

第1章 宍道湖の環境特性

生物と環境は密接な相互関係にあり、単一不可分の関連した系として存在している。特に汽水湖の環境は海洋や陸水の環境と比べ、環境要因の変動が非常に大きい。そのため生物にとって厳しい環境となり、それぞれ相互の関係はより鮮明に見いだすことができる(國井ら, 1993)。

本研究の対象種であるヤマトシジミは、宍道湖において圧倒的優占種であり、その生息分布域や生息密度は宍道湖の地形や物理・化学的な無機環境要因に規定されると推察される。

宍道湖における環境特性を物理・化学的側面より明らかにすることは、ヤマトシジミの分布や環境耐性、生理的適応についての検討をする上で重要であるばかりでなく、富栄養化・資源管理対策を考える上でも基礎的な知見を提供する。

本章では第1節は既知の研究成果にもとづいて宍道湖の概況をまとめた。第2節は宍道湖定期調査(10年間)の水質のデータをもとに経年変化、経月変化、水平的変化、垂直的变化としてまとめた。また、水質との係わりが大きい動・植物プランクトンについても検討した。

第1節 宍道湖の概況

宍道湖の概況 宍道湖は島根県から鳥取県にかけて存在する我が国の代表的な汽水湖(海跡湖、変塩型低塩汽水湖)である。その諸元は以下のとおりである。

宍道湖の諸元

水面面積	湖岸延長	貯水量	平均水深	平均水位
80.3km ²	45km	3.66 億 m ³	4.5m	(+) 0.3m

宍道湖は中国山地を源とし、斐伊川(純淡水) 宍道湖(低塩分汽水) 大橋川(7.3 km) 中海(高塩分汽水) 境水道(7.5 km) 美保湾(内湾) 日本海(海洋)と連なる一連の水系の中にある。この水系は淡水から海水まで2つの水路, 2つの湖そして内湾へと相連続した環境の変化と共に様々な貴重な生態系を有している(Fig. 1-1-1)。

伊達(1990)によると宍道湖への流入河川は17, 最大の河川は斐伊川で流入する全淡水量の約80%を占めている。斐伊川から宍道湖に流入する水量は1日当たり310万m³である。これが他の河川からの流入水量を含めて大橋川から中海へ流入する時には423万m³/日となり、中海への全流入量の約70%を占める。そして、飯梨川, 伯太川などの他の河川からの流入水が一緒になって境水道から日本海へ出て行く時には620万m³/日となる。宍道湖の集水域は、湖面積の約16倍、中海の場合は約6倍である。このために集中豪雨時には、宍道湖の水位が高くなって水害を起こしやすい。

宍道湖, 中海では斐伊川が宍道湖に流入し, 境水道から美保湾に流出するわずか約30kmほどの間に、淡水域から海域にいたる典型的な塩分推移帯が形成されている。このように汽水湖では河川か

ら淡水の流入，海域からは海水の逆入があり，そのことが汽水湖の大きな特性のひとつにもなっている。特に宍道湖では高塩水は中海から大橋川を通じて逆流する。宍道湖水の塩分濃度はこれら淡水と高塩水の流入量により変動する。中海からの高塩水の流入量の多いのは斐伊川の低出水時（Isitobi et al. , 1989）と高水温，低気圧時の海面の上昇時である（徳岡ら，1990）。

湖底地形 宍道湖の湖底地形は北岸と南岸は水深 3m 付近まで湖棚が発達する。そして狭い湖底傾斜部を経て深さ 4.5～5.5m の平坦な湖底平原が広く広がっている。斐伊川の延長部には湖底三角州が河口から約 3 km 沖合まで確認される。宍道湖の東部もまた大橋川の影響で広く砂が堆積している（徳岡ら，1990）。湖棚には細粒～中粒砂が分布し，湖底傾斜部から湖底平原へと次第に細粒化し，湖底平原はシルト粘土からなる。ただし，その大部分は直径 0.5～1 mm のペレット（*Notomastus* sp. の糞起源）として存在している。ヤマトシジミは湖棚に高密度で生息しているが，水深 4m 以上の湖底平原の泥底には生息していない（中村ら，1983）。また，宍道湖は人間の生活活動とも密接な関係があり，以下に述べるように種々の開発などの自然改変による環境変化も大きい。

環境改変 大正末期から昭和のはじめにかけて大橋川の改修が行われ，河積が約 6 割増大したため，昭和 4 年を境として，大橋川両端の水位差は小さくなった。これによって海水の逆流を見るようになり，昭和 7 年頃から沿岸既耕地に塩害が発生して，全く農業用水として使用できなくなった。その頃より宍道湖は汽水湖に変化しシラウオ，ボラ，マハゼなどの汽水性の魚類も漁獲されるようになり，ヤマトシジミの生息分布も広がったものと思われるが詳細な記録は見あたらない。

また，海への出入口である境水道は大正 11 年から昭和 5 年にかけて境港の修築工事が行われて，延長約 2.5 km の防波堤が東に延び，さらに外江干拓地により 1.0 km 延長され，水道は従来の流程 4 km が 7.5 km に延長された。このため中海の平均潮位は 3 cm から 5 cm 上昇し，また中海における潮流の影響を受ける範囲が縮小するようになった。その後，高度経済成長時の人間生活の高度化と多様化により流域から汚濁負荷量も増え，干拓，浚渫などにより水質悪化も進んだ。1968 年から農林水産省と県により，中海の中に広大な干拓地の造成と残水域を淡水化する目的で工事が行われてきた（川那部，1991）。しかし，中海・宍道湖の淡水化は水質環境の悪化などを懸念する地元住民の要望により 1987 年に当分の間，延期することに決定した。

第 2 節 宍道湖の水質環境

ベントスは底層の水質環境と密接な関係があり，また，動植物プランクトンは懸濁物食性マクロベントス，特に本湖のヤマトシジミにとっては餌料として非常に重要である。

これまで行われてきた研究は，水質に関しては伊達（1990），Seike et al.（1990），植物プランクトンに関しては秋山（1977a，1977b，1978，1986），動物プランクトンに関しては宮地（1962）の報告がある。また，定期的調査に関しては島根県水産試験場（1977 年～），島根県衛生公害研究所（1984 年～），島根大学（1990 年～）の調査報告がある。しかし，これらの報告は単年度，或い

は特定の環境要因に関する報告であり、水質環境を長期間にわたって、全体を総括し検討した報告は見あたらない。そこで、本節では宍道湖の水質・プランクトンについて最近 10 年間のデータにもとづいて総合的な考察を行った。

材料および方法

本研究には 1996 年までの近年 10 年間に、島根県水産試験場が行った宍道湖の毎月一回の定期調査データを用いた。ただし、全窒素量（以下 T-N）、全リン量（以下 T-P）、クロロフィル a 量（以下 Chl.-a）については島根大学理学部化学科、植物プランクトンについては島根県衛生公害研究所のデータを引用した。調査地点は宍道湖湖心部の表層と底層であり、調査項目と方法は下記のとおりである。

水質 水温は棒状水銀温度計、透明度は 30 cm セッキ板、pH はガラス電極法（TOYO TD21R）、DO はウインクラー法（アジ化ナトリウム変法）、COD はアルカリ性過マンガン酸カリウム-ヨウ素滴定法、T - N は三菱化学社製微量窒素分析装置 TN-05、T - P はモリブデン酸・ブルー法、Chl.-a はユネスコ法で測定した。塩分量は塩素量を Mohr 法で測定した後、Knudsen の式から塩分量を求めた。平成 6 年からは水温、塩分量、DO は現場型水質測定器 YSI 3800 により測定した。

植物プランクトン 水質と同じ調査地点の表層水を手つきのポリピーカーで採取し、実験室で中性ホルマリン溶液を加え、攪拌した後、静置し、プランクトンを沈殿させ、20～50 倍に濃縮して定性定量試料とした。

試料の 25 μ ℓ を 0.5mm 間隔の罫線入りスライドグラスに滴下し、カバーグラスで覆った後、顕微鏡を用いて定性定量を行った。

動物プランクトン 水質と同時に同じ地点で採集した。試料の採集は北原式鉛直曳き定量ネット（xx13、口輪半径 0.25m、濾過部測長 0.8m）を湖底上から表層までほぼ 0.5m/s 程度の速度で鉛直曳きした。船上でネットは付着物がなくなるまで十分な湖水で洗浄を行い、得られた内容物をサンプル瓶にとって 10%濃度になるようにホルマリンを添加し、冷蔵庫で保存した。実験室内で固定した動物プランクトン試料を 1,000mℓ に定容後、うち 1.0mℓ を採取し、光学顕微鏡下で動物プランクトン種の同定を行い、それらの個体数を計測した。

結果

最近 10 年間（1986～1996）の宍道湖の湖心部の環境要因の経年変化を Fig.1-2-1 に示し、その平均、最小値、最大値を Table 1-2-1 に示した。そして 10 年間の経月変化を Figs.1-2-2a、1-2-2b、Table 1-2-2 に示した。また、1994～1996 年の各季節の垂直分布を Fig.1-2-3 に、1996 年 8 月の水平分布を Figs.1-2-4a、1-2-4b に示した。以下各環境要因ごとに湖心部の水質を中心に結果をまとめた。

水温

経年変化 (Figs.1-2-1 , 1-2-2a , 1-2-2b , Tables 1-2-1 , 1-2-2) 10 力年での底層水の最高値は 30.6 (1996.8) であり最低値は 1.7 (1986.1) であった。各月の平均でみると底層水の水温が高い月は 8 月 (27.7) , 9 月 (25.3) , 7 月 (23.8) の順であり、低い月は 2 月 (5.1) , 1 月 (5.8) , 3 月 (6.7) である。水温の年較差は約 22 である。

垂直分布 (Fig. 1-2-3) 垂直的变化はほとんどない。夏期に弱い水温成層が 4m 以深に形成されることがあるが上下差は 2 以内である。

水平分布 (Figs.1-2-4a , 1-2-4b) 表層水については空間的变化はない。底層水については夏季に斐伊川河口付近の西岸の水温が低く、大橋川のある東岸にむかうにしたがって表層水と同様の水温まで上昇している。

塩分量

経年変化 (Figs.1-2-1 , 1-2-2a , 1-2-2b , Tables 1-2-1 , 1-2-2) 塩分量は気象条件に大きく左右されるため経年変化は大きい。表層水は底層水にくらべて変化は少ない。また、底層水は表層水より高濃度である。10 年間の底層水の最大値は 19.5psu(1994.9) , 最低値は 0.93psu(1991.4) であった。表層水の最大値は 10.1(1990.9) , 最低値は 0.30(1993.10) であった。

垂直分布 (Fig. 1-2-3) 年間を通じて気象条件、中海からの海水の流入量の変化により、塩分躍層が形成されたり消滅したりする。塩分躍層は 4~5m に形成される。

水平分布 (Figs.1-2-4a , 1-2-4b) 斐伊川河口付近、或いは大橋川からの海水の遡上する一部を除いては湖水は良く拡散されており、湖内での空間的地理的塩分濃度の大きな違いはない。

溶存酸素量

経年変化 (Figs.1-2-1 , 1-2-2a , 1-2-2b , Tables 1-2-1 , 1-2-2) 表層水の DO 飽和度の変化は底層水と比べ小さく、最大値は 160% , 最小値は 60.3% を示し、ほとんどの場合 100~105% である。しかし、湖心部の底層水は 0~141% の範囲で季節的に大きく変化する。冬季から春季には 70% 以上が多いが、夏季 6~9 月には DO 飽和度が減少する。特に 8 , 9 月には 0% 近くまで低下する。

垂直分布 (Fig. 1-2-3) 宍道湖での DO 飽和度の垂直変化は塩分濃度の変化と非常に強く対応している。塩分躍層形成下で DO 濃度が減少している。したがって、塩分躍層の上の 4m 以浅では DO 飽和度が豊富であるが、躍層の下の 4m 以深で DO 濃度が減少している。

水平分布 (Figs.1-2-4a , 1-2-4b) 底層水を見るとき St.3 の湖棚と St.1 , St.2 の湖底平原とに大きく 2 つに分けられる。湖棚の底層水における DO 飽和度は表層水の DO 飽和度に近く、それに対して湖底平原の底層水は DO 飽和度が減少しやすい。特に 8・9 月に減少する。

透明度 最近 10 力年で大きな変動はなく、0.8~2.4m , 平均 1.3m である。冬期は透明度が高く、12 月の平均 1.6m , 1 月が 1.5m であった。透明度が低いのは 6~10 月であり 1.2m 以下であった (Figs.1-2-1 , 1-2-2a , Tables 1-2-1 , 1-2-2) 。

pH 透明度と同様に 10 力年の変化は少ない。10 力年の平均は表層水が 8.04 , 底層水が 7.77 であり

表層水が底層水に比べて通常わずかに高い。

季節的に見ると9月が最も高く、表層水が8.30、底層水が8.01であり、最も低いのは2月の表層水の7.75、底層水の7.67であった(Figs.1-2-1, 1-2-2a, Tables 1-2-1, 1-2-2)。

COD 10年間で明らかな増加、或いは減少傾向はうかがえない。0.30~7.40ppmの範囲であり10カ年平均値は表層水で3.31ppm、底層水で3.48ppmである。季節的に見ると10月が最も高く表層水で3.84ppm、底層水で3.93ppmであった(Figs.1-2-1, 1-2-2b, Tables 1-2-1, 1-2-2)。

T-P 10カ年のT-Pをみると10~233ppbの広い範囲にあり平均値は表層水で44.8ppb、底層水で51.6ppbであった。年変動は規則的ではなく年によって異なる。9月が最も高く表層水で59.2ppb、底層水で89.0ppbであった(Figs.1-2-1, 1-2-2b, Tables 1-2-1, 1-2-2)。

T-N T-N濃度は13.0~820ppbの範囲にあり、10カ年の平均値は表層水で376.9ppb、底層水で55.1ppbであった。T-Nと同様季節変化に一定の規則性は余り見られない。表層水より底層水は低い値を示している(Figs.1-2-1, 1-2-2b, Tables 1-2-1, 1-2-2)。

Chl. -a 2.6~60.1ppbの範囲で平均値は表層水で16.4ppb、底層水で14.6ppbであった。季節変化と垂直分布に一定の規則性はみられない(Figs.1-2-1, 1-2-2b, Tables 1-2-1, 1-2-2)。

植物プランクトン 10年間(1986~1995)の優占種と頻度百分率、経年変動をFig.1-2-5に示した。

宍道湖において過去優占種として出現した種は珪藻の*Cyclotella* sp.、緑藻の*Dictyosphaerium* sp.、ラン藻の*Coelosphaerium* sp.、*Aphanocapsa* sp.、*Merismopedia* sp.、および*Microcystis incerta*であり、このうちラン藻の*Microcystis incerta*が最も卓越する。

水平的分布は宍道湖・中海水系の植物プランクトンの地理的分布をFig.1-2-6に示した。宍道湖の斐伊川河口付近から、大橋川、中海、境水道へと、淡水から海水への塩分の傾斜と同様に植物プランクトンも淡水種から汽水種、そして海産種と移行している。宍道湖では淡水、汽水性植物プランクトンが出現し、中海では海産種と汽水種のものが出現している。

動物プランクトン 10年間(1986~1995)の優占種と頻度百分率、経年変動をFig.1-2-5に示した。

10カ年の間に優占種として出現した動物プランクトン種は宍道湖では*Sinocalanus tenellus*が最も卓越した動物プランクトンであり、次いで*Copepoda nauplius*、*Keratella cruciformis*であった。

考察

10年間の水質変動 水質の調査結果はあくまで採水の際の瞬間値であり、数値は大きなタイムスケールで評価しなければならない。そこで本研究は10年間スケールで調査結果をまとめ、検討を行った。

水質はその年の気象によって大きく変動する。例えば1994年8月は異常気象で最高気温が38.5℃、連続真夏日が48日間、雨が20日間降らなかった。その影響を受けて宍道湖も記録的な水温(30.4℃)まで上昇し、塩分濃度は表層では9.9psu、底層水では19.5psuと非常に高くなった。それに伴いDO

飽和度は底層水で7%まで減少し、貧酸素水塊が形成された。

10年間の水質変動を詳細に見ると1990年頃から水温がわずかではあるが高くなる傾向がうかがえる。そして底層水のDO飽和度が減少し貧酸素状態になることが多くなっている様に推察される。

季節変動 季節的に見ると夏期8,9月の水質が生物生息を規定しやすい。例えば夏期8,9月には高気温,少雨,無風になりやすく,その影響で水温,塩分濃度の上昇,湖底における溶存酸素量の減少などが顕著に見られる。

垂直変化 宍道湖にも中海ほど強くはないが塩分躍層(密度躍層)を生じることもある。この塩分躍層が溶存酸素の垂直変化に大きな影響を及ぼしている。表層水では空気中からとけ込んでくる酸素の他に植物プランクトンの光合成によって大量の酸素が産出されるので年間を通じて溶存酸素飽和率は100%付近である。一方,光が届かない底層水中では水温が上昇する時期になると,底層水や底泥中に含まれる有機物がバクテリアによって分解を強く受ける結果,底層水中の溶存酸素が著しく消費され,夏には湖底は無酸素状態にまで低下する。溶存酸素の豊富な表層水と酸素の欠乏した底層水は塩分躍層があるため上下方向の混合が妨げられている。そのため塩分躍層と逆の形の酸素の躍層が形成される。このような底層水における貧酸素化は底泥からの窒素やリンの溶出を促進させる。そしてこのことが湖内の富栄養化に大きな役割を果たしていると思われる。

宍道湖は中海に比べて塩分躍層は湖底近く(4~5m)に形成され,あまり強くない。また塩分躍層は形成されない場合も多い。

水平的分布 宍道湖の中では斐伊川から流入する淡水と大橋川から流入する海水は良く混合し,宍道湖湖内では水質の差異は比較的少ない。ただし沿岸部の水深の浅い湖棚部と水深の深い湖底平原部の底層水では水質に違いがみられる。湖底平原部の底層水は塩分躍層の下部にあり,水が停滞しやすく塩分濃度が高く,溶存酸素量は少ない一方で,栄養塩は高くなりやすい。

宍道湖における水質の水平分布の特徴は,同一水系にある宍道湖・中海・美保湾の各水域でそれぞれ水質の違いが大きいことである。一つの川で結ばれた同じ汽水湖でありながらそれぞれ強い独自性を持っている(宮地,1962)。特に塩分濃度の斐伊川から境水道への傾斜に見られる宍道湖(Mixo-oligohaline)と中海(Mixo-polyhaline)の違いがそれぞれ宍道湖と中海の環境特性と関連している。

植物プランクトン 宍道湖の植物プランクトンは汽水および淡水産の植物プランクトンによって構成される(Fig. 1-2-5)。宍道湖の塩分濃度の変化に伴って植物プランクトンの分布の違いは約3.5psu程度を一つの臨界点として起こり,この濃度以下では淡水湖沼型のフロラ構成を示すものであるが,塩分濃度が3.5psu以上に上昇するとともに種相は徐々に汽水型に変化していく。

塩分に対して広範囲な適応能力を持った藻類には珪藻類が多く,一方緑藻類及び藍藻類については,その大部分が淡水性のものである。したがって汽水域における植物プランクトン相の主体は珪藻類であり,宍道湖のような低塩性汽水湖では*Cyclotella nana*, *Cyclotella cryptica*, *Chaetoceros muelleri*などが量的にも優占種として重要な役割を果たすことになる。これに対して,

緑藻類及びラン藻類プランクトンについてみると、わずかの浸透圧上昇に対しても著しく生理的に障害される（秋山，1979）傾向が認められる。

淡水型フロラを象徴するものは夏期における「水の華」現象時の *Microcystis*, *Amabaena*, *Oscillatoria* などの浮遊性ラン藻類の出現によって特徴づけられている。これらの種はいずれも富栄養型湖沼の指標生物であり、この点で宍道湖は典型的な富栄養湖として認めることができる。しかし、気象的要因によって春～夏期に著しい海水の流入がある場合は、これらの種の発生は認められない。このことは湖沼の栄養度の変化によるものではなく湖水の塩分濃度の上昇と、これに対応するこれらの藻類の浸透圧耐性が原因である。すなわち、宍道湖のような汽水湖沼ではこれら藻類による汚濁の指標は成立しない（秋山，1975，1979，1980；中村ら，1983）。

動物プランクトン 宍道湖の動物プランクトンは広塩性汽水種が優占し、その種数は余り多くなく、通常は橈脚類の *Sinocalanus tenella* が優占している。その他には Nauplius 幼生（種不明）、*Oithona nana*、輪虫類の *Brachionus plicatilis* などが多く発生している。宍道湖の動物プランクトンについては近年ほとんど調べられていなく知見に乏しい。特に現存量については山路が1960年に調べたのみである（宮地，1962）。動物プランクトンは湖内の物質循環や生物生産など検討する上で重要な資料となるので今後の調査が必要である。

Table 1-2-1. Mean, maximum and minimum data of various environment factors for decade (Jan.,1986-Aug.,1996) at the central part in Lake Shinji

Layer		WT ()	DO (%)	Sa (psu)	Chl.-a (ppb)	COD (ppm)	T-P (ppb)	T-N (ppb)
Surface	Min	2.0	60	0.3	4	0.30	10	2
	Max	32.2	160	10.1	59	6.90	233	82
	Mean	16.1	104	3.6	16	3.31	45	37
Bottom	Min	1.7	0	0.9	3	0.80	13	1
	Max	30.6	141	19.5	60	7.40	209	46
	Mean	16.0	70	6.1	15	3.48	52	5

Note: WT: Water Temperatuer; DO: Dissolved Oxygen; Sa: Salinity; Chl.a: Chlorophyll-a; COD: Chemical Oxygen Demand; T-P: Total Phosphorus; T-N: Total Nitrogen; Tra: Transparency

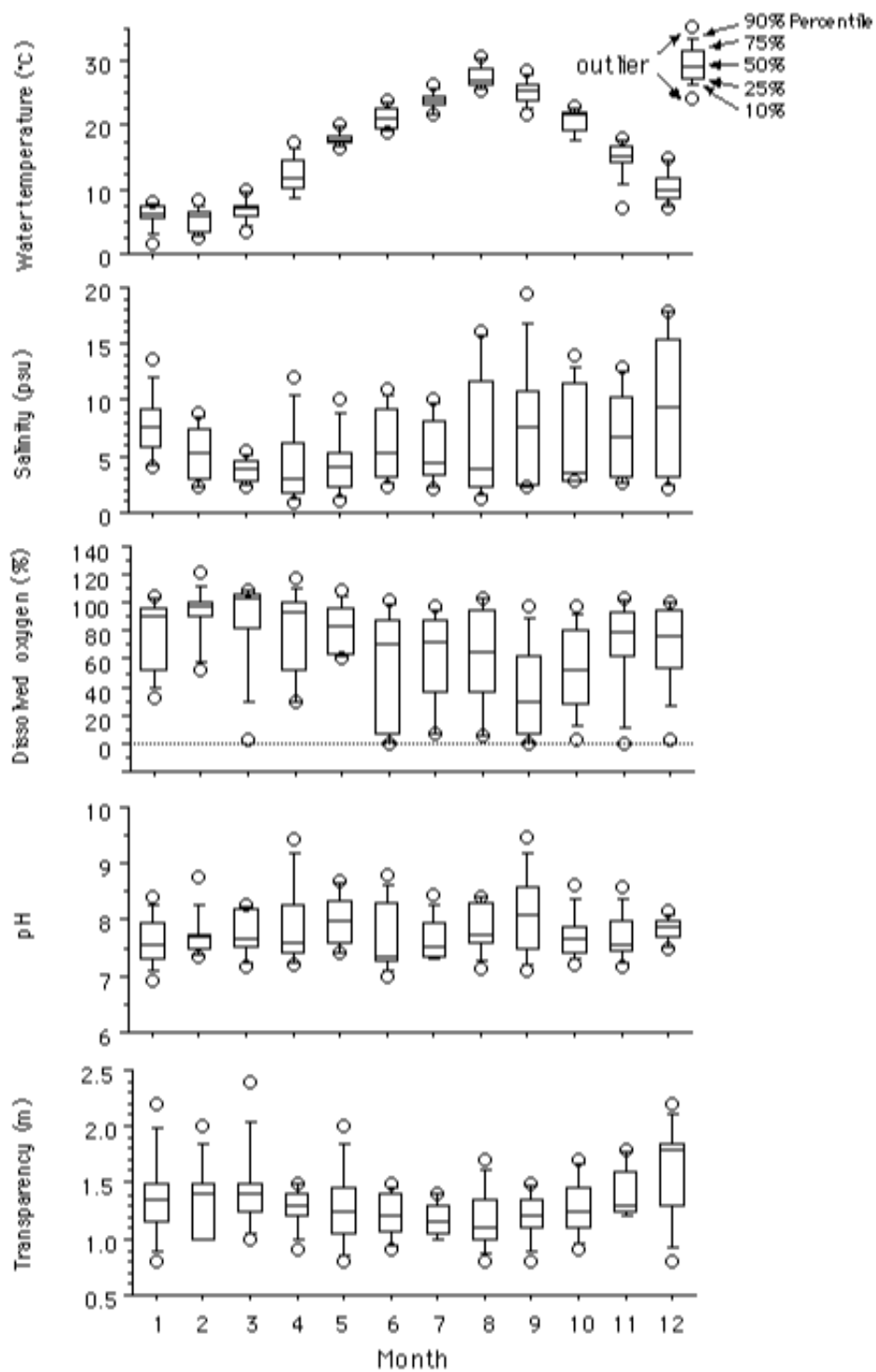


Fig. 1-2-2a. Monthly changes in water temperature, salinity, dissolved oxygen, pH and transparency for decade in bottom water at the central part in Lake Shinji

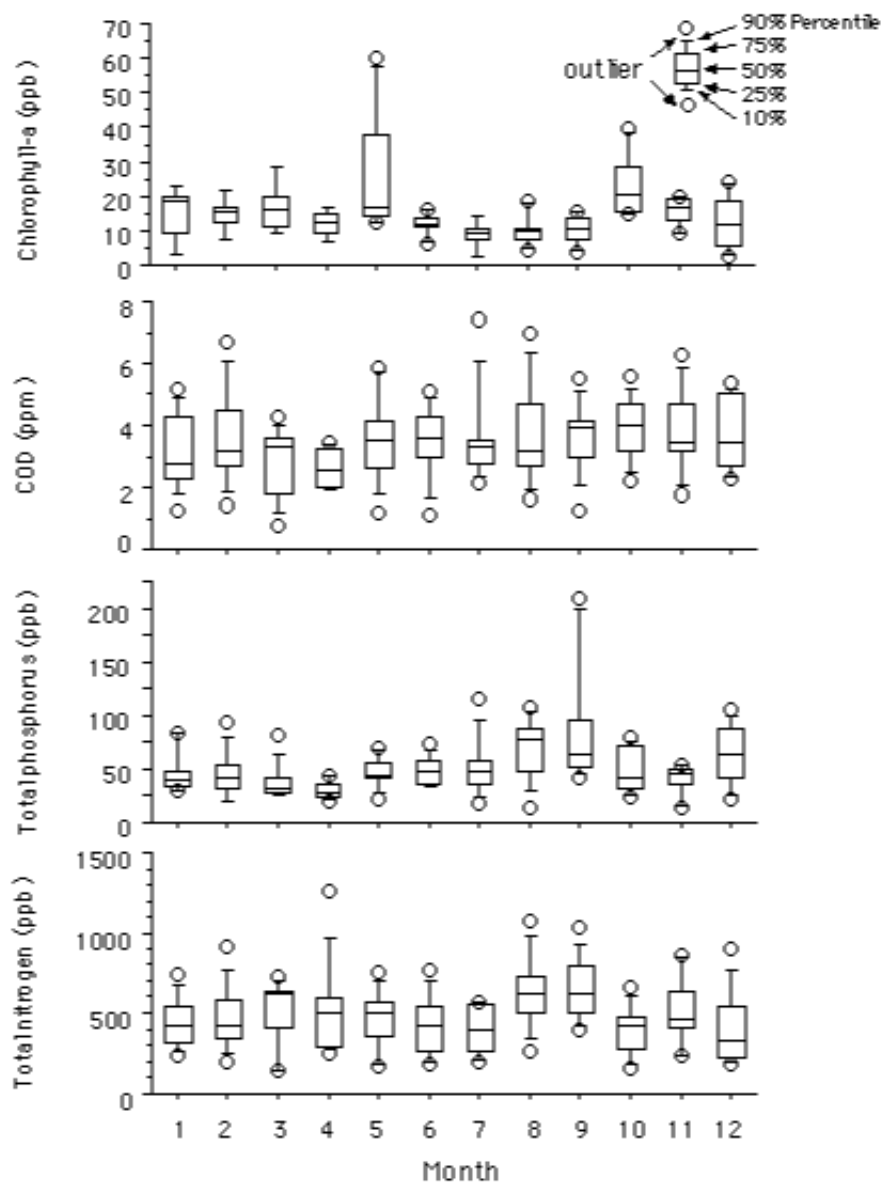


Fig. 1-2-2b. Monthly changes in chlorophyll-a, chemical oxygen demand(COD), total phosphorus, and total nitrogen for decade in bottom water at the central part in Lake Shinji.

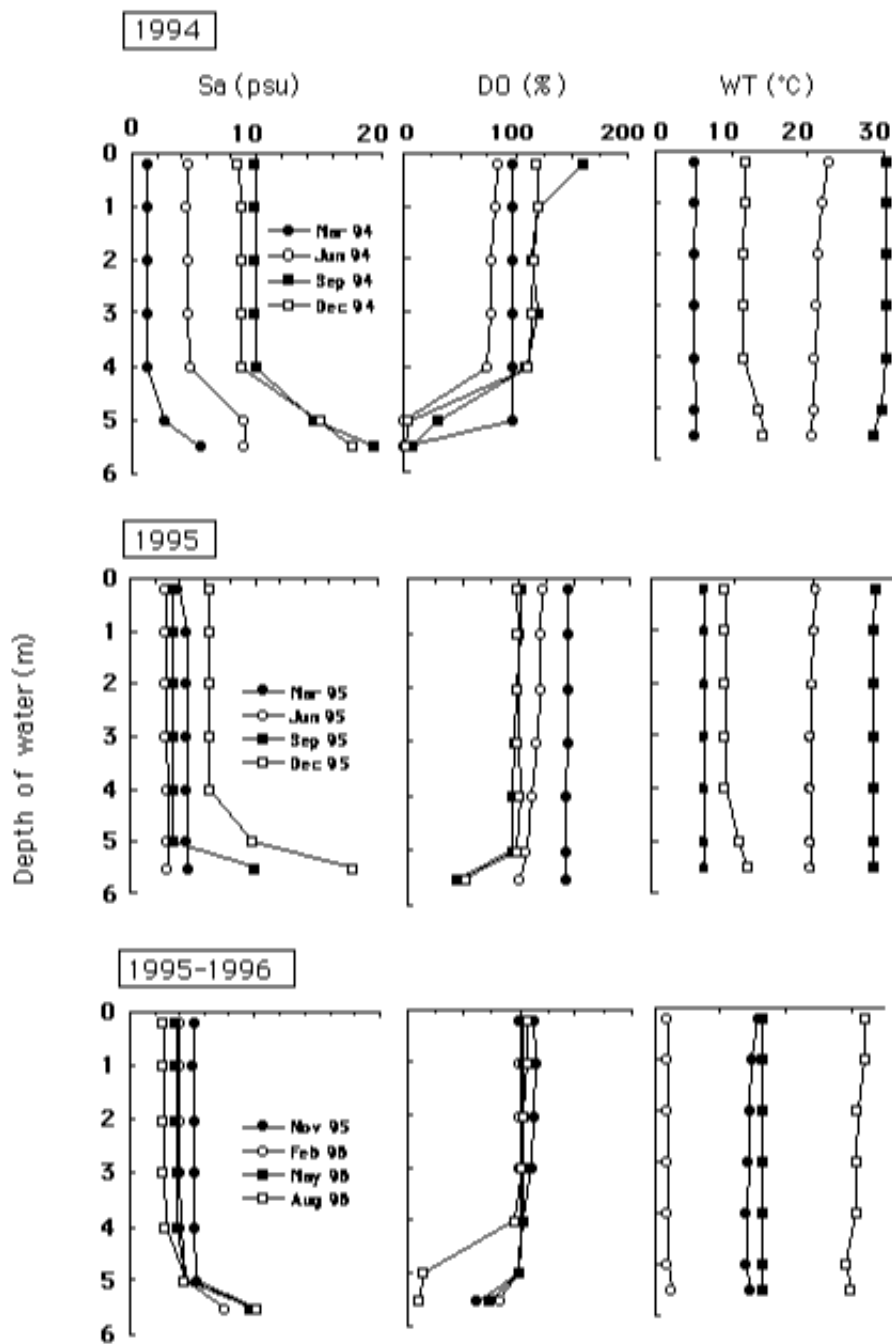


Fig. 1-2-3. Vertical profiles of salinity(Sa) dissolved oxygen(DO) and water temperature(WT) for three years at the central part in Lake Shinji.

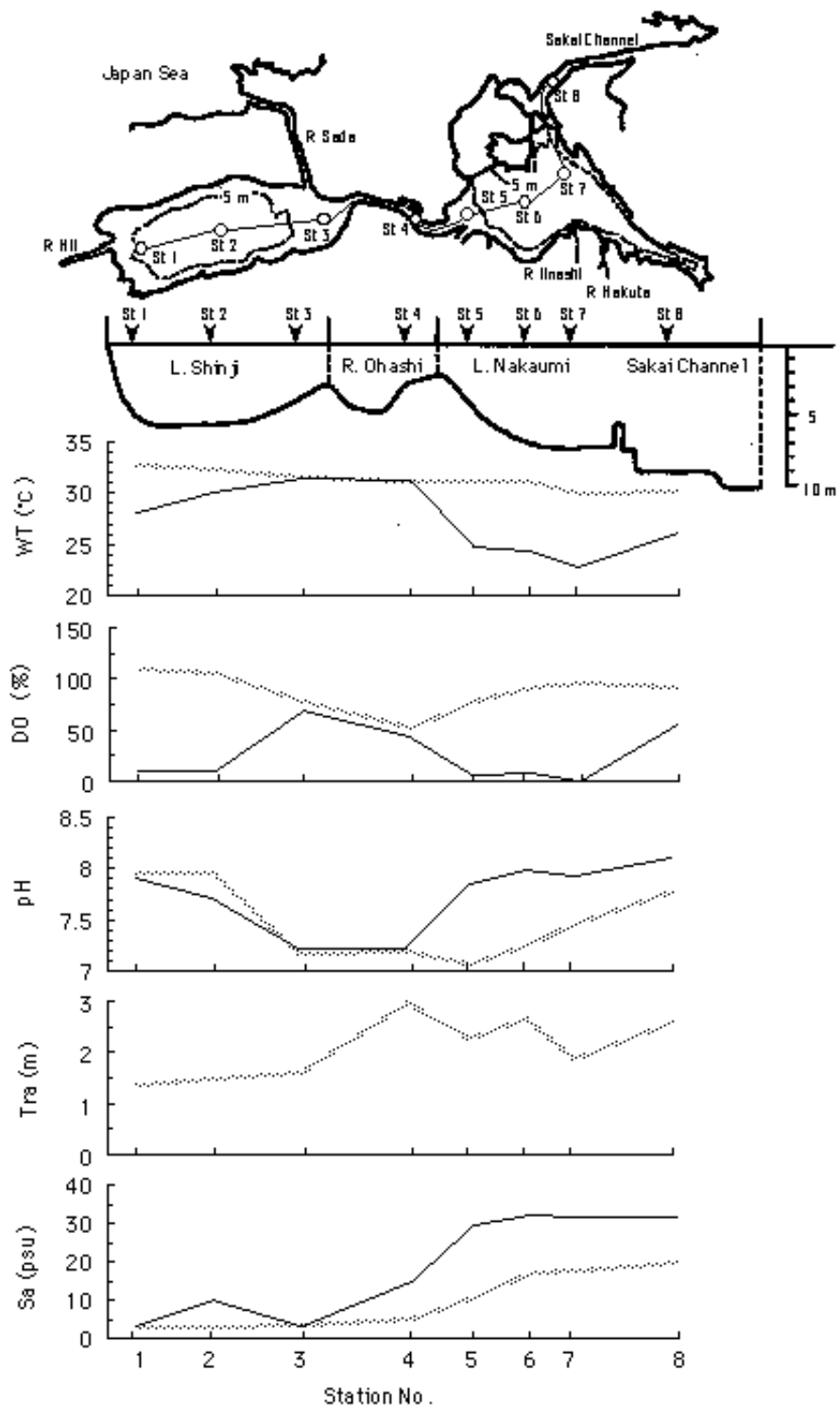


Fig. 1-2-4a. Distributions of water temperature(WT), dissolved oxygen(DO), pH, transparency(Tra) and salinity (Sa) observed along the cruising line in August, 1996.

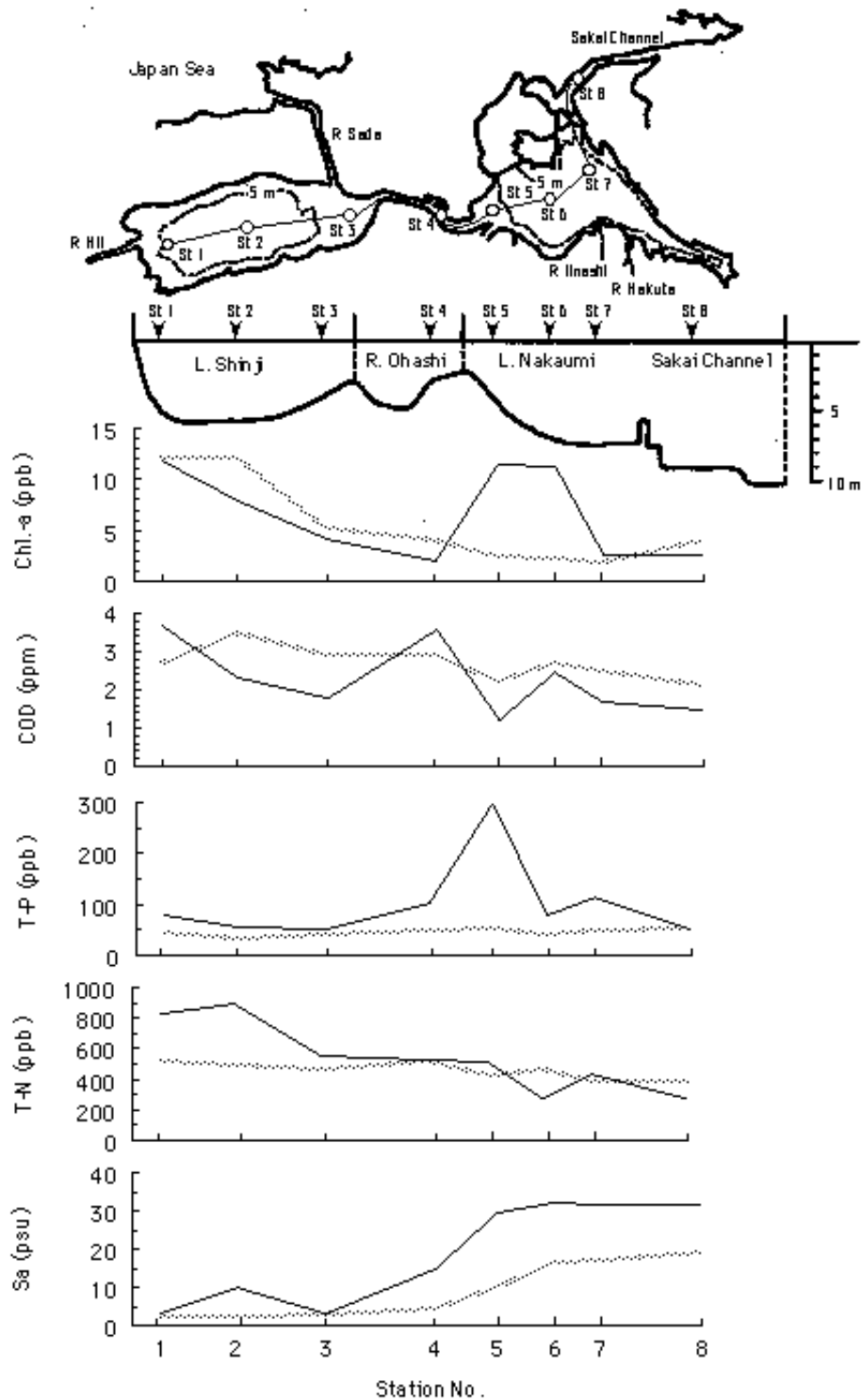


Fig. 1-2-4b. Distributions of Chl a, COD, T-P, T-N and salinity observed along the cruising line in August, 1996.

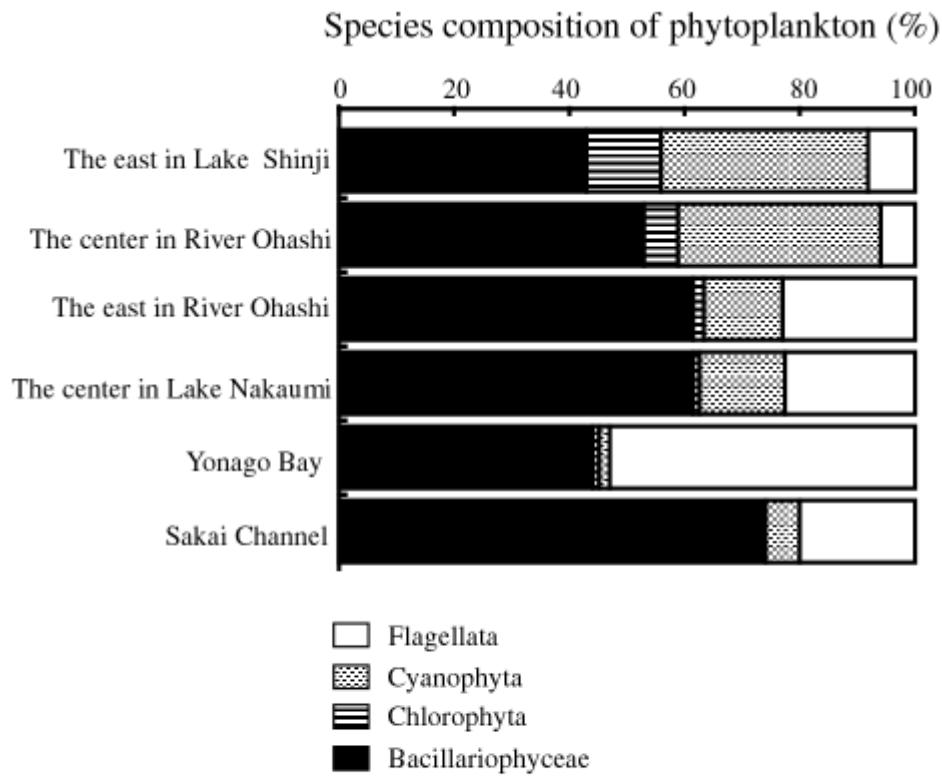


Fig. 1-2-6. Species composition of phytoplankton at sites between Lake Shinji and Sakai Channel. This graph was quoted from Date, 1990.

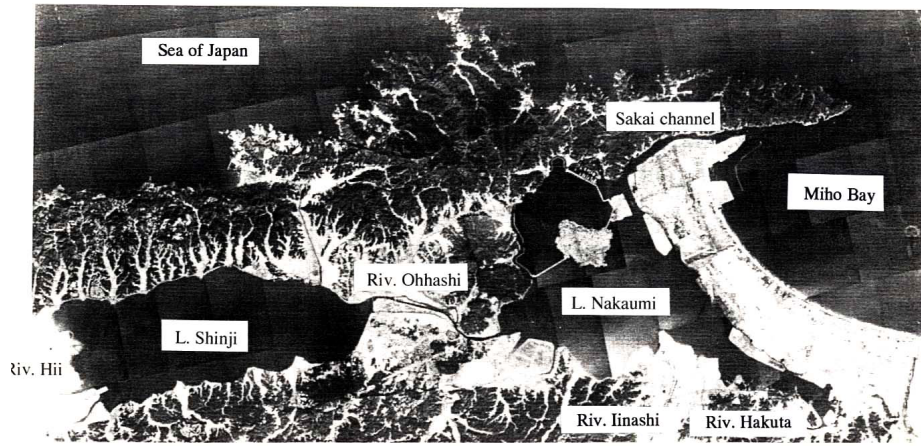


Fig. 1-1-1. An aerial photograph showing Lakes Shinji and Nakaumi

Table 1-2-1. Mean, maximum and minimum data of various environment factors for decade (Jan.,1986-Aug.,1996) at the central part in Lake Shinji

Layer		WT ()	DO (%)	Sa (psu)	Chl.-a (ppb)	COD (ppm)	T-P (ppb)	T-N (ppb)	pH	Tra (m)
Surface	Min	2.0	60	0.3	4	0.30	10	24	6.92	0.7
	Max	32.2	160	10.1	59	6.90	233	820	9.81	2.4
	Mean	16.1	104	3.6	16	3.31	45	377	8.04	1.3
Bottom	Min	1.7	0	0.9	3	0.80	13	13	6.92	
	Max	30.6	141	19.5	60	7.40	209	464	9.46	
	Mean	16.0	70	6.1	15	3.48	52	55	7.77	

Note: WT: Water Temperatuer; DO: Dissolved Oxygen; Sa: Salinity; Chl.a: Chlorophyll-a; COD: Chemical Oxygen Demand; T-P: Total Phosphorus; T-N: Total Nitrogen; Tra: Transparency

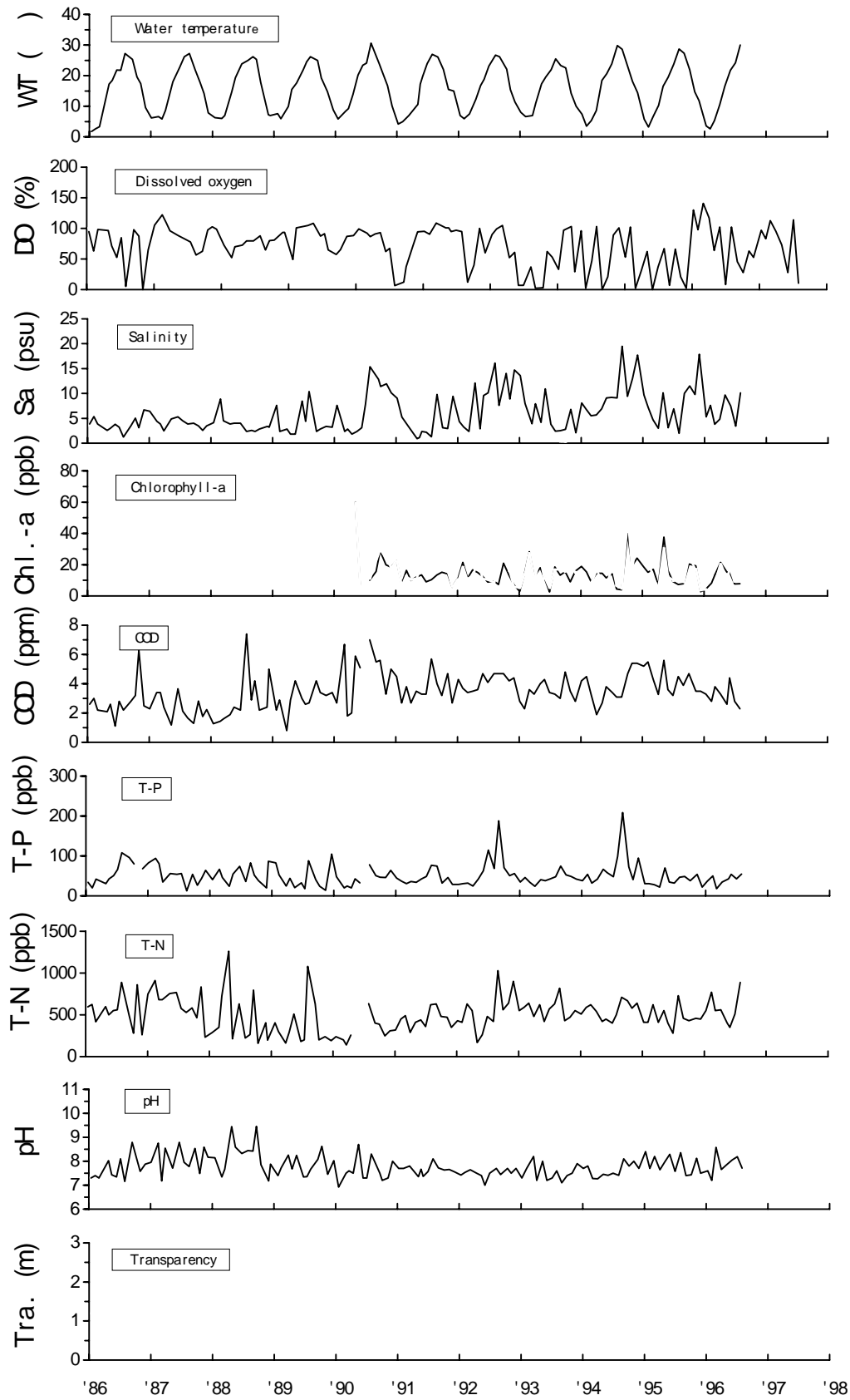


Fig. 1-2-1. Changes in environment factors for decade at the central part in Lake Shinji and represent surface and bottom layers, respectively.

Table 1-2-2. Monthly mean, maximum and minimum of water environment data for decade (Jan.,1986-Aug.,1996) at central part in Lake Shinji

Item	Layer	Month												Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
WT ()	S	Min	2.6	2.0	3.3	8.8	16.5	19.5	22.0	25.5	21.6	17.3	7.0	6.8
		Max	7.6	8.3	10.4	17.2	21.3	24.1	26.6	32.2	30.4	23.1	16.9	11.9
		Mean	5.5	4.9	6.9	12.7	18.4	22.2	24.4	28.4	25.8	20.8	14.6	9.2
	B	Min	1.7	2.6	3.3	8.6	16.5	18.8	21.7	25.5	21.8	17.8	7.2	7.0
		Max	8.0	8.4	9.9	17.2	20.2	23.8	26.2	30.6	28.6	23.0	18.1	15.0
		Mean	5.8	5.1	6.7	12.1	17.8	21.2	23.8	27.7	25.3	20.8	14.8	10.6
DO(%)	S	Min	94.8	73.2	93.6	90.0	86.0	84.0	71.1	60.3	66.8	73.6	90.5	77.6
		Max	145.0	126.0	142.0	114.0	112.8	125.0	129.7	139.0	160.0	122.0	119.0	119.0
		Mean	106.3	100.2	109.1	101.7	102.7	106.9	103.7	101.3	106.0	100.9	105.2	101.9
	B	Min	33.0	52.3	2.0	29.0	61.0	0.0	7.0	5.1	0.0	3.0	0.0	2.0
		Max	130.0	122.0	141.0	117.0	108.2	102.3	114.0	103.0	98.0	97.5	102.6	101.0
		Mean	83.5	90.9	94.5	80.6	81.5	54.3	65.4	55.7	37.7	52.6	68.9	70.8
Sa (psu)	S	Min	1.44	1.31	1.30	0.80	0.93	2.32	2.02	0.80	0.40	0.30	1.05	2.00
		Max	9.30	6.40	4.06	3.63	4.38	5.40	5.60	8.60	10.14	7.50	8.87	8.50
		Mean	4.43	3.61	2.82	2.01	2.75	3.59	3.51	3.75	4.27	3.83	4.27	4.88
	B	Min	3.87	2.33	2.38	0.93	1.11	2.38	2.20	1.24	2.33	2.80	2.59	2.10
		Max	13.60	8.86	5.50	12.10	10.10	10.90	10.10	16.10	19.50	14.00	13.00	17.90
		Mean	7.25	5.58	3.79	4.27	4.63	6.11	5.26	6.77	7.44	6.64	6.58	8.86
Chl.-a (ppb)	S	Min	5.3	6.9	8.9	5.9	9.2	4.8	5.2	7.0	4.8	15.5	14.9	3.7
		Max	39.0	23.8	27.1	15.9	59.4	20.1	18.5	17.3	23.5	49.6	24.9	37.1
		Mean	18.4	14.0	13.9	11.4	25.8	11.0	11.8	12.8	15.3	30.0	18.0	14.4
	B	Min	7.6	9.2	7.0	12.1	6.3	2.6	4.4	4.0	15.1	9.1	2.7	2.9
		Max	21.5	28.2	16.6	60.1	16.4	14.1	18.6	15.7	39.8	20.0	24.2	22.7
		Mean	14.8	16.4	12.0	26.2	11.9	8.8	10.0	10.3	23.4	15.8	12.3	13.2
COD (ppm)	S	Min	0.80	1.28	0.30	0.70	1.00	1.20	1.20	1.40	1.53	1.80	1.12	1.60
		Max	6.00	6.10	4.60	4.20	6.00	5.30	5.50	6.70	6.40	6.60	6.90	5.90
		Mean	3.18	3.25	2.54	2.65	3.43	3.38	3.40	3.71	3.66	3.84	3.32	3.41
	B	Min	1.28	1.44	0.80	1.90	1.18	1.10	2.13	1.65	1.30	2.20	1.76	2.24
		Max	5.20	6.70	4.30	3.50	5.90	5.10	7.40	7.00	5.50	5.60	6.30	5.40
		Mean	3.21	3.61	2.82	2.60	3.57	3.48	3.59	3.78	3.67	3.93	3.83	3.69
T-P (ppb)	S	Min	23.0	16.0	25.0	10.0	21.0	24.0	13.0	15.0	33.0	14.0	14.0	27.0
		Max	80.0	71.0	42.0	42.0	60.0	55.0	89.0	70.0	92.0	98.0	81.0	233.0
		Mean	47.4	39.1	31.1	24.4	39.9	39.6	45.4	49.4	59.2	49.5	43.1	69.6
	B	Min	29.0	20.0	25.0	20.0	21.0	33.0	18.0	13.0	41.0	24.0	14.0	22.0
		Max	83.0	94.0	81.0	44.0	70.0	74.0	115.0	108.0	209.0	80.0	54.0	105.0
		Mean	46.7	45.3	37.6	30.3	47.2	48.2	51.4	71.0	89.0	48.3	40.6	63.2
T-N (ppb)	S	Min	64.0	150.0	137.0	80.0	128.0	210.0	162.0	97.0	24.0	125.0	120.0	110.0
		Max	580.0	620.0	640.0	560.0	500.0	646.0	690.0	720.0	820.0	760.0	610.0	550.0
		Mean	382.1	442.8	419.0	387.2	302.0	377.3	340.0	361.7	401.9	385.4	387.7	336.0
	B	Min	29.0	20.0	25.0	20.0	21.0	33.0	18.0	13.0	41.0	24.0	14.0	22.0
		Max	83.0	94.0	81.0	44.0	70.0	74.0	115.0	108.0	209.0	80.0	464.0	105.0
		Mean	46.7	45.3	37.6	30.3	47.2	48.2	51.4	71.0	89.0	48.3	82.9	63.2
PH	S	Min	6.92	7.10	7.27	7.28	7.54	7.45	7.59	7.07	7.40	7.03	6.96	7.53
		Max	8.60	8.92	8.60	9.68	8.79	9.08	8.90	8.70	9.81	9.30	8.61	8.40
		Mean	7.87	7.75	7.89	8.16	8.07	8.10	8.15	8.14	8.30	8.09	7.95	8.00
	B	Min	6.92	7.20	7.18	7.20	7.40	7.00	7.30	7.15	7.10	7.20	7.18	7.50
		Max	8.40	8.76	8.58	9.45	8.70	8.79	8.45	8.42	9.46	8.62	8.59	8.17
		Mean	7.62	7.67	7.79	7.80	7.91	7.67	7.71	7.84	8.01	7.72	7.69	7.83
Tra(m)	Min	0.8	0.8	1.0	0.7	0.8	0.9	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
	Max	2.3	2.0	2.4	2.0	2.0	1.5	1.5	1.7	1.5	1.7	1.8	2.2	
	Mean	1.5	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.6	1.3

Note: WT: Water Temperature; DO: Dissolved Oxygen; Sa: Salinity; Chl.a: Chlorophyll-a; COD: Chemical Oxygen Demand; T-P: Total Phosphorus; T-N: Total Nitrogen; Tra: Transparency; S: Surface; B: Bottom

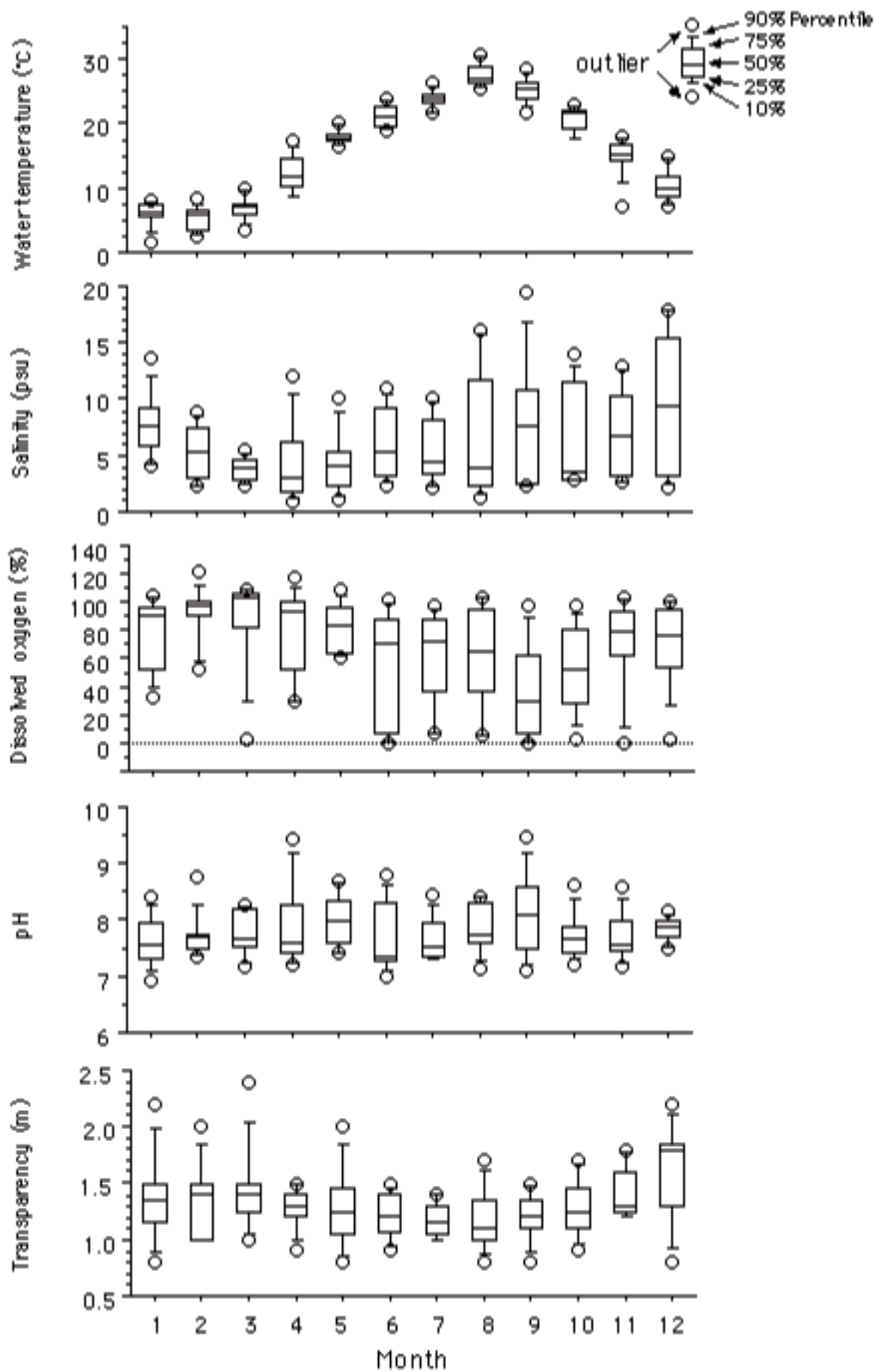


Fig. 1-2-2a. Monthly changes in water temperature, salinity, dissolved oxygen, pH and transparency for decade in bottom water at the central part in Lake Shinji

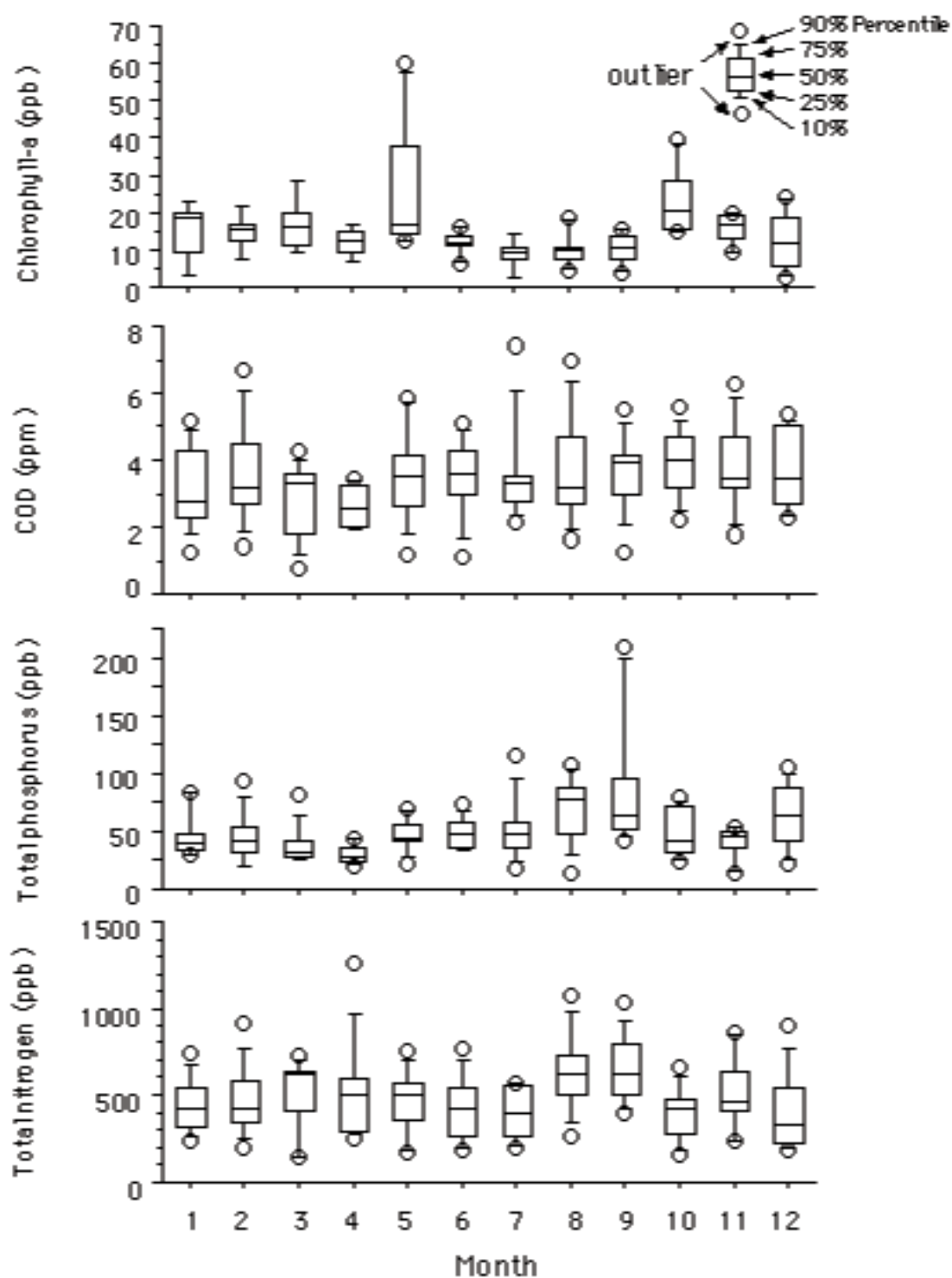


Fig. 1-2-2b. Monthly changes in chlorophyll-a, chemical

oxygen demand(COD), total phosphorus, and total nitrogen for decade in bottom water at the central part in Lake Shinji.

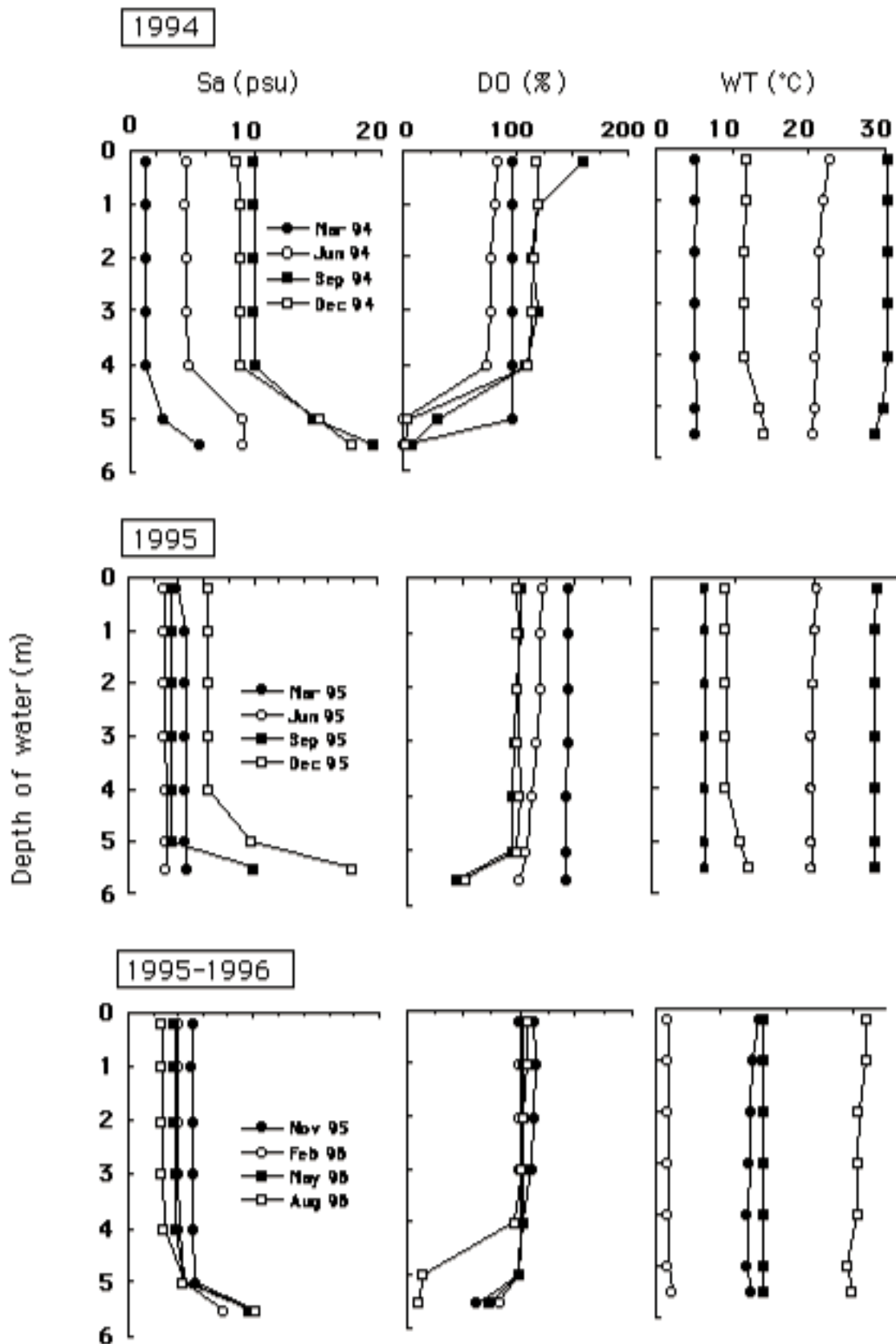


Fig. 1-2-3. Vertical profiles of salinity(Sa) dissolved oxygen(DO) and water temperature(WT) for three years at the central part in Lake Shinji.

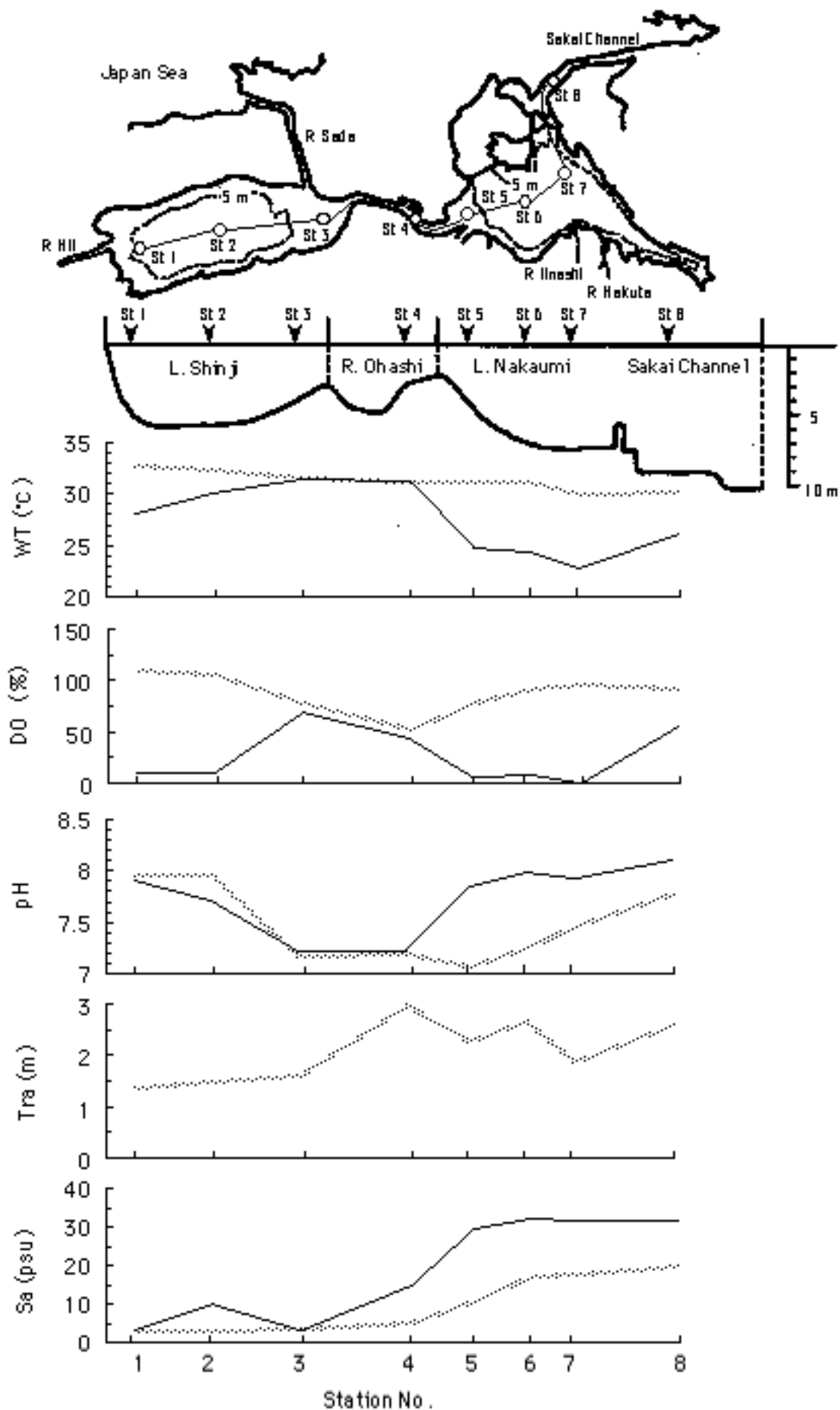


Fig. 1-2-4a. Distributions of water temperature(WT), dissolved oxygen(DO), pH, transparency(Tra) and salinity (Sa) observed along the cruising line in August, 1996.

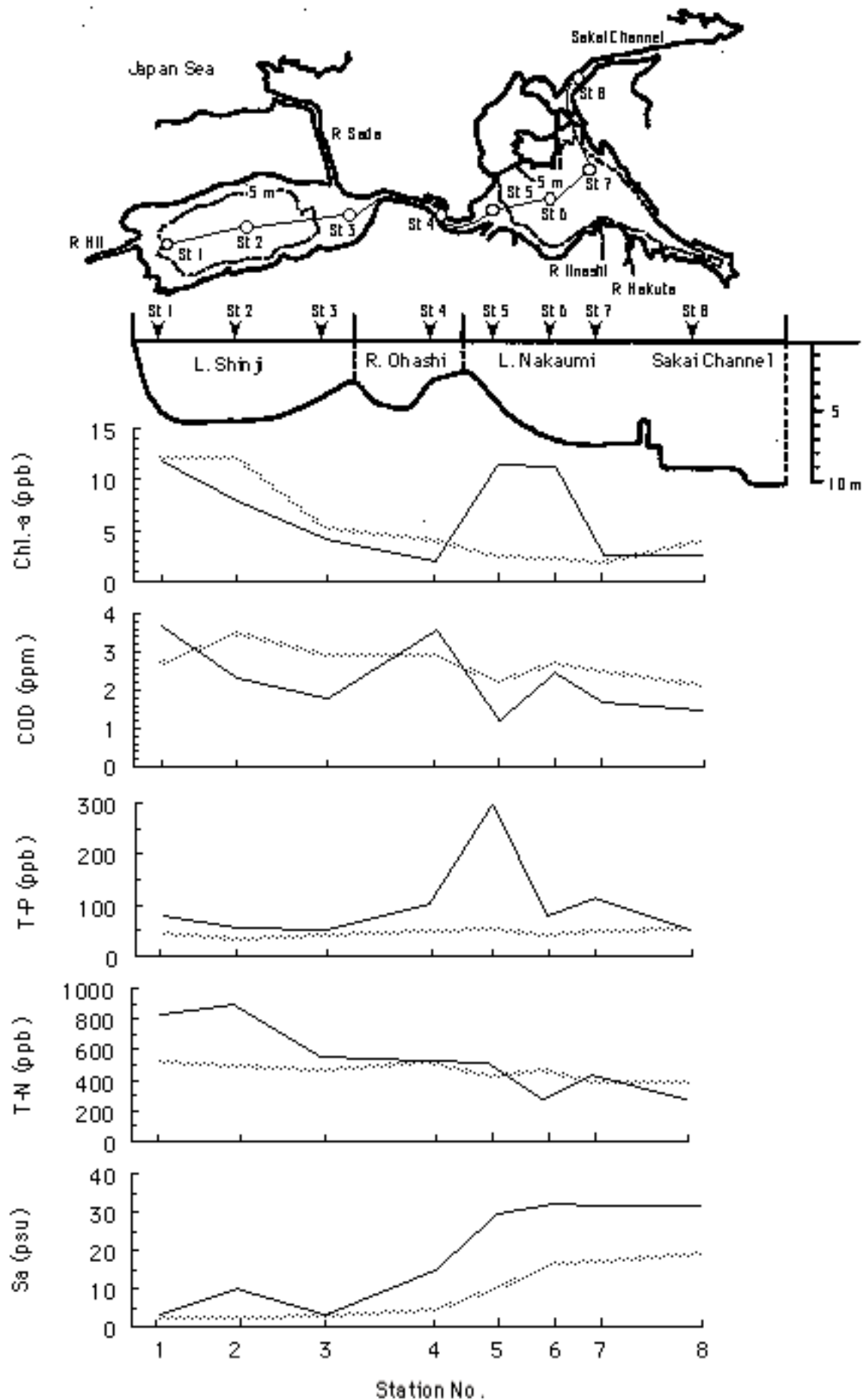


Fig. 1-2-4b. Distributions of Chl a, COD, T-P, T-N and salinity observed along the cruising line in August, 1996.

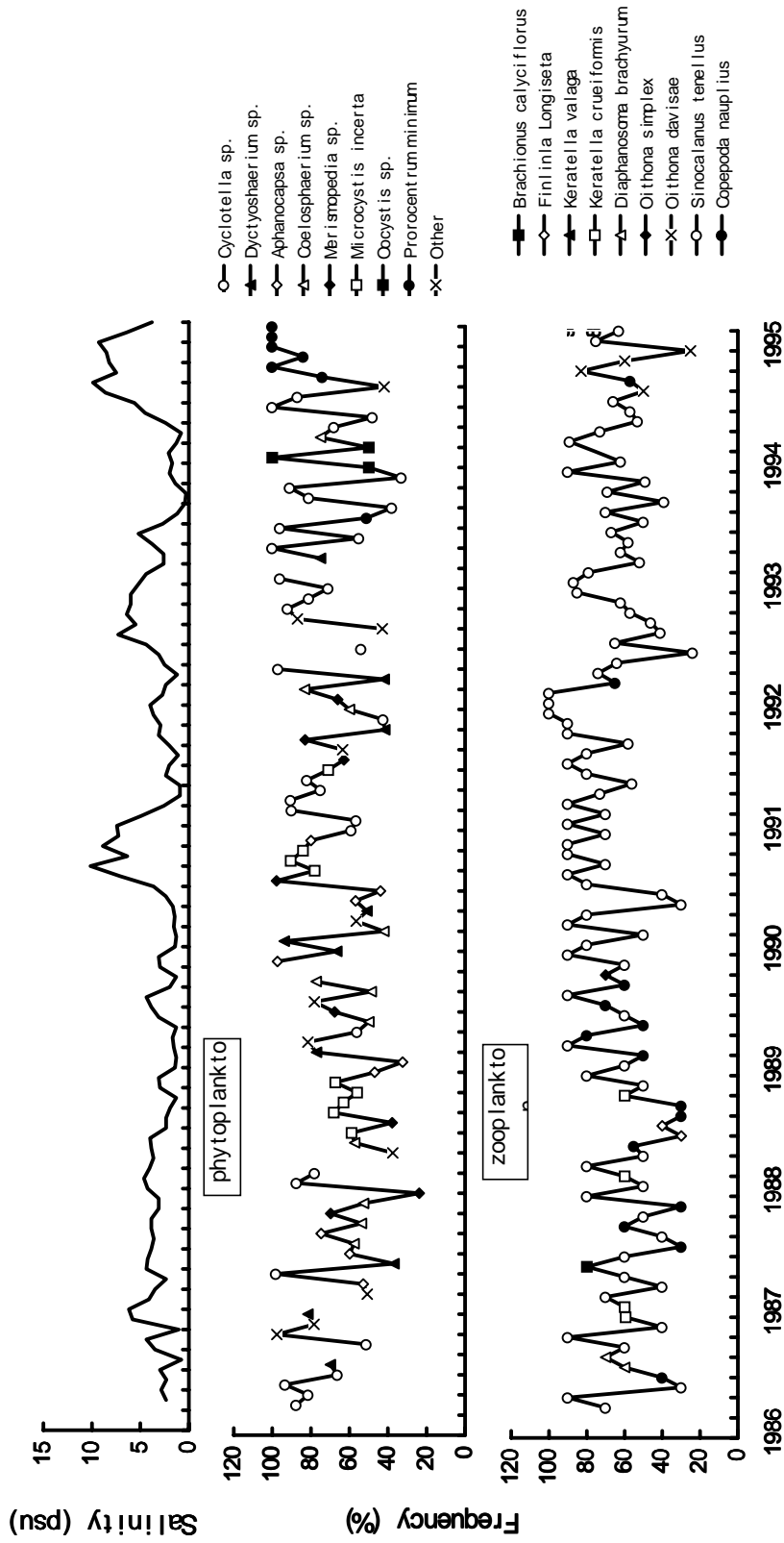


Fig. 1-2-5. Changes in salinity, dominant species of phyto- and zoo-plankton in Lake Shinji.

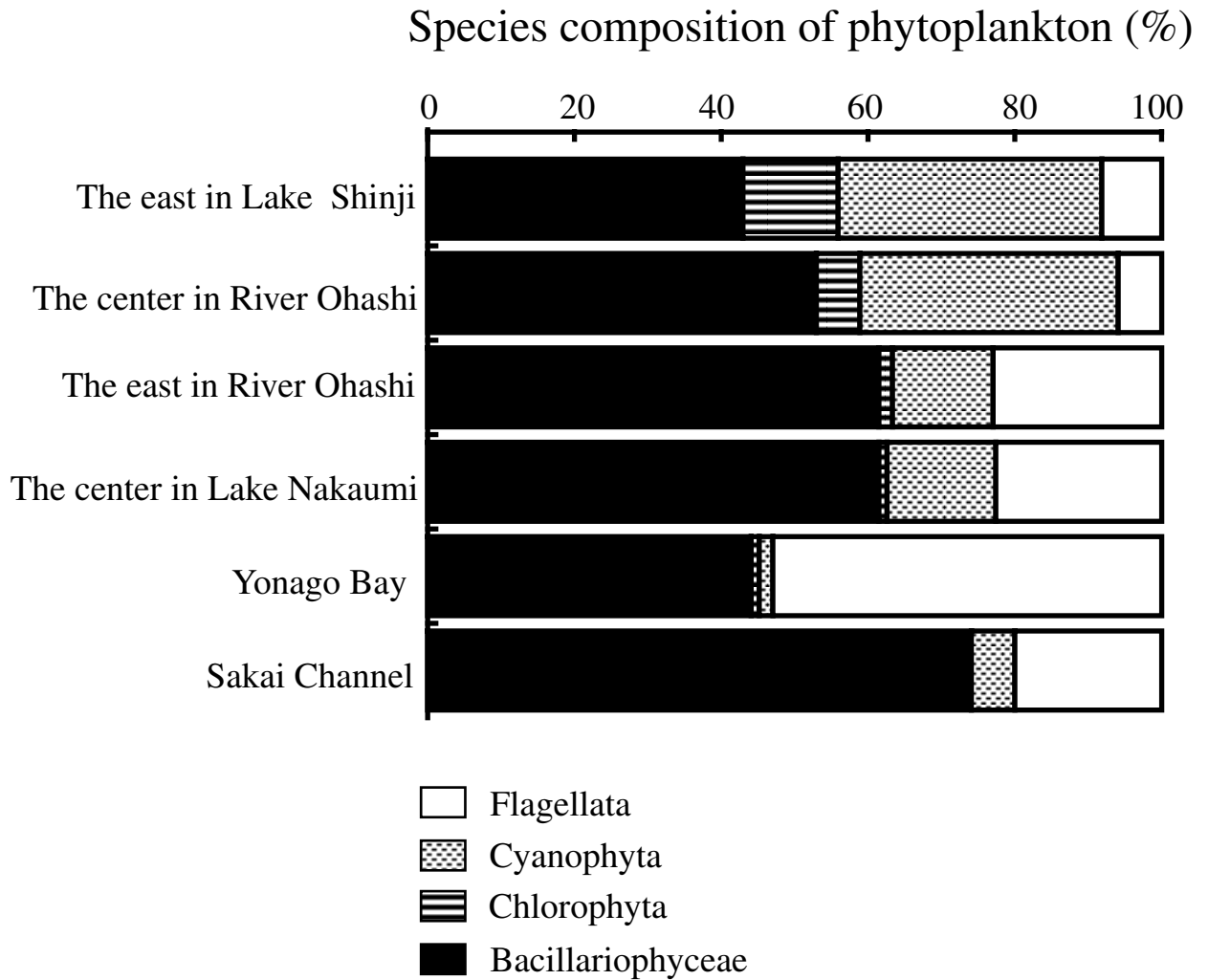


Fig. 1-2-6. Species composition of phytoplankton at sites between Lake Shinji and Sakai Channel. This graph was quoted from Date, 1990.