

2014 年夏季における諏訪湖の水平・垂直水質分布

柳町晴美¹, 宮原裕一², 山本雅道³, 花里孝幸²

¹信州大学社会科学系, ²信州大学山岳科学研究所, ³信州大学理学系

Horizontal and vertical water quality distribution in Lake Suwa in the summer of 2014

H. Yanagimachi¹, Y. Miyabara², M. Yamamoto³ & T. Hanazato²

¹Institute of Social Sciences, Shinshu University,

²Institute of Mountain Science, Shinshu University,

³Institute of Science, Shinshu University

要旨: 2014 年 8 月 11 日の諏訪湖は, 2003 年以降の同時期の平均よりも汚濁していた。

表層 4 水質要素の主成分分析により主要な分布パターンを抽出した。2014 年 8 月 11 日の第 1 成分は, 「懸濁物質 (SS), クロロフィル *a* 濃度 (Chl-*a*) が高い所では, 透明度 (Trans.) が低い, 「SS, Chl-*a* が低い所では, Trans.が高い」というパターンである。第 2 成分は表層水温 (W.T.0m) の変動を説明するパターンである。8 月 11 日の水温の垂直分布には, 明瞭な水温躍層は出現しなかった。

2014 年夏季の諏訪湖湖心における水深 1m の水温ピークは, 7 月 27 日 (27.9°C), 水深 3m のピークは 8 月 3 日 (26.8°C), 水深 5m のピークは 8 月 9 日 (24.7°C) に出現した。

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 9 月以降, 毎年継続して夏季の諏訪湖の水質分布を観測しており, 2013 年までの 12 年間に 26 日間の水平分布に関するデータ, 2005 年以降の 18 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; 柳町ほか, 2004, 2005, 2006; 柳町ほか, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014)。

2014 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 8 月 11 日に実施した。2013 年以前は夏季に 2 日観測を実施したが, 2014 年は 1 日の観測である。

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, 花里ほか, 2003, 宮原, 2005, 2007, 2013, 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。

2014 年夏季も 2013 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, 2014 年夏季の諏訪湖の水質分布パターンと, 2014 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

2014 年 8 月 11 日の水質観測方法は, 2002~2013 年に実施したものに準拠し, 2013 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 は観測した 60 測点の位置, 図 2 は 60 測点で計測した水深から作成した水深分布図である。

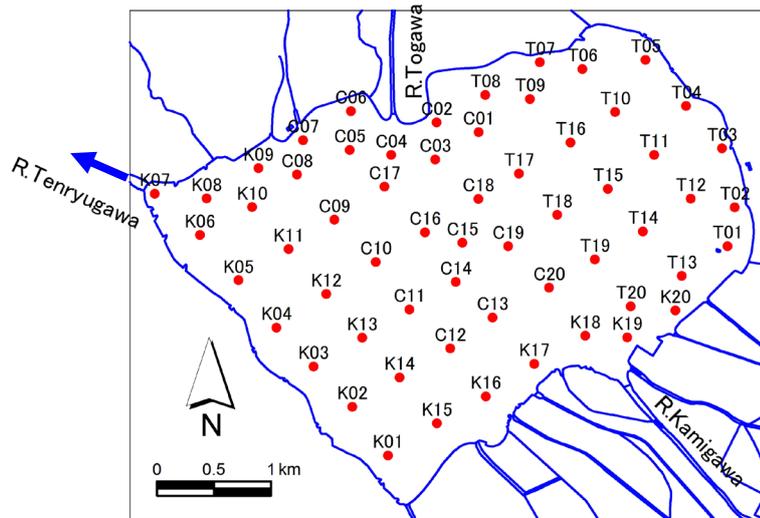


図1 60観測地点と流入・流出河川

Fig.1. 60 survey points in Lake Suwa, inlets and outlet

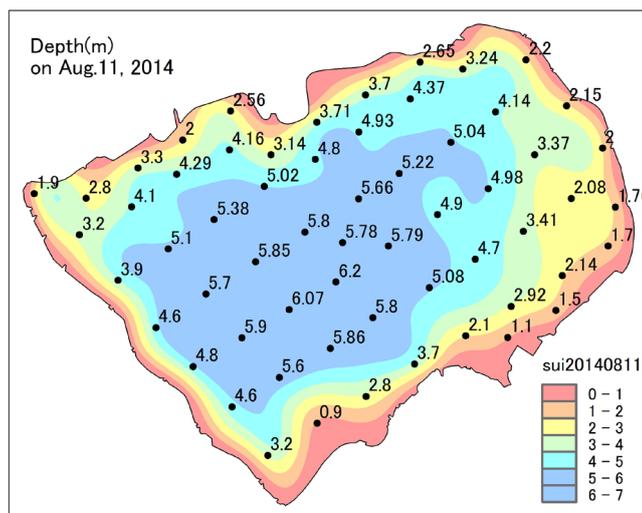


図2 観測日の諏訪湖の水深 2014年8月11日

Fig.2. Depth of Lake Suwa on August 11, 2014

8月11日の観測時間は9:07~12:34, 所要時間は3時間27分である。各測点での観測開始時刻(以下では観測時刻)は付表1に記載した。

2013年までの解析方法と同様に, 2014年8月11日の表層データ(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, 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, 2013年までと同様に, 2014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。

3. 結果と考察

(1) 表層水温と表層 DO の時間経過

観測船による観測時間帯に諏訪（気象庁特別地域気象観測所）の毎時気温はほぼ上昇傾向にあり、湖心（C15 測点）における水深 1m 水温（WT1m）（湖心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 1 時間間隔で計測）も、9 時から 13 時までに 24.0℃から 24.5℃に上昇した（図 3）。矢印で示した観測時間帯（9:07～12:34）での温度変化を時別値から内挿により算出すると、0.4℃の上昇である。

表層水温（W.T.0m）と表層の DO（DO0m）について、時間経過に伴う変化を、観測時刻との相関係数（附表 1）、観測時刻との散布図（図 4）から調べた。

2014 年 8 月 11 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 0.413、スピアマンの順位相関係数は 0.485 であり、いずれも有意水準 0.01 で有意な正の相関がある（附表 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)）、3 コースとも水温が時間経過とともに明瞭に上昇したとは言いがたく、特に、C コース、K コースは、上昇した後、顕著に下降した。

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がたいため、8 月 11 日の W.T.0m の時間経過に伴う補正は実施していない。

表層 DO（DO0m）の時間経過に伴う変化は、観測時刻との散布図（図 4 (b)）から見て、C コース、K コースはやや上昇傾向にある。T コースでは測点間の変動が他のコースより小さい。

(2) 表層水質データの統計量

60 測点における水質データを表 7 に、水質要素毎の要約統計量を表 2 に示す。

8 月 11 日における SS, Chl-*a*, IL, Trans. の平均（SS 13.3mg/L, Chl-*a* 89.0 μg/L, IL 9.7mg/L, Trans. 100.8cm）（表 2）を、2003～2014 年 7・8 月の 15 観測日平均（2005 年以降測定している IL は 2005～2014 年 8 月 9 観測日平均（2005 年以降の 7・8 月観測日はすべて 8 月））（SS 10.8mg/L, Chl-*a* 49.9 μg/L, IL 7.5mg/L, Trans. 119.2cm）と比較する。

8 月 11 日の SS, Chl-*a* は、7・8 月 15 観測日平均よりも高く、それぞれ 15 観測日中 4 番目、3 番目に高かった。Trans. は 15 観測日平均よりも低

く、15 観測日中 5 番目に低かった。

8 月 11 日の IL は、8 月 9 観測日平均よりも高く、9 観測日中 3 番目に高かった。

以上から、2014 年 8 月 14 日の諏訪湖は同時期の平均よりも汚濁していた。

8 月 11 日の水深 1m 毎水温（W.T.0m～W.T.5m）平均（W.T.0m 24.3℃, W.T.1m 24.2℃, W.T.2m 24.1℃, W.T.3m 24.1℃, W.T.4m 24.0℃, W.T.5m 23.2℃）（表 2）を、W.T.1m～W.T.5m の測定を開始した 2005 年以降の 8 月 10 観測日の水深 1m 毎水温平均（W.T.0m 26.9℃, W.T.1m 26.1℃, W.T.2m 25.4℃, W.T.3m 24.5℃, W.T.4m 23.1℃, W.T.5m 21.4℃）と比較すると、W.T.0m～W.T.3m は 8 月 11 日の水温が 10 観測日平均よりも低く、W.T.4m～W.T.5m は逆に 8 月 11 日の水温が 10 観測日平均よりも高い。すなわち、2014 年 8 月 11 日の諏訪湖は、例年同時期よりも表層と低層の水温差が小さく、例年同時期よりも湖水が攪拌されていたと推測される。

(3) 表層水質データの水平分布

8 月 11 日の表層水質 4 要素（SS, Chl-*a*, Trans., W.T.0m）の分布図を図 5 に示す。SS は諏訪湖東岸から南東岸付近で高い。Chl-*a* も東岸付近から南東岸付近で高く、北西岸から北岸付近で低い。Trans. は逆に東岸付近から南東岸付近で低い。湖の北東部で高い。W.T.0m は、諏訪湖東部で低く、南西部で高い。

(4) 表層水質データの相関関係

8 月 11 日の表層水質要素間の相関係数を表 3 に示す。K15 の Trans. は全透のため相関係数の計算から除外した。

8 月 11 日の SS, Chl-*a*, IL, Trans., DO0m, W.T.0m には、有意水準 0.01 または 0.001 で相互に有意な正相関または負相関がある。特に、SS, Chl-*a*, IL の 3 要素間の相関係数は絶対値が 0.645～0.900 と高く、SS, Chl-*a*, IL が同じ分布傾向であることを示唆する。Trans. はこれらの 3 要素と負の相関を示す。

DO0m は、有意水準 0.01 で、SS, W.T.0m と正相関、Trans. と負相関である。

(5) 表層水質データの主成分分析

8 月 11 日における、4 種類の表層水質要素（SS,

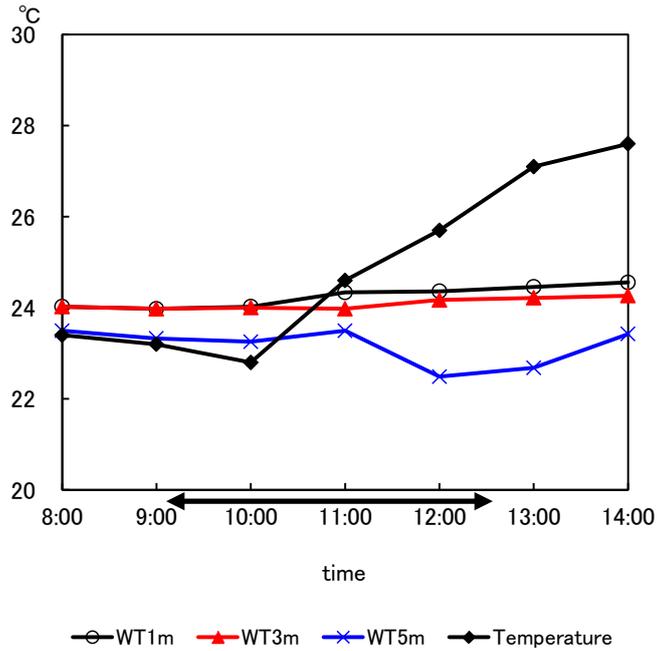


図3 2014年8月11日の湖心(C15)における水温
矢印は観測時間帯を示す

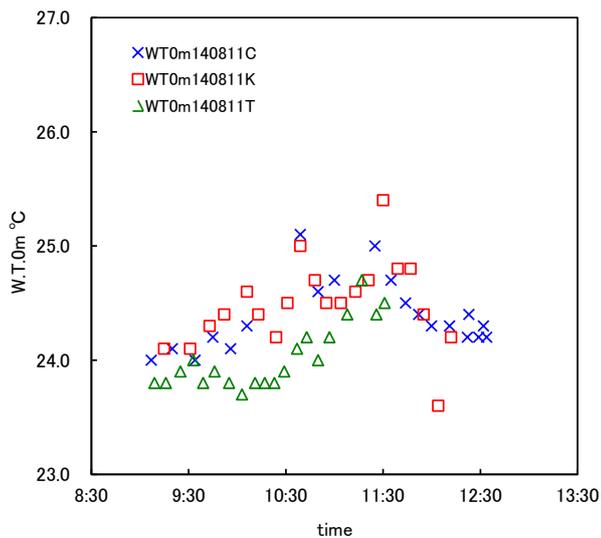
Fig.3. Water temperatures at the center of Lake Suwa (C15) on August 11, 2014
Allow shows the time span of observation

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

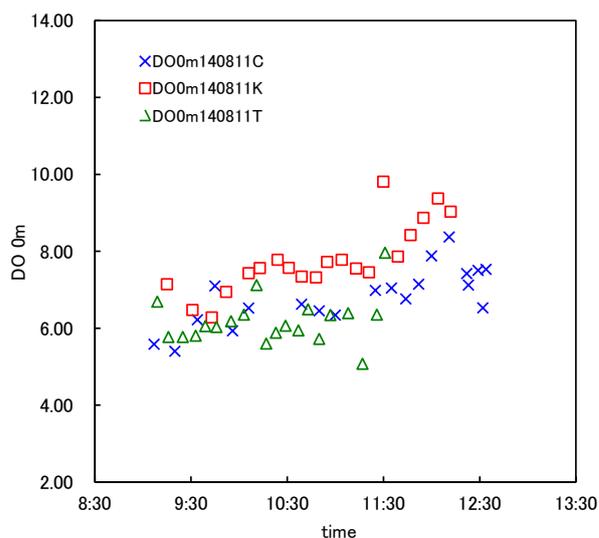
	August 11, 2014				N
	r	p value	r _s	p value	
SS	0.130	0.324	0.062	0.635	60
Chl- <i>a</i>	0.024	0.855	-0.070	0.596	60
IL	-0.020	0.880	-0.070	0.597	60
Trans.	-0.206	0.117	-0.292	0.025 *	59
DO 0m	0.575	0.000 **	0.597	0.000 **	60
DO 1m	0.552	0.000 **	0.613	0.000 **	59
DO 2m	0.628	0.000 **	0.616	0.000 **	51
DO 3m	0.341	0.027 *	0.346	0.025 *	42
DO 4m	0.192	0.301	0.131	0.481	31
DO 5m	-0.418	0.108	-0.524	0.037 *	16
W.T. 0m	0.413	0.001 **	0.485	0.000 **	60
W.T. 1m	0.211	0.109	0.508	0.000 **	59
W.T. 2m	0.058	0.688	0.627	0.000 **	51
W.T. 3m	0.426	0.005 **	0.466	0.002 **	42
W.T. 4m	0.043	0.819	0.076	0.686	31
W.T. 5m	0.830	0.000 **	0.632	0.009 **	16

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.



(a) W. T. 0m on August 11, 2014



(b) DO 0m on August 11, 2014

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

表2 水質データの要約統計量

Table 2. Summary statistics of water quality data

August 11, 2014

	SS(mg/L)	Chl-a(μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)
Max	20.5	145.5	15.1	133	6.20
Min	10.6	68.4	7.6	77	0.90
Mean	13.3	89.0	9.7	100.8	3.92
S.D.	1.8	15.8	1.5	10.4	1.48
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	9.81	9.09	8.21	7.92	6.72	5.89	
Min	5.07	3.73	4.72	2.65	2.19	1.17	
Mean	6.93	6.66	6.10	5.54	5.11	3.41	0.65
S.D.	1.00	0.93	0.81	0.94	0.91	1.51	
N	60	59	51	42	31	16	1

	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	25.4	24.9	24.7	24.4	24.2	24.1	
Min	23.6	22.0	20.2	23.7	23.6	21.3	
Mean	24.3	24.2	24.1	24.1	24.0	23.2	22.4
S.D.	0.4	0.4	0.6	0.2	0.1	0.8	
N	60	59	51	42	31	16	1

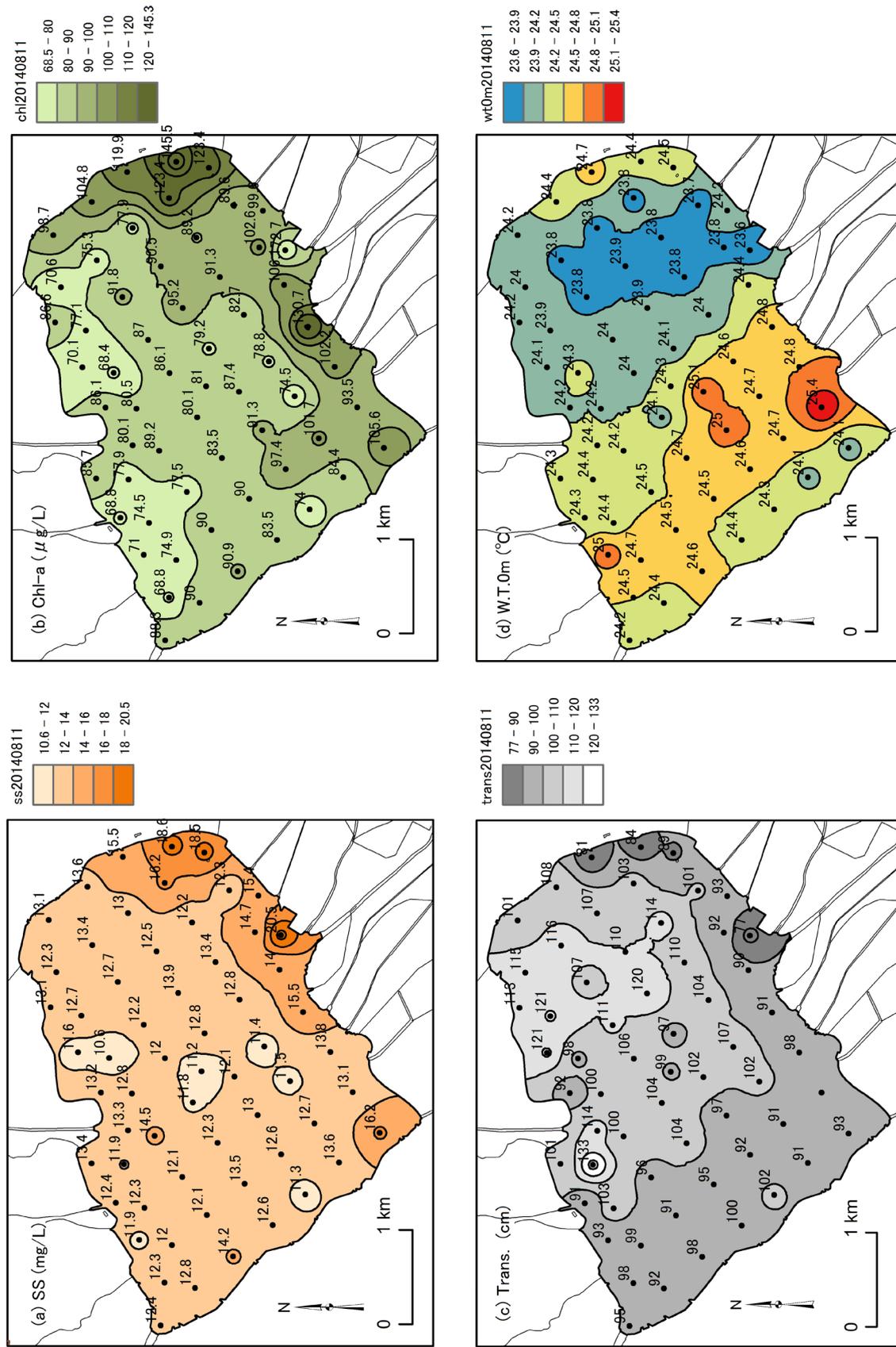


図 5 水質分布図 (2014 年 8 月 11 日) (a) 懸濁物質質量, (b) クロロフィル *a* 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温

Fig. 5. Water quality maps of Lake Suwa on August 11, 2014. (a)SS, (b) Chl-*a*, (c)Trans., (d)W.T.0m

表3 水質要素間の相関係数

Table 3. Correlation coefficients between the water quality elements

August 11, 2014											
	SS	ρ	Chl- <i>a</i>	ρ	IL	ρ	Trans	ρ	DO 0m	ρ	
SS	1.000										
Chl- <i>a</i>	0.646	0.000 **	1.000								
IL	0.733	0.000 **	0.900	0.000 **	1.000						
Trans	-0.478	0.000 **	-0.374	0.004 **	-0.452	0.000 **	1.000				
DO 0m	0.372	0.004 **	0.137	0.300	0.119	0.370	-0.487	0.000 **	1.000		
W.T.0m	-0.153	0.248	0.119	0.369	0.135	0.308	-0.318	0.014 *	0.303	0.020 *	

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

K15 is excluded from the calculations.

Chl-*a*, Trans., W.T.0m) の分布 (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, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014) と同様に、主成分分析は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。

K15 (Trans.が全透) を除外したため 59 測点のデータの分析である。

第 1 成分の固有値は 2.027, 寄与率は 50.7% である。第 2 成分の固有値は 1.165, 寄与率は 29.1% である。第 1 成分と第 2 成分により全変動の 80% が説明される。

8 月 11 日の SS, Chl-*a*, Trans.の第 1 成分の主成分負荷量は、それぞれ 0.846, 0.832, -0.760 であり、いずれも第 2 成分以下の主成分負荷量よりも絶対値が大きく、これらの 3 要素の変動は、主に第 1 成分により説明される。

第 1 成分の SS, Chl-*a* の符号は同じ, Trans.の符号は逆である。従って、8 月 11 日の第 1 成分は、「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」というパターンである。

W.T.0m の主成分負荷量は、第 1 成分 0.206, 第 2 成分 -0.933 であるため、W.T.0m の変動は、主に第 2 成分によって説明される。

(6) 水質分布の特徴

4 要素を対象とする第 1 成分, 第 2 成分の主成分得点分布図を図 6 に、主成分得点に基づく地域区分の特徴を表 6 に示す。

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、2008~2013 年と同様の方法で行った (柳町ほか, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014)。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 (+, 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。分布図では、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 11 日の第 1 成分主成分得点分布図 (図 6 (a)) から、+ の地域「SS, Chl-*a* が高く, Trans.が低い」は、諏訪湖東岸から南東岸に分布する。▲ の地域「SS, Chl-*a* が低く, Trans.が高い」は、湖の北東部に分布する。

「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、これまで多くの観測日で抽出されたパターンである。

8 月 11 日の第 2 成分主成分得点分布図 (図 6 (b)) から、+ の地域「W.T.0m が低い」は、湖東部に分布し、▲ の地域「W.T.0m が高い」は、湖西南部から北西部に分布する。表層水温分布図 (図 5 (d)) と類似した分布を示す。

(7) 水温 (W. T.) と DO の垂直分布

60 測点の水深 1m 間隔水温 (W.T.0m, W.T.1m, W.T.2m, ..., 湖底直上) と、DO (DO0m, DO1m, DO2m, ..., 湖底直上) を、付表 1 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

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 11, 2014 N=59			
	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.027	50.7%	50.7%
Component 2	1.165	29.1%	79.8%
Component 3	0.570	14.3%	94.1%

K15 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 11, 2014 N=59			
	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.846 **	0.402 **	-0.061
Chl- <i>a</i>	0.832 **	0.132	0.485 **
Trans	-0.760 **	0.339 **	0.526 **
W.T.0m	0.206	-0.933 **	0.233

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

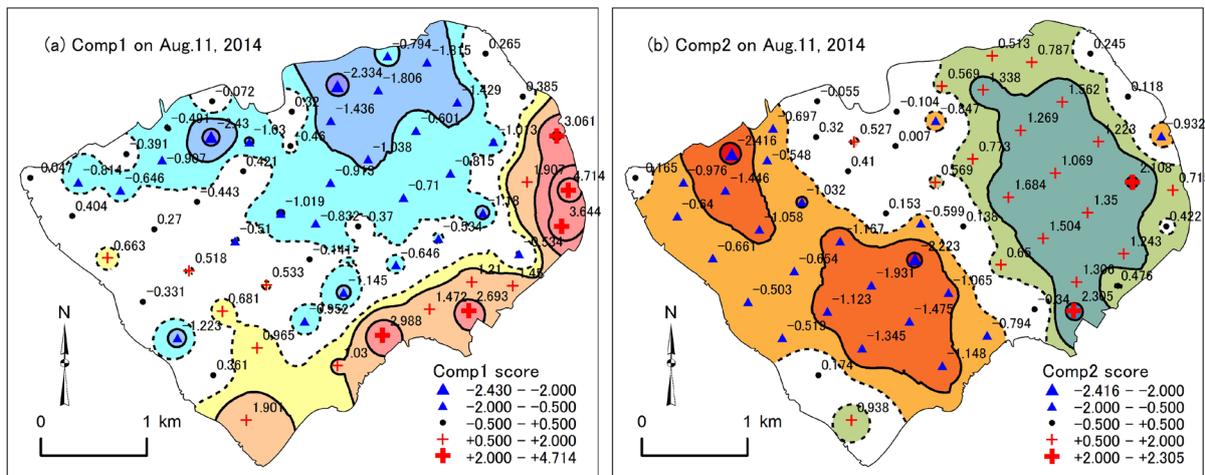


図6 4要素の主成分分析による主成分得点分布図, 2014年8月11日

(a) 第1主成分 (b) 第2主成分

Fig. 6. Distribution maps of the component scores of 4 elements PCA on August 11, 2014

(a) Component1 (b) Component2

表6 主成分得点に基づく地域区分の特徴, 2014年8月11日

Table 6. Characteristics of the regional divisions based on the component scores on August 11, 2014

(a) Component1							
+ (Fig. 6(a))				▲(Fig. 6(a))			
SS	Chl- <i>a</i>	Trans.	W.T.0m	SS	Chl- <i>a</i>	Trans.	W.T.0m
+	+	-		-	-	+	
(b) Component2							
+ (Fig. 6(b))				▲(Fig. 6(b))			
SS	Chl- <i>a</i>	Trans.	W.T.0m	SS	Chl- <i>a</i>	Trans.	W.T.0m
			-				+

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

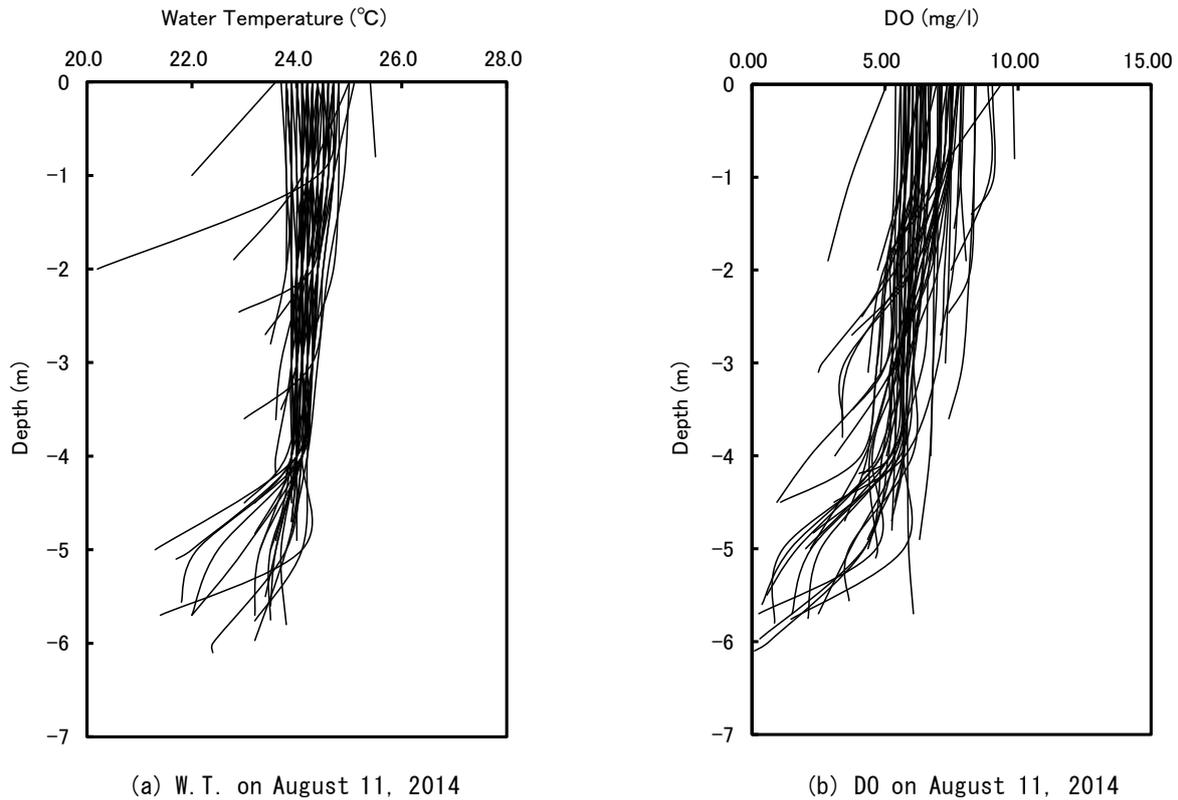


図7 測地点毎の水温と DO の垂直分布
 Fig.7. Vertical distributions of water temperature and DO at 60 observation points in Lake Suwa

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。60 測点における水温和 DO の垂直分布を図 7 に示す。

2005～2010 年の諏訪湖の 8 月の水温観測では、夏季の明瞭な水温躍層が観測されていたが、2011 年 8 月 4 日、2012 年 8 月 7 日、2013 年 8 月 19 日の水温の垂直分布には、明瞭な水温躍層が見られなかった（柳町ほか、2012、2013、2014）。

8 月 11 日の水温は、水深 4m 以深で 2℃程度低下する測点もあるが、表層から湖底付近までほとんど変化せずに推移する測点が多い（図 7 (a)）。

前述のように、8 月 11 日の W.T.0m～W.T.3m 平均水温は、2005 年以降 8 月の 10 観測日平均よりも低く、8 月 11 日の W.T.4m～W.T.5m 平均水温は逆に 2005 年以降 8 月の 10 観測日平均よりも高いことから、8 月 11 日も 2005～2010 年 8 月に観測されたような明瞭な水温躍層は出現しなかったと言える。

8 月 11 日の DO の垂直分布（図 7 (b)）は、表

層から水深 4m 付近まで DO 値がほとんど変化せず、水深 4m 以深で急激に低下する測点が多い。湖底直上付近で 0 に近い値を示す測点もみられる。

(8) 2014 年夏季の水温変化

2014 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 8 に示す。

2014 年の 24 時間移動平均（図 8、1day mean）からみた水深 1m の水温ピークは、7 月 27 日（27.9℃）、水深 3m のピークは 8 月 3 日（26.8℃）、水深 5m のピークは 8 月 9 日（24.7℃）に出現した。

2014 年夏季の諏訪湖の水深 1m と水深 3m の水温（24 時間移動平均）には、7 月中旬に約 2℃、7 月下旬に 3～4℃程度の差があり、8 月下旬にも約

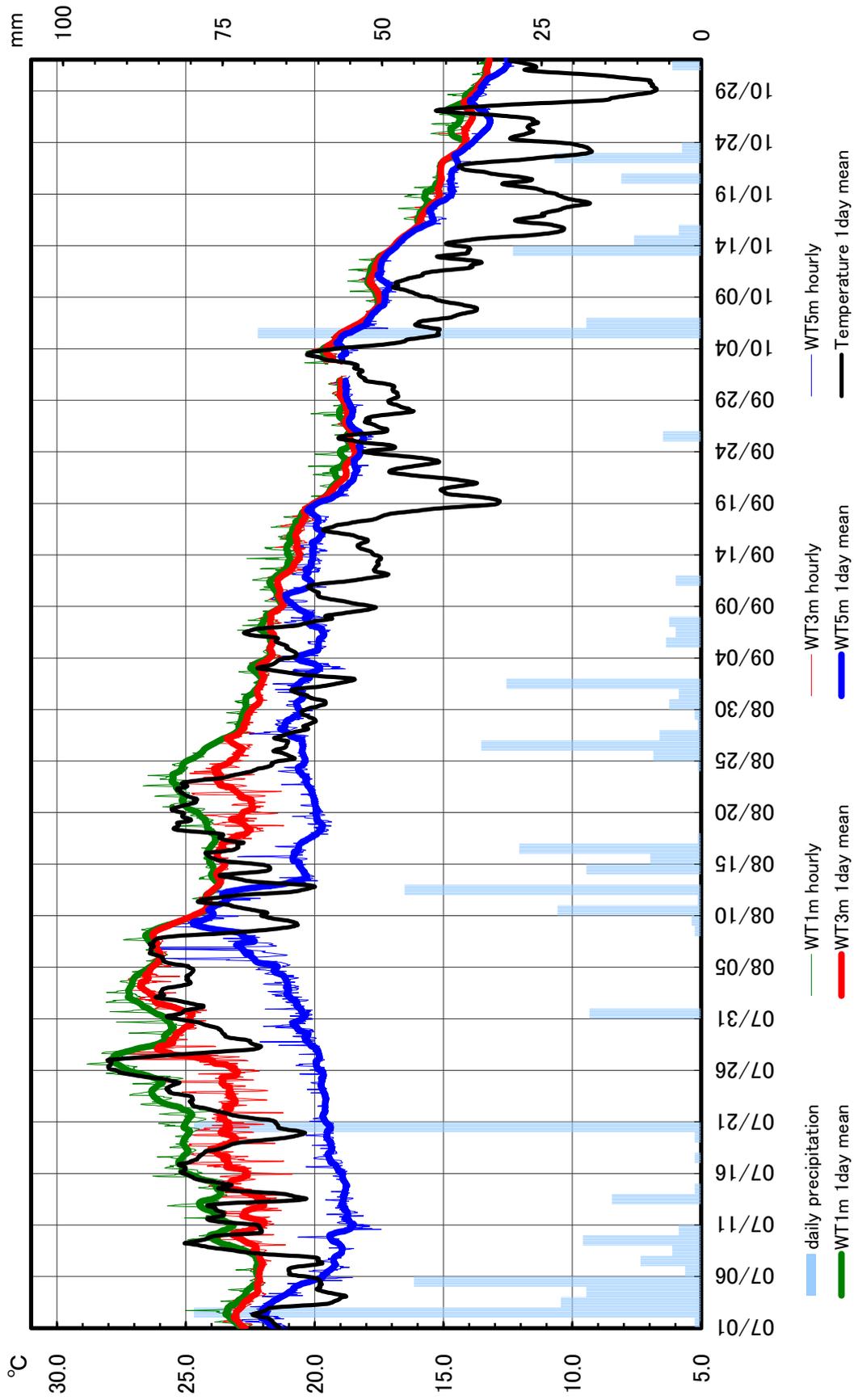


図8 2014年夏季の湖心(C15)における水深1m、水深3m、水深5mの水温変化と諏訪における日降水量、日平均気温の変化

Fig.8. 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 2014

2℃の差が見られた。これ以外の期間は近接して推移した。

水深 3m と水深 5m の水温差は、水深 1m と水深 3m の水温差よりも大きい状態で 7 月上旬から 8 月下旬まで推移した。

ただし、8 月 9～12 日頃、水深 1m, 3m, 5m の水温差が殆ど無くなった。水質観測を実施した 8 月 11 日はこの期間に含まれるため、垂直方向の水温差が小さい観測結果となったと考えられる。しかし、図 8 の水温推移から、2014 年 7 月後半、8 月後半には水温成層が形成される期間があったと推察される。

8 月 27 日以降、水深 1m, 3m 水温がほぼ同じとなった。9 月 18 日以降、水深 1m, 3m 水温と水深 5m 水温がほぼ同じとなり、秋の循環期に入ったと考えられる。

水深 1m と水深 3m 水温が近接した期間は、表層～水深 3m までの湖水が攪拌されやすい状況であったと推察される。

諏訪（特別地域気象観測所）における 2014 年夏季の月平均気温は、7 月 23.2℃（平年比+0.5℃）、8 月 23.2℃（平年比-0.6℃）、9 月 18.1℃（平年比-1.4℃）である。8 月の気温は平年よりやや低く、水温成層形成を阻害する要因となった可能性がある。

月降水量は、7 月・8 月に平年より多かった（7 月 318mm, 平年比 166.1%, 8 月 186mm, 平年比 143.9%）。

台風 11 号の影響により、2014 年 8 月 8～14 日は平年よりも低温であり、台風が高知県、兵庫県から日本海へ横断した 8 月 10 日の諏訪における日降水量は 22.2mm, 最大瞬間風速は 16.8m/s であった。台風通過に伴う降水と強風のために、水質観測日の 8 月 11 日頃、湖水は攪拌されており明瞭な水温成層が観測されなかったと推測される。

4. まとめ

2014 年 8 月 11 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。

2014 年 8 月 11 日の諏訪湖は、例年同時期の平均よりも汚濁していた。

2014 年 8 月 11 日の諏訪湖における表層 4 水質要素 (SS, Chl-*a*, Trans., W.T.0m) を主成分分析し、第 1 成分、第 2 成分を主要な水質分布パターン

ンとして抽出した。

第 1 成分は、「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」というパターンである。第 2 成分は W.T.0m の変動を説明するパターンである。

8 月 11 日の水温の垂直分布には、2005～2010 年 8 月に観測されたような明瞭な水温躍層は出現しなかった。

湖心における水深 1m の水温ピークは、7 月 27 日 (27.9℃)、水深 3m のピークは 8 月 3 日 (26.8℃)、水深 5m のピークは 8 月 9 日 (24.7℃) に出現した。

2014 年夏季の諏訪湖湖心における水深 1m, 3m, 5m の水温の推移から、7 月後半、8 月後半には水温成層が形成された期間があったと推察される。

9 月 18 日以降、水深 1m, 3m, 5m の水温がほぼ同じとなり、秋の循環期に入ったと考えられる。

謝辞

本研究の水質調査・分析には、信州大学山岳科学研究所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.
- 宮原裕一 (2013) : 諏訪湖定期調査 (2007～2011) の結果. 信州大学山地水環境教育研究センター研究報告, 9, 1-214.
- 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）：2011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.
- 柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道（2013）：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，35，46-64.
- 柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一・山本雅道（2014）：2013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，36，54-73.

（原稿受付 2015. 3. 17）

附表1 諏訪湖の水質データ (2014年8月11日)
Appendix table 1. Observed water quality data in Lake Suwa
on August 11, 2014

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	12:32	138	05	07.5	E	36	03	30.2	N	4.93	10.6	68.4	98	7.6
C02	12:22	138	04	52.7	E	36	03	32.6	N	3.71	13.2	86.1	92	9.3
C03	12:34	138	04	52.6	E	36	03	22.0	N	4.80	12.8	80.5	100	8.7
C04	12:29	138	04	37.0	E	36	03	22.9	N	3.14	13.3	80.1	114	9.1
C05	12:23	138	04	22.5	E	36	03	24.0	N	4.16	11.9	77.9	133	8.2
C06	12:11	138	04	22.5	E	36	03	35.1	N	2.56	13.4	85.7	101	9.2
C07	12:00	138	04	06.1	E	36	03	26.4	N	2.00	12.4	68.8	91	8.4
C08	11:52	138	04	04.3	E	36	03	16.5	N	4.29	12.3	74.5	103	8.6
C09	11:44	138	04	17.9	E	36	03	03.9	N	5.38	12.1	77.5	96	8.8
C10	11:35	138	04	32.8	E	36	02	52.2	N	5.85	12.3	83.5	104	9.5
C11	11:25	138	04	45.1	E	36	02	38.8	N	6.07	13.0	91.3	97	9.5
C12	11:00	138	04	59.9	E	36	02	28.0	N	5.86	11.5	74.5	102	8.8
C13	10:50	138	05	14.3	E	36	02	37.2	N	5.80	11.4	78.8	107	8.8
C14	10:39	138	05	01.1	E	36	02	47.1	N	6.20	12.1	87.4	102	9.3
C15	10:06	138	05	03.0	E	36	02	58.4	N	5.78	11.2	81.0	99	8.6
C16	9:56	138	04	49.7	E	36	03	01.1	N	5.80	11.8	80.1	104	8.5
C17	9:45	138	04	35.0	E	36	03	13.8	N	5.02	14.5	89.2	100	10.5
C18	9:34	138	05	08.1	E	36	03	11.1	N	5.66	12.0	86.1	106	9.5
C19	9:20	138	05	19.1	E	36	02	57.8	N	5.79	12.8	79.2	97	9.1
C20	9:07	138	05	33.8	E	36	02	46.2	N	5.08	12.8	82.7	104	10.2
K01	9:15	138	04	39.1	E	36	01	56.9	N	3.20	16.2	105.6	93	13.0
K02	9:31	138	04	26.1	E	36	02	10.5	N	4.60	13.6	84.4	91	9.9
K03	9:43	138	04	12.1	E	36	02	21.7	N	4.80	11.3	74.0	102	9.1
K04	9:52	138	03	58.7	E	36	02	32.5	N	4.60	12.6	83.5	100	9.4
K05	10:06	138	03	44.9	E	36	02	45.7	N	3.90	14.2	90.9	98	10.0
K06	10:13	138	03	31.0	E	36	02	58.4	N	3.20	12.8	90.0	92	9.7
K07	10:24	138	03	14.7	E	36	03	09.8	N	1.90	12.4	88.3	95	9.4
K08	10:31	138	03	32.9	E	36	03	08.9	N	2.80	12.3	68.8	98	8.4
K09	10:39	138	03	50.7	E	36	03	18.0	N	3.30	11.9	71.0	93	7.9
K10	10:48	138	03	48.9	E	36	03	06.8	N	4.10	12.0	74.9	99	8.9
K11	10:55	138	04	02.1	E	36	02	55.1	N	5.10	12.1	90.0	91	9.8
K12	11:04	138	04	15.8	E	36	02	42.5	N	5.70	13.5	90.0	95	10.4
K13	11:13	138	04	28.8	E	36	02	30.3	N	5.90	12.6	97.4	92	9.9
K14	11:21	138	04	42.3	E	36	02	19.3	N	5.60	12.7	101.7	91	10.0
K15	11:30	138	04	56.0	E	36	02	06.5	N	0.90	13.1	93.5	bottom(*)	10.3
K16	11:39	138	05	12.8	E	36	02	14.6	N	2.80	13.8	102.2	98	9.9
K17	11:47	138	05	29.4	E	36	02	24.3	N	3.70	15.5	130.7	91	11.9
K18	11:55	138	05	47.0	E	36	02	32.8	N	2.10	14.0	106.1	90	10.6
K19	12:04	138	06	01.7	E	36	02	32.7	N	1.10	20.5	72.7	77	9.1
K20	12:12	138	06	18.2	E	36	02	40.8	N	1.50	15.4	99.6	93	10.9
T01	11:31	138	06	35.8	E	36	02	59.7	N	1.70	18.5	123.4	89	13.6
T02	11:26	138	06	37.9	E	36	03	10.9	N	1.76	18.6	145.5	84	15.1
T03	11:17	138	06	32.9	E	36	03	27.6	N	2.00	15.5	119.9	81	13.8
T04	11:08	138	06	19.8	E	36	03	39.4	N	2.15	13.6	104.8	108	10.9
T05	10:57	138	06	05.2	E	36	03	52.3	N	2.20	13.1	98.7	101	10.3
T06	10:50	138	05	43.2	E	36	03	49.1	N	3.24	12.3	70.6	115	8.0
T07	10:43	138	05	28.2	E	36	03	50.7	N	2.65	13.1	86.6	113	9.4
T08	10:37	138	05	09.5	E	36	03	40.9	N	3.70	11.6	70.1	121	8.2
T09	10:29	138	05	25.1	E	36	03	40.1	N	4.37	12.7	77.1	121	8.7
T10	10:23	138	05	55.1	E	36	03	37.1	N	4.14	13.4	75.3	116	8.3
T11	10:17	138	06	09.2	E	36	03	25.2	N	3.37	13.0	77.9	107	7.8
T12	10:11	138	06	22.4	E	36	03	13.0	N	2.08	16.2	123.4	103	12.2
T13	10:03	138	06	20.1	E	36	02	50.8	N	2.14	12.3	89.6	101	8.4
T14	9:55	138	06	06.0	E	36	03	03.2	N	3.41	12.2	89.2	114	8.0
T15	9:46	138	05	53.3	E	36	03	15.1	N	4.98	12.5	90.5	110	9.0
T16	9:39	138	05	39.8	E	36	03	28.0	N	5.04	12.7	91.8	107	8.9
T17	9:33	138	05	22.0	E	36	03	18.7	N	5.22	12.2	87.0	111	10.0
T18	9:25	138	05	35.9	E	36	03	07.2	N	4.90	13.9	95.2	120	10.9
T19	9:16	138	05	49.5	E	36	02	54.8	N	4.70	13.4	91.3	110	9.4
T20	9:09	138	06	02.6	E	36	02	41.6	N	2.92	14.7	102.6	92	10.8

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

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

附表1 諏訪湖の水質データ (2014年8月11日) 続き
 Appendix table 1. Observed water quality data in Lake Suwa on August 11, 2014
 (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	24.3	24.3	24.3	24.2	24.0	<i>23.2</i>			6.53	6.47	6.44	6.08	5.57	<i>2.31</i>		
C02	24.2	24.2	24.1	23.7	<i>23.6</i>				7.42	7.10	6.06	3.48	<i>3.43</i>			
C03	24.2	24.2	24.2	24.1	23.8	<i>23.0</i>			7.53	7.43	7.24	7.00	5.75	<i>3.09</i>		
C04	24.2	24.3	24.3	<u>24.3</u>					7.50	7.48	7.40	<u>7.27</u>				
C05	24.4	24.3	24.3	24.3	<u>24.2</u>				7.12	7.01	6.85	6.81	<u>6.72</u>			
C06	24.3	24.3	24.3	<i>22.9</i>					8.37	8.35	8.21	<i>7.40</i>				
C07	24.3	24.1	<i>22.8</i>						7.88	7.84	<i>8.05</i>					
C08	24.4	24.4	24.4	24.3	23.9	<i>23.8</i>			7.14	7.06	6.64	6.44	5.22	<i>4.03</i>		
C09	24.5	24.5	24.4	24.3	24.1	<u>23.5</u>			6.76	6.45	6.02	5.63	5.19	<u>2.02</u>		
C10	24.7	24.7	24.5	24.3	24.1	23.5	<i>23.5</i>		7.04	6.97	6.50	5.93	5.36	2.59	<i>2.11</i>	
C11	25.0	24.9	24.6	24.4	24.2	23.8	<i>23.2</i>		6.98	6.94	6.64	5.37	5.13	4.21	<i>0.30</i>	
C12	24.7	24.7	24.4	24.3	24.2	24.1	<i>23.2</i>		6.34	6.28	5.96	5.67	5.70	5.71	<i>1.47</i>	
C13	24.6	24.5	24.3	24.2	24.1	24.1	<i>21.4</i>		6.45	6.42	6.17	5.85	5.85	5.89	<i>6.07</i>	
C14	25.1	24.7	24.4	24.3	24.1	23.8	22.4	<i>22.4</i>	6.62	6.65	6.20	5.47	4.90	4.23	0.65	<i>0.10</i>
C15	24.3	24.3	24.2	24.2	24.1	23.0	<i>22.0</i>		6.52	6.47	6.15	6.05	5.50	3.70	<i>2.50</i>	
C16	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	23.3	<i>23.2</i>		5.93	5.77	5.56	5.52	5.36	2.23	<i>1.51</i>	
C17	24.2	24.1	24.1	24.0	24.0	<i>24.0</i>			7.10	6.98	6.97	6.81	6.68	<i>6.30</i>		
C18	24.0	24.1	24.1	24.1	24.1	22.1	<i>21.8</i>		6.22	6.20	6.04	6.08	6.03	3.65	<i>3.65</i>	
C19	24.1	24.2	24.2	24.2	24.1	22.5	<i>22.0</i>		5.40	5.36	5.19	5.24	4.52	4.67	<i>0.26</i>	
C20	24.0	24.0	24.1	24.1	24.0	<u>21.3</u>			5.58	5.46	5.34	5.29	5.33	<u>4.36</u>		
K01	24.1	24.2	24.0	24.0	<i>24.0</i>				7.14	6.81	4.95	4.40	<i>4.37</i>			
K02	24.1	24.1	24.0	24.0	24.0	<i>23.8</i>			6.47	6.12	5.14	4.71	4.10	<i>1.08</i>		
K03	24.3	24.2	24.0	24.0	24.0	<i>23.9</i>			6.28	5.69	5.02	4.70	4.34	<i>3.49</i>		
K04	24.4	24.2	24.1	24.0	23.9	<i>23.9</i>			6.94	6.12	5.42	5.05	2.19	<i>0.94</i>		
K05	24.6	24.5	24.2	23.9	<i>23.9</i>				7.43	7.08	5.80	3.65	<i>3.40</i>			
K06	24.4	24.3	24.0	23.9	<i>23.9</i>				7.56	7.24	5.39	2.65	<i>2.50</i>			
K07	24.2	24.2	<i>24.0</i>						7.78	7.11	<i>5.19</i>					
K08	24.5	24.4	24.2	<i>23.4</i>					7.57	7.32	6.02	<i>3.76</i>				
K09	25.0	24.3	24.1	24.0	<i>23.9</i>				7.34	6.77	6.07	5.45	<i>5.02</i>			
K10	24.7	24.5	24.2	24.1	<u>23.9</u>				7.32	7.15	6.31	5.39	<u>3.12</u>			
K11	24.5	24.5	24.3	24.0	23.9	<u>23.3</u>			7.72	7.38	6.73	5.35	4.24	<u>2.20</u>		
K12	24.5	24.6	24.3	24.1	24.0	23.6	<i>23.5</i>		7.78	7.44	6.30	5.23	4.87	1.45	<i>0.38</i>	
K13	24.6	24.6	24.4	24.1	24.0	23.7	<i>23.8</i>		7.55	7.39	6.99	5.79	5.22	1.17	<i>0.85</i>	
K14	24.7	24.6	24.4	24.2	24.0	23.6	<i>23.4</i>		7.45	7.33	6.50	5.37	4.85	1.70	<i>0.56</i>	
K15	25.4	<i>25.5</i>							9.81	<i>9.87</i>						
K16	24.8	24.8	24.7	<i>24.3</i>					7.86	7.76	7.56	<i>7.09</i>				
K17	24.8	24.7	24.5	24.3	<i>23.0</i>				8.42	8.34	8.17	7.92	<i>7.40</i>			
K18	24.4	24.4	<u>20.2</u>						8.87	8.94	<u>7.48</u>					
K19	23.6	<u>22.0</u>							9.37	<u>6.90</u>						
K20	24.2	24.2	<i>24.0</i>						9.03	9.09	<i>8.25</i>					
T01	24.5	24.3	<i>24.2</i>						7.96	7.85	<i>7.60</i>					
T02	24.4	24.4	<i>24.3</i>						6.35	6.23	<i>5.89</i>					
T03	24.7	24.5	<i>24.4</i>						5.07	3.73	<i>2.86</i>					
T04	24.4	24.3	<u>24.2</u>						6.39	6.24	<u>5.17</u>					
T05	24.2	24.1	<u>24.1</u>						6.34	5.69	<u>4.72</u>					
T06	24.0	24.1	24.0	23.9	<i>23.9</i>				5.72	5.62	5.07	4.86	<i>4.83</i>			
T07	24.2	24.1	24.1	<i>24.0</i>					6.49	6.45	5.12	<i>4.14</i>				
T08	24.1	24.1	24.1	24.0	<i>23.7</i>				5.94	5.81	5.40	5.05	<i>3.80</i>			
T09	23.9	23.9	23.9	23.9	23.6	<i>23.6</i>			6.06	6.03	5.89	5.78	4.73	<i>4.17</i>		
T10	23.8	23.9	23.9	24.0	<u>24.0</u>				5.88	5.79	5.60	5.71	<u>5.06</u>			
T11	23.8	23.9	23.9	24.0	<i>24.0</i>				5.60	5.60	5.46	5.44	<i>5.58</i>			
T12	23.8	23.9	<i>24.0</i>						7.12	7.00	<i>6.80</i>					
T13	23.7	23.8	<u>23.8</u>						6.35	6.29	<u>6.16</u>					
T14	23.8	23.8	23.9	23.9	<i>23.9</i>				6.18	6.14	5.98	5.92	<i>5.82</i>			
T15	23.9	23.9	23.9	23.9	24.0	<i>23.9</i>			6.03	5.98	5.82	5.65	5.72	<i>5.25</i>		
T16	23.8	23.9	23.9	23.9	23.9	<i>23.6</i>			6.05	6.02	5.92	5.83	5.68	<i>4.35</i>		
T17	24.0	24.1	24.1	24.1	24.0	22.0	<i>21.7</i>		5.80	5.62	5.50	5.56	4.43	4.72	<i>4.65</i>	
T18	23.9	24.0	24.0	24.1	24.1	<i>23.9</i>			5.77	5.78	5.64	5.50	5.37	<i>5.26</i>		
T19	23.8	23.9	23.9	23.9	23.9	<i>23.2</i>			5.77	5.73	5.74	5.71	5.66	<i>5.37</i>		
T20	23.8	23.9	23.8	<i>23.5</i>					6.69	6.66	6.40	<i>6.14</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.