

諏訪湖水草帯における流動調査

豊田政史¹, 平良綾子¹, 宮原裕一²

¹信州大学工学部, ²信州大学山岳科学総合研究所

Field Measurement on water grass zone in Lake Suwa

M. Toyota¹, A. Taira¹ & Y. Miyabara²

¹Faculty of Engineering, Shinshu University & ²Institute of Mountain Science, Shinshu University

キーワード：流動，水草帯，現地観測

Keywords: Current, Water grass zone, Field Measurement

1. はじめに

日本国内の湖沼において、水草帯の衰退が数多く報告されている。中海では、沈水植物の衰退にともなう、透明度が減少している¹⁾といわれている。また、霞ヶ浦においては、湖岸植生帯の衰退が著しいために、湖岸植生の減退原因究明と保全対策を検討する目的で、2000年から湖岸植生帯の保全対策事業の検討会が続けられている²⁾。

本研究で対象とする諏訪湖においても、水草帯の衰退が報告されており、その原因は富栄養化による透明度の減少や湖岸部の埋め立てや浚渫であるとされてきた³⁾。しかし、近年の水質浄化にともなう、水草帯が再度発達してきており、2006年には湖面積の20%を占めるまでに至っている⁴⁾。宮原ら⁵⁾は、その水草帯において、水温、溶存酸素濃度および栄養塩濃度を観測し、水草帯における水質特性を検討している。

しかし、水草帯の存在によって「水の動き」がどのように変化するかについては、室内実験により、水草帯が水面変動・運動量輸送⁶⁾や消波効果⁷⁾に及ぼす影響について論じたものはいくつかみられるが、現場における観測事例はあまりみられない。

そこで本稿では、ヒシ群落(写真-1)が存在する諏訪湖において、試験的にヒシの一部刈り取りを行った部分で、ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, 超音波多層流向流速計)を用いて、流動調査を行った結果を報告する。

2. 観測概要

現地観測は、2007年9月20日14:43~15:46に行った。観測地点は、図-1に示す諏訪湖北東岸の浅場

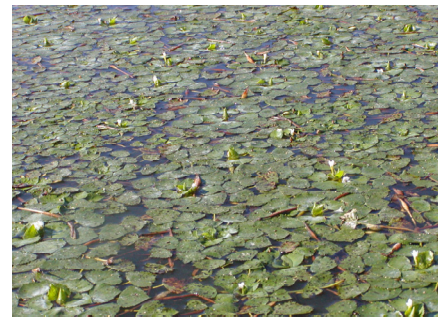


写真-1 諏訪湖に繁茂しているヒシ

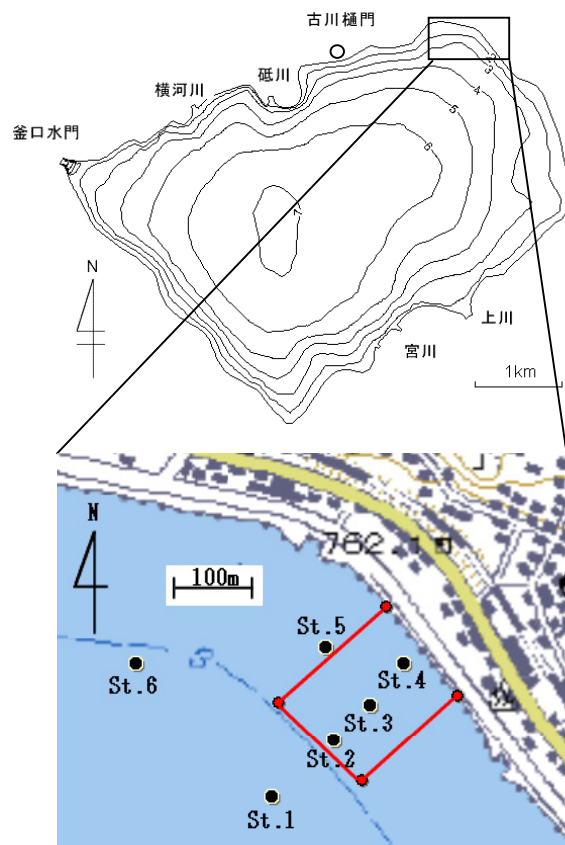
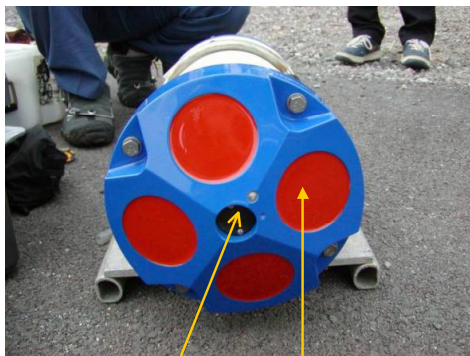


図-1 流動観測地点

にある6地点とし、St.1からSt.6の順に船を3~5分間停止させた（注：St.5では繁茂しているヒシをかき分けた）状態で観測を行った。なお、図中の赤線で囲んだ部分がヒシの一部刈り取りを行った場所である。観測には、RD-Instruments社製 Work Horse ADCP 1200kHz（写真-2）を使用し、層厚5cm、サンプリング間隔1s、サンプリング個数120とした。ただし、St.5においては、観測中に遊覧船による波の影響を受けていたため、解析に用いるサンプリング数を60とした。なお、各観測点における平均流速の観測精度は0.07cm/s（St.5では、0.10cm/s）である。



超音波を発信

超音波を受信

写真-2 観測に用いた ADCP

3. 観測結果

表-1に古川樋門（図-1参照）における観測時間中の風速および風向を示す。この表から、観測時間中は5m/s前後の南東風が連吹していたことがわかる。

図-2に、水草刈り取り部分（St.1-2-3-4）における水平流速ベクトルの鉛直分布を示す。この図から、岸に近づくほど流速が小さくなっていることがわかる。水草帯の外側のSt.1では、南東風によって表層で北西方向、底層で南東方向の典型的な風による鉛直循環流を示している。少し水草帯の中に入る（St.2）と、表層の流速は小さくなるが、底層ではSt.1と同様に南東から東向きの流れとなっている。St.3では、流れの傾向は保ったままさらに流速が小さくなっているが、St.4では流向の傾向は他の地点と異なっている。

図-3に、水草刈り取り部分（St.3）と水草帯内（St.5）の水平流速ベクトルの鉛直分布を示す。これらを比較すると、上述したように表層において、St.3では風に起因する北西方向の流れがみられるが、St.5ではその流れはみられず、風向とは逆の南~南東向きの流れとなっている。ADCPは、構造・測定原理の

関係上、表層付近の流速が測定できないため、St.5では、風の影響をうけている部分が計測できていない可能性がある。このことは、水草帯内の表層において、5m/s程度の風が吹いたときにその影響をうける層厚が15cm以下であることを示している。また、水面に浮いているヒシの葉の抵抗が大きいことと、ヒシの存在が壁のような働きをしていることも示唆している。

表-1 観測時間中の風速および風向（10分間平均値）

時刻	風速(m/s)	風向
14:40	4.90	南東
14:50	5.67	南東
15:00	5.78	南南東
15:10	5.72	南東
15:20	4.99	南東
15:30	5.04	南東
15:40	5.45	南東
15:50	4.92	南東

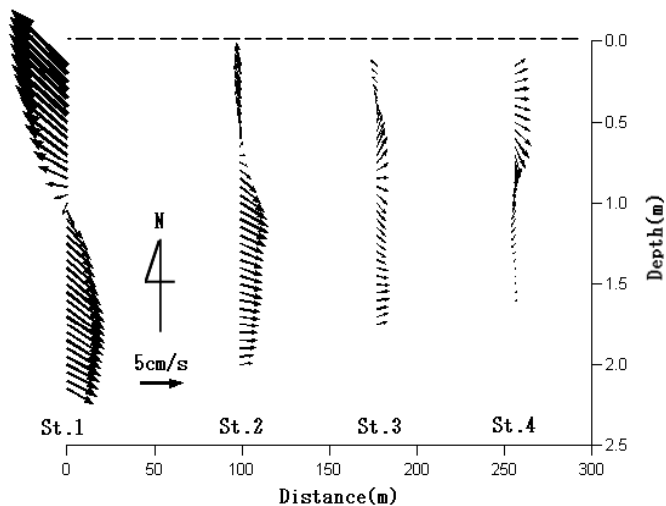


図-2 水草刈り取り帯における水平流速

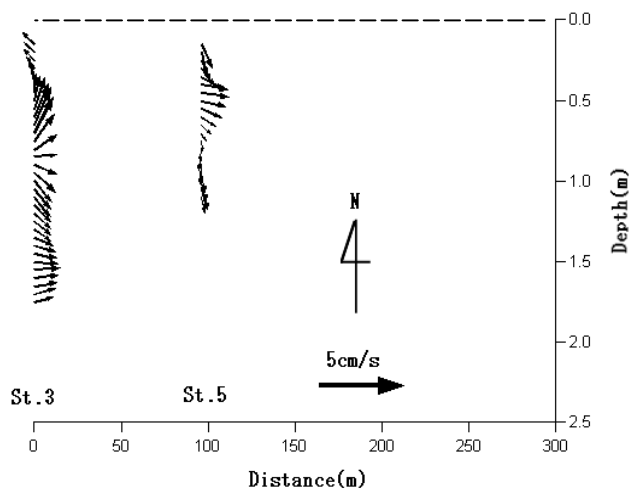


図-3 水草刈り取り帯と水草帯内の水平流速

図-4 は各地点における水平方向の平均流速の絶対値である。水草帯の外である St.1 と St.6 において流速が大きく、図-2 で述べた鉛直循環流に起因する流向の反転部で水平流速は小さくなっている。一方、水草刈り取り帯である St.2~St.4 においては、流向の変化が著しい水深で水平流速は最大となっている。また、水草帯内である St.5 においては、水深方向でみると水平流速の大きさに変化はあまりみられず、その大きさは全層で 2cm/s 以下である。

図-5 に各地点における水平流速の乱れエネルギーを示す。表層部においては、地点間の差はあまりみられない。水草刈り取り帯内においては、St.2, St.3 で上述の流向の変化が著しい水深で乱れエネルギーの一時的な増大がみられる以外は、水深が大きくなるにしたがって単調に減少している傾向にある。また、水草帯内の St.5 では、St.2~St.4 と同様の傾向がみられる。一方、水草帯の外である St.1 と St.6 においては、水表面から流向の反転部 (St.1 : 1.0m, St.6 : 0.7m) までは乱れエネルギーにあまり変化がみられない。しかし、流向の反転部より深くなると急激な乱れエネルギーの減少がみられる。

乱れと移流の効果を詳しくみるために、乱れエネルギーを水平方向の平均流速の二乗で割ったものを標準化乱れエネルギーと定義して、各地点におけるそれらの分布を図-6 に示す。表層と底層において、St.3, St.4, St.5 で値が大きく、St.1 および St.6 で値が小さくなっており、St.2 では、これらの中間の値になっている。このことは、表層と底層において、水草刈り取り帯の St.3, St.4, St.5 では流れ場が不安定で乱れているのに対して、水草帯外の St.1, St.6 では、流れ場が安定していて移流が卓越していることを示している。また、St.4 の底層部で標準化乱れエネルギーがきわめて大きくなっている。これは、平均流速は小さいが流れ場がきわめて不安定になっているためと考えられる。

以上をまとめると、水草の存在が、水平方向流速を小さくし、乱れ成分が支配的な流れ場特性を作り出していることが推測される。

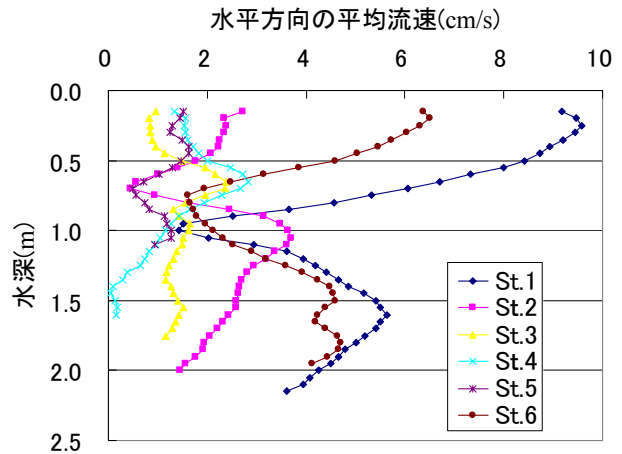


図-4 水平方向の平均流速の絶対値

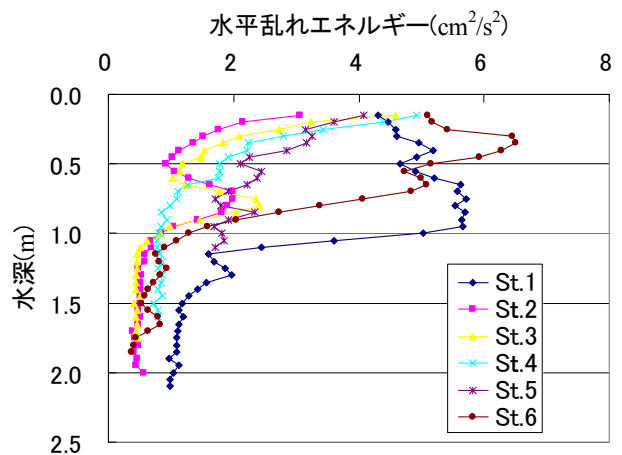


図-5 水平流速の乱れエネルギー

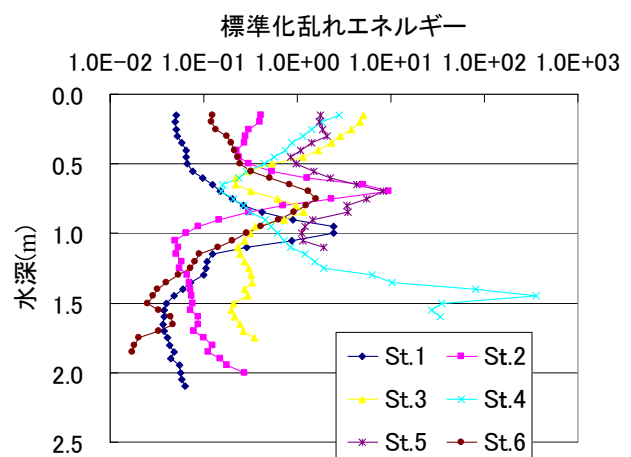


図-6 標準化乱れエネルギー

4. おわりに

本研究では、水草帯が「水の動き」に及ぼす影響をみるために、ヒシ群落が存在する諏訪湖において、試験的にヒシの一部刈り取りを行った部分で、強風時（5m/s）における流動調査を行った。その結果、以下のことがわかった。

- ・ 流れ場の構造は、水草帯の内外で異なるが、水草刈り取り帯と水草帯内部ではあまり差がみられなかった。
- ・ 水草の存在が、水平方向流速を小さくし、乱れ成分が支配的な流れ場特性を作り出していた。

本観測では、水草帯内において、水草をかき分けて計測を行ったため、実際の水草帯内の流れ場を計測したとは言いがたい。今後、水草帯内における詳細な流れ場特性を把握するためには、水草帯内に設置可能な小型の流速計による計測が望まれる。

謝辞

現地観測においては、株式会社エス・イー・エイの中川哲志氏・疋田真氏および信州大学工学部社会開発工学科富所・豊田研究室の諸氏に御協力いただいた。ここに記して謝意を示す。

【参考文献】

- 1) 平塚純一・山室真澄・石飛裕：里湖モク採り物語，pp.103-104，生物研究社，2006.
- 2) 戸谷英雄・谷村大三郎・小野諭・坂口喜久二：霞ヶ浦湖岸植生帯の緊急対策工法の検討及びモニタリングとその評価，河川環境総合研究所報告，Vol.11，pp.41-61，2005.
- 3) 沖野外輝夫：諏訪湖－マイクロコスモスの生物－，pp.77-80，八坂書房，1990.
- 4) 佐久間昌孝・花里孝幸・沖野外輝夫：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，92，2006.
- 5) 宮原裕一・犬塚良平・池中良徳：諏訪湖水草帯における水質の不均一性，信州大学環境科学年報，Vol.29，pp.24-28，2007.
- 6) 大本照憲・岡本隆之：水生植物群落を伴う開水路流れの水面変動と運動量輸送，水工学論文集，第47巻，pp.991-996，2003.
- 7) Kobayashi,N., A.W.Raichle and Asano,T. : Wave attenuation by vegetation, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol.119, pp.30-48, 1993.

(原稿受付 2008.2.25)