

## 2011 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

2011 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。2011 年 8 月 4 日, 2011 年 10 月 14 日の第 1 成分は、両日とも「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。これは 2002~2010 年の夏季観測日 20 日のうち, 3 日間で抽出されたパターンである。湖心における水温のピークは、水深 1m は 7 月 17 日, 水深 3m は 8 月 15 日, 水深 5m は 8 月 20 日である。2011 年 7 月の気温が特に高温であり、水温のピークも例年より早く出現した。

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 年以降、毎年継続して夏季の諏訪湖の水質分布を観測してきたが、2011 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。2010 年までの 9 年間に 20 日間の水平分布に関するデータ、2005 年以降の 12 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）。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。

2011 年夏季も 2010 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、2011 年夏季の諏訪湖の水質分布パターンと、2011 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

2011 年夏季の水質観測日は 8 月 4 日, 10 月 14 日である。当初、夏の後半 9 月に観測を実施する予定であったが予定日に台風が接近したために、10 月 14 日に延期して観測を行った。10 月 14 日のデータは 2011 年夏季の状況を把握するためのデータとして扱う。

観測方法は、2002 年 1 回, 2003 年 3 回, 2004 年 4 回, 2005 年 2 回, 2006 年 2 回, 2007 年 2 回, 2008 年 2 回, 2009 年 2 回, 2010 年 2 回実施したものに準拠し（柳町ほか, 2011 など）、2010 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。

8 月 4 日の T コースでは、他の船舶の進行方向

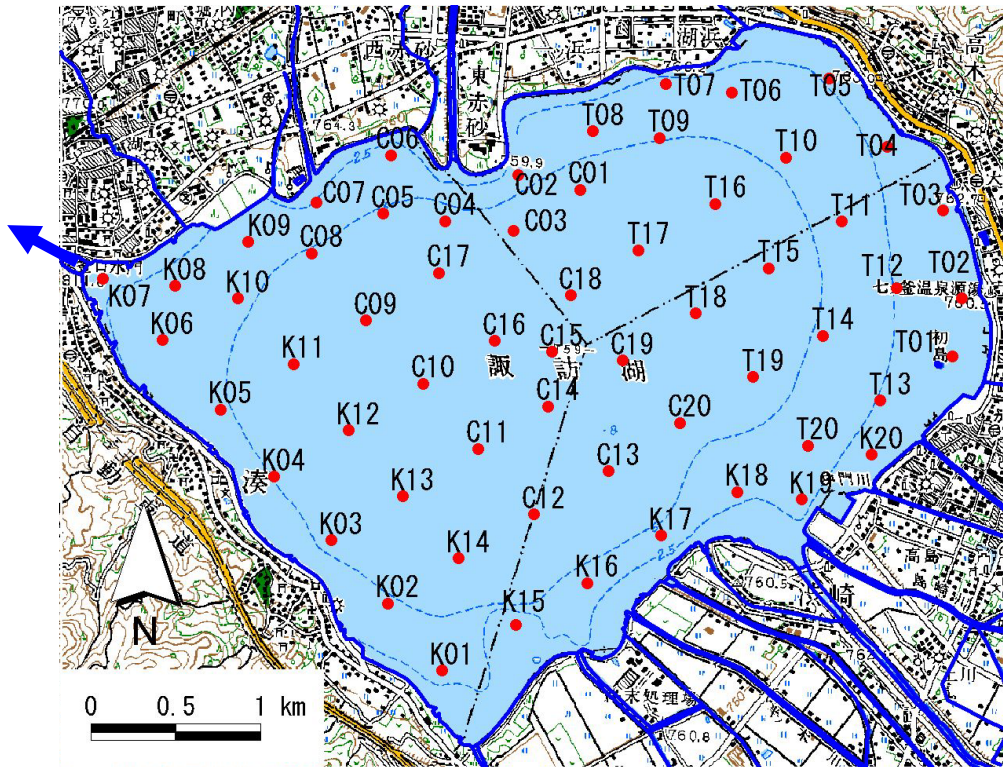


図1 60観測地点と流入・流出河川（5万分の1地形図「諏訪」）（柳町ほか，2009）

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

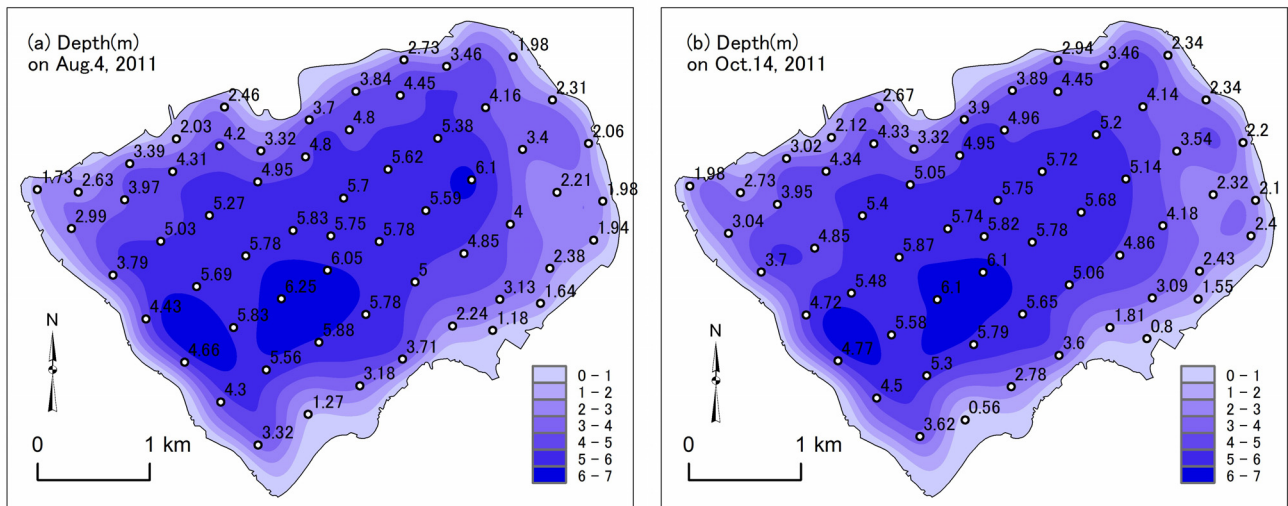
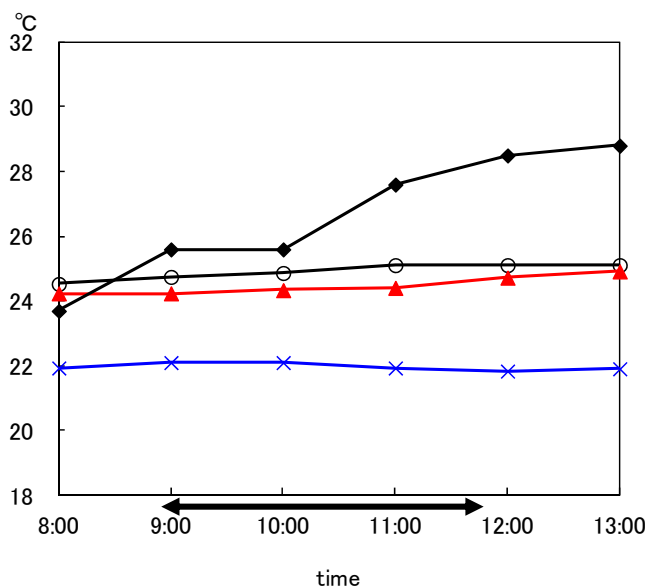


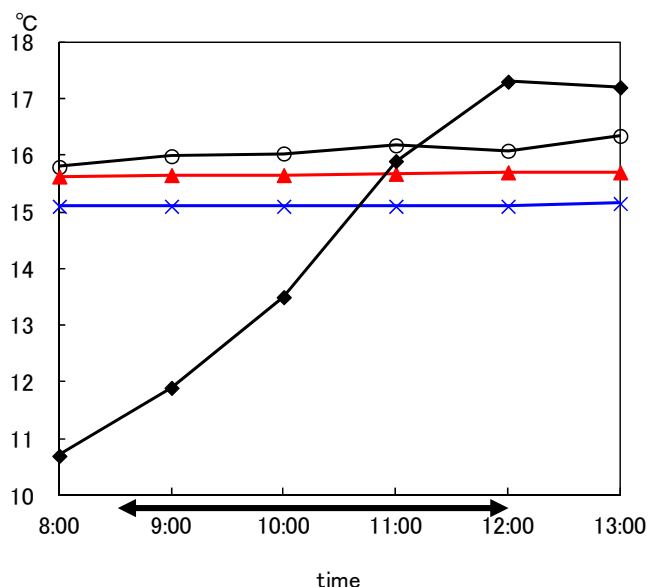
図2 観測日毎の諏訪湖の水深  
(a) 2011年8月4日 (b) 2011年10月14日

Fig.2. Depth of Lake Suwa on each observation date  
(a) August 4, 2011 (b) October 14, 2011



○ WT1m ▲ WT3m × WT5m ◆ Temperature

(a) August 4, 2011



○ WT1m ▲ WT3m × WT5m ◆ Temperature

(b) October 14, 2011

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 4, 2011 and on October 14, 2011.

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

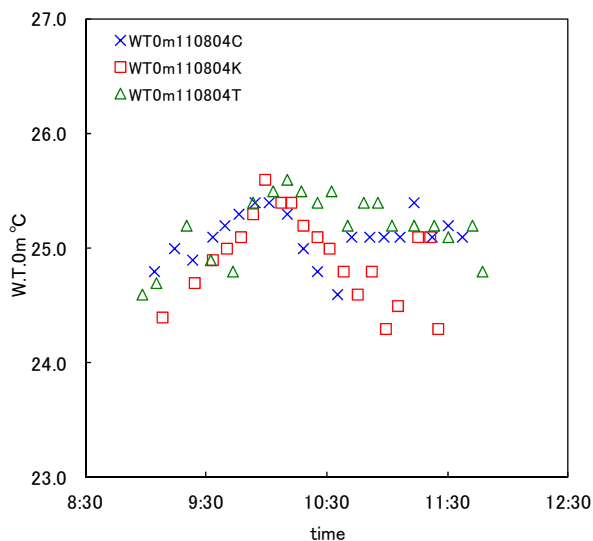
	August 4, 2011					October 14, 2011				
	r	p value	r <sub>s</sub>	p value	N	r	p value	r <sub>s</sub>	p value	N
SS	0.025	0.852	-0.115	0.390	58	-0.630	0.000 **	-0.657	0.000 **	58
Chl- <i>a</i>	0.198	0.133	0.191	0.148	59	-0.524	0.000 **	-0.622	0.000 **	58
IL	-0.202	0.124	-0.151	0.253	59	-0.305	0.020 *	-0.363	0.005 **	58
Trans.	0.030	0.826	-0.018	0.898	56	0.131	0.331	0.104	0.442	57
DO 0m	0.310	0.017 *	0.322	0.013 *	59	no data		no data		
DO 1m	0.345	0.007 **	0.429	0.001 **	59	no data		no data		
DO 2m	0.226	0.111	0.301	0.032 *	51	no data		no data		
DO 3m	-0.076	0.629	-0.065	0.680	43	no data		no data		
DO 4m	0.071	0.708	-0.052	0.786	30	no data		no data		
DO 5m	-0.043	0.869	0.092	0.726	17	no data		no data		
W.T. 0m	0.023	0.861	0.020	0.881	59	0.702	0.000 **	0.739	0.000 **	58
W.T. 1m	0.061	0.646	0.086	0.517	59	0.034	0.802	-0.049	0.720	57
W.T. 2m	-0.087	0.545	-0.030	0.833	51	-0.246	0.072	-0.512	0.000 **	54
W.T. 3m	-0.380	0.012 *	-0.342	0.025 *	43	-0.285	0.071	-0.471	0.002 **	41
W.T. 4m	-0.075	0.694	-0.178	0.346	30	-0.092	0.627	-0.284	0.128	30
W.T. 5m	-0.496	0.043 *	-0.581	0.014 *	17	-0.109	0.687	-0.121	0.656	16

\*\* : significant at 0.01 significant level.

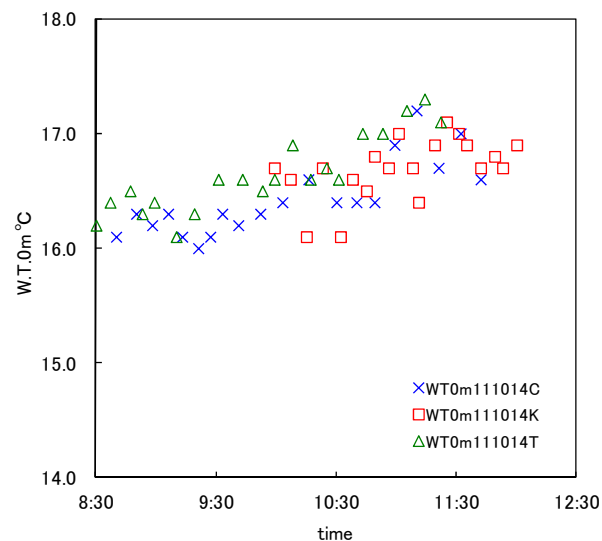
\* : significant at 0.05 significant level.

T02 on Aug.4, 2011 is excluded from the calculations.

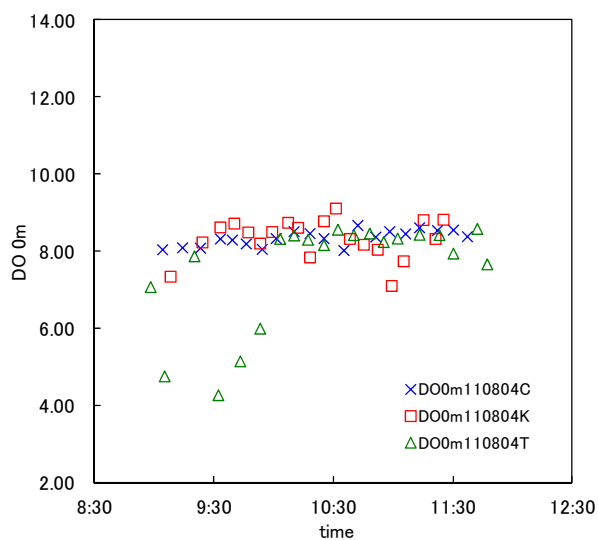
K13 and K15 on Oct.14, 2011 are excluded from the calculations.



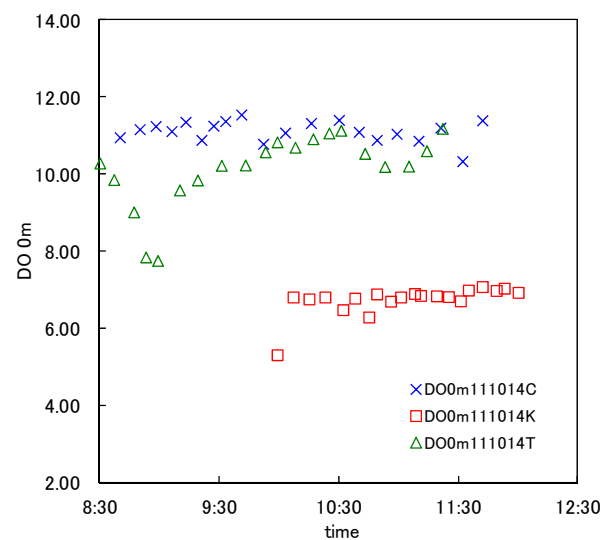
(a) W. T. 0m on August 4, 2011



(b) W. T. 0m on October 14, 2011



(c) DO 0m on August 4, 2011



(d) DO 0m on October 14, 2011

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

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(T12~T14)。

観測時間は8月4日8:58~11:47, 10月14日8:30~12:00, 所要時間はそれぞれ2時間49分, 3時間30分である。各測点での観測開始時刻(以下では観測時刻)は, 表7, 表8に記載した。

2010年までの解析方法と同様に, 2011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。

8月4日K15のSSはILよりも小さな値となり, 計測時の転記ミスと考えられる。このため8月4日K15のSSは, 以下の解析には使用しない。また, 後述のように, 10月14日KコースのDO測定値は, 信頼性に欠けるため, 統計量の計算には

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

August 4, 2011

	SS(mg/L)	Chl-a( $\mu$ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)
Max	12.8	53.3	11.8	238	6.25
Min	4.3	12.7	3.4	86	1.18
Mean	6.2	22.6	4.2	177.1	4.00
S.D.	1.6	7.1	1.2	40.6	1.47
N	59	60	60	57	60

	DO0m(mg/L)	DO1m(mg/L)	DO2m(mg/L)	DO3m(mg/L)	DO4m(mg/L)	DO5m(mg/L)	DO6m(mg/L)
Max	9.12	8.90	8.61	8.80	7.76	4.45	
Min	4.27	3.02	1.02	2.50	0.18	0.18	
Mean	8.09	7.98	7.95	7.31	5.71	0.77	0.15
S.D.	0.92	1.12	1.08	1.35	2.54	1.21	
N	60	60	51	43	30	17	2

	W.T.0m(°C)	W.T.1m(°C)	W.T.2m(°C)	W.T.3m(°C)	W.T.4m(°C)	W.T.5m(°C)	W.T.6m(°C)
Max	25.6	25.6	25.2	25.1	24.6	23.4	
Min	24.3	23.6	23.9	23.3	22.0	21.5	
Mean	25.1	24.9	24.7	24.3	23.7	22.2	21.4
S.D.	0.3	0.4	0.3	0.4	0.7	0.6	
N	60	60	51	43	30	17	2

October 14, 2011

	SS(mg/L)	Chl-a( $\mu$ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)
Max	46.8	218.0	43.4	177	6.10
Min	4.7	30.7	3.6	95	0.56
Mean	9.3	52.9	6.5	133.9	3.99
S.D.	6.6	33.3	6.2	18.5	1.46
N	60	60	60	58	60

	W.T.0m(°C)	W.T.1m(°C)	W.T.2m(°C)	W.T.3m(°C)	W.T.4m(°C)	W.T.5m(°C)	W.T.6m(°C)
Max	17.3	16.7	16.2	15.9	15.9	15.6	
Min	16.0	15.6	14.6	13.3	15.0	14.8	
Mean	16.6	16.1	15.8	15.7	15.6	15.2	15.0
S.D.	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	
N	60	58	55	42	31	17	2

使用しないこととした。

2010 年までと同様に、2011 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。

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

2011 年夏季も 2005～2010 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 4 日における湖心の水温変化（図 3 (a)）は、9 時から 12 時までに、水深 1m（WT1m）において 24.8℃から 25.1℃に上昇し、矢印で示した観測船による観測時間帯（8:58～11:47）での温度変化

を特別値から内挿により算出すると 0.4℃の上昇である。

8 月 4 日、10 月 14 日の観測時刻と 60 測点における水質要素との相関係数を表 1 に示す。

2011 年 8 月 4 日の W.T.0m と観測時刻との相関係数（積率相関係数、時間経過を数値化して算出）は 0.023  $p=0.861$ 、スピアマンの順位相関係数は 0.020  $p=0.881$  であり（SS・Chl-a・IL が平均値 $\pm 3\sigma$ を超える T02 を除く 59 測点の相関係数）、有意な相関関係は見られない（有意水準 0.05）。

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 C07 (9:54)、C08 (10:01)、K コースは K07 (9:59)、T コースは T07 (10:10) において各コースの最高水温を観測した。午前 10 時前後の表層水温が最も高い。散布図からは、60 測点の水温が時間経過とともに明

瞭に上昇したとは言い難い。8月4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。

10月14日における湖心の水温(図3(b))は、9時と12時の水深1m水温(WT1m)が、16.0℃と16.1℃であり、矢印で示した観測船による観測時間帯(8:30~12:00)は、同程度の水温である。

10月14日のW.T.0mと観測時刻との相関係数は0.702  $p=0.000$ 、スピアマンの順位相関係数は0.739  $p=0.000$ であり(SS・Chl-*a*・ILが平均値 $\pm 3\sigma$ を超えるK13, K15を除く58測点の相関係数)、いずれも有意水準0.001で有意となる。

W.T.0mと観測時刻との散布図では、CコースとTコースの表層水温は、時間経過とともに上昇傾向が見られるが、一方的な上昇ではなく、低下する時間帯もある。Kコースでは明瞭な傾向が見られない(図4(b))。観測時間内の湖心における表層水温の変化は微少であり(図3(b))、10月14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4日におけるSS, Chl-*a*, Trans.の全測点平均値は、6.2mg/L, 22.6  $\mu$ g/L, 177.1cm, 10月14日におけるSS, Chl-*a*, Trans.の全測点平均値は、9.3mg/L, 52.9  $\mu$ g/L, 133.9cmであり(表2)、SS, Chl-*a*の平均値は8月4日の方が10月14日より低く、Trans.の平均値は逆に8月4日の方が10月14日より高い。これは、2003年~2010年と類似した傾向である。すなわち、2003年~2011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。

10月14日は、2010年までと同様に、水温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4日よりSS, Chl-*a*のが高く、Trans.が低くなったと考えられる。

8月4日、10月14日の平均値を、2002~2011

年までの22観測日の平均値(SS 12.9mg/L, Chl-*a* 56.8  $\mu$ g/L, Trans 107.8cm)と比較すると、両日もSS, Chl-*a*は22観測日平均以下、Trans.は22観測日平均以上であった。

2009年から2011年までの3年間の、8月の観測日、9月または10月の観測日の観測データを比較すると、SS, Chl-*a*の平均値は低下、Trans.の平均値は上昇している。特に、2011年8月4日のTrans.の平均値177.1cmは、2002~2011年の22観測日中最も高い。集中豪雨直後の2006年8月4日の平均値166.6cmよりも高い。2011年8月4日のTrans.の最大値238cm(C03)も22観測日中最も高く、標準偏差40.6cmは22観測日中最も大きい。すなわち、2011年8月4日の諏訪湖の透明度は地域差が大きく、透明度が特に高い場所と低い場所があり、全域平均は高かった。

8月4日の分布図(図5(a), (b), (c))では、諏訪湖東部でSS, Chl-*a*が高く、Trans.が低い傾向が顕著である。この付近では、夏季に水草(ヒシ)が繁茂しているためと考えられる。湖の中央部から北部でTrans.が高く、特に北岸の砥川河口付近で最も高い。W.T.0mは、北東部湖岸付近と北西部湖岸付近で高く南東部湖岸付近と南部湖岸付近で低い(図5(d))。

10月14日の分布図(図6(a), (b))では、SS, Chl-*a*が諏訪湖南西部、北部湖岸付近から東部の湖岸付近で高い値を示し、南西部のK13, K15測点が高値を示す。Trans.は湖の中央部で高く、南西部から北西部の湖岸付近で低い(図6(c))。Trans.が高い中央部付近では、W.T.0mも高い(図6(d))。北部湖岸付近でW.T.0mが低い。

#### (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4日のT02のSS, Chl-*a*, IL, 10月14日のK13, K15のSS, Chl-*a*, ILは、平均値 $+3\sigma$ を超える異常値であり、相関係数の計算では除外した。

8月4日のChl-*a*とILに有意な相関関係(有意水準0.05)が見られない以外は、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(Chl-*a*とILを除く)、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2010年までの多く



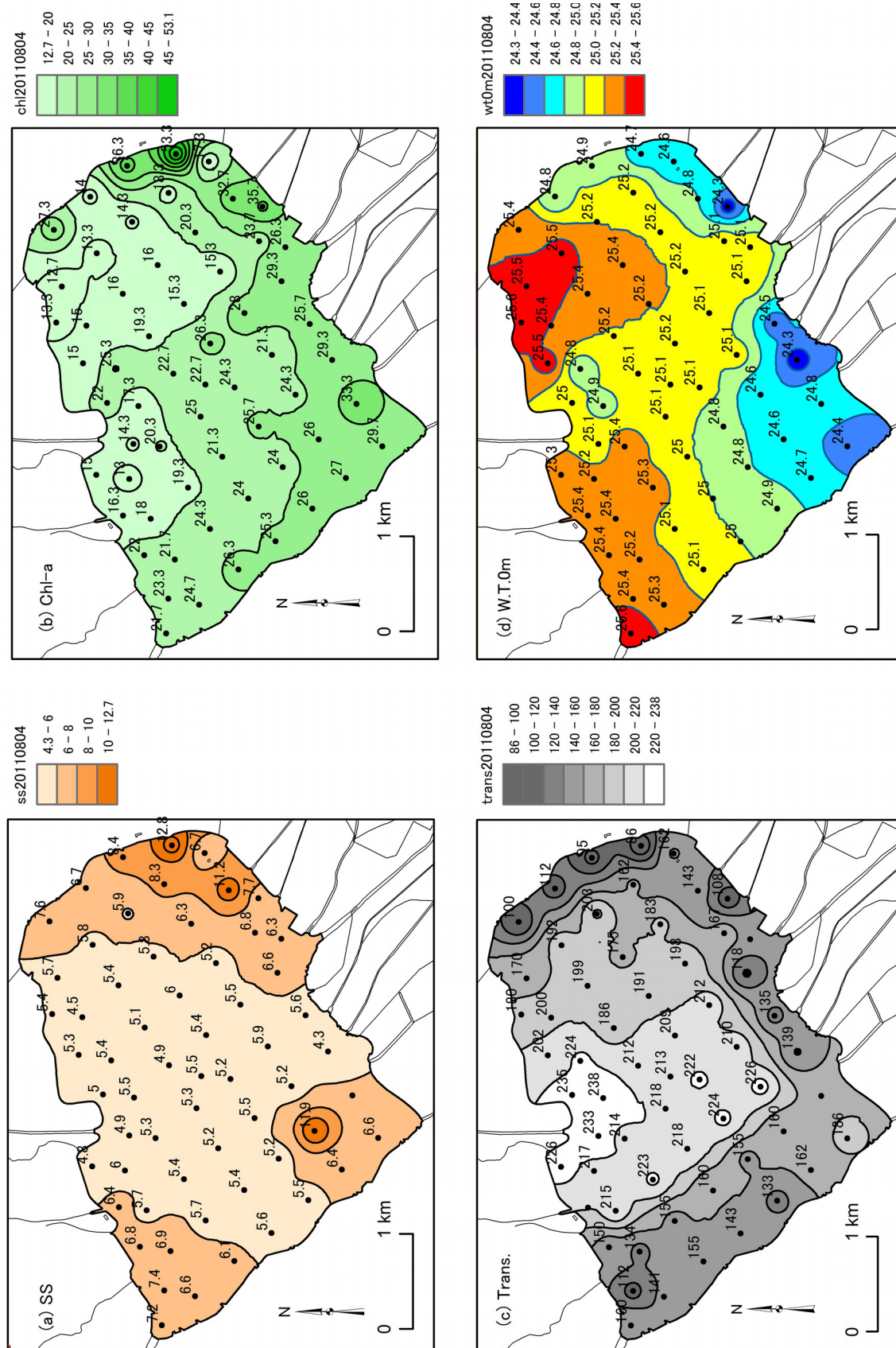


図 5 水質分布図 (2011 年 8 月 4 日) (a) 懸濁物質量, (b) クロロフィル *a* 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温

Fig. 5. Water quality maps of Lake Suwa on August 4, 2011. (a)SS, (b) Chl-*a*, (c)Trans., (d)W.T.0m

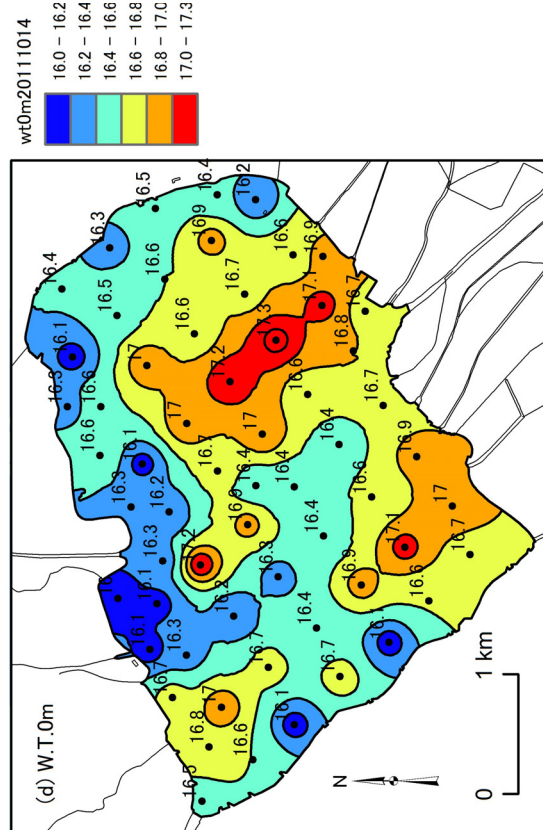
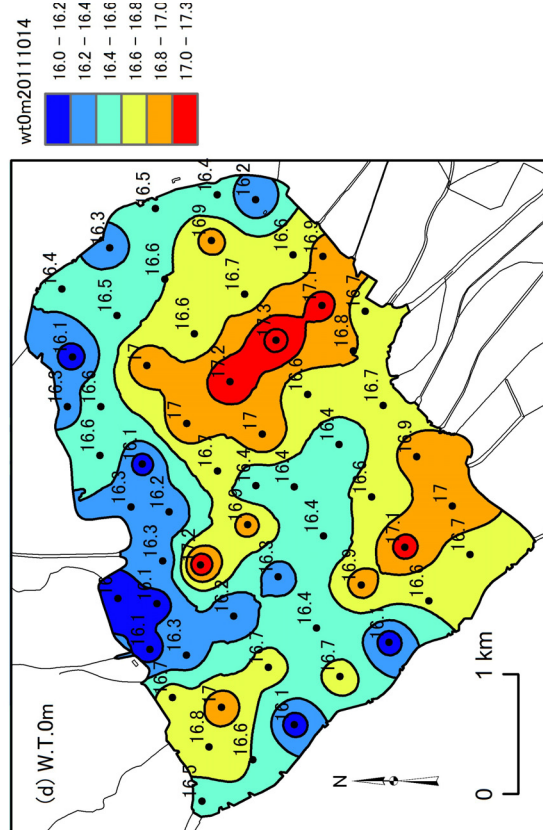
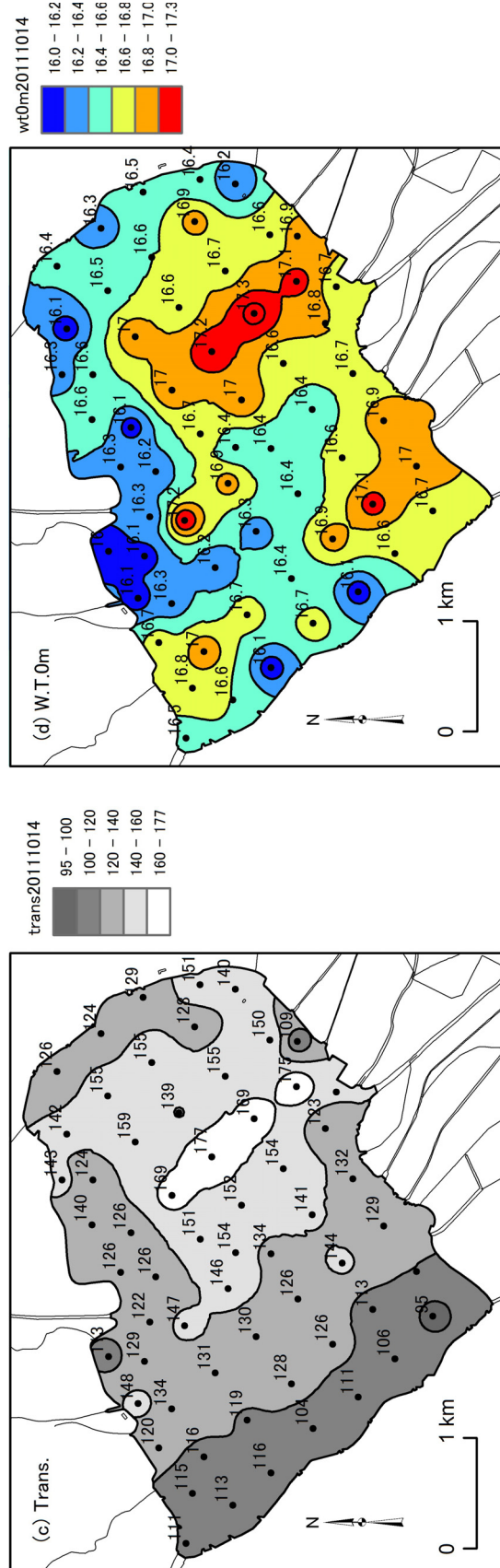
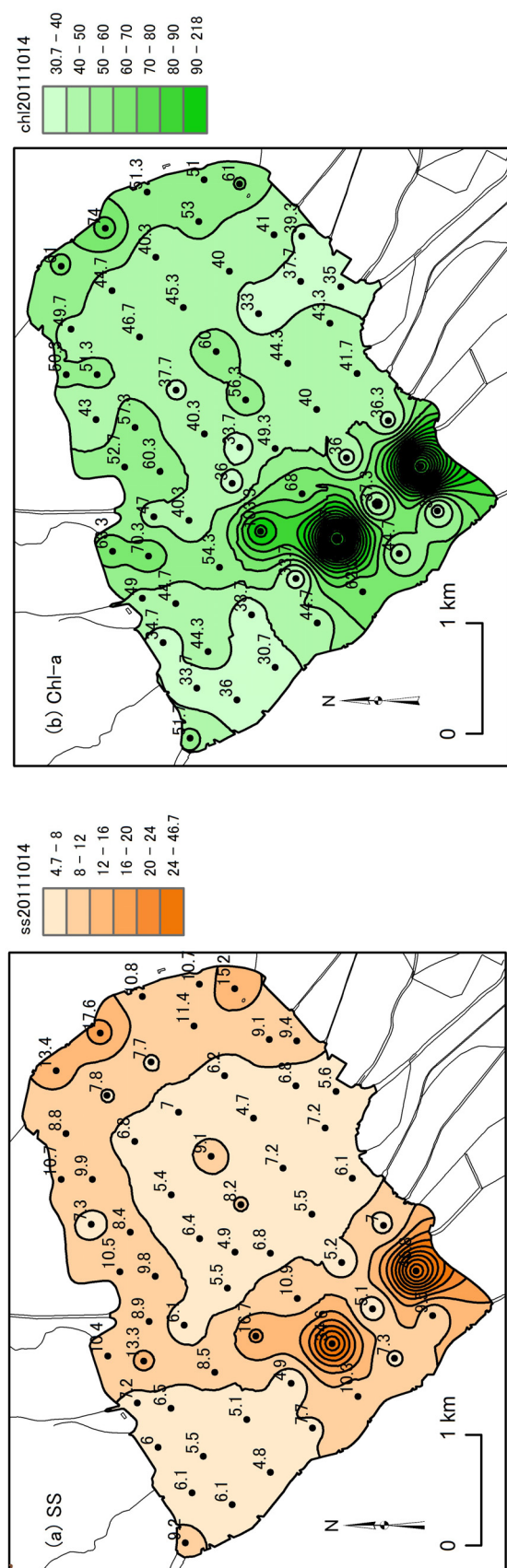


図 6 水質分布図 (2011 年 10 月 14 日) (a) 懸濁物質質量, (b) クロロフィル *a* 濃度, (c) 透明度, (d) 表層水温

Fig. 6. Water quality maps of Lake Suwa on October 14, 2011. (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 4, 2011

	SS	<i>p</i>	Chl- <i>a</i>	<i>p</i>	IL	<i>p</i>	Trans	<i>p</i>	DO 0m	<i>p</i>
SS	1.000									
Chl- <i>a</i>	0.378	0.003 **	1.000							
IL	0.618	0.000 **	0.232	0.078	1.000					
Trans	-0.524	0.000 **	-0.454	0.000 **	-0.454	0.000 **	1.000			
DO 0m	-0.297	0.024 *	-0.187	0.156	-0.572	0.000 **	0.410	0.002 **	1.000	
W.T.0m	-0.182	0.172	-0.594	0.000 **	-0.017	0.898	0.195	0.150	0.268	0.040 *

October 14, 2011

	SS	<i>p</i>	Chl- <i>a</i>	<i>p</i>	IL	<i>p</i>	Trans	<i>p</i>
SS	1.000							
Chl- <i>a</i>	0.961	0.000 **	1.000					
IL	0.964	0.000 **	0.972	0.000 **	1.000			
Trans	-0.161	0.237	-0.092	0.502	-0.096	0.483	1.000	
W.T.0m	0.006	0.966	0.028	0.833	0.123	0.356	0.308	0.021 *

\*\*: significant at 0.01 significant level.

\*: significant at 0.05 significant level.

T02 on Aug.4, 2011 is excluded from the calculations.

K13 and K15 on Oct.14, 2011 are excluded from the calculations.

の観測日で確認された傾向である。

これまでに 2005～2011 年の 13 観測日で IL を計測しており、10 観測日で Chl-*a* と IL には有意な正相関が見られ、有意な相関関係が見られないのは、2006 年 9 月 20 日、2010 年 9 月 30 日に次いで 3 例目である。

10 月 14 日の SS, Chl-*a*, IL には、相互に有意な正相関または負相関があるが、Trans.とは有意な相関関係が見られない。

8 月 4 日の W.T.0m は Chl-*a* と有意な負相関、DO0m と有意な正相関であるが、その他の要素とは有意な相関関係が見られない。また、8 月 4 日の DO0m は SS, IL と有意な負相関である。

10 月 14 日の W.T.0m は Trans.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 4 日と 10 月 14 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）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 4 日の C07（Trans.が全透）、K15（Trans.が全透、SS は no data）、K19（Trans.が全透）、T02（異常値を含む）と、10 月 30 日の K13（異常値

を含む）、K15（Trans.が全透、異常値も含む）、K19（Trans.が全透）を除外したため、8 月 4 日は 56 測点、10 月 14 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 4 日 2.180、10 月 14 日 2.262 であり、寄与率はそれぞれ 54.5%、56.6% である。第 2 成分の固有値は、8 月 4 日 0.989、10 月 14 日 1.020、寄与率はそれぞれ 24.7%、25.5% 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 4 日と 10 月 14 日における第 1 成分の SS, Chl-*a*, Trans., W.T.0m 主成分負荷量は、類似した特徴を示す。両日とも、SS, Chl-*a* の符号は同じであり、これらと Trans., W.T.0m の符号が逆である。

すなわち、8 月 4 日、10 月 14 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、2002 年 9 月 2 日、2005 年 10 月 6 日、2010 年 8 月 5 日の第 1 成分として抽出されたパターンと同じである。

SS, Chl-*a*, Trans.の 3 要素に限定すると、8 月 4 日と 10 月 14 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、2002～2011 年の全 22 観測日中 19 日で抽出されたことになる。

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

August 4, 2011 N=56

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.180	54.5%	54.5%
Component 2	0.989	24.7%	79.2%
Component 3	0.484	12.1%	91.3%

C07, K15, K19 and T02 are excluded from the calculations.

October 14, 2011 N=57

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.262	56.6%	56.6%
Component 2	1.020	25.5%	82.0%
Component 3	0.578	14.5%	96.5%

K13, K15 and K19 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 4, 2011 N=56

	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.707 **	0.498 **	0.502 **
Chl- <i>a</i>	0.839 **	-0.297 *	-0.126
Trans	-0.744 **	-0.448 **	0.447 **
W.T.0m	-0.650 **	0.672 **	-0.129

October 14, 2011 N=57

	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.902 **	0.265 *	0.219
Chl- <i>a</i>	0.891 **	0.344 **	0.134
Trans	-0.379 **	0.858 **	-0.347 **
W.T.0m	-0.716 **	0.309 *	0.626 **

\*\*: significant at 0.01 significant level.

\*: significant at 0.05 significant level.

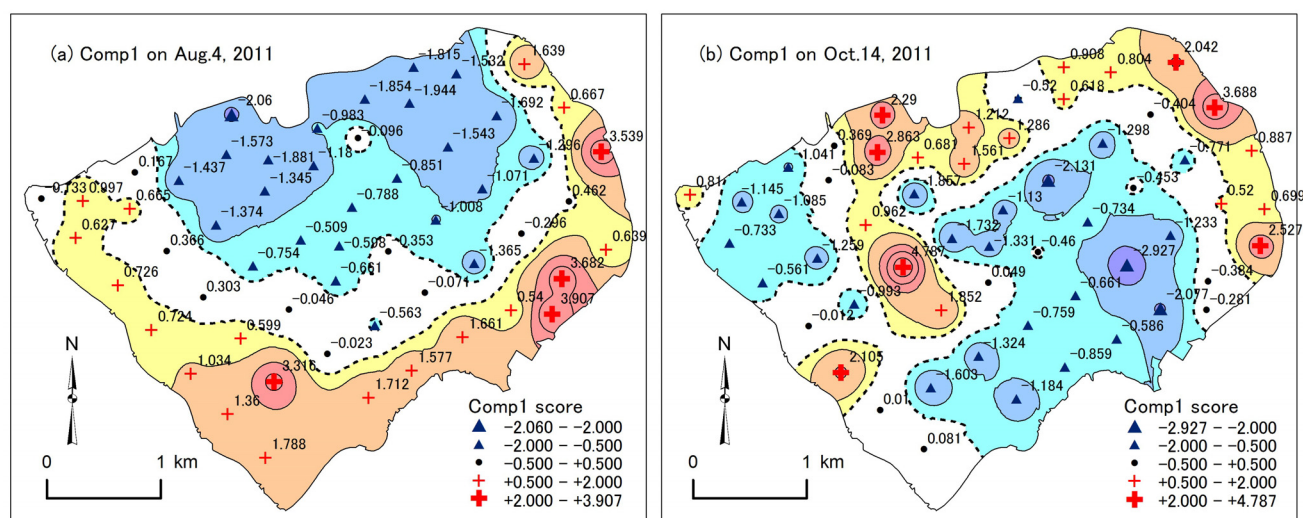


図7 第1主成分の主成分得点に基づく地域区分

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

(a) August 4, 2011, (b) October 14, 2011

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. 4, 2011	+	+	-	-	-	-	+	+	+-	+-	+-	+-
Oct. 14, 2011	+	+	(-)	-	-	-	(+)	+	+-	+-	+-	+-

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

8月4日のW.T.0mの第1成分主成分負荷量の絶対値(0.650)は、第2成分主成分負荷量の絶対値(0.672)よりやや小さいため、8月4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やや大きい。

同様に、10月14日のTrans.の第1成分主成分負荷量の絶対値(0.379)は、第2成分主成分負荷量の絶対値(0.858)より小さく、10月14日のTrans.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、2008～2010年と同様の方法で行った(柳町ほか, 2010, 2011)。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。

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4日(図7(a))の場合、+の地域「SS, Chl-aが高く、Trans., W.T.0mが低い」は、諏訪湖東部から湖岸に沿って南東部、南部、南西部に分布する。▲の地域「SS, Chl-aが低く、Trans., W.T.0mが高い」は、湖の北部に分布する。

10月14日(図7(b))の場合、+の地域「SS, Chl-aが高く、Trans., W.T.0mが低い」は、湖の中央よりやや西から北岸、北東岸、東岸付近に分布する。▲の地域「SS, Chl-aが低く、Trans., W.T.0mが高い」は、湖の中央部から南東部に分布する。

#### (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

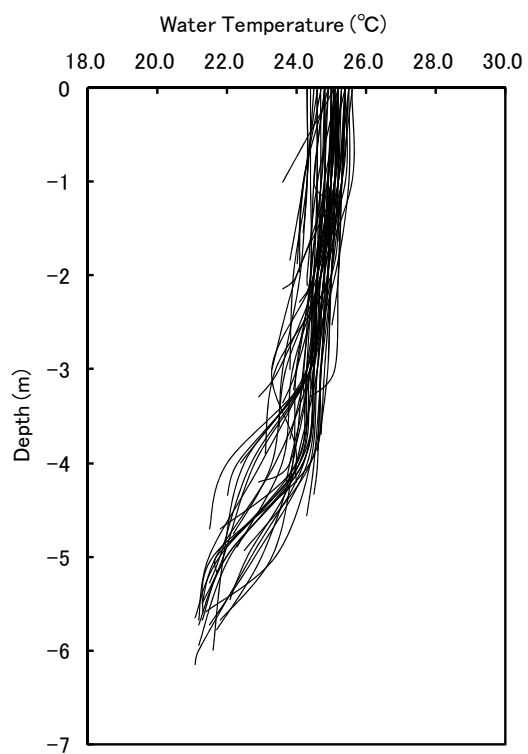
の値をイタリック体で、直上でかつ1m間隔の値は下線をつけて記載した。直上の水深は測点の水深より約10cm上方である。観測日毎に、60測点における水温とDOの垂直分布を図8に示す。

図4(d), 図8(d)から、10月14日のKコースのDOの観測値は、Cコース, Tコースの観測値とは明瞭に分離しており、測器のキャリブレーションが適切ではなかったために、Kコースの観測値は実際の値よりも4mg/L程度低いと推察される。そのため、K01～K20におけるDOはno dataとしたが、DOの垂直分布の傾向は、図8(d)のKコースの値を4mg/L程度右にずらすことで推測可能である。

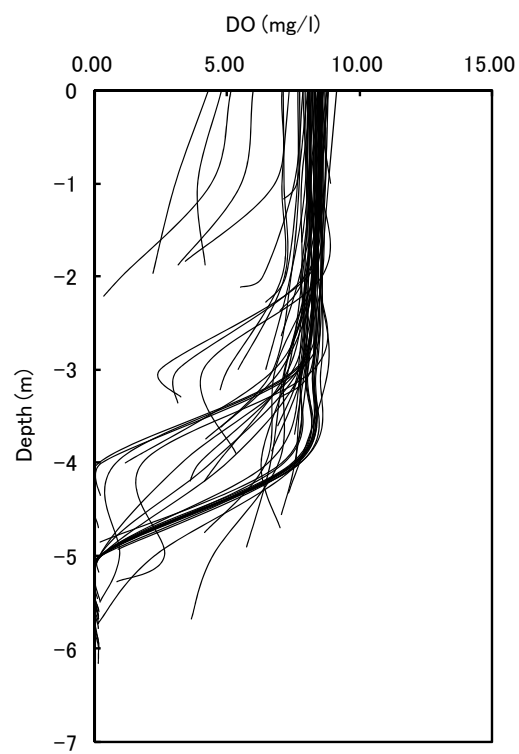
水温とDOの垂直分布に関するデータを測定した2005年以降では、すべての8月の観測日に水温躍層が出現し、夏季の水温成層形成が確認されたが(2005年8月17日, 2006年8月4日, 2007年8月8日, 2008年8月7日, 2009年8月6日, 2010年8月5日), 2011年8月4日の水温の垂直分布には、2005～2010年のような明瞭な水温躍層が見られない(図8(a))。水深3～5m付近において、2～3℃水温が低下する測点があるが、低下量が過去の観測例よりも小さい。前日までの気候条件等により、湖水が攪拌され、表層近くの水温が低下し、湖底近くの水温が上昇したことにより、水温成層がほぼ解消されていたと推測される。湖心の水温の変化傾向(図9)からも、8月4日頃、水深1m水温(WT1m), 水深3m水温(WT3m), 水深5m水温(WT5m)が近接した値となっている。

8月4日のDOの垂直分布(図8(b))を、2005～2010年8月の観測日の状況と比較すると、2005～2010年8月の観測日では、水深2～3mでも急激にDO値が低下する測点が見られたが、2011年8月4日の場合、水深4mにおけるDOの平均値が2005～2011年8月の観測日中最も高く(5.71mg/L), 表層から水深4m付近までのDO値の低下量が少ない測点が多い。湖水が攪拌された状態であったために、DO値が、垂直方向に急激に低下しない測点が多かったと考えられる。

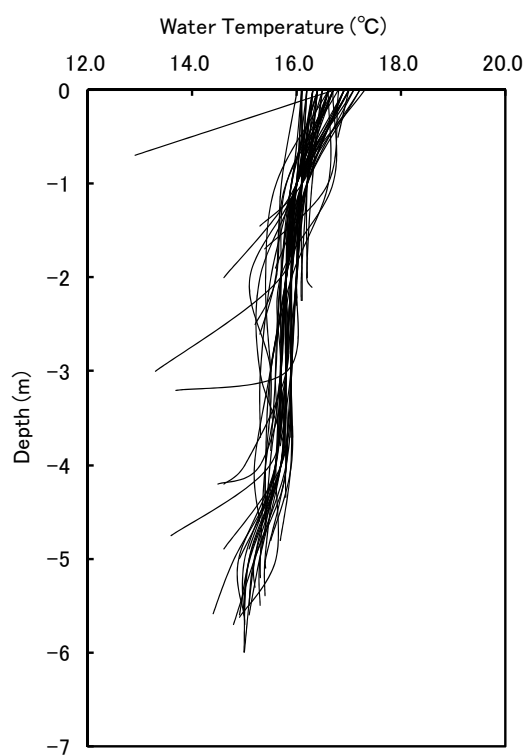
10月14日の水温の垂直分布は、同様に夏季の温度成層が解消された2005～2010年の9月あるいは10月の観測日の状況と類似している(図8(c))。ほとんどの測点において表層から湖底付近までの水温変化はわずかである。10月14日は、



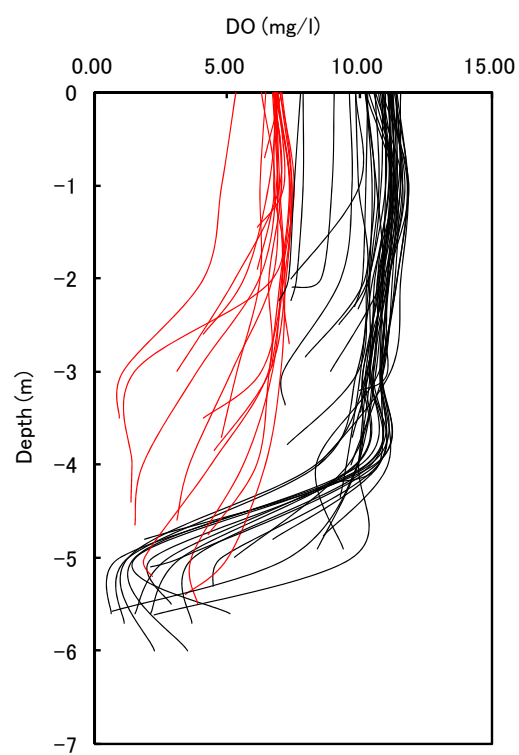
(a) W. T. on August 4, 2011



(b) DO on August 4, 2011



(c) W. T. on October 14, 2011



(d) DO on October 14, 2011

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  
Red lines show DO values at K01~K20.

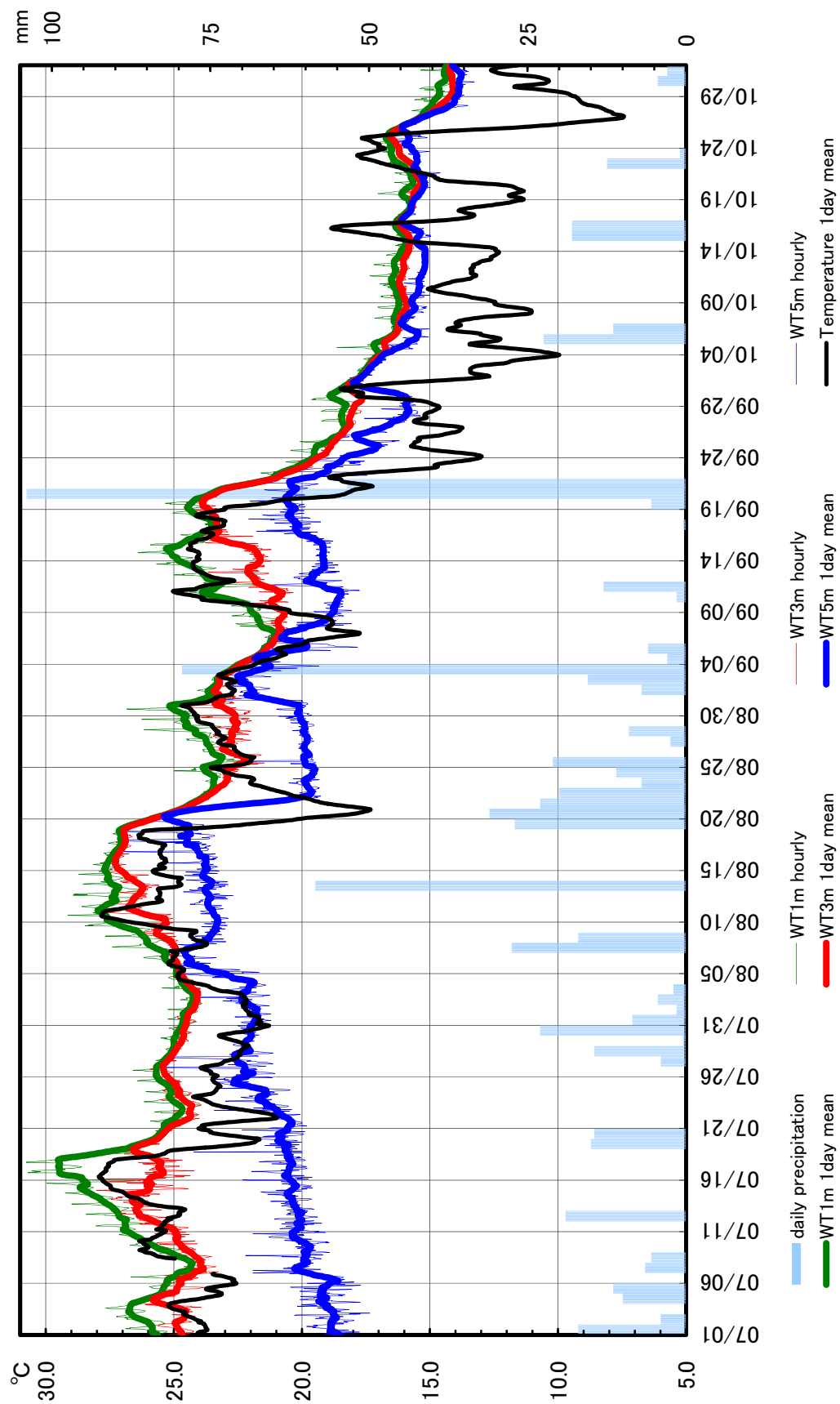


図9 2011年夏季の湖心(C15)における水深1m, 水深3m, 水深5mの水温変化と諏訪における日降水量, 日平均気温の変化

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 2011



2005～2011 年の 9 月あるいは 10 月の観測日中、最も遅い日であったため、季節の進行により、水温 (W.T.0m, W.T.1m, W.T.2m, W.T.3m, W.T.4m, W.T.5 m の平均値) は最も低下している。

上川河口付近の K19 では、表層から湖底直上 (水深 0.70m) まで、水温が 16.7℃から 12.9℃へ急激に低下している。河川水の影響が想定される。

10 月 14 日の DO の垂直分布は、表層から水深 4m 位までほとんど変化しない測点が多い。水深 4m 以深で急激に低下する測点が見られる (図 8 (d))。

C コース, T コースの測点に限定すると、湖底直上における DO が 3mg/L 未満の測点が 10 測点ある (表 8)。湖底直上の水深が 5m 以上である 14 測点中 9 測点において湖底直上の DO が 3mg/L 未満となった。水深が深い湖底直上では、貧酸素状態が広がっていた。

#### (6) 2011 年夏季の水温変化

2011 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。

2007 年以降の水深 1m における 1 日移動平均値 (24 時間分のデータの平均値) ピークは、2007 年 8 月 19 日 (28.3℃), 2008 年 8 月 16 日 (27.8℃), 2009 年 8 月 6 日 (25.3℃), 2010 年 8 月 31 日 (28.9℃) に出現した。

2006 年以降の水深 3m における 1 日移動平均値ピークは、2006 年 8 月 23 日 (26.3℃), 2007 年 8 月 22 日 (27.4℃), 2008 年 8 月 17 日 (25.8℃), 2009 年 8 月 21～22 日 (24.8℃), 2010 年 9 月 7 日 (27.5℃) に出現した。

2006 年以降の水深 5m における 1 日移動平均値ピークは、2006 年 8 月 27 日 (24.9℃), 2007 年 8 月 22 日 (26.8℃), 2008 年 8 月 23 日 (24.1℃), 2009 年 8 月 31～9 月 1 日 (23.3℃), 2010 年 9 月 9 日 (25.5℃) に出現した。

2011 年の 24 時間移動平均 (図 9, 1day mean) からみた水深 1m の水温ピークの出現は、7 月 17 日 (29.5℃) である。その後、低下・上昇を繰り返しながら徐々に低下した。水深 3m のピークは 8 月 15 日 (27.3℃), 水深 5m のピークは 8 月 20 日 (25.4℃) である。

2011 年の水温ピークの出現日を、2010 年までの出現日と比較すると、水深 1m のピークは非常に早く出現した。水深 3m, 水深 5m のピークも過去 5 年間より早い。

諏訪における 2011 年夏季の月平均気温は、6 月 20.0℃ (平年比+1.0℃), 7 月 24.3℃ (+1.6℃), 8 月 23.8℃ (0.0℃), 9 月 20.0℃ (+0.5℃), 10 月 13.2℃ (+0.3℃) であり、6 月高温, 7 月特に高温, 8 月平年並み, 9 月と 10 月がやや高温であった。

諏訪における月平均気温の平年値は、7 月 (22.7℃) よりも 8 月 (23.8℃) の方が高いが、2011 年 7 月は 8 月よりも高温であり、6 月 7 月の高温により、諏訪湖の水温のピークが例年より早く出現したと考えられる。

2011 年 8 月の月降水量は 262.5mm (平年比 203.0%) と非常に多く、8 月 19～22 日に連続して 20mm 以上の日降水量があり、気温も低下し、水深 1m, 3m, 5m の水温も急激に低下した (図 9)。

9 月の月降水量 289.0mm (平年比 150.4%) も平年よりも多い。3 日 79.5mm, 20 日 104.0mm, 21 日 53.5mm の降水により水深 1m, 3m, 5m の水温が急激に低下した (図 9)。

#### 4. まとめ

2011 年 8 月 4 日, 10 月 14 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。

2011 年夏季も、2003～2010 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 月の観測日より高い。8 月の水質は 10 月よりも改善された状態にあった。2011 年 8 月 4 日, 10 月 14 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 4 日, 10 月 14 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 4 日, 10 月 14 日の第 1 成分は、両日とも「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。これは 2002～2010 年の夏季観測日 20 日のうち、3 日間で抽出されたパターンである。

8 月 4 日は前日までの気候条件等により、湖水が攪拌され、水温成層がほぼ解消されていたと推

測される。

8月4日のDOの垂直分布は、表層から水深4m付近までのDO値の低下量が少ない測点が多い。

夏季の温度成層が解消された10月14日には、ほとんどの測点において表層から湖底付近までの水温変化はわずかである。水深が深い湖底直上では、貧酸素状態が広がっていた。

湖心における水温のピークは、水深1mは7月17日、水深3mは8月15日、水深5mは8月20日である。2011年7月の気温が特に高温であり、水温のピークも例年より早く出現したと考えられる。

## 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。

## 【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.

（原稿受付 2012.3.14）

表7 諏訪湖の水質データ (2011年8月4日)  
Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa  
on August 4, 2011

Station	Time JST	Longitude				Latitude				Depth (m)	SS (mg/L)	Chl- <i>a</i> ( $\mu$ g/L)	Trans. (cm)	IL (mg/L)
		deg	min	sec	E	deg	min	sec	N					
C01	9:04	138	05	07.3	E	36	03	29.6	N	4.80	5.4	25.3	224	4.2
C02	9:14	138	04	52.9	E	36	03	32.1	N	3.70	5.0	22.0	235	3.7
C03	9:23	138	04	52.0	E	36	03	21.4	N	4.80	5.5	17.3	238	3.7
C04	9:33	138	04	36.0	E	36	03	22.7	N	3.32	4.9	14.3	233	3.9
C05	9:39	138	04	21.3	E	36	03	23.8	N	4.20	6.0	13.0	217	4.2
C06	9:46	138	04	22.6	E	36	03	35.1	N	2.46	4.8	15.0	226	3.9
C07	9:54	138	04	05.8	E	36	03	25.5	N	2.03	6.4	16.3	bottom(*)	4.2
C08	10:01	138	04	04.8	E	36	03	16.0	N	4.31	5.7	18.0	215	4.3
C09	10:10	138	04	18.4	E	36	03	03.6	N	5.27	5.4	19.3	223	4.0
C10	10:18	138	04	31.8	E	36	02	52.2	N	5.78	5.2	21.3	218	3.9
C11	10:25	138	04	44.9	E	36	02	40.1	N	6.25	5.5	25.7	224	3.7
C12	10:35	138	04	58.8	E	36	02	27.8	N	5.88	5.2	24.3	226	3.5
C13	10:42	138	05	15.2	E	36	02	36.3	N	5.78	5.9	21.3	210	3.9
C14	10:51	138	05	01.0	E	36	02	48.7	N	6.05	5.2	24.3	222	3.5
C15	10:58	138	05	01.9	E	36	02	58.7	N	5.75	5.5	22.7	213	3.6
C16	11:06	138	04	48.3	E	36	03	00.0	N	5.83	5.3	25.0	218	3.4
C17	11:13	138	04	35.2	E	36	03	13.7	N	4.95	5.3	20.3	214	3.7
C18	11:22	138	05	06.0	E	36	03	09.8	N	5.70	4.9	22.7	212	3.4
C19	11:30	138	05	19.2	E	36	02	57.5	N	5.78	5.4	26.3	209	3.8
C20	11:37	138	05	32.4	E	36	02	46.1	N	5.00	5.5	28.0	212	3.9
K01	9:08	138	04	38.2	E	36	01	57.6	N	3.32	6.6	29.7	186	4.3
K02	9:24	138	04	24.4	E	36	02	09.7	N	4.30	6.4	27.0	162	4.2
K03	9:33	138	04	11.1	E	36	02	20.9	N	4.66	5.5	26.0	133	3.5
K04	9:40	138	03	56.9	E	36	02	33.1	N	4.43	5.6	25.3	143	3.8
K05	9:47	138	03	44.6	E	36	02	45.5	N	3.79	6.1	26.3	155	4.0
K06	9:53	138	03	29.3	E	36	02	58.6	N	2.99	6.6	24.7	141	3.8
K07	9:59	138	03	16.8	E	36	03	09.6	N	1.73	7.2	21.7	160	4.6
K08	10:07	138	03	31.4	E	36	03	09.2	N	2.63	7.4	23.3	112	4.0
K09	10:12	138	03	49.4	E	36	03	17.9	N	3.39	6.8	22.0	150	3.7
K10	10:18	138	03	48.0	E	36	03	07.4	N	3.97	6.9	21.7	134	4.0
K11	10:25	138	04	01.3	E	36	02	55.7	N	5.03	5.7	24.3	155	4.0
K12	10:31	138	04	14.6	E	36	02	42.9	N	5.69	5.4	24.0	160	3.6
K13	10:38	138	04	28.2	E	36	02	31.4	N	5.83	5.2	24.0	155	3.8
K14	10:45	138	04	40.3	E	36	02	19.4	N	5.56	11.9	26.0	160	4.1
K15	10:52	138	04	55.7	E	36	02	06.9	N	1.27	no data	33.3	bottom(*)	3.8
K16	10:59	138	05	13.8	E	36	02	15.6	N	3.18	4.3	29.3	139	3.7
K17	11:05	138	05	28.7	E	36	02	23.7	N	3.71	5.6	25.7	135	3.6
K18	11:15	138	05	46.2	E	36	02	33.7	N	2.24	6.6	29.3	118	4.2
K19	11:21	138	06	00.6	E	36	02	32.8	N	1.18	6.3	26.3	bottom(*)	4.2
K20	11:25	138	06	17.3	E	36	02	41.0	N	1.64	7.7	35.7	108	4.8
T01	8:58	138	06	35.6	E	36	02	59.8	N	1.94	6.7	17.3	162	4.6
T02	9:05	138	06	38.4	E	36	03	11.1	N	1.98	12.8	53.3	86	11.8
T03	9:32	138	06	32.8	E	36	03	27.7	N	2.06	8.4	36.3	95	6.9
T04	9:43	138	06	19.4	E	36	03	40.0	N	2.31	6.7	14.0	112	4.2
T05	9:53	138	06	05.0	E	36	03	52.1	N	1.98	7.6	27.3	100	6.1
T06	10:03	138	05	41.3	E	36	03	48.8	N	3.46	5.7	12.7	170	4.0
T07	10:10	138	05	26.1	E	36	03	50.3	N	2.73	5.4	13.3	180	3.8
T08	10:17	138	05	09.3	E	36	03	40.8	N	3.84	5.3	15.0	202	4.0
T09	10:25	138	05	25.1	E	36	03	40.0	N	4.45	4.5	15.0	200	3.5
T10	10:32	138	05	55.7	E	36	03	37.2	N	4.16	5.8	13.3	192	4.0
T11	10:40	138	06	09.3	E	36	03	25.4	N	3.40	5.9	14.3	203	4.1
T12	9:20	138	06	22.0	E	36	03	13.3	N	2.21	8.3	18.3	162	7.0
T13	11:47	138	06	20.3	E	36	02	51.2	N	2.38	11.2	32.7	143	5.5
T14	11:42	138	06	05.7	E	36	03	03.7	N	4.00	6.3	20.3	183	4.3
T15	10:48	138	05	51.5	E	36	03	16.2	N	6.10	5.8	16.0	175	4.3
T16	10:55	138	05	39.0	E	36	03	27.9	N	5.38	5.4	16.0	199	3.6
T17	11:02	138	05	21.5	E	36	03	18.5	N	5.62	5.1	19.3	186	3.9
T18	11:13	138	05	35.5	E	36	03	06.9	N	5.59	6.0	15.3	191	4.4
T19	11:23	138	05	49.5	E	36	02	54.8	N	4.85	5.2	15.3	198	4.1
T20	11:30	138	06	02.8	E	36	02	41.8	N	3.13	6.8	23.7	167	4.3

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（2011年8月4日）続き  
Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa on August 4, 2011  
(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	24.8	24.7	24.4	24.4	22.0	<i>21.5</i>			8.05	8.14	7.77	7.54	0.18	<i>0.15</i>		
C02	25.0	24.9	24.7	24.3	<i>24.3</i>				8.10	8.14	8.32	7.76	<i>6.89</i>			
C03	24.9	24.7	24.4	24.2	24.0	<i>21.8</i>			8.09	8.12	7.83	7.31	6.30	<i>7.00</i>		
C04	25.1	25.1	24.5	24.4	<i>24.4</i>				8.33	8.33	8.02	7.70	<i>7.52</i>			
C05	25.2	25.0	24.6	24.4	23.8	<i>22.9</i>			8.30	8.41	8.20	7.85	7.61	<i>6.88</i>		
C06	25.3	25.1	24.9	<i>24.5</i>					8.20	8.25	7.88	<i>6.98</i>				
C07	25.4	25.3	<i>24.9</i>						8.06	8.15	<i>8.20</i>					
C08	25.4	25.3	24.8	24.6	24.0	<i>24.0</i>			8.34	8.36	7.98	7.32	4.66	<i>4.15</i>		
C09	25.3	25.1	24.7	24.6	24.1	21.7	<i>21.7</i>		8.52	8.50	8.35	7.98	7.53	0.18	<i>0.14</i>	
C10	25.0	25.0	24.8	24.5	24.2	22.0	<i>21.3</i>		8.47	8.47	8.37	7.99	7.62	0.25	<i>0.16</i>	
C11	24.8	24.8	24.6	24.5	24.2	22.7	21.2	<i>21.1</i>	8.34	8.38	8.34	8.25	7.76	0.19	0.13	<i>0.12</i>
C12	24.6	24.6	24.5	24.2	23.9	23.0	<i>21.7</i>		8.03	8.03	7.93	7.79	6.55	0.25	<i>0.15</i>	
C13	25.1	25.0	24.5	24.0	23.9	23.3	<i>21.8</i>		8.68	8.71	8.34	7.19	6.94	4.45	<i>3.64</i>	
C14	25.1	24.9	24.5	24.3	24.1	22.1	<i>21.2</i>		8.38	8.45	8.35	8.03	7.44	0.19	<i>0.14</i>	
C15	25.1	25.0	24.9	24.4	24.1	21.8	<i>21.1</i>		8.52	8.53	8.52	8.32	7.51	0.25	<i>0.15</i>	
C16	25.1	24.9	24.8	24.5	24.2	22.0	<i>21.2</i>		8.46	8.50	8.58	8.36	7.54	0.22	<i>0.16</i>	
C17	25.4	25.3	25.0	24.5	24.0	<i>22.1</i>			8.62	8.65	8.61	7.84	7.07	<i>0.20</i>		
C18	25.1	25.0	24.9	24.7	24.4	21.6	<i>21.3</i>		8.55	8.56	8.57	8.52	7.74	0.22	<i>0.14</i>	
C19	25.2	25.1	24.6	24.3	23.0	21.5	<i>21.2</i>		8.56	8.56	8.29	7.69	3.30	0.19	<i>0.14</i>	
C20	25.1	25.0	24.7	23.9	23.6	<i>22.3</i>			8.39	8.40	8.20	7.16	6.64	<i>5.75</i>		
K01	24.4	24.4	24.4	24.0	<i>23.9</i>				7.35	7.08	7.08	5.04	<i>4.75</i>			
K02	24.7	24.7	24.6	24.4	23.8	<i>23.7</i>			8.24	7.82	7.83	7.51	3.97	<i>3.60</i>		
K03	24.9	24.8	24.8	24.7	24.5	<i>24.3</i>			8.63	8.42	8.25	8.03	7.56	<i>7.05</i>		
K04	25.0	24.9	24.9	24.7	24.6	<i>24.5</i>			8.73	8.56	8.44	8.80	7.33	<i>6.55</i>		
K05	25.1	25.1	25.0	24.8	<i>24.7</i>				8.50	8.46	8.37	7.92	<i>7.53</i>			
K06	25.3	25.2	25.0	<i>24.9</i>					8.21	8.11	8.00	<i>7.27</i>				
K07	25.6	25.3	<i>25.2</i>						8.51	8.08	<i>7.80</i>					
K08	25.4	25.3	25.2	<i>25.0</i>					8.75	8.31	8.26	<i>7.91</i>				
K09	25.4	25.3	25.2	25.1	<i>24.4</i>				8.62	8.15	8.39	8.14	<i>7.03</i>			
K10	25.2	25.2	25.0	24.9	<i>24.6</i>				7.85	7.98	8.05	7.85	<i>6.67</i>			
K11	25.1	25.1	25.0	24.7	24.4	<i>22.5</i>			8.79	8.55	8.54	8.22	7.67	<i>0.90</i>		
K12	25.0	25.0	24.9	24.6	24.4	23.4	<i>21.4</i>		9.12	8.81	8.53	8.25	7.61	0.22	<i>0.14</i>	
K13	24.8	24.8	24.6	24.5	24.3	22.8	<i>21.5</i>		8.33	8.06	8.21	8.23	7.68	2.26	<i>0.12</i>	
K14	24.6	24.6	24.5	23.3	24.0	22.6	<i>22.1</i>		8.18	8.10	8.08	7.75	7.15	0.18	<i>0.10</i>	
K15	24.8	24.5	<i>24.8</i>						8.05	7.64	<i>7.15</i>					
K16	24.3	24.3	23.9	<i>23.8</i>					7.11	7.14	7.16	<i>5.42</i>				
K17	24.5	24.3	24.1	23.6	<i>23.5</i>				7.75	7.73	7.42	6.74	<i>4.80</i>			
K18	25.1	24.9	24.0	<i>23.6</i>					8.82	<i>8.52</i>	8.28	<i>8.20</i>				
K19	25.1	<i>23.6</i>							8.33	<i>8.90</i>						
K20	24.3	24.3	<i>24.2</i>						8.83	8.70	<i>8.43</i>					
T01	24.6	24.2	<i>23.8</i>						7.08	6.81	<i>3.43</i>					
T02	24.7	24.2	<i>24.0</i>						4.76	3.87	<i>4.15</i>					
T03	24.9	24.2	<i>24.1</i>						4.27	3.02	<i>2.18</i>					
T04	24.8	24.5	24.4	<i>24.3</i>					5.15	4.40	1.02	<i>0.35</i>				
T05	25.4	24.8	<i>24.6</i>						6.00	5.55	<i>3.14</i>					
T06	25.5	25.2	24.7	24.0	<i>23.6</i>				8.33	8.51	7.92	3.15	<i>3.14</i>			
T07	25.6	25.6	24.7	<i>24.5</i>					8.42	8.47	7.72	<i>7.04</i>				
T08	25.5	25.5	25.1	24.3	<i>23.8</i>				8.31	8.29	8.31	7.01	<i>4.21</i>			
T09	25.4	25.4	24.6	24.4	<i>22.3</i>	<i>22.0</i>			8.17	8.18	8.31	7.76	0.25	<i>0.19</i>		
T10	25.5	25.3	24.5	24.3	<i>22.4</i>				8.57	8.66	8.05	6.74	<i>1.14</i>			
T11	25.2	25.0	24.6	23.5	<i>22.9</i>				8.43	8.43	8.04	2.50	<i>3.26</i>			
T12	25.2	24.6	24.3	<i>24.3</i>					7.88	7.54	6.34	<i>5.50</i>				
T13	24.8	24.8	24.5	<i>24.1</i>					7.67	7.65	7.22	<i>6.47</i>				
T14	25.2	25.2	25.0	23.4	<i>23.1</i>				8.59	8.58	8.58	4.11	<i>5.34</i>			
T15	25.4	25.2	24.5	24.4	22.5	21.9	<i>21.6</i>		8.47	8.54	8.00	7.68	4.38	0.19	<i>0.17</i>	
T16	25.4	25.2	24.8	24.4	22.7	21.8	<i>21.5</i>		8.25	8.28	8.46	8.26	1.80	2.63	<i>0.83</i>	
T17	25.2	25.0	24.6	24.4	23.4	21.7	<i>21.3</i>		8.34	8.45	8.23	7.86	5.00	0.24	<i>0.19</i>	
T18	25.2	25.1	24.7	24.4	22.8	21.9	<i>21.3</i>		8.44	8.50	8.27	7.60	0.80	0.92	<i>0.20</i>	
T19	25.2	25.1	24.7	23.7	23.3	<i>22.2</i>			8.43	8.46	8.26	6.81	6.46	<i>4.15</i>		
T20	25.1	25.1	24.0	<i>23.3</i>					7.95	7.96	7.40	<i>6.48</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 (2011年10月14日)  
Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa

on October 14, 2011

Station	Time JST	Longitude				Latitude				Depth (m)	SS (mg/L)	Chl- <i>a</i> ( $\mu$ g/L)	Trans. (cm)	IL (mg/L)
		deg	min	sec	E	deg	min	sec	N					
C01	8:40	138	05	07.6	E	36	03	29.5	N	4.96	8.4	57.3	126	5.3
C02	8:50	138	04	53.2	E	36	03	32.2	N	3.90	10.5	52.7	126	5.7
C03	8:58	138	04	52.0	E	36	03	21.8	N	4.95	9.8	60.3	126	7.3
C04	9:06	138	04	35.6	E	36	03	23.2	N	3.32	8.9	47.0	122	4.9
C05	9:13	138	04	21.3	E	36	03	24.4	N	4.33	13.3	70.3	129	7.3
C06	9:21	138	04	22.7	E	36	03	35.0	N	2.67	10.4	63.3	113	6.9
C07	9:27	138	04	06.1	E	36	03	25.9	N	2.12	7.2	49.0	148	5.3
C08	9:33	138	04	04.5	E	36	03	16.0	N	4.34	6.5	44.7	134	4.7
C09	9:41	138	04	18.0	E	36	03	03.5	N	5.40	8.5	54.3	131	6.9
C10	9:52	138	04	31.5	E	36	02	51.8	N	5.87	16.7	103.3	130	14.7
C11	10:03	138	04	45.5	E	36	02	39.9	N	6.10	10.9	68.0	126	6.5
C12	10:16	138	04	59.0	E	36	02	27.2	N	5.79	5.2	36.0	144	3.9
C13	10:30	138	05	16.1	E	36	02	36.4	N	5.65	5.5	40.0	141	4.1
C14	10:40	138	05	01.6	E	36	02	48.2	N	6.10	6.8	49.3	134	4.7
C15	10:49	138	05	01.6	E	36	02	58.6	N	5.82	4.9	33.7	154	4.0
C16	10:59	138	04	48.5	E	36	03	00.5	N	5.74	5.5	36.0	146	4.4
C17	11:10	138	04	34.7	E	36	03	12.9	N	5.05	6.1	40.3	147	5.0
C18	11:21	138	05	06.1	E	36	03	09.1	N	5.75	6.4	40.3	151	4.8
C19	11:32	138	05	18.8	E	36	02	57.3	N	5.78	8.2	56.3	152	7.2
C20	11:42	138	05	32.4	E	36	02	45.3	N	5.06	7.2	44.3	154	5.3
K01	9:59	138	04	40.8	E	36	02	00.1	N	3.62	9.5	36.3	95	4.8
K02	10:07	138	04	25.0	E	36	02	10.9	N	4.50	7.3	44.7	106	4.9
K03	10:15	138	04	10.8	E	36	02	21.3	N	4.77	10.3	62.3	111	8.0
K04	10:23	138	03	59.0	E	36	02	34.3	N	4.72	7.7	44.7	104	5.0
K05	10:32	138	03	42.5	E	36	02	46.3	N	3.70	4.8	30.7	116	3.7
K06	10:38	138	03	30.4	E	36	02	57.2	N	3.04	6.1	36.0	113	4.2
K07	10:45	138	03	16.1	E	36	03	10.6	N	1.98	9.2	51.7	111	5.5
K08	10:49	138	03	34.2	E	36	03	09.1	N	2.73	6.1	33.7	115	4.8
K09	10:56	138	03	50.3	E	36	03	19.4	N	3.02	6.0	34.7	120	4.4
K10	11:01	138	03	47.5	E	36	03	06.1	N	3.95	5.5	44.3	116	4.3
K11	11:08	138	04	01.3	E	36	02	53.7	N	4.85	5.1	33.7	119	4.1
K12	11:11	138	04	14.8	E	36	02	41.0	N	5.48	4.9	33.7	128	3.9
K13	11:19	138	04	29.6	E	36	02	29.3	N	5.58	34.6	217.0	126	32.0
K14	11:25	138	04	42.6	E	36	02	17.8	N	5.30	5.1	37.3	113	4.0
K15	11:31	138	04	56.7	E	36	02	05.3	N	0.56	46.8	218.0	bottom(*)	43.4
K16	11:35	138	05	12.8	E	36	02	15.3	N	2.78	7.0	36.3	129	5.8
K17	11:42	138	05	29.5	E	36	02	24.8	N	3.60	6.1	41.7	132	4.8
K18	11:49	138	05	47.4	E	36	02	33.3	N	1.81	7.2	43.3	123	5.6
K19	11:53	138	06	00.7	E	36	02	30.4	N	0.80	5.6	35.0	bottom(*)	4.7
K20	12:00	138	06	18.5	E	36	02	42.3	N	1.55	9.4	39.3	109	5.8
T01	8:30	138	06	36.7	E	36	03	01.0	N	2.40	15.2	61.0	140	7.1
T02	8:37	138	06	37.9	E	36	03	11.4	N	2.10	10.7	51.0	151	5.3
T03	8:47	138	06	32.8	E	36	03	28.0	N	2.20	10.8	51.3	129	5.8
T04	8:53	138	06	19.2	E	36	03	40.0	N	2.34	17.6	74.0	124	9.2
T05	8:59	138	06	05.1	E	36	03	52.6	N	2.34	13.4	61.0	126	7.6
T06	9:10	138	05	42.5	E	36	03	49.2	N	3.46	8.8	49.7	142	4.7
T07	9:19	138	05	26.0	E	36	03	50.2	N	2.94	10.7	50.3	143	5.1
T08	9:31	138	05	10.1	E	36	03	41.0	N	3.89	7.3	43.0	140	4.0
T09	9:43	138	05	26.3	E	36	03	41.1	N	4.45	9.9	51.3	124	5.2
T10	9:53	138	05	56.8	E	36	03	37.5	N	4.14	7.8	44.7	155	4.7
T11	9:59	138	06	09.3	E	36	03	24.9	N	3.54	7.7	40.3	155	4.9
T12	10:08	138	06	22.7	E	36	03	12.6	N	2.32	11.4	53.0	128	6.1
T13	10:17	138	06	18.7	E	36	02	50.4	N	2.43	9.1	41.0	150	5.1
T14	10:25	138	06	05.1	E	36	03	03.2	N	4.18	6.2	40.0	155	4.4
T15	10:31	138	05	51.5	E	36	03	16.4	N	5.14	7.0	45.3	139	5.1
T16	10:43	138	05	40.4	E	36	03	29.0	N	5.20	6.8	46.7	159	4.9
T17	10:53	138	05	21.6	E	36	03	17.8	N	5.72	5.4	37.7	169	3.9
T18	11:05	138	05	35.9	E	36	03	06.4	N	5.68	9.1	60.0	177	7.6
T19	11:14	138	05	50.1	E	36	02	54.3	N	4.86	4.7	33.0	169	3.6
T20	11:22	138	06	02.2	E	36	02	42.2	N	3.09	6.8	37.7	175	5.0

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

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



表8 諏訪湖の水質データ（2011年10月14日）続き  
Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa on October 14, 2011  
(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	16.1	16.1	15.9	15.9	15.9	<i>15.7</i>			10.96	10.96	10.87	10.75	10.71	<i>6.73</i>		
C02	16.3	16.1	16.0	15.9	<i>15.9</i>				11.17	11.15	10.84	10.36	<i>9.74</i>			
C03	16.2	16.1	16.0	15.9	15.9	<i>15.5</i>			11.25	11.29	11.06	10.82	10.56	<i>1.90</i>		
C04	16.3	16.1	16.0	15.8	<i>13.7</i>				11.12	11.09	10.70	11.05	<i>10.01</i>			
C05	16.1	16.0	15.8	15.8	15.0	<i>14.6</i>			11.36	11.40	11.22	10.88	9.67	<i>8.30</i>		
C06	16.0	15.7	15.6	<i>15.2</i>					10.89	10.83	10.35	<i>9.22</i>				
C07	16.1	16.0	<i>14.6</i>						11.26	11.35	<i>10.83</i>					
C08	16.3	16.0	15.8	15.8	15.3	<i>14.5</i>			11.38	11.53	11.12	10.82	10.72	<i>8.94</i>		
C09	16.2	16.0	15.9	15.9	15.8	15.2	<i>15.2</i>		11.55	11.46	10.70	10.37	10.69	4.76	<i>4.46</i>	
C10	16.3	16.0	15.3	15.3	15.8	15.2	<i>14.8</i>		10.79	11.17	10.91	10.40	10.42	3.69	<i>3.65</i>	
C11	16.4	15.9	15.9	15.8	15.7	15.1	<i>15.0</i>		11.08	11.22	10.83	10.52	10.24	1.51	<i>3.51</i>	
C12	16.6	16.1	15.9	15.8	15.7	15.3	<i>15.1</i>		11.33	11.85	11.43	10.89	10.39	1.55	<i>5.12</i>	
C13	16.4	15.9	15.8	15.8	15.7	15.2	<i>15.1</i>		11.41	11.80	11.42	10.80	10.28	2.21	<i>2.90</i>	
C14	16.4	16.2	15.8	15.8	15.6	15.2	<i>15.0</i>		11.10	11.12	10.57	10.26	8.33	1.28	<i>2.27</i>	
C15	16.4	15.9	15.7	15.7	15.6	15.0	<i>15.0</i>		10.89	11.30	10.51	9.91	8.45	1.25	<i>1.11</i>	
C16	16.9	16.0	15.8	15.8	15.7	15.1	<i>15.0</i>		11.05	11.69	11.07	10.45	10.00	0.95	<i>0.63</i>	
C17	17.2	16.2	15.9	15.9	15.7	<i>14.6</i>			10.87	11.86	11.10	10.73	8.35	<i>9.38</i>		
C18	16.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	<i>14.9</i>		11.21	11.29	10.77	10.24	9.89	3.28	<i>2.12</i>	
C19	17.0	16.0	15.7	15.6	15.6	14.9	<i>15.0</i>		10.34	11.35	10.82	10.12	9.82	2.80	<i>1.53</i>	
C20	16.6	16.1	15.8	15.7	15.6	<i>15.1</i>			11.40	11.57	10.97	10.62	9.93	<i>8.39</i>		
K01	16.7	16.0	15.8	15.5	<i>15.5</i>				no data	no data	no data	no data	no data			
K02	16.6	16.6	15.9	15.5	15.4	<i>15.4</i>			no data	no data	no data	no data	no data	no data		
K03	16.1	16.0	15.1	15.5	15.4	<i>15.4</i>			no data	no data	no data	no data	no data	no data		
K04	16.7	16.0	15.8	15.5	15.2	<i>15.3</i>			no data	no data	no data	no data	no data	no data		
K05	16.1	15.9	15.5	15.3	<i>15.3</i>				no data	no data	no data	no data	no data			
K06	16.6	15.6	15.4	<i>15.5</i>					no data	no data	no data	<i>no data</i>				
K07	16.5	16.2	<i>15.6</i>						no data	no data	no data					
K08	16.8	15.8	15.6	<i>15.3</i>					no data	no data	no data	no data				
K09	16.7	16.1	15.8	<i>15.5</i>					no data	no data	no data	no data				
K10	17.0	16.0	15.7	15.6	<i>15.5</i>				no data	no data	no data	no data	no data			
K11	16.7	16.7	15.7	15.7	15.5	<i>15.4</i>			no data	no data	no data	no data	no data	no data		
K12	16.4	16.2	15.8	15.8	15.6	15.4	<i>15.4</i>		no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data	
K13	16.9	16.2	15.8	15.7	15.6	15.3	<i>15.3</i>		no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data	
K14	17.1	16.0	15.8	15.7	15.4	15.3	<i>15.3</i>		no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data	
K15	17.0	<i>16.8</i>							no data	no data						
K16	16.9	16.1	15.9	<i>15.7</i>					no data	no data	no data	no data				
K17	16.7	16.0	15.8	15.7	<i>15.8</i>				no data	no data	no data	no data	no data			
K18	16.8	16.6	<i>15.4</i>						no data	no data	no data					
K19	16.7	<i>12.9</i>							no data	no data						
K20	16.9	16.1	<i>15.3</i>						no data	no data	no data					
T01	16.2	16.1	16.0	<i>16.0</i>					10.29	10.22	10.10	<i>9.82</i>				
T02	16.4	16.2	<i>16.2</i>						9.86	10.00	<i>7.40</i>					
T03	16.5	16.3	16.2	<i>16.3</i>					9.02	8.94	8.54	<i>7.45</i>				
T04	16.3	16.2	16.1	<i>16.1</i>					7.85	7.85	7.62	<i>7.42</i>				
T05	16.4	16.1	16.1	<i>16.1</i>					7.76	7.52	7.31	<i>6.95</i>				
T06	16.1	16.0	15.8	15.8	<i>15.8</i>				9.59	9.69	9.27	7.10	7.17			
T07	16.3	16.1	15.9	<i>15.8</i>					9.85	9.97	10.21	<i>7.96</i>				
T08	16.6	16.1	16.0	15.9	<i>15.7</i>				10.23	10.56	10.26	9.94	<i>7.29</i>			
T09	16.6	16.2	16.0	15.9	15.8	<i>15.8</i>			10.24	10.47	10.35	10.04	9.51	<i>9.28</i>		
T10	16.5	16.0	15.9	15.8	<i>15.8</i>				10.58	10.72	10.39	10.40	<i>9.96</i>			
T11	16.6	16.1	16.0	15.9	<i>15.9</i>				10.84	11.21	11.05	10.29	<i>10.06</i>			
T12	16.9	16.2	16.0	<i>16.0</i>					10.70	11.20	10.66	<i>10.66</i>				
T13	16.6	16.0	15.9	<i>15.9</i>					10.92	10.98	10.36	<i>9.95</i>				
T14	16.7	16.0	15.8	15.8	<i>15.6</i>				11.07	11.82	11.56	11.17	<i>8.45</i>			
T15	16.6	16.0	15.9	15.9	15.7	<i>14.9</i>			11.14	11.31	10.73	10.52	9.56	<i>5.26</i>		
T16	17.0	16.1	16.0	15.8	15.8	15.4	<i>15.4</i>		10.54	11.39	11.34	10.87	10.63	3.28	<i>2.12</i>	
T17	17.0	16.1	15.8	15.7	15.6	15.6	<i>14.9</i>		10.20	10.63	10.87	10.30	9.96	9.74	<i>2.23</i>	
T18	17.2	16.1	15.8	15.7	15.7	14.8	<i>14.4</i>		10.21	11.29	11.00	10.11	9.90	7.34	<i>0.67</i>	
T19	17.3	16.0	15.8	15.7	15.5	<i>13.6</i>			10.61	11.64	11.13	10.80	11.07	<i>8.62</i>		
T20	17.1	16.2	15.7	<i>13.3</i>					11.19	11.62	10.89	<i>8.90</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.