

尾鷲湾における水質環境とプランクトンの分布, とくに温排水との関係について— I.*

水温とミクロプランクトンの分布について

鶴田 新生・俵 悟

The Influence of the Warm Cooling Water from a Fossil Fuelled Power Plant on
Oceanographic Conditions and Composition of Plankton in Owase Bay-I.

Water Temperature in Relation to Distribution of Microplankton

By

Arao TSURUTA and Satoru TAWARA

The increasing supply of electric power has recently aroused troubles with the coastal fisheries, by discharging the warm cooling water from fossil fuelled power plants or atomic ones built along the coast.

The authors investigated the influence of the warm cooling water from a fossil fuelled power plant on oceanographic conditions and the composition of plankton in Owase Bay. The following results were obtained upon preliminary survey during the period from August 1973 to July 1974:

1. The distribution of the temperature mainly in the surface layer depended on the interaction of the warm cooling water, the Naka River water and the oceanic water.

2. The distribution of the groups abundant in plankton, Chromonadae (mainly *Ceratium furca*), showed seasonal variation: in August very dense population was found in the 3~5 m layer around the yellowtail farm with rich nutrient salts. And dense population was also found in the area of higher temperature both in August and in January.

3. The Bacillariophyceae and nauplii of Copepoda were less abundant in the area affected by the discharged water from the power plant than in the other areas.

* 水産大学校研究業績 第732号, 1975年1月20日受理.

Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No.732.

Received Jan. 20, 1975.

まえがき

最近我が国における電力需要の増大にともない大出力の原子力あるいは火力の発電所の新增設の要請が高まっている。これらの発電所はほとんどのものが沿海に立地し、復水器の冷却水は海水に依存している場合が多い。これら冷却水の取排水は各種養殖を含む沿岸漁業に種々の影響を与えている^{1,2)}。温排水の拡散については水理模型実験、数値シミュレーションなどによってある程度の予測が可能になった^{3,4)}。しかしながら、現在までのところ冷却水の取排水が生物に与える影響についての調査、研究は十分とはいえないようである。

筆者らは温排水が生物におよぼす影響に関する研究の一助として、火力発電所の所在する三重県尾鷲湾において、プランクトンの分布と温排水の関係について研究を続けてきた。このたび尾鷲湾におけるマイクロプランクトンの季節的消長、水温変化ならびにマイクロプランクトンと温排水の分布の関係など若干の知見を得たのでここに報告する。

本文を草するにあたり、この研究のため多くの資料を提供され、また調査採集に特別な便宜を与えられた尾鷲水産試験場水野実場長、ならびに辻ヶ堂諦技師に厚くお礼を申し上げる。また試料の採集にご協力いただいた本校広瀬誠助教授、ならびに尾鷲水産試験場調査船船長はじめ乗組員の各氏に感謝する。

なお、研究費の一部は昭和48年度環境庁公害防止等調査研究費によった。

湾況と研究方法

尾鷲湾は第1図に示すように、西側に湾奥部があって東側に向って開いている。南北の幅は湾中央部で約1.7km、水深は湾中央部で20~45mである。尾鷲湾内では昭和37年頃よりはまち (*Seriola quinqueradiata* TEMMINCK et SCHLEGEL) の養殖が盛んになり、現在北岸にあたる古里付近では養殖いかだの台数が170台、放養尾数106万尾、南岸の大曾根付近ではいかだ台数90台、放養尾数33万尾、また行野付近ではいかだ台数15台、放養尾数8万尾であり、全体で約150万尾のはまちが養殖されている。尾鷲三田火力発電所は昭和39年7月より営業運転を開始しており、その出力は 7.5×10^5 kW (3.75×10^5 kW \times 2機)であり、冷却水の使用量は 2.72×10^6 m³ /dayである。冷却水は発電所北岸の中川河口の底層部から取水し、矢の川河口に排水している。また、中川上流3kmの地点には電源開発株式会社の尾鷲第2発電所の放水口があり、発電中は25m³/secの淡水が放出されている。

この研究は冷却水の取水や温排水の放出によって起る海域のマイクロプランクトンの組成の変化をみる目的で、1973年8月28日および'74年1月24日の2回にわたって、第1図に示した27地点において水温、塩分の測定と同時にマイクロプランクトンの採集を行なった。マイクロプランクトンの採集はポンプを使用し、深度0, 2, 3, 5および10m (地点によっては各層の採水を一部省略した)の各層から30lの海水を吸上げ、その中のマイクロプランクトンを網目の微細なNXXX25の網地を用いた小型ネットでこし取った。標本は直ちに中性ホルマリンで固定し、後日研究室でプランクトンの同定と個体(細胞)計数を行った。なお、尾鷲水産試験場に依頼して採集された9~12月, 3月, 5月および7月のマイクロプランクトン標本についても検鏡整理した。

結 果

水温の季節的変動

尾鷲湾の水塊は大まかに、温排水塊、中川河川水塊および沖合水塊とに分けることができ、水温の水平分

布はこれら3水塊の消長によって形成される。この3水塊をそれぞれ代表すると思われる St. 10, St. 6 および St. 25 における水温変動を第2, 3図に示した。

St. 25は温排水の影響がほとんど無いと思われる湾口部に近い地点で、ここでいう沖合水塊を代表する地点である。深度15m 以下の表層部の水温は、7月に最高となり24.8 (15m 深) ~26.2℃ (表面) を示し、1月に最低となって13.2~13.5℃を示した。また、海洋構造的には、5月頃成層期が始まり7月には深度15m 付近にサーモクラインが形成され、9月になると対流期が始まり10月以降には表面と深度15m の水温差はきわめて小さくなった。

St. 10は冷却水の排水口から約700mの地点で湾奥南部寄りに位置し、温排水塊を代表する。この地点の水はSt. 25の水温と比較すると、表面水では約4℃高く、2m 深では9~12月を除けば2~4℃高い。しかし、3m 深の水温では両地点の温度差がきわめて小さくなった。したがって、温排水はこの地点では約3m 以下の表層部に拡張しているようで、この傾向は周年認められた。8月では表面水温が29℃以上となり、深度2~3m にサーモクラインが形成された。このようなサーモクラインは1~3月にとくに顕著となった。

St. 6は中川河口より約700mの地点で湾奥北部寄りに位置し、ここでいう河川水塊を代表する地点である。この地点の表面水温は St. 25 のそれと比較すると6月では5℃、7月では2.5℃そして11月になると3℃低くなった。これは低温の河川水がこの地点のごく表層部に流出しているためであり、このことは塩分分布からも認められた。しかし、2m 以下になると塩分は通常の海水の値を示した。また、深度1~2m の層には温排水と思われる高温水の拡張がみられ、周年水温の逆転層を形成した。この逆転層は7~8月および1月に顕著に認められた。

水温の水平分布

8月の水温分布 (第5図A)

表面水は冷却水の排水口を中心に舌状に広がっている高温水と、中川河口から湾奥北岸に向って広がっている低温水が認められた。さらに温排水の影響がほとんど無いと思われる St. 25の水が外洋水にもっとも近い水とすると、この地点の表面水温より2℃高い水の分布範囲は排水口より約1.1kmの地点となった。また、この範囲内で水温30℃以上の水の分布は排水口から約700m 地点の St. 10までであった。

3m 層では温排水の広がる方向がやや北に向い、しかも等温線は円形状になった。一方、外洋水が湾口から差し込み、温排水と外洋水の間に中川から流出した低温水が北から南へ向って舌状に進入し、温排水を湾奥部に押し込めるような形になった。

5m 層になると、水温の分布パターンは単調になっている。しかし、湾奥部に温排水、湾口部に外洋水が認められ、前記3m 層と類似した分布を示した。

1月の水温分布 (第5図B)

表面では夏期と同様に温排水と中川からの低温水がみられ、中川河口からの流出水は湾の北岸に沿って広がっているのが認められた。湾口部の St. 25の水温より2℃高い15℃の水の分布範囲は排水口より約1.0km以内であり、等温線の形は円形状になった。

2m 層では温排水は北へ向って広がり、外洋水によって湾奥部に押し込められた形になった。湾奥北部に広がった中川河川水はごく表層部のみで、ここでは1m 層になると温排水で占められるようになった。したがって、2m 層になると中川河川水はほとんど認められない。

5m 層では温排水の分布範囲は2m 層のそれと比べて広い。しかし、その水温の水平傾度は小さかった。

水温の垂直分布

排水口から湾口部の St. 25までの垂直断面の水温分布を第4図(A, B)に示した。

8月の断面

26℃以上の温排水は排水口から約2.2kmの地点付近まで認められた。温排水の層の厚さは排水口付近で3.5m であり、排水口から遠ざかるとともに急速にその厚さを減じているのが認められた。したがって、温排水は

湾内ではごく表層に限られて広がっている。また、5 m 以深の層では湾口部から外洋水が潜入しているのが認められた。

1月の断面

この断面の水温分布はやや複雑になった。14℃以上の温排水が排水口から約1.2kmのSt. 18付近まで広がり、この地点から沖合になると14℃の水は下層に潜入するようになった。さらに、St. 22より沖では13.5℃の水が深度6 m 前後に潜入して水温の逆転層が現われる地点が認められた。

ミクロプランクトンの季節的消長

ポンプにより海水と共に採集されたプランクトンのほとんどのものはミクロの種属であり、本湾で多く検出されたものは珪藻類、鞭藻類、繊毛虫類、各種動物の幼体およびその他の微小動物であった。

8月では珪藻類31種、鞭藻類13種、繊毛虫類16種、放散虫類1種、有孔虫類2種、輪虫類1種、枝角類3種、かいあし類3種および幼体類1種が検出され、プランクトン組成はにぎやかな様相を呈した。これらのうち多量に出現した種類は、珪藻類では*Chaetoceros affinis* v. *willei*, *Bacteriastrium varians*, *Thalassionema nitzschioides*, 鞭藻類では*Ceratium furca*, *C. fusus*, *Peridinium* sp., 幼体類ではかいあし類nauplius であった。とくに優占種として*Chaetoceros affinis*, *Ceratium furca* があげられる。

9月では珪藻類32種、鞭藻類4種、かいあし類3種およびかいあし類nauplius が検出された。8月のプランクトン組成に比較すると、組成の構成種類は急激に減少した。珪藻類では*Chaetoceros*属が多種出現したが、これらのうち*Chaetoceros compressus*の出現量がやや多かった。鞭藻類では*Ceratium furca*が多量に出現したが、8月のそれと比較すると減少した。

10月では珪藻類52種、鞭藻類4種、繊毛虫類7種、かいあし類2種および幼体類3種が検出された。多量に出現した種類は*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros compressus*, *Nitzschia seriata*, *N. closterium* であった。これらのうち優占種としてあげられるものは*Skeletonema costatum*, ついで*Nitzschia seriata*, である。また、湾奥北部域では*Asterionella japonica* も多かった。

11月では珪藻類51種、鞭藻類3種、かいあし類3種、幼体類3種（かいあし類、ふじつぼ類nauplius, 二枚貝veliger）が検出された。多量に出現した種類は*Skeletonema costatum*, *Thalassiosira rotula*, *Chaetoceros decipiens*, *C. lorenzianus*, *Nitzschia seriata* であった。とくに*Chaetoceros*属が多く23種が出現している。優占種としては*Skeletonema costatum*, ついで*Chaetoceros decipiens* があげられる。

12月では珪藻類21種、鞭藻類2種、かいあし類2種および幼体類2種（かいあし類nauplius, 二枚貝veliger）が検出されたが、これらの出現頻度はきわめて低い。*Skeletonema costatum*のみが多量に出現して優占種にあげられる。

1月では珪藻類43種、鞭藻類3種、繊毛虫類2種、かいあし類1種および幼体類2種が検出された。12月に低調であったプランクトン組成は1月になると珪藻類の出現種が増加してややにぎやかとなった。多量に出現した種類は*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros decipiens*, *C. affinis*, *C. debilis*, *Eucampia zoodiacus*, *Asterionella japonica* であり、ついで*Chaetoceros lorenzianus*, *C. didymus*, *C. curvisetus*, *Thalassiosira rotula*, *Nitzschia seriata* などである。また、鞭藻類の*Ceratium furca*, *Peridinium* sp. などとも湾奥部水域でやや多量に出現した。

3月では珪藻類46種、鞭藻類5種、繊毛虫類5種、枝角類1種、かいあし類2種および幼体類3種が検出された。多量に出現した種類は*Chaetoceros radicans*, *Eucampia zoodiacus*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Asterionella japonica*, *Chaetoceros vanheuerckii* などであった。

5月では珪藻類10種、鞭藻類7種、繊毛虫類6種、枝角類2種、かいあし類4種および幼体類4種が検出された。多量に出現した種類は*Nitzschia seriata*, *Noctiluca scintillans*, *Ceratium fusus*, かいあし類nauplius, ふじつぼ類nauplius および多毛類の幼体などであった。

珪藻類の出現種が減少し、鞭藻類や各種動物の幼体類が多量出現したことが本期の特徴といえる。

7月では珪藻類42種、鞭藻類12種、繊毛虫類8種、輪虫類1種、枝角類3種、かいあし類6種、尾虫類1種および各種動物の幼体が5種類検出された。多量に出現した種類は*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros didymus*, *C. lorenzianus*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia seriata*, *Noctiluca scintillans*, *Copepoda nauplius*などであった。また、*Ceratium fusus* も湾奥部水域では多量に出現した。

以上のように本湾では7～8月を中心に多種多量のミクロプランクトンが出現するようである。なお、本湾におけるミクロプランクトンの季節的消長を要約すると第1表のようになる。

ミクロプランクトンの水平分布

本湾で出現したミクロプランクトンのうち多量に出現した珪藻類、鞭藻類およびかいあし類naupliusの3種属について、各採集地点ならびに各採集層別に総個体(細胞)数を算出し、各属別のプランクトン水平分布図を作成した。これらと同時期に調査した前記水温分布と対照させ、プランクトン量の変化を検討した。

8月の分布

珪藻類(第6図A) 表面では排水口付近を除いて湾奥南部水域から湾中央部水域では珪藻類の量は相対的に少なく、St. 9, 10, 19および22では $50 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 以下である。ここでの等量線の形は舌状を呈し、その形状と場所は温排水の拡張状況とよく対応した。他方、珪藻類の多い水域は湾の南北両岸沿いにあり、とくに、 $120 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 以上の濃密な水域は外洋水の影響を強く受けていると思われる湾口部のSt. 25から湾北部St. 24およびSt. 15に位置した。

3 m層では $50 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ の珪藻類の等量線は表面のそれよりやや北部に位置し、その形状は東西にハート形となった。この層でも珪藻類の分布量と温排水の拡張状況とは対応した。したがって、温排水の影響域では珪藻類は減耗しているのが認められる。

5 m層では珪藻類は湾口部のSt. 25と湾奥部St. 6の2地点のみが $100 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 以上であるが、他の地点は急激に減少した。 $30 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ の等量線は湾中央部から湾口部に位置した。この層になると珪藻類の分布と水温分布との明瞭な関連性は認められない。

夏期8月においては珪藻類は全般的に表層部に多く、下層になるにしたがい減少する傾向が認められた。

鞭藻類(第6図B) 表面では排水口付近と湾中央北部沿岸のSt. 14に鞭藻類のやや多い水域がみられた。中川河口域ならびに湾口部水域では分布量はきわめて少ない。

3 m層では $300 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 以上の鞭藻類の濃密な水域が湾中央北部沿岸St. 14にあって、この地点を中心に等量線は南西に向って舌状になった。一方、湾中央部南岸St. 10にも $30 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 以上の高密度の水域があり、この付近の等量線は北方へ向って半円状になった。なお、これら鞭藻類の分布密度の高い2水域付近には、はまち養殖場が所在している。

5 m層では $100 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 以上の鞭藻類の濃密な水域が湾中央部北岸のSt. 15およびSt. 6の付近にあって、これらの地点を中心に等量線は北東から南西に延びた。一方、鞭藻類の稀薄な水域は湾口部から湾中央部にあった。

鞭藻類で優占したのは*Ceratium furca*であり、本種は温排水の拡張域にも多量に分布したが、とくに富栄養海水と思われるはまち養殖場付近の3～5 m層に濃密に分布し、また、湾口部から湾中央部で外洋水の影響が強い水域では稀薄となっている特性を示した。

かいあし類nauplius(第6図C) かいあし類naupliusは8～14時の昼間の採集において表面では800 individuals / 30 l以下で少なく、3～5 m層になると多くなり、場所によっては3,000～5,000 individuals / 30 lが計数された。したがって、昼間は表層より下層へやや多量分布することがうかがわれる。

表面ではかいあし類naupliusの等量線の形状は等温線の形状と対応して、温排水の拡張域にかいあし類naupliusの分布量が相対的に少なかった。

3 m層では表面と同様に温排水の拡張域を中心にかいあし類naupliusは減耗しているのが認められ、その範囲は排水口沖合から湾中央部に舌状を呈した。

5 m層ではかいあし類naupliusの分布は両岸寄りに多くなり、湾口部から湾中央部にかけて稀薄になった。この層になるとかいあし類naupliusの分布と温排水分布との関連は認め難い。

1月の分布

珪藻類(第7図A) 表面では $20 \times 10^3 \sim 40 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ の等量線は $15 \sim 18^\circ\text{C}$ の等温線の分布パターンと対応した。したがって、温排水の拡延水域では8月と同様に珪藻類が減耗していることが認められた。珪藻類の分布量は湾口部にすすむにしたがって多くなり、湾口部の中央部から北部にかけての水域では $100 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ が計数された。

2 m層では表面とほぼ同様の分布パターンとなり、水温分布とも対応が認められ、この層でも温排水の拡延域では珪藻類は減耗した。排水口沖合に珪藻類の稀薄な $10 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ の等量線があり、他の等量線はこれにほぼ平行に北西から南東に画かれて珪藻類の量は増加した。また、湾口部水域では $200 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ が計数された。

5 m層では珪藻類の少ない $30 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ の等量線は湾南岸の中央部水域にある。これを囲んで $50 \times 10^3 \sim 90 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ の等量線は湾中央部に向って舌状をなして画かれた。湾口部と湾奥北岸水域には $130 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 以上の珪藻類が分布した。この層では珪藻類の分布と温排水分布との明瞭な関連は認められない。

鞭藻類(第7図B) 鞭藻類での優占種は8月と同様に*Ceratium furca*である。

表面では $900 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 以上分布する水域が排水口沖合にあり、この分布範囲は 18°C 等温線に囲まれた分布範囲とよく対応した。また、 $400 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ の等量線の分布パターンは 14°C の等温線のそれと対応した。

2 m層では表面と同様高温水域に鞭藻類の分布が多い。このことから、冬期においては鞭藻類は高温水(温排水)によって増殖が助長されているように推察される。

5 m層では鞭藻類の等量線の形状は前述の2層に比べると大きく変化した。鞭藻類の多い水域は湾中央部南岸と湾奥部北岸の水域に位置し、温排水との関連は明らかではない。

かいあし類naupliusについては、本湾の冬期1月にはかいあし類の増殖盛期に該当する種は少ないようでnauplius幼体の出現度はきわめて低く、水温分布との関連性についての検討はできなかった。

本湾の水温の水平分布は前述のとおり、温排水塊、中川河川水塊、沖合水塊の消長によって左右されるが、これら3水塊の中心部にあたると思われるSt. 10, 6, 25の3点の8月および1月の各層の主要なミクロプランクトンの出現状況を第2表に示した。巨視的に温排水塊と中川河川水塊のミクロプランクトンの出現状況はやや類似したが、これらと沖合水塊とは明らかに組成や量に相違が認められる。とくに水塊の性格を良く表わすと思われる表層においては温排水塊の特性が現われ、珪藻類では出現種や量が他の2水塊より減少しており、また、鞭藻類はやや多量に出現しているのが認められた。

考 察

温排水の拡散分布には地形、気象(風)、潮汐、河川の流量などの要因が複雑に作用する。これについては物理的な側面から新田⁵⁾、平野⁶⁾、坂本⁴⁾などの多くの研究がある。また電力中央研究所では和田⁴⁾を中心に温排水拡散と冷却に関して主として数値シミュレーションの方法によって研究がなされている。これらの研究から、ある条件下での温排水拡散の予測は可能になってきた。しかしながら、これらの計算結果は条件設定の制約、計算のための格子点間隔のとり方などから考えると複雑な流動現象を把握するには十分とはいえず、現実からややはずれる場合があるようにもうかがわれる^{3,7)}。

本湾における毎月の水温水平分布をみると温排水の分布は前述の3水塊(温排水塊、中川河川水塊、沖合水塊)の消長によって左右される。とくに、このような半閉塞的な湾では潮汐によるこれら水塊の混合過程によってその分布パターンは大きく変化する。今回の調査ではこの点を追究するだけの手段を講じ得なかつ

たが、本湾の潮時による温排水の分布は上げ潮時には北方向に向い、下げ潮時に北東方向に広がる傾向がうかがわれた。このことは矢野⁸⁾によっても紹介されている。

水温とミクロプランクトンの水平分布との比較検討の結果、温排水の分布域と推察される高温域では珪藻類とかいあし類naupliusが顕著に減耗した。また鞭藻類は8月にははまち養殖場周縁の富栄養域と推察される3~5m層を中心に濃密に分布し、他方、高温域にも多く分布していた。1月の鞭藻類の分布は8月と異なり温排水分布域の高温域のみに多量分布した。このことから、温排水は珪藻類やかいあし類の幼体などには増殖その他に負の影響を与え、鞭藻類（とくに*Ceratium furca*）にはその集合または増殖に効果ある影響を与えているのではないかと推察される。

植物プランクトンにおいて、一般に水温変化が光合成におよぼす影響は高温に向う場合に顕著であり、とくにある温度以上で突然光合成の不可逆的低下が見られる⁹⁾。また種類によってはその増殖適温や熱障害の起る温度は異なることが認められている^{1,10)}。したがって、温度上昇によってその増殖が促進される種と増殖が阻害されるものとが現われる。これらについて、前者は鞭藻類が、後者は珪藻類が相当すると推察される。

本湾では鞭藻類の分布が多い水域は珪藻類の分布が少ない水域になっており、両者間に興味ある分布の関係がうかがわれる。

排水口付近の各層採水は乱流のたの危険であり実施しなかったが、8月の表面水にはミクロプランクトンが多かった。これらは珪藻類 $128 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 、鞭藻類 $6 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 、絨毛虫類 $1 \times 10^3 \text{ cells} / 30 \text{ l}$ 、かいあし類nauplius $2 \times 10^3 \text{ individuals} / 30 \text{ l}$ が計数され、温排水の拡張域のそれと比較して多かった。なお、この地点の水温は31℃であった。このように排水口付近にミクロプランクトンが多い理由については、塩水くさびによって下層から運ばれてきたものか現在のところ不明である。

珪藻類やかいあし類幼体の高温域における減耗、また同水域における鞭藻類の増大がどのような機構によって生じているか今後の研究にまたねばならない。

要 約

尾鷲湾における水温とミクロプランクトンの分布について検討した結果、つぎのような知見を得た。

本湾の水温分布は温排水塊、中川河川水塊、沖合水塊の消長によって左右される。

ミクロプランクトンの1973年8月から翌年7月までの優占種とその消長が判明した（第1表）。

温排水の分布域と推察される高温域では珪藻類やかいあし類naupliusは顕著に減耗しているのが認められた。

鞭藻類は8月には、はまち養殖場周縁の富栄養域と推察される水域の3~5m層を中心に濃密に分布したが、高温域にも多かった。1月の分布は8月と異なり、温排水の分布域と思われる高温域にのみ多量に分布した。

以上のことから、温排水は珪藻類やかいあし類naupliusには増殖や生存に障害を与え、鞭藻類（とくに*Ceratium furca*）にはその集合または増殖に効果ある影響を与えているのではないかと推察された。

文 献

- 1) 井上裕雄, 1972: 温排水の量と拡がりの影響. 日本の公害と科学, (4) 15~21, 日本科学者会議.
- 2) 落合弘明, 1973: 温排水. 科学, 43 (7), 427~435.
- 3) 松川康夫, 1974: 温排水に関する従来の物理的研究と今後の課題. 日本水産学会春季大会講演要旨集, 240.

- 4) 日本水産資源保護協会, 1973: 水産生物と温排水. 水産研究叢書, 25, 158 pp.
- 5) 新田忠雄, 1963: 海洋域における工場排水の希釈と拡散について. 用水と排水, 5 (6), 416~422.
- 6) 平野敏行, 1971: 閉鎖的の海灣における温排水拡散分布の考察. 水産海洋研究会報, 18, 72~74.
- 7) 小野 周, 1974: 熱汚染. 科学, 44 (2), 110~116.
- 8) 矢野雄幸, 1969: 点状連続源の拡散定常解と海域への応用. 用水と排水, 11 (6), 460~465.
- 9) 西條八束他, 1973: 海洋化学, 285~366, 東海大学出版会, 東京.
- 10) 安楽正照, 1974: 温排水とプランクトン. 日本プランクトン学会報, 21 (1), 1~31.

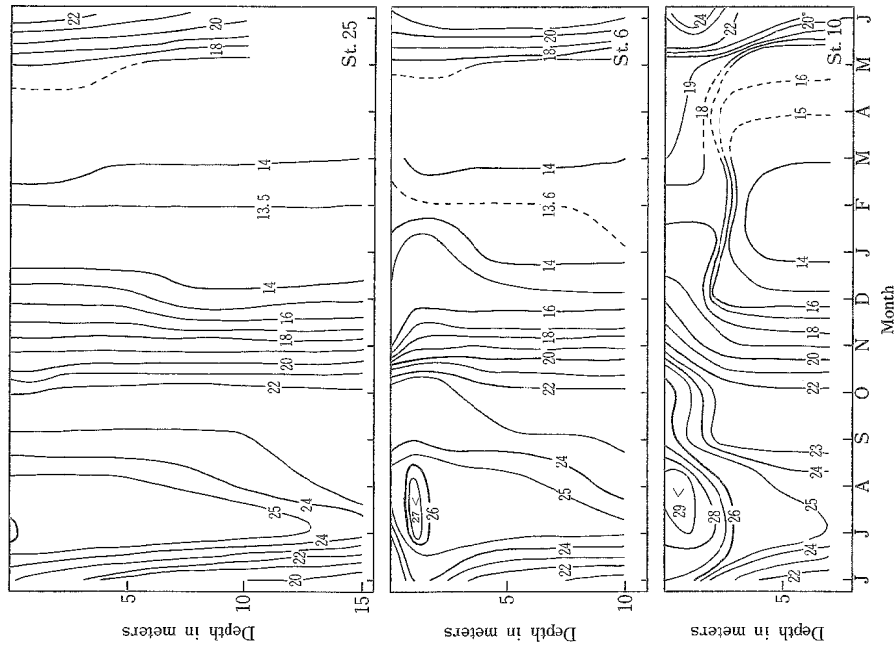


Fig. 2. Annual observed cycle of the isotherms ($^{\circ}\text{C}$) in the representative stations of three water-masses (Oceanic water: St. 25, Naka River water: St. 6, Warm cooling water: St. 10) from January 1973 to July '74.

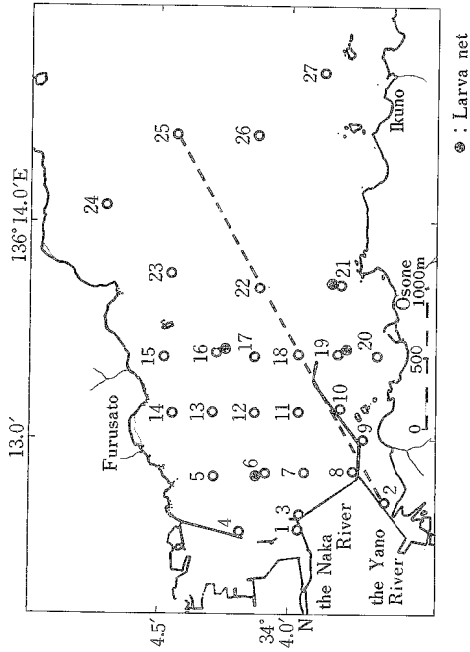


Fig. 1. Distribution of the stations of oceanographic observation in Owase Bay.

⊙ : Larva net

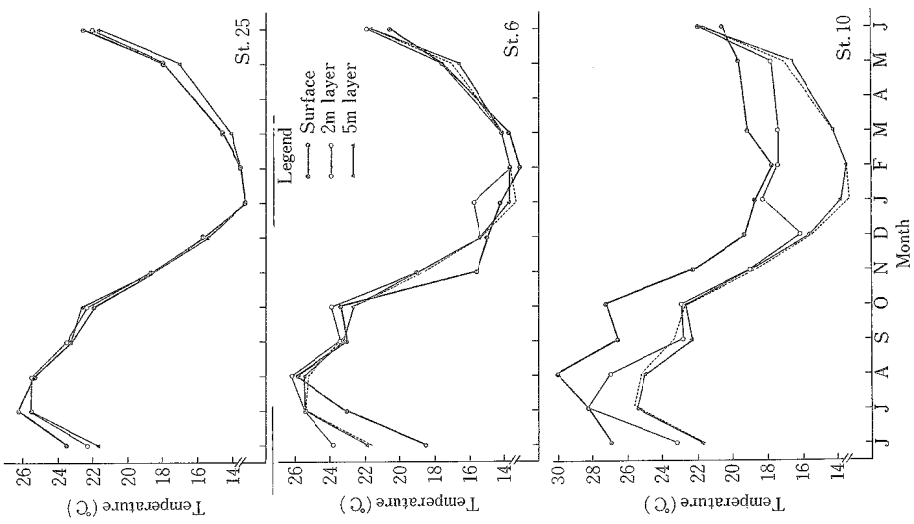


Fig. 3. Seasonal variation of temperature at different depths in the representative stations of three water-masses. Dotted lines in the St. 6 and St. 10 show temperature at the 5m depth layer in St. 25.

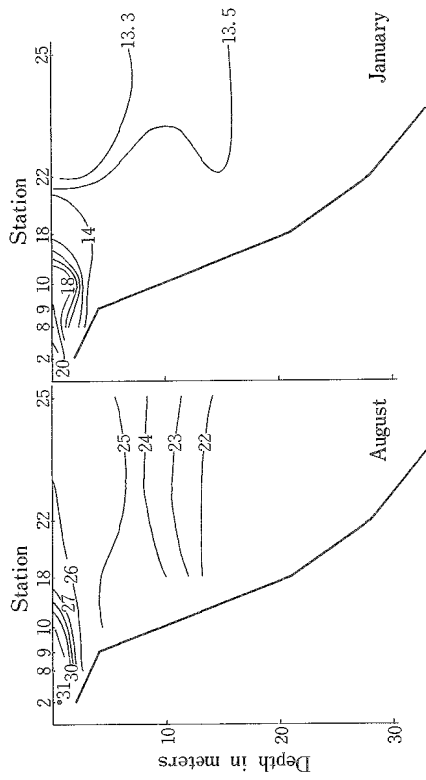


Fig. 4. Vertical distributions of the temperature ($^{\circ}\text{C}$) in a vertical section from St. 2 to St. 25 in August 1973 and January '74.

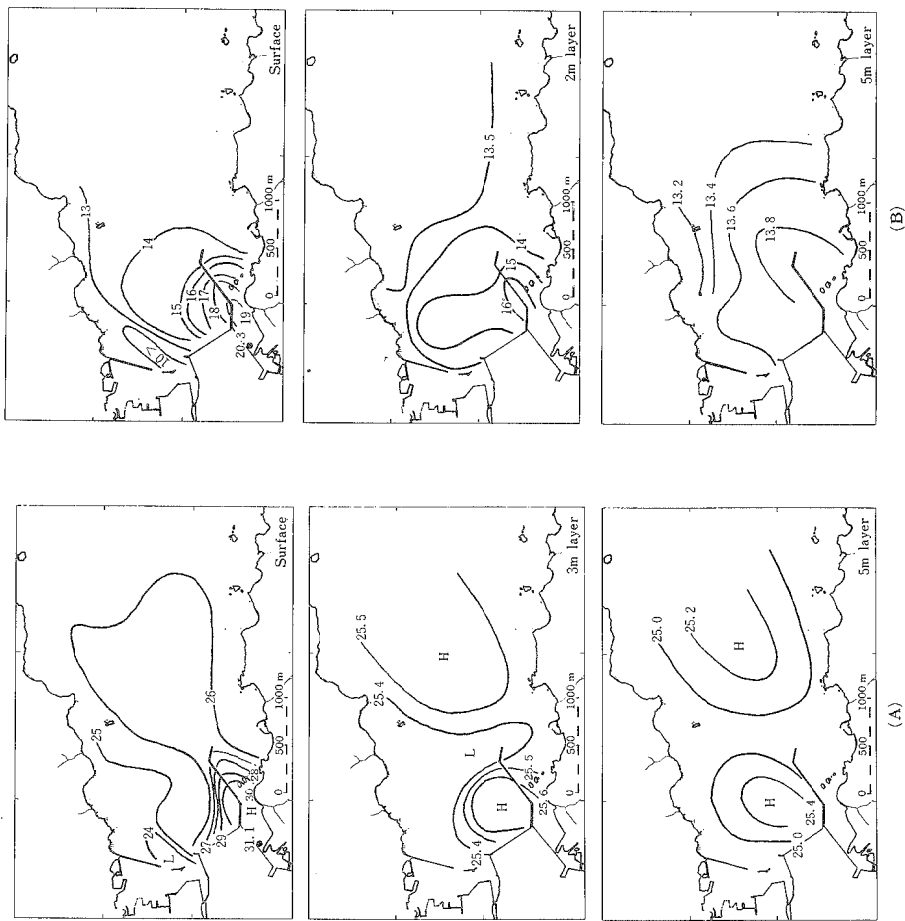


Fig. 5. Horizontal distributions of the temperature ($^{\circ}\text{C}$) in August 1973 and January '74.

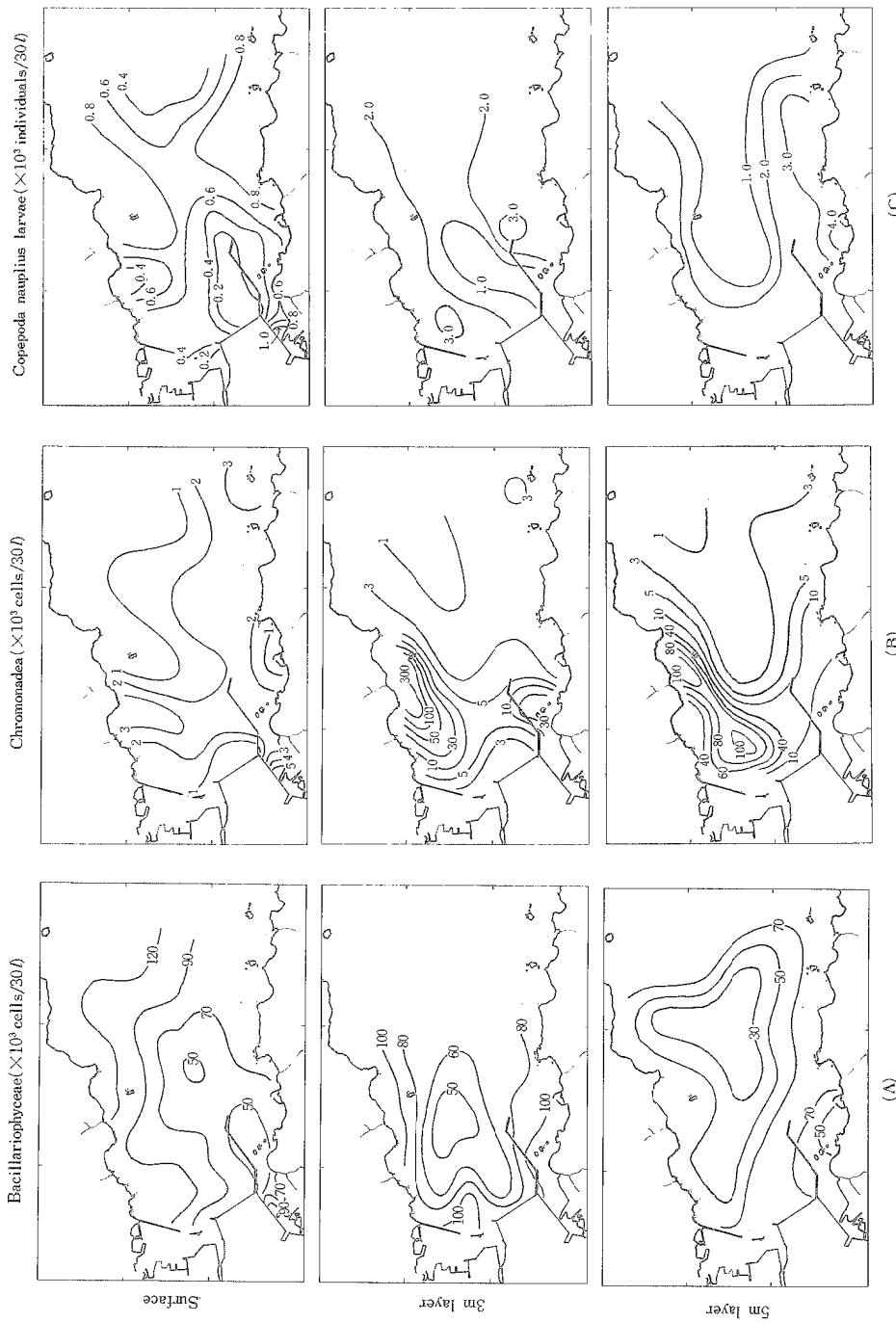


Fig. 6. Horizontal distributions of the three representative groups of microplankton in August 1973.

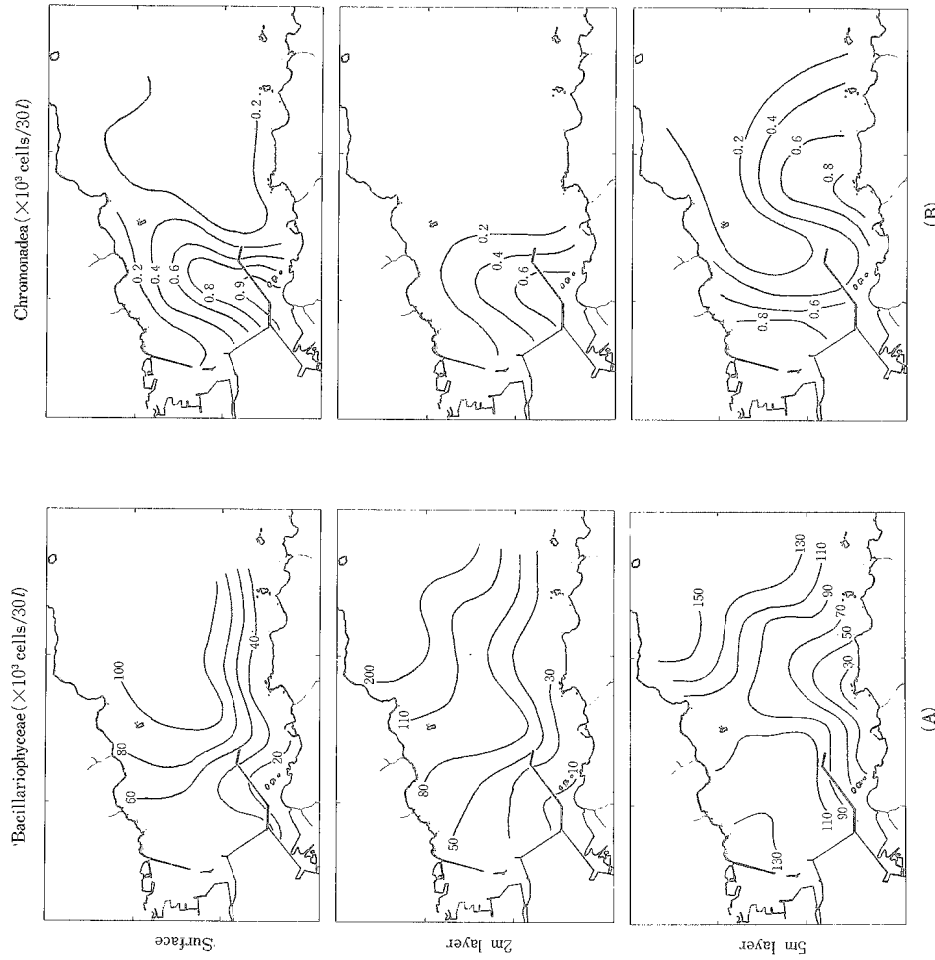


Fig. 7. Horizontal distributions of the two representative groups of phytoplankton in January 1974.

Table 1. Seasonal variations of microplankton species and abundant individuals during the period from August, '73 to July, '74 in Owase Bay.

Orders	Number of species								
	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Mar.	May	July
Bacillariophyceae	31	32	52	51	21	43	46	10	42
Chromonadea	13	4	4	3	2	3	5	7	12
Ciliata	16		7			2	5	6	8
Radiolaria	1								
Foraminifera	2								
Rotatoria	1								1
Cladocera	3						1	2	3
Copepoda	3	3	2	3	2	1	2	4	6
Copelata									1
Plankton larvae	1	1	3	3	2	2	3	4	5

Abundant species									
<i>Skeletonema costatum</i>			⊙	⊙	⊙	○			⊙
<i>Thalassiosira rotula</i>				○					
<i>Bacteriastrium varians</i>	○								
<i>Chaetoceros decipiens</i>				⊙		⊙			
<i>C. radicans</i>							○		
<i>C. affinis</i>						⊙			
<i>C. affinis v. willei</i>	⊙								
<i>C. compressus</i>		○	○						
<i>C. lorenzianus</i>				○					○
<i>C. debilis</i>						⊙			○
<i>C. didymus</i>						○			○
<i>C. curvisetus</i>						○			
<i>C. vanheurckii</i>							○		
<i>Leptocylindrus danicus</i>									○
<i>Eucampia zoodiacus</i>						○	○		
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>							○		
<i>Asterionella japonica</i>			○			○	○		
<i>Nitzschia seriata</i>			⊙	○				○	○
<i>N. closterium</i>			○						
<i>Noctiluca scintillans</i>								○	○
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	○								
<i>Peridinium</i> sp.	○								
<i>Ceratium furca</i>	⊙	○							
<i>C. fusus</i>	○							○	○
Copepoda nauplius	○							○	○
Balanus nauplius								○	
Polychaeta larva								○	

⊙: Most abundant species

○: Abundant species

Table 2. Occurrence of the important microplankton species at the representative stations of the three water-masses (Warm cooling water, Naka River water, Oceanic water) in August 1973 and January '74.

Unit: $\times 10^3/30l$

Species	August, 1973									January, 1974								
	St. 10 Warm cooling water			St. 6 Naka River water			St. 25 Oceanic water			St. 10 Warm cooling water			St. 5 Naka River water			St. 25 Oceanic water		
	0	3	5m	0	3	5m	0	5m	0	2	5m	0	2	5m	0	2	5m	
<i>Skeletonema costatum</i>									4.7			6.8	11.8	6.6	11.5	1.8	6.3	
<i>Leptocylindrus danicus</i>							0.6									1.8		
<i>Guinardia flaccida</i>							0.2	0.2										
<i>Corethron hystrix</i>							0.3					0.4			1.8	2.2		
<i>Lauderia borealis</i>			0.5		0.5			0.6						1.9		2.2		
<i>Thalassiosira rotula</i>								0.4	1.0	0.4	2.3	2.7	1.0	10.4	8.8	14.9	7.1	
<i>Coscinodiscus radiatus</i>											0.2				0.2		0.4	
<i>C. asteromphalus</i>															0.4			
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>																	0.7	
<i>R. setigera</i>														0.2		0.5	0.2	
<i>R. fragilissima</i>								0.6										
<i>R. imbricata</i>					0.3													
<i>R. styliformis</i>								0.2										
<i>R. alata</i>		0.2			0.3			0.2										
<i>Bacteriastrum varians</i>	1.0	4.4	4.0	1.8	3.3	3.8	7.5	5.3	0.6	0.9	7.7			6.2	10.6	4.5	6.9	
<i>Chaetoceros eibonii</i>											0.4			1.5	0.8	3.0	0.9	
<i>C. decipiens</i>									4.0		7.5	5.1	5.2	32.2	23.8	15.9	24.4	
<i>C. lorenzianus</i>											1.2	1.0	0.4	3.7		8.4	2.8	
<i>C. didymus</i>									0.8		0.8	1.2	0.4	2.3	1.9	2.9	1.1	
<i>C. affinis</i>									2.7	3.7	22.7	14.1	19.2	49.0	58.6	46.7	42.3	
<i>C. curvisetus</i>													1.0		3.7	11.3	1.0	
<i>C. debilis</i>									2.7	2.8	22.1	18.0	7.4	96.1	70.2	48.1	26.3	
<i>C. affinis v. willei</i>	32.3	114.6	53.5	94.1	122.1	28.2	136.7	110.2										
<i>Biddulphia sinensis</i>													0.2					
<i>Streptotheca thamesis</i>								0.6										
<i>Ditylum brightwellii</i>									0.2							0.5	0.7	
<i>Asterionella japonica</i>					1.3						7.7		2.4	5.4	1.0	0.7	3.7	
<i>Eucampia zoodiacus</i>									0.2	1.1	0.6	1.9	0.4	1.2	1.0	6.1	8.6	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0.6	0.4		1.7	0.8	0.5		2.8			1.2				1.5			
<i>Licmophora abbreviata</i>					0.3													
<i>Nitzschia seriata</i>									0.7	0.2	0.2	0.2		3.9	5.0	8.0	1.3	
<i>Distephanus speculum</i>	0.2				0.3													

Table 2. - (Cont'd)

Species	Layers	August, 1973									January, 1974								
		St. 10 Warm cooling water			St. 6 Naka River water			St. 25 Oceanic water			St. 10 Warm cooling water			St. 5 Naka River water			St. 25 Oceanic water		
		0	3	5m	0	3	5m	0	5m	0	2	5m	0	2	5m	0	2	5m	
<i>Dinophysis</i>																			
<i>homunculus</i>			0.2																
<i>Phyrophacus</i>																			
<i>horologicum</i>			0.2																
<i>Peridinium</i> spp.		4.4	3.1	2.5	0.7	1.5	4.3	0.4			0.2		0.2		0.8	0.2			
<i>Ceratium furca</i>		1.8	35.3	5.0	1.2	3.1	151.9	0.3		1.2	0.4	0.4	0.2	0.2	1.5				
<i>C. fusus</i>			0.7	4.5	0.5				0.2										
<i>Tintinnopsis</i>																			
<i>radix</i>			0.4																
<i>T. beroidea</i>										0.2				0.2		0.2			
<i>T. aperta</i> ?				0.5	0.3														
<i>Codonellopsis</i> sp.								0.2											
<i>Helicostomella</i>																			
<i>longa</i>						0.3													
<i>Favella azorica</i>							0.3												
<i>Amphorella</i>																			
<i>quadrilineocta</i>							1.3												
<i>A. brandii</i>				0.3		0.3	0.3												
<i>A. acuta</i>			0.7																
<i>Tintinnus</i>																			
<i>lusus-undea</i>			0.4			0.3													
<i>T. tubulosus</i> ?								0.2											
<i>Globigerina</i>																			
<i>bulloides</i>			0.2																
<i>Penilia</i>																			
<i>schmackeri</i>			0.2																
<i>Paracalanus</i>																			
<i>parvus</i>			0.9	0.5		0.5													
<i>Oithona</i>																			
<i>nana</i>				0.5		0.3	0.3												
<i>Euterpina</i>																			
<i>acutifrons</i>						0.3	0.3												
Copepoda																			
<i>nauplius</i>		0.3	1.3	2.2	0.5	2.6	1.8	1.1						0.2	0.4	0.2			