

2012 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 2011

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

2012 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。2012 年 8 月 7 日の第 1 成分は、「SS, Chl-*a* が高い所では, Trans., W.T.0m が低い」, 「SS, Chl-*a* が低い所では, Trans., W.T.0m が高い」というパターンである。2012 年 9 月 28 日の第 1 成分は、「SS, Chl-*a* が高い所では, Trans.が低く, W.T.0m がやや高い」, 「SS, Chl-*a* が低い所では, Trans.が高く, W.T.0m がやや低い」というパターンである。2012 年夏季の諏訪湖湖心における水深 1m の水温ピークは, 8 月 24 日 (28.0°C), 水深 3m のピークは 8 月 24 日 (27.5°C), 水深 5m のピークは 9 月 4 日 (24.4°C) に出現した。2012 年夏季の諏訪湖湖心における水温は, 7 月下旬を除き, 表層から水深 3m 程度まで水温差が小さく推移し, 湖水は攪拌された状態が定常的であり, 3m 以深の湖水は成層していた。

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

筆者らは 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おり, 2011 年までの 10 年間に 22 日間の水平分布に関するデータ, 2005 年以降の 14 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, 2010, 2011, 2012)。

2012 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。

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。

2012 年夏季も 2011 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, 2012 年夏季の諏訪湖の水質分布パターンと, 2012 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

2012 年夏季の水質観測日は 8 月 7 日, 9 月 28 日である。これまでの夏季 2 回の観測日の多くと同様の時期に実施した。

観測方法は, 2002~2011 年に実施したものに準拠し, 2011 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 (柳町ほか, 2009) に 60 測点の位置を示す。図 2 は観測日毎の水深分布図である。9 月 28 日の T コースでは, 他の船舶の進行方

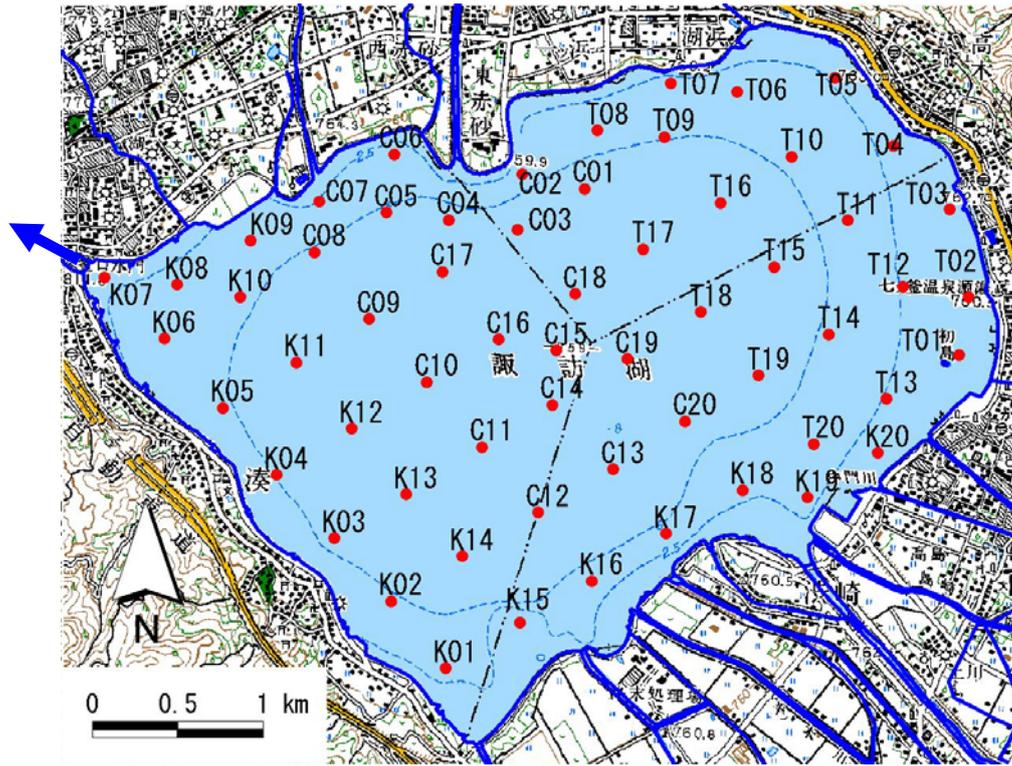


図1 60観測地点と流入・流出河川（5万分の1地形図「諏訪」）（柳町ほか，2009）

Fig.1. 60 survey points in Lake Suwa, inlets and outlet shown on the 1:50,000 topographic map “Suwa” (Yanagimachi et al., 2009)

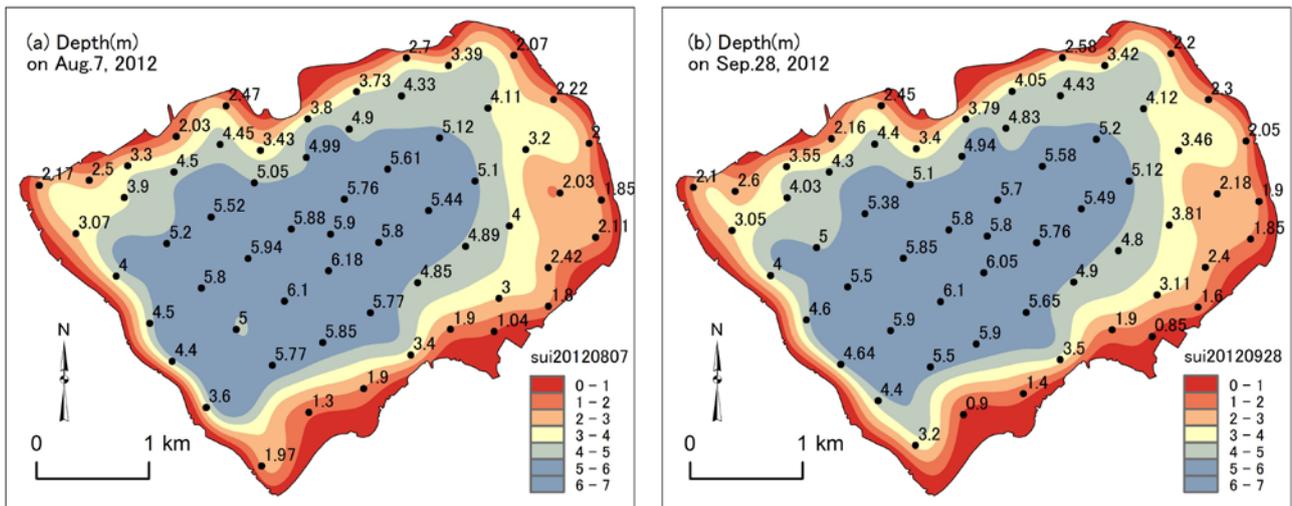
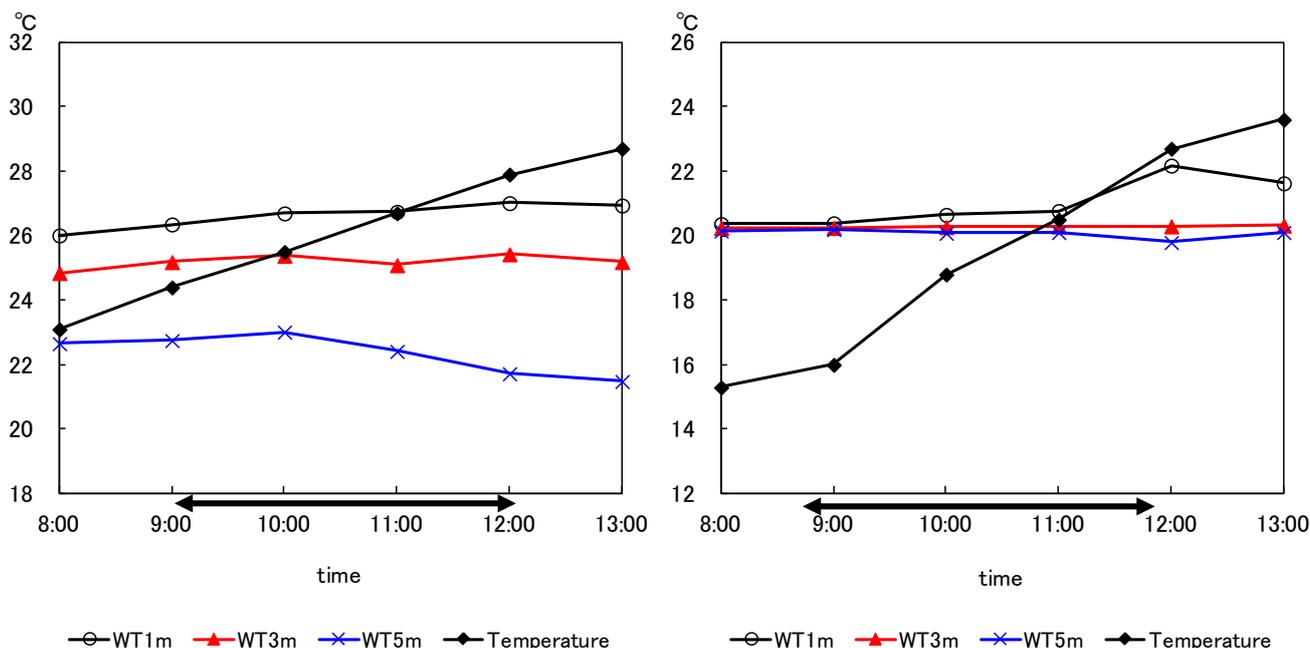


図2 観測日毎の諏訪湖の水深
(a)2012年8月7日 (b)2012年9月28日

Fig.2. Depth of Lake Suwa on each observation date
(a) August 7, 2012 (b) September 28, 2012



(a) August 7, 2012

(b) September 28, 2012

図3 湖心(C15)における水温

Fig.3. Water temperatures at the center of Lake Suwa (C15)

Allows show the length of observation on August 7, 2012 and on September 28, 2012.

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

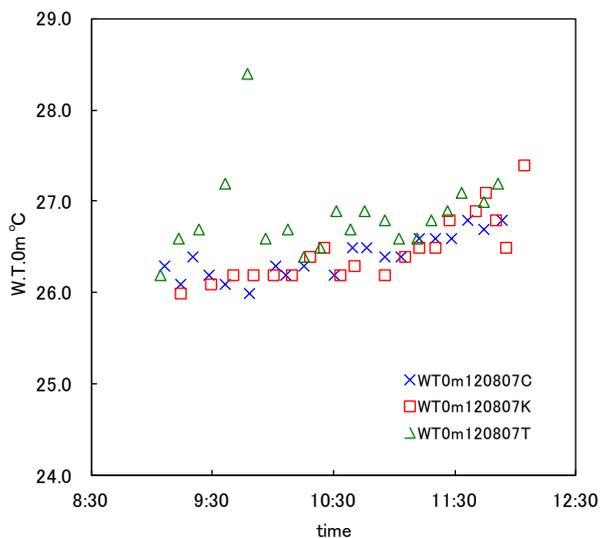
	August 7, 2012					September 28, 2012				
	r	p value	r _s	p value	N	r	p value	r _s	p value	N
SS	-0.313	0.017 *	-0.270	0.041 *	58	-0.065	0.625	-0.163	0.223	58
Chl-a	-0.299	0.022 *	-0.302	0.021 *	58	-0.067	0.616	-0.066	0.623	58
IL	-0.419	0.001 **	-0.372	0.004 **	58	-0.087	0.515	-0.084	0.530	58
Trans.	0.236	0.080	0.210	0.120	56	0.244	0.068	0.271	0.042 *	57
DO 0m	0.545	0.000 **	0.573	0.000 **	58	0.345	0.008 **	0.329	0.012 *	58
DO 1m	0.460	0.000 **	0.548	0.000 **	58	0.247	0.066	0.202	0.136	56
DO 2m	0.468	0.001 **	0.518	0.000 **	49	-0.066	0.643	-0.194	0.174	51
DO 3m	0.297	0.059	0.326	0.037 *	41	-0.297	0.056	-0.231	0.141	42
DO 4m	0.045	0.819	0.064	0.746	28	-0.225	0.232	-0.185	0.327	30
DO 5m	-0.437	0.080	-0.037	0.888	17	-0.260	0.313	-0.500	0.041 *	17
W.T. 0m	0.662	0.000 **	0.687	0.000 **	58	0.649	0.000 **	0.663	0.000 **	58
W.T. 1m	0.251	0.057	0.786	0.000 **	58	-0.050	0.715	-0.057	0.676	56
W.T. 2m	0.610	0.000 **	0.643	0.000 **	49	0.073	0.610	0.075	0.600	51
W.T. 3m	0.273	0.084	0.258	0.103	41	-0.039	0.805	0.015	0.925	42
W.T. 4m	-0.024	0.902	-0.056	0.777	28	0.299	0.108	0.222	0.239	30
W.T. 5m	-0.794	0.000 **	-0.675	0.003 **	17	0.625	0.007 **	0.541	0.025 *	17

** : significant at 0.01 significant level.

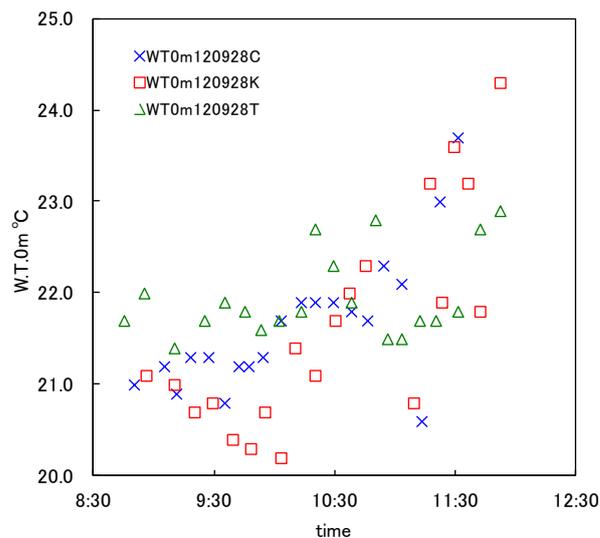
* : significant at 0.05 significant level.

T03 and T05 on Aug.7, 2012 are excluded from the calculations.

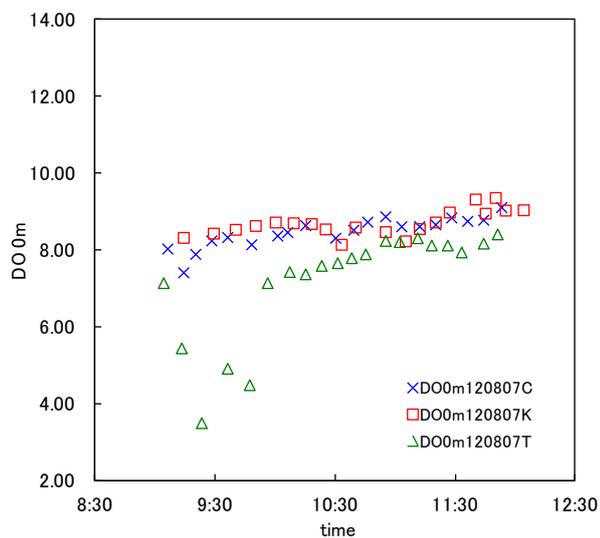
T02 and T05 on Sep.28, 2012 are excluded from the calculations.



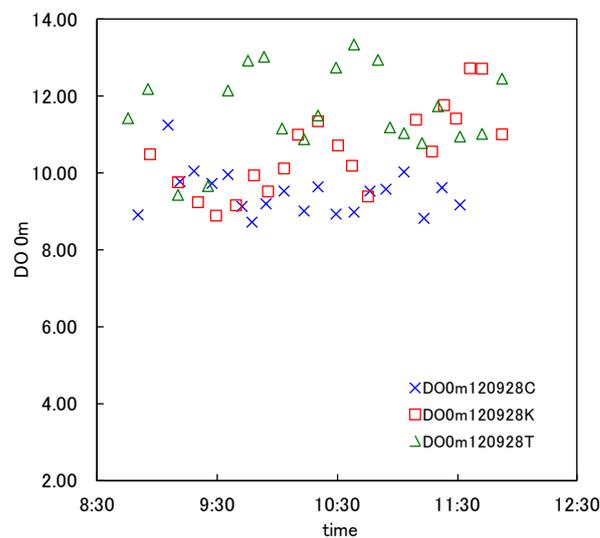
(a) W. T. 0m on August 7, 2012



(b) W. T. 0m on September 28, 2012



(c) DO 0m on August 7, 2012



(d) DO 0m on September 28, 2012

図4 表層水温, DO と観測時刻との散布図

Fig.4. Scattergrams of W.T.0m and DO 0m versus observed time

× : C01~C20, □ : K01~K20, △ : T01~T20

向と観測コースが近接していたため、Tコースの観測順序を変更した(T13~T20)。

観測時間は8月7日9:04~12:04,9月28日8:45~11:52,所要時間はそれぞれ3時間,3時間7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。

2011年までの解析方法と同様に,2012年夏季2日分の表層データ(SS, Chl-a, Trans., W.T.0m)は,水質分布を特徴づ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。

2011年までと同様に,2012年夏季の降水と気温が各水深の水温変動にどの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,毎時気温を用いて解析した。

まず,表層水温(W.T.0m)について時間経過に

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

August 7, 2012						
	SS(mg/L)	Chl-a(μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)	
Max	11.0	60.7	9.1	181	6.18	
Min	4.7	13.7	3.1	95	1.04	
Mean	6.6	24.2	4.4	148.5	3.92	
S.D.	1.3	8.0	1.0	20.3	1.50	
N	60	60	60	58	60	

	DO0m(mg/L)	DO1m(mg/L)	DO2m(mg/L)	DO3m(mg/L)	DO4m(mg/L)	DO5m(mg/L)	DO6m(mg/L)
Max	9.37	9.51	9.33	9.33	6.20	2.54	
Min	3.50	1.11	0.83	2.57	0.25	0.11	
Mean	8.13	8.12	7.52	5.54	2.75	0.52	0.09
S.D.	1.09	1.50	1.59	1.86	1.48	0.68	
N	60	60	49	41	28	17	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	28.4	27.1	26.6	26.4	24.4	23.0	
Min	26.0	22.1	24.4	23.1	22.6	21.2	
Mean	26.6	26.2	25.7	24.8	23.6	21.9	21.1
S.D.	0.4	0.6	0.5	0.7	0.4	0.5	
N	60	60	49	41	28	17	2

September 28, 2012						
	SS(mg/L)	Chl-a(μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)	
Max	47.7	330.5	42.4	84	6.10	
Min	13.8	61.0	11.2	34	0.85	
Mean	23.4	144.7	19.3	60.6	3.94	
S.D.	6.4	45.1	5.7	10.9	1.50	
N	60	60	60	59	60	

	DO0m(mg/L)	DO1m(mg/L)	DO2m(mg/L)	DO3m(mg/L)	DO4m(mg/L)	DO5m(mg/L)	DO6m(mg/L)
Max	13.37	12.35	10.56	10.49	9.74	9.23	
Min	8.74	7.77	2.51	6.97	6.84	1.75	
Mean	10.58	9.92	8.57	8.47	8.21	7.52	
S.D.	1.30	0.95	1.35	0.72	0.74	1.59	
N	60	58	52	42	30	17	0

	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	24.3	21.5	20.9	20.7	20.6	20.3	
Min	20.2	19.8	19.6	17.6	18.8	18.7	
Mean	21.7	20.6	20.3	20.1	20.1	20.0	
S.D.	0.8	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	
N	60	58	52	42	30	17	0

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する。

2012年夏季も2005～2011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1時間間隔で計測した(水深1m, 3m, 5m水温)。8月7日における湖心の水温変化(図3(a))は、観測時間帯(9:04～12:04)にほぼ相当する9時から12時までに、水深1m(WT1m)において26.4 $^{\circ}$ Cから27.0 $^{\circ}$ Cに上昇しており、3時間に0.6 $^{\circ}$ C上昇した。

2012年8月7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0.662 $p=0.000$, スピアマンの順位相関係数は0.687 $p=0.000$ であり、いずれも有意水準0.001で有意な正の相関がある(SS・Chl-a・IL・DO0mが平均値 $\pm 3\sigma$ を超えるT02と, W.T.0m・DO0mが平均値 $\pm 3\sigma$ を超えるT05を除く58測点の相関係数)(表1)。

60測点のW.T.0mと観測時刻との散布図をみると(図4(a), 表7), Cコースは上昇, 下降を繰り返しながら上昇し, Kコースは11:00頃までは

ほぼ一定であり、その後上昇したが、下降した測点 (K18, K19) もみられた。T コースは他のコースよりも変動が激しく、T05 (9:47) において 28.4℃と最も高温を観測した。その後は変動しながら次第に上昇した。

すなわち、散布図からは、観測時間帯の後半は概ね上昇傾向にあるが、前半は明瞭な上昇傾向があるとは言い難い。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ため、8月7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28日における湖心の水温 (図3(b)) は、9時と12時の水深1m水溫 (WT1m) が、20.4℃と22.2℃であり、矢印で示した観測船による観測時間帯 (8:45~11:52) では、9時から11時に0.4℃、11時から12時に1.4℃の水溫上昇である。

9月28日の W.T.0m と観測時刻との相関係数は 0.649 $p=0.000$ 、スピアマンの順位相関係数は 0.663 $p=0.000$ であり (SS・Chl-*a*・IL が平均値 $\pm 3\sigma$ を超える T02, T05 を除く 58 測点の相関係数)、いずれも有意水準 0.001 で有意な正相関となる (表1)。

W.T.0m と観測時刻との散布図では、各コースとも8月7日に比べると変動が大きく、特に K コースは K08 (10:03) で全測点の最低水溫を観測し、その後、上昇傾向となるが、上昇、下降を繰り返す。(図4(b))。観測時間帯で W.T.0m は全体として上昇傾向にあるものの、測点毎の差が大きく、時間経過による補正を行うと測点の特徴を損なう恐れがある。観測時間内の湖心における表層水溫の変化も11時までは微少である (図3(b))。9月28日の W.T.0m も、時間経過による補正は実施しない。

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5、図6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

8月7日における SS, Chl-*a*, Trans. の全測点平均値は、6.6mg/L, 24.2 μ g/L, 148.5cm, 9月28日における SS, Chl-*a*, Trans. の全測点平均値は、23.4mg/L, 144.7 μ g/L, 60.6cm であり (表2)、

SS, Chl-*a* の平均値は8月7日の方が9月28日よりも低く、Trans. の平均値は逆に8月7日の方が9月28日よりも高い。これは、2003年~2011年と類似した傾向である。すなわち、2003年~2012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月の観測日よりも低く、Trans. の平均値は逆に8月の方が、9月あるいは10月よりも高い。

9月28日は、2011年までと同様に、水溫成層が解消された後、湖水が鉛直混合し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ため、8月7日よりも SS, Chl-*a* が高く、Trans. が低くなったと考えられる。

8月7日、9月28日の平均値を、2002~2012年までの24観測日の平均値 (SS 13.1mg/L, Chl-*a* 59.1 μ g/L, Trans 107.5cm) と比較すると、8月7日は SS, Chl-*a* は24観測日平均以下、Trans. は24観測日平均以上であり、9月28日は、逆に、SS, Chl-*a* は24観測日平均以上、Trans. は24観測日平均以下であった。

2012年8月7日の SS, Chl-*a*, Trans. は、7月・8月の13観測日の平均値よりも、SS, Chl-*a* は低く、Trans. は高い値であり、2011年8月4日と同様の傾向を示した。

水溫成層解消後の9月・10月には、8月よりも SS, Chl-*a* が高く、Trans. は低い傾向があるが、2012年9月28日は、SS, Chl-*a* とも、24観測日中2004年10月1日に次いで高く、Trans. は24観測日中2004年10月1日に次いで低い値であった。例年よりもアオコの発生が多かったことを反映したものと考えられる。

8月7日の分布図 (図5(a), (b), (c)) では、諏訪湖東端部 (T02, T03, T04) で SS, Chl-*a* が高く、Trans. が低い傾向が顕著である。2011年8月4日の諏訪湖東部で同様の分布がみられ、夏季にこの付近で水草 (ヒシ) が繁茂しているためと考えられる。SS は中部~北部、Chl-*a* は、東部中央~南東部と南西端に低い領域が分布する。Trans. は湖の中央部から北部で高く、北岸の砥川河口東方に最も高い領域が分布する。W.T.0m は、北東部湖岸付近と南東部湖岸に相対的な高温域が出現し、湖の西半分が低温域となっている (図5(d))。湖の北東端 (T05) で顕著な高温が観測された。

9月28日の分布図 (図6(a), (b), (c)) は、8月7日 (図5) と類似した傾向があり、SS, Chl-*a*

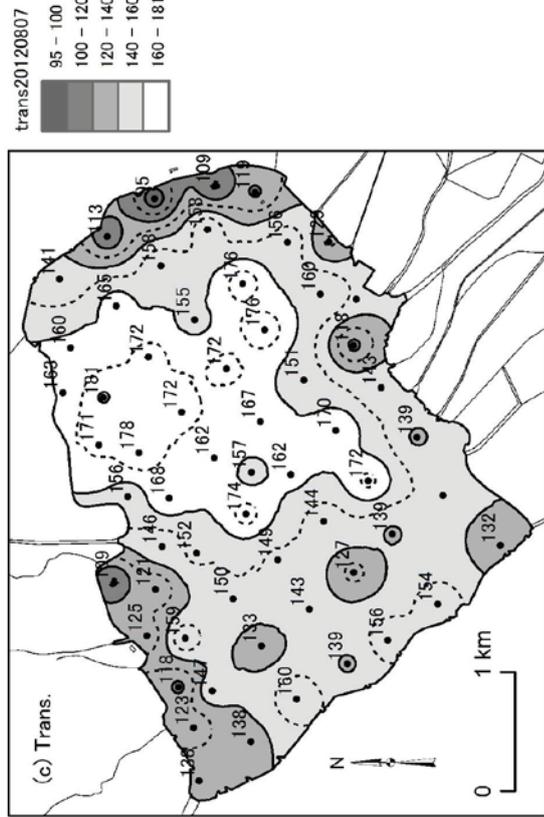
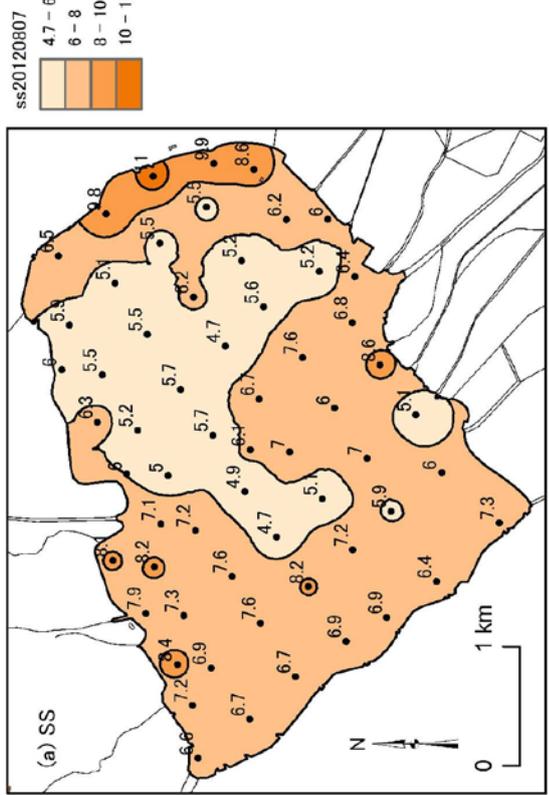
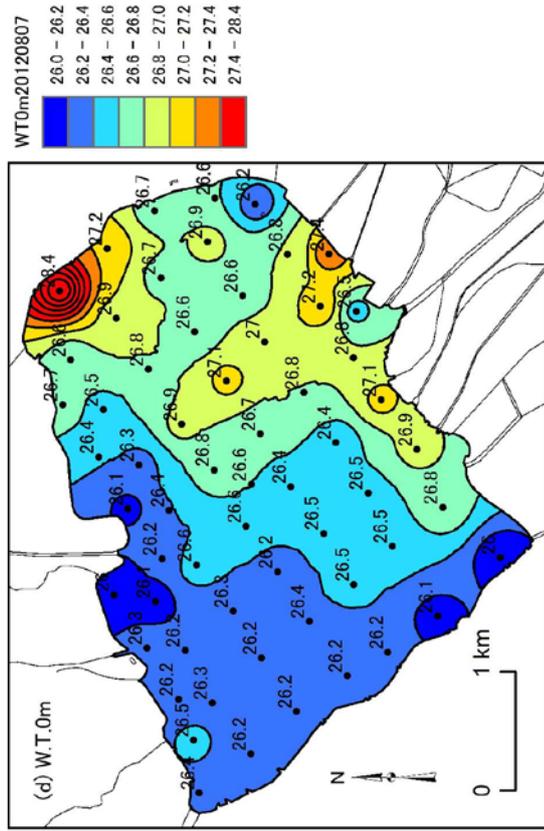
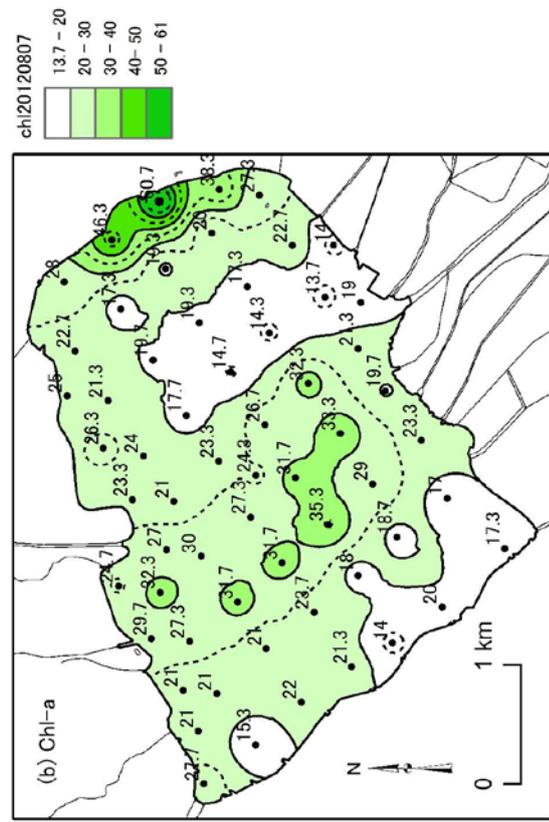


図5 水質分布図 (2012年8月7日) (a)懸濁物質質量, (b)クロロフィル *a*濃度, (c)透明度, (d)表層水温

Fig. 5. Water quality maps of Lake Suwa on August 7, 2012. (a)SS, (b) Chl-*a*, (c)Trans., (d)W.T.0m

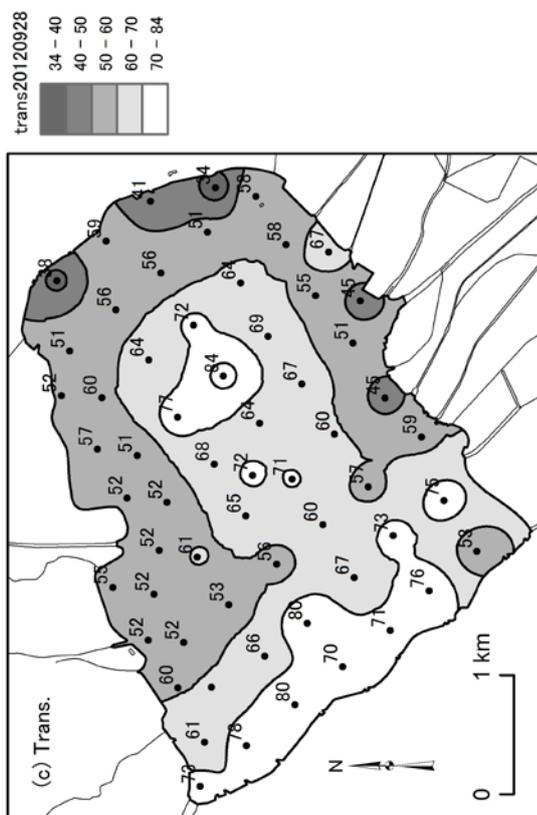
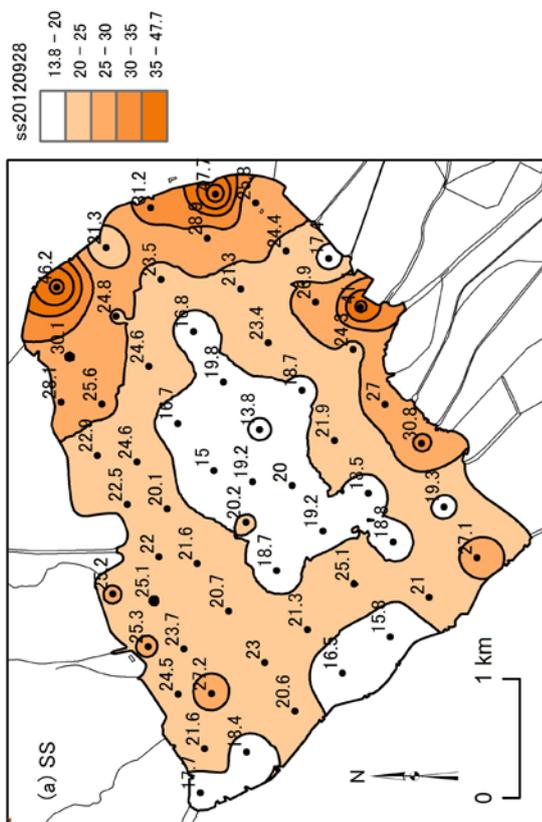
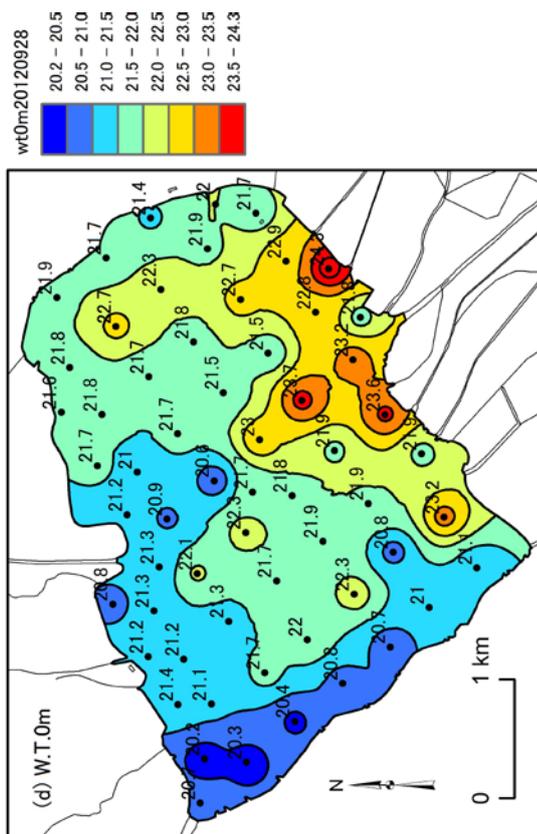
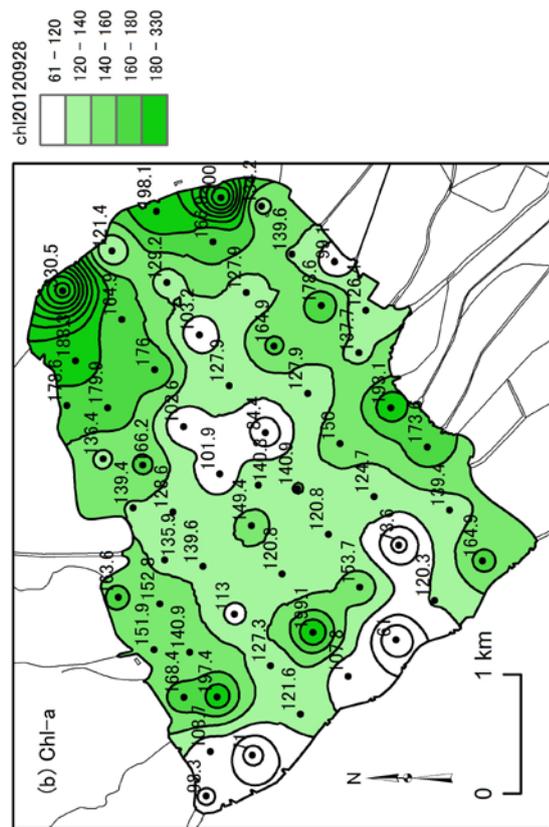


図 6 水質分布図 (2012 年 9 月 28 日) (a) 懸濁物質濃度, (b) クロロフィル *a* 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温
 Fig. 6. Water quality maps of Lake Suwa on September 28, 2012. (a)SS, (b) Chl-*a*, (c)Trans., (d)W.T.0m

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 7, 2012

	SS	ρ	Chl- <i>a</i>	ρ	IL	ρ	Trans	ρ	DO 0m	ρ
SS	1.000									
Chl- <i>a</i>	0.459	0.000 **	1.000							
IL	0.842	0.000 **	0.488	0.000 **	1.000					
Trans	-0.717	0.000 **	-0.264	0.049 *	-0.616	0.000 **	1.000			
DO 0m	-0.312	0.017 *	-0.384	0.003 **	-0.511	0.000 **	0.151	0.268	1.000	
W.T.0m	-0.252	0.056	-0.163	0.221	-0.188	0.157	0.193	0.155	-0.067	0.616

September 28, 2012

	SS	ρ	Chl- <i>a</i>	ρ	IL	ρ	Trans	ρ	DO 0m	ρ
SS	1.000									
Chl- <i>a</i>	0.675	0.000 **	1.000							
IL	0.865	0.000 **	0.882	0.000 **	1.000					
Trans	-0.651	0.000 **	-0.469	0.000 **	-0.617	0.000 **	1.000			
DO 0m	0.548	0.000 **	0.330	0.011 *	0.551	0.000 **	-0.272	0.040 *	1.000	
W.T.0m	0.051	0.701	0.195	0.143	0.136	0.307	-0.128	0.341	0.342	0.009 **

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

T03 and T05 on Aug.7, 2012 are excluded from the calculations.

T02 and T05 on Sep.28, 2012 are excluded from the calculations.

は、諏訪湖東端～北東端で高く、湖中央部と西岸付近で低い。Trans. は逆に、諏訪湖東端～北東端で低く、湖中央部と西岸付近で高い。W.T.0m は、南東部湖岸付近で高く、西部湖岸～北西部湖岸付近で低い傾向がある (図 6 (d))。

(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。8 月 7 日の T02 の SS, Chl-*a*, IL, DO0m, T05 の W.T.0m, DO0m, 9 月 28 日の T02, T05 の SS, Chl-*a*, IL は、平均値+3 σ を超える異常値であるため、相関係数の計算では除外した。

8 月 7 日, 9 月 28 日の両日とも, 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 2011 年までの多くの観測日で確認された傾向である。

8 月 7 日の W.T.0m は、SS, Chl-*a*, IL, Trans., DO0m のいずれの要素とも有意な相関が見られない。

9 月 28 日の W.T.0m は、DO0m と有意な正相関である。他の要素とは有意な相関関係が見られない。

(3) 各観測日の主成分分析

8 月 7 日と 9 月 28 日における、4 種類の表層水質要素の分布 (図 5～図 6) を、主成分分析により解析した。柳町ほか (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012) 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。

8 月 7 日の K15 と K19 (いずれも Trans.が全透), T03 (SS, Chl-*a* が異常値), T05 (W.T.0m が異常値) と、9 月 28 日の K10 (Trans.が no data), T02 と T05 (いずれも SS, Chl-*a* が異常値) を除外したため、8 月 7 日は 56 測点, 9 月 28 日は 57 測点のデータの分析である。

第 1 成分の固有値は、8 月 7 日 2.093, 9 月 28 日 2.243 であり、寄与率はそれぞれ 52.3%, 56.1% である。第 2 成分の固有値は、8 月 7 日 0.891, 9 月 28 日 0.978, 寄与率はそれぞれ 22.3%, 24.5% である。以下では寄与率が最も高い第 1 成分を中心に考察する。

8 月 7 日と 9 月 28 日の第 1 成分負荷量のうち、SS, Chl-*a*, Trans.は同様の特徴を示す。両日とも、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 の第 1 成分負荷量の符号は、8 月 7 日マイナス, 9 月 28 日プラスであ

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 7, 2012 N=56			
	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.093	52.3%	52.3%
Component 2	0.891	22.3%	74.6%
Component 3	0.766	19.2%	93.8%

K15, K19, T03 and T05 are excluded from the calculations.

September 28, 2012 N=57

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.243	56.1%	56.1%
Component 2	0.978	24.5%	80.5%
Component 3	0.522	13.1%	93.6%

K10, T02 and T05 are 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 7, 2012 N=56			
	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.904 **	0.156	-0.137
Chl- <i>a</i>	0.637 **	0.155	0.747 **
Trans	-0.824 **	-0.188	0.435 **
W.T.0m	-0.438 **	0.898 **	-0.014

September 28, 2012 N=57

	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.892 **	-0.222	0.059
Chl- <i>a</i>	0.839 **	0.055	0.481 **
Trans	-0.814 **	0.144	0.528 **
W.T.0m	0.284 *	0.951 **	-0.094

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

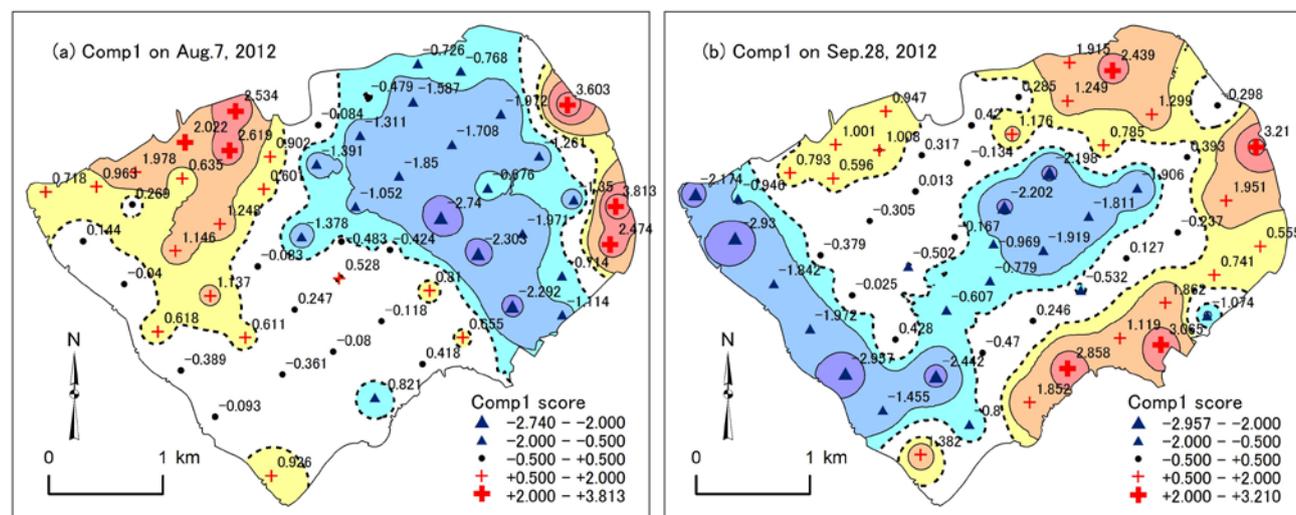


図7 第1主成分の主成分得点に基づく地域区分

Fig. 7. Regional divisions based on the component scores of Component 1.

(a) August 7, 2012, (b) September 28, 2012

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- <i>a</i>	Trans	W.T.0m	SS	Chl- <i>a</i>	Trans	W.T.0m	SS	Chl- <i>a</i>	Trans	W.T.0m
Aug. 7, 2012	+	+	-	-	-	-	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-
Sep. 28, 2012	+	+	-	(+)	-	-	+	(-)	+/-	+/-	+/-	+/-

Plus(+) and minus(-) indicate bigger value and smaller value respectively.

り、逆の傾向を示す。

すなわち、8月7日の第1成分は、「SS, Chl-*a*が高い所では, Trans., W.T.0mが低い」, 「SS, Chl-*a*が低い所では, Trans., W.T.0mが高い」というパターンであり、9月28日の第1成分は、「SS, Chl-*a*が高い所では, Trans.が低く, W.T.0mがやや高い」, 「SS, Chl-*a*が低い所では, Trans.が高く, W.T.0mがやや低い」というパターンである。

SS, Chl-*a*, Trans.の3要素に限定すると、8月7日と9月28日の第1成分で抽出された「SS, Chl-*a*が高い所では, Trans.が低い」, 「SS, Chl-*a*が低い所では, Trans.が高い」というパターンは、これまでの観測日の多くで抽出されたパターンである。

8月7日のChl-*a*とW.T.0mの第1成分主成分負荷量の絶対値(0.637, 0.436)は、それぞれ第3成分主成分負荷量(0.747)、第2成分主成分負荷量の絶対値(0.898)より小さいため、8月7日のChl-*a*の変動は、第1成分よりも第3成分により説明される比率の方がやや大きく、W.T.0mの変動は、第1成分よりも第2成分により説明される比率の方が大きい。

同様に、9月28日のW.T.0mの第1成分主成分負荷量の絶対値(0.284)は、第2成分主成分負荷量の絶対値(0.951)より小さく、9月28日のW.T.0mの変動は、第1成分よりも第2成分により説明される比率の方が大きい。

(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。主成分得点の符号を考慮した測点のグループ分けは、2008~2011年と同様の方法で行った(柳町ほか, 2009, 2010, 2011, 2012)。すなわち、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(第1成分の特徴をあまり反映しない)を区別した。さらに、第1成分の特徴を反映する地域は、第1成分の主成分得点が正(十, 0.5~)と、負(▲, ~-0.5)に分けた。漸移帯は、第1成分の主成分得点がゼロ付近(●, -0.5~0.5)である。

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7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7日(図7(a))の場合、十の地域「SS, Chl-*a*が高く, Trans., W.T.0mが低い」は、諏訪湖東端部と砥川河口の西側に分布する。▲の地域「SS, Chl-*a*が低く, Trans., W.T.0mが高い」は、湖の東部に分布する。

9月28日(図7(b))の場合、十の地域「SS, Chl-*a*が高く, Trans.が低く, W.T.0mがやや高い」は、湖の北東部~東部~南東部の湖岸に沿って分布する。▲の地域「SS, Chl-*a*が低く, Trans.が高く, W.T.0mがやや低い」は、湖の中央部と、西岸に沿って分布する。

(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約10cm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8に示す。

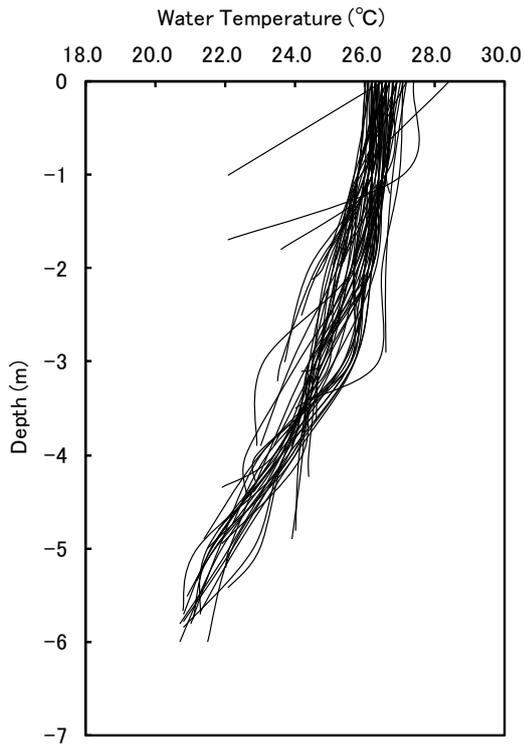
これまでの諏訪湖の8月の水温観測では、夏季の水温躍層が観測された年が多かった。2012年8月7日の水温の垂直分布には、明瞭な水温躍層が出現しない測点が多い(図8(a))。多くの測点の水温は、表層から水深3~4m付近までわずかに低下しながら変化し、それ以深でさらに低下率が大きくなる傾向を示す。

湖心の水温の変化傾向(図9)からも、8月7日頃、水深1m水温(WT1m)と水深3m水温(WT3m)は近接している。8月5日の降水(37mm)、8月6日の降水(11mm)により、湖水が攪拌され、表層近くの水温が低下し、湖底近くの水温が上昇したと推測される。

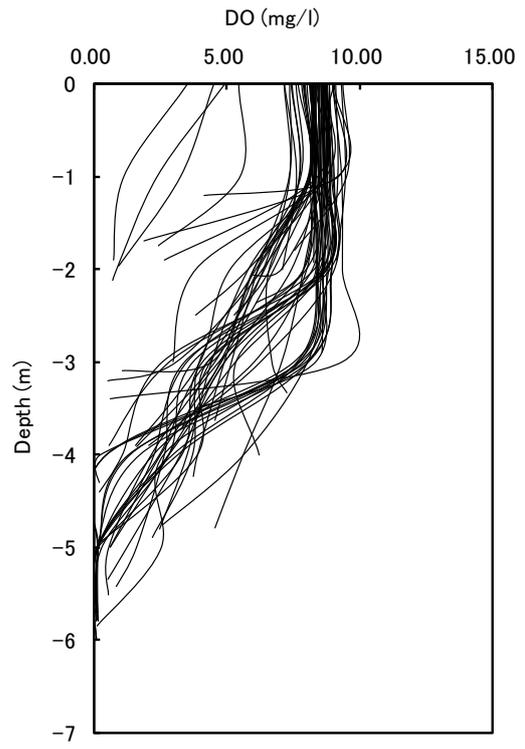
8月7日のDOの垂直分布(図8(b))は、水深1~3m付近で急激にDO値が低下する測点が多い。湖底直上でのDO値は、1以下の測点が多い。

9月28日の水温の垂直分布は、多くの測点において、湖底までほとんど変化せずに推移しており、夏季の温度成層が解消された特徴を示す(図8(c))。

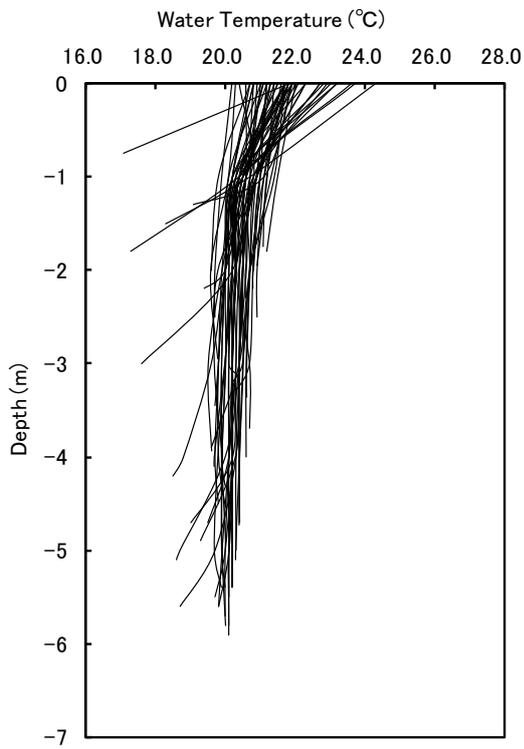
9月28日のDOの垂直分布は、表層から湖底直上までほとんど変化しない測点と、湖底直上で急激に3mg/L程度まで急激に低下する測点がある。



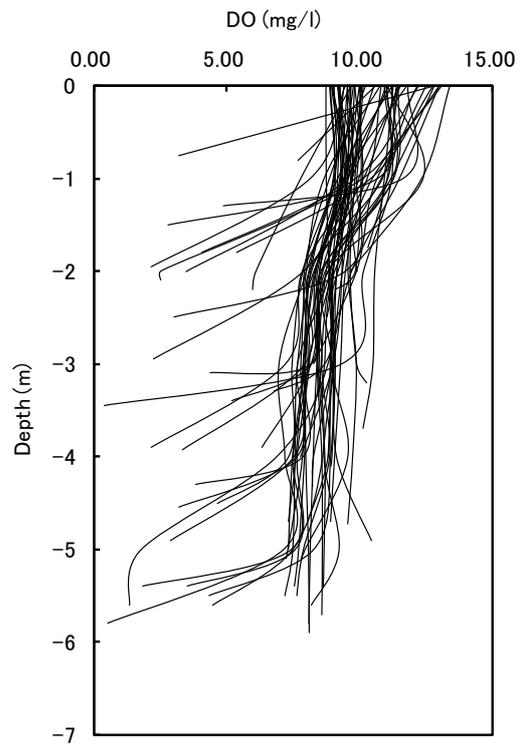
(a) W. T. on August 7, 2012



(b) DO on August 7, 2012



(c) W. T. on September 28, 2012



(d) DO on September 28, 2012

図8 測地点毎の水温とDOの垂直分布

Fig.8. Vertical distributions of water temperature and DO at 60 observation points in Lake Suwa

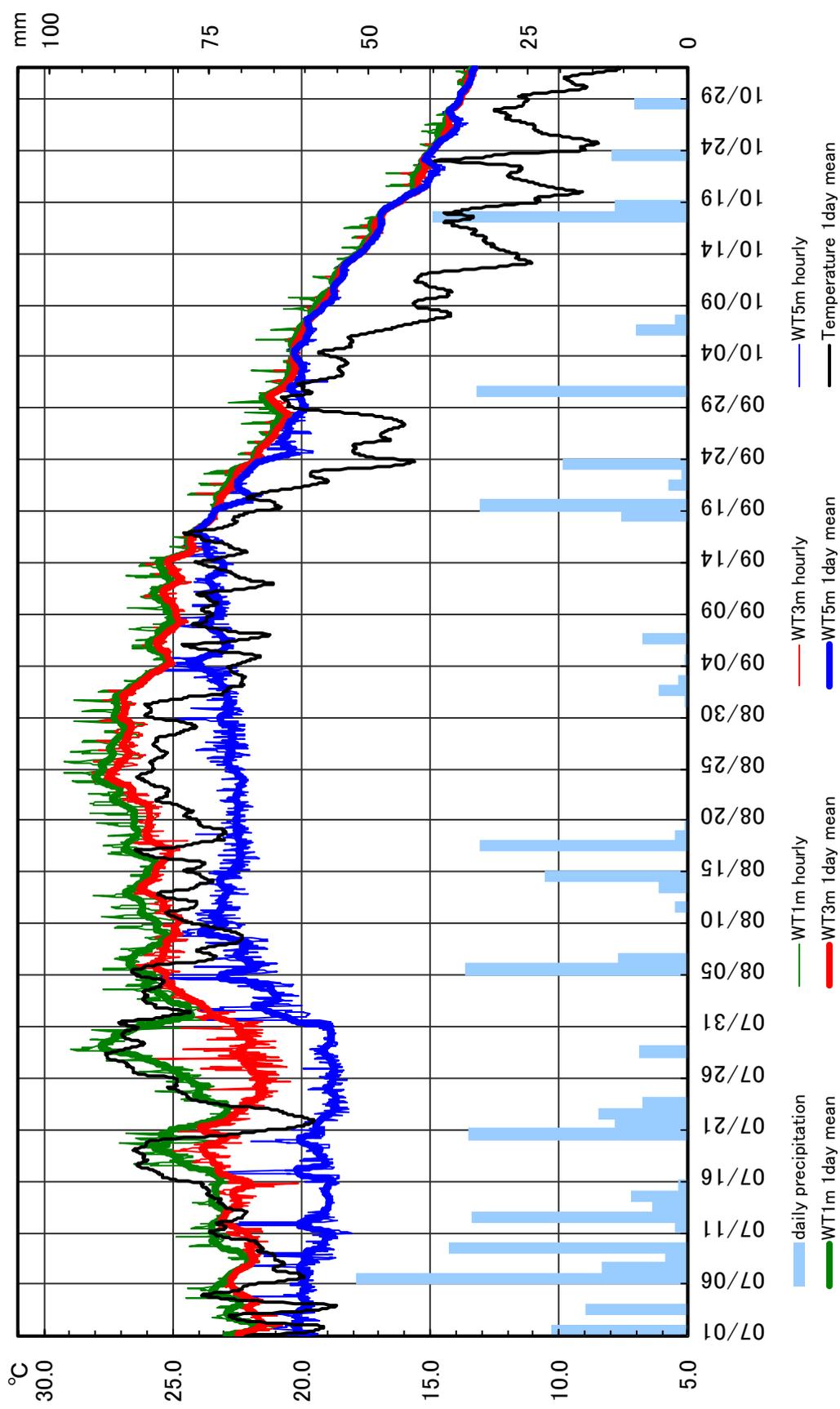


図9 2012年夏季の湖心(C15)における水深1m, 水深3m, 水深5mの水温変化と諏訪における日降水量, 日平均気温の変化
 Fig.9 Variations in water temperatures at depths of 1m, 3m and 5m at the center of Lake Suwa (C15) and variations in daily precipitation and daily mean temperature at Suwa observation station in the summer of 2012

急激な低下を示す測点は K コースで多く見られる(図 8 (d), 表 8)。DO 値を計測した湖底直上の水深(湖底からの距離)がコースによりやや異なっていたことを反映した可能性がある。

(6) 2012 年夏季の水温変化

2012 年夏季の諏訪湖湖心(C15)における水深 1m, 3m, 5m の水温変化(1 時間間隔, 太線は 24 時間移動平均), 諏訪における日平均気温(毎時気温の 24 時間移動平均)と日降水量を図 9 に示す。

2012 年の 24 時間移動平均(図 9, 1day mean)からみた水深 1m の水温ピークは, 8 月 24 日(28.0°C), 水深 3m のピークは 8 月 24 日(27.5°C), 水深 5m のピークは 9 月 4 日(24.4°C)に出現した。

2012 年夏季の諏訪湖の水深 1m と水深 3m の水温が 5°C 以上の差がみられた時期は, 7 月 28~30 日に限定され, それ以外は近接した値で推移した(図 9)。水深 5m 水温は, 9 月 14 日頃まで水深 3m 水温と 1°C 以上の差があったが, これ以後は, 水深 1m, 水深 3m, 水深 5m 水温がほぼ同じ状況となり, 夏季の水温成層が湖底まで解消されたと推測される。

水深 3m と水深 5m 水温は, 特に 8 月下旬に差がもっとも大きく, 4~5°C の差が観測された。

7 月下旬を除き, 2012 年夏季は, 表層から水深 3m 程度まで湖水の水温差が小さいため, 水深 3m 以浅では湖水が攪拌された状態が定常的であったと考えられる。3m 以深の湖水は成層していた。

諏訪(特別地域気象観測所)における 2012 年夏季の月平均気温は, 7 月 23.5°C(平年比+0.8°C), 8 月 24.8°C(平年比+1.0°C), 9 月 21.3°C(平年比+1.8°C)であり, 7 月~9 月は平年より高温, 特に 9 月は高温であった。

月降水量は, 7 月に 270.5mm(平年比 141.3%)と多かったが, 8 月 110.5mm(平年比 85.5%), 9 月 113.0mm(平年比 58.8%)と少なめであった。

月平均風速は, 7 月 2.7m/s(平年と同じ), 8 月 2.6m/s(平年比-0.2m/s), 9 月 2.9m/s(平年比-0.1m/s)であり, 平年と同じかやや弱かった。

これらの気象条件は, 湖水を攪拌し, 表層~水深 3m の水温成層の形成を阻害する要件とはなりにくいと考えられる。2011 年夏季も, 水深 1m と水深 3m の水温が近接した時期が継続したことが

観測されている。2011 年, 2012 年夏季のように, 表層~水深 3m までの湖水が攪拌されやすい状況が起こりやすくなっているのか, またその原因について, データを蓄積して検証する必要がある。

4. まとめ

2012 年 8 月 7 日, 9 月 28 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。

2012 年夏季も, 2003~2011 年までと同様に, SS, Chl-*a* の平均値は, 8 月の観測日の方が 10 月の観測日よりも低く, Trans. の平均値は, 逆に, 8 月の観測日の方が, 10 月の観測日よりも高い。8 月の水質は 10 月よりも改善された状態にあった。

2012 年 8 月 7 日の SS, Chl-*a*, Trans. は, 7 月・8 月の 13 観測日の平均値よりも, SS, Chl-*a* は低く, Trans. は高い値であった。

2012 年 9 月 28 日は, SS, Chl-*a* とも, 24 観測日中 2004 年 10 月 1 日に次いで高く, Trans. は 24 観測日中 2004 年 10 月 1 日に次いで低い値であった。

2012 年 8 月 7 日, 9 月 28 日の諏訪湖における表層 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 7 日, 9 月 28 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 7 日の第 1 成分は, 「SS, Chl-*a* が高い所では, Trans., W.T.0m が低い」, 「SS, Chl-*a* が低い所では, Trans., W.T.0m が高い」というパターンである。

9 月 28 日の第 1 成分は, 「SS, Chl-*a* が高い所では, Trans. が低く, W.T.0m がやや高い」, 「SS, Chl-*a* が低い所では, Trans. が高く, W.T.0m がやや低い」というパターンである。

8 月 7 日の多くの測点の水温は, 表層から水深 3~4m 付近までわずかに低下しながら変化し, それ以深でされに低下率が大きくなる傾向を示す。

2012 年夏季の諏訪湖の 7 月下旬を除き, 2012 年夏季は, 表層から水深 3m 程度まで湖水は攪拌された状態が定常的であり, 3m 以深の湖水は成層していた。

9 月 14 日頃以後, 水深 1m, 水深 3m, 水深 5m 水温がほぼ同じ状況となり, 夏季の水温成層が湖底まで解消された。

2012 年夏季の気象条件は, 諏訪湖の湖水を攪拌し, 表層~水深 3m の水温成層の形成を阻害す

る要件とはなりにくいと考えられるため、湖水が攪拌されやすい状況が起こりやすくなっているのか、またその原因について、さらに検証する必要がある。

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.
- 柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道（2010）：2009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，32，17-35.
- 柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道（2011）：2010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，33，46-63.
- 柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道（2012）：2012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，34，25-43.

（原稿受付 2013. 3. 22）

表7 諏訪湖の水質データ (2012年8月7日)
 Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa
 on August 7, 2012

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	9:06	138	05	07.2	E	36	03	29.7	N	4.90	5.2	24.0	178	3.7
C02	9:14	138	04	52.4	E	36	03	32.3	N	3.80	6.0	23.3	156	3.6
C03	9:20	138	04	52.3	E	36	03	21.1	N	4.99	5.0	21.0	168	3.5
C04	9:28	138	04	35.9	E	36	03	22.7	N	3.43	7.1	27.0	146	4.3
C05	9:36	138	04	21.6	E	36	03	24.1	N	4.45	8.2	32.3	121	4.9
C06	9:48	138	04	23.3	E	36	03	35.4	N	2.47	8.1	24.7	109	4.4
C07	10:01	138	04	05.9	E	36	03	26.0	N	2.03	7.9	29.7	125	4.6
C08	10:06	138	04	05.4	E	36	03	15.7	N	4.50	7.3	27.3	159	4.7
C09	10:15	138	04	19.1	E	36	03	03.0	N	5.52	7.6	31.7	150	4.9
C10	10:30	138	04	32.7	E	36	02	51.3	N	5.94	4.7	31.7	149	3.1
C11	10:39	138	04	46.1	E	36	02	39.2	N	6.10	5.1	35.3	144	3.3
C12	10:46	138	05	00.1	E	36	02	27.5	N	5.85	7.0	29.0	172	4.6
C13	10:55	138	05	16.7	E	36	02	36.6	N	5.77	6.0	33.3	170	3.8
C14	11:03	138	05	01.4	E	36	02	48.4	N	6.18	7.0	31.7	162	4.1
C15	11:12	138	05	01.8	E	36	02	59.1	N	5.90	6.1	24.3	157	3.7
C16	11:20	138	04	47.7	E	36	03	00.2	N	5.88	4.9	27.3	174	3.2
C17	11:28	138	04	34.1	E	36	03	13.3	N	5.05	7.2	30.0	152	4.1
C18	11:36	138	05	06.3	E	36	03	09.3	N	5.76	5.7	23.3	162	3.8
C19	11:44	138	05	18.9	E	36	02	57.1	N	5.80	6.7	26.7	167	3.9
C20	11:53	138	05	33.2	E	36	02	45.7	N	4.85	7.6	32.3	151	4.9
K01	9:14	138	04	39.7	E	36	01	51.2	N	1.97	7.3	17.3	132	4.8
K02	9:29	138	04	19.4	E	36	02	07.7	N	3.60	6.4	20.0	154	4.6
K03	9:40	138	04	06.9	E	36	02	20.8	N	4.40	6.9	14.0	156	4.8
K04	9:50	138	03	58.5	E	36	02	31.6	N	4.50	6.9	21.3	139	4.8
K05	10:00	138	03	46.1	E	36	02	45.0	N	4.00	6.7	22.0	160	4.9
K06	10:09	138	03	31.3	E	36	02	57.0	N	3.07	6.7	15.3	138	4.5
K07	10:18	138	03	17.7	E	36	03	10.7	N	2.17	6.6	27.7	138	4.5
K08	10:25	138	03	35.4	E	36	03	12.6	N	2.50	7.2	21.0	123	5.1
K09	10:33	138	03	48.9	E	36	03	17.1	N	3.30	8.4	21.0	118	5.0
K10	10:40	138	03	48.1	E	36	03	07.9	N	3.90	6.9	21.0	147	4.7
K11	10:55	138	04	03.7	E	36	02	54.9	N	5.20	7.6	21.0	133	4.8
K12	11:05	138	04	16.4	E	36	02	42.3	N	5.80	8.2	23.7	143	5.0
K13	11:12	138	04	29.2	E	36	02	30.6	N	5.00	7.2	18.0	127	4.6
K14	11:20	138	04	42.5	E	36	02	20.5	N	5.77	5.9	18.7	139	3.7
K15	11:27	138	04	56.0	E	36	02	07.2	N	1.30	6.0	17.0	bottom(*)	4.0
K16	11:40	138	05	15.2	E	36	02	14.6	N	1.90	5.1	23.3	139	4.3
K17	11:45	138	05	31.5	E	36	02	24.7	N	3.40	8.6	19.7	143	3.9
K18	11:50	138	05	45.4	E	36	02	32.5	N	1.90	6.8	21.3	118	4.5
K19	11:55	138	06	00.9	E	36	02	32.2	N	1.04	6.4	19.0	bottom(*)	4.3
K20	12:04	138	06	19.9	E	36	02	40.0	N	1.80	6.0	14.0	129	3.7
T01	9:04	138	06	35.9	E	36	03	00.4	N	2.11	8.6	27.3	119	5.3
T02	9:13	138	06	37.5	E	36	03	11.3	N	1.85	9.9	38.3	109	7.3
T03	9:23	138	06	32.7	E	36	03	27.6	N	2.00	11.0	60.7	95	9.1
T04	9:36	138	06	19.5	E	36	03	40.0	N	2.22	9.8	46.3	113	7.5
T05	9:47	138	06	04.9	E	36	03	52.5	N	2.07	6.5	28.0	141	5.0
T06	9:56	138	05	41.8	E	36	03	49.0	N	3.39	5.9	22.7	160	4.3
T07	10:07	138	05	26.7	E	36	03	50.8	N	2.70	6.0	25.0	163	4.7
T08	10:15	138	05	09.5	E	36	03	40.6	N	3.73	6.3	26.3	171	4.9
T09	10:23	138	05	25.4	E	36	03	39.8	N	4.33	5.5	21.3	181	3.9
T10	10:31	138	05	56.3	E	36	03	37.0	N	4.11	5.1	17.3	165	3.2
T11	10:38	138	06	10.2	E	36	03	25.3	N	3.20	5.5	19.3	158	3.6
T12	10:45	138	06	22.8	E	36	03	13.0	N	2.03	5.5	20.0	158	3.9
T13	10:55	138	06	19.4	E	36	02	51.2	N	2.42	6.2	22.7	156	3.7
T14	11:02	138	06	05.1	E	36	03	03.0	N	4.00	5.2	17.3	176	3.6
T15	11:11	138	05	52.5	E	36	03	15.7	N	5.10	6.2	19.3	155	4.2
T16	11:18	138	05	39.5	E	36	03	27.9	N	5.12	5.5	19.7	172	3.6
T17	11:26	138	05	21.3	E	36	03	18.4	N	5.61	5.7	17.7	172	3.8
T18	11:33	138	05	36.3	E	36	03	06.7	N	5.44	4.7	14.7	172	3.1
T19	11:44	138	05	49.8	E	36	02	56.7	N	4.89	5.6	14.3	176	3.8
T20	11:51	138	06	02.3	E	36	02	41.9	N	3.00	5.2	13.7	160	3.5

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

(*) The bottom of the lake could be observed.

表7 諏訪湖の水質データ（2012年8月7日）続き
 Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa on August 7, 2012
 (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	26.3	26.0	24.9	24.5	24.1	<i>24.0</i>			8.04	8.10	5.81	4.42	3.50	<i>2.46</i>		
C02	26.1	25.8	25.1	24.5	<i>24.3</i>				7.42	7.74	6.41	4.35	<i>3.32</i>			
C03	26.4	25.8	25.0	24.4	24.2	<i>23.9</i>			7.90	8.13	6.11	3.98	3.73	<i>2.22</i>		
C04	26.2	26.1	25.2	25.0	<i>24.4</i>				8.25	8.30	6.58	6.69	<i>7.25</i>			
C05	26.1	26.1	25.6	24.8	23.4	<i>21.9</i>			8.34	8.37	8.48	5.32	6.20	<i>5.76</i>		
C06	26.0	25.8	25.3	<i>25.1</i>					8.15	8.27	7.89	<i>6.10</i>				
C07	26.3	26.0	<i>24.8</i>						8.38	8.31	<i>8.26</i>					
C08	26.2	26.2	25.9	24.6	23.5	<i>22.8</i>			8.47	8.49	7.99	3.50	2.27	<i>1.62</i>		
C09	26.3	26.2	26.1	24.9	23.7	23.0	<i>22.1</i>		8.65	8.66	8.74	3.39	2.64	1.59	<i>0.83</i>	
C10	26.2	26.2	26.0	25.6	23.7	22.8	<i>20.8</i>		8.32	8.31	8.40	7.63	2.62	2.54	<i>0.13</i>	
C11	26.5	26.4	26.2	25.7	23.9	22.2	<i>21.5</i>		8.53	8.55	8.43	7.70	2.95	0.14	<i>0.09</i>	
C12	26.5	26.5	26.0	25.6	23.6	21.6	<i>21.1</i>		8.74	8.78	8.58	7.50	0.44	0.13	<i>0.10</i>	
C13	26.4	26.4	26.0	25.7	24.0	22.3	<i>21.3</i>		8.88	8.87	8.97	8.08	1.74	0.12	<i>0.09</i>	
C14	26.4	26.4	26.2	25.7	23.8	21.9	<i>20.7</i>		8.62	8.67	8.76	8.04	3.13	0.11	<i>0.08</i>	
C15	26.6	26.5	26.2	24.8	23.6	22.1	<i>20.7</i>		8.62	8.64	8.76	4.28	2.48	0.12	<i>0.10</i>	
C16	26.6	26.4	26.2	24.6	23.7	22.2	<i>20.8</i>		8.67	8.77	8.69	3.70	2.80	0.27	<i>0.10</i>	
C17	26.6	26.3	26.1	24.4	24.2	<i>21.9</i>			8.85	8.99	8.88	4.26	3.89	<i>0.23</i>		
C18	26.8	26.5	26.0	24.7	23.9	21.2	<i>20.8</i>		8.76	8.90	8.63	5.32	2.82	0.13	<i>0.10</i>	
C19	26.7	26.5	26.3	25.1	23.4	21.6	<i>20.8</i>		8.79	8.95	9.05	6.25	2.22	0.15	<i>0.10</i>	
C20	26.8	26.6	26.1	25.4	23.2	<i>22.2</i>			9.12	9.20	8.86	8.05	5.64	<i>2.60</i>		
K01	26.0	25.8	<i>25.4</i>						8.33	8.41	<i>2.67</i>					
K02	26.1	26.0	25.7	25.6	<i>24.0</i>				8.44	8.46	8.57	8.32	<i>3.82</i>			
K03	26.2	26.2	25.7	25.6	22.9	<i>22.9</i>			8.54	8.64	8.65	7.74	0.25	<i>0.20</i>		
K04	26.2	26.2	25.7	24.1	22.6	<i>22.6</i>			8.64	8.70	8.64	2.57	1.08	<i>0.22</i>		
K05	26.2	26.1	25.7	23.1	<i>22.9</i>				8.73	8.74	8.29	2.82	<i>0.55</i>			
K06	26.2	26.2	24.4	<i>23.7</i>					8.71	8.74	3.84	<i>2.98</i>				
K07	26.4	26.1	25.7	<i>25.7</i>					8.69	8.71	7.07	<i>6.02</i>				
K08	26.5	26.2	24.7	<i>24.2</i>					8.55	8.68	5.81	<i>3.82</i>				
K09	26.2	26.2	24.6	23.6	<i>23.5</i>				8.15	8.13	6.32	3.07	<i>0.51</i>			
K10	26.3	26.3	25.2	23.9	<i>23.0</i>				8.60	8.65	5.12	3.98	<i>1.55</i>			
K11	26.2	26.2	26.2	24.4	23.2	<i>22.1</i>	<i>22.0</i>		8.48	8.52	8.56	4.08	3.31	<i>0.16</i>	<i>0.14</i>	
K12	26.4	26.2	26.1	25.4	23.0	21.8	<i>21.0</i>		8.24	8.21	8.39	7.68	1.35	0.16	<i>0.14</i>	
K13	26.5	26.4	25.7	25.5	23.0	<i>21.4</i>			8.56	8.65	8.43	7.83	1.26	<i>0.19</i>		
K14	26.5	26.5	26.0	25.4	23.5	21.5	<i>21.3</i>		8.73	9.04	8.93	7.95	0.47	0.17	<i>0.15</i>	
K15	26.8	26.6	<i>26.7</i>						8.99	9.19	<i>4.16</i>					
K16	26.9	26.6	<i>26.3</i>						9.33	9.48	<i>9.15</i>					
K17	27.1	27.0	26.5	26.4	<i>24.5</i>				8.96	9.30	9.33	9.33	<i>0.59</i>			
K18	26.8	26.6	<i>23.6</i>						9.37	9.51	<i>7.53</i>					
K19	26.5	<i>22.1</i>							9.04	<i>8.11</i>						
K20	27.4	27.1	<i>22.1</i>						9.05	9.17	<i>1.90</i>					
T01	26.2	25.7	<i>25.3</i>						7.15	7.63	<i>7.07</i>					
T02	26.6	25.8	<i>25.6</i>						5.45	5.50	<i>2.44</i>					
T03	26.7	25.7	<i>25.2</i>						3.50	1.11	<i>0.73</i>					
T04	27.2	25.8	24.8	<i>24.5</i>					4.92	2.36	0.83	<i>0.68</i>				
T05	28.4	25.9	<i>25.1</i>						4.49	3.24	<i>0.91</i>					
T06	26.6	25.8	25.6	24.5	<i>24.5</i>				7.15	7.36	6.37	4.76	<i>4.21</i>			
T07	26.7	26.0	25.5	<i>25.0</i>					7.44	7.71	6.62	<i>5.28</i>				
T08	26.4	25.8	25.2	24.7	<i>24.6</i>				7.38	7.36	6.18	5.19	<i>4.57</i>			
T09	26.5	26.1	25.1	24.7	24.4	<i>24.4</i>			7.60	7.77	6.01	4.90	3.90	<i>3.74</i>		
T10	26.9	25.9	25.3	24.6	<i>23.9</i>				7.67	8.14	6.16	4.53	<i>1.60</i>			
T11	26.7	25.8	25.5	24.8	<i>24.2</i>				7.80	8.04	6.00	4.45	<i>1.07</i>			
T12	26.9	26.1	<i>25.4</i>						7.90	8.10	<i>6.16</i>					
T13	26.8	26.6	25.9	<i>25.8</i>					8.25	8.27	8.34	<i>7.96</i>				
T14	26.6	26.6	25.8	24.6	<i>23.4</i>				8.22	8.15	8.01	6.02	<i>2.04</i>			
T15	26.6	26.5	25.6	24.9	23.4	<i>21.6</i>			8.32	8.37	7.45	4.94	2.82	<i>0.62</i>		
T16	26.8	26.5	25.3	24.6	24.0	<i>21.5</i>			8.13	8.29	6.78	4.80	2.51	<i>0.60</i>		
T17	26.9	26.5	25.6	24.4	23.8	21.7	<i>20.9</i>		8.13	8.35	7.89	4.69	2.15	0.55	<i>0.54</i>	
T18	27.1	26.6	25.8	24.6	23.6	21.7	<i>21.2</i>		7.95	8.23	8.22	4.91	3.26	1.25	<i>0.54</i>	
T19	27.0	26.5	25.8	25.1	23.6	<i>21.8</i>			8.18	8.45	7.89	7.07	5.63	<i>4.57</i>		
T20	27.2	26.8	26.6	<i>26.6</i>					8.42	8.57	8.64	<i>8.60</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 (2012年9月28日)
 Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa
 on September 28, 2012

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	8:50	138	05	07.3	E	36	03	29.9	N	4.83	24.6	166.2	51	20.4
C02	9:05	138	04	52.9	E	36	03	32.2	N	3.79	22.5	139.4	52	17.8
C03	9:11	138	04	51.9	E	36	03	21.4	N	4.94	20.1	128.6	52	16.2
C04	9:18	138	04	35.7	E	36	03	23.2	N	3.40	22.0	135.9	52	17.7
C05	9:27	138	04	20.9	E	36	03	24.2	N	4.40	25.1	152.8	52	20.6
C06	9:35	138	04	22.8	E	36	03	35.4	N	2.45	25.2	163.6	55	20.3
C07	9:42	138	04	05.5	E	36	03	25.4	N	2.16	25.3	151.9	52	20.4
C08	9:47	138	04	05.0	E	36	03	15.7	N	4.30	23.7	140.9	52	19.3
C09	9:54	138	04	18.2	E	36	03	03.9	N	5.38	20.7	113.0	53	16.1
C10	10:03	138	04	32.2	E	36	02	51.3	N	5.85	18.7	120.8	56	15.8
C11	10:13	138	04	46.0	E	36	02	39.1	N	6.10	19.2	120.8	60	15.9
C12	10:20	138	04	59.1	E	36	02	27.1	N	5.90	18.5	124.7	57	15.2
C13	10:29	138	05	16.5	E	36	02	36.7	N	5.65	21.9	150.0	60	18.0
C14	10:38	138	05	01.0	E	36	02	47.8	N	6.05	20.0	140.9	71	17.4
C15	10:46	138	05	01.8	E	36	02	58.5	N	5.80	19.2	140.3	72	16.3
C16	10:54	138	04	48.1	E	36	03	00.0	N	5.80	20.2	149.4	65	17.3
C17	11:03	138	04	33.9	E	36	03	12.8	N	5.10	21.6	139.6	61	17.6
C18	11:13	138	05	05.2	E	36	03	09.0	N	5.70	15.0	101.9	68	12.3
C19	11:22	138	05	19.4	E	36	02	57.0	N	5.76	13.8	84.4	64	11.2
C20	11:31	138	05	33.0	E	36	02	45.9	N	4.90	18.7	127.9	67	16.1
K01	8:56	138	04	38.6	E	36	01	57.2	N	3.20	27.1	164.9	53	22.1
K02	9:10	138	04	24.8	E	36	02	09.8	N	4.40	21.0	120.3	76	16.0
K03	9:20	138	04	11.2	E	36	02	20.0	N	4.64	15.8	61.0	71	11.5
K04	9:29	138	03	58.5	E	36	02	32.6	N	4.60	16.5	107.8	70	12.6
K05	9:39	138	03	45.3	E	36	02	45.2	N	4.00	20.6	121.6	80	16.5
K06	9:48	138	03	31.1	E	36	02	57.9	N	3.05	18.4	71.0	78	12.4
K07	9:55	138	03	16.9	E	36	03	10.1	N	2.10	17.7	98.3	73	12.8
K08	10:03	138	03	31.8	E	36	03	09.3	N	2.60	21.6	108.7	61	17.1
K09	10:10	138	03	49.8	E	36	03	16.9	N	3.55	24.5	168.4	60	20.7
K10	10:20	138	03	50.3	E	36	03	07.9	N	4.03	27.2	197.4	no data	23.7
K11	10:30	138	04	01.3	E	36	02	53.7	N	5.00	23.0	127.3	66	19.1
K12	10:37	138	04	12.8	E	36	02	42.5	N	5.50	21.3	199.1	80	20.4
K13	10:45	138	04	28.5	E	36	02	30.2	N	5.90	25.1	153.7	67	19.0
K14	11:09	138	04	43.0	E	36	02	20.0	N	5.50	18.8	73.6	73	14.9
K15	11:17	138	04	55.3	E	36	02	06.5	N	0.90	19.3	139.4	75	15.1
K16	11:23	138	05	16.3	E	36	02	13.1	N	1.40	30.8	173.6	59	26.2
K17	11:29	138	05	29.1	E	36	02	23.3	N	3.50	27.0	193.1	45	23.2
K18	11:36	138	05	47.2	E	36	02	32.4	N	1.90	24.3	137.7	51	20.9
K19	11:42	138	06	01.5	E	36	02	30.8	N	0.85	41.1	126.4	45	20.8
K20	11:52	138	06	17.5	E	36	02	39.7	N	1.60	17.4	99.1	67	13.5
T01	8:45	138	06	35.4	E	36	02	59.9	N	1.85	25.8	134.2	58	21.1
T02	8:55	138	06	37.9	E	36	03	10.9	N	1.90	47.7	300.0	34	42.4
T03	9:10	138	06	32.7	E	36	03	28.3	N	2.05	31.2	198.1	41	27.9
T04	9:25	138	06	18.9	E	36	03	40.0	N	2.30	21.3	121.4	59	18.1
T05	9:35	138	06	05.1	E	36	03	53.0	N	2.20	46.2	330.5	38	42.0
T06	9:45	138	05	41.7	E	36	03	49.0	N	3.42	30.1	188.3	51	25.8
T07	9:53	138	05	26.6	E	36	03	50.9	N	2.58	28.1	178.6	52	24.4
T08	10:02	138	05	09.1	E	36	03	40.7	N	4.05	22.9	136.4	57	18.7
T09	10:13	138	05	26.3	E	36	03	39.9	N	4.43	25.6	179.9	60	22.1
T10	10:20	138	05	56.0	E	36	03	36.8	N	4.12	24.8	164.9	56	21.6
T11	10:29	138	06	08.8	E	36	03	24.9	N	3.46	23.5	129.2	56	20.0
T12	10:38	138	06	23.0	E	36	03	12.7	N	2.18	28.9	166.9	51	24.6
T13	11:52	138	06	19.6	E	36	02	51.3	N	2.40	24.4	139.6	58	20.4
T14	11:42	138	06	06.3	E	36	03	03.3	N	3.81	21.3	127.9	64	17.6
T15	11:31	138	05	51.6	E	36	03	15.7	N	5.12	16.8	103.2	72	14.2
T16	11:20	138	05	39.5	E	36	03	27.5	N	5.20	24.6	176.0	64	21.9
T17	11:12	138	05	20.6	E	36	03	19.2	N	5.58	16.7	102.6	77	14.2
T18	11:03	138	05	34.9	E	36	03	07.2	N	5.49	19.8	127.9	84	16.6
T19	10:56	138	05	48.6	E	36	02	55.4	N	4.80	23.4	164.9	69	21.5
T20	10:50	138	06	02.7	E	36	02	42.9	N	3.11	26.9	178.6	55	24.5

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

表8 諏訪湖の水質データ（2012年9月28日）続き
 Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa on September 28, 2012
 (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	21.0	20.7	20.6	20.4	20.4	<i>20.4</i>			8.93	9.66	9.56	9.88	9.74	<i>9.55</i>		
C02	21.2	20.3	20.3	20.7	<i>20.7</i>				11.27	10.93	10.56	10.49	<i>10.11</i>			
C03	20.9	20.7	20.5	20.5	20.4	<i>20.4</i>			9.80	10.09	9.45	9.27	9.05	<i>8.90</i>		
C04	21.3	20.9	20.7	20.5	<i>20.2</i>				10.07	9.81	9.63	9.88	<i>10.26</i>			
C05	21.3	20.6	20.0	19.6	18.8	<i>18.5</i>			9.75	9.30	9.32	8.98	7.76	<i>7.81</i>		
C06	20.8	20.6	20.0	<i>19.4</i>					9.98	10.03	9.81	<i>9.06</i>				
C07	21.2	21.0	<u>20.8</u>						9.15	9.44	<u>9.89</u>					
C08	21.2	20.9	20.3	20.0	19.7	<i>19.7</i>			8.74	8.75	8.85	9.04	8.94	<i>8.90</i>		
C09	21.3	20.6	20.5	20.4	20.0	18.7	<i>18.6</i>		9.22	9.50	9.12	8.92	9.53	7.93	<i>7.80</i>	
C10	21.7	20.5	20.4	20.4	20.3	19.7	<i>18.7</i>		9.55	9.55	9.00	9.03	8.65	9.23	<i>8.16</i>	
C11	21.9	20.3	20.2	20.1	20.1	20.1	<i>20.1</i>		9.03	9.06	8.07	7.94	7.95	8.05	<i>8.08</i>	
C12	21.9	20.3	20.1	20.1	20.1	20.0	<i>20.0</i>		9.66	9.44	8.34	8.38	8.56	8.58	<i>8.56</i>	
C13	21.9	20.4	20.3	20.2	20.2	20.2	<i>20.2</i>		8.95	9.29	8.50	8.43	8.69	8.66	<i>8.63</i>	
C14	21.8	20.5	20.2	20.2	20.2	20.1	<i>20.1</i>		9.00	9.34	8.73	8.39	8.25	8.14	<i>8.09</i>	
C15	21.7	20.4	20.3	20.2	20.2	20.1	<i>19.8</i>		9.55	9.26	8.49	8.50	8.61	7.48	<i>4.45</i>	
C16	22.3	20.9	20.3	20.3	20.1	19.9	<i>19.8</i>		9.60	9.67	8.95	8.77	6.84	1.75	<i>1.31</i>	
C17	22.1	20.9	20.5	20.4	20.3	<i>19.3</i>			10.05	9.70	9.12	9.06	9.11	<i>10.42</i>		
C18	20.6	20.6	20.3	20.2	20.2	20.0	<i>19.7</i>		8.84	9.05	8.81	8.97	8.88	8.25	<i>4.33</i>	
C19	23.0	20.4	20.3	20.2	20.2	20.1	<i>20.1</i>		9.64	9.70	8.91	8.57	8.87	7.88	<i>7.63</i>	
C20	23.7	20.5	20.3	20.2	20.1	<i>19.5</i>			9.19	9.44	9.00	8.88	8.80	<i>8.05</i>		
K01	21.1	20.4	20.2	20.1	<i>20.3</i>				10.51	9.38	8.40	8.18	<i>4.38</i>			
K02	21.0	20.1	20.0	19.9	19.9	<i>20.0</i>			9.78	9.54	8.56	7.86	7.85	<i>3.84</i>		
K03	20.7	20.2	20.0	19.8	19.8	<i>20.0</i>			9.26	9.16	8.88	7.65	7.62	<i>3.18</i>		
K04	20.8	20.2	19.9	19.8	19.7	<i>19.8</i>			8.91	9.01	7.86	7.46	7.32	<i>4.64</i>		
K05	20.4	20.8	19.8	19.7	<i>19.9</i>				9.18	9.73	7.84	7.21	<i>2.16</i>			
K06	20.3	20.1	19.6	<i>19.8</i>					9.96	9.40	<i>7.87</i>	<i>2.25</i>				
K07	20.7	19.8	<u>19.6</u>						9.54	9.47	<u>3.48</u>					
K08	20.2	19.9	19.7	<i>19.7</i>					10.14	9.90	9.49	<i>3.03</i>				
K09	21.4	20.6	20.0	19.8	<i>19.7</i>				11.02	11.20	10.14	9.32	<i>0.39</i>			
K10	21.1	20.5	19.9	19.5	<i>19.6</i>				11.37	10.84	8.10	7.93	<i>3.33</i>			
K11	21.7	20.2	20.0	20.0	19.9	<i>20.0</i>			10.74	8.63	7.96	7.76	7.49	<i>2.85</i>		
K12	22.0	20.6	20.2	20.0	19.8	19.7	<i>19.9</i>		10.21	8.85	7.91	8.04	7.48	7.44	<i>1.84</i>	
K13	22.3	20.2	no data	20.0	19.9	19.9	<i>20.0</i>		9.41	9.03	no data	6.97	7.19	7.16	<i>0.52</i>	
K14	20.8	20.2	20.0	19.9	19.9	19.9	<i>20.0</i>		11.41	10.11	8.16	8.08	7.62	7.56	<i>3.49</i>	
K15	23.2	<i>20.7</i>							10.58	<i>7.67</i>						
K16	21.9	21.1	<i>19.1</i>						11.79	11.62	<i>4.88</i>					
K17	23.6	20.5	20.3	20.2	<i>20.2</i>				11.44	11.25	8.53	8.17	<i>5.19</i>			
K18	23.2	20.4	<i>17.3</i>						12.75	10.40	<i>5.35</i>					
K19	21.8	<i>17.1</i>							12.74	<i>3.21</i>						
K20	24.3	20.7	<i>18.3</i>						11.03	10.66	<i>2.79</i>					
T01	21.7	21.2	<i>21.1</i>						11.45	11.04	<i>10.32</i>					
T02	22.0	21.5	<i>21.2</i>						12.21	9.83	<i>4.05</i>					
T03	21.4	21.2	<i>20.9</i>						9.45	8.13	<i>2.17</i>					
T04	21.7	21.0	20.8	<i>20.8</i>					9.68	7.77	6.08	<i>5.95</i>				
T05	21.9	20.9	20.4	<i>20.4</i>					12.17	10.11	2.51	<i>2.49</i>				
T06	21.8	21.0	20.8	20.7	<i>20.3</i>				12.95	11.46	9.67	8.67	<i>6.75</i>			
T07	21.6	21.1	20.9	<i>20.9</i>					13.05	10.45	9.16	<i>8.74</i>				
T08	21.7	21.4	20.7	20.4	<i>19.6</i>				11.18	11.23	8.70	8.17	<i>6.33</i>			
T09	21.8	21.1	20.7	20.5	20.4	<i>20.4</i>			10.90	11.03	8.59	8.90	8.24	<i>8.20</i>		
T10	22.7	20.8	20.7	20.6	<u>20.6</u>				11.52	9.96	9.35	8.99	<u>8.82</u>			
T11	22.3	20.9	20.7	20.6	<i>20.6</i>				12.77	11.15	9.05	8.67	<i>8.58</i>			
T12	21.9	21.3	<u>20.7</u>						13.37	12.31	<u>9.62</u>					
T13	22.9	20.9	20.6	<i>20.6</i>					12.48	10.80	8.80	<i>8.53</i>				
T14	22.7	20.8	20.4	20.3	<i>20.3</i>				11.04	12.35	8.81	8.57	<i>8.14</i>			
T15	21.8	20.7	20.5	20.4	20.3	<u>20.3</u>			10.97	9.68	8.28	7.91	7.45	<u>7.29</u>		
T16	21.7	20.6	20.5	20.4	20.4	20.3	<i>20.3</i>		11.76	9.40	8.35	7.94	7.85	7.30	<i>7.23</i>	
T17	21.7	20.4	20.2	20.2	20.1	20.1	<i>20.1</i>		10.80	10.27	8.27	7.66	7.56	7.48	<i>7.18</i>	
T18	21.5	20.4	20.3	20.2	20.2	20.2	<i>20.2</i>		11.06	9.54	8.95	8.04	7.90	7.68	<i>7.52</i>	
T19	21.5	20.4	20.3	20.2	20.2	<i>19.0</i>			11.21	9.17	8.16	7.88	7.61	<i>7.33</i>		
T20	22.8	20.4	20.2	<i>17.6</i>					12.97	10.64	9.87	<i>8.26</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.