

2013 夏季における諏訪湖の水平・垂直水質分布

柳町晴美, 宮原裕一, 山本雅道, 花里孝幸
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 2013

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

2013年8月19日, 10月18日の諏訪湖は, 2002年以降の同時期の平均よりも汚濁しており, 特に8月19日は, 2003年以降では, 2004年8月30日と同様に最も汚濁していた。

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。2013年8月19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.が高い。W.T.0mがやや低い」というパターンである。2013年10月18日の第1成分は, 「Chl-*a*が高い所では, Trans.が低く, W.T.0mがやや高い」, 「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。

2013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22日(27.7°C), 水深3mのピークは8月21日(26.7°C)に出現した。水深1mと水深3mの水温は, 水温差があまり拡大せず近接して推移した。

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, 2012年までの11年間に24日間の水平分布に関するデータ, 2005年以降の16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, 2013)。

2013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, 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。

2013年夏季も2012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, 2013年夏季の諏訪湖の水質分布パターンと, 2013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

2013年夏季の水質観測日は8月19日, 10月18日である。

観測方法は, 2002~2012年に実施したものに準拠し, 2012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

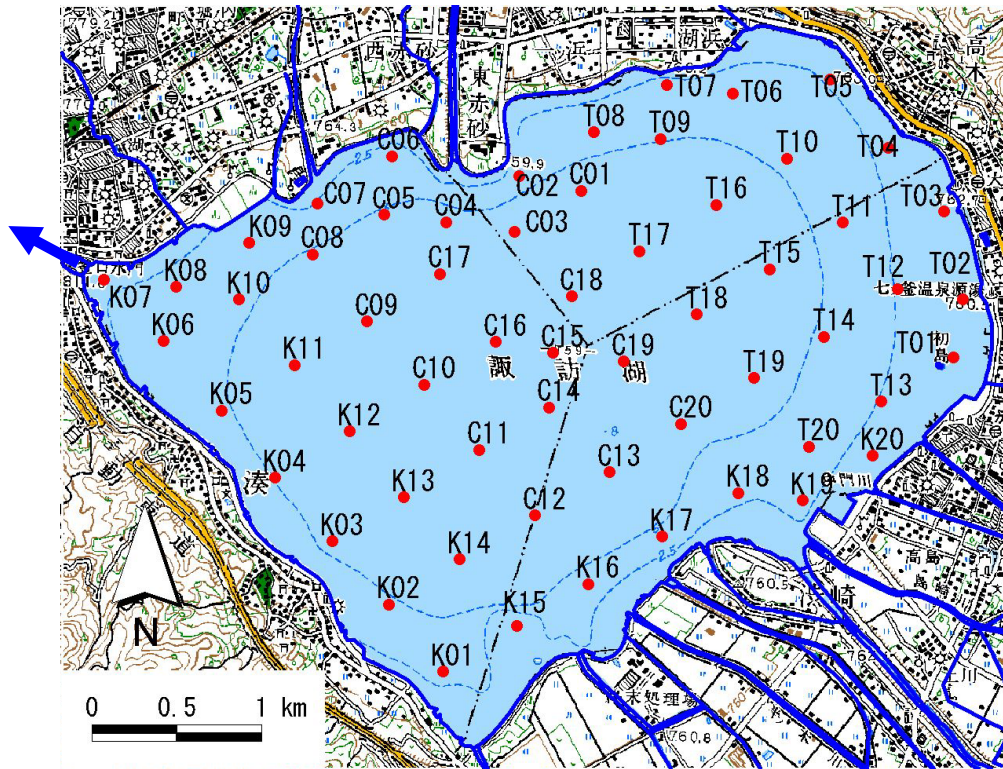


図1 60観測地点と流入・流出河川（5万分の1地形図「諏訪」）（柳町ほか，2009）

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

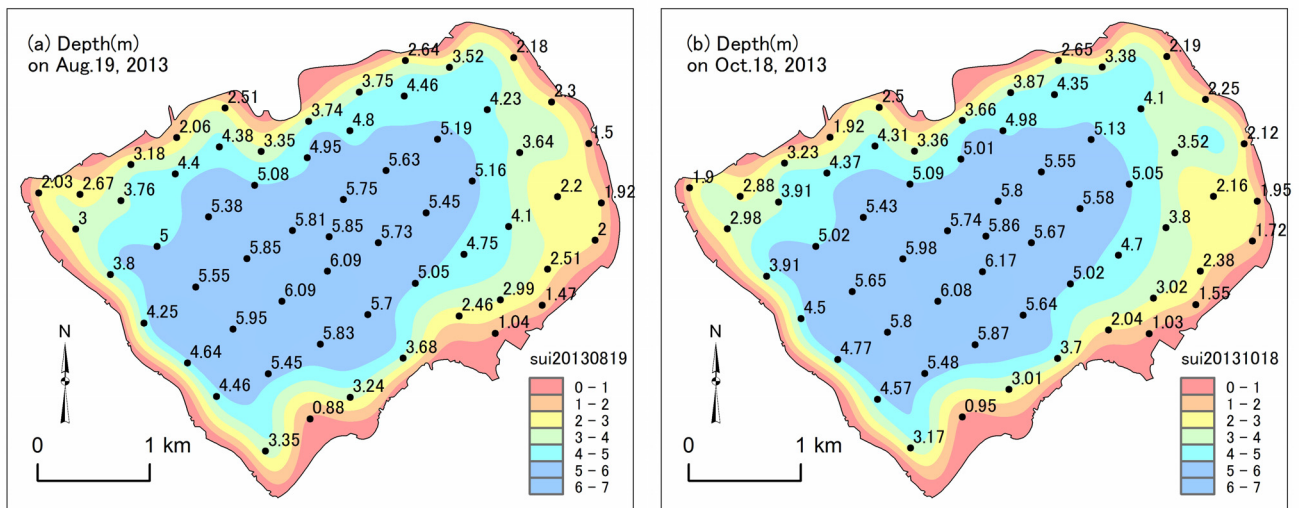


図2 観測日毎の諏訪湖の水深
(a) 2013年8月19日 (b) 2013年10月18日

Fig.2. Depth of Lake Suwa on each observation date
(a) August 19, 2013 (b) October 18, 2013

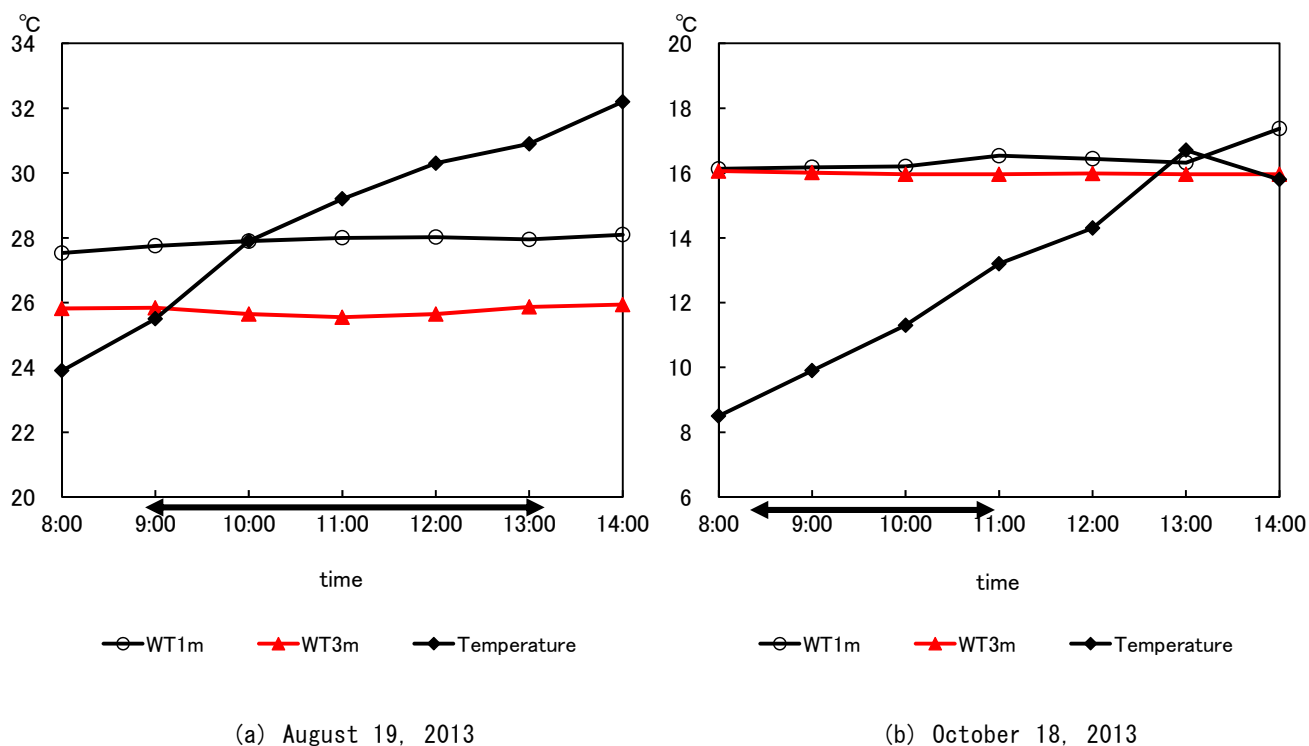


図3 湖心(C15)における水温
 Fig.3. Water temperatures at the center of Lake Suwa (C15)
 Allows show the time span of observation on August 19, 2013 and on October 18, 2013.

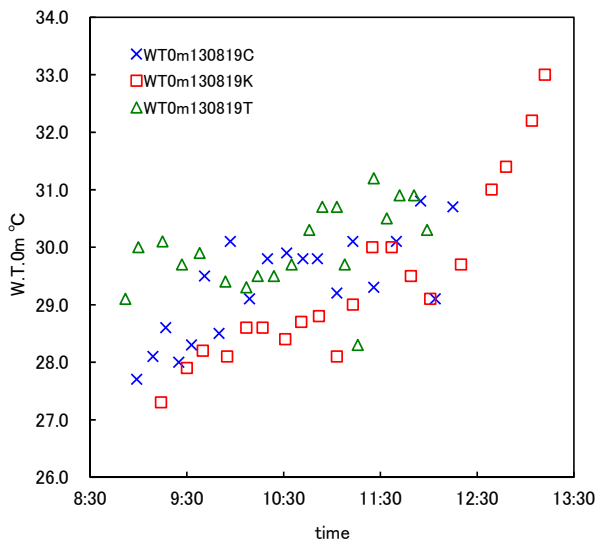
表1 観測時刻と水質要素間の相関係数, スピアマンの順位相関係数
 Table 1. Correlation coefficients and Spearman's rank correlation coefficients between the observation time and the water quality elements

	August 19, 2013					October 18, 2013				
	r	p value	r _s	p value	N	r	p value	r _s	p value	N
SS	0.225	0.090	0.336	0.010 **	58	-0.586	0.000 **	-0.617	0.000 **	60
Chl-a	0.305	0.020 *	0.415	0.001 **	58	0.314	0.015 *	0.309	0.016 *	60
IL	0.234	0.078	0.336	0.010 **	58	-0.516	0.000 **	-0.532	0.000 **	60
Trans.	-0.431	0.001 **	-0.476	0.000 **	58	-0.276	0.033 *	-0.240	0.064	60
DO 0m	0.617	0.000 **	0.656	0.000 **	58	0.503	0.000 **	0.423	0.001 **	60
DO 1m	0.310	0.020 *	0.359	0.007 **	56	0.593	0.000 **	0.523	0.000 **	58
DO 2m	-0.013	0.930	-0.015	0.914	51	0.300	0.031 *	0.239	0.088	52
DO 3m	-0.172	0.277	-0.132	0.403	42	0.171	0.280	0.200	0.203	42
DO 4m	-0.219	0.236	-0.081	0.667	31	0.211	0.273	0.151	0.436	29
DO 5m	0.259	0.316	0.258	0.317	17	-0.023	0.929	0.001	0.996	17
W.T. 0m	0.702	0.000 **	0.642	0.000 **	58	0.709	0.000 **	0.714	0.000 **	60
W.T. 1m	0.125	0.358	0.200	0.139	56	0.560	0.000 **	0.455	0.000 **	58
W.T. 2m	-0.299	0.033 *	-0.239	0.092	51	0.361	0.009 **	0.295	0.034 *	52
W.T. 3m	-0.321	0.038 *	-0.287	0.065	42	-0.088	0.579	0.206	0.190	42
W.T. 4m	0.127	0.497	0.098	0.598	31	0.235	0.221	0.202	0.293	29
W.T. 5m	0.110	0.674	-0.012	0.962	17	-0.024	0.927	0.045	0.863	17

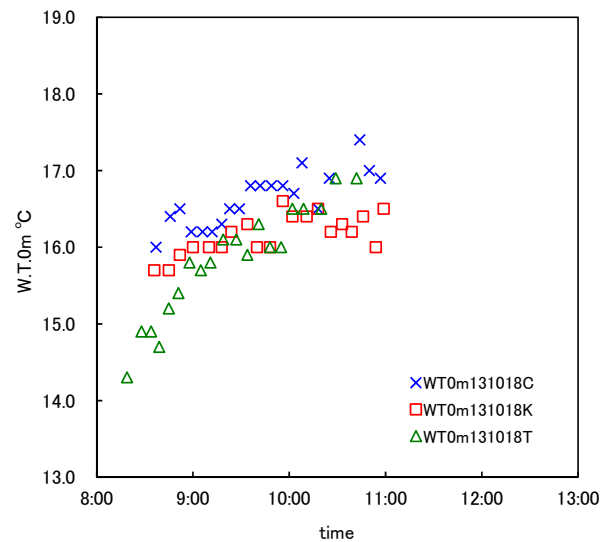
** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

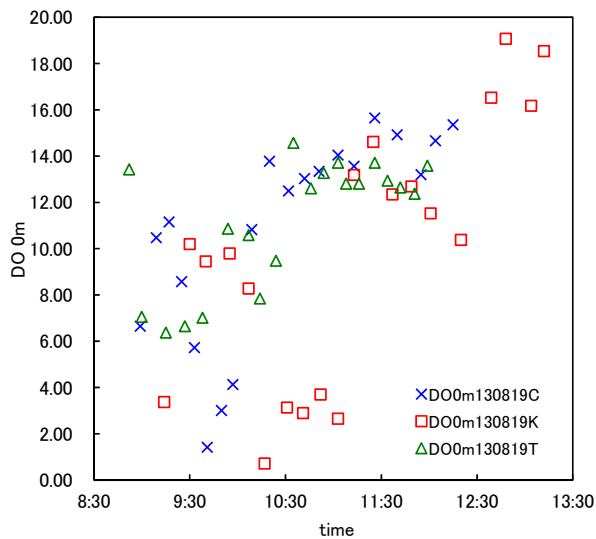
C06 and T03 on Aug.19, 2013 are excluded from the calculations.



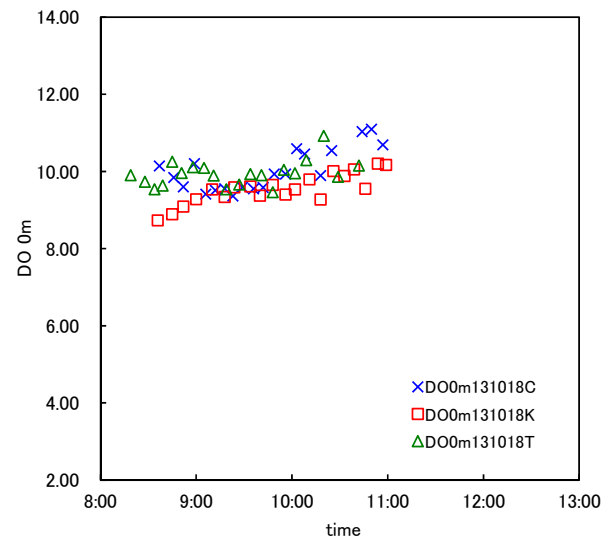
(a) W. T. 0m on August 19, 2013



(b) W. T. 0m on October 18, 2013



(c) DO 0m on August 19, 2013



(d) DO 0m on October 18, 2013

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

位置を示す。図2は観測日毎の水深分布図である。

観測時間は8月19日8:52~13:12, 10月18日8:19~10:59, 所要時間はそれぞれ4時間20分, 2時間40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。

8月19日のTコースにおける水温とDOの計測は, 観測機材の都合により, 水深3mまでをHQ測定器, それよりも深い水深の計測は, YSI測定器で実施した。3mよりも深い測定値は, 回帰式

によりHQの測定値に換算した。回帰式¹⁾は, HQとYSIの両方の観測値23組(T06, T08, T09, T10: 水深0m, 1m, 2m, 3m; T11, T14, T15, T16, T17, T18, T19: 水深3mの観測値)から算出した。

2012年までの解析方法と同様に, 2013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。

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

August 19, 2013						
	SS(mg/L)	Chl- <i>a</i> (μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)	
Max	42.7	373.6	40.5	148	6.09	
Min	5.7	6.5	5.1	32	0.88	
Mean	17.6	110.9	16.5	68.9	3.97	
S.D.	7.3	63.9	7.0	25.3	1.47	
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	19.06	14.91	6.69	4.18	2.54	0.75	
Min	0.71	1.46	0.41	0.42	0.08	0.06	
Mean	10.65	6.50	3.25	1.99	0.71	0.22	
S.D.	4.38	3.38	1.23	0.82	0.64	0.25	
N	60	58	52	42	31	17	0

	W.T.0m(°C)	W.T.1m(°C)	W.T.2m(°C)	W.T.3m(°C)	W.T.4m(°C)	W.T.5m(°C)	W.T.6m(°C)
Max	33.0	29.4	28.1	26.9	26.3	25.9	
Min	27.3	26.6	26.2	25.8	25.2	24.4	
Mean	29.6	28.0	27.1	26.4	25.8	25.0	
S.D.	1.1	0.7	0.5	0.3	0.3	0.4	
N	60	58	52	42	31	17	0

October 18, 2013						
	SS(mg/L)	Chl- <i>a</i> (μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)	
Max	26.2	105.2	17.0	65	6.17	
Min	18.1	74.0	11.7	51	0.95	
Mean	21.8	89.0	14.5	57.0	3.97	
S.D.	2.0	7.3	1.4	3.4	1.48	
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	11.09	11.73	10.84	9.36	9.00	8.89	
Min	8.73	8.25	8.13	7.65	7.52	7.40	
Mean	9.84	9.55	8.75	8.48	8.29	8.05	8.22
S.D.	0.47	0.70	0.48	0.38	0.39	0.43	
N	60	58	52	42	29	17	1

	W.T.0m(°C)	W.T.1m(°C)	W.T.2m(°C)	W.T.3m(°C)	W.T.4m(°C)	W.T.5m(°C)	W.T.6m(°C)
Max	17.4	17.0	16.5	16.3	16.3	16.1	
Min	14.3	14.5	14.4	13.6	15.2	15.6	
Mean	16.2	16.0	15.9	15.9	15.9	15.9	
S.D.	0.6	0.5	0.4	0.4	0.2	0.2	
N	60	58	52	42	29	17	1

W.T., DO については、垂直分布の特徴を調べた。

さらに、2012 年までと同様に、2013 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）の毎時気温は上昇したが、湖心

（C15 測点）における水深 1m 水温（WT1m）、水深 3m 水温（WT3m）ともほとんど上昇していない（図 3、観測時間帯は矢印で表示）。

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（表 1）、観測時刻との散布図（図 4）から調べた。

2013 年 8 月 19 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 $0.702 p=0.000$ 、スピアマンの順位相関係数は $0.642 p=0.000$ 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・IL が平均値+3 σ を超える C06 と, SS・Chl-*a*・IL が平均値+3 σ を超える T03 を除く 58 測点の相関係数)。

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 12 時 30 分頃まで上昇, 下降を繰り返しながら次第に上昇した。12 時 30 分以降に観測した K コースの最後の 4 測点 (K17~K20) では, W.T.0m が急激な上昇傾向を示した。K17~K20 の観測時刻は, 他のコースの測点よりも遅く, 時間経過に伴う昇温が顕著であった可能性がある。

10 月 18 日の W.T.0m と観測時刻との相関係数は 0.709 $p=0.000$, スピアマンの順位相関係数は 0.714 $p=0.000$ であり (60 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, C コース, K コースの水温はやや上昇し, T コースの水温は他のコースより上昇傾向が顕著であった。ただし, 8 月 19 日よりも近接した値で推移した。

表層の DO (DO.0m) についての時間経過に伴う変化は, 観測時刻との散布図 (図 4 (c), (d)) では, 2 日とも全体としてやや上昇傾向にある。ただし, 8 月 19 日は上昇・下降の変動が大きく, 10 月 18 日は, 8 月 19 日に比べて測点間の変動が小さく上昇幅も相対的に小さい。

(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, 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。

8 月 19 日における SS, Chl-*a*, IL, Trans. の全測点平均値は, 17.6mg/L, 110.9 μ g/L, 16.5 mg/L, 68.9cm, 10 月 18 日における SS, Chl-*a*, IL, Trans. の全測点平均値は, 21.8mg/L, 89.0 μ g/L, 14.5 mg/L, 57.0cm である (表 2)。

2 日間の SS, IL の平均値にはあまり差がない。Chl-*a*, Trans の平均値は 8 月 19 日の方が 10 月 18 日よりも高い。これら 4 要素の標準偏差は, いずれも 10 月 18 日の方が 8 月 19 日よりも小さく, 10 月 18 日には地域差が小さい状況であった。

2003 年~2012 年では, SS, Chl-*a* の平均値は, 7・8 月の観測日の方が, 9・10 月の観測日よりも低く, Trans. の平均値は逆に 7・8 月の方が, 9・10 月よりも高い傾向が一般的であったが, 2013

年の Chl-*a* は 8 月の方が 10 月より高く, これまでの観測とは異なる状況である。一方, 2013 年の SS, Trans. は, 8 月と 10 月の差が小さいものの, 2012 年までと同様に 10 月の方が高かった。

8 月 19 日, 10 月 18 日の 60 測点平均値を, それぞれ, 2002~2013 年の 7・8 月 14 観測日平均 (SS 10.6mg/L, Chl-*a* 47.1 μ g/L, Trans 120.5cm), 9・10 月 12 観測日平均 (SS 17.1mg/L, Chl-*a* 80.0 μ g/L, Trans 85.0cm) と比較する。

8 月 19 日の SS, Chl-*a* は, 7・8 月 14 観測日中, 2004 年 8 月 30 日に次いで 2 番目に高かった。Trans. は 14 観測日中の最小値であった。

10 月 18 日の, SS, Chl-*a* は, 9・10 月 12 観測日平均以上, Trans. は平均以下であった。

2005 年以降測定している IL は, 7・8 月 8 観測日平均 (7.3mg/L), 9・10 月 9 観測日平均 (11.0mg/L) よりも, 2013 年の観測値の方がそれぞれ高く, 8 月 19 日の IL は, 7・8 月 8 観測日中の最大値であった。

8 月 19 日の SS, Chl-*a*, IL の, 60 測点の最大値は, 2003~2013 年 7・8 月 14 日観測日 (IL は 8 観測日) 中の最大値であり, さらに, 8 月 19 日の Trans. の 60 測点の最小値 32 cm は, 2003~2013 年 7・8 月全観測日 (14 日) 中の最小値であった。

8 月 19 日の W.T.1m~W.T.5m までの水深 1m 毎の各平均値は, W.T.1m~W.T.5m の測定を開始した 2005 年以降の 8 月 9 観測日中の最大値であった (2005 年以降の観測日はすべて 8 月)。W.T.0m 平均値は, 2003 年以降の 7・8 月 14 観測日中の最大値であった。

10 月 18 日の SS, Chl-*a*, Trans. の標準偏差は, 2002~2013 年 9・10 月 12 観測日中の最小であり, 例年同時期よりも地域差が小さい状況であった。

2013 年 8 月 19 日, 10 月 18 日の諏訪湖は, 例年同時期よりも汚濁しており, 特に 8 月 19 日は, 2003 年以降では, 2004 年 8 月 30 日と同様に最も汚濁していた。

(3) 表層水質データの水平分布

8 月 19 日の表層水質 4 要素の分布図を図 5 に示す。SS は諏訪湖東岸付近で高く, 西岸付近で低い。Chl-*a* も東岸付近で高く, 北西岸付近で低い。Trans. は東部で低く, 北西端~西岸付近で高い。SS, Chl-*a* が高い (低い) 所は, 概ね, Trans. が低い (高い)。

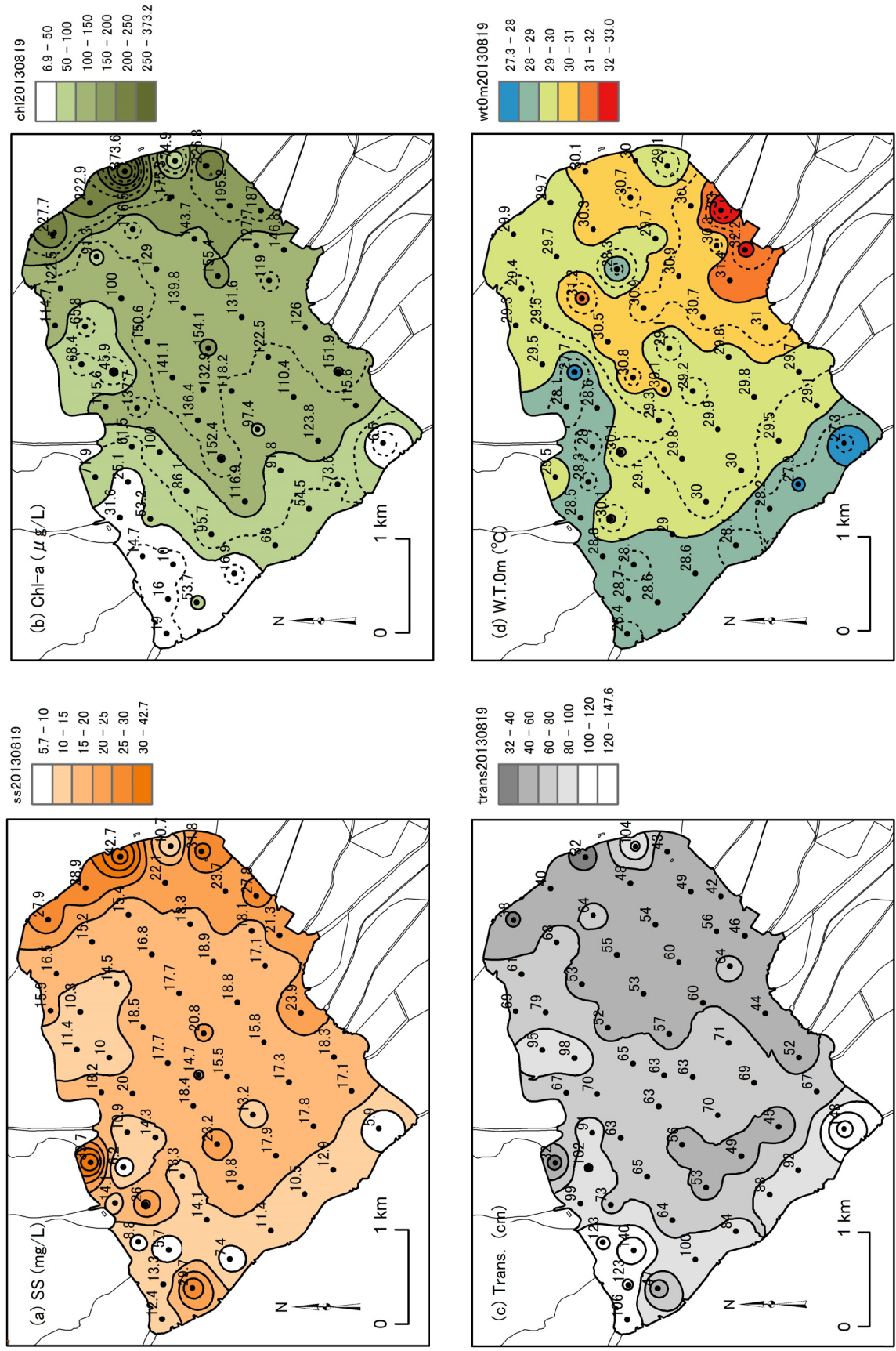


図 5 水質分布図 (2013 年 8 月 19 日) (a) 懸濁物質濃度, (b) クロロフィル *a* 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温
 Fig. 5. Water quality maps of Lake Suwa on August 19, 2013. (a) SS, (b) Chl-*a*, (c) Trans., (d) W.T.0m

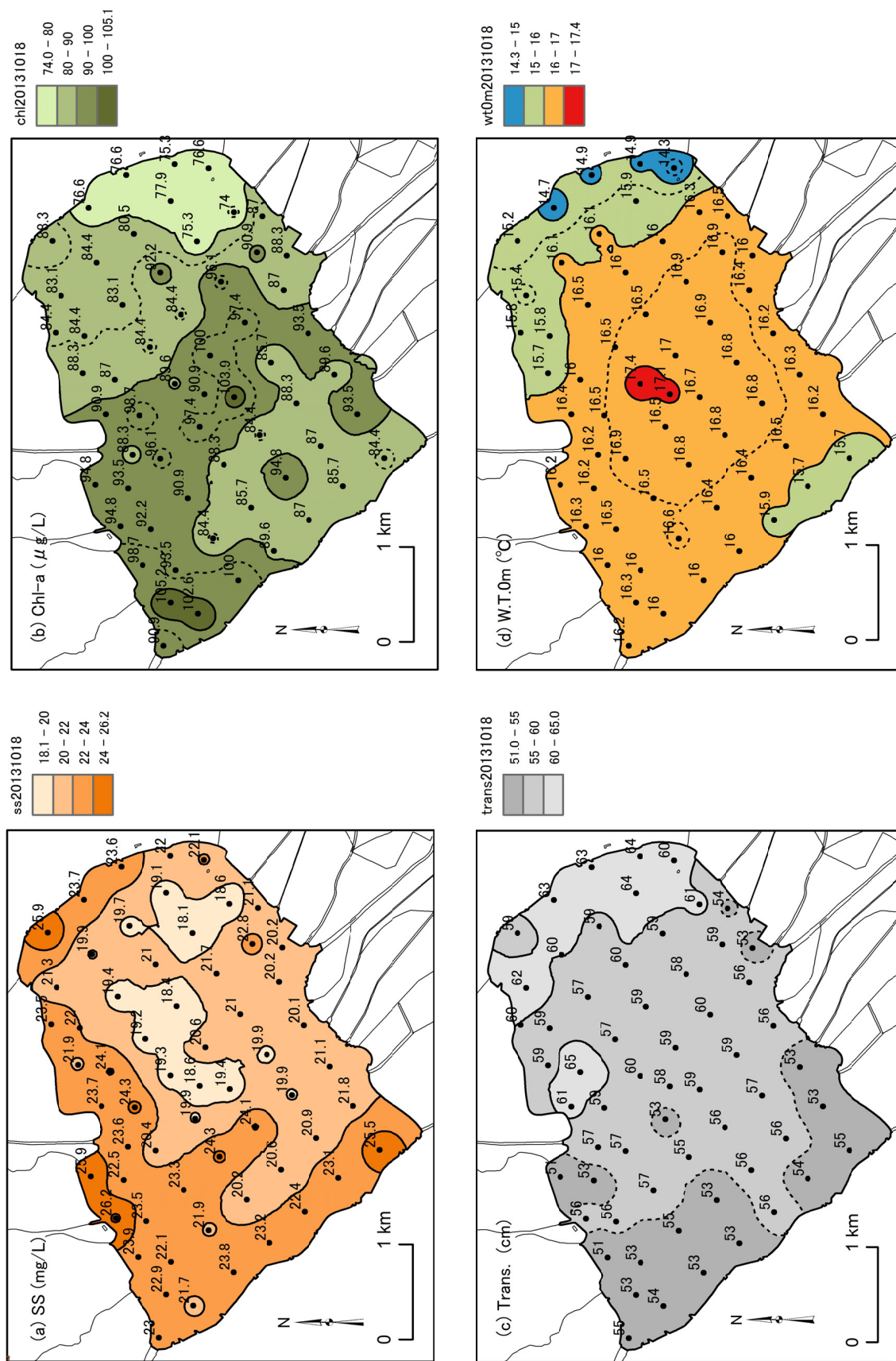


図 6 水質分布図 (2013 年 10 月 18 日) (a) 懸濁物質質量, (b) クロロフィル *a* 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温

Fig. 6. Water quality maps of Lake Suwa on October 18, 2013. (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 19, 2013

	SS	ρ	Chl- <i>a</i>	ρ	IL	ρ	Trans	ρ	DO 0m	ρ
SS	1.000									
Chl- <i>a</i>	0.777	0.000 **	1.000							
IL	0.998	0.000 **	0.779	0.000 **	1.000					
Trans	-0.793	0.000 **	-0.843	0.000 **	-0.802	0.000 **	1.000			
DO 0m	0.328	0.012 *	0.640	0.000 **	0.344	0.008 **	-0.674	0.000 **	1.000	
W.T.0m	0.498	0.000 **	0.581	0.000 **	0.506	0.000 **	-0.622	0.000 **	0.650	0.000 **
W.T.0m ¹⁾	0.432	0.001 **	0.577	0.000 **	0.447	0.001 **	-0.619	0.000 **	0.557	0.000 **

C06 and T03 on Aug.19, 2013 are excluded from the calculations.

1) W.T.0m values of K17, K18, K19 and K20 on Aug.19, 2013 are excluded from the calculations.

October 18, 2013

	SS	ρ	Chl- <i>a</i>	ρ	IL	ρ	Trans	ρ	DO 0m	ρ
SS	1.000									
Chl- <i>a</i>	0.186	0.155	1.000							
IL	0.820	0.000 **	0.374	0.003 **	1.000					
Trans	-0.162	0.215	-0.510	0.000 **	-0.321	0.012 *	1.000			
DO 0m	-0.446	0.000 **	0.142	0.279	-0.478	0.000 **	0.365	0.004 **	1.000	
W.T.0m	-0.326	0.011 *	0.480	0.000 **	-0.157	0.231	-0.261	0.044 *	0.355	0.005 **

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

W.T.0m は、諏訪湖南東部で高く、西岸～北西岸北岸に沿って低い。南東部の上川河口付近の高温部は、最後に観測された T17～T20 測点である。

10月18日の表層水質4要素の分布図を図6に示す。SSは諏訪湖西岸～北岸でやや高く、湖中央部～東部でやや低い。Chl-*a*は、北西部～中央部でやや高く東端部でやや低い。Trans.は東岸部付近でやや高く、西岸部付近でやや低い。W.T.0mは、湖中央部で高く、東岸付近で低い。

(4) 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19日のC06のSS, IL, T03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(N=58)。8月19日のK17, K18, K19, K20測点におけるW.T.0mは、時間経過に伴う昇温が顕著であった可能性があるため、これらの4測点も除外した相関係数も算出した(N=54)。

8月19日のSS, Chl-*a*, IL, Trans., DO0m, W.T.0m(N=58, N=54とも)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, Trans.の3要素間の相関係数は絶対値が0.777～0.998と高く、SS, Chl-*a*, ILが同じ分布傾向、Trans.が逆の分布傾向を示唆する。DO0m, W.T.0mは、SS, Chl-*a*, IL

と正相関、Trans.とは負相関である。

10月18日に特に相関係数の絶対値が大きい要素は、SSとILの0.820である。SSとChl-*a*には有意な相関関係がないため、SSにはChl-*a*以外(植物プランクトン起源以外)の有機物の比率が高かったと推測される。Trans.はSS, ILとは有意な負相関であるが、Chl-*a*とは有意な相関が見られない。他の要素間にも有意水準0.05で有意な相関があるが、相関係数の絶対値はSSとILほど高くない。

(5) 各観測日の主成分分析

8月19日と10月18日における、4種類の表層水質要素(SS, Chl-*a*, Trans., W.T.0m)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, 2013)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(a),(c)に、主成分負荷量を表5(a),(c)に示す。

8月19日に関しては、C06(SSが異常値), T03(SS, Chl-*a*が異常値)を除外し、さらに、K17, K18, K19, K20は、時間経過に伴うW.T.0mの昇温が顕著であった可能性があるため、これら4測点も除外した。従って、8月19日は54測点、10月18日は60測点の分析である。

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

(a)
August 19, 2013 N=54 4elements(SS, Chl-*a*, Trans. W.T.0m)

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	3.030	75.7%	75.7%
Component 2	0.599	15.0%	90.7%
Component 3	0.215	5.4%	96.1%

C06, T03, K17, K18, K19 and K20 are excluded from the calculations.

(b)
August 19, 2013 N=58 3elements(SS, Chl-*a*, Trans.)

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.609	87.0%	87.0%
Component 2	0.235	7.8%	94.8%
Component 3	0.156	5.2%	100.0%

C06, T03, K17, K18, K19 and K20 are excluded from the calculations.

(c)
October 18, 2013 N=60 4elements(SS, Chl-*a*, Trans. W.T.0m)

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	1.844	46.1%	46.1%
Component 2	1.279	32.0%	78.1%
Component 3	0.562	14.1%	92.1%

表5 表層水質要素の主成分負荷量

Table 5. Component loadings of surface water quality elements

(a)
August 19, 2013 N=54 4elements(SS, Chl-*a*, Trans. W.T.0m)

	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.867 **	-0.370 **	0.326 *
Chl- <i>a</i>	0.925 **	-0.117	-0.285 *
Trans	-0.940 **	0.064	0.115
W.T.0m	0.734 **	0.667 **	0.120

(b)
August 19, 2013 N=58 3elements(SS, Chl-*a*, Trans.)

	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.917 **	0.396 **	0.041
Chl- <i>a</i>	0.937 **	-0.236	0.258
Trans	-0.943 **	0.151	0.296 *

(c)
October 18, 2013 N=60 4elements(SS, Chl-*a*, Trans. W.T.0m)

	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.066	0.926 **	0.285 *
Chl- <i>a</i>	0.874 **	0.148	0.279 *
Trans	-0.759 **	-0.278 *	0.582 **
W.T.0m	0.706 **	-0.568 **	0.253

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

表6 第1主成分得点に基づく地域区分の特徴

Table 6. Characteristics of the regional divisions based on the component scores of Component 1

	+ (Fig. 7)				▲(Fig. 7)				● (Fig. 7)			
	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. 19, 2013	+	+	-	(+)	-	-	+	(-)	+-	+-	+-	+-
Oct. 18, 2013	+-	+	-	(+)	+-	-	+	(-)	+-	+-	+-	+-

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

また, 8月19日は, 3種類の表層水質要素(SS, Chl-*a*, Trans.) 58測点(K17, K18, K19, K20を含む)の主成分分析(表4(b), 表5(b))も行い, 4要素54測点の結果と比較した。

まず, 4要素を対象とする主成分分析について考察する。

第1成分の固有値は, 8月19日3.030, 10月18日1.844である。寄与率はそれぞれ75.7%, 46.1%である。

第2成分の固有値はそれぞれ0.599, 1.279, 寄与率はそれぞれ15.0%, 32.0%である。

8月19日は, 第1成分の寄与率が高く, 10月18日は, 第1成分だけでなく第2成分で説明される変動の割合も大きい。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19日の第1成分のSS, Chl-*a*, W.T.0mの符号は同じであり, Trans.の符号は逆である。W.T.0mの主成分負荷量は, 第1成分0.743, 第2成分0.667であるので, W.T.0mの変動は, 第1成分だけではなく第2成分によって説明される比率も大きい。従って, 8月19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.が高い。W.T.0mがやや低い」というパターンである。

10月18日のSSの主成分負荷量は, 第1成分の絶対値は0に近く, 第2成分の絶対値が大きい。SSの変動は, 第1成分ではほとんど説明されない。10月18日の第1成分は, 「Chl-*a*が高い所では, Trans.が低く, W.T.0mがやや高い」,

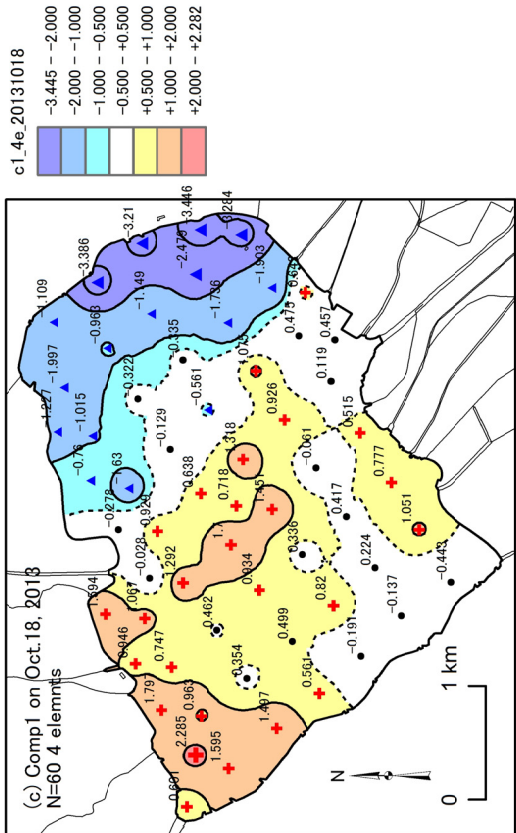
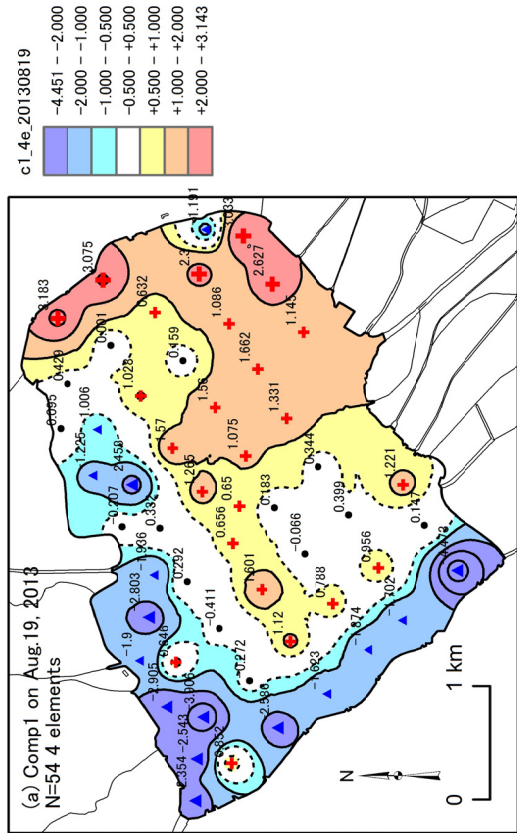
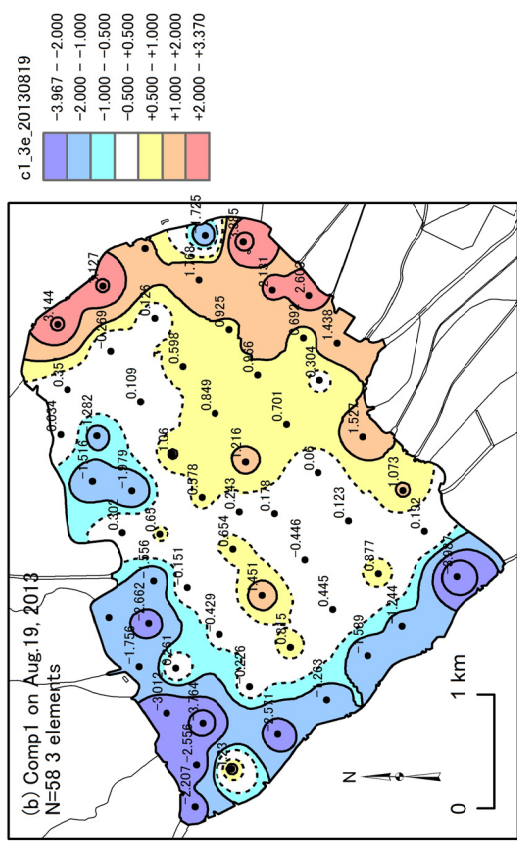
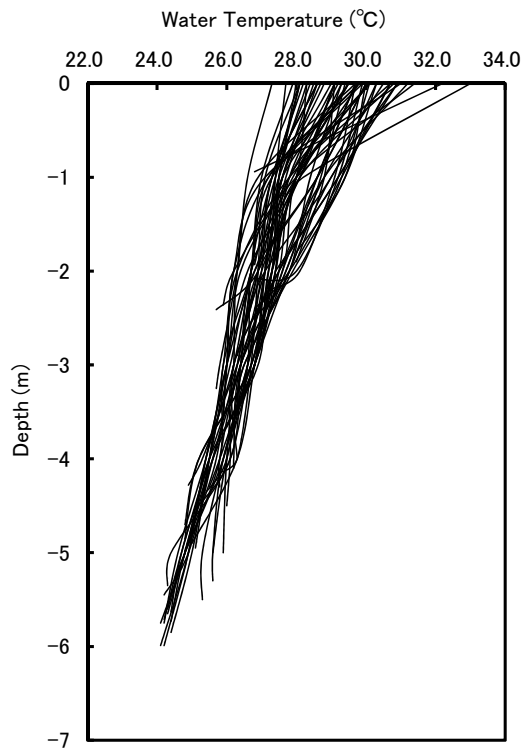
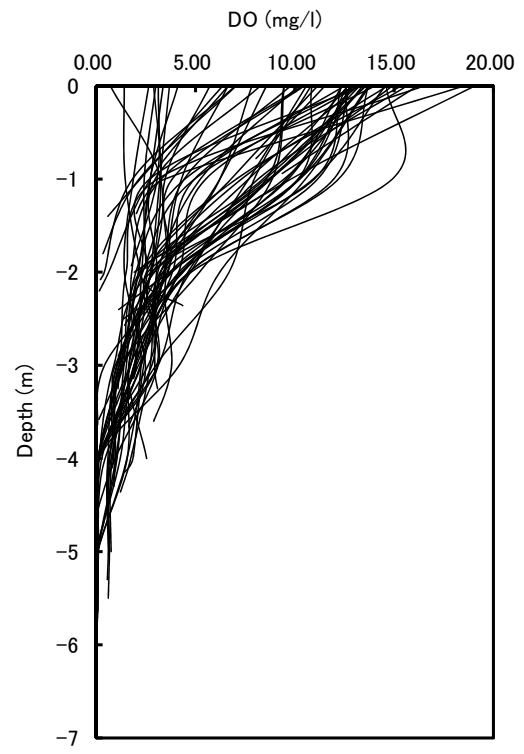


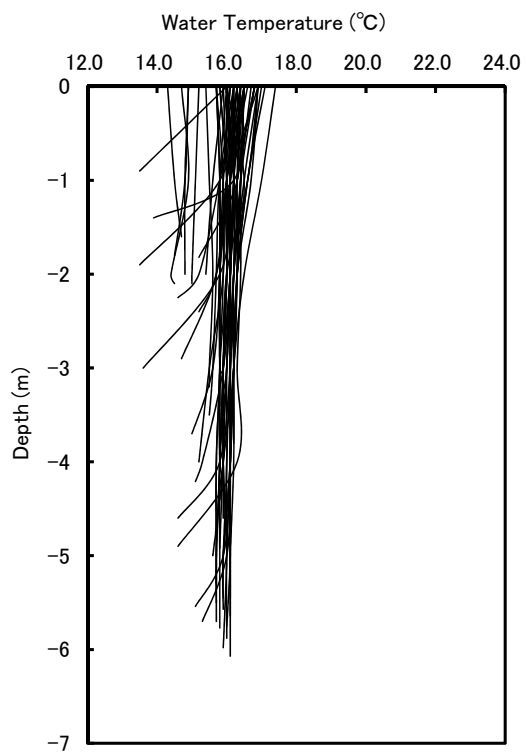
图7 第1主成分の主成分得点分布図
 (a) 2013年8月19日, 4要素 (b) 2013年8月19日, 3要素 (c) 2013年10月18日, 4要素
 (a) August 19, 2013, 4 elements (b) August 19, 2013, 3 elements (c) October 18, 2013, 4 elements



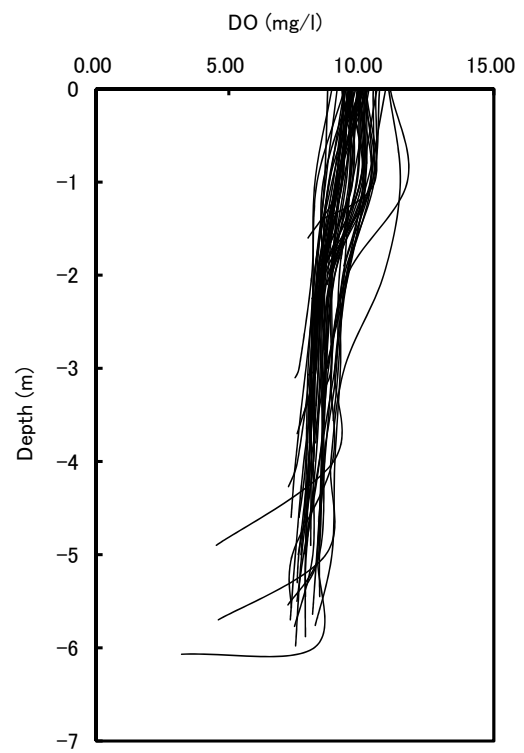
(a) W. T. on August 19, 2013



(b) DO on August 19, 2013



(c) W. T. on October 18, 2013



(d) DO on October 18, 2013

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

「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19日のW.T.0mを除く3要素を対象とする第1成分の主成分負荷量(表5(b))は、4要素を対象とした場合と同様の特徴を持つ。すなわち、「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」。第1成分の寄与率が87.0%と高いため、第1成分により3要素の変動はほぼ説明される。

(6) 各観測日の水質分布の特徴

観測日毎の、4要素を対象とする第1成分の主成分得点分布図を図7(a), (c)に、主成分得点に基づく地域区分の特徴を表6に示す。図7(b)は、8月19日のW.T.0mを除く3要素を対象とする第1成分の主成分得点分布図である。

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、2008~2012年と同様の方法で行った(柳町ほか, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013)。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19日(図7(a))の場合、+の地域「SS, Chl-*a*が高く、Trans.が低く、W.T.0mがやや高い」は、諏訪湖東岸から中央部に分布する。▲の地域「SS, Chl-*a*が低く、Trans.が高く、W.T.0mがやや低い」は、湖の西岸~北西岸に沿って分布する。

8月19日のW.T.0mを除く3要素を対象とする第1成分の主成分得点分布図(図7(b))は、4要素の主成分得点分布図(図7(a))と類似している。「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、これまでの観測日の多くで抽出されたパターンである。8月19日のSS, Chl-*a*, Trans.の3要素は極めて密接に関連しており、また、W.T.0mを含む4要素の主成分得点分布図と、含まない3

要素の主成分得点分布図が類似している。8月19日には、4要素が表6のように連動した分布を示したと言える。

10月18日(図7(c))の場合、+の地域「Chl-*a*が高く、Trans.が低く、W.T.0mがやや高い」は、湖の北西部~中央部に分布する。▲の地域「Chl-*a*が低く、Trans.が高く、W.T.0mがやや低い」は、湖の北東部~東部に分布する。

(7) 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。

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)。

8月19日の水温は、表層から水深1~2m付近まで急激に低下し、それ以深では緩やかに低下する測点が多い(図8(a))。8月19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。

8月19日のDOの垂直分布(図8(b))では、表層のDO値は0~20mg/Lとばらつきが大きく、水深1~2m付近まで急激にDO値が低下する測点が多い。水深2m以深では3以下、湖底直上付近では0に近い値を示す測点が多い。

10月18日の水温の垂直分布は、多くの測点において、湖底直上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))。

10月18日のDOの垂直分布は、多くの測点において、湖底直上までほとんど変化せずに推移しており、水温の垂直分布と類似している。(図8(d))

(8) 2013年夏季の水温変化

2013年夏季の諏訪湖湖心(C15)における水深1m, 3mの水温変化²⁾(1時間間隔, 太線は24時

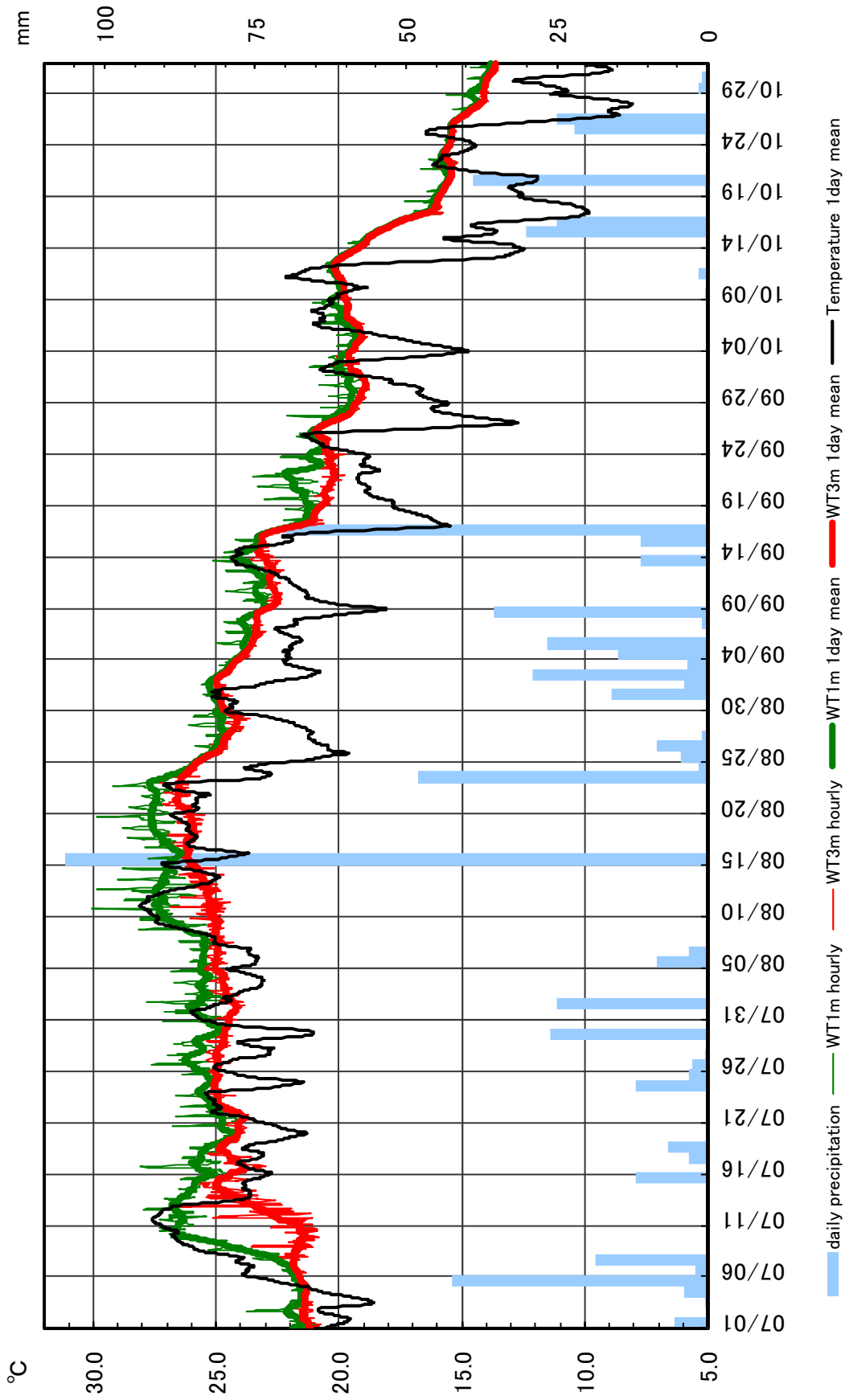


図9 2013年夏季の湖心(C15)における水深1m、水深3mの水温変化と諏訪における日降水量、日平均気温の変化

Fig.9 Variations in water temperatures at depths of 1m and 3m at the center of Lake Suwa (C15) and variations in daily precipitation and daily mean temperature at Suwa observation station in the summer of 2013

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。

2013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22日(27.7℃)、水深3mのピークは8月21日(26.7℃)に出現した。

2013年夏季の諏訪湖の水深1mと水深3mの水温は、水温差があまり拡大せず近接して推移した。5℃以上の差がみられたのは7月10日のみである。その後、8月9日～8月12日頃、水深1mと水深3mの水温差がやや拡大した。その後は、また水温差は拡大せず推移した。

10月9日以降、水深1m、水深3m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。

2013年夏季の水深1m水温と水深3m水温の差が拡大しなかったため、2011年夏季、2012年夏季と同様に、2013年夏季も表層～水深3mまでの湖水が攪拌されやすい状況であった可能性が示唆される。

諏訪(特別地域気象観測所)における2013年夏季の月平均気温は、7月23.7℃(平年比+1.0℃)、8月24.7℃(平年比+0.9℃)、9月19.9℃(平年比+0.4℃)、10月15.0℃(平年比+2.1℃)であり、7月～10月は平年より高温であった。7月・8月の気温は平年より約1℃高めであり、水温成層を阻害する要因とは考えにくい。

月降水量は、7月に平年より少なく(138.5mm, 平年比72.4%)、8月に平年より多かった(222.5mm, 平年比172.1%)。8月15日には106.5mmの降水があり、8月平年値の8割を超える降水量が1日で降った。水深1mと水深3mの水温差は、8月15日頃やや縮小しているが(図9)、8月15日の降水の水温への影響は限定的と考えられる。

4. まとめ

2013年8月19日、10月18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。

2013年8月19日、10月18日の諏訪湖は、例年同時期よりも汚濁しており、特に8月19日は、2003年以降では、2004年8月30日と同様に最も汚濁していた。

2013年10月18日は、例年同時期よりも水質の地域差が小さい状況であった。

2013年8月19日、10月18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、第1成分を主要な水質分布パターンとして抽出した。

8月19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.が高い。W.T.0mがやや低い」というパターンである。

10月18日の第1成分は、「Chl-aが高い所では、Trans.が低く、W.T.0mがやや高い」、「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19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、8月22日(27.7℃)、水深3mのピークは8月21日(26.7℃)に出現した。

2013年夏季の諏訪湖の水深1mと水深3mの水温は、水温差があまり拡大せず近接して推移した。

10月9日以降、水深1m、水深3m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。

注)

1) W.T. と DO の回帰分析の分散分析表を示す。

W.T.	N=23
R	0.9739
R ²	0.9485
Adjusted R ²	0.9460

Analysis of Variance					
	Sum of Sq.	DF	Mean Sq.	F value	P value
Regression	29.4934	1	29.4934	386.7747	0.0000
Residual	1.6014	21	0.0763		
Total	31.0948	22			

Coefficients				
	Reg. Coeff.	Std. Error	t value	P value
Const.	6.7006	1.0612	6.3144	0.0000
WT YSI	0.7792	0.0396	19.6666	0.0000

DO	N=23
R	0.9805
R ²	0.9613
Adjusted R ²	0.9595

Analysis of Variance					
	Sum of Sq.	DF	Mean Sq.	F value	P value
Regression	349.9508	1	349.9508	521.9943	0.0000
Residual	14.0786	21	0.6704		
Total	364.0294	22			

Coefficients				
	Reg. Coeff.	Std. Error	t value	P value
Const.	-0.1648	0.2816	-0.5851	0.5647
DO YSI	1.0748	0.0470	22.8472	0.0000

2) 2012 年までと同様に、水深 5m 水温も計測したが、観測中に測定機器の水深が移動したため、2013 年夏季の水深 5m 水温データは欠測となった。

【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.

(原稿受付 2014. 3. 13)

表7 諏訪湖の水質データ (2013年8月19日)
Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa
on August 19, 2013

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	8:59	138	05	07.5 E	36	03	29.6 N	4.80	10.0	45.9	98	9.2
C02	9:09	138	04	52.7 E	36	03	32.0 N	3.74	18.2	115.6	67	17.1
C03	9:17	138	04	52.6 E	36	03	21.4 N	4.95	20.0	137.7	70	19.0
C04	9:25	138	04	36.1 E	36	03	22.8 N	3.35	10.9	61.5	91	9.8
C05	9:33	138	04	21.2 E	36	03	23.8 N	4.38	6.2	25.1	102	5.7
C06	9:41	138	04	22.8 E	36	03	35.1 N	2.51	39.7	71.9	32	37.9
C07	9:50	138	04	05.9 E	36	03	26.1 N	2.06	14.1	31.6	99	13.2
C08	9:57	138	04	05.7 E	36	03	15.6 N	4.40	26.0	53.2	73	24.9
C09	10:09	138	04	18.1 E	36	03	03.4 N	5.38	13.3	86.1	65	12.4
C10	10:20	138	04	32.2 E	36	02	51.7 N	5.85	23.2	152.4	56	21.6
C11	10:32	138	04	45.1 E	36	02	39.6 N	6.09	13.2	97.4	70	12.6
C12	10:42	138	04	59.3 E	36	02	27.5 N	5.83	17.3	110.4	69	16.9
C13	10:51	138	05	15.9 E	36	02	36.5 N	5.70	15.8	122.5	71	15.0
C14	11:03	138	05	01.0 E	36	02	48.7 N	6.09	15.5	118.2	63	14.6
C15	11:13	138	05	01.3 E	36	02	58.7 N	5.85	14.7	132.9	63	13.8
C16	11:26	138	04	48.1 E	36	03	00.2 N	5.81	18.4	136.4	63	17.0
C17	11:40	138	04	34.2 E	36	03	13.0 N	5.08	14.3	100.0	63	13.2
C18	11:55	138	05	05.9 E	36	03	09.6 N	5.75	17.7	141.1	65	16.6
C19	12:04	138	05	18.9 E	36	02	57.4 N	5.73	20.8	154.1	57	19.6
C20	12:15	138	05	32.5 E	36	02	46.0 N	5.05	18.8	131.6	60	17.8
K01	9:14	138	04	40.9 E	36	01	56.1 N	3.35	5.9	6.5	148	5.1
K02	9:30	138	04	22.8 E	36	02	11.5 N	4.46	12.9	73.6	92	12.1
K03	9:40	138	04	12.1 E	36	02	20.9 N	4.64	10.5	54.5	88	9.5
K04	9:55	138	03	56.2 E	36	02	32.1 N	4.25	11.4	68.0	84	10.4
K05	10:07	138	03	43.7 E	36	02	45.9 N	3.80	7.4	16.9	100	6.5
K06	10:17	138	03	30.9 E	36	02	58.7 N	3.00	29.7	53.7	47	28.1
K07	10:31	138	03	17.3 E	36	03	08.9 N	2.03	12.4	19.0	106	11.3
K08	10:41	138	03	32.0 E	36	03	08.8 N	2.67	13.3	16.0	123	12.3
K09	10:52	138	03	49.8 E	36	03	17.9 N	3.18	8.8	14.7	123	7.5
K10	11:03	138	03	46.7 E	36	03	07.4 N	3.76	5.7	10.0	140	5.1
K11	11:13	138	04	00.0 E	36	02	54.4 N	5.00	14.1	95.7	64	13.3
K12	11:25	138	04	14.3 E	36	02	43.0 N	5.55	19.8	116.9	53	18.6
K13	11:37	138	04	28.0 E	36	02	31.1 N	5.95	17.9	91.8	49	16.4
K14	11:49	138	04	41.0 E	36	02	18.5 N	5.45	17.8	123.8	45	16.6
K15	12:01	138	04	56.4 E	36	02	05.8 N	0.88	17.1	115.6	67	15.6
K16	12:20	138	05	10.5 E	36	02	12.4 N	3.24	18.3	151.9	52	17.0
K17	12:39	138	05	28.9 E	36	02	24.2 N	3.68	23.9	126.0	44	22.6
K18	12:48	138	05	48.4 E	36	02	36.9 N	2.46	17.1	119.0	64	16.3
K19	13:04	138	06	01.5 E	36	02	32.2 N	1.04	21.3	146.8	46	20.0
K20	13:12	138	06	17.9 E	36	02	40.7 N	1.47	27.8	187.0	42	25.5
T01	8:52	138	06	36.1 E	36	03	00.0 N	2.00	31.8	226.8	43	30.1
T02	9:00	138	06	37.9 E	36	03	10.9 N	1.92	10.7	74.9	104	9.6
T03	9:15	138	06	32.8 E	36	03	28.0 N	1.50	42.7	373.6	32	40.5
T04	9:27	138	06	19.1 E	36	03	39.7 N	2.30	28.9	222.9	40	26.8
T05	9:38	138	06	05.2 E	36	03	52.2 N	2.18	27.9	227.7	38	25.4
T06	9:54	138	05	42.4 E	36	03	48.8 N	3.52	16.5	122.5	61	15.4
T07	10:07	138	05	26.6 E	36	03	50.4 N	2.64	15.9	114.7	69	14.4
T08	10:14	138	05	10.5 E	36	03	40.9 N	3.75	11.4	68.4	95	10.6
T09	10:24	138	05	26.5 E	36	03	40.1 N	4.46	10.3	65.8	79	9.5
T10	10:35	138	05	56.3 E	36	03	36.9 N	4.23	15.2	91.3	68	14.4
T11	10:46	138	06	08.3 E	36	03	24.7 N	3.64	15.4	116.5	64	14.6
T12	10:54	138	06	22.3 E	36	03	12.3 N	2.20	22.1	175.3	48	21.0
T13	11:03	138	06	19.5 E	36	02	51.2 N	2.51	23.7	195.2	49	22.6
T14	11:08	138	06	05.1 E	36	03	03.2 N	4.10	18.3	143.7	54	17.5
T15	11:16	138	05	51.7 E	36	03	16.1 N	5.16	16.8	129.0	55	16.4
T16	11:26	138	05	38.9 E	36	03	27.9 N	5.19	14.5	100.0	53	14.1
T17	11:34	138	05	20.8 E	36	03	18.4 N	5.63	18.5	150.6	52	17.8
T18	11:42	138	05	35.6 E	36	03	06.5 N	5.45	17.7	139.8	53	17.3
T19	11:51	138	05	49.5 E	36	02	54.8 N	4.75	18.9	155.4	60	17.9
T20	11:59	138	06	03.0 E	36	02	41.9 N	2.99	18.1	127.7	56	17.6

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 (2013年8月19日) 続き
 Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa on August 19, 2013

(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	27.7	27.4	27.2	26.7	25.2	<i>24.8</i>			6.64	4.29	3.44	2.27	0.14	<i>0.07</i>		
C02	28.1	27.5	27.4	26.8	<i>26.0</i>				10.47	3.83	3.62	0.42	<i>0.07</i>			
C03	28.6	27.7	27.1	26.7	25.2	<i>24.8</i>			11.15	6.79	2.53	3.06	0.10	<i>0.07</i>		
C04	28.0	27.5	27.1	26.6	<i>26.4</i>				8.57	6.23	3.25	2.95	<i>3.09</i>			
C05	28.3	27.5	27.3	26.3	25.3	<i>24.9</i>			5.72	3.47	3.49	1.66	2.54	<i>2.34</i>		
C06	29.5	27.6	26.9	<i>25.7</i>					1.41	1.46	2.23	<i>2.87</i>				
C07	28.5	27.6	<i>27.1</i>						3.00	2.42	<i>2.51</i>					
C08	30.1	27.8	27.4	26.7	25.8	<i>25.5</i>			4.12	2.71	2.29	1.91	0.09	<i>0.05</i>		
C09	29.1	27.8	27.4	26.6	25.9	24.8	<i>24.5</i>		10.82	7.96	6.69	3.01	0.45	0.09	<i>0.06</i>	
C10	29.8	28.1	27.2	26.9	25.5	24.8	<i>24.1</i>		13.77	10.54	6.22	4.18	0.15	0.10	<i>0.04</i>	
C11	29.9	27.3	26.7	26.2	25.4	24.9	<i>24.1</i>		12.49	4.96	3.84	1.71	0.08	0.06	<i>0.05</i>	
C12	29.8	27.2	26.2	26.0	25.7	24.8	<i>24.4</i>		13.02	4.47	2.00	1.52	0.99	0.09	<i>0.05</i>	
C13	29.8	27.2	26.7	25.9	25.8	24.8	<i>24.3</i>		13.34	2.69	2.57	1.64	1.56	0.08	<i>0.04</i>	
C14	29.2	27.8	26.4	26.0	25.4	24.9	<i>24.2</i>		14.04	4.96	2.34	1.28	0.10	0.07	<i>0.05</i>	
C15	30.1	28.0	26.8	26.0	25.4	24.6	<i>24.2</i>		13.56	8.51	2.93	1.38	0.11	0.07	<i>0.05</i>	
C16	29.3	28.0	27.3	26.4	25.5	24.7	<i>24.2</i>		15.64	8.16	4.74	2.13	0.28	0.11	<i>0.07</i>	
C17	30.1	28.0	27.5	26.8	25.6	<i>24.8</i>			14.91	8.79	4.62	3.12	0.17	<i>0.10</i>		
C18	30.8	28.1	27.1	26.4	25.6	24.8	<i>24.3</i>		13.19	7.67	3.37	2.80	0.12	0.08	<i>0.07</i>	
C19	29.1	28.1	26.6	26.0	25.5	24.7	<i>24.4</i>		14.66	7.32	2.84	1.74	0.12	0.09	<i>0.08</i>	
C20	30.7	27.8	26.3	25.9	25.5	<i>25.1</i>			15.35	7.06	2.19	1.40	1.05	<i>0.09</i>		
K01	27.3	26.6	26.3	25.8	<i>25.7</i>				3.37	2.73	2.12	1.23	<i>1.10</i>			
K02	27.9	27.0	26.7	26.4	26.0	<i>25.4</i>			10.19	5.25	3.10	2.72	1.74	<i>1.22</i>		
K03	28.2	27.3	26.7	26.6	26.1	<i>25.1</i>			9.45	8.57	3.22	3.11	0.96	<i>0.09</i>		
K04	28.1	27.1	26.9	26.7	26.3	<i>25.8</i>			9.79	4.43	3.41	2.39	1.85	<i>1.42</i>		
K05	28.6	27.3	27.0	26.6	<i>26.2</i>				8.27	2.97	3.04	2.23	<i>0.64</i>			
K06	28.6	27.3	26.9	<i>26.3</i>					0.71	3.24	2.78	<i>1.11</i>				
K07	28.4	27.4	<i>26.8</i>						3.13	3.07	<i>1.77</i>					
K08	28.7	27.5	26.9	<i>26.5</i>					2.89	3.26	2.76	<i>1.44</i>				
K09	28.8	27.6	27.3	26.8	<i>26.7</i>				3.69	3.21	2.73	1.95	<i>1.87</i>			
K10	28.1	27.4	27.1	26.8	<i>26.0</i>				2.65	1.87	1.42	2.48	<i>1.64</i>			
K11	29.0	27.6	27.3	26.8	26.3	<i>25.0</i>			13.18	5.52	4.15	1.90	1.21	<i>0.09</i>		
K12	30.0	28.6	26.9	26.3	25.6	24.9	<i>24.2</i>		14.61	14.91	4.78	2.62	0.15	0.09	<i>0.07</i>	
K13	30.0	28.6	26.8	26.1	25.5	25.0	<i>24.4</i>		12.34	10.98	2.76	0.89	0.15	0.11	<i>0.05</i>	
K14	29.5	27.9	26.7	26.4	26.1	24.4	<i>24.3</i>		12.68	8.39	2.28	2.26	1.55	0.08	<i>0.06</i>	
K15	29.1	<i>28.3</i>							11.52	<i>8.05</i>						
K16	29.7	26.9	26.3	26.2	<i>26.1</i>				10.38	3.28	1.79	2.01	<i>1.88</i>			
K17	31.0	27.1	26.2	26.0	<i>25.9</i>				16.52	3.09	1.51	1.16	<i>0.14</i>			
K18	31.4	28.0	26.2	<i>25.9</i>					19.06	9.81	2.59	<i>4.36</i>				
K19	32.2	<i>26.8</i>							16.17	<i>9.37</i>						
K20	33.0	28.2	<i>27.5</i>						18.53	3.46	<i>2.02</i>					
T01	29.1	28.8	<i>28.0</i>						13.42	9.46	<i>2.58</i>					
T02	30.0	29.4	<i>28.0</i>						7.05	2.16	<i>0.34</i>					
T03	30.1	29.3	<i>28.8</i>						6.37	2.22	<i>0.59</i>					
T04	29.7	29.1	28.1	<i>27.2</i>					6.64	2.73	0.63	<i>0.16</i>				
T05	29.9	29.2	28.0	<i>26.8</i>					7.01	1.83	0.41	<i>0.21</i>				
T06	29.4	28.7	27.8	26.5	<i>(26.3)</i>				10.86	10.17	3.83	0.96	<i>(1.03)</i>			
T07	29.3	28.4	27.8	<i>26.8</i>					10.58	7.68	4.38	<i>1.39</i>				
T08	29.5	28.0	27.3	26.8	<i>(26.2)</i>				7.84	6.23	3.58	3.80	<i>(2.90)</i>			
T09	29.5	28.0	27.6	26.4	<i>(25.8)</i>	<i>(25.8)</i>			9.47	8.86	5.20	1.35	<i>(0.97)</i>	<i>(0.89)</i>		
T10	29.7	28.6	27.7	26.4	<i>(26.2)</i>	<i>(26.2)</i>			14.56	10.92	3.77	1.03	<i>(0.87)</i>	<i>(0.81)</i>		
T11	30.3	29.4	27.9	26.5	<i>(26.3)</i>				12.60	11.96	4.67	1.30	<i>(0.88)</i>			
T12	30.7	29.2	<i>27.4</i>						13.26	8.69	<i>1.92</i>					
T13	30.7	29.3	27.8	<i>26.8</i>					13.71	10.26	3.70	<i>1.14</i>				
T14	29.7	28.6	27.5	26.2	<i>(26.3)</i>				12.80	11.15	4.28	1.15	<i>(0.95)</i>			
T15	28.3	28.0	27.0	26.3	<i>(26.0)</i>	<i>(25.9)</i>			12.80	10.20	3.36	1.73	<i>(0.68)</i>	<i>(0.63)</i>		
T16	31.2	28.8	27.6	26.8	<i>(26.0)</i>	<i>(25.6)</i>			13.71	12.20	4.67	2.03	<i>(0.81)</i>	<i>(0.75)</i>		
T17	30.5	28.8	27.7	26.7	<i>(25.9)</i>	<i>(25.3)</i>	<i>(25.3)</i>		12.93	9.57	4.30	2.24	<i>(0.75)</i>	<i>(0.67)</i>	<i>(0.61)</i>	
T18	30.9	29.0	27.8	26.8	<i>(25.9)</i>	<i>(25.6)</i>	<i>(25.6)</i>		12.64	10.17	4.17	1.96	<i>(0.64)</i>	<i>(0.61)</i>	<i>(0.56)</i>	
T19	30.9	29.2	27.5	26.2	<i>(26.1)</i>	<i>(26.0)</i>			12.37	9.67	3.71	1.07	<i>(0.59)</i>	<i>(0.56)</i>		
T20	30.3	29.0	27.1	<i>26.6</i>					13.58	8.79	2.92	<i>2.80</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.

The estimated values of W.T. and DO are in parenthesis.

表8 諏訪湖の水質データ (2013年10月18日)
 Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa
 on October 18, 2013

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	8:37	138	05	07.1 E	36	03	29.6 N	4.98	24.1	87.0	65	16.4
C02	8:46	138	04	52.5 E	36	03	32.2 N	3.66	23.7	90.9	61	15.6
C03	8:52	138	04	52.4 E	36	03	21.0 N	5.01	24.3	98.7	59	15.5
C04	8:59	138	04	35.8 E	36	03	22.9 N	3.36	23.6	88.3	57	15.5
C05	9:06	138	04	21.7 E	36	03	24.0 N	4.31	22.5	93.5	53	14.7
C06	9:12	138	04	22.8 E	36	03	35.3 N	2.50	25.9	94.8	51	16.4
C07	9:18	138	04	05.6 E	36	03	26.2 N	1.92	26.2	94.8	56	16.3
C08	9:23	138	04	04.8 E	36	03	15.8 N	4.37	23.5	92.2	56	14.8
C09	9:29	138	04	18.3 E	36	03	03.3 N	5.43	23.3	90.9	57	16.4
C10	9:36	138	04	32.8 E	36	02	51.6 N	5.98	24.3	88.3	55	15.5
C11	9:42	138	04	45.7 E	36	02	39.6 N	6.08	24.1	84.4	56	16.4
C12	9:49	138	04	59.5 E	36	02	27.4 N	5.87	19.9	88.3	57	13.6
C13	9:56	138	05	16.3 E	36	02	36.3 N	5.64	19.9	85.7	59	13.4
C14	10:03	138	05	01.3 E	36	02	48.6 N	6.17	19.4	103.9	59	13.7
C15	10:08	138	05	02.2 E	36	02	58.9 N	5.86	18.6	90.9	58	12.5
C16	10:18	138	04	48.4 E	36	03	00.1 N	5.74	19.9	97.4	53	13.8
C17	10:25	138	04	34.5 E	36	03	13.3 N	5.09	20.4	96.1	57	13.3
C18	10:44	138	05	06.2 E	36	03	09.1 N	5.80	19.3	89.6	60	14.3
C19	10:50	138	05	18.5 E	36	02	57.4 N	5.67	20.6	100.0	59	13.9
C20	10:57	138	05	32.8 E	36	02	45.8 N	5.02	21.0	97.4	60	13.9
K01	8:36	138	04	37.6 E	36	01	56.9 N	3.17	25.5	84.4	55	16.8
K02	8:45	138	04	25.3 E	36	02	10.7 N	4.57	23.1	85.7	54	15.0
K03	8:52	138	04	10.7 E	36	02	21.9 N	4.77	22.4	87.0	56	15.8
K04	9:00	138	03	57.2 E	36	02	33.4 N	4.50	23.2	89.6	53	16.8
K05	9:10	138	03	44.4 E	36	02	45.4 N	3.91	23.8	100.0	53	16.5
K06	9:18	138	03	29.9 E	36	02	58.8 N	2.98	21.7	102.6	54	15.8
K07	9:24	138	03	16.0 E	36	03	10.3 N	1.90	23.0	90.9	55	17.0
K08	9:34	138	03	34.2 E	36	03	08.3 N	2.88	22.9	105.2	53	16.9
K09	9:40	138	03	49.6 E	36	03	18.3 N	3.23	23.9	98.7	51	16.2
K10	9:48	138	03	47.9 E	36	03	07.0 N	3.91	22.1	93.5	53	16.1
K11	9:56	138	04	01.7 E	36	02	54.5 N	5.02	21.9	84.4	55	14.7
K12	10:02	138	04	15.1 E	36	02	41.7 N	5.65	20.2	85.7	53	14.8
K13	10:11	138	04	28.1 E	36	02	30.2 N	5.80	20.6	94.8	56	15.0
K14	10:18	138	04	41.8 E	36	02	18.6 N	5.48	20.9	87.0	56	14.7
K15	10:26	138	04	55.7 E	36	02	06.3 N	0.95	21.8	93.5	53	14.6
K16	10:33	138	05	12.0 E	36	02	14.7 N	3.01	21.1	89.6	53	13.8
K17	10:39	138	05	29.0 E	36	02	24.1 N	3.70	20.1	93.5	56	13.6
K18	10:46	138	05	46.9 E	36	02	32.8 N	2.04	20.2	87.0	56	12.7
K19	10:54	138	06	01.4 E	36	02	32.1 N	1.03	20.2	88.3	53	12.1
K20	10:59	138	06	17.7 E	36	02	40.9 N	1.55	21.1	87.0	54	13.1
T01	8:19	138	06	37.2 E	36	02	59.8 N	1.72	22.1	76.6	60	14.1
T02	8:28	138	06	38.5 E	36	03	11.4 N	1.95	22.0	75.3	64	13.8
T03	8:34	138	06	33.3 E	36	03	27.9 N	2.12	23.6	76.6	63	15.3
T04	8:39	138	06	19.0 E	36	03	40.4 N	2.25	23.7	76.6	63	13.6
T05	8:45	138	06	04.7 E	36	03	52.5 N	2.19	25.9	88.3	59	16.0
T06	8:51	138	05	41.8 E	36	03	48.9 N	3.38	21.3	83.1	62	14.1
T07	8:58	138	05	26.2 E	36	03	50.4 N	2.65	23.5	84.4	60	15.2
T08	9:05	138	05	09.5 E	36	03	40.7 N	3.87	21.9	88.3	59	14.4
T09	9:11	138	05	25.1 E	36	03	40.5 N	4.35	22.0	84.4	59	14.9
T10	9:19	138	05	56.1 E	36	03	37.1 N	4.10	19.9	84.4	60	13.9
T11	9:27	138	06	08.6 E	36	03	24.7 N	3.52	19.7	80.5	59	13.0
T12	9:34	138	06	22.9 E	36	03	12.4 N	2.16	19.1	77.9	64	12.4
T13	9:41	138	06	19.0 E	36	02	50.6 N	2.38	18.6	74.0	61	12.5
T14	9:48	138	06	06.3 E	36	03	02.9 N	3.80	18.1	75.3	59	11.7
T15	9:55	138	05	52.7 E	36	03	15.2 N	5.05	21.0	92.2	60	13.8
T16	10:02	138	05	38.7 E	36	03	27.8 N	5.13	19.4	83.1	57	12.6
T17	10:09	138	05	21.3 E	36	03	18.0 N	5.55	19.2	84.4	57	12.4
T18	10:20	138	05	35.4 E	36	03	07.7 N	5.58	18.4	84.4	59	11.8
T19	10:29	138	05	49.6 E	36	02	54.5 N	4.70	21.7	96.1	58	14.1
T20	10:42	138	06	02.5 E	36	02	42.4 N	3.02	22.8	90.9	59	13.1

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

表8 諏訪湖の水質データ (2013年10月18日) 続き
 Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa on October 18, 2013
 (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	16.0	16.2	16.1	15.9	15.9	<i>16.0</i>			10.14	10.07	9.45	9.00	8.95	<i>4.53</i>		
C02	16.4	16.3	16.3	16.1	<i>16.1</i>				9.84	9.58	9.35	9.13	<i>8.94</i>			
C03	16.5	16.4	16.4	16.3	16.3	<i>14.6</i>			9.60	9.17	8.90	8.88	8.62	<i>8.36</i>		
C04	16.2	16.2	16.1	16.0	<i>15.9</i>				10.20	10.15	9.51	8.67	<i>8.53</i>			
C05	16.2	16.2	16.1	15.9	15.3	<i>15.1</i>			9.41	8.94	8.35	8.22	8.20	<i>8.12</i>		
C06	16.2	16.0	15.7	<i>15.2</i>					9.51	9.06	8.72	<i>8.45</i>				
C07	16.3	16.3	<i>15.2</i>						9.55	9.57	<i>9.24</i>					
C08	16.5	16.3	16.3	16.2	15.9	<i>15.8</i>			9.36	8.80	8.22	8.06	7.59	<i>7.25</i>		
C09	16.5	16.4	16.2	16.2	16.2	16.1	<i>16.1</i>		9.59	9.53	8.88	8.59	8.53	8.39	<i>7.93</i>	
C10	16.8	16.3	16.2	16.1	16.1	16.0	<i>16.0</i>		9.55	9.14	8.56	8.23	8.01	7.89	<i>7.89</i>	
C11	16.8	16.3	16.2	16.1	16.0	16.0	<i>15.9</i>		9.58	9.16	8.47	8.27	8.18	7.75	<i>7.52</i>	
C12	16.8	16.3	16.1	16.0	15.8	15.8	<i>15.8</i>		9.93	9.11	8.54	8.37	8.19	8.17	<i>7.48</i>	
C13	16.8	16.4	16.2	16.1	16.1	15.9	<i>15.1</i>		9.93	10.12	8.85	8.53	8.59	8.41	<i>7.23</i>	
C14	16.7	16.4	16.3	16.2	16.1	16.1	16.1	<i>16.1</i>	10.59	9.95	9.00	8.67	8.52	8.35	8.22	<i>3.22</i>
C15	17.1	16.6	16.3	16.2	16.1	16.1	<i>16.0</i>		10.45	10.36	9.30	9.21	9.00	8.89	<i>8.26</i>	
C16	16.5	16.4	16.3	16.2	16.1	16.1	<i>16.1</i>		9.89	9.59	9.17	9.06	8.57	8.32	<i>8.16</i>	
C17	16.9	16.7	16.3	16.2	16.1	<i>15.9</i>			10.54	10.48	9.35	8.76	8.42	<i>7.86</i>		
C18	17.4	17.0	16.5	16.2	16.1	16.0	<i>15.3</i>		11.03	11.47	10.84	9.36	8.85	8.66	<i>4.61</i>	
C19	17.0	16.6	16.3	16.2	16.1	15.9	<i>15.9</i>		11.09	11.73	9.47	8.86	8.91	7.40	<i>7.36</i>	
C20	16.9	16.5	16.2	16.1	15.9	<i>15.8</i>			10.69	10.41	8.88	8.64	8.10	<i>7.91</i>		
K01	15.7	15.8	15.8	15.8	<i>15.9</i>				8.73	8.61	8.32	8.25	<i>7.99</i>			
K02	15.7	15.8	15.8	15.8	15.8	<i>15.8</i>			8.89	8.25	8.18	8.12	8.04	<i>7.98</i>		
K03	15.9	16.0	16.0	15.9	15.9	<i>15.9</i>			9.09	8.65	8.24	7.99	7.90	<i>7.65</i>		
K04	16.0	16.1	16.1	16.0	15.9	<i>16.0</i>			9.28	9.29	8.37	7.91	7.52	<i>7.35</i>		
K05	16.0	16.2	16.1	16.1	<i>16.1</i>				9.53	9.27	8.57	8.45	<i>8.28</i>			
K06	16.0	16.2	16.1	<i>16.2</i>					9.34	9.07	8.65	<i>8.61</i>				
K07	16.2	16.1	<i>16.1</i>						9.59	8.56	<i>8.53</i>					
K08	16.3	16.1	16.1	<i>16.1</i>					9.61	9.02	8.45	<i>8.26</i>				
K09	16.0	16.1	16.0	15.9	<i>15.9</i>				9.37	8.33	8.13	7.65	<i>7.50</i>			
K10	16.0	16.5	16.2	16.2	<i>16.2</i>				9.65	9.65	8.42	8.09	<i>8.04</i>			
K11	16.6	16.1	16.1	16.1	no data	<i>16.1</i>			9.40	9.03	8.33	8.13	no data	<i>8.09</i>		
K12	16.4	16.2	16.1	15.9	15.8	15.7	<i>15.7</i>		9.53	10.15	9.48	9.00	8.41	7.82	<i>7.57</i>	
K13	16.4	16.0	15.8	15.8	15.7	15.7	<i>15.7</i>		9.79	8.89	8.24	8.26	7.83	7.51	<i>7.32</i>	
K14	16.5	16.0	15.8	15.8	15.7	15.7	<i>15.7</i>		9.27	9.67	8.41	8.26	8.02	7.64	<i>7.58</i>	
K15	16.2	<i>16.0</i>							10.01	<i>10.20</i>						
K16	16.3	16.0	15.7	<i>14.7</i>					9.88	9.96	8.54	<i>8.69</i>				
K17	16.2	15.8	15.7	15.6	<i>15.5</i>				10.05	10.42	8.49	8.30	<i>7.82</i>			
K18	16.4	15.8	<i>13.5</i>						9.55	10.08	<i>9.34</i>					
K19	16.0	<i>13.5</i>							10.20	<i>9.08</i>						
K20	16.5	16.2	<i>13.9</i>						10.17	10.50	<i>8.53</i>					
T01	14.3	14.5	<i>14.7</i>						9.90	9.27	<i>7.99</i>					
T02	14.9	14.8	<i>14.5</i>						9.73	9.37	<i>8.89</i>					
T03	14.9	14.8	<i>14.8</i>						9.54	9.24	<i>8.81</i>					
T04	14.7	14.9	14.4	<i>14.5</i>					9.63	9.43	8.80	<i>8.71</i>				
T05	15.2	15.1	15.0	<i>15.0</i>					10.25	9.10	8.33	<i>8.30</i>				
T06	15.4	15.5	15.6	15.5	<i>15.5</i>				9.96	9.84	8.91	8.86	<i>8.64</i>			
T07	15.8	16.0	15.8	<i>15.8</i>					10.11	9.96	8.54	<i>8.59</i>				
T08	15.7	15.9	15.9	15.8	<i>15.8</i>				10.09	9.10	8.60	8.67	<i>8.58</i>			
T09	15.8	16.0	16.0	15.8	15.8	<i>15.9</i>			9.89	9.16	8.60	8.51	8.54	<i>8.53</i>		
T10	16.1	15.9	15.9	15.5	<i>15.2</i>				9.54	8.77	8.48	8.22	<i>8.03</i>			
T11	16.1	15.9	15.8	15.8	<i>15.8</i>				9.66	9.10	8.51	8.38	<i>8.29</i>			
T12	15.9	15.6	<i>15.4</i>						9.93	10.03	<i>8.72</i>					
T13	16.3	15.8	15.2	<i>14.6</i>					9.90	9.81	8.83	<i>8.14</i>				
T14	16.0	15.8	15.8	15.6	<i>15.0</i>				9.46	9.26	8.60	8.27	<i>7.58</i>			
T15	16.0	16.0	16.0	15.9	15.8	<i>15.7</i>			10.04	9.10	8.37	8.18	8.19	<i>7.62</i>		
T16	16.5	16.0	16.0	15.9	15.9	<i>15.6</i>			9.95	8.78	8.50	8.26	8.02	<i>7.72</i>		
T17	16.5	16.1	16.1	16.0	16.0	15.9	<i>15.9</i>		10.29	9.66	8.84	8.50	8.28	7.92	<i>7.89</i>	
T18	16.5	16.2	16.1	16.1	16.1	16.1	<i>16.1</i>		10.92	10.22	8.99	8.65	8.49	8.42	<i>8.43</i>	
T19	16.9	16.6	16.0	15.9	15.8	<i>14.6</i>			9.86	10.33	8.62	8.11	7.94	<i>7.86</i>		
T20	16.9	16.1	15.8	<i>13.6</i>					10.15	10.37	9.43	<i>8.71</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.