

諏訪湖水草帯における水質の不均一性

宮原 裕一・犬塚 良平・池中 良徳

信州大学山岳科学総合研究所

Inhomogeneity of water quality at littoral zone in Lake Suwa

Yuichi MIYABARA, Ryohei INUZUKA, Yoshinori IKENAKA

Institute of Mountain Science, Shinshu University

キーワード: 諏訪湖、水草、溶存酸素、栄養塩類

Keywords: Lake Suwa, macrophyte, dissolved oxygen (DO), nutrients

1. はじめに

諏訪湖では、その水質浄化に伴い、沿岸に水草帯が発達してきており、2006年には湖面積の20%を占めるまでに至っている¹⁾。しかし、その多くは浮葉植物のヒシであり、沈水植物が主体であった水質汚濁以前の水草帯とは、その種組成が大きく異なっている。水草帯の機能として、底泥からの栄養塩の吸収、沈水植物による湖水中への酸素供給、群生による波浪の緩衝、微小動物への生息場所の提供等が挙げられ、水草帯は湖の水質や生物にとって重要な場所と言える。また、水草帯の発達する沿岸は、流入河川河口に近いことから、湖の外部から流入した水やその成分の影響を受けている可能性が高い。

信州大学山岳科学総合研究所(旧山地水環境教育研究センター)では、湖心での定期調査に加え、湖内数地点で水草帯の調査も行ってきたが^{2,3)}、湖心と水草帯の水質の違いを引き起こす要因を十分に把握できずにいた。そこで、本研究では、水草帯の発達した8月末に湖心から沿岸にかけ水草帯の横断調査を行い、その水質分布を明らかにするとともに、年4回の水草帯内での調査と、隔週の水草帯沿岸部の調査から、諏訪湖水草帯の水質分布と変動要因の解明を試みた。

2. 方法

2-1. 試料採取

諏訪湖では、信州大学山地水環境教育研究センター

が定期観測を行っている湖心、および水草帯が発達する、横河崎なぎさ、高浜なぎさ、渋崎なぎさにおいて、2006年3月~12月の間、隔週で試料採取を行った(Fig. 1(A))。湖心では水深を測定した後、湖面から湖底上約10cmまでの湖水を、アクリル樹脂製カラム型採水器(内径5cm、長さ2m)によって、3回に分け採取した。これらをよく混合した後、ポリエチレン製のボトルに入れ持ち帰った。水草帯3地点では、沿岸よりロープをつけたバケツで表層水を採取し、ポリエチレン製のボトルに入れ持ち帰った。さらに、この水草帯3地点においては、5月16日、7月11日、9月4日、11月14日に、水草の発達する定点で、湖心同様に全層水を採取し、あわせて水草の観察も行った。また、8月29日には、諏訪湖南西部に位置する水草帯(Fig. 1(B))において、横断調査を行った。

2-2. 分析方法

2-2-1. 現場調査

調査地点では、YSI Incorporated社製 Model 55/50 FTを用い、50cm水深ごとに、水温と溶存酸素濃度の測定を行った。同時に、水深測定と水草の観察も行った。また、現場で、全層水のpHと電気伝導度の測定も行った。

2-2-2. 栄養塩濃度

実験室に持ち帰った試料は、GF/C フィルターでろ過し、そのろ液について、溶存成分の分析を行った。



塩化物イオン、硝酸イオンおよび硫酸イオン濃度は、DIONEX 社製のイオンクロマトグラフィーICS-1500を用いて測定した。アンモニア性窒素は、インドフェノール法で測定した。溶存態リンは、ペルオキシ二硫酸カリウム分解法で測定した。リン酸態リンは、アスコルビン酸還元法で測定を行った。

その他、本文には示していないが、原液についても、懸濁物質濃度、全窒素、全リン等、一連の栄養塩分析を行った。

3. 結果

3-1. 諏訪湖の水草帯の横断調査

横断調査を行ったクロモが主体の沈水植物帯（地点2から6）は、その両縁が水深約2mで、地点5が最も浅い（0.6m）凸型の形状をしていた。また、地点6から8の間は、浮葉植物のヒシやアサザが水面を覆っており、沿岸部にはアシなどの抽水植物が生い茂っていた。地点7は船の航行のためヒシが2mほどの幅で刈り取られていた（Fig. 1(B)）

この諏訪湖水草帯の横断調査により得られた、湖水

温および溶存酸素濃度の鉛直分布を Fig.2 に示した。沖帯の湖心および地点1では、温度成層しており、表層と下層で大きな温度差が観察された。沿岸の水草帯の表層水温は、湖心に比べ高く、また、水温分布から水深の浅くなる地点2を境界にして2つの異なる水塊が接している様子が観察された。

一方、溶存酸素濃度の分布からも、沖帯では成層し、下層部が貧酸素状態になっていることが明らかとなった。また、沈水植物が繁茂している地点2から5の間では溶存酸素濃度が高く、水草の光合成によって湖水中に酸素が供給されている様子がはっきりと示された。一方、沿岸の浮葉植物帯では表層の溶存酸素濃度の低下と、浅い水深にも関わらず、下層の貧酸素化が観察された。このように、水温同様、地点2を境界にして酸素濃度分布の異なる2つの水塊が接している様子が観察された。

この水草帯での無機溶存態窒素の分布を Fig.3 に示した。全層水中の硝酸およびアンモニア性窒素のいずれもが、沈水植物が繁茂していた地点3から5の間で低く、その両側で高くなっていた。また、成層した湖

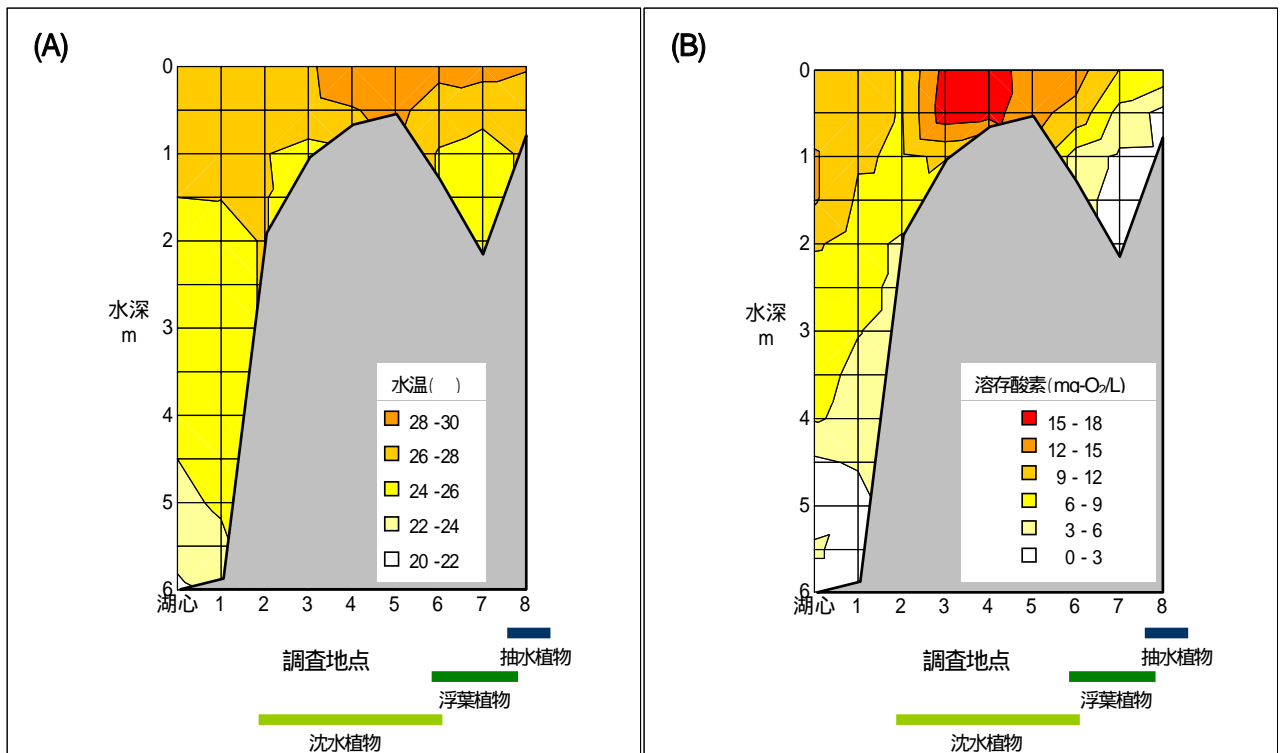


Fig. 2 水草帯における深度別水温(A)および溶存酸素濃度(B) (2006年8月29日)

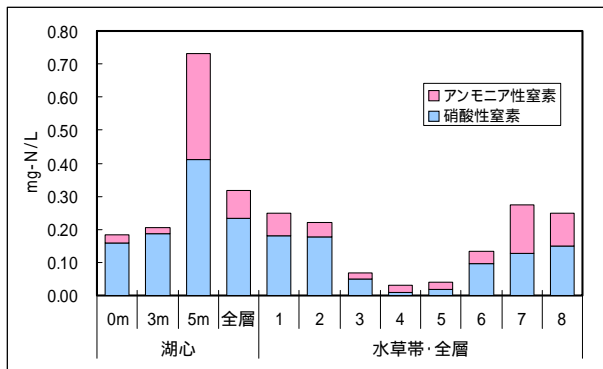


Fig. 3 水草帯における水中無機溶存態窒素濃度

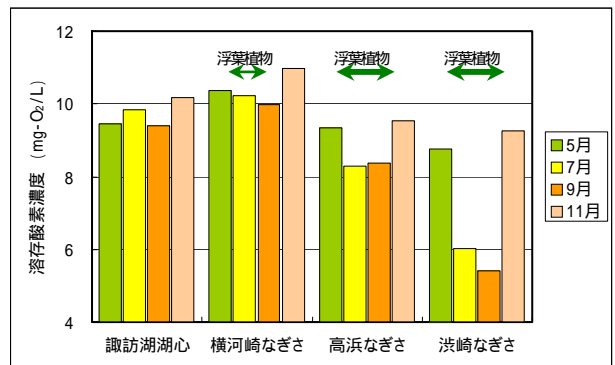


Fig. 5 表層溶存酸素濃度の季節変化

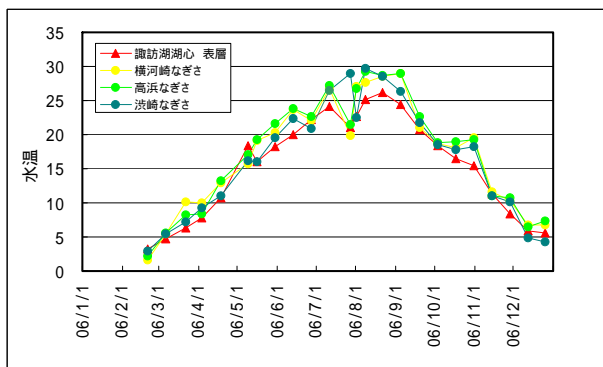


Fig. 4 湖水表層水温の季節変化

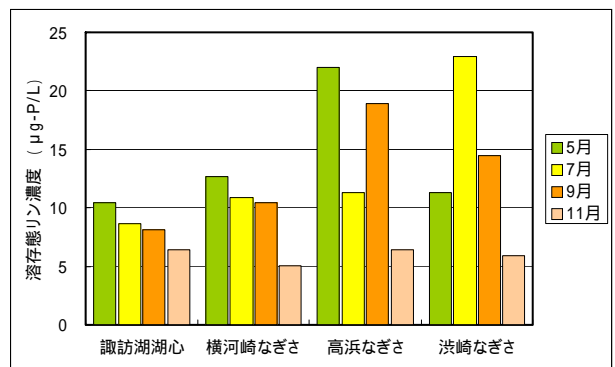


Fig. 6 水草帯における水中無機溶存態リン濃度の季節変化

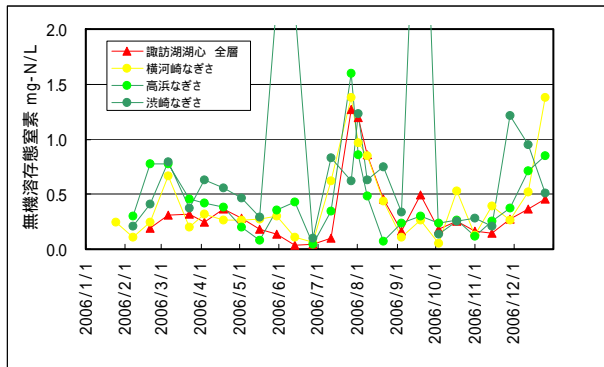


Fig. 7 水草帯における水中無機溶存態窒素濃度の季節変化

心の下層では、硝酸およびアンモニア性窒素濃度が高くなっていった。一方、リン酸態リン濃度は、岸に近い地点6と8で、それぞれ9.4 および 10.2 $\mu\text{g-P/L}$ 検出されたが、その他の地点では定量下限値の 5 $\mu\text{g-P/L}$ 前後であった。

3.2 . 諏訪湖沿岸帯の水質変化

高浜なぎさと渋崎なぎさでは、7月から9月にかけて水草が群生し、高浜なぎさではヒシが、渋崎なぎさ

ではアサザとヒシが水面を覆った。一方、横河崎なぎさでは、7月にヒシが見られたが、その密度は低く、7月中旬の豪雨後、観察することはできなかった。これら、浮葉植物が繁茂した地点（年4回）と、その沿岸（隔週）で、水質の季節変化を調査した。

隔週の定期観測により得られた湖水温の季節変化を Fig. 4 に示した。先の横断調査と同様、湖心よりも沿岸帯の水温が高い傾向が観察された。さらに、横断調査で示された浮葉植物帯における溶存酸素濃度の低下も、ヒシやアサザが水面を覆った7月および9月の高浜なぎさおよび渋崎なぎさでの定期観測でも見られた (Fig. 5)

次いで、諏訪湖水草帯での溶存態リン濃度の季節変化を Fig. 6 に示した。溶存態リン濃度は湖心に比べ、高浜なぎさと渋崎なぎさの水草帯で高く、その差異は5月から9月にかけて大きかった。また、同様に、沿岸で採取された湖水の無機溶存態窒素濃度は、7月中旬の豪雨後に上昇するなど、湖心と同様な変動を示していたが (Fig. 7) 3地点いずれも湖心より濃度が高い傾向が見られた。特に、渋崎なぎさでは、その濃度の上下動が大きく、水質変動が激しいことが明らかと

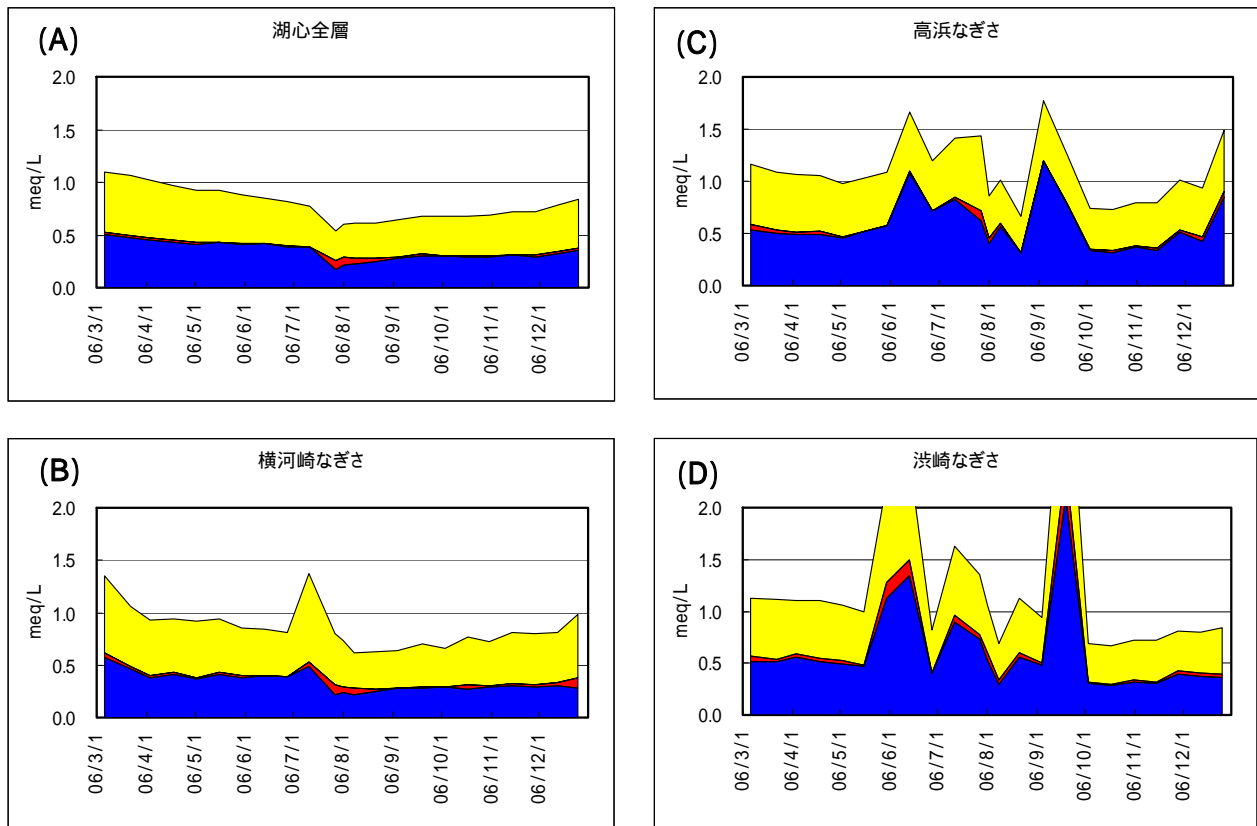


Fig. 8 湖水中陰イオン濃度変化(A)湖心全層、(B)横河崎なぎさ、(C)高浜なぎさ、(D)渋崎なぎさ
■ 塩化物イオン、■ 硝酸イオン、■ 硫酸イオン

なった。また、この水質変動は無機溶存態窒素だけでなく、塩化物イオン、硫酸イオンについても観察された (Fig. 8)。

4. 考察

諏訪湖沿岸の水質調査から、水草帯と沖帯では水の混合が生じにくいこと、沈水植物帯では無機栄養塩濃度が低いこと、浮葉植物帯では沈水植物帯あるいは沖帯に比べ無機栄養塩濃度が高いこと、沿岸では湖心に比べ水質変動が激しいことが示された。ここでは、これらの要因について考察する。

まず、水の混合についてであるが、本研究で横断調査を行った水草帯の沖側で水深が急激に増大していた。そのため、そこが目に見えない壁となり、水の混合を抑制していると考えられた。また、水草が群生することで、物理的に水の動きが妨げられ、地点2を境界に2つの水塊が生じたものと考えられた。

次いで、沈水植物帯での無機栄養塩濃度の低下の原因として、水草による吸収を考えたが、水草は主に底泥から栄養塩を吸収するため、湖水中濃度の低下には直接用せず、同様な群生が観察された浮葉植物帯と比べ、これほど顕著な差が生じるとは考えにくい。そこで、この沈水植物帯の底泥からの栄養塩回帰そのものが少ない可能性が高いと考えた。すなわち、この沈水植物帯は浅く、凸型の形状をしているため、水草の遺骸はその周囲の水深が深い部分に溜まりやすく、この沈水植物帯にはその遺骸が残りにくい。事実、この沈水植物帯の底質は砂質となっており、その周辺の深みで植物遺骸の分解とそれに伴う無機栄養塩類の回帰が生じている可能性が高い。また、湖心の深度別の調査から、下層での栄養塩濃度が高く、底泥からの回帰を確認することができた。水草帯では全層水を分析したため、水草帯底泥からの栄養塩の回帰を直接明らかにすることはできなかったが、水深が深いところほど無機栄養塩濃度が高く (Fig. 3) 植物遺骸の集積の違いを反映するものと考えられた。今後、有機物含量など底泥の性状の違いを明らかにする必要がある。

また、沿岸3地点のうち、横河崎なぎさは、他の地点に比べ、その水質変動が湖心と類似していたが、それは、水草そのものの密度が低く、水が混合しやすかったことが原因と考えられた。一方、浮葉植物帯が発達した高浜なぎさと渋崎なぎさで、年間を通じて無機栄養塩濃度が高いのは、水草帯の発達により沖帯の湖

水との混合が抑制されたことと、その水深が関与していると考えた。すなわち、これら沿岸部は水深が浅いため、底泥から回帰した栄養塩が表層まで到達しやすく、また、風による混合も生じやすくなる。

最後に、沿岸部での急激な水質変動であるが、これは、波浪等によって、底泥とともに栄養塩豊富な底泥間隙水が巻き上げられたことも一因と考えられたが、沿岸からの河川水や沿岸土壌等の流入影響も考えられた。今後、本研究で観察されたこれら無機イオンの供給源を調査し、その変動要因を明らかにする必要がある。

また、沿岸部に生息する生物は、波浪による土壌の侵食や、水位変動に伴う環境の変化の影響を直接受けるため、有害化学物質との複合影響を受ける可能性がある。

まとめ

沖帯と水草帯では水質が異なり、また水草帯の中でもその水深に応じ水質が異なっていることが示された。また、水草帯は沿岸に近く位置するため、降雨等に伴い流入する有害化学物質の影響を受けやすい場所とも考えられ、水中の有害化学物質の影響評価をする際は、湖心の生物種だけでなく、沿岸部の生物種にも目を向けるべきと言える。

謝辞

本研究を行うにあたり、信州大学山岳科学総合研究所の大学院生や学部生には、試料採取や試料の分析に協力していただきました。また、株式会社グラフィックには水草帯の写真を提供していただきました。関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 佐久間昌孝、花里孝幸、沖野外輝夫 (2006): 諏訪湖における水草の現状 (2005 - 2006年). 日本陸水学会第71回大会講演要旨集, 92.
- 2) 花里孝幸、小河原誠、宮原裕一 (2003): 諏訪湖定期調査 (1997 ~ 2001). 信州大学山地水環境教育研究センター研究報告, 1, 109-174..
- 3) 宮原裕一 (2005): 諏訪湖水質の季節変動調査結果詳細 (2004 ~ 2005). 信州大学山地水環境教育研究センター研究報告, 4, 25-56. (原稿受付 2007.3.15)