

諏訪湖における水流動・水質観測 (2004年, 2007年)

豊田政史¹, 宮原一道², 寺沢和晃³, 平良綾子⁴, 宮原裕一⁵¹信州大学工学部, ²西武造園株式会社, ³一宮市,
⁴株式会社ライトオン, ⁵信州大学山岳科学総合研究所

Current and water quality observation in Lake Suwa

M. Toyota¹, K. Miyahara², K. Terazawa³, A. Taira⁴ & Y. Miyabara⁵¹Faculty of Engineering, Shinshu University, ²Seibu Landscape Co., Ltd, ³Ichinomiya city,
⁴Right-on Co., Ltd & ⁵Institute of Mountain Science, Shinshu University

キーワード: 流動, 水質, 現地観測

Keywords: Current, Water quality, Field measurement

1. はじめに

諏訪湖において水温や電気伝導度に関する現地観測は、これまでに数多く^{1), 2)}など行われてきた。しかし、水流動とあわせて行った観測結果はみられない。水流動に関しては、一部既発表³⁾であるため、ここでは、2004年と2007年に行った水流動と水質(水温・電気伝導度)の観測結果をあわせて考察したものを報告する。

2. 観測概要

現地観測は、2004年10月26日および27日と2007年9月20日および21日に行った。観測時刻は、2004年10月26日11:00~14:00, 27日7:00~10:00, 2007年9月20日7:30~12:00, 9月21日7:30~11:00である。図-1に観測を行った測線と測点を示す。測点は諏訪湖全体の流況を把握できるようにA, B, C測線上の計26点とし、上記3つの観測はB9~B1, C7~C1, A1~A10の順に一回ずつ、各測点において3~5分間船を停止させた状態で同時に行った。なお、A-B-C測線の間隔はそれぞれ約1000m, それぞれの測点の間隔は、A1-A9で各350m, A9-A10で135m, B1-B2で200m, B2-B8で各350m, B8-B9で270m, C-lineで各350mとした。

水流動の測定には、RD Instruments社製ワークホースADCPを使用し、層厚25cm, 測定精度0.28cm/s以下に設定した。また、2004年観測では全測点でサンプリング間隔を11秒, サンプリング数はおおむね15個程度としたが、

2007年観測では、より精度良く観測するために、サンプリング間隔およびサンプリング数は水深4m未満でそれぞれ1秒, 120, 水深4m以上でそれぞれ15秒, 15と水深ごとに設定を変えた。

湖面上の風の測定には、R.M YOUNG社製ULTRASONIC ANEMOMETERを使用した。データのサンプリング間隔を0.25秒とし、1秒ごとにそれらの平均値を出力した。したがってサンプリング数は各測点で180~300である。

水温ならびに電気伝導度の測定には、(株)堀場製作所製マルチ水質モニタリングシステムU-21を使用し、表層から1.0mごとに計測した。ただし、2004年観測においては、水深の小さいA9・A10・B1・C7で0.5mごとの計測を行った。

3. 観測結果

観測した4日間における、湖面上の風速・風向を図-2(a)~(d), 湖の水平方向流速分布を図-3(a)~(d), 各測線における水温の鉛直分布を図-4(a)~(d), 各測線における電気伝導度の鉛直分布を図-5(a)~(d)に示す。なお、2007年9月20日のA3~A9の風速・風向は機械の不具合により、データ欠測となった。

図-2から、湖面上の風については、2004年10月27日を除く3日間は、おおむね弱かったといえる。また、図-3(a), (b)から、10月26日には明確な湖流パターンはみられないが、10月27日には、反時計回りの水平循環流がみら

れる³⁾。図-3(c), (d)をみると、中層部で時計回りの循環が少しみられる以外は、明確な湖流パターンはないことがわかる。

図-4(a), (b)から、B 測線の砥川の河口から B1, B2 の底層付近で、水温が低くなっていることがわかる。また、10月27日の A 測線および B 測線の南東側において、湖水より低い水温が鉛直方向に一様になっている。図-4(c), (d)をみると、各測線で水温成層が形成されていることがわかる。その位置は、A 測線で 4.5m~5.0m, B 測線で 4m~5m, C 測線で 3m~4m と、西側に行くほど深くなっている。

図-5(a), (b)から、水温の傾向と同様、B 測線の砥川の河口から B1, B2 の底層付近で、電気伝導度が低くなっていることがわかる。また、10月27日の B 測線の南東側において、湖水より低い電気伝導度が鉛直方向に一様になっている。さらに、10月27日の A 測線の南東側において、湖水より高い電気伝導度が鉛直方向に一様になっている。図-5(c), (d)をみると、各測線において、水深が大きくなるほど、電気伝導度は大きくなる傾向にあるが、おおむね 14.0~16.0(mS/m)の範囲に入っており、空間的な差はあまりみられないといえる。

4. 考察

2004年の観測時においては、図-4(a), (b)および図-5(a), (b)をあわせて考えると、砥川および上川河口部では、河川水の温度が湖水よりも低いため、負の浮力によって河川水が下層に潜り込み、下層密度流が形成されていると考えられる。このことは、砥川の電気伝導度が湖水に比べて小さいことからいえる。また、北西の強風が作用したときに、風下側の上川・宮川の河口付近で水温・電気伝導度が鉛直方向に一様であることから、流入した河川水（低い電気伝導度、B 測線）および風波によって巻き上がった泥水（高い電気伝導度、A 測線）が、風によって鉛直方向に混合していると考えられる。

2007年の観測時においては、両日ともほとんど風が吹いていなかった。しかし、両日とも、観測前日の午後に南東の 4~5m/s 程度の風が数時間観測されている。水温成層の位置が西側に行くほど深いことから、南東の強い風が吹いた場合、密度が小さい A 測線の表層が卓越して

風下の北西方向に流れ、それを補うように東側の C 測線で南東方向の流れが形成された可能性がある⁴⁾。この流れが翌日になっても、中層にのみ残っていたことが考えられるが、風の空間的な非一様性⁵⁾など他の要因も考えられ、今後のさらなる検討が必要である。

5. おわりに

本報告では、2004年と2007年に行った水流動と水質（水温・電気伝導度）の観測結果をあわせて考察した。その結果、諏訪湖における強風時と弱風時の水流動および水質の特徴の一部が明らかになった。今後は、強風時・弱風時、成層時・非成層時、洪水時・平水時など、さまざまな条件下でさらなる観測を行い、諏訪湖の水流動および水質に関する基礎的かつ普遍的な知見を増やしていきたい。

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、元信州大学山地水環境教育研究センターの池中良徳氏をはじめとする学生諸氏、および元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) 花里孝幸・小河原誠・宮原裕一：諏訪湖定期調査（1997~2001）の結果、信州大学山地水環境教育研究センター研究報告第1号，pp.109-174，2003.
- 2) 柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道：2007年夏季における諏訪湖の水平・垂直水質分布，信州大学環境科学年報第30巻，pp.21-39，2008.
- 3) 豊田政史・宮原一道・萩庭康光・寺沢和晃・疋田真・降矢利勝・宮原裕一・富所五郎：諏訪湖における湖上風の非一様性とそれが湖流形成に与える影響，水工学論文集第50巻，pp.1303-1308，2006.
- 4) 湖沼技術研究会：湖沼管理のための流動機構調査，pp.2-18-2-19，2003.
- 5) 豊田政史・宮原一道・宮原裕一：諏訪湖において非一様風によって生じる水平循環流に関する時系列的検討，水工学論文集第53巻，2009（掲載決定）。

(原稿受付 2009.2.19)

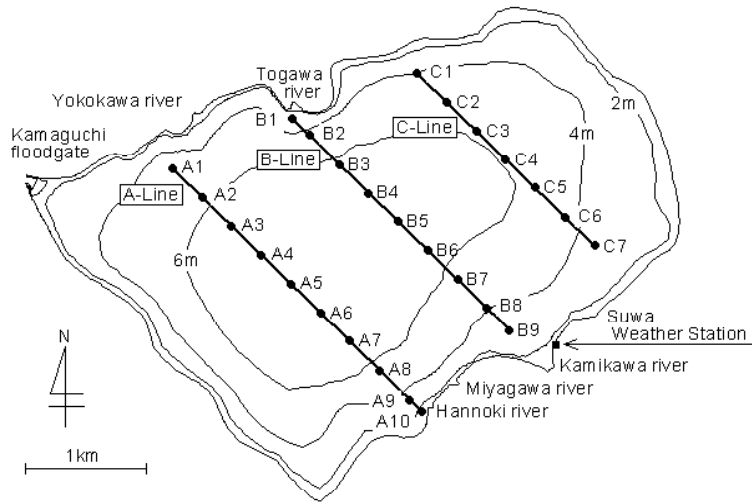
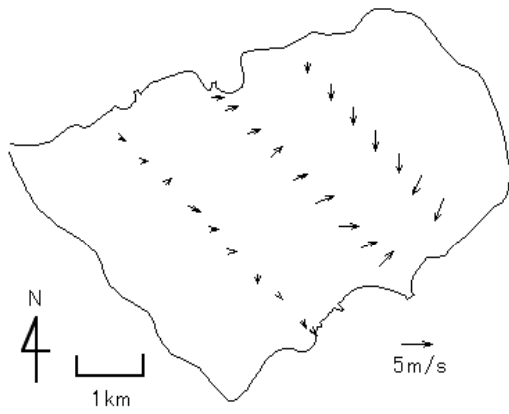
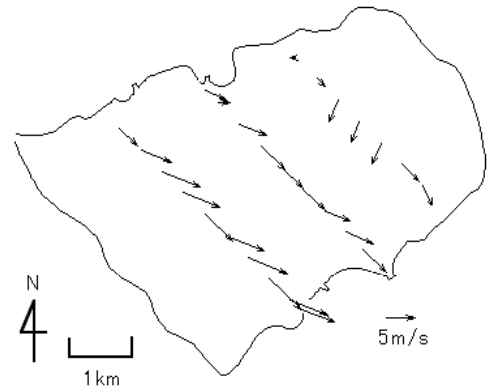


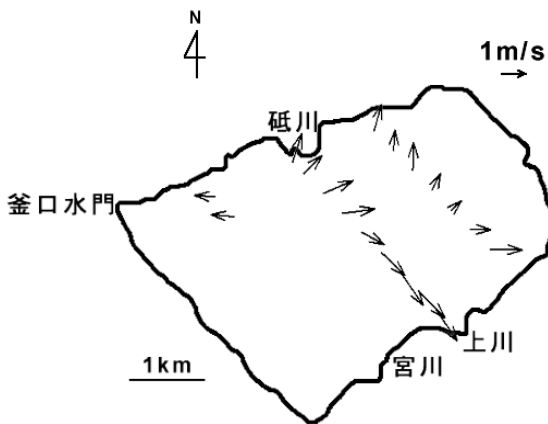
図-1 現地観測の測線および測点



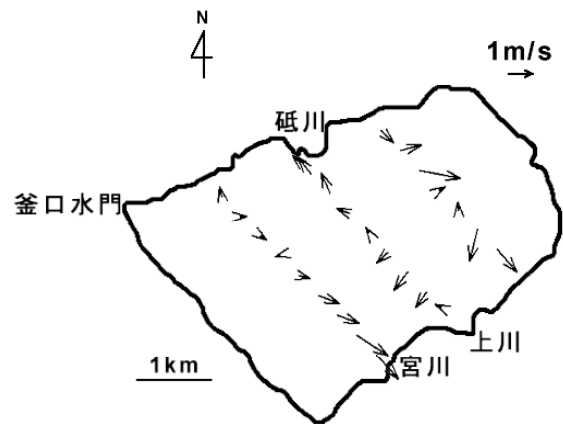
(a)2004年10月26日



(b)2004年10月27日

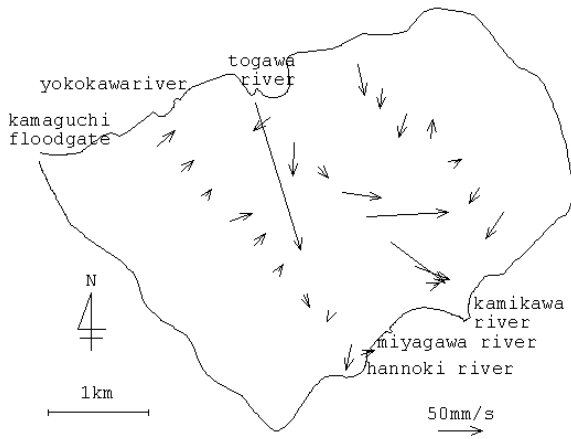


(c)2007年9月20日

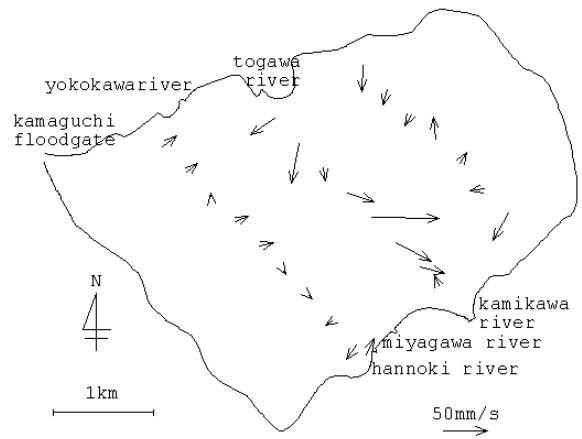


(d)2007年9月21日

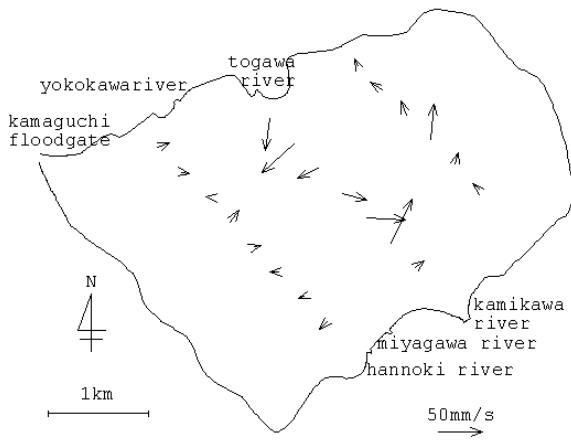
図-2 湖面上の風速・風向



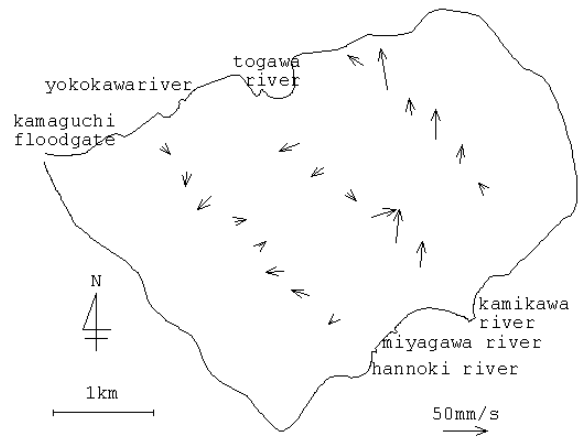
水深 0.56m



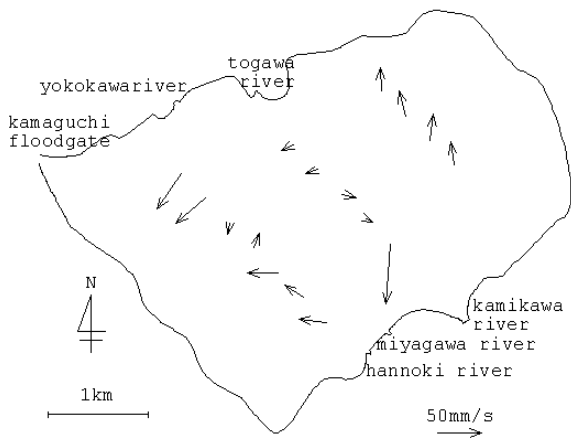
水深 1.06m



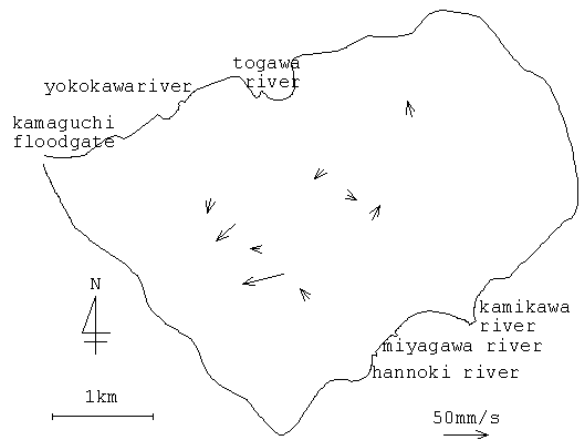
水深 2.06m



水深 3.06m



水深 4.06m



水深 5.06m

図-3(a) 2004年10月26日の湖流観測結果

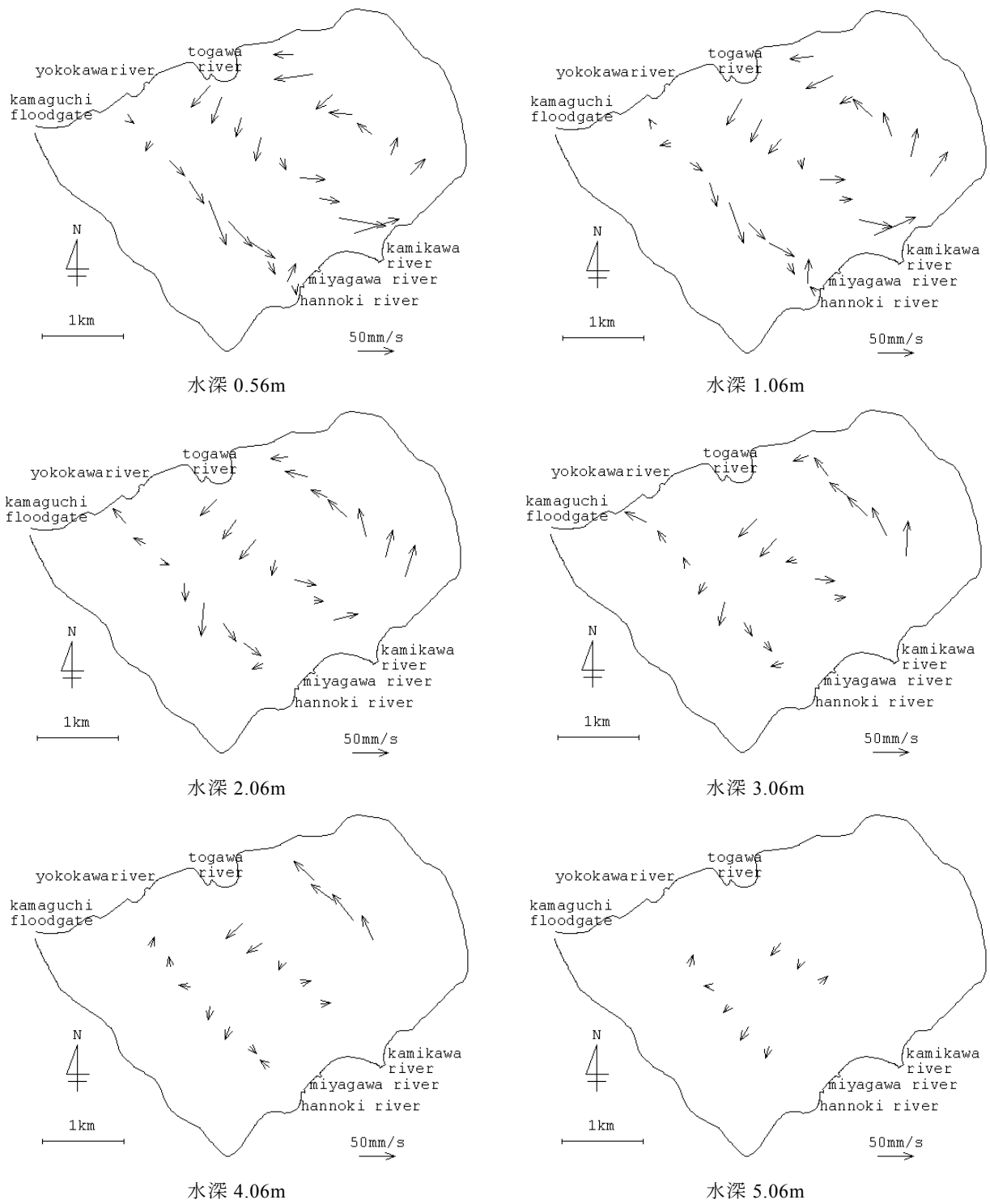
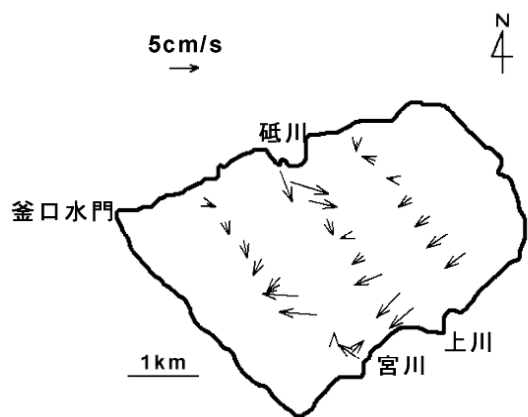
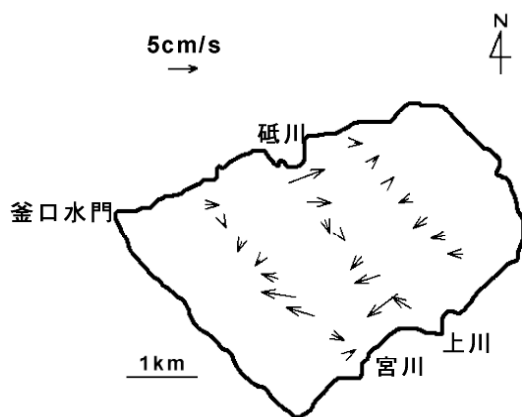


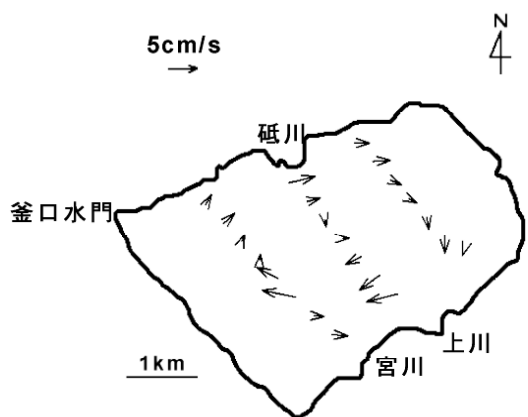
図-3(b) 2004年10月27日の湖流観測結果



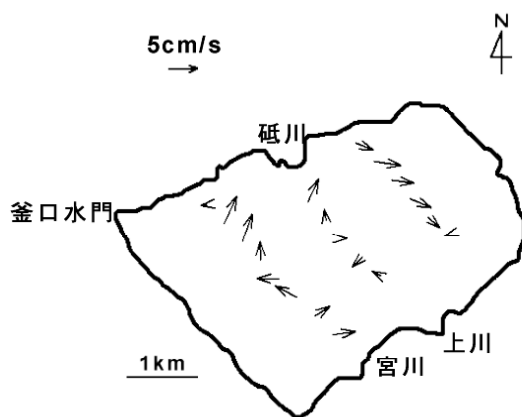
水深 0.77m



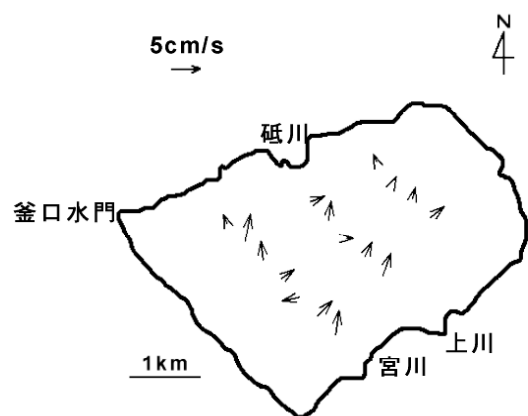
水深 1.27m



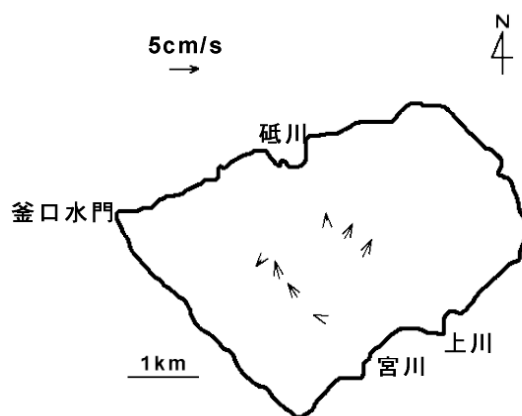
水深 2.27m



水深 3.27m

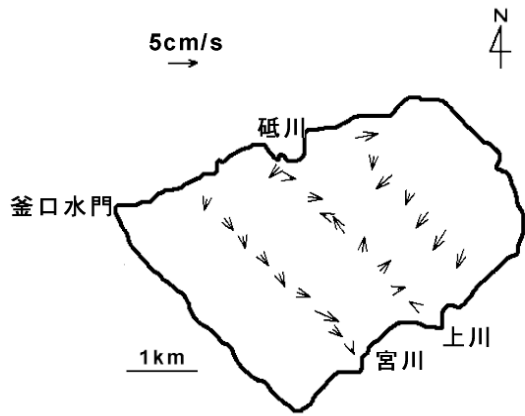


水深 4.27m

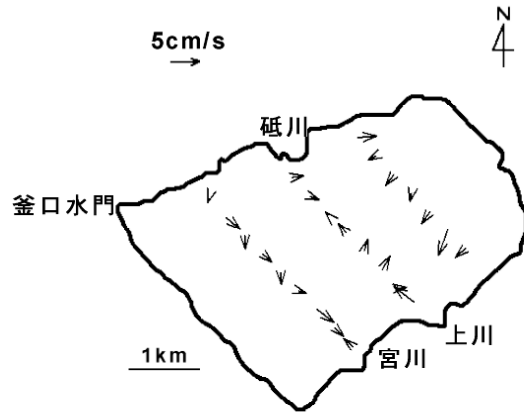


水深 5.27m

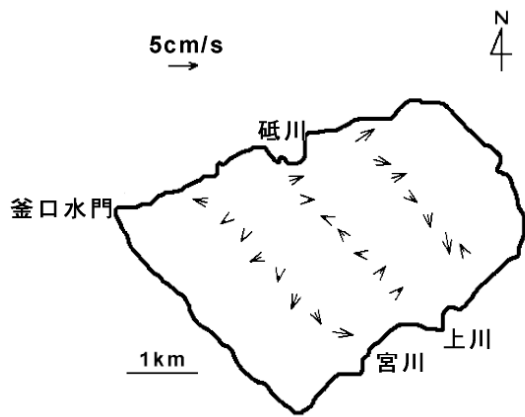
図-3(c) 2007年9月20日の湖流観測結果



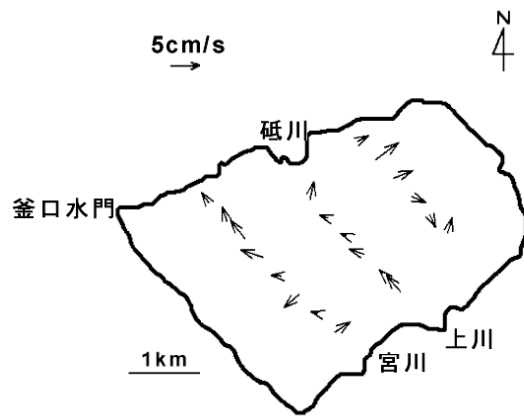
水深 0.77m



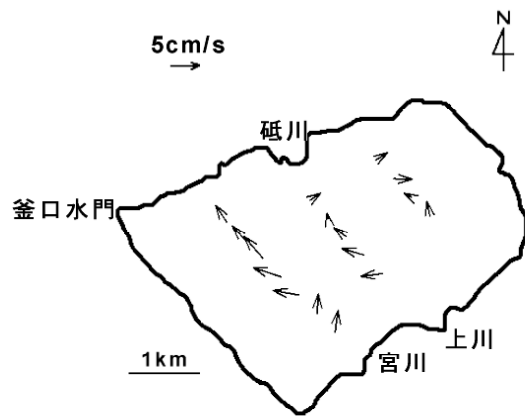
水深 1.27m



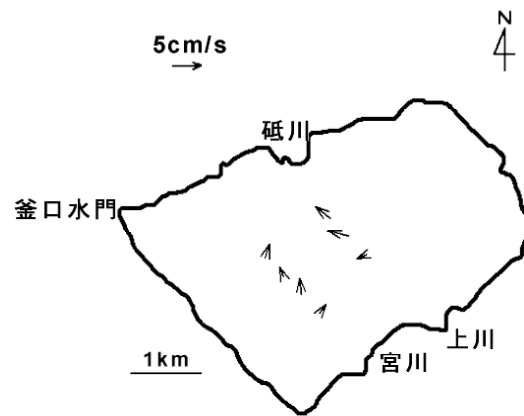
水深 2.27m



水深 3.27m

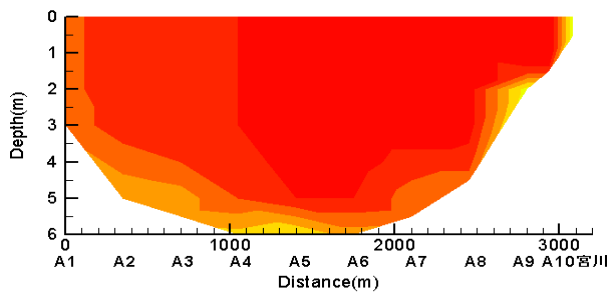


水深 4.27m

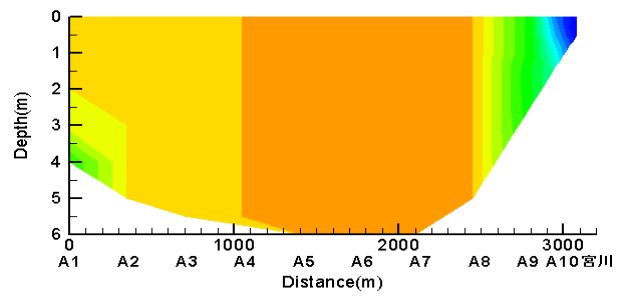


水深 5.27m

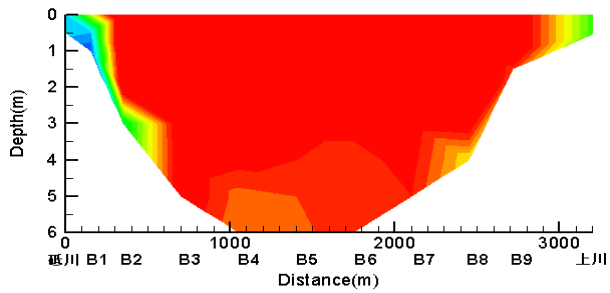
図-3(d) 2007年9月21日の湖流観測結果



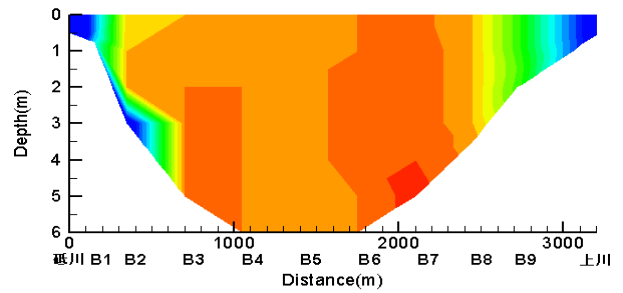
A 測線



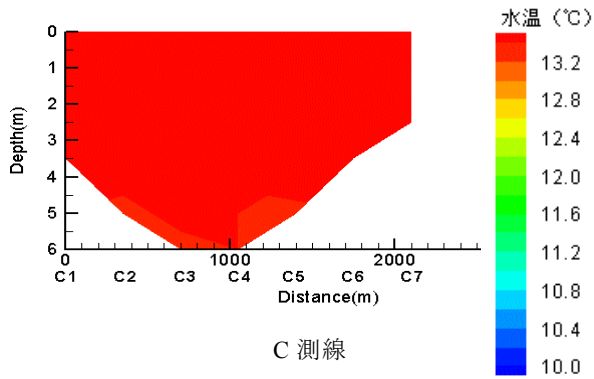
A 測線



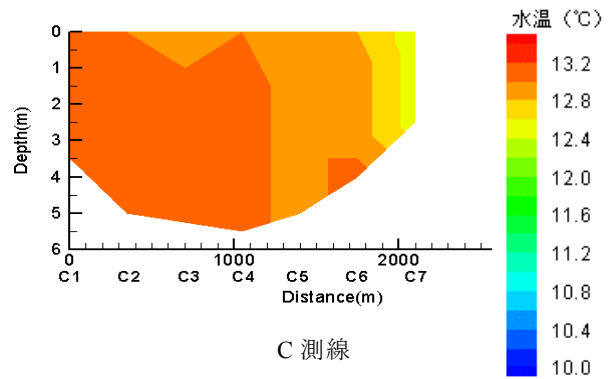
B 測線



B 測線



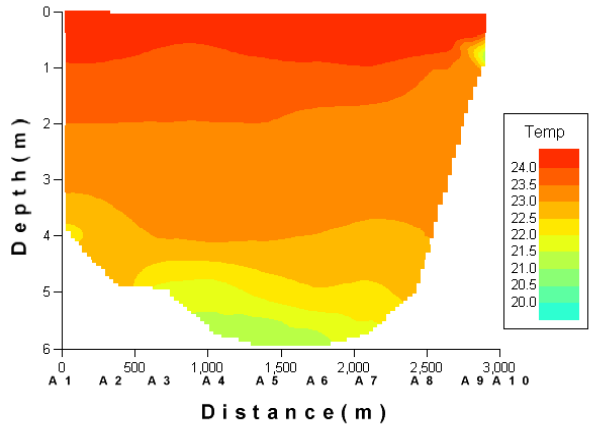
C 測線



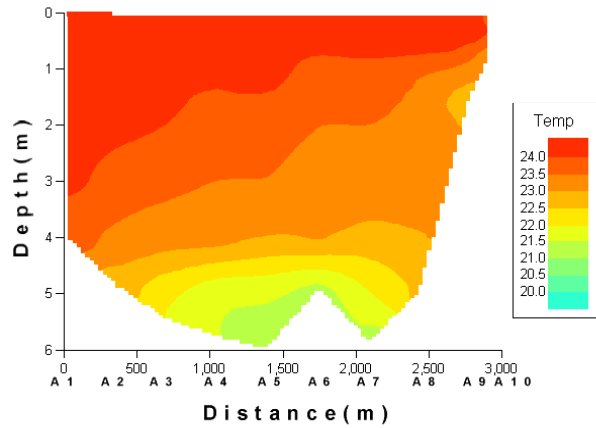
C 測線

図-4(a) 2004年10月26日の水温観測結果

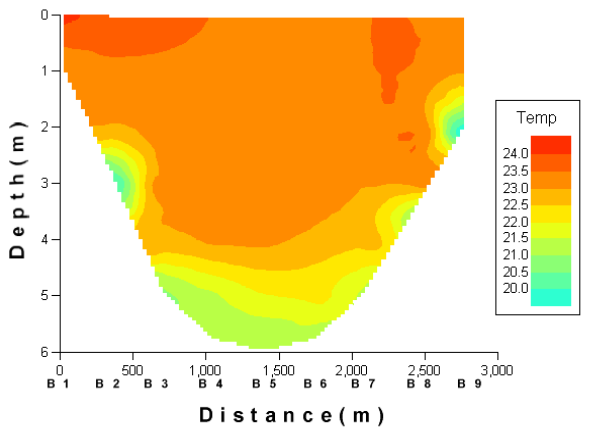
図-4(b) 2004年10月27日の水温観測結果



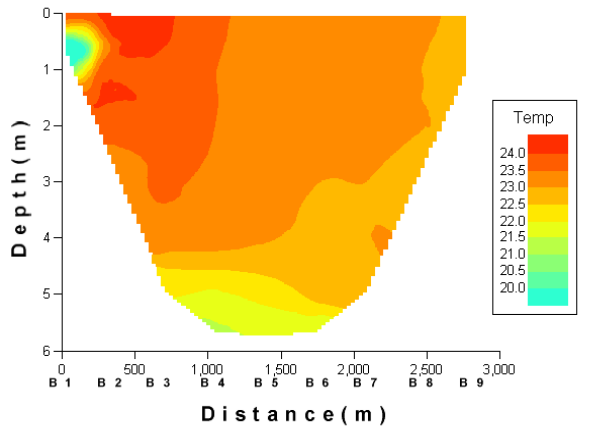
A 測線



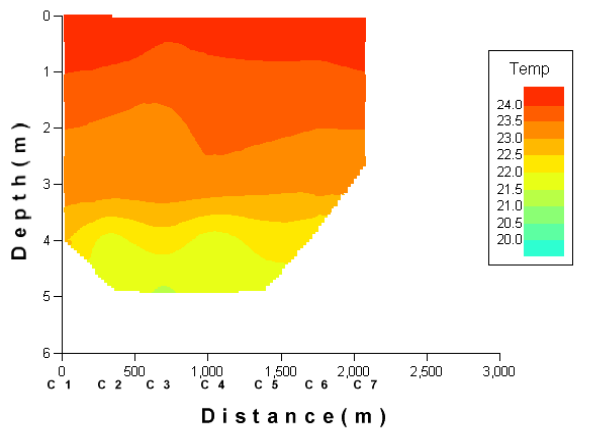
A 測線



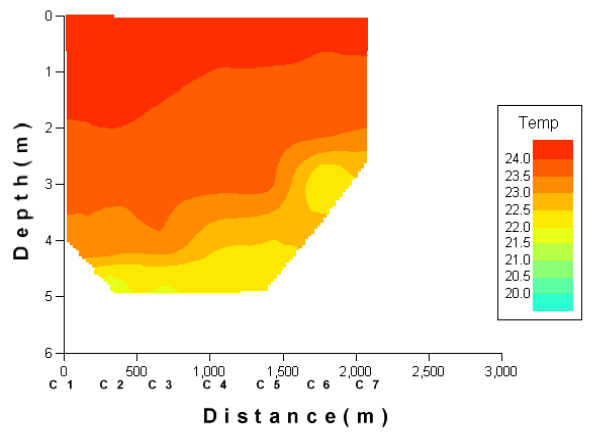
B 測線



B 測線



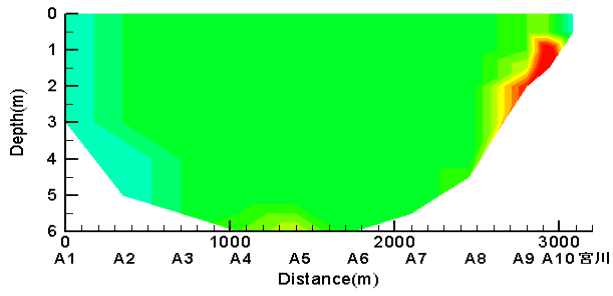
C 測線



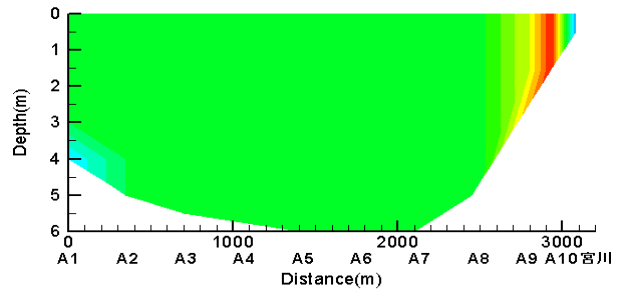
C 測線

図-4(c) 2007年9月20日の水温観測結果

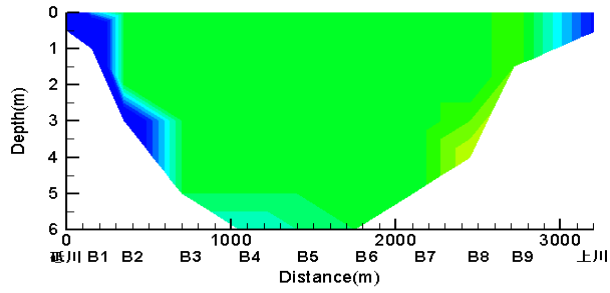
図-4(d) 2007年9月21日の水温観測結果



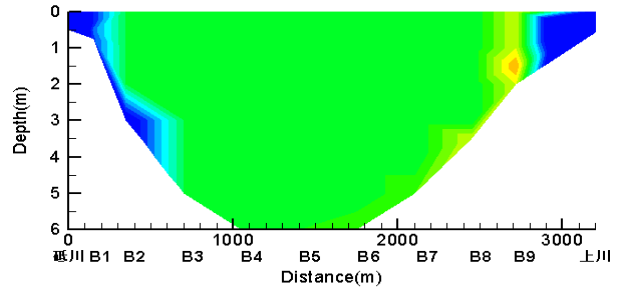
A 測線



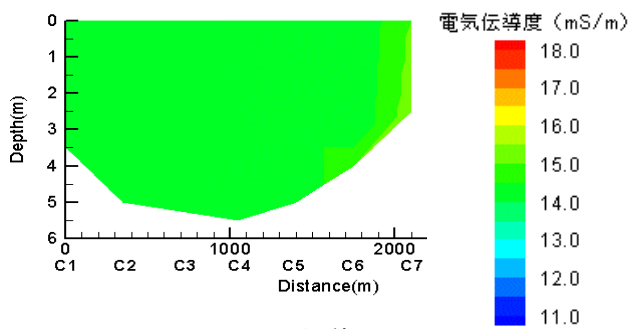
A 測線



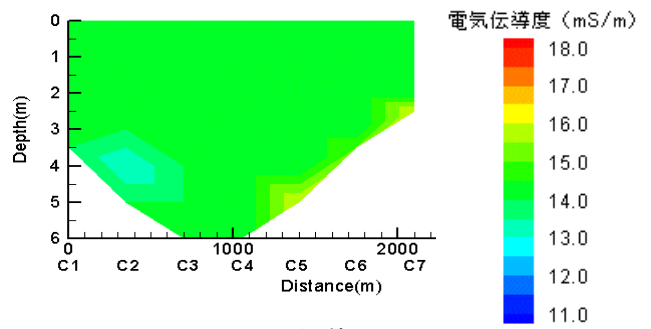
B 測線



B 測線



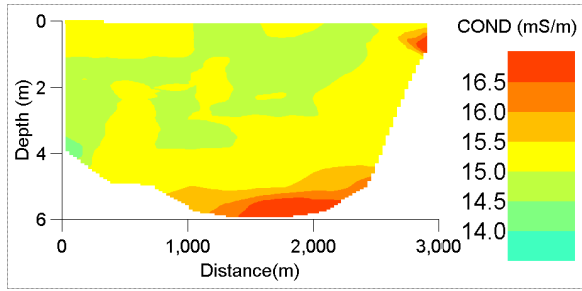
C 測線



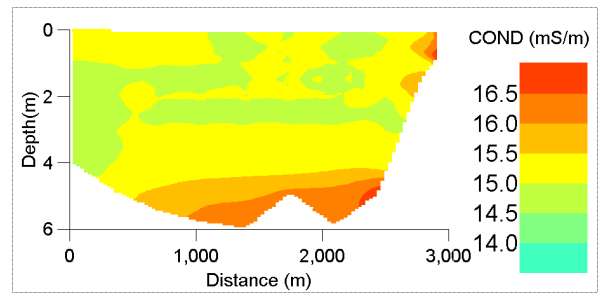
C 測線

図-5(a) 2004年10月26日の電気伝導度観測結果

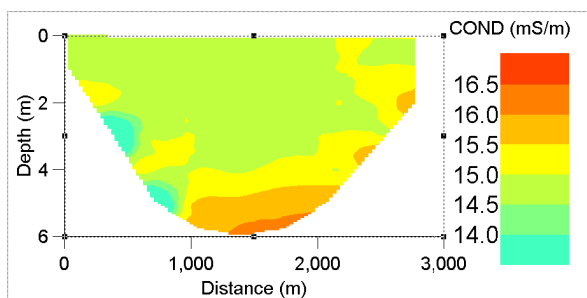
図-5(b) 2004年10月27日の電気伝導度観測結果



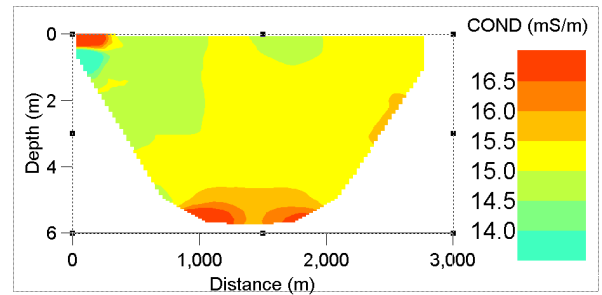
A 測線



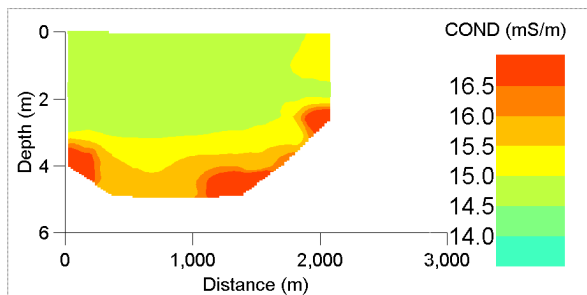
A 測線



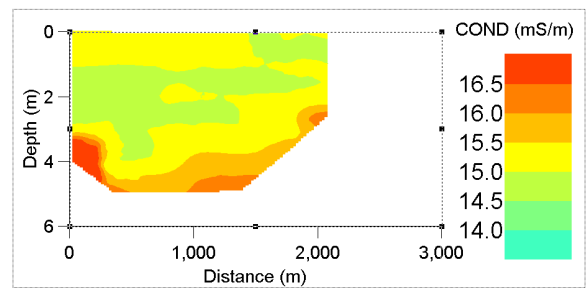
B 測線



B 測線



C 測線



C 測線

図-5(c) 2007年9月20日の電気伝導度観測結果

図-5(d) 2007年9月21日の電気伝導度観測結果