

夏季の河口湖湖底直上水の水質

吉澤一家 望月映希

Water Quality of Bottom Layer Water in Lake Kawaguchi during the Summer Time

Kazuya YOSHIKAWA and Eiki MOCHIZUKI

キーワード：夏季成層, 底層水, 水質分布, 河口湖

一般にある程度の水深を有する日本の湖では, 夏季に表層水と低層水で温度差が生ずることにより, 成層が形成されることが知られている¹⁾。その後秋には成層状態が崩れて, 成層期に湖底堆積物から溶出した塩類などを含む低層水が循環し, 植物プランクトンの増殖要因となる。したがって夏季の湖底直上水の水質は, 生物を含めたその後の湖水水質に影響を与える一因であり, これを明らかにすることは湖の富栄養化の状態を知る手がかりとなる。

そこで, 河口湖において夏季の湖底直上水の水平分布調査を行ったので報告する。

河口湖の概要

河口湖(東経 138° 45', 北緯 35° 31')は, 湖水面 5.96 km², 最大水深およそ 16.1 m, 湖岸線長 17.4 km と富士五湖の中では最も複雑な形をした湖沼で, 湖盆は湖心部よりやや西側にある鶴の島を境界に, 東西に2分された形態となっている。常時流入する自然河川としては, 三ツ峠方面から流入する寺川と, 御坂山系を源流とする奥川がある他はほとんど見られず, 流入水は伏流水あるいは湧水として集水域から流入していると考えられている。

調査の方法

1. 調査年月日及び調査地点

調査は 2005 年 7 月 14 日から 8 月 2 日にかけて, 水平 141 地点について行った (Fig. 1)。各調査日と調査地点は次のとおりであった。

- 7 月 14 日: St. 1 ~ St. 26 及び船津湖盆中心
- 7 月 15 日: St. 27 ~ St. 46
- 7 月 19 日: St. 47 ~ St. 60
- 7 月 28 日: St. 61 ~ St. 105
- 8 月 2 日: St. 106 ~ St. 140

2. 採水及び測定方法

各地点で表層及び湖底直上の, 水温 (WT), 溶存酸素濃度 (DO), 導電率 (EC), pH を水質測定器 (YSI-6820) を用いて測定した。また St. 41, 42, 43, 44, 45, 46, 56, 66, 81, 100, 108, 133 及び船津湖盆中心の 12 地点では, 表層から湖底直上まで 1 m ごとに同項目を測定した。

採水は全地点で, 地下水採水器 (宮本理研アクリル製 400 型) を用いて湖底直上の水を採水し, 保冷して搬入した。各試料を孔径 0.45 μm のメンブランフィルター (ミリポア HAWP 0045) でろ過した後分析用試料とした。測定は陽イオン (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NH₄⁺) と陰イオン (Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻) の各項目をイオン交換クロマトグラフ (ダイオネクス DX-320) を用いて行った。

結果と考察

1. 水質の垂直分布

垂直に水温などを測定した 12 地点の測定結果を Fig. 2 に示した。調査初日の 7 月 14 日に測定した船津湖盆中心では, 水温等の全項目で表層から湖底直上までほとんど変化がなく, 成層が観察されなかった。以後の各調査日では水深 6 ~ 7 m に水温躍層が観察され, 湖水は成層状態であった。特に St. 66, 81, 133 の水深が 13 m 以上の地点では, 表層と湖底直上の水温差は 10°C 程になり, 湖底直上の溶存酸素もほぼ 0 mg/L で, 層厚 2 m 程の貧酸素層が形成されていた。

2. 湖底直上の水質分布

Fig. 3-1, 3-2 に測定地点の水深及び水温等の水質の水平分布を示した。ほとんどの地点で 10 m 前後の水深であったが, 鶴の島周辺 (St. 33 ~ 40 等) や, 湖の北東部 (St. 49 ~ 58) 等では 6 m 程度と浅い地点も含まれていた。なお PO₄³⁻ は全地点で定量下限値 (0.01 mg/L) 未満であった。

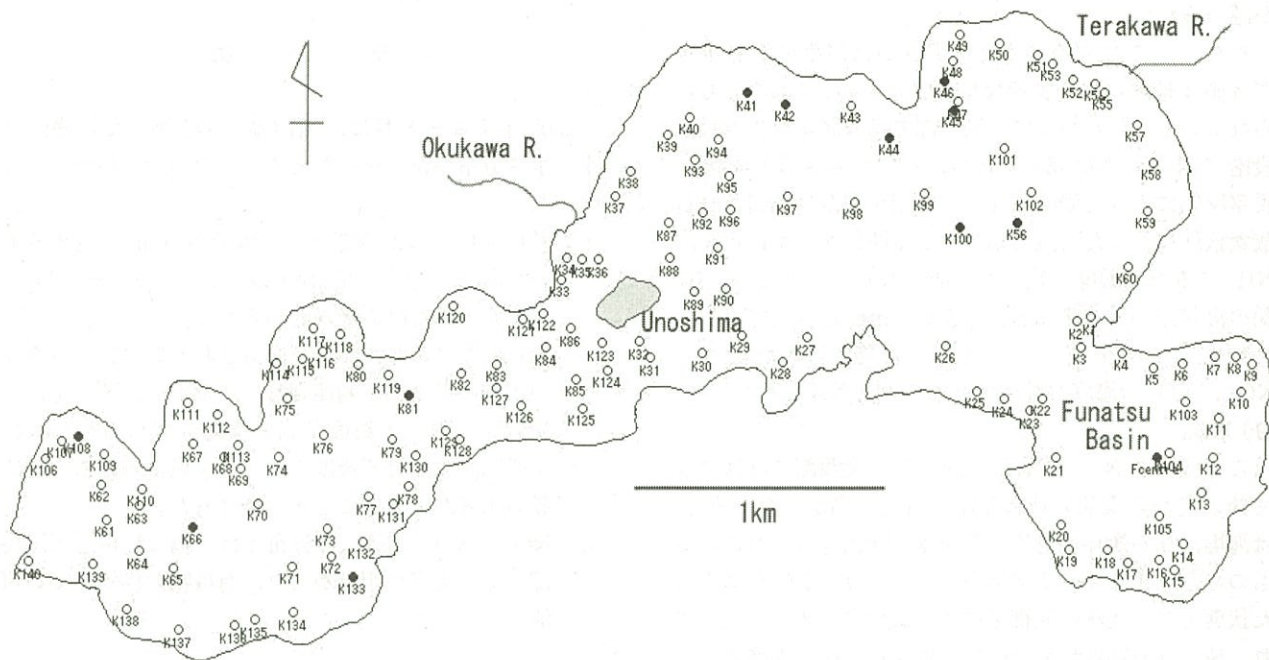


Fig. 1 Map of the sampling sites in Lake Kawaguchi.
Solid circle : Sampling sites where the water quality was observed vertically.

1) 水温 (WT)

湖東部の船津湖盆の St. 1~26 及び北東部の St. 49~55 等で 20℃ を超えていた。これは水深が浅いことと、測定日に十分に成層状態になっていなかったためと考えられた。これとは逆に水深が 10 m を超え、成層期に観察を行った鵜の島より西部の地点 (湖西部) では表層より水温が 10℃ 以上低い地点が多かった。

2) 溶存酸素濃度 (DO)

水温の分布とは逆に、St. 1~26 及び St. 49~55 等で湖底直上でも DO が 6 mg/L 以上であった。しかし湖西部の St. 86, 114, 120, 137 では水深が 10 m を超えたものの貧酸素状態ではなく、成層状態が崩れていたためと考えられた。一方で St. 57 では水深が 5.7 m と浅いものの、DO は 1.0 mg/L と低く湖底堆積物中の有機物含有量が高い可能性もあった。

3) 導電率 (EC)

EC の分布は DO 分布と逆の傾向で、貧酸素状態が強い地点で数値が高かった。

4) $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$

船津湖盆湖岸の St. 1~15 で特に高濃度であった。この船津湖盆と鵜の島に挟まれた湖の中央付近 (湖中央部) が次いで高く、湖西部では低かった。陸水に含まれる Na^+ は、海塩と人間活動が主な由来とされている²⁾。船津湖盆の湖岸部で濃度が高く、西の水域では低濃度であった傾向は、船津地区で人口密度が高く、宿泊施設などの商業施設が多いことから、これらの地域は既に公共下水道は整備されているものの、人的活動の影響を受けているものと考えられた。また St. 1~15 は成層状態では

なかったが、湖底直上で $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$ が高濃度であった。これはこれらのイオンが成層状態には影響を受けないと考えられている³⁾ ことによるものと考えられた。

5) $\text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$

両成分とも分布は類似しており、船津湖盆 > 湖中央部 > 湖西部となっていた。

6) NH_4^+

NH_4^+ は湖底に堆積した有機物中のタンパク質等が分解されることにより、アミノ酸などを経て溶出するとされている。ただしこれは細菌による酸化を受けて NO_2^- 、 NO_3^- へと変化する。したがって DO が低濃度の貧酸素層では、酸化を受けずに NH_4^+ 濃度が高い状態が維持される。このため成層状態であった湖西部では濃度が高い地点が多かった。しかし鵜の島東部の St. 87~94 では DO が 3 mg/L 以上あったにもかかわらず NH_4^+ も高濃度で測定され、供給源である有機物量が多いことが示唆された。

7) Cl^-

Cl^- も Na^+ と同様に海塩もしくは人間活動に主に由来するものと考えられている。その分布は鵜の島の東西で異なり、東部 > 西部の傾向を示した。特に鵜の島北岸の St. 33~40 で高い値であった。

8) $\text{NO}_2^- \cdot \text{NO}_3^-$

両者は類似した分布を示したが、 NO_3^- の濃度は NO_2^- より 10 倍以上高いため、地点差がより大きく、湖中央部 (特に St. 33~40, St. 87~94) > 船津湖盆 > 湖西部という傾向が観察された。この項目も NH_4^+ と同様に有機物に由来するので、湖中央部で有機物の供給が多い可能性

が認められた。

ただし、これらのイオンは DO が低濃度の深層水中では硝化細菌による脱窒反応を受け N_2 となることも知られている。したがって、湖西部では成層が形成される段階で NO_2^- 、 NO_3^- がいったん NH_4^+ から生成した後、脱窒反応により低濃度になり、成層が完全に形成され貧酸素状態になった時点で細菌による酸化反応が停止し、 NH_4^+ のみが高濃度で残った可能性も考えられた。一方、鶴の島付近の湖中央部では、DO が 3 mg/L 以上で溶存していたので、細菌による酸化が活発に行われ続け、 NO_2^- 、 NO_3^- の濃度が高かったものとも考えられた。

9) SO_4^{2-}

この成分も NO_2^- ・ NO_3^- と同様に、湖西部では低濃度で鶴の島から東部の特に北岸で濃度が高かった。 SO_4^{2-} は海塩、化石燃料の燃焼、温泉水の流入等の地質によるものなどに由来すると考えられているが、DO が消失した状態では、硫酸還元細菌により硫化物イオンに還元され、 SO_4^{2-} の濃度は減少する。湖西部では、成層による貧酸素層が形成されていたので、この還元反応により濃度が減少した可能性もあった。

3. 水質の水平分布の特徴

今回の調査は観察日時に時間差があり、全く同一条件下での水平分布を表すものではない。また湖には垂直、水平の湖内流が存在し、湖底直上水も少なからず影響を受けるため、単純に今回の測定値を比較することはできないが、低水層の水質に水域によるおおまかな分布差が認められた。

まず鶴の島より東部の水域（湖中央部と船津湖盆）では Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- の各濃度が高い傾向が認められた。特に船津湖盆では高濃度で、 Na^+ 、 Cl^- は人的影響により高濃度になることから、この水域に与える人間活動の影響が大きいことが示唆された。

また NO_2^- 、 NO_3^- 、 NH_4^+ の分布では、鶴の島付近（湖中央部）で高濃度の水域があり、有機物の供給が多い可能性があった。この付近には奥川が常時流入しており、今後この河川からの負荷量を把握していく必要性があった。

清水らは河口湖の水質について、湖を大まかに鶴の島以西の湖西部、船津湖盆を湖東部、両者に挟まれる水域を湖中央部と区分し、夏季は湖西部<湖中央部<湖東部の順で富栄養化指標（TSI）が高くなるとしており、本調査とよく一致した。

また Nagasaka は河口湖の水生植物群の分布調査を行い、沿岸の水生植物種数などが西から東へと減少するとしている⁴⁾。本調査の分析項目で、水生植物の生育に影響を与える可能性のあるイオンは NO_2^- 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} とされており⁵⁾、いずれも東部での濃度が高いことから、水生植物の分布にも影響を与えている可能性も考えられた。

ま と め

2005 年 7 月～8 月に、河口湖の 141 地点で湖底直上水の水質分布調査を行ったところ、次の諸点が明らかとなった。

- 1) 鶴の島以西の湖西部では、水深が 10 m を越える地点が多く、夏季の成層が形成されていた。その結果、湖底直上に貧酸素層が認められた。
- 2) 水質分布はおおまかに 3 区分され、鶴の島より東部の水域（湖中央部と船津湖盆）では Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- の各濃度が高い傾向が認められた。特に船津湖盆では高濃度で、この水域に与える人間活動の影響が大きいことが示唆された。
- 3) NO_2^- 、 NO_3^- 、 NH_4^+ の分布では、鶴の島付近（湖中央部）で高濃度の水域があり、有機物の供給が多い可能性があった。

引用文献

- 1) 沖野外輝夫：湖沼の生態学，74～79，共立出版社（2002）など
- 2) 西条八束，三田村猪佐武：新編湖沼調査法，63，講談社（1995）
- 3) 清水源治ら：河口湖の最近 10 年間の水質について，山梨衛公研年報，34，52～55（1990）
- 4) Nagasaka, M et al: Temporal changes and vertical distribution of macrophytes in Lake Kawaguchi, *Limnology*, 3, 107～114（2002）
- 5) 植木邦和：水草の科学，71，研成社（1990）

Summary

We surveyed the water quality of the bottom layer water in Lake Kawaguchi during the summer time in 2005. Depending on the water quality, Lake Kawaguchi was divided into three areas as follows.

Western area: western part of the lake from Unoshima Island

Eastern area: Funatsu Basin

Middle area: centre part of the lake between Unoshima Island and Funatsu Basin

The concentrations of Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} increased from the west to the east. According to that Na^+ is considered to be supplied from sea salts and waste water, the water quality of Eastern area seemed to be influenced by human activities. On the other hand, the concentrations of NO_2^- and NO_3^- were highest in the Middle area.

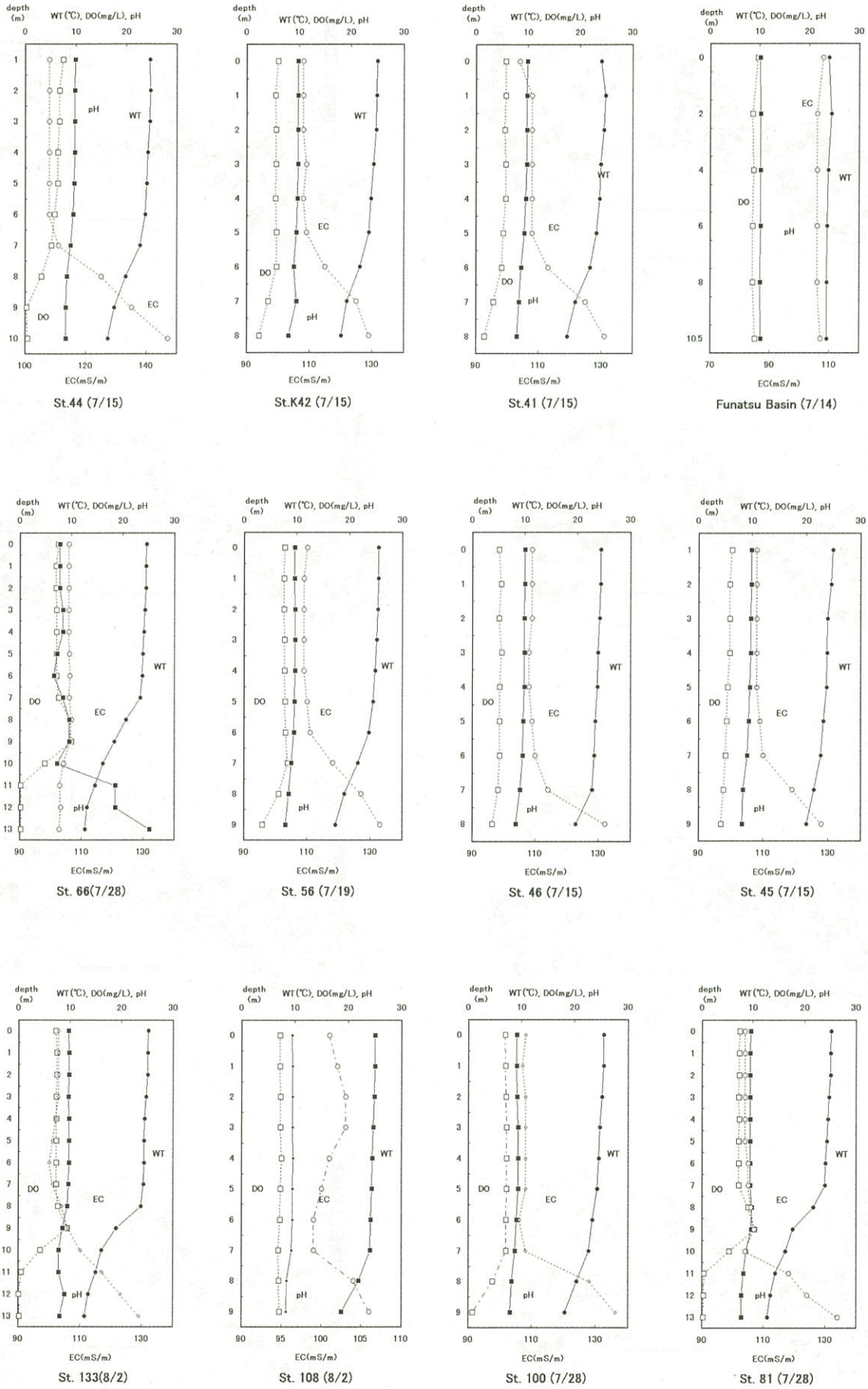


Fig. 2 Vertical distribution of water temperature (WT : solid circle), electrical conductivity (EC : blank circle), pH (pH : solid square) and dissolved oxygen (DO : blank square) in the each sites

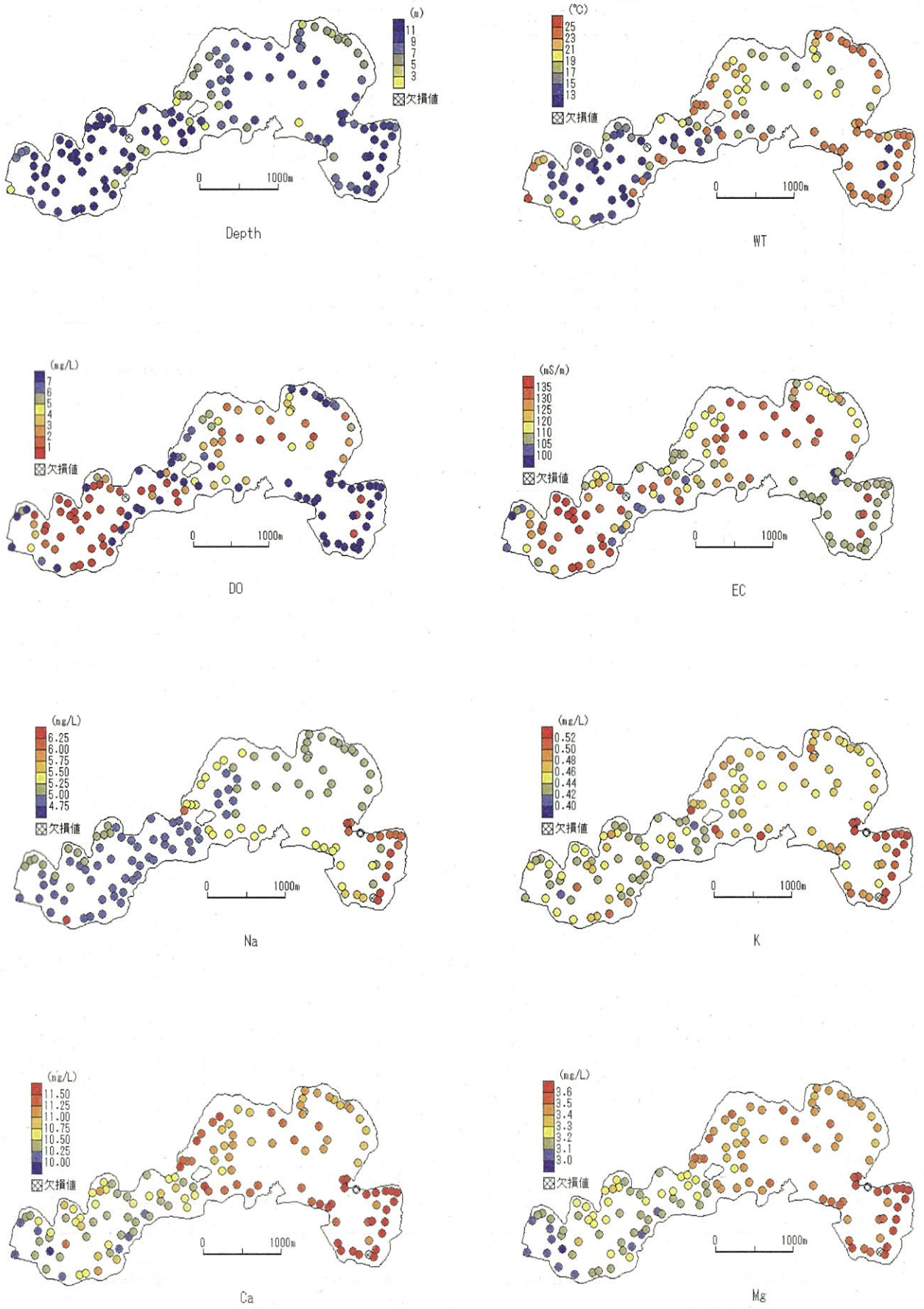


Fig. 3 - 1 Horizontal distribution of the water quality in the bottom layer of Lake Kawaguchi during the summer time in 2005

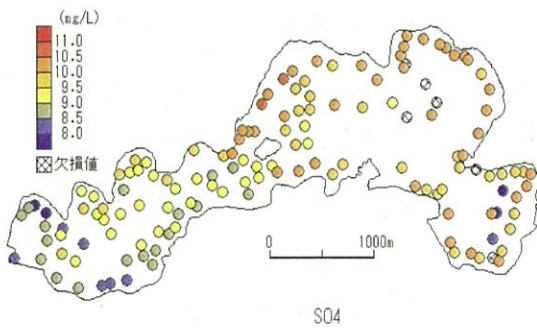
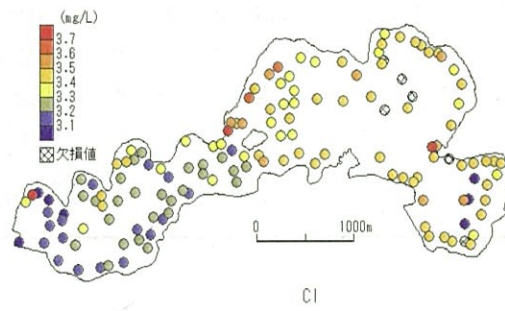
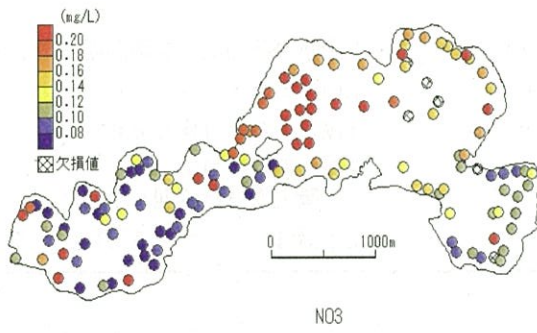
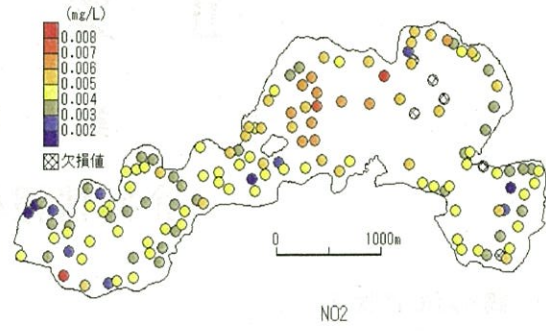
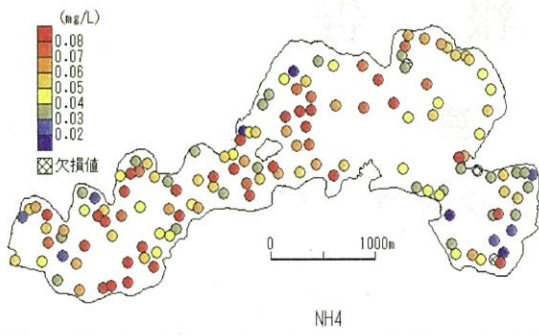


Fig. 3-2 Horizontal distribution of the water quality in the bottom layer of Lake Kawaguchi during the summer time in 2005