

2009 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 2009

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

2009 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。2009 年 8 月 6 日, 2009 年 9 月 30 日の第 1 成分は、ともに、2002~2008 年の夏季 16 観測日のうち 2 日間で抽出されたものと類似している。8 月 6 日の砥川, 上川河口付近では、湖底付近で急激な水温低下がみられた。9 月 30 日 DO の垂直分布から、諏訪湖の東部で、湖底の貧酸素状態が顕著であった。

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

2002 年以降、毎年継続して夏季の諏訪湖の水質分布を観測してきたが、2009 年もこれまでと同様に、諏訪湖の水質の水平分布, 垂直分布の観測を 2 日間実施した。2008 年までの 7 年間に 16 日間の水平分布に関するデータ, 2005 年以降の 8 日間はさらに垂直分布に関するデータを蓄積している(柳町ほか, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009)。これらは、湖心において定期的に観測された水質データ(沖野・花里, 1997, 花里・小河原・宮原, 2003, 宮原, 2005, 2007 など)を、水平方向に拡張して解析するための基礎データとして利用可能である。

2009 年夏季も、2008 年までと同様の水質要素の観測を実施した。すなわち、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.), 表層水温(以下では W.T.0m), 水深 1m 毎の水温(W.T.1m, W.T.2m, …), 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)である。

本研究では、2009 年夏季の諏訪湖の水質分布パターンと、2009 年夏季における諏訪湖湖心の

水温の変動傾向について解析する。

2. 方法

2009 年夏季の水質観測日は 8 月 6 日, 9 月 30 日である。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, 2007 年 2 回, 2008 年 2 回実施したものに準拠し(柳町ほか, 2009 など)、2008 年までの観測と同じ 60 測点において行なった。水質観測は 3 艘の観測船により C コース, K コース, T コースに分けて実施し、それぞれ 20 測点ずつ観測した(C01~C20, K01~K20, T01~T20)。図 1 に 60 測点の位置と、観測日毎の水深分布を示す。

2009 年 8 月 6 日の T コースでは、T01 の後、T03 へ移動し、T02 は最後に観測した。

観測時間は 8 月 6 日 8:50~11:44, 9 月 30 日 9:05~11:35, 所要時間はそれぞれ、2 時間 54 分, 2 時間 30 分である。各測点での観測開始時刻(以下では観測時刻)は、表 7, 表 8 に記載した。

2005~2008 年夏季と同様に、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)により水温を 10 分間隔で計測した。2009 年は表層 0m から水深 5m までの水温を

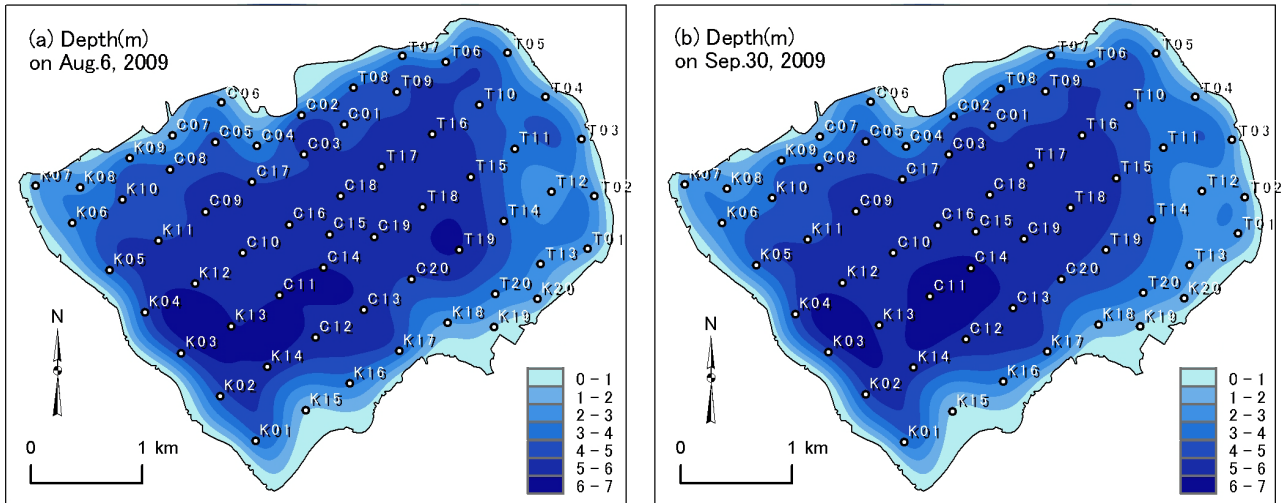
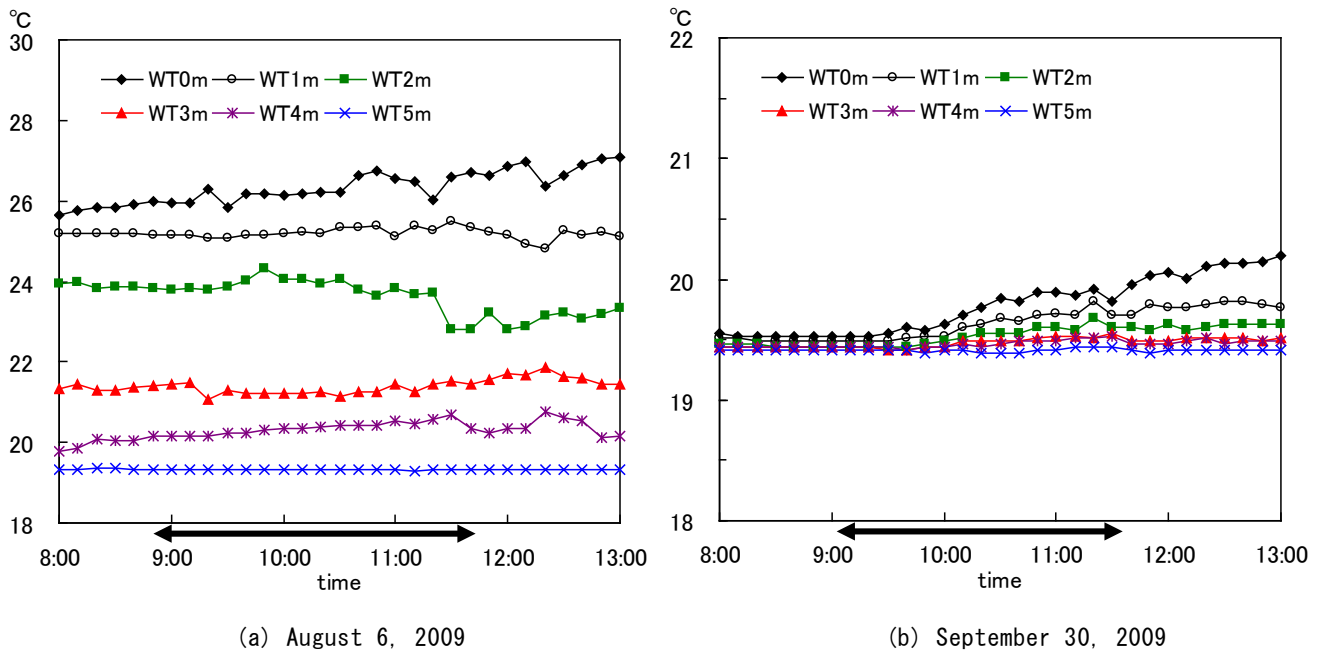


図1 60観測地点と観測日の諏訪湖の水深
(a)2009年8月6日 (b)2009年9月30日

Fig.1. 60 survey points and the depth of Lake Suwa on each observation date
(a) August 6, 2009 (b) September 30, 2009



(a) August 6, 2009

(b) September 30, 2009

図2 湖心(C15)における水温

Fig.2. Water temperatures at the center of Lake Suwa (C15)

Allows show the length of observation on August 6, 2009 and on September 30, 2009.

水深 1m 毎に計測した。

先ず、表層水温 (W.T.0m) について時間経過に伴う水温変化を考慮した観測値の補正が必要であるかを検討した。

8月6日、9月30日の観測時刻と60測点にお

ける水質要素との相関係数を表1に示す。

2009年8月6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0.501, スピアマンの順位相関係数は0.502であり, いずれも1%の有意水準で有意となる。

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 6, 2009			September 30, 2009		
	r	r _s	N	r	r _s	N
SS	-0.131	-0.108	59	-0.379 **	-0.334 *	58
Chl- <i>a</i>	0.032	0.020	59	-0.083	-0.062	58
IL	-0.003	-0.018	59	-0.146	-0.115	58
Trans.	0.013	0.048	59	0.216	0.181	58
DO 0m	-0.047	-0.017	59	0.400 **	0.376 **	58
DO 1m	0.022	-0.014	59	0.224	0.170	56
DO 2m	0.018	0.052	55	0.177	0.056	54
DO 3m	0.432 **	0.367 *	43	-0.169	-0.163	42
DO 4m	0.637 **	0.623 **	33	-0.192	-0.139	29
DO 5m	0.615 **	0.550 *	20	-0.203	-0.353	17
W.T. 0m	0.501 **	0.502 **	59	0.349 **	0.384 **	58
W.T. 1m	0.206	0.197	59	-0.317 *	-0.317 *	56
W.T. 2m	-0.028	0.009	55	-0.332 *	-0.404 **	54
W.T. 3m	0.434 **	0.440 **	43	-0.338 *	-0.441 **	42
W.T. 4m	0.607 **	0.607 **	33	-0.275	-0.477 **	29
W.T. 5m	0.520 *	0.602 **	20	0.281	-0.455	17

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

T03 is excluded from the calculations on August 6, 2009.

C19 and K20 are excluded from the calculations on September 30, 2009.

また、湖心 (C15) のデータロガーで計測した水温変化 (図 2) では、矢印で示した観測船による観測時間帯の表層水温は、25.8°C (8:50) ~ 26.7°C (11:50) であり 0.9°C 上昇しているが、途中、水温が低下した時間帯もある。

60 測点の W.T.0m と観測時刻との散布図 (図 3 (a)) では、T コースは変動が大きく、時間経過に伴う気温上昇があるとは言えない。K コースは全体としては上昇傾向であるが 10:30~11:00 頃水温が低い測点がある。C コースは、前半やや上昇したが、後半は横ばいであった。従って散布図からは、60 測点の水温が時間経過とともに明瞭に上昇したとは言い難い。8 月 6 日の W.T.0m の時間経過に伴う補正は実施しないこととした。

9 月 30 日の W.T.0m と観測時刻との相関係数は 0.349、スピアマンの順位相関係数は 0.384 であり、いずれも 1% の有意水準で有意となる。

W.T.0m と観測時刻との散布図では、時間経過に伴う水温上昇は明瞭ではない (図 3 (b))。

観測時間内の湖心における表層水温の変化も 19.5°C (9:00) ~ 20.0°C (11:40) と、わずかである (図 2)。このため、9 月 30 日の W.T.0m も、時間経過による補正は実施しないこととした。

水深 1m 以深の水温の、時間経過に伴う傾向は、8 月 6 日は、60 測点の W.T.3m, W.T.4m, W.T.5m が観測時刻と有意な正相関であり、W.T.1m,

W.T.2m は無相関である (表 1)。観測時間帯の湖心の水温は、水深 3m, 4m は上昇傾向、水深 2m は低下傾向、水深 1m, 5m はほぼ一定である (図 2 (a))。

9 月 30 日の水温は、60 測点の W.T.0m のみ観測時刻と有意な正相関であり、W.T.1m~W.T.4m は観測時刻と有意な負相関である (W.T.4m はスピアマンの順位相関係数のみ有意) (表 1)。湖心における水温は、いずれの水深も、観測時間内の変化はわずかである (図 2 (b))。

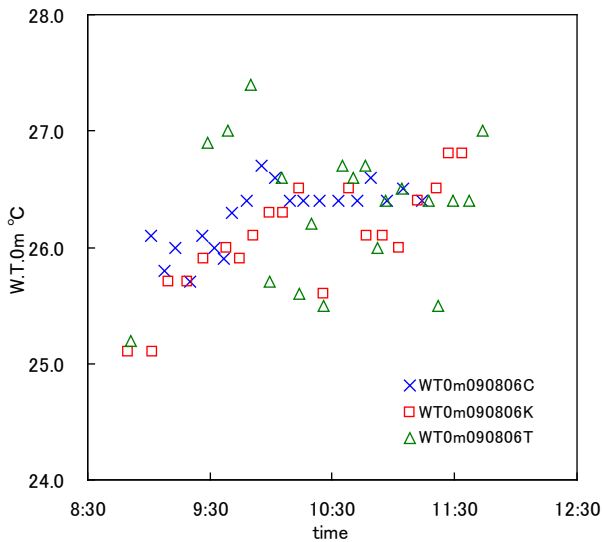
水深 1m 以下の水温は、表層水温に比べ気温変化の影響は小さいと考えられ、場所によっては低層への河川からの流入水の影響があるので、時間経過に伴う補正は行わない。

8 月 6 日の DO3m~DO5m, 9 月 30 日の DO0m は、観測時刻と有意な正相関が見られる。DO は水生植物の存否などの湖底の状況を反映するので、時間経過による補正は行わない。

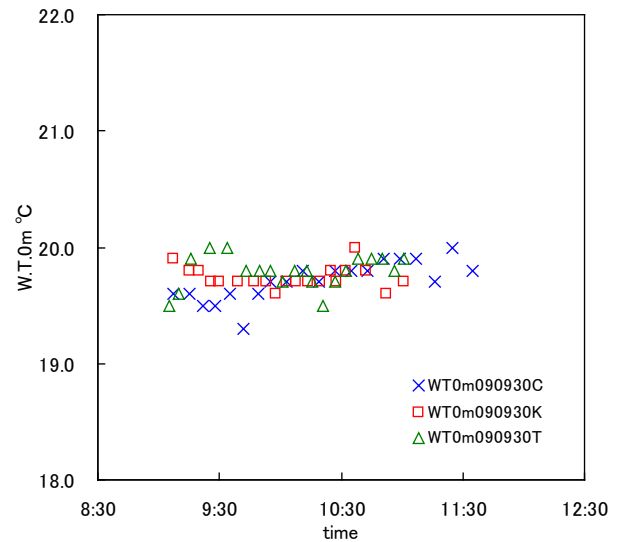
2008 年までの解析方法と同様に、2009 年夏季 2 日分の表層データ (SS, Chl-*a*, Trans., W.T.0m) は、水質分布を特徴付ける分布パターンを主成分分析により抽出し、第 1 成分の主成分得点分布図から、特徴が顕著に見られる地域を抽出した。

W.T., DO については、垂直分布の特徴を調べた。

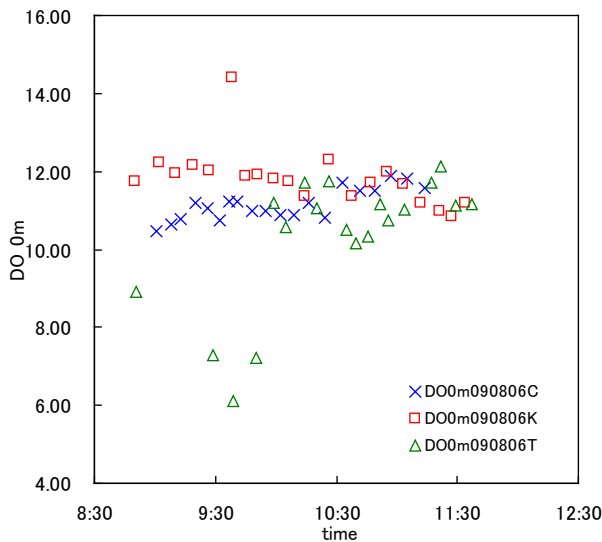
さらに、降水と気温が各水深の水温変動にどの



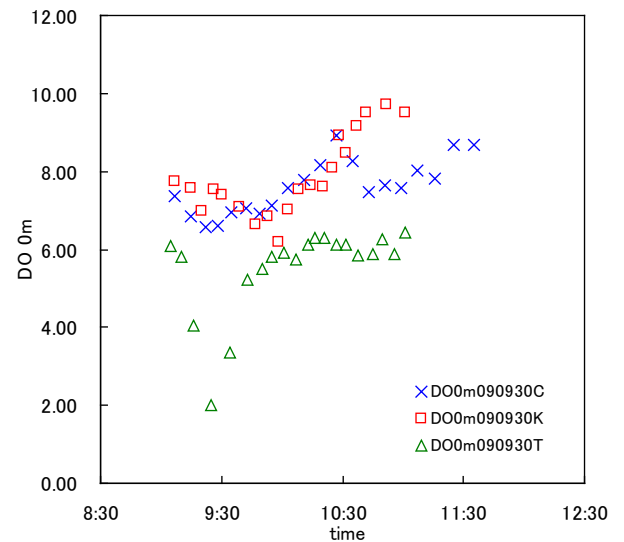
(a) W. T. 0m on August 6, 2009



(b) W. T. 0m on September 30, 2009



(c) DO 0m on August 6, 2009



(d) DO 0m on September 30, 2009

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

ように影響しているのかを、諏訪（気象庁特別地域気象観測所）の日降水量、日平均気温データを用いて解析した。

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

2009 年 8 月 6 日と、2009 年 9 月 30 日の、SS, Chl-*a*, Trans. の平均値は、それぞれ、10.7mg/L, 30.8 μg/L, 109.8cm と、15.5 mg/L, 94.6 μg/L, 84.3 cm である (表 2)。SS, Chl-*a* の平均値は 8 月 6 日の方が 9 月 30 日より小さく、Trans. の平均値は逆に 8 月 6 日の方が 9 月 30 日より大きい。これは、2003 年～2008 年と類似した傾向である。

すなわち、2003年～2009年では、SS、Chl-aの平均値は、8月の観測日の方が、9月あるいは10月の観測日より小さく、Trans.の平均値は逆に8月の方が、9月あるいは10月よりも大きい。

また、8月6日、9月30日の観測値は、2002年から2009年までの18観測日の平均値(SS 13.7 mg/L, Chl-a 60.9 μ g/L, Trans 100cm)を挟んで、大または小となっており、季節変化を反映している。すなわち、8月は水温成層しているが、成層が解消された9月、10月は湖水が鉛直混合しており、栄養塩の湖内での循環が良くなり、植物プランクトンが増えやすい環境にあることを反映

していると推察される。

9月30日のChl-aの最大値470.1 μ g/L (K20)は、18観測日中でも最大である。これまで、2003年9月28日にT05で観測された337.7 μ g/Lが最も大きかったが、それよりも132.4 μ g/Lも高い値が観測された。

2009年8月6日は、2008年8月7日、2007年8月8日と比較すると、SS、Chl-a、Transの平均値が若干悪化している(SS、Chl-a、は大きく、Transは小さい)。

9月30日は雨天であり、前日の9月29日の日降水量16mm、当日観測開始前までに23mmの降

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

August 6, 2009							
	SS(mg/L)	Chl-a(μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)		
Max	13.2	50.2	8.7	140	6.05		
Min	7.7	13.9	4.2	77	1.05		
Mean	10.7	30.8	5.9	109.8	4.07		
S.D.	1.3	9.8	0.9	13.6	1.46		
N	60	60	60	60	60		

	DO0m(mg/L)	DO1m(mg/L)	DO2m(mg/L)	DO3m(mg/L)	DO4m(mg/L)	DO5m(mg/L)	DO6m(mg/L)
Max	14.40	12.98	11.69	8.70	8.12	4.42	0.48
Min	5.09	0.38	0.12	0.17	0.15	0.09	0.10
Mean	11.01	11.14	9.23	5.35	2.44	1.38	0.29
S.D.	1.44	2.43	2.77	2.19	1.94	1.20	0.19
N	60	60	56	43	33	20	3

	W.T.0m($^{\circ}$ C)	W.T.1m($^{\circ}$ C)	W.T.2m($^{\circ}$ C)	W.T.3m($^{\circ}$ C)	W.T.4m($^{\circ}$ C)	W.T.5m($^{\circ}$ C)	W.T.6m($^{\circ}$ C)
Max	27.4	26.9	25.3	23.3	22.3	21.2	19.3
Min	25.1	23.0	19.9	20.4	19.5	19.2	19.2
Mean	26.2	25.1	23.7	21.8	20.5	19.7	19.3
S.D.	0.5	0.6	1.0	0.7	0.8	0.5	0.1
N	60	60	56	43	33	20	3

September 30, 2009							
	SS(mg/L)	Chl-a(μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)		
Max	56.7	470.1	49.8	110	6.15		
Min	7.1	47.8	5.6	59	0.90		
Mean	15.5	94.6	9.9	84.3	3.97		
S.D.	7.9	55.0	7.1	13.2	1.45		
N	60	60	60	60	60		

	DO0m(mg/L)	DO1m(mg/L)	DO2m(mg/L)	DO3m(mg/L)	DO4m(mg/L)	DO5m(mg/L)	DO6m(mg/L)
Max	9.72	9.42	7.86	7.37	7.14	6.90	
Min	2.02	1.83	1.96	4.52	3.70	2.57	
Mean	7.00	6.47	5.97	6.00	5.88	5.74	6.36
S.D.	1.41	1.30	1.19	0.82	0.86	1.13	
N	60	58	55	43	30	18	2

	W.T.0m($^{\circ}$ C)	W.T.1m($^{\circ}$ C)	W.T.2m($^{\circ}$ C)	W.T.3m($^{\circ}$ C)	W.T.4m($^{\circ}$ C)	W.T.5m($^{\circ}$ C)	W.T.6m($^{\circ}$ C)
Max	20.0	20.0	20.0	19.9	19.7	19.6	
Min	19.3	19.2	19.0	18.1	19.1	18.8	
Mean	19.7	19.6	19.6	19.5	19.5	19.5	19.5
S.D.	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	
N	60	58	55	43	30	18	2

水があり、観測時間帯（9:05～11:35）には0.5mmの降水があった。Trans.の平均値は84cmである。降水の影響により、河川から濁流が流入し、攪拌により湖底の底泥の巻き上げ、あるいは日射量が少なく透明度盤が見えにくかったなどの影響で、透明度が低下した可能性がある。ただし、降水があった2008年9月18日のTrans.は81cm、降水がなかった2007年10月4日のTrans.は85cmであり、2007年～2009年のTrans.の9月または10月のTrans.の平均値にはほとんど差がない。降水時の水質分布については、事例を蓄積してさらに検討する必要がある。

(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。9月30日のC19のSSとIL、K20のSS、Chl-*a*、ILは平均値+3σを超える異常値であり、相関係数の計算では除外した。

8月6日、9月30日とも、SS、Chl-*a*、IL、Trans.には、相互に有意な正相関または負相関がある。すなわち、SS、Chl-*a*、ILは相互に有意な正相関であり、植物プランクトン起源のSSが多い。Trans.はSS、Chl-*a*、ILのいずれとも有意な負相関である。これら3要素間の相関関係は、2002年から2008年までの多くの観測日で確認された傾向である。

8月6日のW.T.0mは、DO0mと有意な負相関であるが、その他の要素とは有意な相関関係が見

られない。また、8月6日のDO0mは、SSを除く要素と有意な相関関係が見られ、Chl-*a*、ILとは負相関、Trans.とは正相関である。

9月30日のW.T.0m、DO0mは、他の要素とは有意な相関が見られない。

8月6日の観測時間帯を含む8時～12時までの4時間における日照時間合計は38分と短く、曇りがちであった。一方、9月30日の観測時間帯には降水があり、日照はなかった。2日間とも日射量は少ないが、DO0mとIL、Chl-*a*との相関関係は統一的ではない。従って、8月6日のDO0mが、Chl-*a*、ILと負相関である理由として、日照不足により、植物プランクトンの光合成による酸素供給量よりも呼吸による酸素消費が多いためとは考えにくい。8月6日のDO0mが小さく、IL、Chl-*a*が大きい測点は、東端部（T02～T05）のヒシ帯に位置するので、ヒシが繁茂する時期には恒常的に日光が遮られていることを反映してDO0mが小さく、ヒシの破片が採取されてILが大きくなったと考えられる。

(3) 各観測日の主成分分析

8月6日と9月30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、2008、2009）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 6, 2009							
	SS	Chl- <i>a</i>	IL	Trans	DO 0m	W.T.0m	
SS	1.000						
Chl- <i>a</i>	0.588 **	1.000					
IL	0.747 **	0.707 **	1.000				
Trans	-0.431 **	-0.280 *	-0.563 **	1.000			
DO 0m	-0.091	-0.287 *	-0.571 **	0.267 *	1.000		
W.T.0m	-0.203	-0.071	0.186	-0.135	-0.515 **	1.000	
September 30, 2009							
	SS	Chl- <i>a</i>	IL	Trans	DO 0m	W.T.0m	
SS	1.000						
Chl- <i>a</i>	0.508 **	1.000					
IL	0.752 **	0.643 **	1.000				
Trans	-0.754 **	-0.666 **	-0.659 **	1.000			
DO 0m	-0.063	-0.071	-0.023	0.177	1.000		
W.T.0m	-0.055	0.151	0.050	-0.182	-0.163	1.000	

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

C19 and K20 are excluded from the calculations on September 30, 2009.

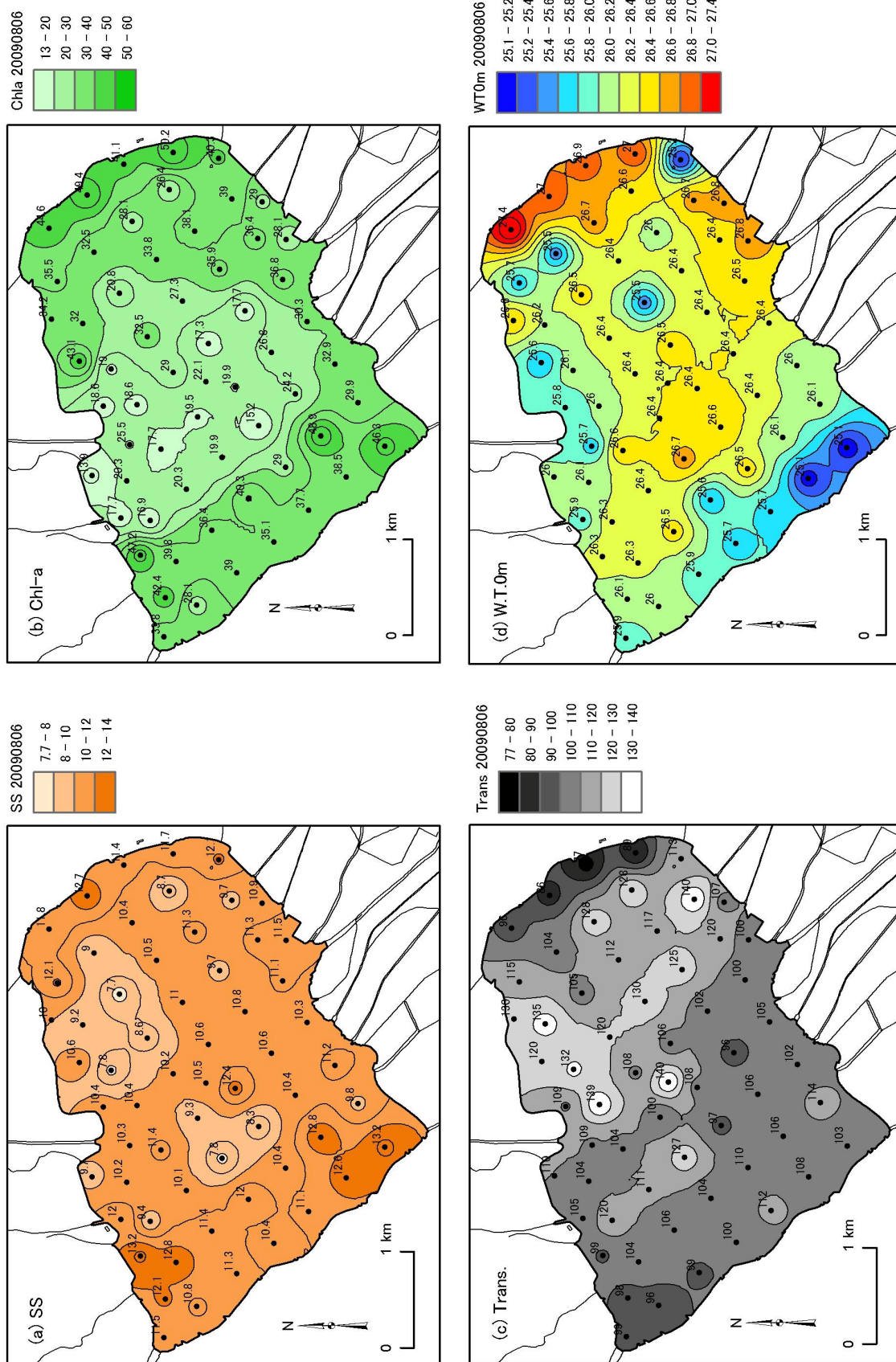


図 4 水質分布図 (2009 年 8 月 6 日) (a) 懸濁物質質量, (b)クロロフィル a 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温
 Fig. 4. Water quality maps of Lake Suwa on August 6, 2009. (a)SS, (b) Chl-a, (c)Trans., (d)W.T.0m at 10:30

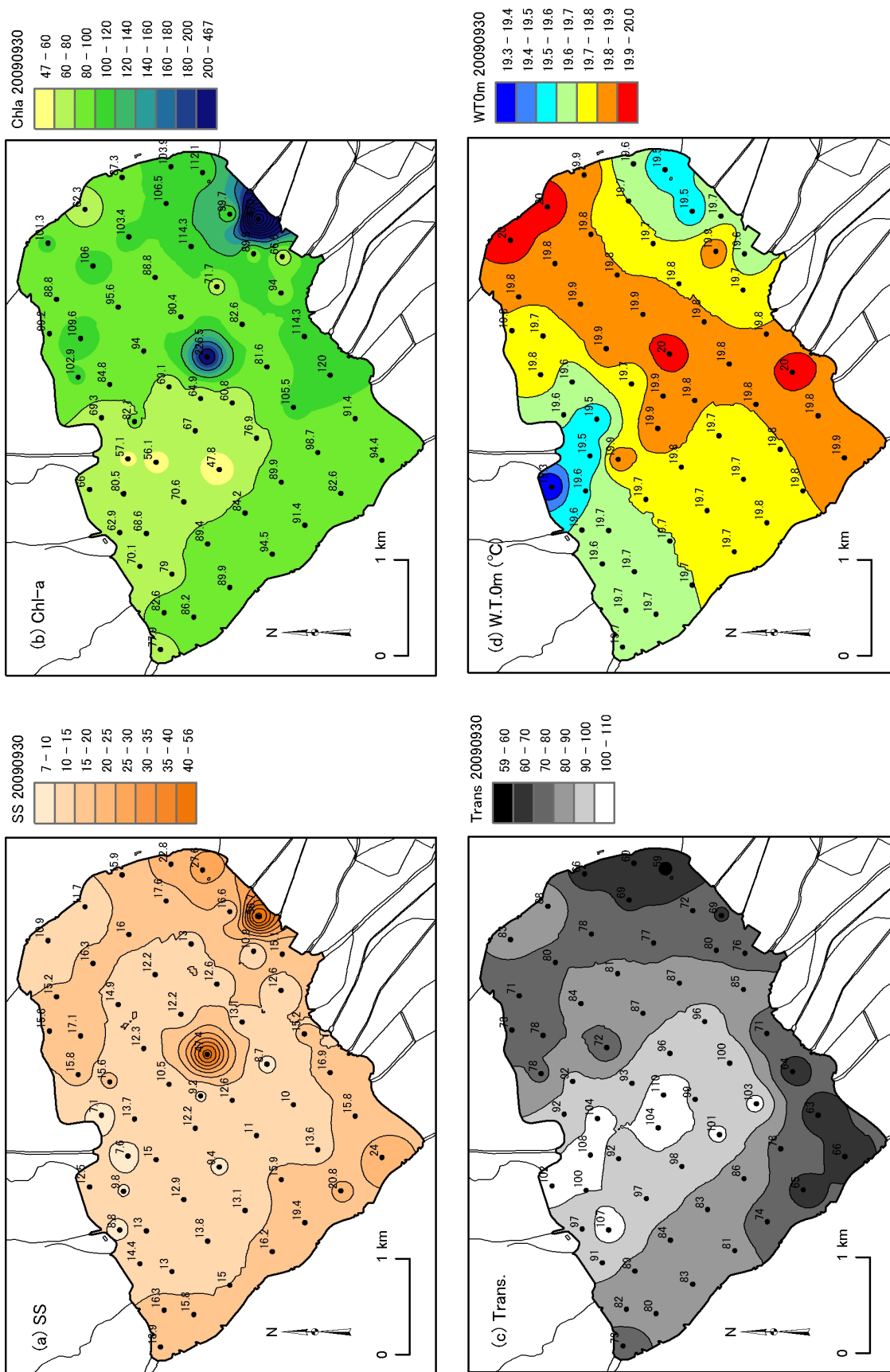


図5 水質分布図 (2009年9月30日) (a) 懸濁物質量, (b) クロロフィル *a* 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温
 Fig. 5. Water quality maps of Lake Suwa on September 30, 2009. (a)SS, (b) Chl-*a*, (c)Trans., (d)W.T.0m

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 6, 2009 N=60			
	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	1.891	47.3%	47.3%
Component 2	1.105	27.6%	74.9%
Component 3	0.657	16.4%	91.3%

September 30, 2009 N=58			
	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.311	57.8%	57.8%
Component 2	1.030	25.8%	83.5%
Component 3	0.471	11.8%	95.3%

C19 and K20 are excluded from the calculations on Sep.30, 2009.

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 6, 2009 N=60			
	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.886 **	-0.131	0.001
Chl-a	0.804 **	-0.061	0.509 **
Trans	-0.656 **	-0.486 **	0.544 **
W.T.0m	-0.166	0.921 **	0.321 *

September 30, 2009 N=58			
	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.849 **	-0.297 *	-0.359 **
Chl-a	0.825 **	0.072	0.551 **
Trans	-0.934 **	-0.010	0.130
W.T.0m	0.189	0.968 **	-0.150

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

C19 and K20 are excluded from the calculations on Sep.30, 2009.

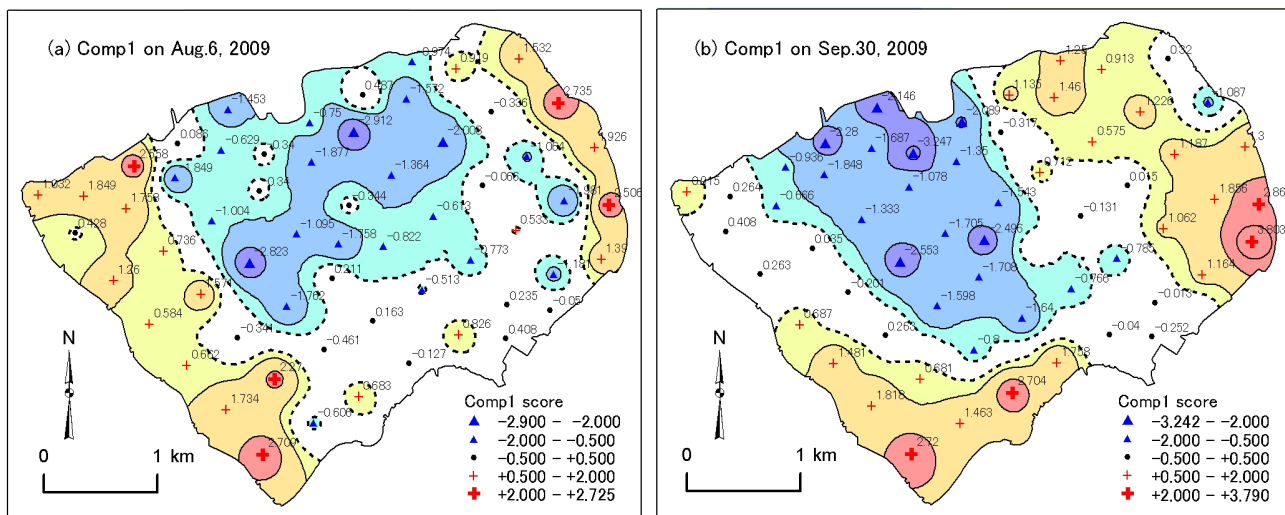


図6 第1主成分の主成分得点に基づく地域区分

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

(a) August 6, 2009, (b) September 30, 2009

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. 6, 2009	+	+	-	+-	-	-	+	+-	+-	+-	+-	+-
Sep. 30, 2009	+	+	-	+-	-	-	+	+-	+-	+-	+-	+-

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

表5に示す。9月30日は、異常値を含むC19、K20を除外している。

第1成分の固有値は、8月6日1.891、9月30日2.311であり、寄与率はそれぞれ47.3%、57.8%である。第2成分の固有値は、1.105と1.030、寄与率は27.6%、25.8%である。以下では寄与率が高い第1成分を中心に考察する。

8月6日と9月30日の第1成分の主成分負荷量は類似した傾向を示す。すなわちSS、Chl-aの符号は同じであり、これらとTrans.の符号が逆である。W.T.0mの主成分負荷量の絶対値は小さく、第1成分はW.T.0mの変動をほとんど説明しない。W.T.0mの変動は、8月6日、9月30日とも、第2成分により説明される（主成分負荷量0.921、0.968）。

8月6日、9月30日のいずれの第1成分も、「SS、Chl-aが大きい所では、Trans.が小さい」、「SS、Chl-aが小さい所では、Trans.が大きい」というパターンである。

これらの特徴は、2002～2008年の夏季16観測日のうち2日間（2004年8月30日、2007年10月4日）で抽出された第1成分と類似しており、2009年8月6日、9月30日を含めると、18観測日のうち4日で抽出されたことになる。

(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。2002～2007年夏季の水質分布では、第1成分の主成分得点をクラスター分析し、60測点を特徴的なグループに区分したが（柳町ほか、2004、2005、2006、2007、2008）。2008年8月7日の場合、同様の方法では、主成分得点の符号が考慮されない分類結果となった。そこで、2008年の場合と同様に、2009年も主成分得点の絶対値0.5で区切ってグループ分けし、第1成分の特徴を反映する地域と、漸移帯（主成分得点が0に近い測点は、第1成分の特徴をあまり反映しない）を区別することとした。

すなわち、8月6日、9月30日とも60測点を、第1成分の主成分得点が正（＋、0.5～）、負（▲、～-0.5）、ゼロ付近（●、-0.5～0.5）の3グループに分類した。観測日毎の各グループの特徴を表6に、第1成分の主成分得点に基づく地域区分を図6示す。主成分得点の絶対値が2.0を超える場合

は、大きな記号で区別した。

8月6日（図6(a)）の場合、十の地域「SS、Chl-aが大きく、Trans.が小さい」は、湖の東端部と南西部～北西部に分布し、▲の地域「SS、Chl-aが小さく、Trans.が大きい」は、湖の中央部～北部に分布する。

9月30日（図6(b)）の場合、十の地域「SS、Chl-aが大きく、Trans.が小さい」は、湖の東部と南端部に分布する。▲の地域「SS、Chl-aが小さく、Trans.が大きい」は、湖の中央部～北部に分布する。

主成分得点の絶対値が大きい特徴的な地域は、▲の地域の分布は2日間とも中央部～北部に分布し、十の地域は、東端部、南端部に2日とも出現している。

(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。

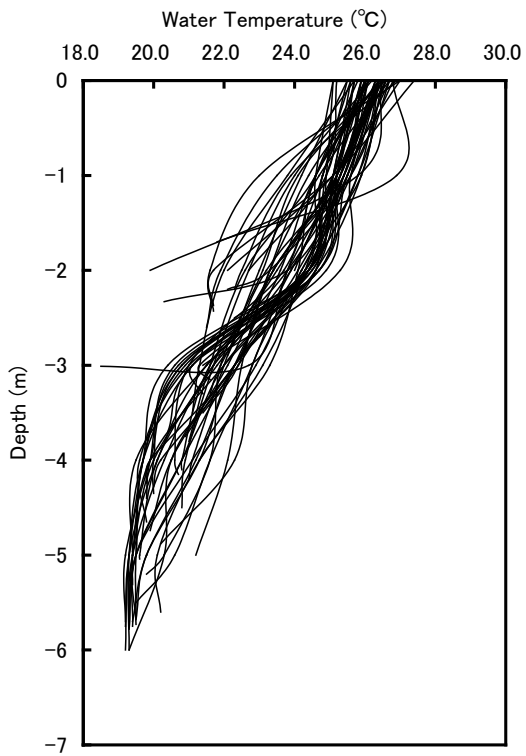
各測点における最深のW.T.、DO欄には、直上の値をイタリック体で、直上でかつ1m間隔の値は下線をつけて記載した。直上の水深は測点の水深より数cm～約20cm上方である。観測日毎に、60測点における水温とDOの垂直分布を図7に示す。

8月6日の、水深1m毎水温の標準偏差は、大きい順に、W.T.2m（1.0℃）、W.T.4m（0.8℃）、W.T.3m（0.7℃）、W.T.1m（0.6℃）、W.T.5m（0.5℃）、W.T.0m（0.5℃）である（表2）。

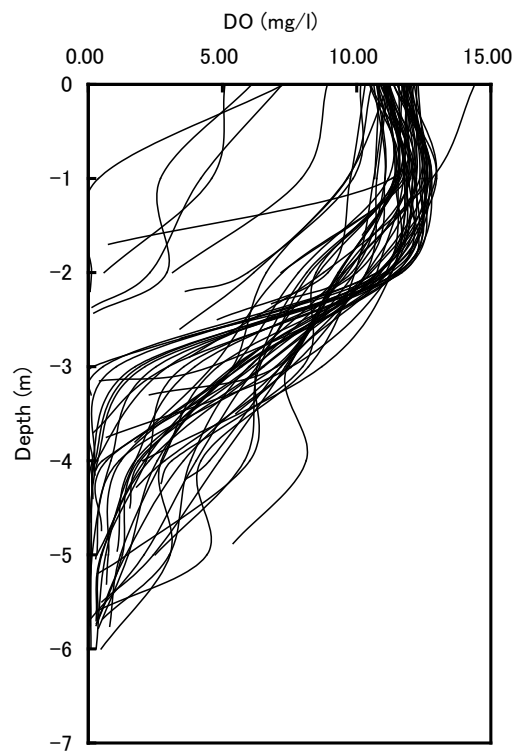
W.T.2mの標準偏差1.0℃は、2005年以降の10観測日で最大である。W.T.2mの水温変動が大きい理由としては、砥川河口のC04、C06で、水深3.01m、2.35mの湖底近くで水温が急激に低下しており、また、上川河口近くのK18、K20でも水深2.05m、1.78mの湖底近くで水温が急激に低下し、K18でW.T.2mが最も低温（19.9℃）であることなどから、河川からの低温な流入水の影響が考えられる。

Cコース、Kコースの他の測点では、水深2m～3m付近に明瞭な水温躍層（水温が急激に低下する水深）が出現する。

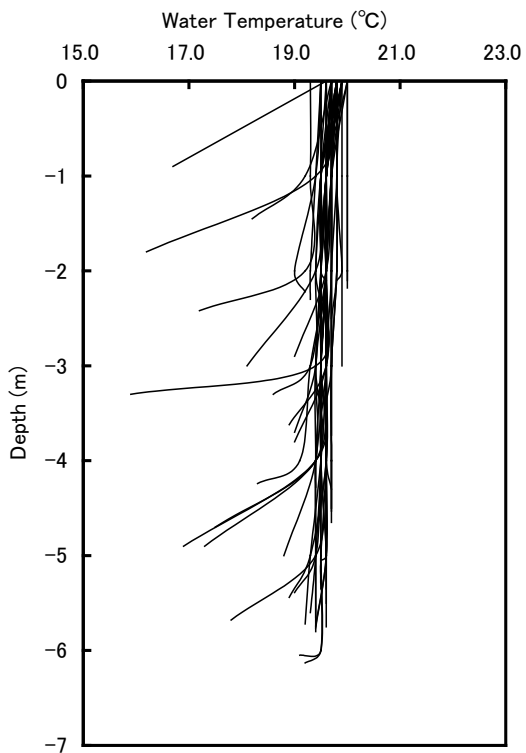
Tコースでは、明瞭な水温躍層が出現せず、湖底まで徐々に水温が低下する測点が多い。Tコースの測点は、他のコースよりも水深が浅い所にあ



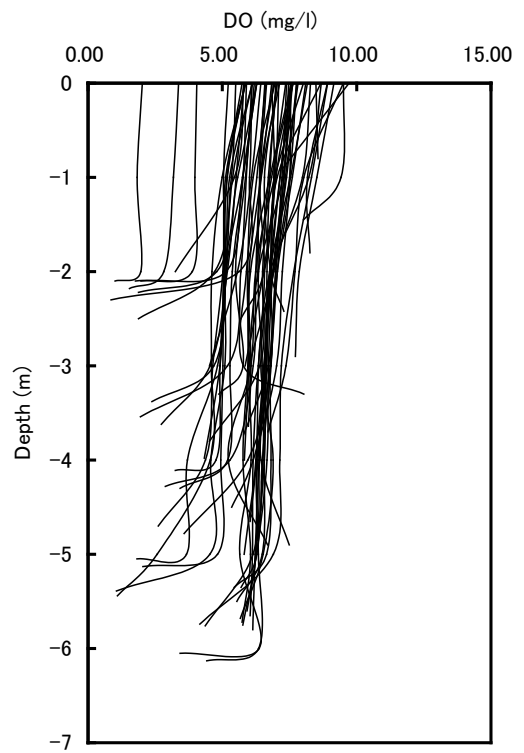
(a) W. T. on August 6, 2009



(b) DO on August 6, 2009



(c) W. T. on September 30, 2009



(d) DO on September 30, 2009

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

るものが多く、夏季には高浜（T04, T05 付近）沿岸に水草帯が分布しており、水深が深い測点とは異なる状況が想定される。

8月6日のDOの垂直分布（図7(b)）では、CコースとKコースの測点は、水温成層を反映した特徴を示す。水深2m程度まで一定の値で推移し、その後、水深3m～4mにかけて急激に低下し、水深4m～5m以深では3mg/L以下の貧酸素となる測点が多い。

TコースのT01, T02, T03, T04, T05のDO0mは、60測点中で最も低い方から5番目までの値であり、水深2m付近の湖底までDOが徐々に低下している。Tコースの他の測点でも、水温と同様に、DOが急激に低下する層が出現せず、湖底まで徐々に低下する測点が多い（表7）。

ヒシが繁茂するT01, T02, T03, T04付近では、2008年夏季と同様に、ヒシの繁茂により水中が暗くなり、光合成よりも呼吸（酸素消費）が上回りヒシ帯でDOが低くなった。あるいは、植物遺骸（水草の）が多いためその分解に酸素が使われた可能性がある。

9月30日の水温の垂直分布、DOの垂直分布は、2005年～2008年の9月あるいは10月の観測日の状況と類似している（図7(c), (d)）。

この時期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水温の変化はわずかである。上川河口付近のK19, K18では表層から湖底の水深1.00m, 1.90mまで水温が急激に低下している。砥川河口付近のC06, C04では湖底の水深2.44m, 3.32m近くで急激に低下している。8月6日と同様に、河川水の影響が想定される。

9月30日のDOの垂直分布では、水深5mまでほぼ一定の値を示す測点が多い。T03, T04, T05では特に小さな値であり、表層から水深2m付近の湖底まで5mg/L未満である。

Tコースの、T01, T06～T08, T11～T13, T15～T18の湖底のDOが3mg/L以下である。他のコースの測点では、C08の湖底のみ3mg/L以下である。すなわち、9月30日には諏訪湖の東部で、湖底の貧酸素状態が顕著であったことを示している。

(6) 2009年夏季の水温変化

2009年夏季の諏訪湖湖心（C15）における水深

0m, 1m, 3m, 5mの水温変化（10分間隔、7月14日、7月23日～24日の一部欠測。太線は144項（24時間）移動平均を示す）と、諏訪における日平均気温と日降水量を図8に示す。

24時間移動平均（図8, 1day mean）からみた水温のピークは、水深0mと水深1mは8月6日（25.8℃と25.3℃）、水深3mは8月21日～22日（24.8℃）、水深5mは8月31日～9月1日（23.3℃）に出現した。

湖心の2009年夏季の表層水温は、2007年夏季、2008年夏季よりも低温であった。7月から9月に、表層水温の24時間移動平均値（図8, WT0m 1day mean）が25℃以上となったのは、8月4日～8月9日、8月15日～8月22日の13日間である。2008年夏季には、7月16日～8月22日まで25℃以上であり、2007年夏季は、8月5日～8月30日まで25℃以上であったほかにも、7月、9月にも25℃以上の日が出現した（柳町ほか、2007, 図8, 柳町ほか、2008, 図8）。

2009年夏季の水深5m水温の推移も、2007年、2008年夏季とは異なっている。2007年、2008年には7月初めから徐々に水温が上昇し、8月下旬にピークに到達したが、2009年は、7月初めから中旬まで水温はやや上昇、下旬から8月初めにかけて低下、その後上昇に転じ、8月末にピークに到達した。

諏訪における2009年の月平均気温は、7月22.3℃（平年比-0.2℃）、8月23.0℃（平年比-0.5℃）、月降水量は、7月252.0mm（平年比126.8%）、8月179.5mm（平年比138.5%）であり、平年より低温で降水量が多かった。特に7月下旬、8月上旬に降水量が多く、気温も平年値より低温で推移したために、表層水温がこの時期に例年ほど上昇せず、下層の水温も流入河川水や降水による攪拌の影響が大きかったと考えられる。2008年7月（柳町ほか、2009, 図8）と比較すると、2009年7月の表層水温と水深5m水温の差が小さい。

夏季における降水・気温と水温との関係は、2008年夏季には3つのケースが観測された（柳町ほか、2009）。①降水があっても水温が低下しない。②降水はないが気温が低下し、その後、表層水温から徐々に3m水深水温へ低下が及んだ。③気温低下、降水ともにあり、表層から水深3m水温が低下した。

2009年の場合、①7月31日（33.5mm）。降水

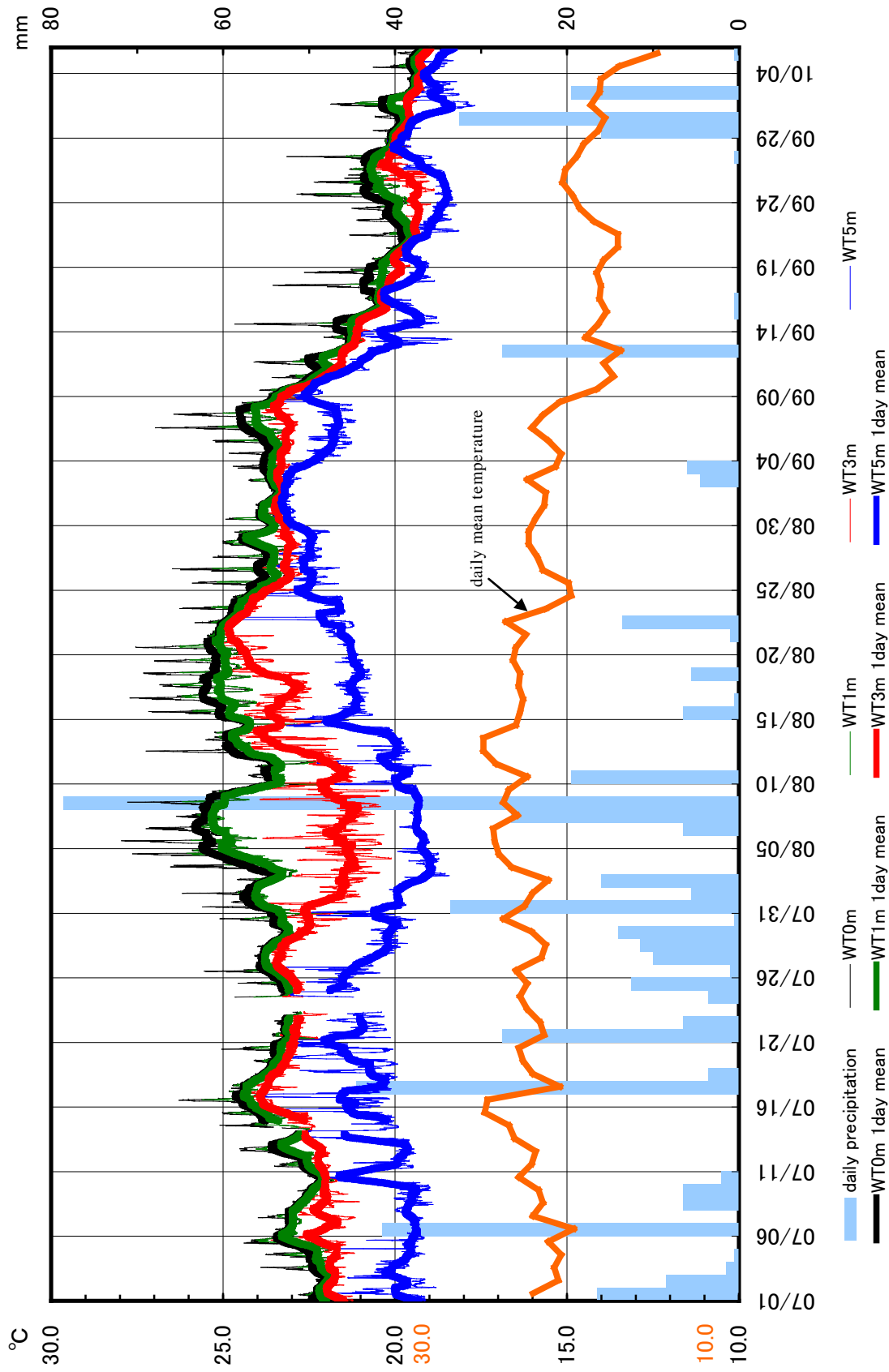


図 8 2009 年夏季の湖心 (C15) における水深 0m、水深 1m、水深 3m、水深 5m の水温変化と観訪における日降水量、日平均気温の変化
 Fig. 8. Variations in water temperatures at depths of 0m, 1m, 3m and 5m at the center of Lake Suwa (C15) and variations in daily precipitation and daily mean temperature at Suwa observation station in the summer of 2009

の後、気温は低下したが、表層、水深 1m 水温は上昇した。ただし、水深 3m, 5m 水温は低下した。9 月 12 日（日降水量 27.5mm）、9 月 29 日・30 日（日降水量 16mm, 32.5mm）のように、降水の後、気温が上昇、表層水温も一旦上昇、その後低下した日もある。②9 月 6 日。気温が低下し、9 月 7 日から表層、水深 1m, 3m, 5m 水温が順々に低下に転じた。③7 月 6 日（日降水量 41.5mm）、7 月 17 日（日降水量 44.5mm）、8 月 8 日（日降水量 78.5mm）。

水温は他の日にも上昇あるいは低下している。2009 年夏季には降水日が多く、湖内の攪拌、流入水の影響、風の影響などが複雑に絡んで、水温に影響したと考えられる。

4. まとめ

2009 年 8 月 6 日、9 月 30 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。

2009 年夏季も、2003 年～2008 年までと同様に、SS, Chl-*a* の平均値は、8 月の観測日の方が 9 月の観測日より小さく、Trans. の平均値は、逆に、8 月の観測日の方が、9 月の観測日より大きい。8 月の水質は、9 月よりも改善された状態にあった。

2009 年 8 月 6 日、9 月 30 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 6 日、9 月 30 日も第 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 6 日、9 月 30 日とも同じく、「SS, Chl-*a* が大きい所では、Trans. が小さい」、「SS, Chl-*a* が小さい所では、Trans. が大きい」というパターンである。

これらの特徴は、2002～2008 年の夏季 16 観測日のうち 2 日間（2004 年 8 月 30 日、2007 年 10 月 4 日）で抽出された第 1 成分と類似している。

8 月 6 日の水温の垂直分布では、砥川、上川河口付近の測点で、湖底付近で急激な水温低下がみられた。C コース、K コースの他の測点では、水深 2m～3m 付近に明瞭な水温躍層が確認された。T コースでは、明瞭な水温躍層が出現せず、湖底まで徐々に水温が低下する測点が多い。

8 月 6 日の DO の垂直分布は、水温の垂直分布と類似した特徴を示す測点が多い。

9 月 30 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。

9 月 30 日 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。諏訪湖の東部で、湖底の貧酸素状態が顕著であった。

2009 年の水温のピークは、水深 0m と水深 1m は 8 月 6 日、水深 3m は 8 月 21 日～22 日、水深 5m は 8 月 31 日であった。

降水・気温と水温との関係において、2008 年に観察された 3 つのケースが 2009 年にも確認された。

謝辞

本研究の水質調査・分析には、信州大学山岳科学総合研究所山地水域環境保全学部門（山地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し上げます。

【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.
- 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.
柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道 (2008) : 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, 30, 21-39.
柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道 (2009) : 2008
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, 31, 11-29.

(原稿受付 2010.3.11)

表7 諏訪湖の水質データ（2009年8月6日）
 Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa
 on August 6, 2009

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	E	deg	min	sec	N					
C01	9:01	138	05	07.1	E	36	03	30.1	N	4.76	7.8	19.0	132	4.2
C02	9:08	138	04	51.7	E	36	03	32.4	N	4.17	10.4	18.6	109	4.7
C03	9:13	138	04	52.8	E	36	03	21.1	N	5.06	10.4	18.6	139	5.2
C04	9:20	138	04	36.0	E	36	03	23.1	N	3.01	10.3	25.5	109	5.2
C05	9:26	138	04	20.9	E	36	03	23.8	N	4.26	10.2	20.3	104	5.0
C06	9:32	138	04	22.7	E	36	03	35.5	N	2.35	9.7	13.9	110	4.9
C07	9:37	138	04	05.4	E	36	03	25.4	N	2.00	12.0	17.7	105	5.8
C08	9:41	138	04	04.9	E	36	03	15.5	N	4.30	9.4	16.9	120	5.0
C09	9:48	138	04	18.2	E	36	03	03.5	N	5.33	10.1	20.3	111	5.0
C10	9:55	138	04	31.9	E	36	02	51.8	N	5.72	7.8	19.9	127	4.8
C11	10:02	138	04	45.6	E	36	02	39.8	N	6.00	8.3	15.2	97	4.9
C12	10:09	138	04	59.1	E	36	02	27.8	N	5.78	10.4	24.2	106	5.6
C13	10:16	138	05	16.1	E	36	02	36.3	N	5.75	10.6	26.8	96	5.8
C14	10:24	138	05	01.2	E	36	02	48.2	N	6.00	12.4	19.9	108	6.3
C15	10:33	138	05	03.0	E	36	02	58.0	N	5.80	10.5	22.1	140	5.8
C16	10:42	138	04	48.3	E	36	03	00.5	N	5.71	9.3	19.5	100	5.0
C17	10:49	138	04	34.6	E	36	03	12.6	N	4.98	11.4	17.7	104	6.7
C18	10:57	138	05	06.5	E	36	03	09.2	N	5.77	10.2	29.0	108	5.4
C19	11:05	138	05	19.0	E	36	02	57.7	N	5.70	10.6	17.3	106	5.5
C20	11:14	138	05	33.0	E	36	02	45.6	N	4.90	10.8	17.7	102	5.6
K01	8:50	138	04	38.6	E	36	01	57.1	N	3.37	13.2	46.3	103	6.9
K02	9:02	138	04	25.4	E	36	02	09.8	N	4.42	12.6	38.5	108	6.6
K03	9:10	138	04	11.0	E	36	02	22.1	N	4.73	11.1	37.7	112	6.0
K04	9:19	138	03	57.4	E	36	02	33.6	N	4.48	10.4	35.1	100	5.9
K05	9:27	138	03	44.3	E	36	02	45.7	N	3.78	11.3	39.0	99	6.2
K06	9:38	138	03	30.3	E	36	02	59.0	N	2.95	10.8	28.1	96	5.6
K07	9:45	138	03	16.8	E	36	03	09.6	N	1.67	11.5	33.8	99	6.4
K08	9:51	138	03	32.9	E	36	03	09.5	N	2.75	12.1	42.4	98	6.7
K09	9:59	138	03	50.3	E	36	03	18.4	N	3.35	13.2	47.2	99	6.8
K10	10:06	138	03	48.1	E	36	03	06.3	N	4.18	12.8	39.8	104	6.7
K11	10:14	138	04	01.6	E	36	02	54.6	N	5.01	11.4	36.4	106	6.4
K12	10:26	138	04	15.2	E	36	02	42.5	N	5.82	12.0	40.3	104	6.5
K13	10:38	138	04	28.6	E	36	02	30.4	N	6.05	10.4	29.0	110	5.7
K14	10:47	138	04	42.0	E	36	02	18.8	N	5.73	12.8	48.9	106	6.7
K15	10:55	138	04	56.3	E	36	02	06.6	N	1.12	9.8	29.9	114	5.0
K16	11:03	138	05	11.9	E	36	02	14.7	N	3.22	11.2	32.9	102	5.8
K17	11:12	138	05	29.3	E	36	02	24.6	N	3.82	10.3	30.3	105	5.7
K18	11:21	138	05	46.4	E	36	02	33.2	N	2.05	11.1	36.8	100	5.8
K19	11:27	138	06	03.1	E	36	02	32.5	N	1.05	11.5	28.1	100	5.8
K20	11:34	138	06	18.4	E	36	02	41.0	N	1.78	10.9	29.0	107	6.0
T01	8:51	138	06	35.9	E	36	02	56.0	N	2.05	12.1	40.3	113	6.8
T02	11:44	138	06	37.8	E	36	03	11.4	N	2.25	11.7	50.2	80	8.7
T03	no data	138	06	32.4	E	36	03	27.9	N	2.30	11.4	41.1	77	8.4
T04	9:39	138	06	19.1	E	36	03	40.0	N	2.53	12.7	49.4	86	8.5
T05	9:50	138	06	04.9	E	36	03	52.5	N	2.47	11.8	44.6	96	8.3
T06	9:59	138	05	42.8	E	36	03	49.2	N	3.60	12.1	35.5	115	6.5
T07	10:05	138	05	27.2	E	36	03	50.7	N	2.85	10.0	34.2	130	5.5
T08	10:14	138	05	10.0	E	36	03	40.9	N	3.98	10.6	43.1	120	6.0
T09	10:20	138	05	25.6	E	36	03	40.1	N	4.70	9.2	32.0	135	5.2
T10	10:26	138	05	55.5	E	36	03	37.1	N	4.40	9.0	32.5	104	4.8
T11	10:35	138	06	08.6	E	36	03	24.6	N	3.70	10.4	28.1	128	5.7
T12	10:40	138	06	22.3	E	36	03	12.3	N	2.40	8.7	26.4	128	5.3
T13	10:46	138	06	19.2	E	36	02	51.2	N	2.70	9.7	39.0	140	5.5
T14	10:52	138	06	05.5	E	36	03	03.4	N	4.20	11.3	38.1	117	6.0
T15	10:56	138	05	53.2	E	36	03	16.0	N	5.25	10.5	33.8	112	5.5
T16	11:04	138	05	38.8	E	36	03	28.1	N	5.40	7.7	20.8	105	5.3
T17	11:17	138	05	21.0	E	36	03	18.2	N	5.90	8.6	32.5	120	4.6
T18	11:22	138	05	36.2	E	36	03	06.7	N	5.70	11.0	27.3	130	5.9
T19	11:29	138	05	49.8	E	36	02	54.6	N	6.00	9.7	35.9	125	5.2
T20	11:37	138	06	03.1	E	36	02	42.1	N	3.10	11.3	36.4	120	6.0

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

表7 諏訪湖の水質データ（2009年8月6日）続き
 Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa on August 6, 2009
 (continued)

Station	W.T.(°C)							DO(mg/L)						
	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m
C01	26.1	25.2	23.4	22.1	20.5	<i>19.9</i>		10.48	11.53	8.27	6.02	0.68	<i>0.49</i>	
C02	25.8	24.6	23.7	21.0	20.6	<i>20.7</i>		10.64	11.05	10.00	2.97	0.30	<i>0.25</i>	
C03	26.0	25.1	23.5	21.7	20.1	19.6	<i>19.6</i>	10.78	11.42	9.31	6.98	1.15	0.31	<i>0.28</i>
C04	25.7	25.2	23.8	22.7	<i>18.5</i>			11.20	11.51	9.37	7.48	<i>7.54</i>		
C05	26.1	25.4	23.4	22.3	19.9	<i>19.8</i>		11.05	11.45	8.49	7.99	3.11	<i>2.71</i>	
C06	26.0	25.4	23.8	<i>20.3</i>				10.75	11.06	9.82	<i>6.83</i>			
C07	25.9	25.1	<i>24.0</i>					11.23	11.74	<i>10.75</i>				
C08	26.3	25.3	23.9	22.4	20.2	<i>20.0</i>		11.22	12.21	10.38	7.57	2.85	<i>1.80</i>	
C09	26.4	25.4	24.3	21.5	19.5	19.4	<i>19.4</i>	10.97	11.85	10.88	5.72	1.22	0.75	<i>0.68</i>
C10	26.7	25.5	24.7	20.8	19.9	19.2	<i>19.2</i>	10.99	12.15	11.44	3.56	2.16	0.48	<i>0.29</i>
C11	26.6	25.2	24.5	21.5	20.1	19.3	<i>19.2</i>	10.89	12.65	10.82	3.97	1.75	0.65	<i>0.29</i>
C12	26.4	25.3	24.4	22.0	19.9	19.4	<i>19.3</i>	10.88	12.22	11.14	4.83	2.76	1.20	<i>0.80</i>
C13	26.4	25.9	24.2	22.9	21.1	19.5	<i>19.5</i>	11.18	10.75	10.36	7.18	3.55	1.41	<i>0.30</i>
C14	26.4	25.4	24.6	22.3	20.5	20.3	<i>19.3</i>	10.80	11.93	11.52	5.66	2.72	3.05	<i>0.48</i>
C15	26.4	25.5	24.4	22.0	20.8	19.5	<i>19.3</i>	11.70	12.70	10.78	5.48	2.57	1.49	<i>0.38</i>
C16	26.4	25.8	24.4	21.7	20.3	19.4	<i>19.3</i>	11.51	12.78	11.08	5.39	2.10	0.51	<i>0.35</i>
C17	26.6	25.2	23.9	21.8	20.0	<i>19.4</i>		11.52	12.60	10.44	6.15	1.74	<i>1.08</i>	
C18	26.4	25.5	24.1	22.3	20.8	19.5	<i>19.4</i>	11.87	12.94	10.53	6.49	1.86	1.27	<i>0.29</i>
C19	26.5	25.9	24.6	22.3	21.3	19.8	<i>19.5</i>	11.82	12.22	10.89	5.98	3.81	3.02	<i>0.54</i>
C20	26.4	25.6	24.2	22.8	22.3	<i>20.2</i>		11.58	11.56	11.07	7.42	8.12	<i>5.40</i>	
K01	25.1	24.6	24.3	21.1	<i>21.4</i>			11.74	11.91	10.75	0.17	<i>0.11</i>		
K02	25.1	24.9	24.5	20.6	20.0	<i>20.0</i>		12.24	12.10	10.76	0.55	0.16	<i>0.16</i>	
K03	25.7	25.1	24.7	21.0	19.6	<i>19.8</i>		11.95	12.35	11.53	1.75	0.15	<i>0.11</i>	
K04	25.7	25.2	24.7	20.7	19.9	<i>19.8</i>		12.15	12.58	11.25	1.92	0.25	<i>0.17</i>	
K05	25.9	25.2	24.9	21.1	<i>20.4</i>			12.04	12.53	11.65	2.98	<i>0.19</i>		
K06	26.0	25.3	23.2	<i>22.1</i>				14.40	12.81	8.77	<i>3.76</i>			
K07	25.9	25.4	<i>24.1</i>					11.89	11.58	<i>10.22</i>				
K08	26.1	24.9	24.6	<i>23.0</i>				11.92	11.77	11.69	<i>3.43</i>			
K09	26.3	25.2	23.4	21.9	<i>21.6</i>			11.83	12.51	9.55	7.03	<i>2.28</i>		
K10	26.3	25.5	23.8	21.6	20.8	<i>20.8</i>		11.76	12.35	9.51	5.55	0.53	<i>0.28</i>	
K11	26.5	25.3	24.4	20.8	19.7	<i>19.5</i>		11.37	12.98	10.80	6.54	2.27	<i>0.32</i>	
K12	25.6	25.1	24.4	20.4	19.7	19.3	<i>19.2</i>	12.29	12.44	11.53	2.11	0.35	0.09	<i>0.08</i>
K13	26.5	25.2	24.3	21.1	19.7	19.3	<i>19.3</i>	11.37	12.74	11.11	2.53	0.84	0.14	<i>0.10</i>
K14	26.1	24.8	24.4	20.9	19.7	19.5	<i>19.5</i>	11.70	12.63	11.04	1.05	0.22	0.11	<i>0.09</i>
K15	26.1	25.3	<i>25.2</i>					11.99	12.53	<i>12.48</i>				
K16	26.0	24.8	24.4	21.3	<i>21.6</i>			11.66	12.80	11.57	4.57	<i>0.42</i>		
K17	26.4	25.2	24.4	22.3	<i>20.9</i>			11.20	12.08	11.29	7.57	<i>0.68</i>		
K18	26.5	25.8	<i>19.9</i>					11.00	11.74	<i>7.18</i>				
K19	26.8	<i>25.6</i>						10.85	<i>10.67</i>					
K20	26.8	26.9	<i>21.8</i>					11.19	11.31	<i>0.76</i>				
T01	25.2	24.9	<i>22.7</i>					8.91	7.94	<i>3.14</i>				
T02	27.0	25.1	<i>22.1</i>					5.09	4.60	<i>0.59</i>				
T03	26.9	23.9	22.5	<i>22.3</i>				7.30	0.38	0.12	<i>0.07</i>			
T04	27.0	23.0	21.6	<i>21.7</i>				6.10	2.69	2.93	<i>0.21</i>			
T05	27.4	25.1	21.7	<i>21.7</i>				7.23	4.19	2.30	<i>0.14</i>			
T06	25.7	23.8	22.0	21.3	<i>21.1</i>			11.20	9.64	6.63	5.39	<i>3.44</i>		
T07	26.6	23.5	21.9	<i>21.5</i>				10.57	9.66	6.17	<i>3.42</i>			
T08	25.6	24.6	22.6	21.6	<i>21.0</i>			11.70	11.87	7.24	4.62	<i>1.74</i>		
T09	26.2	24.0	22.7	21.7	20.9	<i>20.8</i>		11.05	11.18	7.83	5.43	1.95	<i>1.55</i>	
T10	25.5	24.2	23.0	22.0	21.1	<i>21.0</i>		11.74	12.00	9.94	7.17	4.52	<i>3.61</i>	
T11	26.7	24.7	23.3	22.4	<i>21.4</i>			10.51	11.97	9.47	7.42	<i>5.50</i>		
T12	26.6	25.6	23.3	<i>22.1</i>				10.15	9.87	5.95	<i>3.62</i>			
T13	26.7	25.8	24.4	<i>22.3</i>				10.32	9.77	8.93	<i>4.81</i>			
T14	26.0	25.1	24.3	23.1	<i>21.3</i>			11.16	11.79	11.30	8.70	<i>2.03</i>		
T15	26.4	24.4	23.3	22.5	22.1	<i>21.2</i>		10.74	11.41	8.59	6.38	5.82	<i>2.49</i>	
T16	26.5	24.1	23.1	21.9	21.6	20.3	<i>19.8</i>	11.01	11.63	8.14	6.30	6.02	1.44	<i>0.34</i>
T17	26.4	24.6	23.6	22.3	21.2	19.8	<i>19.4</i>	11.70	11.39	9.66	6.29	4.02	2.08	<i>0.03</i>
T18	25.5	24.8	23.8	22.8	21.6	20.6	<i>19.5</i>	12.13	11.52	9.36	7.34	4.89	2.43	<i>0.51</i>
T19	26.4	24.6	24.1	23.3	21.3	20.1	<i>20.2</i>	11.12	10.64	9.94	8.20	4.20	4.42	<i>0.30</i>
T20	26.4	25.6	25.3	<i>21.4</i>				11.16	11.44	11.17	<i>5.63</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 (2009年9月30日)
Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa
on September 30, 2009

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	9:07	138	05	06.6	E	36	03	29.8	N	4.80	15.6	84.8	92	9.4
C02	9:15	138	04	52.7	E	36	03	32.2	N	3.66	7.1	69.3	92	5.8
C03	9:22	138	04	51.3	E	36	03	21.0	N	5.00	13.7	82.1	104	7.4
C04	9:28	138	04	35.9	E	36	03	22.9	N	3.32	7.6	57.1	108	5.6
C05	9:35	138	04	21.3	E	36	03	24.0	N	4.26	9.8	80.5	100	7.0
C06	9:42	138	04	22.6	E	36	03	35.7	N	2.44	12.5	66.0	102	7.0
C07	9:49	138	04	04.9	E	36	03	25.0	N	2.12	8.8	62.9	97	5.9
C08	9:55	138	04	04.9	E	36	03	16.0	N	4.30	13.0	68.6	107	7.6
C09	10:03	138	04	18.5	E	36	03	03.6	N	5.37	12.9	70.6	97	7.5
C10	10:11	138	04	32.5	E	36	02	51.8	N	5.78	9.4	47.8	98	7.5
C11	10:19	138	04	46.0	E	36	02	39.5	N	6.15	11.0	76.9	101	9.3
C12	10:27	138	04	59.5	E	36	02	27.3	N	5.76	10.0	105.5	103	7.8
C13	10:35	138	05	16.0	E	36	02	36.8	N	5.70	8.7	81.6	100	7.3
C14	10:43	138	05	00.5	E	36	02	48.1	N	6.07	12.6	60.8	99	7.4
C15	10:51	138	05	01.9	E	36	02	58.8	N	5.82	9.2	64.9	110	6.1
C16	10:59	138	04	48.2	E	36	03	00.3	N	5.74	12.2	67.0	104	6.9
C17	11:07	138	04	34.9	E	36	03	13.3	N	4.92	15.0	56.1	92	12.4
C18	11:16	138	05	06.5	E	36	03	09.6	N	5.62	10.5	69.1	93	7.6
C19	11:25	138	05	19.3	E	36	02	57.1	N	5.67	47.4	226.5	96	43.1
C20	11:35	138	05	33.2	E	36	02	45.6	N	4.92	13.1	82.6	96	7.6
K01	9:07	138	04	38.4	E	36	01	56.8	N	3.25	24.0	94.4	66	10.1
K02	9:15	138	04	24.1	E	36	02	10.4	N	4.63	20.8	82.6	65	8.6
K03	9:20	138	04	10.3	E	36	02	22.3	N	4.75	19.4	91.4	74	10.4
K04	9:26	138	03	57.9	E	36	02	33.1	N	4.60	16.2	94.5	81	9.2
K05	9:30	138	03	43.4	E	36	02	47.1	N	3.83	15.0	89.9	83	8.6
K06	9:39	138	03	30.7	E	36	02	59.0	N	3.10	15.8	86.2	80	8.3
K07	9:47	138	03	16.8	E	36	03	10.0	N	1.90	18.9	77.9	73	7.8
K08	9:53	138	03	32.0	E	36	03	09.1	N	2.60	16.3	82.6	82	7.8
K09	9:58	138	03	51.2	E	36	03	17.8	N	3.40	14.4	70.1	91	6.5
K10	10:03	138	03	48.3	E	36	03	06.8	N	3.90	13.0	79.0	89	7.8
K11	10:08	138	04	01.5	E	36	02	55.0	N	4.95	13.8	89.4	84	8.2
K12	10:14	138	04	14.6	E	36	02	42.7	N	5.60	13.1	84.2	83	7.7
K13	10:20	138	04	28.1	E	36	02	30.7	N	5.85	15.9	89.9	86	7.8
K14	10:25	138	04	41.0	E	36	02	18.6	N	5.45	13.6	98.7	78	8.6
K15	10:32	138	04	55.4	E	36	02	06.2	N	0.90	15.8	91.4	63	9.2
K16	10:37	138	05	13.3	E	36	02	15.3	N	3.00	16.9	120.0	64	11.2
K17	10:42	138	05	28.9	E	36	02	24.4	N	3.80	15.2	114.3	71	12.0
K18	10:28	138	05	47.0	E	36	02	32.8	N	1.90	12.6	94.0	85	9.1
K19	10:52	138	06	02.0	E	36	02	32.6	N	1.00	15.1	66.5	76	7.2
K20	11:01	138	06	17.5	E	36	02	41.1	N	1.55	56.7	470.1	69	49.8
T01	9:05	138	06	36.1	E	36	03	00.5	N	2.40	27.6	112.1	59	16.7
T02	9:10	138	06	38.1	E	36	03	11.2	N	2.00	22.8	103.9	60	11.9
T03	9:16	138	06	33.0	E	36	03	27.8	N	2.10	15.9	87.3	66	9.4
T04	9:25	138	06	19.3	E	36	03	40.0	N	2.20	11.7	62.3	88	6.8
T05	9:34	138	06	04.8	E	36	03	52.2	N	2.28	10.9	101.3	83	8.5
T06	9:43	138	05	41.5	E	36	03	48.7	N	3.48	15.2	88.8	71	8.9
T07	9:50	138	05	27.1	E	36	03	50.8	N	2.60	15.8	99.2	73	10.0
T08	9:55	138	05	09.3	E	36	03	40.6	N	3.72	15.8	102.9	78	10.0
T09	10:01	138	05	25.3	E	36	03	40.2	N	4.40	17.1	109.6	78	10.5
T10	10:07	138	05	55.7	E	36	03	36.8	N	4.21	16.3	106.0	80	10.8
T11	10:13	138	06	08.3	E	36	03	24.9	N	3.64	16.0	103.4	78	10.9
T12	10:16	138	06	22.8	E	36	03	12.5	N	2.20	17.6	106.5	69	10.3
T13	10:21	138	06	19.2	E	36	02	50.8	N	2.32	16.6	99.7	72	11.0
T14	10:27	138	06	05.1	E	36	03	03.7	N	4.08	13.0	114.3	77	8.6
T15	10:32	138	05	51.8	E	36	03	15.6	N	5.10	12.2	88.8	81	7.9
T16	10:38	138	05	39.1	E	36	03	27.8	N	5.23	14.9	95.6	84	7.6
T17	10:45	138	05	20.9	E	36	03	18.6	N	5.54	12.3	94.0	72	8.0
T18	10:50	138	05	35.7	E	36	03	06.5	N	5.49	12.2	90.4	87	9.0
T19	10:56	138	05	48.8	E	36	02	54.6	N	4.80	12.6	71.7	87	7.4
T20	11:01	138	06	02.8	E	36	02	42.4	N	3.06	10.9	89.9	80	8.0

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

表8 諏訪湖の水質データ（2009年9月30日）続き
 Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa on September 30, 2009
 (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	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.4</i>			7.36	6.92	6.81	6.80	5.95	<i>3.58</i>		
C02	19.6	19.6	19.6	19.5	<i>19.5</i>				6.84	6.43	6.00	6.06	<i>5.97</i>			
C03	19.5	19.5	19.5	19.4	19.4	<u>18.8</u>			6.58	6.38	6.57	6.35	6.25	<u>5.81</u>		
C04	19.5	19.5	19.4	19.4	<i>15.9</i>				6.62	6.28	5.90	5.78	<i>8.03</i>			
C05	19.6	19.6	19.6	19.3	19.1	<i>18.3</i>			6.96	6.15	5.94	5.97	5.82	<i>no data</i>		
C06	19.3	19.3	19.2	<i>17.2</i>					7.05	6.57	6.80	<i>7.29</i>				
C07	19.6	19.6	19.5	<i>19.5</i>					6.92	6.42	6.31	<i>5.56</i>				
C08	19.7	19.6	19.6	19.6	19.4	<i>19.4</i>			7.13	6.45	6.25	6.15	5.28	<i>2.88</i>		
C09	19.7	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.6</i>		7.58	7.15	6.76	6.57	6.51	6.28	<i>5.70</i>	
C10	19.8	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.4</i>		7.77	7.39	6.89	6.54	6.38	6.14	<i>4.36</i>	
C11	19.7	19.6	19.6	19.5	19.5	19.5	19.5	<i>19.2</i>	8.17	7.54	6.76	6.57	6.27	6.34	6.35	<i>4.42</i>
C12	19.8	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.4</i>		8.92	8.32	7.66	7.20	7.14	6.90	<i>4.16</i>	
C13	19.8	19.6	19.5	19.5	19.5	19.4	<i>17.8</i>		8.28	7.98	6.87	6.43	6.89	6.52	<i>5.67</i>	
C14	19.8	19.6	19.6	19.5	19.5	19.5	19.5	<i>19.1</i>	7.47	7.25	6.33	6.00	6.07	5.65	6.37	<i>3.43</i>
C15	19.9	19.6	19.5	19.5	19.4	19.4	<i>19.4</i>		7.63	6.83	6.35	6.48	6.36	6.22	<i>6.13</i>	
C16	19.9	19.7	19.6	19.6	19.5	19.3	<i>19.2</i>		7.57	6.77	6.05	5.95	5.77	6.05	<i>5.73</i>	
C17	19.9	19.6	19.6	19.5	19.4	<i>17.3</i>			8.02	6.95	6.24	6.06	5.22	<i>6.68</i>		
C18	19.7	19.6	19.6	19.5	19.5	19.4	<i>19.3</i>		7.82	7.35	7.05	6.78	6.32	6.25	<i>5.92</i>	
C19	20.0	19.6	19.6	19.4	19.4	19.4	<i>19.4</i>		8.68	8.22	6.78	6.34	6.15	6.12	<i>6.03</i>	
C20	19.8	19.5	19.5	19.5	19.4	<i>16.9</i>			8.67	7.04	6.79	6.60	6.44	<i>7.49</i>		
K01	19.9	19.9	19.9	<u>19.9</u>					7.76	7.50	6.92	<u>5.98</u>				
K02	19.8	19.8	19.8	19.7	19.7	<i>19.7</i>			7.57	7.29	6.99	6.81	6.49	<i>6.43</i>		
K03	19.8	19.8	19.8	19.7	19.7	<i>19.7</i>			7.00	6.76	6.66	6.64	6.28	<i>6.03</i>		
K04	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	<i>19.7</i>			7.54	7.51	7.23	7.02	6.15	<i>5.35</i>		
K05	19.7	19.7	19.7	19.7	<i>19.7</i>				7.39	7.22	6.98	6.71	<i>5.79</i>			
K06	19.7	19.7	19.7	<u>19.7</u>					7.10	6.97	6.53	<u>5.85</u>				
K07	19.7	19.7	<i>19.7</i>						6.65	6.40	<i>6.32</i>					
K08	19.7	19.6	19.6	<i>19.5</i>					6.84	6.92	6.56	<i>5.69</i>				
K09	19.6	19.6	19.5	19.3	<i>18.6</i>				6.19	5.86	5.49	5.77	<i>4.87</i>			
K10	19.7	19.6	19.6	19.6	<i>19.0</i>				7.03	6.71	6.50	6.39	<i>4.52</i>			
K11	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.6</i>			7.55	7.15	6.81	6.63	6.56	<i>6.31</i>		
K12	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.6</i>		7.63	7.00	6.78	6.65	6.56	6.48	<i>5.54</i>	
K13	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.6</i>		7.61	7.30	6.88	6.71	6.66	6.27	<i>5.76</i>	
K14	19.8	19.6	19.6	19.6	19.6	19.5	<i>19.5</i>		8.10	7.60	7.05	6.78	6.81	6.65	<i>5.44</i>	
K15	19.8	<i>19.7</i>							8.48	<i>8.56</i>						
K16	20.0	19.7	19.6	<i>19.0</i>					9.15	8.52	7.86	<i>7.72</i>				
K17	19.8	19.5	19.4	19.4	<i>19.0</i>				9.50	8.03	7.70	<i>7.37</i>	<i>6.70</i>			
K18	19.7	19.4	<i>16.2</i>						8.91	8.17	<i>8.26</i>					
K19	19.6	<i>16.7</i>							9.72	<i>7.26</i>						
K20	19.7	19.2	<i>18.2</i>						9.51	9.42	<i>8.02</i>					
T01	19.5	19.4	19.3	<i>19.3</i>					6.08	6.01	5.62	<i>0.86</i>				
T02	19.6	19.5	<u>19.6</u>						5.80	5.45	<u>3.25</u>					
T03	19.9	19.8	19.9	<i>19.8</i>					4.05	3.98	3.88	<i>1.76</i>				
T04	20.0	20.0	20.0	<i>20.0</i>					2.02	1.83	1.96	<i>1.01</i>				
T05	20.0	20.0	20.0	<i>20.0</i>					3.37	3.18	2.82	<i>1.54</i>				
T06	19.8	19.8	19.7	19.7	<i>19.6</i>				5.22	5.04	5.10	4.68	<i>2.38</i>			
T07	19.8	19.8	19.8	<i>19.7</i>					5.50	5.33	4.71	<i>1.88</i>				
T08	19.8	19.7	19.6	19.6	<i>18.9</i>				5.81	5.51	5.18	4.54	<i>2.73</i>			
T09	19.7	19.7	19.7	19.6	19.6	<i>19.7</i>			5.90	5.77	5.37	5.28	5.20	<i>3.43</i>		
T10	19.8	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.6</i>			5.73	5.17	5.07	4.91	4.76	<i>3.25</i>		
T11	19.8	19.6	19.6	19.5	<i>19.6</i>				6.11	5.89	5.69	5.19	<i>1.95</i>			
T12	19.7	19.6	19.5	<i>19.6</i>					6.28	5.75	5.13	<i>1.97</i>				
T13	19.5	19.4	19.0	<i>19.2</i>					6.28	5.57	4.79	<i>1.88</i>				
T14	19.7	19.5	19.5	19.5	<i>19.5</i>				6.11	5.38	5.14	4.91	<i>4.33</i>			
T15	19.8	19.6	19.6	19.5	19.5	19.6	<i>19.5</i>		6.12	5.27	5.14	4.82	3.70	3.66	<i>1.82</i>	
T16	19.9	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	<i>19.6</i>		5.84	5.18	5.04	5.02	4.94	4.82	<i>2.04</i>	
T17	19.9	19.6	19.6	19.6	19.6	19.3	<i>18.9</i>		5.87	4.99	4.61	4.59	4.55	2.57	<i>1.09</i>	
T18	19.9	19.6	19.5	19.5	19.5	19.4	<i>19.0</i>		6.27	5.76	5.14	5.09	4.57	4.53	<i>1.06</i>	
T19	19.8	19.5	19.5	19.4	19.4	<i>17.5</i>			5.87	5.12	5.02	4.64	4.37	<i>2.61</i>		
T20	19.9	19.5	19.4	<u>18.1</u>					6.43	6.08	5.56	<u>4.52</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.