

2010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 2010

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

2010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。2010年8月5日、2010年9月30日の第1成分は、両日ともSS, Chl-*a*, Trans.の3要素に関しては「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。これは2002~2009年の夏季観測日の第1成分の多く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8月31日、水深3mは9月7日、水深5mは9月9日である。2010年夏季には水温が高く、水温のピークも例年より遅く出現した。

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、2010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。2009年までの8年間に18日間の水平分布に関するデータ、2005年以降の10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)。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。

2010年夏季も2009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、2010年夏季の諏訪湖の水質分布パターンと、2010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

2010年夏季の水質観測日は8月5日、9月30日である。観測方法は、2002年1回、2003年3回、2004年4回、2005年2回、2006年2回、2007年2回、2008年2回、2009年2回実施したものに準拠し(柳町ほか, 2010など)、2009年までの観測と同じ60測点において行なった。水質観測は3艘の観測船によりCコース、Kコース、Tコースに分けて実施し、それぞれ20測点ずつ観測した(C01~C20, K01~K20, T01~T20)。図1に60測点の位置を示す。図2は観測日毎の水深分布図である。

2010年8月5日のTコースの3測点(T18~T20)の測定は、Kコースの観測終了後、Kコースの観測船により実施した。Tコースには水草帯に位置する測点があり、移動に時間を要したためである。

観測時間は8月5日8:57~12:20, 9月30日8:50~11:34, 所要時間はそれぞれ3時間23分, 2時

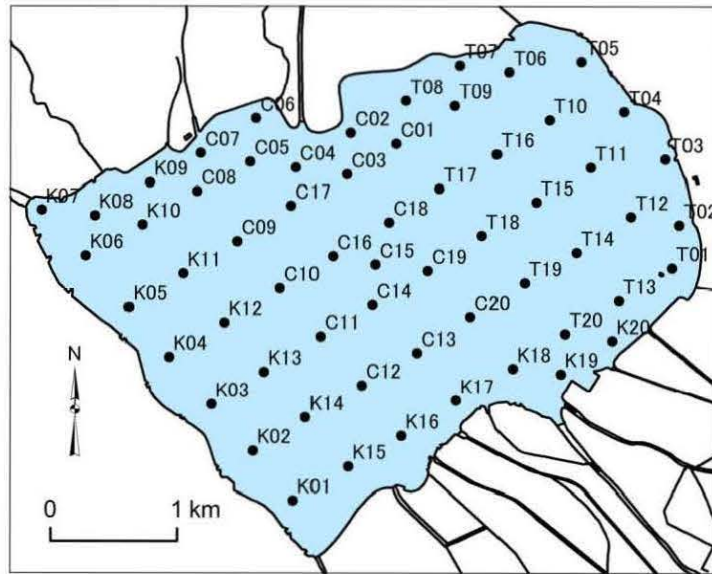


図1 60観測地点の位置

Fig.1. Locations of the 60 survey points

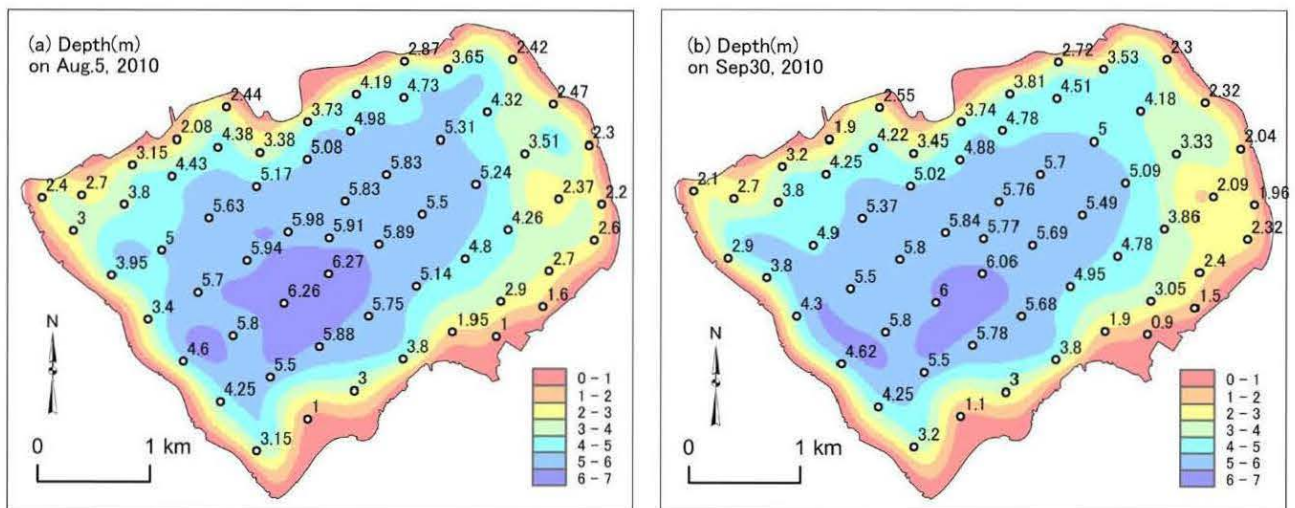


図2 観測日毎の諏訪湖の水深

(a)2010年8月5日 (b)2010年9月30日

Fig.2. Depth of Lake Suwa on each observation date

(a) August 5, 2010 (b) September 30, 2010

間 44 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。観測開始時刻が未記入の測点は、GPS ログから推定した。

2009 年までの解析方法と同様に、2010 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。

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。

(1) 透明度

2010 年 8 月 5 日の C コースの透明度が、他のコースとの比較で 20cm 以上低い感触があった。

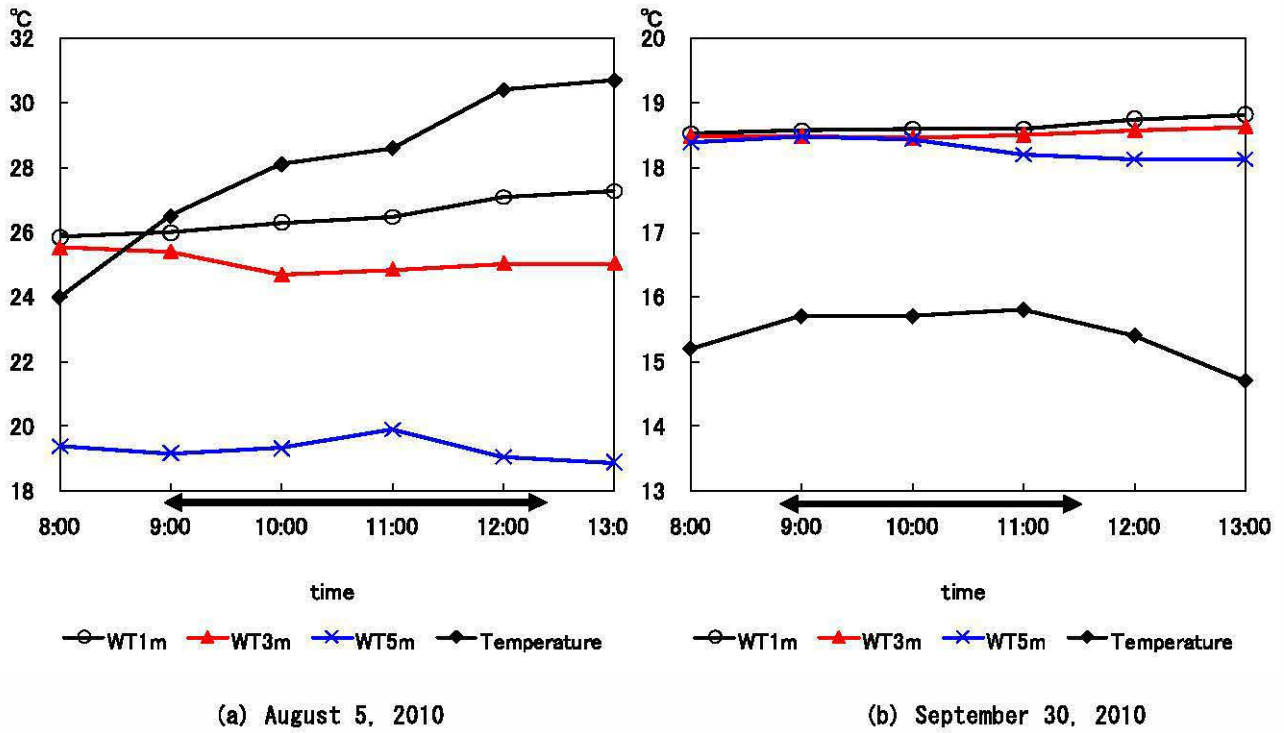


図3 湖心(C15)における水温
 Fig.3. Water temperatures at the center of Lake Suwa (C15)
 Allows show the length of observation on August 5, 2010 and on September 30, 2010.

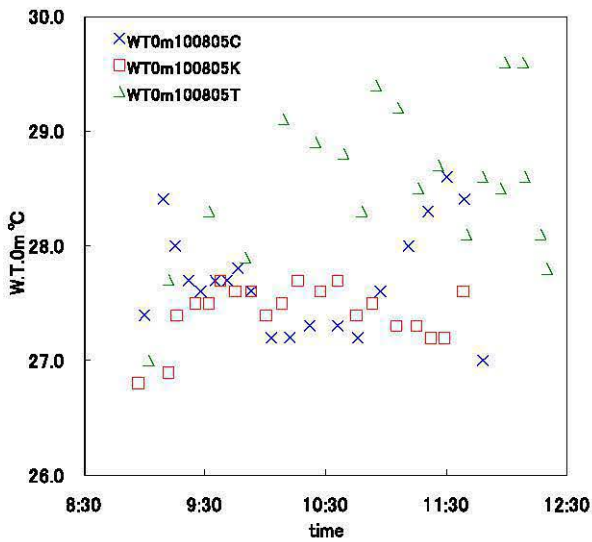
表1 観測時刻と水質要素間の相関係数, スピアマンの順位相関係数
 Table 1. Correlation coefficients and Spearman's rank correlation coefficients between the observation time and the water quality elements

	August 5, 2010					September 30, 2010				
	r	p value	r _s	p value	N	r	p value	r _s	p value	N
SS	-0.340	0.009 **	-0.371	0.004 **	58	-0.212	0.104	-0.290	0.025 *	60
Chl- <i>a</i>	-0.179	0.179	-0.175	0.188	58	0.098	0.457	0.148	0.260	60
IL	-0.295	0.025 *	-0.363	0.005 **	58	-0.225	0.084	-0.256	0.048 *	60
Trans.	0.333	0.012 *	0.336	0.011 *	56	0.303	0.020 *	0.321	0.013 *	59
DO 0m	0.261	0.048 *	0.145	0.278	58	0.381	0.003 **	0.363	0.004 **	60
DO 1m	0.322	0.016 *	0.338	0.011 *	56	0.357	0.005 **	0.335	0.010 **	59
DO 2m	0.369	0.007 **	0.511	0.000 **	53	0.243	0.077	0.102	0.463	54
DO 3m	0.306	0.051	0.193	0.227	41	0.123	0.444	-0.043	0.790	41
DO 4m	0.480	0.006 **	0.513	0.003 **	31	0.326	0.079	0.179	0.344	30
DO 5m	0.479	0.038 *	0.587	0.008 **	19	-0.195	0.470	-0.103	0.704	16
W.T. 0m	0.470	0.000 **	0.408	0.001 **	58	-0.492	0.000 **	-0.496	0.000 **	60
W.T. 1m	-0.062	0.650	0.006	0.965	56	-0.494	0.000 **	-0.546	0.000 **	59
W.T. 2m	-0.166	0.236	-0.279	0.043 *	53	-0.335	0.013 *	-0.272	0.046 *	54
W.T. 3m	-0.207	0.193	-0.295	0.061	41	-0.136	0.396	-0.144	0.369	41
W.T. 4m	0.375	0.038 *	0.385	0.032 *	31	0.312	0.093	-0.076	0.689	30
W.T. 5m	0.310	0.196	0.223	0.358	19	0.010	0.971	-0.047	0.862	16

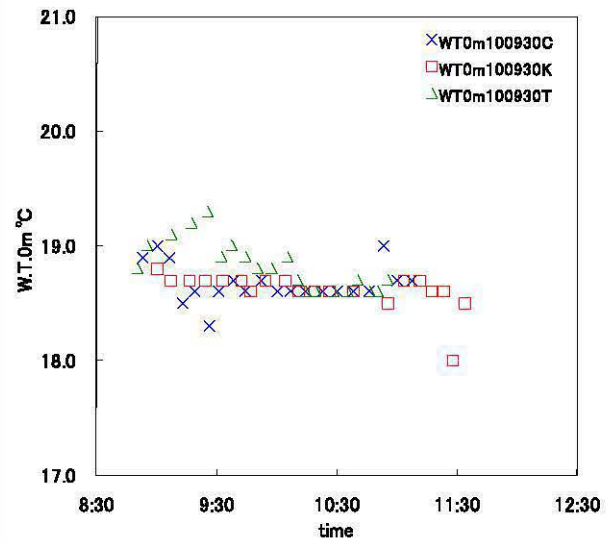
** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

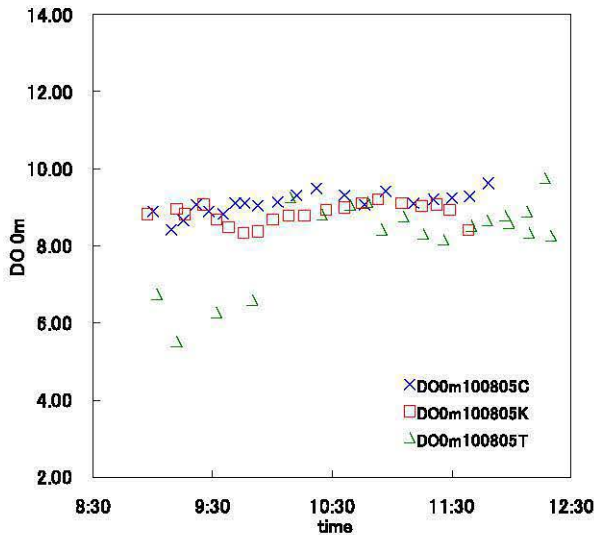
T03 and T05 on Aug.5, 2010 are excluded from the calculations.



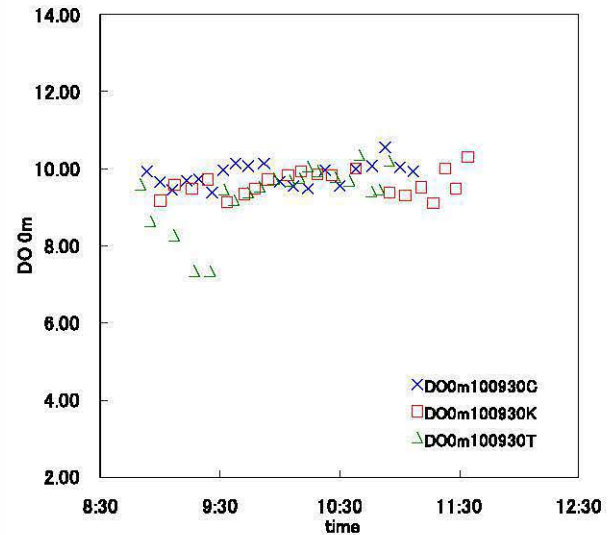
(a) W. T. 0m on August 5, 2010



(b) W. T. 0m on September 30, 2010



(c) DO 0m on August 5, 2010



(d) DO 0m on September 30, 2010

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

観測者の個人差（視力）によるものと推察されたため、回帰式による補正を行った（注1）。

以下の解析では、2010年8月5日のCコースの透明度は回帰式で算出した値を使用する。表7のTrans.も回帰式で算出した値である。なお、透明度は同じ観測者が同じ地点で繰り返し観測した場合でも、観測値に数cmの違いがあることもある。従って、数cmの違いは透明度に差異があるとは言えない場合もある。

(2) 水温

2005~2009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。2010年は水深1m, 3m, 5mの水温を計測した。

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

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

August 5, 2010						
	SS(mg/L)	Chl-a(μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)	
Max	26.4	67.5	17.7	160	6.27	
Min	5.5	18.6	3.2	94	1.00	
Mean	8.3	29.0	4.8	137.4	4.05	
S.D.	2.9	8.6	2.1	12.8	1.46	
N	60	60	60	58	60	

	DO0m(mg/L)	DO1m(mg/L)	DO2m(mg/L)	DO3m(mg/L)	DO4m(mg/L)	DO5m(mg/L)	DO6m(mg/L)
Max	9.75	10.24	9.85	9.39	7.36	0.21	
Min	5.52	3.82	0.29	2.00	0.01	0.00	
Mean	8.73	8.91	8.16	7.20	2.47	0.10	0.09
S.D.	0.75	1.18	2.34	1.34	2.35	0.05	
N	60	58	55	41	31	19	2

	W.T.0m($^{\circ}$ C)	W.T.1m($^{\circ}$ C)	W.T.2m($^{\circ}$ C)	W.T.3m($^{\circ}$ C)	W.T.4m($^{\circ}$ C)	W.T.5m($^{\circ}$ C)	W.T.6m($^{\circ}$ C)
Max	29.8	27.6	26.9	26.2	24.5	20.5	
Min	26.8	26.1	24.6	24.1	20.3	18.5	
Mean	27.9	26.9	26.1	25.3	22.7	19.2	18.5
S.D.	0.7	0.3	0.5	0.5	1.3	0.5	
N	60	58	55	41	31	19	2

September 30, 2010						
	SS(mg/L)	Chl-a(μ g/L)	IL(mg/L)	Trans.(cm)	Depth(m)	
Max	19.7	116.0	9.0	146	6.06	
Min	7.1	18.2	4.4	81	0.90	
Mean	13.0	48.8	6.4	117.8	3.95	
S.D.	2.0	21.3	0.8	12.3	1.44	
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	10.57	10.35	9.97	9.39	9.00	8.88	
Min	7.35	6.60	2.20	6.03	4.31	3.52	
Mean	9.61	9.40	8.58	8.43	8.22	7.05	
S.D.	0.57	0.68	1.39	0.72	0.85	1.72	
N	60	59	54	41	30	16	0

	W.T.0m($^{\circ}$ C)	W.T.1m($^{\circ}$ C)	W.T.2m($^{\circ}$ C)	W.T.3m($^{\circ}$ C)	W.T.4m($^{\circ}$ C)	W.T.5m($^{\circ}$ C)	W.T.6m($^{\circ}$ C)
Max	19.3	19.2	19.2	18.9	18.7	18.5	
Min	18.0	18.3	18.2	18.0	17.0	17.2	
Mean	18.7	18.7	18.6	18.5	18.4	18.1	
S.D.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	
N	60	59	54	41	30	16	0

を検討する。

8月5日、9月30日の観測時刻と60測点における水質要素との相関係数を表1に示す。

2010年8月5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0.470, スピアマンの順位相関係数は0.408であり(Chl-a・IL・Trans.が平均値 $\pm 3\sigma$ を超えるT03と, SS・Chl-a・ILが平均値 $\pm 3\sigma$ を超えるT05を除く58測点の相関係数, 60測点での相関係数は0.427 $p=0.001$, スピアマンの順位相関係数は0.374 $p=0.003$), いずれも1%の有意水準で有意

である。

湖心(C15)に設置したデータロガーで計測した水温変化(図3(a))は, 9時から12時までに, 水深1m(WT1m)において26.0 $^{\circ}$ Cから27.1 $^{\circ}$ Cに上昇し, 矢印で示した観測船による観測時間帯(8:57~12:20)での温度変化を特別値から内挿により算出すると1.2 $^{\circ}$ C上昇した。

60測点のW.T.0mと観測時刻との散布図(図4(a))では, Tコースは変動が大きく, 乱高下している。Kコースでは観測時間後半に低温となる測点がある。Cコースでは観測時間の半ば(10時

30分頃)に低くその前後が高い。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5日のW.T.0mの時間経過に伴う補正は実施しないこととした。

9月30日のW.T.0mと観測時刻との相関係数は-0.492、スピアマンの順位相関係数は-0.496であり、いずれも1%の有意水準で有意となる。

水温の分布域は18.0℃～19.3℃と小さく(表2)、W.T.0mと観測時刻との散布図では、時間経過に伴う水温上昇は明瞭ではない(図4(b))。また、観測時間内の湖心における表層水温の変化もわずかである(図3(b))。このため、9月30日のW.T.0mも、時間経過による補正は実施しない。

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

2010年8月5日におけるSS, Chl-a, Trans.の全測点平均値は、8.3mg/L, 29.0 μ g/L, 137.4cm, 2010年9月30日におけるSS, Chl-a, Trans.の全測点平均値は、13.0 mg/L, 48.8 μ g/L, 117.8 cmであり(表2)、SS, Chl-aの平均値は8月5日の方が9月30日よりも低く、Trans.の平均値は逆に8月5日の方が9月30日よりも高い。これは、2003年～2009年と類似した傾向である。すなわち、2003年～2010年では、SS, Chl-aの平均値は、8月の観測日の方が、9月あるいは10月の観測日よりも低く、Trans.の平均値は逆に8月の方が、9月あるいは10月よりも高い。

8月5日、9月30日の全測点平均値を、2002～2010年までの20観測日の平均値(SS 13.4 mg/L, Chl-a 58.7 μ g/L, Trans 103cm)と比較すると、両日ともSS, Chl-aは20観測日平均以下、Trans.は20観測日平均以上であった。

水温成層が解消された9月30日には、湖水が鉛直混合しており、栄養塩の湖内での循環が良くなり、植物プランクトンが増えやすい環境にあるものの、この時期としては水質が浄化されていたと推察される。

8月5日の分布図(図5(a), (b), (c))では、諏訪湖北東部(T03, T04, T05)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。

9月30日は雨天であり、前日の9月29日には降水が無かったものの、9月下旬には降水日が多く、23日34mm, 28日41.5mmなど日降水量が多い日もあった。9月30日の観測開始前までに0.5mmの降水があり、観測時間帯(8:50～11:34)には3mmの降水があった。Trans.の平均値117.8cmは、同様に降水があった観測日の平均値よりも高い(2008年9月18日81cm, 2009年9月30日84cm)。

(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5日のT03のChl-a, IL, Trans., T05のSS, Chl-a, ILの絶対値は平均値 $\pm 3\sigma$ 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5日のSS, Chl-a, IL, Trans.には、相互に有意な正相関または負相関がある。すなわち、SS, Chl-a, ILは相互に有意な正相関であり、植物プランクトン起源のSSが多い。Trans.はSS, Chl-a, ILのいずれとも有意な負相関である。これら3要素間の相関関係は、2002年から2009年までの多くの観測日で確認された傾向である。

9月30日のSS, IL, Trans.には、8月5日と同様に相互に有意な正相関または負相関があるが、Chl-aとは有意な相関関係が見られない。2002～2010年の20観測日で、SSとChl-a間に有意な正相関が見られないのは、2006年9月20日、2008年9月18日に次いで3例目であり、いずれも9月の観測日である。SSは植物プランクトン起源ではない有機物(植物遺骸など)が多かったと考えられる。

8月5日のW.T.0mはSSと有意な負相関であるが、その他の要素とは有意な相関関係が見られない。また、8月5日のDO0mは、その他の要素とは有意な相関関係が見られない。

9月30日のW.T.0mはILと有意な正相関、DO0mと有意な負相関である。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5日と9月30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

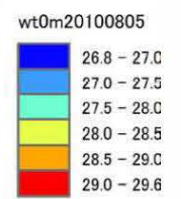
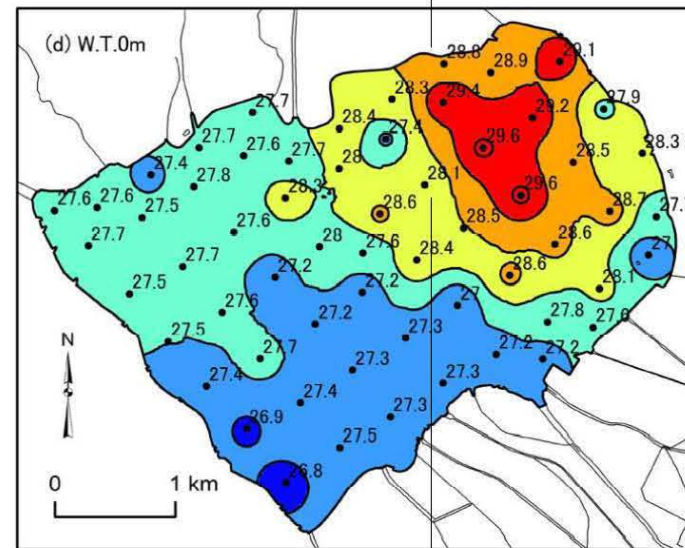
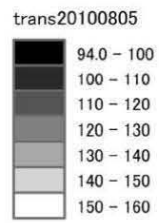
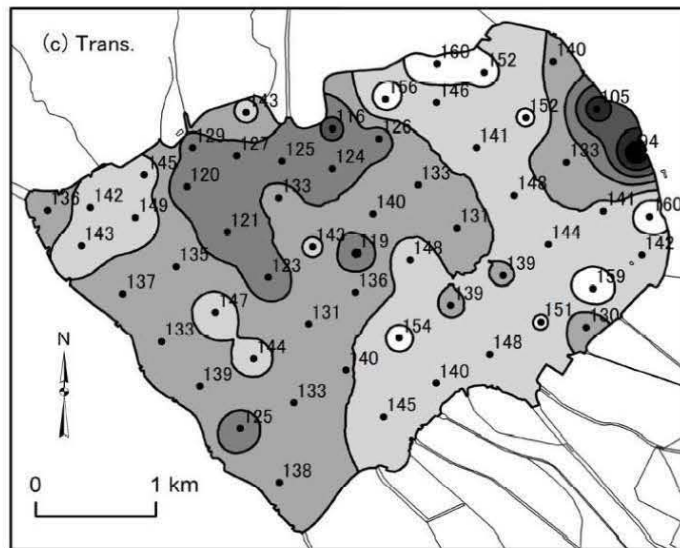
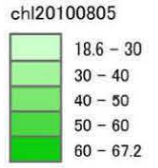
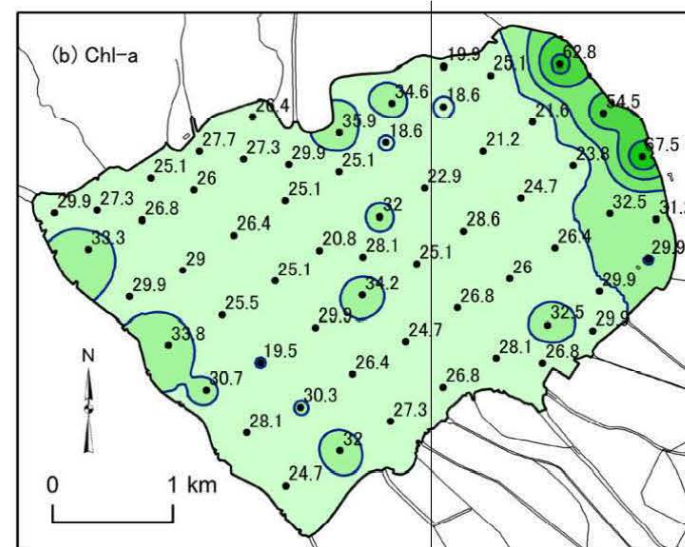
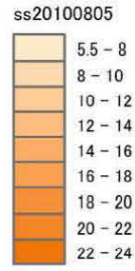
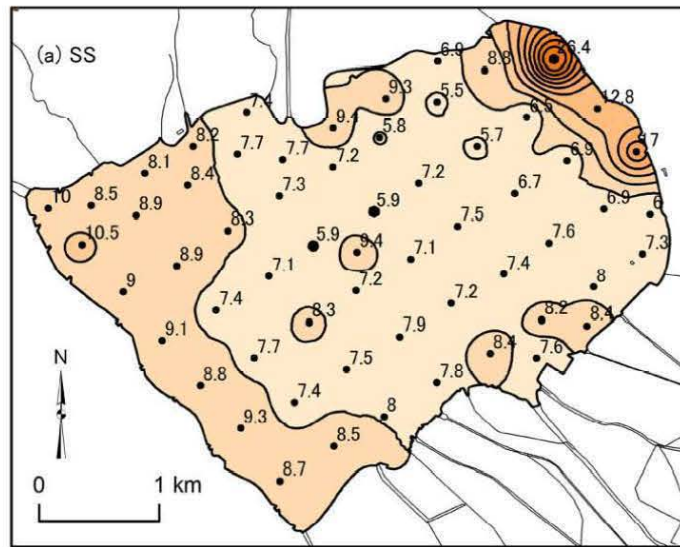


図5 水質分布図(2010年8月5日) (a)懸濁物質量, (b)クロロフィルa濃度, (c)透明度, (d)表層水温
 Fig. 5. Water quality maps of Lake Suwa on August 5, 2010. (a)SS, (b) Chl-a, (c)Trans., (d)W.T.0m

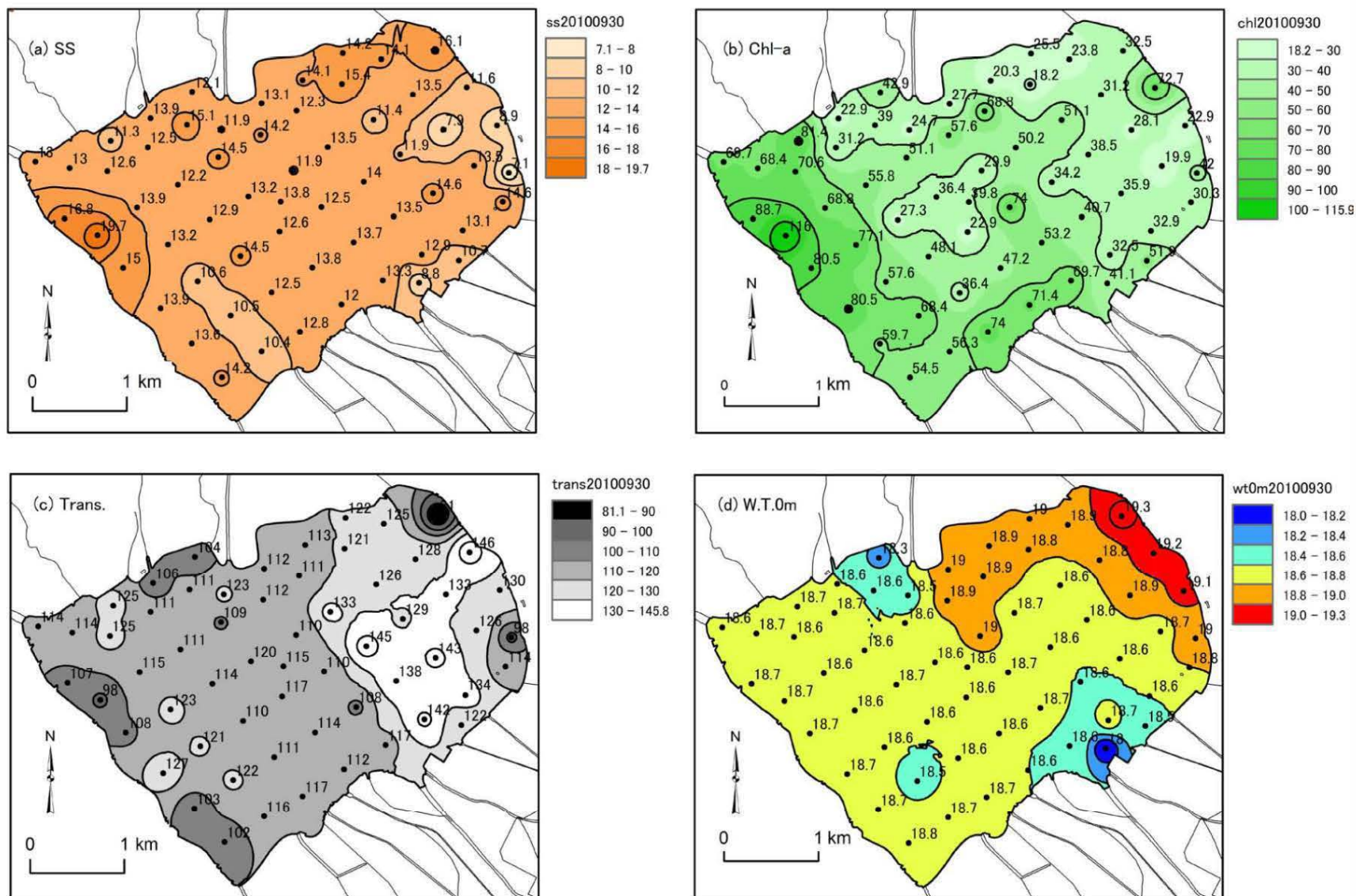


図6 水質分布図 (2010年9月30日) (a)懸濁物質量, (b)クロロフィル a濃度, (c)透明度, (d)表層水温

Fig. 6. Water quality maps of Lake Suwa on September 30, 2010. (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 5, 2010											
	SS	ρ	Chl- <i>a</i>	ρ	IL	ρ	Trans	ρ	DO 0m	ρ	
SS	1.000										
Chl- <i>a</i>	0.696	0.000 **	1.000								
IL	0.628	0.000 **	0.619	0.000 **	1.000						
Trans	-0.357	0.007 **	-0.341	0.010 *	-0.372	0.005 **	1.000				
DO 0m	-0.124	0.352	-0.415	0.001 **	-0.278	0.034 *	-0.070	0.607	1.000		
W.T.0m	-0.355	0.006 **	-0.209	0.115	-0.082	0.541	0.245	0.069	-0.083	0.534	

September 30, 2010											
	SS	ρ	Chl- <i>a</i>	ρ	IL	ρ	Trans	ρ	DO 0m	ρ	
SS	1.000										
Chl- <i>a</i>	0.204	0.118	1.000								
IL	0.789	0.000 **	0.223	0.087	1.000						
Trans	-0.265	0.043 *	-0.178	0.177	-0.165	0.211	1.000				
DO 0m	0.007	0.955	-0.067	0.612	-0.279	0.031 *	0.145	0.273	1.000		
W.T.0m	0.081	0.539	-0.143	0.277	0.352	0.006 **	-0.111	0.403	-0.510	0.000 **	

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

T03 and T05 are excluded from the calculations on August 5, 2010.

り解析した。柳町ほか（2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010）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。透明度が全透である8月5日のK15, K19と9月30日のK19, 異常値を含む8月5日のT03, T05を除外したため、8月5日は56測点, 9月30日は59測点のデータを分析した。

第1成分の固有値は、8月5日2.144, 9月30日1.441であり、寄与率はそれぞれ53.6%, 36.0%である。第2成分の固有値は、8月5日0.837, 9月30日1.133, 寄与率はそれぞれ20.9%, 28.3%である。9月30日の第1成分寄与率はこれまでの観測日の第1成分寄与率の中で最も小さく、第2成分で説明される変動が大きい。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5日と9月30日の第1成分の主成分負荷量はSS, Chl-*a*, Trans.の3要素については類似しており、SS, Chl-*a*の符号は同じであり、これらとTrans.の符号が逆である。すなわち、8月5日, 9月30日の第1成分の主成分負荷量から見ると、両日ともSS, Chl-*a*, Trans.の3要素に関しては「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。これは2002~2009年の夏季観測日の第1成分の多くで抽出されたパターンである。

8月5日のW.T.0mの第1成分主成分負荷量は、Trans.と同様に、SS, Chl-*a*と符号が逆である。9

月30日のW.T.0mの主成分負荷量の絶対値は小さく、第1成分はW.T.0mの変動をほとんど説明しない。W.T.0mの変動は、8月5日, 9月30日とも、第2成分により説明される比率が大きい（主成分負荷量0.784, 0.864）。なお、2002~2009年の夏季観測日の第1成分のW.T.0mと他の3要素との関係も、観測日により異なっている。

(4) 各観測日の水質分布の特徴

第1成分の主成分得点の絶対値が大きい地域は第1成分の特徴を最も反映する地域とみなすことができる。主成分得点の符号を考慮した測点のグループ分けは、2008年, 2009年と同様の方法で行った（柳町ほか, 2010）。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5日（図7(a)）の場合、+の地域「SS, Chl-*a*が高く、Trans., W.T.0mが低い」は、湖北東の湖岸付近と西~南西部の湖岸付近に分布し、

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 5, 2010 N=56			
	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.144	53.6%	53.6%
Component 2	0.837	20.9%	74.5%
Component 3	0.733	18.3%	92.8%

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

September 30, 2010 N=59			
	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	1.441	36.0%	36.0%
Component 2	1.133	28.3%	64.3%
Component 3	0.763	19.1%	83.4%

K19 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 5, 2010 N=56			
	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.871 **	0.190	0.233
Chl-a	0.819 **	0.416 **	0.172
Trans	-0.636 **	0.109	0.764 **
W.T.0m	-0.558 **	0.784 **	-0.254

September 30, 2010 N=59			
	Component 1	Component 2	Component 3
SS	0.720 **	0.125	-0.621 **
Chl-a	0.674 **	-0.357 **	0.547 **
Trans	-0.655 **	-0.493 **	-0.185
W.T.0m	-0.200	0.864 **	0.210

** : significant at 0.01 significant level.

* : significant at 0.05 significant level.

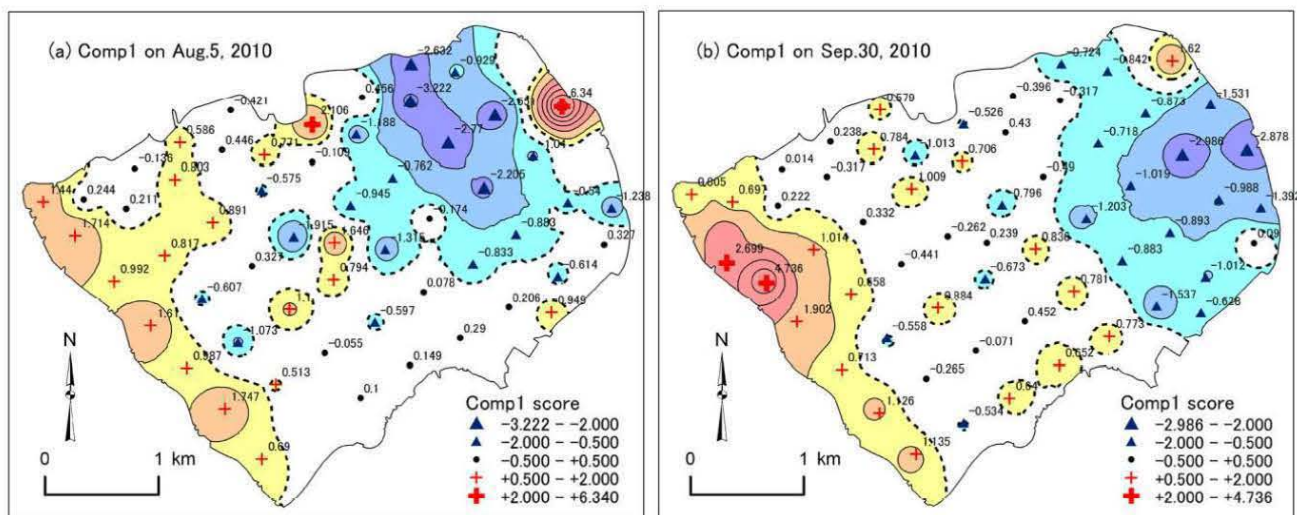


図7 第1主成分の主成分得点に基づく地域区分

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

(a) August 5, 2010, (b) September 30, 2010

Symbols (▲, ●, +) indicate the separated groups.

表6 3グループの特徴

Table 6. Characteristics of the three groups

	+ (Fig. 6)				▲ (Fig. 6)				● (Fig. 6)			
	SS	Chl-a	Trans	W.T.0m	SS	Chl-a	Trans	W.T.0m	SS	Chl-a	Trans	W.T.0m
Aug. 5, 2010	+	+	-	-	-	-	+	+	+-	+-	+-	+-
Sep. 30, 2010	+	+	-	+-	-	-	+	+-	+-	+-	+-	+-

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

▲の地域「SS, Chl-*a* が低く, Trans., W.T.0m が高い」は, 湖の北東部に分布する。

9月30日(図7(b))の場合, +の地域「SS, Chl-*a* が高く, Trans.が低い」は, 湖の西～南西部の湖岸付近に分布する。▲の地域「SS, Chl-*a* が低く, Trans.が高い」は, 湖の東部に分布する。

2日間とも中央部, 北部, 南東部は漸移帯であり, 第1成分の特徴をあまり反映しない地域である。

(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20cm上方である。観測日毎に, 60測点における水温とDOの垂直分布を図8に示す。

8月5日には水温成層が形成され, 水深3～5m付近に明瞭な水温躍層が出現し(図8(a)), 水深W.T.4mにおいて水深1m毎水温の標準偏差が最も大きい(1.3℃)(表2)。

8月5日のDOの垂直分布(図8(b))も水温成層を反映した変化を示し, DO値が水深2～3mまで8～10mg/Lで推移し, 2～3m以深で急激に低下する測点が多い。T01～T05, K15, K18～K20など水深の浅い測点では, 水深1～2m付近で急激にDO値が低下する。

2008年夏季, 2009年夏季と同様に, ヒシが繁茂するT01～T04付近ではDO0mの値が低く(図4(c)), ヒシの繁茂により水中が暗くなり, 光合成よりも呼吸(酸素消費)が上回りDOが低くなった。あるいは, 植物遺骸(水草の)が多いためその分解に酸素が使われた可能性がある。

9月30日の水温の垂直分布, DOの垂直分布は, 同様に夏季の温度成層が解消された2005～2009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), (d))。

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, DOの変化はわずかである。上川河口付近のK18, K19では, 表層から湖底(水深1.90m, 0.90m)まで水温が急激に15℃付近まで低下している。河川水の影響が想定される。

9月30日のT04, T05のDO0m値は全測点中で

最も低く(図4(d)), この時期にも諏訪湖北東端部では他の場所よりもDO値が低い傾向がある。

(6) 2010年夏季の水温変化

2010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)と, 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。

諏訪における2010年夏季気温は平年よりも高く, 月平均気温は8月25.6℃(平年比+2.1℃), 9月21.2℃(+2.2℃)であり, 特に7月半ばから9月半ばまで高温の日が多かった。

24時間移動平均(図9, 1day mean)からみた水温のピークの出現は, 水深1mは8月31日(28.9℃), 水深3mは9月7日(27.5℃), 水深5mは9月9日(25.5℃)である。気温を反映して水温も高温であり, 高温な日が継続したために, 水温ピークは例年より遅く出現したと推察される。

2010年8月の降水量は83mm(平年比64%)と少なく, 降水の水温への影響は限定的であった。8月9～10日には降水があり, 水深5mの水温が一時的に高温になったが, 水深1m, 3mの水温は低下しており, 湖水が攪拌されたことによると考えられる。

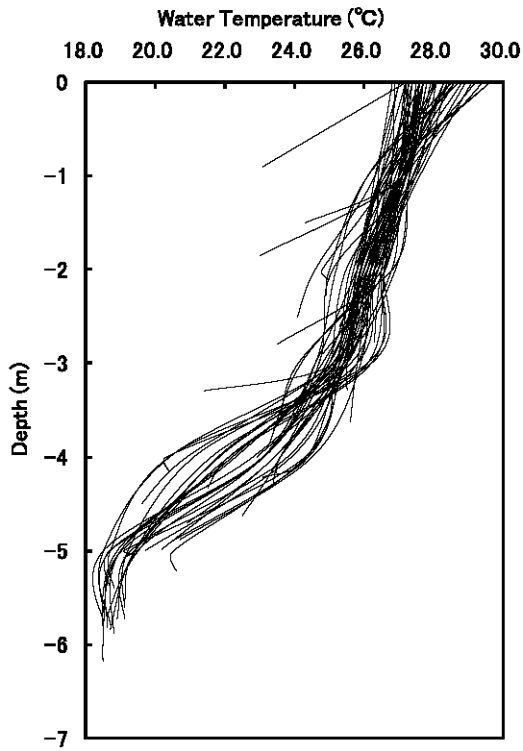
9月には, 7～8日, 15～16日, 23～28日の降水により水温成層が次第に解消され, 水温も低下した。

4. まとめ

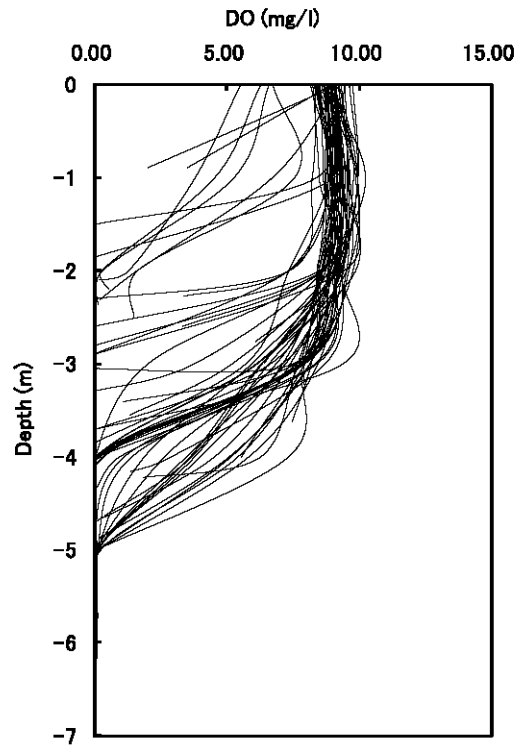
2010年8月5日, 9月30日に諏訪湖において水質観測を行い以下の結果が得られた。

2010年夏季も, 2003～2009年までと同様に, SS, Chl-*a*の平均値は, 8月の観測日の方が9月の観測日より低く, Trans.の平均値は, 逆に, 8月の観測日の方が, 9月の観測日より高い。8月の水質は, 9月よりも改善された状態にあった。2010年8月5日, 9月30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5日, 9月30日とも第1成分が主要な水質分布パターンとして抽出された。

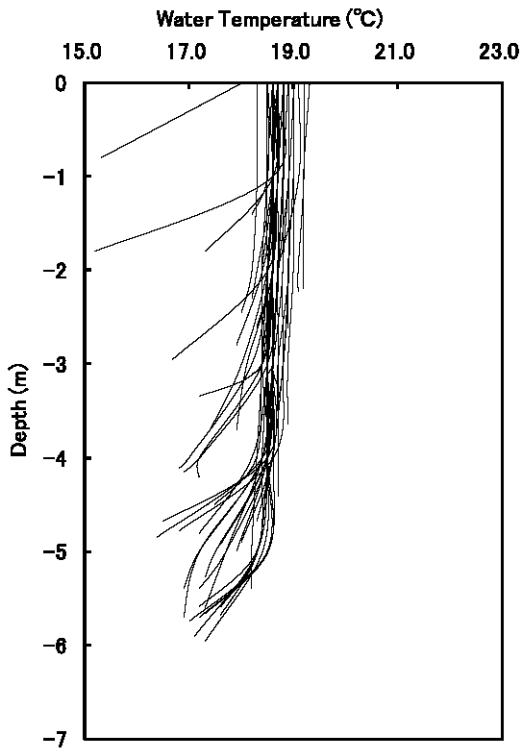
8月5日, 9月30日の第1成分は, 両日ともSS, Chl-*a*, Trans.の3要素に関しては「SS, Chl-*a*



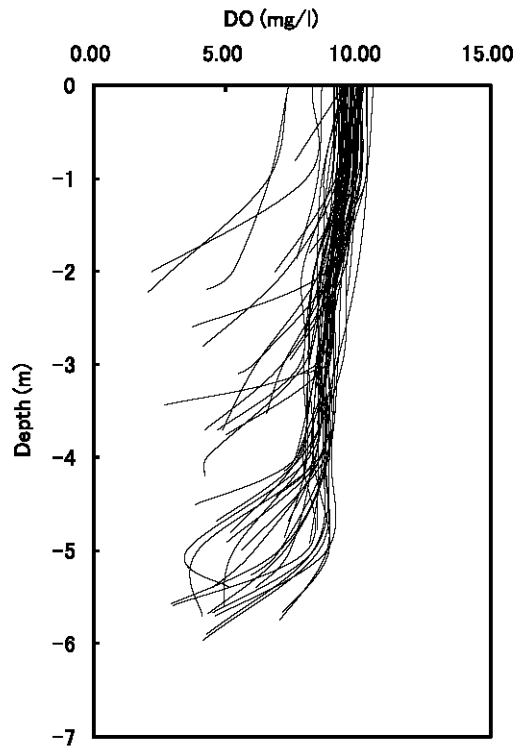
(a) W. T. on August 5, 2010



(b) DO on August 5, 2010



(c) W. T. on September 30, 2010



(d) DO on September 30, 2010

図8 測地点毎の水温とDOの垂直分布

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

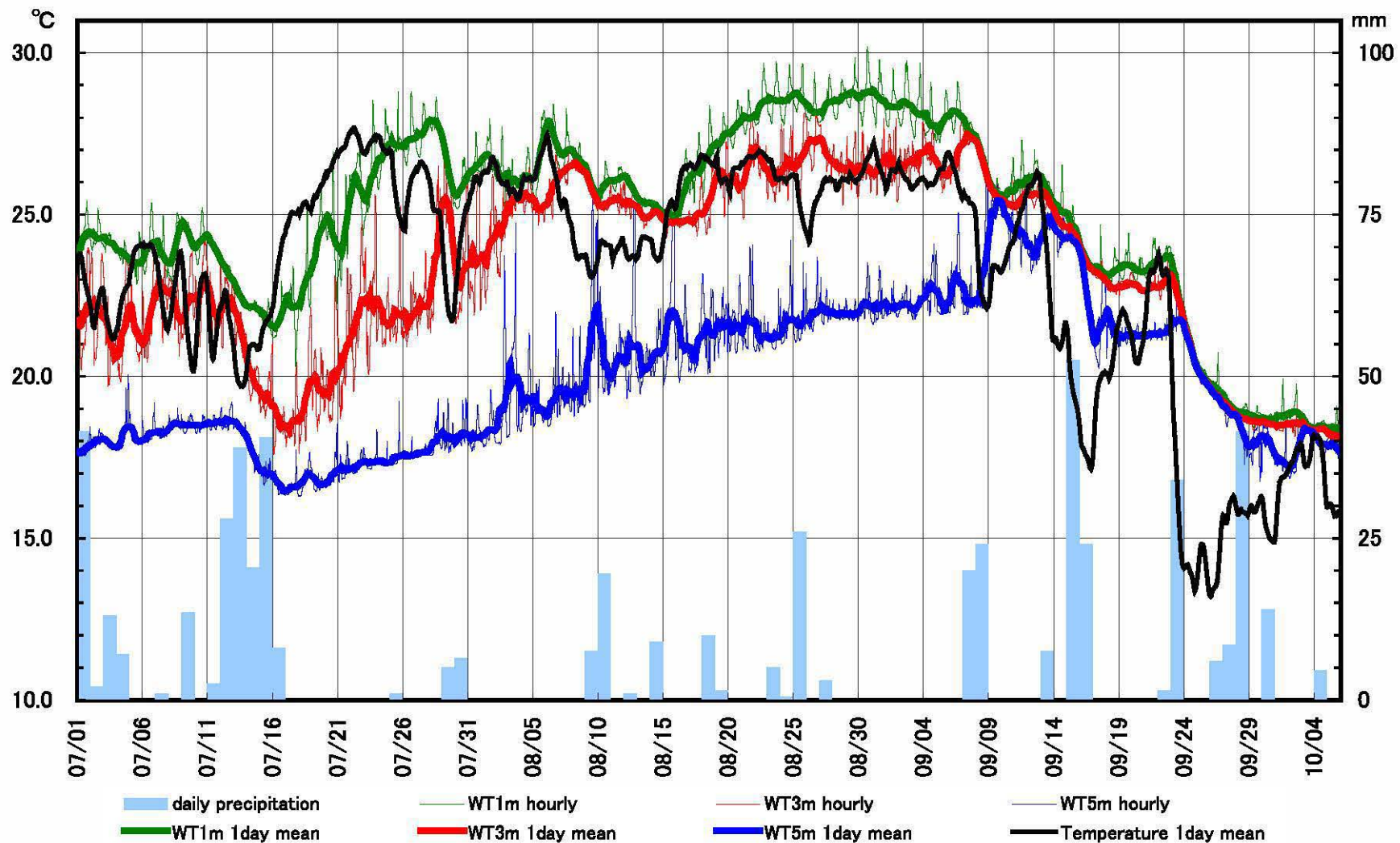


図9 2010年夏季の湖心(C15)における水深1m, 水深3m, 水深5mの水温変化と諏訪における日降水量, 日平均気温の変化
 Fig.9. Variations in water temperatures at depths of 1m, 3m and 5m at the center of Lake Suwa (C15) and variations in daily precipitation and daily mean temperature at Suwa observation station in the summer of 2010

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。**これは 2002～2009 年の夏季観測日の第 1 成分の多くで抽出されたパターンである。

8 月 5 日には水温成層が形成され、水深 3～5m 付近に明瞭な水温躍層が出現した。

8 月 5 日の DO の垂直分布も水温成層を反映した変化を示し、DO 値が水深 2～3m まで 8～10mg/L で推移し、2～3m 以深で急激に低下する測点が多い。

夏季の温度成層が解消された 9 月 30 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の変化、DO の変化はわずかであった。

水温のピークは、水深 1m は 8 月 31 日、水深 3m は 9 月 7 日、水深 5m は 9 月 9 日である。夏季に高温な日が継続したために、水温が高くピークも例年より遅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。

注 1

C コースの観測者 (A) と、透明度の観測に習熟した別の観測者 (B) が、後日、諏訪湖の 11 地点でほぼ同時に透明度を測定し(同じ地点でそれぞれ 2～3 回測定し平均値を算出)、B の測定値 (y) を目的変数、A の測定値 (x) を説明変数とする回帰式を求め、C コースの透明度を補正した。

R	0.9576
R2	0.9169
Adjusted R2	0.9077

Analysis of Variance					
	Sum of Sq.	DF	Mean Sq.	F value	P value
Regression	3174.9405	1	3174.9405	99.3235	0.0000
Residual	287.6909	9	31.9657		
Total	3462.6313	10			

Coefficients				
	Reg. Coeff.	Std. Error	T value	P value
Const.	12.5053	11.3255	1.1042	0.2982
A	1.0822	0.1086	9.9661	0.0000

【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.

(原稿受付 2011. 3. 22)

表7 諏訪湖の水質データ (2010年8月5日)
Table 7. Observed water quality data in Lake Suwa
on August 5, 2010

Station	Time JST	Longitude				Latitude				Depth (m)	SS (mg/L)	Chl- <i>a</i> (μ g/L)	Trans. (cm)	IL (mg/L)
		deg	min	sec	E	deg	min	sec	N					
C01	9:00	138	05	07.5	E	36	03	29.8	N	4.98	5.8	18.6	126	4.0
C02	9:09	138	04	52.0	E	36	03	32.1	N	3.73	9.4	35.9	116	4.6
C03	9:15	138	04	52.3	E	36	03	21.4	N	5.08	7.2	25.1	124	4.9
C04	9:22	138	04	35.6	E	36	03	23.0	N	3.38	7.7	29.9	125	4.6
C05	9:28	138	04	20.5	E	36	03	24.1	N	4.38	7.7	27.3	127	4.3
C06	9:35	138	04	23.1	E	36	03	35.7	N	2.44	7.4	26.4	143	5.1
C07	9:41	138	04	05.7	E	36	03	25.9	N	2.08	8.2	27.7	129	5.0
C08	9:46	138	04	04.3	E	36	03	15.3	N	4.43	8.4	26.0	120	5.8
C09	9:53	138	04	18.1	E	36	03	03.5	N	5.63	8.3	26.4	121	4.5
C10	10:03	138	04	32.2	E	36	02	51.5	N	5.94	7.1	25.1	123	3.9
C11	10:12	138	04	46.0	E	36	02	39.4	N	6.26	8.3	29.9	131	4.7
C12	10:22	138	04	58.8	E	36	02	27.1	N	5.88	7.5	26.4	140	4.6
C13	10:36	138	05	16.1	E	36	02	36.4	N	5.75	7.9	24.7	154	5.3
C14	10:46	138	05	01.2	E	36	02	48.3	N	6.27	7.2	34.2	136	4.0
C15	10:57	138	05	01.1	E	36	02	58.8	N	5.91	9.4	28.1	119	5.6
C16	11:11	138	04	46.6	E	36	03	00.2	N	5.98	5.9	20.8	143	4.6
C17	11:21	138	04	34.8	E	36	03	13.1	N	5.17	7.3	25.1	133	4.4
C18	11:30	138	05	06.3	E	36	03	09.6	N	5.83	5.9	32.0	140	4.1
C19	11:39	138	05	19.0	E	36	02	57.4	N	5.89	7.1	25.1	148	5.2
C20	11:48	138	05	32.9	E	36	02	45.6	N	5.14	7.2	26.8	139	4.5
K01	8:57	138	04	37.8	E	36	01	56.5	N	3.15	8.7	24.7	138	4.2
K02	9:12	138	04	24.3	E	36	02	10.4	N	4.25	9.3	28.1	125	4.7
K03	9:16	138	04	10.5	E	36	02	21.8	N	4.60	8.8	30.7	139	4.9
K04	9:25	138	03	57.4	E	36	02	33.5	N	3.40	9.1	33.8	133	5.0
K05	9:32	138	03	44.1	E	36	02	46.0	N	3.95	9.0	29.9	137	4.6
K06	9:38	138	03	29.9	E	36	02	58.6	N	3.00	10.5	33.3	143	5.0
K07	9:45	138	03	18.3	E	36	03	07.9	N	2.40	10.0	29.9	136	4.7
K08	9:53	138	03	32.5	E	36	03	09.0	N	2.70	8.5	27.3	142	4.1
K09	10:00	138	03	50.0	E	36	03	18.2	N	3.15	8.1	25.1	145	3.3
K10	10:08	138	03	47.5	E	36	03	06.7	N	3.80	8.9	26.8	149	4.4
K11	10:16	138	04	01.5	E	36	02	53.7	N	5.00	8.9	29.0	135	4.1
K12	10:27	138	04	15.0	E	36	02	41.8	N	5.70	7.4	25.5	147	3.7
K13	10:36	138	04	28.1	E	36	02	29.5	N	5.80	7.7	19.5	144	3.5
K14	10:45	138	04	41.9	E	36	02	17.8	N	5.50	7.4	30.3	133	3.2
K15	10:53	138	04	55.4	E	36	02	06.2	N	1.00	8.5	32.0	bottom(*)	3.7
K16	11:05	138	05	11.8	E	36	02	14.7	N	3.00	8.0	27.3	145	3.6
K17	11:15	138	05	28.9	E	36	02	24.3	N	3.80	7.8	26.8	140	3.8
K18	11:22	138	05	46.3	E	36	02	32.6	N	1.95	8.4	28.1	148	3.7
K19	11:29	138	06	01.7	E	36	02	31.7	N	1.00	7.6	26.8	bottom(*)	3.2
K20	11:38	138	06	18.1	E	36	02	40.8	N	1.60	8.4	29.9	130	4.6
T01	9:02	138	06	35.8	E	36	03	00.6	N	2.60	7.3	29.9	142	5.0
T02	9:12	138	06	38.0	E	36	03	11.1	N	2.20	6.0	31.2	160	4.5
T03	9:32	138	06	32.8	E	36	03	28.0	N	2.30	17.0	67.5	94	12.0
T04	9:50	138	06	19.5	E	36	03	39.5	N	2.47	12.8	54.5	105	8.7
T05	10:09	138	06	04.5	E	36	03	52.1	N	2.42	26.4	62.8	140	17.7
T06	10:25	138	05	41.7	E	36	03	48.7	N	3.65	8.8	25.1	152	5.1
T07	10:39	138	05	26.0	E	36	03	50.6	N	2.87	6.9	19.9	160	3.9
T08	10:48	138	05	09.2	E	36	03	40.5	N	4.19	9.3	34.6	156	5.7
T09	10:55	138	05	26.2	E	36	03	40.0	N	4.73	5.5	18.6	146	3.4
T10	11:06	138	05	56.0	E	36	03	36.6	N	4.32	6.5	21.6	152	3.6
T11	11:16	138	06	09.9	E	36	03	25.0	N	3.51	6.9	23.8	133	3.9
T12	11:26	138	06	22.8	E	36	03	12.2	N	2.37	6.9	32.5	141	4.1
T13	11:40	138	06	19.9	E	36	02	51.2	N	2.70	8.0	29.9	159	4.3
T14	11:48	138	06	04.7	E	36	03	02.8	N	4.26	7.6	26.4	144	4.7
T15	11:59	138	05	52.9	E	36	03	15.7	N	5.24	6.7	24.7	148	3.8
T16	12:08	138	05	39.9	E	36	03	28.2	N	5.31	5.7	21.2	141	3.7
T17	12:17	138	05	20.9	E	36	03	17.7	N	5.83	7.2	22.9	133	4.3
T18	11:57	138	05	34.2	E	36	03	06.5	N	5.50	7.5	28.6	131	3.9
T19	12:09	138	05	50.0	E	36	02	54.0	N	4.80	7.4	26.0	139	4.2
T20	12:20	138	06	03.0	E	36	02	41.9	N	2.90	8.2	32.5	151	4.4

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 (2010年9月30日)
Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa
on September 30, 2010

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	8:53	138	05	07.3 E	36	03	30.0 N	4.78	12.3	68.8	111	5.6
C02	9:00	138	04	52.4 E	36	03	32.1 N	3.74	13.1	27.7	112	6.0
C03	9:06	138	04	52.4 E	36	03	21.3 N	4.88	14.2	57.6	112	6.0
C04	9:13	138	04	35.7 E	36	03	22.7 N	3.45	11.9	24.7	123	5.6
C05	9:19	138	04	21.2 E	36	03	24.0 N	4.22	15.1	39.0	111	6.4
C06	9:26	138	04	23.0 E	36	03	35.5 N	2.55	12.1	42.9	104	5.0
C07	9:31	138	04	05.7 E	36	03	25.9 N	1.90	13.9	22.9	106	6.2
C08	9:38	138	04	04.9 E	36	03	15.9 N	4.25	12.5	31.2	111	6.1
C09	9:44	138	04	18.1 E	36	03	03.4 N	5.37	12.2	55.8	111	5.9
C10	9:52	138	04	32.0 E	36	02	51.8 N	5.80	12.9	27.3	114	6.3
C11	10:00	138	04	45.4 E	36	02	39.6 N	6.00	14.5	48.1	110	7.0
C12	10:07	138	04	59.1 E	36	02	27.5 N	5.78	12.5	36.4	111	6.0
C13	10:14	138	05	16.0 E	36	02	36.4 N	5.68	13.8	47.2	114	6.0
C14	10:23	138	05	01.7 E	36	02	48.4 N	6.06	12.6	22.9	117	6.0
C15	10:30	138	05	01.8 E	36	02	58.6 N	5.77	13.8	39.8	115	6.5
C16	10:38	138	04	48.0 E	36	03	00.0 N	5.84	13.2	36.4	120	6.8
C17	10:46	138	04	34.9 E	36	03	13.2 N	5.02	14.5	51.1	109	6.8
C18	10:53	138	05	06.8 E	36	03	09.5 N	5.76	11.9	29.9	110	6.2
C19	11:00	138	05	19.1 E	36	02	57.2 N	5.69	12.5	74.0	110	6.2
C20	11:07	138	05	33.1 E	36	02	45.5 N	4.95	13.7	53.2	108	6.4
K01	9:00	138	04	39.2 E	36	01	57.7 N	3.20	14.2	54.5	102	6.9
K02	9:07	138	04	26.0 E	36	02	09.0 N	4.25	13.6	59.7	103	7.8
K03	9:16	138	04	12.3 E	36	02	20.9 N	4.62	13.9	80.5	127	6.9
K04	9:24	138	03	56.0 E	36	02	34.4 N	4.30	15.0	80.5	108	7.3
K05	9:33	138	03	44.8 E	36	02	45.3 N	3.80	19.7	116.0	98	9.0
K06	9:42	138	03	30.7 E	36	02	50.6 N	2.90	16.8	88.7	107	7.8
K07	9:47	138	03	17.6 E	36	03	09.8 N	2.10	13.0	69.7	114	6.6
K08	9:54	138	03	32.1 E	36	03	08.0 N	2.70	13.0	68.4	114	6.6
K09	10:04	138	03	49.1 E	36	03	17.7 N	3.20	11.3	81.4	125	6.0
K10	10:11	138	03	48.1 E	36	03	07.3 N	3.80	12.6	70.6	125	6.7
K11	10:19	138	04	01.1 E	36	02	55.1 N	4.90	13.9	68.8	115	6.3
K12	10:26	138	04	14.7 E	36	02	42.8 N	5.50	13.2	77.1	123	6.5
K13	10:38	138	04	27.7 E	36	02	30.5 N	5.80	10.6	57.6	121	5.6
K14	10:55	138	04	42.0 E	36	02	19.2 N	5.50	10.5	68.4	122	5.4
K15	11:03	138	04	55.6 E	36	02	07.0 N	1.10	10.4	56.3	116	5.7
K16	11:11	138	05	11.5 E	36	02	14.3 N	3.00	12.8	74.0	117	6.7
K17	11:17	138	05	28.7 E	36	02	24.1 N	3.80	12.0	71.4	112	6.0
K18	11:23	138	05	46.0 E	36	02	32.8 N	1.90	13.3	69.7	117	6.4
K19	11:28	138	06	01.3 E	36	02	32.3 N	0.90	8.8	41.1	bottom(*)	5.1
K20	11:34	138	06	17.8 E	36	02	40.4 N	1.50	10.7	51.9	122	5.7
T01	8:50	138	06	35.7 E	36	03	00.8 N	2.32	14.6	30.3	114	7.0
T02	8:55	138	06	37.8 E	36	03	10.9 N	1.96	7.1	42.0	98	4.4
T03	9:07	138	06	32.3 E	36	03	27.0 N	2.04	8.9	22.9	130	7.0
T04	9:17	138	06	19.0 E	36	03	39.9 N	2.32	11.6	72.7	146	7.0
T05	9:25	138	06	05.1 E	36	03	52.2 N	2.30	16.1	32.5	81	9.0
T06	9:32	138	05	42.5 E	36	03	48.7 N	3.53	14.1	23.8	125	6.9
T07	9:37	138	05	26.2 E	36	03	50.4 N	2.72	14.2	25.5	122	7.0
T08	9:44	138	05	09.5 E	36	03	40.7 N	3.81	14.1	20.3	113	6.9
T09	9:50	138	05	26.1 E	36	03	39.8 N	4.51	15.4	18.2	121	6.7
T10	9:57	138	05	56.3 E	36	03	36.9 N	4.18	13.5	31.2	128	6.9
T11	10:05	138	06	09.6 E	36	03	25.0 N	3.33	7.9	28.1	133	4.8
T12	10:10	138	06	23.0 E	36	03	12.9 N	2.09	13.5	19.9	126	6.5
T13	10:14	138	06	19.1 E	36	02	50.7 N	2.40	13.1	32.9	134	6.9
T14	10:19	138	06	06.1 E	36	03	03.1 N	3.86	14.6	35.9	143	7.1
T15	10:28	138	05	51.7 E	36	03	16.1 N	5.09	11.9	38.5	129	5.8
T16	10:35	138	05	40.0 E	36	03	27.7 N	5.00	11.4	51.1	126	5.6
T17	10:40	138	05	21.0 E	36	03	17.8 N	5.70	13.5	50.2	133	7.0
T18	10:46	138	05	36.6 E	36	03	06.4 N	5.49	14.0	34.2	145	6.4
T19	10:50	138	05	49.7 E	36	02	54.7 N	4.78	13.5	40.7	138	6.2
T20	10:55	138	06	02.1 E	36	02	42.0 N	3.05	12.9	32.5	142	6.6

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（2010年9月30日）続き
 Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa on September 30, 2010
 (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	18.9	18.9	18.9	18.8	18.6	<i>18.3</i>			9.95	9.82	9.55	9.39	7.82	<i>4.65</i>				
C02	19.0	19.0	19.0	18.9	<i>18.9</i>				9.65	9.51	9.20	8.87	<i>8.46</i>					
C03	18.9	18.9	18.9	18.8	18.6	<i>16.8</i>			9.45	9.28	8.80	8.51	8.47	<i>8.43</i>				
C04	18.5	18.6	18.5	18.4	<i>17.2</i>				9.68	9.63	9.13	9.06	<i>8.98</i>					
C05	18.6	18.6	18.5	18.2	17.0	<i>16.8</i>			9.72	9.58	9.07	8.92	7.68	<i>7.63</i>				
C06	18.3	18.3	18.2	<i>18.0</i>					9.37	9.19	8.92	<i>8.97</i>						
C07	18.6	18.6	<i>17.3</i>						9.97	9.84	<i>9.24</i>							
C08	18.7	18.7	18.8	18.5	17.2	<i>16.9</i>			10.16	9.58	9.15	8.45	7.82	<i>7.22</i>				
C09	18.6	18.7	18.6	18.6	18.5	17.5	<i>17.3</i>		10.08	10.06	9.40	9.23	8.83	7.04	<i>5.95</i>			
C10	18.7	18.7	18.6	18.5	18.5	18.5	<i>17.2</i>		10.15	10.13	9.24	9.14	9.00	8.81	<i>4.61</i>			
C11	18.6	18.6	18.5	18.5	18.5	18.3	<i>17.1</i>		9.67	9.61	8.87	8.79	8.69	8.29	<i>4.29</i>			
C12	18.6	18.6	18.5	18.5	18.5	18.3	<i>17.6</i>		9.55	9.36	8.93	8.57	8.88	7.23	<i>4.32</i>			
C13	18.6	18.5	18.5	18.5	18.5	18.3	<i>17.6</i>		9.48	8.61	8.45	8.55	8.82	7.02	<i>2.91</i>			
C14	18.6	18.6	18.6	18.5	18.5	18.4	<i>17.3</i>		9.96	9.91	9.00	8.81	8.71	8.49	<i>4.13</i>			
C15	18.6	18.6	18.6	18.6	18.5	18.3	<i>17.6</i>		9.57	9.13	9.06	8.89	8.90	8.31	<i>4.49</i>			
C16	18.6	18.6	18.6	18.5	18.5	18.5	<i>17.0</i>		10.02	9.55	8.93	8.79	8.75	8.80	<i>7.03</i>			
C17	18.6	18.6	18.6	18.5	18.5	<i>17.6</i>			10.08	9.36	8.97	8.67	8.66	<i>8.20</i>				
C18	19.0	18.9	18.7	18.6	18.6	18.5	<i>17.3</i>		10.57	10.27	9.28	8.50	8.30	8.88	<i>7.13</i>			
C19	18.7	18.7	18.6	18.5	18.4	18.3	<i>17.2</i>		10.05	10.07	8.85	8.40	7.93	8.07	<i>3.01</i>			
C20	18.7	18.6	18.6	18.5	18.4	<i>16.4</i>			9.95	9.39	8.34	7.93	8.06	<i>7.22</i>				
K01	18.8	18.8	18.8	18.6	<i>18.5</i>				9.17	9.35	9.03	6.03	<i>5.45</i>					
K02	18.7	18.7	18.5	18.5	18.5	<i>18.5</i>			9.80	9.47	8.76	8.15	8.04	<i>7.97</i>				
K03	18.7	18.6	18.6	18.4	18.3	<i>17.5</i>			9.47	9.27	8.90	8.16	7.67	<i>3.84</i>				
K04	18.7	18.7	18.6	18.4	17.2	<i>17.2</i>			9.74	9.78	8.66	7.98	4.31	<i>4.24</i>				
K05	18.7	18.7	18.5	18.0	<i>17.4</i>				9.13	9.04	8.55	6.12	<i>4.86</i>					
K06	18.7	18.7	18.4	<i>17.9</i>					9.35	9.23	<i>7.23</i>	<i>4.13</i>						
K07	18.6	18.6	<i>18.4</i>						9.50	9.15	<i>6.86</i>							
K08	18.7	18.7	18.6	<i>18.3</i>					9.74	9.55	8.81	<i>3.75</i>						
K09	18.7	18.7	18.6	18.4	<i>18.2</i>				9.82	9.62	9.14	8.49	<i>7.75</i>					
K10	18.6	18.6	18.6	18.1	<i>17.9</i>				9.95	9.81	9.22	7.11	<i>4.20</i>					
K11	18.6	18.6	18.6	18.5	18.2	<i>17.2</i>			9.87	9.86	9.25	8.86	7.76	<i>5.19</i>				
K12	18.6	18.6	18.6	18.5	18.4	17.2	<i>16.9</i>		9.83	9.92	9.29	8.83	8.58	6.10	<i>4.52</i>			
K13	18.6	18.6	18.5	18.4	18.4	17.2	<i>16.9</i>		10.01	9.91	9.41	8.77	8.53	3.93	<i>4.12</i>			
K14	18.5	18.5	18.4	18.4	18.3	18.2	<i>18.2</i>		9.37	9.26	8.33	8.13	8.26	7.42	<i>6.13</i>			
K15	18.7	<i>18.6</i>							9.30	<i>9.05</i>								
K16	18.7	18.7	18.5	<i>18.5</i>					9.51	9.54	8.32	<i>8.10</i>						
K17	18.6	18.6	18.6	18.5	<i>18.6</i>				9.09	8.99	7.90	7.79	<i>4.71</i>					
K18	18.6	18.6	<i>15.2</i>						10.00	9.95	<i>8.20</i>							
K19	18.0	<i>15.3</i>							9.47	<i>7.62</i>								
K20	18.5	18.5	<i>18.2</i>						10.32	10.30	<i>9.61</i>							
T01	18.8	18.7	18.6	<i>18.6</i>					9.60	9.43	8.92	<i>8.83</i>						
T02	19.0	19.0	<i>19.0</i>						8.65	8.49	<i>7.66</i>							
T03	19.1	19.1	<i>18.7</i>						8.28	8.05	<i>2.20</i>							
T04	19.2	19.2	19.1	<i>19.1</i>					7.36	6.60	2.90	<i>2.05</i>						
T05	19.3	19.2	19.2	<i>19.2</i>					7.35	6.64	5.25	<i>4.26</i>						
T06	18.9	18.9	18.8	18.8	<i>18.7</i>				9.46	8.85	8.83	8.40	<i>2.70</i>					
T07	19.0	19.0	18.9	<i>18.9</i>					9.20	9.25	8.80	<i>8.05</i>						
T08	18.9	18.9	18.9	18.7	<i>18.7</i>				9.40	8.70	8.92	7.16	<i>6.54</i>					
T09	18.8	18.8	18.7	18.7	18.7	<i>18.7</i>			9.53	9.30	8.97	8.75	8.35	<i>6.92</i>				
T10	18.8	18.8	18.7	18.7	<i>18.7</i>				9.75	9.38	8.63	8.46	<i>8.20</i>					
T11	18.9	18.8	18.7	18.6	<i>18.7</i>				9.70	9.49	8.91	8.57	<i>8.44</i>					
T12	18.7	18.7	<i>18.6</i>						9.76	9.76	<i>8.85</i>							
T13	18.6	18.6	18.3	<i>18.2</i>					10.07	9.92	9.68	<i>9.52</i>						
T14	18.6	18.6	18.6	18.6	<i>18.5</i>				9.95	9.40	8.93	8.78	<i>5.01</i>					
T15	18.6	18.6	18.6	18.6	18.5	<i>17.9</i>			9.78	9.57	9.00	8.91	8.77	<i>5.59</i>				
T16	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	<i>18.0</i>			9.70	9.66	8.87	8.52	8.57	<i>5.06</i>				
T17	18.7	18.7	18.7	18.6	18.4	17.7	<i>17.3</i>		10.35	10.35	9.97	9.18	8.05	5.30	<i>4.92</i>			
T18	18.6	18.6	18.6	18.5	18.5	17.7	<i>17.2</i>		9.42	9.44	8.55	8.50	8.13	3.52	<i>5.13</i>			
T19	18.6	18.6	18.6	18.6	18.5	<i>16.5</i>			9.47	9.60	9.22	8.63	8.40	<i>7.36</i>				
T20	18.7	18.6	18.5	<i>16.7</i>					10.20	9.77	9.43	<i>7.44</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.