

2007 年夏季における諏訪湖の水平・垂直水質分布

柳町晴美, 花里孝幸, 宮原裕一, 山本雅道
信州大学山岳科学総合研究所

Horizontal and vertical water quality distribution in Lake Suwa in the summer of 2007

H. Yanagimachi, T. Hanazato, Y. Miyabara & M. Yamamoto
Institute of Mountain Science, Shinshu University

2007 年夏季の諏訪湖の水平・垂直水質分布を調査し、主成分分析により主要な分布パターンを抽出した。2007 年 8 月 8 日の第 1 成分は、2002~2006 年に 7 観測日において抽出されたものと同様である。すなわち、「SS, Chl-*a* が大きい所では, Trans. が小さく, W.T.0m は大きい」「SS, Chl-*a* が小さい所では, Trans. が大きく, W.T.0m は小さい」。2007 年 10 月 4 日の第 1 成分は, SS と Chl-*a* の局地的な変動を説明するパターンである。2007 年 8 月 8 日の諏訪湖の水質は, 2002~2007 年の 14 観測日中 2~3 番目に浄化された状態であり, 10 月 4 日は 14 観測日中 3~4 番目に水質が悪化した状況であった。2007 年諏訪における夏季気温のピークと諏訪湖湖心における表層付近の水温のピークには, 5 日程度のずれがみられた。

キーワード: 諏訪湖, 水質, クロロフィル a, 懸濁物質, 透明度, 水温, DO

Keywords: Lake Suwa, water quality, chlorophyll-*a*, suspended solids, transparency, water temperature, dissolved oxygen

1. はじめに

諏訪湖では, これまで様々な水質要素の観測が継続的に実施されており, 特に 1970 年代以降多くのデータが蓄積されている (沖野・花里, 1997, 花里・小河原・宮原, 2003, 宮原, 2005, 2007 など)。水質の水平的な分布に関して, 筆者らは 2002 年以降, 夏季の諏訪湖において継続して観測しており, 2006 年までに 12 日間のデータを蓄積している。懸濁物質 (以下では SS), クロロフィル a 濃度 (以下では Chl-*a*), 透明度 (以下では Trans.), 水温 (以下では W.T.0m) の水平分布のほか, 2005 年からは水深 1m 毎の水温 (W.T.1m, W.T.2m, ...) と溶存酸素濃度 (以下では DO) (DO0m, DO1m, DO2m, ...) , 表層 SS の強熱減量 (以下では IL) の観測も行なっている (柳町ほか, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007)。

夏季の水質 4 要素の主成分分析により抽出された第 1 成分は, 2002~2006 年の 7 観測日において同様の傾向を示した。すなわち, 「SS, Chl-*a* が大きい所では, Trans. が小さく, W.T.0m は大きい」「SS, Chl-*a* が小さい所では, Trans. が大きく,

W.T.0m は小さい」。水質要素のこのような特徴が夏季の諏訪湖で卓越する分布パターンである可能性を示唆した (柳町ほか, 2007)。

本研究では, 2007 年夏季にも水平・垂直水質分布の調査を実施し, 観測データを多変量解析などにより解析し, これまで得られた分布パターンが諏訪湖でどの程度出現するかをさらに検証することを目的とした。

また, 諏訪湖湖心に設置した水温データロガーにより 2006 年夏季に観測した底層水温は, 降水があると急激に降下することを確認したが (柳町ほか, 2007), 2007 年の水温の変化傾向と気象の推移との関係も検討した。

2. 方法

2007 年夏季の水質観測は, 8 月 8 日, 10 月 4 日の 2 回実施した。観測方法は, 2002 年 1 回, 2003 年 3 回, 2004 年 4 回, 2005 年 2 回, 2006 年 2 回実施したものに準拠し, これまでと同じ 60 測点において行なった (図 1)。観測は 3 艘の観測船により実施し, それぞれ 20 測点ずつ観測し

た (C01~C20, K01~K20, T01~T20)。

観測・分析項目は、2004年までと同様に表層のSS, Chl-*a*, Trans., W.T.0m, 2005年, 2006年と同様に、水深1m間隔の水温 (W.T.1m, W.T.2m, ...)とDO (DO0m, DO1m, DO2m, ...)、表層SSの強熱減量 (以下ではIL)である。湖底直上の水温とDOも観測した。

各測点においては、表層水の採水を行ない、透明度、表層の水温とDOの測定、続いて水深1mの水温とDO、水深2mの水温とDO、以下1m毎に湖底に達するまで測定した。SS, Chl-*a*, DO, 強熱減量の測定方法は、柳町ほか (2003, 2006)と同様である。

後述のように8月8日のDO測定値が信頼性に欠けるため、8月8日のDOは統計解析には使用しないこととした。

観測時間は8月8日9:29~13:03, 10月4日9:05~12:42, 所要時間はそれぞれ、3時間34分, 3時間37分である。各測点での測定開始時刻は、表7, 表8に記載した。

2005年, 2006年夏季と同様に、8月8日, 10

月4日とも、湖心のC15測点付近のブイに接続した水温データロガー (HOBO Water Temp Pro)により表層水温を10分間隔で計測した (図2)。矢印は観測船による観測を行なった時間帯である。同様に水深1m, 3m, 5mの水温も10分間隔で計測した。

観測時刻と水質データとの相関係数によれば、8月8日, 10月4日の観測時刻と幾つかの水質要素の観測値には有意な相関がみられる (表1)。

まず、時間経過に起因する観測値の補正が必要であるかを検討した。

2007年8月8日, 10月4日のW.T.0mと観測時刻との相関係数 (積率相関係数, 時間経過を数値化して算出)は、それぞれ0.475, 0.833, スピアマンの順位相関係数は、0.509, 0.832であり、いずれも1%の有意水準で有意となる (表1)。8月8日のW.T.0mと観測時刻との散布図 (図3(a))からは、11:30am以降、Kコースの観測値が若干上昇傾向にあるが、他のコースでは上昇傾向がない。また、湖心 (C15) に設置したロガーにより10分毎に観測した水温は、11:30amに最も高温

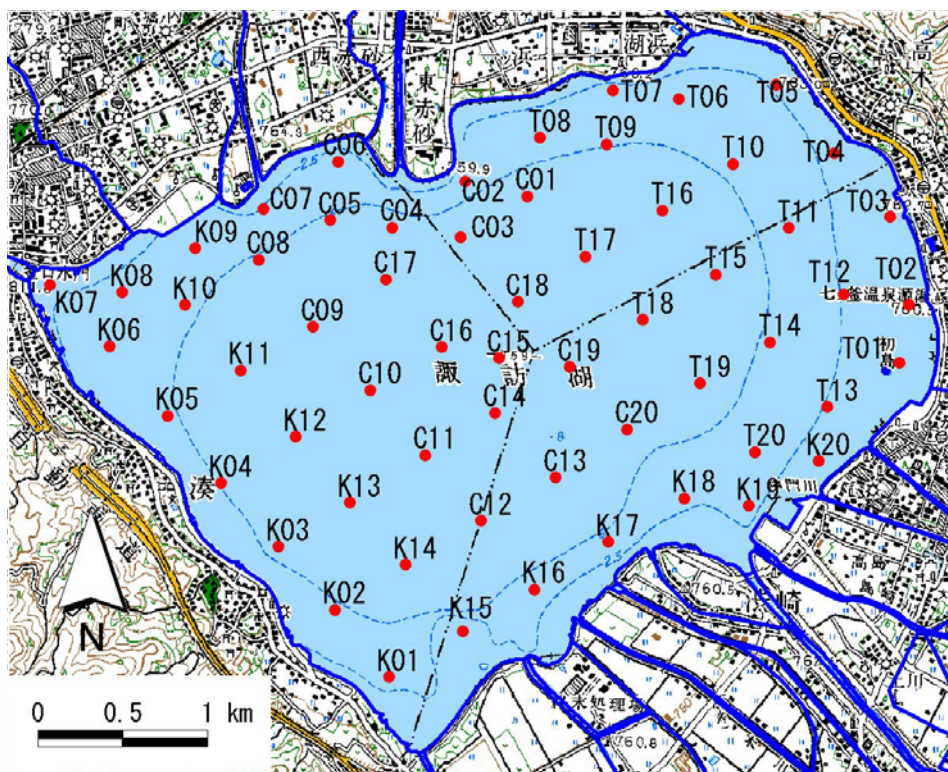
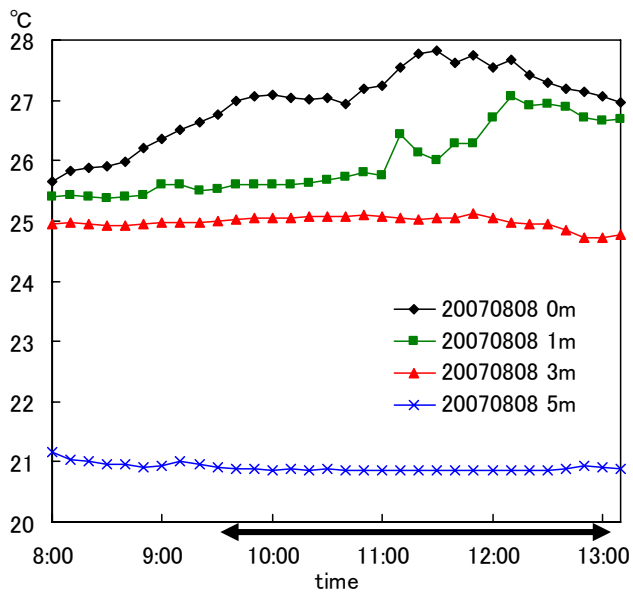
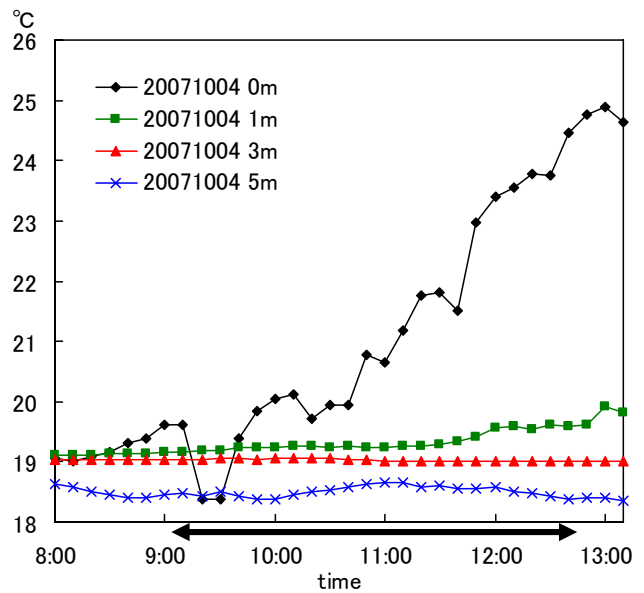


図1 60観測地点と流入・流出河川 (5万分の1地形図「諏訪」)

Fig.1. 60 survey points in Lake Suwa, inlets and outlet shown on the 1:50,000 topographic map "Suwa"



(a) August 8, 2007



(b) October 4, 2007

図2 湖心(C15)における表層水温

Fig.2. Surface water temperatures at the center of Lake Suwa (C15). Arrows show the length of observation on August 8, 2007 and on October 4, 2007.

表1 観測時刻と水質要素間の相関係数, スピアマンの順位相関係数

Table 1. Correlation coefficients and Spearman's rank correlation coefficients between the observation time and the water quality elements

	August 8, 2007			October 4, 2007		
	r	r _s	N	r	r _s	N
SS	0.008	0.169	60	-0.269 *	-0.357 **	59
Chl- <i>a</i>	-0.082	0.014	60	-0.086	0.002	59
Trans.	-0.061	0.033	60	0.186	0.141	59
IL	0.019	0.115	60	-0.181	-0.240	59
DO 0m	no data	no data		-0.062	-0.064	59
DO 1m	no data	no data		0.254	0.197	59
DO 2m	no data	no data		-0.047	-0.128	55
DO 3m	no data	no data		-0.127	-0.160	43
DO 4m	no data	no data		0.007	0.050	34
DO 5m	no data	no data		-0.061	-0.021	20
W.T. 0m	0.475 **	0.509 **	60	0.833 **	0.832 **	59
W.T. 1m	0.316 *	0.444 **	60	-0.070	0.197	59
W.T. 2m	0.110	0.145	53	-0.122	-0.153	55
W.T. 3m	0.008	-0.004	43	-0.226	-0.435 **	43
W.T. 4m	-0.201	-0.305	31	-0.111	-0.347 *	34
W.T. 5m	-0.308	-0.420	20	-0.196	-0.158	20
W.T.0m at 10:30				-0.110	-0.010	59

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

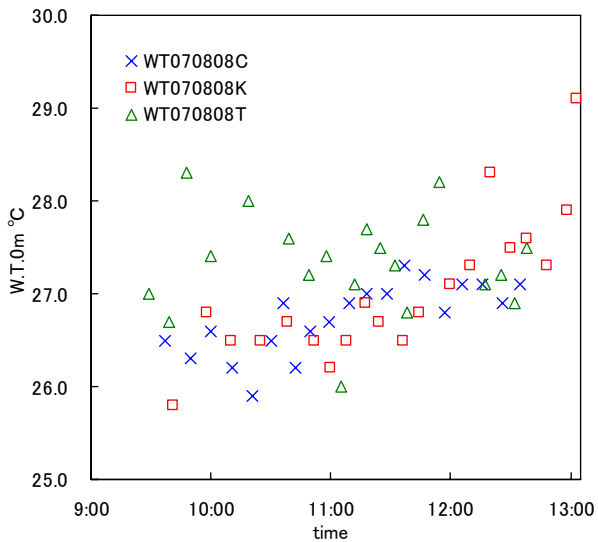
K20 on Oct.4, 2007 is excluded from the calculations.

27.8°Cとなったがその後は下降傾向を示し、観測時間帯を通しての水温は、一貫した上昇傾向を示してはいない(図2)。このため、8月8日のW.T.0mは、時間経過による補正は実施しないこととした。

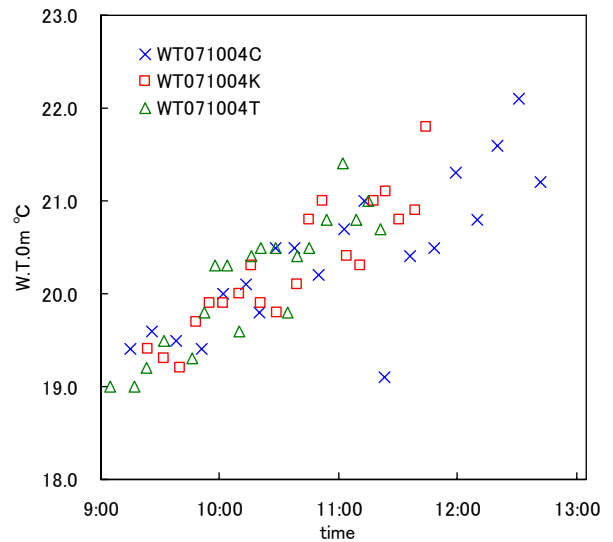
2007年10月4日のW.T.0mと観測時刻とは、散布図からも時間経過に伴う水温上昇が明瞭であり(図3(b)), W.T. 0mの水平分布を見るため

には10月4日のW.T.0mは、時間経過による補正が必要と考えられる。

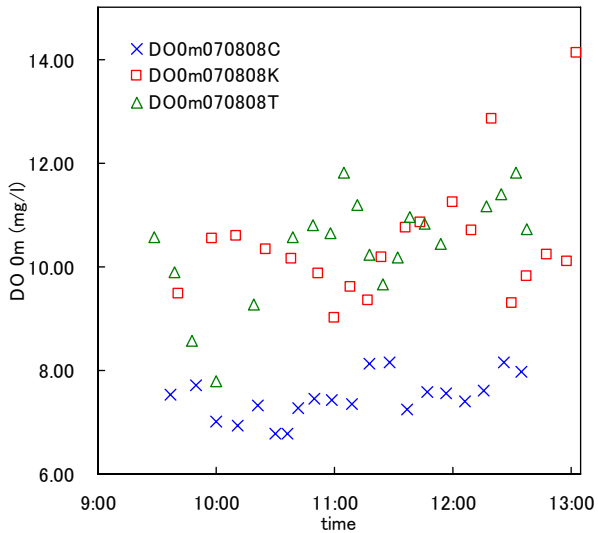
時間経過による補正は、2005年8月17日W.T.0mについて実施しており、湖心(C15)に設置したロガーで計測した水温を目的変数、観測時刻を説明変数とする一次回帰式を用いてW.T.0mの補正を行なった(柳町ほか, 2006)。



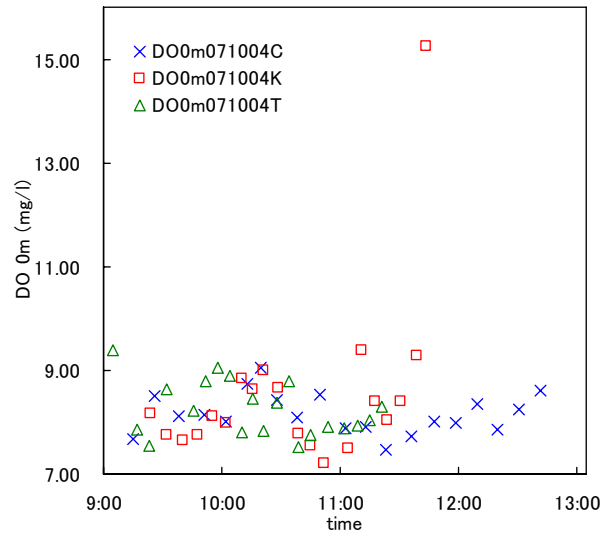
(a) W.T.0m on August 8, 2007



(b) W.T.0m on October 4, 2007



(c) DO 0m on August 8, 2007



(d) DO 0m on October 4, 2007

図3 表層水温, DO と観測時刻との散布図

Fig.3. Scattergrams of W.T.0m and DO 0m versus observed time

× : C01~C20, □ : K01~K20, △ : T01~T20

2007年10月4日の湖心において10分毎にロガーで計測した表層水温の時間変化は、前後の日とは明らかに異なる状況であった。10月3日、10月5日の水温は日変化が小さく、9時から13時までの水温上昇は $0.6\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ であったのに対し、10月4日の水温は 5.3°C 上昇した($1.33^{\circ}\text{C}/\text{時}$)。後述の、W.T.0mの回帰分析での水温上昇率は $0.72^{\circ}\text{C}/\text{時}$ となるので、ロガーで計測した水温上昇率は、諏訪湖全域における平均的な水温上昇率の2倍近い値となる。このため、W.T.0mの補

正を、2005年8月17日と同様の方法で行なうことは適切ではないと考えられる。そこで、後述のように60測点のW.T.0mを用いた回帰分析を使用して補正を行なった。

湖心の水温データロガーによる表層水温の上昇率が大きくなった理由としては、10月4日にはロガーが水面より上に出ており、気温を観測した可能性が考えられる。また、湖心と他の測点における水温上昇率が異なっていた可能性もある。今後、水温データを蓄積し検討する必要がある。

表層以外の水温，他の水質要素にも観測時刻と有意な相関が見られるものがあるが，散布図では明瞭な関係とはみなしがたいので，時間経過による補正は行なわない。

2007年夏季2日分の表層データ（SS, Chl-a, Trans., W.T.0m）は，これまでと同様に，水質分布を特徴付ける分布パターンを主成分分析により抽出し，第1成分の主成分得点分布図から，特徴が顕著に見られる地域を解析した。

W.T., DO については，垂直分布の特徴を調べた。

降水が底層水温にどの程度影響するのかについて，夏季に湖心で観測した水温データを使用して検討した。

2-1. 2007年10月4日表層水温の補正

2005年8月17日の60測点の表層水温の補正は次の方法で行った（柳町ほか，2006）。観測時間帯を含む9:00～12:40の23個の時刻（10分間

隔）を説明変数，湖心（C15）における表層水温観測値を目的変数とする回帰分析を行い，60測点の表層水温を10:30amの値に補正した。すなわち，単位時間当りの気温上昇と，測点毎の観測時刻と10:30との時間差から，10:30amにおける水温補正值（W.T.0m at 10:30）を算出した（補正值1）。

2007年10月4日のW.T.0mは，湖心の水温データを利用して補正を行なうことが適当ではないので，観測時刻と60測点において観測したW.T.0mを用いた回帰分析により補正を行なうこととした。補正方法の妥当性は次のように確認した。先ずこの補正方法を2005年8月17日のデータに適用して補正值を算出し（補正值2），次に2つの補正方法により得られた補正值1と補正值2を比較し，両者に大きな相違がないか検討した。

補正值2の具体的な算出方法は次の通りである。すなわち，2005年8月17日の60測点にお

表2 水質データの要約統計量
Table 2. Summary statistics of water quality data

August 8, 2007						
	SS(mg/l)	Chl-a(μ g/l)	IL(mg/l)	Trans.(cm)	Depth(m)	
Max	14.2	61.0	12.9	161.0	6.43	
Min	5.1	10.4	1.1	81.0	1.00	
Mean	8.1	30.1	5.5	125.0	4.01	
S.D.	1.7	8.9	1.4	17.5	1.54	
N	60	60	60	60	60	

	W.T.0m(°C)	W.T.1m(°C)	W.T.2m(°C)	W.T.3m(°C)	W.T.4m(°C)	W.T.5m(°C)	W.T.6m(°C)
Max	29.1	27.5	26.2	25.5	24.3	22.9	20.9
Min	25.8	23.4	24.3	22.3	21.4	20.9	20.8
Mean	27.0	26.1	25.2	24.3	22.9	21.7	20.9
S.D.	0.6	0.7	0.4	0.7	0.9	0.7	
N	60	60	53	43	31	20	2

October 4, 2007						
	SS(mg/l)	Chl-a(μ g/l)	IL(mg/l)	Trans.(cm)	Depth(m)	W.T.0m10:30(°C)
Max	113.6	241.6	118.6	104.5	6.30	21.0
Min	11.1	33.1	8.4	33.0	1.13	18.5
Mean	17.8	77.7	14.7	84.9	4.05	20.2
S.D.	13.4	45.3	14.5	13.4	1.47	0.4
N	60	60	60	60	60	60

	DO 0m(mg/l)	DO 1m(mg/l)	DO 2m(mg/l)	DO 3m(mg/l)	DO 4m(mg/l)	DO 5m(mg/l)	DO 6m(mg/l)
Max	15.26	10.06	9.10	8.13	7.96	7.14	5.53
Min	7.21	7.16	6.25	6.41	5.12	4.80	3.47
Mean	8.33	8.34	7.49	7.10	6.88	6.22	4.50
S.D.	1.04	0.65	0.60	0.38	0.46	0.65	
N	60	60	55	43	34	20	2

	W.T.0m(°C)	W.T.1m(°C)	W.T.2m(°C)	W.T.3m(°C)	W.T.4m(°C)	W.T.5m(°C)	W.T.6m(°C)
Max	22.1	19.7	19.2	19.1	19.1	19.1	18.1
Min	19.0	15.9	18.6	17.0	17.9	17.0	17.6
Mean	20.3	19.1	19.0	18.9	18.9	18.6	17.9
S.D.	0.7	0.5	0.1	0.3	0.3	0.5	
N	60	60	55	43	34	20	2

ける観測時刻を説明変数，60 測点の W.T.0m を目的変数とする回帰分析を行ない，単位時間当たりの水温上昇を算出した。各測点における観測時刻と 10:30am との時間差分の気温補正量を求め，W.T.0m 各観測値に加算し 10:30am における水温（補正值 2）を求めた。

補正值 1 と補正值 2 の相関係数は 0.999 であり，補正值 1 と補正值 2 の差は最大でも 0.04℃である。従って，60 測点の観測値を用いた補正方法は，湖心水温を用いた補正方法の代替方法とすることは妥当であると考えられる。

2005 年 8 月 17 日の補正值 2 と同様に，2007 年 8 月 8 日の W.T.0m から W.T.0m10:30 を算出し¹⁾，表層水温の水平分布を検討する。各測点では，水深が異なる水温を近接した時刻に観測しているので，W.T.の垂直的な分布の検討には，補正なしの値を使用した。

3. 結果と考察

60 測点における水質データを表 7～表 8 に，観測日毎の表層 4 要素 (SS, Chl-*a*, Trans., W.T.0m) の分布図を図 4～図 5 に，水質要素毎の要約統計量を表 2 に示す。

(1) 表層水質データの統計量

60 測点における SS, Chl-*a* の平均値は，8 月 8 日の方が 10 月 4 日より小さいが，Trans. の平均値は，逆に 8 月 4 日の方が 9 月 20 日より大きい。

8 月 8 日の SS, Chl-*a* の平均値，8.1mg/L，30.1 μg/L は，2002～2007 年の 14 観測日中で，それぞれ 2 番目，3 番目に小さな値であった。SS, Chl-*a* の最小値は 2006 年 8 月 4 日，Chl-*a* の 2 番目に小さな値は 2003 年 8 月 27 日に観測されている。逆に，8 月 8 日の Trans. の平均値 125.0cm は，2006 年 8 月 4 日に次いで大きな値であった (柳町ほか，2003，2004，2005，2006，2007)。2006 年 8 月 4 日は，2006 年 7 月豪雨の影響により植物プランクトンが諏訪湖から流出したため，他の観測日と比較して，特に SS と Chl-*a* が小さく Trans. が大きい値を示したと考えられている。SS, Chl-*a*, Trans. から見て，2007 年 8 月 8 日の諏訪湖の水質は，2006 年 8 月 4 日に次いで 14 観測日中 2～3 番目に浄化された状態であった。

10 月 4 日の SS の平均値 17.8 mg/L は 14 観測日中 3 番目，Chl-*a* の平均値 77.7 μg/L は 4 番目に大きく，Trans. の平均値 84.9cm は 4 番目に小さく，8 月 8 日とは対照的に，14 観測日中 3～4 番目に水質が悪化した状況であった。

10 月 4 日の K20 における SS, Chl-*a*, Trans., DO0m はいずれも，平均±3×標準偏差を超える外れ値であった。上川河口の北東に位置する K19 は，これまでの観測日では SS が外れ値を示すことがあったが，10 月 4 日の値は特に異常値ではない。K20 (K19 の北方) は，クロモ群落に位置し，アオコが吹き溜まった状況となっており，このため異常に大きな値または小さな値を示したと考えられる。以下では，相関係数の算出，多変

表3 観測日毎に算出した要素間の相関係数

Table 3. Correlation coefficients between the water quality elements for each observation date.

August 8, 2007						
	SS	Chl- <i>a</i>	IL	Trans	W.T.0m	
SS	1.000					
Chl- <i>a</i>	0.642 **	1.000				
IL	0.442 **	0.405 **	1.000			
Trans	-0.588 **	-0.265 *	-0.324 *	1.000		
W.T.0m	0.381 **	0.268 *	0.208	-0.376 **	1.000	

October 4, 2007 K20 is excluded from the calculations.						
	SS	Chl- <i>a</i>	IL	Trans	DO 0m	W.T.0m
SS	1.000					
Chl- <i>a</i>	0.823 **	1.000				
IL	0.954 **	0.905 **	1.000			
Trans	-0.254	-0.074	-0.199	1.000		
DO 0m	0.095	0.124	0.093	-0.208	1.000	
W.T.0m	-0.197	-0.054	-0.116	0.230	-0.054	1.000
W.T.0m at 10:30	0.079	0.041	0.084	0.115	0.003	0.459 **

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

量解析には K20 の値を除外した。

(2) 表層水質データの相関関係

表層水質要素間の相関係数を表 3 に示す。10 月 4 日は K20 を除いて算出した。

8 月 8 日の SS, Chl-*a*, Trans., W.T. 0m には、相互に有意な正相関または負相関がある。SS, Chl-*a*, IL は相互に有意な正相関であり、Trans. と SS, Chl-*a*, IL とは有意な負相関である。W.T.0m は、SS, Chl-*a* と有意な正相関、Trans. と有意な負相関がある。8 月 8 日の SS, Chl-*a*, Trans., W.T. 0m 間と同様な相関関係は、2002~2006 年の多くの観測日で確認されている。

10 月 4 日の SS, Chl-*a*, IL は、8 月 8 日と同様に相互に有意な正相関である。Trans. と SS, Chl-*a*, IL との相関係数の符号は 8 月 8 日と同じであるが、有意水準 5% で有意ではない。DO0m, W.T.0m, W.T.0m at 10:30 は、いずれも他の要素とは有意な相関関係が見られない。

諏訪湖では、植物プランクトン起源の SS が多いことが再確認された。

(3) 各観測日の主成分分析

8 月 8 日と 10 月 4 日における、4 種類の表層水質要素の分布 (図 4~図 5) を、主成分分析により解析した。柳町ほか (2004, 2005, 2006, 2007) と同様に、主成分分析は観測日毎に水質要素の相関行列を用いて行なった。第 3 成分までの固有値と寄与率を表 4 に、主成分負荷量を表 5 に示す。10 月 4 日は、外れ値の K20 を除外したため、N=59 への適用である。

第 1 成分の固有値は、8 月 8 日 2.286, 10 月 4 日 1.888 であり、寄与率はそれぞれ 57.1%, 47.2% である。第 2 成分の固有値は、0.812 と 1.107 であり、両日とも第 1 成分の固有値が特に大きいので第 1 成分のみが主要な分布パターンといえる。以下では寄与率が高い第 1 成分を中心に考察する。

8 月 8 日の第 1 成分の主成分負荷量の SS, Chl-*a*, W.T.0m の符号は同じであり、これらと Trans. の符号が逆である。すなわち、「SS, Chl-*a* が大きい所では、Trans. が小さく、W.T.0m は大きい」「SS, Chl-*a* が小さい所では、Trans. が大きく、W.T.0m は小さい」というパターンである。これは、2002~2006 年の夏季 12 観測日のうち 7 日間 (2003 年

7 月 3 日, 2003 年 8 月 27 日, 2003 年 9 月 28 日, 2004 年 7 月 13 日, 2004 年 7 月 29 日, 2005 年 8 月 17 日, 2006 年 8 月 4 日, 柳町ほか, 2007) で抽出された第 1 成分とほぼ同様である。

10 月 4 日の第 1 成分主成分負荷量は、SS と、Chl-*a* の値が 0.9 以上と大きく、Trans は負の値 (-0.340) となる。ただし、Trans. の主成分負荷量の絶対値は、第 2 成分、第 3 成分の方が第 1 成分よりも大きい。従って、第 1 成分は主に SS と、Chl-*a* の変動を説明する。「SS が大きい所では、Chl-*a* も大きい」、「SS が小さい所では、Chl-*a* も小さい」

Trans. と W.T.0m10:30 の変動は、第 2 成分、第 3 成分により主に説明される。第 2 成分と第 3 成分の Trans. の主成分負荷量の符号はいずれも正であるが、W.T.0m10:30 の符号は正 (第 2 成分) または負 (第 3 成分) となる。すなわち、Trans. が大きい所には、W.T.0m10:30 が大きい所と小さい所があり、第 2 成分と第 3 成分は、諏訪湖全域を特徴付ける分布パターンではなく、個々の測点による差異を反映していると考えられる。

8 月 8 日、10 月 4 日における SS と Chl-*a* の同期的な変動は、2006 年 9 月 20 日以外の全観測日で確認された特徴である (柳町ほか, 2007)。

(4) 各観測日の水質分布の特徴

第 1 成分の主成分得点の絶対値が大きい地域は第 1 成分の特徴を最も反映する地域とみなすことができる。2002~2006 年夏季の水質分布と同様に、第 1 成分の主成分得点をクラスター分析し (平方ユークリッド距離を使用した ward 法)、特徴的なグループに区分した (柳町ほか, 2004, 2005, 2006, 2007)。

8 月 8 日、10 月 4 日とも、第 1 成分の主成分得点から、60 測点は 3 グループに分類される (図 6, 表 6 の +, +, ▲)。いずれの観測日においても、主要な 2 グループは、主成分得点が正 (+) または負 (▲) となるグループである。3 つめは主成分得点が特に大きく、(+) の特徴が際立ったグループ (+) である。観測日毎の各グループの特徴を表 6 に示す。

8 月 8 日 (図 6 (a)) の場合、+, + の地域「SS, Chl-*a*, が大きく、Trans. が小さい、W.T.0m は大きい」は、湖の東部から南東部に分布し、▲の地域「SS, Chl-*a* が小さく、Trans. が大きい、W.T.0m

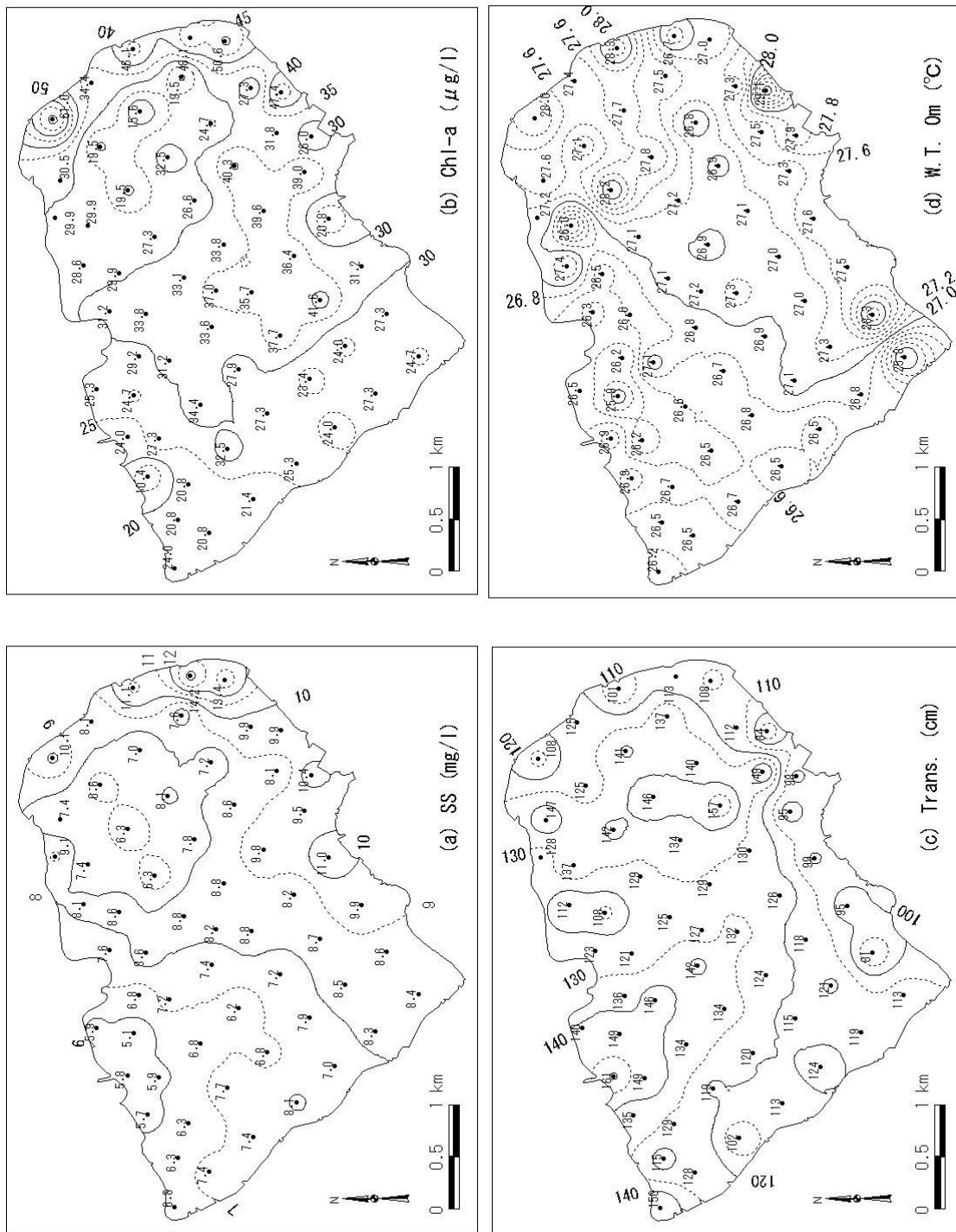


図 4 水質分布図 (2007 年 8 月 8 日) (a) 懸濁物質質量, (b) クロロフィル *a* 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温

Fig. 4. Water quality maps of Lake Suwa on August 8, 2007. (a)SS, (b) Chl-a, (c)Trans., (d)W.T.0m

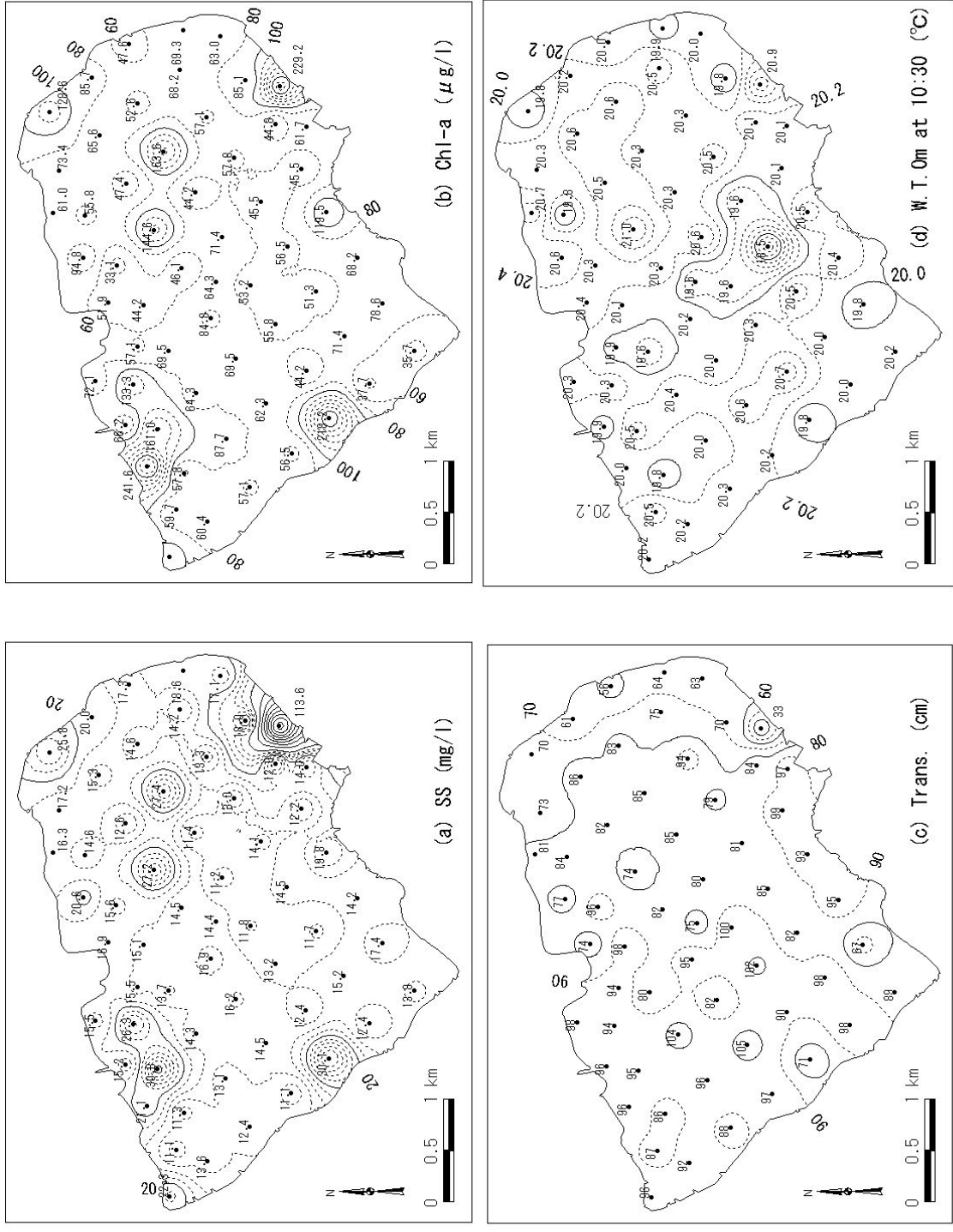


図5 水質分布図 (2007年10月4日) (a)懸濁物質質量, (b)クロロフィルa濃度, (c)透明度, (d)表層水温
 Fig. 5. Water quality maps of Lake Suwa on October 4, 2007. (a)SS, (b) Chl-a, (c)Trans., (d)W.T.0m at10:30

表4 表層水質要素の固有値, 寄与率, 累積寄与率

Table 4. Eigenvalues, proportions and cumulative proportions of surface water quality elements

August 8, 2007 N=60			
	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.286	57.1%	57.1%
Component 2	0.812	20.3%	77.4%
Component 3	0.651	16.3%	93.7%

October 4, 2007 N=59

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	1.888	47.2%	47.2%
Component 2	1.107	27.7%	74.9%
Component 3	0.850	21.3%	96.1%

K20 is excluded from the calculations.

表5 表層水質要素の主成分負荷量

Table 5. Component loadings of surface water quality elements

August 8, 2007 N=60			
	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.893 **	0.203	-0.136
Chl-a	0.731 **	0.585 **	0.245
Trans	-0.744 **	0.343 **	0.534 **
W.T.0m	0.634 **	-0.558 **	0.536 **

October 4, 2007 N=59

	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.958 **	0.038	0.043
Chl-a	0.920 **	0.135	0.251
Trans	-0.340 **	0.671 **	0.656 **
W.T.0m 10:30	0.084	0.798 **	-0.596 **

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

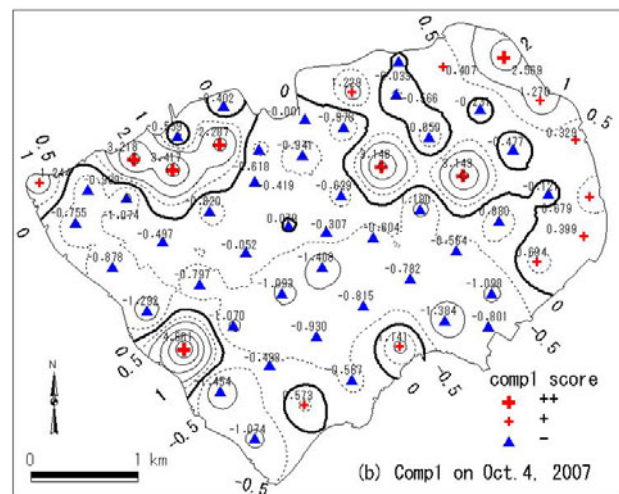
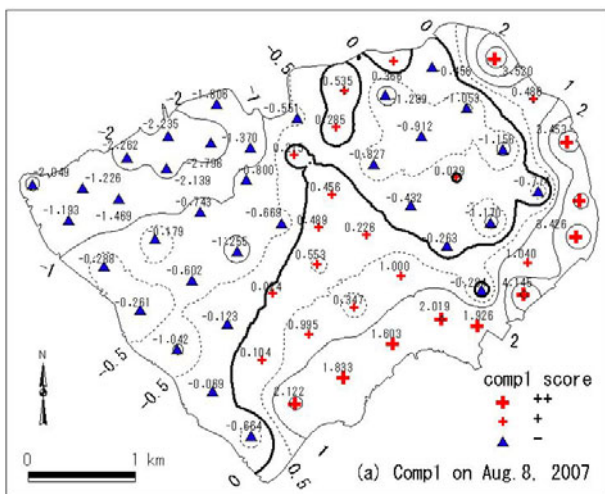


図6 第1主成分の主成分得点に基づく地域区分

Fig. 6. Regional divisions based on the component scores of Component 1.

(a) August 8, 2007, (b) October 4, 2007

Symbols (+, +, ▲) indicate the separated groups.

表6 3グループの特徴

Table 6. Characteristics of the three groups

	+ (Fig. 6)				+(Fig. 6)				▲(Fig. 6)			
	SS	Chl-a	Trans	W.T.0m	SS	Chl-a	Trans	W.T.0m	SS	Chl-a	Trans	W.T.0m
Aug. 8, 2007	++	++	--	+	+	+	-	+	-	-	+	-
Oct. 4, 2007	++	++			+	+			-	-		

Plus(+) indicates bigger value than mean and minus(-) indicates smaller value than mean.

は小さい」は、湖の西部と、東半部の中央付近に分布する。

この分布パターン「SS, Chl-a が大きい所では, Trans.が小さく, W.T.0m は大きい」「SS, Chl-a が小さい所では, Trans.が大きく, W.T.0m は小さい」を示す観測日は, 8月8日も含めて14観測日のうち8日となる。主成分得点の絶対値が大きい地

域に注目すると, 東端部に正, 北西部に負の特徴的な地域が分布しており, 諏訪湖の夏季にしばしば出現している可能性がある「湖の東部と西部に最も差異がある分布パターン」(柳町ほか, 2007)にやや類似している。

10月4日(図6(b))の場合, +, +の地域(SSとChl-aが大きい)は, 広い分布域が出現せず,

主成分得点が特に大きな正の値の測点が北西部、北東部に点在する。▲の地域（SS と Chl-a が小さい）は、湖の中央から西部に分布する。SS, Chl-a の分布図では、非常に大きな値を示す測点（+）が所々に見られ、類似した値の地域は広域的に出現しないので、第1成分も広がりを持つパターンではなく、特に特徴的な測点の変動を説明するものとなっている。

(5) 水温 (W.T.) と DO の垂直分布

水深 1m 間隔の水温 (W.T.0m, W.T.1m, W.T.2m, …, 湖底直上) と、DO (DO0m, DO1m, DO2m, …, 湖底直上) を、表7, 表8に示す。

各測点における最深の W.T., DO 欄には、直上の値をイタリック体で、直上でかつ 1m 間隔の値は下線をつけて記載した。直上の水深は、各測点の水深よりやや上方となる。各観測日の水温と DO の、60 測点の垂直分布を図7に示す。

図3(c), (d)から、8月8日の DO の観測値は、コースにより測器のキャリブレーションが適切ではなかったと推察されるが、コース内で比較することは可能であるため、Cコースと、K・Tコースに分けて垂直分布について検討する。

8月8日には、夏季の温度成層がみられる。2005年8月17日の水温の垂直分布では、水深4m付近まで、多くの測点の水温がほぼ一定であり、水温躍層は水深4m以深に出現したが（柳町ほか、2006）、2007年8月8日の垂直分布は、水温躍層の出現する水深が測点により異なっている。

最深部の湖底（水深6m）の平均水温は20.9℃であり、2005年8月17日は22.9℃であった。従って、2006年8月4日の16.9℃（柳町ほか、2007）は極めて低温であり、2006年7月豪雨の影響によると推察することの妥当性が再確認された。

10月4日には夏季の温度成層が解消され、ほとんどの測点において表層から湖底付近までの温度変化はわずかである。上川河口に近い K19 の水深1mで15.9℃、K20の直上（水深1.5m付近）で16.2℃と非常に低温である。2006年9月20日の K19 の水深1mの水温も特に低温であった。上川の影響が河口の右岸側に出現していることが再確認された。諏訪湖では、西北西の強風時に湖東部で反時計回りの循環流の存在が指摘されている（豊田、2007）。10月4日には、12:00pm（正午）に2.5m/sの西北西が観測されているが、

特に強風ではない。前日にも西北西の強風は観測されていない。上川からの流入水は定常的に K19 方向に流れている可能性がある。

DO の垂直分布は、水温成層の存否を反映した特徴を示す。8月8日の C コース（図7(b), 青色）は、他のコースよりも全般にやや値が小さい。形状は全コースで類似しており、水深3~4mまでほぼ一定の値で推移し、その後、急激に低下する測点が多い。水深4m以深では貧酸素となる測点が多い。

10月4日の DO の垂直分布は、水深5mまでほぼ一定の値を示す測点が多い。湖底付近でやや低下している。

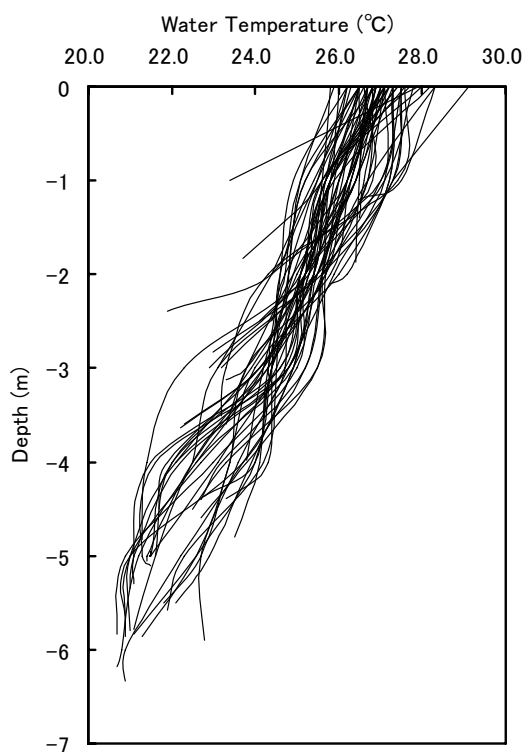
(6) 2007 年夏季の水温変化

2007年の夏季にも諏訪湖湖心（C15）に水温データロガーを設置し、表層、水深1m, 3m, 5mの水温を10分間隔で計測した（表層は9月11日、その他の水深は9月11~14日に欠測、太線は144項（24時間）移動平均）（図8）。

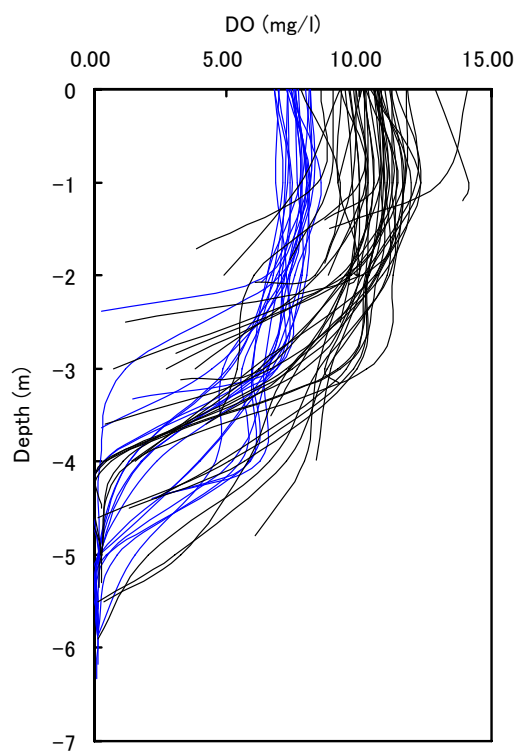
7月26日以降、各水深の水温は変動しながら次第に上昇し、24時間移動平均では、表層と水深1mの水温は8月20日頃に最も高温となった。2007年の諏訪における気温は、8月15日頃ピークであったので、表層付近の水温のピークは5日程度ずれている。水深3m, 5m水温のピークは8月22日頃であったので、さらに2日程度ずれている。

8月22~23日、8月30~31日、9月5~7日、9月10~12日、9月30日に降水があり、各水深の水温が低下している。2006年の夏季の水温成層が解消される過程において、諏訪で降水が観測された時に水深5mの水温が急激に低下した（柳町ほか、2007）。2007年の場合、水深5mの水温低下量が他の水深における低下量よりもやや大きかったケースはあるが（9月6~7日、9月30日~10月1日；9月10~12日は欠測）、2006年ほど他の水深との差が顕著ではない。2006年の水温低下時の日降水量は2007年よりも多かったため、2006年の降水による低層水温低下が顕著であったと考えられる。

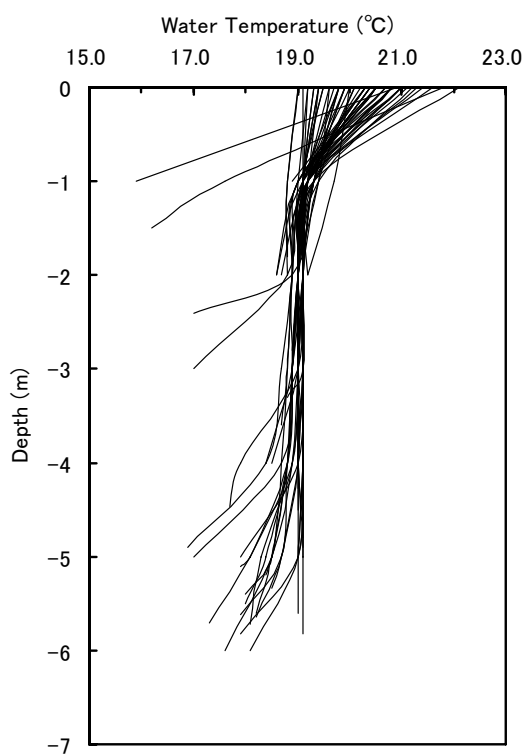
水深5mの水温は、他の水深の水温とは逆の変化をする場合がある。例えば、8月5~14日には、水深5mの水温は22℃程度を保持した後、上昇したが、より浅い水深の水温は上昇後、下降した。



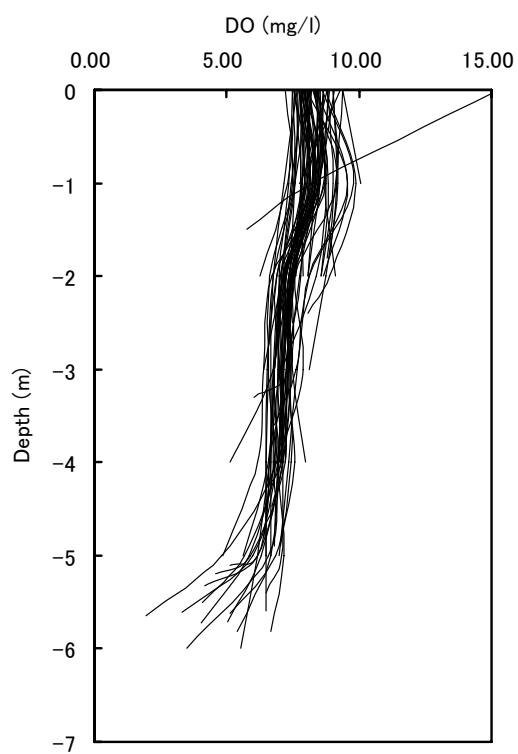
(a) W. T. on August 8, 2007



(b) DO on August 8, 2007



(c) W. T. on October 4, 2007



(d) DO on October 4, 2007

図7 測地点毎の水温とDOの垂直分布

Fig.7. Vertical distributions of water temperature and DO at 60 observation points in Lake Suwa

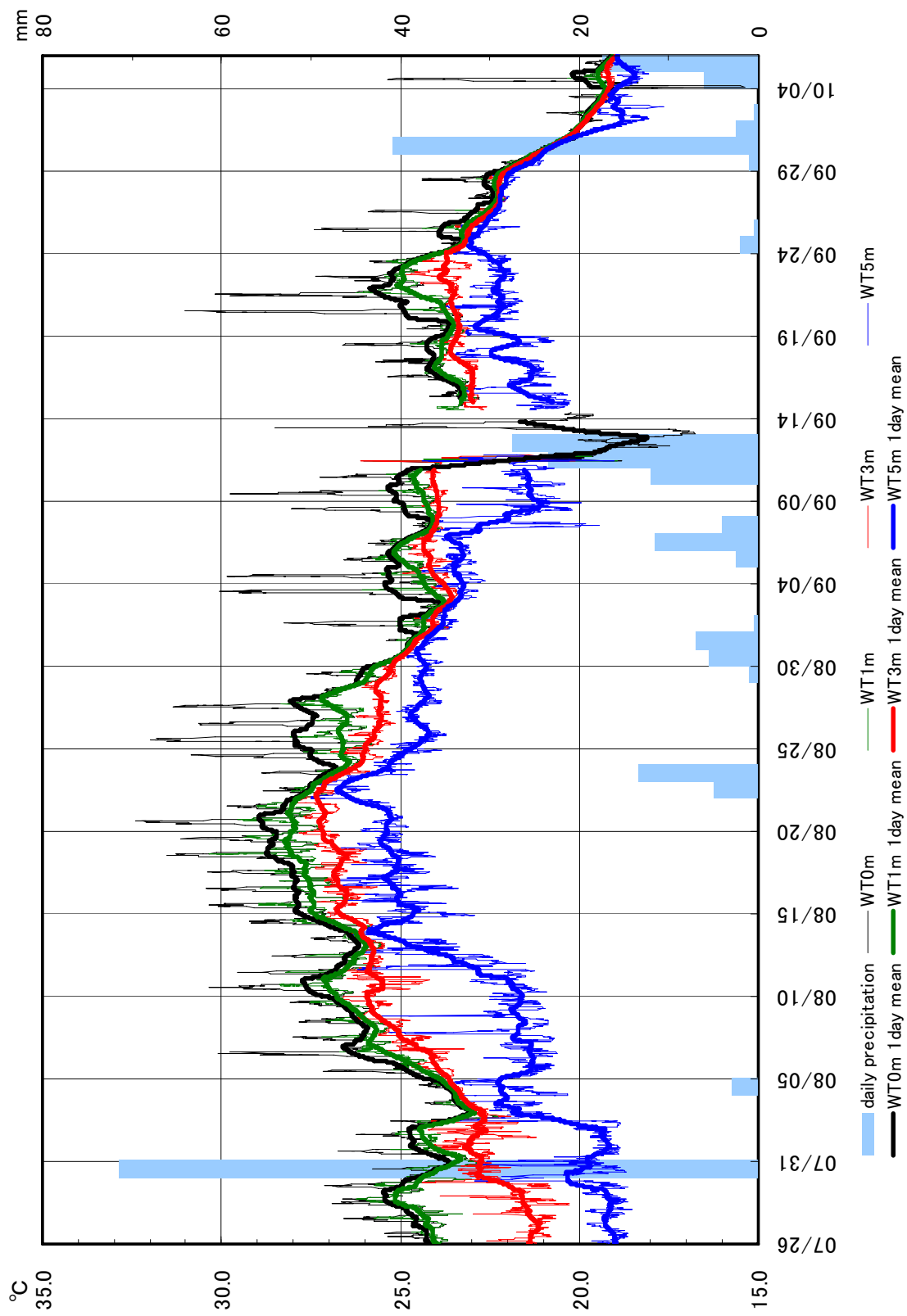


図8 湖心 (C15) における 2007 年夏季の表層, 水深 1m, 水深 3m, 水深 5m の水温変化
 Fig. 8. Variations in water temperatures of surface, at depths of 1m, 3m and 5m at the center of Lake SUWA (C15) in the summer of 2007

8月1～3日、9月8～10日頃も逆の変化傾向を示す(図8)。表層の水温変化は下位に伝播するので、変化の位相がずれている可能性がある。

9月24日頃から各水位の水温の差が縮小し表層、1m、3m、5mの水温はほぼ同じとなり、秋の循環期に入った。

8月8日のSS、Chl-*a*の平均値が小さかった理由としては、湖水が温度成層しているため、低泥から溶出した栄養塩の供給が少なく、植物プランクトンの発生量が少なかったためと考えられる。一方、10月4日は全層循環していたため、低泥からの栄養塩の供給を受け、表層で植物プランクトンが増殖したためにSS、Chl-*a*の平均値が大きくなったと考えられる。

諏訪では、7月31日に71.5mmの日降水量があり、1時間に最大39mmの降水があった。7月の月降水量平年値は198.7mmであるので、平年の月降水量の3分の1強が1日で降り、それもごく短時間に集中して非常に強い雨が降っている。7月30日の強い降水が8月8日の水質浄化に影響した可能性もある。

諏訪における8月、9月の月降水量は、35mm、126mm(平年比27.0%、61.8%)、月平均気温は、24.7℃、21.6℃(平年比+1.2℃、+2.6℃)、日照時間241.2時間、149.8時間(9月に欠測あり)(平年比124.1%、107.8%)であった。このような高温少雨、日射量が多めという気象条件により、植物プランクトンの増殖が促され、10月4日のChl-*a*と、Chl-*a*に起因するSSが大きな値となった可能性もある。

4. まとめ

2007年8月8日、10月4日に諏訪湖において水質観測を行い以下の結果が得られた。

2007年8月8日の諏訪湖の水質は、2006年8月4日に次いで14観測日中2～3番目に浄化された状態であった。

10月4日は8月8日とは対照的に、14観測日中3～4番目に水質が悪化した状況であった。

2007年8月8日、10月4日の諏訪湖60測点における表層4水質要素(SS、Chl-*a*、Trans.、W.T.0m)を観測日毎に主成分分析し、8月8日、10月4日とも第1成分が主要な水質分布パターンとして抽出された。

8月8日の第1成分は「SS、Chl-*a*が大きい所

では、Trans.が小さく、W.T.0mは大きい」「SS、Chl-*a*が小さい所では、Trans.が大きく、W.T.0mは小さい」という変動パターンである。これにより、2002～2007年の夏季14観測日のうち8日間ではほぼ同様のパターンが第1成分として抽出された。際立った特徴を示す地域に注目すると、諏訪湖の夏季にしばしば出現している可能性がある「湖の東部と西部に最も差異がある分布パターン」にやや類似している。

10月4日の第1成分は、「SSが大きい所では、Chl-*a*も大きい」、「SSが小さい所では、Chl-*a*も小さい」という変動パターンである。ただし、広がりを持つパターンではなく、特に特徴的な測点の変動を説明するものである。

8月8日の水温の垂直分布には夏季の温度成層が見られた。水温躍層の出現する水深は測点により異なっていた。DOの垂直分布は、水深3～4mまではほぼ一定の値で推移し、その後、急激に低下する測点が多かった。水深4m以深では貧酸素となる測点が多かった。

10月4日には夏季の温度成層が解消され、ほとんどの測点において表層から湖底付近までの温度変化はわずかであった。DOの垂直分布は、水深5mまではほぼ一定の値を示す測点が多かった。

2007年諏訪における夏季気温のピークと諏訪湖湖心における表層付近の水温のピークには、5日程度のずれがみられた。

水温データロガーにより各水位の水温を夏季～秋季に継続的に計測するにより、温度成層が形成されている時期と、成層が解消される時期を明確に把握することが可能となる。季節推移の影響を正確に勘案することで、観測日毎の水質分布に関して分布をもたらす要因を推測することを容易にする。今後の、ロガーによる水温データ蓄積は、諏訪湖の水質分布解析に寄与すると考えられる。

謝辞

本研究は、2007年度科学研究費補助金(基盤研究A:17201012)「水質浄化対策が引き起こす富栄養化の生態系構造の変化とそのメカニズムの解明」(研究代表者:花里孝幸)を使用した。水質調査・分析には、信州大学山岳科学総合研究所山地下水環境保全学部門(山地下水環境教育研究センター)研究室所属の大学院生・学部生等に協力していただいた。関係各位に厚くお礼申

上げます。

注

1) 説明変数として使用した観測時刻は、0:00 を 0, 24:00 を 1 とする Microsoft Excel における時刻シリアル値として扱い、時刻（シリアル値 1 = 24 時間）に対する回帰係数を算出した。C13 の値は外れ値であるため、これを除いて回帰分析を行なった。回帰分析結果を以下に示す。回帰係数から、1 時間当たりの気温上昇は、 0.7216°C となる。

R	0.8855
R ²	0.7841
Adjusted R ²	0.7804

Analysis of Variance

	Sum of Sq.	DF	Mean Sq.	F value	P value
Regression	23.2118	1	23.2118	207.0576	0.0000
Residual	6.3899	57	0.1121		
Total	29.6017	58			

Coefficients

	Reg. Coeff.	Std. Error	T value	P value
Const.	12.6361	0.5336	23.6824	0.0000
Time	17.3190	1.2036	14.3895	0.0000

【参考文献】

沖野外輝夫・花里孝幸 (1997) : 諏訪湖定期調査 : 20年間の結果. 諏訪臨湖実験所報告, 10, 7-249.
豊田政史(2007) : 浅い山地湖沼における大気-水-物質循

環に関する研究.

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.
花里孝幸 (2004) : 湖の水質と生態系との関わり. 水環境学会誌, 27, 509~513.
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.
宮原裕一・諏訪湖定期調査観測グループ (2007) : 諏訪湖定期調査 (2002~2006) の結果. 信州大学山地水環境教育研究センター研究報告, 5, 47-94.
柳町晴美・高木直樹・花里孝幸・朴 虎東 (2003) : Landsat ETM+データと同時観測データによる2002年9月2日の諏訪湖の水質, 信州大学環境科学年報, 25, 21-28.
柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一 (2004) : 2003年夏季における諏訪湖の水質分布, 信州大学環境科学年報, 26, 55-67.
柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一 (2005) : 2004年夏季における諏訪湖の水質分布, 信州大学環境科学年報, 27, 17-30.
柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一 (2006) : 2005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, 28, 23-37.
柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道 (2007) : 2006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, 29, 5-23.

(原稿受付 2008.3.14)

表7 諏訪湖の水質データ (2007年8月8日)
 Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa
 on August 8, 2007

Station	Time JST	Longitude			Latitude			Depth (m)	SS (mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans. (cm)	IL (mg/l)
		deg	min	sec	deg	min	sec					
C01	9:37	138	05	07.4 E	36	03	29.9 N	4.93	8.6	29.9	108	5.9
C02	9:50	138	04	52.9 E	36	03	32.4 N	3.73	7.6	31.2	123	5.1
C03	10:00	138	04	52.2 E	36	03	21.2 N	5.21	8.6	33.8	121	7.0
C04	10:11	138	04	36.0 E	36	03	23.0 N	3.43	6.8	29.2	136	4.0
C05	10:21	138	04	21.4 E	36	03	24.1 N	4.47	5.1	24.7	149	1.1
C06	10:30	138	04	23.2 E	36	03	35.8 N	2.49	5.9	25.3	140	12.9
C07	10:36	138	04	05.4 E	36	03	25.8 N	2.18	5.8	24.0	161	3.9
C08	10:42	138	04	05.1 E	36	03	16.1 N	4.49	5.9	27.3	149	4.0
C09	10:50	138	04	18.3 E	36	03	03.4 N	5.68	6.8	34.4	134	5.0
C10	10:59	138	04	32.3 E	36	02	52.0 N	5.94	6.2	27.9	134	4.4
C11	11:09	138	04	45.7 E	36	02	39.5 N	6.43	7.2	37.7	124	5.4
C12	11:18	138	04	59.6 E	36	02	27.6 N	5.96	8.7	41.6	118	6.1
C13	11:28	138	05	16.0 E	36	02	36.1 N	5.88	8.2	36.4	126	6.1
C14	11:37	138	05	01.8 E	36	02	48.7 N	6.28	8.8	35.7	132	6.3
C15	11:47	138	05	02.0 E	36	02	59.7 N	5.94	8.2	37.0	127	6.1
C16	11:57	138	04	48.3 E	36	03	00.8 N	5.84	7.4	33.6	142	5.4
C17	12:06	138	04	34.7 E	36	03	13.5 N	5.05	7.2	31.2	146	5.4
C18	12:16	138	05	06.5 E	36	03	09.8 N	5.90	8.8	33.1	125	5.9
C19	12:26	138	05	19.6 E	36	02	57.9 N	5.96	8.8	33.8	129	6.3
C20	12:35	138	05	32.8 E	36	02	45.9 N	5.15	9.8	39.6	130	6.7
K01	9:41	138	04	39.4 E	36	01	56.7 N	3.40	8.4	24.7	113	5.8
K02	9:58	138	04	24.8 E	36	02	09.7 N	4.71	8.3	27.3	119	5.9
K03	10:10	138	04	11.3 E	36	02	21.9 N	5.06	7.0	24.0	124	5.1
K04	10:25	138	03	57.1 E	36	02	33.4 N	4.50	8.1	25.3	113	5.7
K05	10:38	138	03	43.2 E	36	02	46.3 N	3.98	7.4	21.4	102	5.1
K06	10:52	138	03	29.7 E	36	02	59.7 N	3.25	7.4	20.8	128	5.3
K07	11:00	138	03	15.9 E	36	03	10.0 N	1.83	6.8	24.0	150	5.1
K08	11:08	138	03	34.5 E	36	03	09.4 N	2.75	6.3	20.8	115	4.0
K09	11:17	138	03	50.6 E	36	03	19.1 N	3.16	5.7	10.4	135	4.2
K10	11:24	138	03	48.0 E	36	03	06.6 N	3.98	6.3	20.8	129	4.7
K11	11:36	138	04	01.9 E	36	02	54.8 N	4.97	7.7	32.5	119	5.4
K12	11:44	138	04	15.8 E	36	02	42.8 N	5.80	6.8	27.3	120	4.5
K13	12:00	138	04	29.4 E	36	02	30.1 N	6.00	7.9	23.4	115	5.6
K14	12:10	138	04	42.4 E	36	02	19.5 N	5.73	8.5	24.0	121	5.6
K15	12:20	138	04	55.2 E	36	02	06.9 N	1.23	8.6	27.3	81	6.3
K16	12:30	138	05	12.8 E	36	02	15.1 N	3.05	9.9	31.2	95	5.9
K17	12:38	138	05	30.5 E	36	02	25.7 N	3.67	11.0	20.8	99	5.9
K18	12:48	138	05	48.2 E	36	02	33.6 N	2.03	9.5	39.0	95	5.9
K19	12:58	138	06	01.6 E	36	02	31.9 N	1.00	10.4	26.0	98	5.7
K20	13:03	138	06	18.3 E	36	02	41.5 N	1.74	9.9	47.4	84	7.6
T01	9:29	138	06	37.0 E	36	02	59.3 N	1.42	13.4	50.6	108	7.4
T02	9:39	138	06	38.0 E	36	03	10.1 N	1.92	14.2	48.1	113	6.9
T03	9:48	138	06	32.8 E	36	03	27.6 N	1.82	11.1	46.1	101	7.1
T04	10:00	138	06	19.7 E	36	03	40.1 N	2.17	8.1	34.4	125	5.0
T05	10:19	138	06	05.2 E	36	03	51.9 N	2.16	10.1	61.0	108	6.1
T06	10:39	138	05	42.1 E	36	03	48.9 N	3.30	7.4	30.5	147	4.7
T07	10:49	138	05	27.8 E	36	03	50.2 N	2.62	9.1	29.9	128	5.4
T08	10:58	138	05	09.9 E	36	03	41.0 N	3.67	8.1	28.6	112	5.0
T09	11:05	138	05	25.3 E	36	03	40.0 N	4.21	7.4	29.9	137	4.6
T10	11:12	138	05	55.5 E	36	03	36.8 N	4.10	6.6	19.5	125	4.0
T11	11:18	138	06	09.3 E	36	03	24.9 N	3.22	7.0	15.6	141	4.0
T12	11:25	138	06	22.8 E	36	03	12.5 N	2.07	7.6	19.5	137	4.6
T13	11:32	138	06	19.5 E	36	02	50.9 N	2.20	9.9	27.3	112	5.4
T14	11:38	138	06	05.5 E	36	03	02.8 N	4.00	7.2	24.7	140	5.0
T15	11:46	138	05	52.1 E	36	03	15.9 N	5.01	8.1	32.5	146	5.2
T16	11:54	138	05	39.1 E	36	03	28.0 N	5.15	6.3	19.5	142	4.5
T17	12:17	138	05	21.8 E	36	03	19.2 N	5.45	6.3	27.3	129	5.6
T18	12:25	138	05	35.9 E	36	03	07.2 N	5.40	7.8	26.6	134	5.2
T19	12:32	138	05	49.6 E	36	02	55.4 N	4.82	8.6	40.3	157	5.9
T20	12:38	138	06	02.8 E	36	02	42.4 N	2.93	8.1	31.8	149	5.0

Locations of the surveyed stations are shown in Fig. 1.

表7 諏訪湖の水質データ (2007年8月8日) 続き
 Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa
 on August 8, 2007 (continued)

Station	W.T.(°C)							
	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	6m+
C01	26.5	25.8	25.3	22.3	21.4	<i>21.3</i>		
C02	26.3	25.7	25.4	24.1	<i>22.2</i>			
C03	26.6	26.8	25.2	24.8	21.6	21.3	<i>21.5</i>	
C04	26.2	25.5	24.8	24.7	<i>24.4</i>			
C05	25.9	25.1	24.8	24.4	24.0	<i>22.8</i>		
C06	26.5	25.2	24.4	<i>21.9</i>				
C07	26.9	25.2	24.8	<i>24.8</i>				
C08	26.2	24.9	24.6	24.4	24.3	<i>23.3</i>		
C09	26.6	25.5	24.6	24.5	24.2	22.3	<i>21.9</i>	
C10	26.7	26.0	25.2	24.4	24.0	22.6	<i>21.1</i>	
C11	26.9	26.3	25.6	25.2	23.7	22.2	20.9	<i>20.9</i>
C12	27.0	26.3	25.8	23.8	23.4	22.6	<i>21.3</i>	
C13	27.0	26.2	25.7	24.2	22.5	21.6	<i>21.1</i>	
C14	27.3	26.4	25.5	24.9	22.6	21.2	20.8	<i>20.7</i>
C15	27.2	26.2	25.2	25.0	23.0	20.9	<i>20.7</i>	
C16	26.8	25.8	25.4	24.9	23.7	21.0	<i>20.9</i>	
C17	27.1	25.8	25.2	24.5	23.1	21.5	<i>21.5</i>	
C18	27.1	26.0	25.4	24.8	22.1	21.0	<i>21.0</i>	
C19	26.9	26.4	25.3	24.7	22.7	21.0	<i>20.9</i>	
C20	27.1	26.7	25.7	24.3	22.5	21.4	<i>21.4</i>	
K01	25.8	25.6	25.3	24.4	<i>24.2</i>			
K02	26.8	26.2	25.7	25.5	23.8	<i>22.7</i>		
K03	26.5	25.9	25.6	25.5	23.3	<i>22.5</i>		
K04	26.5	26.1	25.6	25.2	23.2	<i>22.7</i>		
K05	26.7	26.3	24.9	23.8	<i>23.3</i>			
K06	26.5	25.4	24.4	<i>23.1</i>				
K07	26.2	25.6	<i>23.7</i>					
K08	26.5	25.1	24.7	<i>24.4</i>				
K09	26.9	26.2	24.7	24.3	<i>24.4</i>			
K10	26.7	25.7	24.9	24.2	<i>23.8</i>			
K11	26.5	26.4	25.0	24.3	24.1	<i>23.5</i>		
K12	26.8	26.7	25.6	24.9	23.9	22.9	<i>22.1</i>	
K13	27.1	27.1	25.9	24.8	23.6	22.7	<i>22.8</i>	
K14	27.3	27.2	26.0	24.0	23.4	22.7	<i>21.8</i>	
K15	28.3	27.5	<i>26.5</i>					
K16	27.5	27.3	25.5	<i>23.2</i>				
K17	27.6	27.4	24.3	23.3	<i>23.2</i>			
K18	27.3	27.0	<i>24.4</i>					
K19	27.9	<i>23.4</i>						
K20	29.1	27.3						
T01	27.0	26.6	<i>26.5</i>					
T02	26.7	26.5	<i>26.4</i>					
T03	28.3	26.7	<i>25.9</i>					
T04	27.4	25.7	25.4	<i>25.3</i>				
T05	28.0	25.6	<i>25.2</i>					
T06	27.6	25.8	25.2	<i>22.9</i>				
T07	27.2	25.7	25.1	<i>24.1</i>				
T08	27.4	25.8	25.4	24.1	<i>22.3</i>			
T09	26.0	25.8	25.2	23.9	<i>22.1</i>			
T10	27.1	25.7	25.1	24.2	<i>22.6</i>			
T11	27.7	25.6	25.2	23.8	<i>23.3</i>			
T12	27.5	27.0	25.6	<i>25.7</i>				
T13	27.3	27.2	26.2	<i>25.8</i>				
T14	26.8	26.0	25.5	23.1	<i>22.5</i>			
T15	27.8	27.1	25.2	24.3	22.0	<i>21.6</i>		
T16	28.2	25.9	25.1	24.6	22.0	<i>21.5</i>		
T17	27.1	26.4	25.1	24.8	22.2	21.1	<i>21.0</i>	
T18	27.2	25.8	25.1	24.6	21.5	21.1	<i>21.1</i>	
T19	26.9	26.2	25.5	24.1	21.9	<i>21.7</i>		
T20	27.5	27.3	25.6	<i>23.0</i>				

The values of W.T. and DO near the bottom are printed in italic.
 The underlined values are observed near the bottom at every 1m water depth.

表8 諏訪湖の水質データ (2007年10月4日)
 Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa
 on October 4, 2007

Station	Time JST	Longitude			Latitude			Depth (m)	SS (mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans. (cm)	IL (mg/l)
		deg	min	sec	deg	min	sec					
C01	9:15	138	05	07.2 E	36	03	30.1 N	4.88	15.6	33.1	96	10.3
C02	9:26	138	04	53.0 E	36	03	32.2 N	4.03	16.9	51.9	74	12.1
C03	9:38	138	04	52.4 E	36	03	21.3 N	5.13	15.1	44.2	98	9.8
C04	9:51	138	04	36.2 E	36	03	22.8 N	3.30	15.5	57.1	94	10.5
C05	10:02	138	04	21.8 E	36	03	23.8 N	4.57	26.3	133.3	94	20.1
C06	10:13	138	04	22.7 E	36	03	35.5 N	2.50	15.5	72.1	98	11.3
C07	10:20	138	04	06.1 E	36	03	25.9 N	1.86	15.2	66.2	96	10.9
C08	10:28	138	04	04.7 E	36	03	15.8 N	4.38	30.8	161.0	95	24.8
C09	10:38	138	04	19.0 E	36	03	03.9 N	5.43	14.3	64.3	104	11.2
C10	10:50	138	04	32.7 E	36	02	51.9 N	5.92	16.2	69.5	82	12.9
C11	11:03	138	04	46.5 E	36	02	39.9 N	6.30	13.2	55.8	102	9.7
C12	11:13	138	04	59.6 E	36	02	27.6 N	5.92	11.7	51.3	82	9.1
C13	11:23	138	05	16.4 E	36	02	37.0 N	5.81	14.5	56.5	85	9.5
C14	11:36	138	05	01.0 E	36	02	48.1 N	6.21	11.8	53.2	100	10.0
C15	11:48	138	05	02.1 E	36	02	58.9 N	5.82	14.4	64.3	75	11.4
C16	11:59	138	04	48.0 E	36	03	00.2 N	5.74	16.9	84.8	95	14.1
C17	12:10	138	04	35.1 E	36	03	13.0 N	5.00	13.7	69.5	80	10.0
C18	12:20	138	05	07.0 E	36	03	09.7 N	5.71	14.5	46.1	82	11.0
C19	12:31	138	05	19.3 E	36	02	57.4 N	5.72	11.2	71.4	80	8.6
C20	12:42	138	05	33.4 E	36	02	45.6 N	5.00	14.1	45.5	81	12.1
K01	9:24	138	04	38.0 E	36	01	56.4 N	3.55	13.8	35.7	89	11.5
K02	9:32	138	04	24.8 E	36	02	10.1 N	4.58	12.4	37.7	98	10.5
K03	9:40	138	04	10.9 E	36	02	22.4 N	4.97	30.1	218.2	71	29.7
K04	9:48	138	03	57.1 E	36	02	33.7 N	4.63	11.1	56.5	97	9.2
K05	9:55	138	03	43.7 E	36	02	46.4 N	4.10	12.4	57.1	88	10.0
K06	10:02	138	03	29.8 E	36	02	59.2 N	3.08	13.6	60.4	92	10.6
K07	10:10	138	03	16.0 E	36	03	10.7 N	2.21	22.3	108.4	96	19.6
K08	10:16	138	03	34.0 E	36	03	09.1 N	2.86	11.1	59.7	87	10.0
K09	10:21	138	03	50.5 E	36	03	18.6 N	3.25	21.1	241.6	96	21.9
K10	10:29	138	03	48.3 E	36	03	07.1 N	3.95	11.3	57.8	86	10.7
K11	10:39	138	04	01.9 E	36	02	54.3 N	5.04	13.1	87.7	96	11.3
K12	10:45	138	04	15.9 E	36	02	42.0 N	5.74	14.5	62.3	105	10.9
K13	10:52	138	04	29.0 E	36	02	29.9 N	5.93	12.4	44.2	90	8.4
K14	11:04	138	04	42.6 E	36	02	18.4 N	5.52	15.2	71.4	98	12.3
K15	11:11	138	04	55.7 E	36	02	06.8 N	1.13	17.4	78.6	67	13.2
K16	11:18	138	05	12.9 E	36	02	14.9 N	2.95	14.2	68.2	95	10.7
K17	11:24	138	05	30.1 E	36	02	25.1 N	3.80	19.8	119.5	93	17.0
K18	11:31	138	05	46.6 E	36	02	33.3 N	2.06	12.2	45.5	99	9.3
K19	11:39	138	06	02.6 E	36	02	32.1 N	1.13	14.0	61.7	97	11.2
K20	11:44	138	06	18.1 E	36	02	40.9 N	1.65	113.6	229.2	33	118.6
T01	9:05	138	06	36.7 E	36	02	59.7 N	1.90	17.1	63.0	63	12.8
T02	9:17	138	06	38.4 E	36	03	11.4 N	2.10	18.6	69.3	64	12.3
T03	9:23	138	06	32.5 E	36	03	28.2 N	2.15	17.3	47.6	56	11.9
T04	9:32	138	06	19.3 E	36	03	39.6 N	2.35	20.0	85.7	61	16.9
T05	9:46	138	06	05.4 E	36	03	52.3 N	2.30	25.8	128.6	70	21.7
T06	9:52	138	05	43.0 E	36	03	49.0 N	3.50	17.2	73.4	73	13.0
T07	9:58	138	05	26.7 E	36	03	50.3 N	2.75	16.3	61.0	81	11.4
T08	10:04	138	05	09.9 E	36	03	40.5 N	4.10	20.6	94.8	77	16.8
T09	10:10	138	05	26.2 E	36	03	40.3 N	4.40	14.6	55.8	84	9.9
T10	10:16	138	05	57.2 E	36	03	36.7 N	4.30	15.3	65.6	86	11.7
T11	10:21	138	06	09.7 E	36	03	25.1 N	3.20	14.6	52.6	83	9.8
T12	10:28	138	06	23.2 E	36	03	12.1 N	2.10	14.2	68.2	75	11.5
T13	10:34	138	06	19.8 E	36	02	51.6 N	2.30	18.0	85.1	70	14.1
T14	10:39	138	06	05.4 E	36	03	03.4 N	4.15	13.3	57.1	94	10.0
T15	10:45	138	05	51.6 E	36	03	16.6 N	5.25	27.4	163.6	85	27.5
T16	10:54	138	05	38.9 E	36	03	27.9 N	5.30	12.6	47.4	82	9.5
T17	11:02	138	05	21.4 E	36	03	18.7 N	5.60	27.2	144.6	74	25.1
T18	11:09	138	05	36.2 E	36	03	06.3 N	5.50	11.4	44.2	85	8.8
T19	11:15	138	05	49.9 E	36	02	54.4 N	4.95	13.0	57.8	79	10.6
T20	11:21	138	06	03.5 E	36	02	41.8 N	3.15	12.0	44.8	84	9.3

Locations of the surveyed stations are shown in Fig. 1.

表8 諏訪湖の水質データ (2007年10月4日) 続き
 Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa on October 4, 2007
 (continued)

Station	W.T.(°C)								DO(mg/l)							
	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	6m+	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	6m+
C01	19.4	19.1	19.0	19.0	19.0	<i>19.0</i>			7.68	7.55	7.10	6.82	6.77	<i>6.51</i>		
C02	19.6	19.2	19.1	19.1	<u>19.1</u>				8.50	8.43	7.27	7.34	<u>6.96</u>			
C03	19.5	19.1	19.0	19.0	19.0	<u>17.9</u>			8.11	7.56	7.03	6.77	<u>6.57</u>	<u>5.62</u>		
C04	19.4	19.2	19.0	19.0	<i>19.0</i>				8.15	7.98	7.33	7.05	<i>7.08</i>			
C05	20.0	19.2	19.0	19.0	17.9	<i>17.7</i>			8.01	8.53	7.49	7.29	7.12	<i>6.70</i>		
C06	20.1	19.3	18.9	<i>17.0</i>					8.73	9.87	8.89	<i>8.06</i>				
C07	19.8	19.3	<i>19.1</i>						9.04	9.20	<i>8.86</i>					
C08	20.5	19.2	19.0	19.0	19.0	<i>19.0</i>			8.43	8.32	7.32	7.42	7.06	<i>6.50</i>		
C09	20.5	19.2	19.1	19.0	19.0	18.7	<i>18.5</i>		8.10	7.92	7.26	6.80	6.63	6.18	<i>4.18</i>	
C10	20.2	19.2	19.1	19.1	19.1	19.1	<i>19.1</i>		8.54	8.53	7.16	7.23	6.93	7.14	<i>6.65</i>	
C11	20.7	19.1	19.1	19.0	19.0	19.0	<u>18.1</u>		7.87	7.45	7.08	6.94	6.78	6.56	<u>3.47</u>	
C12	21.0	19.3	19.0	19.0	19.0	19.0	<i>17.9</i>		7.92	8.39	7.10	6.79	6.95	6.68	<i>5.41</i>	
C13	19.1	19.1	19.0	19.0	18.9	18.1	<i>17.3</i>		7.47	7.36	6.99	7.13	7.03	6.30	<i>5.05</i>	
C14	20.4	19.2	19.1	19.0	18.9	18.5	<u>17.6</u>		7.72	8.23	7.10	6.99	6.61	6.15	<u>5.53</u>	
C15	20.5	19.2	19.0	19.0	18.9	18.3	<i>18.1</i>		8.01	8.00	6.88	6.58	6.81	5.84	<i>4.02</i>	
C16	21.3	19.3	19.1	19.0	19.0	18.7	<i>18.2</i>		7.99	8.24	6.91	6.96	6.88	4.80	<i>1.93</i>	
C17	20.8	19.3	19.1	19.1	19.1	<u>19.0</u>			8.35	8.72	6.69	6.41	6.18	<u>4.87</u>		
C18	21.6	19.2	19.0	18.9	18.8	18.5	<i>18.2</i>		7.86	8.07	7.22	6.78	6.84	5.97	<i>3.32</i>	
C19	22.1	19.3	19.0	18.9	18.8	18.7	<i>17.9</i>		8.25	9.17	7.56	7.39	7.41	6.85	<i>5.14</i>	
C20	21.2	19.4	19.0	18.9	18.7	<u>17.0</u>			8.61	9.77	8.11	7.67	7.33	<u>6.96</u>		
K01	19.4	19.1	19.0	19.0					8.17	8.34	7.77	7.35				
K02	19.3	19.1	19.1	19.1	19.0				7.75	7.56	7.38	7.46	7.96			
K03	19.2	19.1	19.1	19.1	19.1	<i>19.1</i>			7.64	7.16	6.75	6.65	6.66	<i>6.37</i>		
K04	19.7	19.2	19.1	19.1	19.1				7.74	8.12	7.48	7.10	6.97			
K05	19.9	19.3	19.1	19.1	<u>19.1</u>				8.11	8.48	7.57	7.24	<u>6.56</u>			
K06	19.9	19.3	19.1	<u>19.1</u>					7.98	8.24	7.16	<u>6.41</u>				
K07	20.0	19.7	<u>19.2</u>						8.85	8.70	<u>9.10</u>					
K08	20.3	19.1	19.0						8.64	8.53	8.07					
K09	19.9	19.2	19.1	<i>18.9</i>					9.01	9.16	8.75	<i>8.13</i>				
K10	19.8	19.3	19.0	19.0	<i>19.0</i>				8.65	8.39	7.44	7.23	<i>7.10</i>			
K11	20.1	19.4	19.1	19.1	19.1	<i>19.1</i>			7.78	8.35	7.45	7.11	6.94	<i>6.79</i>		
K12	20.8	19.2	19.1	19.1	19.1	19.1			7.55	7.80	7.33	6.82	6.68	6.68		
K13	21.0	19.2	19.1	19.1	19.1	19.0	<i>19.0</i>		7.21	7.49	6.62	6.55	6.50	6.50	<i>6.46</i>	
K14	20.4	19.2	19.1	19.1	19.0	19.0			7.48	7.52	6.74	6.53	6.50	6.46		
K15	20.3	<u>18.9</u>							9.38	<u>10.06</u>						
K16	21.0	19.2	19.0	<i>18.9</i>					8.40	8.67	7.50	<i>7.31</i>				
K17	21.1	19.2	18.9	18.8	<i>18.7</i>				8.04	9.55	8.13	7.60	<i>6.80</i>			
K18	20.8	19.1	<u>18.6</u>						8.41	8.85	<u>8.58</u>					
K19	20.9	<u>15.9</u>							9.28	<u>7.76</u>						
K20	21.8	17.6	<i>16.2</i>						15.26	8.18	<i>5.76</i>					
T01	19.0	18.8	<i>18.8</i>						9.39	9.10	<i>8.80</i>					
T02	19.0	18.8	<i>18.8</i>						7.85	7.78	<u>7.89</u>					
T03	19.2	19.0	<u>18.9</u>						7.55	7.30	<u>6.25</u>					
T04	19.5	19.1	<u>19.2</u>						8.64	8.33	<u>8.07</u>					
T05	19.3	19.1	<u>19.0</u>						8.22	7.84	<u>7.60</u>					
T06	19.8	19.2	19.1	19.1	<i>18.8</i>				8.80	8.01	7.54	7.38	<i>6.01</i>			
T07	20.3	19.2	19.1	<i>19.1</i>					9.05	8.49	7.49	<i>7.49</i>				
T08	20.3	19.2	19.0	19.0	<u>18.5</u>				8.90	8.46	7.55	7.89	<u>6.92</u>			
T09	19.6	19.4	19.0	19.0	<u>19.0</u>				7.80	7.92	7.42	7.14	<u>7.05</u>			
T10	20.4	19.2	19.0	19.0	<u>19.0</u>				8.46	8.18	7.40	7.30	<u>7.21</u>			
T11	20.5	19.1	19.0	<u>18.9</u>					7.84	8.30	7.19	<u>7.36</u>				
T12	20.5	19.0	<u>18.6</u>						8.37	9.57	<u>8.64</u>					
T13	19.8	19.1	<u>18.7</u>						8.78	9.03	<u>8.55</u>					
T14	20.4	19.2	19.0	18.9	<u>18.4</u>				7.53	8.16	7.04	6.73	<u>5.12</u>			
T15	20.5	19.1	19.0	18.9	18.8	18.1	<i>17.9</i>		7.75	7.86	7.20	7.40	7.10	6.17	<i>5.14</i>	
T16	20.8	19.2	19.0	18.9	18.8	18.5	<i>18.4</i>		7.90	8.32	7.42	7.03	7.22	5.88	<i>4.59</i>	
T17	21.4	19.2	18.9	18.9	18.8	18.4	<i>18.0</i>		7.89	8.73	7.13	6.94	6.95	5.66	<i>4.07</i>	
T18	20.8	19.0	18.9	18.8	18.7	18.5	<i>18.0</i>		7.93	8.11	7.26	7.11	7.11	7.05	<i>6.48</i>	
T19	21.0	19.0	18.9	18.7	18.4	<i>16.9</i>			8.05	7.82	7.78	7.28	7.55	<i>7.02</i>		
T20	20.7	19.0	18.8	<i>17.0</i>					8.30	8.75	8.40	<u>7.06</u>				

The values of W.T. and DO near the bottom are printed in italic.
 The underlined values are observed near the bottom at every 1m water depth.