/7	4/15	6/11	8/5	10/7
T-N	mg/L	0.26	0.20	0.27	0.23	0.23	0.23	0.25	0.26	0.26	0.22	0.33	0.29	0.27	0.23	0.34	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	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.02	<0.01	<0.01
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	<0.01	0.02	0.02	0.04	0.08
Al	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01
Zn	mg/L	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TOC	mg/L	0.62	0.55	0.67	0.70	0.58	0.61	0.63	0.75	0.59	0.52	0.44	0.51	0.60	0.54	0.44	0.55

別紙3-1 流入河川の分析結果

河川	溶存態	酸川 酸川野						長瀬川 上長瀬橋						長瀬川 小金橋					
		4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16	4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16	4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16
pH		3.12	2.85	2.94	2.94	3.29	3.23	7.42	7.16	7.32	7.45	7.39	7.31	3.76	3.86	4.13	3.65	4.13	4.87
EC	μ S/cm	527	744	926	879	428	418	316	128	134	264	274	243	262	218	255	387	249	208
T-P	mg/L	0.022	0.028	<0.003	0.026	0.015	0.013	<0.003	0.004	<0.003	0.005	0.005	0.006	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na	mg/L	5.97	11.86	14.77	14.47	7.73	8.25	22.86	10.38	11.06	21.59	20.44	19.19	9.97	10.38	11.96	15.29	11.20	10.16
NH ₄	mg/L	0.02	0.09	0.12	0.08	0.03	0.06	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.04	0.08	0.04	0.03	0.05
K	mg/L	1.82	3.67	4.22	3.83	2.10	2.15	4.17	2.25	2.16	3.93	3.57	3.34	2.24	2.63	2.71	3.42	2.42	2.27
Mg	mg/L	2.81	6.20	7.61	6.71	3.51	2.49	6.72	2.80	2.52	5.22	5.30	4.44	3.50	3.76	3.88	5.25	3.75	3.23
Ca	mg/L	10.48	21.71	27.36	23.73	13.55	14.21	27.37	10.54	9.17	18.74	20.52	16.99	14.17	13.64	14.66	19.02	14.68	12.77
Fe	mg/L	8.75	10.01	11.14	10.98	4.91	3.88	0.01	0.02	0.04	0.05	0.01	0.01	0.74	0.56	0.37	1.27	0.06	0.12
Mn	mg/L	0.14	0.28	0.42	0.38	0.15	0.14	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.08	0.12	0.14	0.15	0.07	0.06
Al	mg/L	8.14	13.27	17.53	16.26	6.69	5.83	0.04	0.03	0.05	0.07	0.01	0.02	3.23	3.30	3.76	6.09	2.62	1.57
Zn	mg/L	0.01	0.01	0.03	0.03	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	0.49	1.28	1.41	1.24	0.62	0.65	0.13	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.26	0.42	0.39	0.49	0.31	0.27
Cl	mg/L	13.80	36.36	40.91	36.47	18.23	20.19	24.62	12.63	11.86	24.77	24.08	23.33	13.77	18.24	18.18	25.21	17.15	15.70
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	0.80	1.06	0.82	0.59	1.00	1.31	0.30	0.44	0.10	0.02	0.35	0.42	0.98	0.89	0.60	0.60	1.10	1.30
SO ₄	mg/L	134.72	216.43	236.74	235.20	113.94	107.54	99.39	34.08	25.65	65.71	63.51	51.32	79.40	76.58	71.74	114.14	70.91	53.12
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	18.33	13.55	16.50	18.40	19.20	17.56	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	87.15	114.20	144.80	129.50	56.10	40.07	-	-	-	-	-	-	14.31	11.86	10.90	22.10	8.29	-
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	115.70	159.28	192.80	187.30	84.15	81.64	-	-	-	-	-	-	35.97	32.11	30.70	51.00	30.55	14.96
流量	m ³ /s	8.242	2.769	1.807	2.174	6.695	5.047	4.694	3.286	2.984	2.208	3.517	3.518	18.429	9.568	8.012	4.856	7.453	8.304

河川	全量	酸川 酸川野						長瀬川 上長瀬橋						長瀬川 小金橋					
		4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16	4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16	4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16
T-N	mg/L	0.80	0.64	0.37	0.24	0.43	0.57	0.12	0.18	0.15	0.16	0.09	0.14	0.29	0.26	0.30	0.25	0.29	0.40
T-P	mg/L	0.031	0.041	0.025	0.029	0.013	0.020	0.007	0.028	0.010	0.010	0.009	0.007	0.015	0.011	0.012	0.014	0.014	0.017
Fe	mg/L	8.85	10.10	11.44	11.75	5.53	4.04	0.07	0.54	0.14	0.09	0.05	0.05	2.68	0.98	1.34	2.50	1.58	1.12
Mn	mg/L	0.14	0.29	0.43	0.39	0.16	0.14	0.06	0.09	0.07	0.04	0.02	0.02	0.08	0.12	0.15	0.16	0.08	0.07
Al	mg/L	8.24	13.41	18.82	16.98	7.45	5.99	0.11	0.62	0.12	0.11	0.03	0.04	3.30	3.50	4.66	6.11	2.78	2.04
Zn	mg/L	0.01	0.01	0.03	0.03	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

別紙3-2 流入河川の分析結果

河川	溶存態	高森川 酸川合流前						酸川 高森川合流前						硫黄川 高森川合流前					
		4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16	4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16	4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16
pH		2.77	2.39	2.51	2.63	2.86	2.37	3.80	3.45	3.13	3.30	3.89	3.43	2.23	2.09	2.24	2.19	2.24	2.13
EC	μ S/cm	955	1690	1970	1560	911	2170	215	359	723	545	288	487	3110	3250	3610	3920	3520	3410
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	22.01	30.90	40.6	27.60	13.56	28.45	0.32	0.47	1.44	0.94	0.37	0.50	88.41	65.90	71.05	80.36	59.02	51.37
Mn	mg/L	0.22	0.55	0.75	0.56	0.23	0.52	0.11	0.21	0.44	0.33	0.12	0.17	0.68	0.97	1.33	1.50	1.11	0.84
Al	mg/L	17.23	32.31	42.60	30.00	13.58	29.36	2.34	4.69	10.16	6.91	2.85	4.26	72.00	70.54	81.21	85.92	73.41	56.05
Zn	mg/L	0.02	0.04	0.07	0.06	0.02	0.05	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.09	0.01	0.12	0.11	0.14	0.14	0.09	0.08
F	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	mg/L	14.91	69.01	62.82	48.65	25.33	71.72	16.63	34.86	57.52	43.55	28.18	31.68	54.31	145.59	115.64	136.77	113.93	131.35
NO ₂	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄	mg/L	262.40	542.38	591.83	465.55	239.94	599.88	46.68	97.62	155.01	121.59	77.12	84.79	1045.11	1158.59	1068.68	1240.15	1169.65	1064.78
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	199.35	411.23	402.5	300.10	177.31	426.76	11.36	23.04	68.30	40.70	10.38	31.10	887.59	874.07	841.00	880.00	879.58	812.96
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	253.95	501.90	526.5	384.00	222.90	555.49	29.05	50.28	106.30	77.60	35.98	59.61	1048.38	1022.83	1031.50	1128.80	1043.37	989.27
流量	m ³ /s	2.814	0.663	0.660	1.154	2.023	0.716	2.757	0.635	0.674	0.758	2.246	1.480	0.831	0.345	0.292	0.334	0.497	0.313

河川	全量	高森川 酸川合流前					酸川 高森川合流前					硫黄川 高森川合流前							
		4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16	4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16	4/28	6/23	8/20	10/20	12/17	2/16
T-N	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	22.70	31.44	41.10	30.40	14.21	33.31	0.44	0.56	1.48	1.11	0.49	0.56	92.87	68.55	72.00	87.25	74.46	53.43
Mn	mg/L	0.22	0.56	0.76	0.58	0.23	0.61	0.13	0.21	0.46	0.35	0.15	0.19	0.68	0.98	1.37	1.62	1.15	0.87
Al	mg/L	17.68	32.36	51.05	32.65	14.11	34.68	2.81	4.83	11.85	8.90	3.59	4.87	73.96	72.28	92.20	92.00	73.53	58.51
Zn	mg/L	0.03	0.04	0.07	0.06	0.02	0.05	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.03	<0.01	0.12	0.11	0.14	0.14	0.10	0.09

2 猪苗代湖大腸菌群数超過対策調査

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) を超過する事例が平成 18 年度以降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とともに、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、種の分布状況を確認する。

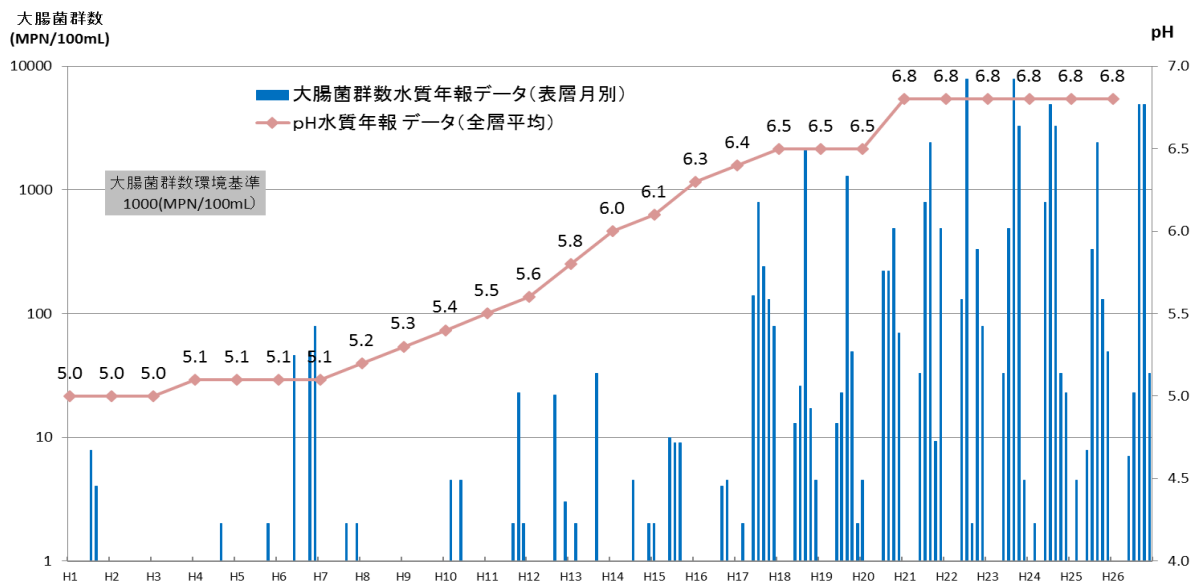


図1 猪苗代湖湖心の pH及び大腸菌群数の経年変化

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する。

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」)

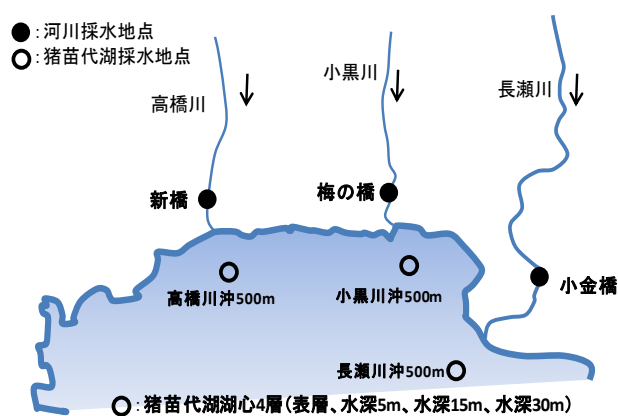


図2 調査地点

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、D0、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：交流二電極法
- (3) D0：よう素滴定法
- (4) SS：重量法
- (5) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地によるQTトレイ法（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-赤外線分析方式
- (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27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。6月11日の測定は機器のトラブルにより連続測定できなかった。

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も上昇し、5月25日には水温躍層が確認された。その後10月7日には水温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～7月には1～3MPN/100mLと検出され始め、8月5日には140MPN/100mLとなり、9月16日には湖沼A類型の環境基準を超える4,400MPN/100mLが検出された。10月7日には870MPN/100mLと環境基準以下となり11

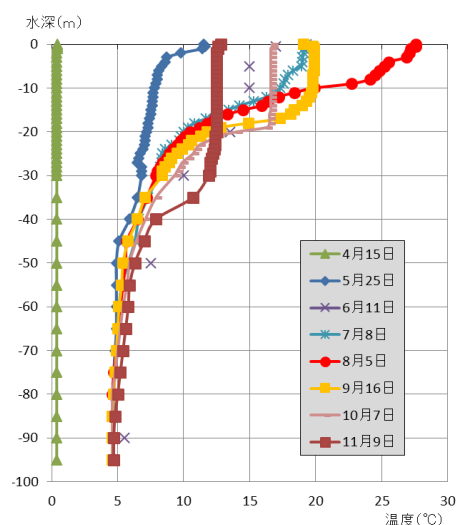


図3 湖心の鉛直分布

月 9 日には 4MPN/100mL とほぼ検出されなくなった。

水深別にみると、大腸菌群が検出され始めた 5 月、6 月、7 月は表層と水深 15m、水深 30m で検出していた。8 月以降は水温躍層の上層である表層及び水深 5m、15m が、水温躍層の下層である水深 30m より高い値を示した。

猪苗代湖湖心表層の水温は、8 月 5 日に 27.6℃と最高値を示し、その後低下していた。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、大腸菌群数が表層で最高値を示した 9 月 16 日の水温は 19.1℃と 8 月より低下傾向にあった。水温の低い水深 30m でも 8 月及び 9 月、10 月に大腸菌群が高い値を示したが、水温の上昇があまりみられず、水温と大腸菌群数に相関があるか認められなかった。

なお、大腸菌数は全ての時期及び水深で 1MPN/100mL 未満であった。

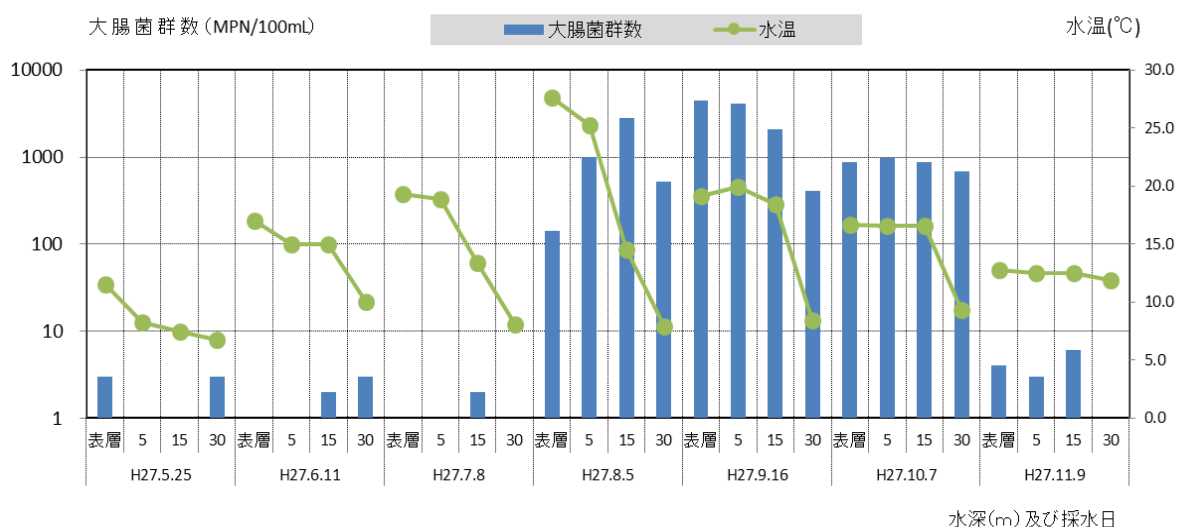


図 4 湖心大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

猪苗代湖湖心の pH 及び TOC の調査結果を図 5～6 に示す。

大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関を表 1 に示す。

pH は 6.70～7.08 であり、最高値は昨年度と同様に 8 月の水深 15m の 7.08 (昨年 7.22) であった。昨年度は水深 30m 以外は 7.0 より大きい値であったが、平成 27 年度はこの調査地点のみであった。また、大腸菌群と pH に強い相関関係は認められなかった。

TOC は 0.49～0.77mg/L で、TOC は水温と中程度の正の相関があった。TOC も大腸菌群数が高かった 9 月 16 日に対し、TOC の最高値は 10 月の水深 5m であり、大腸菌群数と TOC に強い正の相関関係は認められなかった。なお、EC は相関係数が 0.703 と高かったが 104～117 μ S/cm と月別、水深別とほぼ一定の値であり、DO 飽和率は 95%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。

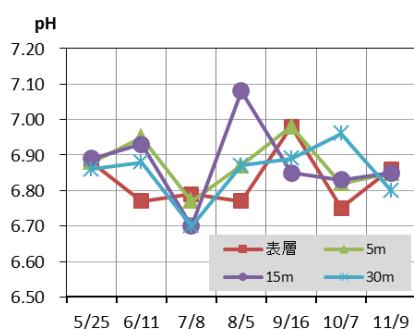


図 5 猪苗代湖湖心の pH

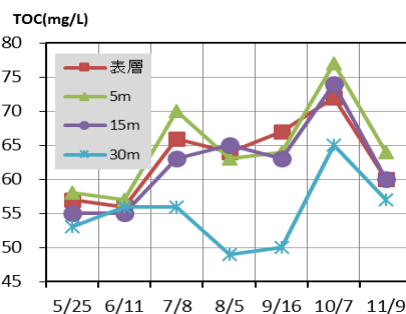


図 6 猪苗代湖湖心の TOC

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	0.358	0.386	0.703	-0.280	0.402

(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 6,800~52,000MPN/100mL、大腸菌数は 14~130MPN/100mL、高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 1 未満~1,400MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満~5MPN/100mL であった。高橋川沖 500m 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。高橋川沖 500m は猪苗代湖心表層より 9 月 16 日及び 10 月 7 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 8 日 (1,400MPN/100mL) の 1 回であった。

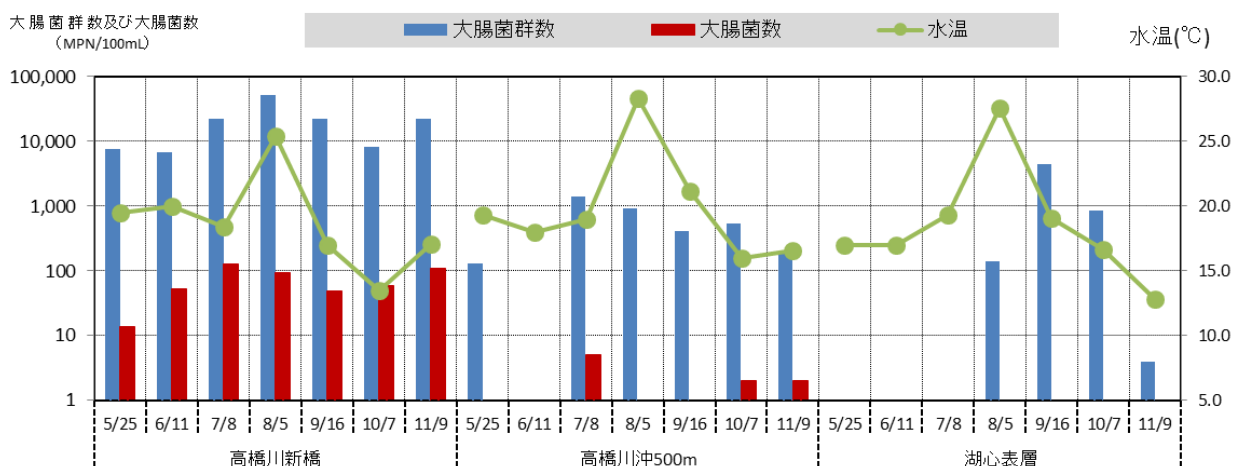


図 7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

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 14,000~69,000MPN/100mL、大腸菌数は 130~1200 MPN/100mL、小黒川沖 500m の大腸菌群数は 2~12,000MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満~24MPN/100mL であった。小黒川沖 500m 地点の大腸菌群数及び大腸菌数は、ほぼ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 16 日及び 11 月 9 日を除いては高い値を示していた。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、6 月 11 日 (1,800MPN/100mL)、7 月 8 日 (12,000MPN/100mL)、8 月 5 日 (4,100MPN/100mL)、10 月 7 日 (5,100MPN/100mL) の 4 回であった。

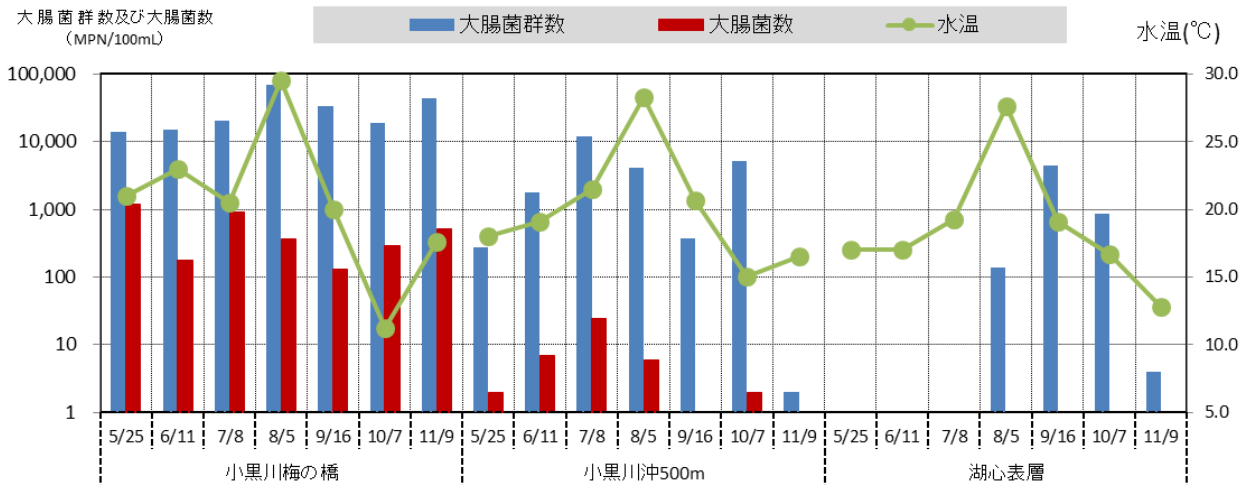


図8 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

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6~920MPN/100mL、大腸菌数は1未満~2MPN/100mL、長瀬川沖 500mの大腸菌群数は5 MPN/100mL~1,700MPN/100mL、大腸菌数は1未満~1MPN/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 地点と同様な値又は長瀬川沖 500mのほうが高い値を示す日が多く、長瀬川沖 500m と猪苗代湖心表層も7月8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、9月16日(1,700MPN/100mL)の1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倍であるため、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1未満であり、高橋川 500m 沖及び小黒川 500m 沖と比較して低い値であった。

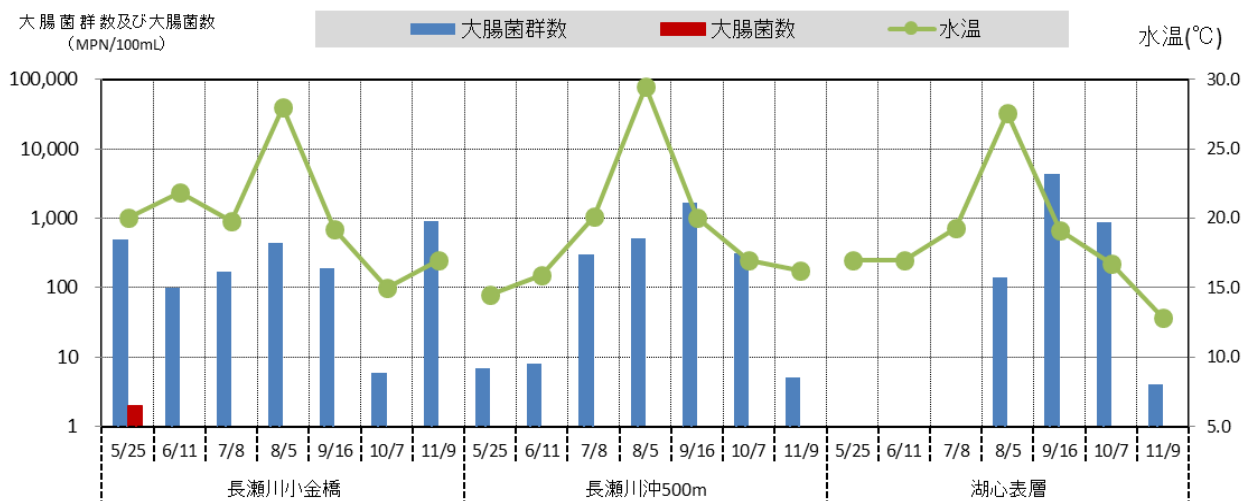


図9 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

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。

小黒川梅の橋を除く地点の分布は 0~0.8% とすべて 5% 以下であったが、小黒川梅の橋のみ 5 月 25 日に 8.6% と高い値であった。また全ての地点の平均値は、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が、小黒川梅の橋のみ大腸菌群数に占める大腸菌数の比率は高めであるため、今後の調査結果を注視して行きたい。

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	0.2~0.8
高橋川沖500m	0.3	0~0.6
小黒川梅の橋	2.6	0.4~8.6
小黒川沖500m	0.2	0~0.7
長瀬川小金橋	0.2	0~0.6
長瀬川沖500m	0.1	0~0.3

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 10~12 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 及び表 4 に示す。

高橋川新橋及び小黒川梅の橋の pH は 7.06~7.95、EC は 143~254 μ S/cm、SS は 2~38mg/L、TOC は 0.84~2.09mg/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 93% 以上の値であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋の 2 地点とも、水温の上昇する夏期に大腸菌群数が高くなる傾向があり、大腸菌群数と水温に正の相関が認められた。

長瀬川小金橋の pH は 3.78~5.45、EC は 92~360 μ S/cm、SS は 1~11mg/L、TOC は 0.25~0.63mg/L、DO 飽和率は 93% 以上であった。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試料は、秋元湖由来の水質の影響が強くなり pH は高く EC は低く、大腸菌群数及び大腸菌数は低い値を示していた。しかし、平成 25 年度の調査³⁾ で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。この現象は、平成 26 年度の調査⁴⁾ の 7 月 16 日にもみられた。平成 27 年度では 5 月 25 日、9 月 16 日に流量が多かったが、前 2 年と同様に大腸菌群数は高めの値を示した。また、高橋川及び小黒川と同様に水温の上昇する夏期に大腸菌群数が高くなる傾向があり、大腸菌群数と水温に正の相関が認められたが、それ以外は相関は認められなかった。

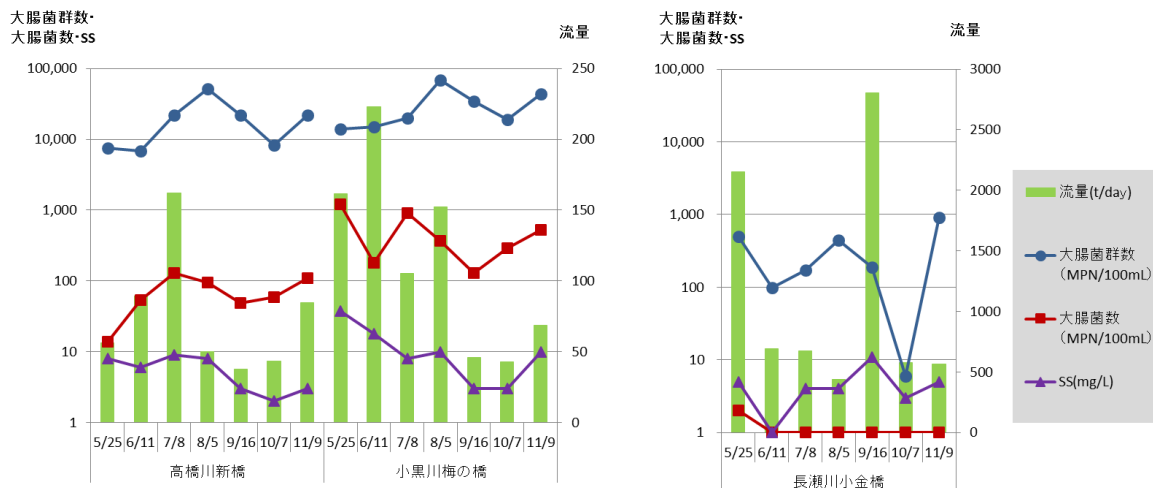


図 10 各河川の流量と SS 等の推移

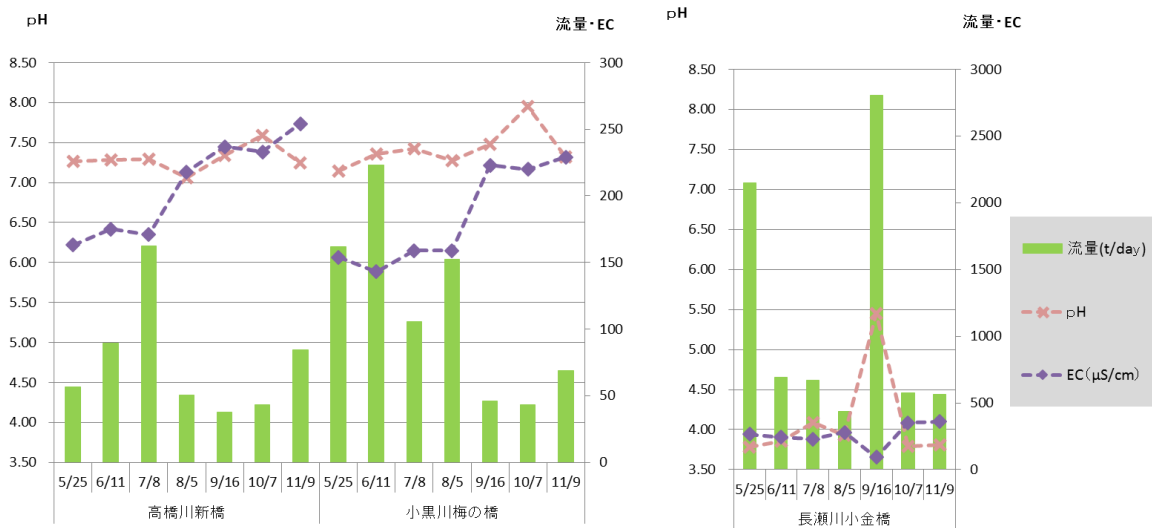


図 11 各河川の流量と pH 等の推移

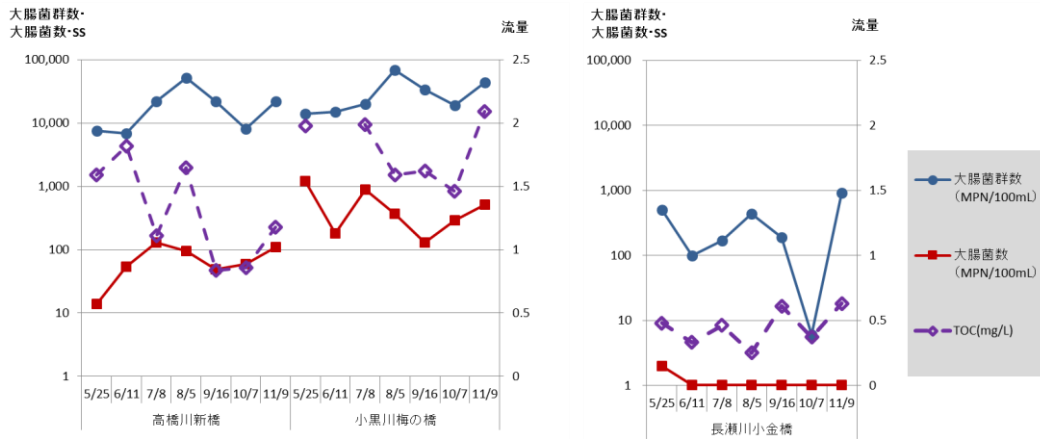


図 12 各河川の大腸菌群と TOC 等の推移

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	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.473	0.419	-0.181	0.211	-0.064	0.168	0.433
大腸菌数	0.176	0.239	0.057	-0.246	0.540	0.556	

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	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.443	0.397	0.054	-0.135	0.280	0.355	0.290
大腸菌数	-0.014	-0.420	-0.235	0.023	0.041	0.103	

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 13~15 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 及び表 6 に示す。

高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の pH は 5.70~8.78、EC は 114~183 μ S/cm、SS は 1 未満~5mg/L、TOC は 0.43~2.54mg/L、DO 飽和率は 100%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あり、各流入河川の影響を受けていた。また、この 2 地点の水深は、5 月から 11 月

まで0.8~2.4mと浅く、夏季から秋季にかけてはコカナダモ、セキシヨウモ及びヒルムシロが繁茂していた。また、小黑川沖500mでは8月から10月にかけてpHが8以上の値になることもみられた。これは炭酸同化作用の影響と考えられ、TOCやECも他の月より高い値を示した。大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目の一部に正の相関がみられた。

長瀬川沖500mのpHは4.17~7.32、ECは106~184 μ S/cm、SSは1未満~1mg/L、TOCは0.42~1.07mg/L、D0飽和率は96%以上であった。長瀬川沖500mは、高橋川沖500m及び小黑川沖500mより水深が深いため、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、6月11日の調査では、pHやECは長瀬川の水質の影響を強く受けていた。長瀬川沖500mでは今年度は大腸菌数は検出されず、相関関係は認められなかった。

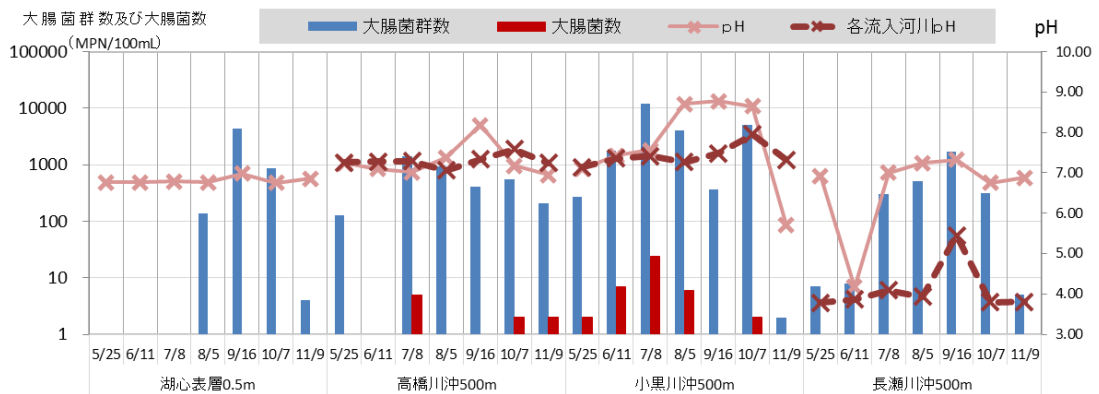


図13 各河川沖500m地点等のpHの推移

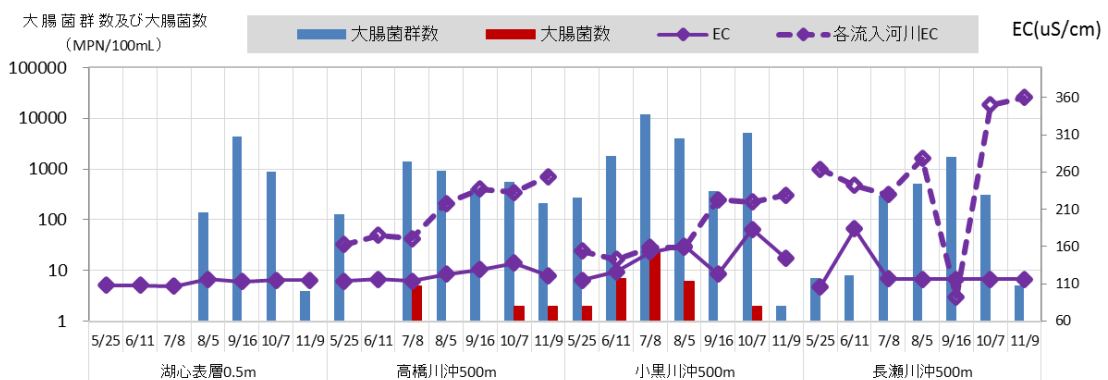


図14 各河川沖500m地点等のECの推移

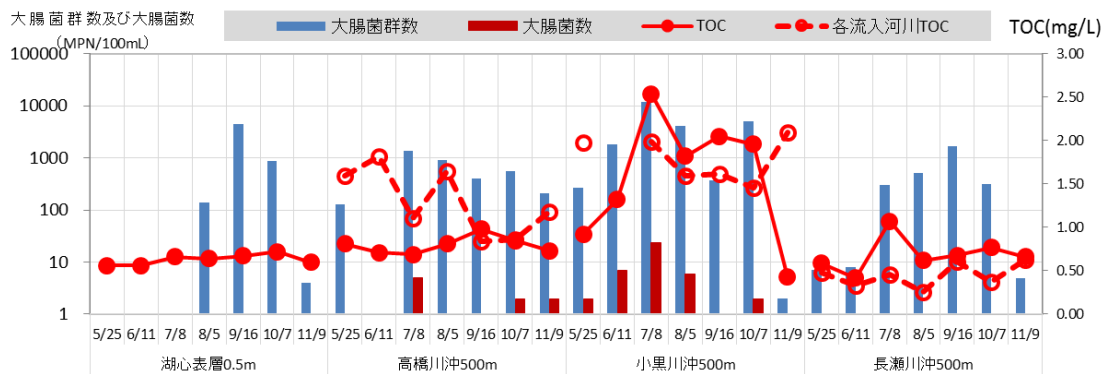


図15 各河川沖500m地点等のTOCの推移

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=14)

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.342	0.348	0.603	0.414	0.394	0.661	0.650
大腸菌数	0.160	0.032	0.129	0.335	0.281	0.573	

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	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.443	0.397	0.054	-0.135	0.280	0.355	0.290
大腸菌数	-0.014	-0.420	-0.235	0.023	0.041	0.103	

(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25日は水深30mでのみ大腸菌群が検出され、*Enterobacter asburiae*が同定された。6月11日は全層で検出されなかった。7月8日には全層で大腸菌群が検出され、全層から*Aeromonas*属のみが同定された。8月5日は全層で大腸菌群が検出され、表層、水深5m、水深30mからは*Aeromonas*属のみが同定され、水深15mで*Aeromonas*属と*Enterobacter cloacae*が同定された。表層で大腸菌群がA類型の環境基準を超過した9月16日では表層と水深5mでは*E. cloacae*のみが同定され、水深15m、水深30mでは*Aeromonas*属のみが同定された。10月7日の表層及び水深5mでは*E. cloacae*のみが同定され、水深15m、水深30mでは*Aeromonas*属と*E. cloacae*が同定された。11月9日は表層、水深5m、水深15mからは*Aeromonas*属のみが同定され、水深30mで*Aeromonas*属と*Pantoea*属が同定された。

5月から11月にかけて猪苗代湖湖心の大腸菌群の種の同定を行ったが、高い頻度で同定されたのは*E. cloacae*及び*Aeromonas*属で、その他数回*E. asburiae*、*Pantoea*属等が同定された。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. asburiae*、*E. amnigenus1*が多く出現したという小野⁵⁾の報告と若干類似するものであったが、平成25年度、平成26年度と同じように、平成27年度も7月～11月まで*Aeromonas*属が検出したことから、今後*Aeromonas*属の出現状況に注視していきたい。

9月16日の高橋川新橋からは*Aeromonas*属、*E. asburiae*、*E. amnigenus2*、*Pantoea*属が、小黒川梅の橋からは*Aeromonas*属、*E. cloacae*が同定された。酸性河川であり大腸菌群が少ない長瀬川小金橋からは、*E. cloacae*、*Serratia marcescens*が同定された。

高橋川沖500mでは*Aeromonas*属が、小黒川沖500mでは*Aeromonas*属が、長瀬川沖500mは*E. cloacae*が同定された。

表 7 大腸菌群の同定結果

採水地点	採水日	菌種										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)	コロラート培地の大腸菌群数の結果(MPN/100ml)					
		<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria1</i>	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria2</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Escherichia coli2</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>
猪苗代湖 湖心 表層	H26.5.25																			
猪苗代湖 湖心 5m																				
猪苗代湖 湖心 15m																				
猪苗代湖 湖心 30m							0.3									0.3				
猪苗代湖 湖心 表層	H26.6.11																			
猪苗代湖 湖心 5m																				
猪苗代湖 湖心 15m																				
猪苗代湖 湖心 30m																				
猪苗代湖 湖心 表層	H27.7.8	2.4																		
猪苗代湖 湖心 5m		2.5																		
猪苗代湖 湖心 15m		2.9																		
猪苗代湖 湖心 30m		2.5																		
猪苗代湖 湖心 表層	H27.8.5	3.4	3.4																	
猪苗代湖 湖心 5m		3.1																		
猪苗代湖 湖心 15m		3.7					3.4													
猪苗代湖 湖心 30m		3.1																		
猪苗代湖 湖心 表層	H27.9.16					3.5														
猪苗代湖 湖心 5m						3.5														
猪苗代湖 湖心 15m						3.2														
猪苗代湖 湖心 30m						3.0														
猪苗代湖 高橋川沖500m						2.5	2.5									2.8				
猪苗代湖 小黒川沖500m						4.2														
猪苗代湖 長瀬川沖500m																				
高橋川 新橋						3.7														
小黒川 梅の橋						3.7														
長瀬川 小金橋																				
猪苗代湖 湖心 表層	H27.10.7					3.5														
猪苗代湖 湖心 5m						2.8														
猪苗代湖 湖心 15m						2.5														
猪苗代湖 湖心 30m						2.4														
猪苗代湖 湖心 表層	H27.11.9					1.7														
猪苗代湖 湖心 5m						1.7														
猪苗代湖 湖心 15m						1.9														
猪苗代湖 湖心 30m						2.4										2.4				

*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、8月から10月にかけては4層で検出され、特に9月16日の表層では、4,400MPN/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TOCとの間に正の相関がみられなかった。なお、猪苗代湖湖心では年間（5月～11月）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～数万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1未満～数千MPN/100mL、大腸菌数は1未満～数十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、数桁減少していた。
- (3) 長瀬川小金橋の大腸菌群数は6～数百MPN/100mL、大腸菌数は1未満～2MPN/100mLであり、8(2)の2河川と比較して低い値であった。猪苗代湖内の長瀬川沖500mの大腸菌群数は高橋川沖500m及び小黒川沖河川沖500mとほぼ同様の値かそれ以下であったが、9月16日のみ上回った。長瀬川沖500mの大腸菌数は、長瀬川小金橋の大腸菌数より減少しており、7月8日を除いては1MPN/100mL未満であった。長瀬川小金橋で大腸菌群数及び大腸菌数と水温、DO飽和率に、猪苗代湖長瀬川沖500mで大腸菌群数と水温に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小黒川梅の橋を除く各河川で0～0.8%、猪苗代湖各河川沖500m地点で0～0.7%と大腸菌数の割合は少なかった。小黒川梅の橋では他と比べて割合が0.4～8.6%と高かった。
- (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 *Aeromonas* 属、*E. cloacae* で、このほか *E. asburia*、*Serratia* 属、*Pantoea* 属等が同定された。長瀬川小金橋及び長瀬川沖500mでは *E. cloacae*、*Serratia marcescens* が同定され、*Aeromonas* 属は検出されなかった。

参考文献

- 1) 和波和夫：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) 平成25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
- 4) 平成26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
- 5) 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2 平成27年度猪苗代湖大腸菌群調査結果

調査地点	猪苗代湖											
	湖心			湖心			湖心			湖心		
採取水深(m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
調査年月日	H27.5.25											
pH	6.88	6.88	6.89	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77
EC	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
DO	10.8	11.1	11.8	10.7	10.7	10.7	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
SS	<1	<1	<1	5	2	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
大腸菌群数(THL法)	3	<1	1	3	130	270	7	7,500	14,000	500	1	3
大腸菌群数(GLB法)	0	0	0	4								
大腸菌数	<1	<1	<1	1	2	<1	14	1200	2	2	<1	<1
TOC	0.57	0.58	0.55	0.53	0.81	0.92	0.59	1.59	1.98	0.48	0.56	0.57

調査地点	猪苗代湖											
	湖心			湖心			湖心			湖心		
採取水深(m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
調査年月日	H27.8.5											
pH	6.79	6.77	6.70	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77
EC	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
DO	9.5	9.5	10.1	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
SS	<1	<1	<1	1	5	1	9	4	8	4	<1	<1
大腸菌群数(THL法)	<1	1	2	1	1,400	12,000	300	22,000	20,000	170	140	1,000
大腸菌群数(GLB法)	240	330	780	350							4,900	1,300
大腸菌数	<1	<1	<1	5	24	1	130	900	1	1	<1	<1
TOC	0.66	0.70	0.63	0.56	0.89	2.54	1.07	1.11	1.99	0.46	0.64	0.63

調査地点	猪苗代湖											
	湖心			湖心			湖心			湖心		
採取水深(m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
調査年月日	H27.9.16											
pH	6.98	6.98	6.85	6.89	6.89	6.89	6.89	6.89	6.89	6.89	6.89	6.89
EC	113	113	112	113	129	123	116	237	223	92	115	116
DO	8.7	9.1	9.0	11.2	9.3	11.3	8.7	9.4	8.8	9.4	9.4	10.0
SS	<1	<1	<1	<1	1	2	<1	3	3	11	<1	<1
大腸菌群数(THL法)	4,400	4,100	2,100	410	410	370	1,700	22,000	34,000	190	870	980
大腸菌群数(GLB法)	3,300	3,300	1,700	1,100	1,300	17,000	1,100	24,000	24,000	490	3,300	700
大腸菌数	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	49	130	1	<1	<1
TOC	0.67	0.64	0.63	0.50	0.98	2.05	0.68	0.84	1.62	0.61	0.72	0.77

調査地点	猪苗代湖											
	湖心			湖心			湖心			湖心		
採取水深(m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
調査年月日	H27.11.9											
pH	6.86	6.85	6.85	6.80	6.85	6.80	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85
EC	115	116	116	116	121	144	116	254	229	360	116	116
DO	9.9	9.8	10.1	10.0	10.1	9.9	10.0	9.0	9.7	9.3	10.0	10.0
SS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	10	5	<1	<1
大腸菌群数(THL法)	4	3	6	48	210	2	5	22,000	44,000	920	500	500
大腸菌群数(GLB法)	49	49	79	490								
大腸菌数	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	110	520	<1	<1	<1
TOC	0.60	0.64	0.60	0.57	0.73	0.43	0.66	1.18	2.09	0.63	0.66	0.63

3 猪苗代湖全湖水面調査

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²⁾が見受けられることから、大腸菌群が多く検出される時期（8～9月）に全湖水面調査を行い、湖表層における大腸菌群の分布状況を把握する。

2 調査方法

猪苗代湖表層の大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖の大腸菌群の検出場所を把握した。

3 調査地点

調査地点は湖心を含む全52地点、図1のとおり。

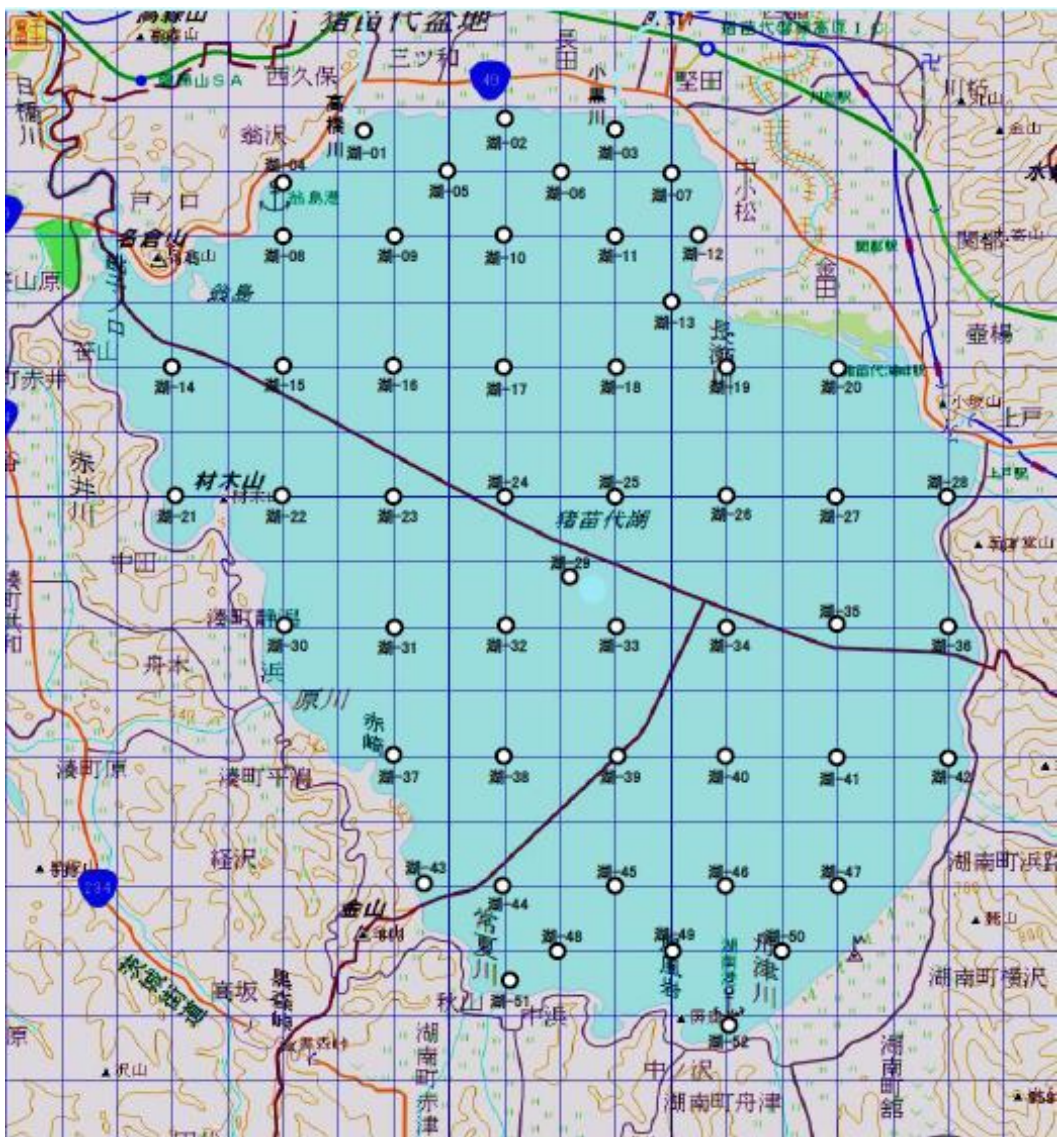


図1. 全湖水面調査調査地点

地点は平成20年9月11日に実施した「みんなで守る美しい猪苗代湖の水質一斉調査」¹⁾の調査地点を参考に選定した。

4 調査時期

平成27年8月31日、平成27年9月15日

5 調査項目

気温、水温、色相、臭気、濁り、泡立ち、pH、EC、大腸菌群数、大腸菌数、TOC

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：交流二極電流法
- (3) 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））
- (4) TOC：燃焼酸化－赤外線分析方式

7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1、2のとおり。

分析結果については、別紙3のとおり。

(1) 猪苗代湖の水質について

ア 水温について

湖水の水温の分布図を図2に示す。

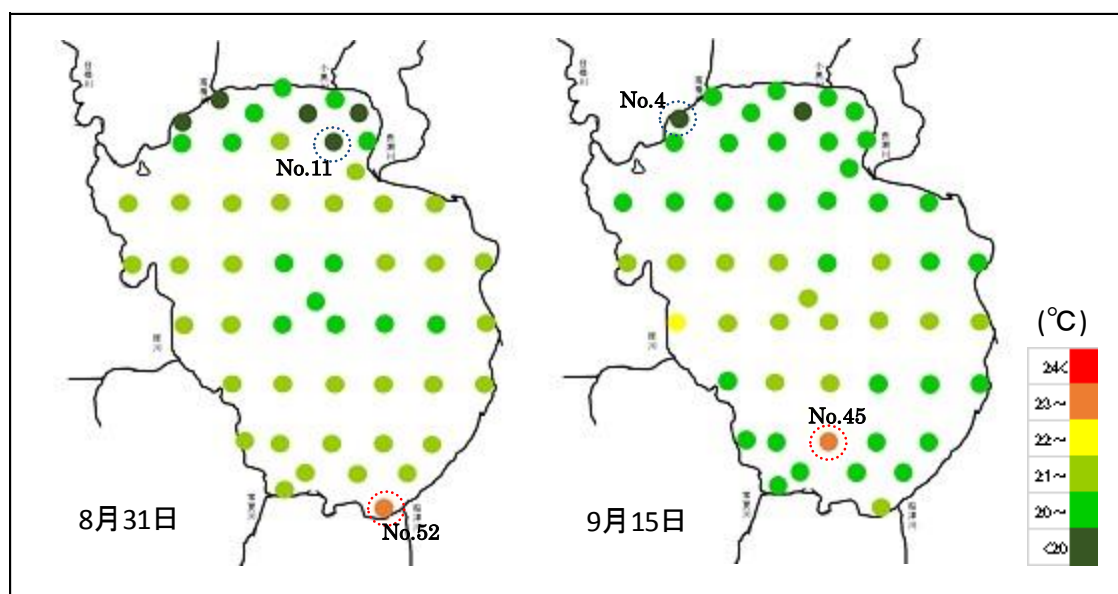


図2. 猪苗代湖の水温

8月31日の調査の水温の最大値は地点No. 52の23.5℃、最小値は地点No. 11の19.4℃、平均水温は21.0℃であった。9月15日の調査の水温の最大値は地点No. 45の24.0℃、最小値は地点No. 04の19.7℃、平均水温は20.7℃であった。

どの地点もほぼ20℃以上であり、年間の猪苗代湖湖心表層の水温としては高い値ではあるが、前年度の全湖水面調査結果と比較すると全体的に低めであった。

イ 湖水の pH について

湖水の pH（水素イオン濃度指数）の分布図を図 3 に示す。

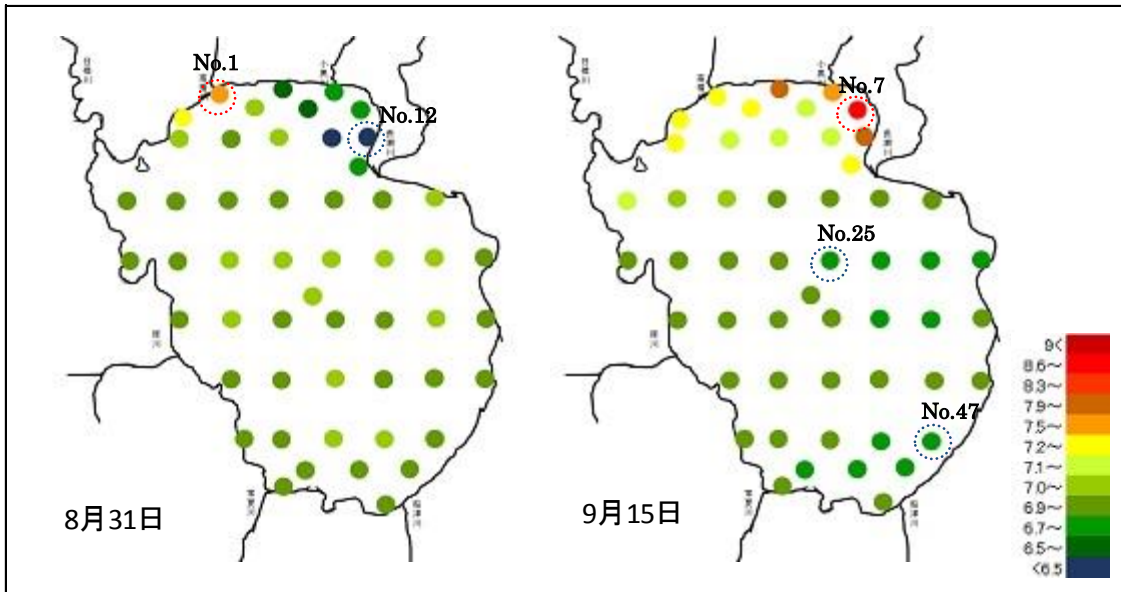


図 3. 猪苗代湖の pH

8月31日の pH の最大値は地点 No. 01 で 7.6、最小値は地点 No. 12 で 6.1 であった。9月15日の pH の最大値は地点 No. 06 で 8.6、最小値は地点 No. 25、47 で 6.8 であった。今年度は pH7 以上の地点が少なかったが、湖北部では pH が高い傾向にあった。

ウ 湖水の EC について

湖水の EC（電気伝導率）の分布図を図 4 に示す。

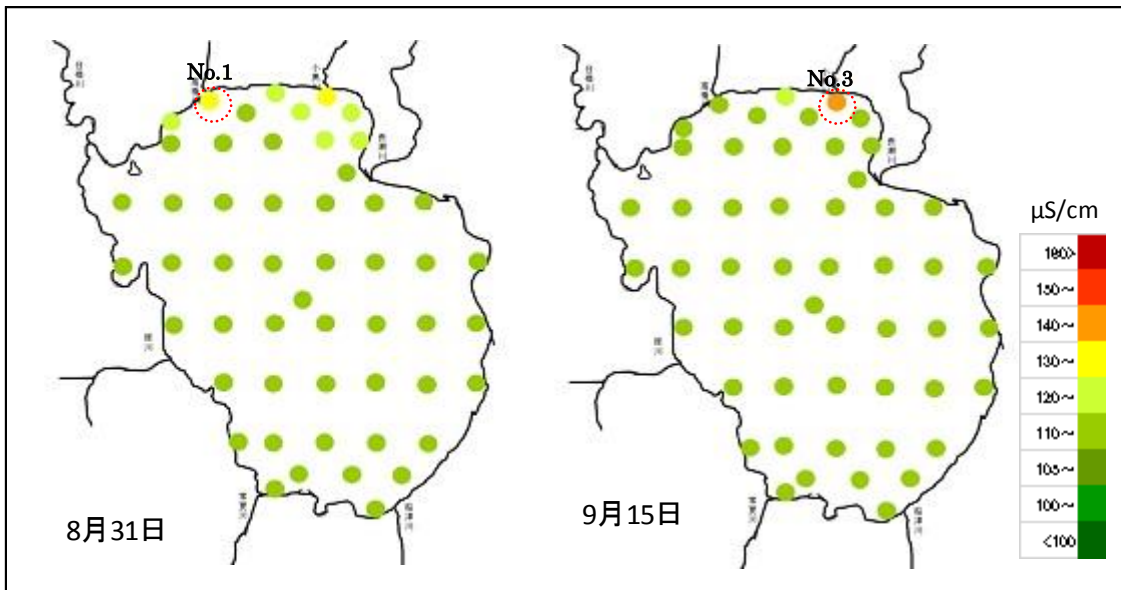


図 4. 猪苗代湖の EC

8月31日の最大値は地点 No. 01 の $139 \mu S/cm$ 、9月15日の最大値は地点 No. 03 の 140μ

S/cmであった。全ての地点も $100\mu\text{S/cm}$ 以上あり、湖北部では EC が高い傾向にあった。

エ 湖水の TOC について

湖水の TOC（全有機体炭素）の分布図を図 5 に示す。

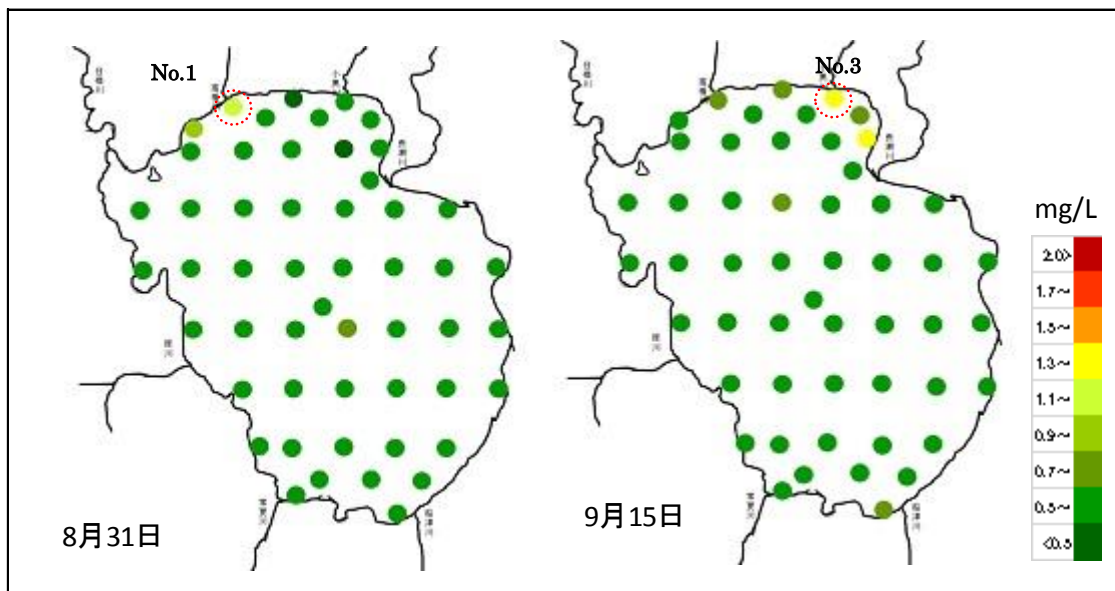


図 5. 猪苗代湖の TOC

8 月 31 日の最大値は地点 No. 01 で 1.28mg/L 、9 月 15 日の最大値は地点 No. 03 で 1.47mg/L であった。ほとんどの地点は 0.6mg/L 付近であり、湖北部で一部高い値がみられた。

オ 大腸菌群数及び大腸菌数について

湖水の大腸菌群数の分布図を図 6 に示す。

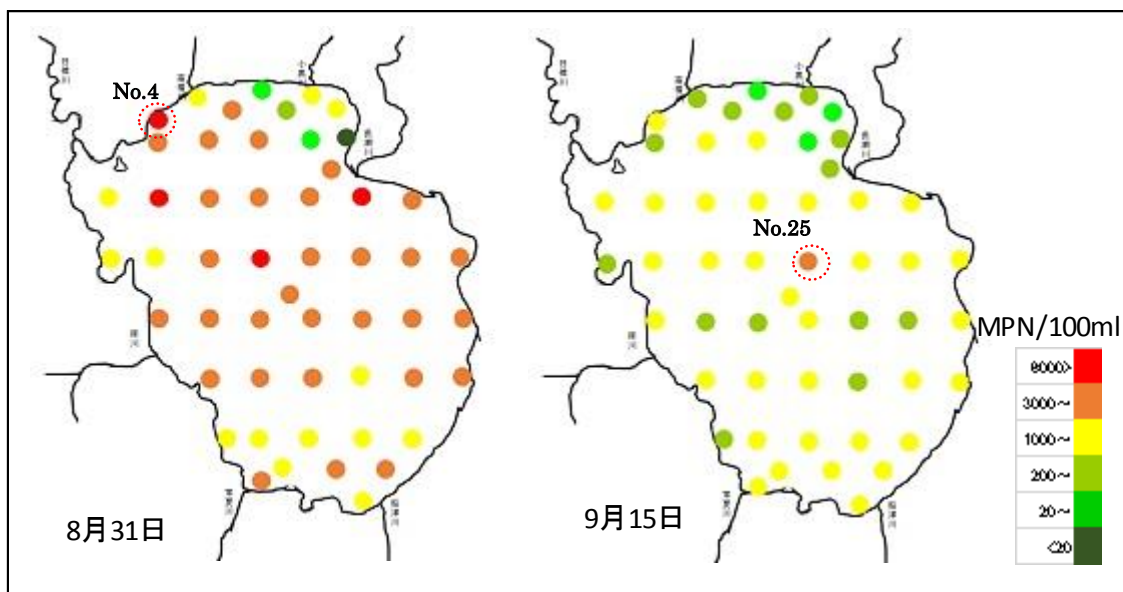


図 6. 猪苗代湖の大腸菌群数

8 月 31 日の大腸菌群数の最大値は地点 No. 04 で $17000\text{MPN}/100\text{ml}$ 、9 月 15 日の大腸菌群

数の最大値は地点 No. 25 で 3300MPN/100ml であった。1000MPN/100ml を超えた地点は 8 月 31 日では 48 か所、9 月 15 日では 35 か所と湖沼 A 類型環境基準 (1,000MPN/100ml) を超過している地点がほとんどであった。8 月 31 の方が全体的に大腸菌群数が多かった。どちらの日も湖北部よりも湖心付近で大腸菌群が多く確認された。

次に大腸菌数の分布図を図 7 に示す。

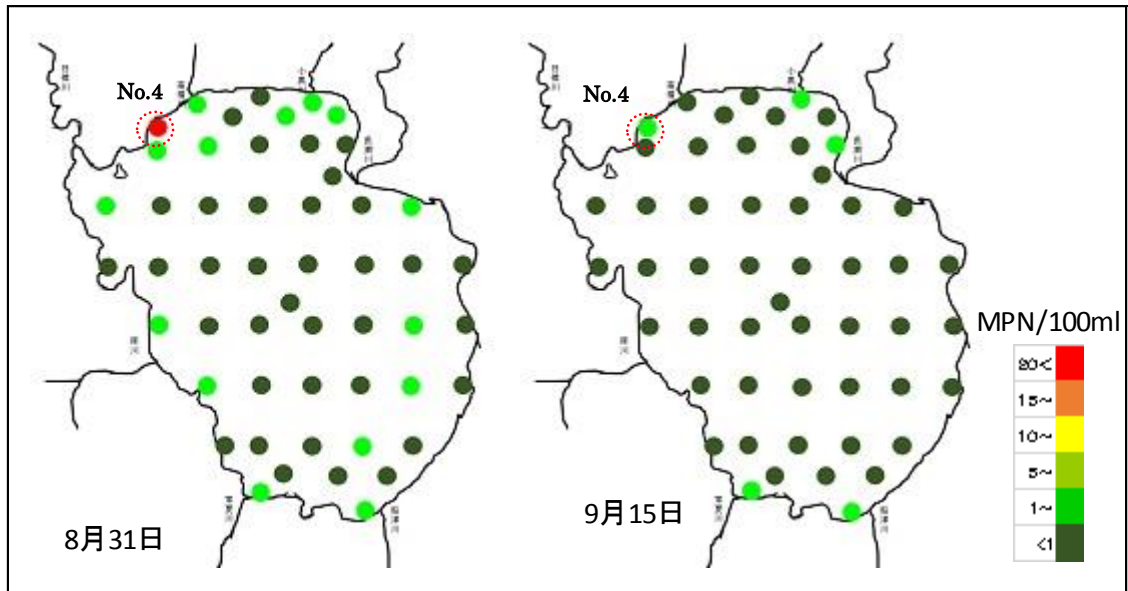


図 7. 猪苗代湖の大腸菌数

8 月 31 日の大腸菌数の最大値は地点 No. 04 で 820MPN/100ml、9 月 15 日の大腸菌数の最大値は地点 No. 04 で 4MPN/100ml であった。大腸菌は両日もほとんどの地点で未検出であった。大腸菌は湖岸付近で検出が確認された。

(2) 大腸菌群数及び水質調査項目の相関について

大腸菌群数とその他の測定項目、水温の相関を表 1 及び表 2 に示す。

全 52 地点における水質調査項目間の相関をみると、pH と TOC、EC と TOC において正の相関がみられた。大腸菌群数と測定項目、水温に相関は認められなかった。大腸菌はほとんどが未検出だったため有為な結果は得られなかった。

表 1. 猪苗代湖 52 地点 (8 月 31 日採水) における調査項目の相関関係

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温(°C)
大腸菌群数	1				
pH	0.46	1			
EC	-0.16	-0.01	1		
TOC	0.32	0.73	0.50	1	
水温(°C)	-0.03	0.20	-0.69	-0.22	1

表 2. 猪苗代湖 52 地点 (9 月 15 日採水) における調査項目の相関関係

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温(°C)
大腸菌群数	1				
pH	-0.51	1			
EC	-0.14	0.40	1		
TOC	-0.29	0.66	0.67	1	
水温(°C)	-0.03	-0.33	-0.07	-0.14	1

8 まとめ

- (1) 水質調査の結果、pH、EC、TOC はともに湖北部で高い傾向にあり、pH と TOC、EC と TOC に相関が認められた。
- (2) 大腸菌群が多く検出される 8 月、9 月に猪苗代湖表層 52 地点の大腸菌群数を調べたが、湖沼 A 類型環境基準 (1000PMN/100ml) を超えた地点は 8 月 31 日では 48 か所、9 月 15 日では 35 か所であった。大腸菌は湖岸付近の数地点で検出されただけで、ほとんどの地点が未検出であった。
- (3) 大腸菌群は湖北部よりも湖心付近の多くの水域で高く検出した。pH に関しては湖北部を除くほとんどの地点で pH が 7 付近であったため大腸菌群が生育しやすい pH であったと考えられる。また水温に関しては各地点での大腸菌群数との相関関係は認められなかったが、ほとんどの地点が 20°C 付近であり大腸菌群数の超過に影響していると考えられる。
- (4) 今回の調査では 8 月 31 日は湖の水量が少なめで天候が曇りのち雨、水草が生え始めていたという状況であった。9 月 15 日は数日前に雨が降ったため 8 月 31 日と比べて水量が多く天候は晴れ、水草は増えてきたという異なる環境での調査となった。大腸菌群数や pH の差等にこれらが関係しているかは断定できないが、今後の調査では湖の水量や前日の天気、環境等にも着目し、測定項目と共にデータを蓄積し、大腸菌群の出現状況等の検討を加えていきたい。

参考文献

- 1) みんなで守る美しい猪苗代湖の水環境フォーラム資料集 平成 21 年 1 月 7 日
日本大学工学部 (学術フロンティア推進事業)
- 2) 平成 26 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

現地調査結果(8月31日)

	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォーレ ルレー比色計 水色番号)	臭気	濁り	浮遊物の 有無	沈殿物の 有無	泡立ちの 有無	備考
	度	分	秒	度	分	秒											
1	37	31	47	140	3	43	10:30	小雨	19.5	19.5	13	無	無	少有	無	無	高橋川河口付近
2	37	31	55	140	5	0	10:43	小雨	19.2	20.0	13	無	無	無	無	無	三城形地先付近、
3	37	31	50	140	6	0	10:59	小雨	19.6	20.0	8	無	無	無	無	無	小黒川河口付近、
4	37	31	21	140	3	0	9:09	小雨	19.6	19.5	12	無	微濁	無	無	無	長浜付近
5	37	31	30	140	4	30	10:22	小雨	19.8	20.5	12	無	無	無	無	無	
6	37	31	30	140	5	30	10:13	小雨	20.3	19.5	7	無	無	無	無	無	
7	37	31	30	140	6	30	10:02	曇り	20.2	19.8	12	無	無	少有	無	無	
8	37	31	0	140	3	0	9:18	曇り	19.2	20.5	6	無	無	無	無	無	
9	37	31	0	140	4	0	9:29	曇り	19.2	20.6	12	無	無	無	無	少有	
10	37	31	0	140	5	0	9:35	曇り	19.2	21.0	12	無	無	無	無	無	
11	37	31	0	140	6	0	9:42	曇り	20.4	19.4	12	無	無	無	無	無	
12	37	31	0	140	6	42	9:52	曇り	19.6	20.4	5	無	無	無	無	無	天神浜付近
13	37	30	30	140	6	30	9:33	曇り	19.0	21.1	6	無	無	少有	少有	無	
14	37	30	0	140	2	0	11:38	曇り	20.0	21.1	6	無	無	無	無	無	
15	37	30	0	140	3	0	11:32	曇り	19.9	21.1	5	無	無	無	無	無	
16	37	30	0	140	4	0	11:26	曇り	19.8	21.1	5	無	無	無	無	少有	
17	37	30	0	140	5	0	11:19	曇り	19.9	21.0	7	無	無	無	無	無	
18	37	30	0	140	6	0	9:43	曇り	18.9	21.1	6	無	無	無	無	無	
19	37	30	0	140	7	0	9:52	曇り	19.4	21.2	6	無	無	無	無	無	長瀬川河口付近
20	37	30	0	140	8	0	10:02	曇り	18.9	21.0	6	無	無	無	少有	無	
21	37	29	0	140	2	0	11:14	曇り	19.0	21.2	6	無	無	無	無	無	中田浜付近
22	37	29	0	140	3	0	11:04	曇り	19.0	21.1	6	無	無	無	無	少有	材木山地先付近
23	37	29	0	140	4	0	10:57	小雨	19.1	21.0	6	無	無	無	無	少有	
24	37	29	0	140	5	0	10:49	小雨	18.8	20.8	6	無	無	無	無	無	
25	37	29	0	140	6	0	10:31	小雨	18.2	20.8	6	無	無	無	無	少有	
26	37	29	0	140	7	0	10:25	曇り	18.5	21.2	6	無	無	無	無	少有	
27	37	29	0	140	8	0	10:18	小雨	18.2	21.3	6	無	無	無	無	少有	
28	37	29	0	140	9	0	10:12	雨	18.1	21.1	6	無	無	無	無	少有	五万堂山地先付近
29	37	28	20	140	5	36	10:40	小雨	18.8	20.9	6	無	無	無	無	少有	湖心
30	37	28	0	140	3	0	11:28	曇り	19.3	21.1	6	無	無	無	無	少有	崎川浜付近
31	37	28	0	140	4	0	11:40	曇り	19.1	21.1	6	無	無	無	無	少有	
32	37	28	0	140	5	0	11:48	曇り	19.1	20.8	6	無	無	無	無	少有	
33	37	28	0	140	6	0	11:55	曇り	18.8	20.8	6	無	無	無	無	少有	
34	37	28	0	140	7	0	12:07	小雨	18.8	20.9	6	無	無	無	無	少有	
35	37	28	0	140	8	0	12:14	小雨	18.8	20.8	6	無	無	無	無	無	
36	37	28	0	140	9	0	12:22	曇り	19.9	21.2	6	無	無	無	無	無	
37	37	27	0	140	4	0	10:40	雨	19.0	21.6	5	無	無	無	無	無	赤崎地先付近
38	37	27	0	140	5	0	10:50	雨	19.3	21.5	5	無	無	無	無	無	
39	37	27	0	140	6	0	10:56	雨	19.3	21.5	5	無	無	無	無	無	
40	37	27	0	140	7	0	11:05	雨のち曇り	19.4	21.5	5	無	無	無	無	無	
41	37	27	0	140	8	0	11:10	曇り	19.7	21.5	5	無	無	無	無	無	
42	37	26	45	140	9	0	11:20	曇り	19.7	21.7	5	無	無	無	無	無	大沢川河口付近
43	37	26	0	140	4	12	10:30	雨	19.3	21.6	5	無	無	無	無	無	小倉沢地先付近
44	37	26	0	140	5	0	10:20	雨	19.1	21.5	5	無	無	無	無	無	
45	37	26	0	140	6	0	10:15	雨	19.3	21.6	5	無	無	無	無	無	
46	37	26	0	140	7	0	10:07	雨	19.3	21.6	5	無	無	無	無	無	
47	37	26	0	140	8	0	10:00	雨	18.9	21.6	5	無	無	無	無	無	
48	37	25	30	140	5	30	9:35	雨	18.5	21.5	4	無	無	無	無	無	
49	37	25	30	140	6	30	9:45	雨	18.6	21.5	5	無	無	無	無	無	
50	37	25	30	140	7	30	9:55	雨	19.3	21.5	5	無	無	無	無	無	
51	37	25	15	140	5	0	9:27	雨	18.3	21.5	4	無	無	無	無	無	青松浜付近
52	37	24	53	140	7	0	9:15	雨	18.0	23.5	4	無	無	無	無	無	舟津港付近

○全体的に水位が低めであった

現地調査結果(9月15日)

	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォーレルレー比色計 水色番号)	臭気	濁り	浮遊物の 有無	沈殿物の 有無	泡立ちの 有無	備考
	度	分	秒	度	分	秒											
1	37	31	47	140	3	43	10:00	晴れ	19.6	20.0	7	無	無	多い	無	無	高橋川河口付近
2	37	31	55	140	5	0	10:11	晴れ	21.4	20.0	8	無	無	多い	無	無	三城形地先付近
3	37	31	50	140	6	0	10:23	晴れ	21.7	20.4	7	無	無	多い	無	無	小黒川河口付近
4	37	31	21	140	3	0	9:00	晴れ	23.2	19.7	8	無	無	無	無	無	長浜付近
5	37	31	30	140	4	30	9:53	晴れ	20.1	20.2	6	無	無	多い	無	無	
6	37	31	30	140	5	30	9:46	晴れ	19.8	19.8	8	無	無	多い	無	無	
7	37	31	30	140	6	30	9:39	晴れ	19.7	20.0	8	無	無	少有	無	無	
8	37	31	0	140	3	0	9:10	晴れ	22.5	20.4	6	無	無	無	無	無	
9	37	31	0	140	4	0	9:15	晴れ	22.5	20.0	6	無	無	少有	無	少有	
10	37	31	0	140	5	0	9:23	晴れ	24.8	20.2	6	無	無	多い	無	無	
11	37	31	0	140	6	0	9:28	晴れ	21.5	20.1	6	無	無	少有	無	無	
12	37	31	0	140	6	42	9:33	晴れ	21.5	20.5	9	無	無	多い	無	無	天神浜付近
13	37	30	30	140	6	30	9:22	晴れ	21.1	20.2	5	無	無	少有	無	無	長瀬川河口
14	37	30	0	140	2	0	10:52	晴れ	22.8	20.8	6	無	無	少有	無	少有	
15	37	30	0	140	3	0	10:47	晴れ	22.0	20.8	6	無	無	無	無	無	
16	37	30	0	140	4	0	10:42	晴れ	21.6	20.6	6	無	無	無	無	多い	
17	37	30	0	140	5	0	10:36	晴れ	22.3	20.6	6	無	無	無	無	多い	
18	37	30	0	140	6	0	9:29	晴れ	20.2	20.2	6	無	無	無	無	無	
19	37	30	0	140	7	0	9:35	晴れ	21.1	20.1	5	無	無	無	無	無	長瀬川河口付近
20	37	30	0	140	8	0	9:41	晴れ	20.5	20.2	5	無	無	無	無	無	
21	37	29	0	140	2	0	11:02	晴れ	23.0	21.0	6	無	無	無	無	無	中田浜付近
22	37	29	0	140	3	0	10:51	晴れ	22.0	21.2	5	無	無	無	無	無	材木山地先付近
23	37	29	0	140	4	0	10:20	晴れ	20.0	21.0	5	無	無	無	無	少有	
24	37	29	0	140	5	0	10:12	晴れ	19.9	21.0	5	無	無	無	無	少有	
25	37	29	0	140	6	0	10:07	晴れ	21.0	20.8	5	無	無	無	無	無	
26	37	29	0	140	7	0	10:01	晴れ	21.4	21.0	5	無	無	無	無	無	
27	37	29	0	140	8	0	9:55	晴れ	21.1	20.5	5	無	無	無	無	無	
28	37	29	0	140	9	0	9:50	晴れ	19.4	20.2	5	無	無	無	無	無	五万堂山地先付近
29	37	28	20	140	5	36	11:14	晴れ	20.8	21.5	5	無	無	無	無	少有	湖心
30	37	28	0	140	3	0	10:57	晴れ	23.0	22.1	5	無	無	無	無	無	崎川浜付近
31	37	28	0	140	4	0	11:04	晴れ	20.5	21.2	5	無	無	無	無	少有	
32	37	28	0	140	5	0	11:09	晴れ	21.0	21.2	5	無	無	無	無	少有	
33	37	28	0	140	6	0	11:18	晴れ	21.2	21.0	5	無	無	無	無	無	
34	37	28	0	140	7	0	11:25	晴れ	20.9	21.2	5	無	無	無	無	少有	
35	37	28	0	140	8	0	11:30	晴れ	22.1	21.5	5	無	無	無	無	無	
36	37	28	0	140	9	0	11:38	晴れ	21.0	21.2	5	無	無	無	無	無	
37	37	27	0	140	4	0	10:03	晴れ	21.5	20.4	5	無	無	無	無	無	赤崎地先付近、微風
38	37	27	0	140	5	0	10:08	晴れ	22.2	21.0	5	無	無	少有	無	少有	
39	37	27	0	140	6	0	10:15	晴れ	22.0	21.0	6	無	無	少有	無	無	
40	37	27	0	140	7	0	10:20	晴れ	22.0	20.8	5	無	無	無	無	無	
41	37	27	0	140	8	0	10:25	晴れ	21.3	20.7	6	無	無	無	無	無	
42	37	26	45	140	9	0	10:31	晴れ	21.7	20.1	6	無	無	無	無	無	大沢川河口付近
43	37	26	0	140	4	12	9:56	晴れ	21.0	20.6	5	無	無	無	無	無	小倉沢地先付近
44	37	26	0	140	5	0	9:51	晴れ	20.2	20.5	6	無	無	無	無	無	
45	37	26	0	140	6	0	10:50	晴れ	21.5	24.0	6	無	無	無	無	無	
46	37	26	0	140	7	0	10:44	晴れ	21.0	20.7	6	無	無	無	無	無	
47	37	26	0	140	8	0	10:38	晴れ	21.2	20.5	5	無	無	無	無	無	
48	37	25	30	140	5	30	9:39	晴れ	20.0	20.2	6	無	無	無	無	無	
49	37	25	30	140	6	30	9:33	晴れ	19.6	20.5	5	無	無	無	無	無	
50	37	25	30	140	7	30	9:25	晴れ	20.9	20.2	5	無	無	無	無	無	
51	37	25	15	140	5	0	9:44	晴れ	20.0	20.4	5	無	無	無	無	無	青松浜付近
52	37	24	53	140	7	0	8:45	曇り	21.2	21.0	5	無	無	無	無	無	舟津港付近

全湖水面調査分析結果
8月31日(月)

地点No	大腸菌群数		pH	EC	TOC	気温(℃)	水温(℃)
	MMO-MUG培地	MMO-MUG培地					
単位	MPN/100ml	MPN/100ml	JIS K 0102 12.1(ガラス電 極法)	JIS K 0102 13	JIS K 0102 22		
下限値	0	0		1	0.5		
湖-01	1,100	2	7.6	139	1.28	19.5	19.5
湖-02	110	<1	6.6	126	0.48	19.2	20.0
湖-03	1,100	2	6.9	130	0.69	19.6	20.0
湖-04	17,000	820	7.3	129	1.01	19.6	19.5
湖-05	4,400	<1	7.0	116	0.62	19.8	20.5
湖-06	290	1	6.6	121	0.53	20.3	19.5
湖-07	1,200	1	6.8	129	0.66	20.2	19.8
湖-08	4,900	1	7.0	117	0.63	19.2	20.5
湖-09	4,400	1	7.0	115	0.63	19.2	20.6
湖-10	5,500	<1	7.1	117	0.65	19.2	21.0
湖-11	76	<1	6.2	126	0.48	20.4	19.4
湖-12	12	<1	6.1	127	0.49	19.6	20.4
湖-13	5,800	<1	6.9	116	0.64	19.0	21.1
湖-14	2,800	2	7.0	117	0.67	20.0	21.1
湖-15	8,200	<1	7.0	116	0.61	19.9	21.1
湖-16	5,500	<1	7.0	117	0.62	19.8	21.1
湖-17	5,200	<1	7.0	117	0.64	19.9	21.0
湖-18	5,800	<1	7.0	114	0.63	18.9	21.1
湖-19	6,100	<1	7.0	116	0.61	19.4	21.2
湖-20	4,900	1	7.0	116	0.64	18.9	21.0
湖-21	2,500	<1	6.9	117	0.63	19.0	21.2
湖-22	2,600	<1	7.0	117	0.62	19.0	21.1
湖-23	3,400	<1	7.1	114	0.61	19.1	21.0
湖-24	7,300	<1	7.1	116	0.62	18.8	20.8
湖-25	4,900	<1	7.0	116	0.63	18.2	20.8
湖-26	4,600	<1	7.0	116	0.63	18.5	21.2
湖-27	5,500	<1	7.0	116	0.65	18.2	21.3
湖-28	3,300	<1	7.0	114	0.62	18.1	21.1
湖-29	3,700	<1	7.0	115	0.63	18.8	20.9
湖-30	4,600	1	7.0	116	0.64	19.3	21.1
湖-31	4,600	<1	7.0	115	0.63	19.1	21.1
湖-32	4,600	<1	7.0	116	0.62	19.1	20.8
湖-33	4,400	<1	7.0	116	0.74	18.8	20.8
湖-34	4,400	<1	7.0	117	0.65	18.8	20.9
湖-35	3,900	1	7.0	115	0.65	18.8	20.8
湖-36	3,400	<1	6.9	117	0.63	19.9	21.2
湖-37	3,900	1	7.0	116	0.66	19.0	21.6
湖-38	4,100	<1	7.0	116	0.60	19.3	21.5
湖-39	3,300	<1	7.0	117	0.64	19.3	21.5
湖-40	2,800	<1	7.0	117	0.62	19.4	21.5
湖-41	3,100	1	7.0	117	0.61	19.7	21.5
湖-42	3,600	<1	7.0	116	0.65	19.7	21.7
湖-43	2,100	<1	7.0	117	0.64	19.3	21.6
湖-44	2,900	<1	7.0	116	0.69	19.1	21.5
湖-45	2,900	<1	7.0	115	0.63	19.3	21.6
湖-46	2,000	1	7.0	115	0.68	19.3	21.6
湖-47	2,400	<1	7.0	115	0.60	18.9	21.6
湖-48	1,600	<1	7.0	116	0.65	18.5	21.5
湖-49	3,400	<1	7.0	117	0.63	18.6	21.5
湖-50	3,100	<1	7.0	117	0.65	19.3	21.5
湖-51	4,900	3	7.0	116	0.64	18.3	21.5
湖-52	2,500	3	7.0	116	0.65	18.0	23.5

9月15日(火)

地点No	大腸菌群数		pH	EC	TOC	気温(℃)	水温(℃)
	MMO-MUG培地	MMO-MUG培地					
単位	MPN/100ml	MPN/100ml	JIS K 0102 12.1(ガラス電 極法)	JIS K 0102 13	JIS K 0102 22		
下限値	0	0		1	0.5		
湖-01	490	<1	7.4	118	0.70	19.6	20.0
湖-02	120	<1	8.2	120	0.78	21.4	20.0
湖-03	980	1	7.8	140	1.47	21.7	20.4
湖-04	1,100	4	7.3	115	0.65	23.2	19.7
湖-05	870	<1	7.2	114	0.62	20.1	20.2
湖-06	610	<1	7.2	114	0.62	19.8	19.8
湖-07	120	<1	8.6	116	0.89	19.7	20.0
湖-08	980	<1	7.2	115	0.63	22.5	20.4
湖-09	1,100	<1	7.2	113	0.63	22.5	20.0
湖-10	1,100	<1	7.1	113	0.62	24.8	20.2
湖-11	150	<1	7.2	111	0.66	21.5	20.1
湖-12	520	1	7.9	111	1.31	21.5	20.5
湖-13	820	<1	7.2	115	0.66	21.1	20.2
湖-14	1,500	<1	7.1	114	0.64	22.8	20.8
湖-15	1,300	<1	7.1	113	0.62	22.0	20.8
湖-16	1,400	<1	7.0	114	0.64	21.6	20.6
湖-17	1,500	<1	7.0	114	0.71	22.3	20.6
湖-18	1,400	<1	7.0	114	0.63	20.2	20.2
湖-19	2,900	<1	7.0	114	0.62	21.1	20.1
湖-20	2,700	<1	7.0	113	0.62	20.5	20.2
湖-21	440	<1	7.0	114	0.63	23.0	21.0
湖-22	1,300	<1	6.9	114	0.63	22.0	21.2
湖-23	2,300	<1	6.9	115	0.61	20.0	21.0
湖-24	2,000	<1	6.9	114	0.62	19.9	21.0
湖-25	3,300	<1	6.8	115	0.61	21.0	20.8
湖-26	2,800	<1	6.9	113	0.61	21.4	21.0
湖-27	2,800	<1	6.9	114	0.60	21.1	20.5
湖-28	2,400	<1	6.9	114	0.60	19.4	20.2
湖-29	1,100	<1	6.9	114	0.62	20.8	21.5
湖-30	1,100	<1	6.9	113	0.63	23.0	22.1
湖-31	650	<1	6.9	114	0.61	20.5	21.2
湖-32	490	<1	6.9	113	0.63	21.0	21.2
湖-33	1,500	<1	6.9	115	0.61	21.2	21.0
湖-34	870	<1	6.9	115	0.69	20.9	21.2
湖-35	870	<1	6.9	115	0.62	22.1	21.5
湖-36	1,400	<1	6.9	115	0.64	21.0	21.2
湖-37	1,100	<1	6.9	114	0.62	21.5	20.4
湖-38	2,400	<1	6.9	114	0.63	22.2	21.0
湖-39	1,700	<1	6.9	115	0.65	22.0	21.0
湖-40	980	<1	6.9	115	0.60	22.0	20.8
湖-41	1,700	<1	7.0	114	0.63	21.3	20.7
湖-42	2,500	<1	7.0	112	0.62	21.7	20.1
湖-43	820	<1	6.9	113	0.66	21.0	20.6
湖-44	1,900	<1	6.9	113	0.64	20.2	20.5
湖-45	1,300	<1	7.0	114	0.61	21.5	24.0
湖-46	1,900	<1	6.9	111	0.62	21.0	20.7
湖-47	2,900	<1	6.8	112	0.62	21.2	20.5
湖-48	2,000	<1	6.9	115	0.65	20.0	20.2
湖-49	2,100	<1	6.9	114	0.63	19.6	20.5
湖-50	2,800	<1	6.9	114	0.66	20.9	20.2
湖-51	1,100	3	6.9	113	0.66	20.0	20.4
湖-52	1,200	1	7.0	113	0.65	21.2	21.0

○大腸菌(群)の試験に用いた試薬は、MMO-MUG培地はアスカ純薬株のコリラート「アスカ」QTトレイを使用。

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、猪苗代湖及び猪苗代湖への流入河川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

猪苗代湖及び猪苗代湖への流入河川の溶存態及び懸濁態の有機物量等を調査した。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、有機物による汚濁の現状を検討した。

3 調査地点

調査地点は図1のとおり。

- (1) 猪苗代湖湖心（表層）
- (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」）

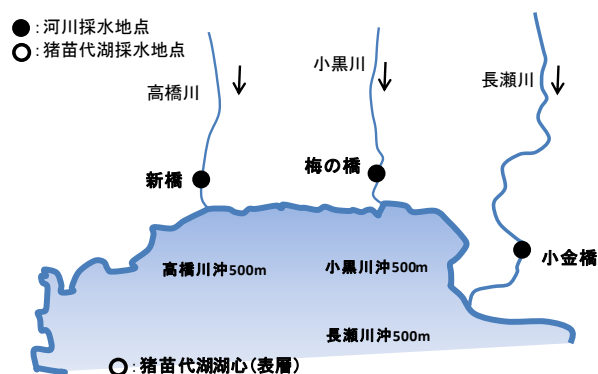


図1 調査地点

4 調査時期

平成 27 年 11 月 18 日

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 日生分解後に残存した成分を難分解性成分とした。

表 1 生分解試験の条件等

試料量	1000ml
分解期間	30 日及び 100 日
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：交流二電極法
- (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で測定
- (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) 溶存態 TOC (DOC)：ろ過後、燃焼酸化－赤外吸収式 TOC 自動計測法で測定
- (9) 懸濁態 TOC (POC)：TOC－DOC で算出
- (10) T-N、T-P、PO₄-P：分光光度法
- (11) 溶存態 T-N (T-N)、溶存態 (T-P) DTP：ろ過後、分光光度法で測定
- (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 の紫外吸収光度
- (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) 猪苗代湖及び各河川における BOD、COD 及び TOC の結果について

各湖沼等における BOD、COD 及び TOC の調査結果を図 2 に示す。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 として入力した。

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。

BOD は小黒川梅の橋が 0.9mg/L、長瀬川小金橋が 0.5mg/L であり、それ以外の地点は全て 0.5mg/L 未満と低い値であった。

COD は猪苗代湖湖心が 0.9mg/L と最も低い値であった。河川は 2.3mg/L～3.3mg/L、猪苗代湖におけるそれぞれの河川沖 500m の地点は 1.1～1.2mg/L であり、3 河川とも河川よりも猪苗代湖 500m 沖で低い値となった。

TOC は猪苗代湖内の 4 地点及び長瀬川小金橋は 0.65～0.69mg/L と低い値であった。高橋川新橋は 1.2mg/L、小黒川梅の橋は 1.7mg/L であり、COD と同様に各河川の 500m 沖よりも高い値となった。

また、全ての地点において POC の値は 0.1mg/L 未満であり、ほぼ溶存態で存在している結果となった。

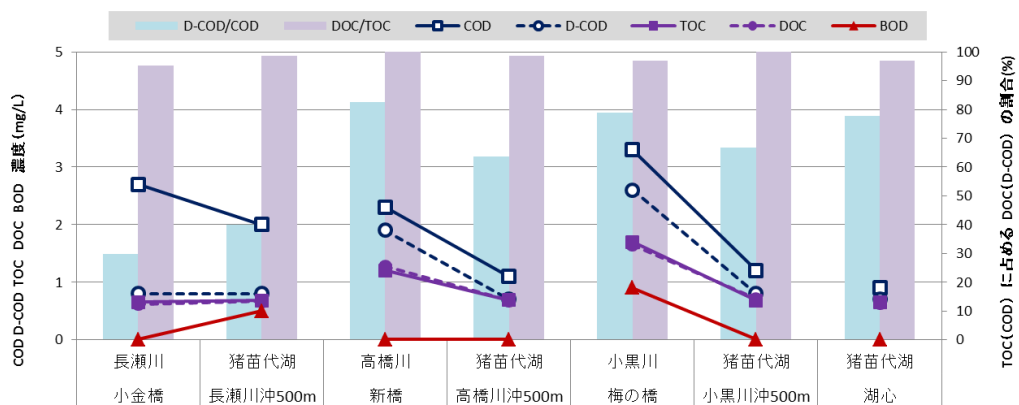


図2 猪苗代湖及び各河川における BOD 等の変化

(2) 猪苗代湖及び各河川における窒素及びリンの結果について

各湖沼等における T-N 及び T-P 等の調査結果を図 3、4 及び表 2 に示す。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、図 3、4 では定量下限値未満の検体については 0mg/L として入力した。

なお、NO₂-N は全ての地点で定量下限値未満 (<0.05mg/L) であった。

T-N は猪苗代湖内の 4 地点は 0.20mg/L 程度の値であり、その内の 65~78% は NO₃-N が占めていた。また、懸濁態は全ての地点で 0.05mg/L 未満であり溶存態の割合が高かった。

河川においては、長瀬川小金橋は 0.28mg/L と猪苗代湖内に近い値であったが、高橋川新橋は 0.63mg/L、小黒川梅の橋は 0.87 mg/L と高い値を示し、湖内と同様に NO₃-N が高い割合で占めていた。また、溶存態の割合は 61~84% であり、湖内よりは低いが高い割合を占めていた。

T-P は猪苗代湖内の 4 地点は 0.003mg/L 未満の値であり、河川 3 地点は 0.023~0.10mg/であった。当センターによるこれまでの調査により、長瀬川小金橋では不溶化した Fe 等の金属イオンにリンが吸着し懸濁態（フロック）になる現象が発生することが確認されており、そのため、懸濁態の割合が 100%であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋は溶存態の割合がそれぞれ 57%及び 37%であり、溶存態、懸濁態ともある程度の割合で存在していた。

猪苗代湖内の 4 地点において T-P が 0.003mg/L であったと仮定して N:P 比（重量比）を計算した結果、すべての地点で 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⁾。

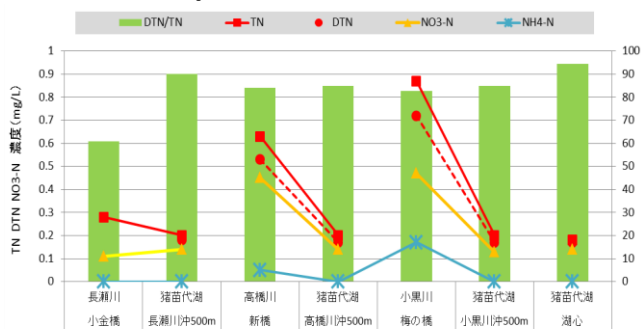


図3 猪苗代湖及び各河川における T-N 等の変化

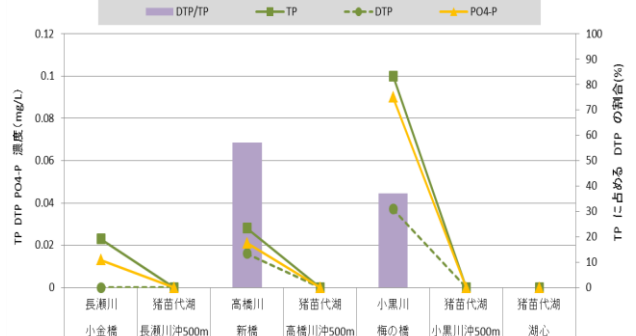


図4 猪苗代湖及び各河川における T-P 等の変化

表2 猪苗代湖における N:P 比 (重量比)

調査地点	猪苗代湖			
採水地点	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m
N:P比	60	67	67	67

*T-P は 0.003mg/L 未満であったため、0.003mg/L と仮定して計算した。

(3) 猪苗代湖及び各河川における 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5に示す。

猪苗代湖内4地点における UV260/DOC 比は、11~15[(mABS/cm)/(mg/L)]であった。内部生産有機物由来の値は 12(mABS/cm)/(mg/L) 程度と報告されており²⁾、その値に近い結果となった。

各河川における UV260/DOC 比は、42~100[(mABS/cm)/(mg/L)]であった。土壌由来である外来性有機物の値は 23~58(mABS/cm)/(mg/L) 程度と報告されており²⁾、内部生産よりも外来性有機物の影響を強く受ける河川では湖沼よりも高い値となる傾向であるが、今回は平成26年度と同様に高い結果となった。

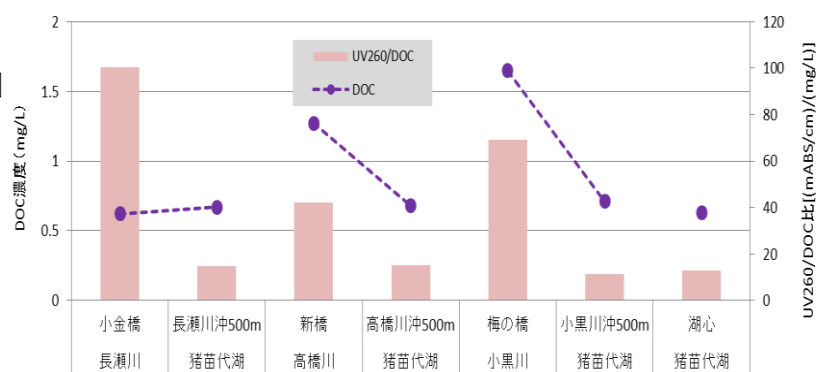


図5 猪苗代湖及び各河川における UV260/DOC 比及び DOC の変化

また、平成26年度の調査結果 (30~50[(mABS/cm)/(mg/L)]) と比べて高い値となり、特に長瀬川小金橋では、平成26年度調査が 43(mABS/cm)/(mg/L) であったのに対して、100(mABS/cm)/(mg/L) と2倍以上増加した。これは、小金橋上流にある水力発電所の影響が考えられる。平成26年度は水力発電所の放流時間前に採水したが、今回は放流時間後に採水している放流により流量が増加し (平成26年の約7倍。)、土壌を含む水が大量に流れたため、土壌由来の影響を強く受けた可能性が示唆された。

(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6に示す。

猪苗代湖は、平均滞留時間が約3.7年と長いと100日後の生分解試験と、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。

先に述べたように、TOCは全ての地点において0日目ではほぼ溶存態で存在している結果であったが、30日後及び100日後もPOCの値は0.1mg/L未満であり、ほぼ溶存態で存在している結果となった。

全ての地点において、30日生分解後及び100日生分解後のDOC(TOC)の値はほとんど変わらず、30日後には易分解性有機物はほぼ分解されている結果となった。

また、難分解性DOCは80%前後の値であった。

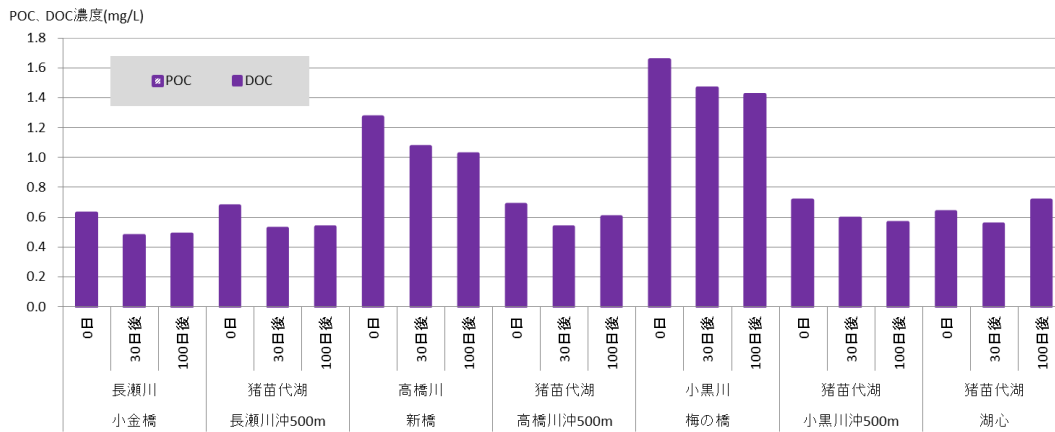


図6 猪苗代湖及び各河川における生分解試験における DOC 等の変化

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。

猪苗代湖内4地点における100日生分解後の UV260/DOC 比は、生分解前の値と比較してほとんど変化がみられなかった。

それに対して河川3地点は減少した。生分解後は易分解性で UV260/DOC の比率が低い有機物が減少し、UV260/DOC の比率が高いフミン質等の難分解性有機物の比率が増加することにより、UV260/DOC 比が増加、又は、ほぼ変化しない結果となった報告^{2),3)}があるが、河川3地点については違った傾向となった。その理由は不明であり更なる調査が必要である。

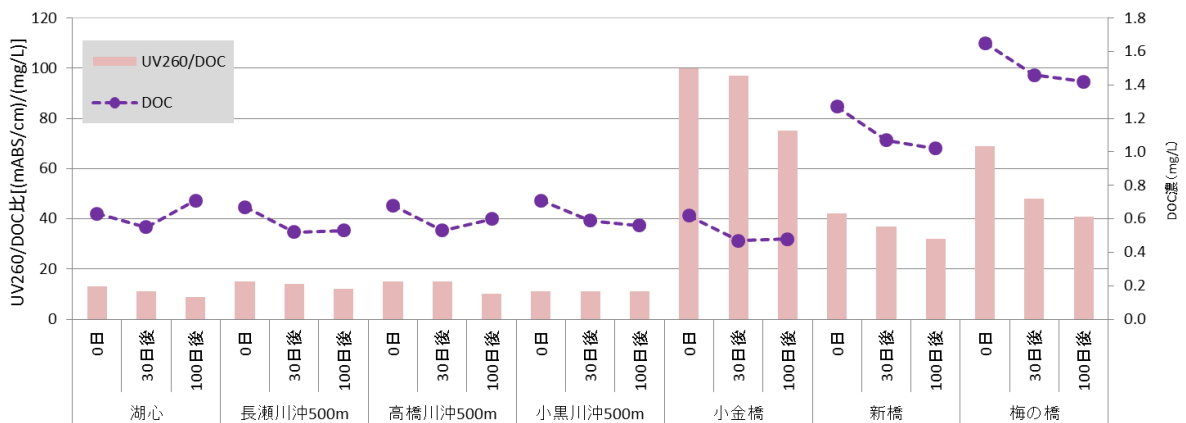


図7 猪苗代湖及び各河川における生分解試験における UV260/DOC 等の変化

8 まとめ

- (1) COD、TOC において、河川の方がそれぞれの河川の猪苗代湖 500m 沖より高い値となった。
また、今回調査した 7 地点全てにおいて TOC はほぼ溶存態で存在していた。
- (2) UV260/DOC の結果において、猪苗代湖内は内部生産有機物の寄与が大きい結果となった。
河川 3 地点については土壌由来の外来性有機物の寄与が大きい結果となった。長瀬川小金橋
については、流量が増加し大量に土砂が流入することによる UV260/DOC 比の増加が見られた。
- (3) 難分解性 DOC は 80% 前後の値であり、難分解性有機物の割合が高かった。
- (4) 100 日生分解後の UV260/DOC 比は、猪苗代湖湖内の 4 地点はほとんど変化がみられなかったが
河川 3 地点は低下した。

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

別紙 1 現地調査結果

調査地点	猪苗代湖				長瀬川 小金橋	高橋川 新橋	小黒川 梅の橋
	湖心	長瀬川沖 500m	高橋川沖 500m	小黒川沖 500m			
採取水深(m)	表層	表層	表層	表層	表層	表層	表層
調査年月日	H27.11.18						
採水時間	9:15	9:45	10:15	10:00	11:35	10:40	11:05
天候(前日)	くもり						
天候(当日)	くもり						
気温(℃)	15.5	15.5	15.5	15.5	16.7	16.7	17.5
水温(℃)	15.7	15.5	15.6	16.2	15.5	16.0	16.7
透明(透視)度(m)	17.0	14.5	>1.7	>0.8	0.68	>1	>1
水色(フォーレル)	6	5	15	13	—	—	—
色相	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
濁り	透明	透明	透明	透明	微濁	透明	透明
流量(m ³ /s)	—				46.2	0.56	0.72

発電所放流時間 9:05~21:40

* 黄色のセルは計算値

別紙2 難分解性有機物類モニタリング水質測定結果

測定地点	2015/11/18			
	湖心	長瀬川P500m	猪苗代湖 高瀬川P500m	小黒川 P500m
pH	6.7	6.7	6.9	7.4
EC	114	122	116	228
BOD	<0.5	0.5	<0.5	0.9
COD	0.9	2.0	1.1	2.3
D-COD	0.7	0.8	0.7	1.9
E-COD	0.2	1.2	0.4	0.4
TOC	0.65	0.68	0.68	1.20
DOC	0.63	0.67	0.68	1.27
POC	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
F-N	0.18	0.20	0.20	0.53
DTN	0.17	0.17	0.17	0.72
PTN	<0.05	<0.05	<0.05	0.10
NO3-N	0.14	0.14	0.13	0.45
NO2-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH4-N	<0.05	<0.05	<0.05	0.05
TP	<0.003	<0.003	<0.003	0.028
DTP	<0.003	<0.003	<0.003	0.016
PTP	<0.003	<0.003	<0.003	0.012
PO4-P	<0.003	<0.003	<0.003	0.021
SS	<1	<1	<1	8
一般細菌数	70	35	99	510
UV280	0.0081	0.0098	0.0102	0.0623
UV280/DOC	13	15	11	42
クロロフィルa	0.1	—	—	—

難分解性有機物類モニタリング水質測定結果

測定地点	2015/11/18											
	湖心			猪苗代湖 高瀬川P500m			長瀬川 P500m			小黒川 P500m		
生分解性有機物	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
pH	7.3	7.1	5.9	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7
EC	0	1	114	122	116	120	226	234	220	231	224	224
TOC	0.08	0.17	0.30	0.65	0.68	0.69	0.68	0.65	0.68	0.68	0.68	0.68
DOC	0.11	0.22	0.27	0.63	0.67	0.68	0.71	0.62	0.65	0.65	0.65	0.65
UV280	0.0000	0.0001	0.0001	0.0081	0.0098	0.0102	0.0080	0.0623	0.1143	0.0623	0.0623	0.0623

難分解性有機物類モニタリング水質測定結果

測定地点	2015/11/18											
	湖心			猪苗代湖 高瀬川P500m			長瀬川 P500m			小黒川 P500m		
生分解性有機物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7.3	7.1	5.9	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7	6.7
EC	0	0	114	122	116	120	226	234	220	231	224	224
TOC	0.08	0.16	0.29	0.65	0.68	0.69	0.68	0.65	0.68	0.68	0.68	0.68
DOC	0.11	0.21	0.26	0.63	0.67	0.68	0.71	0.62	0.65	0.65	0.65	0.65
UV280	0.0000	0.0000	0.0000	0.0081	0.0098	0.0102	0.0080	0.0623	0.1143	0.0623	0.0623	0.0623

5 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、水深 30m
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
水深 5m、水深 10m、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
平成 27 年度調査期間：平成 27 年 5 月 25 日～
平成 28 年 4 月 13 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
平成 27 年度調査期間：平成 27 年 5 月 25 日～平成 28 年 4 月 13 日
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
3 (1)に記載した水深 4 地点にて小型メモリー計測器 (JFE アドバンテック社製 DEFI-T) 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。
- (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: JFE アドバンテック社製 COMPACT-CT (水温及び電気伝導率)
水深 10m 及び水深 15m: JFE アドバンテック社製 DEFI-T (水温)

7 結果及び考察

(1) 猪苗代湖湖心における水温連続測定結果

平成 20 年 4 月 22 日から平成 28 年 4 月 13 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。また、平成 27 年度のみデータを図 3 に示す。

なお、水深 15m の水温データは計測器の不具合により測定できなかった。

猪苗代湖においては、水温躍層は例年 7 月前後に水深 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。

水深 15m の水温データが測定できなかったため、水温躍層の形成時期は確認することができなかった。水深 30m の水温は、5 月～9 月下旬まではほぼ一定の値で推移し、10 月上旬から上昇し、11 月上旬には表層及び水深 5m とほぼ同じ値となり水温躍層の崩壊が確認できた。

表層及び水深 5m は 5 月～11 月の間は気温と同様に变化しており、8 月中旬に最高温度となった。

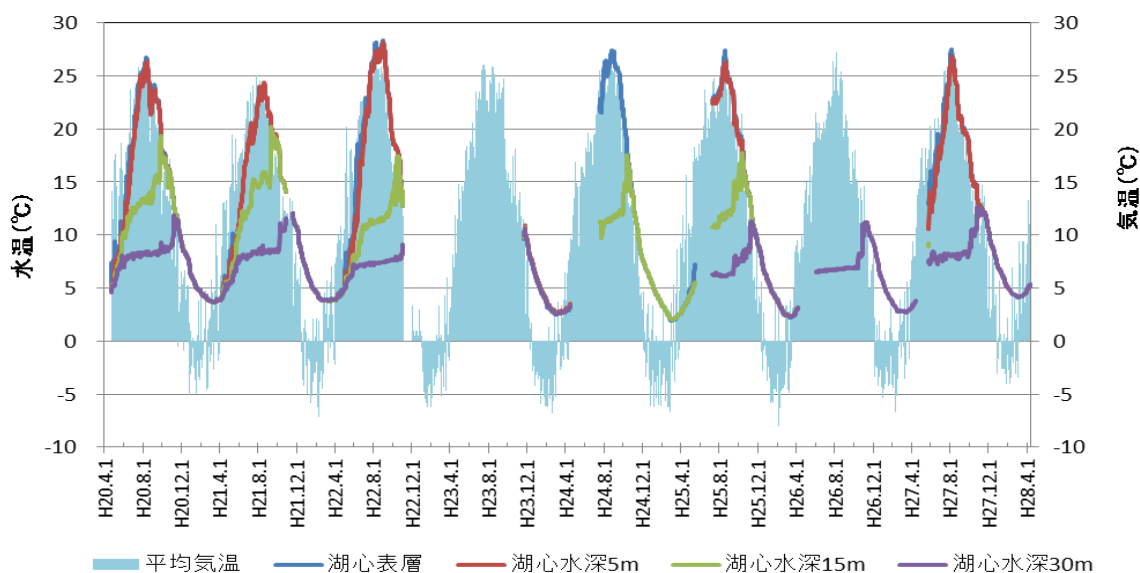


図 2 平成 20 年度から 27 年度における猪苗代湖湖心の層別日平均水温及び日平均気温の関係

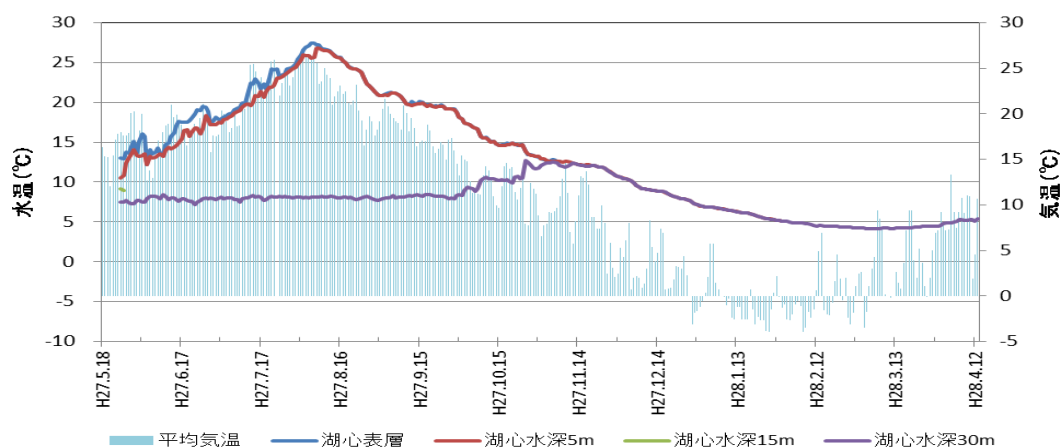


図 3 平成 27 年度における猪苗代湖湖心の層別日平均水温及び日平均気温の関係

水温躍層が形成され崩壊する6月から11月にかけての期間の水深30mにおける年度別の水温の変化を図4に示す。

水深30mは水温躍層が形成されている時期は、例年ほぼ一定の値で推移している。平成25年度及び26年度は、6~7℃程度と以前よりも低い傾向にあったが、平成27年度は8℃台と高くなり、平成20年度及び21年度とほぼ同様の値となった。

また、水温が上昇し始める時期については、9月中旬と最も早かった平成25年度ほどではないが、平成27年度は10月上旬に上昇し、過去の調査と比較すると早い時期であった。

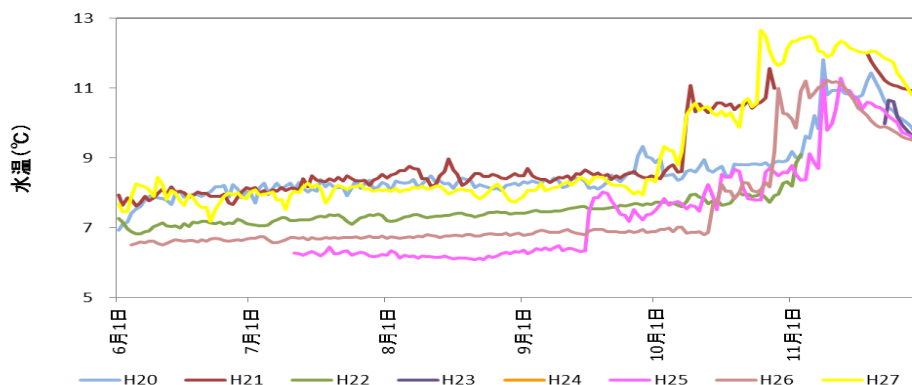


図4 6月から11月にかけての水深30mにおける水温変化(H20~H27)

(2) 猪苗代湖長瀬川河口沖300mにおける連続測定結果

平成23年11月22日から平成28年4月13日(データ回収の最終日)までの猪苗代湖長瀬川河口沖300m地点における層別日平均水温及び日平均気温の推移を図5に示す。また、平成27年度のみデータを図6に示す。なお、水深10m及び水深15mの水温データは計測器の不具合により、それぞれ7月13日、5月27日までしか測定できなかった。

長瀬川河口沖では、例年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いる。しかし、測定を開始した5月下旬の時点で全層でほぼ同じ値であり、水温躍層の形成は見られなかった。また、水深10m及び15mにおける水温データが5月下旬及び7月中旬までしか測定できなかったため、水温躍層の下降時期及び崩壊時期を確認することができなかった。

湖心と同様に水深5mは5月~11月の間は気温と同様に变化しており、8月中旬に最高温度となった。

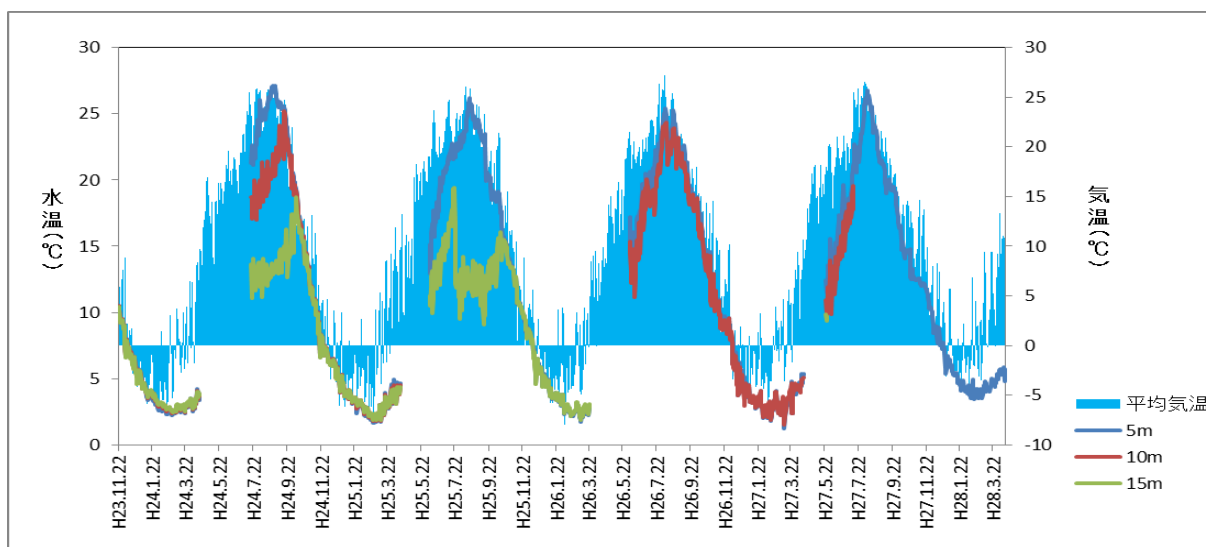


図5 平成23年度から27年度における猪苗代湖長瀬川河口沖300mにおける層別日平均水温及び日平均気温の関係

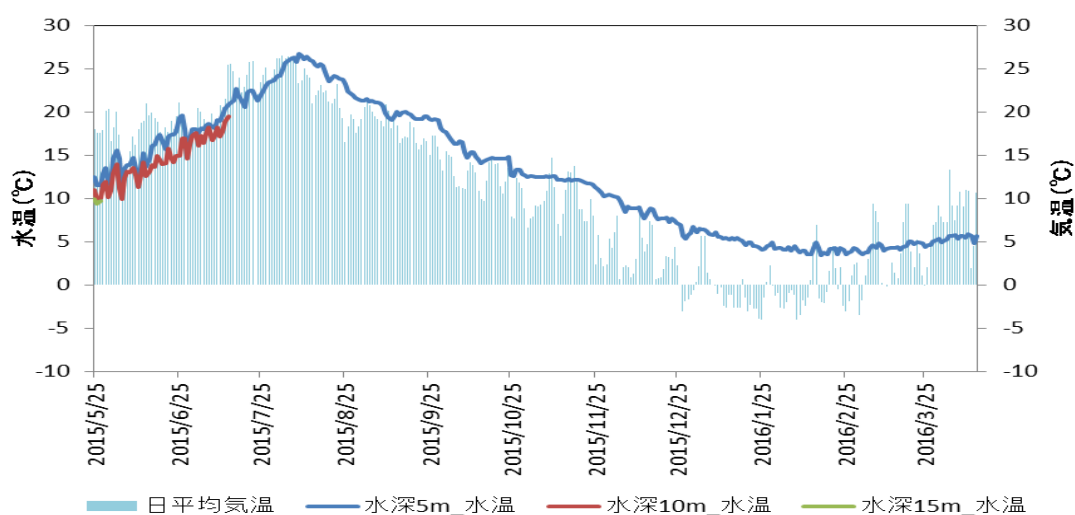


図6 平成27年度における猪苗代湖長瀬川河口沖300mにおける層別日平均水温及び日平均気温の関係

また、長瀬川河口沖300m地点の水深5m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2km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27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27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。

例年と同様、長瀬川河口沖300m地点(水深5m)におけるECは、小金橋ではなく湖心(表層)の値に近く、季節に関係なくほぼ一定の値で推移している。

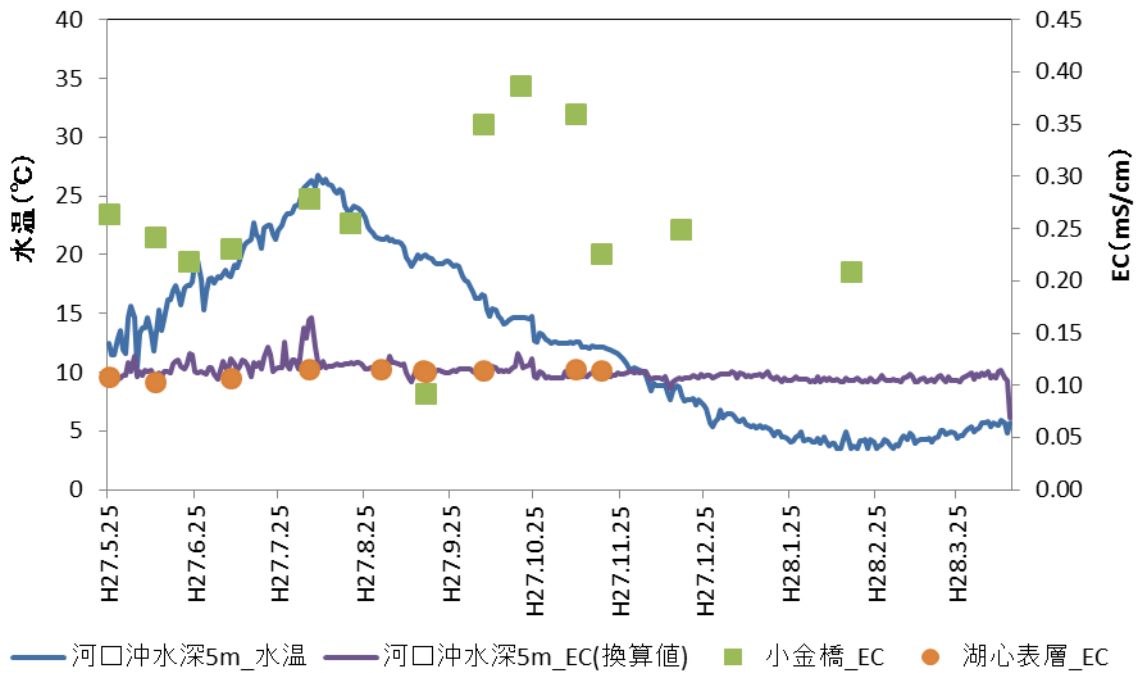


図7 長瀬川河口沖 300m 地点（水深 5m）における水温及び EC の日平均値と、
 小金橋及び湖心表層における EC の比較

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

EC₂₅: EC₂₅°C換算値、EC_t: EC 生データ、t: 水温

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心の調査では、計測器の故障により水温躍層の形成時期を確認できず、過去の傾向と比較することができなかった。
 また、水深 30m における水温上昇は、10 月上旬から始まり、過去の調査と比較して早い時期であった。
- (2) 長瀬川河口沖 300m（水深 5m）においては、例年 5 月中旬から水温躍層が形成されるが、測定を開始した 5 月下旬の時点では水温躍層の形成は見られなかった。
 また、EC は猪苗代湖流入前の長瀬川（小金橋）の値より湖心（表層）の値に近く、季節に関係なく一定の値であった。

6 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5報）

目 的

裏磐梯五色沼湖沼群の水質に関連した調査が、1980年代半ばから急減しており、裏磐梯五色沼湖沼群の水質の現況把握と、今後の環境保全対策の基礎資料となることを目的に調査を実施している。

また、猪苗代湖と同様に、五色沼湖沼群においても大腸菌群数が環境基準(1000MPN/100mL)を超過するなど水質悪化が懸念されるので大腸菌群数と水質との関係についても考察をした。

I はじめに

五色沼湖沼群は、1888年の磐梯山の噴火による山体崩壊で川がせき止められるなどして形成され、流入している火山性の水や磐梯山の深層地下水、浅層地下水などから構成されている。千葉ら¹⁾(1986年)は五色沼湖沼群の表流水を辿ることにより、銅沼系((銅沼)→スキー場湧水→緑沼→瑠璃沼→青沼→(弁天沼))、柳沼系(もうせん沼→弥六沼→父沼→母沼→柳沼→(石倉沼))、竜沼系(竜沼→深泥沼→毘沙門沼)及びそれらに属しない赤沼等に分類しているため、千葉らに準じて水系毎の考察を加えた。

本報は、福島県環境センター(現環境創造センター)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、2013年8月の3回目の調査、2014年11月の4回目の調査及び2015年6月の5回目の調査結果を取り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)
- 4回目：2014年11月11日
(銅沼等の3地点は11月7日)
- 5回目：2015年6月9日
(銅沼等の3地点は6月4日)

2 調査地点

調査地点は2011年から2013年及び2015年の調査において、表1のとおり15湖沼等22地点、2014年調査は11湖沼等15地点で調査を実施した。

表中で地点名称に※印を付した地点は2014年のみ調査を実施していないことを示す。

湖沼の調査では原則として、それぞれの流入水と流出水を採水することとしたが、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1箇所とした。

なお、本文中の図では地点名は表1の地点番号を使用した。

3 調査機関

現地調査・採水:福島県水・大気環境課、自然保護課、環境創造センター整備推進室、会津地方振興局、福島県環境創造センター

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付表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(流出部)とした。

Ⅲ 結果と考察

調査の結果は、付表2「平成27年度結果一覧表」のとおり。

1 湖沼群の主要成分について

地点毎の蒸発残留物と各溶存成分総量には高い相関がみられ、両者がほぼ一致していることを確認した(図1)。調査地点の中で最も標高の高い銅沼は、蒸発残留物が1820 mg/Lで最大の値を示した。

表1 地点番号と採水地点

No	地点名称	備考
1	銅沼	銅沼系
2	無名沼※	銅沼系
3	スキー場湧水	銅沼系
4	瑠璃沼流出部※	銅沼系
5	青沼流入部※	銅沼系
6	青沼流出部	銅沼系
7	弁天沼流入部※	銅沼系
8	弁天沼流出部	銅沼系
9	もうせん沼	柳沼系
10	弥六沼流入部	柳沼系
11	弥六沼流出部	柳沼系
12	柳沼流入部※	柳沼系
13	柳沼流出部※	柳沼系
14	石倉沼※	柳沼系
15	竜沼流入部	竜沼系
16	竜沼流出部	竜沼系
17	深泥沼流入部	竜沼系
18	深泥沼流出部	竜沼系
19	毘沙門沼流入部	竜沼系
20	毘沙門沼流出部	竜沼系
21	赤沼	その他
22	長瀬川美術館前	—

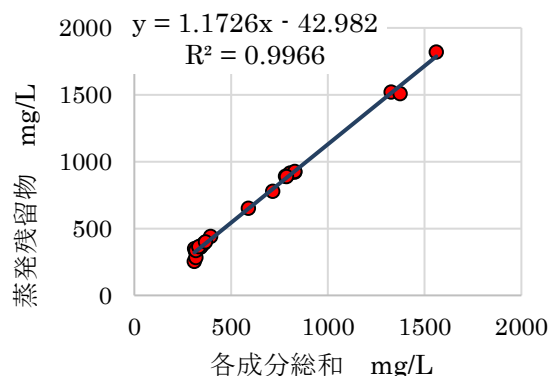


図1 蒸発残留物の比較

図2,3は各主要成分濃度を比較したもので、標高の高い銅沼、スキー場湧水の

濃度は高く、標高の低い竜沼、深泥沼の濃度は低い。

裏磐梯五色沼湖沼群において主要成分はいずれの地点でもカチオンではカルシウムイオン、アニオンでは硫酸イオンである。1985年調査(図3)と今回の調査結果(図2)を比較すると、銅沼のカルシウムイオン、硫酸イオン濃度は約半分減少し、他の湖沼等でも主要成分濃度の低下がみられた。

硫酸イオン濃度が高い要因は、最上流の銅沼が噴気孔の近くにあり、そこから供給される硫黄化合物の影響であり、硫酸イオン濃度が1985年から減少しているのは、この噴気孔からの硫黄化合物の供給量減少が考えられる。

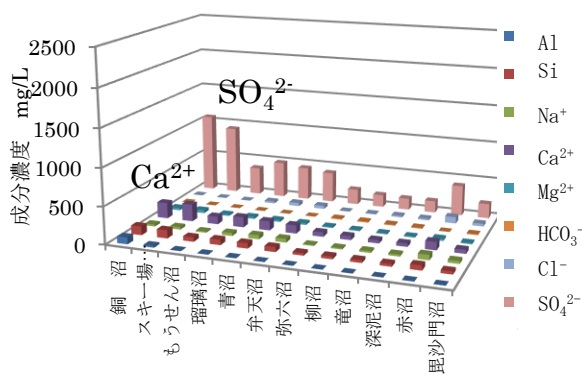


図2 主要成分濃度 2015年

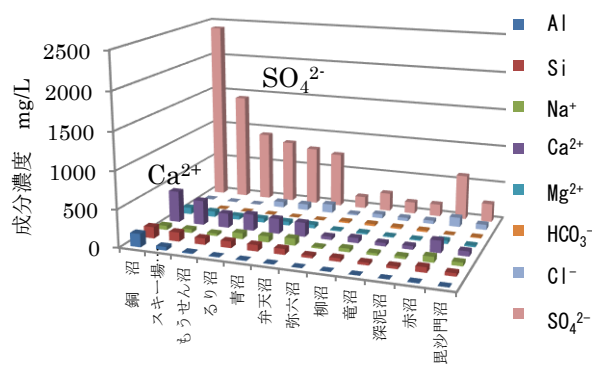


図3 主要成分濃度 1985年

また、イオン当量比で各湖沼の構成イオンを比べると、どの湖沼でも硫酸イオンとカルシウムイオンが60~80%をしめている。(別図1)

各湖沼のイオン当量濃度比較でカチオンの割合は「 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > (\approx) \text{Mg}^{2+}$ 」、同様にアニオンの割合は「 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ 」の順となっており、1985年調査から構成イオン比に変化はみられなかった。

2 主要成分間の相関

主要成分の硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度との間には、銅沼、名無沼を除いて強い相関がみられた(図4)。また、回帰直線の傾きは2011年~2014年調査とほぼ同じであった。

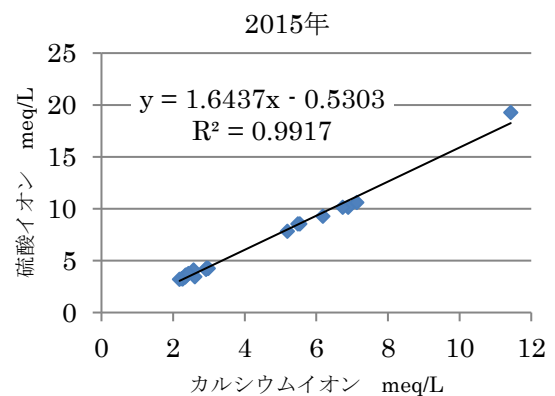


図4 硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度との関係

また、硫酸イオンは多くの2価イオンと塩を生成することから、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と硫酸イオン当量濃度を比較した結果、両者のイオン当量数は1対1で相関があることを確認した。このような相関は1985年、2011年からの調査結果と同様である(図5)。

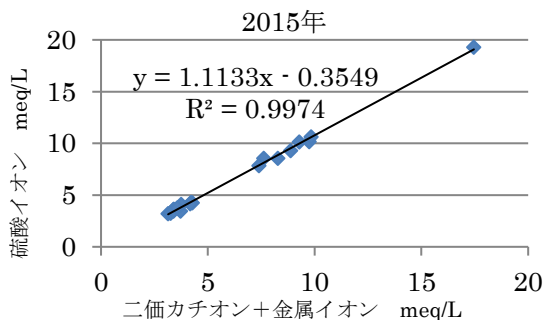


図5 硫酸イオン当量濃度と(金属+2価カチオン)イオン当量濃度との関係

五色沼湖沼群で、最も標高の高い位置にある銅沼から五色沼湖沼群の最下流の毘沙門沼、長瀬川美術館前の地点で同様の関係がみられた。この傾向は1985年の調査結果と変わらなかった。

各湖沼等の主要成分濃度が、調査年によらず連動していることから、五色沼湖沼群は同じ水系であると確認できる。

3 各調査項目の結果と考察

3.1 pH

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(図6)。2015年調査で最もpHが上昇していた地点は銅沼系弁天沼(No.8)で、1985年調査の4.48から5.37へ上昇していた。

銅沼系の湖沼は酸性で、銅沼(No.1)の3.58から下流部へ下るにつれpHが上昇している。柳沼系の弥六沼(No.10)及び竜沼系の沼はいずれも中性を示し、大きな変動はみられなかった。

赤沼(No.21)は周辺の竜沼系の沼と異なり、酸性を定している。pH3.75(1985年)から4.07(2015年)と1985年調査時より上昇していた。

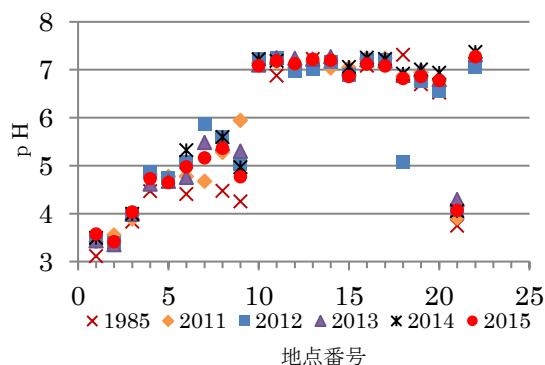


図6 pH値

3.2 EC(電気伝導率)

ECは、銅沼系と赤沼で高く、相対的に柳沼系及び竜沼系は低値であった。(図7)。2011年と比較し、多くの地点で値が減少していることから、電解質が減少傾向にあると考えられる。

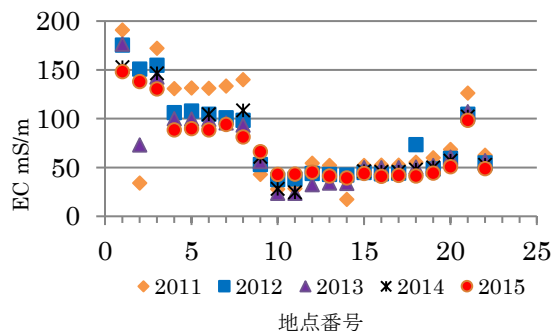


図7 電気伝導率 EC

3.3 D0(溶存酸素)

地点ごとに大きな変化はなかった。2013年は夏季(8月)の調査であったため、他の年と比較して低い値になったと思われる。赤沼(No.21)は、表流水の流入・流出に乏しく、酸素が溶け込みにくいために、低い値を示したと考えられる。

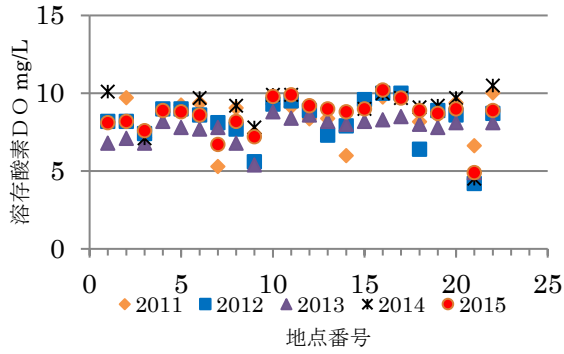


図 8 溶存酸素

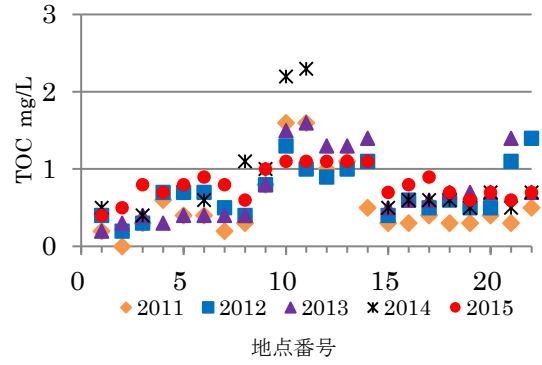


図 10 TOC

3.4 COD と TOC

COD 及び TOC はいずれも有機物の指標として用いられる。

赤沼(NO.21)で値のバラつきがみられるが、柳沼系の沼の COD 値が相対的に高めで、銅沼系および竜沼系の沼は低い傾向にあることが確認できる(図 9)。

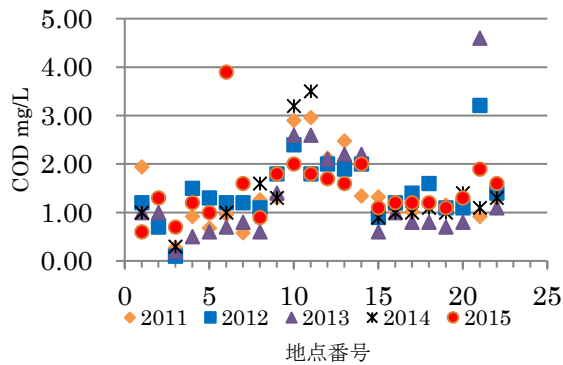


図 9 COD

TOC も COD と同様に、柳沼系の沼が相対的に高い値を示している(図 10)。

弥六沼(No.10,11)は TOC、COD とも他の地点よりも高値であり、弥六沼はこの水系で最も有機物の生産活動が活発であると考えられる。

これらの項目の比 COD/TOC は、柳沼系、竜沼系の沼が 1.7 前後と地点間の差が低く、銅沼系では地点ごとの差がみられた(図 11)。

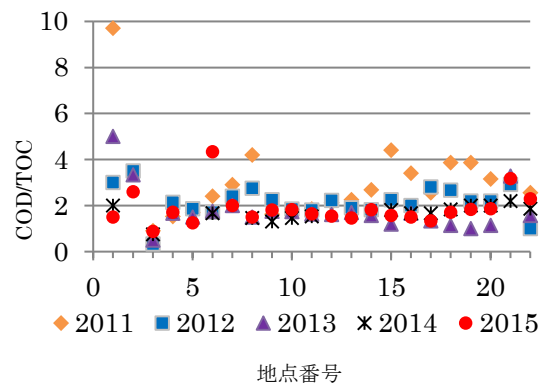


図 11 COD と TOC の関係

3.5 T-P, T-N 及びクロロフィル a

今回の調査で、全リン(T-P)が定量下限値未満となった地点は 2 地点あり、青沼流出部(No.6)の 0.049 を除いて、0.003mg/L 未満から 0.013mg/L とこれまでの結果同様低値であった(図 12)。

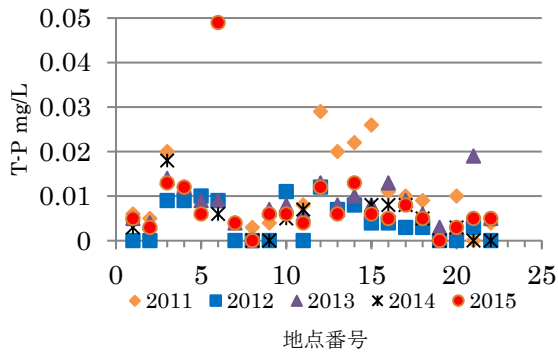


図 12 全リン

全窒素(T-N)は、銅沼系湖沼と赤沼(No.21)で高かった。

8月(2013年)の値のほうが11月(2011年、2014年)よりも比較的高い値で、季節変動がみられた。

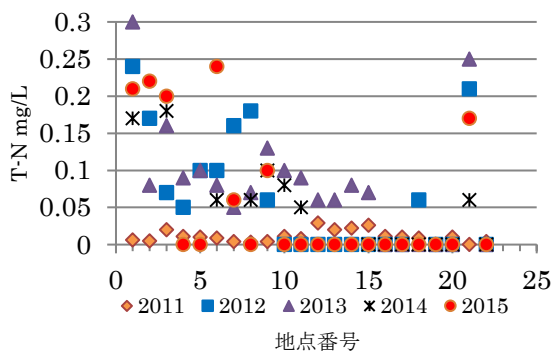


図 13 全窒素

クロロフィル a 濃度は、バラつきがあるが、銅沼系、柳沼系の一部で高い値が検出されている。

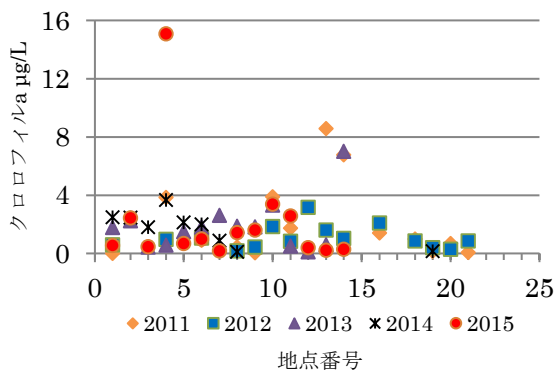


図 14 クロロフィル a

クロロフィル a は全リン(T-P)濃度と緩やかな相関がみられ、全窒素との間には相関はいずれの年もなかった。(図 15)

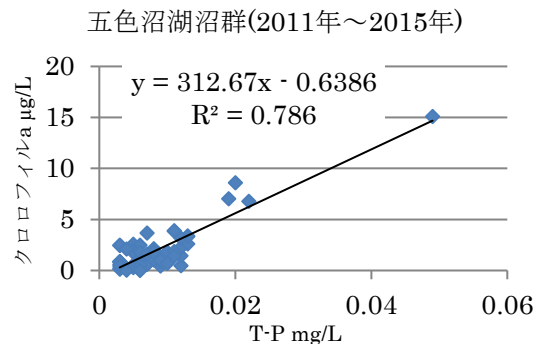


図 15 クロロフィル a と全リン

3.6 アルカリ度及び酸度

アルカリ度について、今回の調査結果は例年より全体的に低く、ほとんどの地点で最低値を示した(図 16)。2015年の最大値は石倉沼(No.14)で13.1mg/Lだった。2011年に最大値を示した地点はこの5年間の調査でも最大であった。

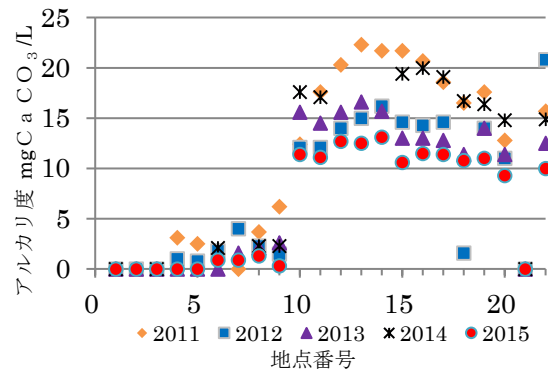


図 16 アルカリ度

酸度は柳沼系、竜沼系湖沼で低く、銅沼系は火口から供給される火山性の水質の影響で比較的高い傾向にある。(図 17)

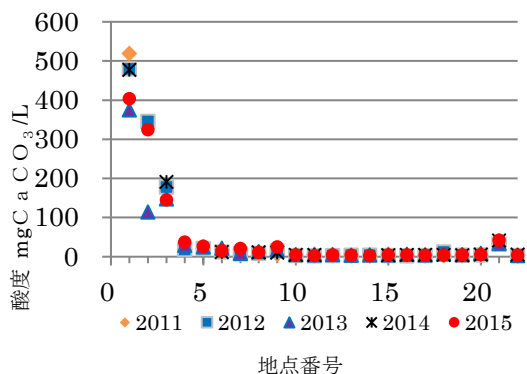


図 17 酸度

銅沼系、柳沼系および竜沼系のいずれにも属しないと考えられる赤沼は酸度が41.9mg/Lで、柳沼系や竜沼系よりやや高い。

同じ水系の中でも上流よりは下流側に酸度の高い地点がいくつか見られ、表流水以外に沼底部からの酸性水の湧出があると考えられる。

3.7 金属成分

酸度とアルミニウム濃度には相関がみられる(図 18)。鉄やマンガン、鉛などの金属成分にも相関がみられた。

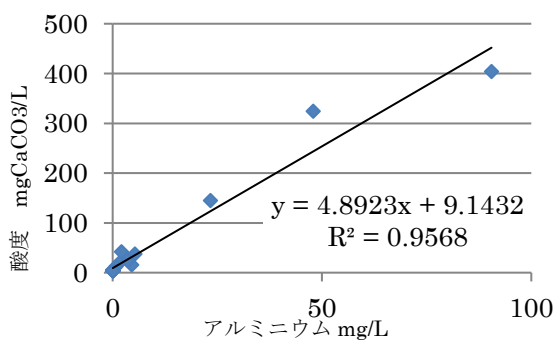


図 18 酸度とアルミニウム濃度

金属成分は、酸度の高い銅沼系、赤沼に多くみられ、酸度が低い柳沼系、竜沼系では、ほとんど検出されなかった。

最も含有量の多い金属成分はアルミニウムであった。(図 19)

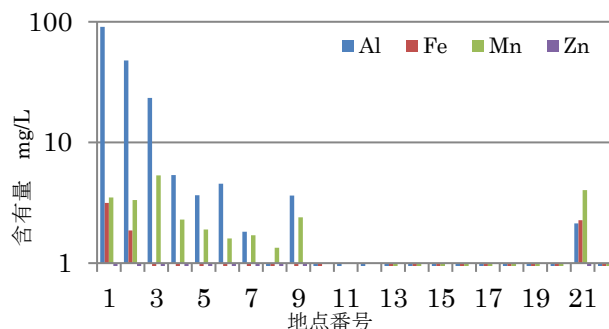


図 19 金属成分の含有量

3.8 ケイ酸

ケイ素をケイ酸 SiO_2 として求めた(図 20)。銅沼系は高く、柳沼系および竜沼系は32mg/Lから39mg/Lの範囲でほぼ一定に分布していた。

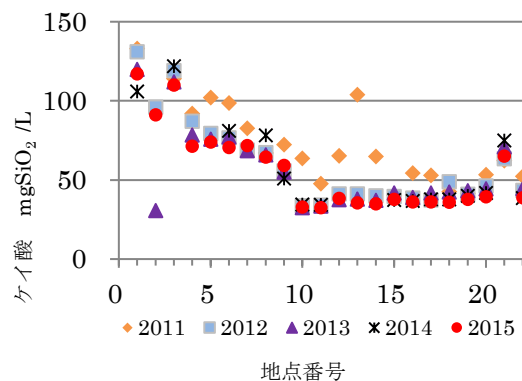


図 20 ケイ酸

また、pH とケイ酸濃度には、過去の調査結果同様に、比較的高い相関が得られた。

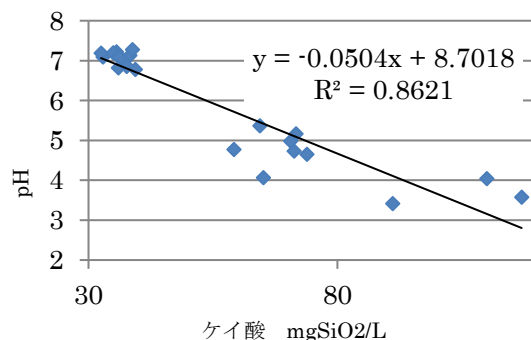


図 21 pH とケイ酸濃度

炭酸水素イオンは銅沼には存在し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。特に、弥六沼流入水から下流域の湖沼で出現している。千葉らは、炭酸水素イオンを含むNa-Cl型地下水の存在について言及しており、もうせん沼から弥六沼に至る水系のいずれかで、このNa-Cl型地下水が流入していると考えられる。

3.9 塩類

五色沼湖沼群において最大の溶存成分は硫酸イオンであり、1985年の調査から濃度低下がみられているが、2011年からの調査に限っても、銅沼系湖沼の硫酸イオン濃度が減少傾向にあることが確認できる(図22)。

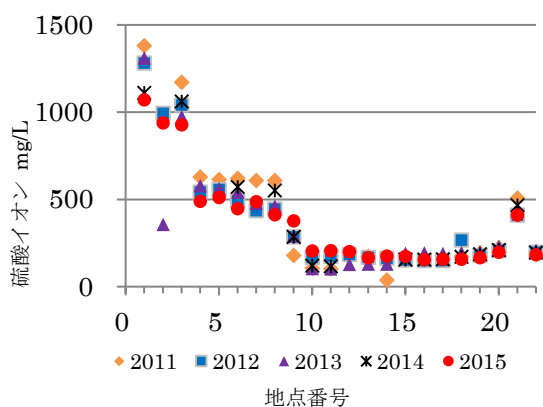


図 22 硫酸イオン

下流域においては多少の濃度変動はあるものの1985年調査と比べると濃度は低めで推移している。

カルシウムイオンやマグネシウムイオンなどの成分等も硫酸イオンに連動して濃度低下がみられる。

4 大腸菌群数と水質の関係

猪苗代湖と同様に、裏磐梯湖沼群(毘沙門沼, 湖心)で、2009年から大腸菌群

数は環境基準(1000MPN/100mL)を超えており、水質悪化が懸念されている。その原因は、水質の変化に起因していると考えられるため、各地点でpH、COD等の項目と大腸菌群数との相関を調べた。

4.1 大腸菌群数

銅沼系湖沼では大腸菌群数は低めで、柳沼系及び竜沼系は高い傾向にある。今回の調査で、環境基準値を超える地点は4箇所あった(図23)。毘沙門沼流入水(No.19)が1700MPN/100mLと最大値を示した。2014年調査から大腸菌検査も併せて実施しているが、いずれの地点からもほぼ検出されておらず、糞便汚染の可能性は低いと思われる。

なお、銅沼系湖沼、赤沼(No.21)の大腸菌群数が少ないのは低いpHに関連があると思われる。

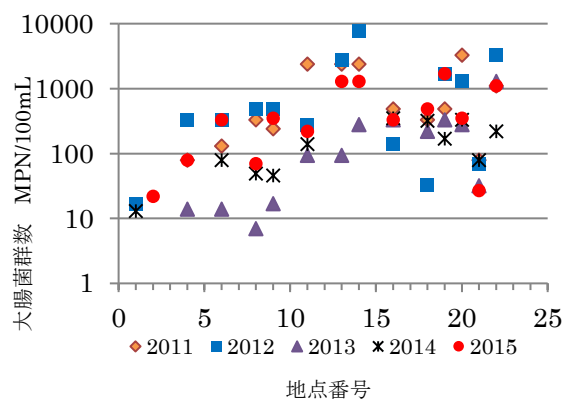


図 23 大腸菌群数

4.2 pH との関係

2011年から2015年調査のデータを用いた散布図(図24)では、pHと大腸菌群数との間に正の相関(相関係数 $R=0.69$)がみられ、pH6.6付近で大腸菌群数が1000MPN/100mLを超えていた。

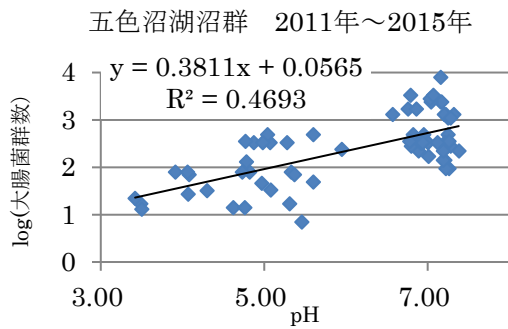


図 24 pH と大腸菌群数

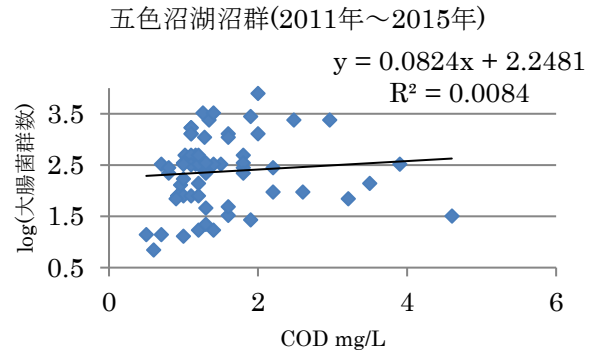


図 26 COD と大腸菌群数

4.3 水温との関係

1000MPN/100mL を超えるのは 9.5℃ 以上から 21.6℃ と広範囲であった (図 25)。水温と大腸菌群数の相関をみると、はっきりとした相関は見られなかった。

また、一般的に水温、気温が高い方が大腸菌群数は増加しやすい傾向にあるが、夏期(8月)に調査した 2013 年の結果が低いことから、特に温度と関係なく、季節変動は見られなかった (図 23)。

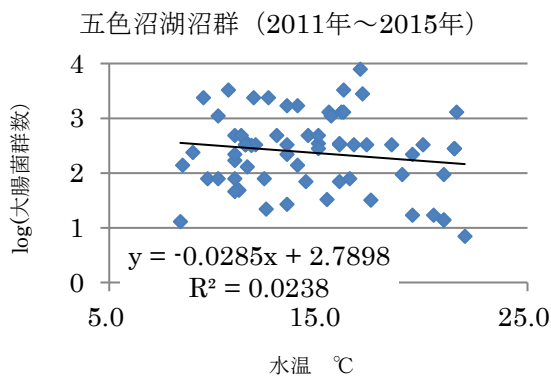


図 25 水温と大腸菌群数

4.4 COD 及び TOC との関係

水中に有機物が存在すると、大腸菌の生育しやすい環境となるが、水中の有機物の指標となる COD、TOC と大腸菌群数の間に相関はほとんどみられなかった。(図 26)

4.5 塩類との関係

五色沼湖沼群の主要な成分である硫酸イオンと大腸菌群数との相関では負の相関 (相関係数 $R = -0.76$) が見られた。(図 27) 硫酸イオンはカルシウムイオン、マグネシウムイオンとも相関が強い成分であるため硫酸塩として大腸菌群に対して抑制的作用を有しているものと考えられる。

硫酸イオン濃度が約 200mg/L 未満の地点で大腸菌群数が 1000MPN/100mL を超えていた。Ⅲ. 1 湖沼群の主要成分で前述した、硫酸イオン濃度低下の影響により大腸菌群数の増加が懸念される。

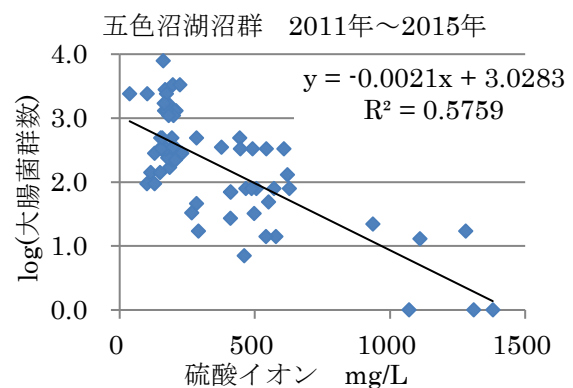


図 27 硫酸イオンと大腸菌群数

炭酸水素イオンについては、正の相関が確認でき、濃度が12mg/L以上で大腸菌群数が1000MPN/100mLを超えている。

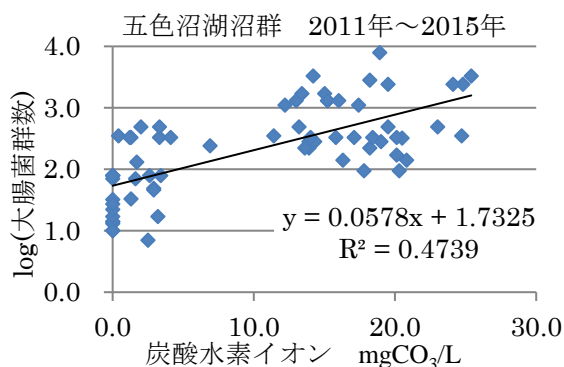


図 28 炭酸水素イオン濃度と大腸菌群数

IV まとめ

千葉らの1985年調査結果と、2011年から2015年にかけての調査結果とを比較し、裏磐梯五色沼湖沼群の水質の考察を行った。

裏磐梯五色沼湖沼群の主要成分は硫酸イオンとカルシウムイオンであり、1985年調査から変化しておらず、その他の成分構成比についても1985年と同様であった。主要成分濃度は、最も標高の高い位置にある銅沼で高く、最下流の毘沙門沼に下るにつれて、減少する傾向にある。また、1985年調査と比較し、全体的に濃度の低下がみられた。

pHは1985年調査時より上昇しており、特に銅沼系で上昇傾向にあった。このpHの上昇や主要成分濃度の低下は、火山性の水質の供給量低下の影響によるものと思われる。

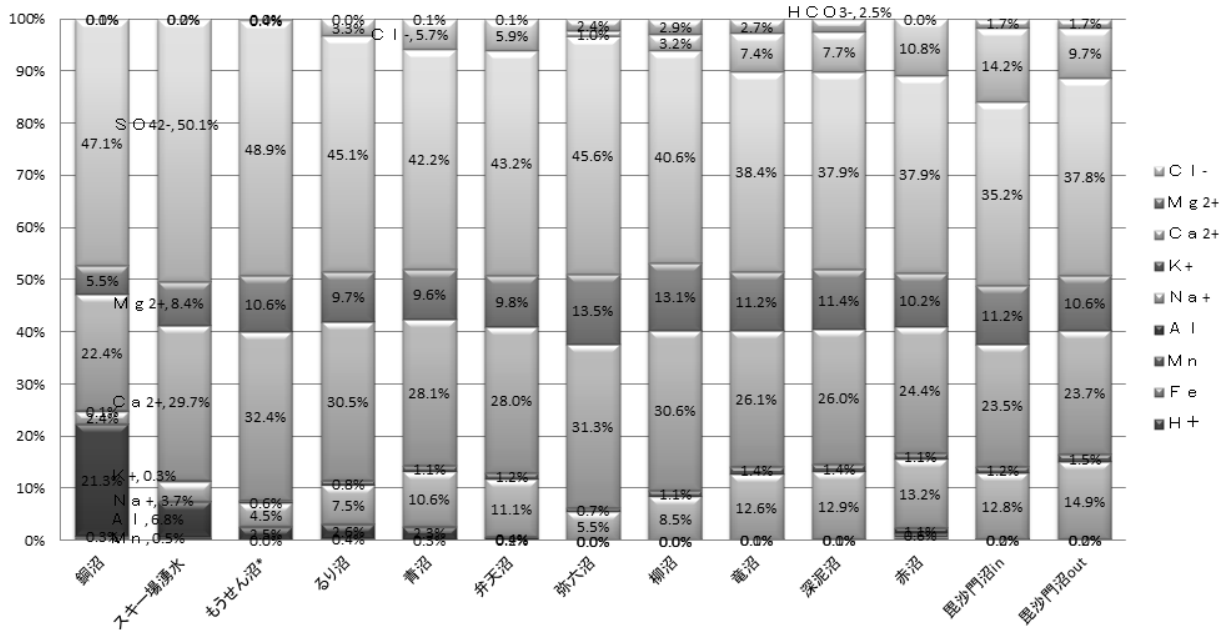
なお、五色沼湖沼群における近年の1000MPN/100mLを超える大腸菌群数の増加は五色沼湖沼群の上流域で生じているpH上昇、酸度低下による影響が大きい

と考えられる。

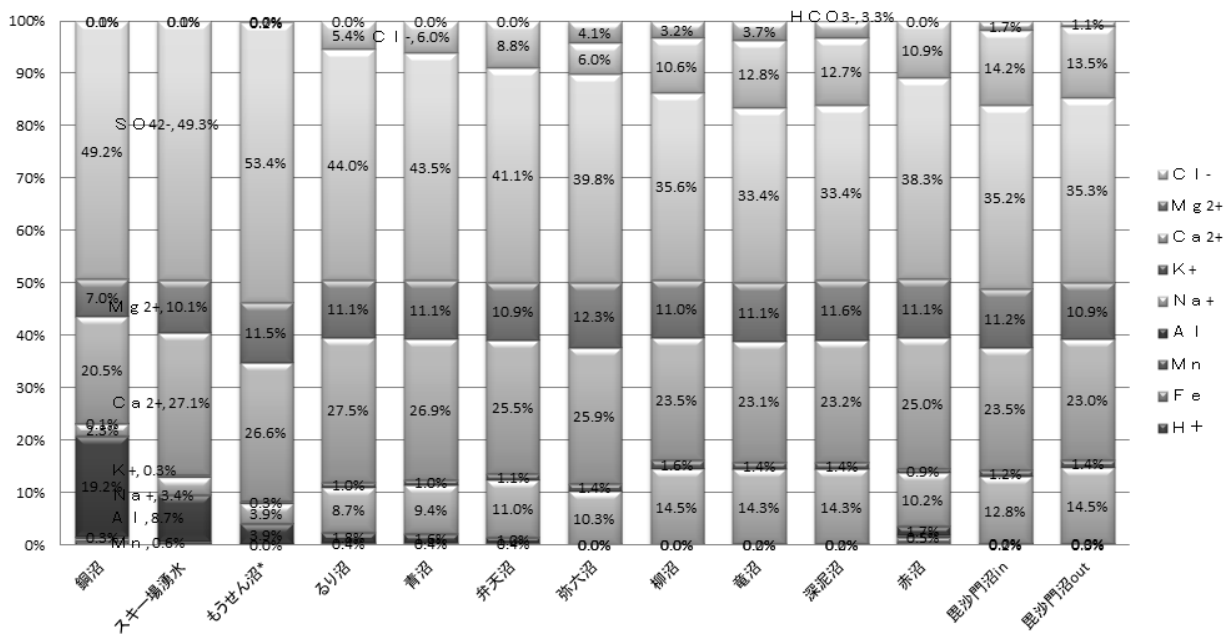
引用文献

- 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)渡邊 稔・佐久間智彦(2015) 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4報)、裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書、15、76-89。

別図 1 五色沼湖沼群の構成イオン(イオン当量比)2015



別図 2 五色沼湖沼群の構成イオン(イオン当量比)1985



付表 1 調査項目ごとの測定方法と結果の表示方法

【福島県環境創造センター】

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 (JS 12.1 カラス電極法)	-	-	小数点以下2桁	
EC	JS 13 電気伝導度計	mS/m	-	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	※1 大腸菌群数、全窒素及び全燐については 水質測定計画と同じ。
COD	昭和46年環境庁告示第59号 (JS 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)	※2 ECも単位(mS、μS)が異なるだけで水質 測定計画と同じ。
大腸菌群数	〃 (最確数による定量法)	MPN/100mL	(0)	-	
大腸菌数	特定酵素基質培地QTT-レイMPN法(コロラート法) (最確数による定量法)	MPN/100mL	(0)	-	※3 pH及びCOD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。
全窒素	昭和46年環境庁告示第59号 (JS 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)	
全燐	〃 (JS 46.3.1 ヘルオキソ二硫酸カリウム分解法)	mg/L	0.003	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	※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CODが0.1μg/Lも1μg/L未満の値も表記した。
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 (JS 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)	

※ JS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27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	JS K01 02 14.2	mg/L	1	整数0桁(小数点以下を切り捨て)	
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	JS K01 02 22 燃焼酸化-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	JS K01 02 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	JS K01 02 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	JS K01 02 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	JS K01 02 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	JS K01 01 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 ⁺	JS K01 02 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 ⁺	JS K01 02 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⁺	JS K01 02 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)	0.45 μmのメプランクフィルタにてろ過したものを試料とした。
Mg ²⁺	JS K01 02 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 ⁺	JS K01 02 42.2 インドフェノール青吸光度法	mg/L	0.05	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
F ⁻	JS K01 02 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⁻	JS K01 02 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 ⁻	JS K01 02 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 ⁻	JS K01 02 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 ⁻	JS K01 02 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 ⁻	緋景分析法指針 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)	

