

平成28年度猪苗代湖調査研究事業等報告書

平成29年 9月

福島県環境創造センター

目 次

1	猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査……	3
2	猪苗代湖大腸菌群数超過対策調査……	2 1
3	猪苗代湖全湖水面調査……	3 5
4	湖沼における難分解性有機物調査……	4 5
5	猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査……	5 4
6	裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査……	5 9

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 |

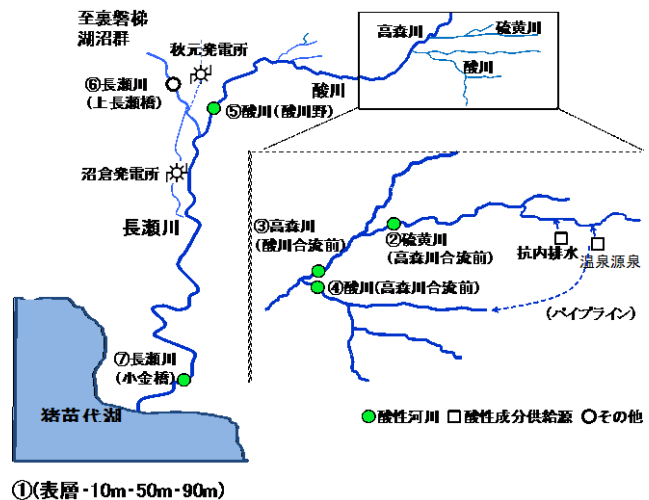


図1 調査地点

なお、長瀬川(小金橋)は原則として発電所の放流の影響を受けない時間帯に調査を行った。

4 調査時期

3-(1)の地点：4月13日、6月22日、8月25日、10月12日

3-(2)～(7)の地点：4月25日、6月17日、8月19日、10月25日、12月16日、2月15日

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：吸光度法

- (5) Fe、Mn、Al、Zn : ICP/AES 法
- (6) Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、NH₄⁺、F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻ : イオンクロマトグラフ法
- (7) TOC : 燃焼酸化-赤外線分析方式
- (8) chl-a : アセトン抽出による吸光度法

7 結果及び考察

平成 28 年度の現地調査結果を別紙 1-1 及び 1-2 に、分析結果を別紙 2 及び別紙 3 に示す。

(1) 猪苗代湖湖心について

ア 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 10~20m に水温躍層が形成され、10 月には水温躍層が水深 20~30m 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 24.5 °C であった。

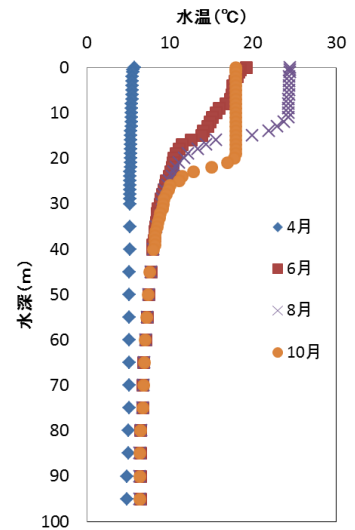


図 2 鉛直水温

(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 7.08 で、最小値は 10 月の水深 90m における 6.52 であった。

水深ごとに pH の季節変動をみると、表層は 6.80 ~ 7.05、水深 10m は 6.80 ~ 7.08、水深 50m は 6.77 ~ 6.84、水深 90m は 6.52 ~ 6.77 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。

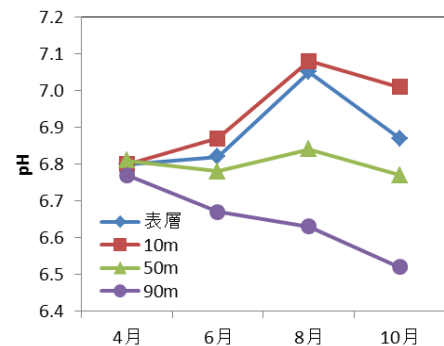


図 3 pH の季節変動

(ウ) T-N、T-P

T-N の調査結果を図 4 に、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N (窒素換算した濃度) の合算値の結果を図 5 に示す。NO₃⁻、NO₂⁻ 及び NH₄⁺ 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 10 月水深 50m の 0.24 mg/L であり、最小値は 8 月表層の 0.13 mg/L であった。水温躍層形成前の 6 月までは 4 層ともほぼ同じ値であったが、水温躍層形成後の 8 月及び 10 月は水温躍層の下層部(50m、90m)で値が高く、上層部(表層、10m)で低くなり差が見られた。

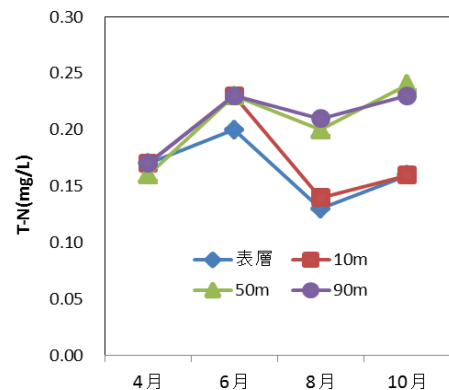


図 4 T-N の季節変動

NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値も水温躍層形成後に水温躍層の上下で差が見られた。

上層部(表層、10m)は8月までは徐々に濃度が低下し、10月になってやや上昇した。下層部(50m、90m)は例年と同様に4月から10月までほぼ一定だった。

T-P は過去のデータと同じく、すべての水深、調査月で 0.003mg/L 未満であった。

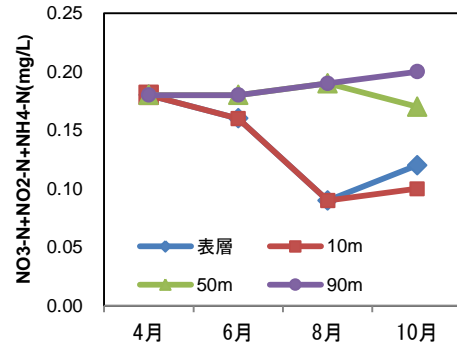


図5 NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動

(エ) イオン成分

陽イオン(Ca²⁺、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。

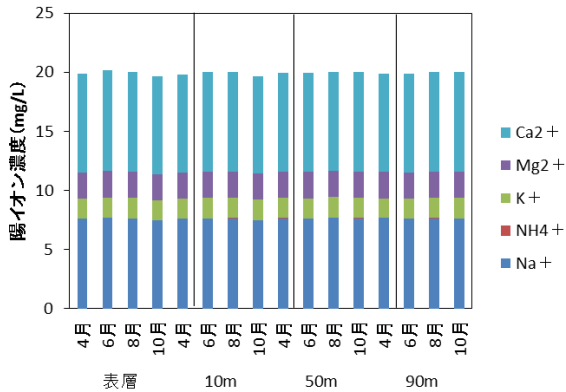


図6 陽イオン成分の水深別季節変動

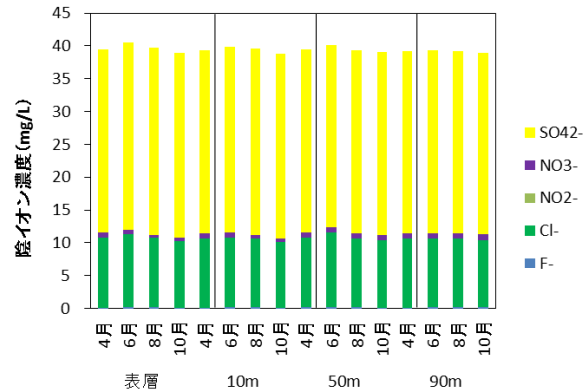


図7 陰イオン成分の水深別季節変動

(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6月表層の104%であり、最も低くなったのは8月水深90mの81%であった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の4月は全層ほぼ同じ値であったが、水温躍層形成後の8月及び10月には、上層部(表層、10m)ではDO飽和率が高い値(97~100%)を維持しているが、下層部(50m、90m)では徐々に低い値(81~92%)となり差が見られた。

これは例年と同様の傾向であった。

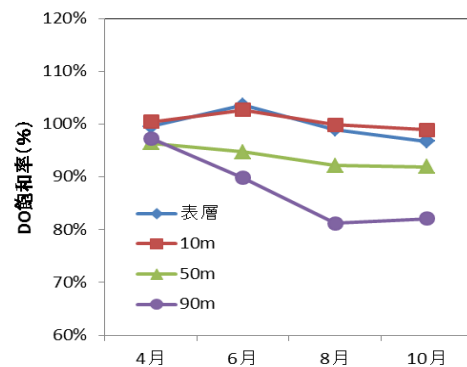


図8 DO 飽和率の季節変動

(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、Al 及び Mn それぞれの溶存態と懸濁態の季節変動を図 9～11 に示す。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 0.02mg/L の範囲だった。(図 9)

Mn は、4 月は表層、10m 及び 50m で懸濁態、90m は溶存態として検出され、10 月は 50m が溶存態、90m が懸濁態で検出された。6 月と 8 月は全層で検出されなかった。また、水深 90m 層において、平成 19 年度以降 10 月に 0.08～0.31mg/L と高い値を示す傾向が続いていたが、今年度はその傾向が見られなかった。(図 10)

Al は、0.01mg/L 未満から 0.04mg/L の濃度範囲で推移しており、懸濁態と溶存態の両方で検出された。(図 11)

Zn は、表層でのみ検出され、4 月は懸濁態、8 月は懸濁態と溶存態で検出された。一方 10m 以下の各層ではいずれの月も検出されなかった。

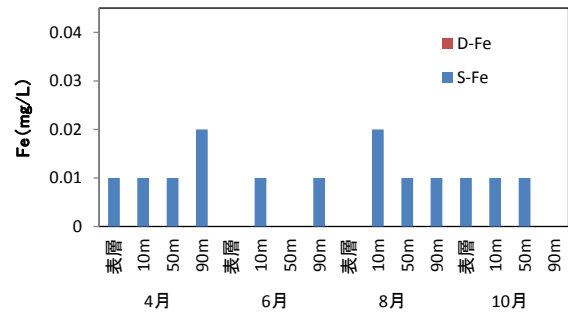


図 9 Fe の季節変動

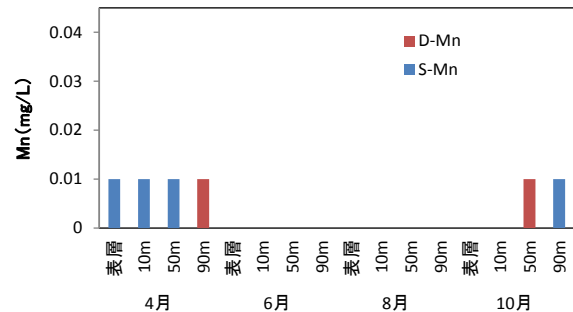


図 10 Mn の季節変動

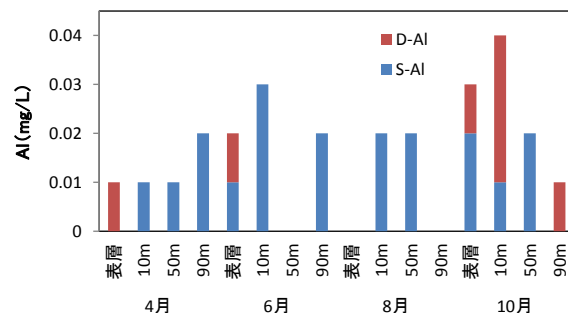


図 11 Al の季節変動

(キ) TOC

TOC の季節変動を図 12 に示す。

最も高い値は 10 月の水深 10m で 0.77mg/L であり、最も低い値は 6 月の水深 50m 及び 90m で 0.49mg/L であった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の 4 月は全層ほぼ同じ値であったが、6 月から 10 月にかけて表層及び水深 10m の値が上昇した。水深 50m 及び 90m は 4 月から 6 月に一旦下降しその後上昇していた。

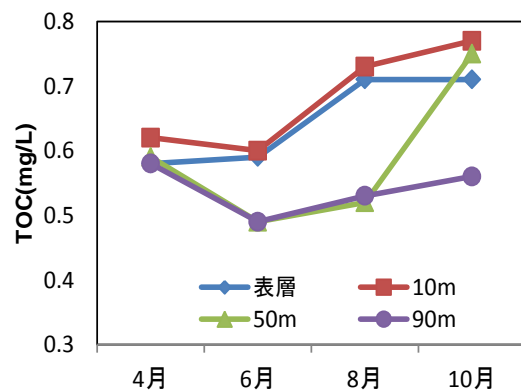


図 12 TOC の季節変動

イ 経年変化

(ア) pH (平成元～28年度)

pHの年平均値の経年変化を図13に示す(注1)。平成元～7年度までは5.0～5.1の範囲にあり、平成8年度以降、年々上昇したが、平成21年度以降は6.8前後の値でほぼ横ばいとなっている。平成28年度のpHの年平均値は6.88であった。

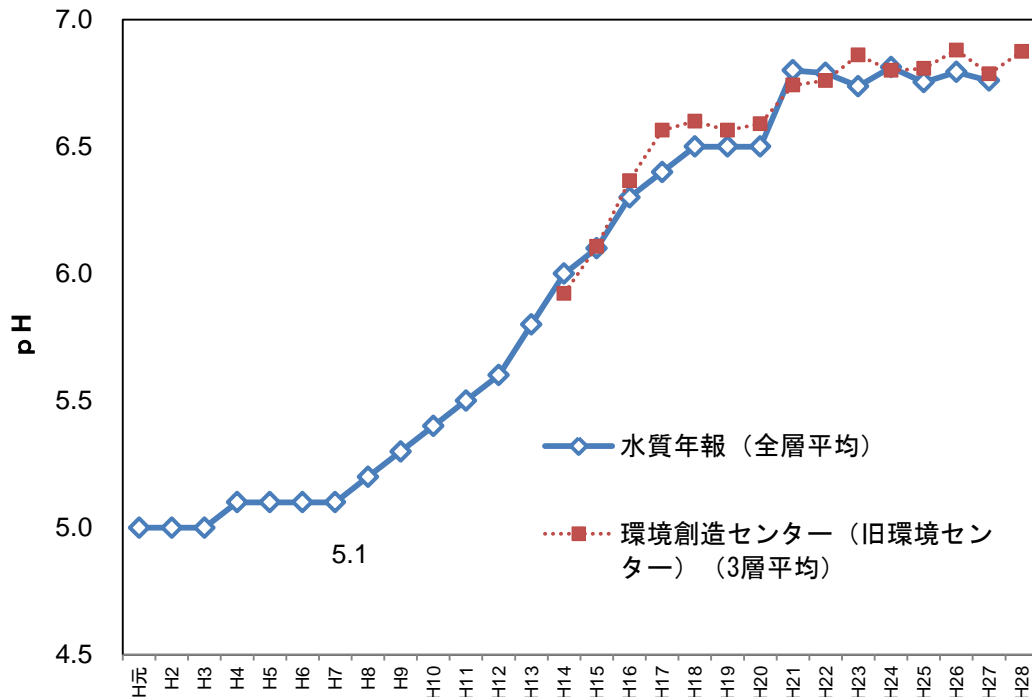


図13 pH経年変化

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13～28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年から平成28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28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28年度は平成27年度とほぼ同じ値であった。

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、その後増加傾向に転じていたが、平成27年度には平成18年度の量程度まで減少し、平成28年度は横ばいだった。一方、 Cl^{-} は平成18年度以降上昇が続いていたが、平成26年度から横ばいとなっている。

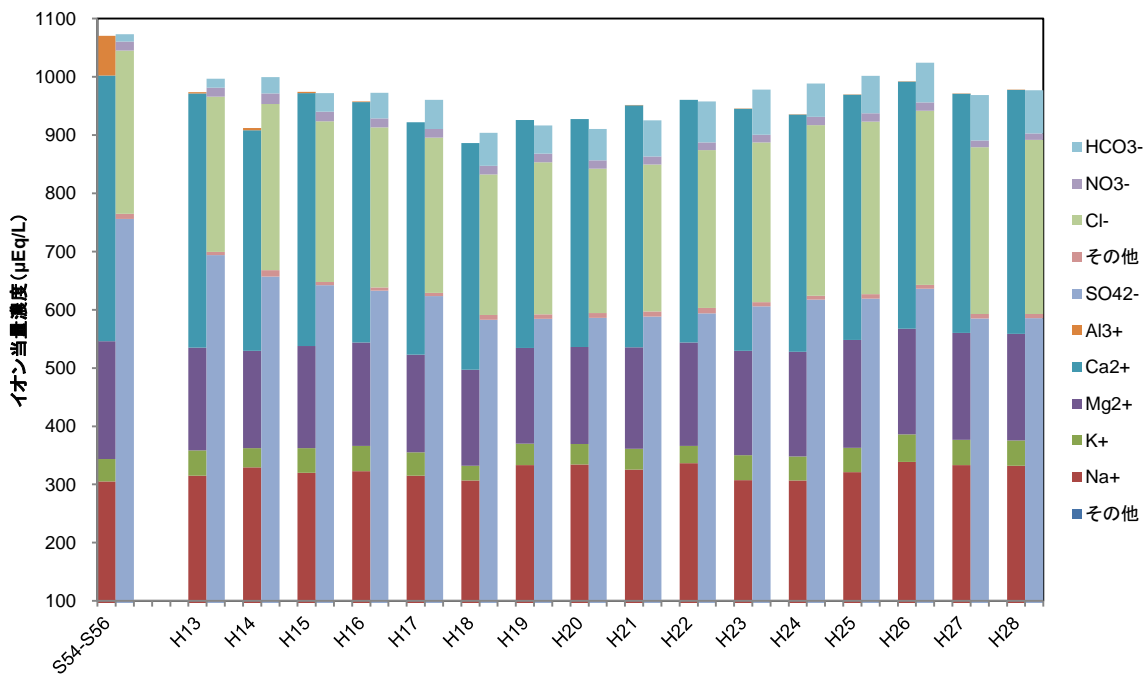


図 14 イオン当量濃度の経年変化 (3層平均)

表層の pH 及びアルカリ度の経年変化を図 15 に示す。平成 28 年度のアルカリ度は 4.25～4.88 mgCaCO₃/L であった。経年的には緩やかな増加傾向となっている。平成 27 年度の 8 月及び 10 月に急激に増加したが、平成 28 年度は変動が小さかった。

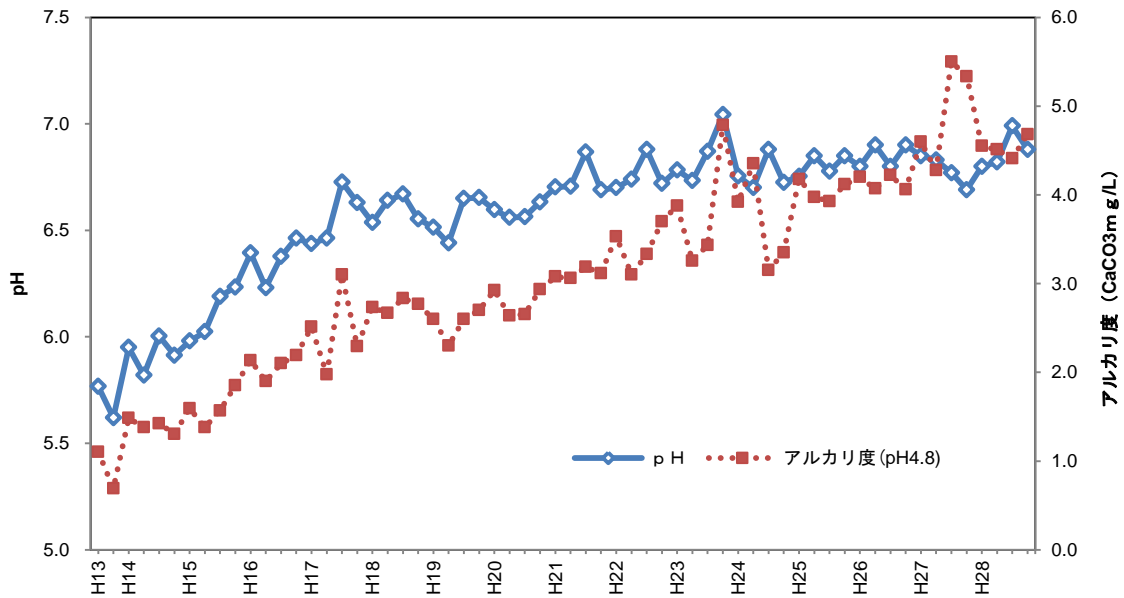


図 15 pH 及びアルカリ度の経年変化 (3層平均)

(ウ) TOC (平成 19～28 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、それ以降は横ばいで推移していたが、平成 28 年度は増加していた。

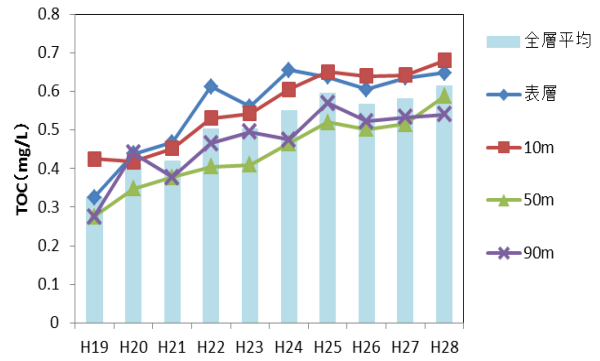


図 16 TOC の層別年平均値及び全層年平均値の経年変化

(エ) T-N (平成 14～28 年度)

4 月表層、50m、10 月表層、50m の経年変化は、T-N はばらつきが大きかったが、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N の合算値は 4 月、10 月共に減少する傾向を示した。(図 17)

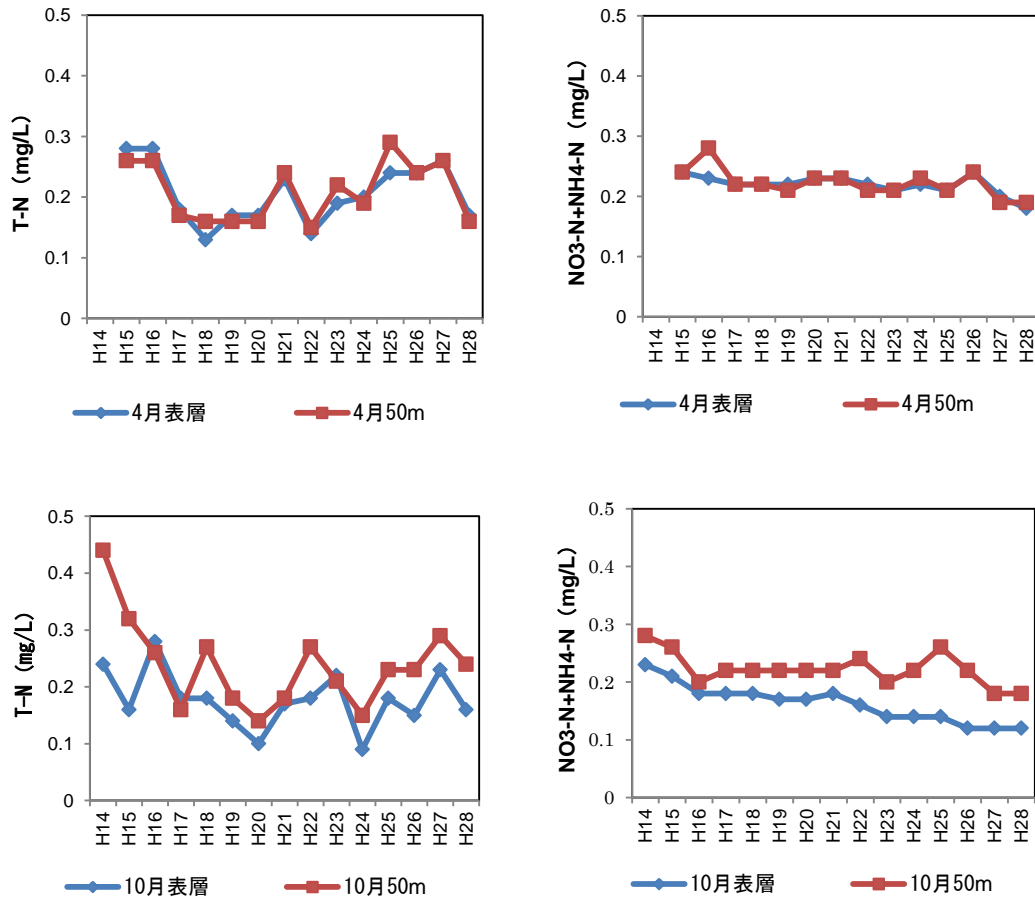


図 17 T-N 及び NO₃-N、NH₄-N の経年変化

(2) 流入河川について

猪苗代湖流入河川の調査結果を別紙 3-1 及び 3-2 に示す。調査地点の概要は、旧硫黄鉱山坑内排水の影響を受ける強酸性の硫黄川が高森川と合流した後、沼尻・中ノ沢温泉の影響を受ける酸川へ合流している。硫黄川、高森川、酸川本川が合流した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。

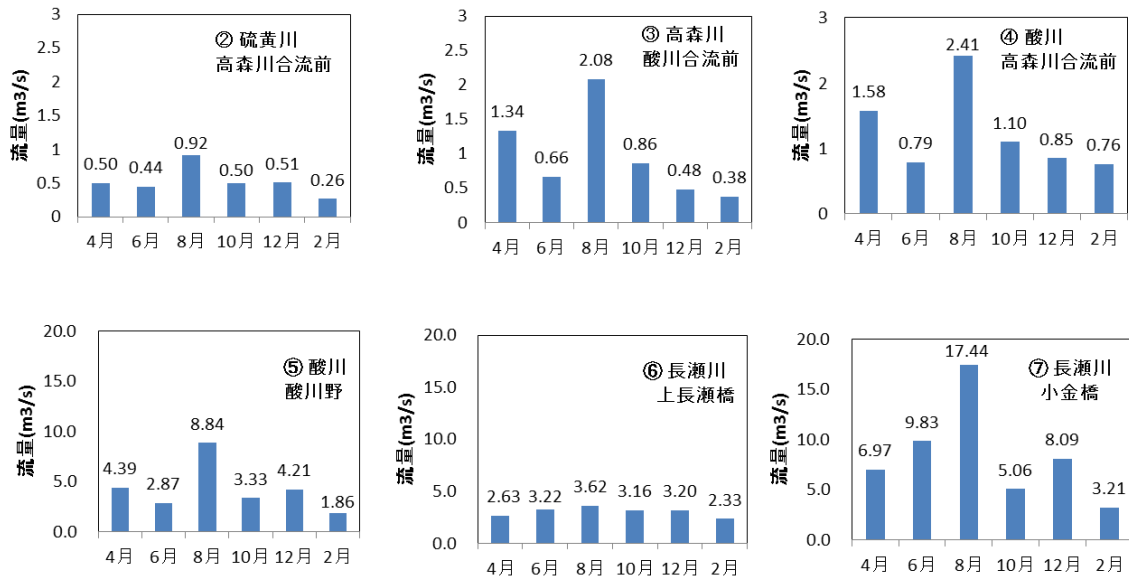


図 18 各河川の流量の季節変動

調査対象河川の概要及びそれぞれの河川における pH、流量、アルカリ度負荷量、鉍酸酸度負荷量の平均値を図 19 に示す。

平成 28 年度は、8 月の流量が多かった。② 硫黄川（高森川合流前）では全項目の平均値が、⑤ 酸川（酸川野）では鉍酸酸度負荷量の平均値が平成 18 年度から平成 27 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 27 年までの年平均値の最小値と最大値の範囲内であった。

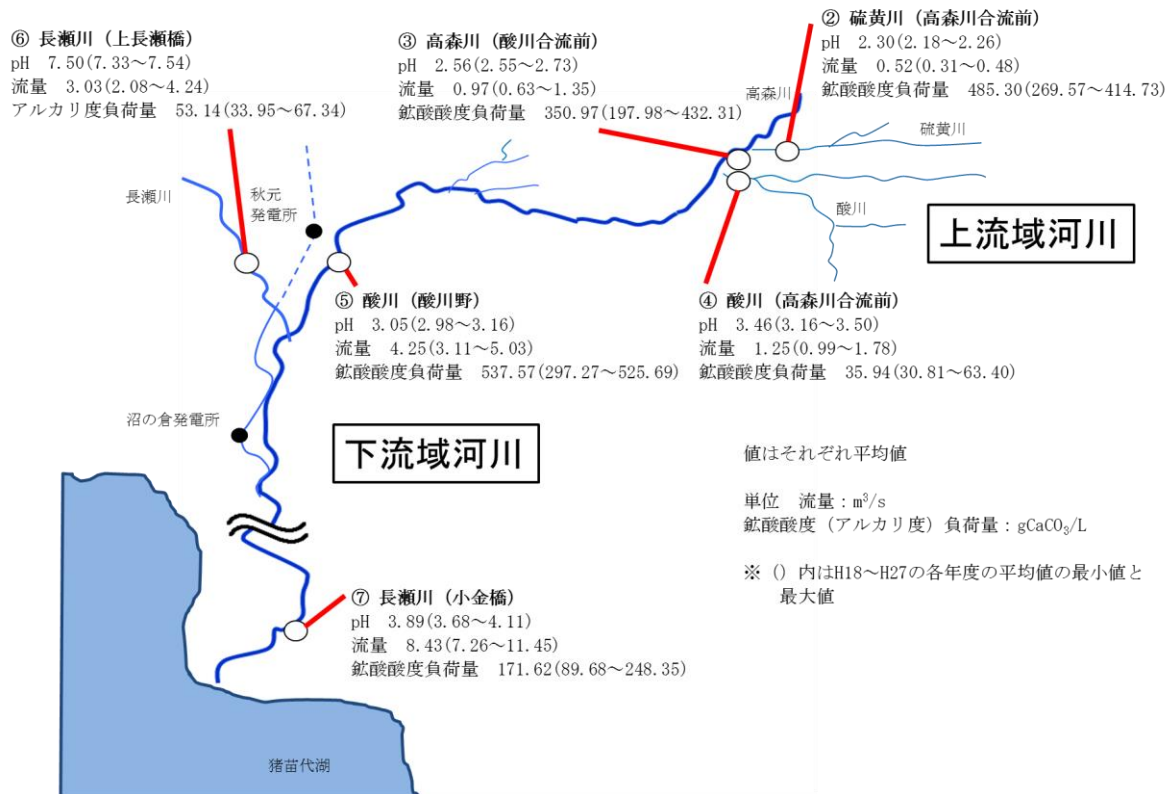


図 19 調査対象河川の概要

ア 季節変動

(7) 金属成分

調査対象河川における全量溶存態 (D-) の Fe、Al 及び Mn のそれぞれの負荷量の季節変動について、また全量 (T-) から溶存態を引いた値を懸濁態 (S-) として算出した負荷量及び流量の季節変動について図 20、図 21 及び図 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) は溶存態の割合が高く、長瀬川との合流後の⑦ 長瀬川 (小金橋) では懸濁態の割合が上昇している。これは例年と同様の傾向であり、酸川と長瀬川の合流による pH の上昇に伴い、Fe 等の金属イオンの一部が不溶化したためと考えられる。

Mn 及び Al について、上流域河川及び⑤ 酸川 (酸川野) は 8 月を除いて全負荷量に占める溶存態の割合が高かった。

裏磐梯湖沼群を源とする⑥ 長瀬川 (上長瀬橋) では、上流域河川よりは懸濁態の割合が高い傾向であったが、負荷量は小さく明確な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の影響を受け、⑤ 酸川 (酸川野) と同様に 8 月を除いて溶存態として存在する割合が高かった。8 月に懸濁態が多いのは、採水時に流量が多く、水が濁っていたことが原因と考えられる。

Zn については、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。

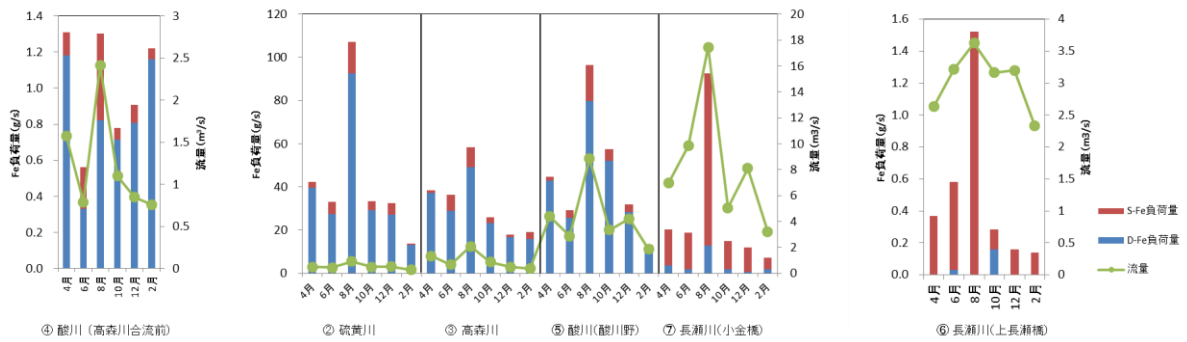


図 20 Fe 負荷量の季節変動

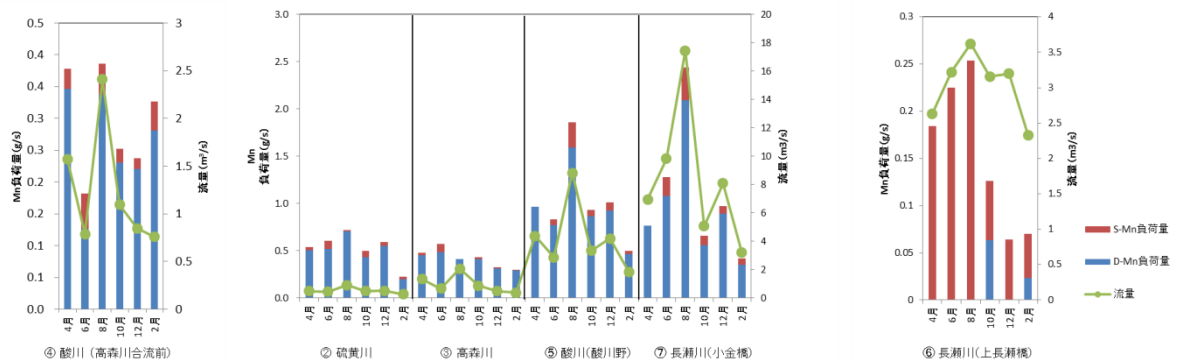


図 21 Mn 負荷量の季節変動

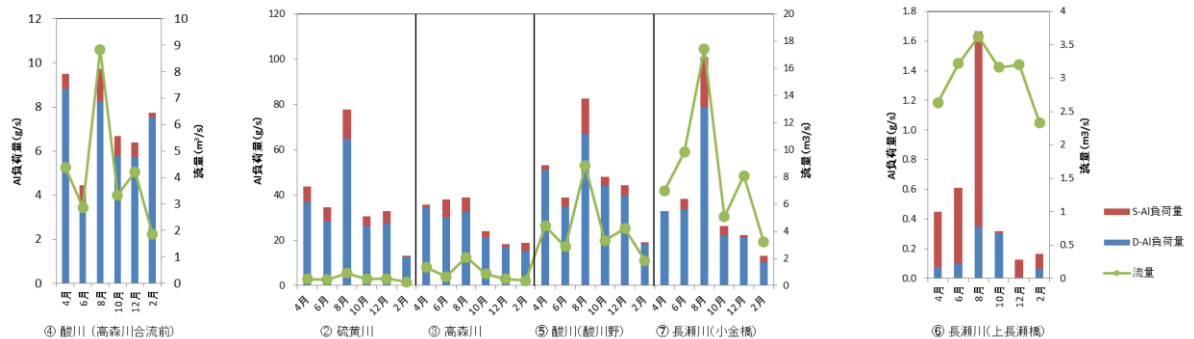


図 22 Al 負荷量の季節変動

(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)、③ 高森川(酸川合流前) は約 78~87%と高かった。⑤ 酸川(酸川野) は約 62~83%、⑦ 長瀬川(小金橋) は約 14~58%であり下流になるにつれて低い割合となった。流量の多い 8 月は全地点で高めの傾向であったが、季節による変動はなかった。

⑥ 長瀬川(上長瀬橋) のアルカリ度負荷量は約 43~67gCaCO₃/s であった。季節による変動はなく流量の変化に伴った増減がみられた点は、例年と同じであった。

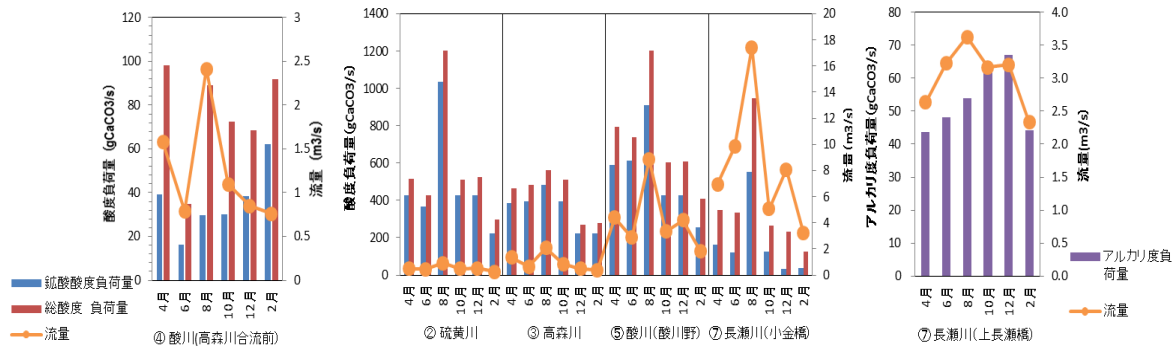


図 23 酸度負荷量及びアルカリ度負荷量の季節変動

(ウ) イオン成分負荷量

上流域河川 3 地点における Cl⁻及び SO₄²⁻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 SO₄²⁻負荷量が Cl⁻負荷量より大きく、SO₄²⁻負荷量と Cl⁻負荷量の割合は一定であり、一部を除いて流量に応じて増減がみられた。

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 に示す。

陰イオン成分の合計負荷量は 1 年を通じて SO₄²⁻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%以上を占めていた。

また上流域河川と同様に流量に応じた増減は見られたが、イオン毎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 Ca²⁺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 79%を占めていた。

また、陰イオン負荷量と同様に流量に応じた増減が見られた。

⑥ 長瀬川(上長瀬橋)では Na⁺が約 40~44%及び Ca²⁺は約 38~42%とほぼ同じ割合だったが、⑤ 酸川(酸川野)は Ca²⁺が約 50%、Na⁺が約 28%と Ca²⁺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 Ca²⁺が約 43~47%、Na⁺が約 32~36%で、Ca²⁺の割合が高かった。

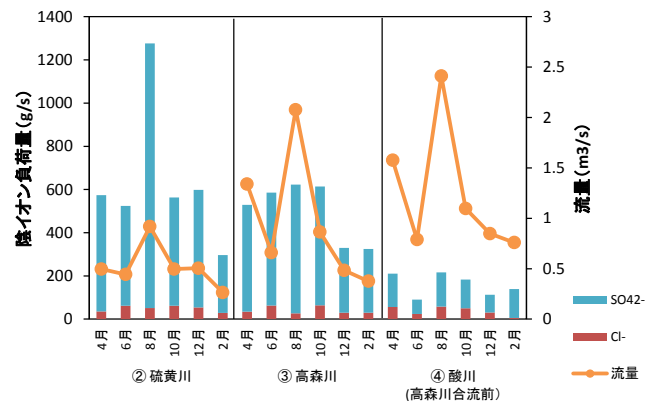


図 24 上流域河川の陰イオン負荷量の季節変動

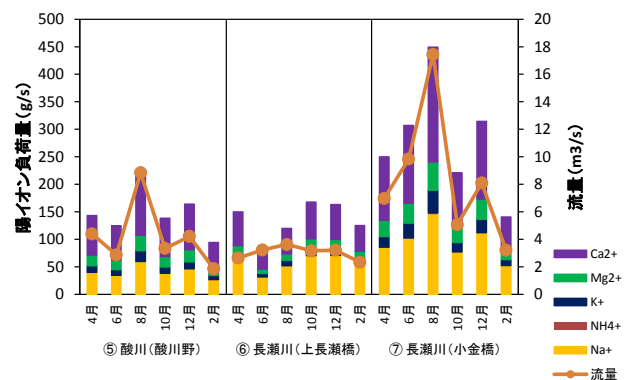
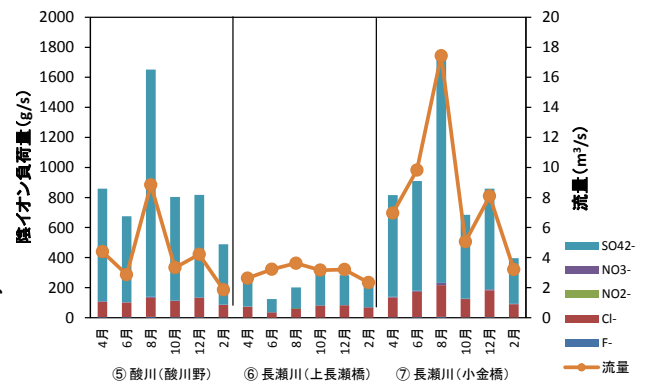


図 25 下流域河川の陰イオン負荷量及び陽イオン負荷量の季節変動

(エ) TP (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 TP 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。

TP 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 等の金属イオンに 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。

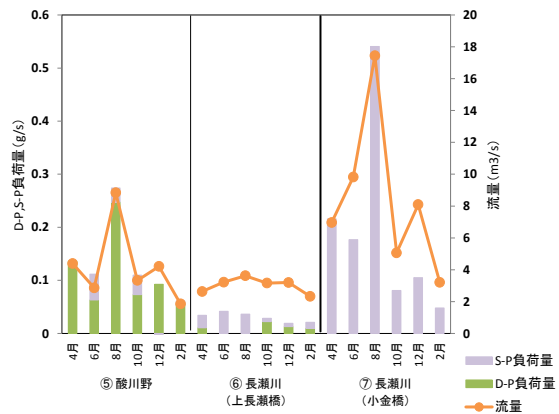


図 26 D-P 及び S-P 負荷量の季節変動

イ 経年変化 (平成 16~28 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を検討した。なお、それぞれの負荷量は年平均で示している。

② 硫黄川 (高森川合流前) の経年変化を図 27 に示す。Fe 及び Al の負荷量は最も高かった平成 18 年度に次ぐ高い値であり、平成 25 年度から増加傾向が続いている。また、 SO_4^{2-} 負荷量は平成 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。

③ 高森川 (酸川合流前) の経年変化を図 28 に示す。平成 28 年度は 3 項目ともに平成 27 年度より減少して、過去の平均値に近い値であった。

④ 酸川 (高森川合流前) の経年変化を図 29 に示す。流量は平成 27 年度より減少していたが、D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、鉍酸酸度負荷量のいずれも平成 27 年度から増加しており、平成 26 年度以降増加傾向にある。

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 27 年度と同様に、全ての項目が増加傾向にあり、鉍酸酸度負荷量はこれまでで最も高い値であった。

⑥ 長瀬川 (上長瀬橋) の経年変化を図 31 に示す。全ての項目で平成 27 年度と比較して減少していた。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、アルカリ度負荷量も横ばい傾向にある。

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平成 27 年度に比べ増加し、D-Fe 負荷量はわずかに減少した。

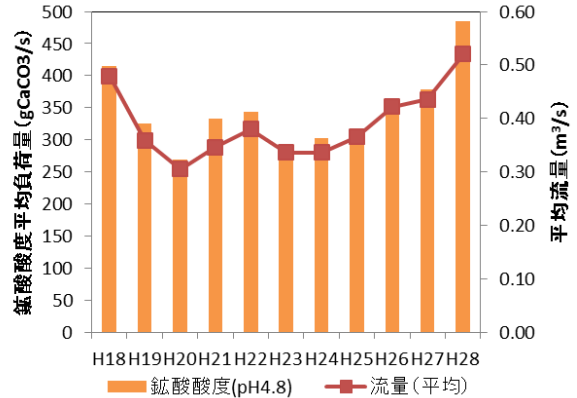
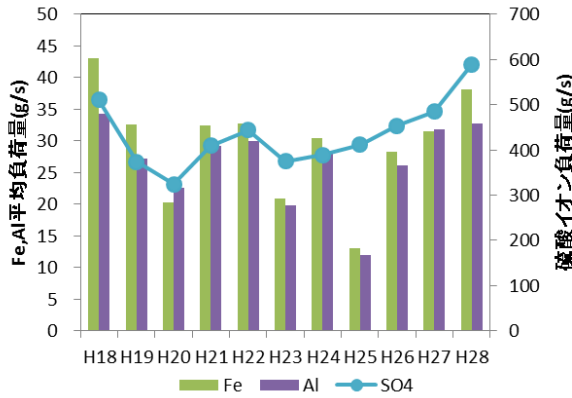


図 27 ② 硫黄川(高森川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

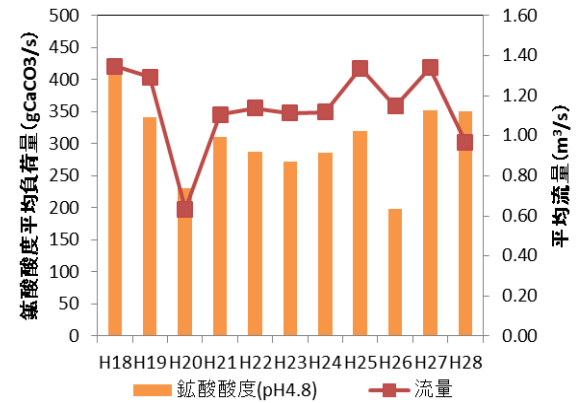
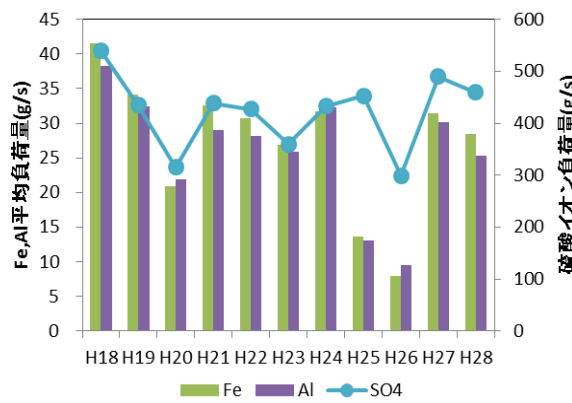


図 28 ③ 高森川(酸川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

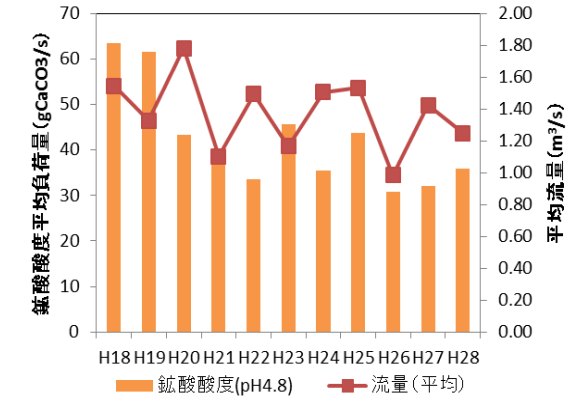


図 29 ④ 酸川(高森川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

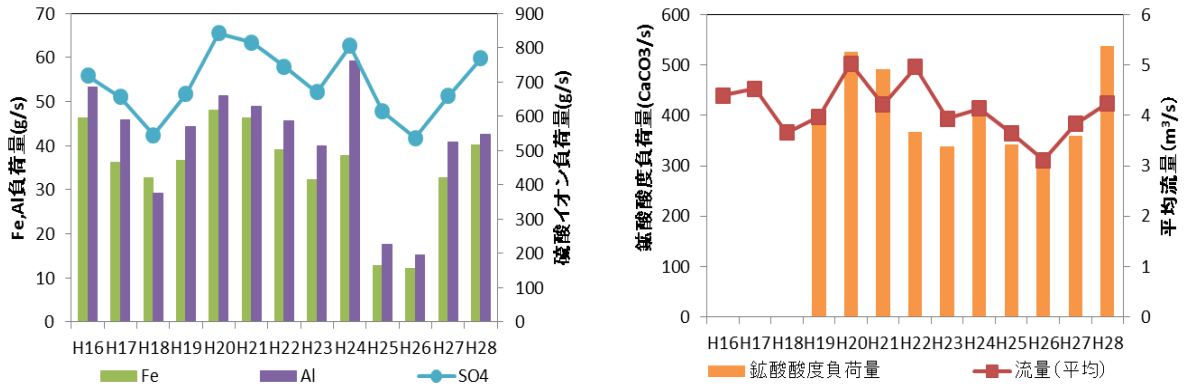


図30 ⑤ 酸川(酸川野)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

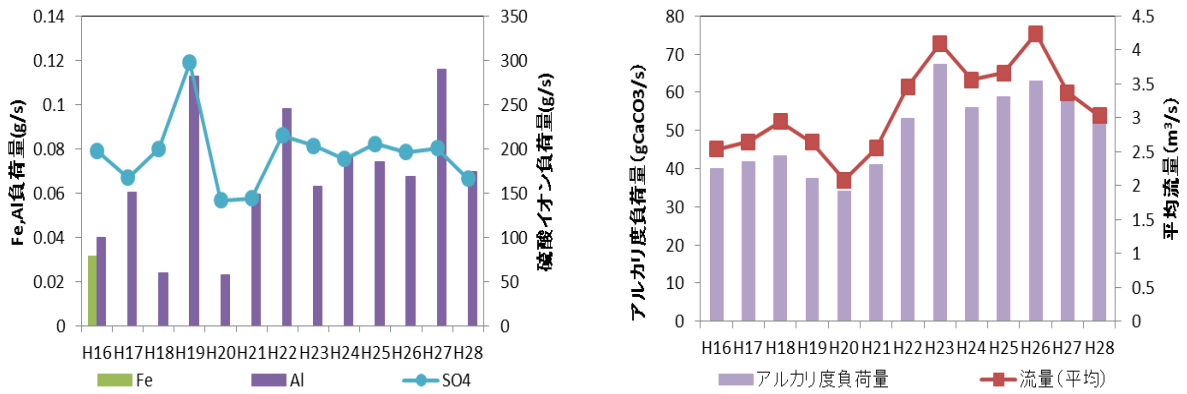


図31 ⑥ 長瀬川(上長瀬橋)の酸性成分負荷量及びアルカリ度負荷量及び流量の経年変化

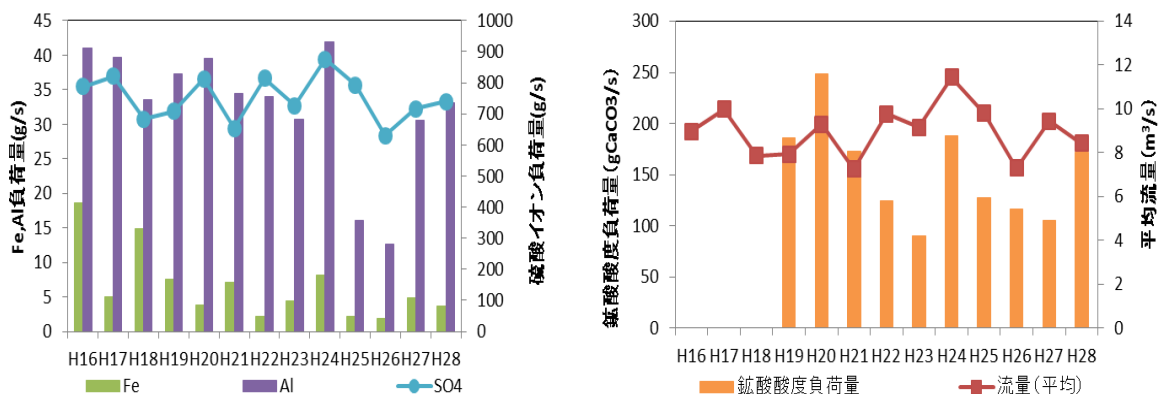


図32 ⑦ 長瀬川(小金橋)の酸性成分負荷量及びアルカリ度負荷量及び流量の経年変化

8 まとめ

(1) 猪苗代湖湖心の調査結果

平成28年度のpHの3層平均は6.88であり、平成21年度以降と同様横ばい傾向にあった。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。最も高いのが水深10m、その次が表層、その次が50m、最低が90mと例年と同じ傾向であった。

DO飽和率、TN、TOC、NO₃-N、NO₂-N及びNH₄-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。経年変化をみるとNO₃-N、NO₂-N及びNH₄-Nの合算値はわずかに減少の傾向にある。

溶存イオン当量濃度は、平成19年度以降増加傾向が続いていたが、平成27年度に平成20年度の値程度まで減少し、平成28年度は平成27年度とほぼ同じ値であった。アルカリ度は緩やかな増加傾向となっている。

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。金属成分は、0.01mg/L未満～0.04mg/Lの低い濃度の範囲であった。Feは懸濁態のみが検出されたが、MnとAlは溶存態も検出された。また10月になると90m層で高くなる傾向が続いていたが平成28年度にその傾向は見られなかった。Znは表層で検出された以外は検出されなかった。

(2) 猪苗代湖流入河川の調査結果

金属成分の季節変動をみると、いずれの時期もMn及びAlは⑥長瀬川（上長瀬橋）では懸濁態の割合が高かった。⑤酸川（酸川野）までの上流河川では溶存態の割合が高く、これらの河川の合流後の⑦長瀬川（小金橋）では負荷量の多い⑤酸川（酸川野）の影響を受け溶存態の割合が高かった。

Feは、Mn等と同様に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）では懸濁態の割合が高かったが、⑦長瀬川（小金橋）ではMn等と違い、⑥長瀬川（上長瀬橋）と同様に懸濁態の割合が高かった。これは、例年と同様であり、酸性河川の酸川と中性河川である長瀬川が合流しpHが上昇することで一部不溶化したFe等の金属イオンにりんが吸着し懸濁態（フロック）になったためである。

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

T-Pは、Feと同様に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、SO₄²⁻負荷量、鉍酸酸度負荷量については、②硫黄川（高森川合流前）では増加傾向にあり、その他の河川については項目により増減に違いがあった。

別紙1-1 猪苗代湖及び流入河川 現地調査票

調査地点	① 湖心(表層)			
調査年月日	H28.4.13	H28.6.22	H28.8.25	H28.10.12
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	9:30	9:34	8:53	9:08
天候(前日)	晴れ	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(°C)	10.3	19.1	25.6	14.0
水温(°C)	5.7	19.6	24.5	20.5
透明度(m)	10.6	18.0	12.5	欠測
水色(フォーレル)	9	4	9	6
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(ゴミ多い)	透明

調査地点	② 硫黄川(高森川合流前)					
調査年月日	H28.4.25	H28.6.17	H28.9.5	H28.10.25	H28.12.16	H28.2.15
採水時間	10:00	9:53	12:47	9:35	9:45	10:07
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	曇り	雨	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(°C)	14.5	17.6	24.9	9.5	-1.2	2.7
水温(°C)	16.0	12.8	20.1	10.5	6.2	5.3
透視度(cm)	>100	>100	98	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量大	流量少	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	微硫化水素臭	微硫化水素臭	無臭	微硫化水素臭	微硫化水素臭	無臭
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	H28.4.25	H28.6.17	H28.8.18	H28.10.25	H28.12.16	H28.2.15
採水時間	10:35	10:20	10:01	10:05	10:18	10:50
天候(前日)	晴れ	曇り	雨のち曇り	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	小雨	曇り	晴れ	晴れ	曇り
気温(°C)	16.9	17.8	24.1	9.5	0.4	0.0
水温(°C)	14.5	11.5	20.5	9.3	4.5	3.7
透視度(cm)	>100	>100	71	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量大	流量少	通常	通常
色相	無色	無色	淡黄	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	微濁	透明	透明	透明

調査地点	④ 酸川(高森川合流前)					
調査年月日	H28.4.25	H28.6.17	H28.8.18	H28.10.25	H28.12.16	H28.2.15
採水時間	11:03	10:48	10:40	10:32	10:45	11:25
天候(前日)	晴れ	曇り	雨のち曇り	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	晴れ
気温(°C)	20.2	18.5	22.0	10.9	2.1	-0.2
水温(°C)	16.4	14.6	20.5	10.0	5.3	5.8
透視度(cm)	>100	>100	97.5	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量大	浮遊物多い・流量少	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

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	H28.4.25	H28.6.17	H28.8.18	H28.10.25	H28.12.16	H28.2.15
採水時間	11:32	11:23	11:13	11:27	11:20	12:00
天候(前日)	晴れ	曇り	雨のち曇り	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	雪	晴れ
気温(°C)	22.9	19.2	21.5	16.1	6.3	4.5
水温(°C)	16.5	16.5	21.0	10.9	4.3	4.8
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量大	流量少	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	微濁	透明	透明	透明

調査地点	⑥ 長瀬川(上長瀬橋)					
調査年月日	H28.4.25	H28.6.17	H28.8.18	H28.10.25	H28.12.16	H28.2.15
採水時間	12:03	11:46	11:43	11:52	11:45	12:25
天候(前日)	晴れ	曇り	雨のち曇り	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	曇り	晴れ	曇り	晴れ	雪	晴れ
気温(°C)	16.5	20.5	22.6	14.2	2.2	0.8
水温(°C)	16.5	19.1	25.5	12.5	4.0	3.5
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量大	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	⑦ 長瀬川(小金橋)					
調査年月日	H28.4.25	H28.6.17	H28.8.18	H28.10.25	H28.12.16	H28.2.15
採水時間	8:51	8:40	8:37	8:36	8:32	8:43
天候(前日)	晴れ	曇り	雨のち曇り	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	曇り	曇り	晴れ	晴れ	雪	晴れ
気温(°C)	14.0	20.0	24.0	13.0	-0.5	1.9
水温(°C)	13.3	14.8	23.2	9.2	2.6	1.8
透視度(cm)	>100	>100	72	>100	93	欠測
流況	通常	通常	流量大	流量少	通常	通常
色相	無色	無色	淡黄	無色	淡黄	淡黄
臭気	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

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	4/13	6/22	8/25	10/12	4/13	6/22	8/25	10/12	4/13	6/22	8/25	10/12	4/13	6/22	8/25	10/12
pH	6.80	6.82	7.05	6.87	6.80	6.87	7.08	7.01	6.81	6.78	6.84	6.77	6.77	6.67	6.63	6.52
EC μ S/cm	118	122	120	111	118	117	119	115	118	117	119	119	119	116	121	114
T-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na mg/L	7.61	7.66	7.62	7.43	7.58	7.62	7.63	7.49	7.63	7.59	7.68	7.63	7.64	7.57	7.63	7.62
NH ₄ mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	<0.01	0.01	0.03	<0.01
K mg/L	1.69	1.74	1.73	1.70	1.69	1.73	1.73	1.71	1.70	1.71	1.70	1.70	1.68	1.71	1.71	1.71
Mg mg/L	2.21	2.25	2.23	2.19	2.21	2.24	2.23	2.20	2.22	2.23	2.24	2.23	2.22	2.22	2.22	2.23
Ca mg/L	8.37	8.49	8.40	8.31	8.35	8.46	8.40	8.26	8.37	8.39	8.45	8.43	8.34	8.38	8.40	8.42
Fe mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Mn mg/L	<0.01	<0.01	<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
Al mg/L	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<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	欠測	<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	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14
Cl mg/L	10.63	11.13	10.64	10.09	10.54	10.69	10.54	10.01	10.57	11.37	10.56	10.26	10.52	10.53	10.54	10.24
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	0.83	0.72	0.44	0.55	0.80	0.73	0.44	0.48	0.83	0.81	0.79	0.79	0.81	0.82	0.79	0.91
SO ₄ mg/L	27.91	28.56	28.45	28.21	27.88	28.33	28.47	28.20	27.86	27.85	27.89	27.85	27.80	27.81	27.70	27.68
アルカリ度(pH8) mgCaCO ₃ /L	4.62	4.56	4.39	4.54	4.46	4.52	4.25	4.63	4.58	4.45	4.58	4.88	4.60	4.48	4.86	4.85
クロロフィルa μ g/L	0.6	1.1	0.6	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO mg/L	12.1	9.3	8.1	8.9	12.3	9.9	8.2	9.1	11.9	11.0	10.7	10.7	12.1	10.7	9.7	9.8

猪苗代;全量	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
調査日	4/13	6/22	8/25	10/12	4/13	6/22	8/25	10/12	4/13	6/22	8/25	10/12	4/13	6/22	8/25	10/12
T-N mg/L	0.17	0.20	0.13	0.16	0.17	0.23	0.14	0.16	0.16	0.23	0.20	0.24	0.17	0.23	0.21	0.23
T-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Fe mg/L	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01
Mn 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
Al mg/L	0.01	0.02	<0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.04	0.01	<0.01	0.01	0.06	0.02	0.02	<0.01	0.01
Zn mg/L	0.01	<0.01	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TOC mg/L	0.58	0.59	0.71	0.71	0.62	0.60	0.73	0.77	0.59	0.49	0.52	0.75	0.58	0.49	0.53	0.56

別紙3-1 流入河川の分析結果

河川	溶存態	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					
		4/25	6/17	9/5	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15
調査日		4/25	6/17	9/5	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15
pH		2.44	2.24	2.29	2.34	2.26	2.25	2.86	2.38	2.74	2.55	2.47	2.38	3.53	3.68	3.75	3.49	3.26	3.03
EC	μ S/cm	3340	3460	3770	3430	3400	3270	1280	2640	1097	2120	2180	2500	476	356	289	508	653	830
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	79.97	61.78	100.78	59.04	53.96	49.22	27.88	43.91	23.67	26.82	34.62	41.81	0.75	0.42	0.34	0.65	0.95	1.53
Mn	mg/L	1.02	1.17	0.77	0.87	1.09	0.74	0.34	0.74	0.20	0.48	0.64	0.77	0.22	0.16	0.14	0.21	0.26	0.37
Al	mg/L	74.16	64.21	70.83	53.35	54.39	47.67	25.89	45.65	15.71	24.69	35.67	41.28	5.59	4.14	3.41	5.27	6.77	9.94
Zn	mg/L	0.10	0.08	0.11	0.09	0.08	0.07	0.03	0.06	0.03	0.04	0.06	0.07	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
F	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	mg/L	72.08	139.60	56.01	107.78	124.33	110.10	25.78	95.14	12.82	60.59	73.88	79.48	35.84	29.78	24.19	36.08	45.60	67.62
NO ₂	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄	mg/L	1084.92	1042.51	1334.80	1077.88	1010.68	1011.98	369.45	791.42	286.82	620.62	636.16	783.25	97.58	84.14	65.59	97.37	121.00	176.58
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	865.05	828.48	1128.90	865.69	843.01	849.52	286.51	596.57	233.41	458.32	461.83	596.07	24.76	20.64	12.24	27.60	45.38	81.72
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	1037.86	959.22	1308.04	1032.32	1039.36	1117.50	346.62	732.31	269.48	589.05	560.00	744.83	62.38	44.07	36.86	66.00	80.71	121.13
流量	m ³ /s	0.496	0.443	0.918	0.496	0.505	0.264	1.339	0.660	2.077	0.864	0.484	0.376	1.576	0.790	2.412	1.097	0.848	0.759

河川	全量	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					
		4/25	6/17	9/5	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15
調査日		4/25	6/17	9/5	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15
T-N	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	85.28	74.81	116.57	67.36	64.06	51.88	28.75	54.96	28.12	29.87	36.66	50.36	0.83	0.71	0.54	0.71	1.07	1.61
Mn	mg/L	1.09	1.36	0.78	1.00	1.17	0.86	0.36	0.87	0.20	0.50	0.67	0.79	0.24	0.23	0.16	0.23	0.28	0.43
Al	mg/L	87.98	78.01	84.66	61.77	65.15	49.98	26.67	57.53	18.78	27.95	37.73	49.87	6.02	5.63	4.03	6.08	7.53	10.18
Zn	mg/L	0.10	0.09	0.11	0.10	0.09	0.08	0.03	0.07	0.03	0.04	0.06	0.07	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02

別紙3-2 流入河川の分析結果

河川	溶存態	⑤ 酸川 酸川野						⑥ 長瀬川 上長瀬橋						⑦ 長瀬川 小金橋					
調査日		4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15
pH		3.16	3.00	3.00	3.05	3.10	2.96	7.53	7.32	7.40	7.69	7.56	7.51	3.70	3.94	3.53	3.68	4.48	3.98
EC	μ S/cm	642	784	693	786	648	831	313	132	188	290	272	289	335	260	323	378	281	317
T-P	mg/L	0.031	0.022	0.028	0.022	0.022	0.030	0.004	<0.003	0.003	0.007	0.004	0.004	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na	mg/L	9.00	11.85	6.69	11.43	10.91	14.16	23.43	9.68	14.32	22.18	22.03	23.88	12.23	10.35	8.35	15.16	13.80	16.19
NH ₄	mg/L	0.05	0.11	0.03	0.04	0.06	0.10	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.06	0.12	0.02	0.03	0.05
K	mg/L	2.70	3.68	2.25	3.37	3.02	4.02	4.13	1.97	2.76	4.08	3.88	4.10	2.76	2.73	2.38	3.39	3.00	3.38
Mg	mg/L	4.45	6.02	3.14	5.72	5.22	6.98	5.98	2.50	3.34	5.56	5.25	5.45	4.28	3.72	2.93	5.17	4.53	5.10
Ca	mg/L	16.43	21.94	12.44	21.03	19.71	25.63	23.45	10.03	12.91	21.25	19.89	20.16	16.61	14.38	11.99	19.88	17.52	19.22
Fe	mg/L	9.74	8.98	9.02	15.61	6.75	6.81	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	0.52	0.18	0.73	0.37	0.06	0.58
Mn	mg/L	0.22	0.27	0.18	0.26	0.22	0.25	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11
Al	mg/L	11.67	12.22	7.57	13.27	9.42	9.94	0.03	0.01	0.02	0.06	<0.01	0.02	4.67	3.43	4.52	4.41	2.62	3.23
Zn	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
F	mg/L	0.86	1.20	0.54	1.09	1.00	1.39	0.09	0.05	0.06	0.08	0.07	0.07	0.40	0.38	0.28	0.44	0.40	0.47
Cl	mg/L	23.05	33.71	14.38	32.27	30.17	44.25	27.48	10.97	16.85	25.35	25.77	29.28	18.82	17.14	12.10	23.93	22.02	27.36
NO ₂	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃	mg/L	0.72	0.91	0.81	0.62	0.96	0.95	0.45	0.18	0.22	0.10	0.14	0.21	0.78	0.73	0.89	0.72	0.92	0.80
SO ₄	mg/L	170.89	199.73	171.22	207.47	162.02	216.75	77.91	27.40	38.42	68.16	62.24	65.21	97.15	74.27	86.29	110.12	82.75	94.89
アルカリ度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	16.55	14.98	14.85	19.59	20.95	18.97	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	134.74	213.88	103.18	128.73	101.18	137.24	-	-	-	-	-	-	23.20	12.22	31.73	24.49	3.97	12.05
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	181.32	257.46	136.24	180.82	144.25	221.39	-	-	-	-	-	-	49.96	33.92	54.33	52.30	28.53	39.66
流量	m ³ /s	4.390	2.865	8.837	3.329	4.211	1.856	2.632	3.220	3.624	3.161	3.200	2.332	6.965	9.827	17.441	5.060	8.091	3.205

河川	全量	⑤ 酸川 酸川野						⑥ 長瀬川 上長瀬橋						⑦ 長瀬川 小金橋					
調査日		4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15	4/25	6/17	8/19	10/25	12/16	2/15
T-N	mg/L	0.32	0.48	0.94	0.43	0.38	0.44	0.10	0.12	0.11	0.06	0.07	0.07	0.27	0.29	0.42	0.27	0.31	0.30
T-P	mg/L	0.031	0.039	0.031	0.033	0.021	0.033	0.013	0.013	0.010	0.009	0.006	0.009	0.031	0.018	0.031	0.016	0.013	0.015
Fe	mg/L	10.20	10.15	10.90	17.26	7.55	7.14	0.14	0.18	0.42	0.09	0.05	0.06	2.90	1.92	5.30	2.96	1.49	2.20
Mn	mg/L	0.22	0.29	0.21	0.28	0.24	0.27	0.07	0.07	0.07	0.04	0.02	0.03	0.11	0.13	0.14	0.13	0.12	0.13
Al	mg/L	12.11	13.62	9.35	14.40	10.54	10.32	0.17	0.19	0.46	0.10	0.04	0.07	4.72	3.89	5.79	5.21	2.75	4.09
Zn	mg/L	0.02	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	<0.01	<0.01

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。

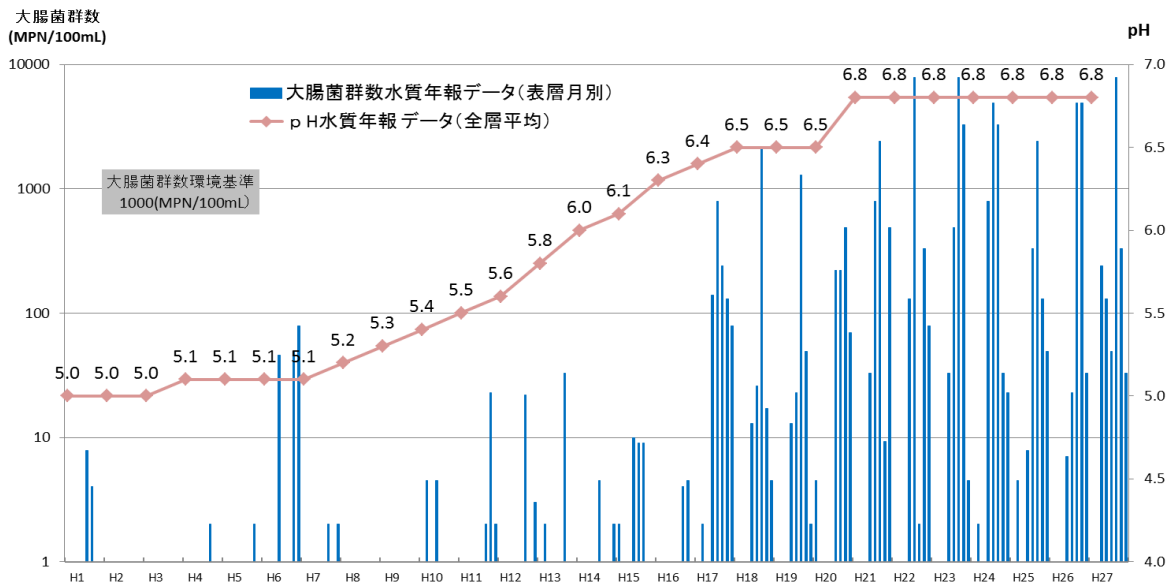


図1 猪苗代湖湖心の pH及び大腸菌群数の経年変化

2 調査方法

猪苗代湖及び主要流入河川（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」）

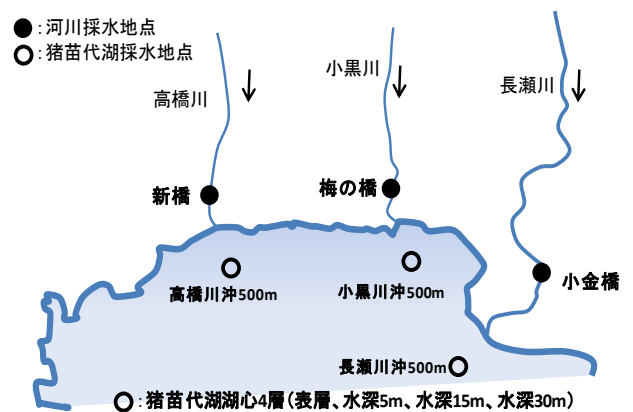


図2 調査地点

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））
* 猪苗代湖湖心の大腸菌群数については BGLB 培地による最確数法も実施した。
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・ビオリユー（株））で菌種を同定した。

7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙 1 のとおり。

分析結果については、別紙 2 のとおり。

(1) 猪苗代湖湖心の水質について

ア 水温の鉛直分布と水温躍層について

猪苗代湖湖心における鉛直水温の調査結果を図 3 に示す。

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、7 月以降は顕著に水温成層（水深 10m～20m）が確認された。その後 10 月 12 日には水温躍層部の下層への低下が始まっていた。

深水層はおよそ 40m 以深であり、最深部の水温は 5℃前後であり、例年と同様の傾向であった。

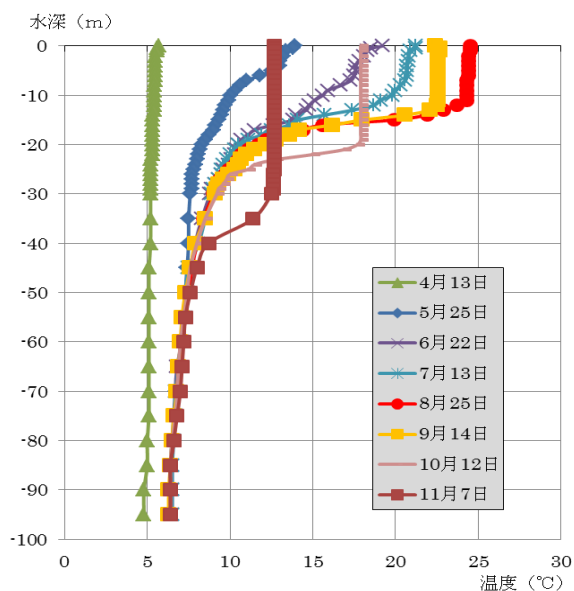


図 3 湖心の鉛直分布

イ 大腸菌群数及び大腸菌数について

猪苗代湖湖心の大腸菌群数及び水温の調査結果を図 4 に示す。

猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数は、調査を始めた 5～6 月は 1 MPN/100mL で検出され、7 月から 9 月にかけて増加し、9 月 14 日には湖沼 A 類型の環境基準を超える 2,400 MPN/100mL

が検出された。10月以降は環境基準以下に減少した。

水深別にみると、大腸菌群が検出されはじめた5月、6月、7月は水深15m、水深30mで比較的多く検出された。8月以降は水温躍層の上層である表層及び水深5m、15mが、水温躍層の下層である水深30mより多い傾向にあった。5～7月の水温が低い時期に、水深15m以深で大腸菌群数が検出されたのは、前年の夏に増加した大腸菌群が湖底泥に生存しており、それが湖水へ再懸濁されることで検出されたと思われる。このことについては、冬季に水深90mで調査した小野³⁾の報告と類似している。

猪苗代湖湖心表層の水温は、8月25日に24.5℃と最高値を示し、その後低下していった。水温の上昇とともに大腸菌群が高い値を示す傾向はみられるが、大腸菌群数が表層で最高値を示した9月14日の水温は22.4℃と8月より低下傾向にあり、水温の低い水深30mでも8月及び9月、10月に大腸菌群が高い値を示していた。

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。

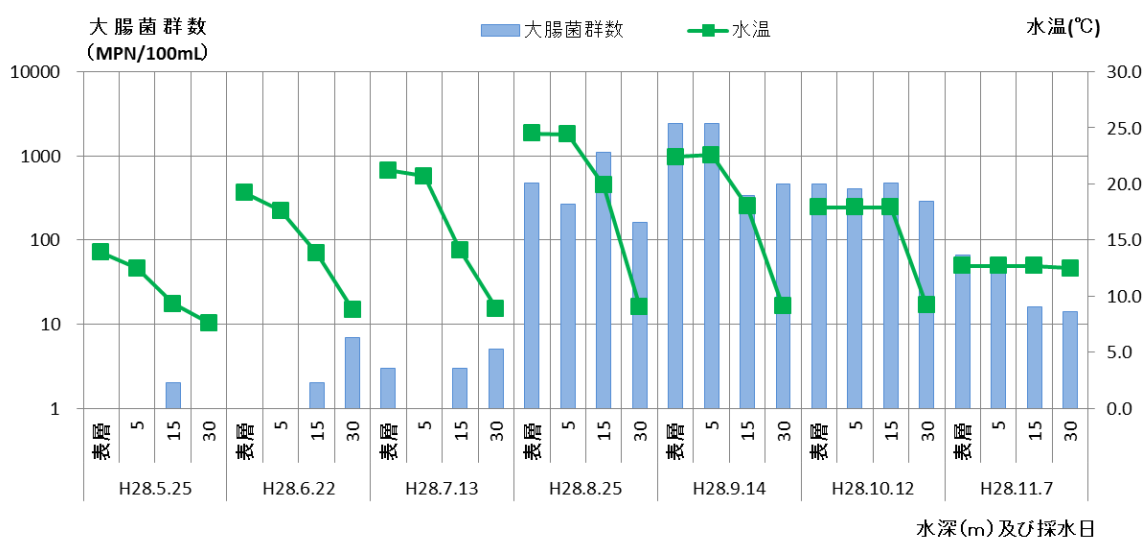


図4 湖心大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

猪苗代湖湖心の pH 及び TOC の調査結果を図 5～6 に示す。

大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関を表 1 に示す。

pH は 6.60～7.11 であり、昨年度と同程度の値であった。昨年は 8 月に高い値を示していたが、今年度は 5 月が高い値だった。また、9 月に台風が多く接近していた影響と考えられるが、他の月と比べて 9 月の pH の値が大きく変動していた。そのため、平成 28 年度の調査では大腸菌群と pH に強い相関関係は認められなかった。

TOC は 0.51～0.92mg/L で、水温と正の相関がみられた。また、大腸菌群数と同様に、5 月から 9 月にかけて上昇、10 月以降に減少しており、大腸菌群数と TOC には正の相関が認められた。

なお、大腸菌群数と水温の間にも正の相関関係が認められた。

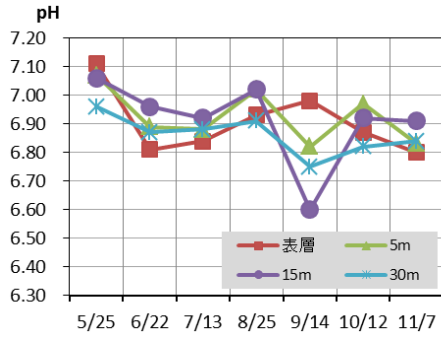


図5 猪苗代湖湖心の pH

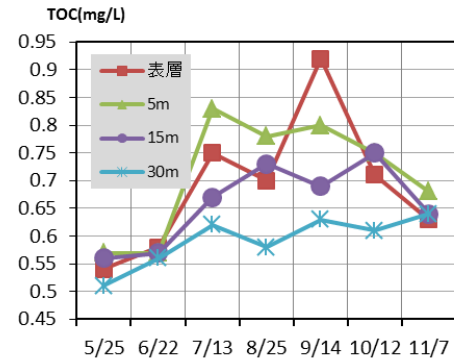


図6 猪苗代湖湖心の TOC

表1 猪苗代湖湖心における大腸菌群数とその他の項目の相関関係

	水温	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.489	-0.008	-0.119	-0.165	0.662

(2) 各河川及び各河川沖 500m の水質について

ア 高橋川新橋及び高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

高橋川新橋、高橋川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図7に示す。

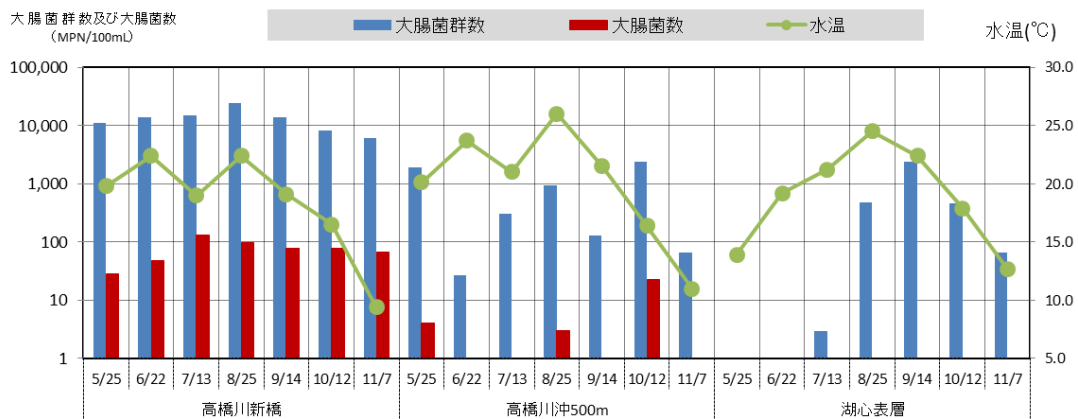


図7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

高橋川新橋の大腸菌群数は6,100～24,000MPN/100mL、大腸菌数は28～130MPN/100mL、高橋川沖500m地点の大腸菌群数は27～2,400MPN/100mL、大腸菌数は1未満～23MPN/100mLであった。高橋川沖500mの大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。高橋川沖500mは9月14日を除いて猪苗代湖心表層より高い値を示していた。

イ 小黒川梅の橋及び小黒川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、小黒川沖500m及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図8に示す。

小黒川梅の橋の大腸菌群数は12,000～32,000MPN/100mL、大腸菌数は120～7200MPN/100mL、小黒川沖500mの大腸菌群数は4～5,100MPN/100mL、大腸菌数は1未満～42MPN/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、直近の河川より数桁低い値を示していた。小黒川沖 500m 地点は、猪苗代湖心表層より 10 月 12 日を除いて高い値を示していた。大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100mL を超えたのは、7 月 13 日 (1,900MPN/100mL)、8 月 25 日 (5,100MPN/100mL)、9 月 14 日 (2,400MPN/100mL)、の 3 回であった。

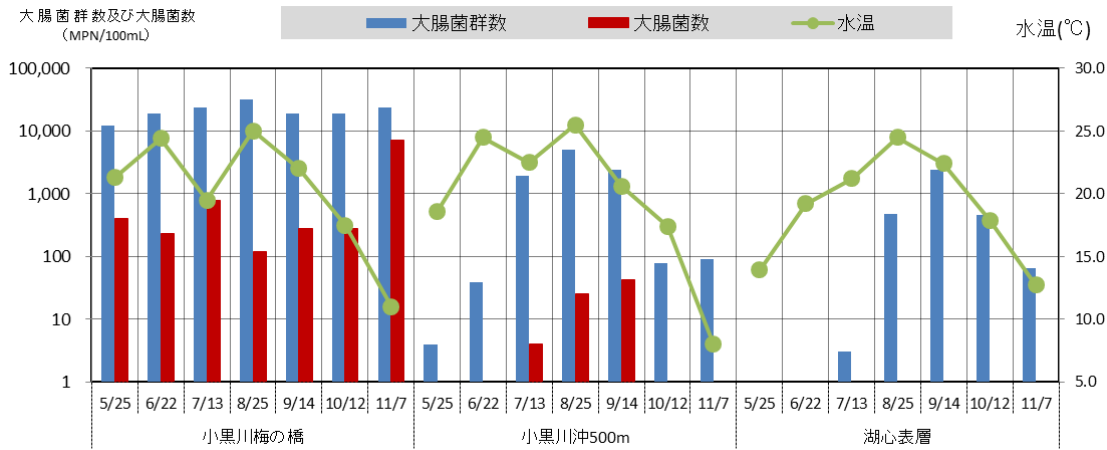


図 8 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

ウ 長瀬川小金橋及び長瀬川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

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

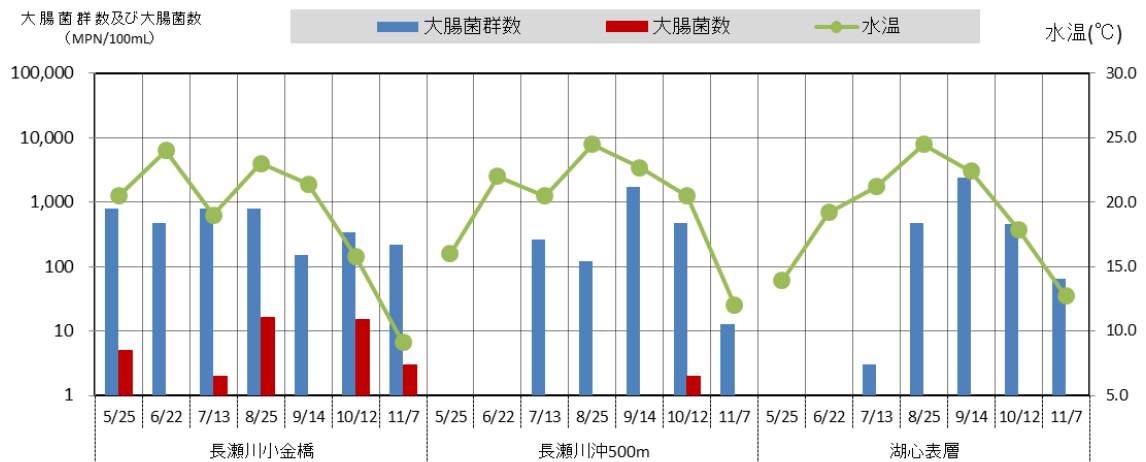


図 9 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

長瀬川小金橋の大腸菌群数は 150～810MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満～16MPN/100mL、長瀬川沖 500m の大腸菌群数は 1～1,700MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満～2MPN/100mL であった。5 月～7 月の大腸菌群数は長瀬川沖 500m と湖心でありあまり検出されていないが、8 月以降は長瀬川小金橋、長瀬川沖 500m、湖心とも同程度の値であった。長瀬川沖 500m で大腸菌群数の湖沼 A 類型環境基準である 1,000MPN/100mL を超えたのは、9 月 14 日 (1,700MPN/100mL) の 1 回であった。

酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数及び大腸菌数は、高橋川新橋及び小黒川梅の

橋と比較して1～2桁低い値であった。しかし、長瀬川の流量は高橋川や小黒川の数倍～40倍程度あるため、大腸菌群の流入負荷総量では同程度の負荷を示す日もあった。

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 表2 各地点の大腸菌群数に占める大腸菌数の比の結果を表2に示す。

小黒川梅の橋、沖 500m を除く地点の分布は0～1.5%と低い値であったが、小黒川梅の橋は11月7日に30.0%、小黒川沖 500m が5月25日に25.0%と高い値であった。

また、全ての地点の平均値は、下水処理水流入前の河川水の平均値が5%であったという和波らの報告¹⁾と比較して、地点による差があるが、同程度もしくはかなり低く、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、小黒川梅の橋、沖 500m の比が高めであり、昨年度も梅の橋の比が他の地点と比べて高かったことから、市街地を流れる小黒川が人間の活動の影響をうけている可能性がある。

地点名	大腸菌数/大腸菌群数(%)	
	平均値	分布
高橋川新橋	0.6	0.3～1.1
高橋川沖500m	0.4	0～1.5
小黒川梅の橋	5.9	0.4～30.0
小黒川沖500m	4.2	0～25.0
長瀬川小金橋	0.4	0～1.4
長瀬川沖500m	0.1	0～0.4

オ 各河川の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について

各河川の流量等のグラフを図10～12に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表3及び表4に示す。

高橋川新橋及び小黒川梅の橋のpHは6.59～7.60、ECは156～258 μ S/cm、SSは1～44mg/L、TOCは0.91～2.18mg/Lと猪苗代湖湖心の水質より高い値を示した。DO飽和率は85%以上の値であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋の大腸菌群数は、水温やTOCと正の相関関係がみられ、大腸菌数とSSには強い相関がみられた。

長瀬川小金橋のpHは3.73～5.07、ECは104～338 μ S/cm、SSは2～10mg/L、TOCは0.42～0.80mg/L、DO飽和率は93%以上で、昨年度と同程度の値であった。9月14日の流量が多いことから、秋元発電所の放流が影響していると思われるが、その結果pHが高く、大腸菌群数及び大腸菌数が低い値を示していた。また、高橋川及び小黒川と同様に水温の上昇する夏期に大腸菌群数が高くなる傾向があり、大腸菌群数と水温に正の相関が認められたが、それ以外は相関は認められなかった。

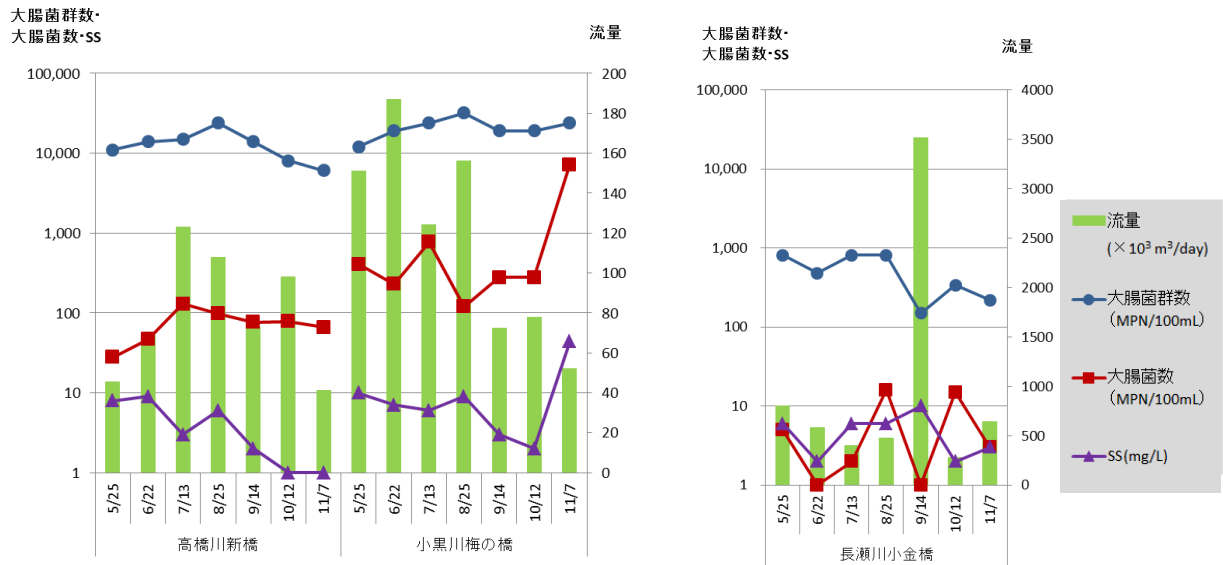


図 10 各河川の流量と SS 等の推移

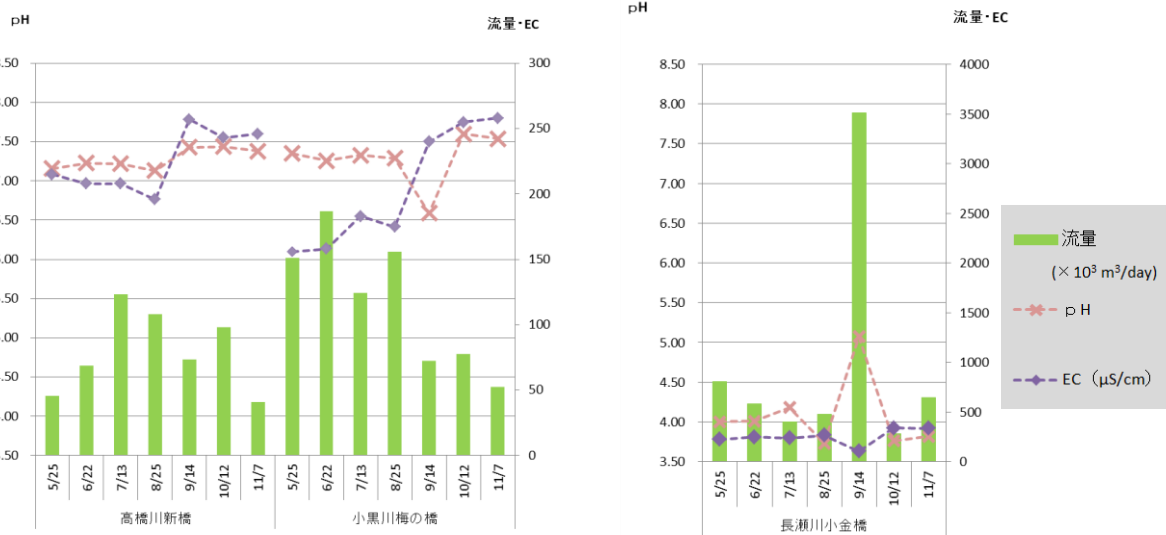


図 11 各河川の流量と pH 等の推移

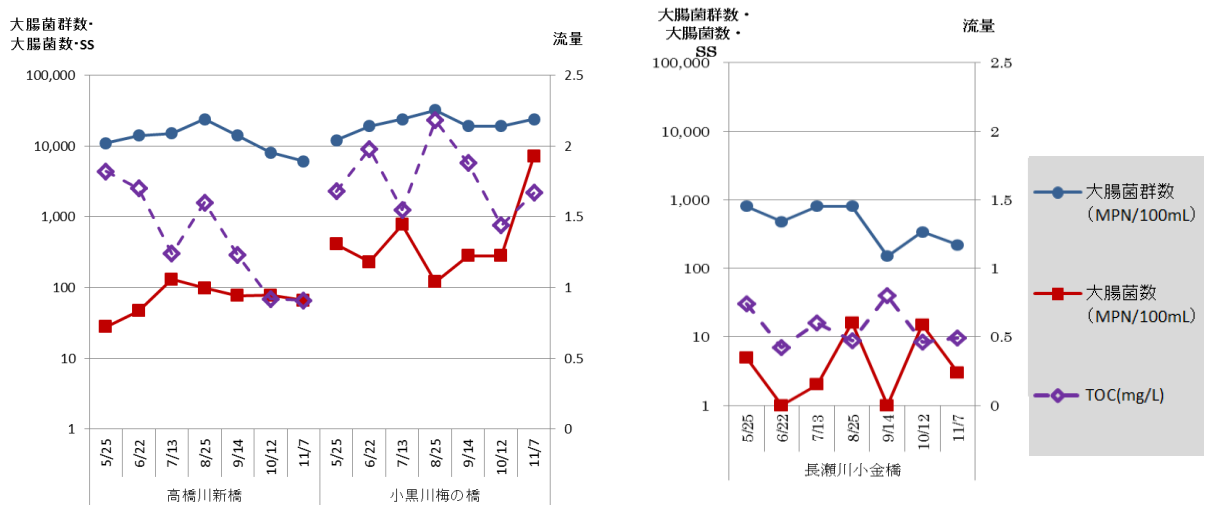


図 12 各河川の大腸菌群と TOC 等の推移

表3 高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.414	-0.015	-0.082	-0.300	0.366	0.669	0.305
大腸菌数	-0.510	0.171	0.308	0.306	0.956	0.103	

(n=14)

表4 長瀬川小金橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.451	-0.443	-0.397	0.036	0.055	-0.024	0.242
大腸菌数	0.012	-0.118	-0.577	0.483	-0.229	-0.416	

(n= 7)

カ 各河川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について

各河川沖 500m の調査結果のグラフを図 13～15 に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表 5 及び表 6 に示す。

高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の pH は 6.33～8.75、EC は 124～221 μ S/cm、SS は 1 未満～3mg/L、TOC は 0.48～2.47mg/L、DO 飽和率は 95%以上の値であった。高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m は、流入河川の影響をうけることで、pH、EC、SS 及び TOC が猪苗代湖湖心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 0.5～1.7m 程度と浅く、夏季から秋季にかけてはコカナダモ、セキショウモ及びヒルムシロが繁茂していた。また、8 月から 10 月にかけて pH、EC、TOC が上昇しており、炭酸同化作用の影響によるものと思われる。大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目には正の相関がみられ、特に EC と TOC との間に強い相関がみられた。

長瀬川沖 500m の pH は 6.56～7.06、EC は 116～130 μ S/cm、SS は 1 未満～1mg/L、TOC は 0.54～0.83mg/L、DO 飽和率は 96%以上であった。長瀬川沖 500m の水深は 12m 前後で、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、大腸菌数と水温、TOC との間に正の相関関係が認められた。

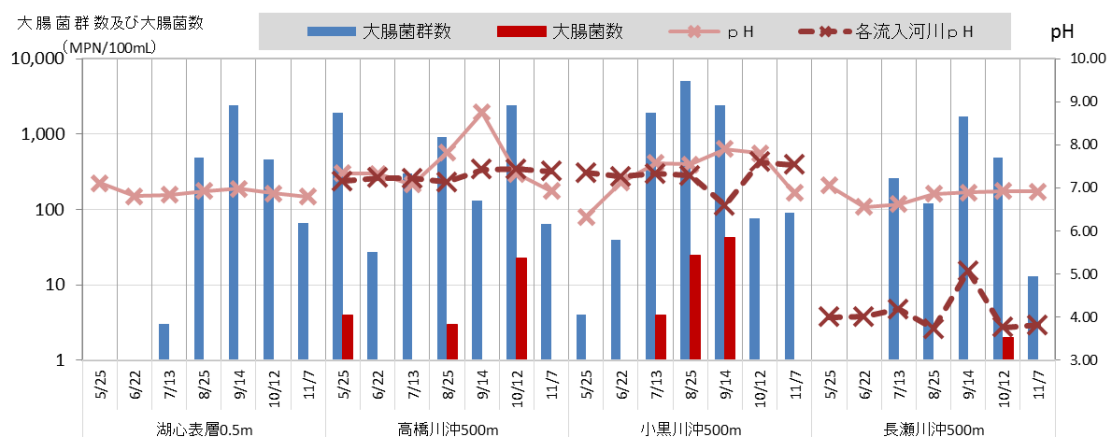


図 13 各河川沖 500m 地点等の pH の推移

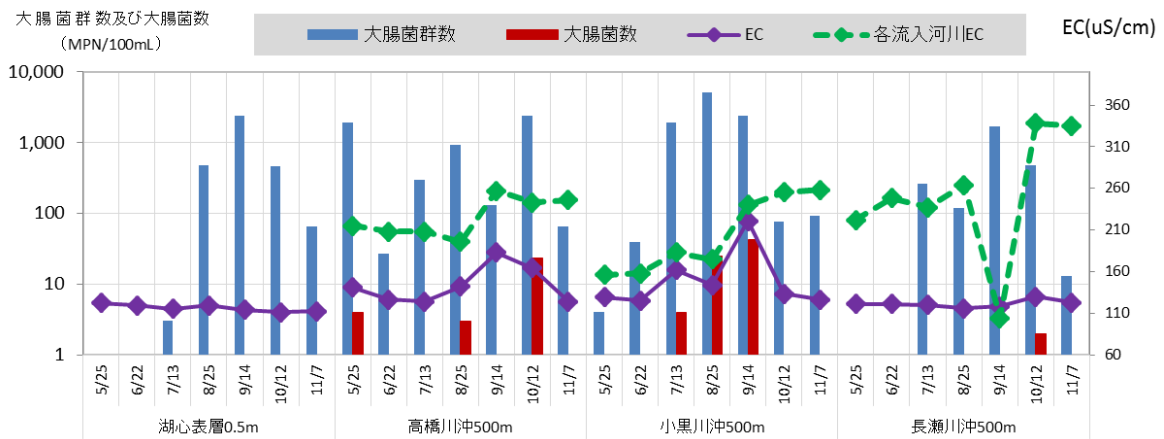


図 14 各河川沖 500m 地点等の EC の推移

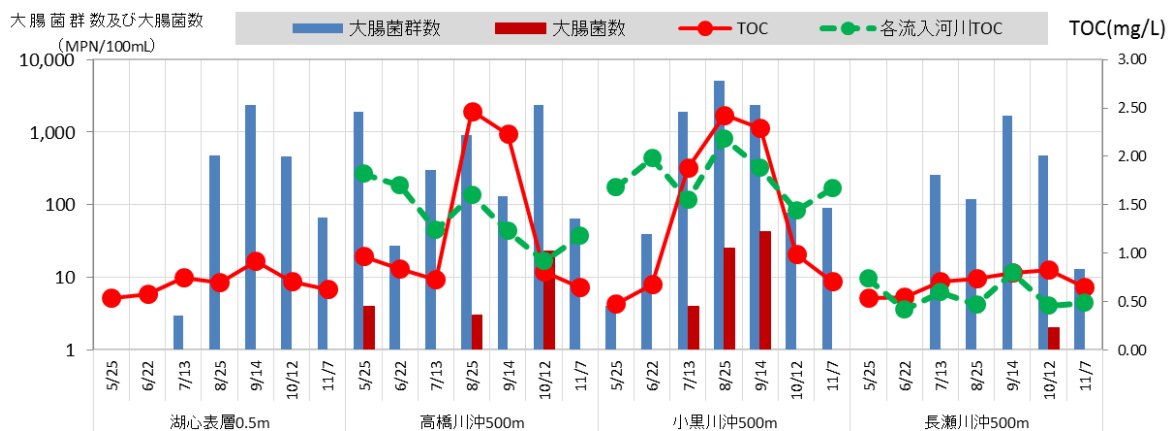


図 15 各河川沖 500m 地点等の TOC の推移

表 5 高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m 地点における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目の相関関係

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.332	0.328	0.203	0.409	0.389	0.562	0.738
大腸菌数	0.137	0.467	0.238	0.739	0.028	0.474	

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

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.382	-0.111	0.155	-0.143	-	0.638	0.081
大腸菌数	0.077	0.003	0.231	0.861	-	0.546	

(3) 大腸菌群の同定

大腸菌群の同定結果を表 7 に示す。

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 amnigenus2</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>	<i>Hafnia alvei1</i>	<i>Chromobacterium violaceum</i>	<i>Pantoea spp2</i>	<i>Pantoea spp3</i>	<i>Raoultella terrigena</i>	<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)	コリラート培地の大腸菌群数の結果 (MPN/100ml)		
猪苗代湖 湖心 表層	H28.5.11																			<1			1		
猪苗代湖 湖心 5m																					<1		<1		
猪苗代湖 湖心 15m																					<1		2		
猪苗代湖 湖心 30m											0.3										2	10	1	<1	
猪苗代湖 湖心 表層	H28.6.22	1.5																			33	1	1	<1	
猪苗代湖 湖心 5m		1.4																1.4			49	1	2	<1	
猪苗代湖 湖心 15m																		1.5			33	1	1	2	
猪苗代湖 湖心 30m		1.5																			33	1	1	7	
猪苗代湖 湖心 表層	H28.7.13	2.9									2.6										1200	0.01	3	3	
猪苗代湖 湖心 5m		3.1																			1200	0.001	2	1	
猪苗代湖 湖心 15m		3.4	3.7																		7900	0.01	3	3	
猪苗代湖 湖心 30m			2.3																		200	0.001	1	15	
猪苗代湖 湖心 表層	H28.8.25	3.7																			4900	0.01	2	480	
猪苗代湖 湖心 5m		2.8			2.8																1400	0.01	2	270	
猪苗代湖 湖心 15m		3.3																			2100	0.001	1	1100	
猪苗代湖 湖心 30m		3.5																			3500	0.001	1	160	
猪苗代湖 湖心 表層	H28.9.14					3.7											3.2				1700	0.01	1	2400	
猪苗代湖 湖心 5m						2.4															4900	0.01	2	2400	
猪苗代湖 湖心 15m																					280	0.1	3	340	
猪苗代湖 湖心 30m			3.0															3.0				2200	0.01	2	460
猪苗代湖 高橋川沖500m			2.9																			790	0.1	3	130
猪苗代湖 小黒川沖500m																		3.7				4900	0.01	2	2400
猪苗代湖 長瀬川沖500m							3.4											3.4				4900	0.01	2	1700
高橋川 新橋		3.5			3.5								3.5				3.5				13000	0.01	4	14000	
小黒川 梅の橋								4.8													70000	0.0001	1	19000	
長瀬川 小金橋				2.2																	170	0.1	1	150	
猪苗代湖 湖心 表層	H28.10.14	2.4						2.4													490	0.1	2	460	
猪苗代湖 湖心 5m																		2.7			490	0.1	2	410	
猪苗代湖 湖心 15m			2.4															2.4			490	0.1	2	480	
猪苗代湖 湖心 30m			2.7						2.4												790	0.1	3	290	
猪苗代湖 湖心 表層	H28.11.7	0.4				0.7															7.8	10	3	66	
猪苗代湖 湖心 5m						1.7															49	1	2	58	
猪苗代湖 湖心 15m			1.5																		33	1	1	16	
猪苗代湖 湖心 30m			1.0									1.0									22	1	2	14	

*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

猪苗代湖湖心では5月11日に水深30mでのみ大腸菌群が検出され、*Serratia marcescens*が同定された。6月22日に全層で検出され、*Aeromonas*属が同定された。7月13日には全層で大腸菌群数が検出され、全層から*Aeromonas*属が、表層で*Hafnia alvei1*が同定された。8月25日も全層で大腸菌群数の検出、*Aeromonas*属が同定され、水深5mで*Enterobacter cloacae*が同定された。9月14日は全層で大腸菌群が検出、水深5m、15mで*Enterobacter cloacae*が同定され、水深30mで*Aeromonas*属が同定された。10月14日は水深5mを除く層で*Aeromonas*属が同定され、表層及び水深30mで*Enterobacter amnigenus2*が同定された。11月7日も水深5mを除く地点で*Aeromonas*属が同定され、表層及び水深5mで*Enterobacter cloacae*が同定、水深30mで*Hafnia alvei1*が同定された。

このように、高い頻度で同定されたのは*Aeromonas*属、次いで*Enterobacter cloacae*であ

り、昨年度と同様の結果であったが、小野³⁾の報告では *Enterobacter cloacae* が最も高い頻度で出現していたということから、猪苗代湖の pH の上昇といった水質の変化により、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 14 日の高橋川新橋からは *Aeromonas* 属、*Enterobacter cloacae*、*Chromobacterium violaceum* が、小黒川梅の橋からは *Klebsiella oxytoca* が同定された。酸性河川であり大腸菌群数が少ない長瀬川小金橋からは、*Citrobacter freundii* が同定された。

高橋川沖 500m では *Aeromonas* 属が、長瀬川沖 500m では *Enterobacter cloacae* が同定された。流入河川から 500m 沖では、大腸菌群の種組成は河川よりも湖心の種類に近かった。

湖心と河川から同定された種は土壌由来のもので、糞便汚染の生物指標となる *Esherichia coli* が同定されなかったことから、大腸菌群数が環境基準を超える地点がいくつかあったが、糞便汚染の可能性は少ないと思われる。

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心の大腸菌群数は、5 月、6 月はほとんど検出されないが、水温の上昇に伴い 7 月から 9 月にかけて増加し、8、9 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 10 月以降は大腸菌群数が減少していた。

水深別にみると、前年夏に出現し、湖底泥に生育していた大腸菌群が湖水に再懸濁することで、5 月から 7 月にかけては水深 15m、30m で大腸菌群が検出されており、8 月以降になると、水温成層上部（表層、水深 5m）で大腸菌群が上昇する傾向にあった。

なお、大腸菌群数と水温、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数千～数万 MPN/100mL、大腸菌数は数十～数千 MPN/100mL 程度と高い値であったが、高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の大腸菌群数は 1 未満～数千 MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満～数十 MPN/100mL であり、湖心表層の程度まで値が減少していた。

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育成しており、それら植物の炭酸同化作用によって pH、EC、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数百 MPN/100mL、大腸菌数は 1～16MPN/100mL であり、8(2)の 2 河川と比較して低い値であった。小金橋と長瀬川沖 500m では大腸菌群数の値は同程度であったが、大腸菌数は小金橋で多く検出されていた。

湖心同様に、河川の大腸菌群数も水温、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黒川梅の橋、小黒川沖 500m では最大 30% と高く、そのほかの各河川、猪苗代湖各河川沖 500m 地点では 0～1.5% と大腸菌数の割合は少なかった。小黒川梅の橋、沖 500m の比が高めだった要因として、小黒川が市街地を流れることから、人間の活動が影響している可能性があるが、具体的な要因は不明である。

- (5) 猪苗代湖湖心の大腸菌は、*Aeromonas* 属、次いで *Enterobacter cloacae* が多く同定された。9 月になると、*Enterobacter cloacae* が多く検出された。過去の調査（平成 20～22 年頃）では *Enterobacter cloacae* が一番多く出現していたが、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きていると思われる

湖心と河川からは、糞便汚染の生物指標となる *Esherichia coli* が同定されなかったことから、糞便汚染の可能性は低いと思われる。

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26年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境センター
- 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28年度大瀧圏群調査現地調査票

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
採取水深(m)	H28.5.25	9:30			H28.5.23	8:55			H28.5.14	9:35		
調査年月日		9:30				9:15				9:35		
採取時間		<曇り				<曇り				<曇り		
天候(前日)		晴				晴				晴		
天候(当日)		15.5				20.5				22.5		
気温(℃)	13.9	12.5	9.3	7.6	19.2	17.6	13.8	8.8	21.2	20.7	14.1	8.9
水温(℃)		9.0				18.0				11.2		
透明度(m)		5				4				7		
水色(フオール)		無色				無色				無色		
臭気		無臭				無臭				無臭		
濁り		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			猪苗代湖		
	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日	10:46	10:26	10:08	13:11	12:52	11:51	10:45	10:26	10:00	10:40	10:20	10:00	11:14	10:41	
採取時間		<曇り			<曇り			<曇り			<曇り			<曇り	
天候(前日)		<曇り			晴			晴			晴			<曇り	
気温(℃)	17.6	16.9	16.5	22.8	24.1	23.1	19.8	19.0	18.8	27.4	27.5	27.6	24.5	23.6	
水温(℃)	20.1	19.6	19.0	23.7	24.3	22.0	21.0	22.5	20.5	26.0	25.5	24.5	21.5	20.9	
水深(m)	1.7	1.0	1.6	1.2	1.0	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	0.7	0.4	
透明度(m)	>1.7	>1.0	10.0	>1.2	>1.0	1.7	>1.3	>1.0	3.5	>1.2	>1.0	7.0	0.7	0.7	
水色(フオール)	14	5	5	14	14	3	13	14	9	14	4	9	5	5	
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	微濁	

調査地点	猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖		
	高橋川	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
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日	11:20	13:08	13:33	13:55	14:46	15:18	11:15	11:44	13:08	11:11	11:37	13:22	11:58	12:21	
採取時間		<曇り			<曇り			晴			<曇り			<曇り	
天候(前日)		<曇り			晴			<曇り(雨)			晴			<曇り	
気温(℃)	22.5	24.2	23.8	26.9	22.9	24.0	20.0	21.5	22.5	31.8	34.5	31.8	27.3	24.5	
水温(℃)	19.8	21.3	20.5	22.4	24.4	24.0	19.0	19.5	19.0	23.0	23.0	23.0	21.4	17.5	
透明度(m)	93	83	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	89	>100	>100	>100	
流量(m³/sec)	0.925	1.750	9.302	0.795	2.162	6.741	1.425	1.438	4.661	1.250	1.806	5.493	0.847	0.937	
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	微濁	

別紙2

平成28年度猪苗代湖大腸菌詳細調査

調査地点	採取水深(m)	調査年月日	単位	猪苗代湖			高橋川			小黒川			長瀬川										
				湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心								
pH				5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30								
EC	μ S/cm			7.11	7.07	7.06	6.96	7.06	7.06	7.16	7.16	7.35	4.00	6.81	6.89	6.96	6.87	7.33	7.12	6.56	7.23	7.26	4.01
DO	mg/L			122	120	121	141	129	121	215	156	222	121	119	117	117	115	126	125	126	208	158	248
SS	mg/L			10.7	11.0	11.4	9.7	9.9	10.5	8.3	9.0	9.2	9.6	9.3	10.8	11.0	9.4	9.0	9.1	9.1	8.0	8.4	8.2
大腸菌群数(GT+/cfu)	MPN/100ml			<1	<1	<1	3	1	<1	8	10	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	9	7	2	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml			0	0	0	2	1	1	1	1	1	33	49	33	33							
大腸菌数	MPN/100ml			<1	<1	<1	4	<1	<1	28	410	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	47	230	1	
TOC	mg/L			0.54	0.57	0.56	0.51	0.48	0.54	1.82	1.68	0.74	0.58	0.57	0.57	0.56	0.84	0.68	0.55	1.70	1.98	0.42	

調査地点	採取水深(m)	調査年月日	単位	猪苗代湖			高橋川			小黒川			長瀬川										
				湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心								
pH				5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30								
EC	μ S/cm			6.84	6.88	6.92	6.88	7.08	7.58	6.62	7.22	7.33	4.18	6.93	7.02	7.02	6.91	7.82	7.55	6.86	7.13	7.29	3.73
DO	mg/L			115	117	110	118	124	162	120	208	183	237	119	118	117	115	142	144	116	196	175	264
SS	mg/L			8.8	8.7	9.1	10.9	9.0	9.4	8.9	7.7	8.4	8.4	8.1	8.2	8.5	10.7	8.9	9.3	8.2	7.4	8.4	7.8
大腸菌群数(GT+/cfu)	MPN/100ml			3	1	3	5	300	1,900	260	15,000	24,000	810	480	270	1,100	160	920	5,100	120	24,000	32,000	810
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml			1,200	1,200	7,900	200						4,900	1,400	2,100	3,500							
大腸菌数	MPN/100ml			<1	<1	<1	<1	4	<1	130	770	2	<1	<1	<1	<1	3	25	<1	98	120	16	
TOC	mg/L			0.75	0.83	0.67	0.62	0.73	1.88	0.71	1.24	1.55	0.60	0.70	0.78	0.73	0.58	2.47	2.43	0.74	1.60	2.18	0.47

調査地点	採取水深(m)	調査年月日	単位	猪苗代湖			高橋川			小黒川			長瀬川										
				湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心								
pH				5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30								
EC	μ S/cm			6.98	6.82	6.6	6.75	8.75	7.90	6.9	7.43	6.59	5.07	6.87	6.97	6.92	6.82	7.33	7.81	6.93	7.44	7.6	3.76
DO	mg/L			114	118	114	120	183	221	118	257	240	104	111	116	117	119	164	133	130	243	255	338
SS	mg/L			8.3	8.4	9.9	11.1	10.3	11.1	8.6	11.2	8.6	8.6	9.2	9.2	9.4	10.7	9.5	10.2	9.0	9.8	10.4	9.9
大腸菌群数(GT+/cfu)	MPN/100ml			<1	<1	<1	<1	1	1	2	3	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	2	2
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml			2,400	2,400	340	460	130	2,400	1,700	14,000	19,000	150	460	410	480	290	2,400	77	480	8,100	19,000	340
大腸菌数	MPN/100ml			1,700	4,900	280	2,200	790	4,900	4,900	13,000	70,000	170	490	490	490	790	2,400	1	2	78	280	15
TOC	mg/L			0.92	0.80	0.69	0.63	2.23	2.29	0.80	1.23	1.88	0.80	0.71	0.75	0.75	0.61	0.81	0.99	0.83	0.92	1.44	0.46

調査地点	採取水深(m)	調査年月日	単位	猪苗代湖			高橋川			小黒川			長瀬川										
				湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心	湖心								
pH				5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30								
EC	μ S/cm			6.80	6.83	6.91	6.84	6.93	6.88	6.92	7.38	7.54	3.82	6.87	6.97	6.88	6.92	7.38	7.54	6.92	7.38	7.54	3.82
DO	mg/L			112	117	118	117	124	126	123	246	258	335	111	116	117	119	164	133	130	243	255	338
SS	mg/L			9.8	10.2	9.9	10.6	10.2	10.9	10.0	10.8	11.4	11.4	9.2	9.2	9.4	10.7	9.5	10.2	9.0	9.8	10.4	9.9
大腸菌群数(GT+/cfu)	MPN/100ml			<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	1	44	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	2	2
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml			66	58	16	14	65	91	13	6,100	24,000	220	490	490	490	790	2,400	1	2	78	280	15
大腸菌数	MPN/100ml			<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	66	7200	3	<1	<1	<1	<1	0.65	0.71	0.65	0.91	1.67	0.49
TOC	mg/L			0.63	0.68	0.64	0.64	0.65	0.71	0.65	0.91	1.67	0.49	0.71	0.75	0.75	0.61	0.81	0.99	0.83	0.92	1.44	0.46

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

調査地点は湖心を含む全52地点であり、図1に示す。

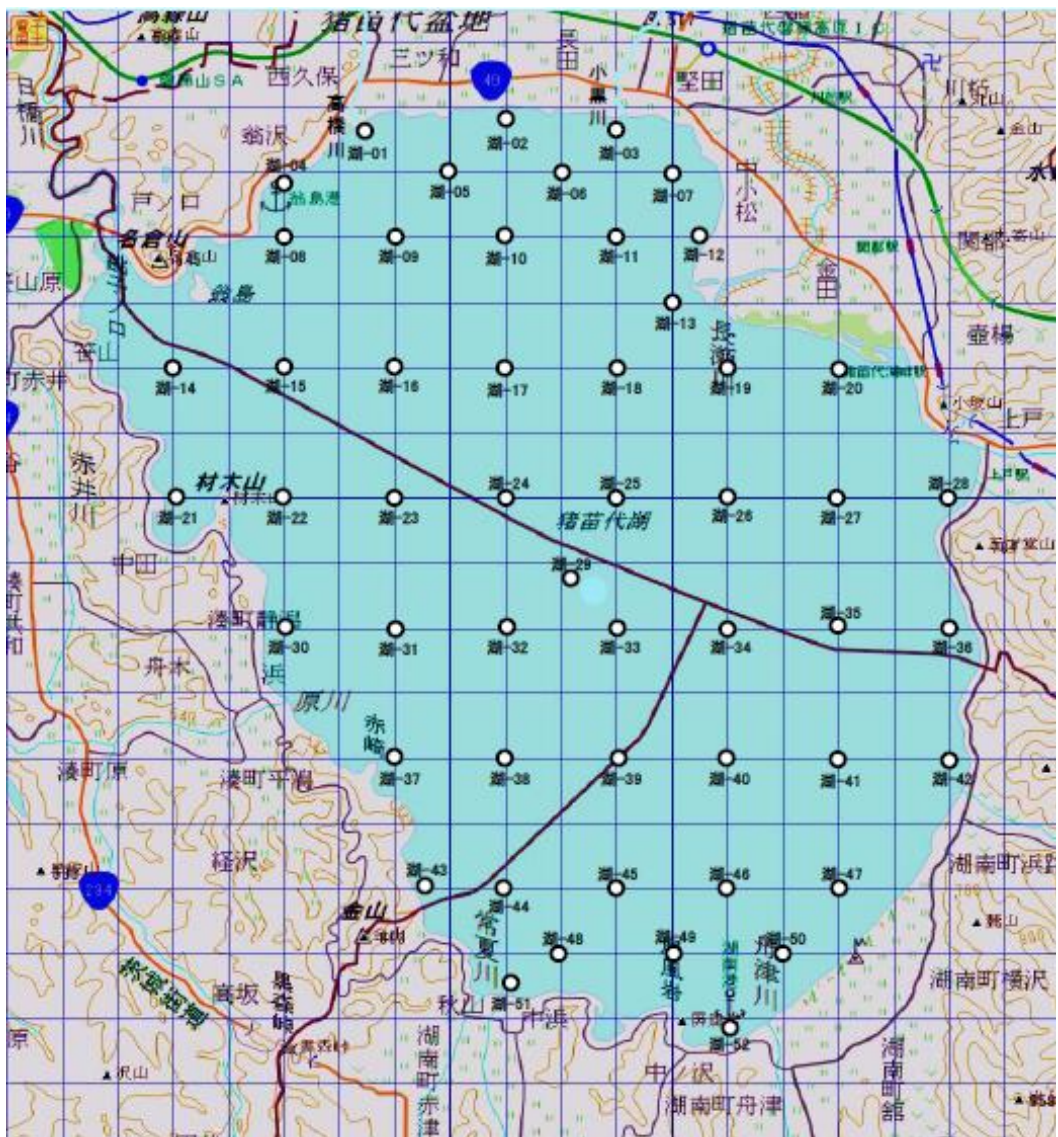


図1 全湖水面調査調査地点（出典：国土地理院）

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。（調査地点は緯経度の1'メッシュの交点）

4 調査時期

9月5日、10月13日

5 調査項目

- (1) 現地調査項目：気温、水温、色相、臭気、濁り、浮遊物・沈殿物・泡立ちの有無
- (2) 測定項目：pH、EC、大腸菌群数、大腸菌数、TOC

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：交流二極電流法
- (3) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地によるQTトレイ法（アイデックスラボラトリーズ（株））
- (4) TOC：燃焼酸化－赤外線分析方式

7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1、2のとおり。

分析結果については、別紙3のとおり。

(1) 猪苗代湖の水質について

ア 水温について

湖水の水温の分布図を図2に示す。

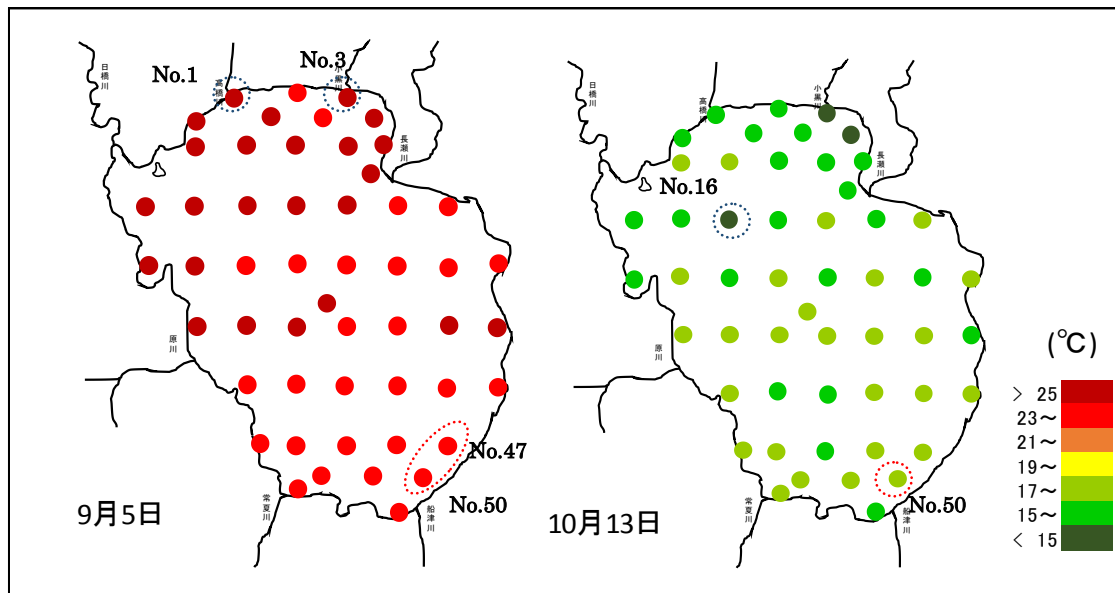


図2 猪苗代湖の水温

9月5日の調査の水温の最大値はNo. 1、No. 3の25.8℃、最小値はNo. 47、No. 50の24.0℃であり、平均水温は24.9℃であった。10月13日の調査の水温の最大値はNo. 50の17.5℃、最小値はNo. 16の12.2℃であり、平均水温は16.6℃であった。また、平均気温は9月5日が24.9℃、10月13日が12.7℃であった。

湖北側の水温は、湖心と比較して9月は高く、10月は低い傾向が見られた。これは流入

河川の水温が影響していると考えられる。

平成 27 年度 8 月 9 月の調査時は平均気温、水温ともに 20℃前後であったため、今年度 9 月はかなり気温、水温が高い状況であった。

イ 湖水の pH について

湖水の pH の分布図を図 3 に示す。

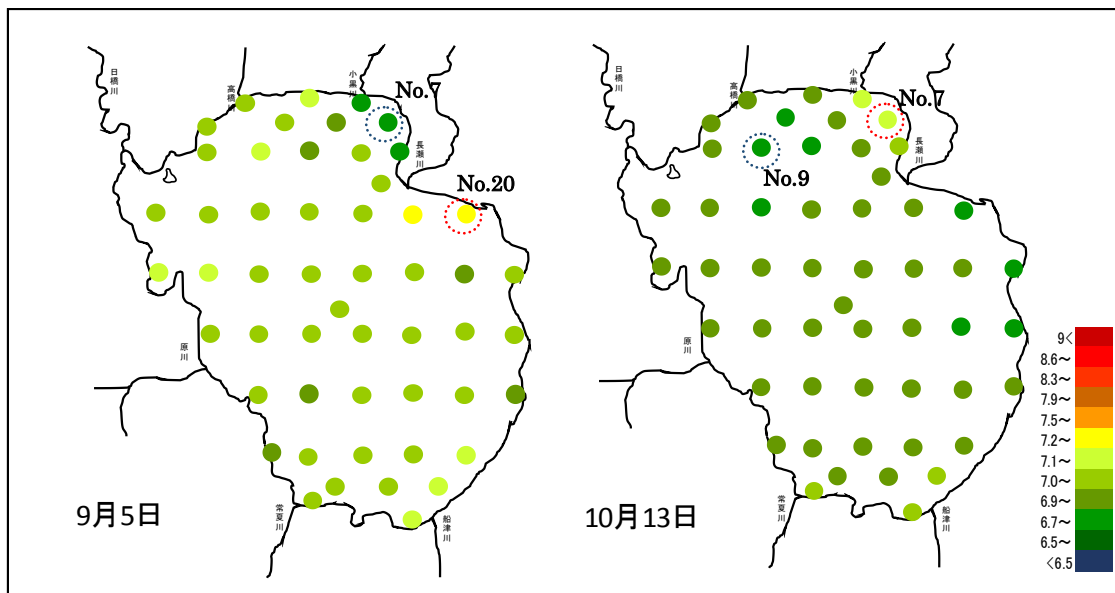


図 3 猪苗代湖の pH

9 月 5 日の pH の最大値は No. 20 で 7.3、最小値は No. 7 で 6.7 であった。10 月 13 日の pH の最大値は No. 7 で 7.1、最小値は No. 9 で 6.8 であった。pH7 以上の地点数は、9 月は 43 地点であったが、10 月になると 6 地点になっていた。

平成 26、27 年度の調査では、水温の高い 9 月は水生植物の影響で湖北側で pH が高くなる傾向にあったが、今回はあまりそのような傾向は見られなかった。

ウ 湖水の EC について

湖水の EC の分布図を図 4 に示す。

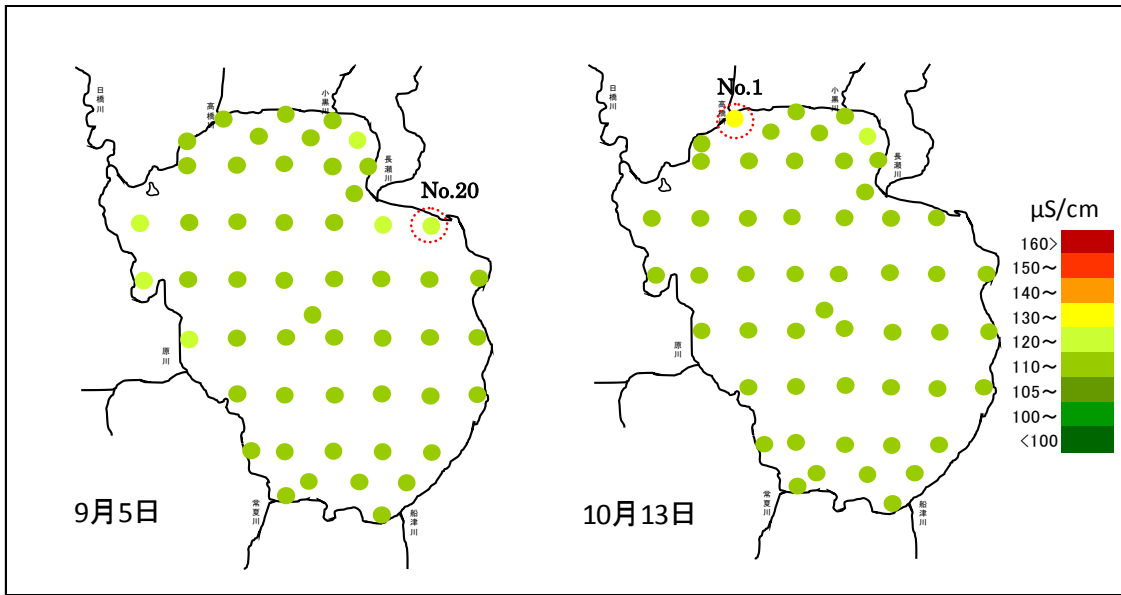


図4 猪苗代湖のEC

9月5日の最大値はNo. 20の $121 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、10月13日の最大値はNo. 1の $134 \mu\text{S}/\text{cm}$ であり、どの地点も $100 \sim 120 \mu\text{S}/\text{cm}$ 程度で差がないが、湖北部でややECが高い傾向にある。

エ 湖水のTOCについて

湖水のTOCの分布図を図5に示す。

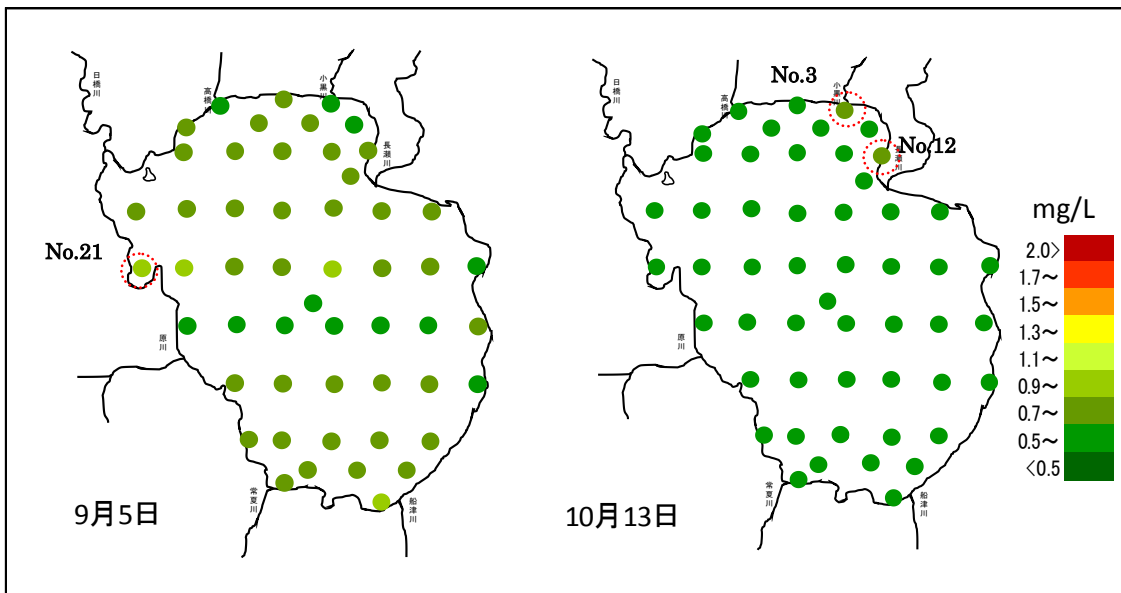


図5 猪苗代湖のTOC

9月5日の最大値はNo. 21で $0.94 \text{mg}/\text{L}$ 、10月13日の最大値はNo. 3、No. 12で $0.70 \text{mg}/\text{L}$ であった。9月の湖心付近で比較的高い傾向がみられるが、ほとんどの地点が $0.6 \sim 0.7 \text{mg}/\text{L}$ の範囲内にあり、大きな違いは見られなかった。

オ 大腸菌群数及び大腸菌数について
湖水の大腸菌群数の分布図を図6に示す。

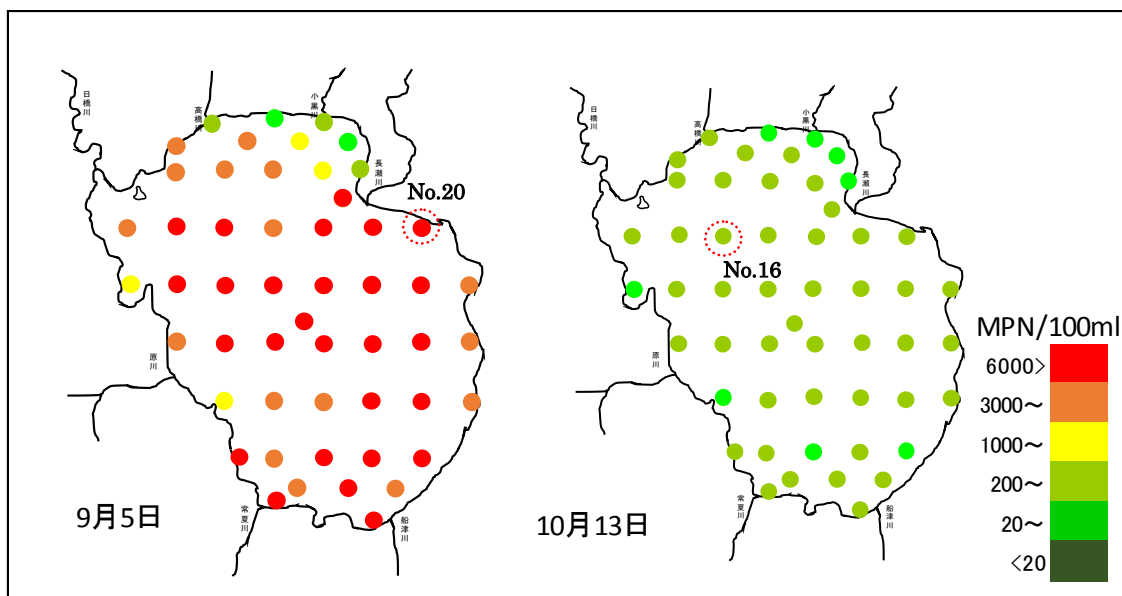


図6 猪苗代湖の大腸菌群数

9月5日の大腸菌群数の最大値はNo. 20で12000MPN/100ml、10月13日の大腸菌群数の最大値はNo. 16で540MPN/100mlであった。1000MPN/100mlを超えた地点は9月5日は47地点で昨年同時期の調査と同程度であり、湖沼A類型環境基準(1,000MPN/100ml)を超過していた。10月13日は1000MPN/100mlを超える地点はなく、水温が低いために大腸菌群数が少なくなっていると思われる。

9月は湖岸で大腸菌群数は少なく、特に湖北側で少ない傾向がみられた。

次に大腸菌数の分布図を図7に示す。

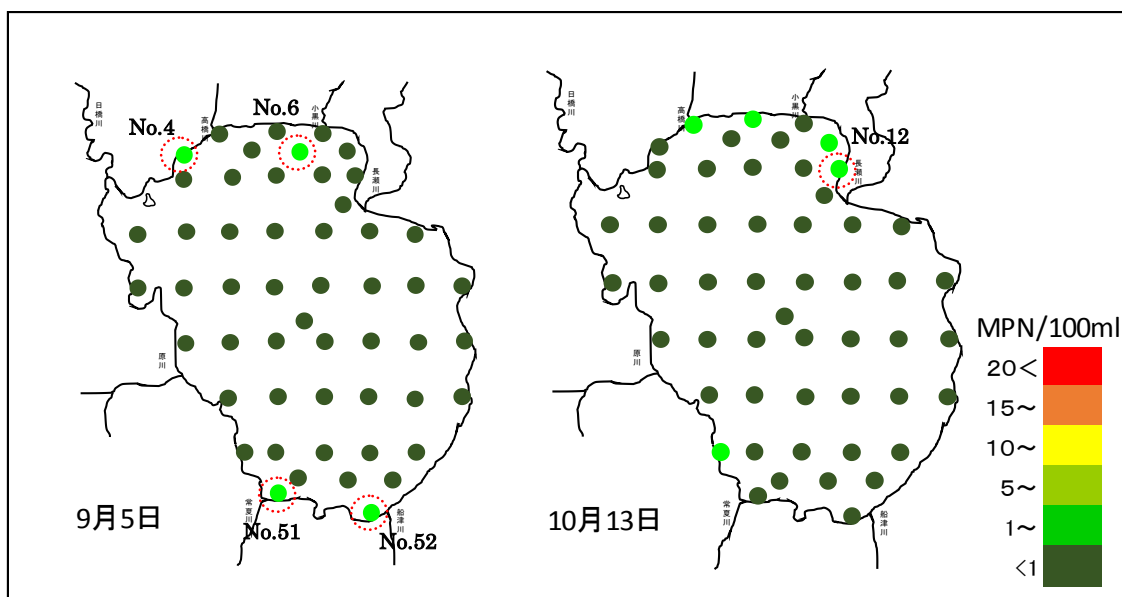


図7 猪苗代湖の大腸菌数

9月5日の大腸菌数の最大値はNo. 4、No. 6、No. 51、No. 52で1MPN/100ml、10月13日の大腸菌数の最大値はNo. 12で4MPN/100mlであった。

平成26、27年度調査同様に、大腸菌数はほとんどが未検出で、検出されたのは湖岸付近だけであった。平成28年度猪苗代湖大腸菌群超過対策調査で猪苗代湖湖心の大腸菌の菌種同定をした結果、土壌由来が主で、糞便性の菌が同定されなかったことから、平成28年度の全湖水面調査で検出された大腸菌も土壌由来の菌だと考えられる。

(2) 大腸菌群数及び水質調査項目の相関について

大腸菌群数とその他の測定項目、水温の相関を表1及び表2に示す。

表1 猪苗代湖52地点（9月5日採水）における調査項目の相関関係

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温(°C)
大腸菌群数	1				
pH	0.51	1			
EC	0.00	0.13	1		
TOC	0.34	0.43	0.03	1	
水温(°C)	-0.39	-0.30	0.19	-0.13	1

表2 猪苗代湖52地点（10月13日採水）における調査項目の相関関係

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温(°C)
大腸菌群数	1				
pH	-0.32	1			
EC	-0.03	0.03	1		
TOC	-0.22	0.37	0.08	1	
水温(°C)	-0.08	-0.15	-0.18	-0.20	1

水質調査項目間の相関をみると、9月は大腸菌群数とpH、TOC間に正の相関がみられたが、その他の項目については相関があまり認められなかった。

一般に、水温が高いほど大腸菌群数も増加する傾向にあるが、9月、10月の結果ともに大腸菌群数と水温に相関関係がみられなかった。

9月の大腸菌数、10月の大腸菌群数、大腸菌数は全体的に少なかったため、他測定項目との相関は確認できなかった。

8 まとめ

(1) 水質調査の結果、平成26、27年度はpH、EC、TOCはともに湖北部で高い傾向にあったが、平成28年度はそのような傾向はあまり見られなかった。

9月は大腸菌群数とpH、TOCとの間に相関がみられたが、他の測定項目との相関は確認できなかった。

(2) 大腸菌群は例年8月、9月に多く検出されており、今年度も9月の調査で猪苗代湖表層52

地点のうち湖沼 A 類型環境基準 (1000MPN/100ml) を超えた地点が 47 か所あった。

また、大腸菌は湖岸付近の数地点で検出されたが、ほとんどの地点が未検出で、平成 28 年度猪苗代湖大腸菌群超過対策調査の菌種同定の結果から、検出された大腸菌は土壌由来の菌が主だと考えられる。

- (3) 平成 28 年度猪苗代湖大腸菌群超過対策調査では、湖心において大腸菌群数と水温に正の相関が認められたが、平成 28 年度全湖水面調査では 9 月 10 月の結果ともに相関関係は認められなかった。しかし、9 月に基準超過していた大腸菌群数が、10 月になると急激に減少していたことから、水温が大腸菌群数の生育に影響しているものと考えられる。
- (5) 平成 26、27 年度の調査結果同様に、地点別の大腸菌群数は、湖北で少なく湖心で多く検出される傾向にあった。大腸菌群数が多い小黒川、高橋川といった流入河川が、猪苗代湖にどのように影響しているか更に調査する必要がある。
- (4) 平成 28 年度は 8 月、9 月に台風が多く接近し、今回の 9 月の調査時も台風の影響で波が荒れている状況であった。9 月の水温、pH、EC、TOC の地点別の値の差が少なかったが、台風の影響で湖水が攪拌されたことにより、平成 26、27 年度のような地点ごとの値の偏りがあまり見られなかったと考えられる。

参考文献

- 1) 平成 27 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)

現地調査結果(9月5日)

地点No	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォーレルウーレ比色計 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	9:09	晴れ	27.6	25.8	7	なし	なし	多い	なし	少有	高橋川河口付近
2	37	31	55	140	5	0	9:47	晴れ	25.5	24.6	6	なし	なし	少有	なし	多い	三城形地先付近、
3	37	31	50	140	6	0	9:20	晴れ	29.2	25.8	7	なし	なし	多い	なし	なし	小黒川河口付近、
4	37	31	21	140	3	0	9:04	晴れ	27.0	25.6	5	なし	なし	少有	なし	少有	長浜付近
5	37	31	30	140	4	30	9:53	晴れ	25.8	25.0	7	なし	なし	少有	なし	多い	
6	37	31	30	140	5	30	9:42	晴れ	26.4	24.8	7	なし	なし	なし	なし	少有	
7	37	31	30	140	6	30	9:35	晴れ	28.2	25.1	6	なし	なし	なし	なし	少有	
8	37	31	0	140	3	0	9:59	晴れ	26.2	25.3	5	なし	なし	なし	なし	少有	
9	37	31	0	140	4	0	10:05	晴れ	28.6	25.2	5	なし	なし	なし	なし	多い	
10	37	31	0	140	5	0	10:10	晴れ	27.3	25.2	5	なし	なし	なし	なし	少有	
11	37	31	0	140	6	0	10:16	晴れ	27.7	25.0	7	なし	なし	なし	なし	少有	
12	37	31	0	140	6	42	10:20	晴れ	28.5	25.1	7	なし	なし	なし	なし	なし	天神浜付近
13	37	30	30	140	6	30	10:26	晴れ	27.1	25.1	6	なし	なし	なし	なし	少有	
14	37	30	0	140	2	0	10:50	晴れ	28.8	25.7	6	なし	なし	なし	なし	少有	
15	37	30	0	140	3	0	10:44	晴れ	27.0	25.2	6	なし	なし	なし	なし	少有	
16	37	30	0	140	4	0	10:40	晴れ	27.1	25.0	6	なし	なし	なし	なし	少有	
17	37	30	0	140	5	0	10:35	晴れ	26.2	25.0	5	なし	なし	なし	なし	少有	
18	37	30	0	140	6	0	10:30	晴れ	26.9	25.0	5	なし	なし	なし	なし	少有	
19	37	30	0	140	7	0	9:11	晴れ	27.8	24.6	5	なし	なし	なし	なし	なし	長瀬川河口付近
20	37	30	0	140	8	0	9:18	晴れ	28.0	24.6	5	なし	なし	なし	なし	なし	
21	37	29	0	140	2	0	9:59	晴れ	28.3	25.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	中田浜付近
22	37	29	0	140	3	0	9:53	晴れ	27.5	25.1	5	なし	なし	なし	なし	少有	材木山地先付近
23	37	29	0	140	4	0	9:49	晴れ	27.3	24.8	5	なし	なし	なし	なし	少有	
24	37	29	0	140	5	0	9:44	晴れ	27.0	24.5	5	なし	なし	なし	なし	少有	
25	37	29	0	140	6	0	9:40	晴れ	27.9	24.6	5	なし	なし	なし	なし	なし	
26	37	29	0	140	7	0	9:35	晴れ	27.7	24.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	
27	37	29	0	140	8	0	9:30	晴れ	26.2	24.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	
28	37	29	0	140	9	0	9:25	晴れ	26.8	24.5	5	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	10:23	晴れ	28.4	25.0	5	なし	なし	なし	なし	少有	湖心
30	37	28	0	140	3	0	10:07	晴れ	28.0	25.1	5	なし	なし	なし	なし	なし	崎川浜付近
31	37	28	0	140	4	0	10:13	晴れ	27.8	25.3	4	なし	なし	なし	なし	少有	
32	37	28	0	140	5	0	10:18	晴れ	27.8	25.0	4	なし	なし	なし	なし	少有	
33	37	28	0	140	6	0	10:28	晴れ	27.8	24.9	5	なし	なし	なし	なし	少有	
34	37	28	0	140	7	0	10:34	晴れ	27.0	24.9	5	なし	なし	なし	なし	少有	
35	37	28	0	140	8	0	10:39	晴れ	27.4	25.0	5	なし	なし	なし	なし	なし	
36	37	28	0	140	9	0	10:44	晴れ	27.6	25.3	5	なし	なし	なし	なし	なし	
37	37	27	0	140	4	0	10:21	晴れ	29.0	24.7	5	なし	なし	なし	なし	なし	赤崎地先付近
38	37	27	0	140	5	0	10:29	晴れ	27.6	24.5	4	なし	なし	なし	なし	なし	
39	37	27	0	140	6	0	10:37	晴れ	28.0	24.4	4	なし	なし	なし	なし	少有	
40	37	27	0	140	7	0	10:45	晴れ	27.2	24.3	4	なし	なし	なし	なし	なし	
41	37	27	0	140	8	0	10:51	晴れ	28.0	24.5	4	なし	なし	なし	なし	少有	
42	37	26	45	140	9	0	10:58	晴れ	28.0	24.6	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	10:14	晴れ	28.2	24.8	4	なし	なし	なし	なし	少有	小倉沢地先付近
44	37	26	0	140	5	0	10:08	晴れ	29.4	24.6	5	なし	なし	なし	なし	なし	
45	37	26	0	140	6	0	10:00	晴れ	28.6	24.5	4	なし	なし	なし	なし	少有	
46	37	26	0	140	7	0	9:51	晴れ	28.4	24.1	5	なし	なし	なし	なし	少有	
47	37	26	0	140	8	0	9:43	晴れ	28.1	24.0	4	なし	なし	なし	なし	なし	
48	37	25	30	140	5	30	9:18	晴れ	28.6	24.9	5	なし	なし	なし	なし	なし	
49	37	25	30	140	6	30	9:26	晴れ	28.1	24.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	
50	37	25	30	140	7	30	9:35	晴れ	28.1	24.0	5	なし	なし	なし	なし	なし	
51	37	25	15	140	5	0	9:07	晴れ	28.3	24.6	5	なし	なし	なし	なし	なし	青松浜付近
52	37	24	53	140	7	0	11:17	晴れ	29.4	24.8	5	なし	なし	なし	なし	なし	舟津港付近

※台風の影響で波が荒れていた

現地調査結果(10月13日)

地点No	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォーレルウーレ比色計 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	9:19	曇り	12.2	16.4	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	9:37	曇り	12.8	16.8	6	なし	なし	少有	なし	少有	三城形地先付近
3	37	31	50	140	6	0	10:00	曇り	12.2	14.2	6	なし	なし	少有	なし	少有	小黒川河口付近
4	37	31	21	140	3	0	9:08	曇り	13.2	16.8	4	なし	なし	なし	なし	なし	長浜付近
5	37	31	30	140	4	30	9:30	曇り	13.2	16.7	4	なし	なし	なし	なし	少有	
6	37	31	30	140	5	30	9:49	曇り	11.8	16.1	4	なし	なし	なし	なし	少有	
7	37	31	30	140	6	30	10:07	晴れ	13.8	14.8	5	なし	なし	少有	なし	少有	
8	37	31	0	140	3	0	9:14	曇り	12.8	17.1	4	なし	なし	なし	なし	なし	
9	37	31	0	140	4	0	9:24	曇り	13.2	17.0	4	なし	なし	なし	なし	少有	
10	37	31	0	140	5	0	9:44	曇り	12.8	16.8	4	なし	なし	なし	なし	少有	
11	37	31	0	140	6	0	10:13	曇り	13.2	16.0	6	なし	なし	なし	なし	少有	
12	37	31	0	140	6	42	10:18	曇り	12.8	15.3	7	なし	なし	少有	なし	少有	天神浜付近
13	37	30	30	140	6	30	10:25	曇り	12.5	16.9	4	なし	なし	少有	なし	少有	長瀬川河口
14	37	30	0	140	2	0	10:54	曇り	11.7	16.6	4	なし	なし	なし	なし	なし	
15	37	30	0	140	3	0	10:48	曇り	11.8	15.8	4	なし	なし	なし	なし	少有	
16	37	30	0	140	4	0	10:42	曇り	17.0	12.2	4	なし	なし	なし	なし	少有	
17	37	30	0	140	5	0	10:36	曇り	11.8	16.9	4	なし	なし	なし	なし	少有	
18	37	30	0	140	6	0	10:30	曇り	12.2	17.1	4	なし	なし	なし	なし	少有	
19	37	30	0	140	7	0	9:20	曇り	11.0	16.0	5	なし	なし	なし	なし	少有	長瀬川河口付近
20	37	30	0	140	8	0	9:27	曇り	11.2	17.0	5	なし	なし	なし	なし	少有	
21	37	29	0	140	2	0	11:17	曇り	13.0	16.6	4	なし	なし	なし	なし	少有	中田浜付近
22	37	29	0	140	3	0	11:12	曇り	13.0	17.0	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	11:07	曇り	12.0	16.9	5	なし	なし	なし	なし	少有	
24	37	29	0	140	5	0	10:40	曇り	12.1	17.0	5	なし	なし	なし	なし	少有	
25	37	29	0	140	6	0	10:32	曇り	12.2	16.6	4	なし	なし	なし	なし	少有	
26	37	29	0	140	7	0	10:05	曇り	12.0	17.0	4	なし	なし	なし	なし	少有	
27	37	29	0	140	8	0	9:59	曇り	11.8	16.9	4	なし	なし	なし	なし	少有	
28	37	29	0	140	9	0	9:36	曇り	12.0	17.0	4	なし	なし	少有	なし	少有	五万堂山地先付近
29	37	28	20	140	5	36	10:25	曇り	12.2	17.0	4	なし	なし	なし	なし	少有	湖心
30	37	28	0	140	3	0	10:58	曇り	11.5	17.0	4	なし	なし	なし	なし	なし	崎川浜付近
31	37	28	0	140	4	0	10:54	曇り	12.0	17.0	4	なし	なし	なし	なし	少有	
32	37	28	0	140	5	0	10:46	曇り	12.6	17.0	5	なし	なし	なし	なし	少有	
33	37	28	0	140	6	0	10:20	曇り	13.0	17.0	4	なし	なし	なし	なし	少有	
34	37	28	0	140	7	0	10:12	曇り	13.0	17.0	5	なし	なし	なし	なし	少有	
35	37	28	0	140	8	0	9:50	曇り	12.0	17.0	4	なし	なし	なし	なし	少有	
36	37	28	0	140	9	0	9:42	曇り	12.0	16.5	4	なし	なし	なし	なし	少有	
37	37	27	0	140	4	0	11:04	曇り	13.0	17.2	3	なし	なし	なし	なし	少有	赤崎地先付近、微風
38	37	27	0	140	5	0	10:57	曇り	13.5	16.9	3	なし	なし	なし	なし	なし	
39	37	27	0	140	6	0	10:48	曇り	13.4	16.8	4	なし	なし	なし	なし	なし	
40	37	27	0	140	7	0	10:41	曇り	13.8	17.2	3	なし	なし	なし	なし	なし	
41	37	27	0	140	8	0	10:34	曇り	13.6	17.0	3	なし	なし	なし	なし	なし	
42	37	26	45	140	9	0	10:27	曇り	14.1	17.3	14	なし	なし	なし	なし	なし	大沢川河口付近
43	37	26	0	140	4	12	9:52	晴れ	12.9	17.3	3	なし	なし	なし	なし	なし	小倉沢地先付近
44	37	26	0	140	5	0	9:59	晴れ	14.0	17.0	2	なし	なし	なし	なし	なし	
45	37	26	0	140	6	0	10:06	晴れ	13.8	16.6	3	なし	なし	なし	なし	なし	
46	37	26	0	140	7	0	10:13	曇り	12.9	17.1	2	なし	なし	なし	なし	少有	
47	37	26	0	140	8	0	10:19	曇り	13.8	17.0	4	なし	なし	なし	なし	なし	
48	37	25	30	140	5	30	9:34	曇り	12.1	17.3	14	なし	なし	なし	なし	なし	
49	37	25	30	140	6	30	9:26	曇り	12.9	17.0	15	なし	なし	なし	なし	少有	
50	37	25	30	140	7	30	9:18	曇り	12.8	17.5	15	なし	なし	なし	なし	少有	
51	37	25	15	140	5	0	9:42	曇り	13.1	17.0	4	なし	なし	なし	なし	なし	青松浜付近
52	37	24	53	140	7	0	11:23	曇り	13.4	16.5	4	なし	なし	なし	なし	少有	舟津港付近

全湖水面調査分析結果

9月5日

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		μS/cm	mg/l		
下限値	0	0		1	0.5		
1	640	<1	7.00	114	0.69	27.6	25.8
2	160	<1	7.11	119	0.71	25.5	24.6
3	360	<1	6.82	119	0.62	29.2	25.8
4	3,600	1	7.00	119	0.74	27.0	25.6
5	3,600	<1	7.01	118	0.72	25.8	25.0
6	2,300	1	6.98	115	0.74	26.4	24.8
7	130	<1	6.73	120	0.65	28.2	25.1
8	3,600	<1	7.05	119	0.75	26.2	25.3
9	5,400	<1	7.14	115	0.75	28.6	25.2
10	5,400	<1	6.97	118	0.71	27.3	25.2
11	1,700	<1	7.03	118	0.74	27.7	25.0
12	720	<1	6.83	119	0.71	28.5	25.1
13	10,000	<1	7.02	118	0.75	27.1	25.1
14	4,300	<1	7.02	120	0.80	28.8	25.7
15	8,100	<1	7.02	119	0.77	27.0	25.2
16	7,200	<1	7.01	119	0.82	27.1	25.0
17	4,300	<1	7.03	118	0.75	26.2	25.0
18	9,200	<1	7.01	119	0.78	26.9	25.0
19	9,200	<1	7.34	120	0.76	27.8	24.6
20	12,000	<1	7.39	121	0.85	28.0	24.6
21	2,400	<1	7.11	120	0.94	28.3	25.5
22	8,100	<1	7.16	119	0.92	27.5	25.1
23	6,800	<1	7.06	119	0.87	27.3	24.8
24	8,100	<1	7.05	118	0.85	27.0	24.5
25	7,700	<1	7.04	119	0.93	27.9	24.6
26	7,700	<1	7.06	119	0.88	27.7	24.5
27	7,700	<1	6.99	110	0.87	26.2	24.5
28	5,400	<1	7.02	119	0.69	26.8	24.5
29	9,200	<1	7.01	119	0.69	28.4	25.0
30	3,800	<1	7.09	120	0.69	28.0	25.1
31	6,100	<1	7.05	119	0.69	27.8	25.3
32	8,600	<1	7.00	118	0.67	27.8	25.0
33	6,800	<1	7.02	119	0.68	27.8	24.9
34	6,400	<1	7.05	113	0.68	27.0	24.9
35	8,100	<1	7.04	119	0.68	27.4	25.0
36	4,600	<1	7.01	117	0.72	27.6	25.3
37	2,400	<1	7.07	118	0.73	29.0	24.7
38	4,800	<1	6.98	118	0.71	27.6	24.5
39	4,300	<1	7.08	119	0.75	28.0	24.4
40	7,700	<1	7.06	114	0.73	27.2	24.3
41	6,100	<1	7.02	114	0.73	28.0	24.5
42	3,600	<1	6.92	119	0.69	28.0	24.6
43	6,100	<1	6.97	113	0.75	28.2	24.8
44	5,100	<1	7.04	119	0.71	29.4	24.6
45	6,100	<1	7.06	119	0.71	28.6	24.5
46	6,800	<1	7.04	114	0.76	28.4	24.1
47	10,000	<1	7.10	118	0.72	28.1	24.0
48	5,100	<1	7.06	117	0.76	28.6	24.9
49	7,200	<1	7.08	119	0.77	28.1	24.5
50	4,300	<1	7.10	117	0.75	28.1	24.0
51	9,800	1	7.03	118	0.75	28.3	24.6
52	6,100	1	7.10	117	0.90	29.4	24.8

10月13日

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		μS/cm	mg/l		
下限値	0	0		1	0.5		
1	340	1	6.91	134	0.64	12.2	16.4
2	170	1	6.92	118	0.66	12.8	16.8
3	95	<1	7.10	118	0.70	12.2	14.2
4	270	<1	6.92	117	0.63	13.2	16.8
5	340	<1	6.89	116	0.65	13.2	16.7
6	270	<1	6.91	117	0.64	11.8	16.1
7	170	1	7.12	121	0.68	13.8	14.8
8	360	<1	6.90	117	0.63	12.8	17.1
9	340	<1	6.86	116	0.64	13.2	17.0
10	260	<1	6.89	116	0.63	12.8	16.8
11	290	<1	6.93	117	0.68	13.2	16.0
12	190	4	7.02	117	0.70	12.8	15.3
13	320	<1	6.97	116	0.68	12.5	16.9
14	410	<1	6.94	116	0.62	11.7	16.6
15	290	<1	6.93	116	0.63	11.8	15.8
16	540	<1	6.88	117	0.62	17.0	12.2
17	510	<1	6.91	115	0.63	11.8	16.9
18	300	<1	6.97	117	0.62	12.2	17.1
19	230	<1	6.91	116	0.67	11.0	16.0
20	210	<1	6.89	118	0.69	11.2	17.0
21	180	<1	6.93	116	0.64	13.0	16.6
22	210	<1	6.94	115	0.64	13.0	17.0
23	290	<1	6.92	116	0.63	12.0	16.9
24	210	<1	6.90	116	0.68	12.1	17.0
25	460	<1	6.98	117	0.65	12.2	16.6
26	340	<1	6.98	116	0.64	12.0	17.0
27	300	<1	6.91	116	0.63	11.8	16.9
28	220	<1	6.88	117	0.62	12.0	17.0
29	480	<1	6.95	116	0.66	12.2	17.0
30	340	<1	6.92	116	0.66	11.5	17.0
31	230	<1	6.96	116	0.64	12.0	17.0
32	260	<1	6.95	116	0.64	12.6	17.0
33	320	<1	6.97	116	0.64	13.0	17.0
34	290	<1	6.98	116	0.67	13.0	17.0
35	360	<1	6.87	116	0.63	12.0	17.0
36	260	<1	6.89	117	0.63	12.0	16.5
37	150	<1	6.97	116	0.63	13.0	17.2
38	260	<1	6.95	117	0.63	13.5	16.9
39	360	<1	6.91	117	0.68	13.4	16.8
40	340	<1	6.97	116	0.61	13.8	17.2
41	300	<1	6.90	117	0.60	13.6	17.0
42	230	<1	6.94	117	0.63	14.1	17.3
43	270	1	6.98	116	0.64	12.9	17.3
44	300	<1	6.98	117	0.62	14.0	17.0
45	170	<1	6.92	116	0.61	13.8	16.6
46	240	<1	6.96	116	0.62	12.9	17.1
47	190	<1	6.97	116	0.64	13.8	17.0
48	270	<1	6.99	116	0.67	12.1	17.3
49	410	<1	6.97	116	0.67	12.9	17.0
50	240	<1	7.05	117	0.66	12.8	17.5
51	300	<1	7.05	116	0.65	13.1	17.0
52	290	<1	7.03	116	0.64	13.4	16.5

4 湖沼における難分解性有機物調査

1 目的

湖沼における環境基準未達成の要因の一つと考えられる難分解性有機物について、猪苗代湖及び猪苗代湖への流入河川の実態を把握することにより、水環境保全対策に資することを目的とする。

2 調査方法

猪苗代湖及び猪苗代湖への流入河川の溶存態及び懸濁態の有機物量等を調査した。また、生分解試験を行い難分解性有機物の存在状況を把握し、有機物による汚濁の現状を検討した。

3 調査地点

調査地点は図1のとおり。

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

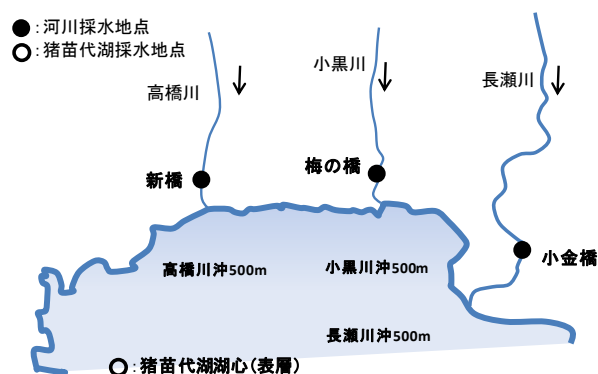


図1 調査地点

4 調査時期

平成28年9月14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－(D-COD)
- (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－DOC
- (10) T-N、T-P、PO₄-P：分光光度法
- (11) 溶存態 T-N (T-N)、溶存態 (T-P) DTP：ろ過後、分光光度法
- (12) 懸濁態 T-N (PTN)：T-N－DTN
- (13) 懸濁態 T-P (PTP)：T-P－DTP
- (14) NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N：イオンクロマトグラフ法
- (15) SS：重量法
- (16) 一般細菌数：標準寒天培地による平板法
- (17) UV260：波長 260nm の紫外吸収光度
- (18) クロロフィル a：分光光度法

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

7 結果及び考察

現地調査結果は、別紙 1 のとおり。

分析結果の一覧は、別紙 2 のとおり。

(1) 猪苗代湖及び各河川における BOD、COD 及び TOC の結果について

各湖沼等における BOD、COD 及び TOC 濃度等を図 2 に示す。BOD の定量下限値は 0.5mg/L であるが、定量下限値未満の検体については 0mg/L とした。

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 1.5mg/L、猪苗代湖高橋川沖 500m 及び猪苗代湖小黒川沖 500m がそれぞれ 0.6mg/L、0.9mg/L であり、それ以外の地点は全て 0.5mg/L 未満であった。

COD は猪苗代湖湖心及び猪苗代湖長瀬川沖 500m が 1.1mg/L、1.0mg/L であり、その他の地点は、約 2～4mg/L と比較的高い値であった。

猪苗代湖高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の 2 地点については、11 月に実施した平成 27 年度と比較して BOD 及び COD が高い値となった。今年度の調査時は水深が 1m 未満と浅く、水草が繁茂しており、また、pH がそれぞれ 8.7 及び 7.9 と高かったことから、炭酸同化作用が活発であったことにより各有機物指標が高い値になったと推測された。

TOCは猪苗代湖湖心、猪苗代湖長瀬川沖 500m 及び長瀬川小金橋は約 0.8~0.9mg/L と比較的
低く、高橋川及び小黒川関連の 4 地点は 1.23mg/L~2.29mg/L であり、COD と同様に比較的高い
値であった。

また、長瀬川小金橋の SS が 10mg/L と比較的高く、COD に占める P-COD の割合が高かった。
POC については全ての地点で 0.1mg/L 未満であり、ほぼ溶存態で存在している結果となった。

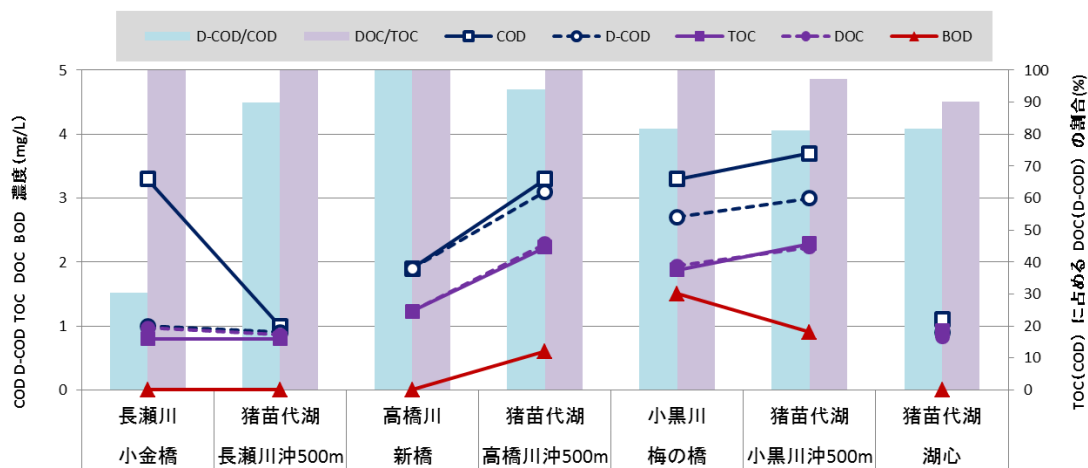


図2 各地点における COD、TOC 等濃度及び溶存態の割合

(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 等の濃度等を図 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。

なお、NO₂-N 及び NH₄-N は全ての地点で定量下限値未満 (<0.05mg/L) であった。

T-N は猪苗代湖小黒川沖 500m、高橋川新橋及び小黒川梅の橋が 0.55~0.80mg/L と比較的高い
値であり、その他は約 0.20mg/L であった。また、溶存態の割合は長瀬川小金橋以外は 75%
以上と溶存態の割合が高かった。

NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N については、NO₃-N のみが検出されその他の 2 成分は検出下限値未満
であった。NO₃-N については T-N と同様な傾向が見られ、猪苗代湖小黒川沖 500m 等 3 地点が 0.34
~0.61mg/L と比較的高く、その他の地点は <0.05~0.10mg/L と低い値であった。

T-P は猪苗代湖湖心及び長瀬川沖 500m は 0.003mg/L 未満であった。小黒川梅の橋及び猪苗代
湖小黒川沖 500m はそれぞれ 0.147mg/L 及び 0.074mg/L と比較的高い値であり、その他の 3 地
点は 0.016~0.020mg/L と低い値で検出された。

溶存態の割合については、検出された 5 地点のうち長瀬川小金橋は 0%と全て懸濁態となり、
その他の 4 地点は 41~54%の範囲とほぼ半分の割合であった。

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により不溶化した 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
現象のため懸濁態の割合が 100%であった。

BOD、T-N、T-P 等の結果において、猪苗代湖小黒川沖 500m 及び小黒川梅の橋は他の地点より
も高い値であり湖心とは違った傾向であった。小黒川は猪苗代町の中心部を流れており、生活
排水が多量に流入し負荷量が多いため小黒川梅の橋は高い値となり、また、猪苗代湖の小黒川
沖周辺は、小黒川からの負荷量が多いこと及びその影響により水草が繁茂しやすい環境になっ

ていること等が原因で高い値になったと推測される。

猪苗代湖高橋川沖 500m においても水草が繁茂した状態であり、小黒川沖ほどではないが、BOD、COD、T-P 等が湖心と比較して高い値であった。しかし、T-N は湖心と同程度であり低い値であった。

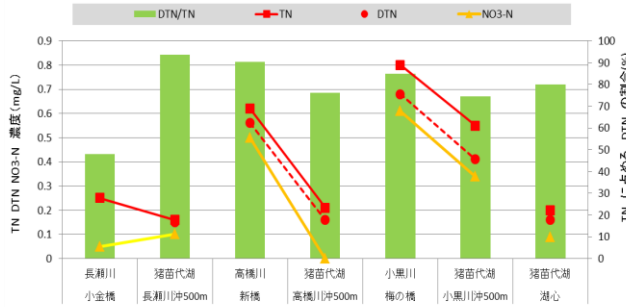


図3 T-N等の濃度及び溶存態の割合

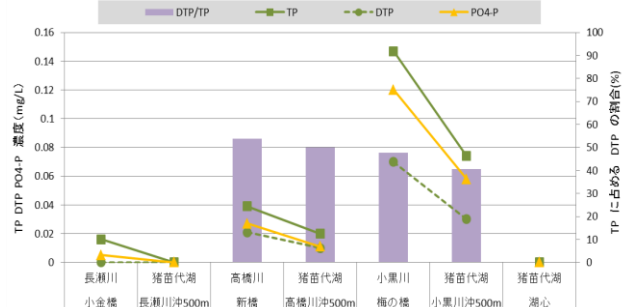


図4 T-P等の濃度及び溶存態の割合

(3) 猪苗代湖及び各河川における UV260/DOC 比について

平成 28 年度の UV260/DOC 比及び DOC 濃度を図 5、平成 26 年度から平成 28 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、14 及び 12 [(mABS/cm)/(mg/L)] であった。これは過去 2 年間と同様の結果で、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、43~87 [(mABS/cm)/(mg/L)] であり、過去 2 年間と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、平成 26 年度が 43 [(mABS/cm)/(mg/L)]、平成 27 年度が 100 [(mABS/cm)/(mg/L)] と他の地点と違う傾向にあり、その理由として上流にある水力発電所の影響であると推測された。今年度は平成 27 年度と同様に放流後に採水しており、流量は平成 27 年度と同程度になり、放流前に採水した平成 26 年度の約 7 倍であった。UV260/DOC 比も 87 [(mABS/cm)/(mg/L)] と平成 27 年度に近い値であったため、水力発電所の放流による多量の底質の流出が影響していると考えられた。

また、猪苗代湖小黒川沖 500m 及び高橋川沖 500m については 57 [(mABS/cm)/(mg/L)] 及び 43 [(mABS/cm)/(mg/L)] であった。これは過去の結果とは違っており、11 月に採水した平成 27 年度は 11 [(mABS/cm)/(mg/L)] 及び 15 [(mABS/cm)/(mg/L)] と低く湖心等と同程度で内部生産有機物由来に近く、今年度と同様に 9 月に採水した平成 26 年度は 29 [(mABS/cm)/(mg/L)] 及び 16 [(mABS/cm)/(mg/L)] であり、湖心等よりは高いが今年度と比較すると低い値であった。

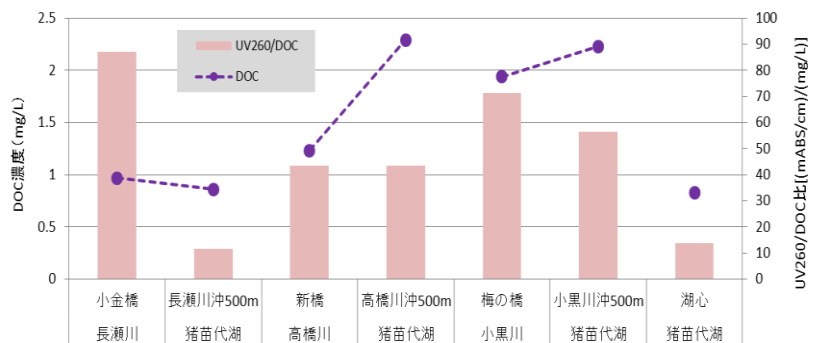


図5 UV260/DOC 比及び DOC 濃度

ヨシ等が繁茂する湖岸帯における溶存有機物はフミン物質が優性であり、植物プランクトン

由来の溶存有機物は UV260/DOC 比がフミン物質より低い親水性酸が優性であり、水草が繁茂している状態では UV260/DOC 比は高くなると考えられる。

今回、UV260/DOC 比が高くなった理由としては水草が繁茂する環境であったこと、またはこの 2 地点は水深が浅く水量が少なく、また、底質が巻き上げられ土壌由来の有機物が多量溶出したことが考えられる。

藻類由来が大きな割合を占める湖水において UV260/DOC 比は 16~17 [(mABS/cm)/(mg/L)] であったとの報告²⁾があるが、この 2 地点の値は藻類由来の値より大きく、土壌由来の値に近いことから、底質からの溶出によるものと推測される。

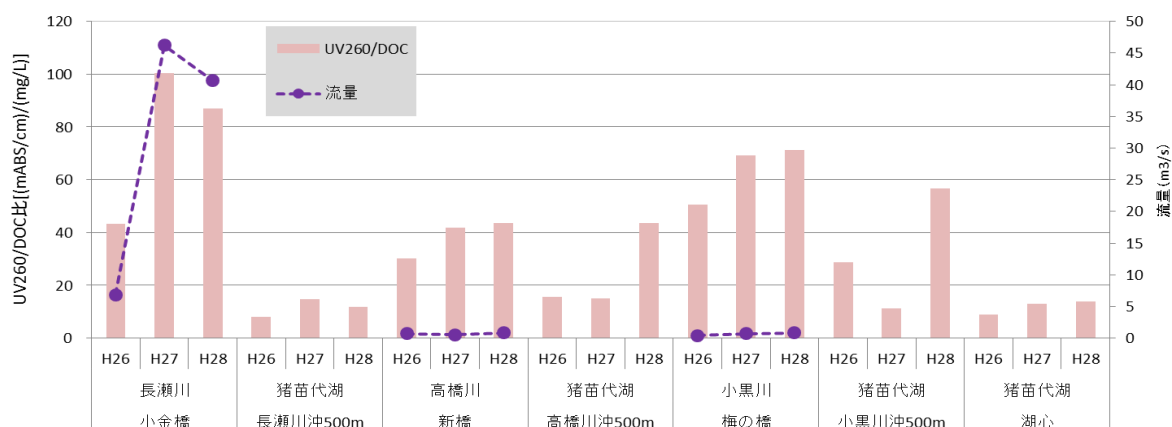


図 6 平成 26 年度から平成 28 年度の UV260/DOC 比及び流量

(4) 生分解試験結果について

ア 難分解性有機物について

各湖沼等の生分解試験における DOC 及び POC 濃度を図 7、生分解試験 30 日後の全有機物中における難分解性 DOC の割合を図 8 に示す。

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。

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

また、30 日後における全有機物中における難分解性 DOC の割合は 60~85% の範囲内であり、100 日後もほぼ変化がなかった。

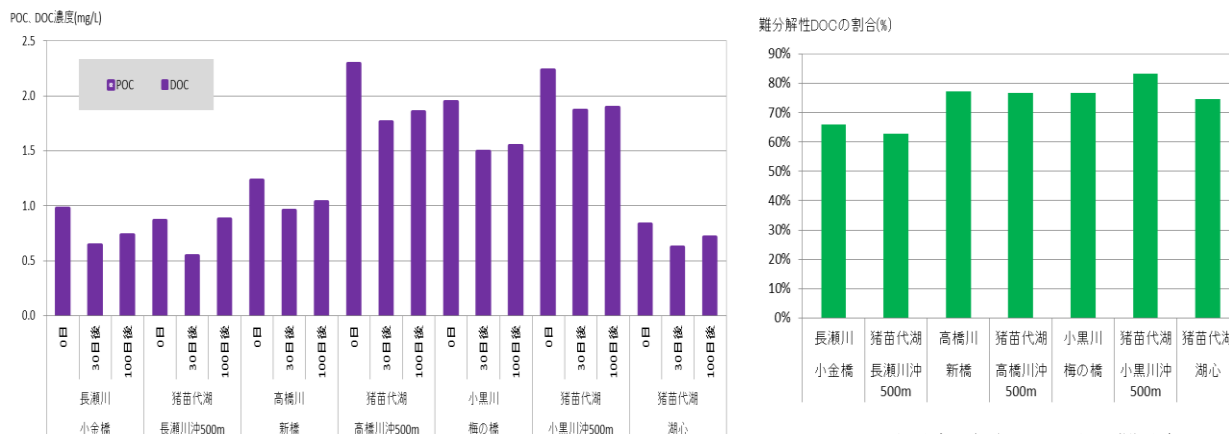


図 7 生分解試験による DOC 等の変化

図 8 生分解試験 30 日後の難分解性 DOC の割合

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、猪苗代湖心及び猪苗代湖長瀬川沖 500m 及び長瀬川小金橋については生分解前の値と比較してほとんど変化がみられなかった。

その他の地点は減少した。

過去 2 年間の結果では、一部を除いて猪苗代湖内 4 地点はほとんど値が変化せず、河川 3 地点は減少する結果であったが、猪苗代湖内 4 地点では、高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m が減少し、違う傾向を示した。

この理由としては(3)で述べたように底質から土壌由来の有機物が多量溶出した状態であったことが考えられ、土壌由来有機物が優勢である河川と同様に減少する結果となった。

また、長瀬川小金橋は過去 2 年間は減少したが、今回はほぼ変わらない結果となった。この理由については不明であり更なる調査が必要である。

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少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。

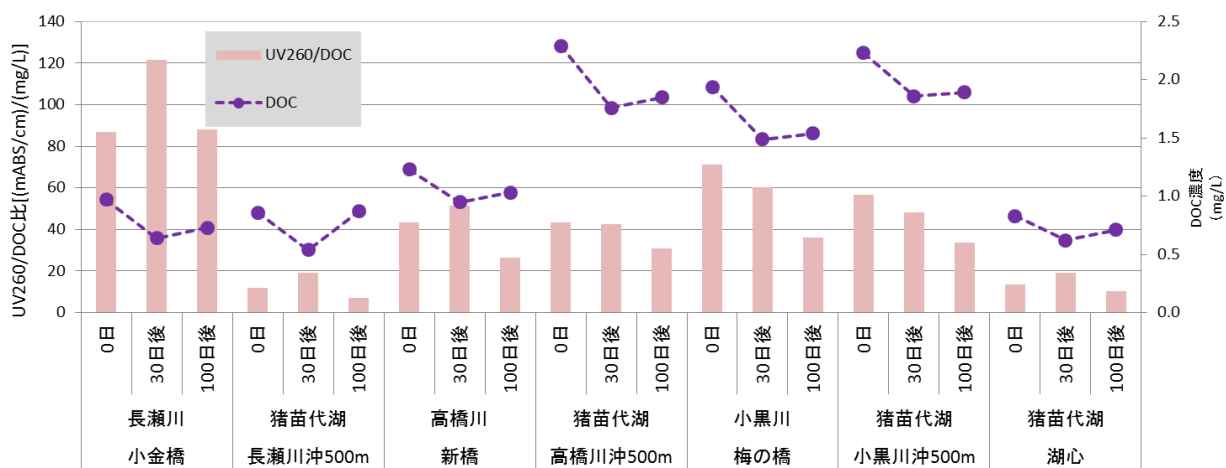


図 9 猪苗代湖及び各河川における生分解試験における UV260/DOC 等の変化

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m は、水深が浅く、水草が繁茂している状態であり、BOD、COD、T-N(高橋川沖 500m は除く)、T-P が湖心と比較して高い値であった。

また、11 月に実施した平成 27 年度のそれぞれの地点と比較して高い値であった。

- (2) 今回調査した 7 地点全てにおいて TOC はほぼ溶存態で存在していた。
- (3) 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 及び小黒川沖 500m は、土壌由来の外来性有機物の値に近く、過去 2 年の結果と違ったが、採水時の水深が浅く底質から土壌由来の有機物が多量溶出したためであり、流入河川による影響ではないと考えられる。

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。

小黒川梅の橋は生活雑排水の負荷量も多いが、土壌等外部由来有機物の寄与が大きい結果であった。

- (4) 全有機物中における難分解性 DOC の割合は一部を除いて 60～85% の範囲内であり、難分解性有機物の割合が高かった。
- (5) 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、土壌の寄与が大きい結果となった高橋川及び小黒川の 4 地点は減小した。

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	H28.9.14						
採水時間	9:35	10:08	11:14	10:41	13:55	11:58	12:21
天候(前日)	くもり						
天候(当日)	くもり	くもり	くもり	くもり	晴れ	晴れ	くもり
気温(℃)	22.5	20.5	24.5	23.4	25.7	27.3	24.5
水温(℃)	22.7	22.7	21.5	20.6	21.4	19.1	22.0
透明(透視)度(m)	11.2	10.6	0.70(全透)	0.46(全透)	0.75	>1	>1
水色(フォーレル)	4	5	5	5	-	-	-
色相	無色	無色	茶色	茶色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	微濁	微濁	微濁	透明	透明
流量(m ³ /s)	-				40.66	0.84	0.83

発電所放流時間 10:10~21:16

※黄色いセルは計算値

別添2 難分解性有機物濃度に係る水質測定結果

調査地点	調査代調				2016/9/14			
	湖心	長瀬川500m	高瀬川500m	小瀬川500m	湖心	長瀬川500m	高瀬川500m	小瀬川500m
pH	7.0	6.9	8.7	7.9	5.1	7.4	6.6	6.6
EC	114	118	175	221	104	257	240	240
BOD	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.5	1.5
COD	mg/L	1.1	3.3	3.7	3.3	1.9	3.3	3.3
D-COD	mg/L	0.9	0.9	3.1	3.0	1.0	1.9	2.7
F-COD	mg/L	0.2	0.1	0.2	0.7	2.3	<0.1	0.6
DOC	mg/L	0.92	0.80	2.23	2.29	0.80	1.23	1.88
DOC	mg/L	0.83	0.86	2.29	2.23	0.97	1.23	1.94
POC	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
T-N	mg/L	0.20	0.16	0.21	0.55	0.25	0.62	0.80
DTN	mg/L	0.16	0.15	0.16	0.41	0.12	0.56	0.68
PTN	mg/L	<0.05	<0.05	0.05	0.14	0.13	0.06	0.12
NO3-N	mg/L	0.09	0.10	<0.05	0.34	0.05	0.50	0.61
NO2-N	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH4-N	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
TP	mg/L	<0.003	<0.003	0.020	0.074	0.016	0.039	0.117
DTP	mg/L	<0.003	<0.003	0.010	0.03	<0.003	0.021	0.070
PTP	mg/L	<0.003	<0.003	0.01	0.044	0.016	0.018	0.077
PO4-P	mg/L	<0.003	<0.003	0.011	0.058	0.005	0.027	0.120
SS	mg/L	<1	<1	1	10	2	3	3
一般細菌数	個/mL	31	54	55	540	25	1300	3500
UV260	abs/cm	0.0114	0.0101	0.0996	0.1261	0.0844	0.0535	0.1331
UV260/DOC	abs/cm/mg/L	14	12	43	57	87	43	71
Zn/TP/Chl a	μg/L	0.8	—	—	—	—	—	—

調査代調各分種取調結果

調査地点	採取水深(m)	調査年月日	2016/9/14																					
			0日目			30日後 (2016/10/14)			100日後 (2016/12/22)			100日後 (2016/12/22)												
生分解試験目数	0日目	30日後	100日後	湖心	長瀬川	高瀬川	小瀬川	湖心	長瀬川	高瀬川	小瀬川	湖心	長瀬川	高瀬川	小瀬川	湖心	長瀬川	高瀬川	小瀬川					
溶解	mg/L	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	998	1020	1020	1020	1020	1020	1020	995	997	998	992	998	993	998	998	996
pH		6.3	6.0	5.7	7.0	6.9	5.1	7.9	7.8	7.0	6.6	6.9	6.9	8.0	8.0	6.8	6.8	7.6	7.9	6.6	7.9	7.8	7.9	7.9
EC	μ S/cm	2	1	1	114	118	175	221	104	257	240	112	116	178	216	178	187	187	180	219	107	253	244	244
DOC	mg/L	0.09	0.11	0.26	0.92	0.80	2.23	2.29	0.80	1.23	1.88	0.62	0.65	1.77	1.87	0.62	0.62	0.62	1.76	1.80	0.70	0.97	1.88	1.88
DOC	mg/L	0.11	0.16	0.43	0.83	0.86	2.29	2.23	0.97	1.23	1.94	0.62	0.65	1.76	1.87	0.64	0.64	0.64	1.86	1.91	0.74	1.04	1.55	1.55
UV260	abs/cm	0.0090	0.0032	0.0020	0.0114	0.0101	0.0996	0.1261	0.0844	0.0535	0.1381	0.0118	0.0104	0.0751	0.0992	0.0779	0.0779	0.0779	0.0643	0.0644	0.0844	0.0275	0.0538	0.0538

生分解試験結果(修正あり)

調査地点	採取水深(m)	調査年月日	2016/9/14																					
			0日目			30日後 (2016/10/14)			100日後 (2016/12/22)			100日後 (2016/12/22)												
生分解試験目数	0日目	30日後	100日後	湖心	長瀬川	高瀬川	小瀬川	湖心	長瀬川	高瀬川	小瀬川	湖心	長瀬川	高瀬川	小瀬川	湖心	長瀬川	高瀬川	小瀬川					
溶解	mg/L	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	998	1000	1000	1000	1000	1000	1000	995	997	998	992	998	998	998	998	996
EC	μ S/cm	2	1	1	114	118	175	221	104	257	240	112	116	178	216	178	187	187	180	219	106	252	243	243
DOC	mg/L	0.09	0.11	0.26	0.92	0.80	2.23	2.29	0.80	1.23	1.88	0.62	0.65	1.77	1.86	0.62	0.62	0.62	1.75	1.78	0.69	0.96	1.57	1.57
DOC	mg/L	0.11	0.16	0.43	0.83	0.86	2.29	2.23	0.97	1.23	1.94	0.62	0.65	1.76	1.86	0.64	0.64	0.64	1.85	1.89	0.73	1.03	1.54	1.54
POC	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
UV260	abs/cm	0.0090	0.0032	0.0020	0.0114	0.0101	0.0996	0.1261	0.0844	0.0535	0.1381	0.0118	0.0103	0.0751	0.0998	0.0779	0.0779	0.0779	0.0643	0.0644	0.0844	0.0274	0.0537	0.0537
UV260/DOC	abs/cm/mg/L	0	20	5	14	12	43	57	87	43	71	19	19	48	48	122	122	122	52	60	88	27	36	36

5 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査

1 目的

猪苗代湖の年間を通じた物質循環を検討する基礎資料を得ることを目的とする。

2 調査方法

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

3 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心
表層、水深 5m、水深 15m、水深 30m
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
水深 5m、水深 10m、水深 15m



図1 調査地点

4 調査時期

- (1) 猪苗代湖湖心
平成 20 年 4 月 22 日から継続調査中
平成 28 年度調査期間：平成 28 年 6 月 22 日～
平成 29 年 4 月 14 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 28 年度調査期間：平成 28 年 7 月 13 日～平成 29 年 4 月 14 日
なお、平成 20 年 7 月 31 日～平成 22 年 11 月 3 日の期間は猪苗代湖長瀬川河口沖 1km
において測定を行った。

5 調査項目

水温及び電気伝導率 (EC)

ただし、EC は猪苗代湖長瀬川河口沖 300m (水深 5m) でのみ測定

6 測定方法等

- (1) 猪苗代湖湖心
3 (1)に記載した水深 4 地点にて小型メモリー計測器 (JFE アドバンテック社製 DEFI-T) を用いてデータ採取間隔 10 分間で水温を連続測定した。
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
3 (1)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 29 年 4 月 14 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 28 年度のみデータを図 3 に示す。

なお、水深 15m の水温データは計測器の不具合により 9 月 8 日までしか測定していない。

猪苗代湖では、水温躍層が例年 7 月前後に水深 10～20m で形成され、10 月には水深 20～30m へ下がる傾向にある。

平成 28 年度は 6 月には水温躍層が形成されつつあり、7 月には水深 10～20 m に水温躍層が形成され、10 月には水温躍層が水深 20～30 m に下がったことが確認されている。

今年度の測定開始日である 6 月 22 日は、水温躍層が形成されつつある時期であり、実際に表層及び水深 5m と水深 15m では差が確認された。

水深 15m は 8 月上旬から上昇度が増加し表層の値に近づいていったが、測定できた 9 月 8 日の時点では、まだ表層とは差があり、水温躍層の崩壊はしていなかったことが分かった。

水深 30m の水温は、5 月～10 月中旬まではほぼ一定の値で推移し、10 月下旬から上昇し、11 月上旬には表層等他の水深とほぼ同じ値となり水温躍層の崩壊が確認できた。

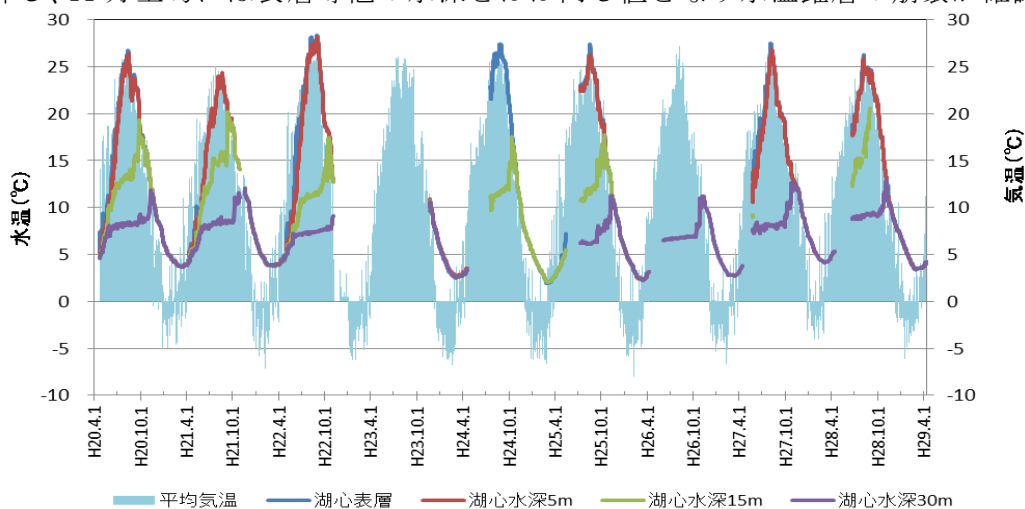


図 2 平成 20 年度から 28 年度における猪苗代湖湖心の層別日平均水温及び日平均気温の関係

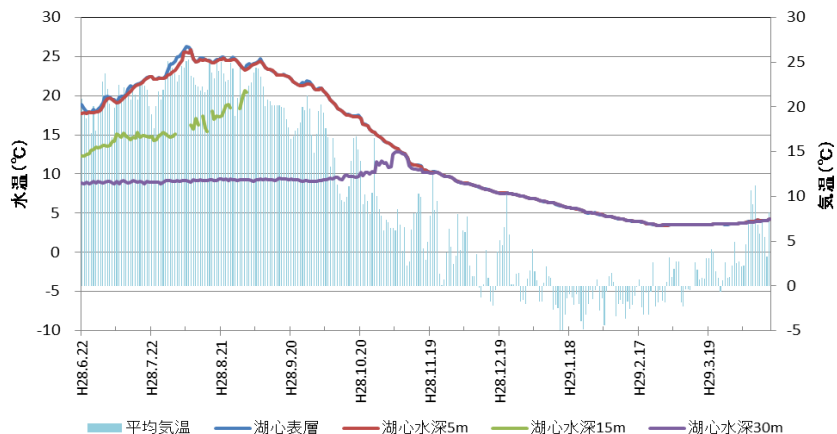


図 3 平成 28 年度における猪苗代湖湖心の層別日平均水温及び日平均気温の関係

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、8～9月の期間を頂点とした山なりのグラフとなり、今年度は8月上旬が最も高かった。また、値も例年とほぼ同程度であった。

水深30mにおいて、水温については夏の期間（6月～9月）は測定開始以降最も高い値で推移していた。平成25年度及び26年度は、6～7℃程度と以前よりも低い傾向にあったが、平成27年度は8℃台と高くなり、平成28年度は9℃前後の値と更に高くなった。また、水温上昇は10月下旬に始まり、過去の結果と比較すると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。

水深15mにおいて、水温上昇は8月中旬に始まり、測定開始以降最も早い時期であった。また、7月～8月中旬までの水温については、13℃～14℃位であり、過去の結果との比較では平成21年度と同程度の値で最も高かった。

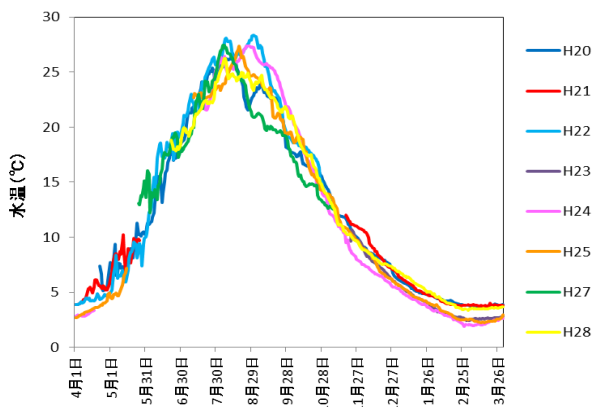


図4 表層の水温変化 (H20～H28)

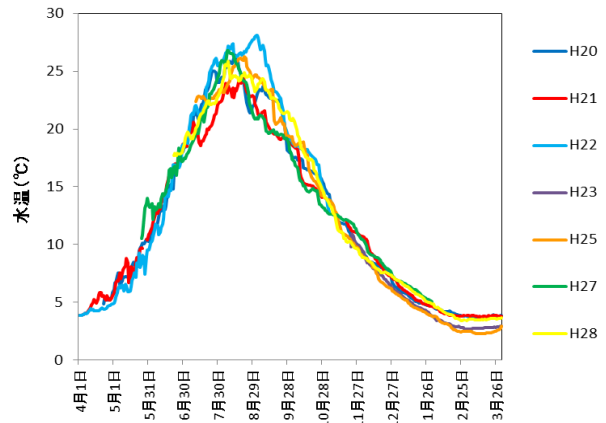


図5 水深5mの水温変化 (H20～H28)

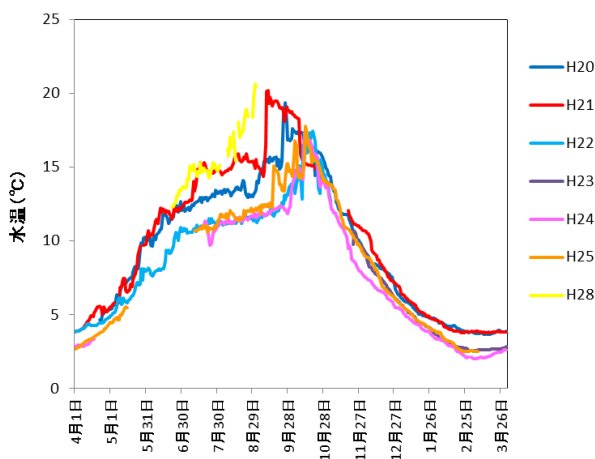


図6 水深15mの水温変化 (H20～H28)

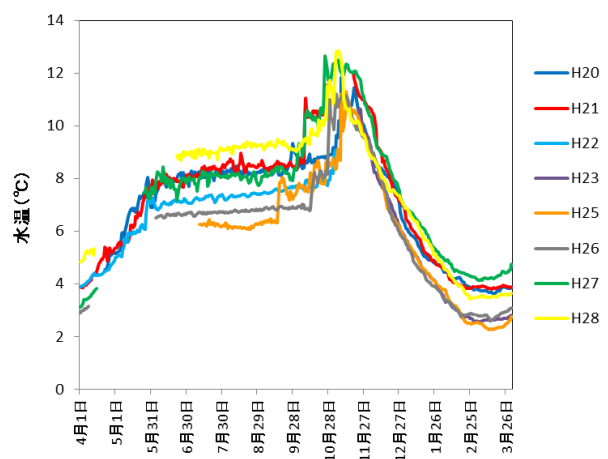


図7 水深30mの水温変化 (H20～H28)

(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 29 年 4 月 14 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 28 年度のみデータを図 9 に示す。なお、水深 10m 及び水深 15m の水温データはロガーの設置不具合により測定できなかった。

長瀬川河口沖では、例年 5 月中旬から水温躍層が形成され、9 月下旬から 10 月上旬にかけて水温躍層が下降し、11 月上旬には崩壊することが確認されている。しかし、今年度は、水深 10m 及び 15m における水温データが測定できなかったため、水温躍層の下降時期及び崩壊時期を確認することができなかった。

水深 5m では、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变化しており、8 月中旬に最高温度となった。

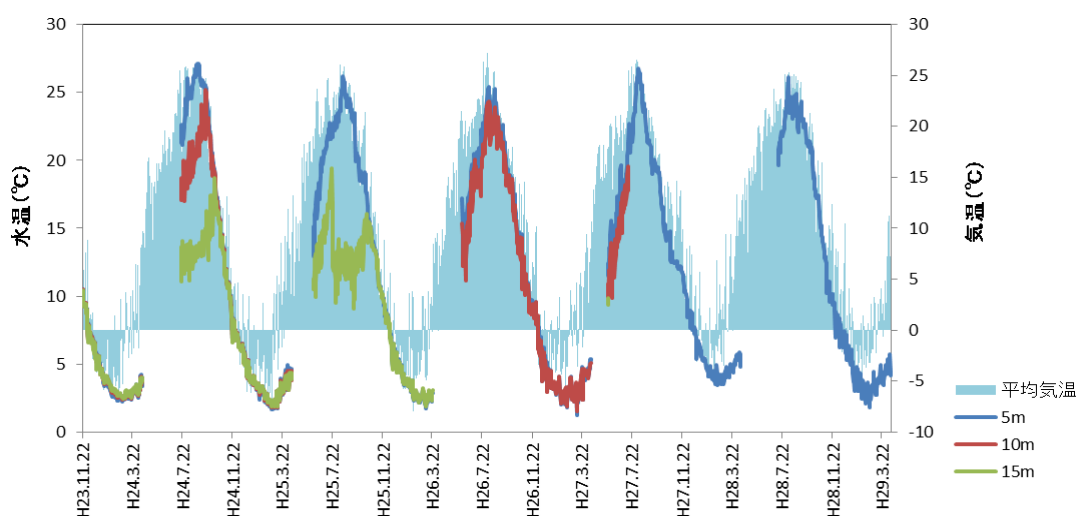


図 8 平成 23 年度から 28 年度における猪苗代湖長瀬川河口沖 300m の層別日平均水温及び日平均気温の関係

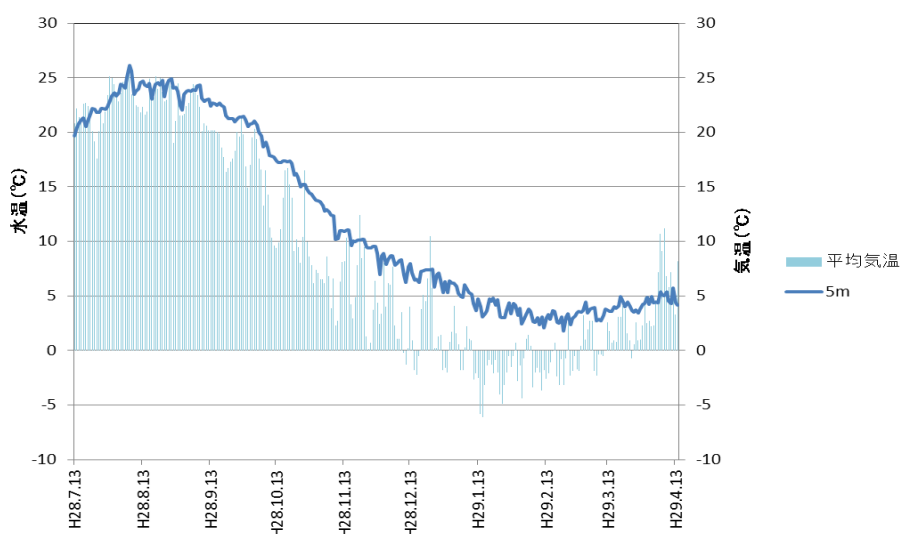


図 9 平成 28 年度における猪苗代湖長瀬川河口沖 300m の水深 5m 日平均水温及び日平均気温の関係

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 上流に位置する小金橋及び猪苗代湖湖心表層における EC（平成 28 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 28 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、小金橋及び猪苗代湖湖心表層の EC は、試験室で 25℃に加温して測定した結果であることから、長瀬川河口沖の EC 連続測定結果は 25℃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、小金橋ではなく湖心（表層）の値に近かった。

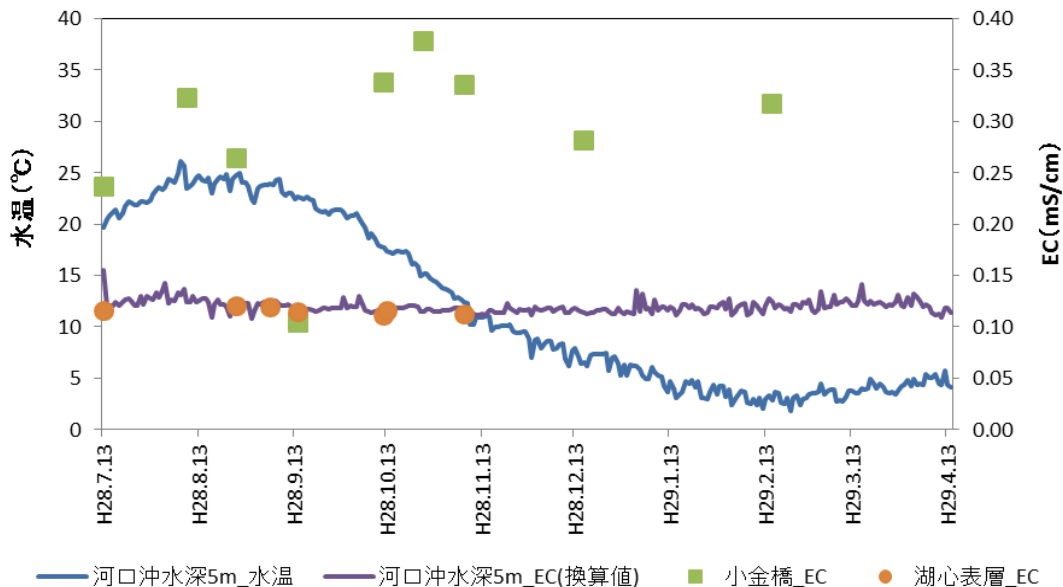


図 10 長瀬川河口沖 300m 地点（水深 5m）における水温及び EC の日平均値と、
小金橋及び湖心表層における EC の比較

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

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 6 月 22 日で水深 5m と水深 15m で温度の差が確認された。

水深 30m における水温上昇は 10 月中旬から始まり、11 月上旬には水温躍層の崩壊が確認できた。

また、夏の期間(6 月～9 月)における水深 15m 及び水深 30m の温度は、過去の結果と比較して高い値であった。

- (2) 長瀬川河口沖 300m（水深 5m）における EC は、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 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6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6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した。

I はじめに

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

本報は、福島県環境創造センター(旧環境センター)等が、2011年から2016年の過去6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たものである。

II 調査内容

1 調査年月日

- 1回目：2011年11月14日
(銅沼等の3地点は11月8日)
 - 2回目：2012年6月19日
(銅沼等の3地点は6月15日)
 - 3回目：2013年8月27日
(銅沼等の3地点は8月26日)
 - 4回目：2014年11月11日
(銅沼等の3地点は11月7日)
 - 5回目：2015年6月9日
(銅沼等の3地点は6月4日)
 - 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。

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	—

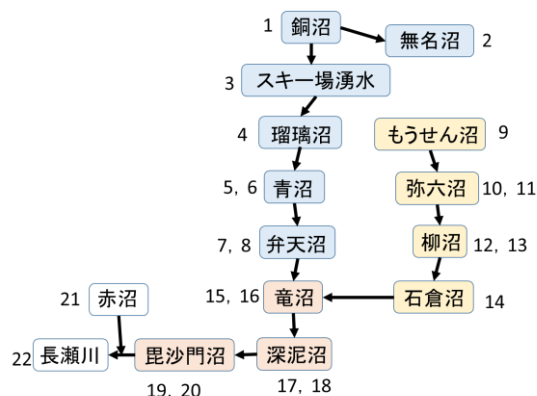


図1 各地点の位置関係

3 調査機関(2016年調査)

現地調査及び採水：福島県水・大気環境課、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 分析項目及び測定方法

分析項目及び測定方法は付表1のとおり。分析項目のうち、大腸菌群数は原則として各湖沼の1地点(流出部)とした。

III 結果と考察

調査の結果は、付表2「平成28年度結果一覧表」のとおり。

1 湖沼群の主要成分について

地点毎の蒸発残留物と各溶存成分総量には高い相関がみられ、両者がほぼ一致していることを確認した(図2)。

調査地点の中で最も標高の高い銅沼は、蒸発残留物 2110mg/L、各成分総和 1771.7mg/L と今回の調査で最大の値を示した。

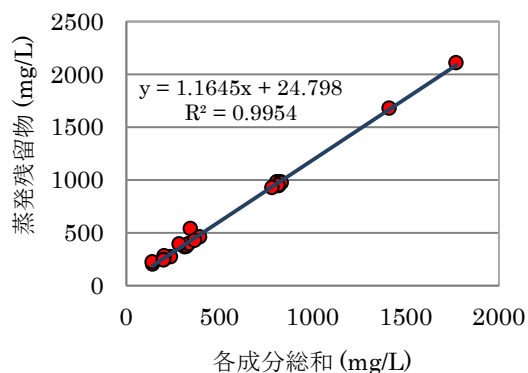


図 2 蒸発残留物の比較 (2016 年)

図 3、4 に 2016 年及び 1985 年調査における各地点の主要成分濃度を示す。2016 年、1985 年ともに標高の高い地点にある銅沼及びスキー場湧水の成分濃度が高く、標高の低い竜沼及び深泥沼は成分濃度も低い結果となった。

裏磐梯五色沼湖沼群における湖水の主要成分は、いずれの地点でもカチオンではカルシウムイオン、アニオンでは硫酸イオンである。2016 年調査結果(図 3)と 1985 年調査結果(図 4)を比較すると、銅沼のカルシウムイオン及び硫酸イオン濃度は約半分減少し、他の湖沼等でも主要成分濃度の低下がみられた。

主要成分の中でも硫酸イオンが占める割合が大きい要因は、最上流の銅沼が噴気孔の近くにあり、そこから供給される硫黄化合物の影響と考えられる。よって、硫酸イオン濃度が 1985 年から減少しているのは、この噴気孔からの硫黄化合物の供給量減少によるものと推察される。

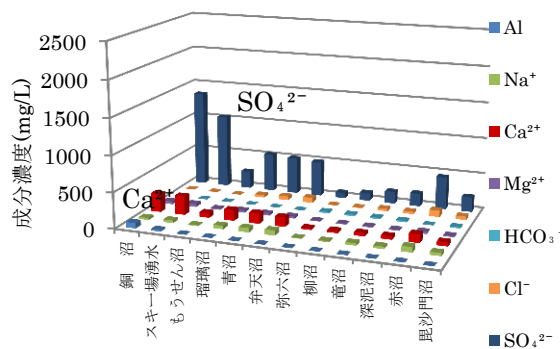


図 3 主要成分濃度 2016 年

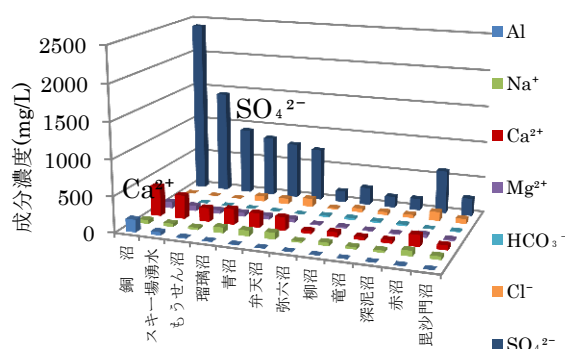


図 4 主要成分濃度 1985 年

各湖沼の構成イオンの当量比を比較すると、どの湖沼でも硫酸イオンとカルシウムイオンで 60～80% をしめている(別表 1、別図 1)。また、その構成の割合は、カチオンで「 $Ca^{2+} > Na^{+} > Mg^{2+}$ 」、同様にアニオンで「 $SO_4^{2-} > Cl^{-} > HCO_3^{-}$ 」の順になっている。

1985 年調査と 2016 年調査のイオン構成を比較しても大きな変化は見られなかった(別表 2、別図 2)。比率は変化せずに構成イオン全体の濃度が減少しているものと考えられる。

2 主要成分間の相関

主要成分の硫酸イオン当量濃度とカルシウムイオン当量濃度との間には、銅沼及び無名沼を除いて相関

が確認された(図 5)。なお、回帰直線の傾きは 2011 年～2015 年調査とほぼ同じであった。

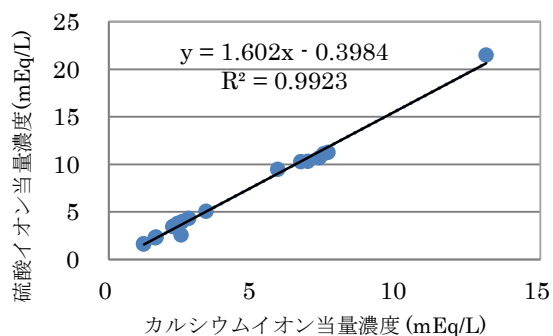


図 5 硫酸イオン当量濃度とカルシウムイオン当量濃度との関係(2016年)

また、硫酸イオンは多くの 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 で相関がみられた(図 6)。

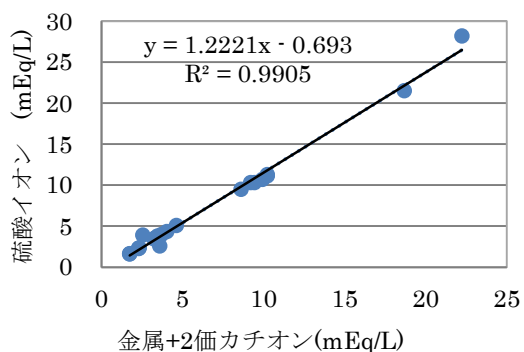


図 6 硫酸イオン当量濃度と(金属+2価カチオン)イオン当量濃度との関係(2016年)

3 各調査項目の結果と考察

(1) pH

1985 年調査と比較すると多くの

地点で pH の上昇がみられたが、過去 6 年間の調査では同様な値で推移している(図 7)。

銅沼系湖沼は酸性を示し、銅沼(No. 1)は pH3.34 であり、下流部へ下るにつれ pH が上昇している。柳沼系及び竜沼系湖沼については、もうせん沼(No. 9)で酸性を示したが、その他の沼はいずれも中性を示し、大きな変動はみられなかった。

赤沼(No. 21)は周辺の竜沼系の沼と異なり、酸性を示している。1985 年調査の pH3.75 から 2016 年調査では pH4.16 に上昇していた。

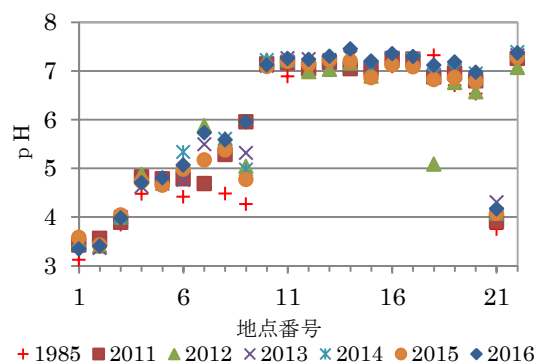


図 7 pH 値

(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 8)。2011 年と比較し、多くの地点で値が減少していることから、電解質が減少傾向にあると考えられる。

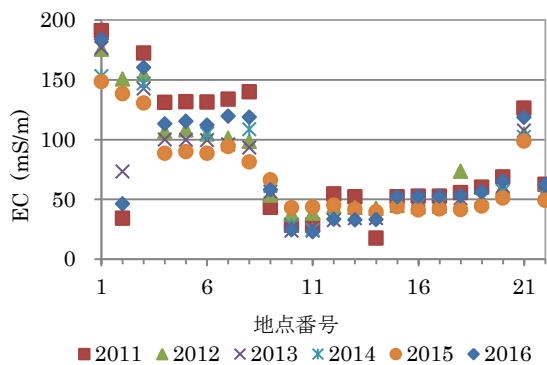


図 8 電気伝導率 EC

(3) D0 (溶存酸素)

D0 については、地点ごとに大きな変化はなかった (図 9)。環境基準 A 類型 7.5 以上に対し、2016 年調査では 4 地点で基準に適合していなかった。

赤沼 (No. 21) は、表流水の流入・流出に乏しく、酸素が溶け込みにくいために、他の地点と比較して低い値を示したものと考えられる。

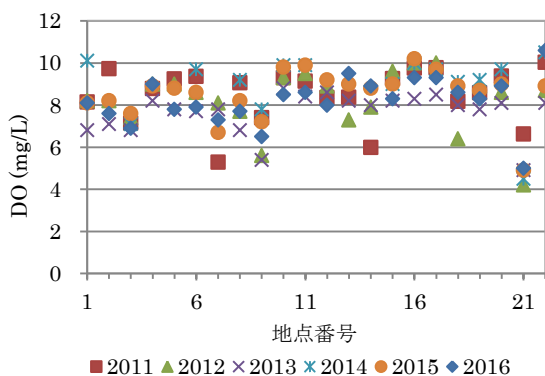


図 9 溶存酸素 DO

(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。

過去 6 年間の COD については、赤沼 (No. 21) で値のバラつきがみられるが、柳沼系の値が相対的に高く、銅沼系及び竜沼系の沼は低い傾向にある (図 10)。

2016 年調査では柳沼系の 4 地点で環境基準 A 類型 3mg/L に適合していない。

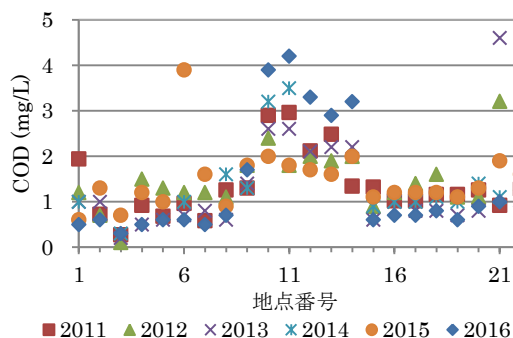


図 10 COD

TOC も COD と同様に、柳沼系の沼が相対的に高い値を示している (図 11)。弥六沼 (No. 10, 11) は TOC、COD ともに他の地点よりも高値であり、弥六沼はこの水系で最も有機物の生産活動が活発であると考えられる。

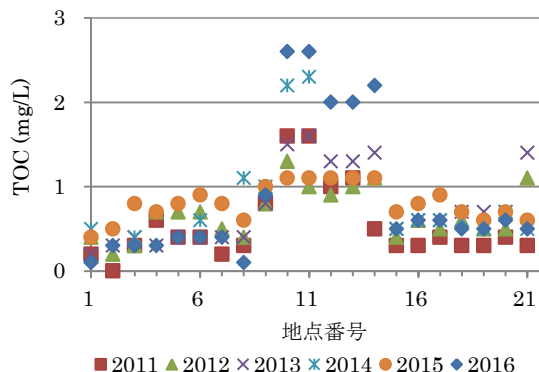


図 11 TOC

(5) T-P, T-N

今回の調査で、全リン (T-P) が定量下限値未満となった地点は 7 地点あり、その範囲は 0.003mg/L 未満から 0.015 mg/L と全地点で低濃度であった (図 12)。過去 6 年間ににおいても季節変動はみられず、2011 年調査の柳沼系の一部の湖沼を除いて、各調査とも同

様な値で推移している。

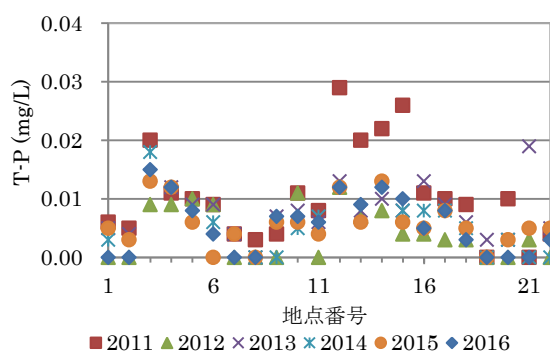


図 12 全リン

全窒素 (T-N) は、銅沼系湖沼と赤沼 (No. 21) で高い値を示した (図 13)。

過去 6 年間に於いて季節変動は確認できず、同じ 8 月に調査した 2011 年と 2016 年調査では、2011 年調査が全地点で低濃度であるのに対し、2016 年調査は相対的に高濃度であった。

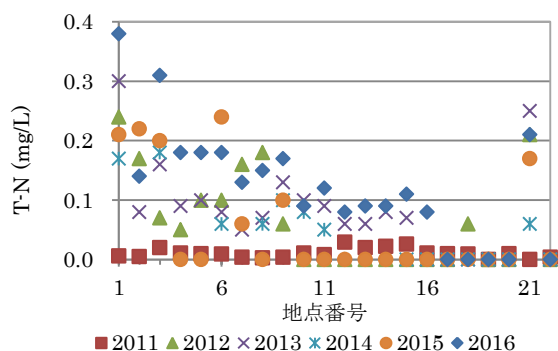


図 13 全窒素

(6) アルカリ度及び酸度

アルカリ度は、水中の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。その値は、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 (図 14)。

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。

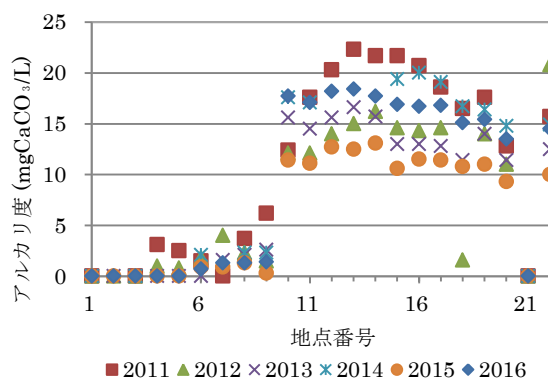


図 14 アルカリ度

酸度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 (図 15)。特に銅沼、無名沼及びスキ一場湧水の 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。

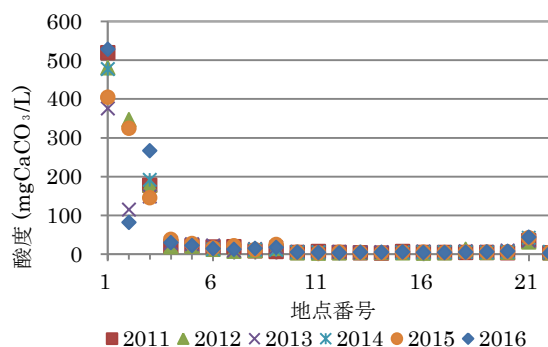


図 15 酸度

(7) 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り、ECと同様な挙動を示している(図16)。

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

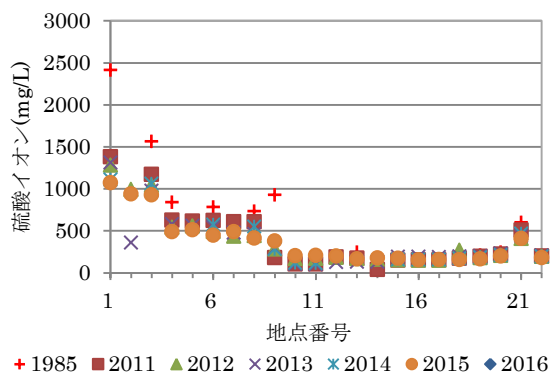


図16 硫酸イオン

溶存成分のうち、ナトリウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオンについては、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(図17)。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。

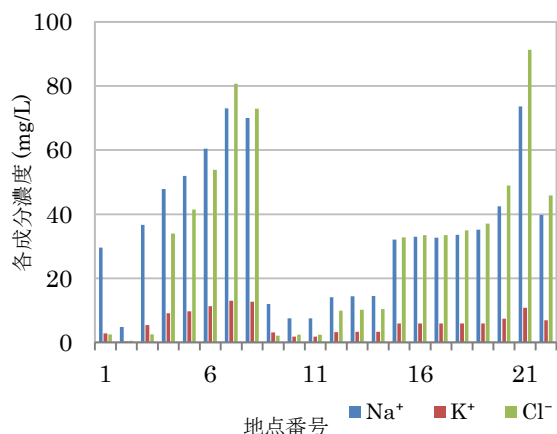


図17 ナトリウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオン(2016年)

(8) 金属成分

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、ほとんど検出されなかった(図18)。最も含有濃度の高い金属成分はアルミニウムであった。

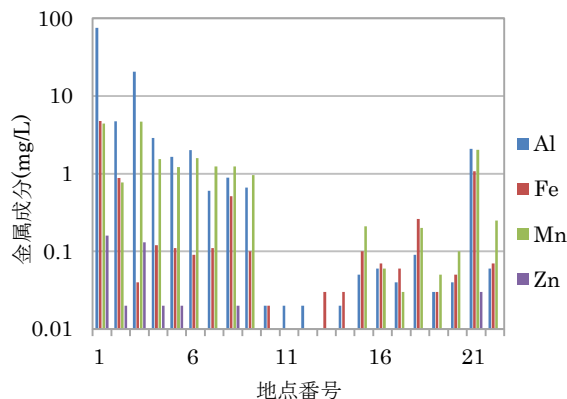


図18 金属成分の濃度(2016年)

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、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19)。

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、上流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	0.58	0.86	0.93

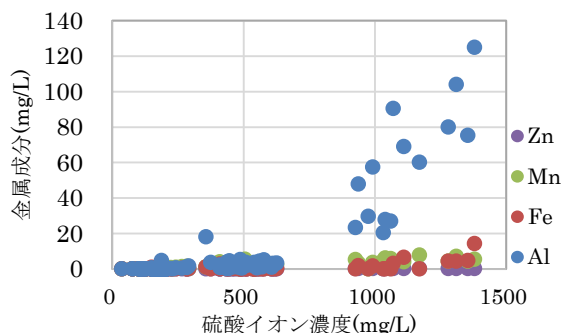


図 19 金属成分濃度と硫酸イオン濃度 (2011~2016年)

4 大腸菌群数と水質の関係

裏磐梯湖沼群において、近年、pHが上昇するとともに大腸菌群数が環境基準 A 類型 1000MPN/100mL を超えており、水質悪化が懸念されている²⁾ (図 20)。その原因は、水質の変化に起因していると考えられるため、2011 年から 2016 年調査における大腸菌群数と水質の関係について考察した。

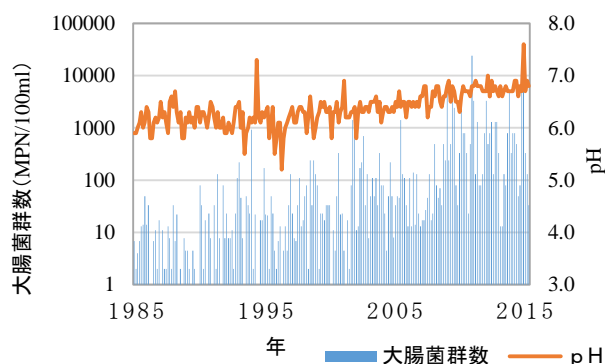


図 20 磐梯五色沼湖沼群 (毘沙門沼) における pH と大腸菌群数の推移 (1985~2015年)

過去 6 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る (図 21)。2016 年調査では、5 湖沼で環境基準に適合していない。長瀬川

(No. 22) は環境基準の類型指定がされていないが、その値は 7900MPN/100mL と今回の調査における最大値を示した。また、この値は 2012 年調査の石倉沼 (No. 14) と並んで過去 6 年間の最大値である。

2014 年調査から大腸菌検査も併せて実施しているが、いずれの地点からもほぼ検出されておらず、糞便汚染の可能性は低いと思われる。

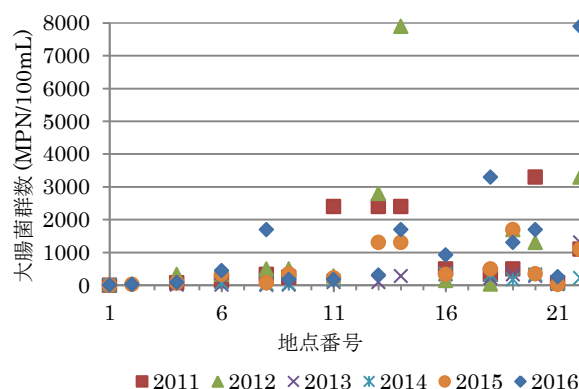


図 21 大腸菌群数

(1) pH との関係

2011 年から 2016 年調査のデータを用いた散布図 (図 22) では、pH と大腸菌群数との間に正の相関 (相関係数 $R=0.70$) がみられ、pH6.6 付近で大腸菌群数が 1000MPN/100mL を超えていた。

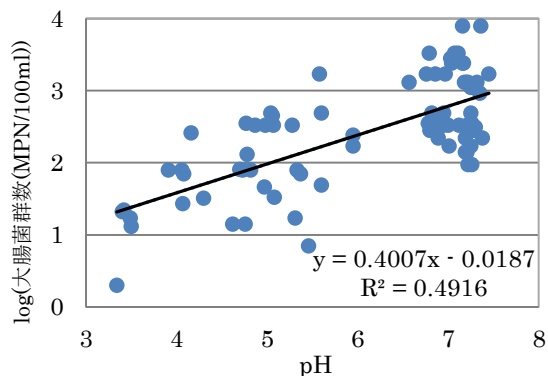


図 22 pH と大腸菌群数 (2011~2016年調査)

(2) 水温との関係

過去6年間の調査において、大腸菌群数が1000MPN/100mLを超えた地点の水温は、9.5℃～25.0℃と広範囲であった(図23)。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ほとんどみられなかった。

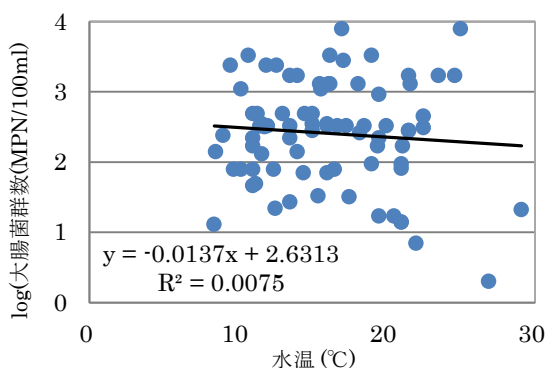


図23 水温と大腸菌群数(2011～2016年調査)

(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24、25)。

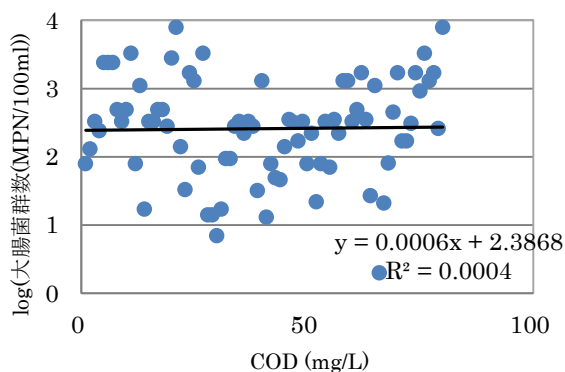


図24 CODと大腸菌群数(2011～2016年調査)

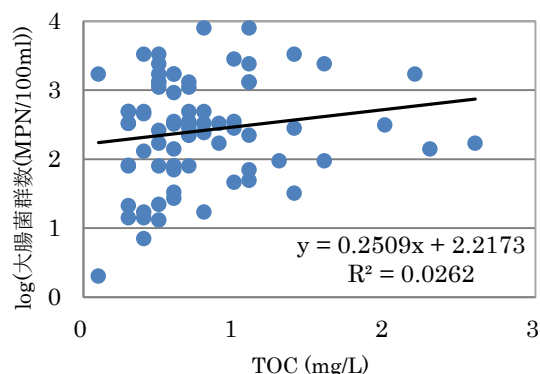


図25 TOCと大腸菌群数(2011～2016)

(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 $R = -0.63$)がみられた(図26)。硫酸イオンはカルシウムイオン、マグネシウムイオンとも相関が強い成分であるため硫酸塩として大腸菌群に対して抑制的作用を有しているものと考えられる。

硫酸イオン濃度が約200mg/L未満の地点で大腸菌群数が1000MPN/100mLを超えていた。Ⅲ1湖沼群の主要成分で前述した、硫酸イオン濃度低下の影響による大腸菌群数の増加が懸念される。

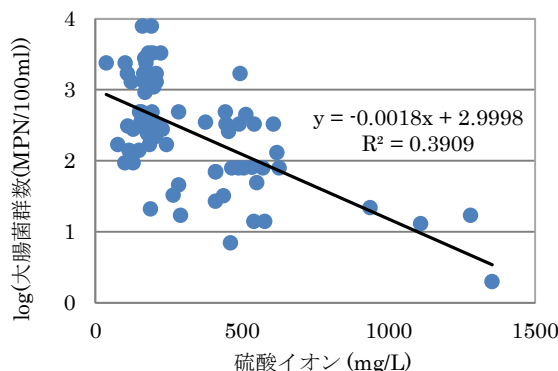


図26 硫酸イオンと大腸菌群数(2011～2016年調査)

炭酸水素イオンについては、正の相関（相関係数 $R=0.64$ ）が確認でき、濃度が 12mg/L 以上で大腸菌群数が $1000\text{MPN}/100\text{mL}$ を超えている（図 27）。

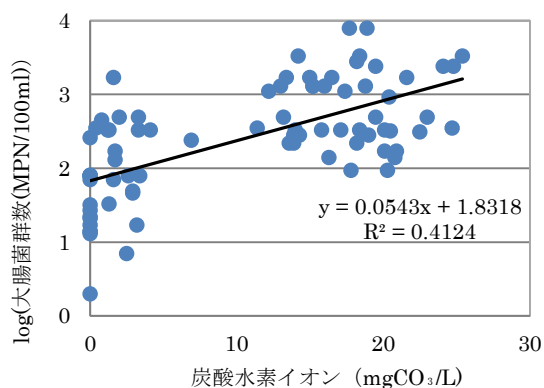


図 27 炭酸水素イオンと大腸菌群数
(2011～2016 年調査)

IV まとめ

千葉らの1985年調査結果と、2011年から2016年にかけての調査結果とを比較し、裏磐梯五色沼湖沼群の水質の考察を行った。

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

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

なお、五色沼湖沼群における近年

の $1000\text{MPN}/100\text{mL}$ を超える大腸菌群数の増加は五色沼湖沼群の上流域で生じているpH上昇、硫酸濃度の減少による影響が大きいと考えられる。

引用文献

1) 千葉 茂・朝倉誠司・松本仁志(1986) 裏磐梯五色沼の水質とその成因について、福島大学教育学部論集理科報告、38、19-29。

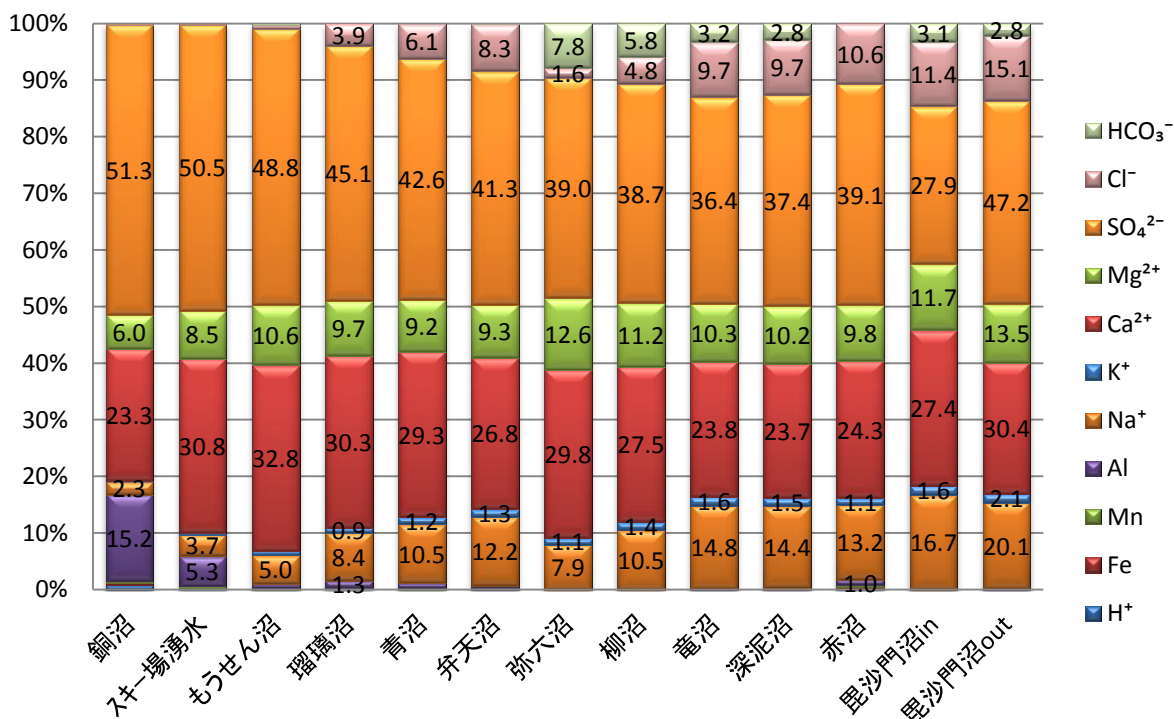
2) 福島県(1985～2015) 水質年報

3) 渡邊勇樹・佐久間智彦(2016)

裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果（第5報）、平成27年度猪苗代湖調査研究事業等報告書、平成28年9月、6。

別表 1 五色沼湖沼群の構成イオン（イオン当量比）2016年

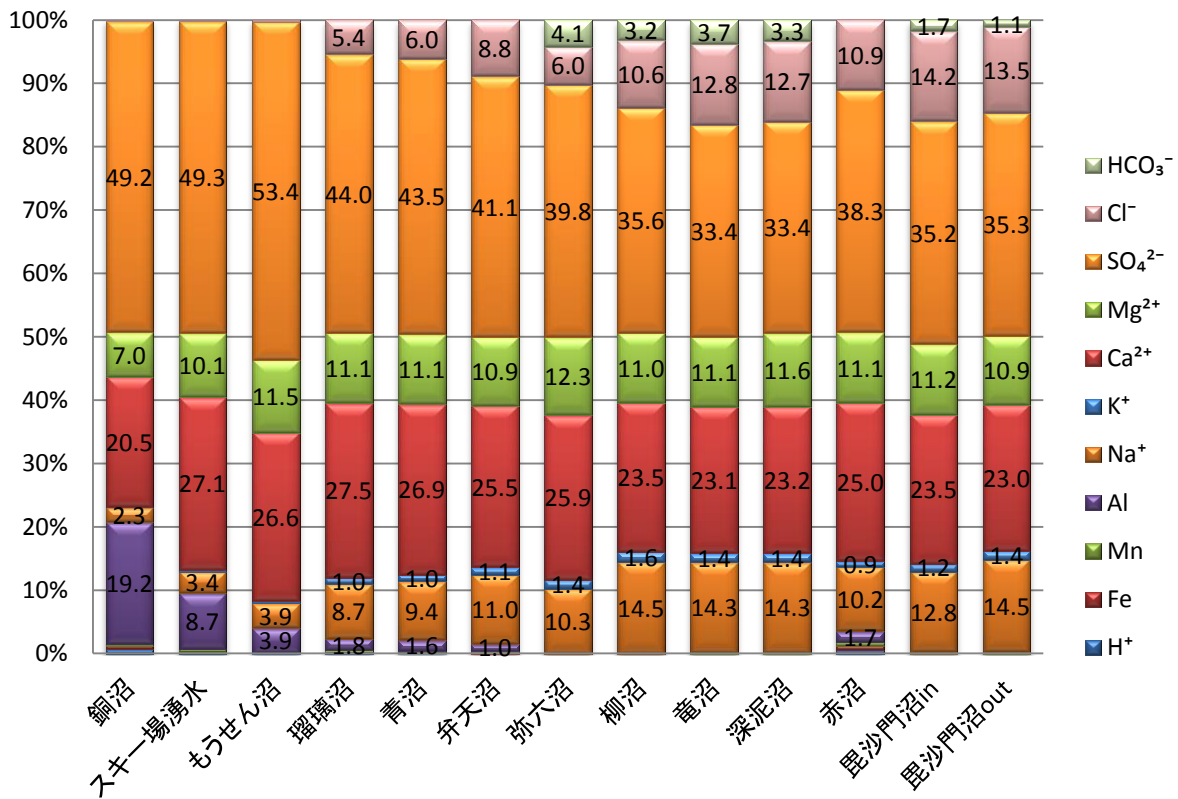
項目 (単位)	銅沼	スキー場湧水	もうせん沼	瑠璃沼	青沼	弁天沼	弥六沼	柳沼	竜沼	深泥沼	赤沼	毘沙門沼in	毘沙門沼out
H ⁺ (%)	0.8	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Fe(%)	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
Mn(%)	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0
Al(%)	15.2	5.3	0.7	1.3	0.9	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	1.0	0.0	0.0
Na ⁺ (%)	2.3	3.7	5.0	8.4	10.5	12.2	7.9	10.5	14.8	14.4	13.2	16.7	20.1
K ⁺ (%)	0.1	0.3	0.8	0.9	1.2	1.3	1.1	1.4	1.6	1.5	1.1	1.6	2.1
Ca ²⁺ (%)	23.3	30.8	32.8	30.3	29.3	26.8	29.8	27.5	23.8	23.7	24.3	27.4	30.4
Mg ²⁺ (%)	6.0	8.5	10.6	9.7	9.2	9.3	12.6	11.2	10.3	10.2	9.8	11.7	13.5
SO ₄ ²⁻ (%)	51.3	50.5	48.8	45.1	42.6	41.3	39.0	38.7	36.4	37.4	39.1	27.9	47.2
Cl ⁻ (%)	0.1	0.2	0.6	3.9	6.1	8.3	1.6	4.8	9.7	9.7	10.6	11.4	15.1
HCO ₃ ⁻ (%)	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	7.8	5.8	3.2	2.8	0.0	3.1	2.8
総和 (meq/L)	55.0	42.6	10.4	24.7	25.1	24.9	4.1	6.0	9.7	10.1	24.2	9.2	12.0



別図 1 五色沼湖沼群の構成イオン（イオン当量比）2016年

別表 1 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。 ※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。
EC	JIS 13 電気伝導度計	mS/m	—	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	
COD	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 17 KMnO ₄ 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)	—	
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 燃焼酸化—赤外線式TOC自動計測法	mg/L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Fe	JIS K0102 57.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Mn	JIS K0102 56.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Al	JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
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)	0.45 μ 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。
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	0.1	小数点以下1桁 (2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 4.1.10) (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)	

※ JISとは「日本工業規格 K0102 工場排水試験方法」を示す。
 ※ 水質測定計画とは「平成28年度水質測定計画(福島県)」を示す。

