

長瀬川及び猪苗代湖における各種イオン特性と pH の関係について

日本大学大学院 学生員 ○山田 章子
日本大学工学部 正 員 長林 久夫
日本大学工学部 平山 和雄

1. はじめに

猪苗代湖は長瀬川上流の桧原湖、小野川湖、秋元湖と湖周辺からの自然水と、長瀬川、酸川上流における硫黄川源流の強酸性水の流入により硫酸酸性の栄養状態になっている。しかし、ここ 20 年の間にわずかながら pH の上昇がみられ、平成 5 年からは湖岸付近で黒色浮遊物の発生が報告されている。猪苗代湖の中性化が進むと有機性汚濁物質が沈降しなくなり、リン濃度に影響が出て富栄養化となり水質を悪化させる要因となる。長林^{1),2)}、藤田²⁾らは長瀬川、猪苗代湖における硫酸をもとにした pH の推定式を構築したが、pH6 近傍での湖内 の変化について解析できていない点がある。そこで本研究では猪苗代湖と主要な流入河川である長瀬川の含有元素の特性から pH の推定式を求めた。

2. 調査方法

図1に猪苗代湖流域の概要図を示す。長瀬川、及び猪苗代湖周辺の河川のイオン負荷特性を検討するため、長瀬川においては上流から湯川橋、酸川野、沼ノ倉、長瀬川橋、小金橋、周辺河川においては舟津川、菅川、常夏川、原川、また猪苗代湖で現地観測を行った。調査内容は各地点で流量観測を行い、採水した試料をホリバ D21 から pH を、高感度イオンクロマトグラフィー（日立製作所）から、陰イオン、陽イオン濃度を、誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES Optima4300DV Perkin Elmer)から含有元素濃度を測定した。

3. 長瀬川における各種イオン負荷量の検討

図2に 2004 年度に日本大学で計測した長瀬川における各地点でのイオン負荷量の平均値を示す。この図より、Ca,Na,Mg は流下に伴い負荷量の平均値が高くなっていることがわかる。また、Fe は酸川野から沼ノ倉にかけて Fe イオンがリンや汚濁物質と吸着しフロックを形成しているため流下に伴い負荷量が減少していると推測できる。SO₄ と Al については計測点による変動はほぼ一様である。また、猪苗代湖周辺河川の含有元素の負荷量を図3に示した。各種イオン負荷量について各々の特徴はあるものの含有量は長瀬川に比べると非常に小さい。また、表 1 より、長瀬川に比べ河川での pH は 7 前後と中性をしめしている。



図1 猪苗代湖流域概要図

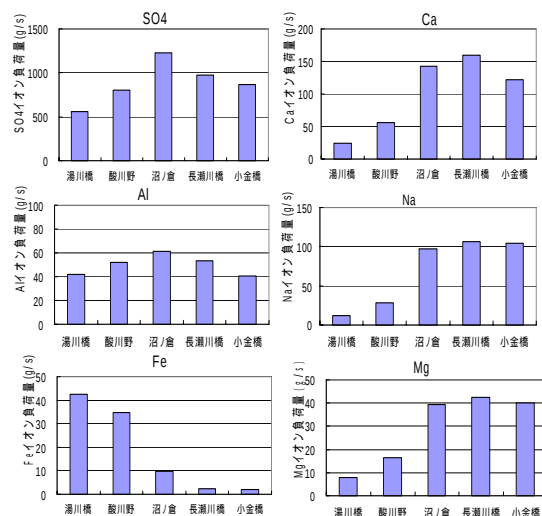


図2 長瀬川における各種イオン負荷量の平均値

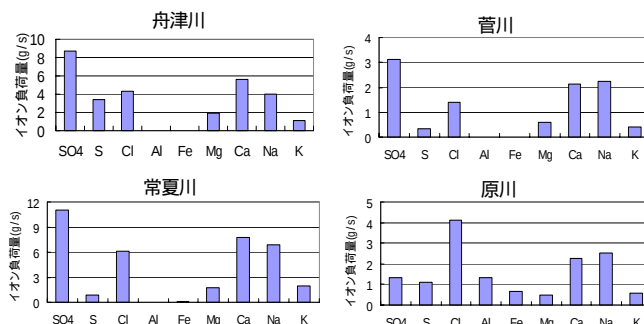


図3 猪苗代湖周辺河川の水質

表1 猪苗代湖流域河川における pH の平均値

長瀬川	舟津川	常夏川	菅川	原川
3.52	7.00	6.73	6.96	7.18

4. 長瀬川における硫酸濃度と含有元素の比率との関係

図4に長瀬川流域における pH と、硫酸イオンと主な含有元素の比率の関係を示した。Ca, Na, Mg では pH の上昇に伴い含有元素の比率も大きくなり、水中に溶けやすい元素だといえるだろう。図5に長瀬川における硫酸イオン濃度と主な含有元素との比率の関係を示した。図5より、Ca, Na, Mg においては、硫酸濃度が低くなると、含有元素

の比率が高くなる傾向が見られるが、Fe や Al の比率においては硫酸濃度との関係は見られない。そこで本研究では Ca, Na, Al の中和反応を考慮して、長瀬川における pH と硫酸イオン濃度との関係式を求める。

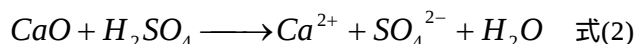
4. 長瀬川流域における pH と硫酸イオン濃度の関係

本調査と福島県³⁾による測定結果から得られた結果を次式に示す

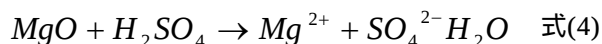
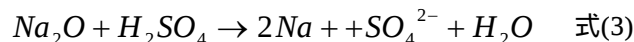
$$pH = 12.5 \left(SO_4^{2-} \right)^{-0.285} \quad \text{式(1)}$$

次に主要な含有元素の中和反応を考える。

Ca^{2+} が全て CaO と H_2SO_4 による中和で生じたとすると、



同様に Na, Mg の中和反応を計算式に加えると



よって、pH の推定式は次式のように求められる。

$$pH = -\log \left\{ \frac{2[SO_4^{2-}]}{96} - \frac{2[Ca^{2+}]}{40} - \frac{[Na^+]}{23} - \frac{2[Mg^{2+}]}{24} \right\} \times 10^{-3} \quad \text{式(5)}$$

以上の計算結果を図6に表す。このグラフから、硫酸のみを考慮して計算した場合と、Ca の中和を計算に加えた計算式では実測値との差が大きい。しかし Na の中和を考慮に加えると計算式は実測値に近づく。Mg については、硫酸イオンに対する含有比率が 0.1 未満と Ca や Na に比べると小さいため大きな影響は与えないが、わずかなではあるがさらに実測値に近づく。

5. まとめ

Ca, Na, Mg の中和を考慮することで、硫酸イオン濃度から pH を推定した。計算値は実測値に近づき pH6 近傍の猪苗代湖内の変化も概ね表すことができた。そして硫酸イオンの他に、Ca, Na などの比率の大きなものが湖内の中性化に影響を与えていることがわかった。今後さらに他の含

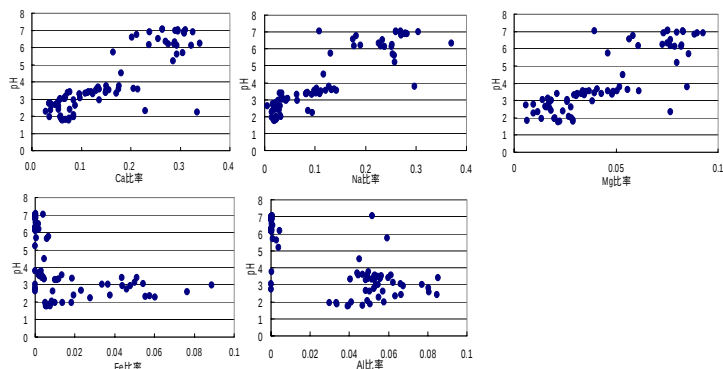


図4 長瀬川における含有元素比率の pH の関係

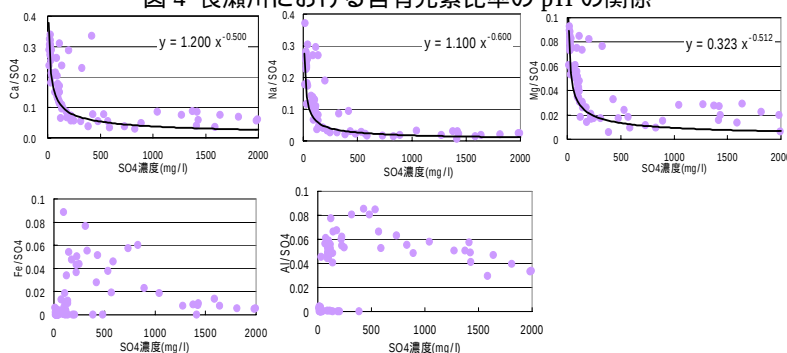


図5 硫酸濃度と含有元素比率の関係

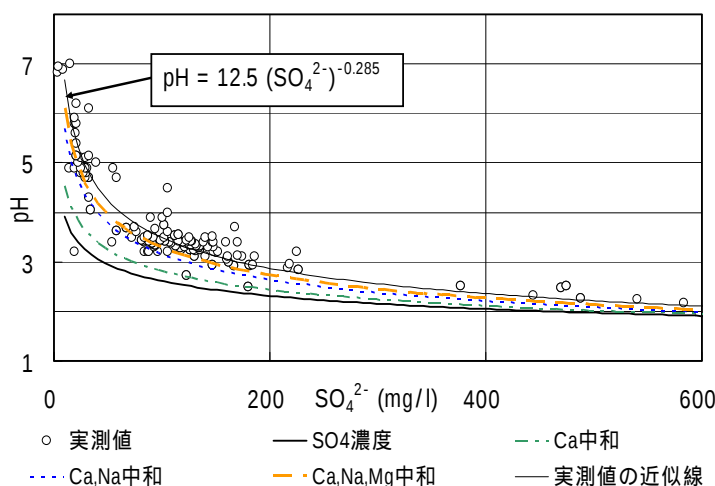


図6 長瀬川、猪苗代湖における pH と硫酸イオン濃度の関係

有元素と特性を調べ pH 上昇の要因を解明し、計算の精度をあげていく必要がある。

参考文献：

- 1) 長林・藤田：猪苗代湖における pH の推移に関する検討，東北地域災害研究第 36 巻，pp.135-140, 2000.
- 2) H.NAGABAYASHI, et al: Simulated Analysis of Water Quality Transition in a Sulfuric-acid Lake, Proc. 13th IAHP-APD, Singapore, pp.931-935, 2002.
- 3) 福島県生活環境部：福島県水質年報