

平成29年度猪苗代湖調査研究事業等報告書

平成30年11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	P 1～P20
2	猪苗代湖大腸菌群数超過対策調査	P21～P34
3	猪苗代湖全湖水面調査	P35～P46
4	湖沼における難分解性有機物調査	P47～P57
5	猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査	P58～P62
6	凍結防止剤散布影響調査	P63～P74
7	裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の科学的な成分に関する調査結果（第 7 報）	P75～P89

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、最近では約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。

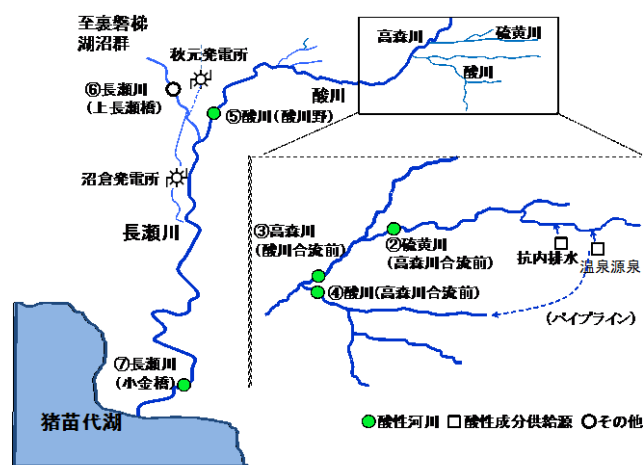
2 調査方法

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調査した。

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 |



①(表層・10m・50m・90m)

図1 調査地点

なお、⑦ 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14日、6月7日、8月21日、10月25日

3-②～⑦の地点：4月21日、4月25日、6月16日、8月29日、10月20日、12月20日、2月21日

※発電所からの放流が長時間であったため、4月の⑦ 長瀬川(小金橋)の調査のみ25日に実施した。

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、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、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」として測定した。

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、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、T-N：吸光光度法

- (5) Fe、Mn、Al、Zn：ICP/AES 法
- (6) Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^- ：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度法

7 結果及び考察

平成 29 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、別紙 3-1 及び別紙 3-2 に示す。

(1) 猪苗代湖湖心について

ア 季節変動

(ア) 水温

鉛直水温の調査結果を図 2 に示す。

4 月の水温は全層でほぼ一定で、6 月には水温躍層が形成されつつあり、8 月には水深 5～30m に水温躍層が形成され、10 月には水温躍層が水深 20～40m 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 23.5℃であった。

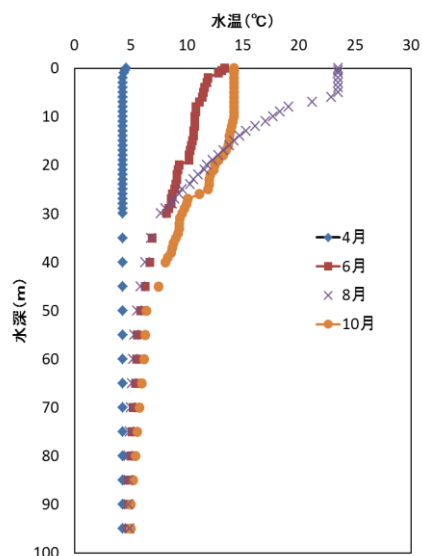


図 2 鉛直水温

(イ) pH

pH の調査結果を図 3 に示す。pH の最大値は 8 月の水深 10m における 7.17 で、最小値は 8 月の水深 90m における 6.60 であった。

水深ごとに pH の季節変動をみると、表層は 6.69～7.12、水深 10m は 6.74～7.17、水深 50m は 6.73～6.83、水深 90m は 6.60～6.79 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、水温躍層形成前の 4 月は pH の値が全層でほぼ一定であり、水温躍層形成後の 8 月以降は水温躍層の上層部(表層、10m)で pH が高く、下層部(50m、90m)では低く差が見られた。これは例年と同じ傾向であった。

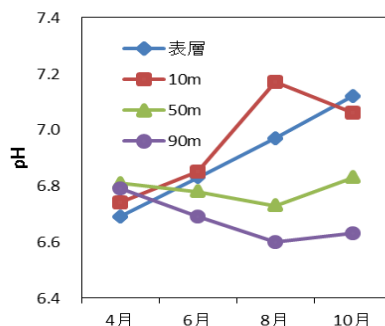


図 3 pH の季節変動

(ウ) T-N、T-P

T-N の調査結果を図 4 に、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 及び $\text{NH}_4\text{-N}$ (窒素換算した濃度) の合算値の結果を図 5 に示す。 NO_3^- 、 NO_2^- 及び NH_4^+ 濃度が定量下限値 (0.01 mg/L) 未満の場合は 0mg/L として合算値を算出した。

T-N の最大値は 6 月表層の 0.26 mg/L であり、最小値は 10 月表層の 0.14 mg/L であった。水温躍層形成前の 6 月までは 4 層ともほぼ同じ値だったが、水温躍層を形成後の 8 月から差が生じはじめ、10 月になると水深 90m 以外の水深での濃度は低くなった。

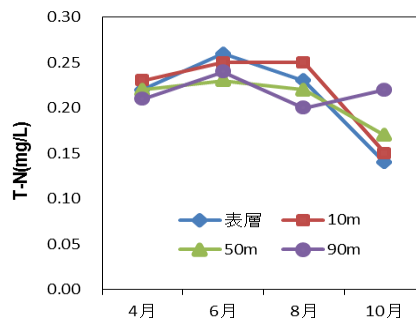


図 4 T-N の季節変動

NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値は、水温躍層形成後の 8 月以降に水温躍層の上下で差が見られた。

上層部（表層、10m）は 8 月及び 10 月に低い濃度を示した。

下層部では、水深 50m が例年と同様に 4 月から 10 月までほぼ一定だった。水深 90m は 8 月に上昇し、10 月では低下した。

T-P は 10 月の表層でのみ 0.003mg/L で検出されたが、PO₄-P は定量下限値未満（<0.003mg/L）であった。

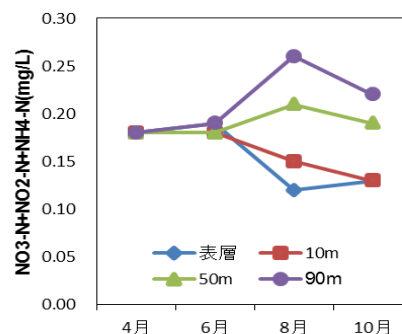


図5 NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動

(エ) イオン成分

陽イオン(Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、NH₄⁺、Na⁺)及び陰イオン(SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻、Cl⁻、F⁻)濃度の調査結果を図6、図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。

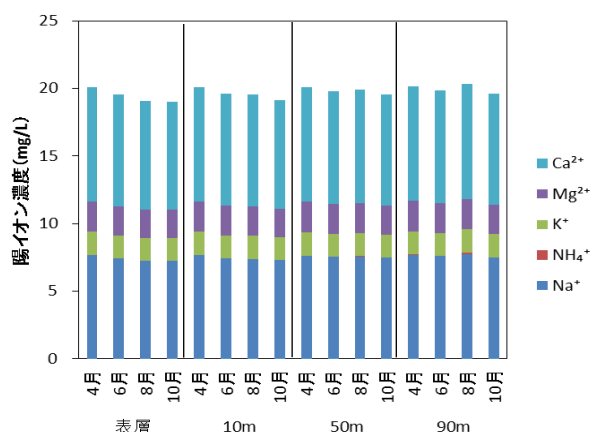


図6 陽イオン成分の水深別季節変動

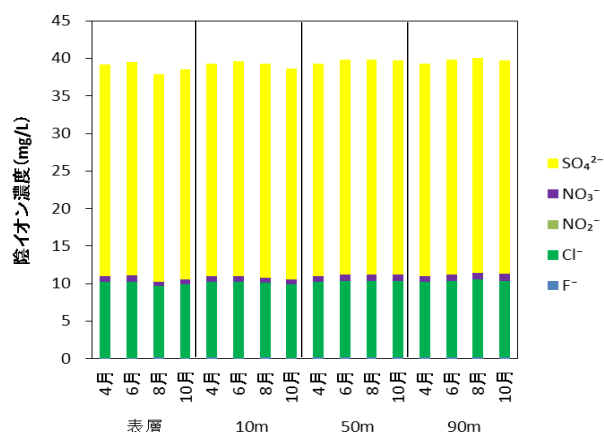


図7 陰イオン成分の水深別季節変動

(オ) DO 飽和率

DO 飽和率の季節変動を図8に示す。飽和率が最も高くなったのは 8 月表層の 111.5%であり、最も低くなったのは 10 月水深 90m の 83.3%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 DO 飽和率だったが、水温躍層形成後の 8 月及び 10 月には、上層部（表層、10m）では DO 飽和率が高く（97.7～111.5%）、下層部（50m、90m）では低い値（83.3～93.9%）となっており差が見られた。

これは例年と同様の傾向であった。

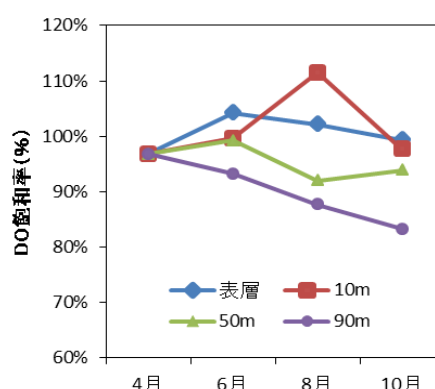


図8 DO 飽和率の季節変動

(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、Mn 及び Al それぞれの溶存態と懸濁態の季節変動を図 9～11 に示す。なお、金属成分濃度が定量下限値 (0.01 mg/L) 未満の場合は 0 mg/L として負荷量を算出した。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 は懸濁態でのみ存在する結果となり、濃度は 0.01 mg/L 未満から 0.05mg/L の範囲だった。

(図 9)

Mn は 4 月及び 6 月は全層で検出され、8 月は水深 90m、10 月は水深 50m 及び 90m で検出された。懸濁態として検出されたのは 6 月の表層、水深 10m、水深 50m であり、溶存態として検出されたのは 4 月の全層、6 月及び 8 月の水深 90m であった。(図 10)

なお、10 月の水深 50m 及び水深 90m の溶存態 Mn については、測定不良により欠測としたため、図 10 にはこれらのデータを入れていない。

Al は 0.01mg/L 未満から 0.07mg/L の範囲で、懸濁態として検出される方が多かった。(図 11)

Zn は 4 月の水深 10m でのみ溶存態で 0.01mg/L 検出された以外は検出されなかった。

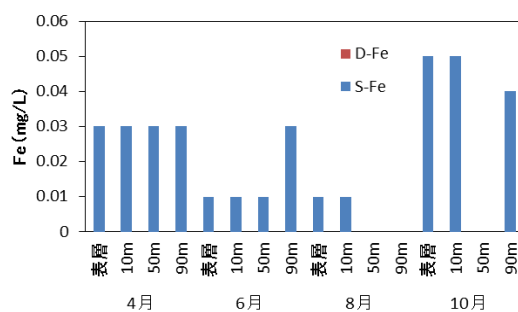


図 9 Fe の季節変動

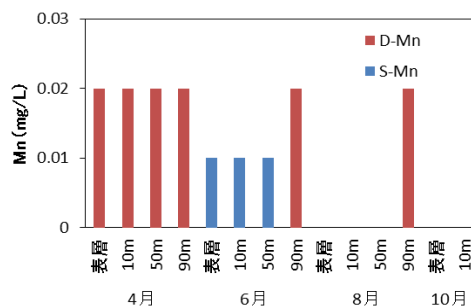


図 10 Mn の季節変動

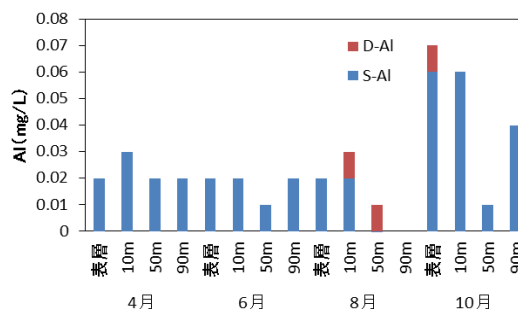


図 11 Al の季節変動

(キ) TOC

TOC の季節変動を図 12 に示す。

最も高い値は 8 月の表層の 0.95mg/L あり、最も低い値は 6 月の水深 50m の 0.50mg/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り、6 月には水深 10m 以外の各層でやや低下していた。

8 月になると各層の TOC は上昇し、10 月には低下した。

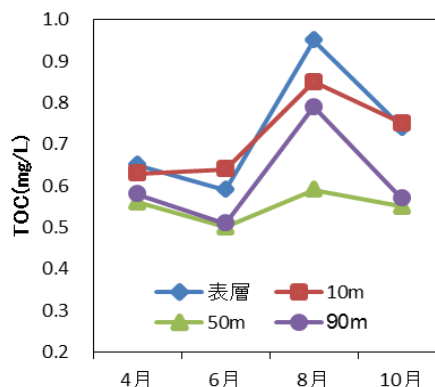


図 12 TOC の季節変動

イ 経年変化

(ア) pH (平成元～29 年度)

pH の年平均値の経年変化を図 13 に示す(注 1)。平成元年度～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となっている。平成 29 年度の pH の年平均値は平成 28 年度と同じく 6.88 であった。

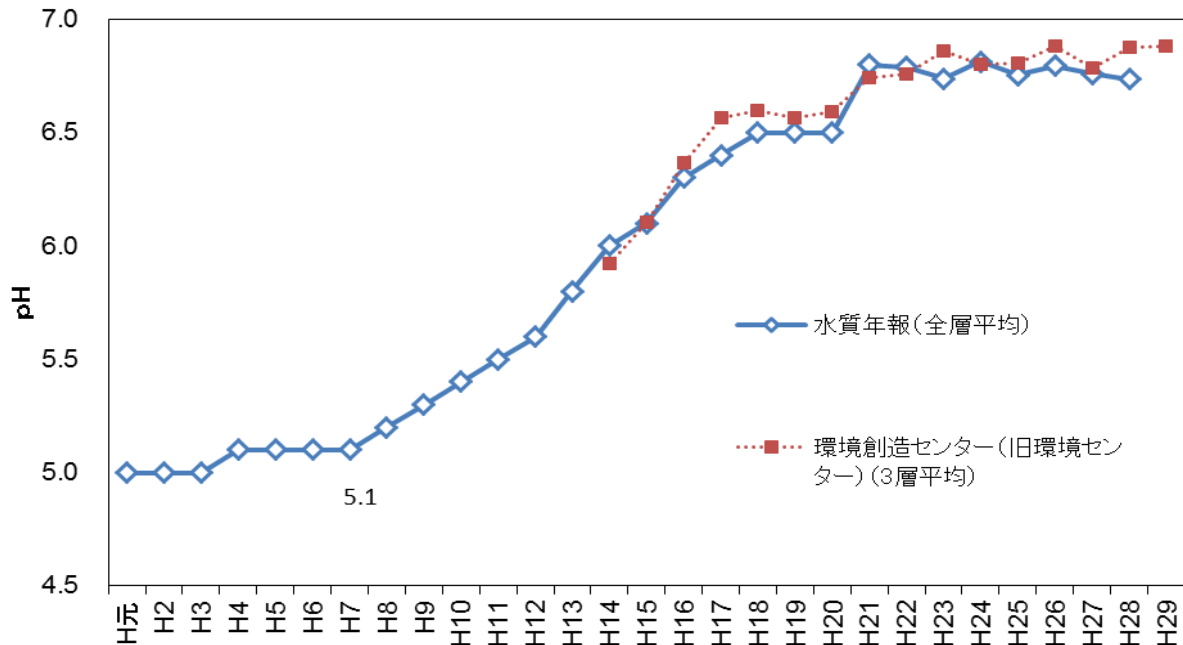


図 13 pH 経年変化

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、「環境創造センター (旧環境センター) (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 13～29 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 年度から平成 29 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 29 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、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増加傾向となっていたが、平成 27 年度には若干減少し、平成 29 年度までほぼ横ばいの値となった。

陽イオンの成分割合は、大きい順に Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Al^{3+} 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^{3+} の減少の割合が大きい。

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 年度まで毎年減少傾向が続き、その後平成 22 年度まで横ばい、その後増加傾向にあったが、平成 27 年度には平成 18 年度のイオン当量濃度の総和量程度まで減少し、横ばいとなっている。一方、 Cl^- は平成 18 年度以降僅かに増加傾向となっていたが、平成 26 年度から横ばいとなっている。

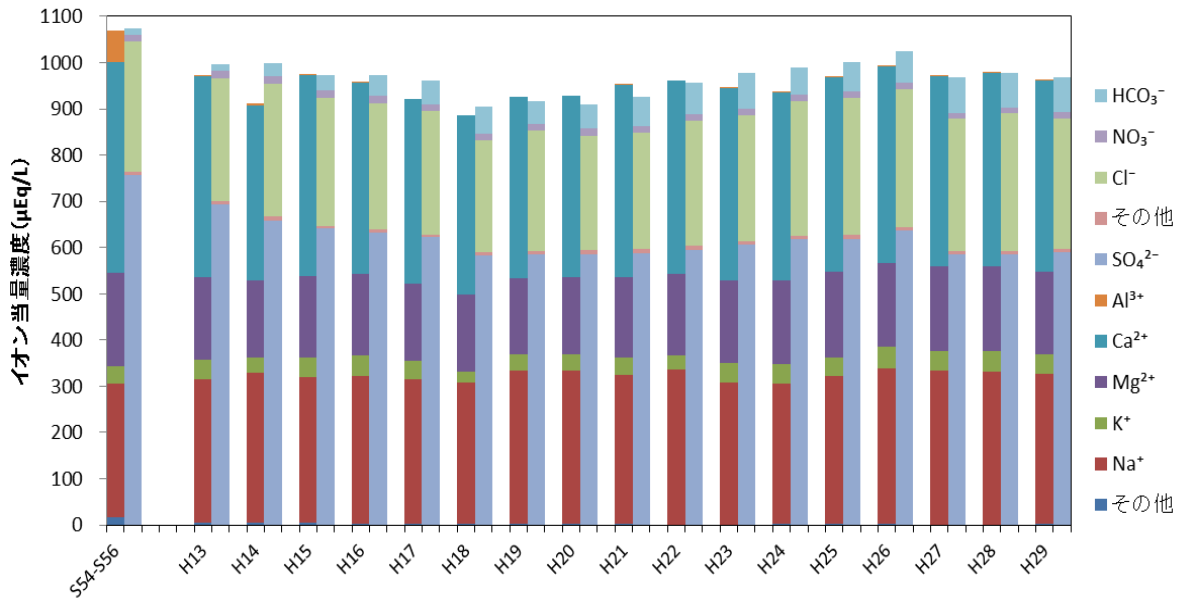


図 14 イオン当量濃度の経年変化（3 層平均）

表層の pH 及び表層、10m、50m の三層平均のアルカリ度（pH4.8）の経年変化を図 15 に示す。平成 29 年度のアルカリ度は 4.49～5.07 mgCaCO₃/L の範囲であった。経年的には緩やかな増加傾向となっている。

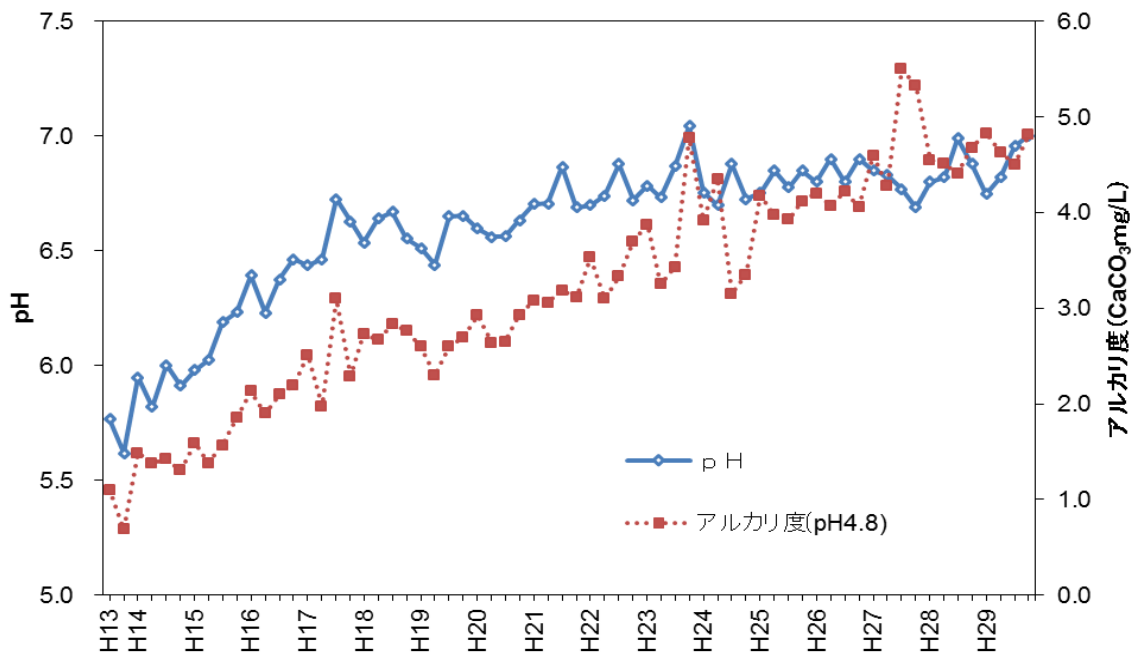


図 15 pH（表層）及びアルカリ度（3 層平均）の経年変化

(ウ) TOC (平成 19～29 年度)

TOC は平成 19 年度から調査項目とした。TOC の表層、水深 10m、50m、90m 及び全層の年平均値の経年変化を図 16 に示す。

年平均は、上層部(表層、10m)の値が下層部(50m、90m)より高かった。

また各層の年平均値は平成 25 年度までは増加傾向を示し、それ以降一旦横ばいで推移したが、平成 28 年度以降は増加傾向にある。

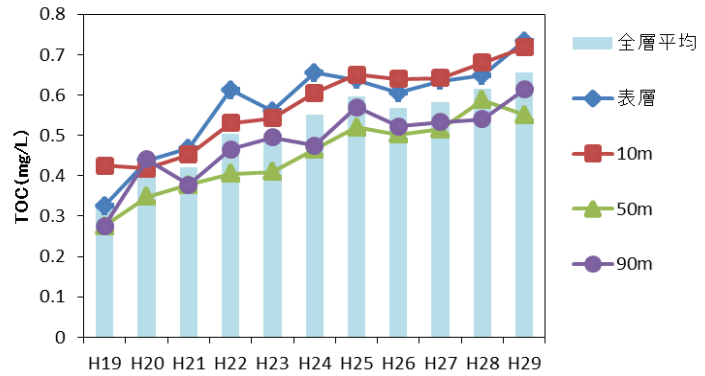


図 16 TOC の層別年平均値及び全層年平均値の経年変化

(エ) T-N (平成 14～29 年度)

表層、水深 50m における 4 月及び 10 月の T-N の経年変化は、ばらつきが大きかった。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の合算値はわずかながら減少する傾向を示していたが、平成 29 年度は 10 月の合算値が増加した。(図 17)

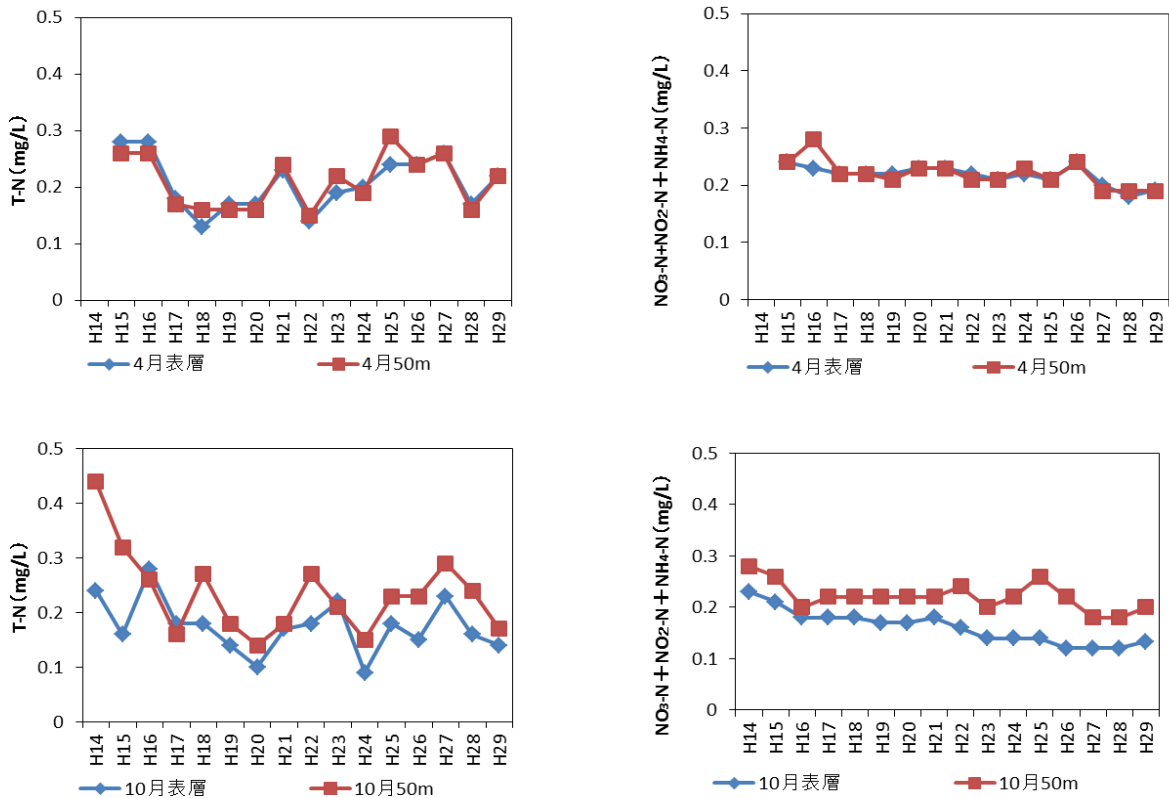


図 17 T-N 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の経年変化

(2) 流入河川について

猪苗代湖流入河川の平成 29 年度調査結果を別紙 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⑤ 酸川（酸川野）は、さらに下流で裏磐梯湖沼群を源とする長瀬川本川と合流する。図 1 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の季節変動を図 18 に示す。

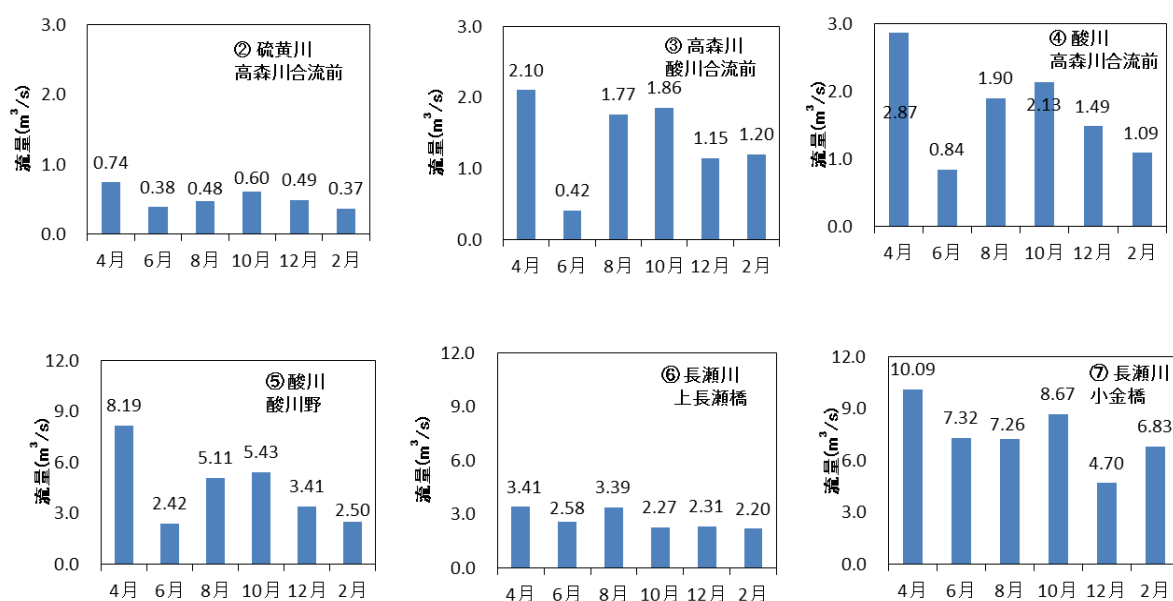


図 18 各河川の流量の季節変動

調査対象河川の概要及び各河川の pH、流量、アルカリ度負荷量、鉍酸酸度負荷量の平均値を図 19 に示す。

平成 29 年度は③ 高森川（酸川合流前）の流量及び鉍酸酸度負荷量並びに④ 酸川（高森川合流前）の pH で、平成 18 年度から平成 28 年度までの年平均値の範囲を上回った。

他の河川については、すべての項目の値が平成 28 年までの年平均値の範囲内であった。

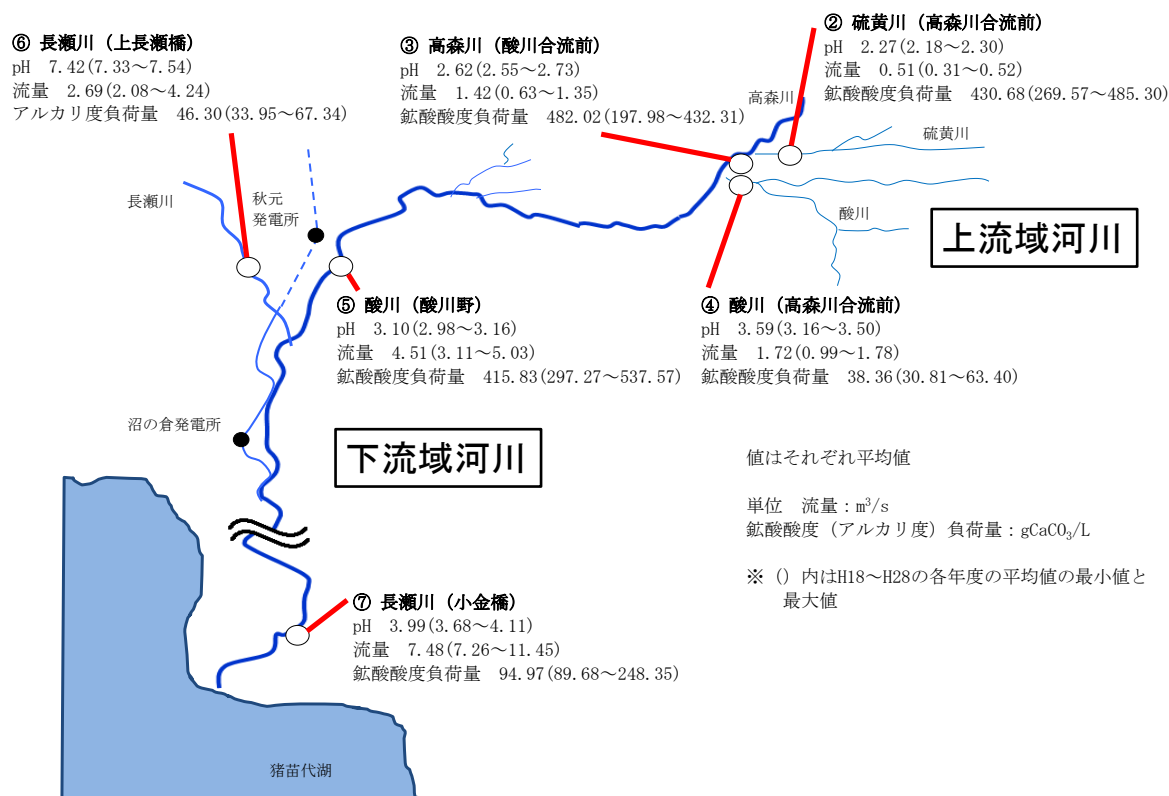


図 19 調査対象河川の概要

ア 季節変動

(ア) 金属成分

調査対象河川における溶存態 (D-) の Fe、Mn 及び Al 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 20~図 22 に示す。なお、金属成分濃度が定量下限値 (0.01 mg/L) 未満の場合は 0 mg/L として負荷量を算出した。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、調査対象河川を比較してみると、上流域河川及び⑤ 酸川（酸川野）までは溶存態の割合が高く、⑥ 長瀬川（上長瀬橋）との合流後の⑦ 長瀬川（小金橋）では懸濁態の割合が増加している。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 の一部が不溶化したためと考えられる。（図 20）

Mn について、上流域河川、⑤ 酸川（酸川野）、⑦ 長瀬川（小金橋）で全負荷量に占める溶存態の割合が高かった。また、Al について、⑤ 酸川（酸川野）の 10 月を除き、上流域河川及び上流域河川の合流後である⑤ 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。

また、裏磐梯湖沼群を上流源とする⑥ 長瀬川（上長瀬橋）では、負荷量は小さいため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⑦ 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、Mn と Al は⑤ 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。

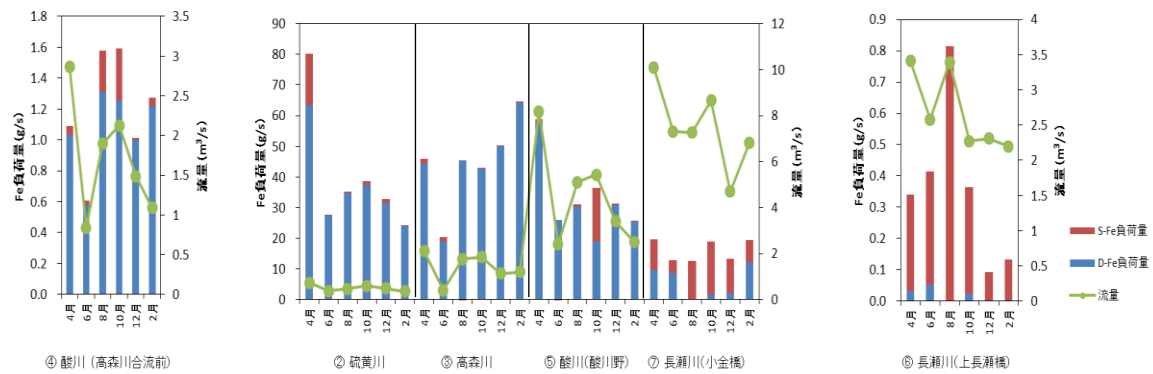


図 20 Fe 負荷量の季節変動

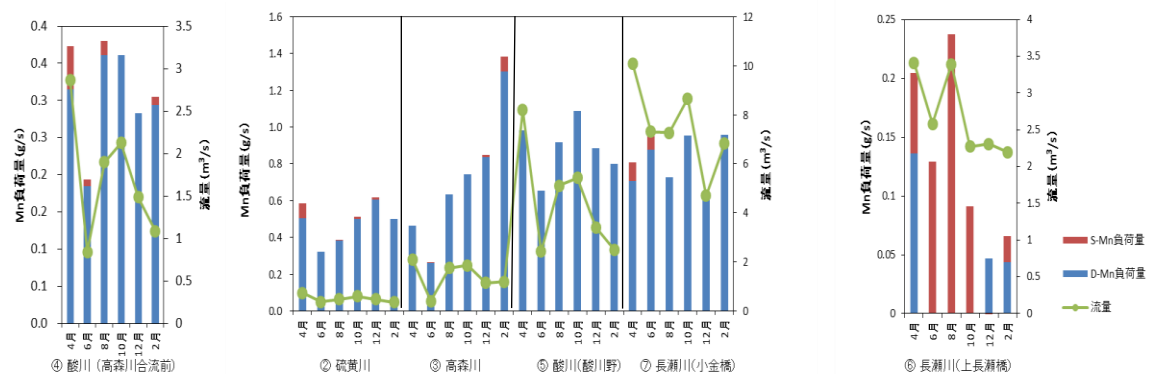


図 21 Mn 負荷量の季節変動

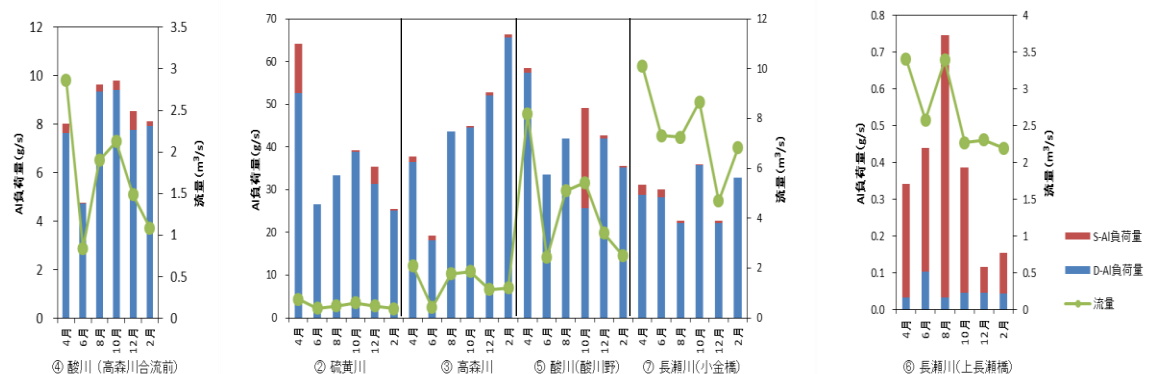


図 22 Al 負荷量の季節変動

(イ) 酸度、アルカリ度

調査対象河川の総酸度、鉍酸酸度及びアルカリ度の結果を図 23 に示す。

鉍酸酸度負荷量の総酸度負荷量に占める割合は、② 硫黄川 (高森川合流前) 77～90%、③ 高森川 (酸川合流前) は約 72～85%と高かった。⑤ 酸川 (酸川野) は約 69～80%、⑦ 長瀬川 (小金橋) は約 21～45%であり下流になるにつれて低い割合となった。平成 29 年度は硫黄川の 4 月に鉍酸酸度負荷量、総酸度負荷量が高い値を示した。③ 高森川 (酸川合流前) は各季節とも鉍酸酸度負荷量、総酸度負荷量が例年より多かった。⑥ 長瀬川 (上長瀬橋) のアルカリ度負荷量は約 33～60gCaCO₃/s であり、流量の変化に伴った増減がみられた。

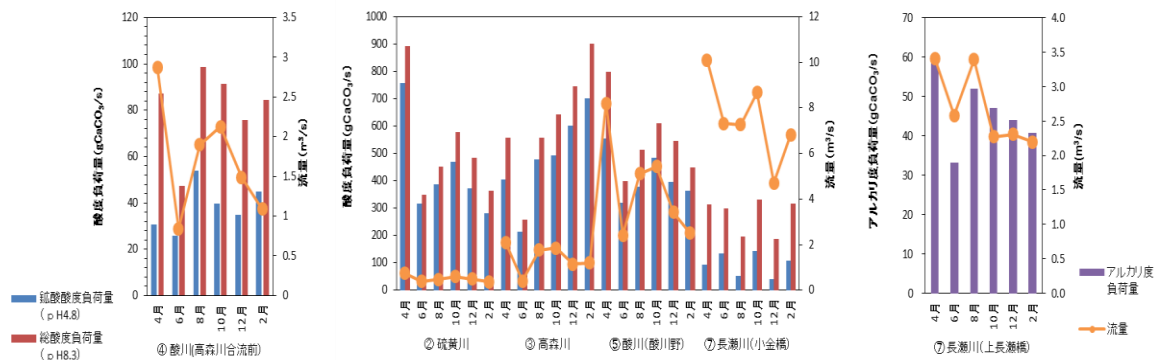


図 23 酸度負荷量及びアルカリ度負荷量の季節変動

(ウ) イオン成分負荷量

上流域河川 3 地点における Cl^- 及び SO_4^{2-} 負荷量の季節変動を図 24 に示す。

3 河川とも 1 年を通じて SO_4^{2-} 負荷量が Cl^- 負荷量より大きく、 SO_4^{2-} 負荷量と Cl^- 負荷量の割合はほぼ一定であり、高森川を除いて流量に応じて増減がみられた。

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 25-1 及び図 25-2 に示す。

陰イオン成分の合計負荷量は 1 年を通じて SO_4^{2-} 負荷量及び Cl^- 負荷量の合算値が陰イオン成分の合計負荷量の約 98% 以上を占めており、例年と同じ傾向であった。

また上流域河川と同様に流量に応じた増減が見られ、イオンの構成比に季節変動は見られなかった。

陽イオン成分負荷量については、 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に対して、⑤ 酸川（酸川野）で約 78%、⑥ 長瀬川（上長瀬橋）で約 82%、⑦ 長瀬川（小金橋）で約 80% を占めており、例年と同じ傾向がみられた。

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。

⑥ 長瀬川（上長瀬橋）では陽イオン成分の合計負荷量に対して Na^+ が約 39~44% 及び Ca^{2+} は約 38~43% とほぼ同じ割合であるが、⑤ 酸川（酸川野）は Ca^{2+} が約 50%、 Na^+ が約 28% と Ca^{2+} の割合が高かった。この 2 地点合流後の⑦ 長瀬川（小金橋）は Ca^{2+} が約 44~49%、 Na^+ が約 31~36% で、 Ca^{2+} の割合が高かった。

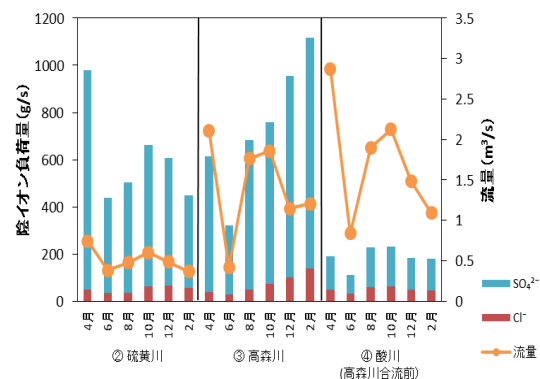


図 24 上流域河川の陰イオン負荷量の季節変動

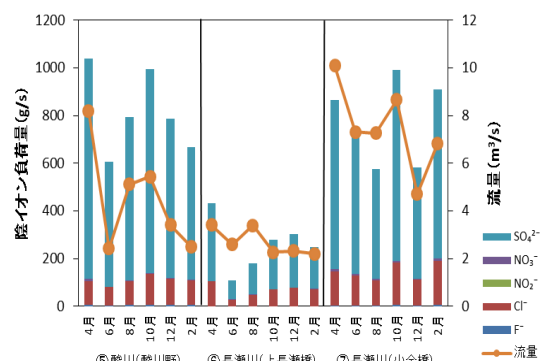


図 25-1 下流域河川の陰イオン負荷量の季節変動

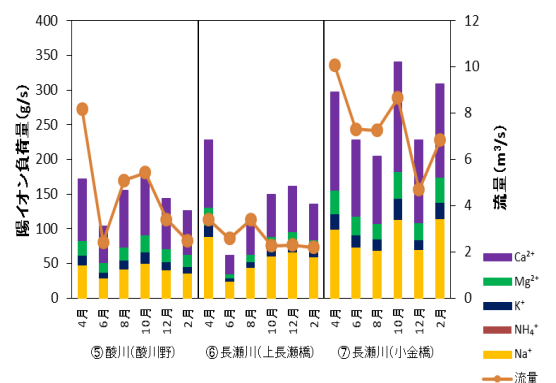


図 25-2 下流域河川の陽イオン負荷量の季節変動

(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26に示す。

なお、D-Pが定量下限値(0.01mg/L)未満の場合は0mg/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⑦ 長瀬川(小金橋)ではS-Pのみであった。この結果は例年と同様であり、酸性河川の酸川と中性河川の長瀬川が合流しpHが上昇することで一部不溶化したFeにD-Pが吸着し懸濁態(フロック)になったためと考えられる。

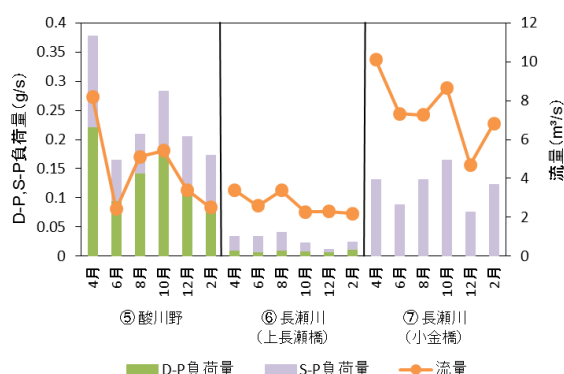


図26 D-P及びS-P負荷量の季節変動

イ 経年変化(平成16~29年度)

酸性河川である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)、⑤ 酸川(酸川野)及び⑦ 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⑥ 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についてまとめた。なお、それぞれの負荷量は年平均で示している。

② 硫黄川(高森川合流前)の経年変化を図27に示す。D-Fe負荷量及びD-Al負荷量は平成25年度から増加傾向が続いていたが、平成29年度はD-Fe負荷量が減少した。また、 SO_4^{2-} 負荷量も平成23年度から増加傾向であり、平成28年度はこれまでで最大であったが平成29年度は減少した。

③ 高森川(酸川合流前)の経年変化を図28に示す。平成29年度は全項目でこれまでの最大の値を示した。

④ 酸川(高森川合流前)の経年変化を図29に示す。D-Alの負荷量がD-Fe負荷量と比べて約7倍程度大きい傾向にある。平成29年度は全項目で平成28年度より増加しており、平成26年度以降増加傾向が続いている。

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⑤ 酸川(酸川野)の経年変化を図30に示す。平成26年度以降全項目で増加傾向にあったが、平成29年度は全項目で前年度と比べて減少に転じていた。

⑥ 長瀬川(上長瀬橋)の経年変化を図31に示す。平成28年度と比較してD-Al負荷量は減少していたがD-Fe負荷量は増加していた。硫黄川とは別の流域である⑥ 長瀬川(上長瀬橋)は、他の地点と比較して SO_4^{2-} 負荷量が小さいと同時に増減も少なく、平成22年度からはほぼ横ばい傾向にある。また、アルカリ度負荷量は平成26年度から減少傾向にある。

最下流部である⑦ 長瀬川(小金橋)の経年変化を図32に示す。D-Al負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量及び鉍酸酸度負荷量は前年度に比べ減少し、D-Fe負荷量は増加した。

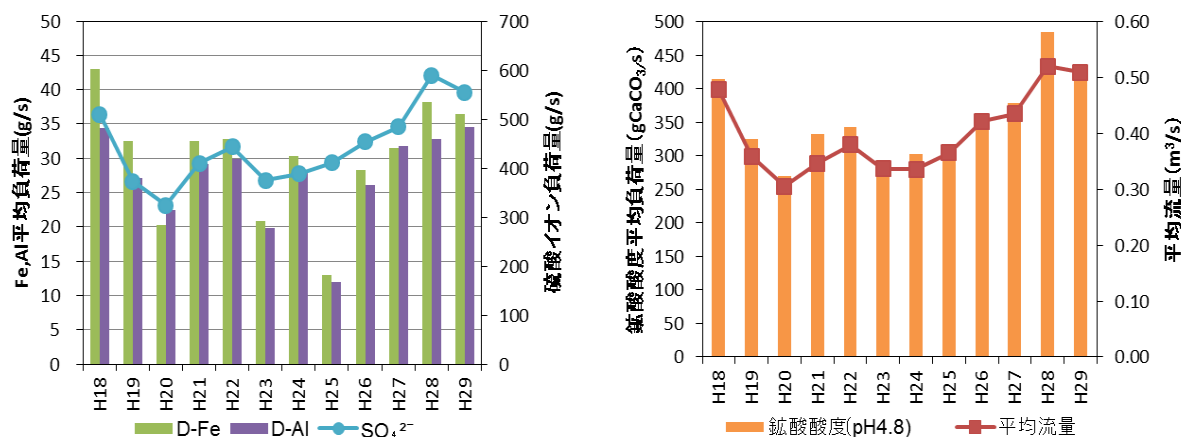


図 27 ② 硫黄川(高森川合流前)の酸性成分負荷量、鉱酸酸度負荷量及び流量の経年変化

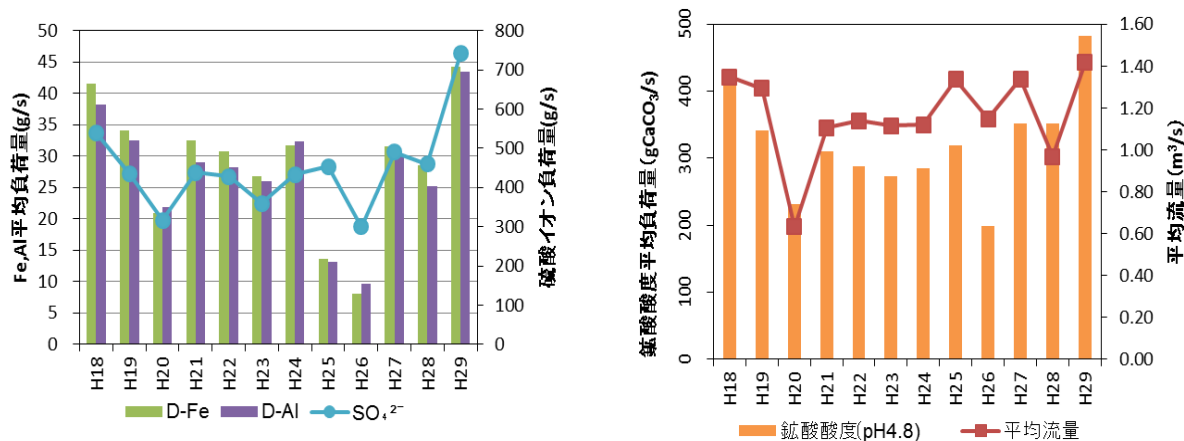


図 28 ③ 高森川(酸川合流前)の酸性成分負荷量、鉱酸酸度負荷量及び流量の経年変化

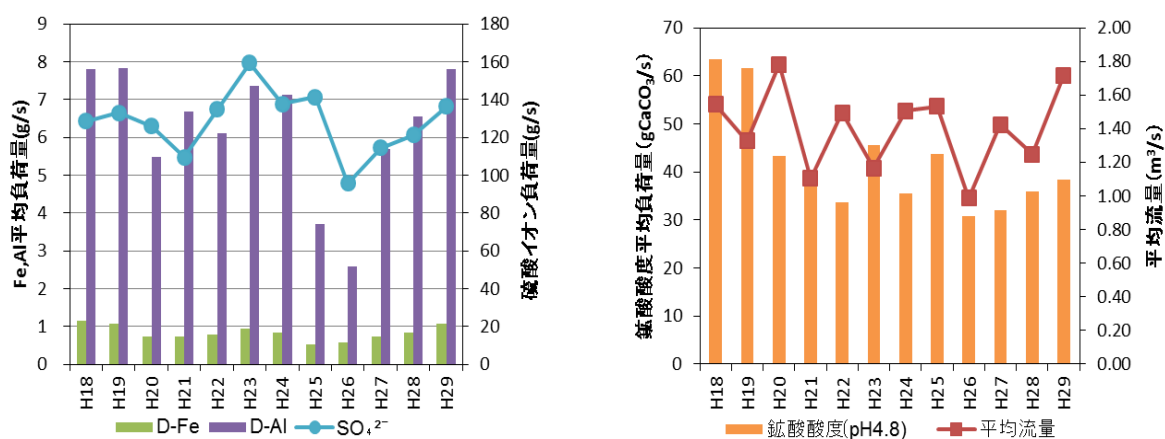


図 29 ④ 酸川(高森川合流前)の酸性成分負荷量、鉱酸酸度負荷量及び流量の経年変化

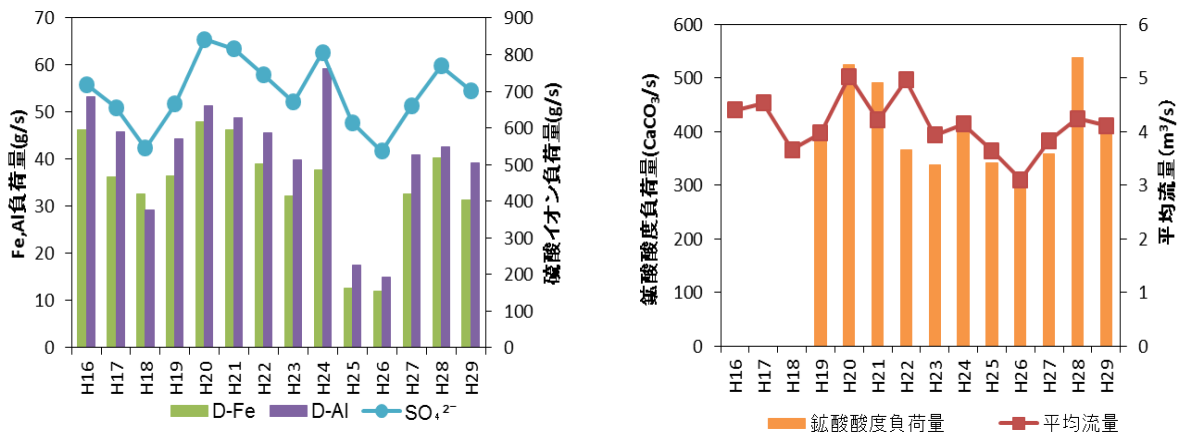


図 30 ⑤ 酸川(酸川野)の酸性成分負荷量、鉍酸酸度負荷量及び流量の経年変化

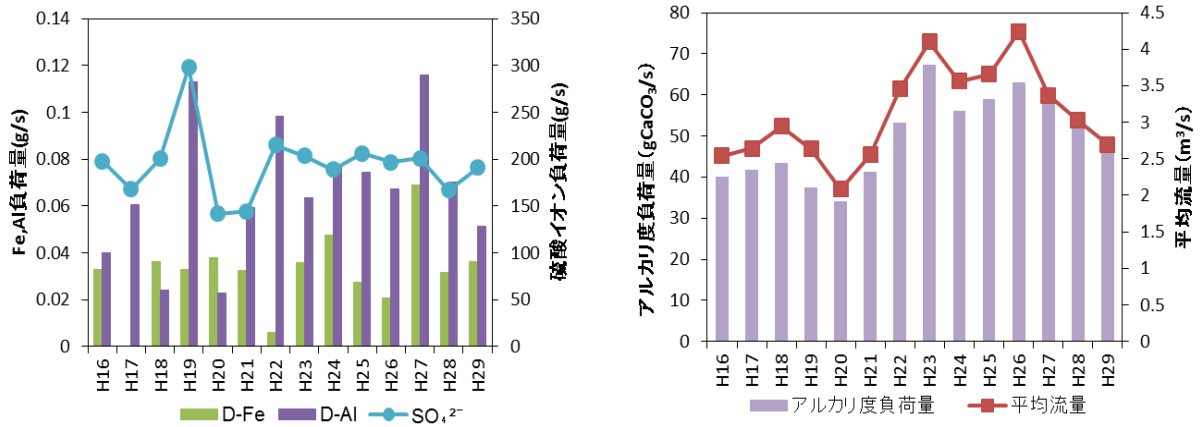


図 31 ⑥ 長瀬川(上長瀬橋)の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

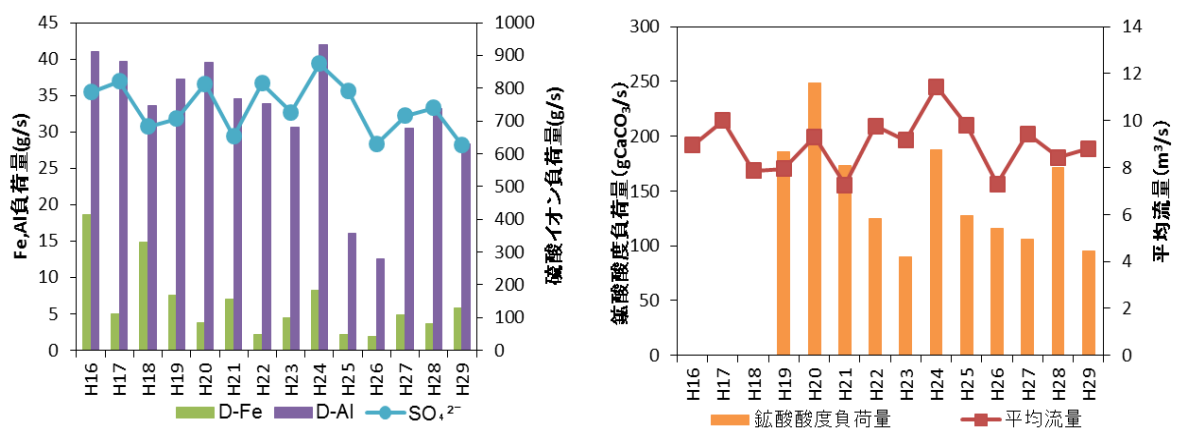


図 32 ⑦ 長瀬川(小金橋)の酸性成分負荷量、鉍酸酸度負荷量及び流量の経年変化

8 まとめ

(1) 猪苗代湖湖心の調査結果

平成 29 年度の pH の 3 層平均は 6.88 であり、平成 21 年度以降横ばい傾向にある。pH は例年と同じく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。pH 値の高い順は水深 10m > 表層 > 水深 50m > 水深 90m であり、例年と同じ傾向であった。

DO 飽和率、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 及び $\text{NH}_4\text{-N}$ の合算値は、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。

陽イオン成分と陰イオン成分は、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 (Fe、Mn、Al) では、Fe は懸濁態のみが検出された。Mn と Al は溶存態も検出されたが溶存態と懸濁態の割合に明確な季節変動は見られなかった。

また Fe、Al においては 8 月まで 0.01mg/L 未満～0.03mg/L の範囲であったが、10 月になると高くなった。

Zn は 4 月水深 10m 地点で検出された以外は検出されなかった。

経年変化をみると、TOC は平成 19 年度から増加傾向が続いている。イオン当量濃度は、平成 19 年度以降増加傾向が続いていたが平成 27 年度に若干減少し、平成 29 年度までほぼ横ばいが続いている。アルカリ度は緩やかな増加傾向が続いている。

(2) 猪苗代湖流入河川の調査結果

平成 29 年度の金属成分負荷量は、上流河川及び ⑤ 酸川 (酸川野) では 1 年を通じて溶存態の割合が高かった。⑦ 長瀬川 (小金橋) では、Mn 及び Al が溶存態の割合が高いのに対し、Fe は溶存態の割合が低下していた。これは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 Fe の一部が不溶化しているためと考えられた。

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 SO_4^{2-} 及び Cl^- 負荷量が高く、陽イオンについては Ca^{2+} 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 と同じように ⑤ 酸川 (酸川野) では溶存態、⑥ 長瀬川 (上長瀬橋) では懸濁態の割合が高く、この 2 河川の合流後の ⑦ 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 (フロック) になったためと考えられている。

各河川の D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量及び鉍酸酸度負荷量については流量に伴う増減がみられた。

別紙1-1 猪苗代湖及び流入河川 現地調査票

調査地点	①湖心(表層)			
調査年月日	H29.4.14	H29.6.7	H29.8.21	H29.10.25
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	9:10	9:05	9:10	9:13
天候(前日)	曇り	晴れ	曇り	晴れ
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	曇り
気温(℃)	7.0	16.1	22.6	10.6
水温(℃)	4.6	13.1	23.5	14.0
透明度(m)	12.0	12.6	11.2	3.5
水色(フォーレル)	8	8	7	5
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	②硫黄川(高森川合流前)					
調査年月日	H29.4.21	H29.6.16	H29.8.29	H29.10.20	H29.12.20	H30.2.21
採水時間	9:20	10:09	10:10	10:07	10:03	10:40
天候(前日)	曇り	晴れ	曇り	曇り	雪	晴れ
天候(当日)	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り	晴れ
気温(℃)	11.1	15.8	23.2	10.2	0.5	-2.0
水温(℃)	13.5	18.1	17.7	10.4	6.3	5.0
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	流量少	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	硫化水素(微)	無臭	無臭	無臭	硫化水素(微)
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	③高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H29.4.21	H29.6.16	H29.8.29	H29.10.20	H29.12.20	H30.2.21
採水時間	9:54	10:48	10:48	11:13	11:19	12:11
天候(前日)	曇り	晴れ	曇り	曇り	雪	晴れ
天候(当日)	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り
気温(℃)	15.0	20.6	22.8	11.5	3.4	-2.1
水温(℃)	11.5	17.9	16.2	10.0	5.0	3.4
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	④酸川(高森川合流前)					
調査年月日	H29.4.21	H29.6.16	H29.8.29	H29.10.20	H29.12.20	H30.2.21
採水時間	10:30	11:37	11:25	11:47	12:35	12:54
天候(前日)	曇り	晴れ	曇り	曇り	雪	晴れ
天候(当日)	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り
気温(℃)	13.0	18.3	21.1	12.0	1.5	3.0
水温(℃)	12.8	17.0	15.8	10.8	4.9	5.1
透視度(cm)	>100	>100	26	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	流量少	通常
色相	無色	無色	白色・乳白色(中)	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	硫化水素(微)	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	濁	透明	透明	透明

別紙1-2 猪苗代湖及び流入河川 現地調査票

調査地点	⑤酸川(酸川野)					
調査年月日	H29.4.21	H29.6.16	H29.8.29	H29.10.20	H29.12.20	H30.2.21
採水時間	11:17	12:24	12:25	12:33	13:35	13:43
天候(前日)	曇り	晴れ	曇り	曇り	雪	晴れ
天候(当日)	曇り	晴れ	曇り	曇り	晴れ	晴れ
気温(℃)	18.1	25.4	27.5	13.2	7.1	0.0
水温(℃)	12.7	21.7	17.5	10.9	4.3	3.0
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	流量少	通常	通常	流量少	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	⑥長瀬川(上長瀬橋)					
調査年月日	H29.4.21	H29.6.16	H29.8.29	H29.10.20	H29.12.20	H30.2.21
採水時間	12:05	13:11	13:00	13:08	14:15	14:15
天候(前日)	曇り	晴れ	曇り	曇り	雪	晴れ
天候(当日)	曇り	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	曇り
気温(℃)	17.9	22.5	23.5	13.7	3.1	-1.8
水温(℃)	13.2	21.0	20.8	12.3	3.5	2.2
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	流量少	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	⑦長瀬川(小金橋)					
調査年月日	H29.4.25	H29.6.16	H29.8.29	H29.10.20	H29.12.20	H30.2.21
採水時間	9:40	8:48	8:52	8:41	8:20	9:00
天候(前日)	曇り	晴れ	曇り	曇り	雪	晴れ
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	小雨	小雪	曇り
気温(℃)	18.1	20.5	27.0	11.0	0.5	-3.8
水温(℃)	9.4	15.1	18.2	10.5	2.5	0.5
透視度(cm)	>100	>100	75	89	>100	>100
流況	通常	流量少(浮遊物多)	通常	流量少	通常	通常
色相	無色	無色	無色	淡黄	無色	淡黄
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	微濁	透明	透明	微濁

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	4/14	6/7	8/21	10/25	4/14	6/7	8/21	10/25	4/14	6/7	8/21	10/25	4/14	6/7	8/21	10/25
pH	6.69	6.83	6.97	7.12	6.74	6.85	7.17	7.06	6.81	6.78	6.73	6.83	6.79	6.69	6.60	6.63
EC μ S/cm	109	104	92	118	111	111	88	118	114	105	93	115	112	105	88	118
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
PO ₄ -P mg/L	-	-	-	<0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ⁺ mg/L	7.66	7.41	7.22	7.25	7.64	7.42	7.37	7.28	7.62	7.53	7.57	7.47	7.69	7.58	7.75	7.49
NH ₄ ⁺ mg/L	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	0.07	<0.01
K ⁺ mg/L	1.72	1.70	1.69	1.69	1.73	1.70	1.71	1.70	1.72	1.70	1.72	1.71	1.73	1.71	1.77	1.71
Mg ²⁺ mg/L	2.23	2.17	2.10	2.11	2.24	2.18	2.15	2.12	2.25	2.21	2.20	2.17	2.25	2.21	2.21	2.17
Ca ²⁺ mg/L	8.45	8.26	8.08	7.98	8.49	8.29	8.30	8.02	8.46	8.35	8.43	8.20	8.48	8.34	8.50	8.22
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	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	欠測	0.02	0.02	0.02	欠測
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	0.14	0.15	0.14	0.15	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15
Cl ⁻ mg/L	10.05	10.07	9.58	9.79	10.05	10.06	10.02	9.79	10.07	10.19	10.18	10.15	10.06	10.21	10.36	10.17
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	0.82	0.85	0.55	0.59	0.80	0.82	0.64	0.59	0.80	0.83	0.89	0.88	0.80	0.85	0.93	1.01
SO ₄ ²⁻ mg/L	28.22	28.47	27.60	28.05	28.34	28.58	28.46	28.07	28.28	28.65	28.59	28.55	28.26	28.61	28.58	28.38
アルカリ度(pH4.8) mgCaCO ₃ /L	4.71	4.53	4.52	4.79	4.91	4.64	4.49	4.73	4.86	4.72	4.50	4.91	4.82	5.07	4.81	5.02
クロロフィルa μ g/L	0.2	0.6	0.6	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO mg/L	12.1	10.6	8.5	9.9	12.2	10.7	10.3	9.7	12.2	12.0	11.2	11.2	12.2	11.6	10.9	10.3
DO飽和率 %	96.8	104.2	102.2	99.3	96.8	99.6	111.5	97.7	96.8	99.3	92.0	93.9	96.8	93.2	87.6	83.3

猪苗代湖 全量	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心 90m			
調査日	4/14	6/7	8/21	10/25	4/14	6/7	8/21	10/25	4/14	6/7	8/21	10/25	4/14	6/7	8/21	10/25
T-N mg/L	0.22	0.26	0.23	0.14	0.23	0.25	0.25	0.15	0.22	0.23	0.22	0.17	0.21	0.24	0.20	0.22
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
PO ₄ -P mg/L	-	-	-	<0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe mg/L	0.03	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.03	<0.01	0.04
Mn mg/L	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Al mg/L	0.02	0.02	0.02	0.07	0.03	0.02	0.03	0.06	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.04
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	0.65	0.59	0.95	0.74	0.63	0.64	0.85	0.75	0.56	0.50	0.59	0.55	0.58	0.51	0.79	0.57

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					
調査日		4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21	4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21	4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21
pH		3.23	2.98	3.24	3.15	3.02	2.96	7.26	7.30	7.37	7.58	7.51	7.49	3.96	3.79	4.32	3.91	4.08	3.85
EC	μ S/cm	386	719	379	535	814	959	342	125	136	358	433	384	288	254	180	280	369	378
T-P	mg/L	0.019	0.029	0.013	0.020	0.029	0.032	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.005	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na ⁺	mg/L	5.81	11.88	8.26	9.29	11.94	14.27	26.21	9.31	13.06	26.80	28.76	26.96	9.83	9.96	9.39	13.13	14.77	16.66
NH ₄ ⁺	mg/L	0.02	0.06	0.05	0.04	0.05	0.09	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.06
K ⁺	mg/L	1.70	3.52	2.39	3.02	3.31	3.97	4.62	1.92	2.47	5.29	5.28	4.71	2.19	2.53	2.27	3.50	3.17	3.44
Mg ²⁺	mg/L	2.59	5.89	3.80	4.35	5.74	6.91	7.57	2.48	3.12	7.13	7.54	6.44	3.34	3.65	3.17	4.39	5.23	5.32
Ca ²⁺	mg/L	10.86	21.80	15.87	17.69	21.17	25.09	28.36	10.43	12.95	26.70	28.31	23.82	14.11	14.98	13.30	18.23	25.44	19.82
Fe	mg/L	6.96	10.74	5.93	3.47	9.06	10.25	0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.96	1.19	0.03	0.20	0.47	1.77
Mn	mg/L	0.12	0.27	0.18	0.20	0.26	0.32	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.07	0.12	0.10	0.11	0.13	0.14
Al	mg/L	7.00	13.85	8.23	4.72	12.30	14.12	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	2.86	3.86	3.06	4.13	4.72	4.81
Zn	mg/L	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	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
F ⁻	mg/L	0.49	1.21	0.86	0.97	1.29	1.69	0.10	0.05	0.05	0.09	0.09	0.08	0.27	0.41	0.36	0.47	0.51	0.62
Cl ⁻	mg/L	12.46	31.63	19.55	24.10	32.68	41.52	30.41	10.46	14.12	30.91	33.89	32.61	14.15	17.10	14.29	20.47	23.07	27.38
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	1.01	0.95	0.97	0.76	0.99	1.13	0.32	0.36	0.23	0.10	0.09	0.24	1.01	0.94	0.95	0.91	1.10	1.06
SO ₄ ²⁻	mg/L	112.69	216.66	133.79	157.40	195.42	222.70	96.03	30.34	38.87	91.54	97.24	79.52	70.39	82.43	63.65	92.59	99.41	104.09
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	17.77	12.89	15.29	20.73	19.10	18.56	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	67.55	132.10	74.05	89.07	116.09	145.61	-	-	-	-	-	-	9.30	18.42	7.04	16.37	8.57	15.81
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	97.57	165.13	100.58	112.59	159.62	180.14	-	-	-	-	-	-	31.03	40.81	27.10	38.18	40.11	46.55
流量	m ³ /s	8.190	2.423	5.105	5.433	3.411	2.498	3.410	2.582	3.393	2.273	2.309	2.198	10.093	7.319	7.260	8.665	4.698	6.828

河川	全量	酸川 酸川野						長瀬川 上長瀬橋						長瀬川 小金橋					
調査日		4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21	4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21	4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21
T-N	mg/L	0.47	0.52	0.56	0.32	0.37	0.48	0.11	0.18	0.19	0.04	0.02	0.10	0.30	0.41	0.38	0.23	0.32	0.36
T-P	mg/L	0.027	0.039	0.028	0.032	0.031	0.037	0.010	0.013	0.012	0.010	0.005	0.011	0.013	0.012	0.018	0.019	0.016	0.018
Fe	mg/L	7.17	10.57	6.08	6.69	9.22	10.34	0.10	0.16	0.24	0.16	0.04	0.06	1.94	1.77	1.73	2.18	2.86	2.84
Mn	mg/L	0.12	0.27	0.18	0.20	0.26	0.32	0.06	0.05	0.07	0.04	0.02	0.03	0.08	0.13	0.10	0.11	0.13	0.14
Al	mg/L	7.14	13.52	8.13	9.03	12.51	14.25	0.10	0.17	0.22	0.17	0.05	0.07	3.08	4.12	3.13	4.15	4.85	4.81
Zn	mg/L	0.01	0.02	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	<0.01	<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					
調査日		4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21	4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21	4/25	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21
pH		3.04	2.46	2.74	2.70	2.42	2.35	3.90	3.47	3.54	3.75	3.56	3.33	2.16	2.29	2.31	2.30	2.33	2.23
EC	μ S/cm	771	2280	1166	1439	2950	3330	197	525	314	317	517	703	3640	3330	2510	3440	4060	4180
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ⁺	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄ ⁺	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K ⁺	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg ²⁺	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca ²⁺	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	21.07	45.78	25.67	23.03	43.64	53.31	0.36	0.69	0.69	0.59	0.67	1.12	85.40	71.47	72.91	62.18	64.47	65.56
Mn	mg/L	0.22	0.63	0.36	0.40	0.73	1.08	0.11	0.22	0.19	0.17	0.19	0.27	0.68	0.84	0.80	0.83	1.24	1.37
Al	mg/L	17.36	43.59	24.70	23.96	45.45	54.53	2.66	5.62	4.93	4.43	5.22	7.28	70.92	69.09	69.84	64.41	63.97	68.80
Zn	mg/L	0.03	0.06	0.03	0.03	0.07	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08
F ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl ⁻	mg/L	17.63	64.86	27.81	39.05	87.39	114.16	17.56	36.04	32.09	30.10	33.65	42.79	67.81	94.86	74.22	104.17	138.50	154.36
NO ₂ ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃ ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ²⁻	mg/L	274.20	706.80	359.46	368.89	746.25	812.48	48.51	95.76	87.96	78.40	88.73	121.78	1253.11	1047.33	979.98	992.37	1100.79	1072.91
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	191.65	518.41	270.21	265.71	524.41	582.96	10.65	30.88	28.42	18.70	23.49	41.36	1021.31	820.65	811.64	778.12	764.11	768.11
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	265.21	620.49	316.25	345.27	650.52	747.59	30.40	56.20	51.97	42.99	50.94	77.59	1202.46	911.22	949.25	957.76	988.29	991.29
流量	m ³ /s	2.104	0.415	1.766	1.858	1.146	1.204	2.867	0.841	1.899	2.126	1.487	1.088	0.742	0.384	0.477	0.603	0.489	0.366

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					
調査日		4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21	4/21	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21	4/25	6/16	8/29	10/20	12/20	2/21
T-N	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	21.83	48.91	25.47	23.20	43.96	53.60	0.38	0.72	0.83	0.75	0.68	1.17	108.05	71.77	73.60	63.93	66.98	66.45
Mn	mg/L	0.22	0.64	0.36	0.40	0.74	1.15	0.13	0.23	0.20	0.17	0.19	0.28	0.79	0.84	0.81	0.85	1.26	1.37
Al	mg/L	17.92	46.55	24.49	24.22	46.10	55.05	2.80	5.68	5.08	4.61	5.75	7.47	86.41	68.22	69.47	65.14	72.21	69.74
Zn	mg/L	0.02	0.06	0.03	0.03	0.06	0.06	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.11	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08

2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査

1 目的

近年、猪苗代湖では pH、COD 値の上昇といった水質の変化が懸念されているが、大腸菌群数も年々増加傾向にあり、平成 18 年度以降は湖沼 A 類型環境基準（1,000MPN/100mL）を超過するようになった（図 1）。このことから、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主要な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時の傾向の把握、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の有無を考察した。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。

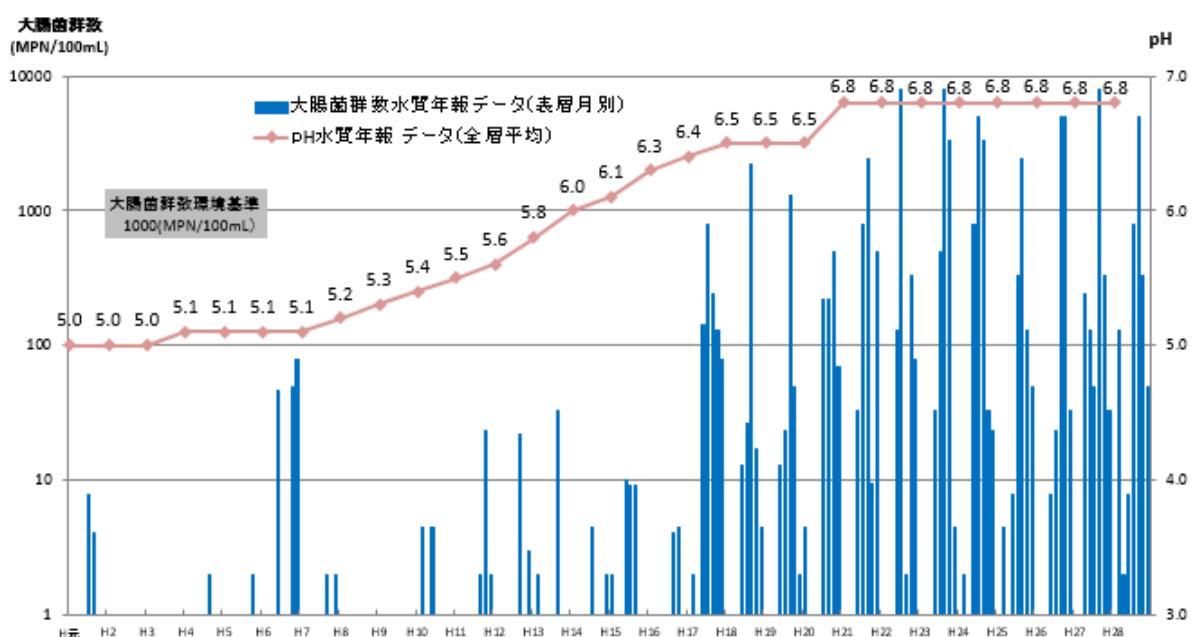


図1 湖心の pH 及び大腸菌群数の経年変化

2 調査方法

猪苗代湖及び主要流入河川（小黑川、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) 小黑川（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) 猪苗代湖小黑川沖500m（以下「小黑川沖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) 河川3地点については、気温、水温、透視度、色相、臭気、濁り、流量
- (2) 湖7地点については、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））
＊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。
湖心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・ビオメリュー（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) 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

湖心における鉛直水温の調査結果を図 3 に示す。7 月 12 日の水温は水温計のトラブルにより湖心に常時設置している連続観測のデータ（7 月 12 日 9:00 のデータ）を使用している。

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も上昇し、8、9 月には水深 10m 前後に表水層（密度の小さい温かい水の層）が出現し、水温成層が確認された。その後 10 月以降から水温の低下により水温躍層部（表水層と深水層の間に存在する水温が急激に変化する層）の下層への低下が始まっていた。

深水層（密度の大きい冷たい水の層）はおおよそ水深 60m 以深で、最深部の水温は 5℃前後で年間を通して一定であった。

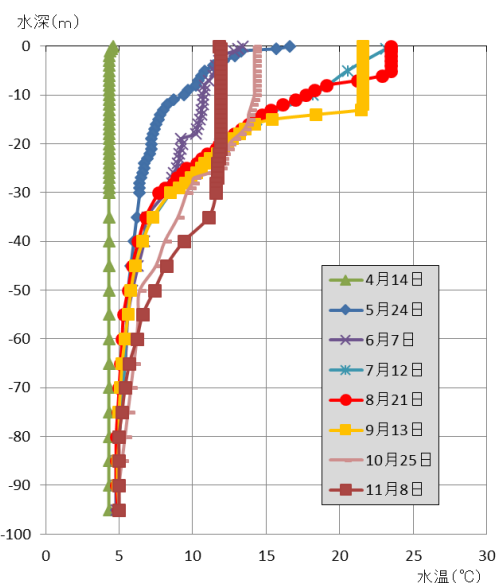


図 3 湖心の鉛直分布

イ 大腸菌群数及び大腸菌数について

湖心の大腸菌群数及び水温の調査結果を図 4 に示す。

湖心表層の大腸菌群数は、5、6 月は 1MPN/100ml 未満であったが、7 月から検出され始め、8 月から 10 月には環境基準の 1,000MPN/100ml を超過した。なお、9 月 13 日の 12,000MPN/100ml は今年度調査の最大値であり、直近 5 年間の調査（平成 24～28 年）と比べても最大となった。

水深別にみると、5、6 月は、表層以外の水深で検出され、7 月は全水深で検出し、8 月になると全水深で大きく増加していた。平成 28 年度は、5～7 月は水深 15m 及び 30m で比較的多く、また、8～11 月は水温躍層の上部である表層、水深 5m で多くなる傾向がみられていたが、平成 29 年度調査においてはその傾向は確認できなかった。

湖心表層の水温は、8 月 21 日に 23.5℃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数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 13 日の水温は 21.6℃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、9 月及び 10 月に大腸菌群数が高い値を示していた。

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。

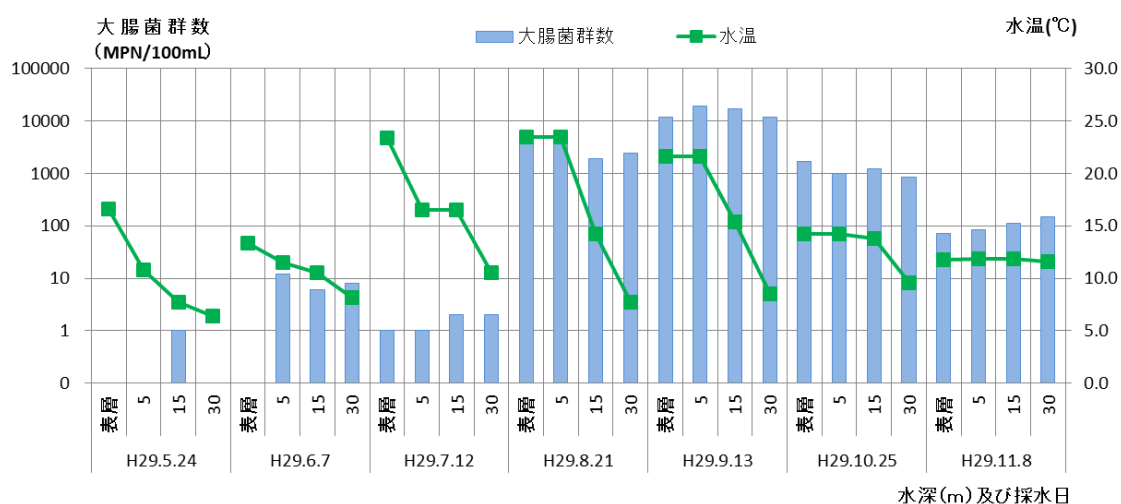


図 4 湖心の大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

湖心の pH 及び TOC の調査結果を図 5、図 6 に示し、平成 24 年度からの表層の大腸菌群数、pH 及び TOC の経年変化を図 7 に示す。また、大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関を表 1、図 8 に示す。

pH は 6.73～7.26 であり、水深 30m が比較的低かった。今年度における pH の最大値 7.26 を示したのは 9 月の表層であり、大腸菌群数も同様に最大値 12,000MPN/100ml であった。この値は表層における直近 5 年間の調査（平成 24～28 年：6.55～7.11）の中では最大であった。また、pH と大腸菌群数の間に正の相関関係が確認でき、pH6.91 付近から大腸菌群数が 1,000MPN/100ml を超える頻度が高くなっていた。

TOC は 0.55～1.07mg/L で、過去結果と比較すると、平成 28 年度に引続き全体的に値が大きい傾向にあった。また、TOC は大腸菌群数との間に正の相関関係が確認でき、0.69mg/L

付近から大腸菌群数が 1,000MPN/100ml を超える頻度が高くなっていった。

8 月から 10 月の湖心表層において、大腸菌群数が 1,000MPN/100mL 以上と高い値を示した要因は、大腸菌群数と相関関係があった pH が 6.97～7.26 及び TOC が 0.74～0.95mg/L であり、大腸菌群が生育しやすい条件が揃っていたものと推察される。

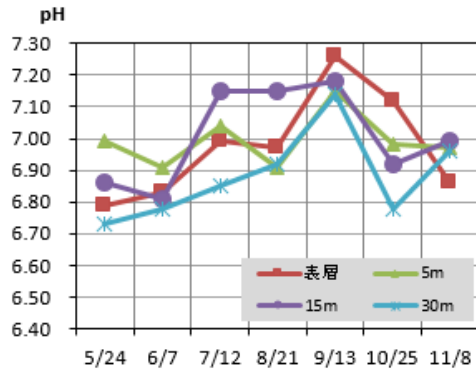


図 5 湖心の pH

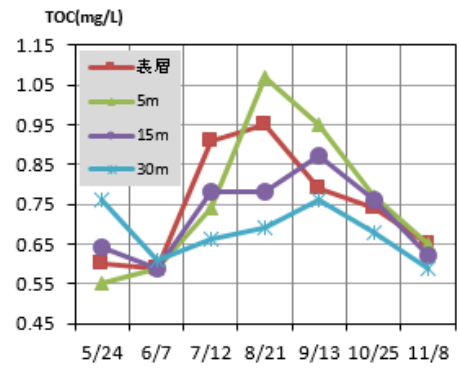


図 6 湖心の TOC

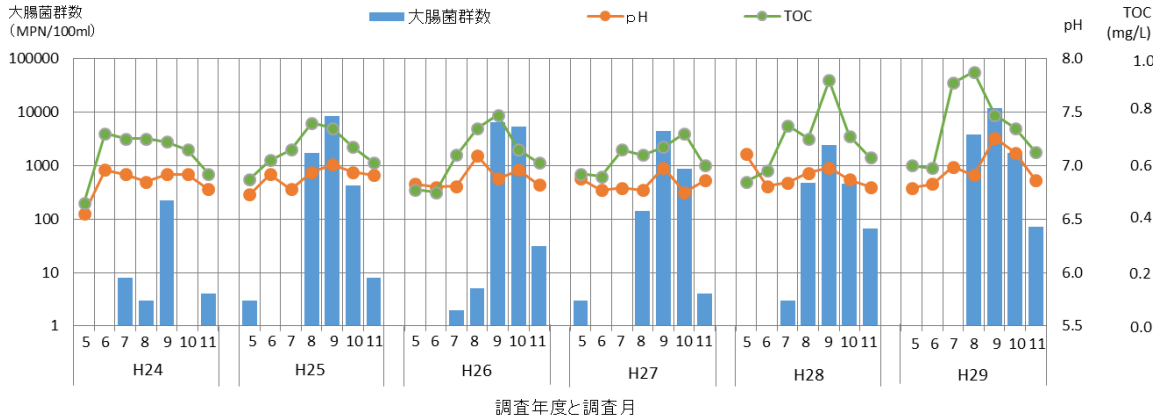


図 7 湖心表層の大腸菌群数と pH 及び TOC の経年変化(平成 24～29 年)

表 1 湖心における大腸菌群数とその他の項目の相関関係 (n=28)

	水温	pH	EC	DO 飽和率	TOC
大腸菌群数	0.38	0.63	-0.02	-0.37	0.57

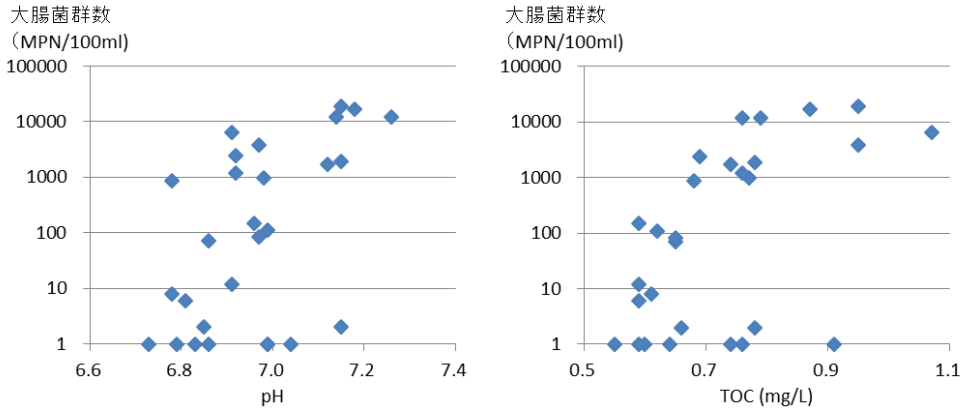


図 8 湖心における大腸菌群数と pH 及び TOC の相関関係

(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。

高橋川新橋の大腸菌群数は 7,200~26,000MPN/100mL、大腸菌数は 22~150MPN/100mL、高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 100~6,400MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満~7MPN/100mL であった。高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれの調査月も高橋川より数桁低い値を示していたが、これは湖水によって希釈されているためと考えられる。高橋川沖 500m は、8~10 月を除いて湖心表層より高い値を示しており、環境基準の 1,000MPN/100mL を超過したのは 6 月及び 9 月の 2 回であった。

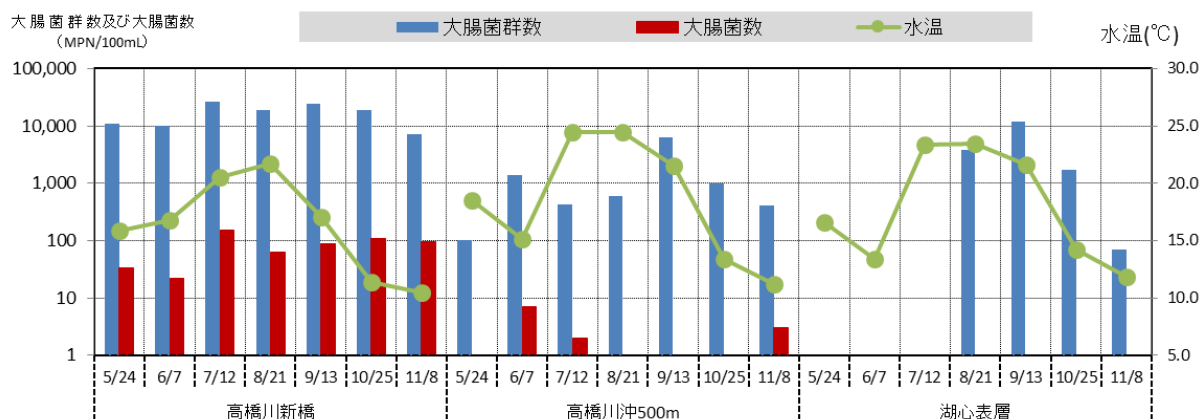


図 9 高橋川新橋、高橋川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

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 10 に示す。

小黒川梅の橋の大腸菌群数は 12,000~81,000MPN/100mL、大腸菌数は 78~770MPN/100mL、小黒川沖 500m の大腸菌群数は 320~17,000MPN/100mL、大腸菌数は 1~17MPN/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、高橋川沖と同様に、小黒川より数桁低い値を示し、8~10 月を除いて湖心表層より高い値を示していた。環境基準の 1,000MPN/100mL を超えたのは、5~9 月の 5 回であった。

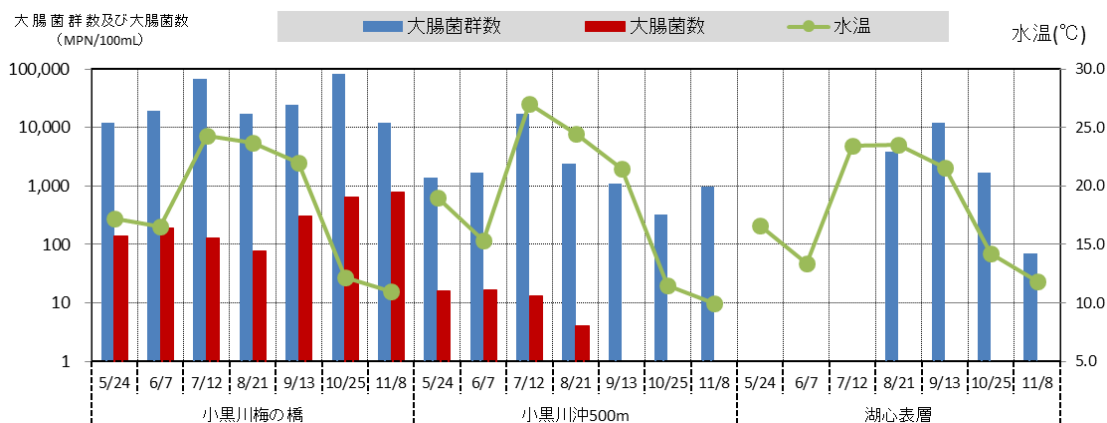


図 10 小黒川梅の橋、小黒川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

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 11 に示す。

長瀬川小金橋の大腸菌群数は 65～1,100MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満～9MPN/100mL、長瀬川沖 500m の大腸菌群数は 11～24,000MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満～4MPN/100mL であった。大腸菌群数について、8 月以降、長瀬川沖 500m と湖心表層は同様な値を示す傾向にあり、湖心表層で大腸菌群数が 12,000MPN/100mL になった 9 月では、長瀬川沖 500m でさらに高い 24,000MPN/100mL になった。長瀬川沖 500m で環境基準の 1,000MPN/100mL を超えたのは、湖心表層と同じ 8～10 月の 3 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数～50 倍程度あるため、大腸菌群数の流入負荷総量では高橋川と同程度の負荷を示す日もあった。

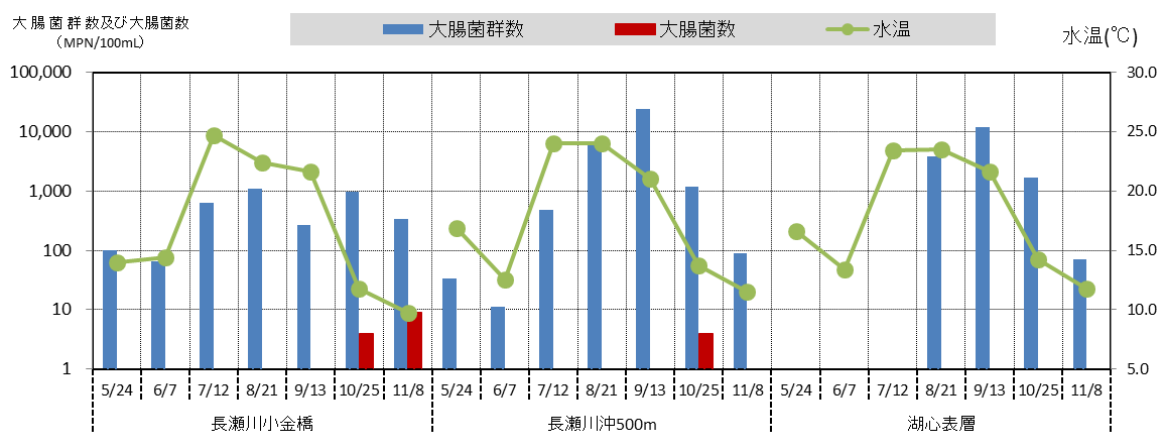


図 11 長瀬川小金橋、長瀬川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

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。

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	0.2～1.3
高橋川沖 500m	0.3	0～0.7
小黒川梅の橋	1.6	0.2～6.4
小黒川沖 500m	0.4	0.1～1.1
長瀬川小金橋	0.5	0～2.6
長瀬川沖 500m	0.1	0～0.3

小黒川梅の橋を除く地点の分布は 0～2.6%と低い値であったが、小黒川梅の橋は 11 月に 6.4%と高い値になった。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。しかし、例年、小黒川梅の橋の比がやや高めであることから、市街地を流れる小黒川の水質は人間の活動の影響を受けていると推測される。

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 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 3、表 4、及び図 15 に示す。

高橋川新橋及び小黒川梅の橋の pH は 7.10～7.61、EC は 128～266 μ S/cm、SS は 2～16mg/L、TOC は 0.91～2.08mg/L、D0 飽和率は 85%以上の値であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数は TOC との間に、大腸菌数は pH 及び EC との間に正の相関がみられた。

長瀬川小金橋の pH は 3.70～5.55、EC は 72～322 μ S/cm、SS は 3～10mg/L、TOC は 0.52～0.83mg/L、D0 飽和率は 95%以上であった。大腸菌群数とその他の水質項目との間に相関関係は確認されなかった。なお、長瀬川小金橋の大腸菌数については、ほとんどの調査月で 1 未満～1MPN/100ml であり相関を評価するにはデータが少ないため行わなかった。

長瀬川小金橋における過去の調査結果では、秋元発電所の放流の影響を受けた流量が多い調査日の検体は、pH は高く EC は低く、大腸菌群数及び大腸菌数が低い値を示す傾向を確認している。長瀬川小金橋の最大値を示した 8 月の検体は、流量が少なく秋元発電所の放流水による希釈がされていないため、大腸菌群数が年度内最大値となったと推察される。

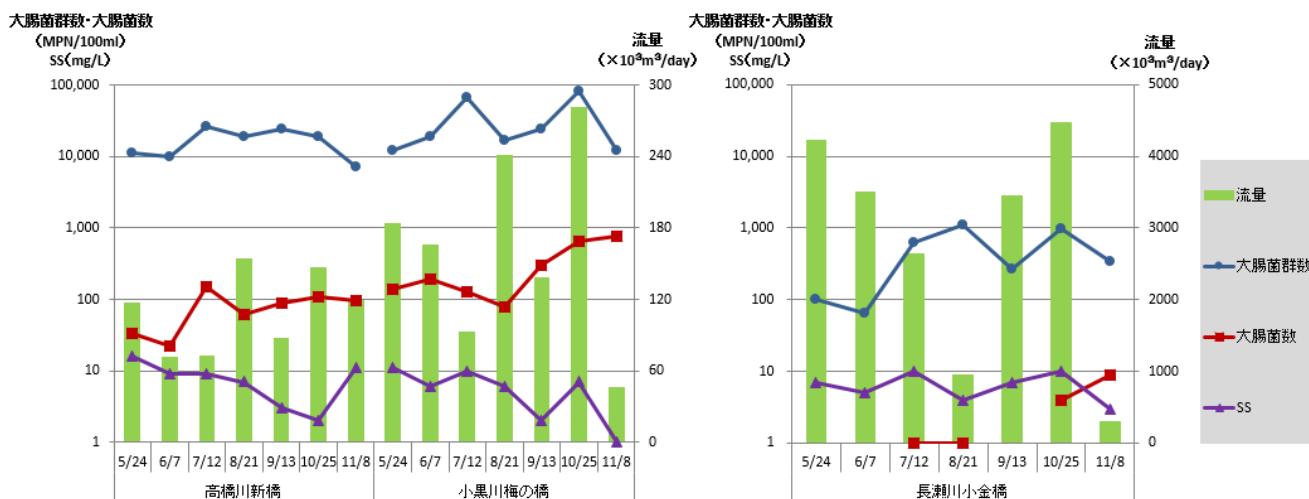


図 12 各河川の流量と SS 等の推移

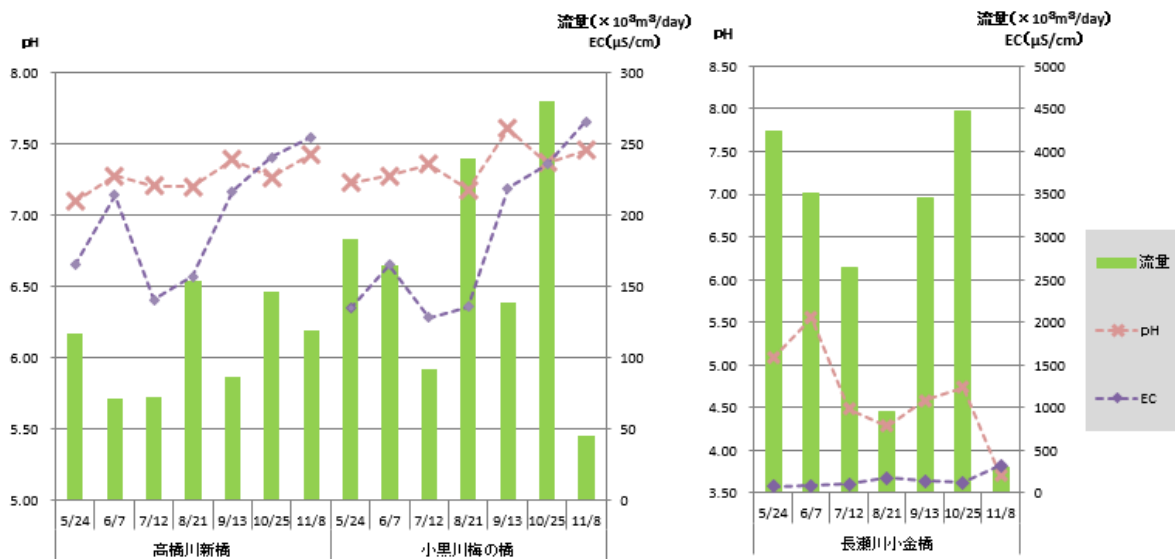


図 13 各河川の流量と pH 等の推移

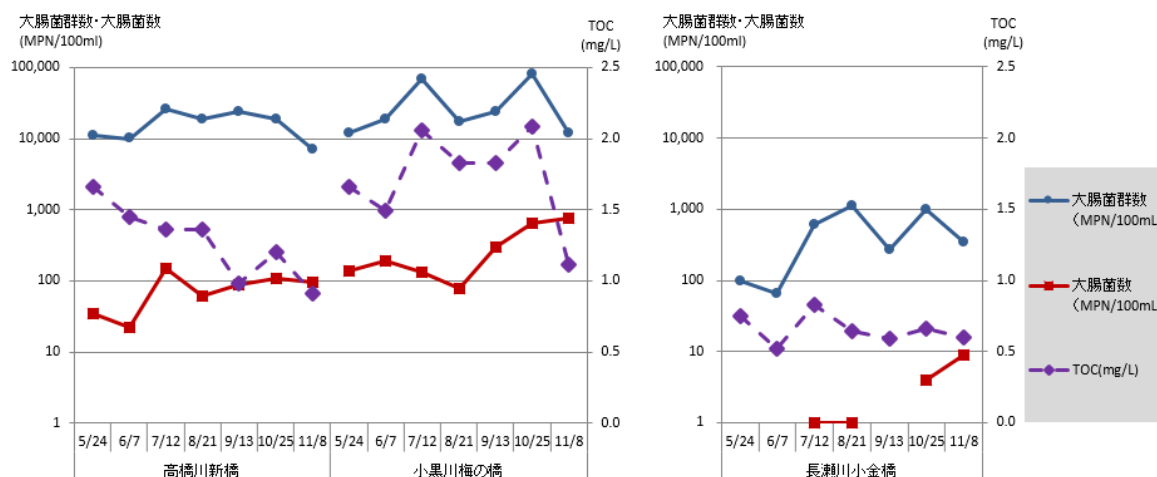


図 14 各河川の大腸菌群数及び大腸菌数と TOC の推移

表 3 高橋川新橋及び小黑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	0.02	-0.10	0.20	-0.08	-0.01	<u>0.64</u>	0.38
大腸菌数	-0.44	0.43	<u>0.51</u>	<u>0.51</u>	-0.46	0.12	-

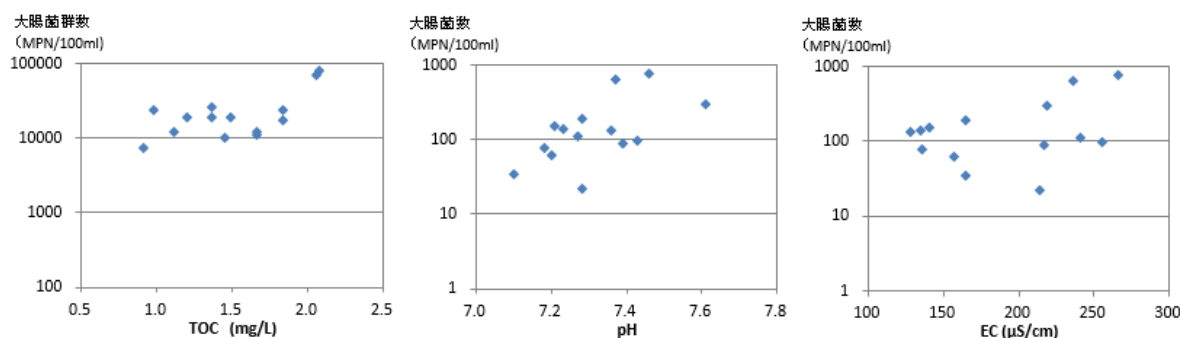


図 15 高橋川新橋及び小黑川梅の橋における各測定項目の相関関係

表 4 長瀬川小金橋における大腸菌群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
大腸菌群数	0.28	-0.26	-0.41	0.12	0.22	0.23

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 16～18 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、表 6 及び図 19、図 20 に示す。

高橋川沖 500m 及び小黑川沖 500m の pH は 6.88～7.96、EC は 75～155 μ S/cm、SS は 1 未満～3mg/L、TOC は 0.60～2.07mg/L、DO 飽和率は 95%以上の値であった。高橋川沖 500m 及び小黑川沖 500m は、流入河川の高橋川と小黑川の影響により、pH、EC、TOC が湖心表層より高い値を示す月が多くみられた。また、この 2 地点の水深は、5 月から 11 月まで約 0.6～4.8m と浅く、例年、夏季から秋季にかけてはコカナダモ、セキシウモ及びヒルムシロ

が繁茂している。7 月から夏場は pH、TOC が上昇する傾向があるが、これは繁茂した植物の影響によるものと思われる。また、大腸菌群数と水温との間に正の相関が認められた。

長瀬川沖 500m の pH は 6.59～7.03、EC は 86～128 μ S/cm、SS は 1mg/L 未満、TOC は 0.58～0.89mg/L、DO 飽和率は 96%以上であった。長瀬川沖 500m の水深は約 6.1m 以上であり、高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m よりも水深が深いため、長瀬川からの流入の影響は少なく、ほぼ湖心表層と同様な水質であった。大腸菌群数と TOC の間に正の相関関係が認められた。なお、大腸菌数は 1 未満～1MPN/100ml、SS は全て 1mg/L 未満であったため、相関関係については考察できなかった。

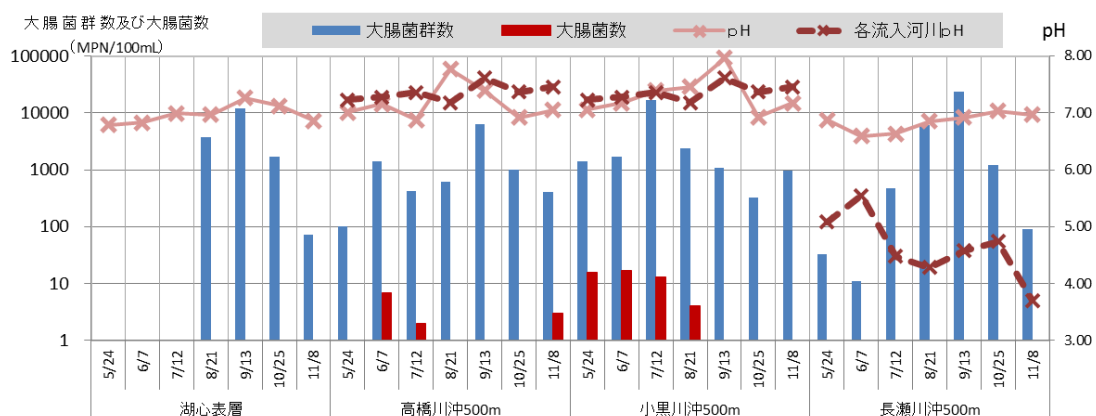


図 16 各河川沖 500m 地点等の pH の推移

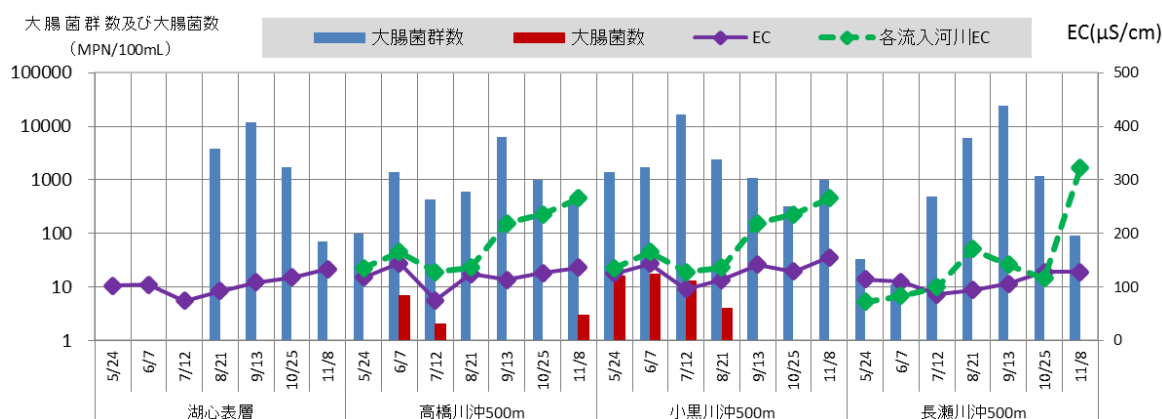


図 17 各河川沖 500m 地点等の EC の推移

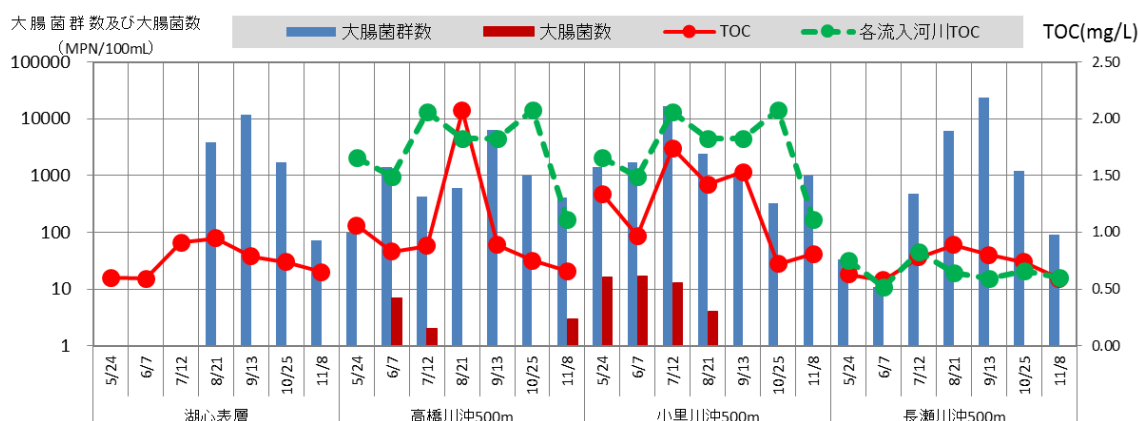


図 18 各河川沖 500m 地点等の TOC の推移

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	<u>0.50</u>	-0.44	0.22	-0.40	-0.11	0.38	0.38
大腸菌数	0.12	-0.11	-0.10	0.02	0.37	0.19	-

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	TOC
大腸菌群数	0.41	-0.43	0.24	-0.19	<u>0.50</u>

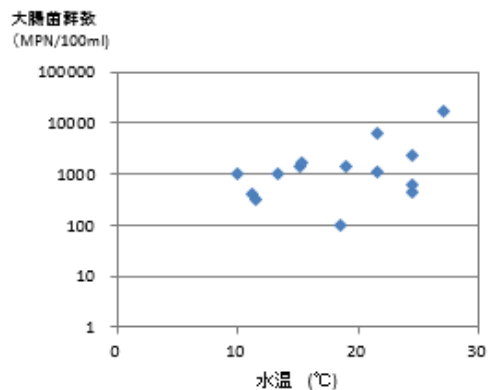


図 19 高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m 地点における大腸菌群数と水温の相関関係

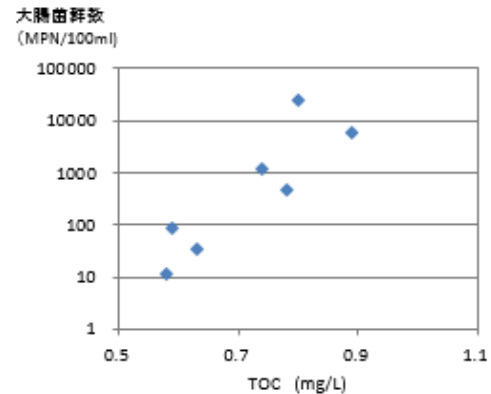


図 20 長瀬川沖 500m 地点における大腸菌群数と TOC の相関関係

(3) 大腸菌群の同定

大腸菌群の同定結果を表 7 に示す。

湖内の大腸菌群について、高い頻度で検出されたのは *Aeromonas* 属、次いで *Enterobacter cloacae* であり例年の傾向と同様の結果であった。小野³⁾の報告では *Enterobacter cloacae* が最も高い頻度で出現し、*Aeromonas* 属は一度も確認されていなかったことから、猪苗代湖の pH の上昇といった水質等の変化により、小野の調査時（平成 20～22 年頃）と比べて大腸菌群の種組成の変化がおきていると思われる。

9 月 13 日の各流入河川の大腸菌群については、高橋川新橋及び小黒川梅の橋からは *Aeromonas* 属が同定され、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、*Enterobacter cloacae* が同定された。また、各河川沖 500m とも *Aeromonas* 属が、小黒川沖 500m では *Enterobacter cloacae* が同定された。28 年度は河川と湖内の大腸菌群の種組成はやや異なっていたが、29 年度は概ね同じ種が同定された。

湖心と河川から多く検出された *Aeromonas* 属と *Enterobacter cloacae* は、川や湖沼及び土壌に普遍的に存在している種であり、糞便汚染の生物指標となる *Escherichia coli* は検出されなかった。

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>Escherichia coli2</i> <i>Enterobacter cloacae</i> <i>Enterobacter sakazaki</i> <i>Enterobacter asburiae</i> <i>Enterobacter amigenus2</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> <i>Rahnella aquatilis</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)	コリナート培地の大腸菌群数の結果 (MPN/100ml)
猪苗代湖 湖心 表層	H29.5.4				<1			<1
猪苗代湖 湖心 5m					<1			<1
猪苗代湖 湖心 15m				0.3	2	10	1	1
猪苗代湖 湖心 30m					2	10	1	<1
猪苗代湖 湖心 表層	H29.6.7				<1			<1
猪苗代湖 湖心 5m					2	10	1	12
猪苗代湖 湖心 15m			0.3		2	10	1	6
猪苗代湖 湖心 30m					2	10	1	8
猪苗代湖 湖心 表層	H29.7.12	3.2			1700	0.01	1	1
猪苗代湖 湖心 5m		3.2			3300	0.01	1	1
猪苗代湖 湖心 15m		3.5			3300	0.01	1	2
猪苗代湖 湖心 30m		3.4			4900	0.01	2	2
猪苗代湖 湖心 表層	H29.8.21	3.8			7000	0.001	1	3800
猪苗代湖 湖心 5m		3.9	3.6		12000	0.001	3	6400
猪苗代湖 湖心 15m			3.5		3300	0.01	1	1900
猪苗代湖 湖心 30m			3.7		4600	0.001	1	2400
猪苗代湖 湖心 表層	H29.9.13	4.3			22000	0.001	2	12000
猪苗代湖 湖心 5m			4.3		28000	0.001	3	19000
猪苗代湖 湖心 15m			4.0	4.0	11000	0.001	1	17000
猪苗代湖 湖心 30m		4.3	4.0		28000	0.001	3	12000
猪苗代湖 高橋川沖500m		3.8			7000	0.001	1	6400
猪苗代湖 小黒川沖500m		3.4	3.7		7900	0.01	3	1100
猪苗代湖 長瀬川沖500m		4.0			11000	0.001	1	24000
高橋川 新橋		4.4			49000	0.001	2	24000
小黒川 梅の橋	H29.10.25	5.4			540000	0.0001	2	24000
長瀬川 小金橋			2.0		110	0.1	1	270
猪苗代湖 湖心 表層	H29.10.25		3.5		3300	0.01	1	1700
猪苗代湖 湖心 5m					3300	0.01	1	980
猪苗代湖 湖心 15m		3.7			4900	0.01	2	1200
猪苗代湖 湖心 30m			3.2		1700	0.01	1	860
猪苗代湖 湖心 表層	H29.11.8		1.7		94	0.1	2	71
猪苗代湖 湖心 5m		1.4 1.4			49	1	2	83
猪苗代湖 湖心 15m			1.4 1.4		49	1	2	110
猪苗代湖 湖心 30m		1.5	1.8	1.5	130	1	4	150

*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) 湖心表層の大腸菌群数は、5～7 月はほとんど検出されないが、水温の上昇に伴い増加し、8～10 月には湖沼 A 類型の環境基準 (1,000MPN/100mL) を超えていた。そして、水温の低下によって 11 月は大腸菌群数が減少していた。9 月 13 日に湖心の大腸菌群数が 12,000MPN/100ml と過去結果と比較して大きい値となったが、pH や TOC の数値が高かったことにより、大腸菌群が生育しやすい条件が揃っていたものと思われる。なお、大腸菌群数と、pH 及び TOC との間に正の相関が認められた。

- (2) 高橋川新橋及び小黒川梅の橋の大腸菌群数は湖内と比較すると高い値であったが、湖内に流入すると希釈され、各河川沖 500m では数桁低い値になっていた。

また、高橋川、小黒川沖 500m は水深が浅く、水温が上昇する夏場に水生植物が生育しており、それらによって pH、TOC が増加していた。

- (3) 酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数は、高橋川及び小黑川と比較して低い値であった。長瀬川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数は湖心と同傾向にあり、湖心で最大値を示した 9 月においては大腸菌群数 24000 MPN/100mL と高い値を示した。河川沖 500m の大腸菌群数は TOC との間に正の相関関係がみられた。
- (4) 大腸菌群数に占める大腸菌数の比は、小黑川梅の橋を除く各河川で 0～2.6%、猪苗代湖各河川沖 500m 地点では 0～1.1% と大腸菌数の割合は少なかった。小黑川梅の橋では他と比べて割合が 0.2～6.4% とやや高めであった。
- (5) 湖心の大腸菌は、*Aeromonas* 属、次いで *Enterobacter cloacae* が多く同定された。過去の調査（平成 20～22 年頃）では *Enterobacter cloacae* が一番多く出現し、*Aeromonas* 属は確認されていなかったが、pH の上昇などの水質の変化により、大腸菌群の種組成が変化していると思われる。
- 湖心と河川からは、糞便汚染の生物指標となる *Escherichia coli* が同定されなかった。

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 28 年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境創造センター
- 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

平成29年度大瀬園群調査現地調査票

調査地点	猪苗代湖(湖心)					猪苗代湖(湖心)					猪苗代湖(湖心)					猪苗代湖(湖心)				
	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30
採取水深(m)																				
調査年月日	H29.5.24				H29.6.7				H29.7.12				H29.8.21				H29.10.25			
採水時間	9:28				9:05				9:15				9:10				9:13			
天候(前日)	<曇り				晴れ				晴れ				<曇り				晴れ			
天候(当日)	晴れ								小雨				晴れ				<曇り			
気温(℃)	19.0				16.1				22.3				22.6				21.2			10.2
水温(℃)	16.6	10.8	7.7	6.4	13.4	11.5	10.5	8.2	23.4	16.5	16.5	10.5	23.5	23.5	14.2	13.8	9.6	11.8	11.9	11.6
透明度(m)	12.2				12.6				9.7				11.2				3.5	8.0		
水色(フォーレル)	9				8				7				7				5	8		
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	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	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
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日	11.06	H29.5.24	10.16	11.00	10.38	H29.6.7	10.40	10.25	10.16	10.16	10.01	10.15	10.35	10.16	10.01	10.50	10.30	10.20	10.40	H29.9.13
採水時間		<曇り				晴れ					晴れ						<曇り			晴れ
天候(前日)		晴れ																		晴れ
天候(当日)																				小雨
気温(℃)	22.5	21.5	18.9	16.9	17.6		16.8		27.3		25.4	25.3	26.2	27.3		25.3	25.2		22.9	22.0
水温(℃)	18.5	19.0	16.9	15.1	15.3	12.5	12.5	24.5	27.0	24.0	24.5	24.5	24.5	27.0	24.0	24.5	24.5	21.5	21.5	21.0
水濁(m)	1.5	0.8	1.2	1.6	1.3	11.6	11.6	1.6	1.2	6.1	6.1	1.1	1.6	1.2	6.1	1.1	0.6	0.8	1.2	0.8
透明度(m)	>1.5	>0.8	10.7	>1.6	>1.3	9.0	>1.2	>1.6	>1.2	>1.2	>1.2	>1.1	>1.6	>1.2	>1.2	>1.1	>0.6	9.4	>1.2	>0.8
水色(フォーレル)	14	13	4	12	13	9	9	11	13	13	7	13	11	13	13	13	13	13	12	13
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	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	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	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	猪苗代湖					猪苗代湖					猪苗代湖					猪苗代湖				
	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日	11.42	H29.5.24	12.25	13.44	11.35	12.05	13.33	11.06	11.39	12.28	11.18	11.53	12.35	11.12	11.46	12.20	12.50	10.33	11.15	11.58
採水時間		<曇り				晴れ														
天候(前日)		晴れ																		晴れ
天候(当日)																				<曇り
気温(℃)	21.5	21.1	19.0	20.3	20.5	21.0	21.0	30.5	29.7	33.6	26.6	29.8	29.7	26.4	28.9	8.8	9.8	10.6	10.8	12.5
水温(℃)	15.9	17.2	14.0	16.8	16.5	14.4	14.4	20.5	24.3	24.7	21.7	23.7	22.4	17.1	22.0	11.4	12.2	10.5	11.0	9.7
透明度(m)	61	77.5	80	>100	89.6	89.0	89.0	>100	78	62	>100	>100	>100	>100	>100	>100	48	74	>100	>100
流量(m ³ /sec)	1.355	2.121	48.940	0.823	1.913	40.609	40.609	0.843	1.070	30.593	1.787	2.781	11.053	1.007	1.604	1.694	3.250	1.378	0.528	3.511
色相	茶色	茶色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	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	無臭	無臭
濁り	濁	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	透明	透明	透明	透明	透明	透明

平成29年度猪苗代湖大腸菌群調査

調査地点	単位	猪苗代湖									
		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心	
		5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15
採取水深(m)											
調査年月日											
pH		6.79	6.99	6.86	7.01	7.06	6.88	7.10	7.23	5.08	
EC	μ S/cm	102	111	112	118	125	114	165	135	72	
DO	mg/L	10.4	11.1	12.0	9.8	9.5	10.0	8.7	9.5	9.9	
SS	mg/L	<1	<1	<1	1	3	<1	16	11	7	
大腸菌群数(OTレ/法)	MPN/100ml	<1	<1	1	100	1400	33	11,000	12,000	100	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	0	0	2							
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	16	<1	34	140	<1	
TOC	mg/L	0.60	0.55	0.64	0.76	1.06	0.63	1.66	1.66	0.75	

調査地点	単位	猪苗代湖									
		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心	
		5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15
採取水深(m)											
調査年月日											
pH		6.99	7.04	7.15	6.85	7.39	6.63	7.21	7.36	4.48	
EC	μ S/cm	74	73	76	80	75	96	141	128	100	
DO	mg/L	9.0	9.1	10.5	11.6	8.9	8.7	8.6	8.1	8.8	
SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	1	<1	9	10	10	
大腸菌群数(OTレ/法)	MPN/100ml	1	1	2	2	430	17,000	480	88,000	620	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	1,700	3,300	4,900							
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	2	13	1	150	130	
TOC	mg/L	0.91	0.74	0.78	0.66	0.88	1.74	0.78	1.36	0.83	

調査地点	単位	猪苗代湖									
		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心	
		5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15
採取水深(m)											
調査年月日											
pH		7.26	7.15	7.18	7.14	7.39	7.96	6.92	7.39	7.61	
EC	μ S/cm	109	107	105	114	113	142	106	217	219	
DO	mg/L	8.6	8.4	8.6	11.3	8.7	9.0	8.4	8.8	9.9	
SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	1	<1	3	2	7	
大腸菌群数(OTレ/法)	MPN/100ml	12,000	19,000	17,000	12,000	6,400	1,100	24,000	24,000	270	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	22,000	28,000	11,000	28,000	7,000	7,900	11,000	49,000	540,000	
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	88	300	
TOC	mg/L	0.79	0.95	0.87	0.76	0.89	1.53	0.80	0.98	1.83	

調査地点	単位	猪苗代湖									
		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心	
		5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15
採取水深(m)											
調査年月日											
pH		6.86	6.97	6.99	6.96	7.05	7.17	6.97	7.43	7.46	
EC	μ S/cm	133	133	131	132	136	155	128	255	266	
DO	mg/L	10.0	10.3	10.0	10.6	9.8	11.0	9.7	9.7	10.5	
SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	1	2	<1	1	1	
大腸菌群数(OTレ/法)	MPN/100ml	71	83	110	150	410	980	90	72,000	12,000	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	94	49	49	130						
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	3	1	<1	96	770	
TOC	mg/L	0.65	0.65	0.62	0.59	0.66	0.81	0.59	0.91	1.11	

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¹⁾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（8～10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

調査地点は図1のとおり湖心を含む湖内全52地点、高橋川新橋及び小黒川梅の橋の流入河川2地点である。

湖内の地点は、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」²⁾の調査地点を参考に選定した。流入河川2地点については、例年、大腸菌群数の数値が低い傾向を示す湖北部に関して、その地点近くの入河川である高橋川及び小黒川の大腸菌群数等の数値を把握するため、当該年度では調査地点に追加した。

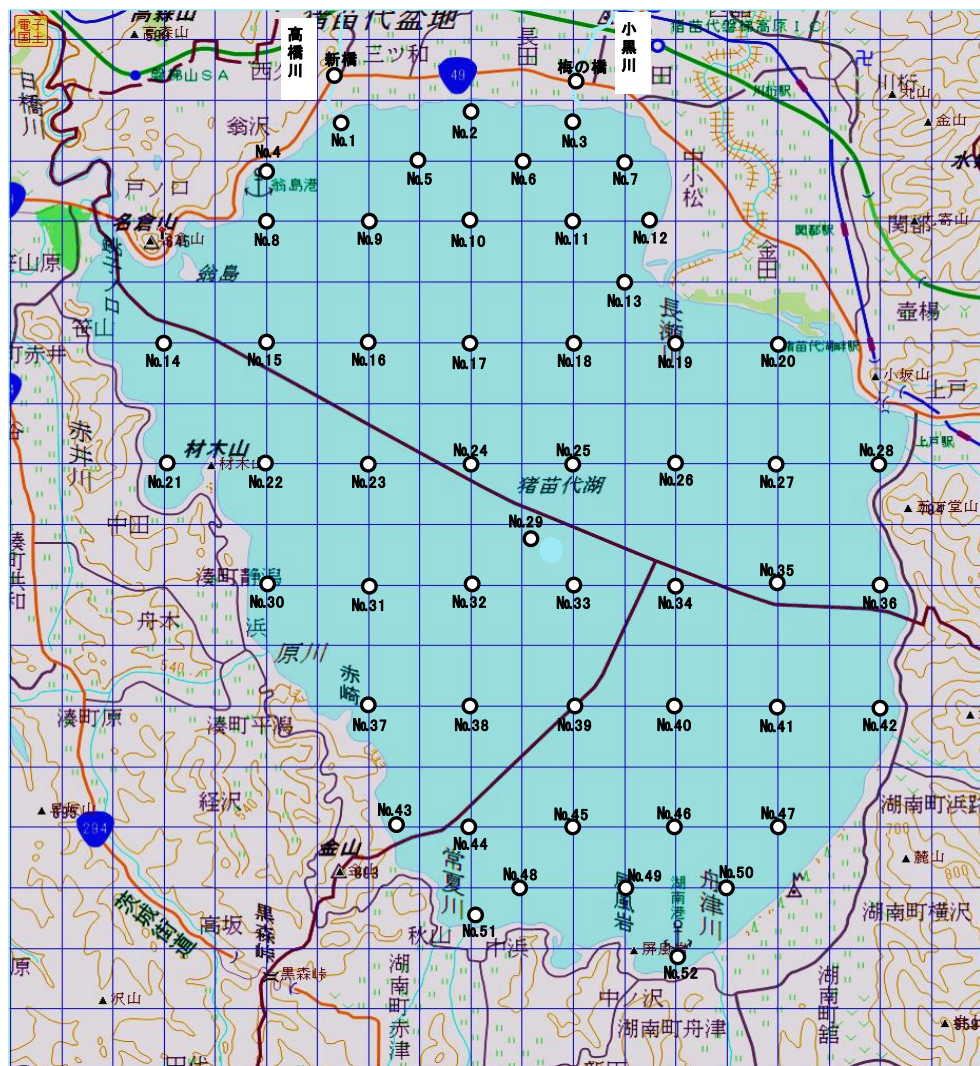


図1 全湖水面調査調査地点（出典：国土地理院）

4 調査時期

平成29年8月28日、9月4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) 水質について

ア 水温

湖水及び流入河川 2 地点の水温の分布図を図 2 に示す。

湖内における 8 月 28 日調査の水温は 22.8℃ (No.2) ～23.6℃ (No.42、45) で、平均水温は 23.4℃であった。9 月 4 日調査の水温は 20.8℃ (No.7) ～22.5℃ (No.36) で、平均水温は 22.1℃であった。また、採水時の平均気温は 8 月 28 日が 24.1℃、9 月 4 日が 21.4℃であった。

流入河川の水温は 18.5～21.0℃と、湖内の水温よりも低かった。また、9 月 4 日の小黒川及び高橋川河口周辺の湖北側で水温が低くなる傾向が確認された。これは平成 20 年の調査²⁾と平成 26 年からの当該調査の過去結果と同じ傾向であった。

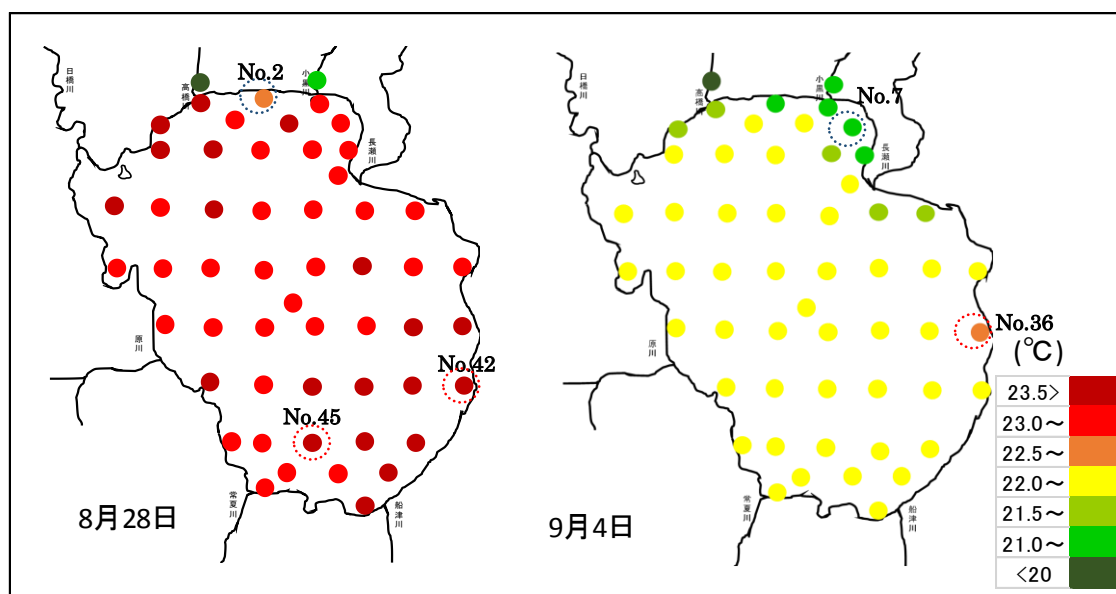


図 2 水温

イ pHについて

湖水及び流入河川 2 地点の pH の分布図を図 3 に示す。

湖水における pH について、8 月 28 日は 7.04 (No.9) ～8.78 (No.38) 、9 月 4 日は 7.03 (No.48) ～7.54 (No.37) であった。8 月 28 日は北西部の pH が低い傾向がみられたが、9 月 4 日は同様な傾向は確認されなかった。平成 28 年と比較すると、全体的に pH が高く、両日とも全地点で pH7 を超えていた。

8 月 28 日では No.37 で pH8.69、No.38 で pH8.78 と高い値を示した。平成 20 年の調査²⁾及び平成 26 年からの当該調査では、湖北部にある高橋川河口から小黒川河口の水深の浅い水域 (No.1～3、7、6) で pH8 以上を示すことが度々確認されており、これは水生生物や植物プランクトン等の光合成による影響と推察されていた。8 月 28 日の No.37、38 の地点では pH が高く EC も他地点に比べ少し高かったが、現地調査の際、No.37、38 とその近傍の地点では採水した湖水の水質 (色相、臭気等) の違いはみられなかったため、この 2 地点で pH が高くなった原因については分からなかった。

流入河川の pH は 7.06～7.34 と中性であった。

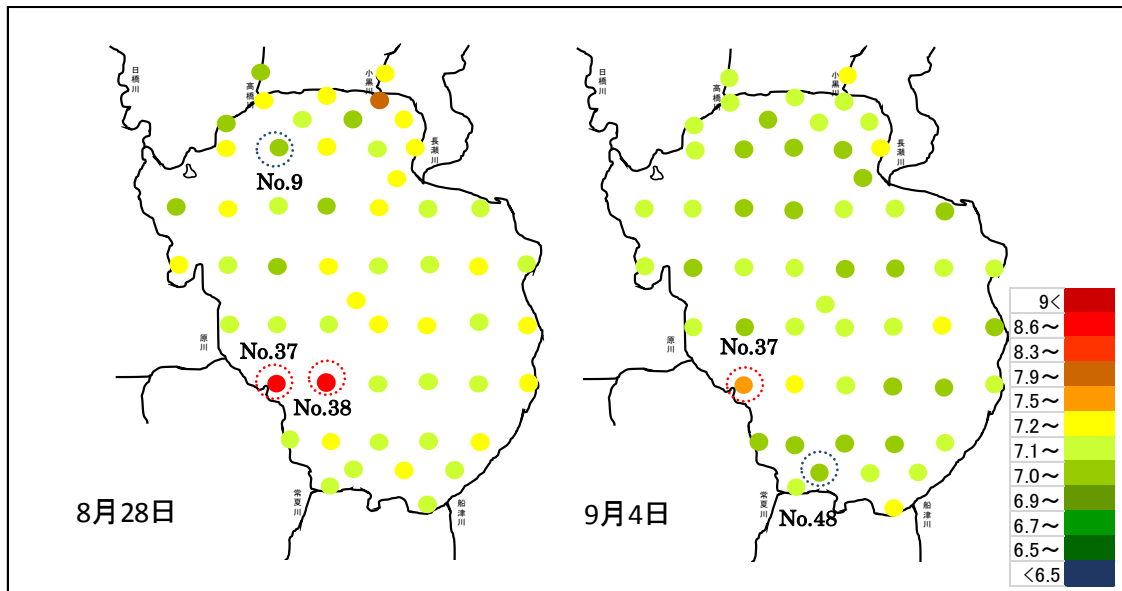


図 3 pH

ウ ECについて

湖水及び流入河川 2 地点の EC の分布図を図 4 に示す。

湖水において 8 月 28 日は $101 \mu\text{S/cm}$ (No.19、27) ～ $118 \mu\text{S/cm}$ (No.37) で平均値が $104 \mu\text{S/cm}$ 、9 月 4 日は $83 \mu\text{S/cm}$ (No.48) ～ $107 \mu\text{S/cm}$ (No.52) で平均値が $97 \mu\text{S/cm}$ と、9 月 4 日の値が低い傾向にあった。また、湖北部は両日ともに $102 \mu\text{S/cm}$ 前後の同程度の値であったが、湖南部は調査日によって差があり 8 月 28 日は $110 \mu\text{S/cm}$ 、9 月 4 日は $90 \mu\text{S/cm}$ 前後の数値であった。

流入河川の EC は $165 \sim 186 \mu\text{S/cm}$ と湖水よりも大きかった。

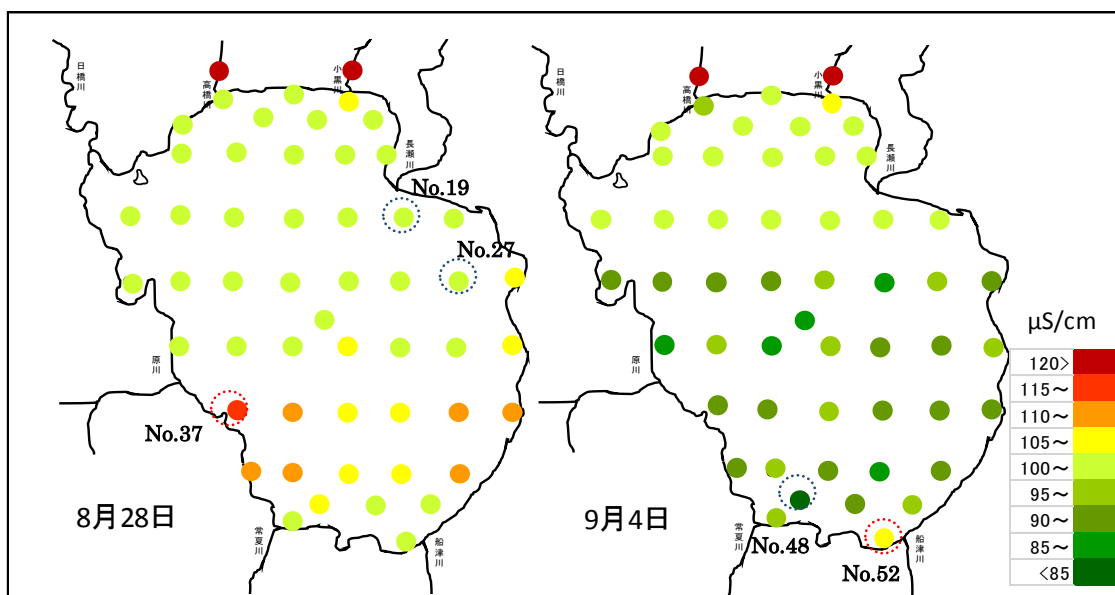


図 4 EC

エ TOC について

湖水及び流入河川 2 地点の TOC（全有機体炭素）の分布図を図 5 に示す。

湖水について、8 月 28 日が 0.88 mg/L (No.6) ～1.63mg/L (No.51) で平均値 1.15mg/L、9 月 4 日が 0.73 mg/L (No.1, 16) ～1.04mg/L (No.36) で平均値 0.78mg/L であった。EC と同様に 9 月 4 日の方が全体的に低い傾向にあり、また、TOC については各調査日とも湖北部の地点が低い傾向にあった。

流入河川の TOC は 1.15～2.12mg/L と湖水より大きかった。

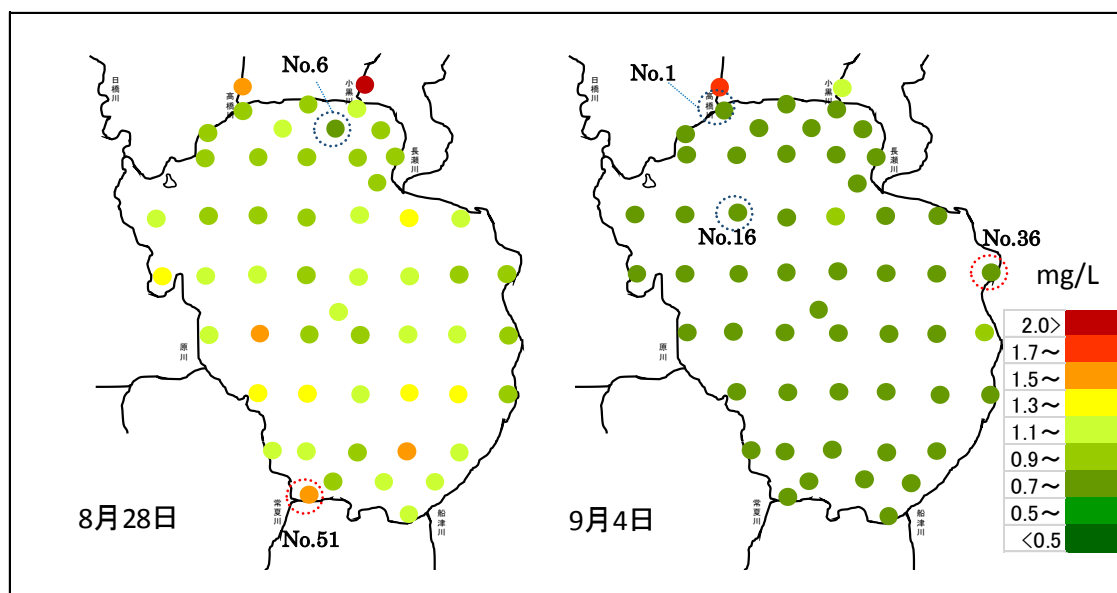


図 5 TOC

オ 大腸菌群数及び大腸菌数について

湖水及び流入河川 2 地点の大腸菌群数の分布図を図 6 に示す。

大腸菌群数は、8 月 28 日が 260MPN/100ml (No.2) ～12,000MPN/100ml (No.24) で平均が 3,900MPN/100ml、9 月 4 日が 270MPN/100ml (No.7) ～10,000MPN/100ml (No.13) で平均が

5,500MPN/100ml であった。

湖沼 A 類型環境基準 1,000MPN/100ml を超えた地点は、両日とも 49 地点で、環境基準内は、No.2、3、7 の 3 地点であった。例年、この小黒川河口周辺の湖北部が低い傾向にあり、今回も同様な傾向を示していた。(別図 1)

小黒川梅の橋及び高橋川新橋と湖北部 (No.1~29) の各河口からの距離と大腸菌群数の調査結果を図 7 に示す。市街地を流れてくる流入河川の大腸菌群数は 15,000~48,000MPN/100ml と、湖内よりも高い値になったが、湖内の各河口付近の地点は湖心部と比較して低い結果となった。各河川を通じて入ってきた大腸菌群数は、河口付近では希釈されるため数値が一旦低くなっていると推察される。

なお、後述するとおり大腸菌数はほとんどの地点で不検出であることから、検出された大腸菌群数は土壌由来が主な原因と考えられる。

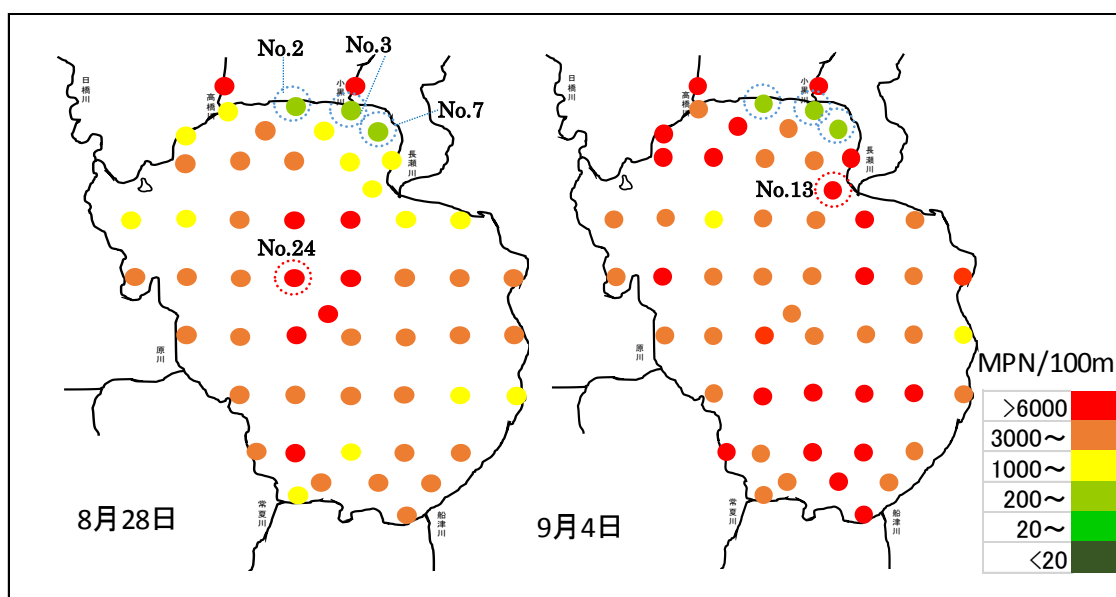


図 6 大腸菌群数

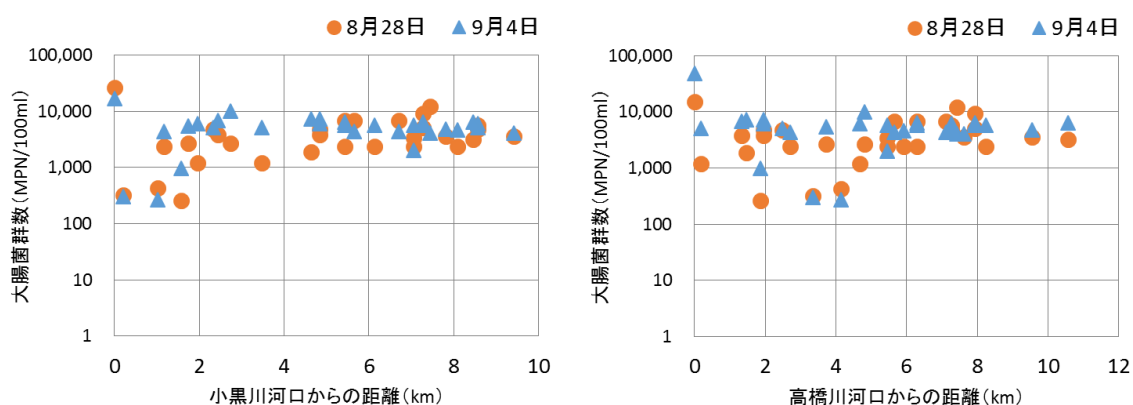


図 7 小黒川梅の橋及び高橋川新橋と湖北部 (No.1~29) の各河口からの距離と大腸菌群数の調査結果

(小黒川梅の橋及び高橋川新橋の結果は、河口からの距離を「0」とした)

次に大腸菌数の分布図を図 8 に示す。

湖水について、大腸菌は両日ともほとんどが不検出で、湖岸付近で 1MPN/100ml の検出が

あった。大腸菌数は糞便汚染の指標とされており、大腸菌が検出されたのは湖岸付近であるため、カイツブリやカルガモなど猪苗代湖近辺に生息している生物の活動が影響していると思われる。

流入河川の大腸菌数は 59～540MPN/100ml と、湖内と比較すると数桁高い値であった。しかし、湖内の河口付近の地点は不検出であったため、河川から流入する大腸菌の生残性は低いと思われる。

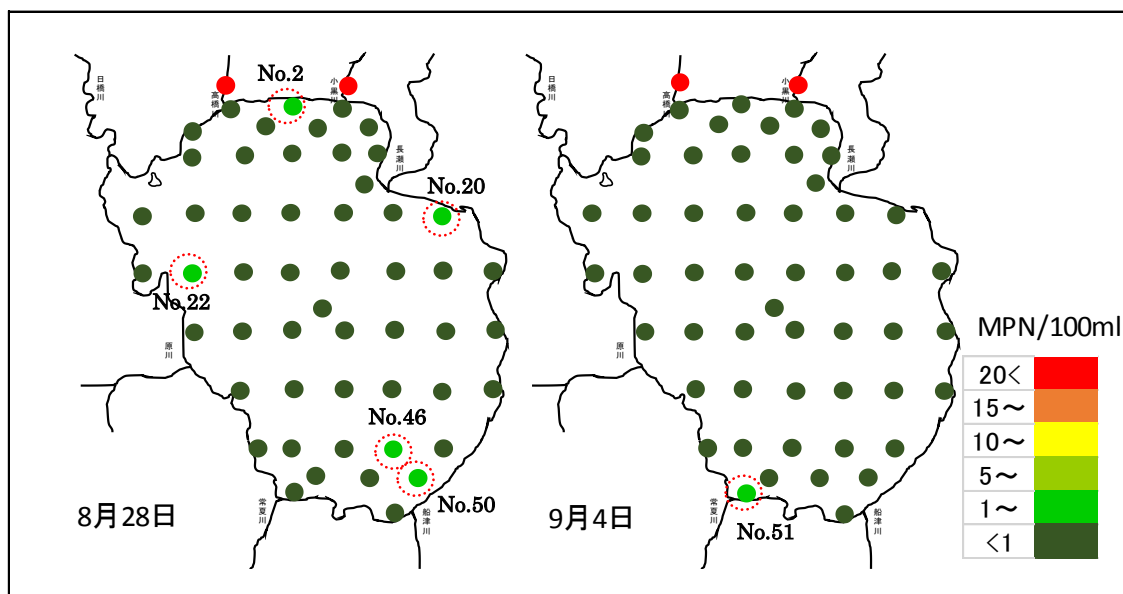


図 8 大腸菌数

(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の相関を表 1、2 及び図 9 に示す。

当該年度において、EC、TOC 及び水温の 3 つの項目の間に正の相関関係が確認された。

また、一般的に水温が高い方が大腸菌群が活発に活動することから、大腸菌群数も増加すると言われており、猪苗代湖でも水温 19.5℃ 前後から大腸菌群数が環境基準 1,000MPN/100ml を超える傾向があることを確認しているが、今回も同様な傾向が確認された。

pH と TOC の間にも相関関係が確認されている。TOC は水中の有機性汚濁の指標として用いられており、また、猪苗代湖は pH の低い酸性河川が流入することで、水中の有機物を懸濁態（フロック）として沈殿させる浄化作用を有しているとされている。したがってこの 2 つの項目の間に正の相関関係があったものと推察される。平成 26～29 年の TOC の平均値は 0.78mg/L であるが、pH7.0 付近から TOC が 0.78mg/L を超える頻度が高くなっていた。

表 1 平成 29 年 8 月 28 日及び 9 月 4 日調査における調査項目の相関関係 (n=104)

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温(°C)
大腸菌群数	1.00				
pH	-0.11	1.00			
EC	-0.27	0.40	1.00		
TOC	-0.25	0.36	<u>0.60</u>	1.00	
水温(°C)	-0.22	0.23	<u>0.51</u>	<u>0.75</u>	1.00

表 2 平成 26～29 年調査における調査項目の相関関係 (n=416)

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温(°C)
大腸菌群数	1.00				
pH	-0.01	1.00			
EC	-0.30	0.11	1.00		
TOC	0.11	<u>0.62</u>	-0.05	1.00	
水温(°C)	<u>0.52</u>	0.17	-0.28	0.32	1.00

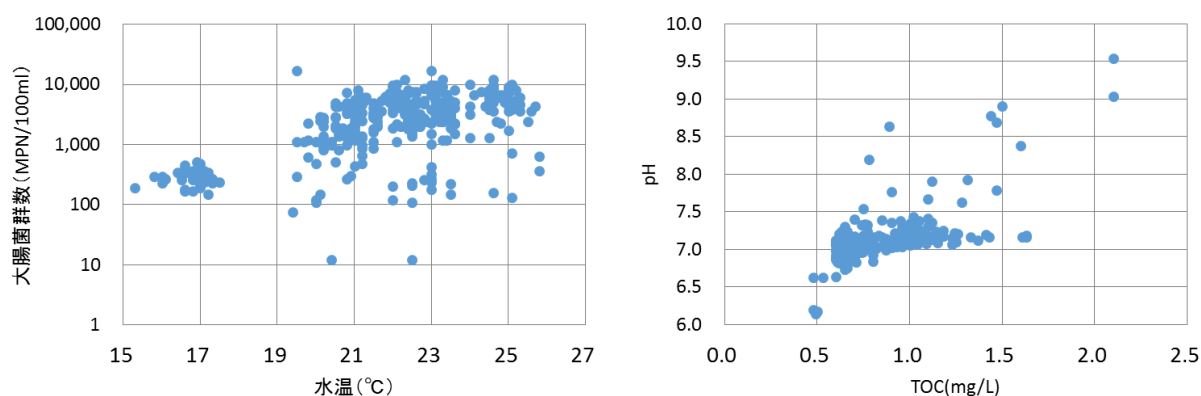


図 9 平成 26～29 年度調査における大腸菌群数と水温、pH と TOC の相関関係 (n=416)

8 まとめ

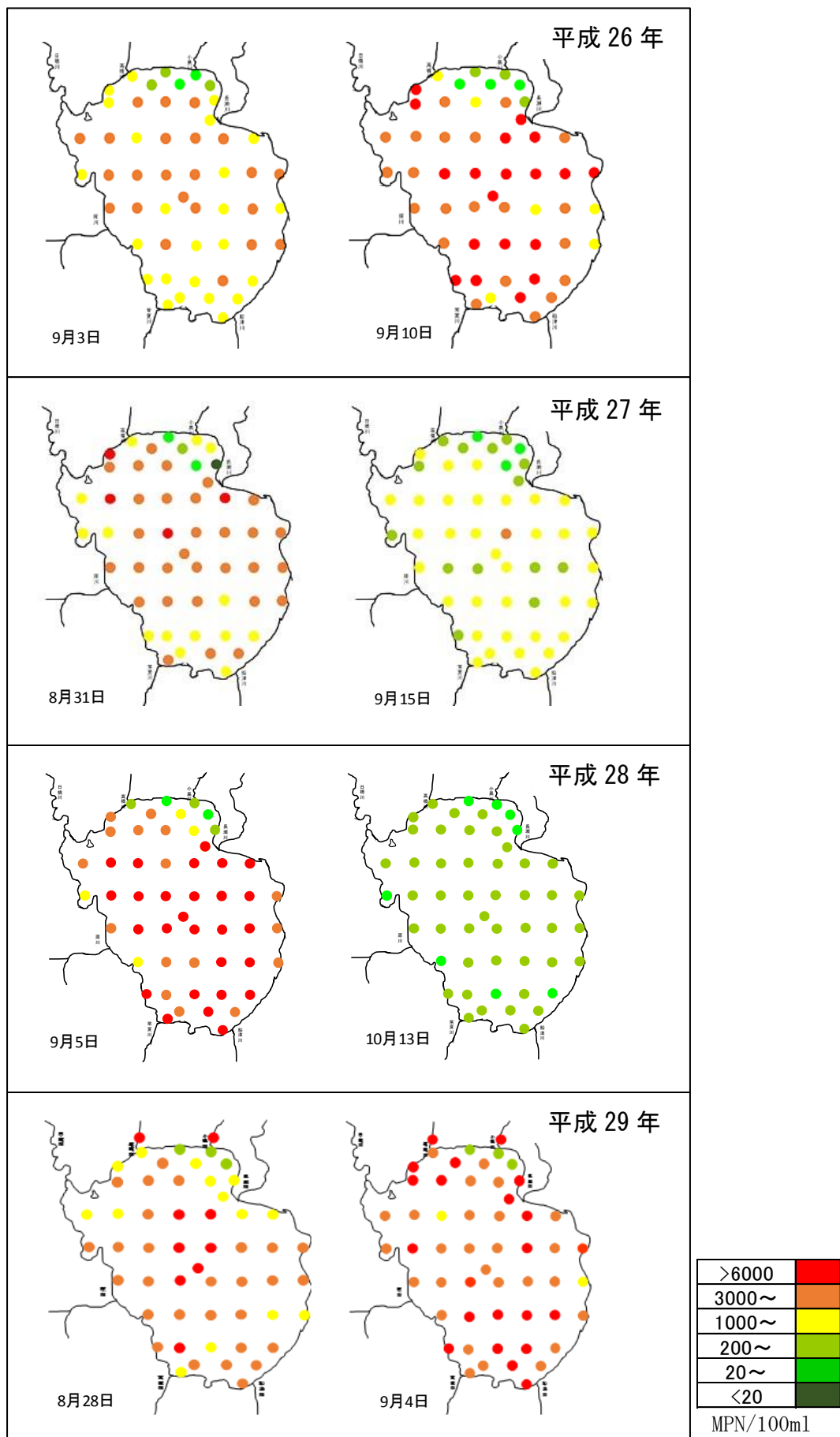
- (1) 水質調査の結果について、pH は、両日とも全地点で pH7 を超えており、南西部の一部で pH が高かったが、原因は不明である。EC と TOC については 8 月 28 日より 9 月 4 日の方が低い値を示した。
また、EC、TOC 及び水温の 3 つの項目の間に正の相関関係が確認された。
- (2) 大腸菌群数は例年 8 月、9 月に多く検出されており、当該年度においても猪苗代湖表層 52 地点のうち湖沼 A 類型環境基準 (1000PMN/100ml) を超えた地点が 49 か所あった。全地点で pH が 7 以上であったため大腸菌群が生育しやすい環境であったと考えられる。また、大腸菌は湖岸付近の数地点で検出されたが、ほとんどの地点が不検出であったため、検出された大腸菌群は土壌由来の菌が主だと考えられる。
- (3) 大腸菌群数の分布について、平成 26 年度からの調査結果と同様、小黒川河口周辺の湖北部で少ない傾向にあった。しかし、その大腸菌群数が少ない地点付近の流入河川である小黒川

は湖内よりも高い値を示していた。このことから河川から湖内に流入してきた大腸菌群数は、河口付近では希釈されるため数値が低くなると推察される。

- (4) 平成 26 年からの本調査では大腸菌群数と水温の間に正の相関係数が確認され、19.5℃前後から環境基準を超過する傾向が確認されているが、当該年度もその傾向がみられた。

参考文献

- 1) 平成 28 年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境創造センター
- 2) 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）



別図 1 平成 26~29 年調査における猪苗代湖の大腸菌群数

現地調査結果(8月28日)

	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォーレ ルーレ比色計 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	9:20	曇り	24.0	23.3	14	なし	なし	少有	なし	少有	高橋川河口付近
2	37	31	55	140	5	0	11:08	曇り	25.8	22.8	5	なし	なし	なし	なし	なし	三城形地先付近、
3	37	31	50	140	6	0	10:44	曇り	25.3	23.0	5	なし	なし	なし	なし	なし	小黒川河口付近、
4	37	31	21	140	3	0	9:30	曇り	24.0	23.5	5	なし	なし	なし	なし	少有	長浜付近
5	37	31	30	140	4	30	11:22	曇り	25.8	23.0	6	なし	なし	なし	なし	なし	
6	37	31	30	140	5	30	10:55	曇り	25.5	23.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	
7	37	31	30	140	6	30	10:24	曇り	25.2	23.0	5	なし	なし	なし	なし	なし	
8	37	31	0	140	3	0	9:36	曇り	24.5	23.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	
9	37	31	0	140	4	0	9:47	曇り	23.0	23.5	5	なし	なし	なし	なし	少有	
10	37	31	0	140	5	0	9:58	曇り	23.1	23.4	5	なし	なし	なし	なし	なし	
11	37	31	0	140	6	0	10:10	曇り	24.6	23.4	5	なし	なし	なし	なし	なし	
12	37	31	0	140	6	42	10:16	曇り	25.5	23.4	6	なし	なし	なし	なし	なし	天神浜付近
13	37	30	30	140	6	30	9:22	曇り	22.3	23.4	4	なし	なし	なし	なし	なし	
14	37	30	0	140	2	0	11:55	曇り	26.6	23.5	4	なし	なし	なし	なし	なし	
15	37	30	0	140	3	0	11:47	曇り	25.7	23.3	4	なし	なし	なし	なし	なし	
16	37	30	0	140	4	0	11:39	曇り	25.5	23.5	4	なし	なし	なし	なし	なし	
17	37	30	0	140	5	0	11:30	曇り	26.0	23.4	4	なし	なし	なし	なし	なし	
18	37	30	0	140	6	0	9:32	曇り	22.1	23.4	4	なし	なし	なし	なし	なし	
19	37	30	0	140	7	0	9:39	曇り	22.5	23.3	4	なし	なし	なし	なし	なし	長瀬川河口付近
20	37	30	0	140	8	0	9:47	曇り	21.5	23.3	4	なし	なし	なし	なし	少有	
21	37	29	0	140	2	0	10:39	曇り	22.7	23.4	4	なし	なし	なし	なし	なし	中田浜付近
22	37	29	0	140	3	0	10:31	曇り	23.5	23.1	4	なし	なし	なし	なし	少有	材木山地先付近
23	37	29	0	140	4	0	10:25	曇り	23.8	23.4	4	なし	なし	なし	なし	なし	
24	37	29	0	140	5	0	10:18	曇り	22.2	23.3	4	なし	なし	なし	なし	少有	
25	37	29	0	140	6	0	10:12	曇り	22.1	23.3	4	なし	なし	なし	なし	少有	
26	37	29	0	140	7	0	10:06	曇り	21.8	23.5	4	なし	なし	なし	なし	少有	
27	37	29	0	140	8	0	10:00	曇り	21.6	23.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	
28	37	29	0	140	9	0	9:55	曇り	20.7	23.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	五万堂山地先付近
29	37	28	20	140	5	36	11:04	曇り	22.8	23.4	4	なし	なし	少有	なし	少有	湖心
30	37	28	0	140	3	0	10:47	曇り	22.7	23.2	4	なし	なし	なし	なし	少有	崎川浜付近
31	37	28	0	140	4	0	10:53	曇り	23.4	23.4	4	なし	なし	なし	なし	少有	
32	37	28	0	140	5	0	10:59	曇り	22.9	23.4	4	なし	なし	少有	なし	少有	
33	37	28	0	140	6	0	11:07	曇り	23.8	23.4	4	なし	なし	なし	なし	少有	
34	37	28	0	140	7	0	11:14	曇り	23.7	23.4	4	なし	なし	なし	なし	なし	
35	37	28	0	140	8	0	11:19	曇り	23.3	23.5	4	なし	なし	少有	なし	なし	
36	37	28	0	140	9	0	11:25	曇り	23.0	23.5	4	なし	なし	なし	なし	なし	
37	37	27	0	140	4	0	9:45	曇り	24.5	23.5	4	なし	なし	なし	なし	少有	赤崎地先付近
38	37	27	0	140	5	0	9:52	曇り	24.5	23.4	4	なし	なし	なし	なし	少有	
39	37	27	0	140	6	0	10:02	曇り	24.6	23.5	4	なし	なし	なし	なし	少有	
40	37	27	0	140	7	0	10:08	曇り	24.6	23.5	5	なし	なし	なし	なし	少有	
41	37	27	0	140	8	0	10:16	曇り	24.6	23.5	4	なし	なし	なし	なし	なし	
42	37	26	45	140	9	0	10:23	曇り	25.5	23.6	4	なし	なし	なし	なし	なし	大沢川河口付近
43	37	26	0	140	4	12	9:38	曇り	24.1	23.4	4	なし	なし	なし	なし	なし	小倉沢地先付近
44	37	26	0	140	5	0	9:33	曇り	24.4	23.4	3	なし	なし	なし	なし	なし	
45	37	26	0	140	6	0	10:44	曇り	25.3	23.6	3	なし	なし	なし	なし	少有	
46	37	26	0	140	7	0	10:36	曇り	25.1	23.5	4	なし	なし	なし	なし	なし	
47	37	26	0	140	8	0	10:30	曇り	25.0	23.5	4	なし	なし	なし	なし	なし	
48	37	25	30	140	5	30	9:18	曇り	25.8	23.3	4	なし	なし	なし	なし	なし	
49	37	25	30	140	6	30	9:12	曇り	26.0	23.4	4	なし	なし	なし	なし	なし	
50	37	25	30	140	7	30	9:01	曇り	25.6	23.5	4	なし	なし	なし	なし	なし	
51	37	25	15	140	5	0	9:28	曇り	25.2	23.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	青松浜付近
52	37	24	53	140	7	0	11:07	曇り	26.5	23.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	舟津港付近
梅の橋	37	32	13	140	5	57	13:28	晴れ	25.0	19.8	-	なし	微濁	なし	なし	なし	
新橋	37	32	13	140	3	51	12:35	雨	25.4	18.5	-	なし	なし	なし	なし	なし	

現地調査結果(9月4日)

	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォーレ ルーレ比色計 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	9:15	晴れ	19.8	21.9	4	なし	なし	なし	なし	なし	高橋川河口付近
2	37	31	55	140	5	0	11:00	晴れ	21.5	21.2	13	なし	なし	なし	なし	少有	三城形地先付近
3	37	31	50	140	6	0	10:40	晴れ	21.9	20.9	13	なし	なし	なし	なし	少有	小黒川河口付近
4	37	31	21	140	3	0	9:26	晴れ	19.7	21.9	5	なし	なし	なし	なし	少有	長浜付近
5	37	31	30	140	4	30	11:10	晴れ	22.6	22.2	13	なし	なし	なし	なし	少有	
6	37	31	30	140	5	30	10:52	晴れ	21.7	22.1	13	なし	なし	なし	なし	少有	
7	37	31	30	140	6	30	10:28	晴れ	21.8	20.8	5	なし	なし	なし	なし	少有	
8	37	31	0	140	3	0	9:34	晴れ	19.6	22.0	4	なし	なし	なし	なし	なし	
9	37	31	0	140	4	0	9:42	晴れ	21.7	22.1	4	なし	なし	なし	なし	少有	
10	37	31	0	140	5	0	9:50	晴れ	21.7	22.1	4	なし	なし	なし	なし	少有	
11	37	31	0	140	6	0	10:00	晴れ	22.2	21.7	4	なし	なし	なし	なし	少有	
12	37	31	0	140	6	42	10:06	晴れ	22.6	21.3	5	なし	なし	なし	なし	なし	天神浜付近
13	37	30	30	140	6	30	9:18	晴れ	20.4	22.1	4	なし	なし	なし	なし	なし	長瀬川河口
14	37	30	0	140	2	0	11:45	晴れ	21.6	22.2	3	なし	なし	なし	なし	なし	
15	37	30	0	140	3	0	11:37	晴れ	21.5	22.2	4	なし	なし	なし	なし	少有	
16	37	30	0	140	4	0	11:30	晴れ	21.1	22.2	4	なし	なし	なし	なし	少有	
17	37	30	0	140	5	0	11:22	晴れ	22.3	22.2	3	なし	なし	なし	なし	なし	
18	37	30	0	140	6	0	9:24	晴れ	18.8	22.1	4	なし	なし	なし	なし	なし	
19	37	30	0	140	7	0	9:34	晴れ	18.8	21.8	4	なし	なし	なし	なし	なし	長瀬川河口付近
20	37	30	0	140	8	0	9:39	晴れ	21.2	21.8	4	なし	なし	なし	なし	なし	
21	37	29	0	140	2	0	10:36	晴れ	21.4	22.3	5	なし	なし	なし	なし	なし	中田浜付近
22	37	29	0	140	3	0	10:30	晴れ	21.6	22.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	材木山地先付近
23	37	29	0	140	4	0	10:24	晴れ	21.5	22.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	
24	37	29	0	140	5	0	10:28	晴れ	21.8	22.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	
25	37	29	0	140	6	0	10:05	晴れ	22.2	22.3	3	なし	なし	なし	なし	なし	
26	37	29	0	140	7	0	10:00	晴れ	20.6	22.2	3	なし	なし	なし	なし	なし	
27	37	29	0	140	8	0	9:53	晴れ	22.1	22.0	3	なし	なし	なし	なし	なし	
28	37	29	0	140	9	0	9:48	晴れ	22.5	22.1	4	なし	なし	なし	なし	少有	五万堂山地先付近
29	37	28	20	140	5	36	10:14	晴れ	22.2	22.2	3	なし	なし	なし	なし	なし	湖心
30	37	28	0	140	3	0	10:46	晴れ	21.0	22.1	4	なし	なし	なし	なし	なし	崎川浜付近
31	37	28	0	140	4	0	10:50	晴れ	21.2	22.2	3	なし	なし	なし	なし	なし	
32	37	28	0	140	5	0	10:58	晴れ	21.0	22.2	3	なし	なし	なし	なし	なし	
33	37	28	0	140	6	0	11:03	晴れ	22.2	22.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	
34	37	28	0	140	7	0	11:08	晴れ	22.5	22.2	3	なし	なし	なし	なし	なし	
35	37	28	0	140	8	0	11:15	晴れ	24.5	22.4	3	なし	なし	なし	なし	なし	
36	37	28	0	140	9	0	11:28	晴れ	24.7	22.5	3	なし	なし	なし	なし	なし	
37	37	27	0	140	4	0	9:16	晴れ	22.1	22.1	4	なし	なし	なし	なし	なし	赤崎地先付近、微風
38	37	27	0	140	5	0	9:24	晴れ	22.2	22.0	4	なし	なし	なし	なし	なし	
39	37	27	0	140	6	0	9:29	晴れ	20.0	22.0	4	なし	なし	なし	なし	なし	
40	37	27	0	140	7	0	9:35	晴れ	18.9	22.0	3	なし	なし	なし	なし	なし	
41	37	27	0	140	8	0	9:39	晴れ	18.5	22.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	
42	37	26	45	140	9	0	9:46	晴れ	19.6	22.3	3	なし	なし	なし	なし	なし	大沢川河口付近
43	37	26	0	140	4	12	10:14	晴れ	22.8	22.3	4	なし	なし	なし	なし	なし	小倉沢地先付近
44	37	26	0	140	5	0	10:09	晴れ	22.4	22.1	3	なし	なし	なし	なし	なし	
45	37	26	0	140	6	0	10:02	晴れ	21.2	22.1	3	なし	なし	なし	なし	なし	
46	37	26	0	140	7	0	9:59	晴れ	21.2	22.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	
47	37	26	0	140	8	0	9:54	晴れ	21.7	22.3	4	なし	なし	なし	なし	なし	
48	37	25	30	140	5	30	10:24	晴れ	21.6	22.4	3	なし	なし	なし	なし	なし	
49	37	25	30	140	6	30	10:31	晴れ	21.6	22.3	4	なし	なし	なし	なし	なし	
50	37	25	30	140	7	30	10:34	晴れ	21.9	22.3	3	なし	なし	なし	なし	なし	
51	37	25	15	140	5	0	10:19	晴れ	21.0	22.2	4	なし	なし	なし	なし	なし	青松浜付近
52	37	24	53	140	7	0	10:52	晴れ	20.2	22.4	3	なし	なし	なし	なし	なし	舟津港付近
梅の橋	37	32	13	140	5	57	13:25	晴れ	26.0	21.0	-	なし	微濁	有	なし	なし	
新橋	37	32	13	140	3	51	11:24	晴れ	26.5	19.8	-	なし	なし	有	なし	なし	

全湖水面調査分析結果

8月28日(月)

地点No	大腸菌群数	大腸菌数	pH	EC	TOC	気温(℃)	水温(℃)
	MMO-MUG培地	MMO-MUG培地	JIS K 0102 12.1(ガラス電極法)	JIS K 0102 13	JIS K 0102 22		
単位	MPN/100ml	MPN/100ml		μ S/cm	mg/l		
下限値	0	0		1	0.5		
湖-01	1,200	0	7.24	102	0.98	24.0	23.3
湖-02	260	1	7.38	102	0.95	25.8	22.8
湖-03	320	0	7.91	105	1.12	25.3	23.0
湖-04	1,900	0	7.05	103	0.91	24.0	23.5
湖-05	3,800	0	7.16	102	1.15	25.8	23.0
湖-06	2,400	0	7.07	102	0.88	25.5	23.5
湖-07	430	0	7.26	102	1.04	25.2	23.0
湖-08	4,800	0	7.20	102	0.94	24.5	23.5
湖-09	3,800	0	7.04	102	0.96	23.0	23.5
湖-10	4,800	0	7.22	102	0.92	23.1	23.4
湖-11	2,700	0	7.12	102	0.98	24.6	23.4
湖-12	1,200	0	7.29	102	0.96	25.5	23.4
湖-13	2,700	0	7.38	103	1.05	22.3	23.4
湖-14	2,400	0	7.07	102	1.23	26.6	23.5
湖-15	2,400	0	7.22	102	0.99	25.7	23.3
湖-16	3,400	0	7.10	102	0.91	25.5	23.5
湖-17	6,800	0	7.08	102	1.09	26.0	23.4
湖-18	6,800	0	7.21	102	1.26	22.1	23.4
湖-19	2,400	0	7.12	101	1.37	22.5	23.3
湖-20	2,400	1	7.18	102	1.10	21.5	23.3
湖-21	3,600	0	7.20	102	1.41	22.7	23.4
湖-22	5,700	1	7.10	102	1.25	23.5	23.1
湖-23	4,800	0	7.09	102	1.15	23.8	23.4
湖-24	12,000	0	7.25	104	1.06	22.2	23.3
湖-25	9,200	0	7.14	102	1.15	22.1	23.3
湖-26	5,100	0	7.13	104	1.13	21.8	23.5
湖-27	3,600	0	7.24	101	1.08	21.6	23.2
湖-28	3,200	0	7.18	105	0.99	20.7	23.2
湖-29	6,800	0	7.22	104	1.24	22.8	23.4
湖-30	3,600	0	7.17	102	1.24	22.7	23.2
湖-31	4,600	0	7.19	102	1.63	23.4	23.4
湖-32	6,400	0	7.16	102	1.05	22.9	23.4
湖-33	4,300	0	7.27	107	0.98	23.8	23.4
湖-34	4,100	0	7.24	103	1.14	23.7	23.4
湖-35	3,000	0	7.14	103	1.15	23.3	23.5
湖-36	3,800	0	7.43	106	1.02	23.0	23.5
湖-37	5,100	0	8.69	118	1.47	24.5	23.5
湖-38	4,600	0	8.78	113	1.44	24.5	23.4
湖-39	4,100	0	7.17	105	1.16	24.6	23.5
湖-40	3,000	0	7.16	108	1.43	24.6	23.5
湖-41	2,400	0	7.16	110	1.33	24.6	23.5
湖-42	2,300	0	7.21	110	1.07	25.5	23.6
湖-43	3,800	0	7.16	112	1.12	24.1	23.4
湖-44	6,800	0	7.31	110	1.10	24.4	23.4
湖-45	2,200	0	7.19	108	1.04	25.3	23.6
湖-46	5,400	1	7.17	106	1.61	25.1	23.5
湖-47	3,000	0	7.25	110	1.18	25.0	23.5
湖-48	5,100	0	7.17	105	1.08	25.8	23.3
湖-49	5,100	0	7.36	104	1.12	26.0	23.4
湖-50	4,600	1	7.15	104	1.23	25.6	23.5
湖-51	2,400	0	7.16	104	1.63	25.2	23.2
湖-52	4,300	0	7.18	104	1.18	26.5	23.5
梅の橋	26,000	200	7.26	165	2.12	25.0	20.6
新橋	15,000	88	7.06	173	1.59	25.4	19.0

9月4日(月)

地点No	大腸菌群数	大腸菌数	pH	EC	TOC	気温(℃)	水温(℃)
	MMO-MUG培地	MMO-MUG培地	JIS K 0102 12.1(ガラス電極法)	JIS K 0102 13	JIS K 0102 22		
単位	MPN/100ml	MPN/100ml		μ S/cm	mg/l		
下限値	0	0		1	0.5		
湖-01	5,100	0	7.10	99	0.73	19.8	21.9
湖-02	980	0	7.13	103	0.77	21.5	21.2
湖-03	300	0	7.19	106	0.83	21.9	20.9
湖-04	7,200	0	7.12	102	0.74	19.7	21.9
湖-05	6,800	0	7.08	102	0.74	22.6	22.2
湖-06	4,300	0	7.16	102	0.76	21.7	22.1
湖-07	270	0	7.17	103	0.85	21.8	20.8
湖-08	6,100	0	7.17	102	0.75	19.6	22.0
湖-09	7,200	0	7.07	102	0.74	21.7	22.1
湖-10	5,100	0	7.06	102	0.75	21.7	22.1
湖-11	5,400	0	7.07	102	0.74	22.2	21.7
湖-12	6,100	0	7.24	102	0.77	22.6	21.3
湖-13	10,000	0	7.05	102	0.81	20.4	22.1
湖-14	4,600	0	7.10	102	0.75	21.6	22.2
湖-15	5,700	0	7.13	103	0.78	21.5	22.2
湖-16	2,000	0	7.03	101	0.73	21.1	22.2
湖-17	4,300	0	7.06	102	0.74	22.3	22.2
湖-18	5,700	0	7.17	102	1.01	18.8	22.1
湖-19	6,400	0	7.11	102	0.76	18.8	21.8
湖-20	5,700	0	7.09	104	0.79	21.2	21.8
湖-21	4,100	0	7.12	92	0.77	21.4	22.3
湖-22	6,100	0	7.08	93	0.77	21.6	22.2
湖-23	5,100	0	7.14	90	0.77	21.5	22.2
湖-24	4,100	0	7.18	93	0.77	21.8	22.2
湖-25	5,700	0	7.09	95	0.77	22.2	22.3
湖-26	6,400	0	7.09	89	0.78	20.6	22.2
湖-27	4,800	0	7.14	95	0.87	22.1	22.0
湖-28	6,400	0	7.12	92	0.78	22.5	22.1
湖-29	4,300	0	7.16	89	0.76	22.2	22.2
湖-30	5,400	0	7.18	97	0.78	21.0	22.1
湖-31	5,100	0	7.05	96	0.77	21.2	22.2
湖-32	6,100	0	7.19	87	0.75	21.0	22.2
湖-33	4,600	0	7.10	99	0.79	22.2	22.2
湖-34	6,000	0	7.11	90	0.80	22.5	22.2
湖-35	4,300	0	7.33	93	0.77	24.5	22.4
湖-36	2,400	0	7.07	96	1.04	24.7	22.5
湖-37	4,100	0	7.54	92	0.75	22.1	22.1
湖-38	9,200	0	7.33	93	0.74	22.2	22.0
湖-39	9,800	0	7.15	95	0.74	20.0	22.0
湖-40	6,800	0	7.08	90	0.74	18.9	22.0
湖-41	6,400	0	7.09	93	0.76	18.5	22.2
湖-42	5,100	0	7.11	94	0.77	19.6	22.3
湖-43	6,800	0	7.08	94	0.75	22.8	22.3
湖-44	5,700	0	7.09	97	0.76	22.4	22.1
湖-45	7,700	0	7.07	92	0.76	21.2	22.1
湖-46	6,800	0	7.09	89	0.75	21.2	22.2
湖-47	5,400	0	7.13	91	0.76	21.7	22.3
湖-48	4,300	0	7.03	83	0.78	21.6	22.4
湖-49	6,400	0	7.17	90	0.76	21.6	22.3
湖-50	5,400	0	7.13	95	0.74	21.9	22.3
湖-51	5,100	1	7.14	99	0.77	21.0	22.2
湖-52	8,100	0	7.23	107	0.77	20.2	22.4
梅の橋	17,000	540	7.34	170	1.15	26.0	21.0
新橋	48,000	59	7.19	186	1.70	25.8	19.8

○大腸菌(群)の試験に用いた試薬は、MMO-MUG培地はアスカ純薬㈱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 COD が減少しない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における溶存態及び懸濁態の有機物量を調査した。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」）

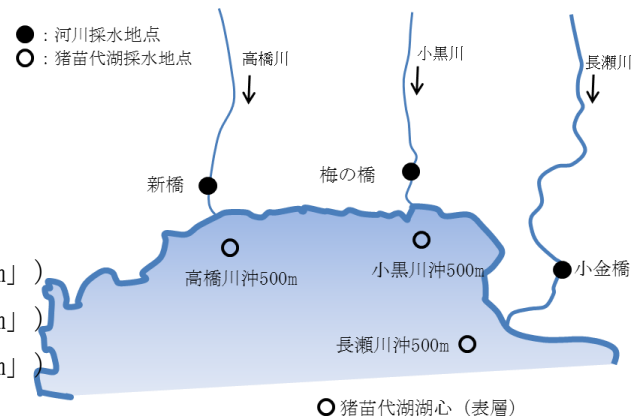


図1 調査地点

4 調査時期

平成 29 年 9 月 13 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 T-N (DTN)、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P、溶存態 T-P (DTP)、PO₄-P、一般細菌数、紫外吸光度 (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
- (6) 懸濁態 COD (P-COD)：「COD 測定値」－「D-COD 測定値」
- (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
- (9) 懸濁態 TOC (POC)：「TOC 測定値」－「DOC 測定値」
- (10) T-N、T-P、PO₄-P：分光光度法
- (11) 溶存態 T-N (DTN)、溶存態 T-P (DTP)：ろ過後、分光光度法
- (12) 懸濁態 T-N (PTN)：「T-N 測定値」－「DTN 測定値」
- (13) 懸濁態 T-P (PTP)：「T-P 測定値」－「DTP 測定値」
- (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 に、分析結果の一覧は別紙 2 に示す。

本調査は平成 26 年度から継続しており、平成 26, 28, 29 年度は 9 月、平成 27 年度は 11 月に調査を行っている。また、長瀬川(小金橋)の上流には水力発電所があり放流水が流入するが、平成 26 年度は放流前に採水、平成 27～29 年度は放流後に採水している。

(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 濃度等を図 2 に示す。なお、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 とした。

一般に 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 2.3mg/L、小黒川沖 500m が 0.7mg/L と小黒川関連が定量下限値以上で検出された。この 2 地点については、9 月調査時は毎回定量下限値以上で検出されている。その他の地点は全て 0.5mg/L 未満であった。

COD は、猪苗代湖湖心が 1.3mg/L であり、長瀬川沖 500m 及び高橋川沖 500m はそれぞれ 1.4mg/L、1.5mg/L と猪苗代湖湖心に近い値であった。小黒川沖 500m は 2.5mg/L と猪苗代湖湖心よりも高い値であった。河川 3 地点は 2.2～3.7mg/L と小黒川沖 500m と同程度又は高い値であった。

また、溶存態の割合（D-COD/COD）は、長瀬川（小金橋）で 27%と低い値である他は、68～92%と高い値であった。

TOC は、猪苗代湖湖心が 0.79mg/L であった。長瀬川関連及び高橋川関連の 4 地点は 0.59～0.98mg/L と猪苗代湖湖心と同程度で、小黒川関連の 2 地点は 1.53～1.83 mg/L と猪苗代湖湖心よりも 2 倍程度高い値であった。このことについて、小黒川は猪苗代町の中心部を流れており、有機物の負荷量が多いことから小黒川（梅の橋）の値が高く、また、小黒川沖 500m は小黒川からの負荷量の影響があること及び 9 月調査時は周辺に繁茂している水草による炭酸同化作用が活発であったこと等の理由により TOC が高い値になったと推察される。

また、溶存態の割合（DOC/TOC）は全ての地点で 90%を超えており、高い割合で溶存態として存在している結果となった。

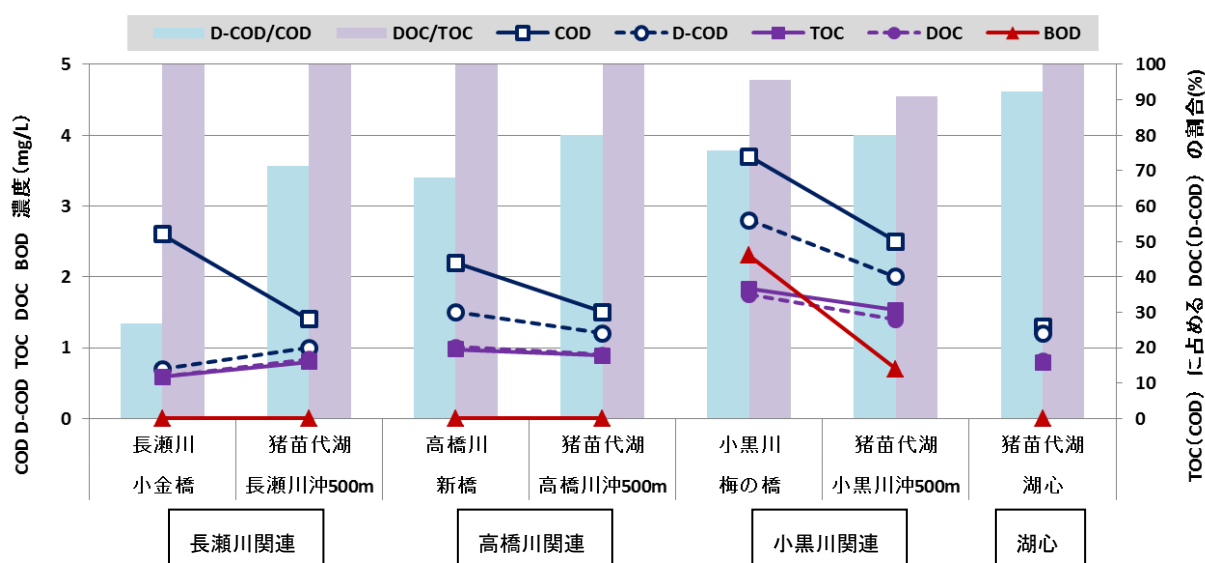


図 2 各地点における BOD、COD、TOC 等濃度及び溶存態の割合

(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 等の濃度を図 3、4 に示す。NO₃-N の定量下限値は 0.05mg/L、T-P、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 とした。

T-N について、猪苗代湖内 4 地点は 0.17～0.21mg/L であった。河川 3 地点について長瀬川（小金橋）は 0.33mg/L と猪苗代湖内よりも若干高い値であり、高橋川（新橋）及び小黒川（梅の橋）はそれぞれ 0.71、0.81mg/L とさらに高い値であった。なお、小黒川沖 500m は、これまでの 9 月調査時では 0.33～0.55 mg/L と他の猪苗代湖内より若干高い値であったが、今回は猪苗代湖湖心と同程度の低い値であった。その他の地点は例年と同様であった。

また、溶存態の割合（DTN/TN）は 72～90%であり多くは溶存態で存在している結果となった。これまで長瀬川（小金橋）は 48～61%で他の地点より低い傾向であったが、今回はほぼ同じ値であった。その他の地点は例年と同様であった。

NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N は、小黒川沖 500m を除いて、NO₃-N のみが定量下限値以上で検出され、その他の 2 成分はすべての地点で定量下限値未満であった。NO₃-N について、猪苗代湖内は <0.005～0.11mg/L であるが、長瀬川（小金橋）は 0.14mg/L と猪苗代湖内よりも若干高く、高

橋川（新橋）及び小黑川（梅の橋）はそれぞれ 0.70、0.73mg/L とさらに高い値であり、T-N と同様の傾向であるとともに過去の調査と同様であった。

T-P は、猪苗代湖湖心及び長瀬川沖 500m は定量下限値未満（<0.003mg/L）であった。小黑川（梅の橋）は 0.119mg/L と比較的高い値であり、その他の 4 地点は 0.004~0.044mg/L と低い値で検出された。これは過去の調査と同様の結果であった。

溶存態の割合（DTP/TP）については、T-P が検出された 5 地点のうち溶存態が定量下限値未満である高橋川沖 500m 及び長瀬川（小金橋）を除く 3 地点は 40~55%の範囲であり、溶存態の割合が高かった COD や T-N とは異なる傾向となった。なお、長瀬川（小金橋）については、当センターによるこれまでの調査で、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、その現象のため溶存態が検出されなかったと推察される。

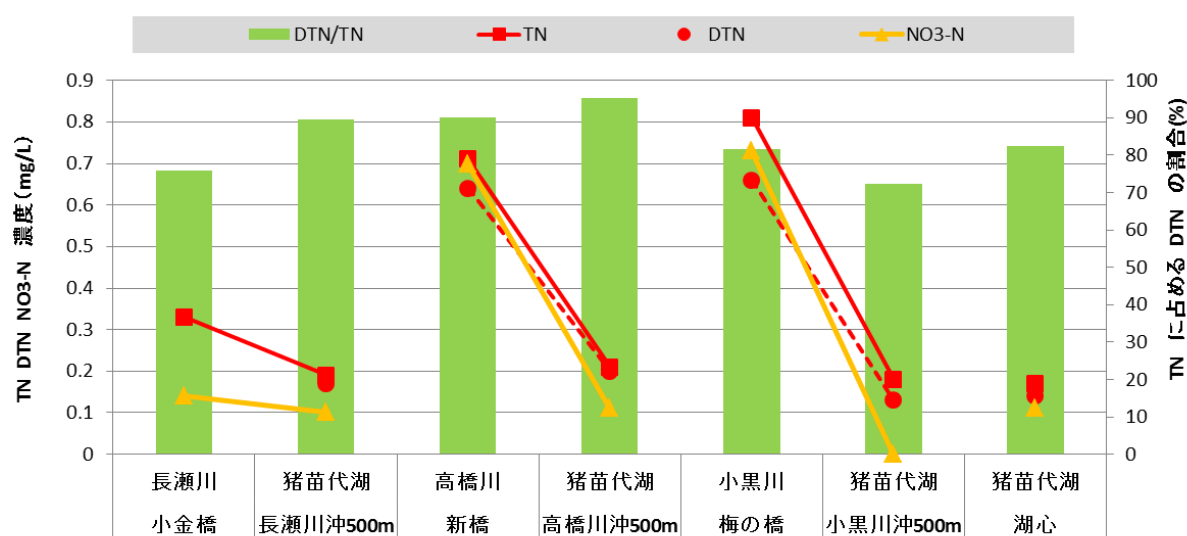


図 3 T-N 等の濃度及び溶存態の割合

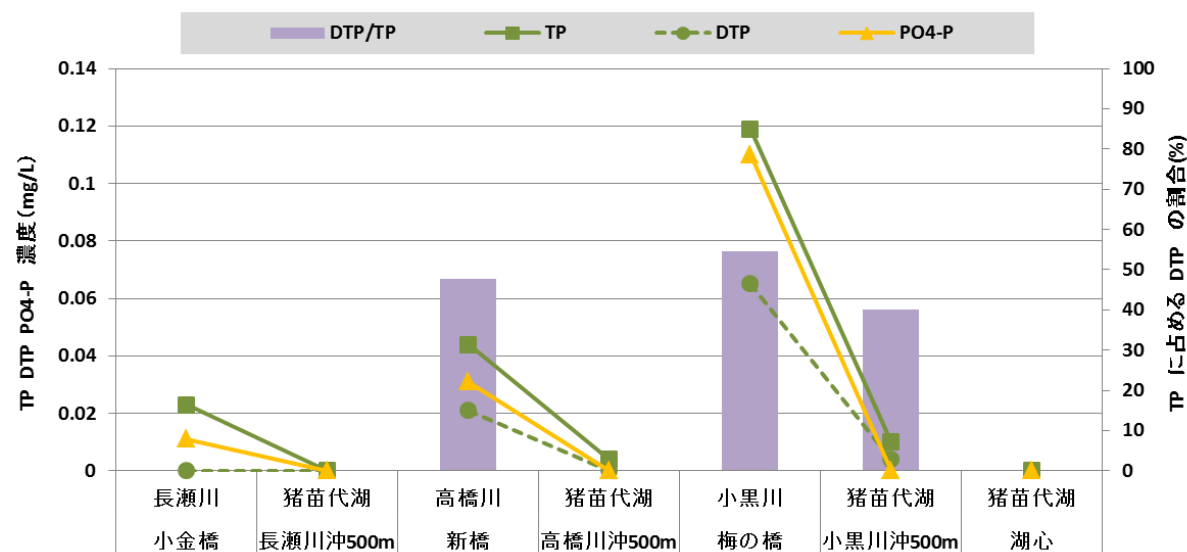


図 4 T-P 等の濃度及び溶存態の割合

(3) 猪苗代湖及び各河川における UV260/DOC 比について

平成 29 年度の UV260/DOC 比及び DOC 濃度を図 5、平成 26 年度から平成 29 年度の UV260/DOC 比及び流量を図 6 に示す。

猪苗代湖湖心及び長瀬川沖 500m 地点の UV260/DOC 比は、13 及び 11[(mABS/cm)/(mg/L)]であった。これは過去 3 年間で同様の結果で、内部生産有機物由来の値(12[(mABS/cm)/(mg/L)])²⁾に近い結果であった。

河川 3 地点については、50～87[(mABS/cm)/(mg/L)]であり、過去 3 年間で同様に土壌等外来性有機物由来の値(23～58 [(mABS/cm)/(mg/L)])²⁾に近い結果となった。

長瀬川(小金橋)については、87[(mABS/cm)/(mg/L)]と最も高い値であった。このような高値になったのは、上流にある水力発電所の放流後に採水したことにより、放流による多量の底質流出影響を受けたためと推察され、このような傾向は過去の調査でも確認されている。

また、猪苗代湖小黒川沖 500m 及び高橋川沖 500m については 35 及び 20[(mABS/cm)/(mg/L)]であった。小黒川沖 500m については、9 月調査時は 29 及び 57[(mABS/cm)/(mg/L)]と土壌等外来性有機物由来の値に近い値であり、今年度も同様な結果であった。土壌等由来に近い値となった理由としては、採水時の水深が 0.8m と浅く、底質由来の影響が大きいと推察される。高橋川沖 500m は、過去の 9 月調査時の結果は 16 及び 43[(mABS/cm)/(mg/L)]であり、一定の傾向を示していない。今回は 20[(mABS/cm)/(mg/L)]であり、内部生産由来と土壌等由来の中間の値となった。このことは高橋川沖 500m の水深が 1.2m であり比較的浅く底質由来の影響があったことや、藻類由来が大きな割合を占める湖水においては UV260/DOC 比は 16～17 [(mABS/cm)/(mg/L)] と内部生産由来より若干高いとの報告²⁾があるとおおり、湖底に植物が繁茂している環境であったことの影響もあったことから、内部生産由来の値より少し高い値になったと推察される。

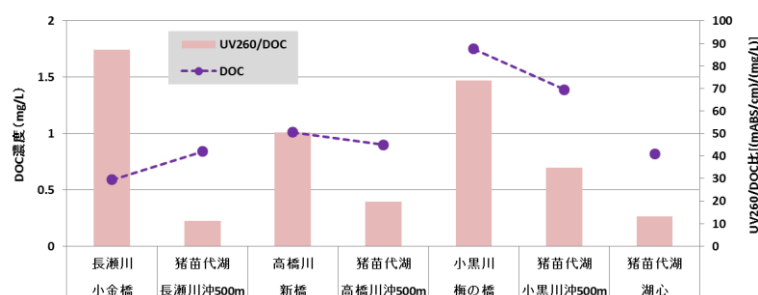


図 5 UV260/DOC 比及び DOC 濃度

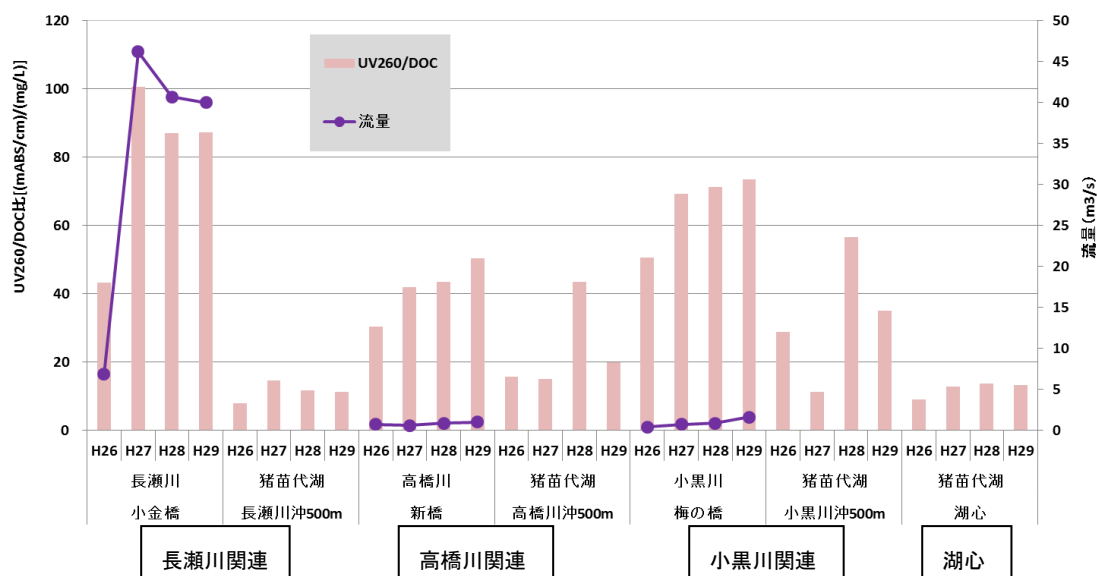


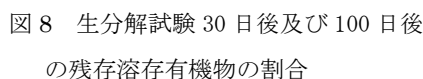
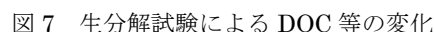
図 6 平成 26 年度から平成 29 年度の UV260/DOC 比及び流量

ア 難分解性有機物について

猪苗代湖は、平均滞留時間が約 3.7 年と長いが 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。

100 日後の残存 DOC について、猪苗代湖内は 0.56~1.10mg/L、河川 3 地点は 0.41~1.40mg/L であった。残存率は 66~81%の範囲であり過去の調査結果と同様に難分解性有機物の割合が高い結果であった。また、湖内と河川での残存率の違いはなかった。

30 日後の残存 DOC の残存率は 78～100% の範囲であり、30 日後と 100 日後では 10～27% の差があった。過去の結果では 30 日後と 100 日後ではほとんど差がなく、30 日後には易分解性有機物は分解されている結果であったが、今回は違う結果となった。この理由は不明であり、更なる検討が必要である。



イ 生分解後の UV260/DOC 比について

生分解試験における UV260/DOC 比及び DOC 濃度を図 9 に示す。

100 日生分解後の UV260/DOC 比において、過去の結果と同様に内部生産由来と考えられる猪苗代湖湖心及び猪苗代湖長瀬川沖 500m 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が、土壌等由来と考えられる河川 3 地点及び猪苗代湖小黑川沖 500m の場合は減少した。

一般的には、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ているが^{2), 3)}、この調査では、毎年、ほぼ変化しない又は減少するという結果となり、一般とは違う傾向を示している。その理由としては、分母である DOC において、UV260/DOC 比の低い易分解性の有機物の減小による影響よりも新たに生産される UV260 の吸収が少ない DOC 成分の影響が大きいため、相対的に分母が増加しているためと推測されるが、更なる調査が必要である。

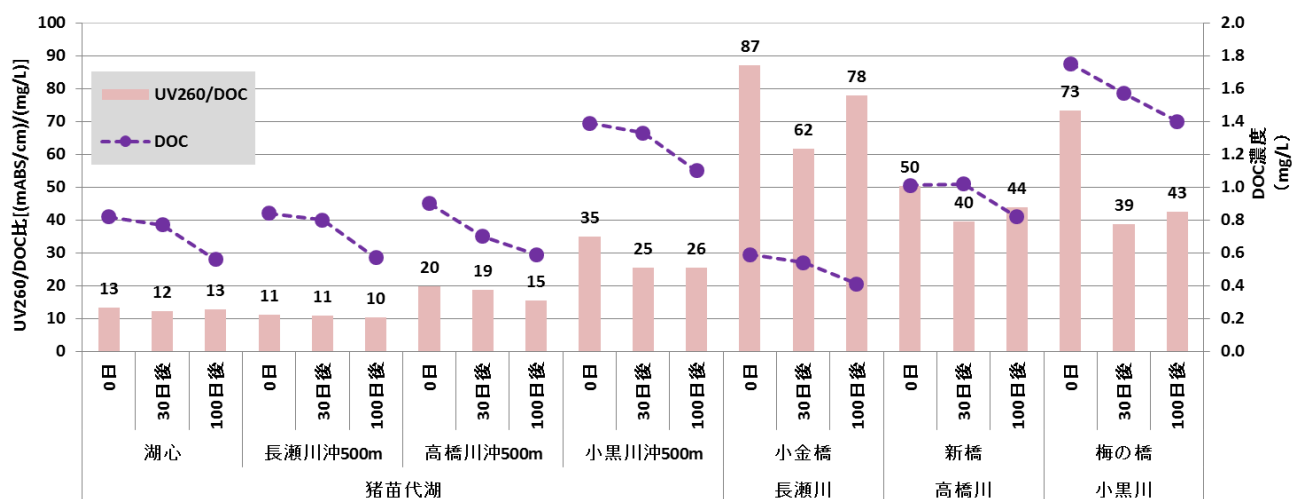


図9 猪苗代湖及び各河川における生分解試験における UV260/DOC 等の変化

8 まとめ

- (1) BOD、COD、TOC は小黑川関連の 2 地点が高い傾向を示した。

COD の溶存態の割合について、長瀬川（小金橋）は低い値であったが、他の地点では溶存態の方が多く割合で存在している結果であった。

- (2) T-N について、猪苗代湖内 4 地点は同程度の値であり、河川 3 地点は猪苗代湖内より高い値であった。また、全地点とも溶存態の方が多く割合で存在している結果となった。

- (3) T-P は小黑川（梅の橋）が他の地点と比較して高い値であった。

溶存態の割合については 50%前後の地点が多く、COD や T-N とは違う傾向であった。

- (4) UV260/DOC の結果において、猪苗代湖に関しては、猪苗代湖湖心及び長瀬川沖 500m は内部生産有機物の寄与が大きい結果となった。

猪苗代湖高橋川沖 500m 及び小黑川沖 500m は、採水時の水深が浅く、植物が繁茂している状況のため、水生植物の炭酸同化作用及び底質の影響を受け値が高くなった。

河川 3 地点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。

- (5) 全溶存有機物中における難分解性溶存有機物の割合は 66～81%の範囲内であり、過去の結果

と同様に難分解性有機物の割合が高かった。

- (6) 生分解試験 30 日後及び 100 日後の DOC の値に差が見られ、易分解性有機物は 30 日後には完全に分解されていない結果となった。

過去 3 年は 30 日後には完全に分解されている結果となっており、違った結果であったが、その理由は不明である。

- (7) 100 日生分解後の UV260/DOC 比は、内部生産有機物の寄与が大きい猪苗代湖湖心、長瀬川沖 500m はほとんど変化がみられなかったが、土壌の寄与がある結果となったその他の地点は例年と同様の結果で減少した。

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 現地調査結果一覧

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	H29.9.13						
採水時間	9:10	10:05	10:40	10:20	12:30	11:12	11:46
天候(前日)	くもり						
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)	21.2	22.0	22.9	22.0	27.2	26.4	28.9
水温(℃)	21.6	21.0	21.5	21.5	21.6	17.1	22.0
透明(透視)度(m)	12.8	>7.7	>1.2	>0.8	0.64	>1.0	>1.0
水色(フォーレル)	7	8	12	13	—		
色相	無色	無色	無色	無色	微黄色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	沼沢臭
濁り	透明	透明	透明	透明	微濁	透明	微濁
流量(m ³ /s)	—				39.98	1.00	1.60

沼の倉発電所放流時間 10:00～21:00

別紙2 難分解性有機物調査に係る水質測定結果

* 黄色いセルは計算値

調査地点	猪苗代湖				長瀬川	高橋川	小黒川
	湖心	長瀬川沖 500m	高橋川沖 500m	小黒川沖 500m	小金橋	新橋	梅の橋
採取水深(m)	表層						
調査年月日	H29.9.13						
pH	7.3	6.9	7.4	8.0	4.6	7.4	7.6
EC $\mu\text{S/cm}$	109	106	113	142	142	217	219
BOD mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	2.3
COD mg/L	1.3	1.4	1.5	2.5	2.6	2.2	3.7
D-COD mg/L	1.2	1.0	1.2	2.0	0.7	1.5	2.8
P-COD mg/L	0.1	0.4	0.3	0.5	1.9	0.7	0.9
D-COD/COD %	92.3	71.4	80.0	80.0	26.9	68.2	75.7
TOC mg/L	0.79	0.80	0.89	1.53	0.59	0.98	1.83
DOC mg/L	0.82	0.84	0.90	1.39	0.59	1.01	1.75
POC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.14	<0.1	<0.1	<0.1
DOC/TOC %	103.8	105.0	101.1	90.8	100.0	103.1	95.6
T-N mg/L	0.17	0.19	0.21	0.18	0.33	0.71	0.81
DTN mg/L	0.14	0.17	0.20	0.13	0.25	0.64	0.66
PTN mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	0.08	0.07	0.15
DTN/T-N %	82.4	89.5	95.2	72.2	75.8	90.1	81.5
NO ₃ -N mg/L	0.11	0.10	0.11	<0.05	0.14	0.70	0.73
NO ₂ -N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH ₄ -N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
TP mg/L	<0.003	<0.003	0.004	0.010	0.023	0.044	0.119
DTP mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	<0.003	0.021	0.065
PTP mg/L	<0.003	<0.003	0.004	0.006	0.023	0.023	0.054
DTP/T-P %	—	—	—	40.0	—	47.7	54.6
PO ₄ -P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.011	0.031	0.110
SS mg/L	<1	<1	<1	1	7	3	2
一般細菌数 個/mL	430	200	120	100	14	1000	1100
UV260 ABS/cm	0.0109	0.0094	0.0178	0.0485	0.0514	0.0509	0.1284
UV260/DOC [(mABS/cm)/(mg/L)]	13	11	20	35	87	50	73
クロロフィルa $\mu\text{g/L}$	0.8	—	—	—	—	—	—

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

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 29 年度調査期間：
平成 29 年 5 月 30 日～平成 30 年 3 月 12 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 29 年度調査期間：平成 29 年 6 月 27 日～平成 30 年 5 月 16 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。

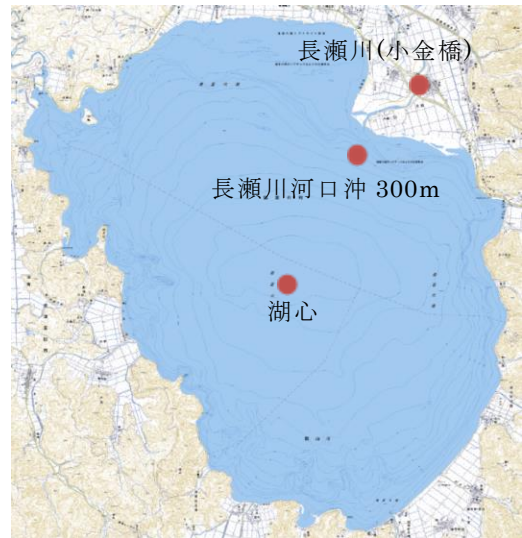


図 1 調査地点

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
平成 28 年度までは、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 分間で水温の連続測定をした。また、平成 29 年度からは Onset 社製 Tidbit v2 を用いてデータ採取間隔 60 分間で水温の連続測定をした。
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
3 (2) に記載した水深 3 地点にて、各計測器で採取間隔 10 分間で連続測定を行った。
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 30 年 3 月 12 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 29 年度のみデータを図 3 に示す。

猪苗代湖では、表層（上層）水と下層水の間で急激に水温が変化する水温躍層は、例年 7 月前後に水深 10～20m で形成され、10 月には水深 20～30m へ下がる傾向が確認されている。平成 29 年度は、測定開始日の 5 月 30 日の時点ですでに表層及び水深 5m と水深 15m で水温に差があり水温躍層が形成されつつあることを確認した。

また、水深 15m は 9 月上旬から水温が上昇し 9 月 15 日には表層の水温と同程度になったことから水温躍層が下がったことを確認した。水深 30m の水温については、測定を開始した 5 月から 10 月中旬まではほぼ一定の値で推移し、その後 10 月 20 日頃から上昇し、11 月 6 日には表層等他の水深とほぼ同じ値となったことにより、水温躍層の崩壊が確認できた。

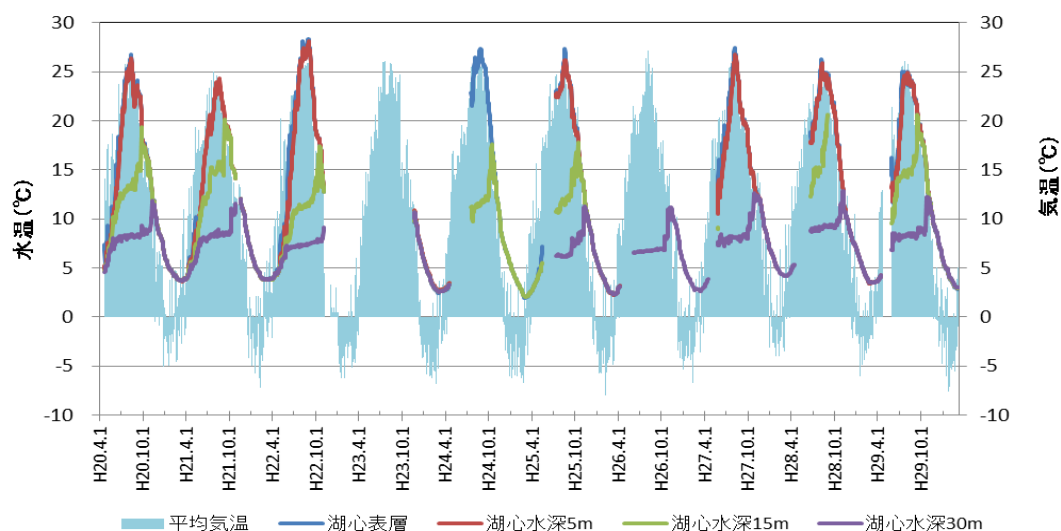


図 2 平成 20 年度から 29 年度における猪苗代湖湖心の層別日平均水温及び日平均気温の関係

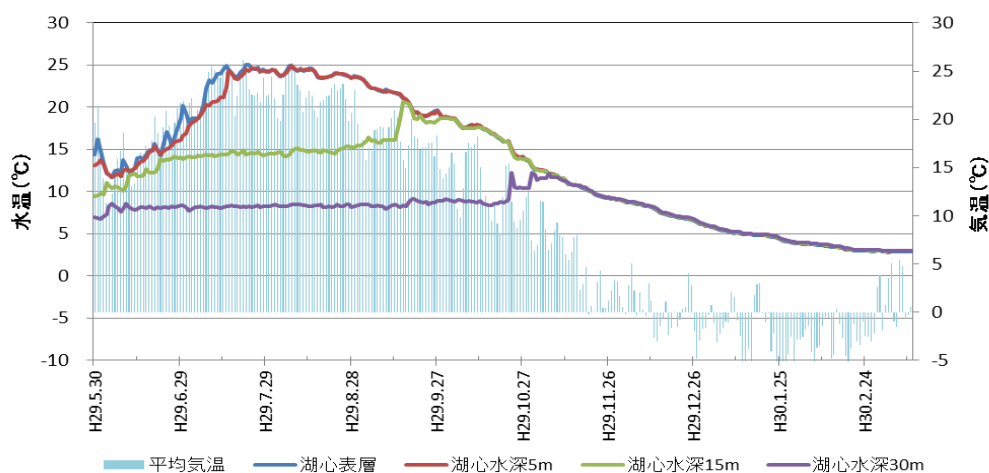


図 3 平成 29 年度における猪苗代湖湖心の層別日平均水温及び日平均気温の関係

各層における年度別の水温の変化を図 4～7 に示す。

各層における経年変化については、表層及び水深 5m は例年と同様で冬の期間（12 月～3 月）を除き気温と連動して変化し、8 月前後を頂点とするグラフとなり、平成 29 年度は 8 月上旬が最も高く、値も例年とほぼ同程度であった。

水深 15m において、8 月中旬から水温が上昇し始め 9 月上旬に急激に上昇していた。例年は 9 月中旬以降に急激な温度上昇がみられていたが、平成 29 年度は若干早めだった。水温上昇前の 7 月～8 月の水温は 13℃～15℃位であり、過去に水温の高かった平成 21 年度、28 年度と同程度の値だった。

水深 30m において、測定開始から 10 月中旬まで水温が 8℃台で推移しており、水深 15m と同様に例年より水温が高い傾向にあった。また、水温上昇は 10 月下旬に始まり、過去の結果の平均よりやや遅い時期であった。水温躍層崩壊後における水温は表層等とほぼ同じ温度となり例年と同程度であった。

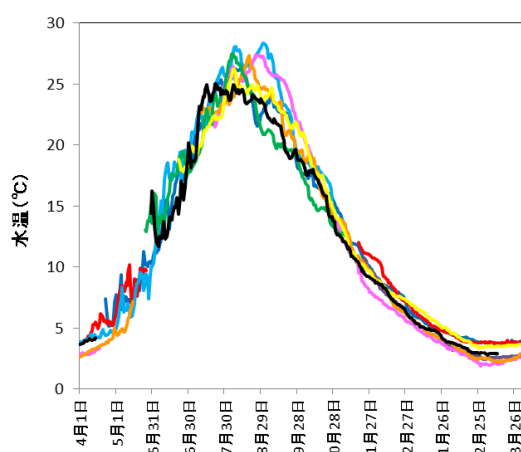


図 4 表層の水温変化 (H20～H29)

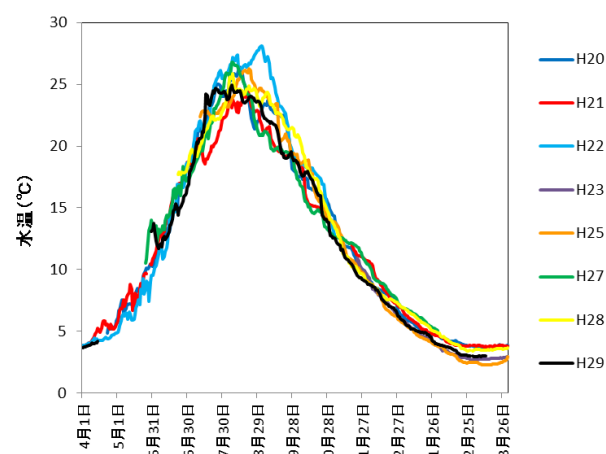


図 5 水深 5m の水温変化 (H20～H29)

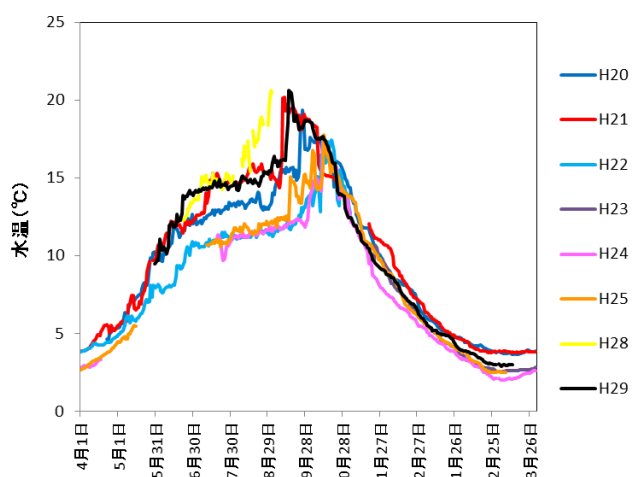


図 6 水深 15m の水温変化 (H20～H29)

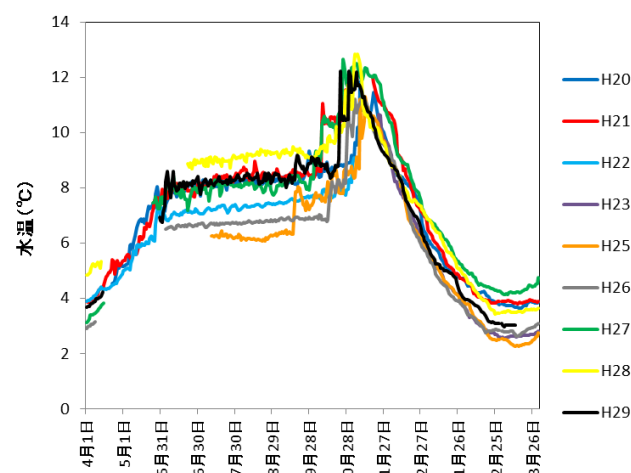


図 7 水深 30m の水温変化 (H20～H29)

(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 30 年 5 月 16 日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m 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 8 に示す。また、平成 29 年度のみデータを図 9 に示す。

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、平成 29 年度は、各水深における水温データに大きな差がなく水温躍層の形成を確認することができなかった。また、湖心表層及び水深 5m と同様に 5 月～11 月の間は気温と同様に変化しており、8 月中旬に最高温度となった。

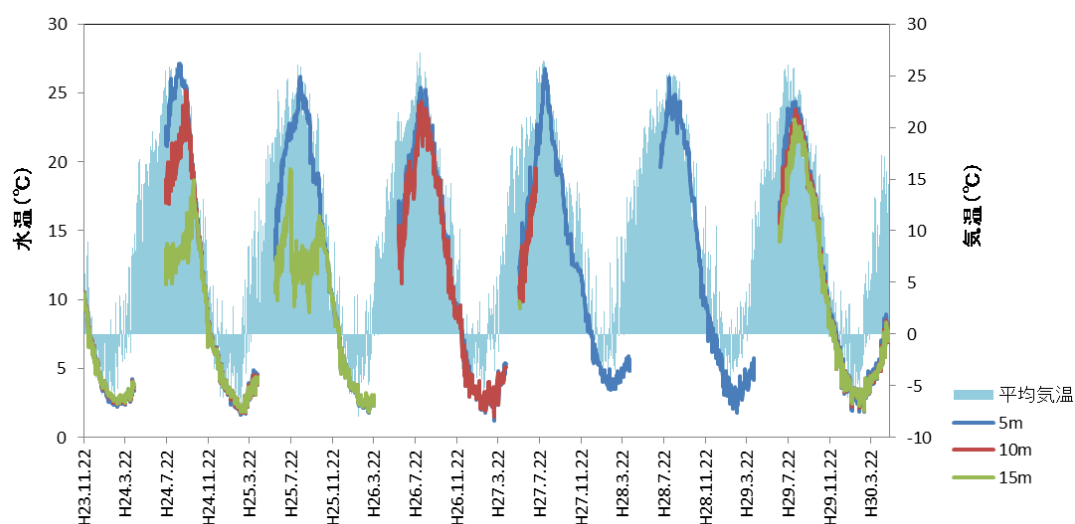


図 8 平成 23 年度から 29 年度における猪苗代湖長瀬川河口沖 300m の層別日平均水温及び日平均気温の関係

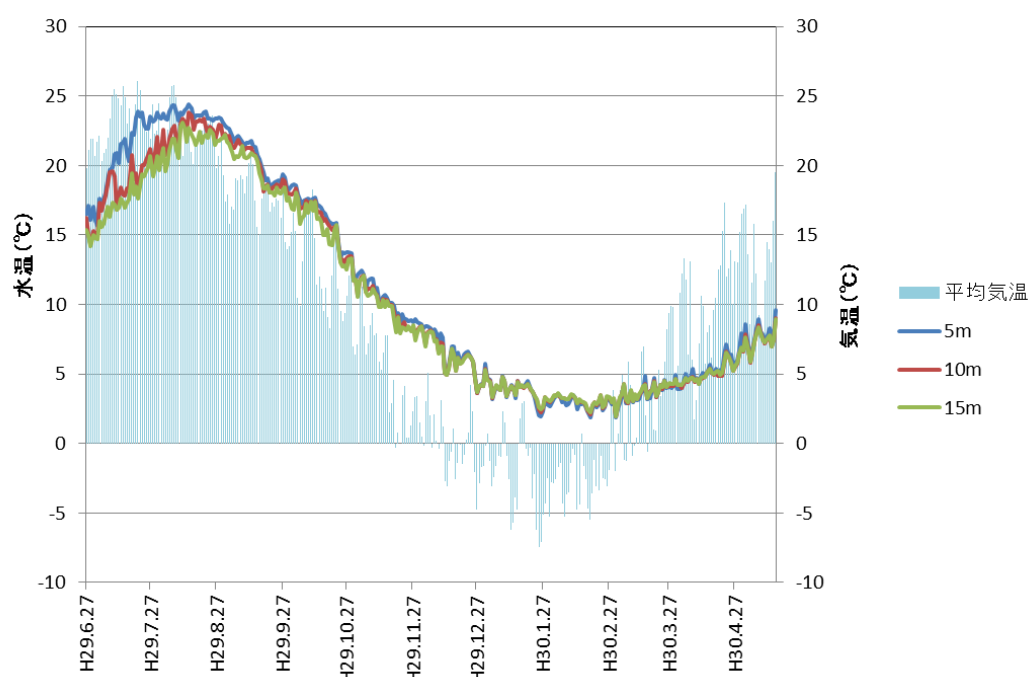


図 9 平成 29 年度における猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における層別日平均水温及び日平均気温の関係

また、水深 5m における日平均水温及び日平均 EC の測定結果（25℃換算値）と、長瀬川河口から約 2km 上流に位置する長瀬川（小金橋）及び猪苗代湖湖心表層における EC（平成 29 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 29 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 10 に示す。なお、長瀬川（小金橋）及び猪苗代湖湖心表層の EC は、試験室で 25℃に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℃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、季節に関係なくほぼ一定の値で推移しており、長瀬川（小金橋）ではなく湖心（表層）の値に近かった。

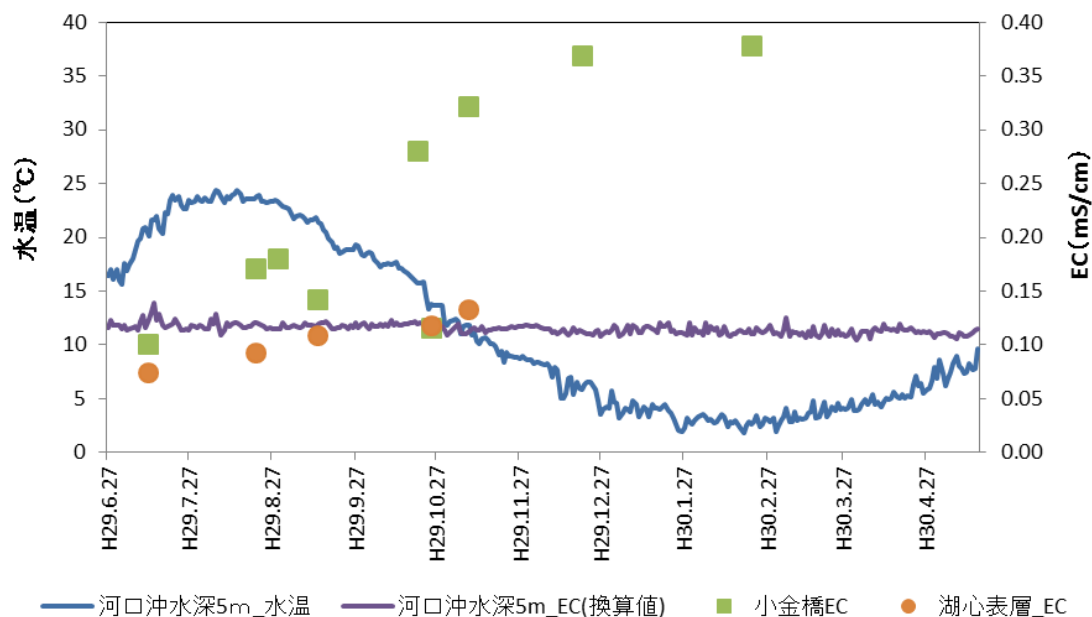


図 10 長瀬川河口沖 300m 地点（水深 5m）における水温及び EC の日平均値と、
長瀬川（小金橋）及び湖心表層における EC の比較

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

EC₂₅: EC₂₅℃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、調査開始した 5 月 30 日の時点で水深 5m と水深 15m で温度差があり水温躍層が形成されつつあった。9 月中旬には水深 15m と表層の水温が同程度となり、水温躍層が下がっていることが確認された。10 月 20 日頃より水深 30m の水温が上昇し 11 月上旬には表層等他の水深とほぼ同じ値となったことから、水温躍層の崩壊が確認できた。

また、6 月～10 月における水深 15m 及び水深 30m の水温は、過去の結果と比較してやや高い値であった。

- (2) 長瀬川河口沖 300m の調査では、各水深（水深 5m、10m、15m）における水温データに大きな差がなく水温躍層の形成を確認することができなかった。

また、水深 5m における EC は、例年と同様、季節に関係なく一定の値であり、猪苗代湖流入前の長瀬川（小金橋）の値より湖心（表層）の値に近かった。

6 凍結防止剤散布影響調査

1 目的

猪苗代湖では近年 pH の上昇が問題となっており、その原因の一つとして道路に散布される凍結防止剤の影響が懸念されることから、猪苗代湖及び猪苗代湖流入河川における凍結防止剤の影響に関連する項目を調査する。

平成 13、14 年度に同様の調査を実施しており、その時の調査地点 9 地点と、今回新たに追加した 2 地点の計 11 地点で調査を実施した。調査時期は、凍結防止剤散布がない夏季に 1 回、凍結防止剤が散布される冬季に 4 回実施した。

2 調査機関

環境創造センター調査・分析部 : 現地調査(採水)、分析

水・大気環境課 : 現地調査(採水)、凍結防止剤使用実態聴き取り

3 調査地点

調査地点を図 1 に示す。

- (1) 猪苗代湖 志田浜
- (2) 猪苗代湖 天神浜
- (3) 猪苗代湖 長浜
- (4) 高橋川新橋下流側
- (5) 高橋川磐越道交差上流側
- (6) 小黑川梅の橋下流側
- (7) 小黑川磐越道交差上流側
- (8) 長瀬川小金橋下流側
- (9) 長瀬川磐越道交差上流側
- (10) 第二小黑川磐越道交差下流側
- (11) 長瀬川国道49号線交差下流側



図1 凍結防止剤影響調査地点

※ (1)～(9)の地点は平成13、14年度調査と同じ地点、(10)及び(11)の地点は今回新たに追加した地点。

(5)、(7)及び(9)の地点は磐越自動車道及び国道49号線の上流地点、その他の地点は磐越自動車道と国道49号線の両方またはいずれか一方の下流地点である。

なお、1～3月の(9)長瀬川磐越道交差上流側は、積雪のため採水地点まで行くことができなかったため、その上流の県道322号交差点で採水した。

4 調査時期

夏季1回(非散布期: 7月31日)

冬季4回(散布期: 12月6日、1月18日、2月19日、3月12日)

5 調査項目

- (1) 現地調査項目

天候、気温、水温、透視度、色相、臭気、濁り、流量(河川)、水色(湖)

(2) 分析項目

pH、EC、陽イオン (Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+)、陰イオン (F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^-)、アルカリ度又は酸度、TOC

(3) 凍結防止剤散布量の使用実態の聴き取り

猪苗代湖流入河川の流域を通る高速自動車道等への凍結防止剤の使用実態について、高速自動車道管理者、国道管理者、自治体及び販売店に聴き取り調査を実施した。

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：交流二電極法
- (3) 陽イオン、陰イオン：イオンクロマトグラフ法
- (4) アルカリ度、酸度：滴定法
- (5) TOC：燃焼酸化－赤外線分析方式

7 結果及び考察

現地調査結果を別紙 1、分析結果を別紙 2 及び凍結防止剤使用量の聴き取り調査結果を別紙 3 に示す。

(1) 凍結防止剤使用量について

高速自動車道管理者、国道管理者、自治体及び販売店に聴取した凍結防止剤の月別の道路散布量及び販売量の合計を図 2 及び表 1 に示す。

凍結防止剤は塩化ナトリウム、塩化カルシウムが使用されたが、そのほとんどが塩化ナトリウムであり、道路散布は 10 月から始まっていた。道路散布量と販売量の合計は 1 月が最も多かった。

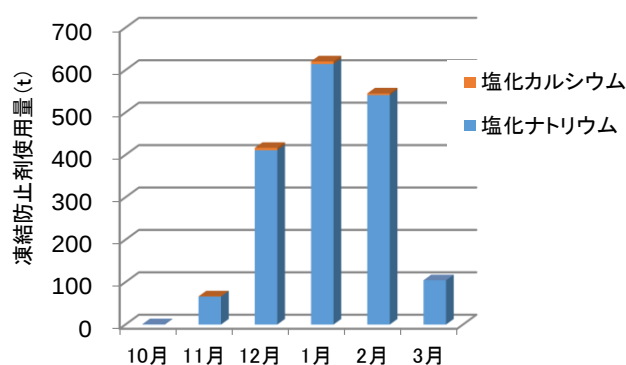


図 2 凍結防止剤の道路散布量と販売量の合計

表 1 凍結防止剤の道路散布量と販売量の合計 (単位 t)

年 月		29年10月	29年11月	29年12月	30年1月	30年2月	30年3月	合計
道路散布量 と販売量の合計(t)								
成 分	塩化ナトリウム	0.75	66.06	411.12	614.16	541.10	104.43	1,737.62
	塩化カルシウム	0.00	0.34	5.44	6.28	3.86	0.00	15.92
合計		0.75	66.40	416.56	620.44	544.96	104.43	1,753.54

(2) pH について

各調査地点の pH を図 3～図 6 に示す。

猪苗代湖 3 浜の pH は 6.50～7.48 であった。水質年報（平成 28 年度）によると、猪苗代湖湖心の pH は 6.6～6.9、猪苗代湖天神浜の pH は 6.5～8.3 であり、今回の測定値は、水質年報の測定範囲内であった。pH 値にばらつきがあったため散布期と非散布期での違いは確認できなかった。

高橋川 2 地点の pH は 7.03～7.43、小黑川 3 地点の pH は 7.10～7.54 であった。水質年報（平成 28 年度）によると、高橋川新橋の pH は 7.1～7.7、小黑川梅の橋の pH は 7.1～7.6 であり、今回の測定値は概ね水質年報の測定範囲内であった。高橋川と小黑川では、下流に比べ上流で流量が小さく pH が高かった。pH の散布期と非散布期の違いは認められなかった。

長瀬川 3 地点の pH は 3.78～6.27 であった。水質年報（平成 28 年度）によると、長瀬川小金橋の pH は 3.4～6.1 であり、今回の測定値は概ね水質年報の測定範囲内であった。長瀬川は火山性の酸性水のため酸性を示すが、発電所の放流水の影響を受けた流量が多い調査日の検体は、pH が高く EC は低くなることが分かっている。今回の調査結果でも同様な傾向が見られ、7 月、1 月及び 3 月で pH が約 6 以上になっている地点は、発電所の放流後に採水した地点であった。

今回の pH の調査結果ではばらつきがあったことから、pH に凍結防止剤の影響があるかは確認できなかった。

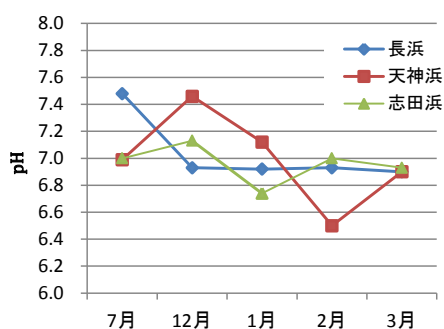


図 3 猪苗代湖 3 浜の pH 推移

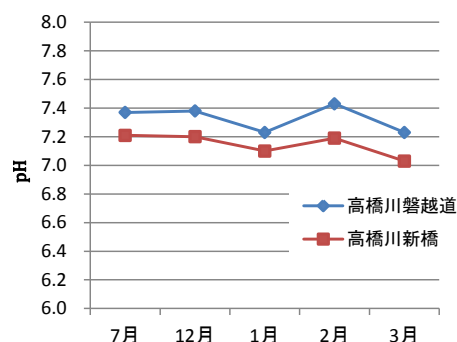


図 4 高橋川の pH 推移

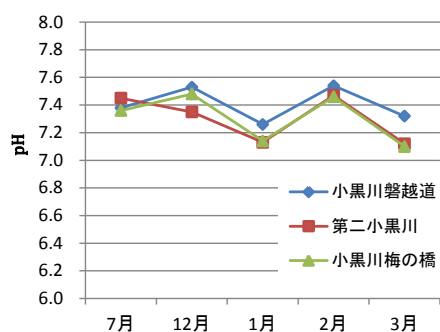


図 5 小黑川の pH 推移

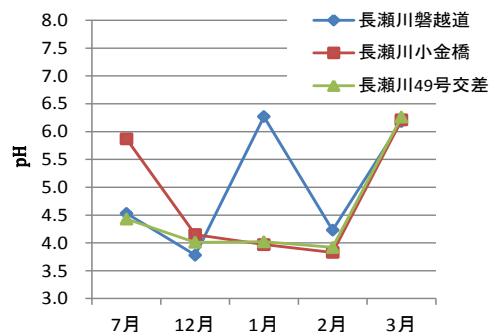


図 6 長瀬川の pH 推移

(3) EC について

各調査地点の EC を図 7～図 10 に示す。

猪苗代湖 3 浜、高橋川の 2 地点及び小黑川の 3 地点の EC は、非散布期より冬季の散布期の方が高くなった。高橋川と小黑川は上流に対し下流の方がわずかに高い値を示した。

長瀬川 3 地点の EC は発電所の放流水の影響を受けるため、上流と下流の違い、非散布期と散布期の違いは確認できなかった。

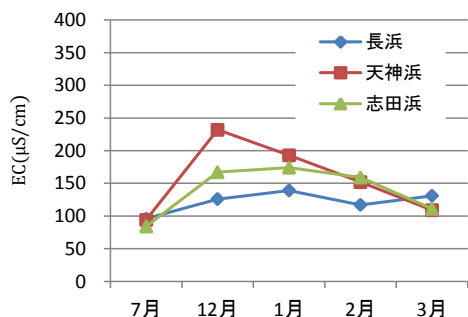


図 7 猪苗代湖 3 浜の EC 推移

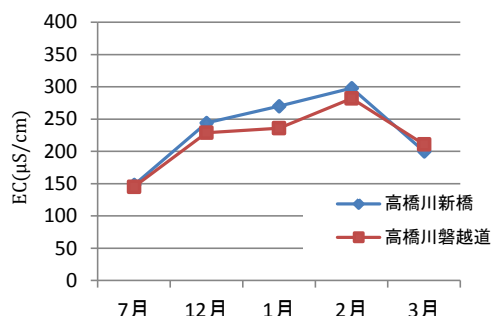


図 8 高橋川の EC 推移

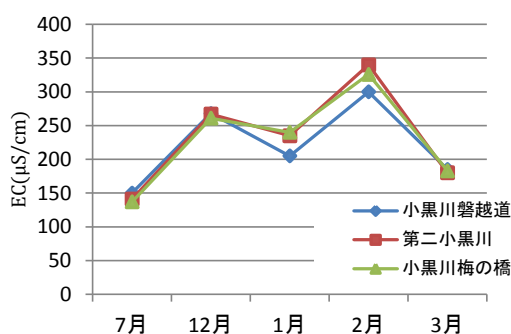


図 9 小黑川の EC 推移

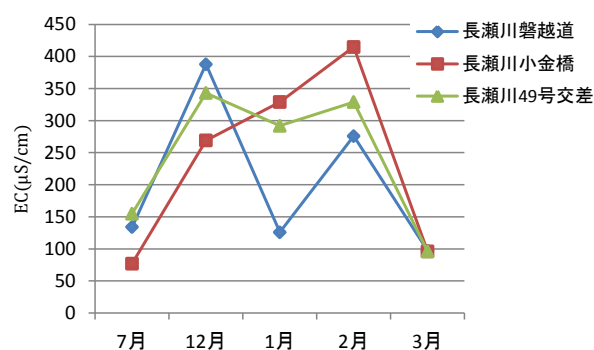


図 10 長瀬川の EC 推移

(4) アルカリ度について

各調査地点のアルカリ度を図 11～図 13 に示す。なお、酸性である長瀬川はアルカリ度の測定は行わなかった。

猪苗代湖 3 浜のアルカリ度は、5.30～42.73 $\text{CaCO}_3\text{mg/L}$ で、天神浜でばらつきがみられた。

高橋川及び小黑川のアルカリ度は 27.85～58.02 $\text{CaCO}_3\text{mg/L}$ であった。

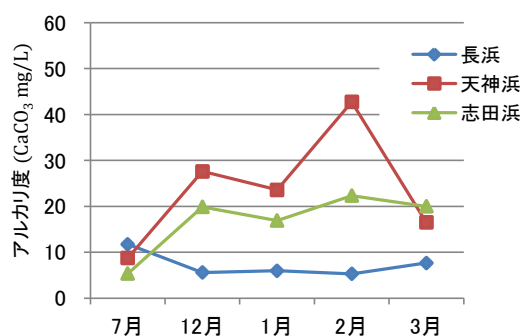


図 11 猪苗代湖 3 浜のアルカリ度推移

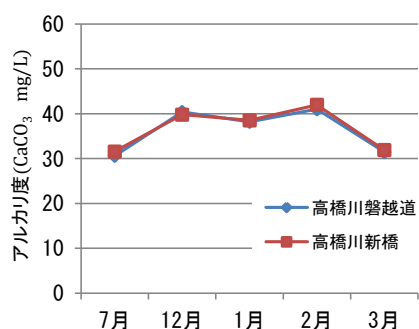


図 12 高橋川のアルカリ度推移

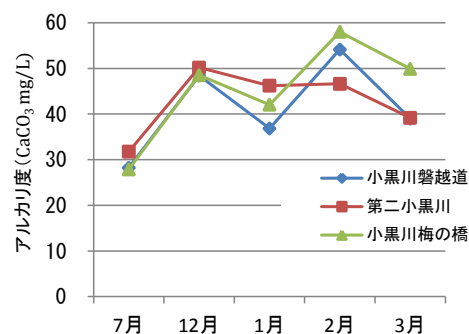


図 13 小黒川のアルカリ度推移

(5) 酸度について

長瀬川 3 地点の酸度を図 14 に示す。なお、7 月の小金橋、1 月の県道 322 号交差点及び 3 月の 3 地点については pH が中性付近であったため酸度測定はしなかった。酸度 (4.8) は 2.53~19.52 mg/L、酸度 (8.3) は 19.42~48.76 mg/L であった。7 月及び 1 月は発電所放流後の採水であったため、酸度が低くなった。

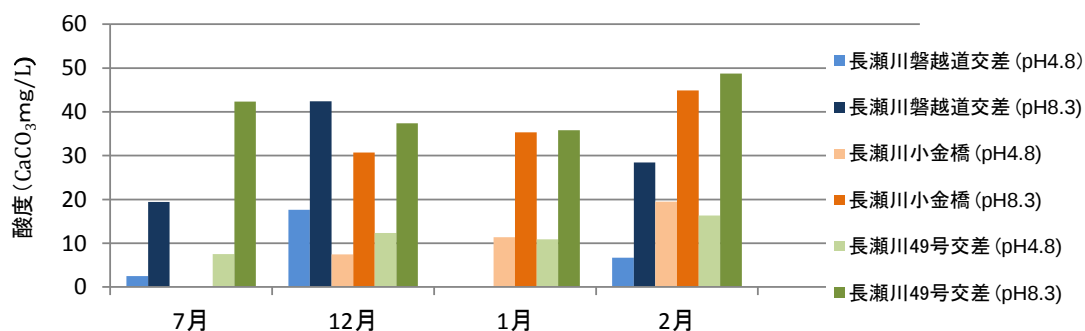


図 14 長瀬川の酸度 (pH4.8 及び pH8.3)

(6) Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- イオン濃度について

凍結防止剤の主要な成分である、 Na^+ 、 Ca^{2+} の 2 つの陽イオン濃度の合計の推移を図 15 ~ 図 18 に、 Cl^- イオン濃度の推移を図 19 ~ 図 22 に示す。

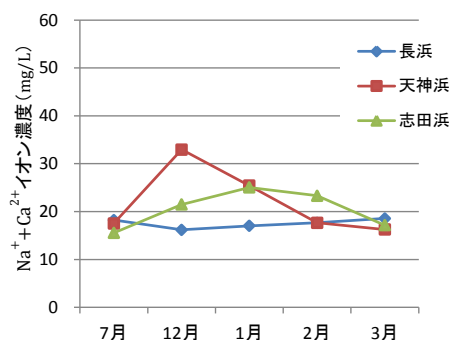


図 15 猪苗代湖 3 浜の Na^+ + Ca^{2+} イオン濃度推移

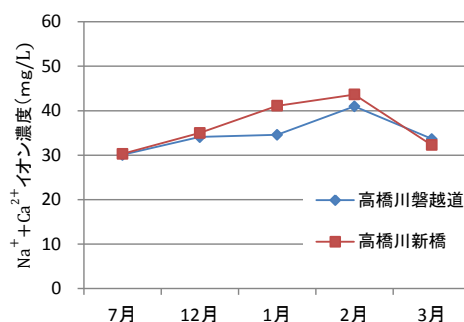


図 16 高橋川の Na^+ + Ca^{2+} イオン濃度推移

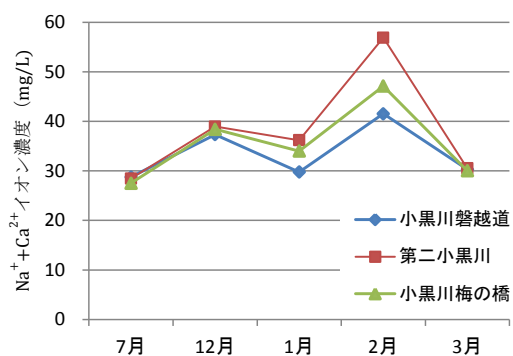


図 17 小黒川の $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$ イオン濃度推移

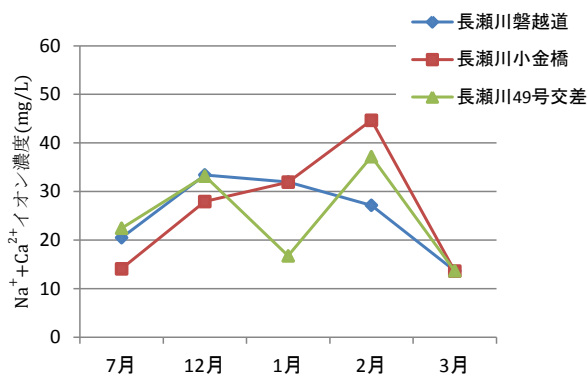


図 18 長瀬川の $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$ イオン濃度推移

猪苗代湖の長浜は変化がなく、天神浜、志田浜は12月以降にイオン濃度がやや上昇したが、3月には減少していた。

高橋川、小黒川は、非散布期に比べて散布期の12月～2月にイオン濃度がやや高かった。また、磐越自動車道と国道49号線の下流である高橋川新橋、小黒川梅の橋で濃度が高くなったことから、散布された凍結防止剤の影響を受けていると考えられた。3月はいずれの地点も非散布期と同程度となった。

長瀬川は発電所の放流水の影響を受けた日があったことから、変動が大きかった。

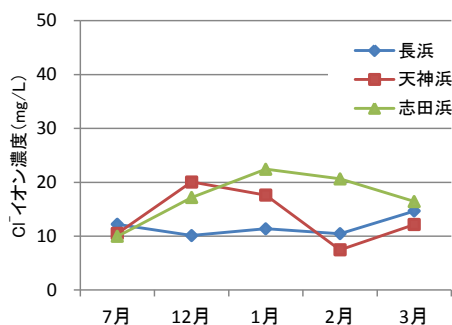


図 19 猪苗代湖3浜の Cl^- イオン濃度推移

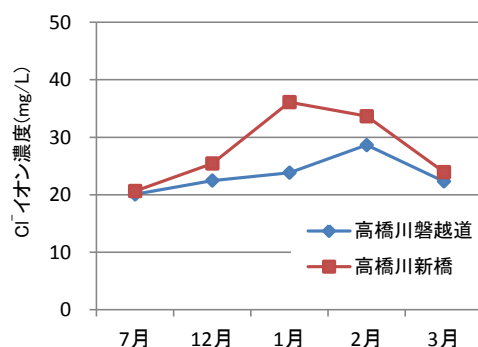


図 20 高橋川の Cl^- イオン濃度推移

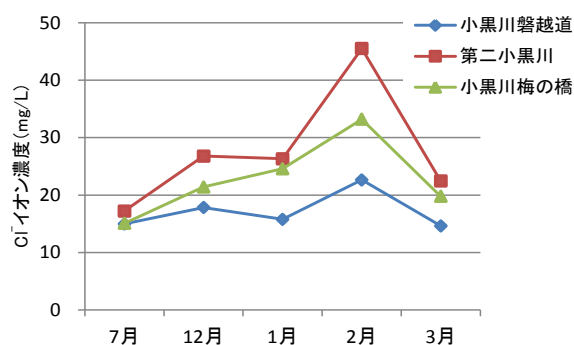


図 21 小黒川の Cl^- イオン濃度推移

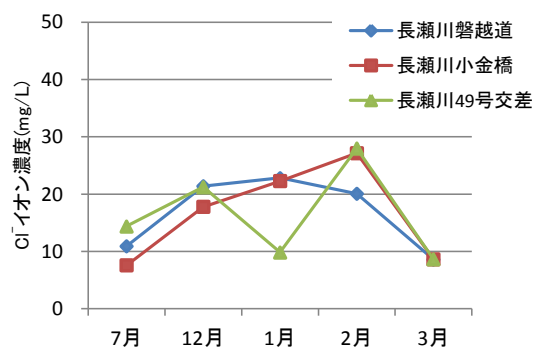


図 22 長瀬川の Cl^- イオン濃度推移

(7) Na^+ 、 Ca^{2+} 及び Cl^- イオン負荷量について

各調査地点の Na^+ 及び Ca^{2+} イオン負荷量の合計を図 23 及び図 24 に、 Cl^- イオン負荷量を図 25 及び図 26 に示す。

磐越自動車道及び国道 49 号線の下流である高橋川新橋及び小黑川梅の橋では $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$ イオン負荷量が上流の高橋川磐越道交差上流側及び小黑川磐越道交差上流側に対し 7 月にはそれぞれ 1.4 倍、1.7 倍であったが、散布期(12 月から 3 月)にはそれぞれ 1.2~3.9(平均 1.9)倍、3.5~5.4(平均 4.5)倍に増大する傾向であった。 Cl^- イオン負荷量についても同様であった。

長瀬川は他の河川より流量が桁違いに多く、流量によってイオン負荷量が大きく変動する上、発電所からの放流水の影響もあるため、散布期と非散布期の違いは確認できなかった。

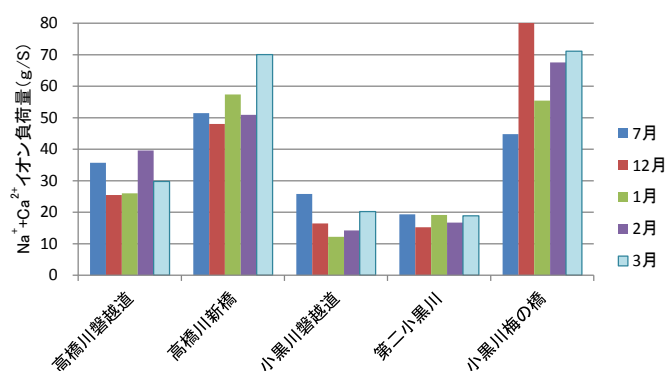


図 23 高橋川、小黑川の $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$ イオン負荷量

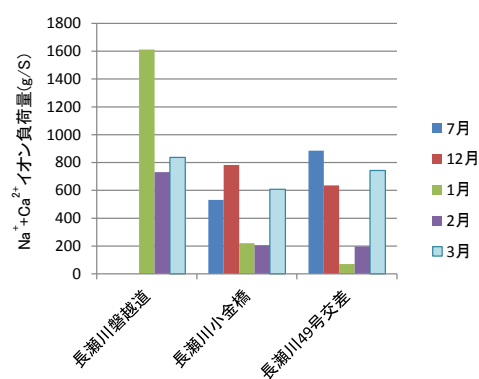


図 24 長瀬川の $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$ イオン負荷量

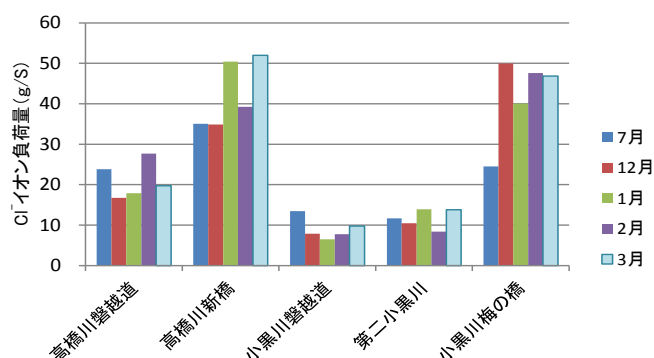


図 25 高橋川、小黑川の Cl^- イオン負荷量

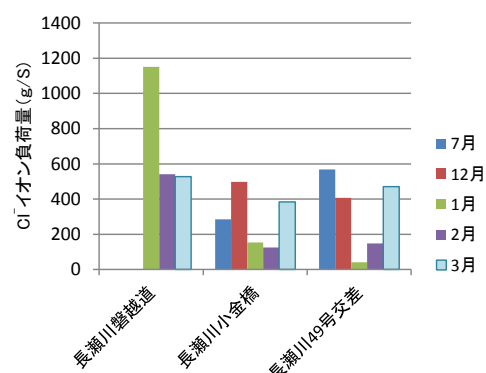


図 26 長瀬川の Cl^- イオン負荷量

(8) TOC について

各調査地点の TOC を図 27~図 30 に示す。TOC は非散布期の方が散布期より高かったが、ばらつきが大きく変動の傾向は確認できなかった。

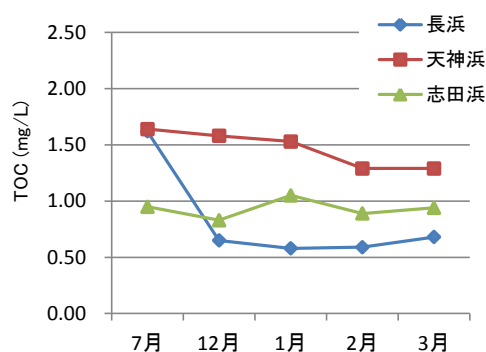


図 27 猪苗代湖 3 浜の TOC 推移

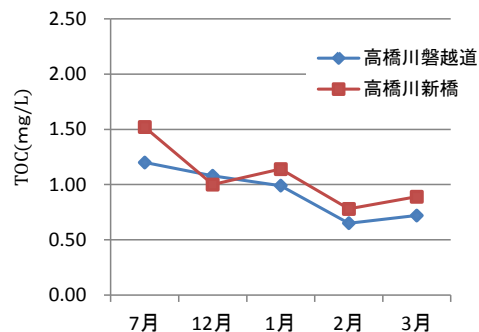


図 28 高橋川の TOC 推移

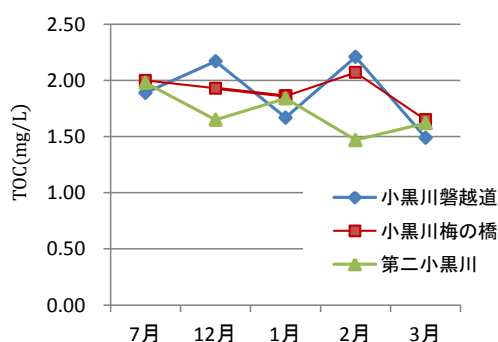


図 29 小黒川の TOC 推移

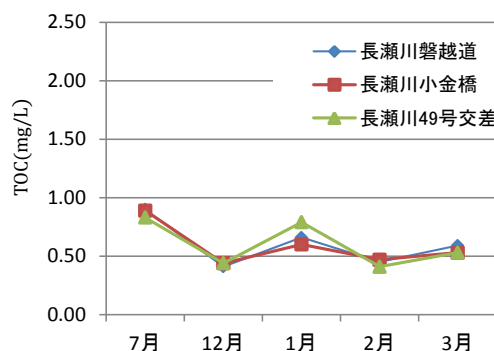


図 30 長瀬川の TOC 推移

8 まとめ

- ア 凍結防止剤は 10 月から散布され始め、散布量と販売量の合計は 1 月が最大であった。
- イ pH、アルカリ度、酸度及び TOC ではばらつきがあり、凍結防止剤の散布影響については確認できなかった。
- ウ EC は猪苗代湖 3 浜、高橋川及び小黒川の磐越自動車道及び国道 49 号線の下流地点で、散布期の方が非散布期より高くなった。
- エ 高橋川、小黒川は、凍結防止剤が散布される磐越自動車道及び国道 49 号線の下流地点では、非散布期より散布期の方が Na^+ 、 Ca^{2+} 及び Cl^- のイオン濃度並びにイオン負荷量が高い傾向があり、散布の影響が推察された。
- オ 長瀬川は他の河川より流量が大きくイオン負荷量も大きいので、湖水への影響も高いと考えられるが、イオン濃度の変動も大きかったことから、散布期と非散布期の違いは確認できなかった。

このように、本年度調査により、 Na^+ 、 Ca^{2+} 及び Cl^- のイオン濃度並びにイオン負荷量から、高橋川及び小黒川水質への凍結防止剤散布の影響が推察されたが、pH 値に関しては高橋川、小黒川及び猪苗代湖への凍結防止剤散布の有意な影響は確認できなかった。

参考文献

- 1) 蛭田真史、大嶋恵美、八巻孝幸：融雪剤散布による猪苗代湖水質への影響調査について、清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る水環境研究誌、p 181-2、2008
- 2) 町田充弥、大嶋恵美、蛭田真史、八巻孝幸：融雪剤散布による猪苗代湖水への影響調査について（最終報）、清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る水環境研究誌、p183-4、2008
- 3) 平成 28 年度水質年報（福島県）

平成29年度凍結防止剤
別紙1

調査地点	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
				新橋	磐越道交差	梅の橋	磐越道交差	磐越道交差	小金橋	磐越道交差	49号交差
	長浜	天神浜	志田浜	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	下流側	上流側	下流側
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
調査年月日	H29.7.31										
採水時間	11:50	8:56	9:15	11:11	10:29	12:50	8:55	9:43	11:22	9:53	10:28
天候(前日)	<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	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)	31.5	26.8	26.2	29.9	28.0	31.8	28.5	28.0	33.2	26.0	29.8
水温(℃)	26.2	26.0	26.6	20.6	19.5	25.2	21.0	22.0	23.0	20.9	22.0
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	91	77	87	55	80	74
水色(フォーレル)	3	5	3								
流況				通常	通常	流量大	通常	通常	流量大	流量大	流量大
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	茶色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	微 土臭	微 土臭	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	微濁	透明
流量(m ³ /sec)				1.698	1.187	1.627	0.898	0.679	37.733	欠測	39.487

調査地点	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
				新橋	磐越道交差	梅の橋	磐越道交差	磐越道交差	小金橋	磐越道交差	49号交差
	長浜	天神浜	志田浜	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	下流側	上流側	下流側
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
調査年月日	H29.12.6										
採水時間	9:43	9:00	9:20	9:15	9:55	12:00	11:20	10:50	11:12	9:48	10:20
天候(前日)	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)	3.5	1.8	2.8	3.8	0.5	6.4	2.8	4.2	5.0	1.7	2.8
水温(℃)	7.4	9.2	5.6	6.4	7.2	7.3	7.1	5.4	5.7	4.6	4.8
透視度(cm)	>100	33	>100	>100	>100	55	>100	>100	66	>100	78
水色(フォーレル)	7	18	13								
流況				通常	通常	通常	通常	通常	流量大	流量大	通常
色相	無色	茶色	無色	無色	無色	淡 灰黄色	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
濁り	透明	微濁	透明	透明	透明	微濁	透明	透明	透明	透明	透明
流量(m ³ /sec)				1.373	0.746	2.333	0.440	0.391	28.021	欠測	19.140

調査地点	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
				新橋	磐越道交差	梅の橋	磐越道交差	磐越道交差	小金橋	磐越道交差	49号交差
	長浜	天神浜	志田浜	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	下流側	上流側	下流側
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
調査年月日	H30.1.18										
採水時間	8:30	10:27	9:55	8:48	9:50	11:30	11:00	10:20	8:25	11:14	9:08
天候(前日)	みぞれ	みぞれ	みぞれ	みぞれ	みぞれ	みぞれ	みぞれ	みぞれ	みぞれ	みぞれ	みぞれ
天候(当日)	<曇り	雨	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	雨	雨	<曇り	雨	<曇り
気温(℃)	4.6	2.0	4.0	4.2	3.0	5.0	4.2	4.5	5.0	3.0	2.5
水温(℃)	4.6	1.5	4.4	5.1	4.8	4.4	3.8	4.1	3.5	2.4	3.5
透視度(cm)	>100	54	>100	>100	72	64	74	63	>100	87	>100
水色(フォーレル)	17	19	13								
流況				通常	通常	通常	通常	通常	流量少	流量大	通常
色相	黄褐色	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
濁り	透明	濁	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
流量(m ³ /sec)				1.396	0.752	1.629	0.410	0.528	6.907	50.399	4.190

調査地点	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
				新橋	磐越道交差	梅の橋	磐越道交差	磐越道交差	小金橋	磐越道交差	49号交差
	長浜	天神浜	志田浜	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	下流側	上流側	下流側
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
調査年月日	H30.2.19										
採水時間	9:02	10:06	9:10	9:30	10:12	12:38	11:50	11:20	11:13	12:03	10:33
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	晴れ	<曇り	<曇り	<曇り	晴れ	<曇り
気温(℃)	-1.4	-2.6	-2.4	-2.0	-1.5	1.8	2.8	2.3	-0.4	0.3	-0.6
水温(℃)	2.8	0.0	0.0	2.4	1.6	2.3	4.1	1.5	0.0	0.2	0.0
透視度(cm)	>100	24	73	80	71	39	32	66	>100	>100	>100
水色(フォーレル)	16	14	13								
流況				通常	通常	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	淡黄色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	微下水臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	微濁	微濁	透明	微濁	微濁	透明	透明	透明	透明	透明
流量(m ³ /sec)				1.166	0.967	1.433	0.343	0.293	4.587	26.943	5.283

調査地点	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
				新橋	磐越道交差	梅の橋	磐越道交差	磐越道交差	小金橋	磐越道交差	49号交差
	長浜	天神浜	志田浜	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	下流側	上流側	下流側
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
調査年月日	H30.3.12										
採水時間	9:00	11:50	11:25	9:17	10:20	11:40	11:10	10:40	10:02	9:10	10:39
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	雪	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り	<曇り
気温(℃)	1.7	0.8	1.8	1.7	0.0	2.2	1.1	2.0	1.1	1.9	1.2
水温(℃)	3.6	0.9	3.4	4.5	4.6	4.6	4.6	3.4	2.0	2.0	1.6
透視度(cm)	>100	42	49	>100	>100	>100	>100	>100	>100	96	83
水色(フォーレル)	15	16	15								
流況				流量大	流量大	通常	通常	通常	流量大	流量大	流量大
色相	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
濁り	透明	透明	微濁	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
流量(m ³ /sec)				2.171	0.884	2.368	0.667	0.619	44.559	61.259	54.463

平成29年度凍結防止剤散布調査
別紙2

調査地点	単位	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
		長浜	天神浜	志田浜	新橋 下流側	磐越道交差 上流側	梅の橋 下流側	磐越道交差 上流側	磐越道交差 下流側	小金橋 下流側	磐越道交差 上流側	49号交差 下流側
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
調査年月日		H29.7.31										
pH		7.48	6.99	7.00	7.21	7.37	7.36	7.38	7.45	5.87	4.53	4.43
EC	μ S/cm	96	94	84	148	145	137	150	141	77	134	155
アルカリ度	mgCaCO ₃ /L	11.75	8.75	5.37	31.58	30.61	27.85	28.22	31.74	2.50	0	0
酸度(4.8)	mgCaCO ₃ /L										2.53	7.54
酸度(8.3)	mgCaCO ₃ /L										19.42	42.36
TOC	mg/L	1.62	1.64	0.95	1.52	1.20	2.00	1.89	1.98	0.89	0.90	0.83
Na ⁺	mg/L	9.75	8.10	7.40	17.10	16.99	14.17	15.11	15.17	6.20	7.90	9.16
K ⁺	mg/L	2.18	1.97	1.68	3.14	3.13	2.88	2.89	2.87	1.44	1.85	2.22
Ca ²⁺	mg/L	8.49	9.42	8.15	13.20	13.09	13.35	13.65	13.29	7.88	12.57	13.26
Mg ²⁺	mg/L	2.49	2.32	2.12	3.81	3.82	3.49	3.58	3.47	1.85	2.62	3.17
NH ₄ ⁺	mg/L	<0.01	0.03	<0.01	0.02	<0.01	0.11	0.16	0.03	<0.01	<0.01	0.02
F ⁻	mg/L	0.13	0.14	0.13	0.07	0.05	0.12	0.15	0.08	0.09	0.23	0.32
Cl ⁻	mg/L	12.19	10.49	9.97	20.83	20.07	15.08	14.98	17.22	7.55	10.92	14.39
SO ₄ ²⁻	mg/L	25.94	28.05	27.53	24.91	26.14	31.23	34.15	28.48	30.02	49.85	66.82
NO ₃ ⁻	mg/L	0.25	0.32	0.61	2.13	2.40	0.97	0.93	1.16	0.67	0.71	0.98
NO ₂ ⁻	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.03	0.06	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

調査地点	単位	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
		長浜	天神浜	志田浜	新橋 下流側	磐越道交差 上流側	梅の橋 下流側	磐越道交差 上流側	磐越道交差 下流側	小金橋 下流側	磐越道交差 上流側	49号交差 下流側
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
調査年月日		H29.12.6										
pH		6.93	7.46	7.13	7.20	7.38	7.48	7.53	7.35	4.15	3.78	4.01
EC	μ S/cm	126	232	167	244	229	261	268	267	269	388	343
アルカリ度	mgCaCO ₃ /L	5.58	27.60	19.88	39.82	40.39	48.51	48.44	50.20	0	0	0
酸度(4.8)	mgCaCO ₃ /L									7.49	17.64	12.33
酸度(8.3)	mgCaCO ₃ /L									30.68	42.41	37.35
TOC	mg/L	0.65	1.58	0.83	1.00	1.08	1.93	2.17	1.65	0.44	0.41	0.44
Na ⁺	mg/L	7.71	16.47	11.04	20.51	19.03	21.31	20.13	23.54	11.87	14.26	14.07
K ⁺	mg/L	1.71	3.31	1.61	3.47	3.60	3.91	4.08	3.59	2.62	3.09	3.06
Ca ²⁺	mg/L	8.47	16.49	10.45	14.47	15.07	17.11	17.22	15.42	16.07	19.15	19.11
Mg ²⁺	mg/L	2.18	4.17	2.46	4.31	4.59	5.07	5.17	4.64	3.93	4.75	4.69
NH ₄ ⁺	mg/L	0.02	0.03	0.01	0.04	<0.01	0.78	1.10	0.14	0.01	0.01	0.01
F ⁻	mg/L	0.14	0.14	0.11	0.04	0.04	0.26	0.36	0.10	0.36	0.47	0.46
Cl ⁻	mg/L	10.11	20.06	17.17	25.42	22.45	21.42	17.83	26.78	17.76	21.39	21.25
SO ₄ ²⁻	mg/L	27.17	35.03	16.52	18.01	20.32	26.85	32.06	16.15	75.22	96.90	94.09
NO ₃ ⁻	mg/L	0.74	1.47	1.88	2.99	3.92	2.55	2.18	3.31	0.90	1.00	1.02
NO ₂ ⁻	mg/L	<0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	0.05	0.03	0.03	<0.01	<0.01	<0.01

調査地点	単位	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
		長浜	天神浜	志田浜	新橋 下流側	磐越道交差 上流側	梅の橋 下流側	磐越道交差 上流側	磐越道交差 下流側	小金橋 下流側	磐越道交差 上流側	49号交差 下流側
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
調査年月日		H30.1.18										
pH		6.92	7.12	6.74	7.10	7.23	7.14	7.26	7.13	3.97	6.27	4.02
EC	μ S/cm	139	193	174	270	236	240	205	235	329	126	292
アルカリ度	mgCaCO ₃ /L	5.96	23.57	16.90	38.52	38.22	42.03	36.83	46.22	0	5.82	0
酸度(4.8)	mgCaCO ₃ /L									11.35		10.90
酸度(8.3)	mgCaCO ₃ /L									35.32		35.80
TOC	mg/L	0.58	1.53	1.05	1.14	0.99	1.86	1.67	1.84	0.60	0.66	0.79
Na ⁺	mg/L	8.32	13.18	14.50	26.14	19.56	19.22	15.54	21.59	14.07	14.10	7.76
K ⁺	mg/L	1.73	2.44	1.87	3.40	3.48	3.44	3.42	3.48	3.10	3.11	1.69
Ca ²⁺	mg/L	8.69	12.24	10.55	14.96	15.03	14.79	14.25	14.60	17.86	17.87	8.99
Mg ²⁺	mg/L	2.24	3.21	2.41	4.29	4.38	3.85	3.62	4.10	4.36	4.37	2.15
NH ₄ ⁺	mg/L	<0.01	0.12	0.07	0.07	0.04	0.24	0.21	0.16	0.03	0.03	<0.01
F ⁻	mg/L	0.14	0.16	0.13	0.05	0.05	0.14	0.18	0.09	0.47	0.47	0.10
Cl ⁻	mg/L	11.38	17.61	22.44	36.11	23.82	24.58	15.77	26.32	22.26	22.84	9.85
SO ₄ ²⁻	mg/L	27.57	28.76	16.98	22.84	24.60	22.12	26.17	16.21	84.99	84.84	29.75
NO ₃ ⁻	mg/L	0.73	0.92	1.88	2.64	3.08	2.46	1.84	2.76	1.02	1.09	0.64
NO ₂ ⁻	mg/L	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

調査地点	単位	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
		長浜	天神浜	志田浜	新橋 下流側	磐越道交差 上流側	梅の橋 下流側	磐越道交差 上流側	磐越道交差 下流側	小金橋 下流側	磐越道交差 上流側	49号交差 下流側
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
調査年月日		H30.2.19										
pH		6.93	6.50	7.00	7.19	7.43	7.46	7.54	7.47	3.83	4.23	3.92
EC	μ S/cm	117	152	159	298	282	326	300	340	415	276	329
アルカリ度	mgCaCO ₃ /L	5.30	42.73	22.34	41.98	41.02	58.02	54.14	46.63	0.00	0.00	0.00
酸度(4.8)	mgCaCO ₃ /L									19.52	6.69	16.32
酸度(8.3)	mgCaCO ₃ /L									44.87	28.45	48.76
TOC	mg/L	0.59	1.29	0.89	0.78	0.65	2.07	2.21	1.47	0.47	0.45	0.41
Na ⁺	mg/L	7.71	6.76	12.33	26.00	24.04	29.09	24.18	39.16	16.66	12.58	16.53
K ⁺	mg/L	1.71	2.12	1.29	3.83	3.96	4.01	4.11	4.06	3.44	2.59	3.43
Ca ²⁺	mg/L	9.95	10.90	10.98	17.64	16.94	18.04	17.35	17.75	28.01	14.56	20.64
Mg ²⁺	mg/L	2.19	2.98	2.48	5.34	5.21	6.16	5.93	6.37	5.39	3.69	5.34
NH ₄ ⁺	mg/L	<0.01	0.30	0.12	0.09	0.04	1.41	2.30	0.33	0.06	0.04	0.07
F ⁻	mg/L	0.15	0.16	0.12	0.05	0.05	0.36	0.56	0.13	0.63	0.37	0.60
Cl ⁻	mg/L	10.45	7.45	20.64	33.66	28.65	33.21	22.63	45.52	27.14	20.09	27.98
SO ₄ ²⁻	mg/L	27.67	13.84	10.96	32.26	32.93	29.95	36.89	21.61	105.43	70.15	102.05
NO ₃ ⁻	mg/L	0.83	0.21	2.44	2.45	3.25	1.82	1.45	2.02	1.10	0.75	1.09
NO ₂ ⁻	mg/L	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

調査地点	単位	猪苗代湖			高橋川		小黒川		第二小黒川	長瀬川		
		長浜	天神浜	志田浜	新橋 下流側	磐越道交差 上流側	梅の橋 下流側	磐越道交差 上流側	磐越道交差 下流側	小金橋 下流側	磐越道交差 上流側	49号交差 下流側
採取水深(m)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	H30.3.12			0.5	0.5	0.5
調査年月日												
pH		6.90	6.90	6.93	7.03	7.23	7.10	7.32	7.12	6.21	6.18	6.26
EC	μ S/cm	131	109	111	200	211	183	185	180	96	97	96
アルカリ度	mgCaCO ₃ /L	7.67	16.49	19.98	31.90	31.45	49.92	39.01	39.16	5.00	5.29	5.21
酸度(4.8)	mgCaCO ₃ /L											
酸度(8.3)	mgCaCO ₃ /L											
TOC	mg/L	0.68	1.29	0.94	0.89	0.72	1.65	1.49	1.62	0.53	0.59	0.53
Na ⁺	mg/L	9.07	8.00	8.88	18.35	18.35	16.46	16.07	18.92	6.76	6.79	6.78
K ⁺	mg/L	1.78	1.91	1.21	3.11	3.25	3.15	3.22	3.10	1.44	1.43	1.44
Ca ²⁺	mg/L	9.50	8.26	8.29	13.91	15.31	13.58	14.23	11.60	6.87	6.88	6.87
Mg ²⁺	mg/L	2.28	2.00	1.74	3.89	4.27	3.70	3.93	3.44	1.70	1.70	1.70
NH ₄ ⁺	mg/L	<0.01	0.07	0.04	0.04	0.01	0.32	0.46	0.13	0.01	0.01	0.01
F ⁻	mg/L	0.14	0.13	0.08	0.04	0.04	0.16	0.21	0.09	0.09	0.08	0.09
Cl ⁻	mg/L	14.65	12.15	16.43	23.94	22.33	19.78	14.63	22.45	8.63	8.61	8.64
SO ₄ ²⁻	mg/L	26.44	14.08	8.71	22.63	30.17	20.28	26.60	11.92	22.59	22.78	22.55
NO ₃ ⁻	mg/L	0.97	1.84	2.62	3.28	3.85	2.66	2.35	3.24	0.93	0.88	0.95
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

別紙 3	平成29年度凍結防止剤使用量（聴き取り調査による集計）									
										単位;t
凍結防止剤 使用量	成分	H29. 10	H29. 11	H29. 12	H30. 1	H30. 2	H30. 3	合計		
道路散布量	塩化ナトリウム	0.75	66.06	411.12	614.16	541.10	104.43	1,737.62		
	塩化カルシウム	0.00	0.00	3.00	2.50	2.00	0.00	7.50		
小売店販売量	塩化ナトリウム	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	塩化カルシウム	0.00	0.34	2.45	3.78	1.86	0.00	8.42		
合計	塩化ナトリウム	0.75	66.06	411.12	614.16	543.10	104.43	1,739.62		
	塩化カルシウム	0.00	0.34	5.45	6.28	3.86	0.00	15.92		
	計（塩化ナトリウム＋塩化カルシウム）	0.75	66.40	416.56	620.44	544.96	104.43	1,753.54		

注）道路散布量は、猪苗代湖流入河川の流域を通る道路への散布機関である高速自動車道管理者、国道管理者、県土木事務所からの聴取に基づき算出した。また、小売店販売量は当該流域の主な小売店からの聴取によった。

7 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7報）

目 的

裏磐梯五色沼湖沼群を対象にした水質調査は、福島大学千葉ら¹⁾が1985年に実施して以来急減していたため、本調査は現在の水質の状況を把握することを目的に2011年より継続して実施してきた。本報はこれら過去7年間の調査結果をまとめたものである。

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(A類型：1000MPN/100mL)を超過するなど水質悪化が懸念されるため、大腸菌群数と水質との関係についても考察を行った。

なお、2017年で本調査は終了となるため、千葉らが実施した1985年調査との比較や過去7年間の経年変化についても考察を行ったので報告する。

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(1985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されたとした。

本報は、福島県環境創造センター(旧環境センター)等が、2011年から2017年の過去7年間にかけて年1回(6月、8月又は11月)実施した調査結果を取りまとめ、千葉らの調査結果との比較をするとともに過去7年間の調査結果の経年変化について考察を行った。

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)
- 6回目：2016年9月7日※
(銅沼等の3地点は8月16日)
- ※2016年調査は台風の影響で9月に延期して実施した。
- 7回目：2017年11月14日
(銅沼等の3地点は11月6日)

2 調査地点

調査は15湖沼等での流入・流出の地

点別を含む全 22 地点で実施した(表 1、図 1)。ただし、2014 年調査は 11 湖沼等 15 地点で実施した。表 1 における地点名称の*印が 2014 年に調査を実施しなかった 7 地点を示している。

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の 1 箇所とした。

以下、本文中の図における調査地点は表 1 の地点番号で示す。

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	—

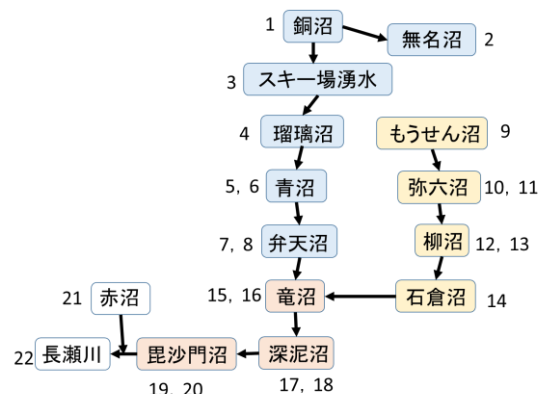


図 1 各地点の位置関係

3 調査機関(2017 年調査)

現地調査及び採水: 会津地方振興局、福島県環境創造センター

分析: 福島県環境創造センター

4 調査項目及び測定方法

調査項目及び測定方法は付表 1 のとおり。調査項目のうち、大腸菌群数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

調査結果は、付表 2「平成 29 年度結果一覧表」のとおり。

1 湖沼群の主要成分について

図 2～9 に 1985 年調査及び 2011 年～2017 年調査における各地点の主要成分濃度を示す。

どの年度も全湖沼でアニオンでは硫酸イオン、カチオンではカルシウムイオンが主要成分となっている。

しかし 1985 年調査と比較すると、硫酸イオンもカルシウムイオンもほとんどの地点で濃度が減少している。特に標高の高い銅沼は硫酸イオンの減少が著しい。銅沼は噴気孔に近く、そこから供給される硫黄化合物の供給量が減

少したことにより、硫酸イオン濃度が減少したものと推測される。なおイオン構成比率に大きな変化はなかった。また 2011 年以降は著しい変化はみられなかった。(項目ごとの経年変化は後述する。)

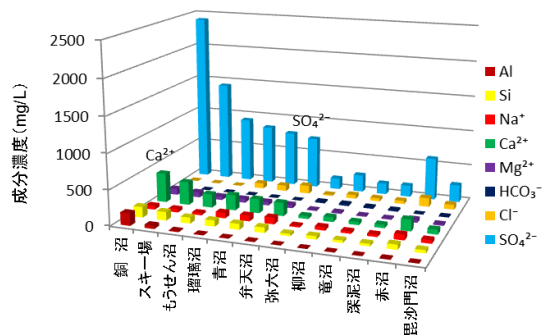


図2 主要成分濃度 1985年

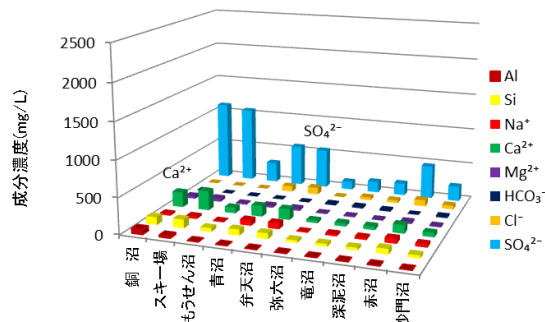


図6 主要成分濃度 2014年

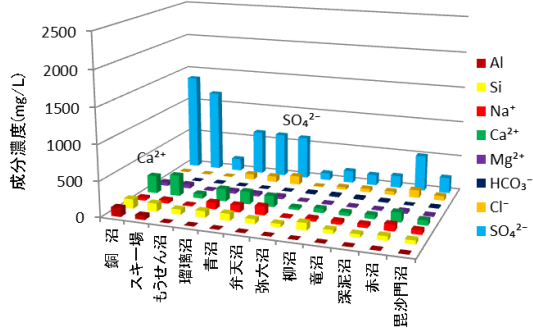


図3 主要成分濃度 2011年

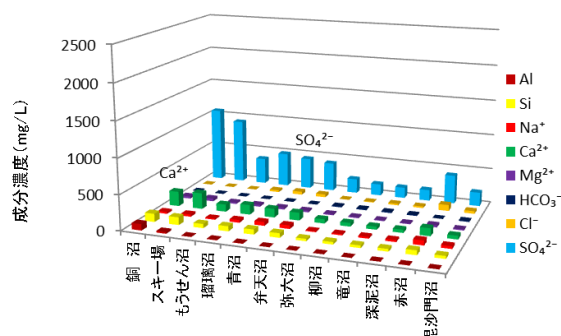


図7 主要成分濃度 2015年

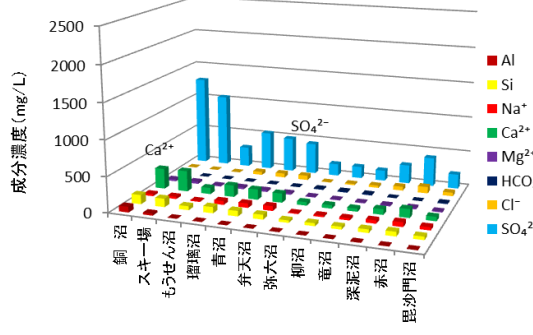


図4 主要成分濃度 2012年

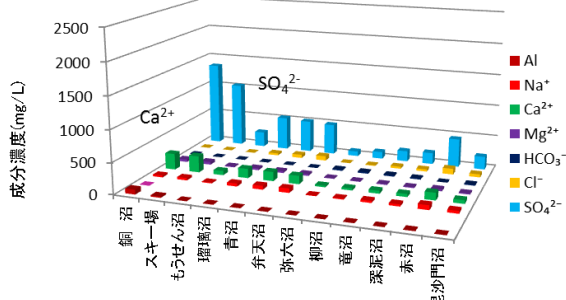


図8 主要成分濃度 2016年

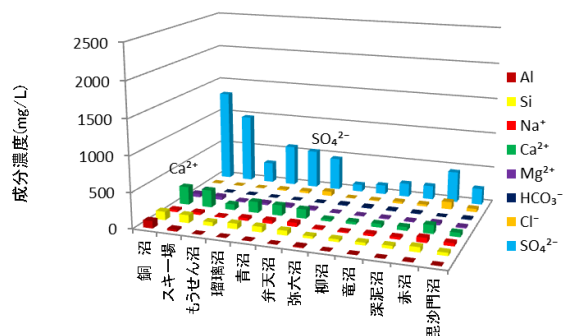


図5 主要成分濃度 2013年

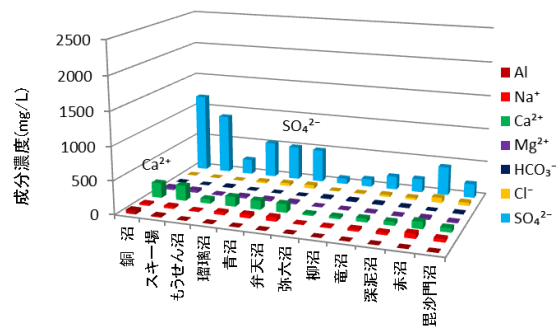


図9 主要成分濃度 2017年

2 各調査項目の結果と考察

(1) pH

図 10 に pH の経年変化を示す。

pH は柳沼流出部 (No. 13) と深泥沼流出部 (No. 18) を除く地点で 1985 年が最も低い pH 値を示している。

2011 年からの経年変化をみると青沼流出部 (No. 6)、弁天沼 (No. 7、No. 8)、もうせん沼 (No. 9)、深泥沼流出部

(No. 18) で変動がみられたが、年々上昇しているというような傾向はみられなかった。

その他の地点については横ばいであった。

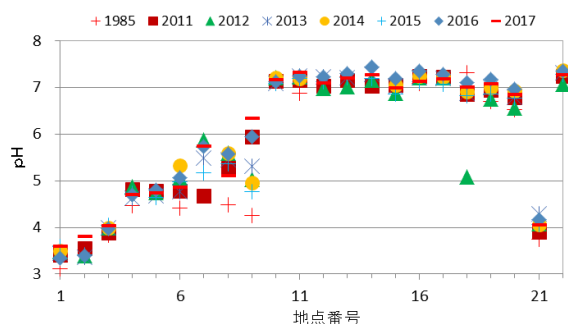


図10 pH値

(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湖沼は低い値であった(図 11)。この傾向は 7 年間変わっていない。

また経年変化をみると無名沼以外はほぼ横ばいである。

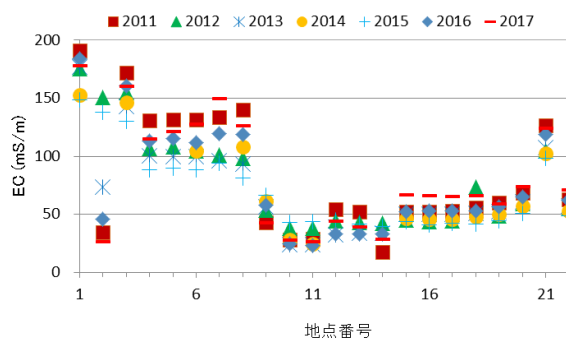


図11 電気伝導率 EC

(3) D0(溶存酸素)

図 12 に D0 の経年変化を示す。どの地点も多少の変動はあったが、7 年間で大きな変化はみられなかった。

また図 13 に D0 の季節変動を示した。本調査は 2 年おきに調査月を変えており、6 月調査 (2012 年、2015 年)、8 月調査 (2013 年、2016 年)、11 月調査 (2011 年、2014 年、2017 年) の異なる季節で実施している。調査月ごとの平均値を見てみると、ほとんどの地点で水温の低い 11 月は D0 値が高く、水温の高い 8 月は D0 値が低くなる傾向を示していた。6 月の D0 値は 8 月と 11 月の間にあることが多かったが、多少の変動は水温の影響によるものと思われる。

また赤沼 (No. 21) は、D0 値の低い状態が続いているが、これは赤沼が表流水の流入・流出に乏しく、酸素が溶け込みにくいためであると推察する。

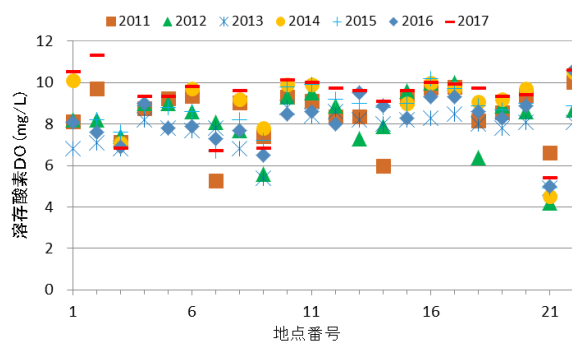


図12 溶存酸素 DO

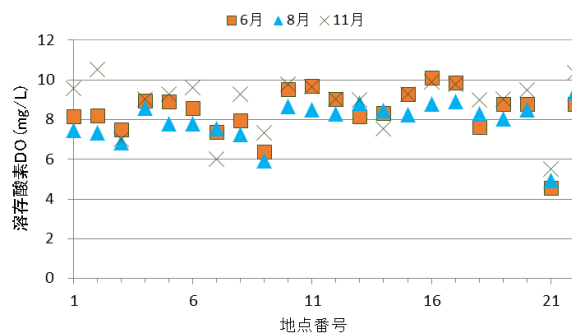


図13 DOの季節変動

(4) COD、TOC

COD 及び TOC はいずれも有機物の指標として用いられる。

図 14 に COD の経年変化を示す。赤沼 (No. 21) 以外の湖沼については 7 年間で大きな変化はみられなかった。

赤沼は年によってばらつきが大きい。赤沼は表流水の流入・流出に乏しい沼なので、調査前や調査時の気象状況 (降雨など) に影響を受けているのではないかとと思われる。

もうせん沼を除く柳沼系 (No. 10～No. 14) は例年他の湖沼より COD 値が高い傾向がある。柳沼系は他の湖沼に比べて有機物の生産活動が活発であると考えられる。

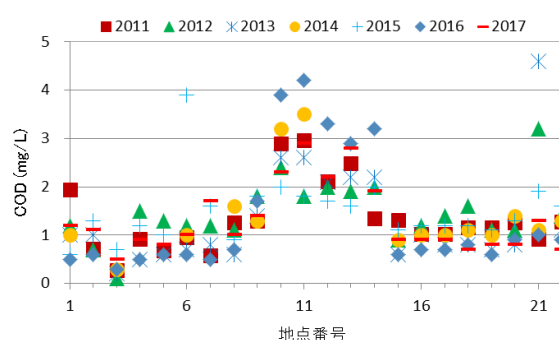


図14 COD

また TOC の経年変化を図 15 に示した。TOC は COD と同じような挙動を示していた。

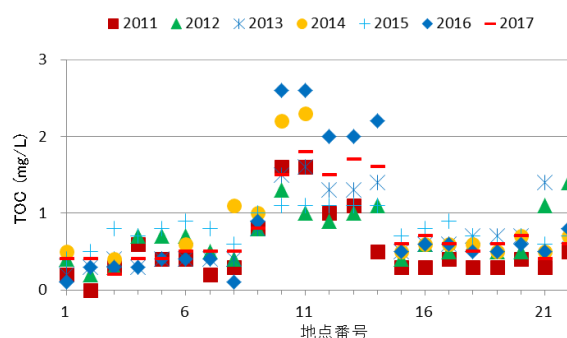


図15 TOC

(5) T-P、T-N 及びクロロフィル a

全リン (T-P) の経年変化を図 16 に示す。単発的に高くなる地点もあるが、年々上昇したり低下したりという傾向はみられず、同じような数値で推移している。また季節変動もみられなかった。

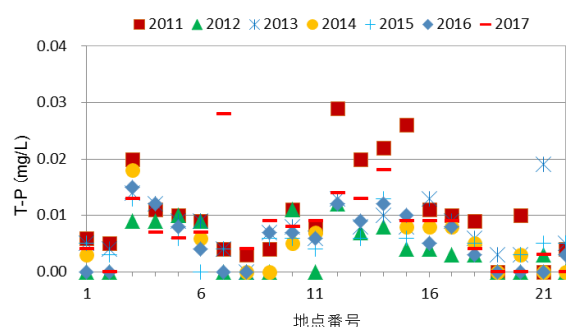


図16 全リン

図 17 に全窒素 (T-N) の経年変化を示す。

全窒素は年度ごとにばらつきがみられるが、2017 年の銅沼 (No. 1) の全窒素は 0.43mg/L でありこれまでの調査で最も高かった。銅沼は 2016 年調査でも他の地点に比べて高値を示していた。

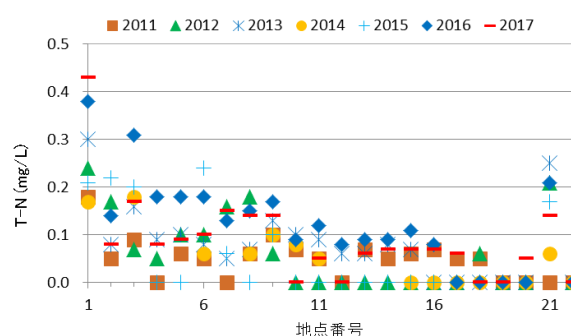


図17 全窒素

また 2011 年から 2015 年まで 5 年間実施したクロロフィル a の経年変化を図 18 に示す。クロロフィル a は藻類の存在量の指標になるものである。クロロフィル a は数値にばらつきがあり、季節変動もみられなかった。

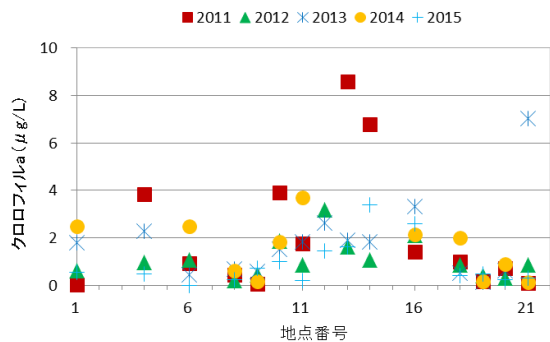


図18 クロロフィルa

(6) アルカリ度及び酸度

アルカリ度は、水中に含まれている炭酸水素塩や炭酸塩、水酸化物などのアルカリ分を表す指標である。

図 19 にアルカリ度の経年変化を示す。7年間大きな変動はなく、特徴としては、銅沼系湖沼及び赤沼で低く、弥六沼流入地点 (No. 10) から下流域の地点で高い値を示している。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 (No.9) から弥六沼 (No.10, 11) 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。

また、赤沼 (No. 21) は、銅沼系、柳沼系及び竜沼系湖沼のいずれにも属しておらず、アルカリ性の地下水の流入が少ないため、上流の酸性の水が希釈されずに流れてきているものと考えられる。

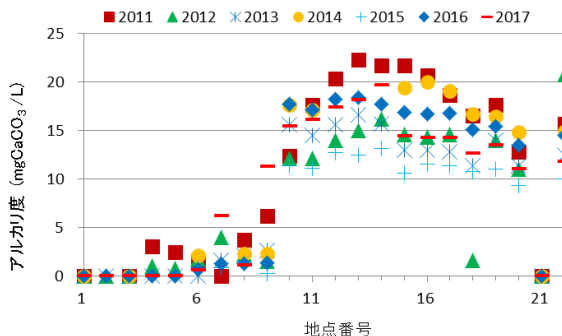


図19 アルカリ度

酸度は水中に含まれている炭酸、鉍

酸又は有機酸などの酸分を表す指標である。図 20 に酸度の経年変化を示す。その値は柳沼系及び竜沼系湖沼で低く、銅沼系は高い値を示している。この傾向は 7 年間を通して見られた。特に銅沼 (No. 1)、無名沼 (No. 2) 及びスキー場湧水 (No. 3) の 3 地点の値が高く、火口から供給される火山性の水質の影響によるものと推察される。

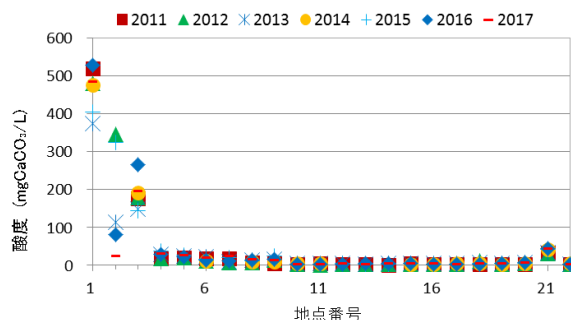


図20 酸度

(7) ケイ素

ケイ素は 2011 年から 2015 年にかけて 5 年間調査を行った。ケイ素をケイ酸 SiO_2 として求め、図 21 に経年変化を示した。

無名沼 (No. 2) や柳沼流出 (No. 13) で数値が単発的に変動する年度もあったが、その他の地点については横ばいであった。

ケイ素は標高の高い地点で高い値を示していた。

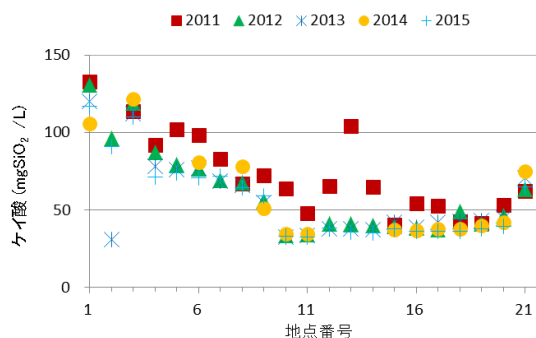


図21 ケイ酸

(8) 蒸発残留物

蒸発残留物の経年変化を図 22 に示す。1985 年調査で数値の高かった銅沼 (No. 1) やもうせん沼 (No. 9) は 2011 年調査で著しく減少し、その後はほぼ横ばいである。またその他の地点については減少又は横ばいで推移している。

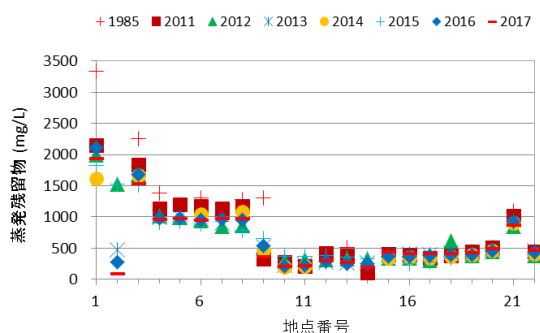


図22 蒸発残留物

(9) イオン成分

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る。図 23 に経年変化を示した。

各地点ともに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減少して推移している。

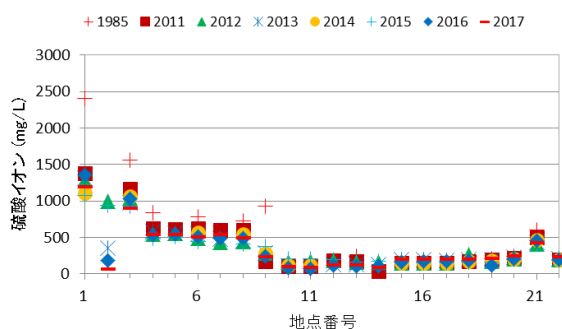


図23 硫酸イオン

また、硫酸イオンの多くは 2 価カチ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アルミニウム、鉄、マンガン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おおよそ 1 対 1 で相関が見られた。(図 24)

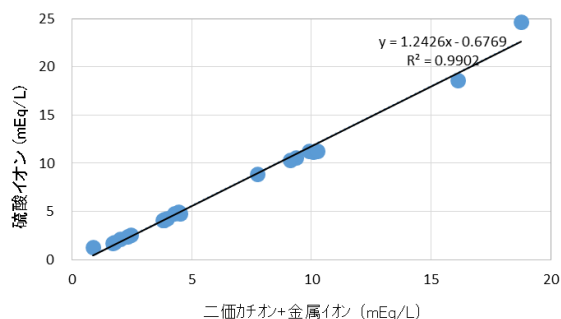


図24 硫酸イオン当量濃度と(金属+2価カチオン)イオン当量濃度との関係(2017年)

なお、カルシウム及びマグネシウムイオンは硫酸イオンに連動して濃度低下がみられた。(図 25、図 26)

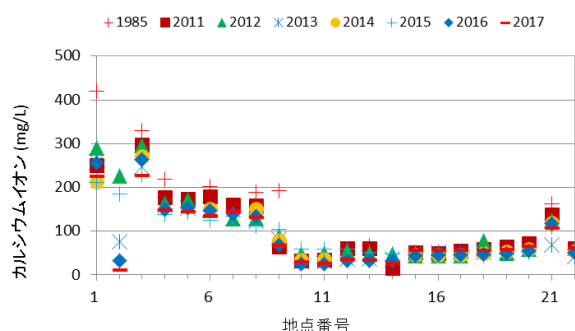


図25 カルシウムイオン

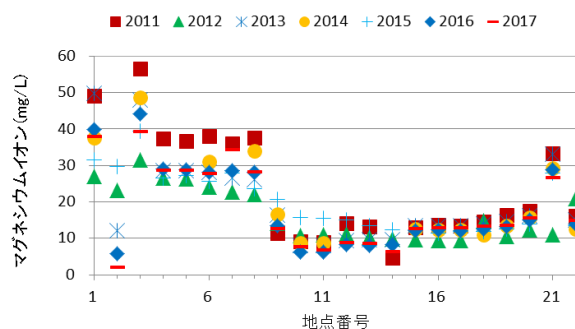


図26 マグネシウムイオン

ナトリウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオンの経年変化を図 27、図 28、図 29 に示す。どの項目も 2011 年の濃度が少し高めだが、その後はあまり変化することなく推移している。

またどの年度も下流になるにつれて濃度が上昇する傾向にあり、銅沼系及び柳沼系湖沼でこの傾向がみられた。

これらの物質は地下水から供給されているものと思われる。

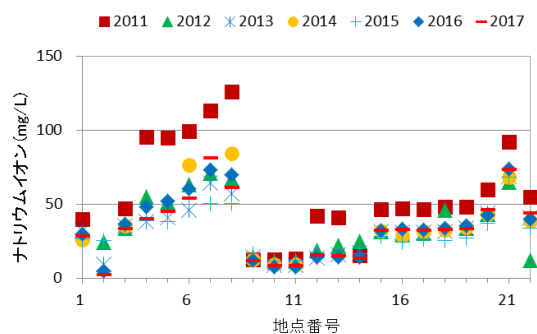


図27 ナトリウムイオン

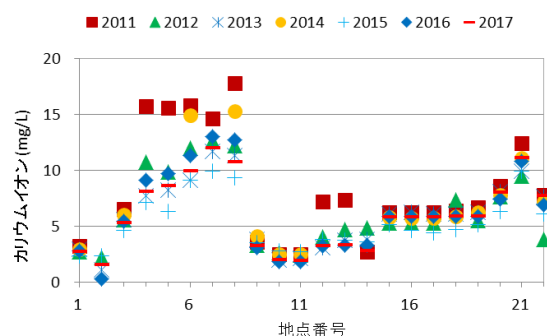


図28 カリウムイオン

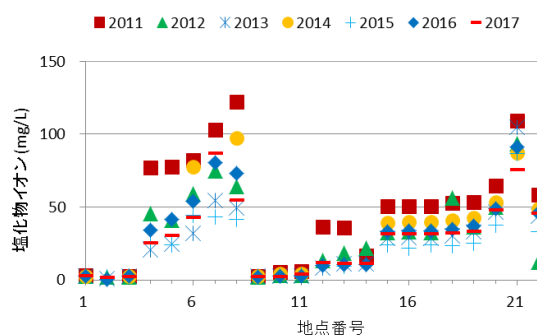


図29 塩化物イオン

(10) 金属成分

金属成分の経年変化を図 30～33 に示す。金属成分は上流の銅沼系に存在し、下流の柳沼系及び竜沼系では、ほとんど検出されていない。最も含有濃度の高い金属成分はアルミニウムであった。

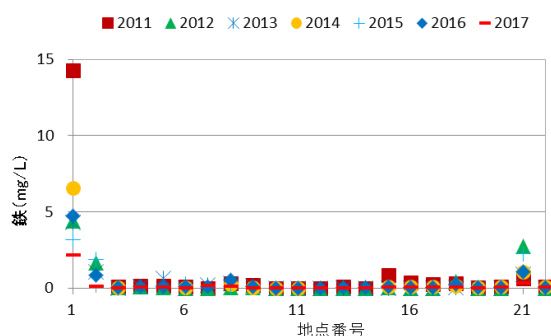


図30 鉄

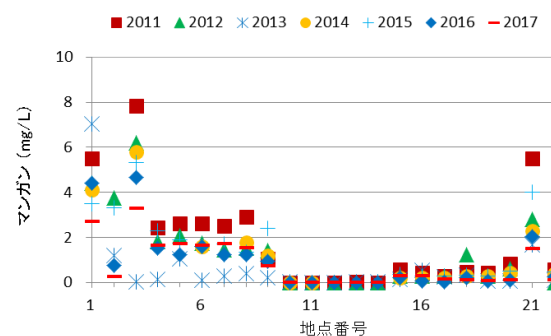


図31 マンガン

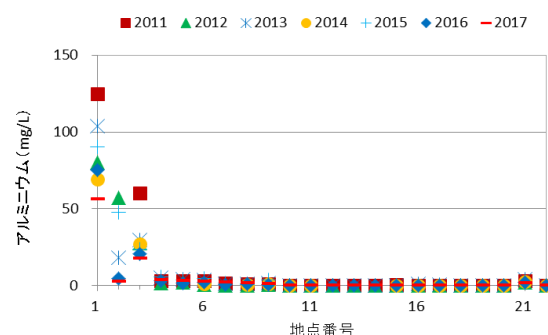


図32 アルミニウム

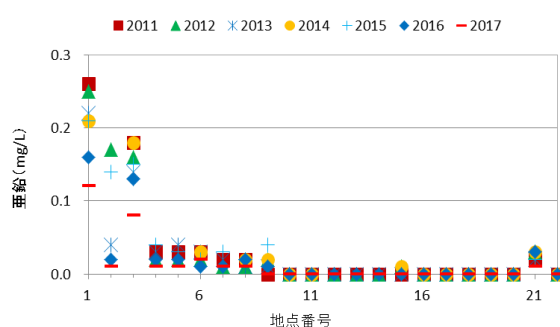


図33 亜鉛

また硫酸イオンと金属成分の間に正の相関がみられたことから(図 24)、上流で金属成分の濃度が高い要因の一つに、硫酸イオンが関係していると考えられる(表 2、図 34)。

噴気孔から供給される硫黄化合物が周囲の岩石から金属成分を溶出させるため、標高の高い湖沼で金属成分濃度が高い結果となったと考えられる。そして、溶出した金属成分は pH の上昇により不溶化し、湖底などに沈殿するため、柳沼系及び竜沼系湖沼の濃度が低かったものと推察される。

表 2 硫酸イオンと金属成分の相関係数

	Al	Fe	Mn	Zn
相関係数	0.82	0.57	0.86	0.91

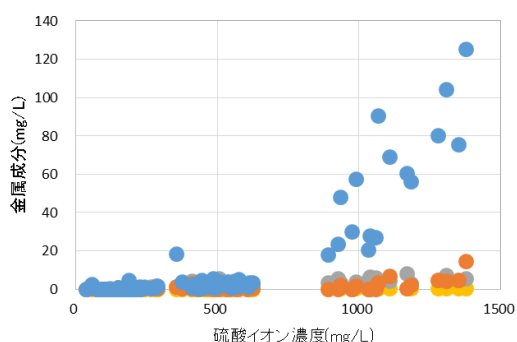


図34 金属成分濃度と硫酸イオン濃度(2011～2017年)

4 大腸菌群数と水質の関係

大腸菌群調査の経年変化を図 35 に示す。

過去 7 年間の調査によると、大腸菌群数は銅沼系湖沼では低く、柳沼系及び竜沼系は高い傾向にあり環境基準 A 類型 1000MPN/100mL を超える地点もいくつか見られる。

2012 年調査の石倉沼や 2016 年調査の長瀬川など単発的に高くなった年度もあったが、いずれの地点も上昇傾向にあるとは考えられなかった。

また 2014 年調査からは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。

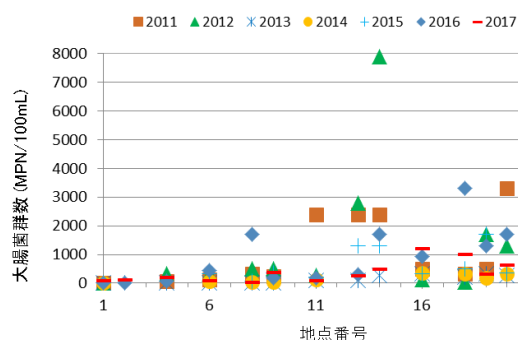


図35 大腸菌群数

(1) pH との関係

2011 年から 2017 年調査のデータを用いた散布図(図 36)では、pH と大腸菌群数との間に正の相関(相関係数 $R=0.67$) がみられた。

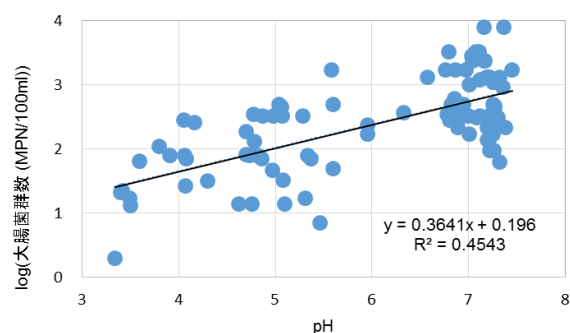


図36 pHと大腸菌群数(2011～2017年)

(2) 水温との関係

一般的に、水温及び気温が高い方が大腸菌群数は増加する傾向にあるが、水温と大腸菌群数の相関はみられなかった。

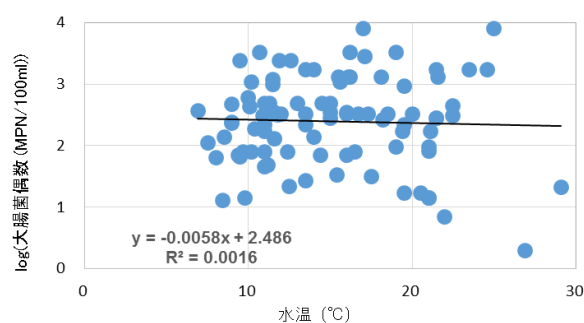


図37 水温と大腸菌群数(2011～2017年)

(3) 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。そこで水中の有機物の指標となる COD 及び TOC と大腸菌群数の比較を行ったが、水温と同様に、両者の間に相関性は確認できなかった(図 38、39)。

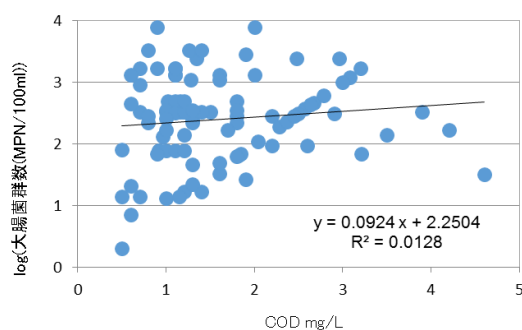


図38 CODと大腸菌群数(2011～2017年)

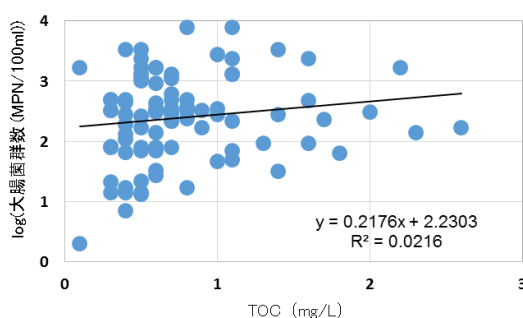


図39 TOCと大腸菌群数(2011～2017年)

(4) イオン成分との関係

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 $R=-0.59$)がみられた(図 40)。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。

前述したが、硫酸イオン濃度は1985年調査と比較すると低下しているため、硫酸イオン濃度低下の影響による大腸菌群数の増加が懸念さ

れる。

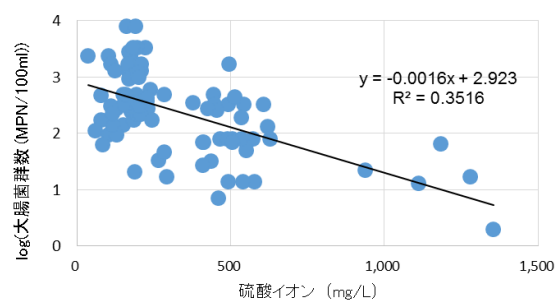


図40 硫酸イオンと大腸菌群数(2011～2017年)

炭酸水素イオンについては、正の相関(相関係数 $R=0.63$)が確認できた(図 41)。

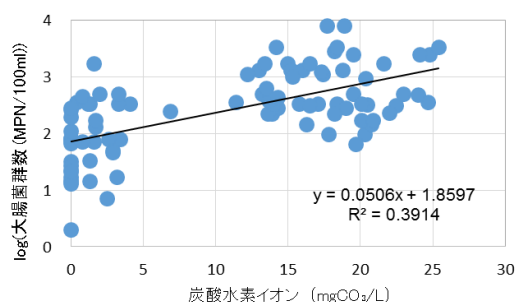


図41 炭酸水素イオンと大腸菌群数(2011～2017年)

IV まとめ

千葉らの1985年調査結果との比較や7年間の調査結果の経年変化について考察を行った。

(1) 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。

(2) pHは1985年調査時より上昇している地点が多かったが、2011年以降は

大きな変動は見られなかった。

1985年調査時と比べてpHが上昇したり、主要成分濃度が低下したのは、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。

(3) 2011年から2017年の調査では、大きく濃度変化があった項目はなく、この7年間では水質に大きな変化はなかった。

(4) 2011年から行った大腸菌群数の調査では、環境基準A類型1000MPN/100mLを超える地点が数地点あった。しかし環境基準超過の地点数が年々増加したり、大腸菌群数の数が年々増加しているといった傾向はみられなかった。

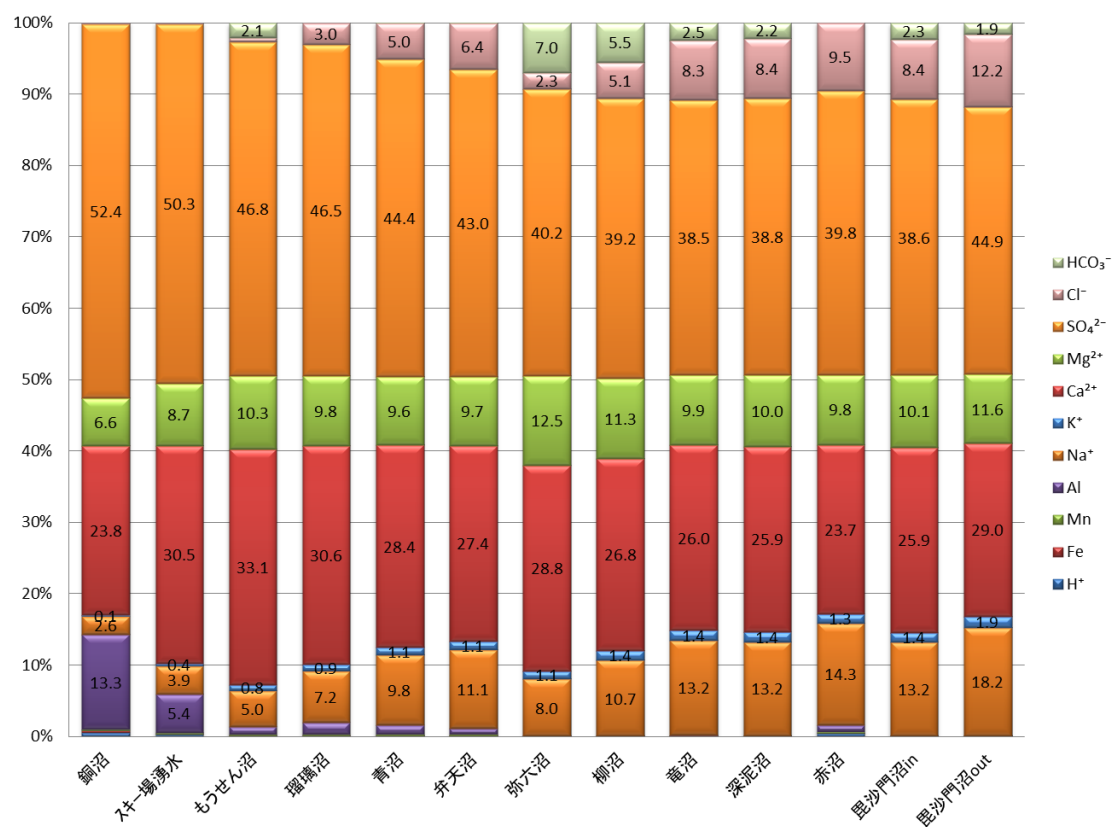
しかし大腸菌群数と硫酸イオンとの間に相関がみられたことから、今後、硫酸イオン濃度の低下による大腸菌群数の影響が懸念される。

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) 福島県(1985～2016)
水質年報
- 3) 平成27年度猪苗代湖調査研究事業等報告書、平成29年9月、6。

別表 1 五色沼湖沼群の構成イオン（イオン当量比）2017 年

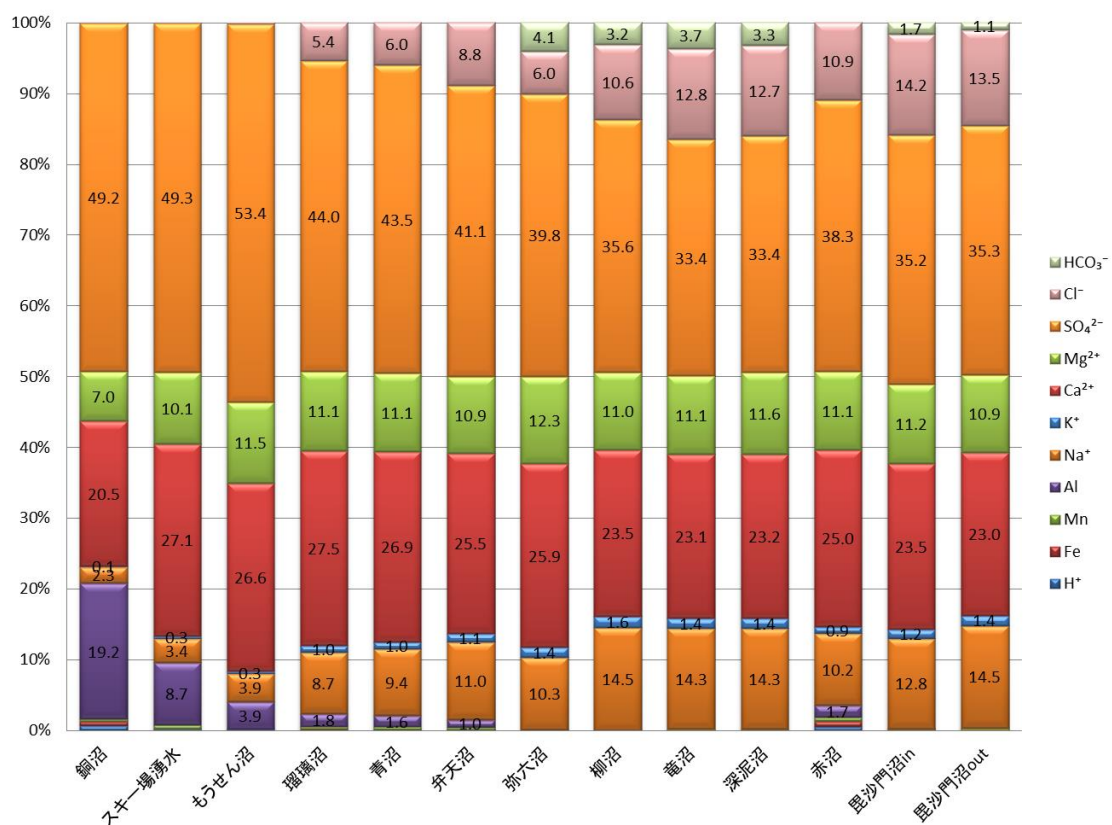
項目 (単位)	銅沼	スキー場湧水	もうせん沼	瑠璃沼	青沼	弁天沼	弥六沼	柳沼	竜沼	深泥沼	赤沼	毘沙門沼in	毘沙門沼out
H ⁺ (%)	0.5	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
Fe(%)	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Mn(%)	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
Al(%)	13.3	5.4	1.1	1.6	1.3	0.8	0.0	0.0	0.1	0.1	0.9	0.0	0.1
Na ⁺ (%)	2.6	3.9	5.0	7.2	9.8	11.1	8.0	10.7	13.2	13.2	14.3	13.2	18.2
K ⁺ (%)	0.1	0.4	0.8	0.9	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.9
Ca ²⁺ (%)	23.8	30.5	33.1	30.6	28.4	27.4	28.8	26.8	26.0	25.9	23.7	25.9	29.0
Mg ²⁺ (%)	6.6	8.7	10.3	9.8	9.6	9.7	12.5	11.3	9.9	10.0	9.8	10.1	11.6
SO ₄ ²⁻ (%)	52.4	50.3	46.8	46.5	44.4	43.0	40.2	39.2	38.5	38.8	39.8	38.6	44.9
Cl ⁻ (%)	0.2	0.2	0.6	3.0	5.0	6.4	2.3	5.1	8.3	8.4	9.5	8.4	12.2
HCO ₃ ⁻ (%)	0.0	0.0	2.1	0.0	0.1	0.1	7.0	5.5	2.5	2.2	0.0	2.3	1.9
総和 (meq/L)	47.0	36.9	10.1	23.9	23.7	23.9	4.3	6.1	10.7	10.8	22.3	11.0	13.2



別図 1 五色沼湖沼群の構成イオン（イオン当量比）2017 年

別表２ 五色沼湖沼群の構成イオン（イオン当量比）１９８５年

項目 (単位)	銅沼	スキー場湧水	もうせん沼	瑠璃沼	青沼	弁天沼	弥六沼	柳沼	竜沼	深泥沼	赤沼	毘沙門沼in	毘沙門沼out
H ⁺ (%)	0.7	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
Fe(%)	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	0.0	0.0
Mn(%)	0.3	0.6	0.0	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.2	0.2	0.5	0.2	0.3
Al(%)	19.2	8.7	3.9	1.8	1.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0
Na ⁺ (%)	2.3	3.4	3.9	8.7	9.4	11.0	10.3	14.5	14.3	14.3	10.2	12.8	14.5
K ⁺ (%)	0.1	0.3	0.3	1.0	1.0	1.1	1.4	1.6	1.4	1.4	0.9	1.2	1.4
Ca ²⁺ (%)	20.5	27.1	26.6	27.5	26.9	25.5	25.9	23.5	23.1	23.2	25.0	23.5	23.0
Mg ²⁺ (%)	7.0	10.1	11.5	11.1	11.1	10.9	12.3	11.0	11.1	11.6	11.1	11.2	10.9
SO ₄ ²⁻ (%)	49.2	49.3	53.4	44.0	43.5	41.1	39.8	35.6	33.4	33.4	38.3	35.2	35.3
Cl ⁻ (%)	0.1	0.1	0.2	5.4	6.0	8.8	6.0	10.6	12.8	12.7	10.9	14.2	13.5
HCO ₃ ⁻ (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	3.2	3.7	3.3	0.0	1.7	1.1
総和 (meq/L)	102.1	60.5	36.1	39.8	37.3	37.0	8.3	14.3	9.6	10.2	32.5	14.5	0.0



別図２ 五色沼湖沼群の構成イオン（イオン当量比）１９８５年

付表 1 調査項目ごとの測定方法と結果の表示方法

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。
EC	JIS 13 電気伝導度計	mS/m	—	小数点以下1桁 (2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)	—	
大腸菌数	特定酵素基質培地QTTレイMPN法(コリラート法) (最確数による定量法)	MPN/100mL	(0)	—	※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。
全窒素	昭和46年環境庁告示第59号 (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 ヘルオキソニ硫酸ナトリウム分解法)	mg/L	0.003	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	
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)	
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)	
酸度	上水試験方法 14.3	mgCaCO ₃ /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	mgCaCO ₃ /L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
TOC	JIS K0102 22 燃烧酸化一赤外線式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)	0.45μ mのメンブランフィルターにてろ過したもの を試料とした。
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)	
Si	JIS K0101 44.3.1 モリブデン青吸光度法	mgSiO ₂ /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 42.5 イオンクロマトグラフ法	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 ⁻	衛生試験法 4.1.1.3 (10) 2) 中和滴定法	mg/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
クロロフィルa	上水試験方法 VI-4 27	μ g/L	(0.00)	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	2015年まで測定
Si	JIS K0101 44.1.2 モリブデン青吸光度法	mgSiO ₂ /L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	2015年まで測定

付表 2 平成 29 年度調査結果一覧

No	湖沼等名・採水地点名																22
	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	湖沼等名	
現地調査結果	採水年月日	2017/11/6	2017/11/6	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14	2017/11/14
	採水時刻	10:05	10:19	10:52	10:40	10:05	9:40	9:45	9:25	10:00	10:12	12:10	12:10	11:45	10:10	10:28	11:35
	天候	晴れ	晴れ	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	雨	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り
	気温	15.9	15.0	17.2	12.0	11.5	11.2	11.3	14.2	15.4	15.6	9.3	11.0	12.0	11.5	12.4	12.3
	水温	9.5	7.5	13.6	10.4	11.0	9.4	9.8	6.9	8.5	8.0	9.3	9.0	9.0	11.5	10.9	10.0
	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
	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	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	透明	透明	透明	透明
	透明度	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
	採水場所・採水方法等	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取	中央部(シャバ)の水深約20mにあり、水深約1mの水深で採取
採水地点の状況等	採水位置	GPS	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"	N37° 31' 42" E140° 04' 50"
	採水深	m	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	流量	m ³ /s	0.0002	0.0002	0.123	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989
	備考																
	pH		3.59	3.80	4.02	4.70	4.74	4.86	5.74	5.74	5.10	7.20	7.20	7.27	6.99	7.12	7.18
	EC		176.0	26.2	160.1	114.9	121.3	127.4	149.1	149.1	125.7	43.5	38.9	28.4	66.3	65.4	65.1
	COD	mg/L	12	1.1	0.5	0.9	0.8	1.0	1.7	1.0	1.4	2.3	2.9	2.8	0.9	0.9	0.9
	大腸菌群数	MPN/100mL	65	110	190	190	190	70	70	14	14	370	63	230	470	1200	1000
	大腸菌数	MPN/100mL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	T-N	mg/L	0.43	0.08	0.17	0.08	0.09	0.10	0.15	0.14	0.14	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07	0.06
分析結果	T-P	mg/L	0.004	<0.003	0.013	0.007	0.006	0.007	0.028	0.028	0.028	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
	DO	mg/L	10.5	11.3	6.8	9.3	9.3	9.8	6.7	9.6	9.6	6.8	10.1	10.0	9.7	10.0	9.9
	蒸発残留物	mg/L	1930	85	1520	959	963	940	984	973	360	196	206	285	263	188	432
	酸度	mgCaCO ₃ /L	485.0	25.5	197.0	30.5	26.5	20.2	25.0	16.1	13.9	3.6	3.5	4.9	3.4	4.4	4.0
	7日pH度	mgCaCO ₃ /L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.2	1.1	11.3	15.4	16.1	17.4	18.1	19.7	14.4
	TOC	mg/L	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.8	1.5	1.8	1.5	1.7	1.6	0.7
	F ₀	mg/L	2.15	0.10	0.01	0.04	0.03	0.02	0.15	0.09	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
	Mn	mg/L	2.68	0.25	3.29	1.64	1.71	1.62	1.71	1.53	0.72	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
	Al	mg/L	56.11	2.53	17.81	3.53	3.35	2.68	1.87	1.75	1.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
	Zn	mg/L	0.12	0.01	0.08	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
分析結果	Na ⁺	mg/L	280	2.0	33.4	39.8	44.6	53.5	80.8	60.7	11.7	8.0	8.0	8.0	15.4	32.9	32.1
	K ⁺	mg/L	2.73	1.52	5.35	8.11	8.67	9.91	12.07	10.71	3.23	2.00	1.92	3.29	3.30	2.84	5.87
	Ca ²⁺	mg/L	224.6	10.4	226.2	147.1	144.5	135.4	143.9	131.6	67.0	28.1	25.1	34.9	32.9	24.3	55.3
	Mg ²⁺	mg/L	37.8	2.0	39.2	28.5	28.5	27.7	34.2	28.2	12.6	7.6	6.6	8.8	8.4	6.3	12.6
	NH ₄ ⁺	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	<0.05
	F ⁻	mg/L	1.87	0.10	1.27	0.75	0.74	0.74	0.57	0.64	0.32	0.25	0.23	0.27	0.26	0.21	0.31
	SO ₄ ²⁻	mg/L	1184.2	58.3	893.3	535.5	538.3	506.9	540.5	483.0	227.1	99.3	83.9	122.7	115.2	79.2	194.7
	NO ₃ ⁻	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
	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
	Cl ⁻	mg/L	2.5	1.2	2.2	25.4	30.1	42.4	86.6	54.3	2.1	2.0	3.6	11.5	31.1	31.4	31.4
	HCO ₃ ⁻	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	7.6	1.3	13.7	18.8	19.7	21.2	17.3	15.3	16.5

※1 採水地点の参考とするため、採水した場所のおおよその水深を記録する。

※2 流水時で採取した場合のみ、流量を測定する。

※3 本調査結果は各湖沼の代表地点(原則として流出部)で測定する。

※4 採水位置は湖地帯がWS84、座標の表記は緯分秒(00" mm ss")を採用した。