

平成 24 年度猪苗代湖調査研究事業等報告書

平成 25 年 9 月

福島県環境センター

目 次

1	猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査	1
2	猪苗代湖大腸菌群超過対策調査	17
3	プレジャーボートによる水質の影響調査	29
4	湖沼における難分解性有機物調査	39
5	高度処理浄化槽からの排水実態調査	47
6	猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査	52
7	裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査	56

1 猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査

1 目的

猪苗代湖は長年酸性湖として知られているが、平成7年に5.1であったpHが平成23年には6.8まで上昇するなど、水質に変化が生じている。このpHの上昇は、猪苗代湖や猪苗代湖に流入する河川中のイオンの組成及び量に変化していることが原因であると考えられている（H22年度福島県環境センター年報）。

このため、猪苗代湖及び猪苗代湖に流入する河川のイオン組成等を経年的に把握することを目的として平成13年度から継続して本調査を実施している。

2 調査方法

湖水及び流入河川について、イオン濃度等から負荷量を算出し、近年の湖水のpH上昇との関連について考察する。

3 調査地点

調査地点を図1に示す。

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

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



図1 調査地点

4 調査時期

3-(1)の地点 4月、6月、8月、10月 (年4回)

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

5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度(湖)、色相(湖)、流量(河川)、透視度(河川)
- (2) 金属成分 (Fe、Mn、Al、Zn)
- (3) 陽イオン (Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+)
- (4) 陰イオン (F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^-)
- (5) その他 (pH、EC、DO、T-P、T-N、酸度、アルカリ度、TOC、chl-a)

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

6 測定方法

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

7 結果及び考察

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

(1) 猪苗代湖湖心の水質

ア 経年変化

(ア) pH (H1～H24)

経年変化を図 2 に示す（注 1）。

平成 1～7 年度までは 5.0～5.1 の範囲にあったが、平成 8 年以降、年々上昇してきた。

今年度の pH は 6.80 で、過去 3 か年 (H21～H23) の結果 (6.74～6.86) と比べ大きな違いはなく、ほぼ横ばいとなっている。

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

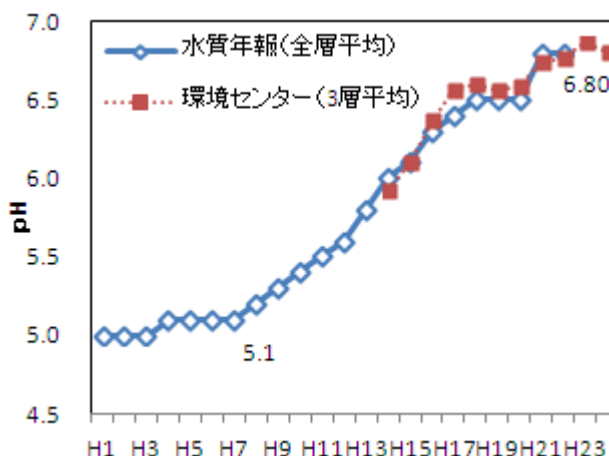


図 2 pH 経年変化

(イ) イオン当量濃度 (S54-56、H13-H24)

昭和 54～56 年度に福島大学等が、平成 13～24 年度に当センターが行った調査のイオン当量濃度の推移を図 3 に示す。平成 13 年～24 年度のイオン当量濃度の総和は、昭和 54～56 年度と比較すると、減少している。また、平成 13 年度以降平成 18 年度までは減少、平成 19 年度からは横ばい若しくは上昇傾向となっている。

陽イオンの成分割合は、大きい順に Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺の順で、平成 13 年度以降、成分濃度に顕著な経年変化は認められなかった。昭和 54～56 年度と比較すると、Al の低下の割合が大きかった。

陰イオンの成分割合は、多い順に SO₄²⁻、Cl⁻で、この 2 物質で全体の 90%以上を占め、次いで HCO₃⁻、NO₃⁻の順であった。SO₄²⁻は平成 18 年まで低下傾向にあり、平成 22 年度まで横ばいで推移した後上昇に転じた。HCO₃⁻は平成 23 年度まで上昇傾向にあり、今年度調査ではやや低下した。

表層の pH 及びアルカリ度の経年変化を図 4 に示す。今年度調査のアルカリ度は 3.15～4.35 mgCaCO₃/L であった。経年的には緩やかな増加傾向がみられた。

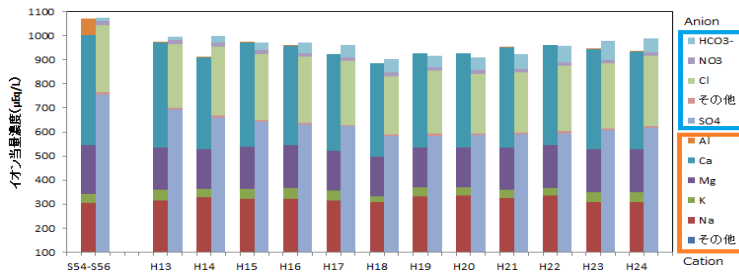


図3 イオン当量濃度の経年変化 (3層平均)

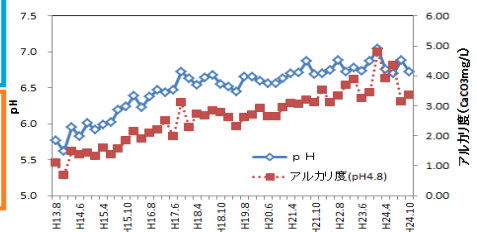


図4 pH及びアルカリ度の経年変化 (表層)

(ウ) T-P (H14-24)

これまでの調査で全リンが検出された (0.003 mg/L 以上) 調査年・調査月を表1に示す。

T-Pは0.003 mg/L未満がほとんどであったが、今年度の調査結果では、8月の水深10mにおいて0.004 mg/Lが検出された。過去の調査結果と比較すると、直近でT-Pが検出されたのは平成19年度調査の6月表層での0.003 mg/Lであった。それ以前も、時期としては水温躍層形成期の6~8月に、水深としては表層から水深20mにかけて、T-Pが検出されることがあった。

表1 T-P (全量) が検出された調査月および水深

調査年	調査月	水深	T-P(mg/L)
H14	6月	10m	0.004
	8月	10m	0.006
H15	8月	10m	0.003
H16	7月	20m	0.004
H17	6月	20m	0.005
H19	6月	表層	0.003
H24	8月	10m	0.004

※H18までは表層,10,20および50m, H19以降は表層,10,50および90mを調査対象としている

イ 平成24年度調査結果 (季節変動)

(ア) 水温の鉛直分布

水温の鉛直分布の調査結果を図5に示す。4月の水温は全層でほぼ一定であり、6月には水温躍層が水深10~30mに形成され、8月に最も発達し、10月になると水温躍層が水深20~30mに縮小するなど、例年と同様に推移した。測定期間の最高水温は8月の表層で24.8℃であった。

(イ) pHとEC

pHの結果を図6に示す。pHの最大値は、8月の7.13 (水深10m)で、最小値は10月の6.50 (水深90m)であった。

水深ごとにpHの季節変動をみると、表層では6.78~6.96の範囲で推移していた。水深10mでは、6.63~7.13で推移し、水深別で最も変動の幅が大きかった。水深50mでは、6.60~6.75で推移していた。水深90mでは、6.50~6.75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月にはpHの値が全層でほぼ一定であるのに対し、水温躍層が形成され始める6月には表層のpHと水深10m以下のpHに差が見られ、水深10~20mに水温躍層が形成される8月、水温躍層が水深20~30mに下がる10月には、水温躍層の上下で差が見られた。

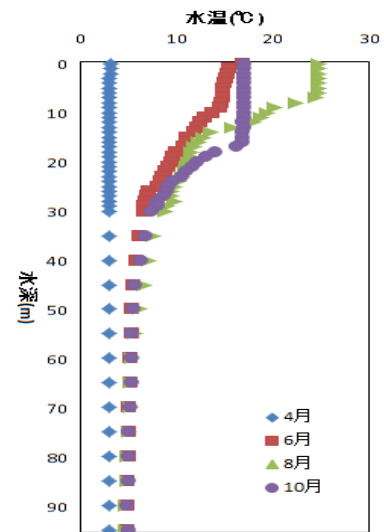


図5 鉛直水温

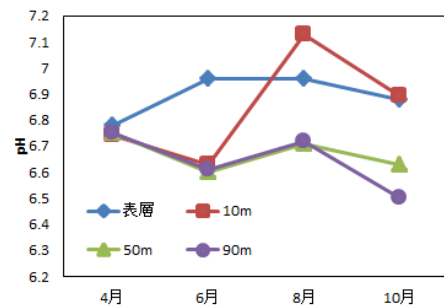


図6 pHの季節変動

(ウ) T-N、T-P

全窒素の最大値は6月の0.26 mg/L（表層）であり、最小値は10月の0.09 mg/L（表層）であった。T-Nの水深別の季節変動はみられなかった。

また、NO₃-N、NO₂-N及びNH₄-Nの合算値の季節変動を図7に示す。水温躍層が形成されている8月、10月に、水温躍層の上下で差がみられた。4月、6月には全層でほぼ一定であり、8月、10月には表層及び水深10mで濃度が低下しており、水深50m及び90mでは4月から10月までほぼ一定だった。

全リンは8月の湖心10mにおいて0.004 mg/Lであり、このときのリン酸態リンは0.003 mg/L未満であった。

そのほかの水深・調査月ではT-Pは0.003 mg/L未満であった。また、溶存態リンはすべての地点・調査月で0.003 mg/L未満であった。前述のとおり、湖心部でT-Pが検出されるのは平成19年度調査以来であり、今後も注視していく必要がある。

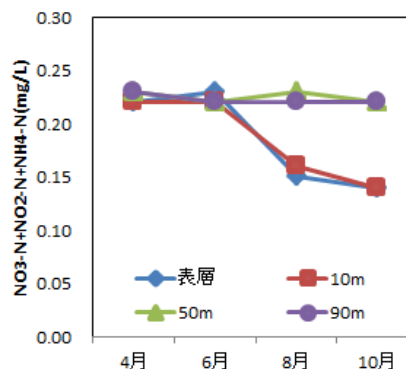


図7 NO₃-N、NO₂-N及びNH₄-Nの合算値の季節変動

(エ) イオン成分

陽イオン (Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺)、陰イオン (F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻) 濃度の結果を図8、9に示す。陽イオン、陰イオンともに各成分の濃度の季節変動はなく、水深別の差もみられなかった。

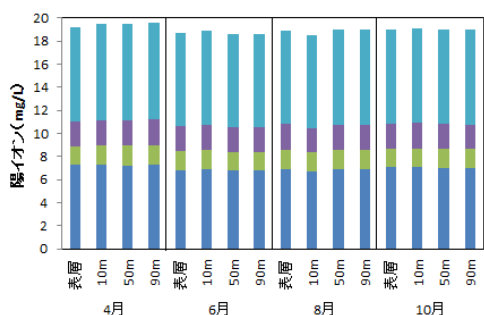


図8 陽イオン成分の水深別季節変動

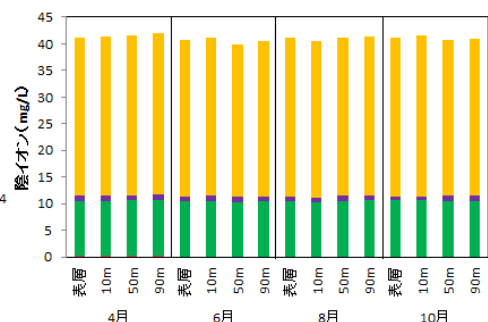


図9 陰イオン成分の水深別季節変動

(オ) DO

DO飽和率の季節変動を図10に示す。飽和率が最も高くなったのは8月表層の108%、最も低くなったのは10月水深50mの80%であった。

季節変動をみると、水温躍層が形成されている8月、10月には、表層及び水深10mではDO飽和率が高く、水深50m及び90mでは低くなっており、水温躍層の上下で異なる季節変動がみられた。

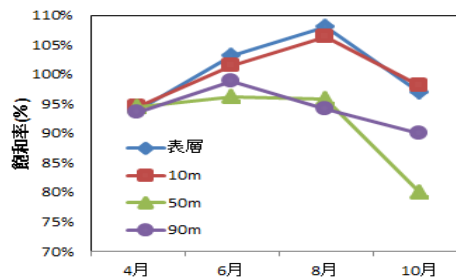


図10 DO飽和率の季節変動

(カ) 金属成分 (Fe、Mn、Al、Zn)

金属成分の全量 (T-) から溶存態 (D-) を差し引いた値を懸濁態 (S-) として、Fe、Al及びMnそれぞれの溶存態と懸濁態の季節変動を図11に示す。

Feは、全層・全調査月を通じてほとんどが懸濁態として存在していた。T-Feの値は0.01 mg/L

未満～0.03 mg/L の狭い範囲で推移し、季節変動の明確な傾向はなかった。

Mn は、表層及び水深 10 m では主に溶存態として存在していた。水深 50 m 及び 90 m では溶存態の割合は 50～100 % であった。T-Mn の最大値は 10 月の 0.12 mg/L (水深 90 m) であった。T-Mn の季節変動をみると、表層及び水深 10 m では 4 月に最も高く、それ以降減少していた。水深 50 m 及び 90 m では、6 月に最も低く、10 月に最も高くなっていた。

Al は、全層で 4 月及び 6 月には懸濁態の割合が高かった。10 月には下層ほど溶存態の割合が高かった。T-Al の季節変動をみると、表層及び水深 10 m では 8 月に最も低く、10 月に最も高かった。水深 50 m 及び 90 m では、4 月に最も高く、8 月に最も低かった。

Zn は、4 月の 0.01 mg/L (表層) を除き、全層・全調査月で 0.01 mg/L 未満であった。

(キ) TOC

TOC の季節変動を図 12 に示す。

最も高い値は 8 月の 0.78 mg/L (表層) であり、最も低い値は 10 月の 0.44 mg/L (水深 50 m) であった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の 4 月には全層で TOC 濃度が均一であったが、水温躍層が形成され始める 6 月と水温躍層が形成されている 8 月に表層及び水深 10 m の値が上昇していた。水深 50 m 及び 90 m の値は全調査月を通じてほぼ一定であった。このように、6 月から 10 月にかけて水温躍層の上下の層で異なる季節変動がみられた。

(2) 流入河川について

猪苗代湖流入河川に係る調査対象河川の概要を図 14 に、またその調査結果を別紙 3-1 及び 3-2 に示す。なお、調査地点の概要等は以下のとおりである。

旧硫黄鉱山坑内排水の影響を受ける強酸性の硫黄川が高森川と合流した後、沼尻・中ノ沢温泉の影響を受ける酸川へ合流している。安達太良山系の酸性河川が合流した酸川(酸川野)は、さらにその下流で裏磐梯湖沼群からの河川水が流入する長瀬川本川と合流する。

ここで、3 で示した調査地点のうち(1)硫黄川(高森川合流前)、(2)高森川(酸川合流前)、(3)酸川(高森川合流前)を酸性物質の発生源付近の『上流域河川』と位置づけ、(4)酸川(酸川野)、(5)長瀬川(上長瀬橋)、(6)長瀬川(小金橋)を『下流域河川』として結果を示す。

ただし、調査地点ごとの流量は次にまとめて図 13 に示す。なお、4 月の硫黄川(高森川合流前)と酸川(酸川野)は水量の増加により流速、水深及び川幅を測定できなかったため、欠測とした。

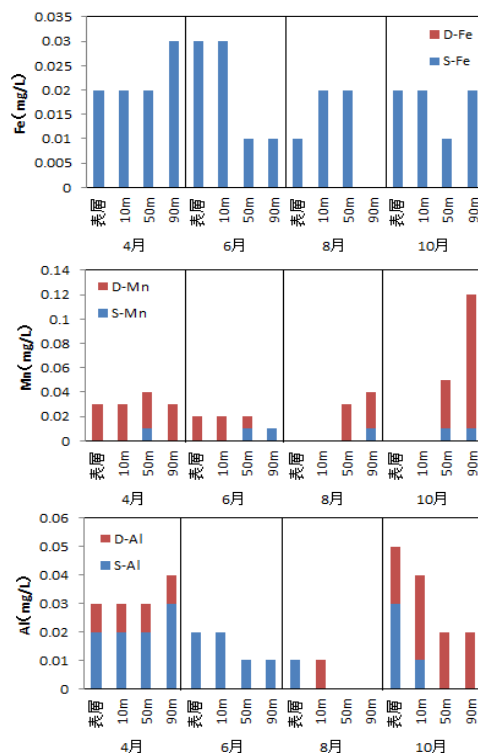


図 11 金属成分の水深別季節変動

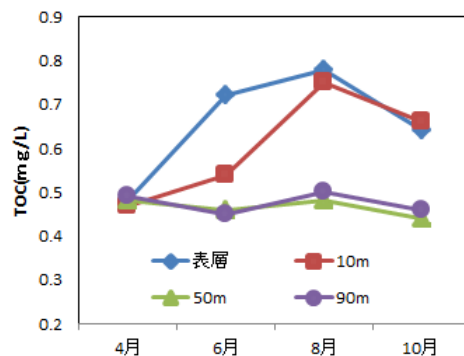


図 12 TOC の季節変動

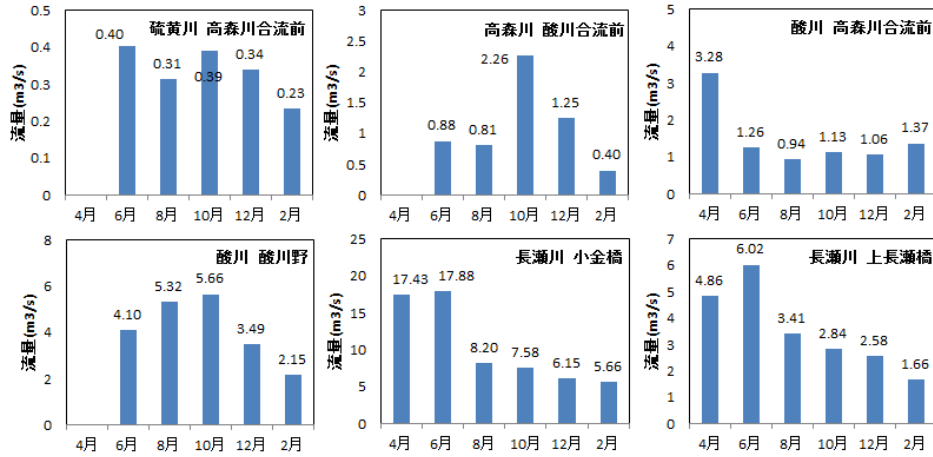


図13 各河川の流量の季節変動

4月の硫黄川（高森川合流前）は水量の増加により採水が出来なかったため、欠測となっている。また、2月の長瀬川（小金橋）は水質が他の月と大きく異なっており、発電所放流水の影響を受けたと考えられたため、全データを参考値として扱う。長瀬川（小金橋）の年平均値の算出は4月～12月のデータを用いた。

pHの年平均値は、硫黄川（高森川合流前）及び高森川（酸川合流前）において平成18年度から平成23年度までの年平均値の範囲を上回った。欠測等により年度毎にデータ数が異なるため、経年的な増加傾向かは判断できなかった。そのほかの調査地点では、昨年度までと同様な傾向であった。

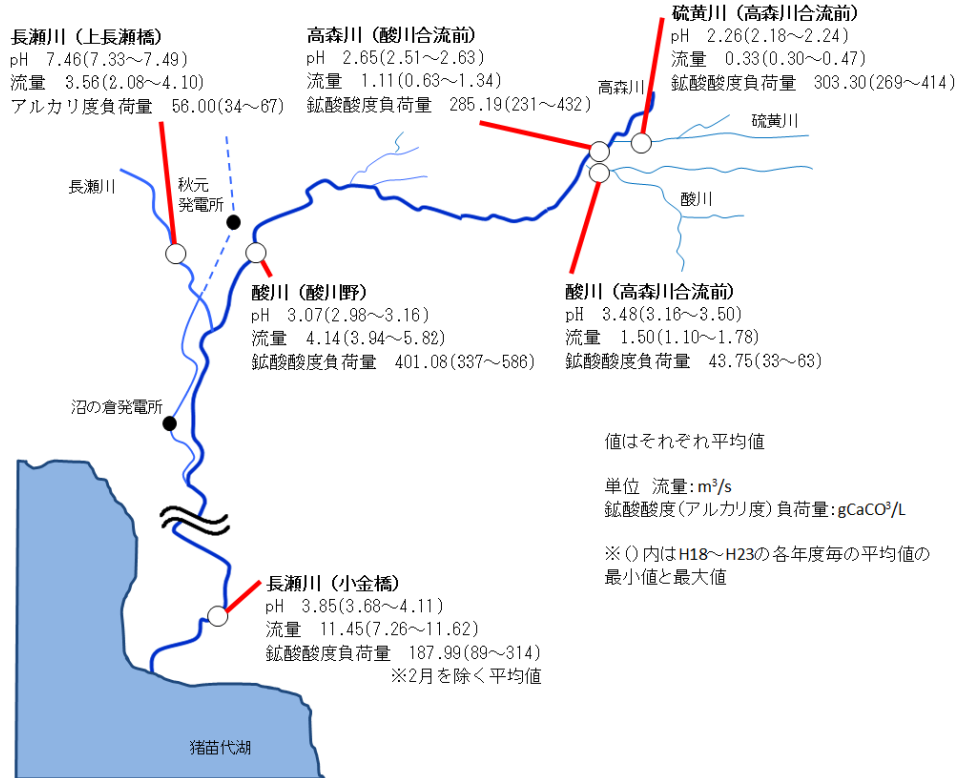


図14 調査対象河川の概要

ア 経年変化

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

硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 15 に示す。D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、鉍酸酸度負荷量は平成 18 年度が最大値であり、平成 20 年度まで減少傾向がみられた後、平成 22 年度まで増加あるいは横ばいの傾向がみられた。平成 23 年度に D-Fe 負荷量と D-Al 負荷量が目立って減少したが、今年度は平成 22 年度と同程度の値であった。

高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 16 に示す。すべての酸性成分負荷量について平成 18 年度が最大値であり、平成 20 年度まで減少傾向がみられた後、平成 21 年度に一度増加し、今年度まで減少もしくは横ばいであった。

酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 17 に示す。D-Fe 負荷量は平成 18 年度が最大値であり、平成 20 年度まで減少した後、緩やかな増加傾向に転じた。D-Al 負荷量は平成 19 年度が最大値であり、翌平成 20 年度に大きく減少した後緩やかな増加傾向に転じた。 SO_4^{2-} 負荷量は平成 23 年度が最大値だった。鉍酸酸度負荷量は平成 18 年度が最大値であり、平成 22 年度まで減少傾向がみられた後、平成 23 年度に増加し今年度は横ばいであった。

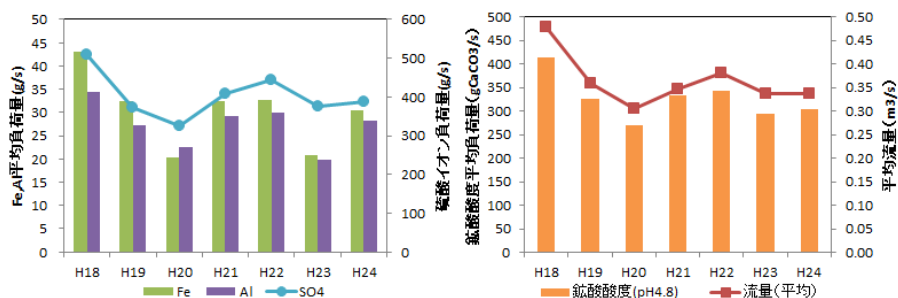


図 15 硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

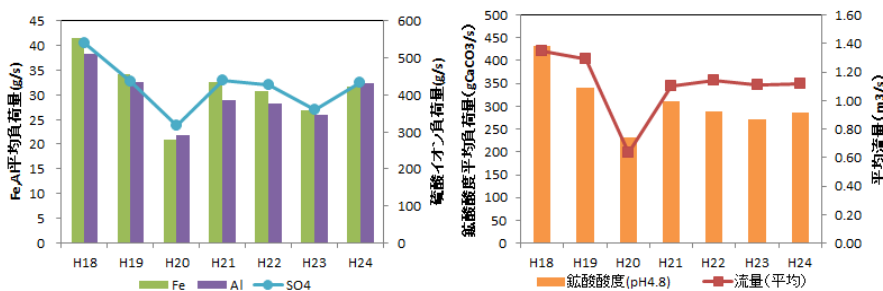


図 16 高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

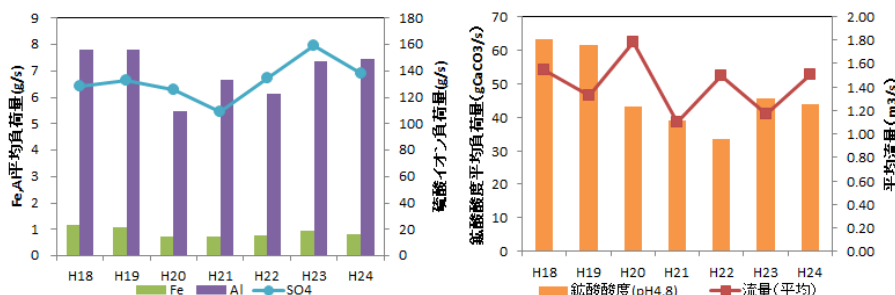


図 17 酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

上流域の硫黄川、高森川及び酸川が合流した後の地点である酸川（酸川野）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 18 に示す。すべての酸性成分で平成 20 年度から平成 23 年度にかけて減少傾向がみられたが、今年度はすべての酸性成分が増加していた。

長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 19 に示す。D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量および SO_4^{2-} 負荷量のいずれも他の地点に比べて極めて低い値で推移していた。アルカリ度負荷量は河川水流量と増減がほぼ一致していた。

最下流部である長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 20 に示す。D-Fe 負荷量は最小値であった平成 22 年度から上昇傾向がみられた。今年度の D-Al 負荷量および SO_4^{2-} 負荷量は平成 23 年度に比較して増加したが、顕著な経年変化はみられなかった。鉍酸酸度負荷量については、平成 20 年度から平成 23 年度にかけて減少傾向がみられたが、今年度は増加した。

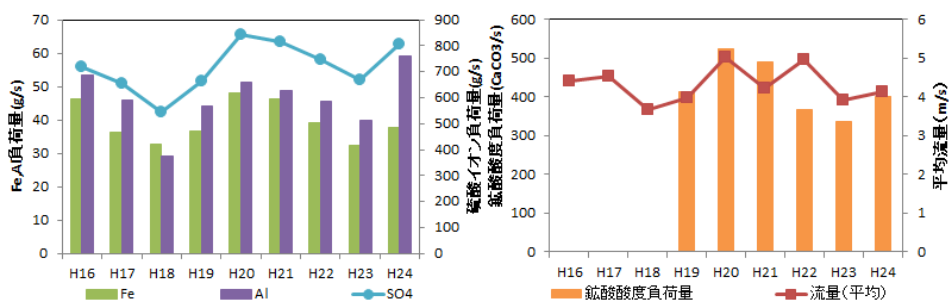


図 18 酸川（酸川野）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

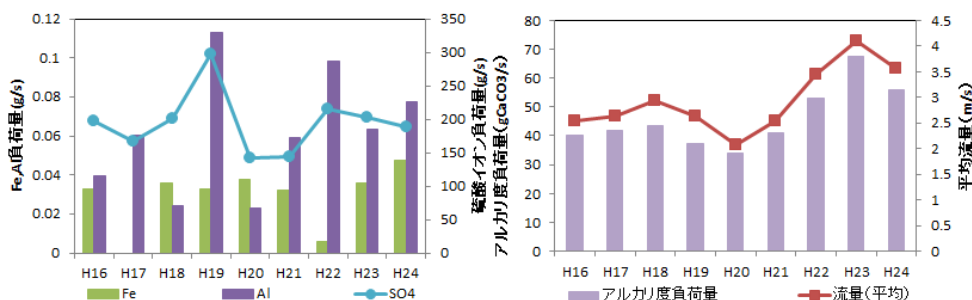


図 19 長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

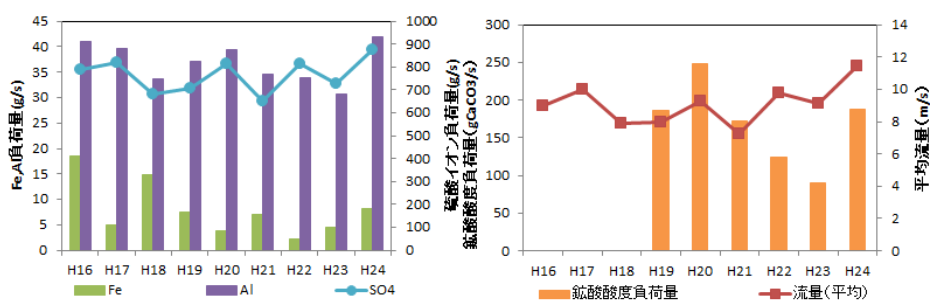


図 20 長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

イ 平成 24 年度調査結果（季節変動）

(ア) 金属成分

調査対象河川における全量溶存態（D-）の Fe、Al 及び Mn のそれぞれの負荷量の季節変動について、また全量（T-）から溶存態を差し引いた値を懸濁態（S-）として算出した負荷量の季節変動について図 21 に示す。

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

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

Mn及びAlについては、上流域河川及び下流域河川（長瀬川（上長瀬橋）を除く）ともに1年を通じて全負荷量に占める溶存態の割合が高かった。裏磐梯湖沼群からの河川水が流入する長瀬川（上長瀬橋）では、1年を通じて懸濁態の割合が高かった。

Znについて、すべての調査対象河川において1年を通じて濃度が低かった。

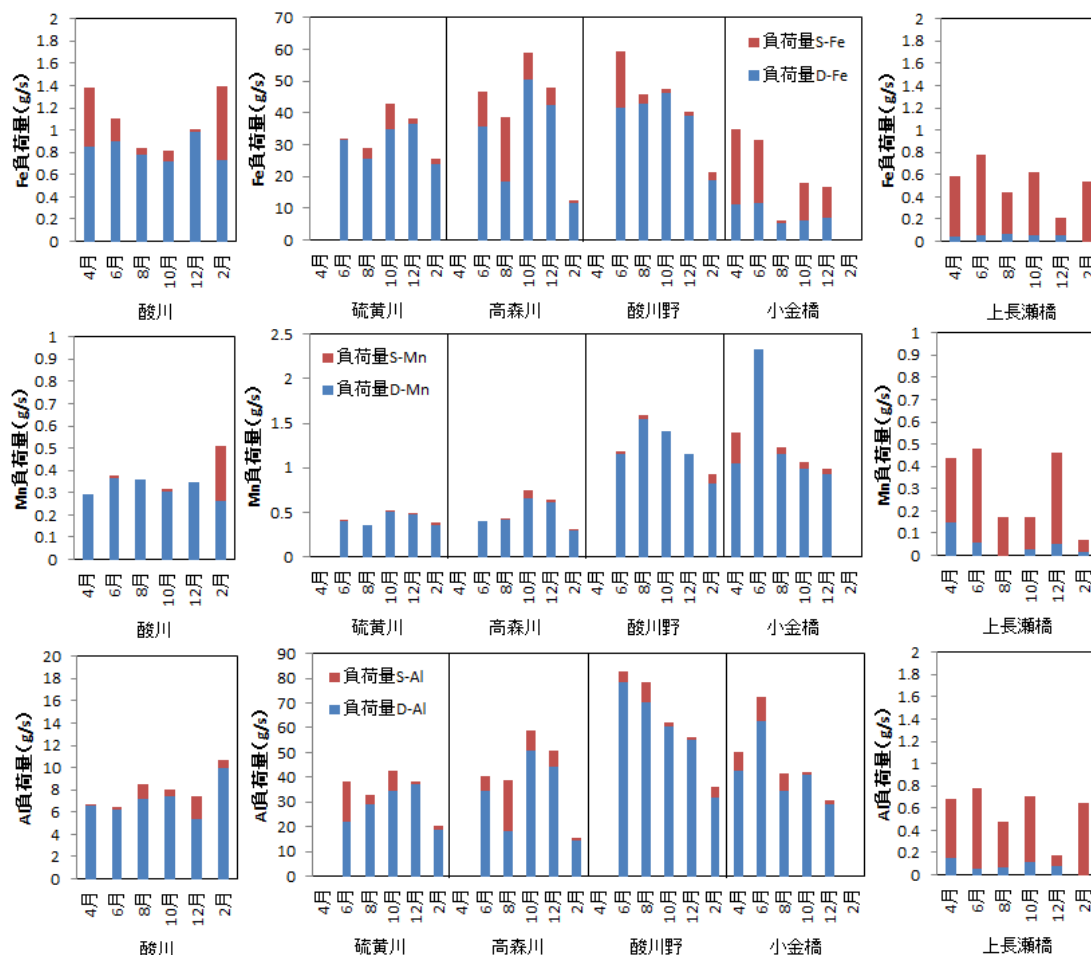


図21 金属成分負荷量の季節変動

(イ) 酸度、アルカリ度

調査対象河川の総酸度及び鉍酸酸度、あるいはアルカリ度の結果を図22に示す。鉍酸酸度負荷量の総酸度負荷量に占める割合は、硫黄川（高森川合流前）、高森川（酸川合流前）では約70～90%と高く、酸川（酸川野）も8月（27%）を除けば約60～80%と高かった。酸川（高森川合流前）と長瀬川（小金橋）では約30～50%であった。

長瀬川（上長瀬橋）のアルカリ度は1年を通じて変化が小さく、アルカリ度負荷量は流量と同様に4月から2月にかけて減少した。

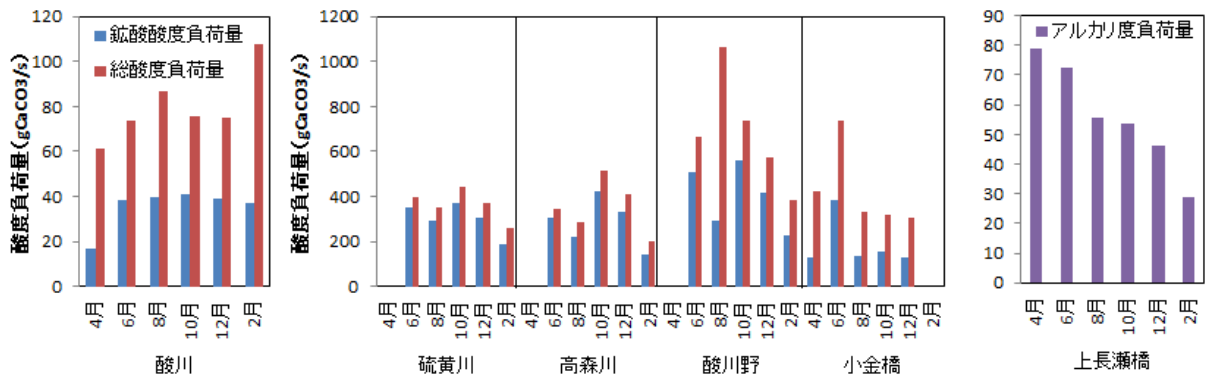


図 22 酸度負荷量及びアルカリ度負荷量の季節変動

(ウ) イオン成分負荷量

上流域河川における Cl^- 及び SO_4^{2-} 負荷量の季節変動、下流域河川における陰イオン及び陽イオン成分負荷量の各季節変動を図 23 に示す。

すべての上流域河川において、1年を通じて SO_4^{2-} 負荷量が Cl^- 負荷量より大きかった。また、高森川に合流する前の支流のアニオン負荷量をみると SO_4^{2-} 負荷量は硫黄川（高森川合流前）が、 Cl^- 負荷量は酸川（高森川合流前）がより大きかった。

すべての下流域河川の陰イオン成分負荷量については、1年を通じて SO_4^{2-} 及び Cl^- 負荷量の合計量が陰イオン成分全体の負荷量の 97% 以上を占めていた。また、陰イオン成分負荷量の構成比に季節変動はみられなかった。

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

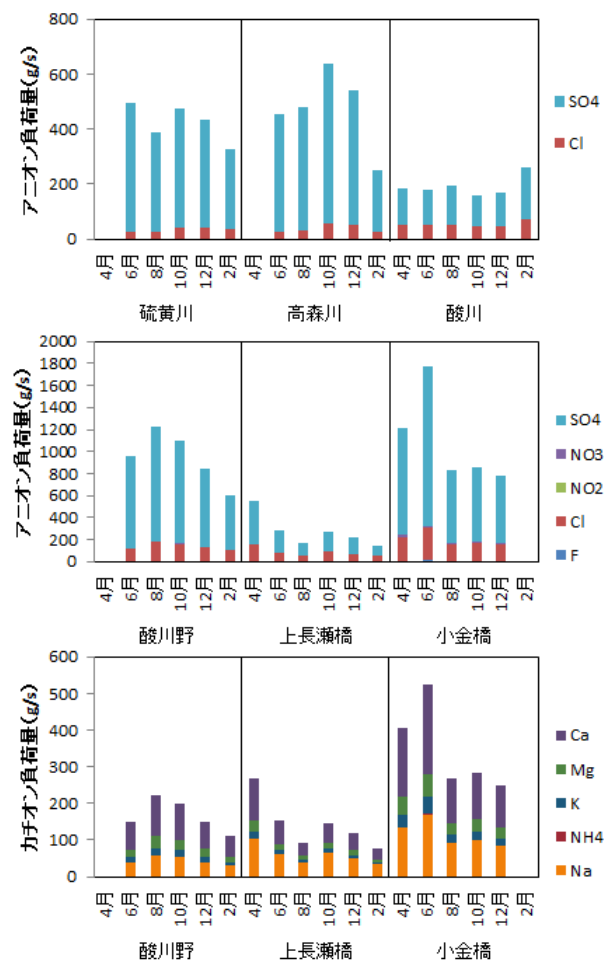


図 23 アニオン負荷量及びカチオン負荷量の季節変動

8 まとめ

(1) 猪苗代湖湖心の調査結果

今年度の pH の 3 層平均は 6.80 であり、過去 3 か年と比較するとほぼ横ばいであった。また、今年度結果をみると、pH、DO 飽和率及び TOC について、水温躍層が形成されている 8 月と 10 月には水温躍層の上下で値が異なり、いずれも上層では値が高く、下層では値が低かった。また、 NO_3-N 、 NO_2-N 及び NH_4-N の合算値については、水温躍層が形成されている 8 月と 10 月に上

層で値が低くなり、下層で値が高かった。

今年度のイオン当量濃度は、昭和54～56年の結果と比較すると減少しているが、平成19年度から今年度にかけては横ばいもしくは増加の傾向がみられた。また、今年度の陽イオン成分及び陰イオン成分の個別の濃度にはいずれも季節変動はみられず、同じ月における水深別の差もみられなかった。

T-Pについては、ほとんど検出されていない(<0.003 mg/L)が、平成14年から平成19年にかけて水温躍層形成期の6月から8月に、表層から水深20 mにかけて $0.003\sim 0.006$ mg/L 検出されていた。今年度は、8月に 0.004 mg/L (水深10 m) 検出されている。T-Pの検出状況については、今後も注視していく必要がある。

今年度の金属成分について、Feは全層・全調査月を通じてほとんどが懸濁態として存在していた。Mnは全調査月を通じて上層ほど溶存態として存在している割合が高い傾向がみられた。Alは全層で4月と6月に懸濁態の割合が高く、10月には下層ほど溶存態の割合が高かった。

(2) 猪苗代湖流入河川の調査結果

上流域河川の酸性成分負荷量の経年変化をみると、旧硫黄鉱山坑内水が流入する硫黄川(高森川合流前)と硫黄川が合流した後の高森川(酸川合流前)ではすべての酸性成分負荷量は平成18年度が最大値であり、以降減少もしくは横ばいとなっており、沼尻・中ノ沢温泉の影響を受ける酸川(高森川合流前)ではD-Al 負荷量及び鉍酸酸度負荷量は平成18年度、D-Fe 負荷量は平成19年度が最大値であり、平成20年度もしくは平成22年度まで減少した後、緩やかな増加傾向がみられた。SO₄²⁻負荷量は平成23年度が最大値であった。下流域河川の酸性成分負荷量の経年変化をみると、上流域河川の合流後である酸川(酸川野)と最下流部である長瀬川(小金橋)において、すべての酸性成分の負荷量は、平成20年度から減少傾向がみられたが、今年度は増加していた。長瀬川(上長瀬橋)においては、D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量及びSO₄²⁻負荷量いずれも他の河川に比べ極めて低い値で推移していた。アルカリ度負荷量は流量の増減と同様に推移していた。

今年度の金属成分負荷量は上流域河川では1年を通じてほとんどが溶存態として存在していた。下流域河川では、上流域河川の合流後地点である酸川(酸川野)のFeが1年を通じて溶存態の割合が高い一方で、長瀬川(小金橋)では8月を除きFeの全量に対する溶存態の割合が低下していた。これは酸川(酸川野)と長瀬川(上長瀬橋)の合流によるpHの上昇に伴い、Feの一部が不溶化したものと思われる。そのほかの金属成分では、流下に伴う形態の変化はみられなかった。

また、イオン成分負荷量について、すべての上流域河川において、1年を通じてSO₄²⁻負荷量がCl⁻負荷量より大きかった。また、高森川に合流する前の支流をみると、SO₄²⁻負荷量は硫黄川(高森川合流前)が、Cl⁻負荷量は酸川(高森川合流前)がより大きかった。また、すべての下流域河川において、陰イオン成分ではCl⁻負荷量及びSO₄²⁻負荷量の合算値が総負荷量の98%以上を、陽イオン成分ではNa⁺負荷量及びCa²⁺負荷量の合算値が総負荷量の76%以上を占めており、陰イオン成分、陽イオン成分それぞれの負荷量の構成比に季節変動はみられなかった。

調査地点	湖心(表層)			
調査年月日	H24.4.19	H24.6.27	H24.8.9	H24.10.17
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	9:48	9:30	10:38	9:45
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	曇り	晴れ	晴れ	晴れ
気温(°C)	9.1	18.8	23.3	10.1
水温(°C)	3.2	16.8	24.8	16.9
透明度(m)	10.3	6.5	9.7	10.4
水色(フォーレル)	6	5	7	7
色相	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明

調査地点	酸川(酸川野)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	10:25	12:20	10:50	11:40	11:05	12:55
天候(前日)	雨	曇り	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	曇り時々晴れ	雨	晴れ	曇り	小雨	曇り
気温(°C)	16.5	20.5	22.0	17.5	6.2	2.0
水温(°C)	8.3	16.5	19.4	16.5	6.4	3.0
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	流量少	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	長瀬川(上長瀬橋)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	10:45	12:40	12:00	11:55	11:20	14:00
天候(前日)	雨	曇り	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	曇り時々晴れ	雨	曇り	曇り	小雨	曇り
気温(°C)	14.5	19.0	24.2	17.9	4.0	-2.0
水温(°C)	8.9	17.5	22.9	19.2	5.5	2.0
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	長瀬川(小金橋)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	7:59	9:00	12:20	9:30	8:51	15:10
天候(前日)	雨	雨	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ時々曇り	晴れ	晴れ	曇り	小雨	雪
気温(°C)	12.0	22.4	26.1	19.5	5.9	-4.0
水温(°C)	7.5	10.5	22.8	17.0	5.9	0.5
透視度	51.0	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量少	通常	通常	通常
色相	茶褐色	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	微濁	透明

調査地点	高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	10:00	11:50	10:20	11:10	10:50	12:30
天候(前日)	雨	雨	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	曇り時々晴れ	曇り	晴れ	曇り	雨	曇り
気温(°C)	12.0	16.5	20.2	15.8	3.2	-1.0
水温(°C)	7.0	13.4	17.6	14.7	6.1	3.5
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	通常	流量大	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	酸川(高森川前)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	9:40	11:30	10:40	10:50	10:40	12:10
天候(前日)	雨	雨	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	曇り	曇り	晴れ	曇り	小雨	曇り時々小雪
気温(°C)	10.5	17.1	21.8	15.4	3.5	0.4
水温(°C)	7.5	14.3	17.0	15.9	7.7	4.3
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	硫黄川(高森川前)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	欠測	10:50	9:50	10:20	9:40	10:50
天候(前日)	欠測	雨	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	欠測	晴れ	曇り後晴れ	曇り	雨	曇り時々小雪
気温(°C)	欠測	17.5	20.8	15.6	6.1	-1.0
水温(°C)	欠測	14.5	17.2	15.6	9.0	4.1
透視度	欠測	>100	>100	56	>100	>100
流況	欠測	通常	流量少	通常	通常	通常
色相	欠測	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	欠測	微硫化水素臭	無臭	無臭	微硫化水素臭	無臭
濁り	欠測	透明	透明	透明	透明	透明

猪苗代湖 溶存態 調査日	湖心 0m			湖心 10m			湖心 50m			湖心90m						
	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17
pH	6.78	6.96	6.96	6.88	6.74	6.63	7.13	6.89	6.75	6.60	6.71	6.63	6.75	6.61	6.72	6.50
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	111.0	106.9	110.6	110.6	106.4	108.2	110.9	108.3	111.3	112.1	112.6	94.2	111.3	112.6	108.7	108.9
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	7.32	6.80	6.94	7.14	7.26	6.91	6.74	7.06	7.24	6.79	6.95	6.99	7.27	6.82	6.94	6.98
NH ₄ mg/L	<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	0.01
K mg/L	1.52	1.64	1.67	1.52	1.67	1.63	1.61	1.66	1.68	1.58	1.63	1.64	1.70	1.59	1.63	1.64
Mg mg/L	2.20	2.15	2.18	2.20	2.22	2.17	2.13	2.20	2.22	2.13	2.20	2.18	2.24	2.13	2.18	2.14
Ca mg/L	8.18	8.04	8.10	8.11	8.31	8.20	8.02	8.19	8.31	8.05	8.23	8.17	8.38	8.06	8.23	8.18
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	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.03	0.01	0.03	0.04	0.03	<0.01	0.03	0.11
Al mg/L	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.03	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02
Zn mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
F mg/L	0.16	0.12	0.12	0.12	0.16	0.12	0.12	0.12	0.16	0.11	0.12	0.12	0.15	0.12	0.13	0.12
Cl mg/L	10.35	10.26	10.43	10.50	10.39	10.40	10.19	10.58	10.45	10.19	10.44	10.39	10.51	10.30	10.48	10.45
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	0.99	0.94	0.70	0.63	1.01	0.98	0.74	0.64	1.03	0.98	1.02	0.99	1.04	1.01	1.00	1.01
SO ₄ mg/L	29.70	29.40	29.81	30.01	29.87	29.75	29.47	30.31	30.02	28.64	29.50	29.19	30.21	29.05	29.66	29.40
フッ素 mg/L	3.92	4.35	3.15	3.35	3.82	3.72	3.17	3.25	3.80	3.86	3.55	3.30	4.05	4.05	3.60	3.55
加酸7/1/a ug/L	0.8	1.3	0.3	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO mg/L	12.2	9.7	8.8	9.1	12.3	10.2	9.5	9.2	12.3	11.8	11.5	9.8	12.2	12.3	11.7	11.2

猪苗代全量 調査日	湖心 0m			湖心 10m			湖心 50m			湖心90m						
	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17
T-N mg/L	0.20	0.26	0.20	0.09	0.17	0.22	0.18	0.13	0.19	0.22	0.22	0.15	0.21	0.22	0.21	0.19
T-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Fe mg/L	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	<0.01	0.02
Mn mg/L	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.04	0.02	0.03	0.05	0.03	0.01	0.04	0.12
Al mg/L	0.03	0.02	0.01	0.05	0.03	0.02	0.01	0.04	0.03	0.01	<0.01	0.02	0.04	0.01	<0.01	0.02
Zn mg/L	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TOC mg/L	0.48	0.72	0.78	0.64	0.47	0.54	0.75	0.66	0.48	0.46	0.48	0.44	0.49	0.45	0.5	0.46

河川	溶存態	酸川					長瀬川 上長瀬橋					長瀬川 小金橋							
		4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19
pH		3.42	2.97	2.97	3.06	3.09	2.96	7.49	7.44	7.49	7.65	7.46	7.25	4.10	3.76	3.82	3.79	3.82	6.62
EC	μS/cm	318	747	734	606	760	886	308	138	150	280	240	244	186	273	286	308	341	99
T-P	mg/L	欠測	0.030	0.026	0.011	0.028	0.038	欠測	<0.003	0.003	<0.003	<0.003	0.005	欠測	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na	mg/L	4.48	9.55	11.00	9.43	11.45	13.70	21.56	10.31	11.66	22.81	19.39	20.27	7.74	9.52	11.06	13.08	13.95	7.15
NH ₄	mg/L	0.04	0.10	0.13	0.06	0.09	0.15	<0.01	<0.11	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.04	0.07	0.01	0.02	0.01
K	mg/L	1.50	3.17	3.60	3.10	3.58	4.16	3.85	1.86	2.16	4.23	3.56	3.66	1.96	2.56	2.97	3.31	3.19	1.48
Mg	mg/L	2.23	5.36	6.03	5.10	6.40	7.71	6.23	2.65	2.78	5.41	4.88	4.69	2.76	3.58	3.88	4.48	4.97	1.73
Ca	mg/L	8.36	18.55	20.90	17.66	21.34	26.08	23.23	10.47	10.84	19.31	18.58	17.14	10.82	13.60	14.66	16.76	18.39	6.45
Fe	mg/L	3.05	10.17	8.09	8.19	11.25	8.70	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	<0.01	0.64	0.65	0.64	0.81	1.11	0.18
Mn	mg/L	0.09	0.28	0.29	0.25	0.33	0.38	0.03	0.01	<0.01	0.01	0.02	0.01	0.06	0.13	0.14	0.13	0.15	<0.01
Al	mg/L	5.18	19.17	13.25	10.66	15.78	14.79	0.03	0.01	0.02	0.04	0.03	<0.01	2.43	3.50	4.20	5.44	4.75	0.20
Zn	mg/L	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
F	mg/L	0.44	1.17	1.25	1.05	1.35	1.45	0.12	0.07	0.06	0.09	0.07	0.02	0.27	0.48	0.47	0.51	0.54	0.02
Cl	mg/L	10.97	27.34	32.07	26.79	35.36	44.84	31.18	13.07	15.14	30.45	25.97	28.33	12.22	16.49	18.84	21.96	24.96	10.27
NO ₂	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃	mg/L	1.33	1.00	1.06	0.87	0.75	0.96	0.55	0.59	0.31	0.23	0.36	0.34	1.39	1.03	0.90	0.88	0.84	0.44
SO ₄	mg/L	84.28	204.32	195.58	164.56	206.00	233.99	81.83	32.61	32.56	65.27	59.40	53.98	55.89	81.25	80.35	89.59	100.17	19.80
7/6/2018(水)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	16.30	12.05	16.30	18.90	17.85	17.47	-	-	-	-	-	-
硬度(pH8)	mgCaCO ₃ /L	35.59	123.50	54.47	99.55	120.46	105.18	-	-	-	-	-	-	7.51	21.64	16.65	20.53	21.16	なし
硬度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	60.98	161.72	200.18	130.76	165.04	180.07	-	-	-	-	-	-	24.22	41.22	40.15	41.72	50.09	11.14
流量	m ³ /s	欠測	4.10	5.32	5.65	3.48	2.14	4.85	6.02	3.40	2.84	2.57	1.66	17.42	17.87	8.19	7.58	6.14	5.66

河川	全量	酸川					長瀬川 上長瀬橋					長瀬川 小金橋							
		4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19
T-N	mg/L	0.59	0.57	0.42	0.44	1.00	0.47	0.19	0.13	0.10	<0.05	<0.05	<0.05	0.44	0.27	0.26	0.18	0.25	0.08
T-P	mg/L	欠測	0.032	0.034	0.013	0.034	0.039	欠測	0.007	0.012	0.003	0.006	0.009	欠測	0.01	0.015	<0.003	0.01	0.007
Fe	mg/L	4.48	14.45	8.59	8.38	11.55	9.86	0.12	0.13	0.13	0.22	0.08	0.32	2.01	1.75	0.75	2.38	2.70	0.35
Mn	mg/L	0.10	0.29	0.30	0.25	0.33	0.43	0.09	0.08	0.05	0.06	0.18	0.04	0.08	0.13	0.15	0.14	0.16	0.04
Al	mg/L	5.22	20.15	14.71	11.02	16.17	16.92	0.14	0.13	0.14	0.25	0.07	0.39	2.89	4.06	5.04	5.57	4.98	0.40
Zn	mg/L	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

河川	高森川 酸川合流前				酸川 高森川合流前				硫黄川 高森川合流前								
	4/24	6/7	8/14	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19
pH	3.09	2.58	2.53	2.82	2.77	2.57	2.77	2.77	3.36	3.41	3.45	欠測	2.23	2.24	2.20	2.41	2.23
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	558	1508	1729	930	1304	1846	153	465	453	506	577	欠測	3250	3290	3400	2830	3740
T-P mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄ mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe mg/L	10.60	40.73	22.64	22.37	34.19	29.01	0.26	0.71	0.83	0.64	0.93	欠測	78.43	81.58	88.43	107.38	101.76
Mn mg/L	0.13	0.45	0.51	0.29	0.49	0.72	0.09	0.29	0.38	0.27	0.33	欠測	0.99	1.13	1.29	1.39	1.55
Al mg/L	10.40	39.35	22.64	22.37	35.30	35.71	2.01	4.95	7.63	6.59	7.23	欠測	54.98	92.11	88.43	109.16	80.48
Zn mg/L	0.01	0.05	0.03	0.01	0.05	0.03	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	欠測	0.12	0.12	0.05	0.03	0.06
F mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl mg/L	11.39	29.00	39.82	25.94	42.74	68.39	15.27	39.59	53.63	38.92	44.62	欠測	70.36	80.83	108.79	127.50	154.25
NO ₂ mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃ mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ mg/L	151.19	486.26	556.60	256.29	392.65	554.07	41.50	100.58	151.27	99.39	114.00	欠測	1155.74	1166.54	1098.00	1151.85	1243.28
7日平均値 mgCO_2/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
酸度(pH3) mgCO_2/L	120.22	351.13	273.74	186.33	265.47	360.64	20.29	30.55	42.58	36.13	37.19	欠測	874.57	941.69	949.70	901.62	817.46
酸度(pH3) mgCO_2/L	152.77	395.71	356.52	227.90	330.59	500.90	7.64	58.63	92.67	66.94	71.07	欠測	984.77	1122.49	1124.99	1094.46	1127.52
流量 m^3/s	欠測	0.87	0.80	2.26	1.24	0.40	3.28	1.26	0.93	1.12	1.05	欠測	0.40	0.31	0.39	0.34	0.23
河川	高森川 酸川合流前				酸川 高森川合流前				硫黄川 高森川合流前								
T-N mg/L	4/24	6/7	8/14	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19
T-P mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe mg/L	10.90	53.06	48.10	25.97	38.37	30.96	0.42	0.88	0.89	0.72	0.95	欠測	79.61	92.11	108.90	112.70	109.44
Mn mg/L	0.13	0.45	0.53	0.33	0.52	0.76	0.09	0.30	0.38	0.28	0.33	欠測	1.00	1.13	1.31	1.41	1.68
Al mg/L	10.70	46.11	48.10	25.97	40.50	38.63	2.04	5.12	9.13	7.16	7.07	欠測	95.37	104.46	108.90	112.35	87.96
Zn mg/L	0.01	0.05	0.03	0.01	0.05	0.05	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	欠測	0.12	0.12	0.05	0.14	0.14

2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査

1 目的

猪苗代湖の大腸菌群数が湖沼 A 類型環境基準（1,000MPN/100ml）を超過する事例が見受けられることから（図1）、猪苗代湖及び大腸菌群の流入負荷が大きいと考えられる河川の水質調査を実施することにより、大腸菌群が出現する傾向を把握する。また、大腸菌群が検出され始める6月と、大腸菌群数が多くなる9月における大腸菌群の同定を行い、湖心での生息状況を確認する。

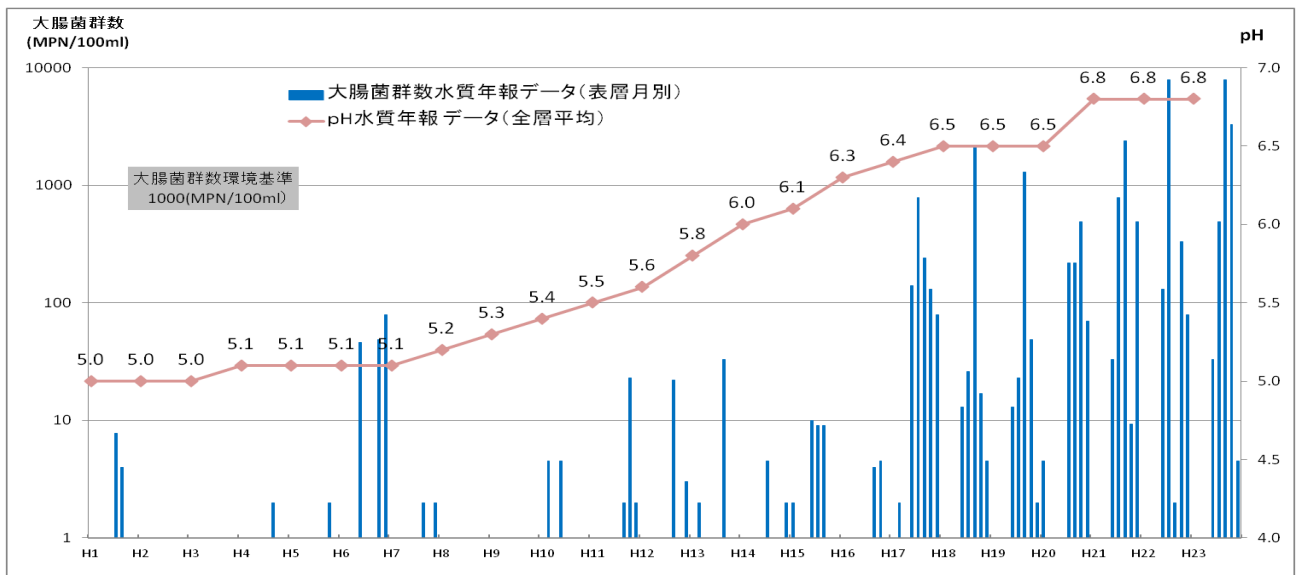


図1 猪苗代湖湖心のpH及び大腸菌群数の経年変化

2 調査方法

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

3 調査地点

調査地点は図2のとおり。

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

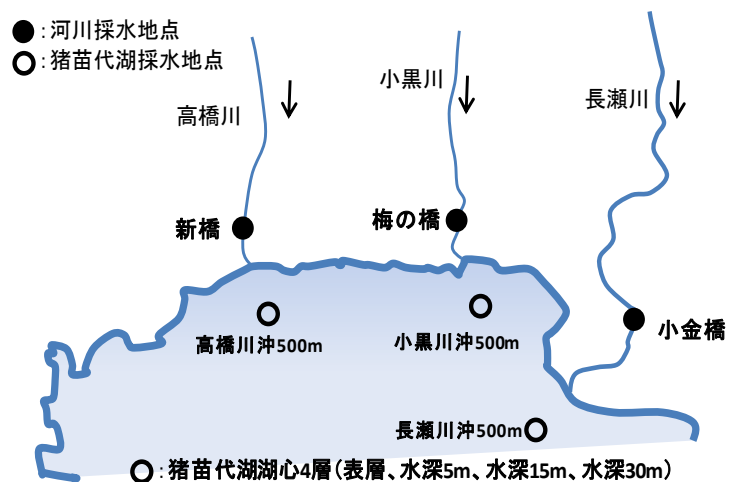


図2 調査地点

4 調査時期

年7回(5月、6月、7月、8月、9月、10月、11月)

5 調査項目

- (1) 3-(2) (3) (4)については、気温、水温、透視度、色相、臭気、濁り、流量

- (2) 3-(1)(5)(6)(7)については、気温、水温、透明度、色相、臭気、濁り、沖合調査地点の水深
 (3) pH、EC、DO、SS、大腸菌群数、大腸菌数、TOC、大腸菌群の種の同定 (6、9月)

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
 (2) EC：伝導率計
 (3) DO：よう素滴定法
 (4) SS：重量法
 (5) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地によるQTトレイ法（アイデックスラボラトリーズ（株））
 ＊大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も6、9月に行った。
 (6) TOC：燃焼酸化－赤外吸収式TOC自動計測法
 (7) 種の同定：大腸菌群陽性となったBGLB液体培地からBGLB寒天培地に塗末し、普通寒天培地で単離培養後、もう一度BGLB液体培地でガスを発生した菌株を対象にAPI20E（シスメックス・ビオリユー（株））で菌種を同定した。

7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1のとおり。

分析結果の一覧については、別紙2及び3のとおり。

(1) 猪苗代湖湖心の水質について

ア 水温の鉛直分布と水温躍層について

猪苗代湖湖心における鉛直水温の調査結果を図3に示す。なお、図3の作成にあたっては「平成24年度猪苗代湖水質モニタリング調査事業」で測定したデータも使用している。

4月の水温は、全層でほぼ一定であり、気温の上昇と共に表層の水温は上昇し、6月27日には水温躍層が確認された。その後10月5日までは、水温躍層が確認できた。11月7日には水温躍層の崩壊が始まっていた。

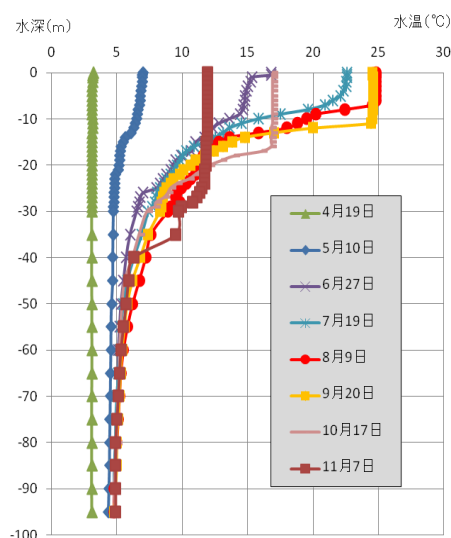


図3 湖心の鉛直分布

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月10日には1MPN/100ml未満と低い値であり、9月20日の220MPN/100mlを除けば、すべて1桁台の低い値であった。昨年度の調査では8月25日に、湖沼A類型の環境基準である1,000MPN/100mlを超える1,200MPN/100mlが検出され、さらに9月7日には、最高値である20,000MPN/100mlとなり、10月5日まで1,000MPN/100mlを超える状態が続いていたが¹⁾、今年度の湖心表層は基準値未満が続いた。

今年の表層の水温は、8月9日に24.8℃と高い値を示し、その後9月20日までその状態が続いた。しかし、大腸菌群数が1,000MPN/100mlを超えることはなく、最も大腸菌群数の値が高かった9月20日の水深15mの時の水温は13.8℃と低く、水温と大腸菌群数に相関は認められなかった。

なお、大腸菌数は全ての時期及び水深で1MPN/100ml未満であった。

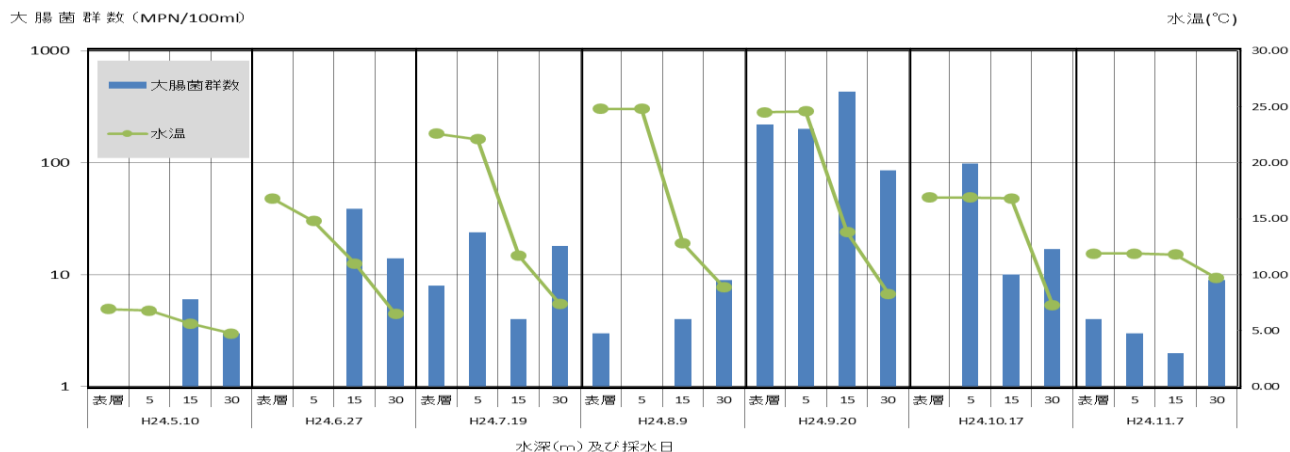


図4 湖心大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

猪苗代湖湖心の pH 及び TOC の調査結果を図5～6に示す。

大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関を表1に示す。

pHは6.55～7.52であり、水深別では、水深30mが他の水深と比較して月別変化が少なく、低い値で一定であった。一方、月別変化が大きかった水深15mの9月20日のpHが7.52と最高値であり、この時の大腸菌群数も最高値であり、大腸菌群数とpHに中程度の正の相関関係が認められた。

TOCは0.46～0.74mg/lで、TOCは水温と高い相関があった。水深ごとにTOCの最大値をみると、表層では6月27日に0.72mg/l、水深5mでは1月遅れて7月19日に0.74mg/l、水深15mはさらに1月遅れの8月9日に0.72mg/lを示した。水深別ではpHと同様に水深30mが他の水深と比較して月別変化が少なく低い値であった。大腸菌群数との相関は認められなかった。

なお、ECは96.7～114.7μS/cmと月別、水深別とほぼ一定の値、DO飽和率は81%以上、SSは1mg/l未満と、大腸菌群数とこれらの項目に相関は認められなかった

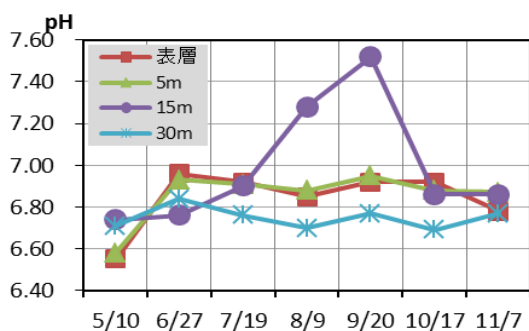


図5 猪苗代湖湖心のpH

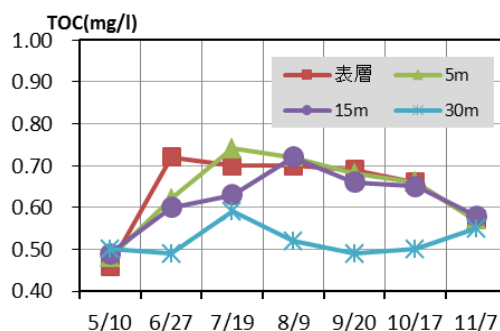


図6 猪苗代湖湖心のTOC

表1. 猪苗代湖湖心における大腸菌群数とその他の項目の相関関係

	水温	透明度	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.256	0.165	0.626	-0.360	0.118	0.229

(2) 各河川及び各猪苗代湖沖 500m の水質について

ア 高橋川新橋及び猪苗代湖高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

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

高橋川新橋の大腸菌群数は 6,400~23,000MPN/100ml、大腸菌数は 50~140MPN/100ml、猪苗代湖高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 4~1,700MPN/100ml、大腸菌数は 1 未満~6MPN/100ml であった。高橋川沖 500m 地点では大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。高橋川沖 500m 地点は猪苗代湖心表層より高い値を示しており、大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100ml を超えたのは、9月 20日 (1,700MPN/100ml) のみであった。

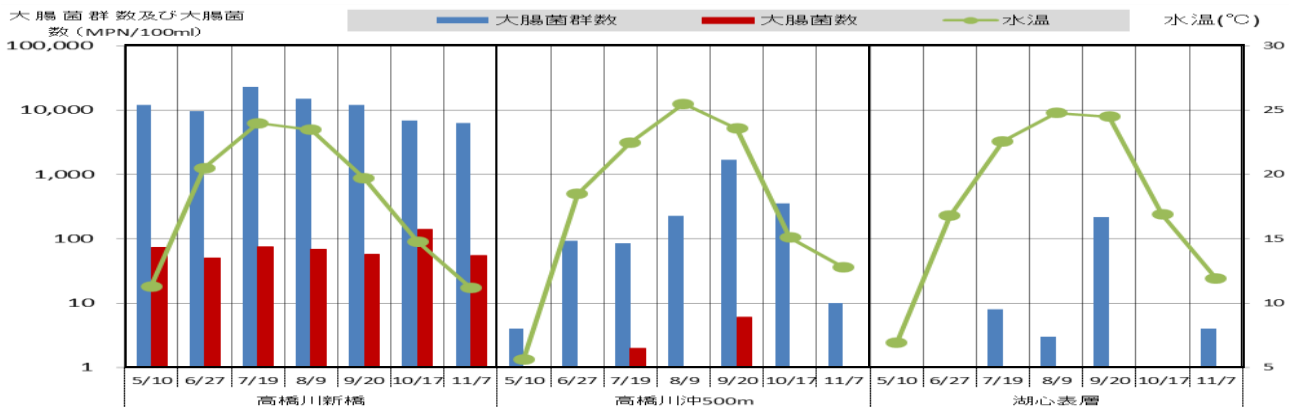


図 7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

イ 小黒川梅の橋及び猪苗代湖小黒川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、猪苗代湖小黒川沖 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 11,000~34,000MPN/100ml、大腸菌数は 120~1,000MPN/100ml、猪苗代湖小黒川沖 500m 地点の大腸菌群数は 10~3,600MPN/100ml、大腸菌数は 1 未満~39MPN/100ml であった。小黒川沖 500m 地点では大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。小黒川沖 500m 地点は猪苗代湖心表層より高い値を示しており、大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100ml を超えたのは、6月 27日 (3,600MPN/100ml)、7月 19日 (1,400MPN/100ml)、8月 9日 (1,500MPN/100ml) の 3回で、猪苗代湖心表層より高い値だった。

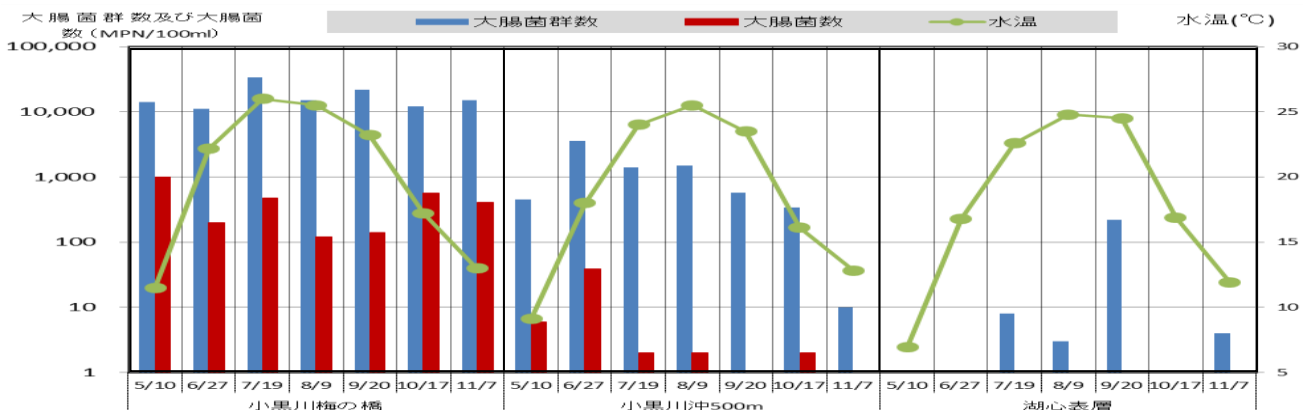


図 8 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

ウ 長瀬川小金橋及び猪苗代湖長瀬川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

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

長瀬川小金橋の大腸菌群数は43～1,700MPN/100ml、大腸菌数は1未満～23MPN/100ml、猪苗代湖長瀬川沖500m地点の大腸菌群数は3～410MPN/100ml、大腸菌数は1未満～7MPN/100mlであった。長瀬川沖500m地点では大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。長瀬川沖500m地点は猪苗代湖心表層より高い値を示しており、大腸菌群数の湖沼A類型の環境基準である1,000MPN/100mlより小さい値であった。長瀬川沖500mの大腸菌数も同様か減少していた。酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数は、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。ただ、長瀬川の流量は高橋川や小黒川の10～50倍あるため、大腸菌群の流入負荷総量では同程度の負荷を示す月もあった。しかし、猪苗代湖長瀬川沖500mの大腸菌群数は全て500MPN/100ml以下で、大腸菌数も8月9日に7MPN/100mlが検出されただけであり、猪苗代湖高橋川500m沖及び猪苗代湖小黒川500m沖と比較して低い値だった。

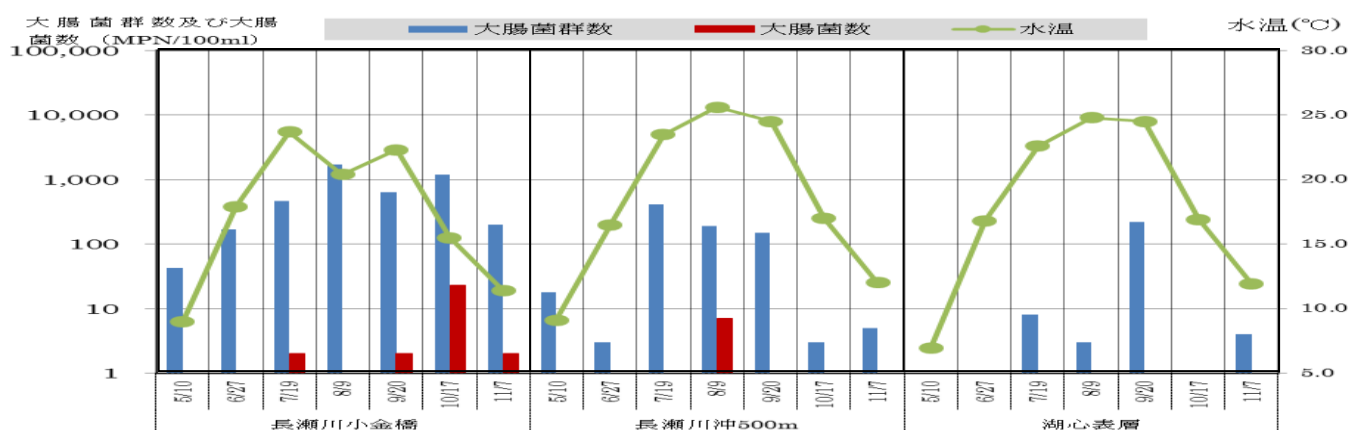


図9 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

エ 各河川及び各猪苗代湖沖 500m の大腸菌群数に占める大腸菌数の比について

大腸菌群数に占める大腸菌数の比の結果を表2に示す。

小黒川梅の橋以外は0～4.8%であり、小黒川梅の橋でも5月10日に7.1%であった以外はすべて5%以下で、下水処理流入前の河川水の平均値が5%であったという和波らの報告²⁾よりも低く、各河川及び各河川沖500mの糞便による汚染の割合は低いと考えられた。

表2 各地点の大腸菌群数に占める大腸菌数の比

地点名	大腸菌数／大腸菌群数(%)	
	平均値	分布
高橋川新橋	0.8	0.3～2.0
高橋川沖500m	0.6	0～2.4
小黒川梅の橋	2.8	0.6～7.1
小黒川沖500m	0.5	0～1.3
長瀬川小金橋	0.9	0～2.3
長瀬川沖500m	0.5	0～3.7

オ 各河川の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について
各河川の流量等のグラフを図10～11に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表3～4に示す。

高橋川新橋及び小黒川梅の橋のpHは7.16～8.02、ECは154.6～246 μ S/cm、SSは2～9mg/l、TOCは0.99～2.55mg/lと猪苗代湖湖心の水質と比較して高い値を示した。DO飽和率は90%以上の値であった。小黒川梅の橋では、流量の多い6月から8月と、流量の少ない5月及び9月から11月を比較してみると、流量の多い時期にpH及びECは低い傾向を示した。高橋川新橋及び小黒川梅の橋2地点とも、水温の上昇する夏期に大腸菌群数が多くなり、大腸菌群数と水温に正の相関が認められた。

長瀬川小金橋のpHは3.77～5.16、ECは76.5～343 μ S/cm、SSは1未満～23mg/l、TOCは0.62～1.35mg/l、DO飽和率は91%以上であった。6月27日は秋元発電所の放流水が流入している時間帯の採水で通常の4～10倍の水量があった。5月20日も同条件の採水であったが、さらに水量が多く流速の測定が困難だったため、流量を欠測とした。秋元発電所が放流する時間帯の採水では、秋元湖由来の水質の影響でpHが高くECが低く、大腸菌群数及び大腸菌数は低い値を示していた。このため、大腸菌群数とpHに中程度の負の相関、大腸菌群数とECに中程度の正の相関が認められた。大腸菌数とSS及びTOCの強い正の相関が認められたが、これは長瀬川特有のフロックが多く透視度も低く(0.54m)、大腸菌数、SS及びTOCの値が7ヶ月の中で一番高かった10月17日の影響を強く受けていたため、強い相関となったと思われる。

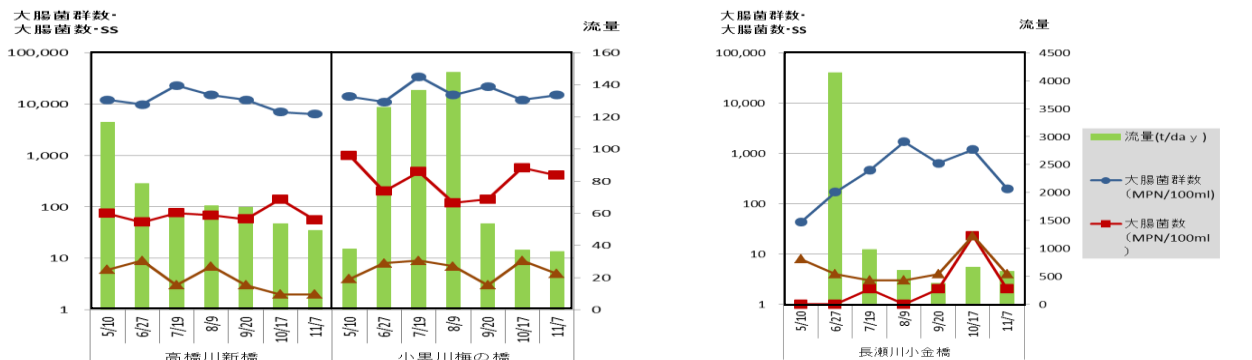


図10 各河川の流量とSS等の推移

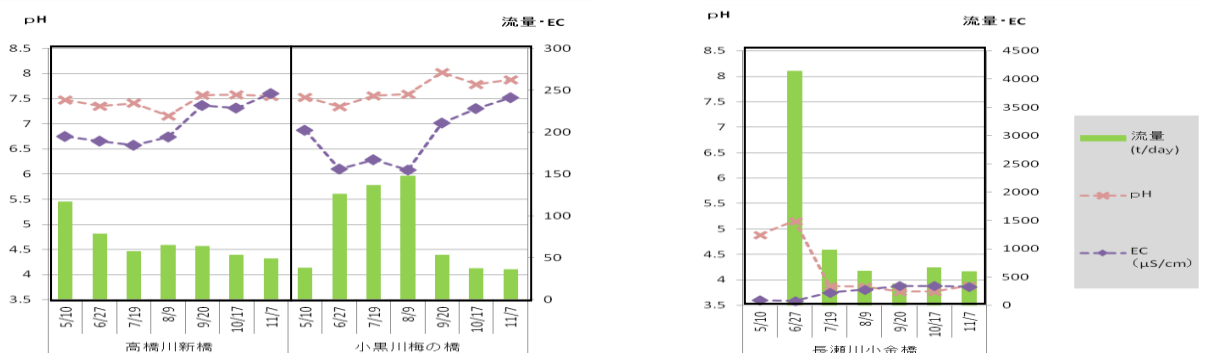


図11 各河川の流量とpH等の推移

表3 高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係 (n=14)

	水温	流量	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.605	0.302	0.164	-0.430	0.137	0.221	0.281	0.207
大腸菌数	-0.291	-0.251	0.262	0.046	0.294	0.166	0.379	

表4 長瀬川小金橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係 (n=7)

	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.415	-0.586	0.535	-0.197	0.285	-0.099	0.400
大腸菌数	-0.115	-0.345	0.430	-0.398	0.965	0.729	

カ 各猪苗代湖沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について猪苗代湖沖 500m の調査結果のグラフを図 12～14 に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表 5～6 に示す。

猪苗代湖高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の pH は 6.58～8.75、EC は 106.4～184.7 μ S/cm、SS は 1 未満～8mg/l、TOC は 0.47～1.83mg/l、DO 飽和率は 96%以上の値であった。水深の浅い猪苗代湖高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m は、pH、EC、SS 及び TOC は猪苗代湖湖心より高い値を示した月も多くあり、各流入河川の影響を強く受けている時期もあった。また、この 2 地点の水深は、5 月には 2～4m あったが 8 月頃には約 1m となり、夏季から秋季にかけてはカナダモ、セキショウモ及びヒルムシロが湖底に繁茂し、8 月及び 10 月には pH が 8 前後の値と炭酸同化作用の影響がみられた。大腸菌群数又は大腸菌数と相関のある項目はなく、大腸菌群数と大腸菌数に正の相関があった。

猪苗代湖長瀬川沖 500m の pH は 6.38～7.05、EC は 109.5～115.3 μ S/cm、SS は 1 未満～2mg/l、TOC は 0.55～0.84mg/l、DO 飽和率は 95%以上であった。猪苗代湖長瀬川沖 500m は、高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m より水深が深く、このため、長瀬川小金橋の水質ではなく、ほぼ湖心表層と同様な水質であった。水温の高くなる夏期に、大腸菌群数と TOC が高くなっており、大腸菌群数と水温及び TOC に強い正の相関があった。大腸菌群数と pH に、大腸菌数と水温及び TOC に中程度の正の相関が、大腸菌群数と EC、大腸菌数と EC に中程度の負の相関があった。

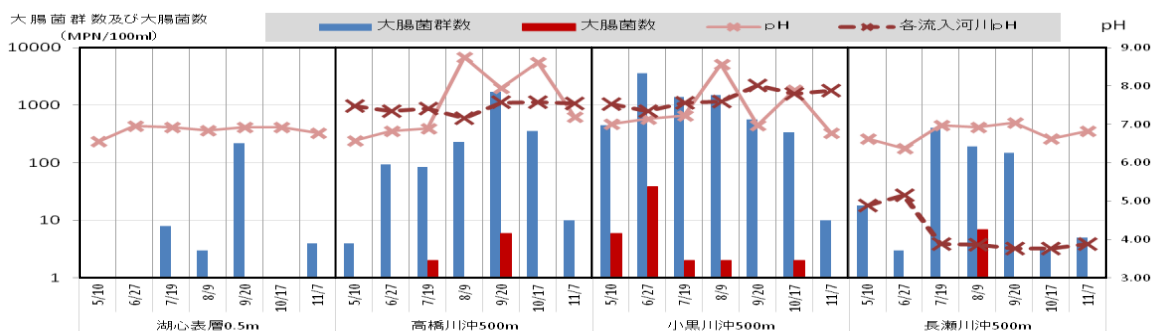


図 12 猪苗代湖沖 500m 地点の pH の推移

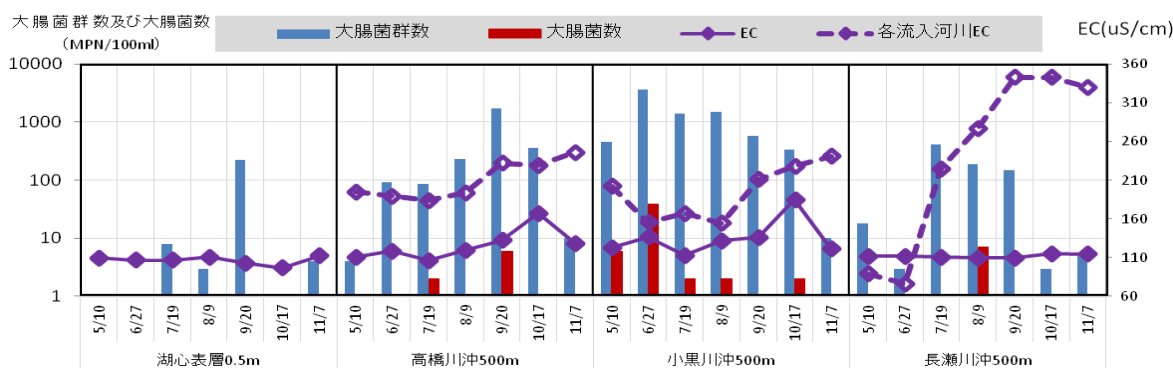


図13 猪苗代湖沖500m地点のECの推移

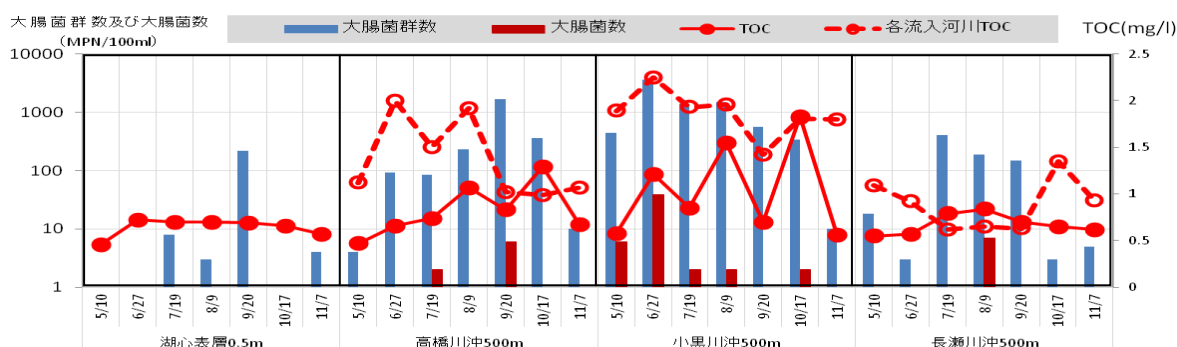


図14 猪苗代湖沖500m地点のTOCの推移

表5 猪苗代湖高橋川沖500m及び小黒川500m地点における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目の相関関係 (n=14)

	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.356	0.176	0.134	-0.070	0.022	0.351	0.856
大腸菌数	0.022	-0.081	0.097	-0.298	0.097	0.193	

表6 猪苗代湖長瀬川沖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	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.717	0.694	-0.626	0.032	-0.312	0.798	0.227
大腸菌数	0.500	0.290	-0.472	0.383	-0.167	0.670	

(3) 大腸菌群の同定

大腸菌群の同定結果を表7に示す。

6月27日の猪苗代湖湖心表層では、コリラート培地では1MPN/100mlと検出されたが、BGLB培地では大腸菌群が検出されなかったため同定操作が行えなかった。水深30mでは、*Enterobacter cloacae*が同定された。9月20日の猪苗代湖湖心表層及び水深5m(水温躍層の上層)で*Enterobacter asburiae*が、水深15m及び30m(水温躍層の下層)で*Aeromonas*属が出現した。この結果は、湖心から単離された大腸菌群のうち最も高い頻度で*E. cloacae*が同定され、次いで*E. asburia*、*E. amnigenus1*が多く出現したという小野³⁾の報告と類似するものであったが、今まで湖心では検出されていない*Aeromonas*属が検出された。ここ数年、9月の猪苗代湖湖心表層で湖沼A類型の環境基準を超える大腸菌群数が検出されていたが、今年の9月は790MPN/100ml(BGLB培地で行った結果)

と湖沼A類型の環境基準以下であった。9月の水温躍層の上層の優占種が *E. asburiae* だったこと、下層の優占種が *Aeromonas* 属であったことに関連があるのか等、今後検討していきたい。

高橋川新橋からは *E. asburiae*、*E. cloacae*、*Klebsiella oxytoca*、*Citrobacter freundii*、*Serratia liquefaciens*、*Serratia marcescens*、小黒川梅の橋からは *E. cloacae*、*Enterobacter sakazaki*、*C. freundii*、*Pantoea spp2*、*Aeromonas* 属と多様な大腸菌群等が出現した。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、6月27日には *Enterobacter amnigenus2*、9月20日には *E. cloacae*、*S. marcescens* のみが出現し、他の河川より検出種が限定されていた。

猪苗代湖沖500mでも *E. cloacae* が最も高い頻度で出現した。猪苗代湖高橋川沖500mでは *E. cloacae*、*E. sakazaki*、*S. liquefaciens*、*P. spp2* が、猪苗代湖小黒川沖500mでは、*Klebsiella oxytoca*、*E. cloacae*、*S. liquefaciens*、*Pantoea spp3*、*Raoultella terrigena*、*Aeromonas* 属と河川由来の大腸菌群が出現し、湖心より多様な種が出現した。長瀬川沖500mでは、6月27日は *E. cloacae* が9月20日は *E. cloacae*、*Hafnia alvei1*、*Chromobacterium violaceum* のみの出現だった。

表7 大腸菌群の同定結果

採水地点	採水日	大腸菌群の同定結果										BGLB培地の大腸菌群数の結果(MPN/100ml)	BGLB培地の最高希釈試験管接種量(ml)	BGLB培地の最高希釈陽性試験管本数(本)	コロラート培地の大腸菌群数の結果(MPN/100ml)					
		<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria1</i>	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria2</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>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>
猪苗代湖 湖心 表層	2012/6/27																<1	-	-	1
猪苗代湖 湖心 30m	2012/6/27			1.2													17	1	1	14
猪苗代湖 高橋川沖500m	2012/6/27			1.5	1.5				1.5		1.5						130	1	4	93
猪苗代湖 小黒川沖500m	2012/6/27			2.6			2.9		2.6			2.6	2.6				2400	0.1	5	3600
猪苗代湖 長瀬川沖500m	2012/6/27			0.3													2	10	1	3
高橋川 新橋	2012/6/27			2.8	3.0	2.5		2.5	2.5								2400	0.1	5	9800
小黒川 梅の橋	2012/6/27			3.5	3.5	3.5					3.5						13000	0.01	4	11000
長瀬川 小金橋	2012/6/27						1.5										33	1	1	170
猪苗代湖 湖心 表層	2012/9/20					2.9											790	0.1	3	220
猪苗代湖 湖心 5m	2012/9/20					2.5											330	0.1	1	200
猪苗代湖 湖心 15m	2012/9/20	3.1															1300	0.1	4	430
猪苗代湖 湖心 30m	2012/9/20	2.1															140	0.1	2	85
猪苗代湖 高橋川沖500m	2012/9/20			3.4											3.4		4900	0.01	2	1700
猪苗代湖 小黒川沖500m	2012/9/20	2.4															260	0.01	1	570
猪苗代湖 長瀬川沖500m	2012/9/20			1.1					0.9	0.6							23	10	5	150
高橋川 新橋	2012/9/20			3.5	3.5	3.5	3.5										13000	0.01	4	12000
小黒川 梅の橋	2012/9/20	4.4													4.4		49000	0.001	2	22000
長瀬川 小金橋	2012/9/20			1.4				1.4									49	1	2	640

*表中の数値は最高希釈の試験管から出現した割合に計数値を乗じた値の常用対数表

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数は、9月20日の220MPN/100mlを除けば、すべて1桁台の低い値であり、1,000MPN/100ml（湖沼A類型の環境基準）を超えることはなかった。湖心4層の大腸菌群数とpHに中程度の正の相関があった。また、大腸菌は検出されなかった。
- (2) 高橋川新橋及び小黒川梅の橋の大腸菌群数は数千から数万MPN/100ml、大腸菌数は数十から数百MPN/100ml程度、猪苗代湖高橋川沖500m及び猪苗代湖小黒川沖500m地点の大腸菌群数は数MPNから数千MPN/100ml、大腸菌数は数MPN/100ml程度であった。2河川から流入した大腸菌群及び大腸菌は猪苗代湖水に接触して猪苗代湖2河川沖500mでは数桁減少していた。猪苗代湖2河川沖の大腸菌群数と大腸菌数に高い正の相関があった。
- (3) 長瀬川小金橋の大腸菌群数は数百～数千MPN/100ml、大腸菌数は1未満から23MPN/100mlであり、8(2)の2河川と比較して低い値であった。猪苗代湖湖水に流入した大腸菌群は、猪苗代湖長瀬川沖500mではほぼ同様に1～2桁減少、大腸菌数も減少し、8月9日を除いては1MPN/100ml未満であった。長瀬川小金橋で大腸菌数とSS及びTOCに、猪苗代湖長瀬川沖500mで大腸菌群数と水温及びTOCに高い正の相関があったが、試料数(n=7)が少ないため今後の調査で検討していきたい。
- (4) 大腸菌群数に占める大腸菌数の比は各河川で0～7.1%、猪苗代湖各河川沖500m地点で0～3.7%と糞便による汚染の割合は少なかった。
- (5) 猪苗代湖湖心では、6月の水深30mで*E. cloacae*、9月の表層及び水深5mで*E. asburiae*、水深15m及び30mで*Aeromonas*属が検出された。高橋川及び小黒川から流入する多様な大腸菌群等が、猪苗代湖湖心では限られた種のみが出現していた。また、長瀬川から流入する大腸菌群等は高橋川及び小黒川と比較して検出される種は少なかった。

参考文献

- 1) 平成23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
- 2) 和波ら：大腸菌群数測定の課題と今後の動向
第46回日本水環境学会併設全国環境協議会研究集会
- 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 現地調査票

調査地点	猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			
	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30
採取水深(m)	H24.5.10				H24.7.19				H24.9.20				H24.10.17			
調査年月日	9.25				9.45				9.35				9.45			
採水時間	<むり後雨>				晴れ				晴れ				晴れ			
天候(前日)	<むり後雨>				晴れ				晴れ				晴れ			
天候(当日)	10.3				晴れ				曇り				晴れ			
気温(℃)	6.93	1.679	5.63	11.00	11.00	6.50	22.80	22.10	11.70	7.40	24.80	24.80	13.80	8.30	16.90	16.90
水温(℃)	7.3				9.5		9.7		10.5		10.4		13.0			
透明度(m)	5				7		7		6		7		5			
水色(コパーレル)	無色				無色		無色		無色		無色		無色			
色相	無臭				無臭		無臭		無臭		無臭		無臭			
臭気	透明				透明		透明		透明		透明		透明			
濁り																

調査地点	猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖		
	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日	H24.5.10			H24.6.27			H24.7.19			H24.8.9			H24.9.20		
採水時間	11:21	11:11	10:51	12:00	11:20	11:00	11:37	11:20	11:57	12:20	11:22	10:40	11:40	11:10	11:10
天候(前日)	曇り	<むり後雨>	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	9.4	9.5	9.8	20.0	20.5	19.1	25.8	25.0	26.7	24.6	24.2	23.5	22.4	24.7	21.7
気温(℃)	5.6	9.1	9.1	18.5	18.0	16.5	22.5	24.0	23.5	25.5	25.5	25.5	23.6	23.5	24.5
水温(℃)	2.6	4.1	7.0	2.4	1.0	37.1	1.4	1.6	30.3	1.1	1.2	14.4	0.5	0.8	1.5
水深(m)	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透
透明度(m)	1.2	1.2	7	10	13	5	13	13	8	13	13	8	10	12	8
水色(コパーレル)	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
色相	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
臭気	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
濁り															

*高橋川は500m沖より少し手前

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)	1.50	12.25	12.50	13.10	13.24	13.50	13.20	13.45	12.40	13.30	13.57	8.38	13.40	14.05	14.30
調査年月日	H24.5.10			H24.6.27			H24.7.19			H24.8.9			H24.9.20		
採水時間	<むり後雨>	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(前日)	<むり後雨>	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	10.5	10.5	10.5	23.9	26.2	22.5	29.2	30.9	31.2	28.5	27.1	23.2	22	25.2	26
気温(℃)	11.3	11.5	9.0	20.5	22.2	17.9	24.0	26.0	23.7	23.5	25.5	20.4	19.7	23.2	22.3
水温(℃)	0.85	0.65	0.55	>1	0.48	0.64	0.86	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1
透明度(m)	1.35	0.44	欠測	0.91	1.46	47.95	0.67	1.58	11.34	0.75	1.71	6.99	0.74	0.62	4.38
流量(m ³ /sec)	無色	淡褐色	茶褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
色相	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
臭気	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
濁り															

*小黒橋は流速が速すぎて欠測

放流 3:00~16:40

放流 12:45~

*工事中 放流12:10~

*工事中 放流なし

*工事中 放流なし

別紙 調査結果

調査地点	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	湖心	湖心	湖心	湖心		
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
調査年月日		H24.5.10																	
pH		6.55	6.58	6.74	6.71	6.58	7.01	6.62	7.48	7.53	4.89	6.96	6.93	6.76	6.84	7.15	6.38	7.35	
EC	μ S/cm	109.5	109.2	110.9	110.3	110.6	122.7	112	195.1	202	89.1	106.9	107.0	106.4	108.3	118.2	136.9	111.7	
DO	mg/l	11.9	11.7	12.2	12.2	12.0	10.8	11.2	9.8	10.1	10.6	9.7	9.8	10.4	11.1	9.1	8.8	9.8	
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	6	4	8	<1	<1	<1	<1	2	3	2	
大腸菌群数(αTLC法)	MPN/100ml	<1	<1	6	3	4	450	18	12,000	14,000	43	<1	1	39	14	93	3,600	3	
大腸菌群数(βGLB法)	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	<1	6	<1	74	1,000	1	<1	<1	<1	17	130	2,400	2	
太陽菌数	MPN/100ml	0.46	0.48	0.49	0.50	0.47	0.58	0.55	1.12	1.89	1.09	0.72	0.60	0.49	0.66	1.21	0.57	2.00	
TOC	mg/l																		2.00
																			2.25
																			0.92

調査地点	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	湖心	湖心	湖心			
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日		H24.7.19																	
pH		6.92	6.91	6.90	6.76	6.90	7.23	6.98	7.41	7.56	3.88	6.85	6.88	7.28	6.70	8.75	8.57	6.83	7.16
EC	μ S/cm	107.0	107.8	109.9	109.6	106.4	112.6	110.6	184.1	167.2	225	110.8	109.8	109.6	112.4	119.6	131.8	109.5	194.1
DO	mg/l	8.7	8.7	10.9	11.1	8.8	8.1	8.6	7.8	7.8	8.4	8.8	9.1	9.9	11.5	8.7	9.0	8.4	7.5
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	9	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	7
大腸菌群数(αTLC法)	MPN/100ml	8	24	4	18	85	1400	410	23,000	34,000	460	3	<1	4	9	230	1,500	190	15,000
大腸菌群数(βGLB法)	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	76	480	2	<1	<1	<1	<1	2	7	69	120
太陽菌数	MPN/100ml	0.70	0.74	0.63	0.59	0.74	0.85	0.79	1.50	1.93	0.62	0.70	0.72	0.52	1.07	1.55	0.84	1.92	1.96
TOC	mg/l																		0.65

調査地点	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	湖心	湖心	湖心			
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日		H24.9.20																	
pH		6.92	6.95	7.52	6.77	7.95	6.97	7.05	7.57	8.02	3.77	6.92	6.88	6.86	6.69	8.61	7.89	6.62	7.58
EC	μ S/cm	102.8	106.0	104.5	106.9	132.4	136.1	109.8	232	211	343	96.7	109.9	110.6	101.8	167.4	184.7	115.3	229
DO	mg/l	8.2	8.1	10.3	11.9	9.1	8.4	8.1	8.3	9.4	8.0	9.1	9.3	9.3	9.4	11.3	10.6	9.9	9.7
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	3	4	<1	<1	<1	<1	8	5	<1	2
大腸菌群数(αTLC法)	MPN/100ml	220	200	430	85	1,700	570	150	12,000	22,000	640	1	98	10	17	360	340	3	7,000
大腸菌群数(βGLB法)	MPN/100ml	790	330	1,300	140	4,900	260	23	13,000	49,000	49	23	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
太陽菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	6	1	<1	58	140	2	<1	<1	<1	1	2	<1	<1	140
TOC	mg/l	0.69	0.68	0.66	0.49	0.83	0.70	0.70	1.02	1.42	0.63	0.66	0.65	0.50	1.29	1.83	0.65	0.99	1.81

調査地点	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	湖心	湖心	湖心			
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日		H24.11.7																	
pH		6.78	6.87	6.86	6.77	7.20	6.78	6.82	7.55	7.88	3.89	6.78	6.77	6.78	6.62	7.55	7.88	6.82	7.55
EC	μ S/cm	112.3	113.8	113.3	114.7	128.4	121.2	114.7	246	241	330	112.3	113.3	114.7	102.1	128.4	121.2	114.7	246
DO	mg/l	9.8	10.3	10.1	10.2	10.1	9.8	9.9	10.0	11.6	9.6	9.8	10.3	10.1	9.8	10.1	9.8	9.9	10.0
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	3	1	<1	2	5	4	<1	<1	<1	<1	3	1	<1	2
大腸菌群数(αTLC法)	MPN/100ml	4	3	2	9	510	10	5	6,400	15,000	200	4	3	2	9	510	10	5	6,400
大腸菌群数(βGLB法)	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	55	410	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
太陽菌数	MPN/100ml	0.57	0.57	0.58	0.55	0.67	0.56	0.62	1.07	1.80	0.93	0.57	0.57	0.58	0.62	1.07	1.80	0.62	1.07
TOC	mg/l																		

3 プレジャーボートによる水質への影響調査

1 調査目的

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

プレジャーボートは、燃料等の取扱いや走行時に排出される廃油分の環境への影響が懸念されており、本県では、平成12年に猪苗代湖を利用するボート数の調査とプレジャーボートからの油分排出実験を行っているが、その後の実態調査は行っておらず、実態を把握することは水環境保全対策上重要と考える。

このため本調査は、プレジャーボートから排出される油成分による水質への影響を把握するとともに、その結果を広く県民及びプレジャーボート利用者・事業者にも周知し、プレジャーボートに係る燃料等の適正な取扱いや水質の汚濁負荷低減策の一助となることを目的とするものである。

2 調査方法

プレジャーボート利用者の多い夏季の休日及び翌平日に湖水を採取し、プレジャーボートの排ガスからの排出が懸念されている揮発性有機化合物(VOC)であるベンゼン、トルエン、キシレン等の分析を行った。休日は沖合及び湖心で採水し、翌平日は浜及び沖合、湖心で採水した。沖合及び湖心の採水にはボートを用い、表層を採取した。

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

3 調査地点

- ①蟹沢浜(沖合) ②中田浜(沖合) ③崎川浜(沖合) ④舟津浜(沖合)
⑤湖心

沖合の調査地点は、プレジャーボートが走行する沖合200m程度とし、浜の調査地点は、湖水浴場として利用されている岸から10~20m程度の地点とした。



図1 調査地点

4 調査時期

- (1) 休日 (7月22日(日)、8月26日(日))
2回/日 (午前・午後)
(2) 平日 (7月23日(月)、8月27日(月))
2回/日 (午前・午後)

5 調査項目

- (1) 現地での調査項目：気温、水温、透明度または透視度、臭気、水色、濁り、ボート台数
(2) 分析項目：pH、電気伝導度、TOC、トルエン、キシレン、ベンゼン



図2 蟹沢浜の様子(7月22日午後)

6 測定方法

気温：日本工業規格（以下「JIS」と略す）K0102 7.1 に定める方法

水温：JIS K0102 7.2 に定める方法

透明度：海洋観測指針(第1部気象庁)に掲げる方法

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

pH：JIS K0102 12 に定める方法（イオン電極法）

電気伝導度：JIS K0102 13 に定める方法（導電率計）

TOC：燃焼酸化-赤外吸収式 TOC 自動計測法

ベンゼン、トルエン、キシレン：JIS K0125 5.1 に定める方法

7 結果と考察

(1) プレジャーボート台数調査結果

今回調査した4浜のプレジャーボートの総数は、曇りだった7月22日(日)は232台、好天だった8月26日(日)は406台であった。4浜の中では、走行数、停泊数ともに中田浜で多く、種類別では、4サイクルエンジン付き座り乗りタイプの上水オートバイが560台、2サイクルエンジン付き立ち乗りタイプの上水オートバイが60台、モーターボートが83台、エンジン付きヨットが4台、観光船が1台であり、4サイクルエンジン付き座り乗りタイプの上水オートバイが全体の約8割を占めた。走行していたプレジャーボートは478台、停泊していたプレジャーボート数は230台であった。平日のボート数は35台程度で休日の1~2割であった。

表1 プレジャーボート台数調査結果

		①藤沢浜		②中田浜		③崎川浜		④舟津浜				
		AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM			
7月22日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	2	6	12	15	8	6				
		停泊数	9	12	30	29	10	13	2	2		
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数		1	7	2		1				
		停泊数	5	2	15	16	3	1				
	モーターボート	走行数		1	1		1		1			
		停泊数		3		1		2	6	3		
	ヨット(エンジン付き)	走行数			1		1	2				
		停泊数										
	白鳥号 (観光船)	走行数										
		停泊数										
合計	走行数	2	8	21	17	10	9	1	0	走行数合計	68	
	停泊数	14	17	45	46	13	16	8	5	停泊数合計	164	
7月23日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	2	2	1	1	1	1				
		停泊数	3			8		2	1	1		
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数		1								
		停泊数										
	モーターボート	走行数	1			1						
		停泊数		1			1	1	4			
	ヨット(エンジン付き)	走行数										
		停泊数										
	白鳥号 (観光船)	走行数	1									
		停泊数										
合計	走行数	4	3	1	2	1	1	0	0	走行数合計	12	
	停泊数	3	1	0	8	1	3	5	1	停泊数合計	22	
8月26日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	32	45	65	80	38	55	16	14		
		停泊数		1			2					
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数	1	1	2		2					
		停泊数										
	モーターボート	走行数		24				3	5	3		
		停泊数	6	9			1			3		
	ヨット(エンジン付き)	走行数										
		停泊数										
	白鳥号 (観光船)	走行数										
		停泊数										
合計	走行数	33	70	67	80	40	58	21	17	走行数合計	386	
	停泊数	6	10	0	0	1	0	0	3	停泊数合計	20	
8月27日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	3	1		2	6					
		停泊数	3	6	1	1	6	1	2	3		
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数										
		停泊数										
	モーターボート	走行数								1		
		停泊数										
	ヨット(エンジン付き)	走行数										
		停泊数										
	白鳥号 (観光船)	走行数										
		停泊数										
合計	走行数	3	1	0	2	6	0	0	0	走行数合計	12	
	停泊数	3	6	1	1	6	1	3	3	停泊数合計	24	
合計	走行数	42	82	89	101	57	68	22	17	210	268	
	停泊数	26	34	46	55	21	20	16	12	109	121	
										478	230	

(2) pH、EC、TOCの結果(別表1、2)

pHは、沖合 6.27~7.56、浜 6.83~8.60、ECは、沖合 105.3~129.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、浜 97.8 ~148.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。いずれも休日、平日による差異はみられず、県が湖心ほか8地点で行っている常時監視測定結果との大きな違いもみられなかった。TOCは、沖合 0.50~1.20 mg/L 、浜 0.72~1.79 mg/L であり、沖合でTOCが 1 mg/L を超過したのは8月26日(日)午前の蟹沢浜を除き平日であった。

図2を見ると、TOC及びECは大きな変動はなかった。

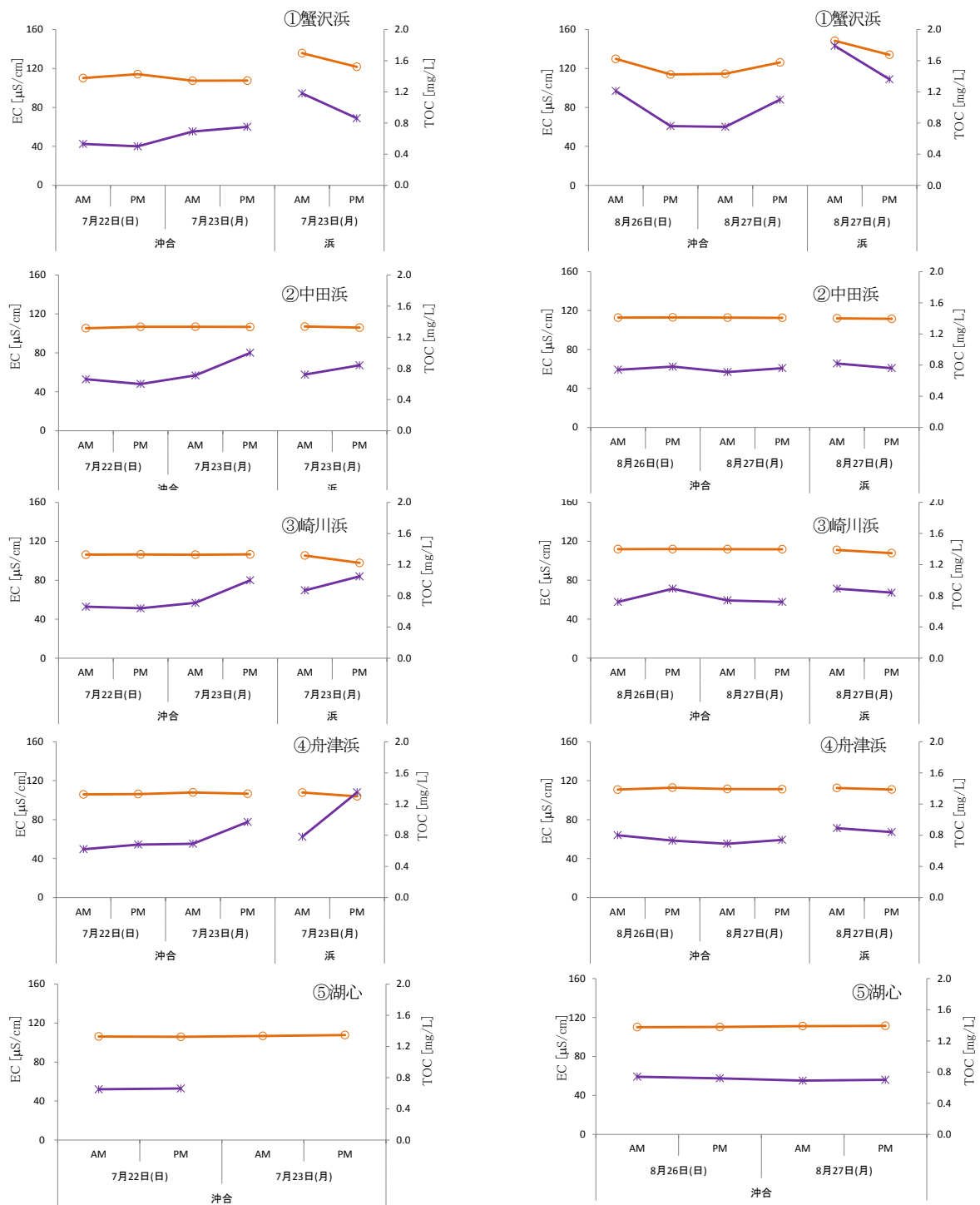


図3 各調査地点におけるEC及びTOC ○ EC * TOC

(3) VOCの結果(別表1、2)

プレジャーボートの排ガスからの排出が懸念されている揮発性有機化合物(VOC)3種であるベンゼン、トルエン、キシレンの結果を図3に示す。ベンゼンは、7月23日(月)崎川浜沖合で0.0002 mg/L、8月26日(日)午後中田浜沖合で0.0003 mg/L 検出された。トルエンは、沖合<0.0002~0.0009 mg/L、浜<0.0002~0.0014 mg/L の範囲で検出された。キシレンは、崎川浜で8月27日(月)午前に0.0007 mg/L 検出されたただけであった。これらの最大値を環境基準等と比較すると、表2のとおりとなり、ベンゼンは最大約1/30、キシレンは約1/500、トルエンは水道水質基準の約1/140であった。

物質名	最大値		水質汚濁に係る 環境基準等	水質基準 (水道法第4条)等
	沖合	浜		
ベンゼン	0.0003	0.0002	0.01	0.01
トルエン	0.0009	0.0014	0.6 ^{*1}	0.2 ^{*2}
キシレン	< 0.0004	0.0007	0.4 ^{*1}	0.4 ^{*3}

*1 要監視項目及び指針値

*2 水質管理目標設定項目(目標値/15年局長通知)

*3 要検討項目(目標値/15年審議会答申)

VOC濃度の推移をみると、7月の調査では、休日にトルエンが検出されたすべての沖合で翌平日もトルエンが検出されたが、浜で検出されたのは中田浜のみであった。8月の調査では、休日の沖合ほぼすべての地点でトルエンが検出され、翌平日は、沖合では蟹沢浜のみ、浜では崎川浜のみでトルエンが検出された。平日のプレジャーボート数は休日の1~2割であるのに、平日の午前が休日の午後と同程度かそれ以上にトルエンが検出されたことは、前日(休日)のプレジャーボート走行の影響と考えられた。8月よりも7月のほうがこの影響が大きかった要因の一つは、8月の調査時は7月の調査時よりも気温水温ともに約7℃高かったため、VOCの揮散が促進された可能性も考えられた。

また、トルエンが0.001 mg/L以上検出されたのは、7月23日(月)午前の中田浜で0.0011 mg/L、8月27日(月)午前の崎川浜で0.0014 mg/Lであり、プレジャーボート走行数の少ない平日でトルエンが最高濃度となったことから前日(休日)のプレジャーボート走行の影響が考えられた。

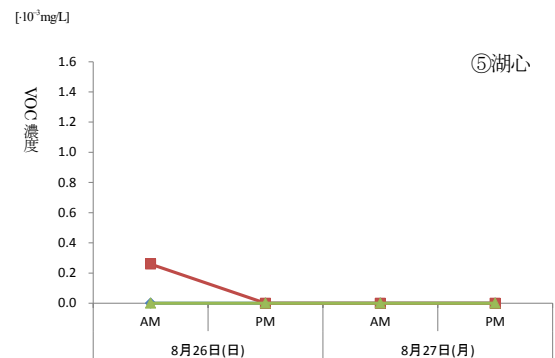
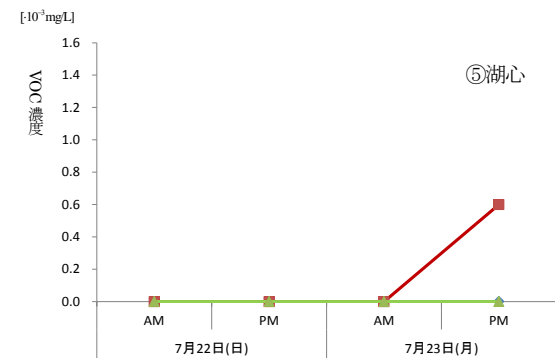
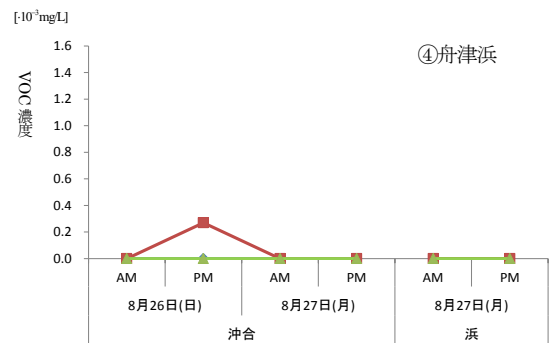
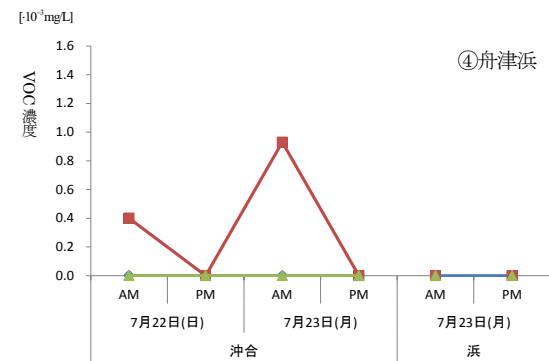
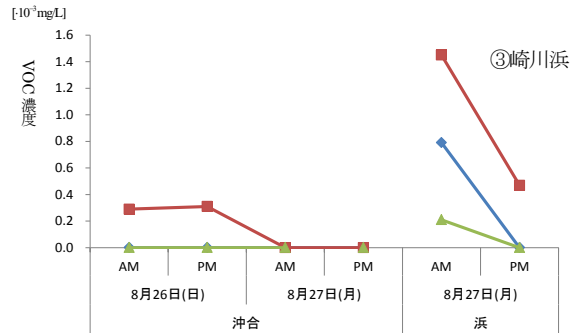
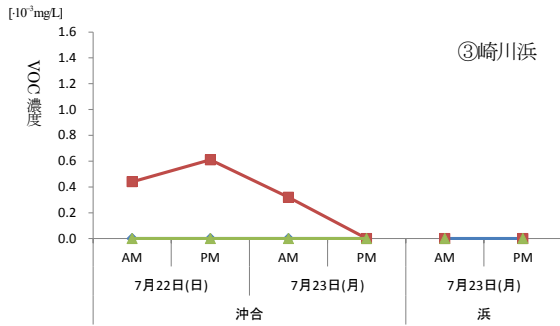
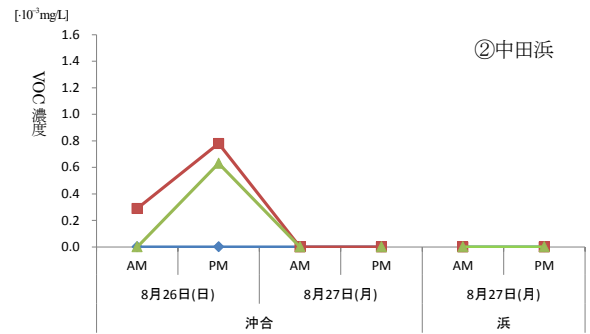
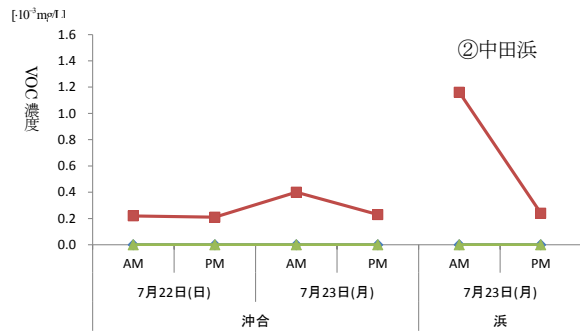
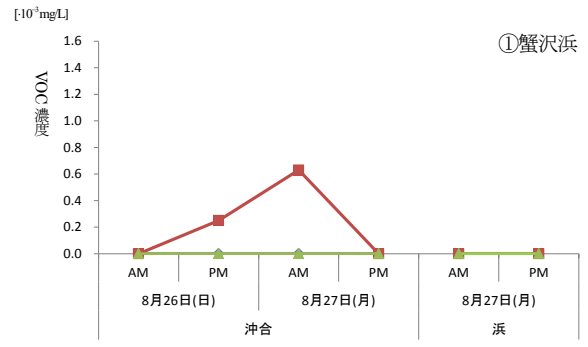
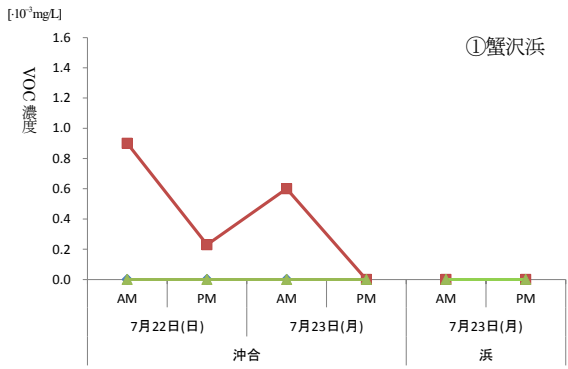


図4 各調査地点におけるVOC濃度

◆ キシレン ■ トルエン ▲ ベンゼン

(4) プレジャーボート走行及び停泊台数とトルエン濃度との関係

確認されたプレジャーボート走行台数と、検出されたトルエン濃度の最大値をみると、それぞれの調査時間帯ではプレジャーボート数とトルエン濃度間に一定の傾向はなかったが、7月23日(月)午前に中田浜で0.0011 mg/L、8月27日(月)午前に崎川浜で0.0014 mg/Lと最高値を示し、7月調査8月調査ともに平日にトルエンが検出されたのはほぼ午前であり、平日はプレジャーボート走行数が少ないことから前日のプレジャーボートの影響が考えられた。

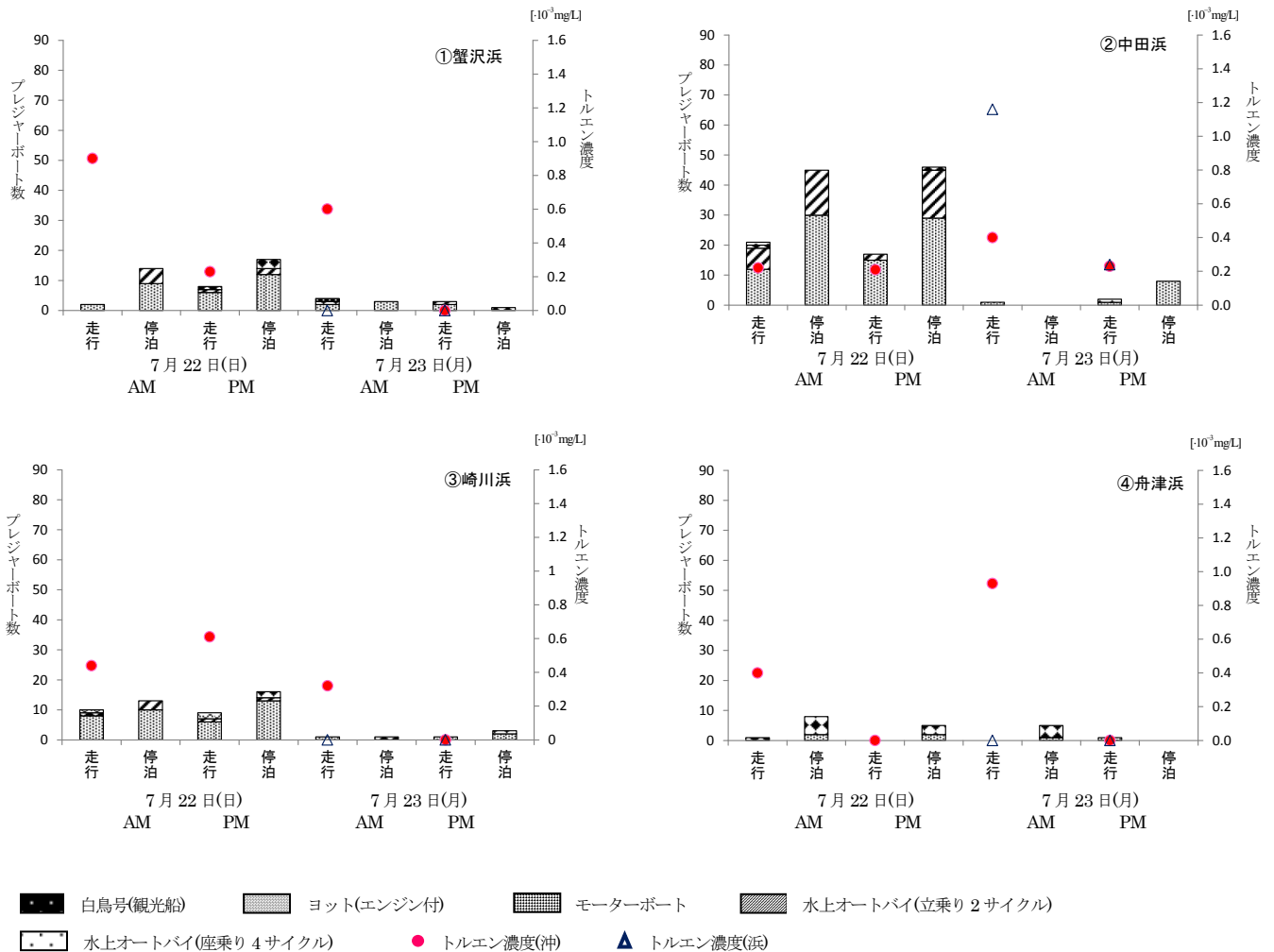


図5 ボート数とトルエン濃度(最大値)の関係(7月調査)

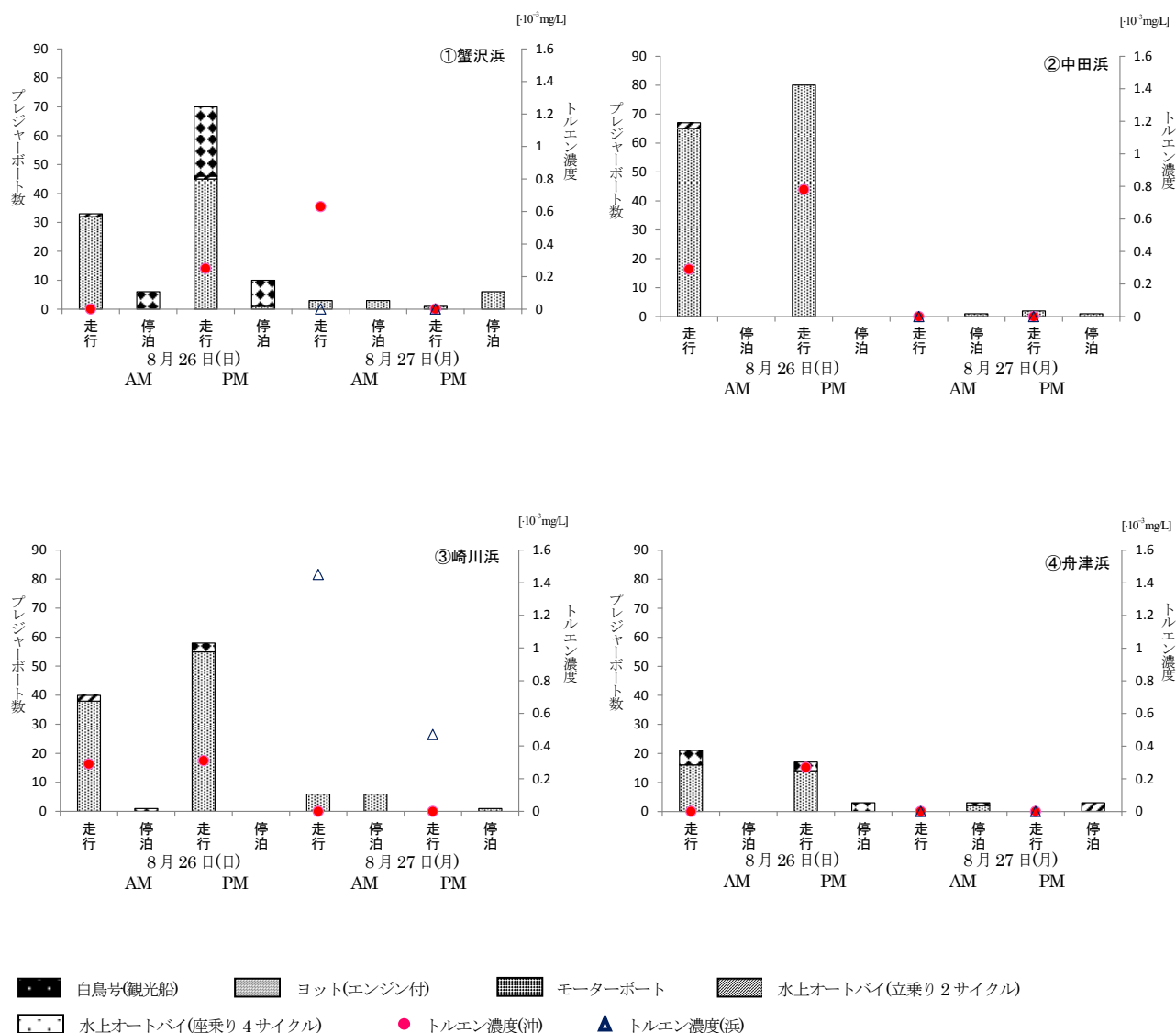


図6 ボート数とトルエン濃度(最大値)の関係(8月調査)

また、午前午後のプレジャーボート走行台数の和を各浜ののべ走行台数としてトルエン濃度の最大値との関係を見ると、図7のとおりとなった。

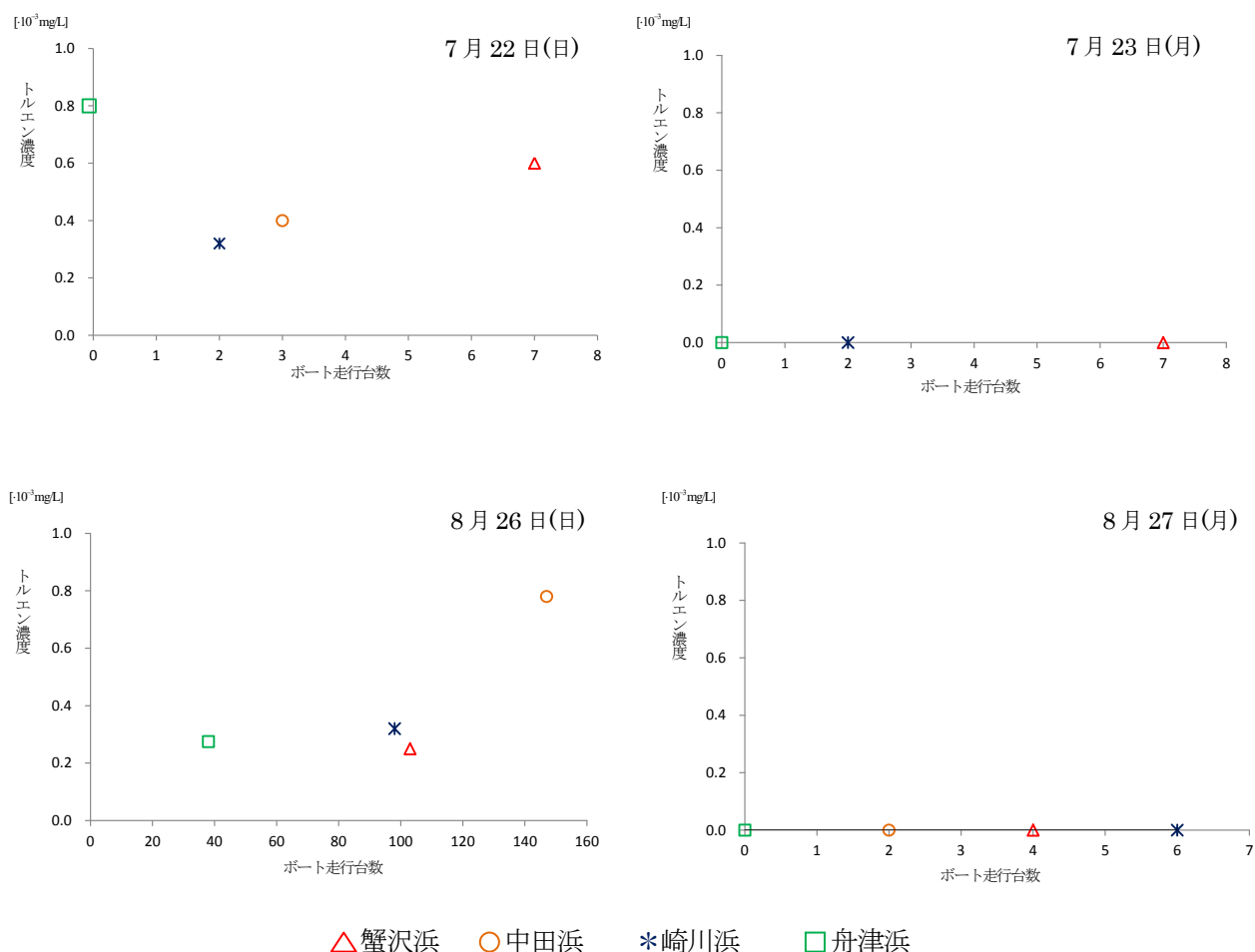


図7 プレジャーボートのべ走行台数とトルエン濃度(最大値)の関係

8 まとめ

- (1) プレジャーボートは走行中のもの、停泊中のものいずれも中田浜で多く確認された。
- (2) 今回の調査における VOC の最高値は、ベンゼン 0.0003 mg/L、トルエン 0.0014 mg/L、キシレン 0.0009 mg/L であった。これを環境基準や指針値等の参考値と比較すると、ベンゼンは約 100 分の 1、トルエンは約 430 分の 1、キシレンは約 500 分の 1 であり、トルエンは水道水質基準と比較すると約 150 分の 1 であった。
- (3) 7月8月ともにプレジャーボート数の少ない平日午前においても VOC が検出され、前日のプレジャーボート走行の影響が考えられた。
- (4) 今回の調査において検出された VOC は基準や指針値等の参考値と比較し低い値ではあるが、今後も継続的な調査が必要であると思われる。

9 参考文献等

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

別表1 調査結果(7月)

調査地点		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖		⑤猪苗代湖湖心	
採水日		7月22日(日曜日)									
天候(前日・当日)		曇り・曇り									
採水時間		午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後
		10:40	13:50	10:15	13:40	10:00	13:30	11:20	12:30	11:00	14:00
位置情報	緯度	37°31.320		37°28.628		37°27.844		37°24.862		37°27.763	
	経度	140°03.622		140°02.201		140°03.156		140°07.207		140°05.986	
湖岸からの距離	m	200		300		250		400		*****	
採水地点の水深	m	2.5	3.2	15		36		9		95	
気温	℃	20.4	22.2	20.3	23.5	20.5	23.3	21.1	22.5	21.2	22.8
水温	℃	20.3	20.7	21.0	21.2	20.9	21.5	20.8	20.6	21.1	21.1
透明度	m	2.5	2.5	6.5	6.5	6.5	7	6.7	6.7	7.5	6.5
水色(フォーカ)	No	4	3	4	4	5	5	5	5	4	3
色相		無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
pH		6.57	6.27	6.94	6.67	6.91	6.90	6.92	6.98	6.90	6.91
EC	μS/cm	110.1	114.1	105.3	106.7	106.3	106.5	105.9	106.2	106.2	105.9
TOC	mg/L	0.53	0.50	0.66	0.66	0.66	0.64	0.62	0.68	0.65	0.66
ベンゼン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン	×10 ⁻³ mg/L	0.9	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.4	<0.2	<0.2	<0.2
キシレン	×10 ⁻³ mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

調査地点		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖		⑤猪苗代湖湖心		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖	
採水日		7月23日(月曜日)																	
天候(前日・当日)		曇り・曇りのち晴れ																	
採水時間		午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後
		10:15	13:45	10:30	14:00	10:45	14:10	11:00	14:30	10:00	13:30	11:50	12:30	10:45	14:20	11:00	14:05	9:50	13:15
位置情報	緯度	37°31.277	37°31.277	37°28.575	37°28.589	37°27.886	37°28.589	37°24.855	37°24.843	37°28.388		37°31.27.6		37°28.38.6		37°27.46.9		37°30.50.7	
	経度	140°03.609	140°03.609	140°02.133	140°02.122	140°03.130	140°02.122	140°07.250	140°07.207	140°05.981		140°03.33.0		140°02.338		140°02.59.3		140°06.58.3	
湖岸からの距離	m	200		300		250		400		*****		20		10		15		10	
採水地点の水深	m	2.7	6.5	8.6	4.8	34.8	33.4	8.0	33.4	96		0.6		1.2		1.2		1.2	
気温	℃	25.0	27.1	23.9	26.0	24.5	26.2	23.8	25.8	26.5	27.9	29.5	26.9	25.2	28.3	24.5	25.5	22.8	26.3
水温	℃	21.9	23.1	22.1	23.1	21.9	23.0	22.0	23.5	22.5	22.8	25.0	25.7	24.4	22.5	24.4	23.5	21.9	23.9
透明(視)度	m	2.7	5.2	6.5	4.8	7	6.2	8	8	8.5	8.3	0.83	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1
水色(フォーカ)	No	4	3	6	2	1	1	3	2	3	2	*****		*****		*****		*****	
色相		無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
pH		6.88	6.92	6.87	6.89	6.92	6.98	6.92	6.92	6.95	6.88	7.02	6.85	6.88	6.91	6.94	6.89	6.83	6.95
EC	μS/cm	107.4	107.5	106.8	106.6	106.2	106.6	107.9	106.6	106.8	107.7	135.7	121.7	107.0	105.9	105.4	97.8	107.8	103.9
TOC	mg/L	0.69	0.75	0.71	1.00	0.71	1.00	0.69	0.97			1.18	0.86	0.72	0.84	0.87	1.05	0.78	1.35
ベンゼン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン	×10 ⁻³ mg/L	0.6	<0.2	0.4	0.2	0.3	<0.2	0.9	<0.2	<0.2	0.6	<0.2	<0.2	1.1	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
キシレン	×10 ⁻³ mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

別表 2 調査結果(8月)

調査地点		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖		⑤猪苗代湖湖心	
採水日		8月26日(日曜日)									
天候(前日・当日)		晴れ・晴れ									
採水時間		午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後
		11:00	14:10	11:20	14:20	11:30	14:35	11:52	14:55	10:17	13:45
位置情報		緯度		37°28.628		37°27.844		37°24.816		37°28.056	
		経度		140°02.201		140°03.156		140°07.218		140°06.150	
湖岸からの距離		200		300		250		400		*****	
採水地点の水深		4.6	6.3	4.4	4	9.2	7.8	6.6	7.2	95	
気温		31.5	32.0	31.0	30.3	29.0	29.8	29.5	30.5	30.5	29.0
水温		28.0	28.0	26.5	27.5	26.5	28.5	27.5	28.0	28.8	28.4
透明度		4.6	6.3	4.4	4	9.2	7.8	6.6	7.2	9.6	10.5
水色(ホルレ)		No	6	6	6	4	4	5	4	1	2
色相		無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
pH		7.56	6.87	6.80	6.83	6.80	6.75	6.87	7.3	6.92	6.87
E C		129.8	113.8	112.7	112.9	111.8	111.9	110.8	112.8	110.1	110.3
T O C		1.20	0.76	0.74	0.78	0.72	0.89	0.80	0.73	0.74	0.72
ベンゼン		<0.2	<0.2	<0.2	0.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン		<0.2	0.2	0.2	0.7	0.3	0.3	<0.2	0.2	0.2	<0.2
キシレン		<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

調査地点		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖		⑤猪苗代湖湖心		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖			
採水日		8月27日(月曜日)																			
天候(前日・当日)		晴れ・晴れ																			
採水時間		午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後		
		10:40	14:00	11:00	14:20	11:15	14:30	11:40	14:50	10:20	13:45	13:05	14:10	11:55	14:55	11:20	15:30	10:20	15:55		
位置情報		緯度		37°28.575		37°28.589		37°28.855		37°24.843		37°28.388		37°31.276		37°28.386		37°27.469		37°30.507	
		経度		140°02.133		140°02.122		140°03.130		140°02.122		140°07.250		140°05.981		140°03.330		140°02.338		140°02.593	
湖岸からの距離		200		300		250		400		*****		20		10		15		10			
採水地点の水深		4.5	3.6	4.5	6.0	30.3	28.0	6.6	7.5	95.5	96	0.6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2				
気温		30.5	29.6	28.9	28.5	29.5	29.6	28.0	30.8	30.5	29.5	31.8	26.9	25.2	28.3	24.5	25.5	22.8	26.3		
水温		28.5	29.0	29.0	28.5	28.0	28.6	27.5	28.4	28.0	28.5	31.5	25.7	24.4	22.5	24.4	23.5	21.9	23.9		
透明度(視)度		4.5	3.6	3.6	6	11.5	11	6.6	7.5	12	11.5	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1		
水色(ホルレ)		No	6	6	6	6	6	7	4	3	5	*****	*****	*****	*****	*****	*****				
色相		無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	淡黄褐色	淡黄褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色		
濁り		透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明		
臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	微海草臭	微海草臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭		
pH		6.94	7.55	6.86	6.86	6.82	6.83	6.84	6.87	6.83	6.81	8.60	8.33	7.00	6.93	6.88	6.96	7.17	7.07		
E C		114.5	126.2	112.7	112.5	111.8	111.7	111.4	111.2	111.2	111.5	148.4	134.0	112.0	111.5	111.0	107.7	112.5	110.9		
T O C		0.75	1.10	0.71	0.76	0.74	0.72	0.69	0.74	0.69	0.70	1.79	1.36	0.82	0.76	0.89	0.84	0.86	0.72		
ベンゼン		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2		
トルエン		0.6	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	1.4	0.4	<0.2	<0.2		
キシレン		<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.79	<0.4	<0.4	<0.4		

4 湖沼における難分解性有機物調査

1 目的

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

2 調査方法

猪苗代湖、尾瀬沼及び千五沢ダムの溶存態及び懸濁態の有機物量等を調査する。また、生分解試験を行い難分解性有機物の存在状況を把握し、各湖沼の有機物による汚濁の現状を考察した。

3 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心（表層）
- (2) 尾瀬沼湖心（表層、水深 3m、水深 6m）
- (3) 千五沢ダム湖心（表層、水深 10m）

4 調査時期

- (1) 3-(1)、3-(2)については、6月及び9月
- (2) 3-(3)については、5月及び8月

5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度、色相、臭気、濁り
- (2) 3-(1)、3-(2)については、pH、EC、BOD、COD、溶存態 COD (D-COD)、TOC、溶存態 TOC (DOC)、SS、T-N、溶存態全窒素 (DTN)、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P、溶存態全リン (DTP)、PO₄-P、一般細菌数、紫外部吸光度(UV260)、クロロフィル a
- (3) 3-(3)については、pH、EC、BOD、COD、D-COD、TOC、DOC
- (4) 3-(1)、3-(2)については、難分解性有機物に関する報告書（案）（平成 23 年 3 月環境省水・大気環境局水環境課）に基づき、表 1 の条件で生分解試験を行った。なお、100 日生分解後の有機物を難分解性成分とした。

表 1 生分解試験の条件等

試料量	1200ml
分解期間	100 日間（尾瀬沼のみ 30 日も実施した）
容器等	ガラス製容器 蓋シリコ栓
温度、光条件	20℃、暗
植種、希釈の有無	無
酸素供給	攪拌
分析項目	pH、EC、COD、D-COD、TOC、DOC、NO ₃ -N、NO ₂ -N、NH ₄ -N、 UV260

6 測定方法

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

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

7 結果及び考察

現地調査結果は、別紙 1 のとおり。

分析結果の一覧は、別紙 2 のとおり。

(1) 各湖沼における BOD、COD 及び TOC の月別変化について

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

一般的に BOD として測定される有機物は微生物により分解されやすい有機物（易分解性有機物）であり、COD として測定される有機物は酸化剤により分解することから微生物により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。

猪苗代湖の BOD は、6、9 月とも 0.5mg/l 未満の低い値であった。一方 COD は 6 月に 1.3mg/l、9 月に 1.0mg/l で BOD の 2 倍以上で、それぞれの D-COD の割合は 85%、91% と溶存態の割合が高かった。TOC は、6 月 0.72mg/l、9 月 0.74mg/l で、それぞれの DOC の割合は 90%、95% と D-COD 同様溶存態の割合が高かった。

尾瀬沼の BOD は、6 月は 0.5mg/l 前後の低い値であったが、9 月の水深 6m では 1.7mg/l となった。COD は 6 月には、2.5mg/l 前後の値、9 月の水深 6m では 4.7mg/l となった。D-COD の割合は、表層及び水深 3m は 81%（6 月～9 月平均値）を示したが、水深 6m では 66%（6 月～9 月平均値）と下層で溶存態の割合が小さく、さらに 9 月は 57% と低かった。TOC も、6 月より 9 月に高い値を示した。6 月は 1.5mg/l 前後の低い値であったが、9 月は 2.0mg/l 前後

であった。DOC の割合は 83% (平均値)、D-COD 割合より高く、採取水深による明らかな差はみられなかった。

千五沢ダムの BOD は、6 月表層 5.1mg/l、水深 10m では 2.5mg/l、COD は表層 5.9mg/l、水深 10m では 3.6mg/l、TOC は表層 3.3mg/l、水深 10m では 2.3mg/l と猪苗代湖及び尾瀬沼より高い値で、特に BOD が COD と比較して高く、易分解性の有機物が多いことが考えられた。8 月の千五沢ダムは、アオコの大量発生がみられ、表層では高い BOD 及び COD を示した。水深 10m では BOD が 2.1mg/l に対し COD 5.5mg/l、TOC 3.0mg/l と 5 月の水深 10m とは異なり BOD と比較して COD が 2 倍以上の高い値であった。

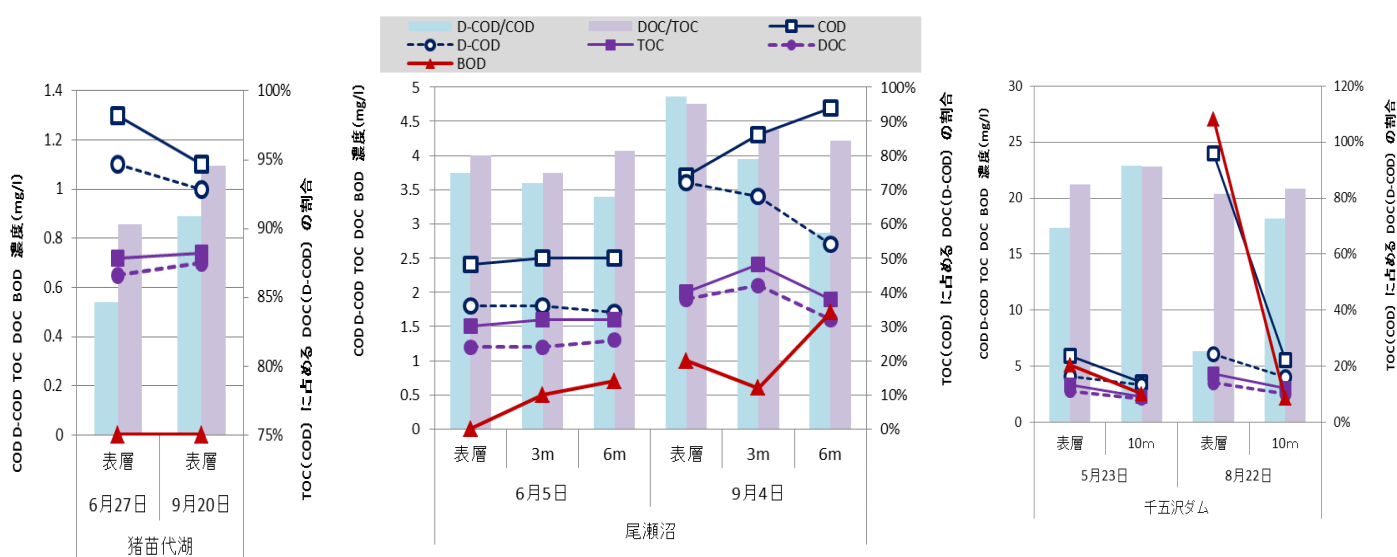


図1 猪苗代湖、尾瀬沼及び千五沢ダムにおける BOD 等の変化

(2) 猪苗代湖及び尾瀬沼における窒素及びリンの月別変化について

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

猪苗代湖の T-N は 6 月 0.26mg/l、9 月 0.17mg/l で NO₃-N は 6 月 0.21mg/l、9 月 0.14mg/l と T-N の約 80% を NO₃-N が占めていた。T-P はすべて <0.003mg/l で、T-P が 0.003mg/l であったと仮定しても、N : P 比 (重量比) が 10 以上となり、リンが植物プランクトンの増殖を制限因子となっていた。¹⁾

尾瀬沼の T-N は 6 月は 0.25mg/l 前後の値、DTN の割合も 90% 以上、NO₃-N も 0.17mg/l 前後の値であった。これが 9 月は表層で T-N の減少、NO₃-N が検出されなくなり DTN 割合の減少がみられた。水深 3、6m の T-N は表層より高い値を示し、NO₃-N、DTN 割合の減少が確認された。このことは、植物プランクトンの活発化により、特に表層で NO₃-N が消費され、減少していることが考えられた。T-P は 6 月、9 月とも表層で 0.005mg/l 前後の低い値であったが、下層に行くにつれて上昇傾向にあり、特に 9 月の水深 6m で 0.019mg/l と高い値を示した。この時、DTP 割合も低かった。PO₄-P はすべてで検出されなかった。N : P 比 (重量比) はすべて 10 以上となり、リンが植物プランクトン増殖を制限因子となっていた。

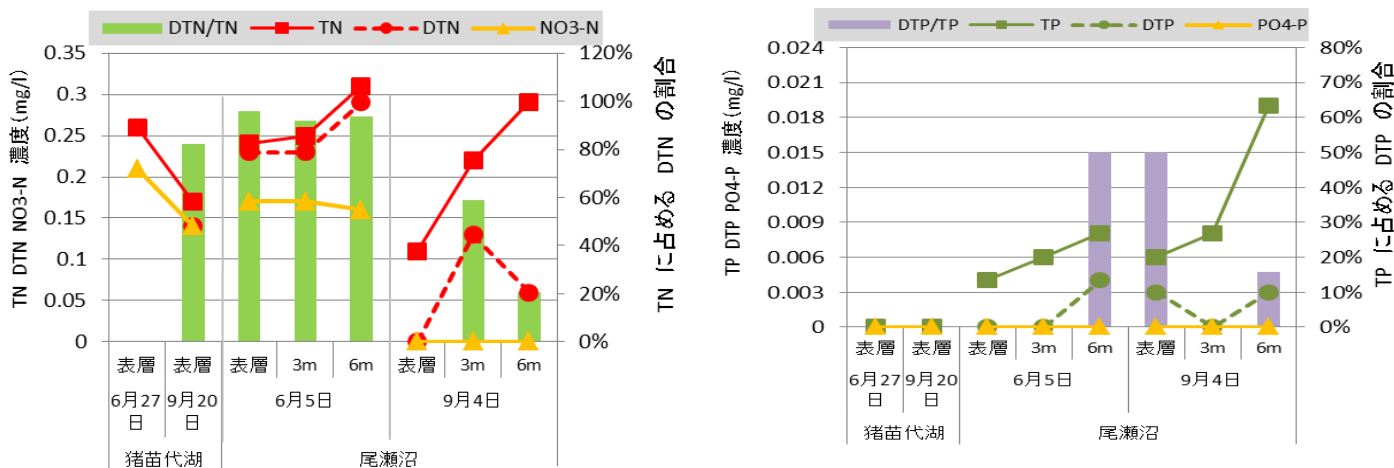


図2 猪苗代湖及び尾瀬沼における T-N 等の変化

表2 尾瀬沼における N:P 比 (重量比)

調査地点	尾瀬沼					
採取年月日	6月5日			9月4日		
採水地点	0.5m	3m	6m	0.5m	3m	6m
N:P比	60	42	39	18	28	15

(3) 各湖沼における UV260/DOC 比について

各湖沼における UV260/DOC 比の調査結果を図3に示す。

猪苗代湖の UV260/DOC 比は 10[(mABS/cm)/(mg/l)]前後の値であり、土壌由来である外来性有機物由来の寄与ではなく、湖水の内部生産有機物由来が多いことを示す値 (12[(mABS/cm)/(mg/l)])²⁾であった。

尾瀬沼の UV260/DOC 比は 6 月には 40[(mABS/cm)/(mg/l)]との土壌由来である外来性有機物を多く含むと考えられる値 (23~58[(mABS/cm)/(mg/l)])²⁾であった。しかし、9 月の表層及び水深 6m では 28[(mABS/cm)/(mg/l)]程度と低下していた。このことは、9 月のクロロフィル a 濃度が表層で上昇していたことから、植物プランクトンの増殖が活発であったため、UV260/DOC 比の低い内部生産由来の有機物が増加したことにより、UV260/DOC 比が低下していたと考えられた。9 月の水深 6m については、35[(mABS/cm)/(mg/l)]程度であり、下層ではこの影響は少なかったと考えられた。

千五沢ダム表層の UV260/DOC 比は 25[(mABS/cm)/(mg/l)]前後の値であり、内部生産有機物由来と、外来性有機物質由来の両者の寄与があることが推定された。水深 10m の UV260/DOC 比は表層のより高く、特に 8 月には 93[(mABS/cm)/(mg/l)]と高かった。

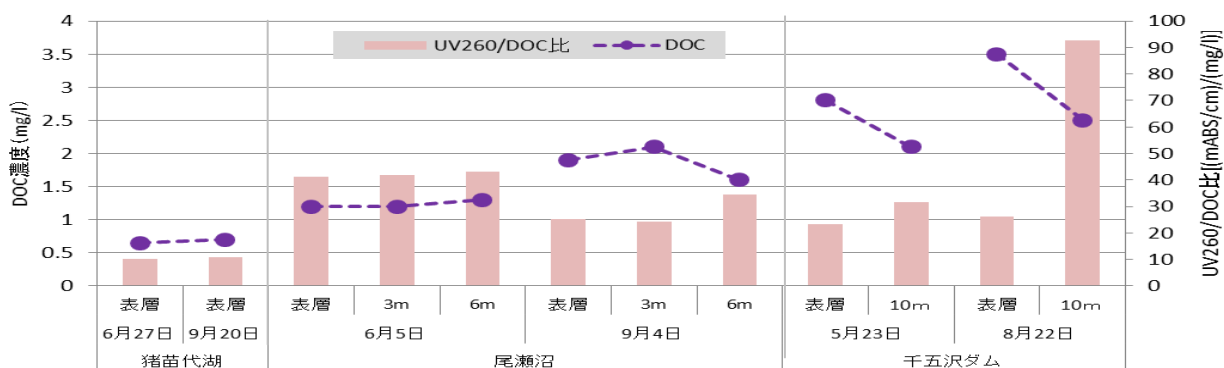


図3 各湖沼における UV260/DOC 比及び DOC の変化

(4) 生分解試験結果について

ア 難分解性有機物について

生分解試験の TOC 等の調査結果を図 4 に示す。

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

猪苗代湖の難分解性 TOC は 0.58mg/l (6、9 月平均値)、難分解性 DOC は 0.55mg/l (6、9 月平均値) であり、難分解性 TOC 及び難分解性 DOC の値は変わらず、難分解性 TOC のほぼ 100% が溶存態であることがわかった。TOC 及び DOC の約 80% が難分解性成分であった。

尾瀬沼の 6 月の難分解性 TOC は 0.99mg/l (3 層平均値)、難分解性 DOC は 0.98mg/l (3 層平均値)、9 月の難分解性 TOC は 1.23mg/l (3 層平均値)、難分解性 DOC は 1.17mg/l (3 層平均値) であり、難分解性 TOC のほぼ 100% が溶存態であり、生分解前に存在していた POC のすべてが減少したことにより、POC のほとんどが易分解性であることがわかった。難分解性 TOC は、季節や水深による違いがなく約 60%、難分解性 DOC は約 80% (9 月の表層及び水深 3m を除く) と違いが認められた。

また、30 日生分解後の TOC をみてみると、6 月には 30 日生分解後 TOC と 100 日生分解後の TOC はほぼ同様であり易分解性有機物が 30 日ですべて分解されたが、9 月では 30 日間ではまだ生分解の途中であったため、6 月と 9 月では易分解性有機物の種類が異なる可能性が示唆された。

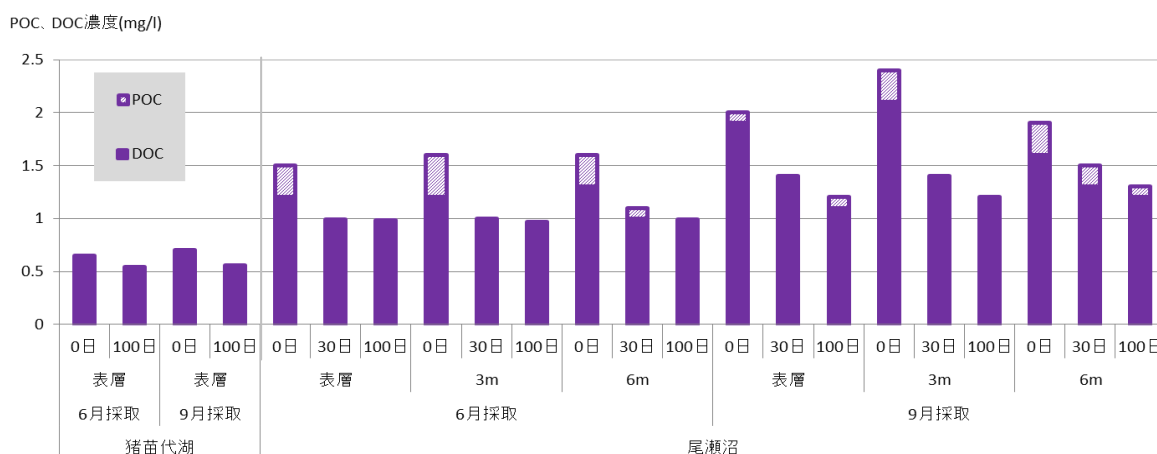


図 4 猪苗代湖及び尾瀬沼における生分解試験における DOC 等の変化

イ 生分解後の UV260/DOC 比について

生分解試験の UV260/DOC 比の調査結果を図 5 に示す。

猪苗代湖の 100 日生分解後の UV260/DOC 比はほとんど変化がなかった。

尾瀬沼の 6 月については、30 日後で UV260/DOC 比は微増していた。これは、DOC 中の易分解性分が減少しているが、難分解性有機物が変化していないことを示している。しかし 100 日後の UV260 は減少しており、UV260/DOC 比も減少していた。9 月については、30 日後、100 日後と、DOC の減少及び UV260/DOC 比の増加がみられ (採取水深 6m の 100 日後検体を除く)、易分解性有機物が分解され難分解性有機物が残存していることが考えられた。

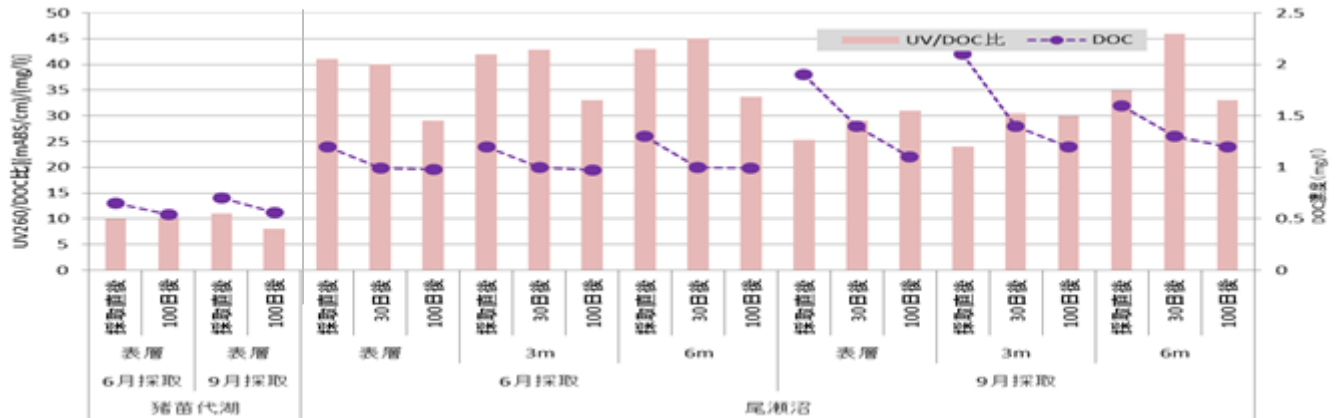


図5 猪苗代湖及び尾瀬沼における生分解試験における UV260/DOC 等の変化

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖では、リンが植物プランクトンの増殖の制限因子となっているため内部生産は少ないが、湖水の有機物特性は内部生産性有機物の寄与が大きいことが示唆された。難分解性 TOC 及び難分解性 DOC 割合は約 80%と、難分解性有機物の割合は高かった。
- (2) 尾瀬沼の有機物特性は、6月の DOC 成分は腐植物質等を多く含むと考えられ外来性有機物の寄与の大きな値であったが、9月には内部生産由来有機物の寄与が増えていることがわかった。難分解性 TOC 割合は約 60%、難分解性 DOC 割合は約 80%あり、難分解性 TOC より難分解性 DOC の割合は高く、POC のほとんどが易分解性有機物であった。
- (3) 千五沢ダムの水深 0.5m は COD が高いが、BOD も高く難分解性有機物の寄与が少ないことが示唆された。

参考文献

- 1) 陸水学 アレキサンダー・J・ホーン チャールス・R・ゴールドマン 著
京都大学学術出版会
- 2) 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究
国立環境研究所特別研究報告、SR-36-2001 (2001)
- 3) 湖水溶存有機物の紫外外部吸光度 水環境学会誌 20.397(1997)
福島武彦 今井章夫 松重一夫 井上隆信 小澤秀明
- 4) 全国湖沼環境保全対策推進協議会：全国湖沼資料集 (第7章) (平成17年3月)

別紙1 現地調査結果一覧

調査地点	尾瀬沼(湖心)			尾瀬沼(湖心)		
	採取水深(m)	0.5	3	6	0.5	3
調査年月日	H24.6.5			H24.9.4		
採水時間	8:32	8:48	9:05	8:25	8:30	8:39
天候(前日)	曇り			雨		
天候(当日)	曇り			晴れ		
気温(°C)	18.5	18.5	18.5	14.8	14.8	14.8
水温(°C)	14.5	9.6	6.6	21.3	21.1	15.1
全水深(m)	8.5			7.5		
透明度(m)	3			4.8		
水色(フォーレル)	14			15		
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	猪苗代湖(湖心)		千五沢ダム(湖心)			
	採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	10	0.5
調査年月日	H24.6.27	H24.9.20	H24.5.23		H24.8.22	
採水時間	9:30	9:35	9:15		10:35	
天候(前日)	晴れ	晴れ	曇り後雨		晴れ	
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り		晴れ	
気温(°C)	18.8	20.9	17.4		32.2	
水温(°C)	16.8	24.5	17.6	13.9	30.7	8.8
透明度(m)	6.5	10.5	1.5		0.7	
水色(フォーレル)	5	6				
色相	無色	無色	緑青色	無色	中緑色	薄茶色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	カビ臭	硫化水素臭
濁り	透明	透明	微濁	微濁	濁	微濁

* アオコ発生、

別紙2 難分解性有機物測定結果

調査地点	猪苗代湖(湖心)			尾瀬沼(湖心)			千五沢ダム		
	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/22	2012/5/23	2012/8/22	2012/5/23	2012/8/22	
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/22	2012/5/23	2012/8/22	2012/5/23	2012/8/22	
pH	7.0	6.9	6.5	7.2	7.2	6.4	9.5	7.1	
EC	107	102	35	33	36	33	87	183	
BOD	<0.5	<0.5	0.7	1.0	0.6	1.7	5.1	2.1	
COD	1.3	1.1	2.4	2.5	2.5	3.7	4.7	5.5	
P-COD	<0.5	<0.5	0.8	0.7	0.8	0.9	2.0	1.5	
TOC	0.72	0.74	1.5	1.6	1.6	2.0	2.4	3.0	
DOC	0.65	0.70	1.2	1.2	1.3	1.9	2.1	2.5	
POC	<0.1	<0.1	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.5	
TN	0.26	0.17	0.24	0.25	0.31	0.11	0.22	0.29	
DTN	0.14	0.23	0.23	0.29	0.05	0.13	0.06	0.06	
PTN	交差	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	0.09	0.23	0.23	
NO3-N	0.21	0.14	0.17	0.16	0.05	0.05	<0.05	<0.05	
NO2-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
NH4-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
TP	<0.003	<0.003	0.004	0.006	0.008	0.008	0.019	0.019	
DTP	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	0.003	<0.003	0.003	0.003	
PP	<0.003	<0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.005	0.016	
PO4-P	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	
SS	<1	<1	1	2	1	1	4	4	
一般細菌数 個/ml	4	10	7	270	6	9	11	51	
UV280	ABS/cm	0.0066	0.0075	0.0493	0.0503	0.0562	0.0481	0.0552	
UV280/DOC (mAU/mg/L)	10	11	41	42	43	25	24	35	
クロロフィルa (µg/L)	1.3	<1	<1	<1	<1	3.6	<1	3.6	

* 黄色いセルは計算値

生分解試験結果

調査地点	猪苗代湖(湖心)			尾瀬沼(湖心)			尾瀬沼(湖心)			尾瀬沼(湖心)			尾瀬沼(湖心)		
	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23
生分解試験日数	0日	30日	100日	0日	100日	100日	0日	100日	100日	0日	100日	100日	0日	100日	100日
容量	1200	1180	1200	1180	1148	1200	1176	1200	1174	1200	1200	1200	1200	1200	1200
pH	8.2	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0	7.0	6.9	6.9	7.1	6.8	7.5	7.2	7.2	7.6
EC	0.9	1.5	1.2	0.6	2.5	4.1	107	102	111	35	33	36	36	35	39
COD	<0.5	<0.5	0.82	<0.5	<0.5	1.3	1.0	1.1	0.83	2.4	2.5	2.5	2.0	2.2	4.3
P-COD	<0.5	<0.5	0.74	<0.5	<0.5	1.1	0.50	1.0	0.90	1.8	1.7	2.0	2.0	2.1	3.6
D-COD	<0.5	<0.5	0.08	<0.5	<0.5	0.6	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	2.0
TOC	<0.1	0.30	0.77	<0.1	0.15	0.28	0.72	0.58	0.74	0.61	1.5	1.6	1.0	1.1	2.0
DOC	<0.1	0.26	0.76	<0.1	0.13	0.25	0.85	0.56	0.70	0.56	1.2	1.2	1.0	1.0	1.9
POC	<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
NO3-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.21	0.23	0.14	0.13	0.17	0.16	0.17	0.16	0.37
NO2-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH4-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
UV280	ABS/cm	0.0000	0.0005	0.0000	0.0001	0.0066	0.0054	0.0075	0.0046	0.0493	0.0503	0.0562	0.0403	0.0431	0.0464
UV280/DOC (mAU/mg/L)	0.0	0.8	0.7	0.0	0.8	0.4	10	10	11	8	41	42	43	40	39

生分解試験結果(黄緑補正有)

調査地点	猪苗代湖(湖心)			尾瀬沼(湖心)			尾瀬沼(湖心)			尾瀬沼(湖心)			尾瀬沼(湖心)		
	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23	2012/8/27	2012/9/20	2012/9/23
生分解試験日数	0日	100日	100日	0日	100日	100日	0日	100日	100日	0日	100日	100日	0日	100日	100日
pH	8.2	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0	7.0	6.9	6.9	7.1	6.8	7.5	7.2	7.2	7.6
EC	0.9	1.5	1.2	0.6	2.5	4.1	107	102	111	35	33	36	36	35	39
COD	<0.5	<0.5	0.82	<0.5	<0.5	1.3	1.0	1.1	0.83	2.4	2.5	2.5	2.0	2.2	4.3
P-COD	<0.5	<0.5	0.73	<0.5	<0.5	1.1	0.48	1.0	0.90	1.8	1.8	2.0	2.0	2.1	3.6
D-COD	<0.5	<0.5	0.08	<0.5	<0.5	0.6	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	2.0
TOC	<0.1	0.29	0.76	<0.1	0.14	0.27	0.72	0.56	0.74	0.61	1.5	1.6	1.0	1.1	2.0
DOC	<0.1	0.25	0.75	<0.1	0.12	0.24	0.65	0.54	0.70	0.56	1.2	1.2	1.0	0.98	1.9
POC	<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
NO3-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.21	0.22	0.14	0.13	0.17	0.16	0.16	0.15	0.42
NO2-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH4-N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
UV280	ABS/cm	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0066	0.0052	0.0075	0.0046	0.0493	0.0503	0.0562	0.0403	0.0431	0.0464
UV280/DOC (mAU/mg/L)	0	0	1	0	0	0	10	10	11	8	41	42	43	40	39

5 高度処理浄化槽からの排水実態調査報告

1 目的

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

2 調査対象

次のとおり(位置は図1のとおり)。

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

調査対象浄化槽のそれぞれの諸元は、表1のとおり。



図1 調査対象施設の位置

表1 調査対象浄化槽の諸元等

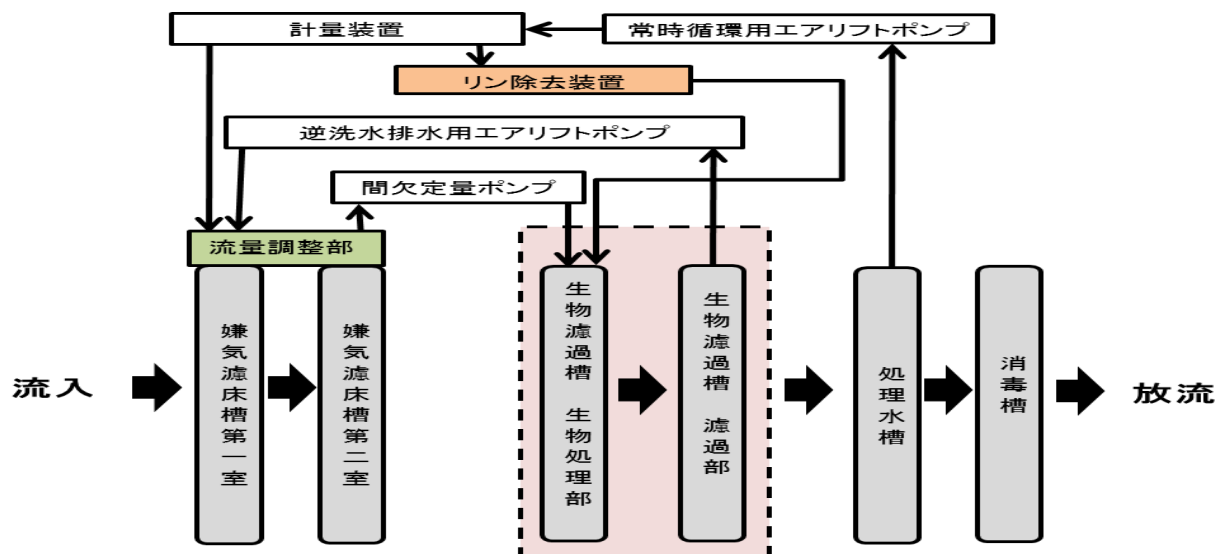
種 別	処理方式	流入水質(mg/L)			実使用人員
		処理性能(設計処理水質)注)(mg/L)			
		BOD	全窒素	全リン	
①窒素・リン除去型 浄化槽 7人槽	流量調整型嫌気ろ床・担体流動ろ過方式にリン除去装置を加えた方式	200以下	45以下	5以下	6人
		10以下	10以下	1以下	
②窒素除去型 浄化槽 7人槽	流量調整型嫌気ろ床・担体流動循環生物ろ過方式	200以下	45以下	—	3人
		10以下	10以下	—	

注)設計処理水質は、日間平均値である。

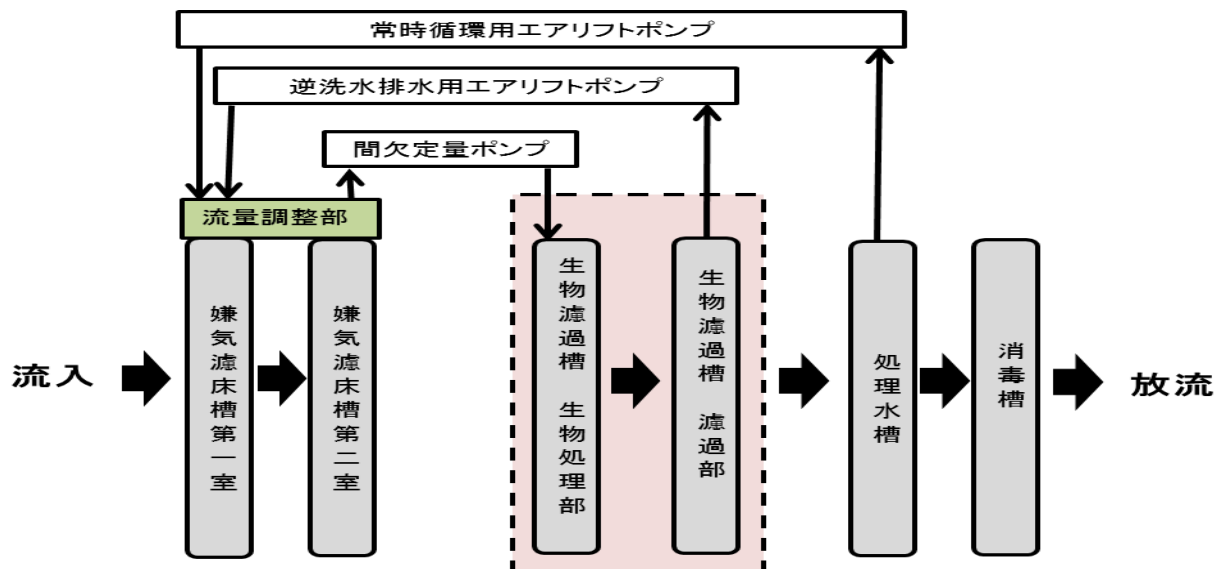
*両浄化槽とも市が整備したものであり、維持管理も市が委託して行っている。

『各浄化槽のフローシート』

① 窒素・リン除去型浄化槽



② 窒素除去型浄化槽



『①窒素・リン除去型浄化槽のリン除去装置の概要』

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

実際の鉄電解槽及び鉄電極板の状況は以下のとおりである(写真1,2 平成24年6月撮影)。引き上げた鉄電極板(写真2)は、使用後2ヵ月目で一部に腐食がみられ、鉄イオンが処理水中に溶解している状況である。この鉄電極板の交換時期は、概ね4か月に一度とされており、時期を超えて交換しないと、2価の鉄イオンの発生が減少し、リン除去機能が低下するとされる。

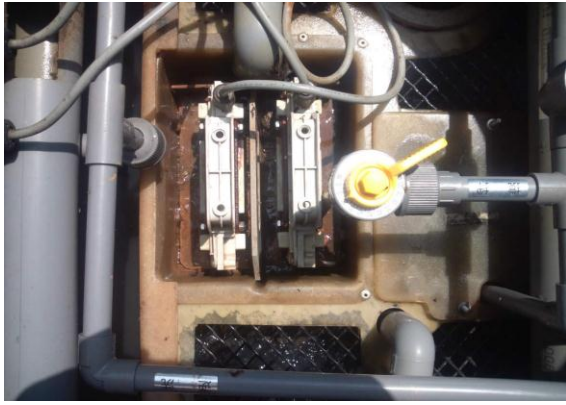


写真1 鉄電極板の設置状況



写真2 鉄電極板

3 調査方法等

(1) 協力機関

社団法人福島県浄化槽協会、会津若松市

(2) 調査時期

年4回(6月、7月、9月、11月)

(3) 調査項目

ア) 現地調査項目

気温、水温、透視度

イ) 試料採取等

処理水は、いずれも処理水槽から手動ポンプを用いて採水した。ただし、6月の検体はいずれも『曝気槽静止部』(呼び称)から採水した。原水は、いずれも沈殿分離槽から手動ポンプを用いて採水した。なお、原水は、夾雑物が認められたため、試験室にて2mmメッシュでろ過したものを試料として分析した。

ウ) 分析項目

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

(4) 測定方法

ア) pH: ガラス電極法 (昭和49年環境庁告示第64号)

イ) BOD: 容量法 (昭和49年環境庁告示第64号)

ウ) SS: 重量法 (昭和49年環境庁告示第64号)

エ) COD: 容量法 (昭和49年環境庁告示第64号)

オ) EC: 電極法 (JIS K 0101 12)

カ) T-P、D-P、T-N、D-N:

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

キ) 溶解性Fe: フレーム原子吸光法 (昭和49年環境庁告示第64号)

4 結果及びまとめ

調査結果は、別紙『平成 24 年度 高度処理浄化槽排水実態調査 結果』のとおり。

今回、処理方式の異なる浄化槽 2 基を対象に継続して調査を実施したが、いずれの結果も採水時における瞬時値であるため、各浄化槽の設計処理水質（日間平均値）と単純に比較することはできない。しかしながら、窒素・リン除去型浄化槽の処理水の BOD、全リン、全窒素は、少なくとも設計処理水質を満足せず、維持管理の実施状況なども含めて、今後検討していく必要がある。

また、2 種類の浄化槽の処理対象人員は 7 人と同じであるが、実使用人員が窒素・リン除去型浄化槽で 6 人、窒素除去型浄化槽は 3 人と異なること、また設計に対しての負荷量が少ないこと、使用水量が井戸水等を使用していたため不明であることから、汚濁負荷量としての考察は困難である。今後、対象とする浄化槽の選定等を含めて検討を行い、処理方式の実態を反映したデータの蓄積に努めたい。

別紙 平成24年度 高度処理浄化槽排水実態調査 総括表

処理水	①pH	②BOD	③COD	④電気伝導度	⑤全リン	⑥溶存態リン	⑥懸濁態リン	⑦全窒素	⑧溶存態窒素	⑧懸濁態窒素	⑨溶解性鉄	気温	水温	透視度
		mg/l	mg/l	μ S/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°C	°C	cm
窒素・リン除去型	6月	28.9	37.5	297	3.1	1.5	1.6	41	43	0.3	2.9	22.0	21.5	6
	7月	9.3	17.1	284	1.0	0.8	0.2	12	11	1.0	4.0	27.0	26.0	20
	9月	8.5	15.9	290	2.0	1.7	0.3	14	14	0.3	3.0	24.0	25.5	17
	11月	7.4	14.5	19.1	230	1.4	1.0	13	11	2.0	3.9	7.0	13.5	23
窒素除去型	6月	7.5	9.4	17.8	504	3.8	0.3	8.1	8.0	0.3	<0.1	20.5	21.0	>30
	7月	6.8	10.6	19.0	287	2.2	0.1	8.3	9.4	0.3	-	28.0	26.0	48
	9月	6.7	4.5	20.7	380	5.9	0.0	10	11	0.3	-	24.5	26.0	>50
	11月	7.3	6.1	20.4	420	5.5	0.1	10	11	0.3	-	5.0	12.5	>30
原水	①pH	②BOD	③COD	④電気伝導度	⑤全リン	⑥溶存態リン	⑥懸濁態リン	⑦全窒素	⑧溶存態窒素	⑧懸濁態窒素				
		mg/l	mg/l	μ S/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l				
窒素・リン除去型	6月	-	-	-	3.3	1.2	2.1	42	41	1				
	7月	-	-	59.9	2.7	1.3	1.4	19	10	9				
	9月	6.9	25.5	38.4	310	3.2	2.0	27	16	11				
	11月	7.1	-	71.6	220	1.3	1.1	11	11	0				
窒素除去型	6月	-	-	-	4.3	4.2	0.1	12	10	2				
	7月	-	-	37.3	2.5	2.3	0.2	12	10	2				
	9月	6.9	22.2	27.5	420	6.2	6.3	17	13	4				
	11月	7.4	-	27.4	440	5.7	5.8	13	13	0				

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

猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査

1 目的

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

2 調査方法

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

3 調査地点

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



4 調査時期

- (1) 猪苗代湖湖心
平成 20 年 4 月 22 日から継続調査中
今年度調査期間：
平成 24 年 7 月 19 日～平成 25 年 5 月 15 日
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
平成 23 年 11 月 22 日から継続調査中
今年度調査期間：
平成 24 年 7 月 19 日～平成 25 年 4 月 15 日

図 1 調査地点

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ている。

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
JFE アドバンテック社の MDS-MkV/T を用いて、データ採取間隔 10 分間で水温を連続測定した。
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m
水深 10m 及び 15m において、JFE アドバンテック社の MDS-MkV/T を用いて、データ採取間隔 10 分間で水温を連続測定した。水深 5m の水温及び電気伝導率は、JFE アドバンテック社の COMPACT-CT を用いて、データ採取間隔 10 分間で連続測定した。

7 結果及び考察

(1) 猪苗代湖における水温連続測定結果

2008年4月22日から2013年4月15日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖湖心における層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温の推移を図2に示す。なお、2012年7月から2013年4月までの水深5m及び30mの水温データは、観測機器の故障により採取できなかった。また、水温躍層が形成され崩壊する6月から11月にかけての期間の表層及び水深15mにおける年度別の水温の変化を図3及び図4に示す。

猪苗代湖において、水温躍層は例年8月に水深10～20mで形成されており、10月には水深20～30mへ下がる事が確認されている。今年度は、水深15mにおける水温の上昇が、10月1日頃に始まっており、水温躍層の下層への移動の時期が遅かった。これは平成22年度と同程度の時期であり、平成20年度及び21年度に比べて遅かった。表層においては、平成20年度の8月21日から24日にかけて、日平均気温が16.1～18.8℃と寒冷であった期間に水温も8月26日に21.6℃まで下降していた。それ以外の期間では、平成20年度、22年度及び24年度の表層の水温の変動傾向は類似していた。

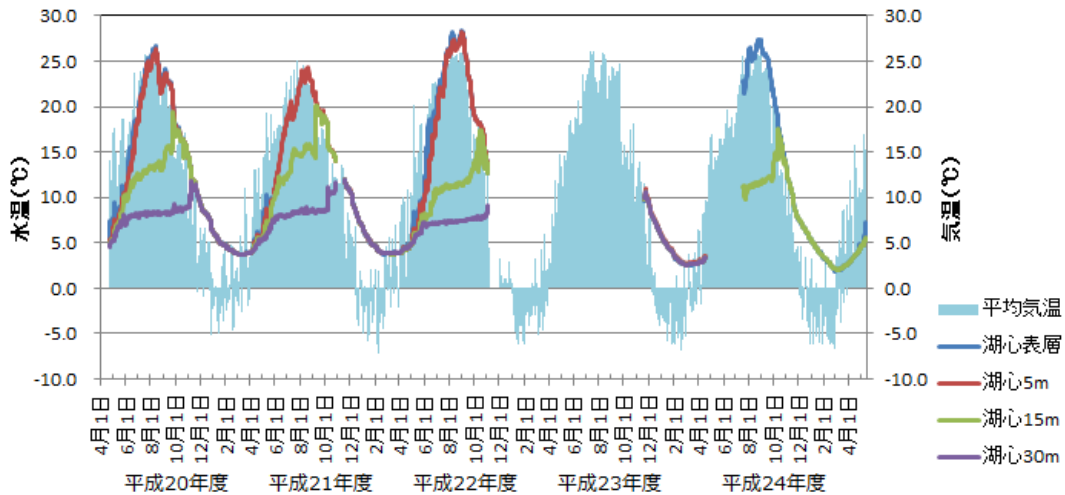


図2 猪苗代湖湖心における層別日平均水温及び日平均気温の関係

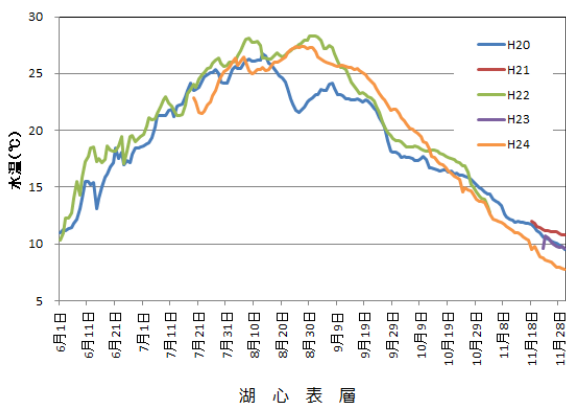


図3 6月から11月にかけての表層における水温変化 (H20～H24)

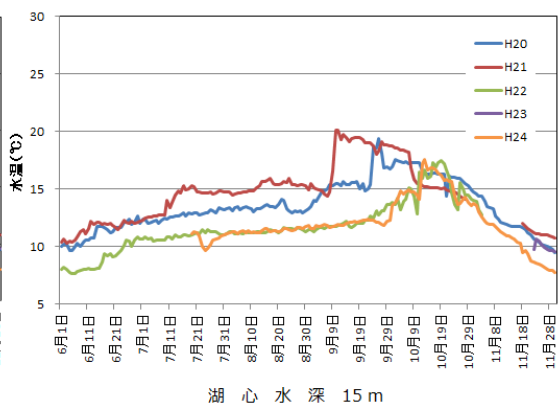


図4 6月から11月にかけての水深15mにおける水温変化 (H20～H24)

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

2011 年 11 月 22 日から 2013 年 4 月 15 日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖長瀬川河口沖 300m 地点の層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温の推移を図 5 に示す。

今年度の調査開始日である 7 月 19 日には、水温躍層が水深 10～15 m にかけて形成されていた。9 月 17 日頃には水深 10 m の水温が水深 5 m の水温と同程度まで上昇し、水温躍層の下層への移動が確認された。水深 15 m においても、10 月 1 日頃から水温の上昇が始まり、水温躍層の崩壊が確認された。

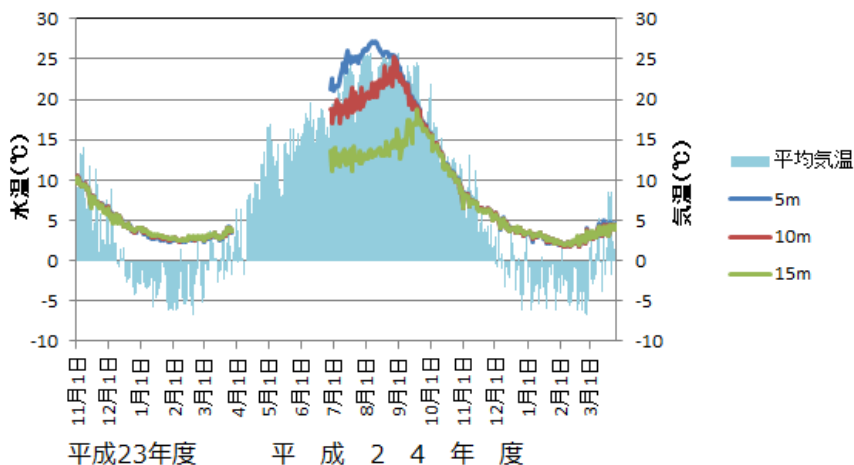


図 5 猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m における層別日平均水温及び日平均気温の関係

また、長瀬川河口沖 300 m 地点の水深 5 m における日平均水温、日平均 EC 測定値及び 25°C 換算値と、長瀬川河口から約 2 km 上流に位置する小金橋及び猪苗代湖湖心水深 5 m における EC（平成 24 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 24 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 6 に示す。なお、25°C における EC の換算には次式を用いた。

$$b = \frac{a}{\{1 + 0.02(c - 25)\}}$$

a : EC測定値 (mS/cm) b : EC25°C換算値 (mS/cm) c : 水温 (°C)

長瀬川河口沖 300m 地点(水深 5m)における、EC の 25°C換算値は一年を通してほぼ 0.11 mS/cm 前後であった。

また、長瀬川（小金橋）の EC が 0.22～0.34 mS/cm であるのに対し、長瀬川河口沖 300 m 地点（水深 5 m）における EC の°C換算値は、湖心（水深 5 m）の値に近いことが確認された。

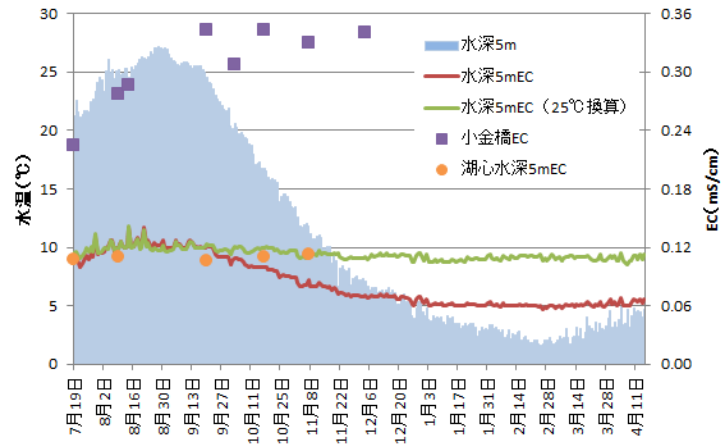


図6 長瀬川河口沖 300 m 地点の水深 5 m における水温、EC の日平均値測定値及び 25°C換算値と、小金橋及び湖心水深 5 m における EC の比較

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心において、水温躍層の下降の時期が平成 22 年度と同程度の時期に起きており、平成 20 年度及び平成 21 年度より遅くなっていた。
- (2) 長瀬川河口沖 300m 地点において、水温の変化が湖心と同様であることがわかった。水深 5 m で測定した EC は、1 年を通しほぼ一定であった。また、この値は、猪苗代湖流入前の長瀬川（小金橋）の値よりも低く、湖心（水深 5m）の値に近いことが確認された。

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2報）

要 旨

裏磐梯五色沼湖沼群の水質の現況を把握するため、2011年と2012年に調査を実施し、千葉ら（1986年）が実施した1985年の調査結果と比較し考察した。各湖沼のイオン当量の占める割合は、1985年調査と同様の傾向であったが、全体的にイオン成分は減少傾向であり、特に銅沼及びもうせん沼では、1985年に比べ硫酸イオンや金属成分が半減していた。

I. はじめに

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

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

るため、連携して調査を行うこととした。

本報は、國井ら（2012）が2011年11月に実施した1回目の調査と2012年6月の2回目の調査で、湖水の化学的組成に関する調査の結果をまとめたものである。

II. 調査内容

1. 調査年月日

1回目：2011年11月14日

（銅沼の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）

2. 調査地点

銅沼、瑠璃沼、青沼、弁天沼（以上『銅沼系』）、もうせん沼、弥六沼、柳沼、石倉沼（以上『柳沼系』）、竜沼、深泥沼、毘沙門沼（以上『竜沼系』）及び赤沼（12湖沼）。

また、このほか銅沼の北にある無名の沼、及び裏磐梯スキー場ゲレンデ内湧水（最も湧水量の多い場所）等でも採水を行った。さらに参考地点として

五色沼湖沼群からの流水が合流する長瀬川直下でも追加して調査を行った。

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



図1. 採水の様子（銅沼）

3. 調査機関

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



図2. 採水の様子（もうせん沼）

4. 分析項目及び測定方法

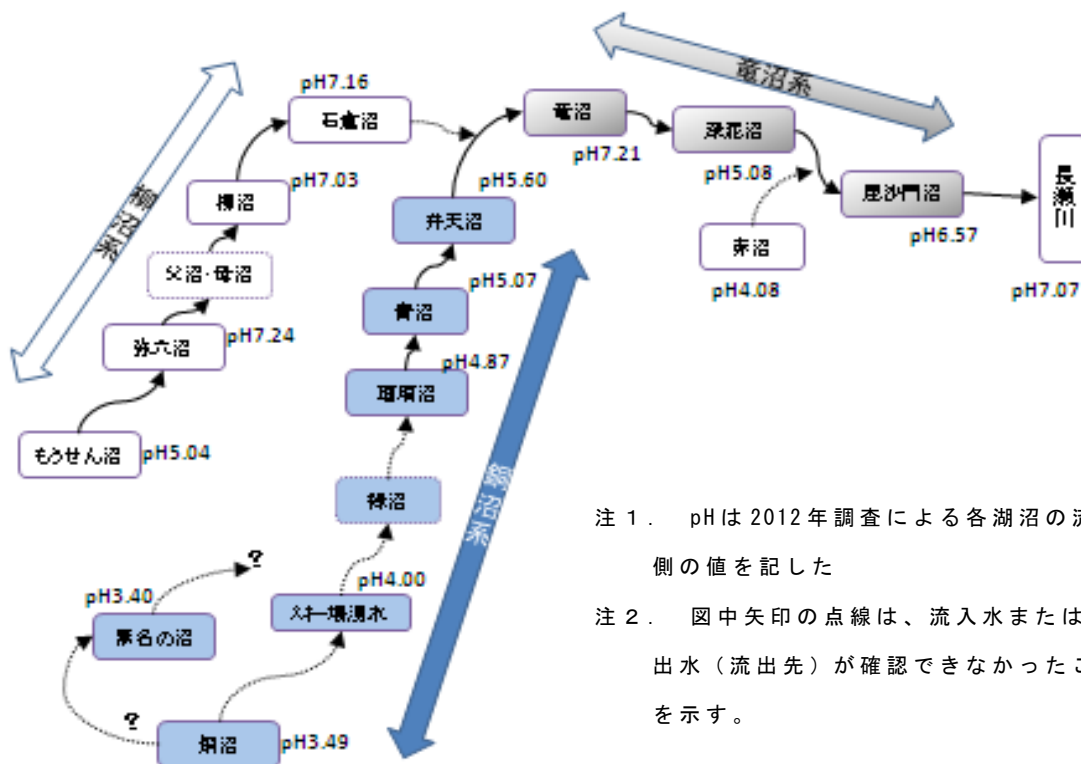
表1のとおり。なお、分析項目のうち、大腸菌群数とクロロフィル a は原則として各湖沼の1地点（流出側）とした。

表1 調査項目ごとの測定方法

調査項目	測定方法	単位
pH	昭和46年環境庁告示第59号(JIS(※1)K0102 12.1 カラ電極法)	-
EC	JIS K0102 13 電気伝導度計	mS / cm
COD	昭和46年環境庁告示第59号(JIS K0102 17 KMnO4による酸素消費量)	mg / L
大腸菌群数	昭和46年環境庁告示第59号(最確数による定量法)	MPN/100mL
全窒素	昭和46年環境庁告示第59号(JIS K0102 45.2 紫外吸光光度法)	mg / L
全燐	昭和46年環境庁告示第59号(JIS K0102 46.3.1 4-メチルチニル硫酸ナトリウム分解法)	mg / L
クロロフィル a	上水試験方法 27	μg / L
DO	昭和46年環境庁告示第59号(JIS K0102 32 よう素滴定法)	mg / L
蒸発残留物	JIS K0102 14.2	mg / L
酸度	上水試験方法 14.3	CaCO ₃ mg/L
アルカリ度	上水試験方法 14.2	CaCO ₃ mg/L
TOC	JIS K0102 22 燃焼酸化-赤外線式TOC自動計測法	mg / L
Fe	※2 JIS K0102 57.4 ICP発光分光分析法	mg / L
Mn	※2 JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg / L
Al	※2 JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg / L
Zn	※2 JIS K0102 59.3 ICP発光分光分析法	mg / L
Si	※2 JIS K0101 44.3.1 矽フッ素青吸光光度法	mg / L
Na ⁺	※2 JIS K0102 48.3 イオンクロマトグラフ法	mg / L
K ⁺	※2 JIS K0102 49.3 イオンクロマトグラフ法	mg / L
Ca ²⁺	※2 JIS K0102 50.3 ICP発光分光分析法	mg / L
Mg ²⁺	※2 JIS K0102 51.3 ICP発光分光分析法	mg / L
NH ₄ ⁺	※2 JIS K0102 42.2 インドフェノール青吸光光度法	mg / L
F ⁻	※2 JIS K0102 34.3 イオンクロマトグラフ法	mg / L
SO ₄ ²⁻	※2 JIS K0102 41.3 イオンクロマトグラフ法	mg / L
NO ₃ ⁻	※2 JIS K0102 43.2.5 イオンクロマトグラフ法	mg / L
NO ₂ ⁻	※2 JIS K0102 43.1.2 イオンクロマトグラフ法	mg / L
Cl ⁻	※2 JIS K0102 35.3 イオンクロマトグラフ法	mg / L
HCO ₃ ⁻	※2 衛生試験法 4.1.10) (2) 中和滴定法	mg / L

※1 JISとは「日本工業規格」を示す。

※2 金属成分等は、0.45μmのメンブランフィルターにてろ過したものを試料として分析した。



- 注1. pHは2012年調査による各湖沼の流出側の値を記した
- 注2. 図中矢印の点線は、流入水または流出水（流出先）が確認できなかったことを示す。

図3. 五色沼湖沼群の系統図とpH

Ⅲ. 結果と考察

調査の結果は、別表「平成24年度結果一覧表」のとおり、五色沼湖沼群の水系は、千葉ら（1986）によると、銅沼→スキー場湧水→緑沼→瑠璃沼→青沼→珪天沼の系列（以下[銅沼系]）と、もうせん沼→弥六沼→父沼→母沼→柳沼→石倉沼の系列（以下[柳沼系]）があり、これらが合流して、竜沼→深泥沼→毘沙門沼（以下[竜沼系]）と流下して長瀬川に流入し

ているとされており、1985年に今回とほぼ同様の詳細な調査を行い上記の水系別に考察を加えている（以下「1985年調査」とする）。

今回の結果も各水系に分け、1985年調査との比較を行い、考察した。なお、7つの沼では流入水と流出水の両方を調査したが、その結果を見ると（表2）、柳沼はpH及び各項目ともに流入・流出の濃度差がほとんどなく、同じ水質のもの

表2. 流入水（流入部）と流出水（流出部）の水質の比較

湖沼名	pH		EC(mS/cm)		流入・流出で変動の大きかった金属成分・イオン成分(mg/L) (注)
	流入	流出	流入	流出	
青沼	4.75	5.07	1.080	1.046	Fe 0.06→0.02, Al 2.22→0.66
珪天沼	5.87	5.60	1.010	0.984	Fe<0.01→0.06, Al 0.16→0.27
弥六沼	7.22	7.24	0.378	0.383	F 0.6 → 0.22
柳沼	6.98	7.03	0.441	0.431	—
竜沼	6.89	7.21	0.449	0.438	—
深泥沼	7.21	5.08	0.442	0.734	Fe 0.02→0.42, Al 0.02→0.34 Na 30.4→46.2, Ca 44.1→78.4 蒸発残留物 303→610
毘沙門沼	6.76	6.57	0.487	0.595	Mn 0.28→0.62

(注) 流入水と流出水で概ね50%以上の濃度変動があった項目を記した。

考えられた。青沼では、pHが4.75→5.07、竜沼では、6.89→7.21と上昇した。一方、深泥沼では、pHが7.21→5.08と低下し、鉄やアルミニウム、イオン成分濃度が上昇し、蒸発残留物も大幅に増加し、明らかな水質変動が認められ、今回採水した流入水（表流水）以外の流入水または湧水の存在が示唆された。他の3つの沼（弁天沼、弥六沼、毘沙門沼）ではpHの変動は0.1～0.2程度であったが、50%以上の増減を示す項目がいくつか見られた。1985年調査は各沼の流出口で調査を行っているので、以下本報で今回の結果と1985年調査結果を比較する際は、流出水（流出部）の結果を用いることとした。

1. 調査項目ごとの結果と考察

pHの結果を図4に示す。多くの湖沼で1985年調査と比較すると、上昇していた。銅沼系では、pHはすべて酸性を示し、銅沼の3.49から流下に伴いpHが上昇し、弁天沼（流出水）では5.60を示した。柳沼系のもうせん沼では、1985年調査と比較するとpHが4.26から5.04

（2011年調査では5.95）へ上昇し、弥六沼、柳沼は中性を示し、変化はみられなかった。

銅沼系と柳沼系が合流した後の竜沼系ではpHは中性を示し、1985年調査とほぼ同程度の値であった。深泥沼（流出部）で7.32から5.08と低下しているが、採水地点のわずかな違いや湧水その他の流入水、降水量などが湖水pHに影響を及ぼしている可能性があり、沼内部を詳細に調査することで湧水などの影響の有無が確認できると考えられた。赤沼は酸性を示し、大きな変化は見られなかった。

各湖沼のイオン当量濃度で、陽イオンの占める割合は「 $Ca^{2+} > Na^{+} > (≒) Mg^{2+}$ 」、陰イオンの占める割合は「 $SO_4^{2-} > Cl^{-} > HCO_3^{-}$ 」の順となっており、1985年調査と同様の傾向であった。1985年調査と比較すると、銅沼系、柳沼系及び赤沼で硫酸イオンの減少がみられた。特に銅沼ともうせん沼では硫酸イオンの他に、Caイオン、Mgイオンでも著しい減少がみられた。他のイオン成分は多少の増減はあ

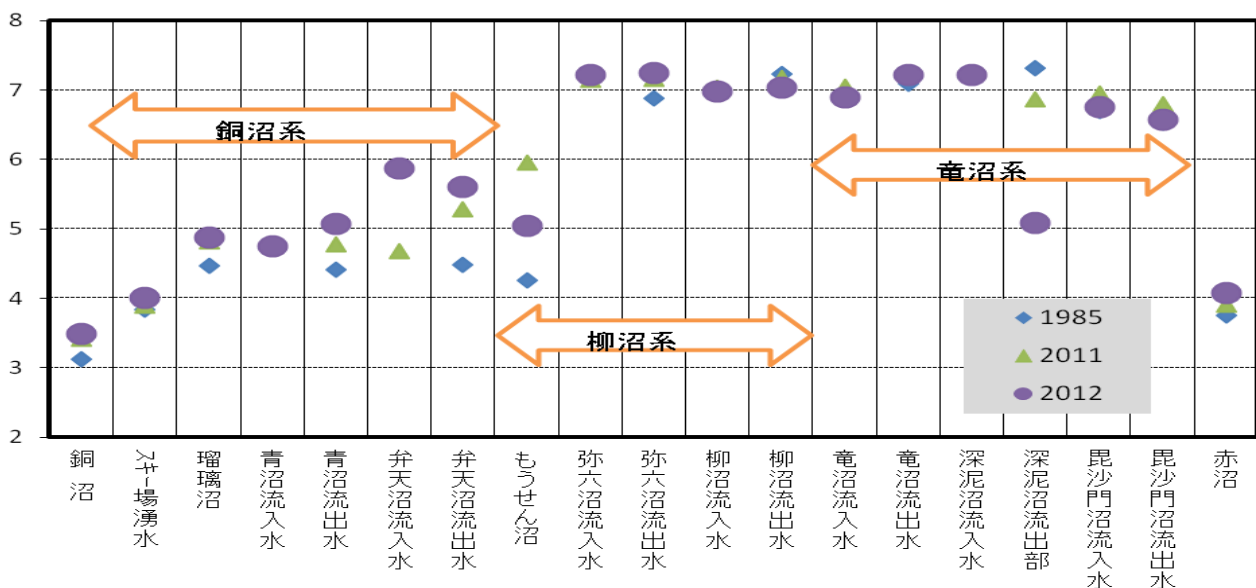


図 4. 各調査地点のpH値

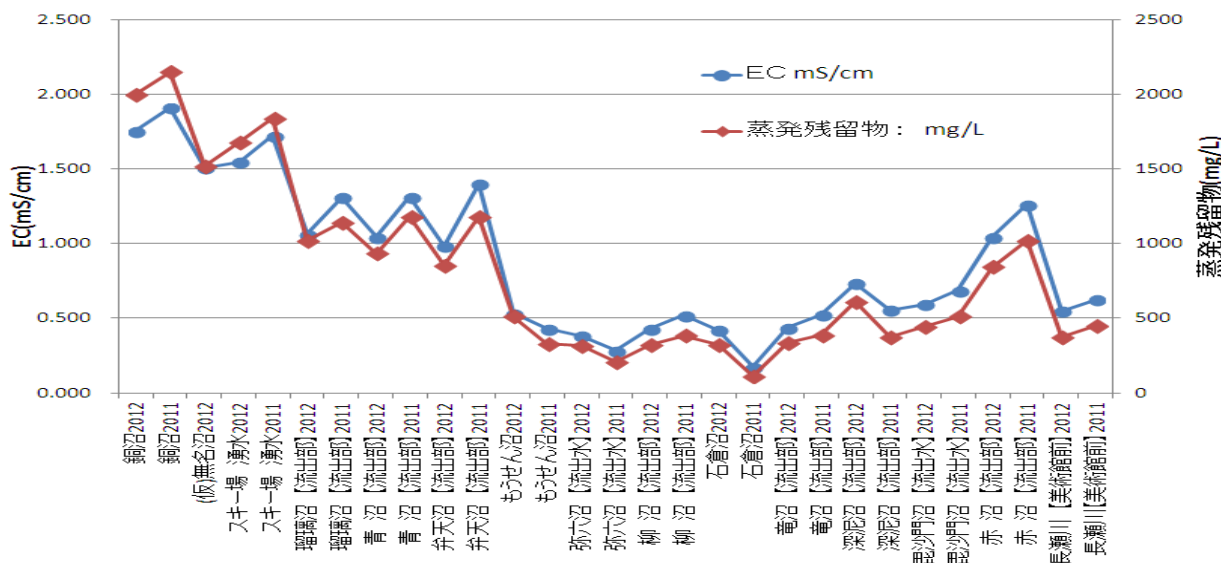


図 5.各調査地点の EC と蒸発残留物

るものの変動幅は小さかった。

EC は、銅沼系と赤沼で 1 mS/cm 以上と高く、柳沼系及び竜沼系は低い値であった。蒸発残留物も同様に銅沼系と赤沼で 1000 mg/L 以上と高い値を示した (図 5)。

TOC は、柳沼系は 1.0 mg/L 前後であったのに対し、銅沼系及び竜沼系では 0.5 mg/L 程度以下であった。COD も同様の傾向がみられた。

大腸菌群数は、石倉沼で最大値 7,900 MPN/100mL (2011 年は毘沙門沼が 3,300 MPN/100mL) を示し、次いで柳沼及び毘沙門沼が 1,000 MPN/100mL 以上であった。各水系とも概ね流下に伴い増加していた。

全窒素は、銅沼で 0.24 mg/L (2011 年は 0.18 mg/L) と最大値を示し、次いで赤沼が 0.21 mg/L (2011 年は <0.05 mg/L), 弁天沼が 0.18 mg/L (2011 年は 0.06 mg/L) であり、その他の地点では 0.10 mg/L 以下であった。

全リンは、2011 年は柳沼, 石倉沼が 0.020 mg/L 以上だったが、2012 年調査で

はいずれも 0.010mg/L 以下だった。

2011 年 (11 月) にクロロフィル a が、低い値を示した銅沼及び赤沼を除き、2012 年 (6 月) の結果は 2011 年 (11 月) の結果に比べて顕著に低い値を示し、調査時期の差が認められた。2011 年の最高値は柳沼の 85.91 $\mu\text{g/L}$ でこれに次ぐ石倉沼の 67.95 $\mu\text{g/L}$ であったのが、2012 年の結果ではそれぞれ 1.61, 1.05 $\mu\text{g/L}$ となっていた。なお、これらの項目は、1985 年調査では行われていないため、データの比較はできない。

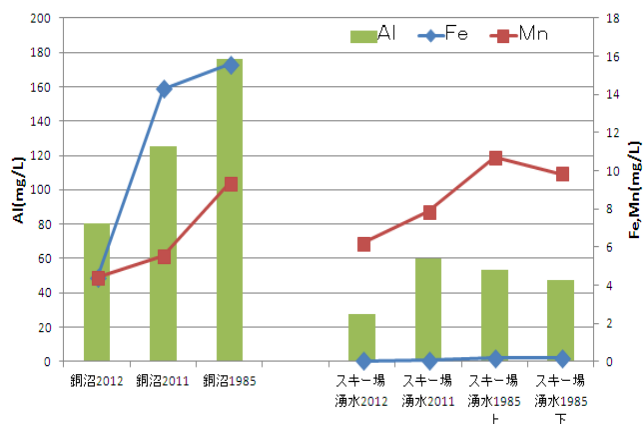


図 6.銅沼とスキー場湧水の金属成分濃度

2.水系ごとの結果と考察

銅沼系は銅沼の pH 3.42 が最低で、弁天沼の 5.28 が最高であった。スキー場湧水 (pH3.89) を含め、銅沼系すべてで酸性であった。1985 年調査と比較すると、上昇傾向 (銅沼, 瑠璃沼及び青沼で 0.4 程度, 弁天沼で 0.8) にあるが, 1.0 以上上昇した地点はなかった。金属成分は, 1985 年調査と比較すると著しい減少傾向が認められた。特に銅沼で 1985 年と 2012 年結果をそれぞれ比較すると、アルミニウムが 176 mg/L から 80 mg/L へ, マンガンが 9.3 mg/L から 4.4 mg/L へ, 鉄が 5.5 mg/L から 4.3 mg/L と半減若しくはそれ以上の減少が認められた (図 6)。各イオン成分は, 1985 年と比べ, 硫酸イオンが減少しており, 特に銅沼では, おおよそ半減し, 陽イオンも減少傾向であった (図 7)。また, 瑠璃沼, 青沼及び弁天沼のイオン当量を図 9~11 に示す。

銅沼

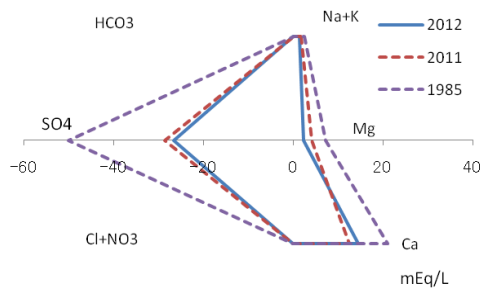


図 7. 銅沼のヘキサゴングラム

スキー場湧水

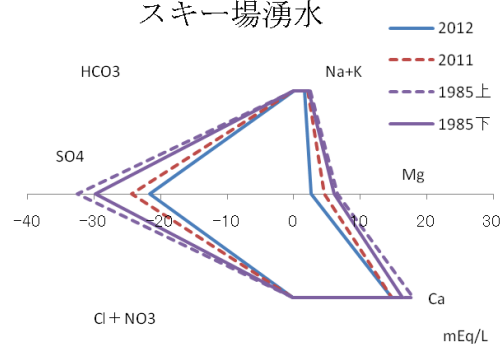


図 8. スキー場湧水のヘキサゴングラム

瑠璃沼

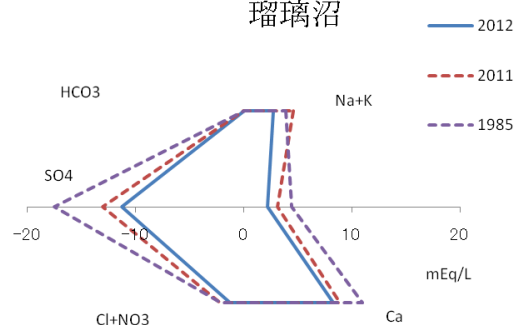


図 9. 瑠璃沼のヘキサゴングラム

青沼

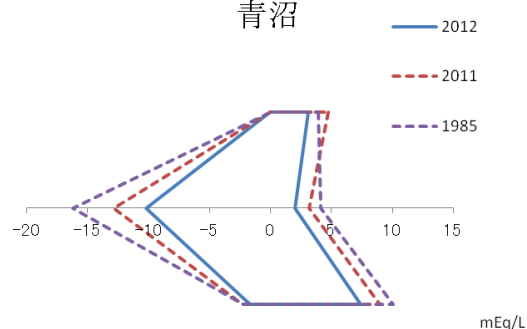


図 10. 青沼のヘキサゴングラム

弁天沼

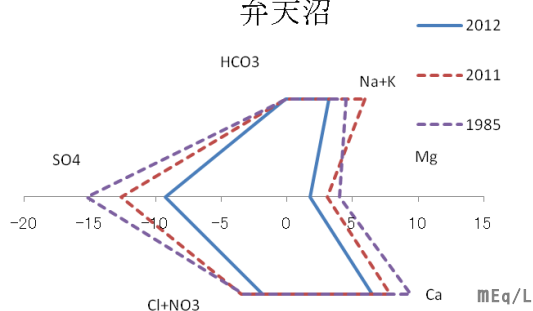


図 11. 弁天沼のヘキサゴングラム

千葉ら (1986) は, 瑠璃沼, 青沼及び弁天沼の流下の順に Na イオン及び Cl イオンが増大し, Ca イオン及び硫酸イオンの減少傾向が認められることを報告しているが, 今回の調査でも同様の傾向が認められた (図 7~12)。また, Na イオン当量と Cl イオン当量の相関を図 13 に示す。

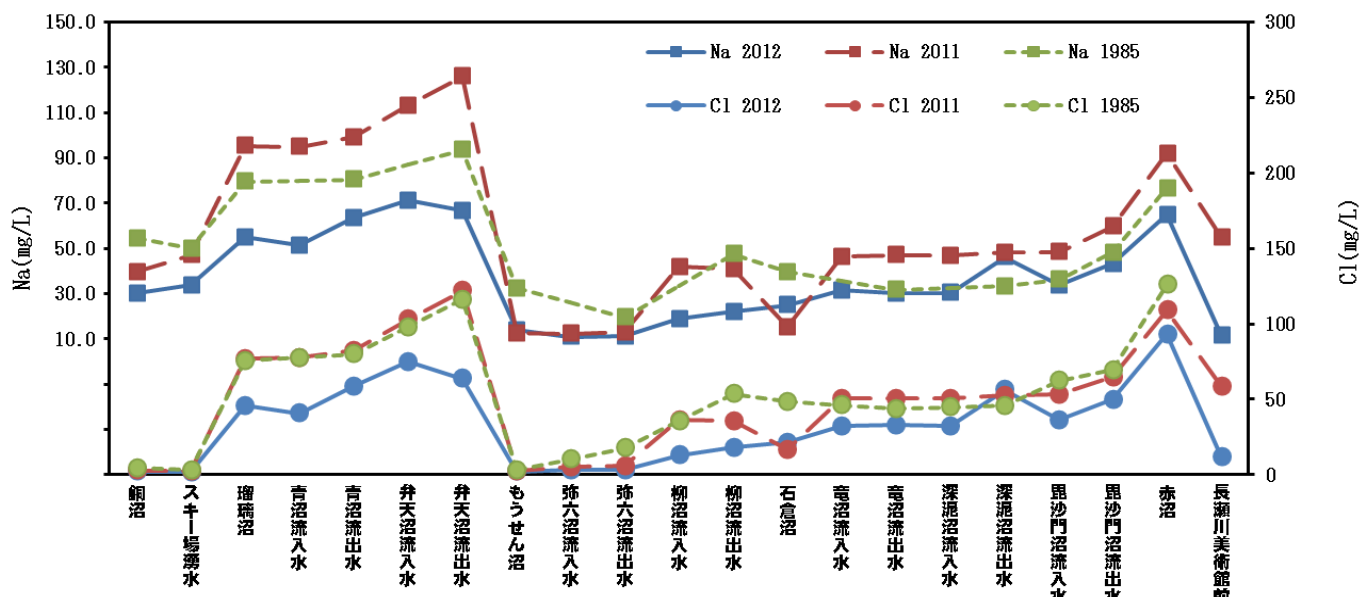


図 12. 各調査地点の Na イオンおよび Cl イオン濃度

「銅沼とスキー場湧水」及び「もうせん沼」は Cl イオン当量が低いにもかかわらず、Na イオン当量が高くなっている。千葉ら（1986 年）は、これ以外の湖沼の水質は、Na イオン当量と Cl イオン当量との正の高い相関から同一起源と推定し、流下に伴って、Na イオンと Cl イオンの増加が認められることなどから、「Na+Cl 型地下水」の混入の可能性も推定しており、今回の調査結果も、その推定結果と類似するものであった。

瑠璃沼の水質については、スキー場湧水は緑沼（今回未確認）を経て、瑠璃沼に至るとされる。千葉ら（1986）は、瑠璃沼とスキー場湧水との溶解性金属、イオン濃度比を検討している。2012 年、2011 年調査でこの比を計算したところ、1985 年調査と同様の傾向を示した（表 3）。瑠璃沼の水質を 1985 年調査と比較すると、鉄が 75～85% 減少し、マンガン及びアルミニウムが半減していた。

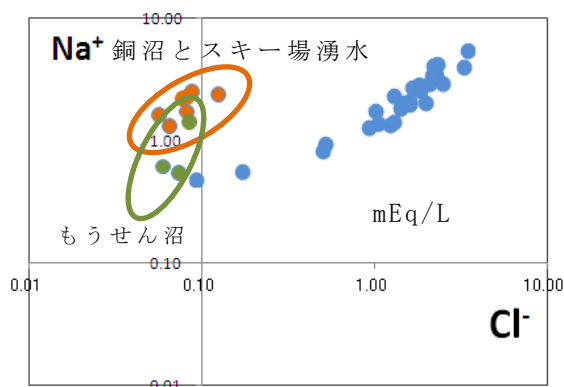


図 13. Na イオン当量と Cl イオン当量の相関

瑠璃沼、青沼及び弁天沼と比較すると、瑠璃沼、青沼及び弁天沼の流下の順に Na イオン及び Cl イオンが増加し、Ca イオン及び硫酸イオン濃度の減少傾向が認められ、千葉ら（1986）と同様の傾向が認められた（図 13）。

赤沼の pH は 3.91 で、銅沼に次いで強い酸性を示した。表流水の流入は確認できず、沼内の湧水等に起因する水質であると考えられる。鉄及びアルミニウムは、1985 年調査に比べてそれぞれ 62%、60% 減少（2012 年調査比）し、マンガ

表 3. 銅沼, スキー場湧水および瑠璃沼の金属・イオン成分

金属・イオン成分	銅沼			スキー場湧水			瑠璃沼			(瑠璃沼)/(銅沼)比			(瑠璃沼)/(湧水)比		
	(mg/L)	1985年	2011年	2012年	1985年*1	2011年*2	2012年	1985年	2011年*2	2012年	1985年	2011年	2012年	1985年	2011年
Fe	15.56	14.3	4.39	0.18	0.08	0.03	0.67	0.17	0.11	0.04	0.01	0.03	3.72	2.13	3.67
Mn	9.34	5.52	4.4	9.83	7.84	6.2	4.47	2.45	1.83	0.48	0.44	0.42	0.45	0.31	0.30
Al	176	125	80.1	47.5	60.2	27.8	6.55	3.32	1.68	0.04	0.03	0.02	0.14	0.06	0.06
Na ⁺	54.5	39.7	30.1	47.5	47.1	33.9	79.5	95.3	55.0	1.46	2.40	1.83	1.67	2.02	1.62
K ⁺	3.6	3.2	2.7	7.9	6.5	5.6	14.9	15.7	10.7	4.14	4.91	3.96	1.89	2.42	1.91
Ca ²⁺	420	250	290	329	297	296	219	178	165	0.52	0.71	0.57	0.67	0.60	0.56
Mg ²⁺	87.0	49.1	27.0	74.5	56.6	31.4	53.8	37.4	26.6	0.62	0.76	0.99	0.72	0.66	0.85
SO ₄ ²⁻	2411	1380	1280	1431	1170	1040	840	627	542	0.35	0.45	0.42	0.59	0.54	0.52
Cl ⁻	4.4	2.9	2.3	2.9	2.7	2.0	75.5	77.0	45.7	17.2	26.6	19.9	26.0	28.5	22.9

*1: 1985年データは、千葉(1986)を加工して作成。湧水は1985年データ『湧水(下)』を使用。

*2: 2011年の金属成分は、試料をろ過せずに分析した結果で、1985年と2012年の金属成分は、試料をろ過(0.45μm)したものを分析した結果である。

ンは2012調査比で40%減少し、2011年比では17%増加していた。2012年調査結果を1985年調査と比較すると、Mgイオン、Caイオンが20%程度低下し、硫酸イオン、Clイオンがそれぞれ31%、26%低下していた(図14)。

柳沼系(もうせん沼、弥六沼、柳沼、石倉沼)は、石倉沼が2012年調査で2011年調査時に比べ、その沼の面積が大幅に

増大していた。降雨の多い時期などは、その沼の形状が大きく変化するものと考えられた。しかし、前回に引き続き、今回も流出地点は確認できなかった。もうせん沼は酸性を、弥六沼、柳沼、石倉沼は中性を示した。1985年調査と比較すると、もうせん沼のpHが上昇していた(1985年pH4.26 2011年pH5.95, 2012年pH5.04)。もうせん沼は他の柳沼系の

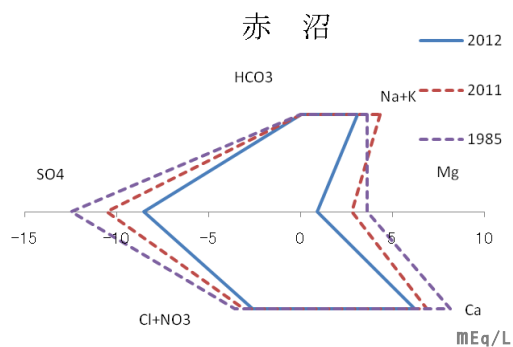


図 14. 赤沼のヘキサゴン図

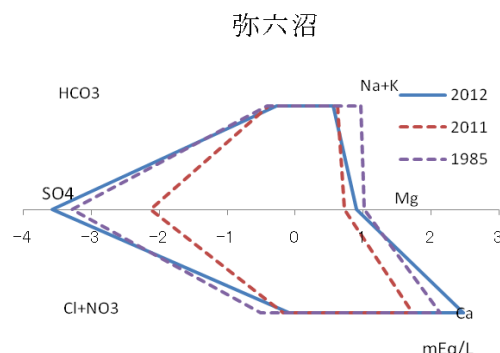


図 16. 弥六沼のヘキサゴン図

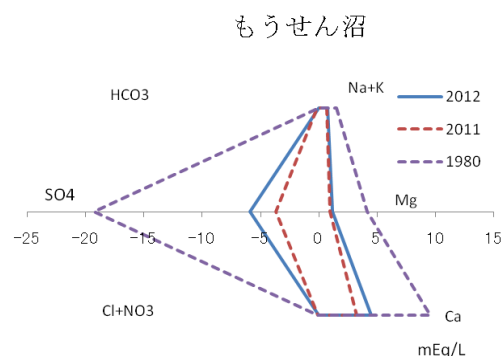


図 15. もうせん沼のヘキサゴン図

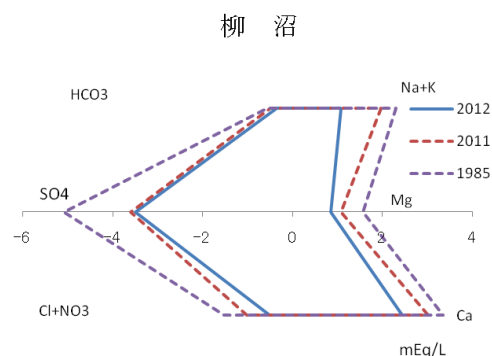


図 17. 柳沼のヘキサゴン図

沼と比較して、鉄、マンガン、アルミニウムが高い値を示したが、1985年調査と比較すると鉄・マンガン・アルミニウムとも70～90%の顕著な低下が認められた。

弥六沼、柳沼でも1985年調査と比較可能なすべての陽イオン、陰イオンで減少が認められた(図15～17)。特にもうせん沼では、主成分となる硫酸イオン、Caイオン、Mgイオンに著しい減少が認められた(図15)。弥六沼から柳沼にかけてNaイオン、Kイオン、Clイオンの上昇が認められた。これは1985年調査でも認められ「Na-Cl型地下水」の流入とされている(図12)。

石倉沼は全体的にイオン濃度が低く、EC及び蒸発残留物も調査地点中最低だった。千葉(1986)が指摘した「低濃度地下水又は表流水」の影響を強く受けている可能性が推測された。しかし、2011年度調査と比較して陽イオン(Na, K, Ca, Mg)濃度が1.6～2.8倍に上昇し、硫酸イオン濃度は36 mg/Lから161 mg/Lと4.3倍に上昇していた(図18)。これらの変化は降雨の影響だけでは説明できないと考えられた。

竜沼系(竜沼、深泥沼、毘沙門沼)のpHは、竜沼、深泥沼及び毘沙門沼はいずれも中性を示し、1985年調査と比較して、深泥沼を除き大きな変化は認められなかった。深泥沼は、1985年、2011年はそれぞれ7.32、6.87であったのが、2012年は5.08に低下していた。金属類に関しては、1985年調査と2011年、2012年調査結果に、特徴的な増減は認められなかった。各イオン成分に関しても、1985年調査と2011年、2012年調査結果に、特徴的な増減は認められなかった(図19～

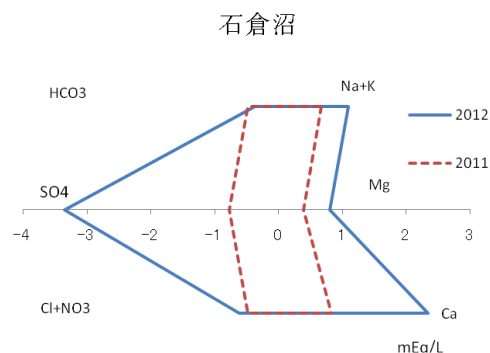


図 18. 石倉沼のヘキサゴングラム

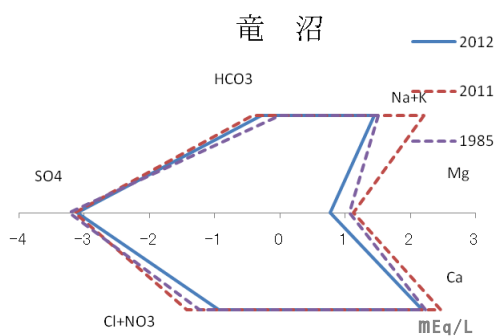


図 19. 竜沼のヘキサゴングラム

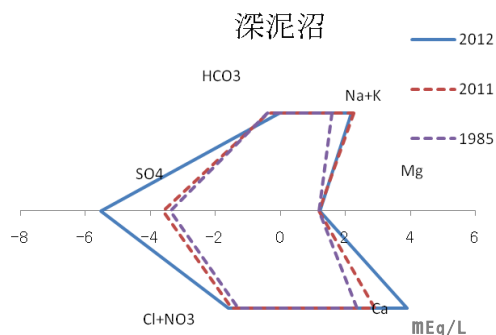


図 20. 深泥沼のヘキサゴングラム

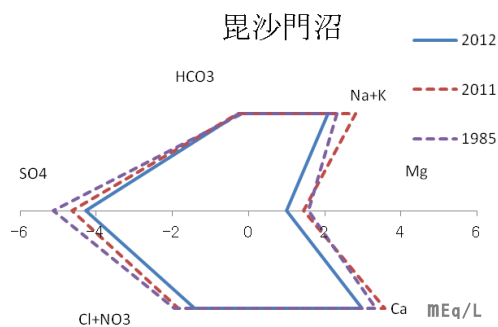


図 21. 毘沙門沼のヘキサゴングラム

表 4. 竜沼, 深泥沼および毘沙門沼の金属・イオン成分

	2012年調査					2011年調査					1985年調査				
	竜沼	深泥沼	毘沙門沼	深泥沼 ／竜沼	毘沙門沼 ／深泥沼	竜沼	深泥沼	毘沙門沼	深泥沼 ／竜沼	毘沙門沼 ／深泥沼	竜沼	深泥沼	毘沙門沼	深泥沼 ／竜沼	毘沙門沼 ／深泥沼
pH	7.21	5.08	6.57	—	—	7.25	6.87	6.79	—	—	7.09	7.32	6.53	—	—
Fe mg/L	0.01	0.42	<0.01	42.0	0.02	0.35	0.31	0.13	0.89	0.42	0.04	0.19	0.05	4.75	0.26
Mn mg/L	0.27	1.23	0.62	4.56	0.50	0.42	0.47	0.83	1.12	1.77	0.48	0.43	1.38	0.90	3.21
Na ⁺ mg/L	30.1	46.2	43.3	1.53	0.94	47.1	48.1	59.7	1.02	1.24	31.7	33.3	48.3	1.05	1.45
K ⁺ mg/L	5.3	7.3	7.6	1.38	1.04	6.2	6.4	8.6	1.03	1.34	5.2	5.5	8.1	1.06	1.47
Ca ²⁺ mg/L	43.7	78.4	59.8	1.79	0.76	49.4	58.2	71.6	1.18	1.23	44.7	47.2	67.0	1.06	1.42
Mg ²⁺ mg/L	9.3	14.7	12.2	1.58	0.83	13.7	14.6	17.6	1.07	1.21	13.0	14.3	19.2	1.10	1.34
SO ₄ ²⁻ mg/L	149	266	205	1.79	0.77	151	173	223	1.15	1.29	155	163	246	1.05	1.51
Cl ⁻ mg/L	32.9	56.3	49.8	1.71	0.88	50.6	52.7	64.9	1.04	1.23	43.7	45.8	69.3	1.05	1.51
HCO ₃ ⁻ mg/L	16.3	1.3	13	0.08	10.0	23.0	18.4	14.2	0.80	0.77	21.9	20.3	9.3	0.93	0.46

21). 2011年調査では、竜沼から毘沙門沼への流下に伴って、陽イオン、陰イオンなどの項目で若干の濃度上昇が認められ、2012年調査では、竜沼から深泥沼間で濃度上昇が認められた(表4)。また、深泥沼と竜沼、毘沙門沼と深泥沼の各成分の濃度比でみると竜沼と深泥沼の濃度比は、2012年調査では1.4~4.5倍に上昇している項目があった。2011年調査では深泥沼と毘沙門沼の濃度比で類似の傾向を示し、金属成分の供給源として深泥沼に着目する必要があると、深泥沼内部での詳細な調査の必要性が考えられた。また、深泥沼から毘沙門沼に至る流程で赤沼の湖水の流入の可能性や、毘沙門沼湖内からの地下湧水などの影響等についても検討する必要があると思われた。

IV. まとめ

1. 今回の調査(2012年6月)では、前回2011年11月調査時点と湖沼の様相が異なる沼として、特に石倉沼があげられた。石倉沼は前回調査時と比べて大幅に水位が上昇し水量が増えているにも関わらず、陽イオン、硫酸イオンが増加し、降雨の影響だけでは説明できないと考えられた。調査時期によって水質が変化する可能性もあり、異なる時期での調査も重要であると考えられた。

2. 深泥沼や、毘沙門沼など湖内の湧水の存在が示唆される湖沼については、その湧水の影響を確認するため、深度別や調査地点を増やすなどして詳細な調査が必要であると考えられた。

3. 湖水の化学的成分を1985年調査と2011年、2012年調査で比較すると、いくつかの地点で溶解性金属や各種イオンに増減が認められた。特に、銅沼やもうせん沼など上流の地点で硫酸イオンが大幅に低下しており、五色沼湖沼群の長期的な水質を観測していくうえで、上流の湖沼の水質観測が重要であると考えられた。

引用文献

- 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.
- 國井芳彦・鈴木仁・佐久間智彦・林王克明(2012) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果、裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査中間報告書, 51-60.

調査項目ごとの測定方法と結果の表示方法 (裏磐梯五色沼湖沼群環境調査 第2回目) H24. 6. 15及びH24. 6. 19

【福島県環境センター】

調査項目	測定方法	単位	測定結果の表示方法		
			定量下限値	表示した最小桁数	「水質測定計画」との相違点
pH	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 12.1 ガラス電極法)	—	—	小数点以下2桁	※1 大腸菌群数、全窒素及び全磷については水質測定計画と同じ。
EC	JIS 13 電気伝導度計	mS/cm	—	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	
COD	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 17 KMnO4による酸素消費量)	mg/L	(0.0)	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	※2 ECも単位(mS、μ S)が異なるだけで水質測定計画と同じ。
大腸菌群数	〃 (最確数による定量法)	MPN/100mL	(0)	—	※3 pH及びクロロフィルaは、水質測定計画よりも一桁下まで(小数点以下2桁目まで)表示することとし、有効数字桁数は考慮しないこととした。
全窒素	〃 (JIS 45.2 紫外吸光度法)	mg/L	0.05	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	※4 DO及びCODは水質測定計画で報告下限とされている0.5mg/L未満の値でも、結果をそのまま表記した。同様にクロロフィルaも1μg/L未満の値も表記した。
全磷	〃 (JIS 46.3.1 ヘルキソニ硫酸ナリウム分解法)	mg/L	0.003	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	
クロロフィルa	上水試験方法 27	μg/L	(0.00)	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
DO	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 32 よう素滴定法)	mg/L	(0.0)	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	

※ JISとは「日本工業規格 K0102 工場排水試験方法」を示す。

※ 水質測定計画とは「平成24年度水質測定計画(福島県)」を示す。

【(財)福島県保健衛生協会】

調査項目	測定方法	単位	測定結果の表示方法		備考
			定量下限値	表示した最小桁数	
蒸発残留物	JIS K0102 14.2	mg/L	1	整数3桁(小数点以下を切り捨て)	
酸度	上水試験方法 14.3	mgCaCO3/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
7ルカ度	上水試験方法 14.2	mgCaCO3/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
TOC	JIS K0102 22 燃焼酸化—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)	0.45μ mのメンブランフィルターにてろ過したものを試料とした。
Mn	JIS K0102 56.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Al	JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Zn	JIS K0102 53.3 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Si	JIS K0101 44.3.1 モリブデン青吸光度法	mgSiO2/L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Na ⁺	JIS K0102 48.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
K ⁺	JIS K0102 49.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Ca ²⁺	JIS K0102 50.4 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Mg ²⁺	JIS K0102 51.4 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
NH ₄ ⁺	JIS K0102 42.5 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)	