

流入河川が猪苗代湖に及ぼす影響について*

渡 邊 稔**・國 井 芳 彦**・渡 辺 俊 次**

キーワード ①猪苗代湖 ②pH上昇 ③流入河川 ④硫酸

要 旨

猪苗代湖は国内第4位の面積を有する酸性湖として広く知られている湖である。安達太良山源流の酸性水が流入するため、pH 4～5を維持していた。しかし、最近になって、湖のpHが中性付近まで上昇した。2001年からの湖と酸性河川源流を含めた流入河川の水質モニタリング等詳細調査結果では、過去データと比較して酸性河川からの硫酸イオン等の成分や鉄、アルミニウム等の金属成分の減少がみられた。

また、当該酸性河川は湖に流入する前に磐梯山周辺からの河川水が合流する河川でもある。磐梯山周辺の上流域にはpHが中性を呈しているものの、溶存イオン成分の濃度が高い河川水があり、経年的に濃度低下が続いている。安達太良山と磐梯山の火山周辺を源とする河川いずれからも金属成分や溶存イオンの濃度低下が確認された。湖の水質の変化は両火山周辺の上流域での河川の水質変化が反映されたものと考えられる。

現在のところ(2008年～2011年)、湖心では、一時期の直線的なpH上昇はみられなくなりpH 6.8付近で推移している。猪苗代湖の流入河川で、どのような変化が生じたのか主要成分等の調査結果から考察した。

1. はじめに

猪苗代湖や裏磐梯地域の湖沼群は、豊かな自然に恵まれた良好な水環境を有し、四季折々にその水と緑が織りなす優れた自然環境は、国民共有の財産といえるすばらしいものである。また、鉄、アルミニウムなどが多く含まれている酸性河川水が湖に流入するまでに、他の河川水等と混和し、または酸性水が直接、湖に流入することにより、中和の過程で凝集が起り、金属成分等がリンや汚濁物質とともに沈殿すると考えられている¹⁾。いわば、天然の浄化作用のおかげで、猪苗代湖の水質が良好に保たれており、環境省の水質ランキ

ングで2004年から4年連続で日本一に輝いた。

ところが、図1のように近年の湖内のpH上昇、中性化の進行に伴い、大腸菌群数の上昇やCOD値上昇など水質悪化を示す事象がみられるようになり、水質汚濁が懸念されるようになってきた。本稿では、これらの原因究明とその対策を講じる一環として、猪苗代湖湖水の水質に影響を及ぼす要因を近年の水質調査結果をもとに考察した。

*Effects of Inflow Rivers on Water Quality of Lake Inawashiro

** Minoru WATANABE, Yoshihiko KUNII, Shunji WATANABE (福島県環境センター) Fukushima Prefectural Environmental Center

2. 方 法

2.1 調査地点

調査地点は、猪苗代湖(湖心)および図2の長瀬川(小金橋)、長瀬川(上長瀬橋)、酸川(酸川野)の4地点で行った。

2.2 調査時期

4月から翌年2月まで年6回行った。ただし、湖については、冬期間(12月、2月)は特別な場合を除いて調査は実施していない。

2.3 調査項目

pH, EC(電気伝導度), SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , F^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ ,

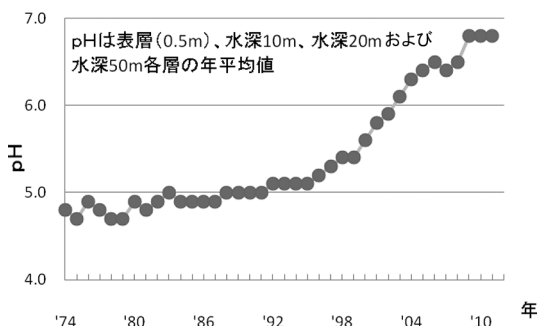


図1 猪苗代湖湖心のpHの推移

PO_4^{3-} , Fe, Mn, Al等JIS法に従って分析した。

3. 結果および考察

3.1 猪苗代湖の水質の推移

猪苗代湖は福島大学が行った1981年の調査²⁾で

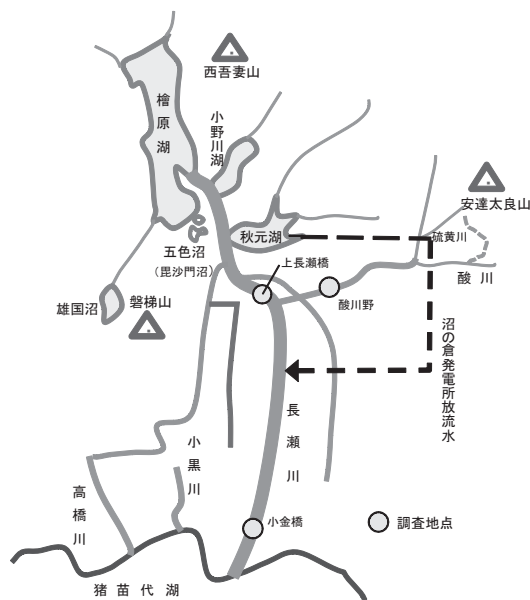


図2 調査地点と上流域の概要

表1 猪苗代湖(湖心表層)の水質の変遷

採水年月	1981.8	1989.9	2001.8	2011.8
pH	4.89	4.9	5.87	6.90
(H) (mg/L)	0.0129	0.0126	0.0014	0.0001
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	—	—	121	112
Na (mg/L)	6.70	—	7.16	7.04
K (mg/L)	1.70	—	1.75	1.54
Mg (mg/L)	2.30	—	2.21	2.13
Ca (mg/L)	8.70	—	8.80	8.13
Fe(T) (mg/L)	0.09	—	<0.01	<0.01
Mn (mg/L)	0.11	0.13	0.08	<0.01
Al (mg/L)	0.46	0.60	0.01	<0.01
F (mg/L)	0.16	—	0.10	0.15
Cl (mg/L)	9.70	—	9.56	9.67
NO_3 (mg/L)	—	0.89	0.93	0.66
SO_4 (mg/L)	34.8	35.0	32.3	29.0
HCO_3 (mg/L)	0.3	3.0	0.9	3.3
備 考	福島大学データ (福島大学学報 第6巻第1号/ 1984.1)	福島県データ (水質年報)	環境センター データ(2002)	環境センター データ(2012)

は pH が 4.89 と 5 未満であり (表 1), 5 を超えたのは 1992 年³⁾であった (図 1)。以後, 最近に至るまで上昇が続いた。湖内の硫酸イオンおよびアルミニウムは, 1981 年調査から現在に至るまで漸次低下している。鉄は, 福島大学の 1981 年調査時では検出されたが, 最近の調査では検出されなくなった (表 1)。

湖水の主要成分は陽イオンでは, カルシウムイオンであるが, めだつた変化はない。陰イオンでは硫酸イオンであり, 表 1 のとおり 2001 年から 2011 年の間に, 湖心表層で約 10% 減少した。それ以外の成分では, 多少の増減がみられた程度であった。

イオン当量濃度の推移をみると, この 10 年間に最大 10% 程度の濃度低下があり, 現在は 10 年前の水準に戻りつつある (図 3)。

3.2 流入河川の水質の特徴

湖水の水収支を確認するため, 2006 年から 2009 年にかけて当センターが実施した流入流出河川の調査結果⁴⁾では, 湖へ流入する水量の 7 割以上が, 主要流入河川である長瀬川と発電所からの放流水 (いずれも長瀬川水系) とであること (表 2) を確認している。小黑川, 高橋川などその他の流入河川の水量は, すべて合わせても 10% 強にしかない (図 4)。

いずれの河川も年間を通して成分変化が少な

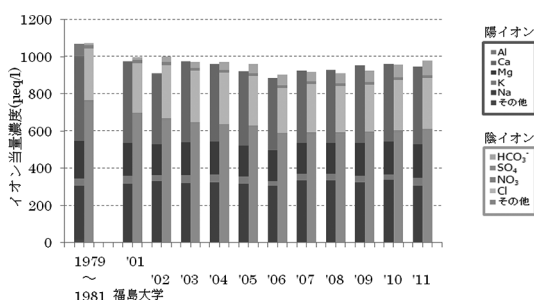


図 3 猪苗代湖 (湖心全層) の水質の推移

い。各成分の負荷量では, 長瀬川水系で全体の 70% 以上を占めている。

流入河川の調査結果から降水も含めた各流入河川平均の平均水質を求め, それらを合わせると湖心の平均水質とほぼ同じになる (表 2)。

したがって, 湖水の影響を考えるうえで, 流入河川が大きな影響を及ぼしていると考えられる。

湖水の主要成分である硫酸イオンとカルシウムイオンの濃度分布を表わした図 5 では, 湖水はカルシウムイオン濃度, 硫酸イオン濃度ともに全流入河川のほぼ中央に位置している。

しかし, 各成分と EC の比を取り, 同様な図 6 では, 湖心の SO_4/EC 比は, 長瀬川に次ぐ高値で突出して高い。このことは, 硫酸イオンに関して湖水が長瀬川から大きな影響を受けていること

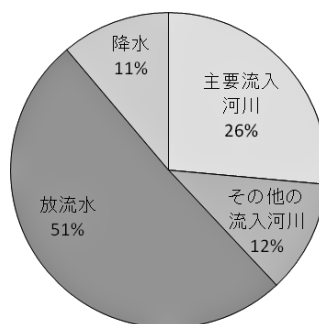


図 4 猪苗代湖内流入水の割合 (2007)

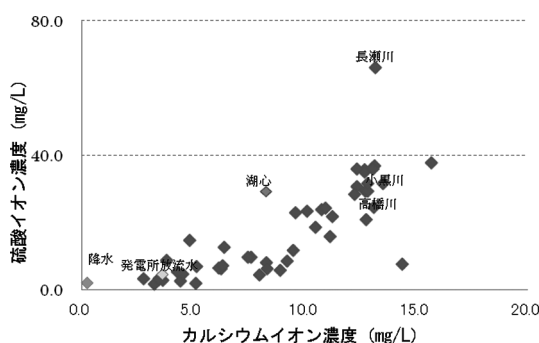


図 5 猪苗代湖と流入水の水質比較 (I)

表 2 湖面降水を考慮した湖内流入水と猪苗代湖の平均水質の比較 (2007)

	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
湖内流入水等	7.26	1.46	1.98	7.64	8.81	0.88	26.0
湖心全層平均	7.49	1.43	2.00	7.88	9.24	0.90	28.0

※1 単位は mg/L

※2 湖面降水の各成分結果は, 平成 18 年度酸性雨調査 (羽鳥湖) のデータを用いた

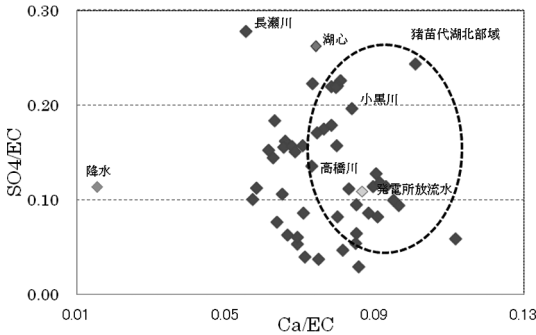


図6 猪苗代湖と流入水の水質比較(2)

を示すものと思われる。また、Ca/EC比が湖心より大きい値を示す河川は、小黒川や高橋川などの猪苗代湖北岸域または磐梯山周辺の河川で占められている。それ以外の河川水はCa/EC比またはSO₄/EC比、もしくは両方とも小さい。

3.3 主要流入河川の成分濃度および負荷量の推移

図2に水質モニタリング調査を実施した地点の概要を示した。北から南へ順に酸川(酸川野)、長瀬川(上長瀬橋)および長瀬川(小金橋)の長瀬川水系の三地点である。

調査内容は、pH、鉍酸酸度負荷量、イオン当量負荷量、EC、カルシウムイオン及び硫酸イオンの濃度と負荷量の結果を示した。濃度は1年間の総負荷量を総流量で除して算出した値を平均濃度とし、負荷量は1年間の単純平均を用いた。

○酸川(酸川野)

安達太良山周辺の源流域の廃坑跡や温泉源泉から強い酸性水が供給されており、硫黄川(酸川上流)を経由するルートと温泉源泉から温泉街へ引き湯した水が流れ込むルートがあり、2つは酸川で合流する。酸川(酸川野)は2つのルートが合流した後の地点で、2つのルートの影響を強く受けている地点でもある。

各成分の負荷量は2006年に一時的に低下がみられた(図7.1)。

pHは概ね上昇傾向にある。2002年から2011年の間に2.9(2002年)から3.1(2011年)へと上昇した。鉍酸酸度負荷量は2007年からの測定であるが、概ね減少傾向にあり、413 g/s(2007年)から338 g/s(2011年)に減少し、その減少率は約18%である(図7.2)。

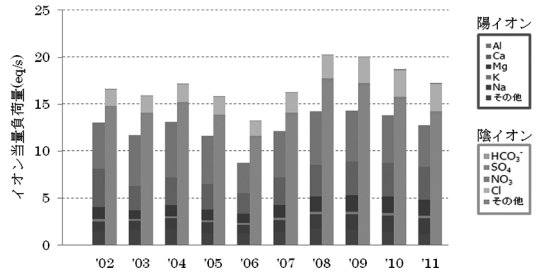


図7.1 水質の推移(酸川酸川野)

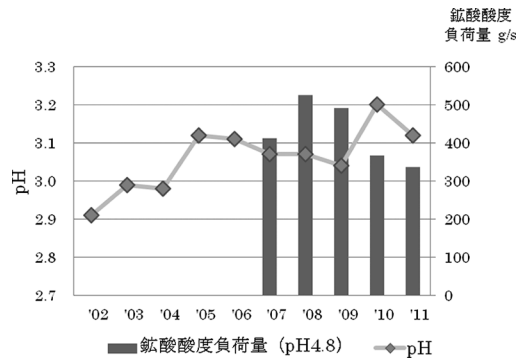


図7.2 pHと鉍酸酸度負荷量の推移

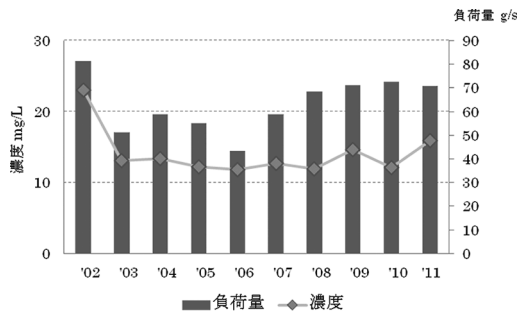


図7.3 カルシウムイオンの推移

カルシウムイオンは濃度、負荷量とも多少の変動はあるが一定方向の変化を示すものではなかった(図7.3)。

2002年から2011年までの10年間の変化量は小さかった。硫酸イオン濃度は2005年まで低下が続いた(図7.4)。濃度は198 mg/L(2002年)から152 mg/L(2011年)に低下し、1年間当たりの減少量は5.1 mg/Lと約23%減少し、同様に負荷量は700 g/s(2002年)から670 g/s(2011年)に減少し、平均すると105 t/年の割合で供給量が減少した。

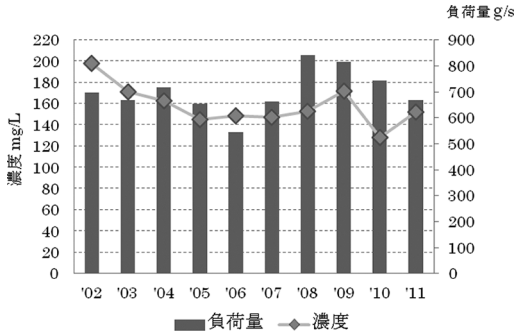


図 7.4 硫酸イオンの推移

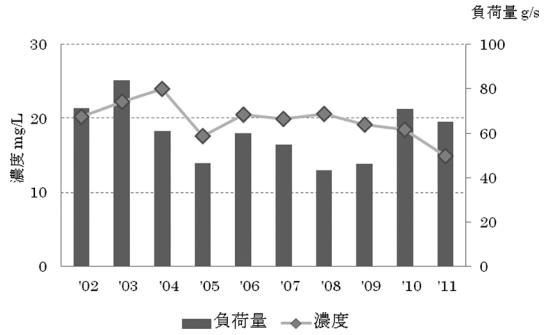


図 8.3 カルシウムイオンの推移

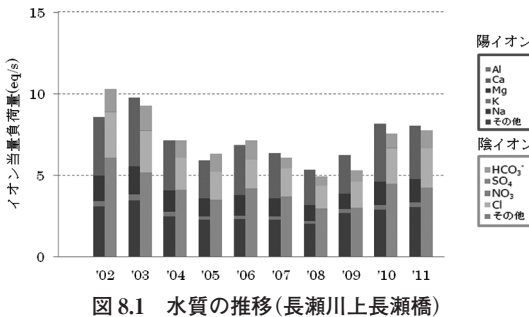


図 8.1 水質の推移 (長瀬川上長瀬橋)

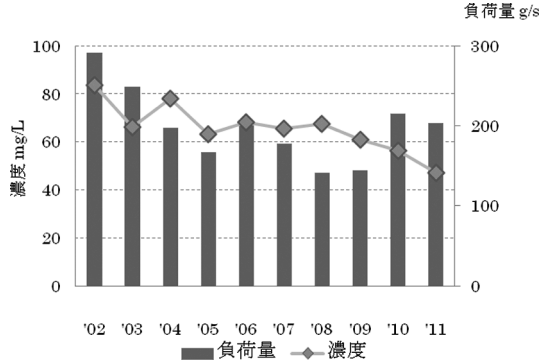


図 8.4 硫酸イオンの推移

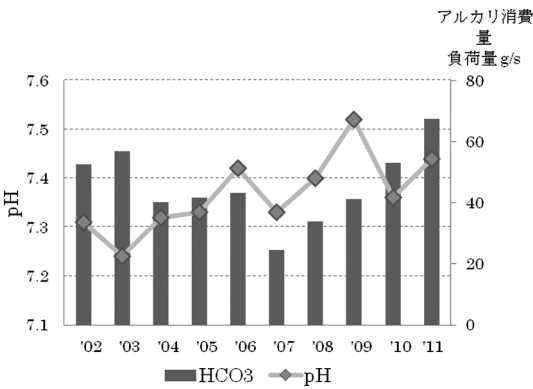


図 8.2 pH とアルカリ消費量の推移

○長瀬川(上長瀬橋)

当該地点は、磐梯山の北側を水源とする長瀬川の上流地点である。成分負荷量は概ねどの成分も低下傾向にあるが、2008年頃から傾向が変わったように思える(図 8.1)。

pH は7.3(2002年)から7.4(2011年)へとわずかに上昇した。アルカリ消費量は概ね上昇傾向にある(図 8.2)。

カルシウムイオン濃度はやや低下傾向にある(図 8.3)。硫酸イオンは濃度、負荷量ともに低下

し、2002年から2011年までで濃度は84 mg/L から47 mg/L へ低下(45%減)し、負荷量は315 t/年の割合で減少した(図 8.4)。

○長瀬川(小金橋)

当該地点は長瀬川河口から約2.1 km 上流に位置している。上流で裏磐梯湖沼からの中性の河川水と酸川からの酸性水が常に混合し、凝集沈殿が生じていること、さらにその下流では、それとは別に、裏磐梯湖沼由来の河川水が発電所放流水として長瀬川に混合するため水質が安定しない。当該調査では、事前に放流時間を確認して、放流前の水を採用している。

各成分の負荷量は変動はあるものの、概ね減少傾向にある(図 9.1)。

pH は3.6(2004年)から4.0(2011年)に上昇した。鉍酸酸度負荷量は186 g/s(2004年)から90 g/s(2011年)に減少した(図 9.2)。カルシウムイオンは濃度はほとんど変動がなかった(図 9.3)。

硫酸イオンの濃度は88 mg/L(2004年)から72 mg/L(2011年)と16 mg/L 減少(20%減)した。1

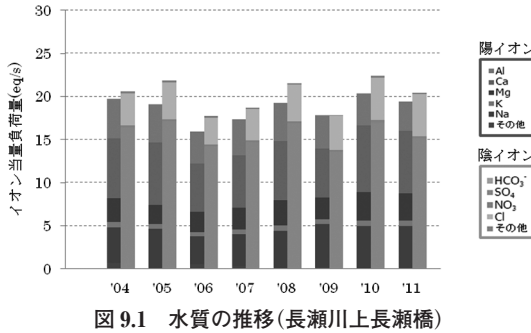


図 9.1 水質の推移(長瀬川上長瀬橋)

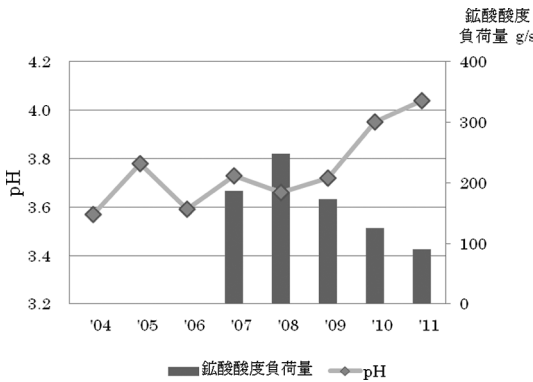


図 9.2 pH と 鋳酸酸度 負荷量の 推移

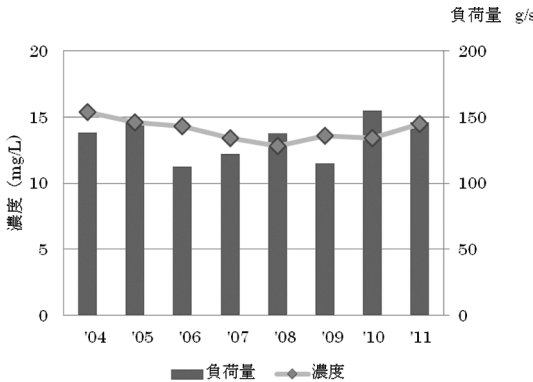


図 9.3 カルシウムイオン濃度の推移

年間あたりでは2.3 mg/L (2.6%減)の減少。負荷量では788 g/s(2004年)から726 g/s(2011年)と62 g/s減少し、1年間あたりでは279 t減少した。

調査した3地点の内、上流の二地点からの主要イオンの和は長瀬川(小金橋)での値とほぼ同程度となった。また、酸川(酸川野)でpHの経年的上昇および硫酸イオンの濃度低下がみられ、鋳酸酸度の低下があることから、上流域からの酸性水の供給減少が湖水のpH上昇に大きな影響を与えて

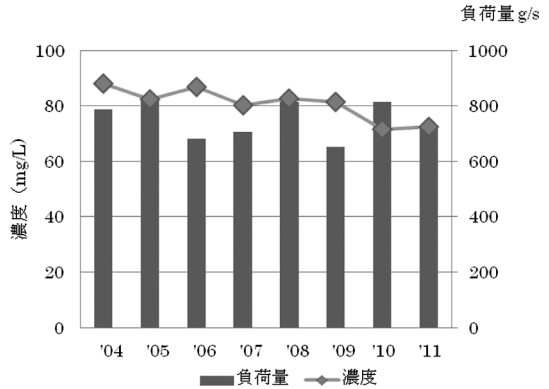


図 9.4 硫酸イオン濃度の推移

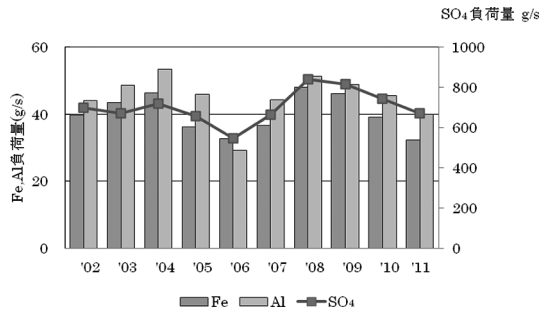


図 10 Fe, Al, SO₄負荷量の推移(酸川酸川野)

いると考えられる⁵⁾。

3.4 金属成分の推移

湖心の大きな変化に鉄、アルミニウムといった金属成分が検出されなくなったことがあげられる。酸川(酸川野)では、鉄、アルミニウムの成分濃度に大きな変動はないが長瀬川合流後の下流の小金橋においては、鉄の負荷量減少が著しい。

アルミニウムは酸川(酸川野)の河川水より負荷量で約20%程度減少しているだけだが、湖水では全く検出されなくなった。これは、酸川(酸川野)で生じている経年的な鋳酸酸度の低下が影響し、アルミニウム濃度低下・負荷量減少が生じているものと思われる(図10, 12)。

長瀬川(上長瀬橋)では他の二地点比べると鉄、アルミニウム等の金属成分の負荷量はごく少ない(図11)がこれらの金属成分の負荷量は硫酸イオンの負荷量と同じように増減しており、硫酸がこれらの物質の動態に深く関わっているものと思われる。

酸川の酸性水が下流で長瀬川と合流する場合や

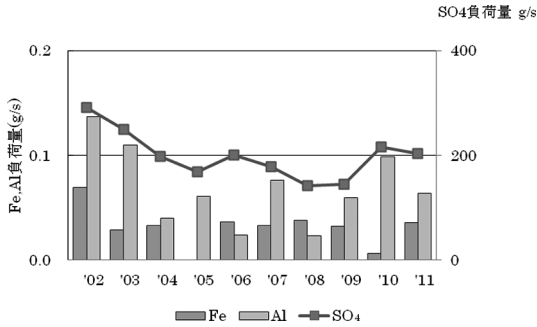


図 11 Fe, Al, SO₄ 負荷量の推移(長瀬川上長瀬橋)

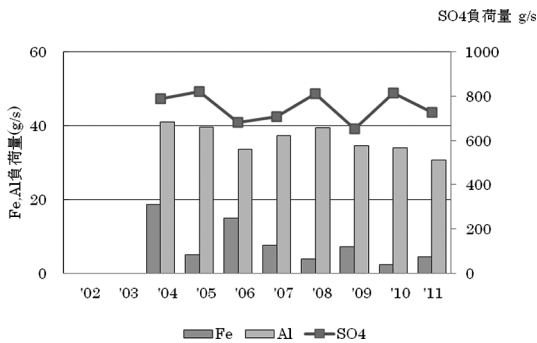


図 12 Fe, Al, SO₄ 負荷量の推移

発電所放流水が長瀬川に放流される際は、急激な pH 上昇が生じるため、酸性下で溶解可能な金属成分の不溶化が生じる。鉄を主体とし、アルミニウム他を含んだ茶色の凝集物(フロック)を生成する⁶⁾。このため、合流地点以降の川原は一面赤茶色に染められている。凝集沈殿物は下流に移動し、湖底に堆積している。2004年から2005年に実施した ROV(自航式水中ビデオカメラ)による湖底調査⁷⁾では、湖底一面にフロック層が堆積している様子が見られた。場所により、多少の差はあ

るもの層の厚さは約20 cm 以上あった。

4. ま と め

主要成分の調査から流入河川水が猪苗代湖の水質に大きな影響を与えているものとして、とりわけ 1995年頃から継続している湖水の pH 上昇は酸川上流の鉍酸酸度負荷量が減少していることから硫酸等の酸性物質の減少が影響しているものと考えられる。硫酸イオン以外の成分については、酸川およびその上流の硫黄川では明確な増減傾向はなかった。

また、磐梯山北側から流下する長瀬川(上長瀬橋)では、硫酸イオン等の成分濃度および負荷量が経年的に低下していることから、湖心の成分濃度に影響を与えているものと考えられる。

以上のことから、猪苗代湖湖水は安達太良山および磐梯山周辺からの流入河川水の影響を強く受けているものと示唆された。

— 参 考 文 献 —

- 1) 「清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る講座」運営協議会：清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る水環境研究誌。p 8, 2008)
- 2) 福島大学：福島大学学報第 6 巻第 1 号
- 3) 福島県水質年報, 1974~2011
- 4) 福島県環境センター：福島県環境センター年報第13号。p 41-52, 2011
- 5) 福島県環境センター：福島県環境センター年報第14号。p 23-26, 2012
- 6) 「清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る講座」運営協議会：清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る水環境研究誌。p 23-33, 2008
- 7) 「清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る講座」運営協議会：清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る水環境研究誌。p 161-168, 2008