

II-119

小野川湖における主要元素濃度の特性

日本大学大学院 学生員 ○小川 裕正
日本大学工学部 正会員 長林 久夫

1. はじめに

微量な重金属は栄養塩類と同様に生物活動において必須であるものの、過剰な摂取は生態系への影響を及ぼすことで問題とされている。湖沼等の閉鎖性水域では嫌気の状態への移行により、栄養塩さらに金属塩の可溶化により重金属の溶出が行なわれることが知られている。この重金属の多量な蓄積は水域の汚染源になり得る。しかし公共水域での水質モニタリングでは一部の重金属類を除いては詳細な計測が行なわれていることが少ない。

そこで本研究は福島県裏磐梯地域に位置している小野川湖において計測を行い、季節変動に伴う金属類の特性を明らかにした。さらに主成分分析を用いて重金属濃度と各水質項目との関係について検討を行った。

2. 現地調査及び分析方法

調査は2004年5月から11月にかけて、月1回の頻度で最深部において多項目水質計(ACL1183-PDKアレック電子社製)を用いて、水面から1mの測定間隔で水温(WT)、クロロフィルa、電気伝導度(EC)、濁度(TB)、溶存酸素(DO)、水素イオン濃度(pH)の項目について計測を行なった。また表層から2m間隔で採水を行なった。採水した試料は誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES Optima4300DV Perkin Elmer 製)を用いて元素濃度の測定を行なった。

3. 結果及び考察

3.1 湖内における主要元素濃度特性

図-1に最深部における主要元素濃度の等値線分布図を示す。小野川湖においては23種類の元素濃度が確認された。ここではAl, Ca, Feの3種類を示す。Alは水中では主にコロイドの形態¹⁾で存在すると言われており、7月上旬までにおいては全層にわたり、0.01ppm～0.02ppmとほぼ様な濃度分布を示している。7月中旬から10月の湖底付近においては、0.03ppmとやや濃度は高くなるが、特に大きな差異はみられていない。Caは流域の地質構造に反映された形で現れやすい。特に関

東地方の河川ではCa濃度が高いものとなっている^{1), 2)}。小野川湖に流入する主要5河川での計測では平均濃度は4.14ppm程度であり、大きな差異は見られていない。CaもAl同様、湖内においては7月中旬から湖底付近において濃度の増加が認められ、9月～10月の湖底では7ppmと高濃度な層が形成されている。成層崩壊期である11月においては全層に渡り4ppm程度となる。Feは7月の湖底から濃度の溶出が認められる。10月の湖底では8.68ppmを示している。これは湖底が還元状態に移行するに伴い底質からの溶出が行なわれていることが明確に現れている。特にこれら3元素は無機態リンと選択的に結合しリン酸塩として存在する。細見³⁾らによれば底泥中の含有率は主にFe-P>Ca-P>Al-Pの順で構成されており、溶出するリンは、ほとんどがFe-Pであると言われる³⁾。これらの溶出には底質の組成、酸化還元状態及び水温に伴う季節変動に影響されていると思われる。さらにアルカリ金属に属するKやNaにおいては、水温成層の形成時において殆ど成層化が見られなく、緩やかな逆成層を形成していることが確認された。従って、各元素間の挙動とさらに各水質項目の関係について以下に述べる。

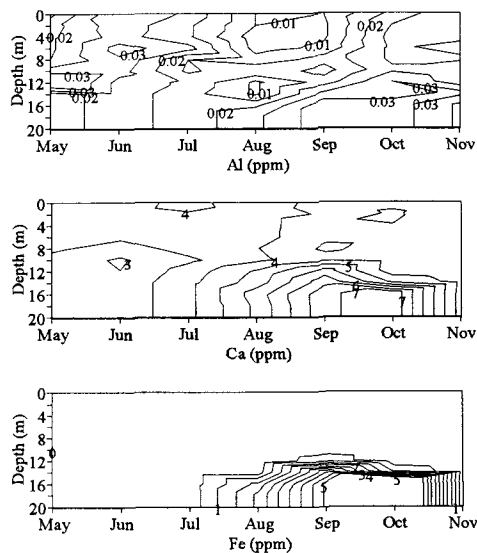


図-1 Al・Ca・Fe濃度の等値線分布

3.2 主成分分析における水質特性

3.2.1 各元素と水質の相関関係

表-1 に主要な 8 元素の各元素間の相関係数を、表-2 に各元素と調査項目である水温 (WT)、電気伝導度 (EC)、溶存酸素 (DO)、水素イオン濃度 (pH) の相関係数を示す。表-1 より各元素の組み合わせにより、相関に違いが見られる。例えば Al や Cu は他の金属元素とは無相関の分布を示している。一方 Ca は Fe や Mg、Mn と特に強い相関関係を示している。表-2 から水温は K、Na を除く物質とは相関が見られない。EC 及び DO については、Ca、Fe、Mg、Mn との相関が強いことが認められるが、EC とは正の相関を示し、DO とは負の相関関係を示している。pH ではアルカリ金属類に属する K と Na で強い相関を示している。これより元素によって各水質項目との相関は著しく異なることが分かる。

表-1 各金属元素濃度の相関マトリックス

	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na
Al	1.00	—	—	—	—	—	—	—
Ca	0.14	1.00	—	—	—	—	—	—
Cu	0.16	0.23	1.00	—	—	—	—	—
Fe	0.29	<u>0.83</u>	0.01	1.00	—	—	—	—
K	-0.08	0.39	0.12	0.11	1.00	—	—	—
Mg	-0.20	<u>0.81</u>	0.27	<u>0.51</u>	<u>0.60</u>	1.00	—	—
Mn	0.15	<u>0.89</u>	0.04	<u>0.86</u>	0.03	<u>0.60</u>	1.00	—
Na	-0.03	0.04	0.28	-0.23	<u>0.86</u>	0.33	-0.36	1.00

表-2 水質と各金属元素濃度の相関マトリックス

	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na
WT	-0.40	-0.14	-0.25	-0.28	<u>0.74</u>	0.27	-0.37	<u>0.72</u>
EC	0.23	<u>0.72</u>	0.16	<u>0.70</u>	0.14	<u>0.53</u>	<u>0.73</u>	-0.16
DO	0.12	<u>-0.70</u>	-0.08	<u>-0.56</u>	0.05	<u>-0.52</u>	<u>-0.80</u>	0.41
pH	-0.01	0.33	0.26	0.08	<u>0.71</u>	0.51	0.07	<u>0.62</u>

3.2.2 主成分分析における分布特性

相関係数を用いて分析を行なった為、固有値が 1 以上を目安とすると三つの因子抽出された。第一主成分の寄与率は 39.5%、第二主成分は 29.2%、第三主成分は 11.7% であり全変動に対して 80.4% が説明される。ここでは第一主成分と第二主成分までについて検討する。図-2 に第一主成分と第二主成分の主成分負荷量を示す。第一主成分は 9 パラメータが正に寄与しており Mn・Mg・Fe・Ca・EC は著しく大きい。このことから第一主成分は特に金属元素の総含量因子と考えられる。第二主成分に対しては 8 パラメータが正に寄与しており Na・K・pH・WT は著しく高い。一方、他のパラメータは

小さいものとなっている。特に Mn・Fe・Al・EC は負に寄与している。従って Na・K・pH・WT の寄与を代表しているものと考えられる。図-3 に第一主成分負荷量と第二主成分負荷量の関係を示す。Fe・Mn は還元状態で溶解し、酸化状態で沈殿する形態を示す¹³⁾と言われている。この図より Fe・Mn 負荷量は類似した傾向を示しており、ある程度の水質項目と金属元素の挙動は明らかにできたものと思われる。

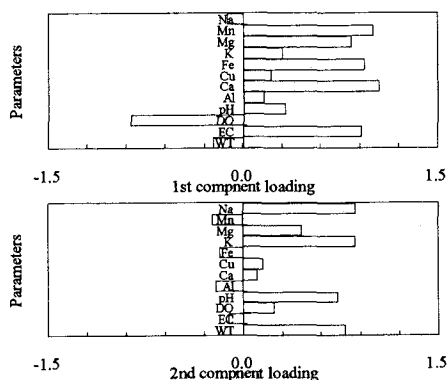


図-2 各パラメータと主成分負荷量の関係

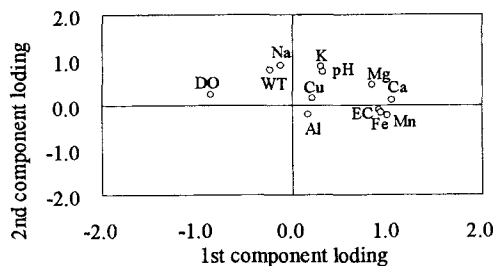


図-3 第一主成分負荷量と第二主成分負荷量の関係

4. おわりに

今後は他の金属元素間の挙動を詳細に明らかにし、金属元素と水質項目だけでなく、窒素やリンといった栄養塩類及び流入河川、季節変動など要因を考慮し検討を加える予定である。

【参考文献】

- 1) 竹内 均 監修 (2003): 地球環境調査計測事典 第 2 巻陸域編②, フジ・テクノシステム, p378.
- 2) 日本地下水学界編 (2000): 地下水質の基礎—名水から地下汚染まで—, 理工図書, pp143-155.
- 3) 細見正明 他 (1979): 湖沼底泥からのリン溶出に関する研究, 水質汚濁研究, Vol. 2, No. 3, pp157-162.