

西湖の水質鉛直分布の季節変動について（2012年度）

長谷川裕弥 吉澤一家

Seasonal variations in Water quality of Lake Saiko (2012 year)

Yuya HASEGAWA, Kazuya YOSHIKAWA

キーワード：西湖，季節変動，水温，窒素，リン

山梨県では西湖を含める富士五湖の水質環境（窒素やリン等の栄養塩類濃度）を調査するために毎月1回富士五湖補足調査を実施している。一方で、山梨県総合理工学研究機構の「クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究」において、2012年度から西湖の水温や内流、光量等の水環境調査を実施している¹⁾。これらの調査結果を合わせて解析することで、西湖の水質鉛直分布の季節変動を明らかにした。

西湖の概要

西湖（北緯35°29'，東経138°41'）は富士山北嶺に位置する富士五湖を構成する湖沼の一つである。湖水面積2.10km²、最大水深71.7m、周囲9.85km、集水域33.0km²、貯水量0.081km³、標高900mであり、西端には西湖最大の水量を持つ本沢川が流入している。北部の一部は扇状地になっており伏流水および湧水が流れ込んでいる。南部一帯は溶岩で形成されており、東部には河口湖に放流するための排水路がある。2010年には、田沢湖（秋田県）で絶滅したと思われていたクニマスが西湖で生息していることが確認された。

調査方法

1 調査地点及び時期

図1に示す西湖湖心で2012年4月から2013年3月まで毎月1回、バンドーン採水器（離合社製）で水深別（0、4、8、30、67m）に湖水を採取した。また、水温の季節変動を明らかにするために湖心に水温計を水深別（0.5、2、4、6、8、10、15、20、30、40、50、60m）に設置し、1時間間隔で連続測定を行った。これと併せて湖岸（図1）に気象計及びデータロガーを設置し、気象条件（気温や風向、風速、雨量等）を30分間隔で連続測定した。水温及び気

象条件は、2012年5月26日から連続測定を開始した。



図1 西湖調査地点²⁾

表1 調査項目及び分析方法

項目	測定機器・分析方法
水温計	UTBI-001 (HOB0)
気象計	ウェザーステーション及びデータロガー (DAVIS)
全窒素	高圧分解-紫外線吸光度法
硝酸性窒素	イオンクロマトグラフ法
アンモニア性窒素	イオンクロマトグラフ法
亜硝酸性窒素	イオンクロマトグラフ法
全リン	高圧分解-モリブデン青法
ケイ酸	モリブデン黄法
溶存態	

2 調査項目及び分析方法

試料は、保冷して搬入した後に当所で分析した。全窒素と全リンは試料をそのまま分析した。硝酸性窒素、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、ケイ酸は孔径0.45μmのメンブレンフィルター（ミリポア HAWP0045）でろ過してから分析した（溶存態試料）。各項目の測定機器および分析方法は表1にしたがった。

調査結果

1 水温の季節変動について

西湖には流入する河川が少ないため湖水の表層水温は、その地域の気温の影響を最も大きく受けると考えられる。湖心に設置した水温計の水温データと湖岸に設置した気象計の気温データの関係を図2に示す。ただし、2013年2月5日から3月31日までは水温計を設置したロープが切れたため解析結果からは除いた。その結果、一年を通じて表層(0.5m)の水温と気温の間には高い相関関係が得られ($R^2 = 0.93$)、湖水の表層水温は気温変化に伴って温度変化していることが明らかになった。

また、中緯度にある多くの湖沼は十分に深ければ、春に水温躍層を形成し、秋にそれを失う水温の季節変化が生じるといわれている³⁾。そこで西湖湖心に水深別に設置した温度計データより水温分布の季節変動の検討を行った(図3)。5月より徐々に表層水が温められ、水温の高い表層水(暖かい水塊)と水温の低い深層水(冷たい水塊)との間に水温躍層が形成された。7月の下旬から9月の中旬まで4~15mの安定した水温躍層が形成され、その期間は水の鉛直混合がなくなっていると考えられる。最も水温躍層が形成されていた時は、深度2mについて約5の水温低下があった。その後、9月より気温の低下とともに表層水の水温も低下しはじめると9月下旬から徐々に

水温躍層が薄くなり、11月までに全層の水が混合されてほぼ等温になった(秋季循環)。水深30m以下では、一年を通じて約5を保っていた。また、1973年7月の西湖湖心においては5~20mに⁴⁾、1996年8月においては9~16m⁵⁾に水温躍層が認められており、過去の測定結果と比較しても大きな変化はなかった。

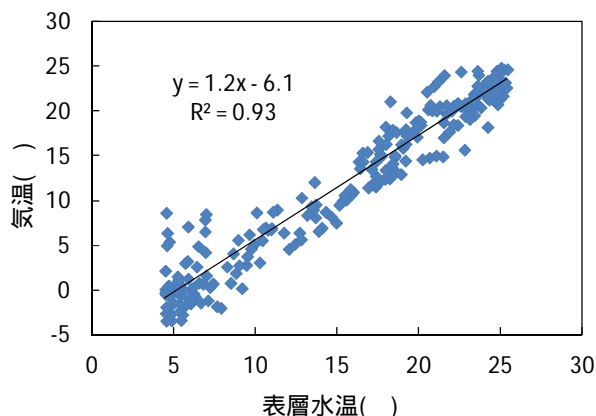


図2 表層水温(0.5m)と気温の関係

2 栄養塩類の季節変動について

硝酸性窒素、アンモニア性窒素、全リン、ケイ酸濃度の水深別の季節変動について以下に示す。ただし、4月の30、67m及び10月の4、8、30、67mは欠測のためデータ解

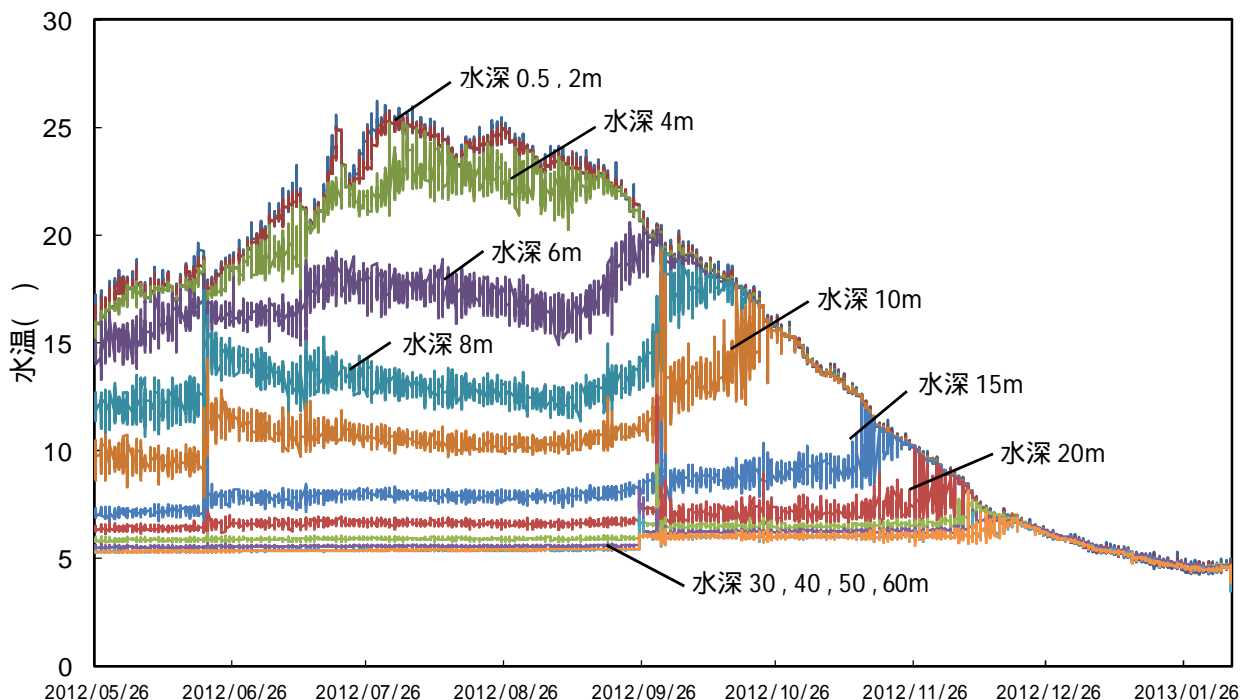


図3 西湖湖心の水温鉛直分布の経時変化について

析から除外した。

硝酸性窒素(図4)：硝酸性窒素は、窒素成分の中で最もありふれた形態であり、植物プランクトンの窒素源として利用されている³⁾。硝酸性窒素濃度は、水温躍層を形成しはじめる6月から表層水の濃度が低下しはじめ、夏期に最も低くなった。これは、植物プランクトン等による硝酸性窒素の取り込みが降雨等からの流入量を上回り、さらに水温躍層を形成することで鉛直混合がなくなり深層水からの供給も制限されるためである。一方で深層水は、水温躍層の形成とともに硝酸性窒素濃度が上昇しはじめ、秋季循環期に全層混合された。全窒素濃度は硝酸性窒素とほぼ同様の季節変動を示した。また、亜硝酸性窒素濃度は1~4 $\mu\text{g/l}$ で推移しており、植物プランクトンに必要とされる窒素源としては非常に低濃度であり季節変動はみられなかった。

アンモニア性窒素(図5)：アンモニア性窒素は、硝酸性窒素と同様に窒素源として植物プランクトンに取り込まれる。植物プランクトンの大部分の種類は、アンモニア性窒素を優先して取り込むといわれている⁶⁾。表層水のアンモニア性窒素濃度は、一年を通じて大きな季節変動はみられなかった。一方で深層水中のアンモニア性窒素濃度は、水温躍層を形成しはじめる5月頃から徐々に高くなり、9月に最も高濃度となった。これは全窒素の81%、溶存態全窒素の93%がアンモニア性窒素で占められており、夏期の湖底特有の水質環境であると考えられる。

全リン(図6)：リンはすべての生物にとって必須元素である。また、長谷川ら⁷⁾はクロロフィルaの増減は、全リン濃度に依存しており、湖水中の全リン濃度の把握は植物プランクトンの増殖を監視する上で重要な因子の一つであると推測している。表層水の全リン濃度は2~14 $\mu\text{g/l}$ で推移しており、一年を通して顕著な季節的な変動はみられなかった。これは西湖においてリンが植物プランクトン等の増殖制限元素となっており、常にリン不足の水質環境であるからだと考えられる。一方で、深層水は夏期に高濃度になった。これは夏期に水温躍層を形成することで、深層水中の溶存酸素濃度が低くなり、湖底堆積物中のリンが溶出したためだと考えられる。その後、秋季循環により全層が混合されることにより全リン濃度も一様になった。

ケイ酸(図7)：ケイ酸は、珪藻の細胞壁を形成するときに必要な。そのため珪藻綱の植物プランクトンが優占種の湖沼においては、増殖制限元素となることがあ

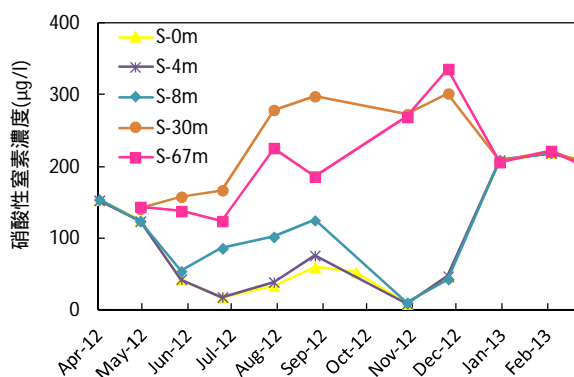


図4 水深別の硝酸性窒素濃度の季節変動

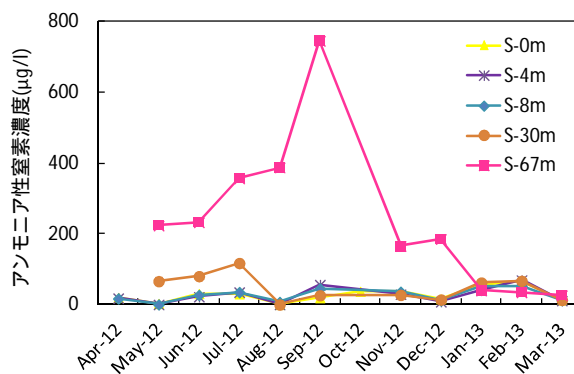


図5 水深別のアンモニア性窒素濃度の季節変動

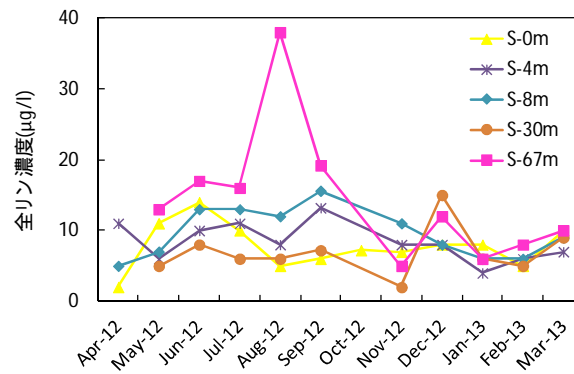


図6 水深別の全リン濃度の季節変動

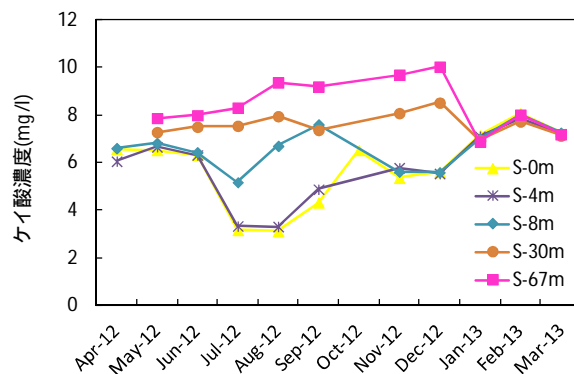


図7 水深別のケイ酸濃度の季節変動

る³⁾。西湖では、*Asterionella formosa*や*Fragilaria crotonensis*等の珪藻が多くみられる⁸⁾。溶存態のケイ酸濃度の季節変動は、亜硝酸性窒素と同様の傾向がみられた。水温躍層を形成する夏期に表層水のケイ酸濃度が低くなった。これは西湖に流入する河川が少なく、湖外からの供給量より植物プランクトン等に取り込まれた量が多かったためだと考えられる。

以上の栄養塩類濃度の季節変動について検討した結果、これらの濃度変動は水温躍層の形成に起因していると考えられた。また、その濃度変動は植物プランクトンの一次生産の影響を強く受けていると考えられた。これらを精査するためには、今後植物プランクトン量の指標となるクロロフィルaを水深別に定量し、クロロフィルa濃度の季節変動についても合わせて検討する必要がある。さらに植物プランクトン調査を水深別に実施し、植物プランクトン数の変動も調査していきたい。

まとめ

本報告は2012年度の富士五湖補足調査のデータと山梨県総合理工学研究機構の2012年度調査研究課題（クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究）の調査データを総合的に解析したものであり、以下のことが明らかになった。

- 1) 西湖の表層水温は、その地域の気温と高い相関関係が得られた ($R^2 = 0.93$)、
- 2) 西湖湖心では気温の上昇にともない夏期に水深4～15mに安定した水温躍層を形成した。
- 3) 深層水（水深30m以下）の水温は一年を通じて約5を保っていた。
- 4) 西湖の硝酸性窒素濃度や全リン濃度等の水質鉛直分布の季節変動は、水温躍層の形成と植物プランクトンによる一次生産に起因していると考えられた。

参考文献

- 1) 青柳敏裕ら：山梨県総合理工学研究機構研究報告書，8(2013)
- 2) 国土地理院：地図閲覧サービス
- 3) Horne, A. J. , Goldman, C. R. : 陸水学, 手塚泰彦訳, 53-193, 京都大学学術出版会 (1999)
- 4) 笠井和乎ら：山梨県衛生公害研究所年報 17, 80-85 (1973)
- 5) 有泉和紀ら：山梨県衛生公害研究所年報 41, 63-71

(1997)

- 6) 西条八束, 三田村緒佐武: 新編 湖沼調査法, 96-97, 講談社, 東京 (1995)
- 7) 長谷川裕弥, 吉沢一家: 山梨県衛生環境研究所年報 55, 80-85 (2011)
- 8) 篠田授樹ら: 富士北麓水域 (富士五湖) における生態系多様性に関する調査 報告書, 51-53 (2007)