

2004 年夏季における諏訪湖の水質分布

柳町晴美・花里孝幸・宮原裕一
信州大学山地下水環境教育研究センター

Water quality distribution in Lake Suwa in the summer of 2004

Harumi Yanagimachi, Takayuki Hanazato, Yuichi Miyabara
Research and Education Center for Inlandwater Environment, Shinshu University

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

Keywords: Lake Suwa, water quality, chlorophyll-a, suspended solids, transparency, water temperature

1. はじめに

諏訪湖集水域の下水処理施設が移動した 1980 年代以降, 諏訪湖の水質は次第に改善されたが, その後もアオコの発生はしばしば観察されていた(沖野・花里, 1997, 花里ほか, 2003, など)。1999 年以降はアオコの発生が少ない年が続く, 夏の平均透明度が 100cm に達しており, 諏訪湖では水質浄化が明らかに進んできたといえる(花里, 2004)。

2002 年と 2003 年夏季に筆者らが行った諏訪湖の水質観測から, 懸濁物質量(以下では SS)と, クロロフィル a 濃度(以下では Chl-a), 透明度(以下では Trans.)は, 同期して変動する傾向が見られた。すなわち, SS, Chl-a が大きい所では透明度が低い, SS, Chl-a が小さい所では透明度が高い。水温(以下では W.T.)は 2002 年と 2003 年では分布パターンが異なっており, 2003 年には SS, Chl-a と同様, Trans. と逆の分布傾向であったが(SS, Chl-a が大きく Trans. が低い所で W.T. が高い), 2002 年には SS, Chl-a と逆, Trans. と同様の分布傾向であった。特徴的な分布を示す地域は観測日毎に異なるが, 2003 年の 3 観測日とも湖の北東端域で, SS, Chl-a が大きく Trans. が低い傾向が見られた(柳町ほか, 2004)。

湖全域における水質分布の把握には, リモートセンシングデータの解析が有効であるが, 衛星リモートセンシングデータの取得は天候等に左右されるため, 必ずしも高頻度にデータが入手できるわけではない。そこで, 本研究では, 2002 年, 2003 年夏季に続き, 2004 年夏季に

水質観測を行い諏訪湖における水質分布を調査した。

本研究の目的は, 現地調査による水質分布データから, 2004 年の水質分布の特徴を明らかにし, 2002 年, 2003 年の水質分布との比較検討を行い, 諏訪湖の水質分布特性を明らかにすることである。観測データは, 衛星リモートセンシングデータ解析のための水質分布基礎データとして蓄積する。さらに, また, 気象条件の違いによる水質分布の差異について検討する。

2. 方法

2004 年夏季の水質観測は, 7 月 13 日, 7 月 29 日, 8 月 30 日, 10 月 1 日の 4 回実施した。観測方法, 観測・分析項目は, 2002 年 1 回, 2003 年 3 回実施したものと同様であり(柳町ほか, 2003, 2004), 観測・分析項目は, SS, Chl-a, Trans., W.T. である。観測・分析は表層水について行った。60 測点の位置はこれまでの観測と同一である(図 1)。SS, Chl-a の算出方法も, 柳町ほか(2003)と同様である。

水質観測所要時間は, 7 月 13 日 2 時間 32 分, 7 月 29 日 1 時間 31 分, 8 月 30 日 1 時間 20 分, 10 月 1 日 1 時間 47 分である。観測船のトラブル等により, 7 月 13 日は, 所要時間が通常よりも 1 時間程度長く, 10 月 1 日も若干長い。

観測時刻と水質データとの順位相関係数によれば, 7 月 13 日, 7 月 29 日の観測時刻と Chl-a と W.T. の観測値には有意な正相関がみられた。

2004/7/13 Chl-*a* $r=0.413$, W.T. $r=0.351$

2004/7/13 Chl-*a* $r=0.351$, W.T. $r=0.266$

時間の経過とともに、Chl-*a*, W.T.が上昇傾向にあったのかを散布図から検討する。観測をほぼ同時に行ったコース別(Cコース:C01~C20, Kコース:K01~K20, Tコース:T01~T20, 図1)に、7月13日と7月29日のChl-*a*とW.T.の観測値を時間経過に対してプロットした散布図を図2(a)~(d)に示す。

7月13日のTコースでは観測が9:52~11:30の間中断した。TコースのChl-*a*, W.T.の観測値(Δ)は、図2(a), (b)の上部, Kコース($\square$)は図の下部から中部, Cコース($\times$)はほぼ中部に分布している。KコースのW.T.(図2(b)の $\square$)は、サインカーブに類似した経過を示し、時間経過による上昇ではなく、観測位置による違いを反映していると考えられる。

7月29日の場合、7月13日ほど顕著なコースによる差異はないが、CコースのW.T.は、10:19以後、時間とともに上昇する傾向がある(図2(d)の $\times$)。観測開始時から終了時の気温を、アメダスの諏訪における毎時の気温から内挿により算出すると、27.2°C(9:53)から26.7°C(11:24)に低下しており、他のコースの観測値は時間経過とともに上昇する傾向が顕著ではないため、CコースのW.T.の上昇が気温上昇を反映しているとは考えにくい。

上記の理由により、7月13日、7月29日のChl-*a*, W.T.は、全体としては観測時刻と有意な相関関係が見られるが、時間経過による観測値の補正は行わないこととした。

4日分、4種類の水質データから、2004年夏季における諏訪湖の空間的な水質分布を、主成分分析により解析し、水質分布を特徴付ける分布パターン(主成分負荷量)を抽出し、その特徴が顕著に見られる地域を主成分得点から解析した。さらに、これらの結果を2002年、2003年の解析事例と比較検討した。

また、2004年夏季の気象の水質分布への影響を考察した。

3. 結果と考察

60測点における水質データを表8~表11に、観測日毎の各要素の分布図を図3~図6に示す。測定値の要約統計量を表1に、観測日毎に算出した要素間の相関係数

を表2に、要素毎に算出した観測日間の相関係数のうち有意なものを表3に示す。

3-1. 水質調査データの統計量

4日分、60測点の水質データの要約統計量(表1)によれば、SS, Chl-*a*の平均値はいずれも、10月1日に最大、7月29日に最小であり、W.T.は逆に10月1日に最低、7月29日に最高となった。W.T.が10月1日に最低となったのは、季節の推移を反映したものと考えられる。Trans.はSS, Chl-*a*と調和的に10月1日に最低となったが、最高は7月13日であった。2004年10月1日のSS, Chl-*a*の平均値は、2002年、2003年に観測を実施した計4日分の平均値のいずれよりも大きく、2002年~2004年の計8観測日における最高値である。また、2004年10月1日のTrans.の平均値は、8観測日中の最低値である(柳町ほか, 2004)。

3-2. 水質調査データの相関関係

2002年、2003年夏季の4観測日と同様に、2004年夏季のいずれの観測日においても、SSとChl-*a*には、有意な正相関が見られる(表2)。7月13日に相関係数が最大となった(0.764)。7月13日、7月29日、8月30日のTrans.は、SS, Chl-*a*と有意な負相関となり、7月13日に最も絶対値が大きい(-0.860と-0.729)。10月1日のTrans.と他の要素間には有意な相関関係が見られない。7月13日、7月29日のW.T.は、SS, Chl-*a*とは有意な正相関、Trans.とは有意な負相関となった。8月30日のW.T.はChl-*a*, Trans.のいずれとも有意な正相関であり、7月13日、7月29日とは異なる特徴を示した。10月1日のW.T.と他の要素には有意な相関関係がない。

要素毎に算出した、観測日間の相関係数のうち、有意な相関関係となるものは表3の9組(SS 2組, Chl-*a* 1組, Trans. 2組, W.T. 4組)であった。W.T.の7月13日と8月30日に正相関となった以外はすべて負相関となった。同じ水質要素でもその分布は日によって異なり、負相関あるいは無相関の方が、正相関よりも多い。

3-3. 各観測日の主成分分析

2004年夏季4日分、4種類の水質データ分布(図3~図6)の特徴を、主成分分析により解析した。主成分分

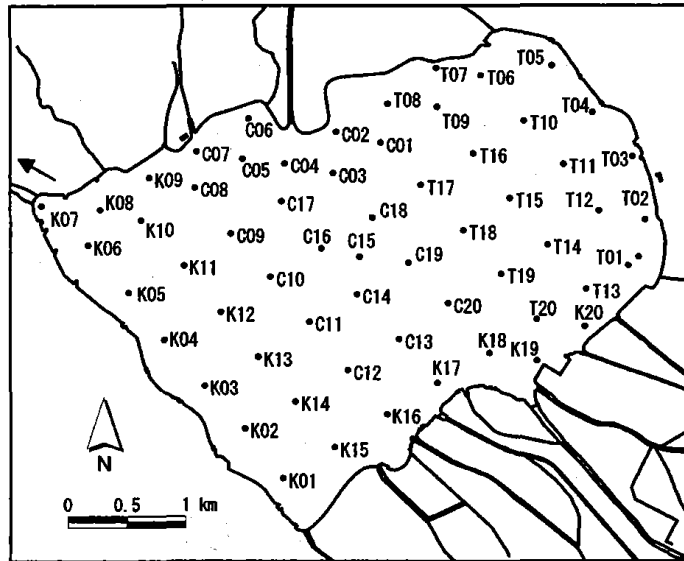


図1 諏訪湖の観測地点と流入・流出河川

Fig.1. Survey points in Lake Suwa and inlets and outlet.

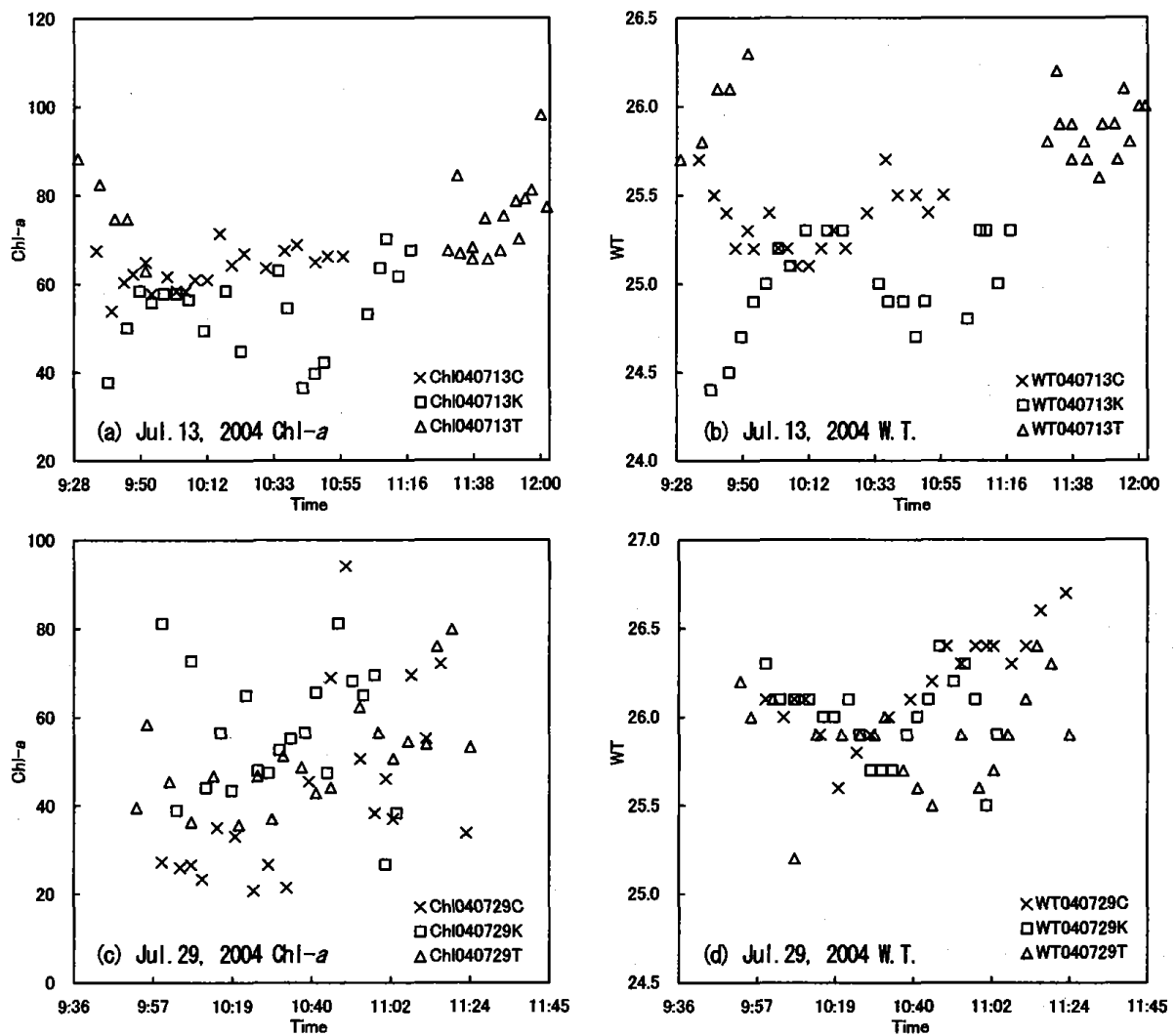


図2 クロロフィルa濃度、水温と観測時間との散布図

Fig.2. Scattergrams of Chl-a, W.T. versus observed time.

× : C01~C20, □ : K01~K20, △ : T01~T20

表1 水質データの要約統計量

Table 1. Summary statistics of water quality data.
July 13, 2004

	SS(mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans.(cm)	W.T.(°C)
Max	18.0	98.1	140.0	26.3
Min	5.2	36.4	65.0	24.4
Mean	11.2	64.1	106.2	25.4
S.D.	3.1	11.8	17.0	0.4
N	60	60	60	60

July 29, 2004

	SS(mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans.(cm)	W.T.(°C)
Max	17.0	94.2	115.0	26.7
Min	1.9	20.8	72.0	25.2
Mean	10.6	49.9	96.9	26.0
S.D.	2.9	16.7	9.7	0.3
N	60	60	60	60

August 30, 2004

	SS(mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans.(cm)	W.T.(°C)
Max	26.9	159.1	91.0	24.0
Min	16.0	107.8	59.0	23.0
Mean	20.6	133.1	72.5	23.4
S.D.	2.9	13.4	8.8	0.2
N	60	60	60	60

October 1, 2004

	SS(mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans.(cm)	W.T.(°C)
Max	66.4	328.6	59.0	22.5
Min	21.3	85.7	30.0	20.6
Mean	30.9	159.9	41.8	21.2
S.D.	8.6	45.1	5.2	0.5
N	60	60	60	60

表3 要素毎に算出した観測日間の有意な相関係数

Table 3. Significant correlation coefficients between the observation dates for each water quality element.

element	date		Correlation coefficient
SS	Jul. 13, 2004	Jul. 29, 2004	-0.386 **
SS	Jul. 13, 2004	Oct. 1, 2004	-0.286 *
Chl- <i>a</i>	Aug. 30, 2004	Oct. 1, 2004	-0.316 *
Trans	Jul. 13, 2004	Jul. 29, 2004	-0.351 **
Trans	Jul. 29, 2004	Oct. 1, 2004	-0.270 *
W.T.	Jul. 13, 2004	Jul. 29, 2004	-0.292 *
W.T.	Jul. 13, 2004	Aug. 30, 2004	0.573 **
W.T.	Jul. 29, 2004	Aug. 30, 2004	-0.288 *
W.T.	Aug. 30, 2004	Oct. 1, 2004	-0.268 *

**: significant at 0.01 significant level.

*: significant at 0.05 significant level.

表2 観測日毎に算出した要素間の相関係数

Table 2. Correlation coefficients between the water quality elements for each observation date.

July 13, 2004

	SS	Chl- <i>a</i>	Trans	W.T.
SS	1.000			
Chl- <i>a</i>	0.764 **	1.000		
Trans	-0.860 **	-0.729 **	1.000	
W.T.	0.775 **	0.769 **	-0.708 **	1.000

July 29, 2004

	SS	Chl- <i>a</i>	Trans	W.T.
SS	1.000			
Chl- <i>a</i>	0.379 **	1.000		
Trans	-0.551 **	-0.432 **	1.000	
W.T.	0.500 **	0.376 **	-0.348 **	1.000

August 30, 2004

	SS	Chl- <i>a</i>	Trans	W.T.
SS	1.000			
Chl- <i>a</i>	0.656 **	1.000		
Trans	-0.552 **	-0.432 **	1.000	
W.T.	0.047	0.351 **	0.333 **	1.000

October 1, 2004

	SS	Chl- <i>a</i>	Trans	W.T.
SS	1.000			
Chl- <i>a</i>	0.583 **	1.000		
Trans	0.039	-0.119	1.000	
W.T.	-0.072	-0.015	0.037	1.000

**: significant at 0.01 significant level.

*: significant at 0.05 significant level.

表4 固有値と寄与率

Table 4. Eigenvalues and proportions

July 13, 2004

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	3.303	82.6%	82.6%
Component 2	0.333	8.3%	90.9%

July 29, 2004

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.299	57.5%	57.5%
Component 2	0.671	16.8%	74.2%

August 30, 2004

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	2.102	52.5%	52.5%
Component 2	1.313	32.8%	85.4%

October 1, 2004

	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
Component 1	1.595	39.9%	39.9%
Component 2	1.030	25.8%	65.6%
Component 3	0.982	24.5%	90.2%

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2成分または第3成分までの固有値と寄与率を表4に示す。7月13日と7月29日は、第2成分の固有値が1未満であり、第1成分のみが主要な分布パターンといえ

る。第1成分の寄与率は、7月13日には82.6%と特に大きい。

8月30日は、第2成分まで固有値が1以上となるが、第1成分の寄与率が52.5%と半分以上を占める。10月1日も第2成分まで固有値が1以上であるが、第1成分の

表5 主成分負荷量

Table 5. Component loadings

July 13, 2004

	Component 1	Component 2
SS	0.937 **	-0.201
Chl- <i>a</i>	0.896 **	0.261 *
Trans	-0.908 **	0.357 **
W.T.	0.893 **	0.312 *

July 29, 2004

	Component 1	Component 2
SS	0.816 **	0.200
Chl- <i>a</i>	0.707 **	-0.480 **
Trans	-0.777 **	0.297 *
W.T.	0.728 **	0.559 **

August 30, 2004

	Component 1	Component 2
SS	0.891 **	0.001
Chl- <i>a</i>	0.853 **	0.364 **
Trans	-0.757 **	0.515 **
W.T.	0.082	0.957 **

October 1, 2004

	Component 1	Component 2
SS	0.878 **	0.184
Chl- <i>a</i>	0.889 **	0.022
Trans	-0.128	0.829 **
W.T.	-0.136	0.556 **

	Component 3
SS	-0.092
Chl- <i>a</i>	0.140
Trans	-0.532 **
W.T.	0.819 **

**: significant at 0.01 significant level.

*: significant at 0.05 significant level.

寄与率 39.9%, 第2成分の寄与率 25.8%であるので, 第1成分の寄与率だけが特に大きいわけではない。

10月1日以外の3日は, 第1成分の寄与率が特に大きいことから, 第1成分のみを主要な分布パターンとみなすことができる。しかし, 10月1日は, 第3成分までの固有値, 寄与率に大きな差がなく, 全体の変動を第1成分のみで説明できるとは言えない。10月1日の上位成分は, 全域を特徴付ける変動を説明するものではなく, 限られた少数の観測地点の変動を説明していると考えられる。

10月1日以外の3日は, 寄与率が高い第1成分についてのみ考察し, 10月1日に関しては, 特徴的な観測地点を把握するために, 第1成分が主にどの観測地点の変動を説明するかを調べる。

7月13日と7月29日の第1成分の主成分負荷量は, 類似した傾向を示し, SS, Chl-*a*, W.T.の符号は, Trans.の符号と逆になる(表5)。すなわち, 「SS, Chl-*a*, W.T.が大きい所では, Trans.が小さく, SS, Chl-*a*, W.T.が小

さい所では, Trans.が大きい」傾向があり, 水質要素間の相関係数(表2)とも整合する。この特徴は2003年3月観測日の第1成分と同じである。

8月30日の第1成分の主成分負荷量は, W.T.以外は7月13日, 7月29日と同様である。W.T.は第1成分ではほとんど説明されない。従って, 8月30日の第1成分は,

「SS, Chl-*a*が大きい所では, Trans.が小さく, SS, Chl-*a*が小さい所では, Trans.が大きい」という分布パターンといえる。

10月1日の第1成分は, SSとChl-*a*の変動を説明する。すなわち, 「SS, Chl-*a*はともに大きい, または, SS, Chl-*a*はともに小さい」という特徴を示す地域の変動を説明する。

3-4. 各観測日の水質分布の特徴

2004年夏季4日間の水質分布は, 10月1日以外の3日については, 第1成分により説明された。各観測日に第1成分の主成分得点の絶対値が大きい地域はその特徴を最も反映する地域とみなすことができる。第1成分の主成分得点をクラスター分析し(ユークリッド距離を使用したward法), 特徴的な地域にグループ分けした。

7月13日は3グループ, 7月29日と8月30日は2グループに分類された。10月1日の第1成分の主成分得点を同様に分類すると3グループに分けられた。

図7に各観測日の主成分得点とグループ分けした符号(+, Δ, ●, ×)の分布を示す。いずれの観測日においても, 主要な2グループは, 主成分得点が正(+)または負(Δ)となるグループである。観測日毎の各グループの特徴を表6に示す。

7月13日(図7(a))では, 両グループ間の漸移的な地域(●)が分離された。第1成分の主成分得点が0に近い値であるので, 第1成分の特徴をあまり反映しない地域である。これらは, 2003年7月3日の水質データによる同様な地域区分において分類されたものと同じ特徴を持つ(柳町ほか, 2004)。+の地域(SS, Chl-*a*, W.T.が大きく, Trans.が小さい)は, 諏訪湖東部に分布する。Δの地域(SS, Chl-*a*, W.T.が小さく, Trans.が大きい)は, 湖岸線と平行に湖の北西から南にかけて分布する。●の地域(漸移的な地域)は, 湖のほぼ中央部に北岸から南岸へ分布する。7月13日は, 2003年7月3日と同様

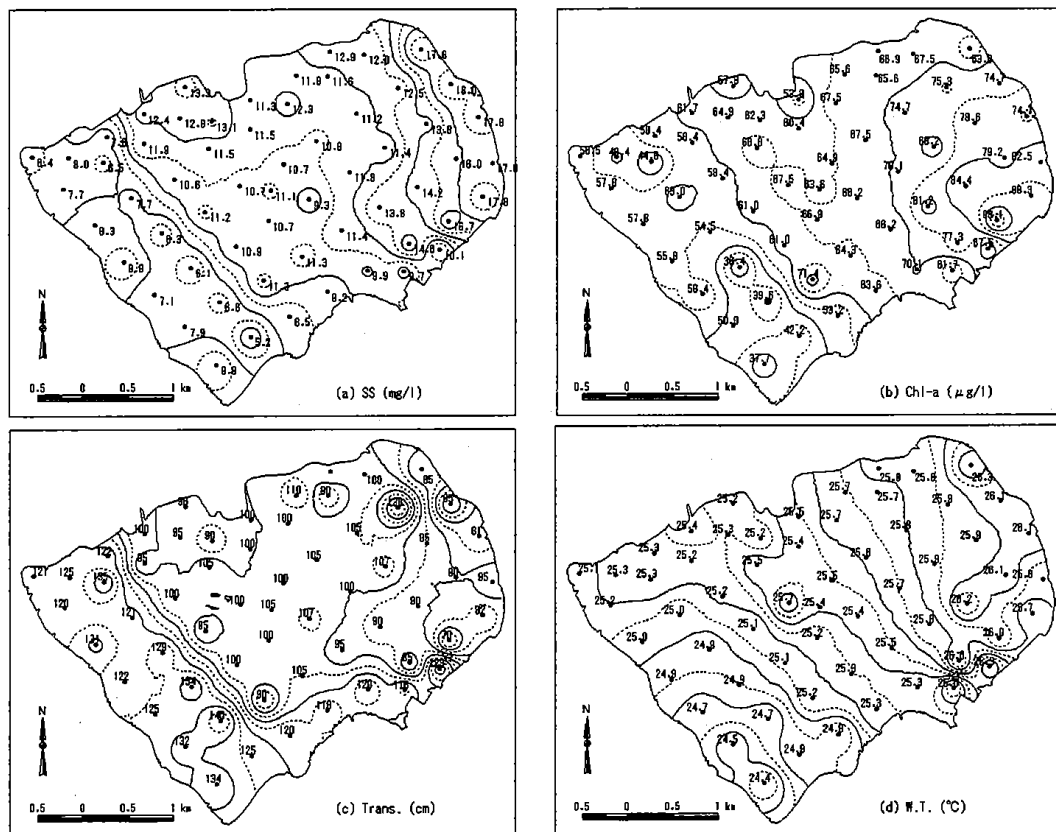


図3 諏訪湖の水質分布図 (2004年7月13日) (a)懸濁物質量, (b)クロロフィルa濃度, (c)透明度, (d)水温
Fig. 3. Water quality maps of Lake Suwa on July 13, 2004. (a)SS, (b)Chl-a, (c)Trans., (d)W.T.

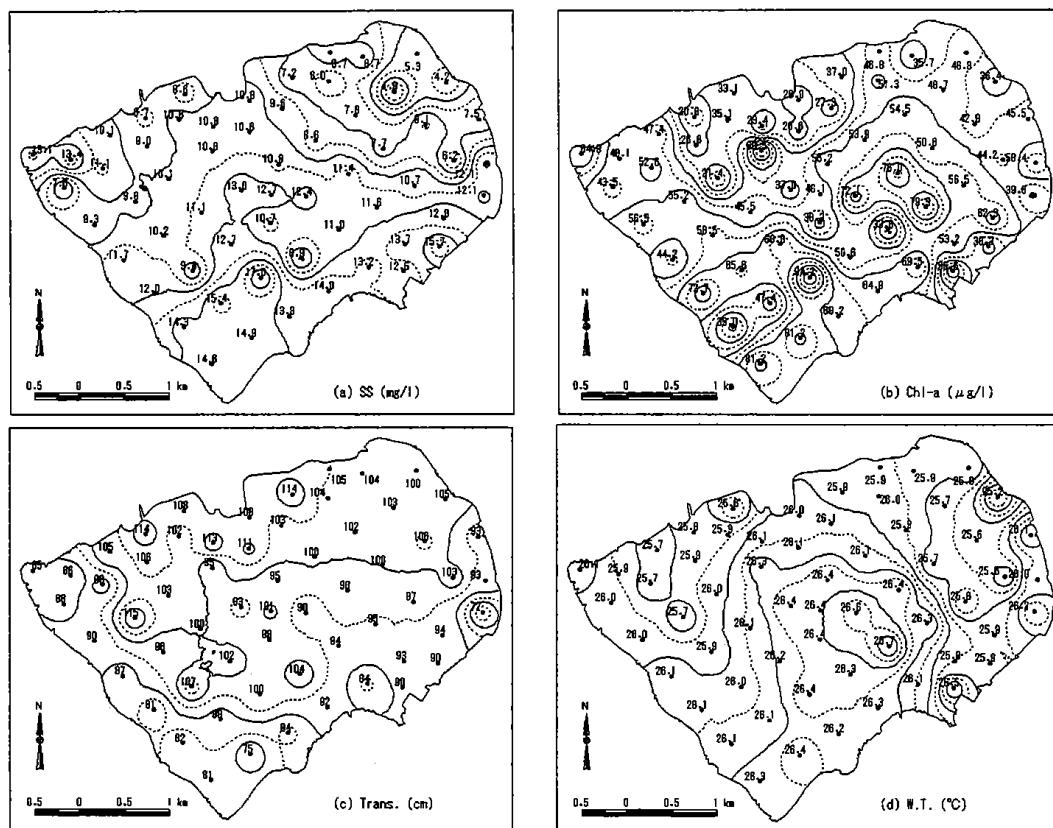


図4 諏訪湖の水質分布図 (2004年7月29日) (a)懸濁物質量, (b)クロロフィルa濃度, (c)透明度, (d)水温
Fig. 4. Water quality maps of Lake Suwa on July 29, 2004. (a)SS, (b)Chl-a, (c)Trans., (d)W.T.

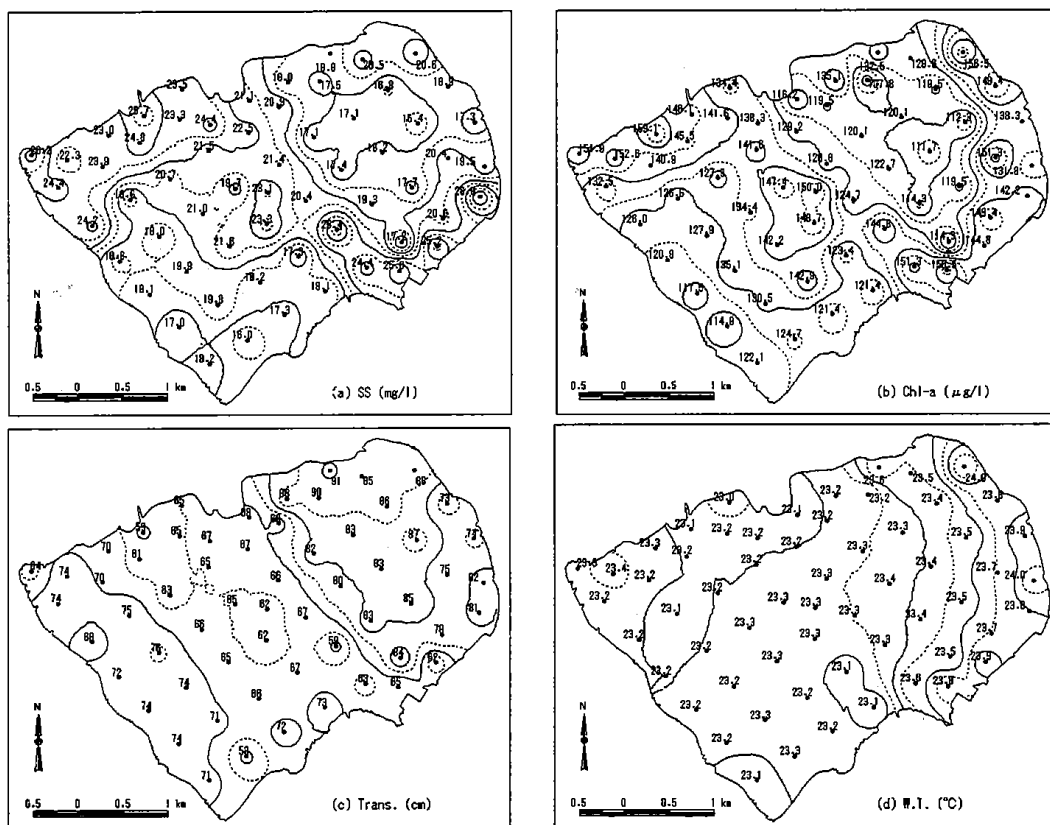


図5 諏訪湖の水質分布図 (2004年8月30日) (a)懸濁物質, (b)クロロフィル a 濃度, (c)透明度, (d)水温
Fig.5. Water quality maps of Lake Suwa on August 30, 2004. (a)SS, (b) Chl- a , (c)Trans., (d)W.T.

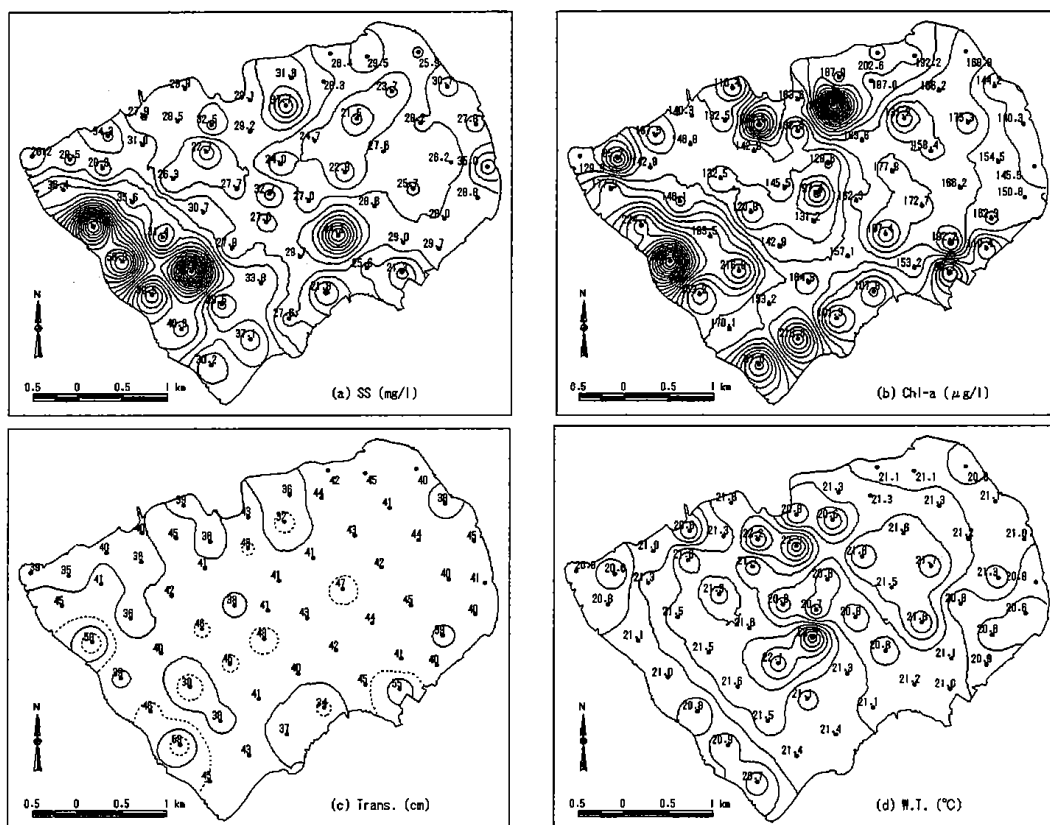


図6 諏訪湖の水質分布図 (2004年10月1日) (a)懸濁物質, (b)クロロフィル a 濃度, (c)透明度, (d)水温
Fig.6. Water quality maps of Lake Suwa on October 1, 2004. (a)SS, (b) Chl- a , (c)Trans., (d)W.T.

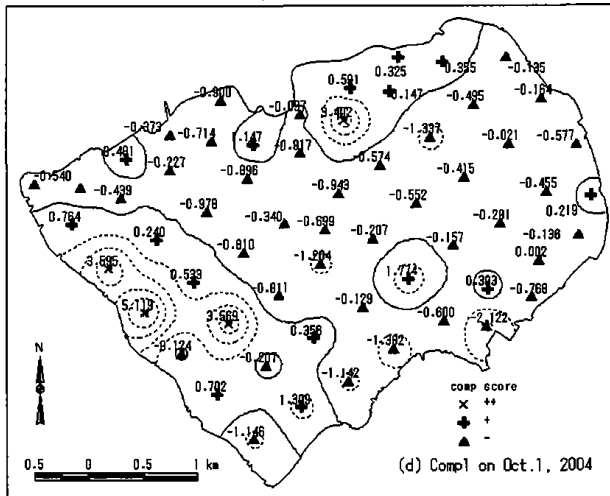
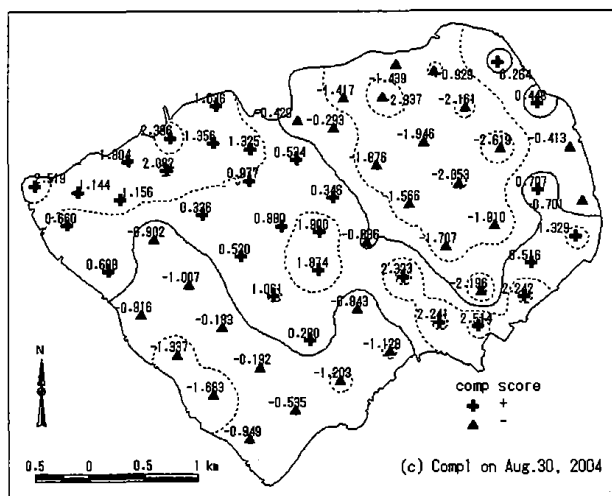
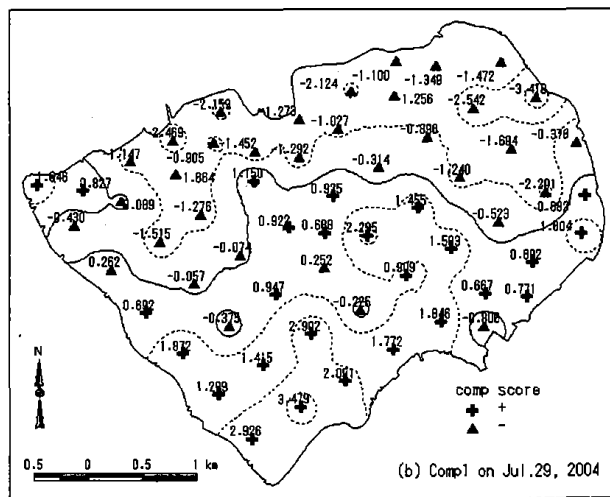
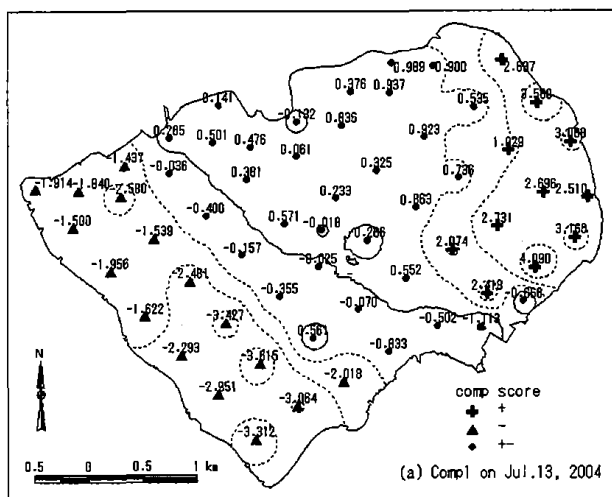


図7 第1主成分の主成分得点に基づく地域区分

Fig. 7. Regional divisions based on the component scores of Component 1.
(a) July 13, 2004, (b) July 29, 2004, (c) August 30, 2004, (d) October 1, 2004
Symbols (+, ▲, ●, ×) indicate the separated groups.

表6 地域区分された各グループの特徴
Table 6. Characteristics of the regionally divided groups.

	+ (Fig. 7)				▲ (Fig. 7)				× (Fig. 7(d))			
	SS	Chl-a	Trans.	W.T.	SS	Chl-a	Trans.	W.T.	SS	Chl-a	Trans.	W.T.
Jul. 13, 2004	+	+	-	+	-	-	+	-				
Jul. 29, 2004	+	+	-	+	-	-	+	-				
Aug. 30, 2004	+	+	-		-	-	+					
Oct. 1, 2004	+	+			-	-			++	++		

表7 諏訪の風向、風速

Table 7. Wind direction and wind speed at Suwa observation station

Time	Jul. 13, 2004		Jul. 29, 2004		Aug. 30, 2004		Oct. 1, 2004	
	Wind D.	Wind S. (m/s)	Wind D.	Wind S. (m/s)	Wind D.	Wind S. (m/s)	Wind D.	Wind S. (m/s)
9:00 AM	SW	2.8	N	8.1	SE	5.2	NNW	0.9
10:00 AM	SW	5.7	N	4.2	SE	5.5	NNW	1.3
11:00 AM	SW	6.6	S	2.5	ESE	6.2	NNE	1.8
12:00 PM	SW	6.7	SE	4.5	SE	6.5	NW	2.9

(36° 02.7' N, 138° 06.5' E)

な3グループに分類されたが、主成分得点からみた特徴的な地域は異なっている。諏訪湖の東部と西部で異なる水質分布であった。

7月29日(図7(b))の場合、+の地域(SS, Chl-a, W.T.が大きく, Trans.が小さい)は、湖の南部に分布し、△の地域(SS, Chl-a, W.T.が小さく, Trans.が大きい)は、湖の北部に分布する。主成分負荷量から見た特徴は7月13日と同様であるが、特徴的な分布を示す地域は異なっている。

8月30日(図7(c))の場合、+の地域(SS, Chl-aが大きく, Trans.が小さい)は、諏訪湖の北西部から南東部の上川河口部付近にかけて分布し、△の地域(SS, Chl-aが小さく, Trans.が大きい)は、湖の東部と南西部に分布する。8月30日の第1成分は、SS, Chl-a, Trans.のみの分布を説明するが、特徴的な地域は、7月13日、7月29日とは異なっている。

10月1日(図7(d))には、第1成分の主成分得点が特に大きい地域(×)が分離された。×(SS, Chl-aがともに特に大きい)に分類される地点は、湖西部のK04, K05, K13の3地点と、砥川河口東方のC01地点である。第1成分は、主にこれらの地点におけるSS, Chl-aの分布を説明しているといえよう。

10月1日のSS, Chl-aの平均値は、2002年以降の8回の観測中で最大であることから、諏訪湖全域でのアオコの発生量も最も多かったと考えられる。10月1日には、SS, Chl-aの値が非常に大きい地点が出現し、SS, Chl-aの標準偏差(地域差)も大きい。一方、Trans.は湖全域で低下しており、Trans.が高い観測日と比較するとTrans.の標準偏差は相対的に小さい。

10月1日のような広範囲に及ぶアオコ発生時に、SS, Chl-aとTrans.には負相関がみられない理由として、Trans.の全域的な低下が考えられる。筆者らによる2002年以降の観測では、2004年10月1日のようなアオコの大規模発生時の観測事例は、2004年10月1日のみであるので、10月1日のケース(SS, Chl-aは特定地域で非常に大きく, Trans.は全域で低下)が、大規模発生時の一般的な状況であるのかに関しては、さらに観測事例を増やして検証するか、あるいは、過去に大規模にアオコが発生した時期の衛星リモートセンシングデータなどで確認することが必要である。

3-5. 2004年夏季の気象

2004年の7月から9月までの、諏訪(北緯36度02.7分, 東経138度06.5分)におけるアメダスの月別値を平年値と比較すると、7月、9月の月平均気温は平年値よりも高く、8月はやや低温であった。日照時間は、7月には平年よりも長く、8月、9月は平年並みであった。月降水量は、7月に寡雨、8月に多雨、9月にやや少雨であった。

9月の日降水量データによれば、上旬、下旬に降水があり、中旬はほとんど降水がなかった。中旬以降、日平均気温が高い日が継続しており、アオコの発生しやすい気象条件であった。

観測時間帯の時別の風向、風速データを表7に示す。7月13日には、南西の風、8月30日には南東の風が卓越していた。図7(a), (c)の+の分布から、風下方向へ表層水が吹き寄せられて、湖の風下地域でSS, Chl-aが大きくなった可能性がある。7月29日の観測時間帯前半は、北風が卓越し、やはり風下に表層水が吹き寄せられて、湖の南部でSS, Chl-aが大きくなった可能性がある。

8月30日には、風下地域だけではなく、中央部と上川河口付近でもSS, Chl-aが大きいので、風向以外の要因もSS, Chl-aの分布に影響していたと考えられる。

10月1日の観測時間帯の風向はNNWであるが、静穏に近く風の影響は小さかったと考えられる。

水質分布への風の影響に関しては、観測事例を増やして検討する必要がある。

4. まとめ

諏訪湖の60測点における4水質要素(SS, Chl-a, Trans., W.T.)を2004年夏季4日分それぞれについて主成分分析し、7月13日と7月29日には主要な水質分布パターン(SS, Chl-a, W.T.が大きい所ではTrans.が小さい。SS, Chl-a, W.T.が小さい所ではTrans.が大きい。)が第1成分として抽出された。これは、2003年の3観測日で抽出されたものと同様の特徴である。2002年から2004年に実施した8観測日のうち5日で認められるパターンであるので、近年、諏訪湖において夏季に卓越するパターンである可能性がある。

主成分得点からみて、湖内において特徴的な分布を示す地域は5観測日毎に異なっており、同一地域で常に同

じ水質分布状況が見られるわけではない。

2004年10月1日には、2002年以降の8観測日中、最も広範囲にアオコが発生した。この時、SS、Chl-*a*が非常に大きな値を示した測点があった。これらの測点における特徴が第1成分として抽出された。Trans.は、湖内全域で低下していた。

SSとChl-*a*は、8観測日全てで、有意な正相関であり、8観測日全ての第1成分において連動したパターンとして抽出される。諏訪湖では、SSは主にChl-*a*に起因すると考えられる。

観測日毎の第1成分におけるW.T.と他の水質要素との関係は、主成分負荷量によれば、他の要素と同期する観測日(6日)と無相関である観測日(2日)がある。同期する観測日のうち、5日はSS、Chl-*a*と正相関(同符号)、Trans.とは負相関(逆の符号)であり、2002年9月2日のみSS、Chl-*a*と負相関(逆符号)、Trans.とは正相関(同符号)である。W.T.の変動は、他の水質要素よりも複雑であり、観測事例を増やしての検討が必要である。

謝辞

本研究は、2004年度科学研究費補助金(基盤研究C:15500681)「リモートセンシングデータによる天竜川

上・下流域における自然環境の変化解析」(研究代表者:柳町晴美)と、2004年度科学研究費補助金(基盤研究A:14208070)「諏訪湖・天竜川水系の物質循環、水循環とマネーフローからの研究(研究代表者:戸田任重)」の一部を使用した。水質調査・分析には、信州大学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.
- 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.

表8 諏訪湖の水質データ (2004年7月13日)
Table 8. Observed water quality data in Lake Suwa (July 13, 2004).

Station	Time JST	Longitude			Latitude			SS (mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans. (cm)	W.T. (°C)
		deg	min	sec	deg	min	sec				
C01	9:36	138	05	08.0 E	36	03	31.0 N	12.3	67.5	100	25.7
C02	9:41	138	04	51.6 E	36	03	31.8 N	11.3	53.9	100	25.5
C03	9:45	138	04	51.9 E	36	03	21.4 N	11.5	60.4	100	25.4
C04	9:48	138	04	35.0 E	36	03	23.9 N	13.1	62.3	90	25.2
C05	9:52	138	04	20.9 E	36	03	24.8 N	12.8	64.9	95	25.3
C06	9:54	138	04	22.7 E	36	03	35.9 N	13.3	57.8	96	25.2
C07	9:59	138	04	04.9 E	36	03	25.8 N	12.4	61.7	100	25.4
C08	10:02	138	04	05.3 E	36	03	15.2 N	11.9	58.4	95	25.2
C09	10:05	138	04	19.3 E	36	03	02.9 N	10.6	58.4	100	25.2
C10	10:08	138	04	33.2 E	36	02	51.6 N	11.2	61.0	95	25.1
C11	10:12	138	04	47.4 E	36	02	39.7 N	10.9	61.0	100	25.1
C12	10:16	138	05	00.1 E	36	02	27.6 N	11.3	71.4	90	25.2
C13	10:20	138	05	16.5 E	36	02	36.5 N	11.3	64.3	105	25.3
C14	10:24	138	05	01.3 E	36	02	48.9 N	10.7	66.9	100	25.2
C15	10:31	138	05	02.0 E	36	02	59.8 N	11.1	63.6	105	25.4
C16	10:37	138	04	48.3 E	36	03	01.2 N	10.7	67.5	100	25.7
C17	10:41	138	04	34.0 E	36	03	14.2 N	11.5	68.8	105	25.5
C18	10:47	138	05	07.1 E	36	03	09.4 N	10.7	64.9	100	25.5
C19	10:51	138	05	18.9 E	36	02	57.1 N	9.3	66.2	107	25.4
C20	10:56	138	05	33.8 E	36	02	46.2 N	11.4	66.2	95	25.5
K01	9:40	138	04	40.1 E	36	01	56.9 N	9.9	37.7	134	24.4
K02	9:46	138	04	25.8 E	36	02	10.2 N	7.9	50.0	132	24.5
K03	9:50	138	04	12.0 E	36	02	21.3 N	7.1	58.4	125	24.7
K04	9:54	138	03	58.0 E	36	02	32.7 N	9.9	55.8	122	24.9
K05	9:58	138	03	44.8 E	36	02	45.7 N	8.3	57.8	131	25.0
K06	10:02	138	03	30.4 E	36	02	58.3 N	7.7	57.8	120	25.2
K07	10:06	138	03	16.2 E	36	03	09.4 N	6.4	56.5	121	25.1
K08	10:11	138	03	32.3 E	36	03	09.3 N	8.0	49.4	125	25.3
K09	10:18	138	03	48.8 E	36	03	17.4 N	7.6	58.4	122	25.3
K10	10:23	138	03	47.6 E	36	03	08.2 N	6.5	44.8	135	25.3
K11	10:35	138	04	00.6 E	36	02	55.7 N	7.7	63.0	121	25.0
K12	10:38	138	04	14.3 E	36	02	43.5 N	6.3	54.5	129	24.9
K13	10:43	138	04	27.8 E	36	02	31.5 N	6.1	36.4	134	24.9
K14	10:47	138	04	40.8 E	36	02	19.6 N	6.6	39.6	140	24.7
K15	10:50	138	04	55.0 E	36	02	07.4 N	5.2	42.2	125	24.9
K16	11:04	138	05	11.9 E	36	02	15.0 N	8.5	53.2	120	24.8
K17	11:08	138	05	28.1 E	36	02	24.3 N	9.2	63.6	118	25.3
K18	11:10	138	05	45.8 E	36	02	32.3 N	9.9	70.1	120	25.3
K19	11:14	138	06	01.7 E	36	02	32.4 N	9.7	61.7	116	25.0
K20	11:18	138	06	17.1 E	36	02	40.4 N	10.1	67.5	123	25.3
T01	9:30	138	06	35.3 E	36	02	59.8 N	17.8	88.3	82	25.7
T02	9:37	138	06	39.2 E	36	03	11.9 N	17.0	82.5	95	25.8
T03	9:42	138	06	32.5 E	36	03	28.3 N	17.9	74.7	81	26.1
T04	9:46	138	06	19.8 E	36	03	39.5 N	18.0	74.7	65	26.1
T05	9:52	138	06	06.4 E	36	03	51.8 N	17.8	63.0	85	26.3
T06	11:30	138	05	41.3 E	36	03	49.3 N	12.0	67.5	100	25.8
T07	11:34	138	05	26.0 E	36	03	50.0 N	12.9	66.9	105	25.9
T08	11:38	138	05	11.5 E	36	03	41.2 N	11.8	65.6	110	25.7
T09	11:43	138	05	25.5 E	36	03	41.3 N	11.6	65.6	90	25.7
T10	11:48	138	05	56.6 E	36	03	37.7 N	12.5	75.3	130	25.9
T11	11:52	138	06	09.6 E	36	03	25.2 N	13.8	78.6	95	25.9
T12	11:55	138	06	23.0 E	36	03	13.1 N	16.0	79.2	90	26.1
T13	12:00	138	06	20.8 E	36	02	50.7 N	16.7	98.1	70	26.0
T14	11:33	138	06	06.5 E	36	03	02.5 N	14.2	84.4	90	26.2
T15	11:38	138	05	51.7 E	36	03	16.4 N	11.4	68.2	107	25.9
T16	11:42	138	05	38.7 E	36	03	28.2 N	11.2	74.7	105	25.8
T17	11:47	138	05	21.5 E	36	03	18.0 N	10.8	67.5	105	25.6
T18	11:53	138	05	36.5 E	36	03	07.2 N	11.8	70.1	100	25.7
T19	11:57	138	05	50.1 E	36	02	54.9 N	13.8	81.2	90	25.8
T20	12:02	138	06	03.7 E	36	02	42.3 N	14.6	77.3	85	26.0

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

Latitude and Longitude are expressed based on the Japanese Geodetic Datum 2000.

表9 諏訪湖の水質データ (2004年7月29日)

Table 9. Observed water quality data in Lake Suwa (July 29, 2004).

Station	Time JST	Longitude				Latitude				SS (mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans. (cm)	W.T. ($^{\circ}$ C)
		deg	min	sec	E	deg	min	sec	N				
C01	10:00	138	05	06.0	E	36	03	29.4	N	9.6	27.3	103	26.1
C02	10:05	138	04	51.7	E	36	03	32.0	N	10.8	26.0	108	26.0
C03	10:08	138	04	51.9	E	36	03	20.7	N	10.6	26.6	111	26.1
C04	10:11	138	04	35.9	E	36	03	22.3	N	10.8	23.4	113	26.1
C05	10:15	138	04	20.5	E	36	03	24.4	N	10.6	35.1	102	25.9
C06	10:20	138	04	22.7	E	36	03	33.6	N	8.6	33.1	108	25.6
C07	10:25	138	04	05.6	E	36	03	24.8	N	8.7	20.8	114	25.8
C08	10:29	138	04	06.8	E	36	03	14.6	N	9.0	26.6	106	25.9
C09	10:34	138	04	16.7	E	36	03	02.9	N	10.1	21.4	103	26.0
C10	10:40	138	04	31.6	E	36	02	51.1	N	11.1	45.5	100	26.1
C11	10:46	138	04	45.2	E	36	02	39.8	N	12.7	68.8	102	26.2
C12	10:50	138	04	58.8	E	36	02	28.2	N	17.0	94.2	100	26.4
C13	10:54	138	05	16.4	E	36	02	35.8	N	8.9	50.6	104	26.3
C14	10:58	138	05	02.4	E	36	02	48.0	N	10.7	38.3	98	26.4
C15	11:01	138	05	02.4	E	36	02	58.3	N	12.7	46.1	101	26.4
C16	11:03	138	04	49.2	E	36	02	59.5	N	13.0	37.0	93	26.4
C17	11:08	138	04	35.8	E	36	03	13.3	N	10.8	69.5	95	26.3
C18	11:12	138	05	05.1	E	36	03	09.3	N	10.9	55.2	95	26.4
C19	11:16	138	05	18.0	E	36	02	58.0	N	12.4	72.1	90	26.6
C20	11:23	138	05	32.9	E	36	02	46.4	N	11.0	33.8	94	26.7
K01	10:00	138	04	38.0	E	36	01	56.6	N	14.6	81.2	81	26.3
K02	10:04	138	04	25.2	E	36	02	09.7	N	14.3	39.0	82	26.1
K03	10:08	138	04	11.7	E	36	02	21.4	N	12.0	72.7	81	26.1
K04	10:12	138	03	57.6	E	36	02	33.2	N	11.7	44.2	87	26.1
K05	10:16	138	03	44.5	E	36	02	45.7	N	9.3	56.5	90	26.0
K06	10:19	138	03	30.3	E	36	02	58.6	N	7.0	43.5	88	26.0
K07	10:23	138	03	16.2	E	36	03	10.3	N	13.1	64.9	85	26.1
K08	10:26	138	03	33.1	E	36	03	09.0	N	13.4	48.1	86	25.9
K09	10:29	138	03	50.0	E	36	03	18.0	N	10.1	47.4	105	25.7
K10	10:32	138	03	47.3	E	36	03	06.1	N	11.1	52.6	88	25.7
K11	10:35	138	04	02.1	E	36	02	54.4	N	9.8	55.2	115	25.7
K12	10:39	138	04	15.1	E	36	02	42.3	N	10.2	56.5	96	25.9
K13	10:42	138	04	28.4	E	36	02	30.1	N	9.4	65.6	107	26.0
K14	10:45	138	04	41.5	E	36	02	18.6	N	15.4	47.4	88	26.1
K15	10:48	138	04	55.3	E	36	02	06.4	N	14.9	81.2	75	26.4
K16	10:52	138	05	11.9	E	36	02	14.6	N	13.8	68.2	84	26.2
K17	10:55	138	05	29.0	E	36	02	24.2	N	14.0	64.9	92	26.3
K18	10:58	138	05	46.3	E	36	02	33.1	N	13.2	69.5	84	26.1
K19	11:01	138	06	02.0	E	36	02	32.1	N	12.6	26.6	90	25.5
K20	11:04	138	06	17.6	E	36	02	41.2	N	15.7	38.3	90	25.9
T01	9:53	138	06	36.6	E	36	03	00.2	N	12.1	39.6	72	26.2
T02	9:56	138	06	37.4	E	36	03	11.7	N	12.1	58.4	93	26.0
T03	10:02	138	06	33.7	E	36	03	27.5	N	7.5	45.5	93	26.1
T04	10:08	138	06	18.6	E	36	03	40.6	N	4.2	36.4	105	25.2
T05	10:14	138	06	05.4	E	36	03	50.7	N	5.3	46.8	100	25.9
T06	10:21	138	05	41.4	E	36	03	49.0	N	8.7	35.7	104	25.9
T07	10:26	138	05	26.8	E	36	03	50.2	N	8.7	46.8	105	25.9
T08	10:30	138	05	10.5	E	36	03	40.7	N	7.2	37.0	114	25.9
T09	10:33	138	05	26.4	E	36	03	39.8	N	6.0	51.3	104	26.0
T10	10:38	138	05	55.6	E	36	03	36.9	N	1.9	48.7	103	25.7
T11	10:42	138	06	10.0	E	36	03	25.1	N	9.1	42.9	106	25.6
T12	10:46	138	06	23.0	E	36	03	12.5	N	6.2	44.2	103	25.5
T13	10:54	138	06	19.2	E	36	02	51.5	N	12.8	62.3	94	25.9
T14	10:59	138	06	05.9	E	36	03	03.1	N	10.7	56.5	97	25.6
T15	11:03	138	05	51.3	E	36	03	16.1	N	7.7	50.6	100	25.7
T16	11:07	138	05	38.9	E	36	03	27.8	N	7.8	54.5	102	25.9
T17	11:12	138	05	21.3	E	36	03	18.3	N	8.6	53.9	100	26.1
T18	11:15	138	05	36.3	E	36	03	06.6	N	11.4	76.0	98	26.4
T19	11:19	138	05	49.2	E	36	02	54.8	N	11.6	79.9	95	26.3
T20	11:24	138	06	02.3	E	36	02	41.7	N	13.7	53.2	93	25.9

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

Latitude and Longitude are expressed based on the Japanese Geodetic Datum 2000.

表10 諏訪湖の水質データ (2004年8月30日)
Table 10. Observed water quality data in Lake Suwa (August 30, 2004).

Station	Time JST	Longitude			Latitude			SS (mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans. (cm)	W.T. (°C)
		deg	min	sec	deg	min	sec				
C01	9:46	138	05	05.6 E	36	03	30.3 N	20.9	119.5	68	23.2
C02	9:50	138	04	52.3 E	36	03	32.1 N	21.1	116.2	68	23.1
C03	9:55	138	04	52.2 E	36	03	20.6 N	22.5	129.2	67	23.2
C04	10:00	138	04	35.1 E	36	03	23.3 N	24.4	138.3	67	23.2
C05	10:02	138	04	21.5 E	36	03	24.7 N	23.3	141.6	65	23.2
C06	10:04	138	04	22.2 E	36	03	35.8 N	23.5	134.4	65	23.0
C07	10:07	138	04	05.5 E	36	03	25.8 N	25.7	146.1	59	23.1
C08	10:11	138	04	04.1 E	36	03	16.1 N	24.8	145.5	61	23.2
C09	10:14	138	04	18.1 E	36	03	03.3 N	20.7	127.9	63	23.2
C10	10:18	138	04	32.8 E	36	02	51.2 N	21.0	134.4	66	23.3
C11	10:22	138	04	45.2 E	36	02	39.6 N	21.6	142.2	65	23.3
C12	10:26	138	04	59.2 E	36	02	26.9 N	18.2	142.9	66	23.2
C13	10:29	138	05	16.0 E	36	02	36.6 N	17.3	123.4	67	23.1
C14	10:31	138	05	01.5 E	36	02	47.9 N	23.3	148.7	62	23.3
C15	10:34	138	05	01.5 E	36	02	59.2 N	23.1	150.0	62	23.3
C16	10:38	138	04	47.2 E	36	03	00.6 N	19.7	147.4	65	23.3
C17	10:41	138	04	34.8 E	36	03	13.8 N	21.5	141.6	65	23.2
C18	10:45	138	05	06.1 E	36	03	09.6 N	21.4	128.6	66	23.3
C19	10:47	138	05	18.7 E	36	02	56.7 N	20.4	124.7	67	23.3
C20	10:51	138	05	32.7 E	36	02	46.6 N	25.4	144.8	59	23.3
K01	9:52	138	04	37.9 E	36	01	56.9 N	18.2	122.1	71	23.1
K02	9:55	138	04	24.1 E	36	02	09.8 N	17.0	114.9	74	23.2
K03	9:59	138	04	10.2 E	36	02	21.4 N	18.1	117.5	74	23.2
K04	10:02	138	03	56.6 E	36	02	33.1 N	18.8	120.8	72	23.2
K05	10:05	138	03	44.1 E	36	02	45.7 N	24.2	126.0	68	23.2
K06	10:08	138	03	28.5 E	36	02	59.1 N	24.4	132.5	74	23.2
K07	10:11	138	03	16.1 E	36	03	10.5 N	26.2	151.9	64	23.3
K08	10:15	138	03	31.9 E	36	03	09.0 N	22.3	152.6	74	23.4
K09	10:19	138	03	50.2 E	36	03	18.5 N	23.0	159.1	70	23.3
K10	10:23	138	03	47.8 E	36	03	07.2 N	23.9	140.9	70	23.2
K11	10:26	138	04	00.4 E	36	02	55.5 N	18.6	126.6	75	23.1
K12	10:30	138	04	13.9 E	36	02	42.4 N	18.0	127.9	76	23.2
K13	10:34	138	04	26.6 E	36	02	30.1 N	19.9	135.1	74	23.2
K14	10:38	138	04	40.9 E	36	02	18.4 N	19.8	130.5	71	23.3
K15	10:42	138	04	54.3 E	36	02	05.9 N	16.0	124.7	59	23.3
K16	10:47	138	05	10.6 E	36	02	15.2 N	17.3	121.4	72	23.2
K17	10:51	138	05	28.4 E	36	02	24.3 N	18.1	121.4	73	23.1
K18	10:54	138	05	46.5 E	36	02	33.2 N	24.4	151.3	63	23.6
K19	10:58	138	06	00.9 E	36	02	32.4 N	25.0	156.5	65	23.8
K20	11:02	138	06	17.3 E	36	02	41.6 N	25.2	144.8	62	23.9
T01	9:42	138	06	35.8 E	36	02	60.0 N	26.9	142.2	81	23.8
T02	9:46	138	06	37.5 E	36	03	10.9 N	19.5	131.8	82	24.0
T03	9:50	138	06	32.7 E	36	03	26.7 N	17.3	138.3	74	23.9
T04	9:54	138	06	20.3 E	36	03	39.1 N	18.9	149.4	73	23.8
T05	10:00	138	06	05.2 E	36	03	50.9 N	20.6	156.5	88	24.0
T06	10:06	138	05	41.9 E	36	03	48.1 N	20.5	128.6	85	23.5
T07	10:11	138	05	27.6 E	36	03	49.9 N	18.8	132.5	91	23.6
T08	10:16	138	05	09.0 E	36	03	39.3 N	18.0	135.1	88	23.2
T09	10:20	138	05	23.1 E	36	03	40.0 N	17.5	107.8	90	23.2
T10	10:24	138	05	53.7 E	36	03	37.4 N	16.9	119.5	86	23.4
T11	10:28	138	06	07.1 E	36	03	25.7 N	16.4	112.3	87	23.5
T12	10:32	138	06	21.2 E	36	03	13.5 N	20.4	151.3	75	23.7
T13	10:36	138	06	19.6 E	36	02	51.7 N	20.8	149.4	78	23.7
T14	10:39	138	06	05.6 E	36	03	02.6 N	17.7	119.5	85	23.5
T15	10:43	138	05	51.9 E	36	03	14.9 N	18.2	111.7	83	23.4
T16	10:46	138	05	38.9 E	36	03	26.9 N	17.1	120.1	83	23.3
T17	10:49	138	05	21.5 E	36	03	19.7 N	17.1	120.1	82	23.3
T18	10:53	138	05	33.9 E	36	03	08.3 N	17.4	122.7	80	23.4
T19	10:57	138	05	48.0 E	36	02	56.0 N	19.3	114.3	83	23.4
T20	11:00	138	06	01.5 E	36	02	42.9 N	17.2	114.3	84	23.5

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

Latitude and Longitude are expressed based on the Japanese Geodetic Datum 2000.

表11 諏訪湖の水質データ (2004年10月1日)

Table 11. Observed water quality data in Lake Suwa (October 1, 2004).

Station	Time JST	Longitude			Latitude			SS (mg/l)	Chl- <i>a</i> (μ g/l)	Trans. (cm)	W.T. (°C)
		deg	min	sec	deg	min	sec				
C01	10:06	138	05	08.2 E	36	03	31.1 N	37.7	319.5	32	20.6
C02	10:09	138	04	52.1 E	36	03	32.5 N	28.1	163.6	43	20.8
C03	10:11	138	04	52.5 E	36	03	21.3 N	29.2	132.5	46	22.3
C04	10:14	138	04	35.4 E	36	03	23.3 N	32.5	232.5	36	22.2
C05	10:16	138	04	20.3 E	36	03	24.1 N	28.5	132.5	45	21.3
C06	10:18	138	04	23.2 E	36	03	36.1 N	29.9	110.4	39	21.6
C07	10:21	138	04	05.2 E	36	03	25.6 N	27.9	140.3	40	20.6
C08	10:23	138	04	05.1 E	36	03	15.3 N	31.0	146.8	36	21.8
C09	10:25	138	04	19.1 E	36	03	03.3 N	26.3	132.5	42	21.9
C10	10:28	138	04	33.1 E	36	02	51.6 N	30.7	120.8	46	21.6
C11	10:30	138	04	46.1 E	36	02	39.3 N	27.9	142.9	46	22.1
C12	10:32	138	04	59.4 E	36	02	26.8 N	33.8	164.9	41	21.1
C13	10:35	138	05	16.7 E	36	02	36.5 N	29.7	157.1	40	21.3
C14	10:37	138	05	00.9 E	36	02	48.8 N	27.0	131.2	48	22.5
C15	10:39	138	05	02.1 E	36	02	58.9 N	32.7	97.4	41	20.7
C16	10:42	138	04	47.4 E	36	03	00.4 N	27.7	145.5	38	20.9
C17	10:45	138	04	33.6 E	36	03	13.6 N	22.7	142.9	41	21.1
C18	10:47	138	05	06.7 E	36	03	09.8 N	24.0	128.6	41	20.8
C19	10:50	138	05	19.6 E	36	02	56.7 N	27.0	162.3	43	20.8
C20	10:52	138	05	33.2 E	36	02	45.1 N	44.3	197.4	42	20.8
K01	9:05	138	04	38.7 E	36	01	56.7 N	30.2	87.0	45	20.7
K02	9:08	138	04	25.0 E	36	02	09.5 N	40.6	170.1	58	20.9
K03	9:11	138	04	11.3 E	36	02	21.3 N	30.5	153.2	46	20.8
K04	9:14	138	03	57.7 E	36	02	33.0 N	59.9	328.6	39	21.0
K05	9:17	138	03	44.3 E	36	02	45.7 N	66.4	224.7	59	21.1
K06	9:20	138	03	30.3 E	36	02	58.4 N	36.4	177.9	45	20.8
K07	9:23	138	03	16.0 E	36	03	10.1 N	28.2	129.9	39	20.8
K08	9:25	138	03	33.0 E	36	03	09.3 N	29.5	85.7	35	20.6
K09	9:28	138	03	49.6 E	36	03	18.1 N	34.3	167.5	40	21.0
K10	9:30	138	03	47.7 E	36	03	06.6 N	28.9	142.9	41	21.3
K11	9:33	138	04	01.3 E	36	02	54.6 N	35.6	148.1	36	21.5
K12	9:36	138	04	15.2 E	36	02	42.4 N	31.4	193.5	40	21.5
K13	9:38	138	04	28.5 E	36	02	30.4 N	62.0	216.9	30	21.6
K14	9:40	138	04	42.4 E	36	02	18.6 N	29.6	153.2	38	21.5
K15	9:43	138	04	55.7 E	36	02	06.5 N	37.1	215.6	43	21.4
K16	9:47	138	05	12.4 E	36	02	14.4 N	27.6	101.3	37	21.4
K17	9:50	138	05	28.6 E	36	02	24.4 N	21.8	107.8	34	21.1
K18	9:53	138	05	46.6 E	36	02	33.2 N	25.6	153.2	45	21.2
K19	9:55	138	06	02.1 E	36	02	32.0 N	21.3	88.3	55	21.0
K20	9:57	138	06	18.0 E	36	02	41.0 N	29.7	110.4	40	20.9
T01	10:10	138	06	34.6 E	36	02	59.7 N	28.8	150.6	40	20.6
T02	9:04	138	06	38.5 E	36	03	11.1 N	35.0	145.5	41	20.8
T03	9:09	138	06	33.0 E	36	03	26.2 N	27.8	140.3	45	21.0
T04	9:14	138	06	19.7 E	36	03	39.5 N	30.7	144.2	38	21.1
T05	9:17	138	06	06.2 E	36	03	51.6 N	25.9	168.8	40	20.8
T06	9:21	138	05	43.5 E	36	03	49.4 N	29.5	192.2	45	21.1
T07	9:24	138	05	27.1 E	36	03	50.3 N	26.4	202.6	42	21.1
T08	9:27	138	05	10.2 E	36	03	40.9 N	31.8	187.0	36	21.3
T09	9:30	138	05	24.4 E	36	03	40.1 N	28.3	187.0	44	21.3
T10	9:34	138	05	55.0 E	36	03	37.2 N	23.7	166.2	41	21.3
T11	9:37	138	06	08.2 E	36	03	26.0 N	28.2	175.3	44	21.2
T12	9:41	138	06	22.1 E	36	03	12.1 N	26.2	154.5	40	21.3
T13	9:45	138	06	20.2 E	36	02	51.8 N	28.0	162.3	39	20.6
T14	9:48	138	06	05.7 E	36	03	02.4 N	25.7	166.2	45	20.8
T15	9:51	138	05	52.2 E	36	03	15.6 N	27.6	158.4	42	21.7
T16	9:54	138	05	39.7 E	36	03	27.0 N	21.5	131.2	43	21.6
T17	9:57	138	05	21.5 E	36	03	18.5 N	24.7	163.6	41	21.8
T18	10:00	138	05	35.2 E	36	03	07.5 N	22.8	177.9	47	21.5
T19	10:03	138	05	48.9 E	36	02	55.5 N	28.8	172.7	44	21.8
T20	10:05	138	06	02.3 E	36	02	42.9 N	29.0	192.2	41	21.1

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

Latitude and Longitude are expressed based on the Japanese Geodetic Datum 2000.