富山湾における植物プランクトン群集の季節的消長

誌名	日本海区水産研究所研究報告 = Bulletin of Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory
ISSN	00214620
著者名	谷口,旭 中島,羊二 鈴木,利一 平川,和正 今村,明 池田,勉
発行元	水産庁日本海区水産研究所
巻/号	47号
掲載ページ	p. 33-55
発行年月	1997年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

AgriKnowledge

日水研報告，(47) ：33-55，1997.
Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst., (47) ：33-55, 1997

富山湾における植物プランクトン群集の季節的消長

谷口　旭[1)]・中島羊二[2)]・鈴木利一[3)]・平川和正[4)]・今村　明[5)]・池田　勉[6)]

Seasonal Variations in the Phytoplankton Assembly in Toyama Bay, Southern Japan Sea

Akira TANIGUCHI[1)], Yoji NAKASHIMA[2)], Toshikazu SUZUKI[3)], Kazumasa HIRAKAWA[4)]
Akira IMAMURA[5)], and Tsutomu IKEDA[6)]

Abstract

This paper describes the seasonal variations in abundance and species composition of the phytoplankton assembly in Toyama Bay, southern Japan Sea. Samples were obtained by a series of vertical hauls (0-500 m depth) with a 0.10 mm mesh net at intervals of 2-4 weeks over a full one year period from February 1990 through January 1991. Total cell counts of the phytoplankton assembly including diatoms, dinoflagellates and silicoflagellates (dominant in this order) were higher from late autumn to spring and lower in summer. The annual maximum (1.6×10^6 cells/m^3) occurred in Jaunary and the annual minimum (1.2×10^3cells/m^3) in June. Diatoms (mostly centric species) and silicoflagellates were less frequently observed in summer, when dinoflagellates predominantly occurred forming their seasonal peak. Diatoms were composed of both warm-water and cold-water species, in addition to the dominant cosmopolitan neritic species. Several diatoms were capable of forming blooms from winter (January) to early spring (March) in Toyama Bay. Of these diatoms, the cold oceanic species such as *Chaetoceros atlanticum* and *C. decipiens* seem to be derived from the "Deep-Water" (< 1 ℃, 34.05-34.10 PSU) which spreads broadly over the entire Japan Sea.

Key words : cold oceanic species, "Deep-Water", diatoms, phytoplankton assembly, seasonal variations, Toyama Bay

1997年1月13日受理　日本海区水産研究所業績A第510号
[1)] 〒981　仙台市青葉区堤通雨宮町1-1　東北大学農学部
(Faculty of Agriculture, Tohoku University, Aoba-ku, Sendai 981, Japan)
[2)] 〒004 札幌市厚別区下野幌テクノパーク 1-2-14 エコニクス（株）
(Econixe, Co. Ltd., Shimonohoro, Atsubetsu-ku, Sapporo 004, Japan)
[3)] 〒852　長崎市文教町1-14 長崎大学水産学部
(Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Bunkyo-cho, Nagasaki 852, Japan)
[4)] 〒951　新潟市水道町1丁目5939-22　日本海区水産研究所
(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951, Japan)
[5)] 〒936　富山県滑川市高塚249　富山県沿岸漁業振興公社
(Toyama Prefectural Fish-Farming Center, Takatsuka, Namerikawa 936, Japan)
[6)] 〒041 函館市港町3丁目1-1　北海道大学水産学部
(Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho, Hakodate 041, Japan)

緒　　言

富山湾は北東に広く開口した日本海南部に位置する大湾で，上層は周年に亘って対馬暖流の影響下にあり，特に対馬暖流の勢力が強勢となる夏から秋には直接的な影響が現れる(HIRAKAWA *et al.* 1992)．また，富山湾は急深な海底であるために，下層を通じて北西沖合から日本海固有水“Deep Water”(水温：＜1℃，塩分：34.05～34.10)が恒常的に拡がっている．従って，同湾における水柱中の植物プランクトン群集の種組成および現存量は，基本的には沿岸水域の性格を有するものの，湾外から対馬暖流水と日本海固有水の異水塊の影響を受け，その影響の季節変化に応じて顕著な季節的消長を示すものと考えられる．しかしながら，その研究例は未だなく，そして，同湾をはじめとする日本海沿岸域においても植物プランクトン群集は春季にブルーミングを起こすとはいわれているが，その実態を観察した例もほとんどない(NAGATA 1993)．

本研究では，特徴ある海洋学的条件をもつ富山湾において，暖水性，冷水性，あるいは沿岸性，さらに外洋性といわれている植物プランクトンがどのような季節的消長を示すのかを明らかにすることを目的とした．そのような知見は，将来植物プランクトン群集の種遷移を調査することによって，同湾を含む日本海沿岸域における水塊の季節変化や交替および環境収容力を評価するときの有力な基礎知見になると考えられる．

本文に先立ち，標本の採集にご協力戴いた富山県水産試験場調査船“立山丸”の船長並びに乗組員の方々に御礼申し上げます．また，本論文のご校閲を戴いた日本海区水産研究所黒田一紀海洋環境部長に深く心より感謝の意を表する．

材料と方法

本研究に供した標本は，富山湾湾央部の水深約1000 mのところに設定した定点(37° 00 'N, 137° 14'E)(Fig. 1)において，1990年2月1日から1991年1月30日にかけて，2～4週間毎に24回の採集によって得た．採集方法は網目の大きさが異なる(0.10 mmおよび0.35 mm)二つのネットからなる双子型ノルパックネット(口径：45 cm，濾過部の側長：180 cm)による，水深500 mから表面までの鉛直曳採集である．1回につき2本得た標本のうち，本研究に供した標本は0.10 mmメッシュのネットによる採集物である．これらの採集標本は，現場で10%中性ホルマリン海水で固定した後に日本海区水産研究所(新潟)に輸送し，そこで1/4と3/4の2本のサブサンプルに分割した．このうちの1/4サブサンプルを本研究に用いた．因みに，同時に得た0.35 mmメッシュ・ネットによる採集標本は動物プランクトン各種の査定・計数に用いた(HIRAKAWA *et al.* 1992など)．

本調査期間中の海洋学的条件等については，HIRAKAWA *et al.* (1992)およびHIRAKAWA and IMAMURA(1993)に記載されている．

検鏡については以下の方法によった．初めに1/4サブサンプル全量をメスシリンダーに移し，その容積を正確に測定した．次に，細胞数により変化するが，その一部，多くの場合は1 mlまたは0.5 mlを正確に分取してガラス製検鏡チャンバー(谷口 1986)に移し，12時間以上静置してプランクトンを沈澱させたものを検鏡した．検鏡には倒立型顕微鏡(OLYMPUS CK)を用いた．基本的には，接眼 10×と対物 20×のレンズを用いてチャンバーの全底面を検鏡し，種の同定および細胞数の計数を行った．ただし，細胞数が極めて多い種の場合には，チャンバー底面積の1/10を検鏡した．

この検鏡による計数データと，ネットに取り付けられた濾水計による濾水量のデータから，海水1㎥当たりの細胞数を求めた．なお，同定された種は珪藻，渦鞭毛藻および珪質鞭毛藻に属するものであった．

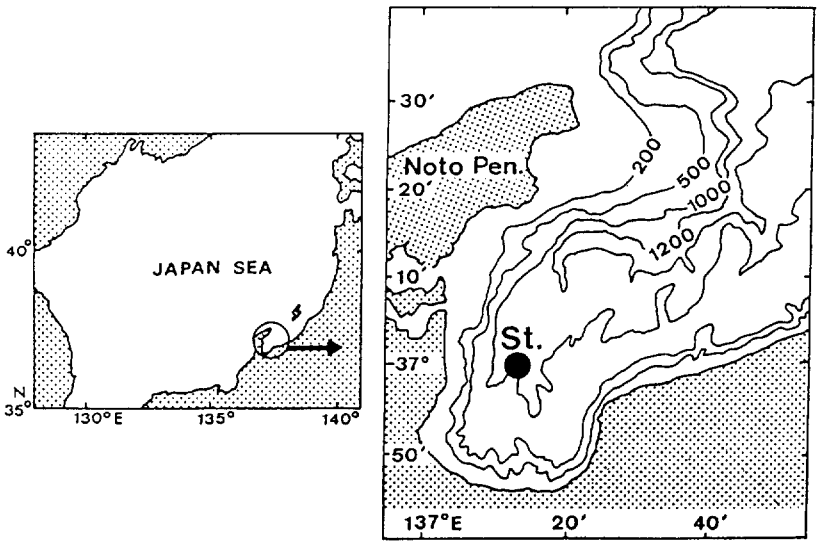

Fig. 1. Map showing the location of Toyama Bay (left), and position of the present sampling station in the central part of Toyama Bay (right). Bathymetric contours (200, 500, 1000 and 1200 m) in Toyama Bay are also shown.

結果および考察

1　植物プランクトン種数の季節変化

1990年2月1日から1991年1月30日までに24回のサンプリングで認められた植物プランクトンは，種まで分類同定できなかったものを含めて122分類群であった．その内訳は珪藻(diatoms)76種，渦鞭毛藻(dinoflagellates)44種，珪質鞭毛藻(silicoflagellates) 2種であった．これらのうち，115種は種のレベルまで分類同定できたが，残り7群は属レベルまでの同定しかできなかった．さらに，種まで同定された115種の内訳は珪藻70種，渦鞭毛藻43種，珪質鞭毛藻2種であった(Appendix 1)．1サンプル中の出現種数が最小だったのは，1990年6月3日の17種で，最大は1990年12月5日の58種であった(Fig. 2)．

2　植物プランクトン細胞数密度の季節変化

植物プランクトンの総細胞数(珪藻，渦鞭毛藻，珪質鞭毛藻の合計)(Fig. 3)は，最小1.16×10^3 cells/㎥(1990年6月15日)から最大1.60×10^6 cells/㎥(1991年1月16日)の範囲で変化し，全体的に夏に少なく晩秋～春に多かった．採集方法が500 mから表面までの鉛直曳であったので，植物プランクトンの主分布層である表層水柱中の細胞数密度として表される通常の値に比べて，本研究の結果はかなり過小評価されているものと考えなければならない．

全体的にみれば，珪藻，渦鞭毛藻，珪質鞭毛藻の3分類群の優占順位は，種数および細胞数のいずれで見てもこの順で高く，珪藻の中では中心目(Centrales)のものが多かった(Fig. 4)．

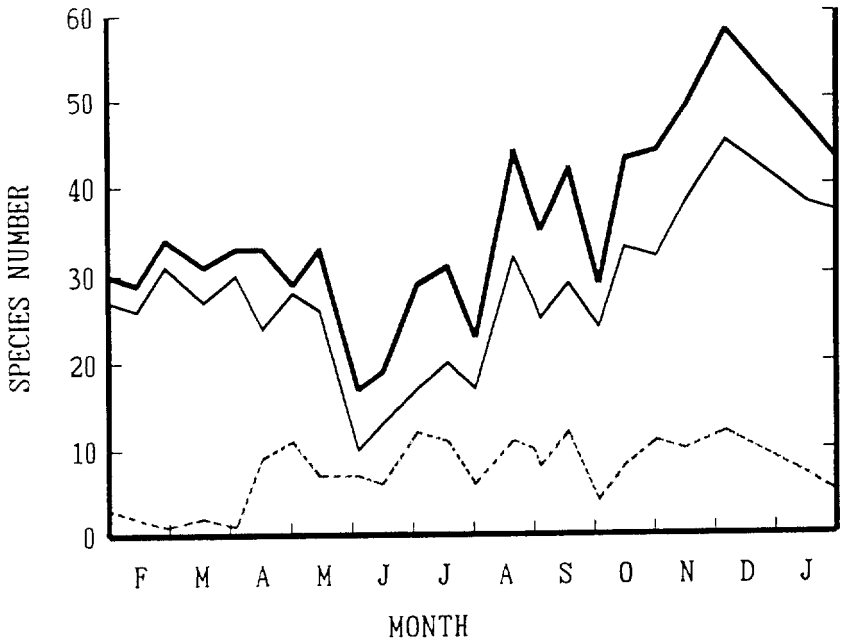

Fig. 2. Seasonal variation in the species number of total phytoplankton assembly (bold line) including diatoms (solid line) and dinoflagellates (dotted line) which were dominated in this order in Toyama Bay observed during the period from February 1, 1990 to January 30, 1991.

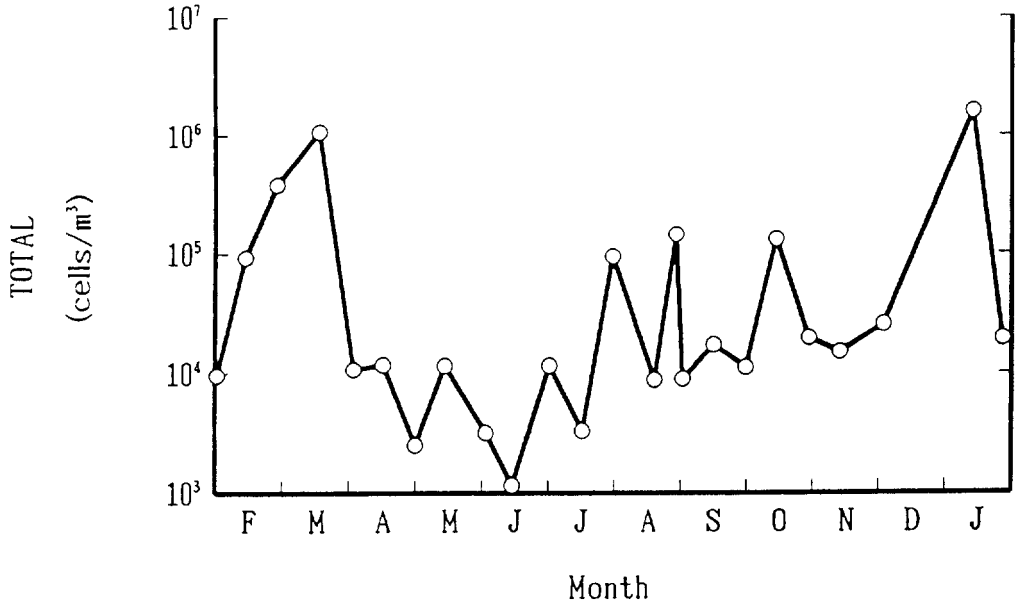

Fig. 3. Seasonal variation in the total number of phytoplankton cells m^{-3} including diatoms, dinoflagellates and silicoflagellates in Toyama Bay observed in the period from February 1, 1990 to January 30, 1991.

ただし，1990年６月３日には渦鞭毛藻が最も優占し，また，1990年５月１日，６月15日，10月２日および11月１日には，珪藻の中で中心目よりも羽状目(Pennales)が優占した．３分類群組成の季節変化を要約すると，珪藻は春と晩秋に多くて夏に少ない傾向があり，反対に渦鞭毛藻は夏から冬にかけて多い傾向がみられた(Fig. 4)．他方，珪質鞭毛藻は珪藻と同様に春と晩秋に多かったが，春から夏には全く出現しなかった．しかし，このことは，必ずしも珪質鞭毛藻自然群集の季節変化を示しているとは限らない．なぜならば，この分類群の細胞サイズは100 μm以下なので，0.10 mmメッシュネットで採集された本サンプルに出現した細胞は，例えば珪藻が大量に採集されたときにはネットの目詰まりが起こった結果として採集されたものであり，反対に自然プランクトン群集中に珪質鞭毛藻が存在していたとしても，全プランクトン量が少ないときには，珪質鞭毛藻はネット地網目から抜け出したためにサンプル中に採集されなかった可能性が考えられるからである．

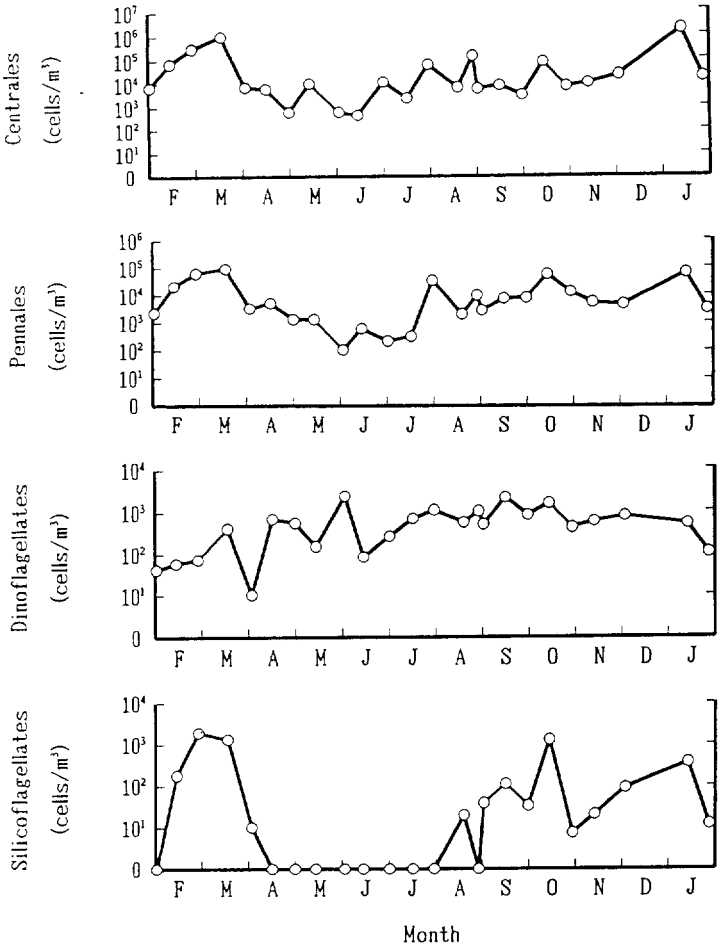

Fig. 4. Seasonal variations in the number of cells m^{-3} of centric (top) and pennate (second top) diatoms, dinoflagellates (second bottom) and silicoflagellates (bottom) in Toyama Bay observed during the period from February 1, 1990 to January 30, 1991. Cell number is expressed on a logarithmic scale.

3　地理学的分布特性による出現種の類型区分

種のレベルまで同定が可能であった115種については，主に山路(1966)，丸茂ほか(1966)を参考にして，その地理学的分布特性を判定した．その結果に基づき，分布特性が明らかな種を次のように5群に類型区分した．

①暖水性外洋種(Warm Oceanic Species：以下WO種と記す)
②暖水性沿岸種(Warm Neritic Species：以下WN種と記す)
③冷水性外洋種(Cold Oceanic Species：以下CO種と記す)
④冷水性沿岸種(Cold Neritic Species：以下CN種と記す)
⑤そ　の　他(Other species：分布域が広いコスモポリタン種，あるいは分布を特定できない種および種の同定ができなかった種)

全植物プランクトン群集を珪藻類と渦鞭毛藻類とに分けて，各グループ中の5群の組成を，種数および細胞数による比率で示した(Figs. 5, 6)．ただし，次にあげる種とその変種(Variety)や品種(Forma)は，それらを合せて1種として計算した．

*Bacteriastrum comosum*と*Bacteriastrum comosum* v. *hispida*
*Chaetoceros affine*と*Chaetoceros affine* v. *circinale*
*Chaetoceros didymum*と*Chaetoceros didymum* v. *anglica*
*Rhizosolenia alata*と*Rhizosolenia alata* f. *indica*
*Ceratium carriense*と*Ceratium carriense* v. *volans* f. *ceylanicum*
*Ceratium fusus*と*Ceratium fusus* v. *seta*
*Ceratium gibberum*と*Ceratium gibberum* f. *sinistrum*
Ceratium lunula f. *brachyceros*と*Ceratium lunula* f. *megaceros*
*Ceratium macroceros*と*Ceratium macroceros* v. *gallicum*

(1)　珪藻群集

珪藻の分布類型(Fig. 5)のうちOthersが多い月は1990年2～3月，6～7月，1991年1月であった．このうち2～3月に卓越したOthersの種は，コスモポリタン種の*Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum*, *Talassionema nitzschioides*で，6～7月にはこの3種に加えて*Rhizosolenia alata*も多く，1月には専ら*Skeletonema costatum*が卓越した．その他の月では，WOおよびWN種が多く，総細胞数ではWN種が目立ち，そして種数ではWO種がかなり多かった．これは，対馬暖流がWO種を多数運んで来るものの，それらは沿岸性環境を保持する富山湾では増殖できず，富山湾で増殖できるのはWN種であることを示していると考えられる．

一方，COおよびCN種の割合は周年小さく，特にCN種が少ないことが明らかになった．これらのうち，CO種は沖合の冷水塊に起源し，またCN種は韓国東岸の沿岸水に起源したものと想定されるが，それらはそれぞれ富山湾の深層で連なる日本海固有水を通じて，あるいは対馬暖流と混合した韓国沿岸水によって輸送されてきたものと考えられる．これらの二通りのルートのうち富山湾において実現性がより高いものは，沖合の日本海固有水からのルートであると考えられ，このことが，CO種に比較してCN種が少なかった理由であると推測される．また，細胞数比でもCO種の比率が高くなることは，この推測が妥当であることを支持すると考えられる．

(2)　渦鞭毛藻群集

渦鞭毛藻は珪藻に比べて細胞数が少ないため，一定した傾向があるとは言い難いが，富山湾の渦鞭毛藻群集には周年CO種が出現しないという傾向は極めて特徴的であった(Fig. 6)．

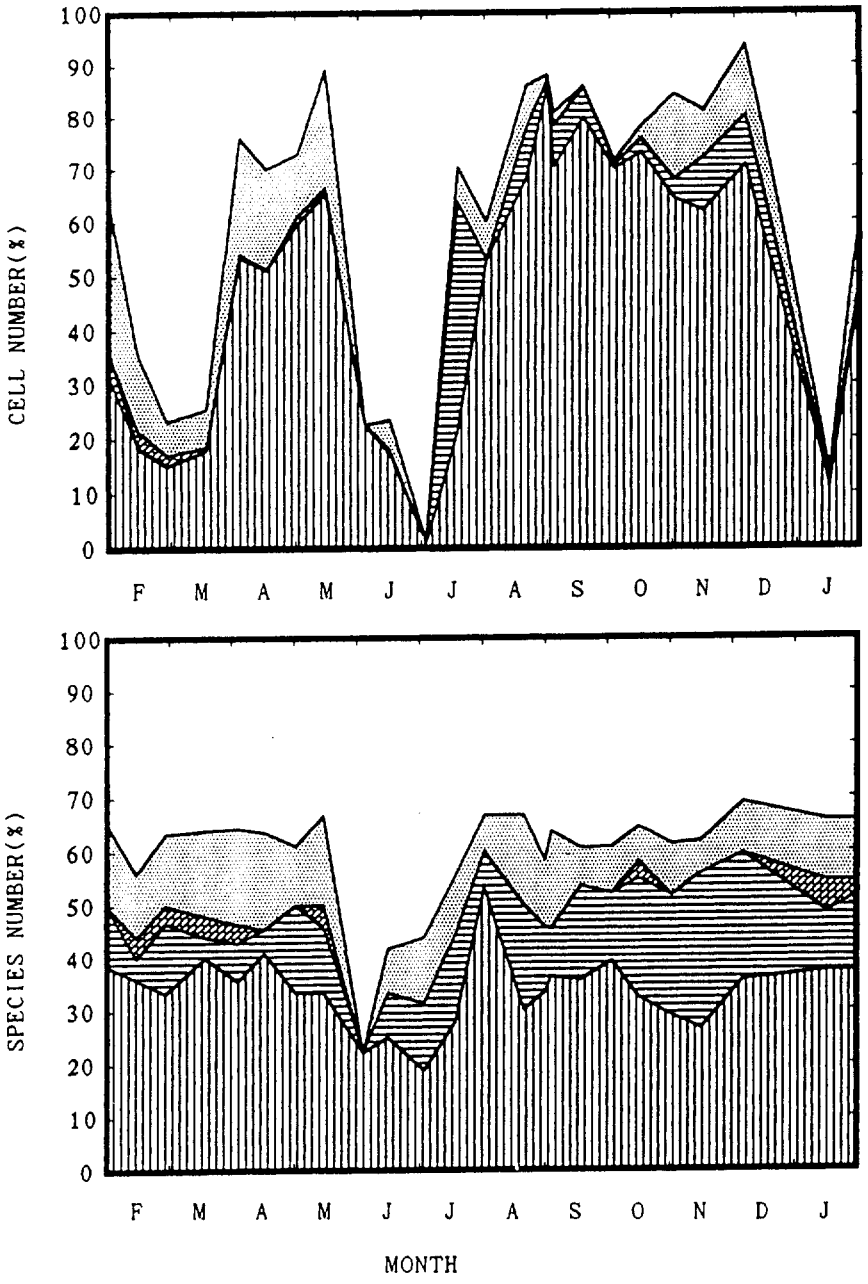

Fig. 5. Seasonal variations of the distributional group composition by number of cells (top) and by number of species (bottom) of the diatom populations. Distributional groups are from top to bottom: Other Species (white), Cold Oceanic Species (dot), Cold Neritic Species (mesh), Warm Oceanic Species (horizontal line) and Warm Neritic Species (vertical line).

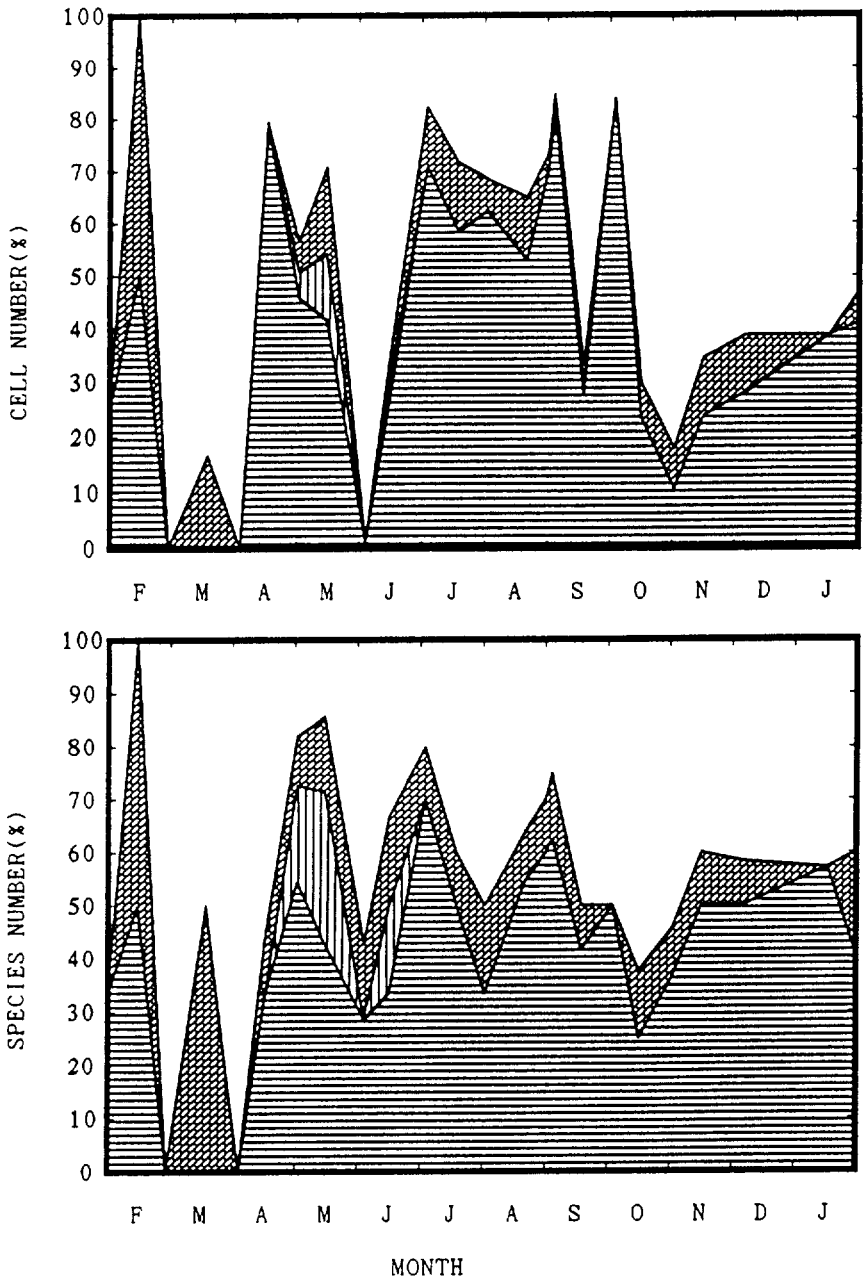

Fig. 6. Seasonal variations of the distributional group composition by number of cells (top) and by number of species (bottom) of the dinoflagellate populations. Distributional groups are from top to bottom: Other Species (white), Cold Neritic Species (mesh), Warm Neritic Species (vertical line) and Warm Oceanic Species (horizontal line).

このことは，日本海沖合の固有冷水中には元来渦鞭毛藻の冷水性外洋種がほとんど存在しないことによるものであり，富山湾の渦鞭毛藻群集に対して冷水性外洋水が何ら影響を与えていないということを示すものではない．また，渦鞭毛藻ではWN種よりWO種の方が種数，細胞数ともに多く，WN種は1990年4～6月にわずかに出現したにすぎなかった．この傾向もまた，珪藻の季節変化パターンとは違うものであった．ただし，WO種は1990年3月には，全く出現しなかった．

以上の結果は，渦鞭毛藻のうち沿岸性の主要種は，群体を形成しない小型球形の*Protoperidinium*や*Prorocentrum*などの種であるので，0.10 mmメッシュでは充分に採集されなかったことを反映している．本サンプル中に高い頻度で出現した主な渦鞭毛藻類は長大な突起を有する*Ceratium*属であり，これらは0.10 mmのネットでも充分捕集されたものと考えられる．従って，0.10 mmネット採集サンプルに基づく場合には*Protoperidinium*や*Prorocentrum*では正確に水塊判定はできないけれども，*Ceratium*属による水塊指標性は0.10 mmネット採集サンプルでは有効であるといえる．

4　季節変化の類型分け

本研究によって富山湾に出現する全植物プランクトン種は，その出現様式によって，周年出現種，春秋出現種，春夏出現種，冬春出現種，夏冬出現種，秋出現種，冬出現種，および稀少な種をsporadic種とし，合計8群に類型分けすることができた．以下にその例について述べる．

①周年出現種

*Thalassiothrix frauenfeldii*のように周年絶えず出現した種と，稀に出現しない日があってもほとんどの採集日にかなりの細胞数が出現したので，おそらく富山湾には周年分布していたであろうと判断される*Nitzschia seriata*や*Thalassionema nitzschioides*のような種を合わせてこのタイプとした．

このタイプには，細胞数密度の大きな優占種や沿岸性種が多数含まれる．その中には，冷水性外洋種である*Chaetoceros decipiens*や*Thalassiothrix longissima*も見られた．これらの種は沖合の冷水塊に起源すると考えられるが，果たして表層水の混合過程によって富山湾へ運ばれたものか，沖合冷水塊へと連なる富山湾の深層水を通じて分布してきたものであるのかの判定はできない．しかし，冷水性外洋種である*C. decipiens*が，対馬暖流を越えて反対側の富山湾に周年大量に出現したことは特筆に値する．

②春秋出現種

1990年2月から4月まで，および1990年8月から10月までに出現した種をこのタイプとした．

③春夏出現種

1990年2月から7月まで継続的に出現したが，他の月には極めて稀にしか出現しなかった種をこのタイプとした．

④冬春出現種

1990年4月から10月の期間を通じて，あるいはその期間のある月には出現しなかったが，その他の月にはかなり普遍的に出現した種をこのタイプとした．このタイプには冷水性種が多く見られた．優占種となったのは*Chaetoceros atlanticum*と*Odontella longicrurisの*2種であった．前者*C. atlanticum*は典型的な冷水性外洋種であり，沖合の冷水塊に起源したものと推測される．

⑤秋出現種

1990年8月から11月までに出現した種をこのタイプとした．

⑥夏冬出現種

1990年5月から1991年1月まで継続的に出現した種をこのタイプとした．このタイプには暖水性種が多く，細胞数密度の大きな優占種も5種含まれる．

⑦冬出現種

1990年12月から1991年1月の期間に出現が限られており，かつそのときの細胞数密度が大きかったものをこのタイプとした．このタイプには，冷水性種である*Chaetoceros debile*および*C. radicans*の2種が類別された．

⑧Sporadic出現種

比較的出現細胞数が少なく(10^4 cells/m^{3}以下)，散発的に出現した種をこのタイプとした．

5　優占種の季節的消長

本研究期間を通して，一度でも全植物プランクトン群集中の第1位から第3位までの優占種になった種の季節的消長を記す．珪藻類は属名と種小名のアルファベット順に記述した．渦鞭毛藻類の優占種は1種だけであった．

(1)　珪藻類

Bacteriastrum hyalinum (Fig. 7 top)

本種は，山路(1966)によれば，黒潮沿岸にきわめて普通とされ，丸茂ほか(1966)によれば，日本近海では黒潮域に広く分布する沿岸性種で，量も多いとされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾では，6月に一時的に姿を消したが，1990年4月中旬から1992年1月中旬まで出現した．これは，表層水温の上昇期(4～9月)から冷却期(10月～1月)に相当する．逆から見れば，本種は表層(表面から150～200 mまで)の海水が対流混合する最低水温期(2～4月初旬)には出現しなかったといえる．細胞数密度の最大値は1990年8月30日の3.51×10^4 cells/m^{3}であった．この採集日には第一優占種，また，9月3日には第二優占種となった．

Chaetoceros affine (Fig. 7 second top)

本種は，山路(1966)によれば，世界の海洋の沿岸内湾にきわめて広く分布するとされ，また，丸茂ほか(1966)によれば，分布は非常に広く，特に沿岸部に多量に出現する代表的暖水沿岸指標種とされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾では，1990年6月から7月の短期間を除き，周年出現していた．細胞数密度は高く，その最大値は1990年3月17日の2.61×10^4 cells/m^{3}であった．また，5月14日には全プランクトン群集中で第一優占種，8月30日には第二優占種，10月2日および10月15日には第三優占種となった．

Chaetoceros atlanticum (Fig. 7 second bottom)

本種は，山路(1966)によれば，北方外洋性で，日本海のリマン海流や太平洋の親潮沿岸に普通に見られ，冬季には四国の高知沿岸域(土佐湾)まで発見される．また，丸茂ほか(1966)によれば，日本近海では親潮沖合域で普通に見られ，量が多く代表的な親潮指標種とされている．本種を冷水性外洋種に区分した．

富山湾では夏から秋(6～10月)には出現せず，冬から春(12月～5月)にかけて出現した．細胞数密度の最大値は1990年3月17日の1.97×10^4 cells/m^{3}であった．1990年2月1日には1.4×10^3 cells/m^{3}の出現にすぎなかったが，全植物プランクトン量が少なかったために本種は第二優占種となった．

OHWADA (1972)は，1969年に日本海の珪藻分布を調べ，2月の沖合域では，*C. atlanticum*が

表面から300 mまで優占したと述べている．また，同年10月には，冷水域の50 m以深に出現し，特に90～100 mの深さが本種の分布の中心であると報告している．本種は，北方の日本海固有冷水の表面を起源とし，そこから南に向かうにつれて次第により深い冷水の中を好環境として分布するものと推定される．本研究において，本種が表層水温が最低になる以前の，100～200 m層に対馬暖流起源の高塩分水がまだ分布している冬・春季(12月～2月)にも富山湾に出現したのは，この高塩分水の下層すなわち200 m以深に存在する冷水中に分布していたものが，500 mからの鉛直曳きによって採集されたものと考えられる．

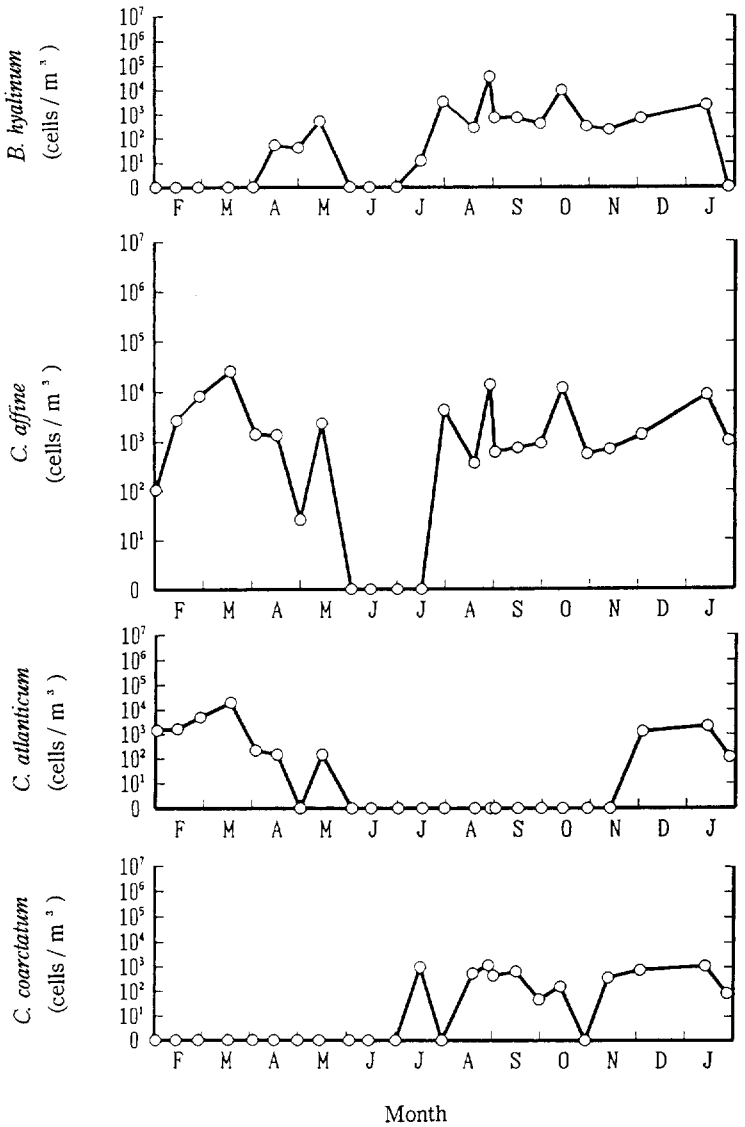

Fig. 7. Seasonal variations in number of cells m^{-3} of *Bacteriastrum hyalinum* (top), *Chaetoceros affine* (second top), *Chaetoceros atlanticum* (second bottom) and *Chaetoceros coarctatum* (bottom) in Toyama Bay observed during the period from February 1, 1990 to January 30, 1991. Cell number is expressed on a logarithmic scale.

Chaetoceros coarctatum (Fig. 7 bottom)

本種は，山路(1966)によれば，熱帯または亜熱帯性であるが，かなり広く分布し，日本近海にも普通に出現する．また，丸茂ほか(1966)によれば，日本近海では黒潮域に多い外洋性の熱帯ないし亜熱帯種で，夏期の代表的な黒潮指標種とされている．本種を暖水性外洋種に区分した．

富山湾では対馬暖流水が侵入しはじめる1990年7月から出現しはじめ，表層水が完全に対流混合する最低水温期前(1991年1月)まで採集された．細胞数密度の最大値は1990年8月30日の1.21×10^3 cells/m^{3}であった．7月17日には全植物プランクトン量が極めて少なかったので，本種は僅かにしか出現しなかったが(1×10^3 cells/m^3)，全群集中の第一優占種となった．

Chaetoceros compressum (Fig. 8 top)

本種は，山路(1966)によれば，熱帯から寒海まで広く分布し，内湾に普通に産するとされ，丸茂ほか(1966)によれば，日本近海では最も広範囲に分布する種類の一つとされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾では，1990年2月および7月を除いて周年出現し，細胞数密度の最大値は1990年3月17日の3.73×10^4 cells/m^{3}であった．1990年6月3日には，細胞数密度がわずかに56 cells/m^{3}にすぎなかったが，全植物プランクトン量も極めて少なかったために第三優占種となった．

Chaetoceros curvisetum (Fig. 8 second top)

本種は，山路(1966)によれば暖海沿岸性で，日本近海では夏秋に多産するとされ，丸茂ほか(1966)によれば，沿岸性，南方温帯種とされ，分布は非常に広いとされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾では，6～8月の最高水温期を除く期間に出現した．ただし，5月と9月初め，ならびに11月には，一時的に採集されなかった．細胞数密度の最大値は1990年3月17日の6.30×10^4 cells/m^{3}であった．これよりも出現量が少なかった1990年5月14日(1.5×10^3 cells/m^3)には第三優占種，10月15日(1.3×10^4 cells/m^3)には第二優占種となった．

Chaetoceros decipiens (Fig. 8 second bottom)

本種は，山路(1966)によれば，温帯および寒海性で，沿岸内湾に極めて普通で，大量に出現し，特に冬季に多いと報告されている．また，丸茂ほか(1966)によれば，量が多く広域に分布する外洋性，かつ冷水性種であるとされている．本種を冷水性外洋種に区分した．

富山湾では周年出現し，本種が採集されなかったのは1990年の6月と9月との2回だけであった．細胞数密度の最大値は1990年3月17日の5.38×10^4 cells/m^{3}であった．1990年2月14日，2月28日，8月1日および12月5日には第三優占種，4月3日，4月16日，5月1日および5月14日には第二優占種となった．

Chaetoceros didymum (Fig. 8 bottom)

本種は，山路(1966)によれば，高温性で，暖海の沿岸内湾に普通に産する．また，丸茂ほか(1966)によれば，沿岸性，南方温帯種で，日本近海では暖流の影響を受ける沿岸域で特に多く，暖流指標種の一つとされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾ではほぼ周年出現したが，5～10月の暖水期には量が少なく，特に8月下旬～11月上旬には，しばしば採集されなくなった．細胞数密度の最大値は1990年3月17日の6.31×10^4 cells/m^{3}であり，この日には第三優占種となった．

Chaetoceros didymum v. *anglica* (Fig. 9 top)

本種は，山路(1966)によれば，広温性で，沿岸内湾に普通に産する．また，丸茂ほか(1966)によれば，沿岸性，南方温帯種で，日本近海では夏期に黒潮と対馬暖流域で普通に出現する

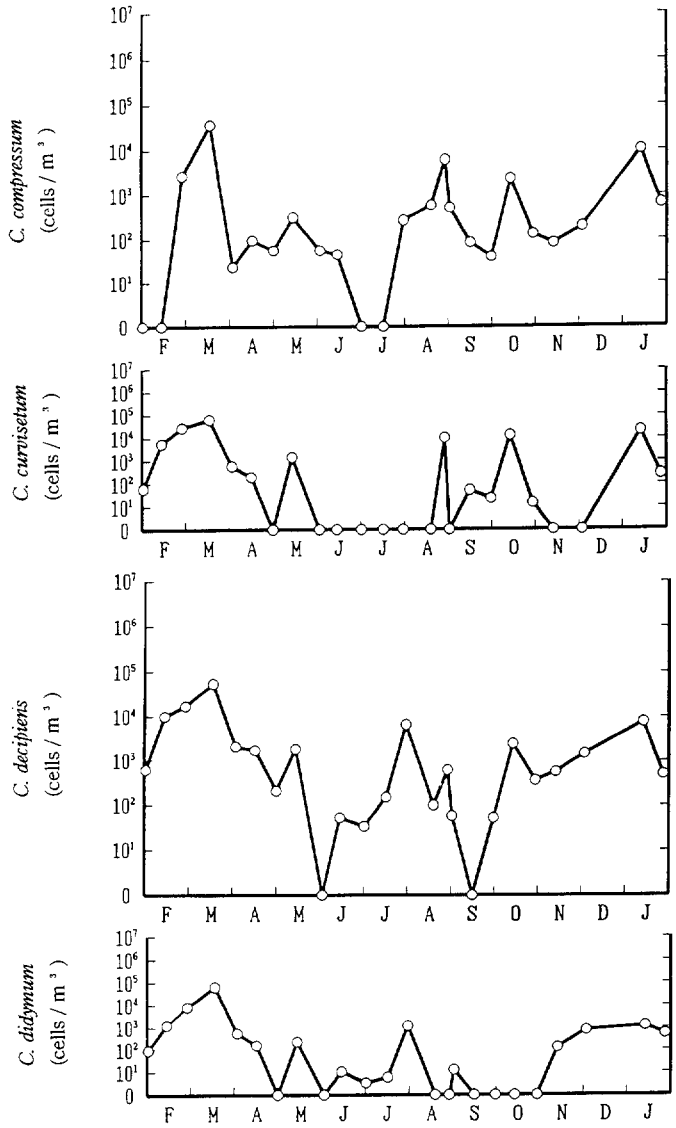

Fig. 8. Seasonal variations in number of cells m^{-3} of *Chaetoceros compressum* (top), *Chaetoceros curvisetum* (second top), *Chaetoceros decipiens* (second bottom) and *Chaetoceros didymum* (bottom) in Toyama Bay observed during the period from February 1, 1990 to January 30, 1991. Cell number is expressed on a logarithmic scale.

とされている．従って，この種は本来ならば暖水性外洋種とすべきところであるが，本研究では*C. didymum*と合わせてともに暖水性沿岸種に区分した．

富山湾では，対馬暖流水が卓越する暖水期である７月から冬にかけて出現するとともに，最低水温期である３～４月から５月にも出現した．細胞数密度の最大値は，1990年８月１日の2.59×10^4 cells/m^3であり，第一優占種となった．極めて出現量が少なかった８月20日(983 cells/m^3)およびかなり出現量が多かった８月30日(2.27×10^4 cells/m^3)にも，ともに第二優占種となった．

Chaetoceros lorenzianum (Fig. 9 second top)

本種は，山路(1966)によれば，暖海沿岸性で，内湾に大量に出現する普通の種とされ，また，丸茂ほか(1966)によれば，沿岸性，熱帯ないし温帯種で，日本近海では季節に関係なく，寒流域以外のいたる所に多産するとされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾では暖水期から冷却期にかけての1990年7月中旬から1991年1月下旬に出現し，その他の時期には見られなかった．細胞数密度の最大値は1990年8月1日の1.14×10^4 cells/m^{3}であった．この日および1990年7月17日(488 cells/m^3)には第二優占種，8月20日(878 cells/m^3)および11月15日(986 cells/m^3)には第三優占種となった．

Guinardia flaccida (Fig. 9 second bottom)

本種は，山路(1966)によれば，暖海の沿岸や外洋に広く分布するとされ，また，丸茂ほか(1966)によれば，沿岸性暖水種で，日本近海では沿岸にも外洋にも普通の黒潮指標種とされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾における季節的消長は*C. lorenzianum*と類似しているが，出現開始時期はさらに遅く，表層水温が年間最高値になる8月から出現し始めて，1991年1月下旬まで出現した．細胞数密度の最大値は1990年8月30日の5.59×10^3 cells/m^{3}であった．9月3日(627 cells/m^3)および9月17日(819 cells/m^3)には出現量は少なかったが，全植物プランクトン群集中の第三優占種となった．

Nitzschia seriata (Fig. 9 bottom)

本種は，山路(1966)によれば，沿岸内湾性で，暖水域から冷水域を含む世界の海洋に産するとされ，また，丸茂ほか(1966)によれば，寒海沿岸性とされている．本種を暖水域から冷水域の沿岸域から外洋域まで極めて広く分布するパンタラシック(panthalassic)種，すなわちOthersに区分した．

富山湾では，6～7月に時として採集されないことがあったものの，ほぼ周年出現した．出現量は全体的に暖水期に少なく冷水期に多い傾向が見られた．細胞数密度の最大値は最低水温期である1990年3月17日に見られ，その値は7.01×10^4 cells/m^{3}であった．2月28日(4.12×10^4 cells/m^3)および3月17日には第二優占種，4月16日(1.50×10^3 cells/m^3)には第三優占種となった．

Odontella longicruris (=*Biddulphia longicruris*) (Fig. 10 top)

本種は，山路(1966)によれば，沿岸浮遊性で，各地で春秋に産するとされ，また，丸茂ほか(1966)によれば，沿岸性，温帯ないし亜熱帯種で，日本近海では各地の沿岸に出現するとされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾における出現は10月以降翌年の4月までに限られており，とりわけ12～3月の低水温期に出現量が増加していた．細胞数密度の最大値は1990年1月16日の6.39×10^4 cells/m^{3}であり，第二優占種となった．1990年12月5日(5.66×10^3 cells/m^3)には第一優占種，1991年1月30日(1.63×10^3 cells/m^3)には第三優占種となった．

Rhizosolenia alata (Fig. 10 second top)

本種は，山路(1966)によれば，本来は温帯外洋性であるが沿岸にも多く産し，本州沿岸では春季に多いとされ，丸茂ほか(1966)によれば，沿岸，外洋ともに出現し，日本近海では夏期に，主として黒潮水に多いが親潮水にも見られるとされる．本種をパンタラシック種，すなわちOthersに区分した．

富山湾での出現は暖水期に限られ，1990年6～12月に採集された．細胞数密度の最大値は1990年7月2日の1.09×10^4 cells/m^{3}であり，この日全群集中の第一優占種となった．この次

の採集日である7月17日の出現量は極めて少なくなったが(275 cells/m³)，全植物プランクトン量も少なかったために，本種は第三優占種となった．

Skeletonema costatum (Fig. 10 second bottom)

本種は，山路(1966)によれば，世界各地の沿岸内湾に年中極めて多量に出現する普通種とされている．また，丸茂ほか(1966)によれば，沿岸性で分布は広く，日本近海では沿岸や内湾のいたるところに多産し，南部では冬期に，北部では夏期に多いとされている．本種を沿岸コスモポリタン種，すなわちOthersに区分した．

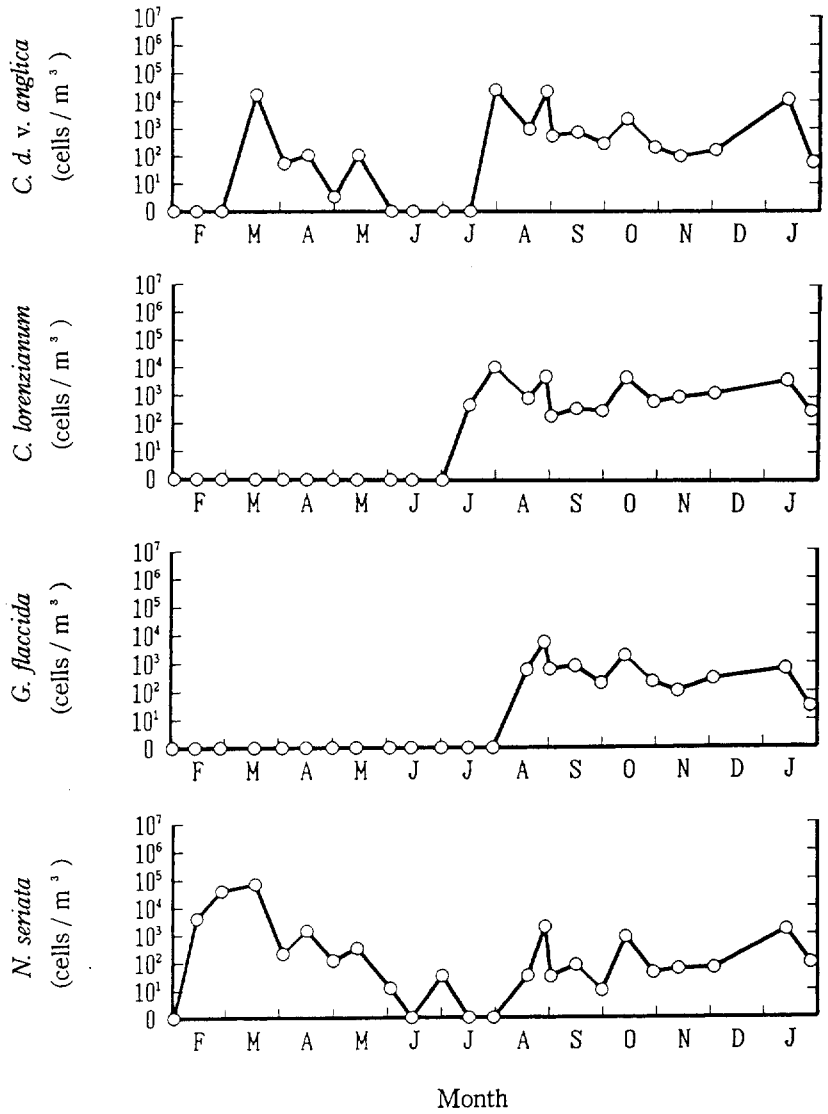

Fig. 9. Seasonal variations in number of cells m^{-3} of *Chaetoceros didymum* v. *anglica* (top), *Chaetoceros lorenzianum* (second top), *Guinardia flaccida* (second bottom) and *Nitzschia seriata* (bottom) in Toyama Bay observed during the period from February 1, 1990 to January 30, 1991. Cell number is expressed on a logarithmic scale.

富山湾では1990年８月に１度だけ全く採集されなかったことを除くと，周年出現した．表層水が昇温し始める４月中旬から対流混合が始まる10月初旬までの出現量は1000 cells/m³以下と少なく，対流混合期の１～３月には10^4 cells/m³を越える高い値を示した．また，1990年10月にも一時的に10^4 cells/m³に近い出現量が観察された．細胞数密度の最大値は1990年１月16日に1.34×10^6 cells/m³に達し，この値は本研究中に観察された全植物プランクトン種を通じての最大値でもあった．本種の卓越度は周年高く，1990年２月１日から４月３日の間，６月３日および1991年１月16日には第一優占種，1990年９月17日および11月15日には第二優占種，1990年４月３日，６月15日および11月１日には第三優占種となった．

Thalassionema nitzschioides (Fig. 10 bottom)

本種は，山路(1966)によれば，世界の各大洋に出現し，日本近海の沿岸内湾にきわめて普通に，かつ，冬・春季に多量に出現するとされている．丸茂ほか(1966)によれば，温帯沿岸域における普通種とされている．本種を沿岸コスモポリタン種，すなわちOthersに区分した．

本種もただ１回の例外(1990年８月)を除いて，富山湾には周年出現した．季節的消長は*S. costatum*と類似し，対流混合期に多く，成層期に少ない傾向が明白であった．細胞数密度の最大値は1990年２月28日の1.29×10^4 cells/m³であった．1990年６月15日(451 cells/m³)には第一優占種，２月14日(1.10×10^4 cells/m³)および10月２日(2.42×10^4 cells/m³)には第二優占種，５月１日(128 cells/m³)には第三優占種となった．

Thalassiothrix frauenfeldii (Fig. 11 top)

本種は，山路(1966)によれば，太平洋，大西洋，インド洋，地中海の沿岸内湾に極めて広く分布し，日本近海の沿岸や内湾にも秋冬季に極めて多いとされる．また，丸茂ほか(1966)によれば，暖海性で，本邦沿岸にも普通に分布するとされている．本種を暖水性沿岸種に区分した．

富山湾では典型的に周年出現パターンが認められ，ほぼ周年に亘って優占度は高かった．細胞数密度は，特に春と秋～冬にはより増加し，１～２月および５～７月に減少したが，出現しないということは一度もなかった．細胞数密度の最大値は1991年１月16日の4.42×10^4 cells/m³であった．1990年４月３日から５月１日の間，８月20日，および９月３日から11月15日の間には第一優占種，６月３日から７月２日の間，11月１日，および1991年１月30日には第二優占種，1990年２月１日および1991年１月16日には第三優占種となった．

Thalassiothrix longissima (Fig. 11 second top)

本種は，山路(1966)によれば，外洋冷水性で，北太平洋，北大西洋，北海に広く大量に分布し，日本各地では冷水期に普通に見られるとされている．丸茂ほか(1966)によれば，温帯から北方海域で普通に分布するが，特に寒海では大量出現することがあるとされている．本種を外洋性冷水種に区分した．

富山湾では降温期から対流混合期にやや多いものの，高水温期にも少量ではあるが，かなりの頻度で採集された．細胞数密度の最大値は1990年11月１日の2.32×10^3 cells/m³であり，このときには第二優占種となった．

なお，NISHIMURA(1969)は，日本海の中央部から南東部海域にかけて珪藻類の*Coscinodiscus wailesii*が冬季から春季にかけて卓越し，日本海におけるブルーミングの主要構成種となることを指摘した．しかしながら，本研究では，*C. wailesii*は全植物プランクトン中で冬・春季(２～５月)に比較的細胞数密度が高かったが(Fig. 11 second bottom)，第１～３位の優占種とはならなかった．

(2) 渦鞭毛藻類

Ceratium lunula f. *brachyceros* (Fig. 11 bottom)

本種は，山路(1966)によれば，暖海外洋性で，日本近海の暖水域に産するといわれている．本種を暖水性外洋種に区分した．

細胞数密度の最大値は1990年7月2日の64.6 cells/m³であり，この日に第三優占種となった．この種は本研究期間を通してこの日にしか出現しなかった．また，渦鞭毛藻の種のうち

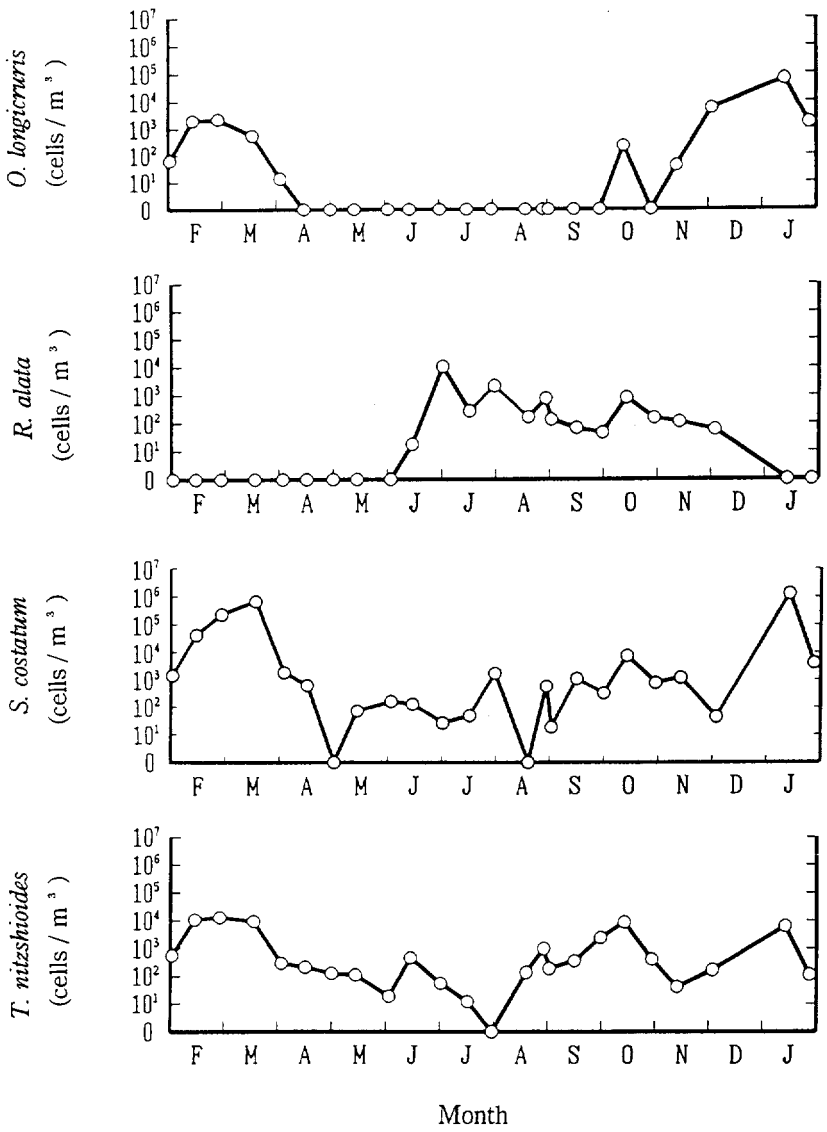

Fig. 10. Seasonal variations in number of cells m⁻³ of *Odontella longicruris* (top), *Rhizosolenia alata* (second top), *Skeletonema costatum* (second bottom) and *Thalassionema nitzschioides* (bottom) in Toyama Bay observed during the period from February 1, 1990 to January 30, 1991. Cell number is expressed on a logarithmic scale.

で富山湾における植物プランクトン群集中の１～３位の優占種となったのは，本種が唯一の例であった．

以上のことから，富山湾における植物プランクトンのブルーミングは複数種の珪藻類に依存し，冬・春季（１～３月）に起こるものと考えられる．ブルーミングを形成するときの優占

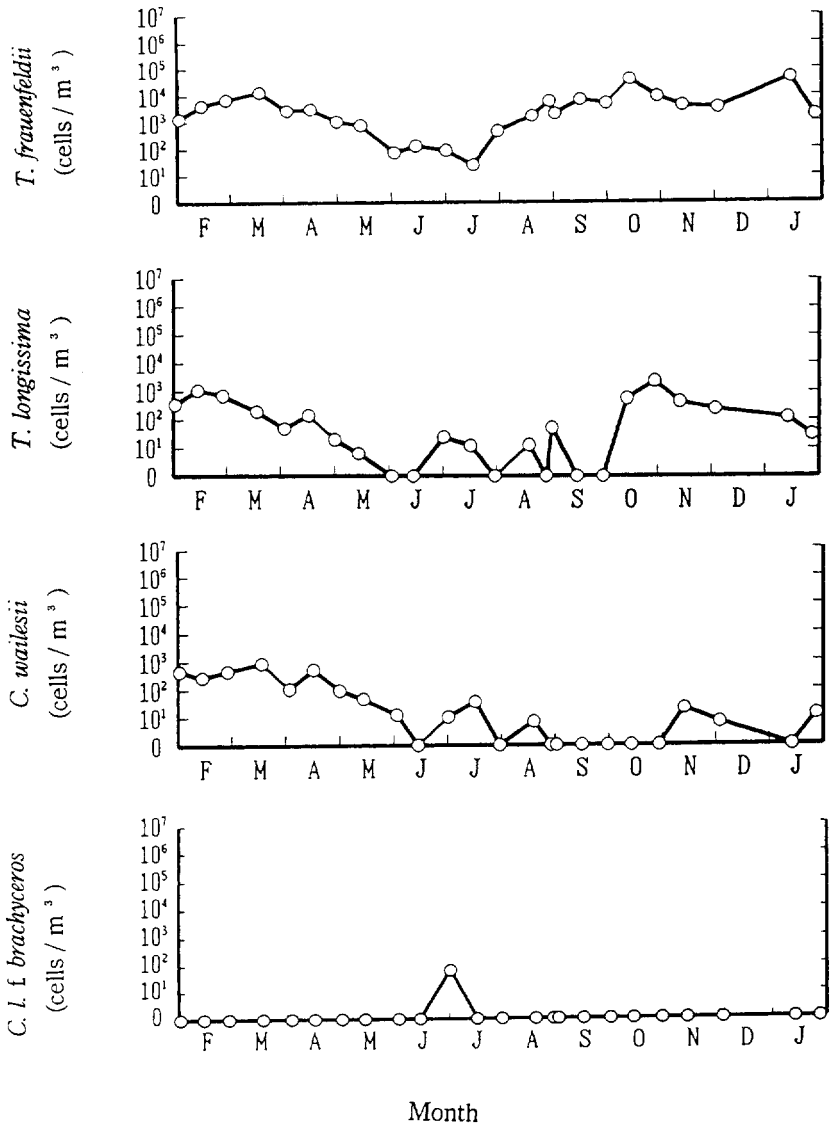

Fig. 11. Seasonal variations in number of cells m^{-3} of *Thalassiothrix frauenfeldii* (top), *Thalassiothrix longissima* (second top), *Coscinodiscus wailesii* (second bottom) and *Ceratium lunula* f. *brachyceros* (bottom) in Toyama Bay observed during the period from February 1, 1990 to January 30, 1991. Cell number is expressed on a logarithmic scale.

種は温帯域の沿岸水に普通に見られる種(*Chaetoceros affine*, *C. curvisetum*, *C. didymum*, *Odontella longicrurisなど*)や沿岸コスモポリタン種(*Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*など)に加えて，*Cheatoceros atlanticum*や*C. decipiens*のような典型的な冷水性外洋種の出現も目立つことが特徴である．これら冷水性外洋種の出現は，従来日本海中央・南東部海域の珪藻ブルームを指標すると言われていた*Coscinodiscus wailesii*(NISHIMURA 1969)よりも，はるかにブルームを良く指標しているといえよう．この現象は，本研究での採集深度が，同時に採集する動物プランクトンの昼夜鉛直距離をも考慮し，500 m深まで達したため，普通実施されている採集方法と比較し，深かったことによるのかどうか，今後検討を要する．

文　献

HIRAKAWA, K. and IMAMURA, A. (1993) Seasonal abundance and life history of *Metridia pacifica* (Copepoda: Calanoida) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Japan,* **40** (1), 41-54.

HIRAKAWA, K., IMAMURA, A. and IKEDA, T. (1992) Seasonal variability in the abundance and composition of zooplankton in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Japan Sea Nat. Fish. Res. Inst.*, (42), 1-15.

丸茂隆三・川原田裕・高野秀昭 (1966) 日本海洋プランクトン図鑑，第1巻，珪藻類その他，蒼洋社，東京，69 pp.

NAGATA, H. (1993) A phytoplankton bloom recorded in a long-term monitoring of chlorophyll a concentration in the Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Japan,* **39** (2), 145-147.

NISHIMURA, S. (1969) The zoogeographical aspects of the Japan Sea, Part V. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **17** (2), 67-142.

OHWADA, M. (1972) Vertical distribution of diatoms in the Sea of Japan. pp. 145-163. In *Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean*, Idemitsu Shoten, Tokyo.

谷口　旭 (1986) 微小動物プランクトン．pp. 191-198. 日本海洋学会編　沿岸環境調査マニュアル（底質・生物篇)，恒星社厚生閣，東京.

山路　勇 (1966) 日本海洋プランクトン図鑑，保育社，大阪，537 pp.

Appendix 1. Cell number (per m³) of total phytoplankton assembly including diatom, dinoflagellates and silicoflagellates in Toyama Bay observed in the period from February 1, 1990 to January 30, 1991

ST:8
単位：個／m3

NO	WI		28-2	28-4	28-6	28-8	28-10	28-12	28-14	28-16	28-18	29-2
DAY			2.1	2.14	2.28	3.17	4.3	4.16	5.1	5.14	6.3	6.15
Bacillariophyceae												
Centrales												
Bacteriastrum comosum	WN		74.2									
Bacteriastrum comosum v. hispida	WN											
Bacteriastrum delicatulum	WN		823.9	301.0	440.4					403.0		
Bacteriastrum hyalinum	WN							52.5	39.6	513.5		
Bacteriastrum varians	WN					1039.5	3.4					
Chaetoceros affine	WN		107.0	2678.9	8184.1	26126.1	1400.8	1372.5	26.4	2353.0		
Chaetoceros affine v. circinalis	WN											
Chaetoceros atlanticus	CO		1433.8	1525.4	4881.1	19681.2	214.2	150.0		149.5		
Chaetoceros coarctatus	WN											
Chaetoceros compressus					2679.1	37283.4	23.8	97.5	56.1	318.5	55.8	45.5
Chaetoceros concavicorne	CO											
Chaetoceros curvisetus	WN		64.2	5528.7	27928.7	62993.7	595.0	202.5		1462.5		
Chaetoceros debile	CN											
Chaetoceros decipiens	CO		620.6	10113.6	15955.4	53775.8	2070.6	1747.5	211.2	1852.5		52.5
Chaetoceros densus			74.9									
Chaetoceros denticulatus	WN			30.1	183.5	2772.0	64.6			26.0		
Chaetoceros didymus	WN		96.3	1294.3	8330.9	63063.0	561.6	160.0		227.5		10.5
Chaetoceros didymus v.anglica	WN					17602.2	57.8	112.5	3.3	110.5		
Chaetoceros distans												
Chaetoceros diversus												
Chaetoceros frichei	WN											
Chaetoceros lorenzianus	WN											
Chaetoceros seessanense	WO											
Chaetoceros peruvianus	WO											
Chaetoceros pseudocurvisetus	WN											
Chaetoseros radicans	CO											
Chaetpseros vanheurckii	WN											
Climacodium frauenfeldianum	WO									26.0		
Corethron criophilus	COSMO-O		74.9	30.1	36.7							
Coscinodiscus oculus-iridis	COSMO-O		256.8	150.5	330.3	277.2	6.8	172.5	89.1	13.0	12.4	
Coscinodiscus wailesii			460.1	270.9	477.1	900.9	105.4	540.0	92.4	45.5	12.4	
Coscinodiscus sp.			920.2	1836.1	1835.0	3257.1	30.6	112.5		2275.0	318.2	108.5
Ditylus brightwellii	WN		96.3	240.8	183.5	623.7	23.4	22.5				
Eucampia zodiacus	WN		64.2		844.1	1108.8	20.4	67.5				
Guinardia flaccida	WN											
Hemiaulus hauckii	WO											
Hemiaulus membranaceus	WN											
Hemiaulus sinensis	WN							52.5	16.5			
Lauderia annulata	WN		10.7	30.1	734.0	277.2	162.6	270.0	6.6	58.5	12.4	21.0
Mastogloia sp							23.4					
Melosira moniliformis												52.5
Melosira sp.												
Odontella longicruris	WN		64.2	2046.8	2348.8	554.4	13.5					
Odontella mobiliensis	CN											
Odontella pulchella												
Odontella sinensis			203.3	602.0	183.5	346.5	20.4	30.0	6.6	6.5		
Planktoniella sol	WO											
Rhizosolenia alata	COS-PAN											17.5
Rhizosolenia alata f. indica	COS-PAN		10.7									
Rhizosolenia bergonii	WO											
Rhizosolenia calcaravis	WO		32.1		36.7				3.3			
Rhizosolenia castracanei												
Rhizosolenia cylindrus	WO											
Rhizosolenia fragillissima	COSMO-N											
Rhizosolenia hebetata f. semispina	CO		10.7		385.4	2079.0	23.4	15.0				
Rhizosolenia robusta	WO		69.6		91.8		3.4					
Rhizosolenia setigera			10.7		495.5		27.2	82.5	33.0	78.0	24.8	
Rhizosolenia stolterfothii	WO				367.0	554.4	3.4		6.6	26.0		7.0
Rhizosolenia styliformis				120.4								
Skeletonema costatum	COSMO-N		1444.5	42049.7	228311	672210	1859.8	622.5		71.5	161.2	129.5
Stephanopyxis palmeriana	WO		278.2	90.3	146.8			22.5	19.8	26.0		
Thalassiosira decipens	CN			2799.3	6679.4	6029.1	64.6			19.5		
Thalassiosira sp.												
SUM			7302.1	71939.0	313069.5	972556.2	7380.2	5905.0	610.5	10082.0	595.2	444.5
COUNT			25.0	20.0	25.0	21.0	25.0	20.0	15.0	21.0	7.0	9.0

NO	WI		28-2	28-4	28-6	28-8	28-10	28-12	28-14	28-16	28-18	29-2
DAY			2.1	2.14	2.28	3.17	4.3	4.16	5.1	5.14	6.3	6.15
Pennales												
Asterionella glacialis	COSMO-N			301.0	1357.9	2217.6	3.4					7.0
Cespylosira cymbelliforais				60.2								
Denticulopsis seriha	CO						13.6					
Navicula sp.												
Nitzschia grunowii	CO									71.5		
Nitzschia seriata	COS-PAN			4123.7	41214.1	70686.0	217.6	1500.0	118.8	338.0	12.4	
Nitzschia sp.												
Pleurosigma elongatum	COS-PAN											
Pleurosigma intermedium				90.3	73.4	277.2						
Pseudoeunotia doliolus												35.0
Thalassionema nitzschioides	COSMO-N		556.8	10986.5	12918.4	9424.8	299.2	217.5	128.7	110.5	18.6	451.5
Thalassiothrix longissima	CO		353.1	1143.8	734.0	207.9	51.0	142.5	19.8	6.5		
Thalassiothrix frauenfeldii	WN		1358.9	4484.9	7340.0	14206.5	2839.0	3232.5	1069.2	760.5	74.4	133.0
SUM			2268.8	21190.4	63637.8	97020.0	3423.8	5092.5	1336.5	1287.0	105.4	626.5
COUNT			3.0	7.0	6.0	6.0	6.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0

29-4	29-6	29-8	29-10	29-12	29-14	29-16	29-18	29-20	19-2	19-4	19-6	19-8	19-10	NO
7.2	7.17	8.1	8.20	8.30	9.3	9.17	10.2	10.15	11.1	11.15	12.5	1.16	1.30	DAY
														Bacillariophyceae
														Centrales
													61.0	Bacteriastrum comosum
														Bacteriastrum comosum v. hispida
			6.6								19.5			Bacteriastrum delicatulum
			6.6											Bacteriastrum hyalinus
	12.2	3283.2	283.8	35081.7	704.0	726.0	419.1	10150.5	325.6	231.2	689.0	2408.0		Bacteriastrum varians
6.8		342.0	429.0	9438.4	121.6	39.0					136.5			Chaetoceros affine
		4309.2	376.2	14261.7	614.4	747.5	943.8	12060.0	555.0	893.6	1384.5	8939.7	1024.8	Chaetoceros affine v. circinalis
				13498.3				5795.5						Chaetoceros atlanticus
											1280.5	2187.2	115.9	Chaetoceros coarctatus
	1030.9		547.8	1214.5	467.2	682.5	49.5	167.5		387.6	786.5	1143.8	85.4	Chaetoceros compressus
		273.6	580.8	6107.2	512.0	84.5	39.6	2278.0	133.2	81.6	195.0	10354.4	634.4	Chaetoceros concavicorne
			33.0	34.7										Chaetoceros curvisetus
				10097.7		52.0	23.1	13098.5	14.8			20588.4	268.4	Chaetoceros debile
												22274.0	280.6	Chaetoceros decipiens
34.0	152.5	6703.2	99.0	624.5	57.6		52.8	2479.0	355.2	571.2	1469.0	7795.9	488.0	Chaetoceros densus
														Chaetoceros denticulatus
	6.1	1710.0									45.5	301.0	42.7	Chaetoceros didymus
3.4	6.1	1231.2			12.8					129.2	754.0	1204.0	530.7	Chaetoceros didymus v.anglica
		25923.6	983.4	22693.8	563.2	793.0	297.0	2345.0	214.6	102.0	162.5	11558.4	61.0	Chaetoceros distans
				5794.9				2144.0	103.6	54.4				Chaetoceros diversus
						13.0			29.6					Chaetoceros frichei
		615.6				162.5	52.8							Chaetoceros lorenzianus
	488.0	11354.4	877.8	5135.6	204.8	383.5	306.9	5056.5	673.4	986.0	1391.0	3973.2	311.1	Chaetoceros messanense
			13.2			13.0		1574.5	66.6	292.4	812.5	2618.7		Chaetoceros peruvianus
								167.5	66.6	6.8	13.0			Chaetoceros pseudocurvisetus
											214.5			Chaetoseros radicans
												12130.3	1268.8	Chaetoseros vanheurckii
												5742.4	671.0	Climacodium frauenfeldianum
			3.3									75.3	30.5	Corethron criophilum
20.4	24.4				19.2									Coscinodiscus oculusiridis
10.2	36.6		6.6							20.4	6.5		12.2	Coscinodiscus wailesii
	73.2		587.4	1630.9	1510.4	1807.0	69.3	4087.0	2085.8	2781.2	2548.0	4966.5	3172.0	Coscinodiscus sp.
					6.4	13.0	3.3	837.5	66.6	30.6	6.5	240.8	12.2	Ditylum brightwelli
											604.5	9150.4	878.4	Eucampia zodiacus
			594.0	5586.7	627.2	819.0	207.9	1876.0	229.4	108.8	305.5	622.2	30.5	Guinardia flaccida
6.8	30.5		52.8	552.4		13.0	26.4	971.5	288.6	204.0	58.5		12.2	Hemiaulus hauckii
								67.0	236.8	421.8	630.5			Hemiaulus membranaceus
														Hemiaulus sinensis
											58.5	1986.6	61.0	Lauderia annulata
														Mastogloia sp
														Melosira moniliformis
											162.5	1264.2	24.4	Melosira sp.
								234.5		40.8	5661.5	63902.3	1628.7	Odontella longicruris
								67.0						Odontella mobiliensis
			6.6								6.5			Odontella pulchella
						32.5				6.6	3.3	842.8	45.8	Odontella sinensis
										6.6	6.5			Planktoniella sol
10904.0	274.5	2188.8	171.6	780.8	134.4	68.3	46.2	820.8	151.7	113.9	61.8			Rhizosolenia alata
5.1	42.7	102.6	82.5	136.8	25.6					6.8	35.8			Rhizosolenia alata f. indica
			19.8	312.3	96.0	32.5		100.5	37.0	30.6	29.3		6.1	Rhizosolenia bergonii
		102.6	13.2			9.8		150.8	40.7	57.8	58.5	30.1		Rhizosolenia calcaravis
10.2	36.6			121.5		6.5	1.7							Rhizosolenia castracanei
									29.6	30.6				Rhizosolenia cylindrus
						26.0		134.0						Rhizosolenia fragilissima
			399.3	624.6	44.8	29.3	36.3		118.4		22.8			Rhizosolenia hebetata f. semispina
6.8	12.2		82.5								71.5		12.2	Rhizosolenia robusta
1.7	6.1	273.6						150.8	14.8	6.8		15.1	3.0	Rhizosolenia setigera
							3.3	134.0	74.0	40.8	162.5			Rhizosolenia stolterfothii
							3.3	67.0	44.4	81.6	126.8	150.5	39.7	Rhizosolenia styliformis
27.2	48.8	1710.0		589.9	19.2	1085.5	323.4	7705.0	762.2	1224.0	45.5	1341557.0	4239.5	Skeletonema costatum
										68.0	91.0	120.4	85.4	Stephanopyxis palmeriana
												120.4		Thalassiosira decipens
										383.5		481.8		Thalassiosira sp.
11036.6	2281.4	60123.6	6256.8	134321.0	5740.8	7640.9	2905.7	74721.9	6719.2	9201.4	20117.8	1539725.6	16137.6	SUM
12.0	16.0	15.0	24.0	21.0	18.0	23.0	19.0	27.0	25.0	31.0	39.0	31.0	31.0	COUNT

29-4	29-6	29-8	29-10	29-12	29-14	29-16	29-18	29-20	19-2	19-4	19-6	19-8	19-10	NO
7.2	7.17	8.1	8.20	8.30	9.3	9.17	10.2	10.15	11.1	11.15	12.5	1.16	1.30	DAY
														Pennales
				59.4		58.5	82.5	2680.0	222.0	20.4	104.0	8849.4	994.3	Asterionella glacialis
			6.6		6.4									Campylosira cymbelliformis
			85.8		19.2	26.0								Denticulopsis marina
				34.7										Navicula sp.
														Nitzschia grunowii
34.0			33.0	1873.8	32.0	84.5	9.9	837.5	44.4	61.2	65.0	1505.0	91.5	Nitzschia seriata
	274.5	32832.0	26.4	520.5	409.6	39.0	9.9	1708.5	791.8	401.2	377.0	993.3		Nitzschia sp.
			19.8						7.4					Pleurosigma elongatum
										6.8	26.0	60.2	6.1	Pleurosigma intermedius
6.8														Pseudosunotia doliolus
57.8	12.2		138.6	971.6	192.0	351.0	2422.2	8676.5	407.0	40.8	162.5	6230.7	115.9	Thalassionema nitzschioides
23.8	12.2		13.2		51.2			562.5	2316.2	428.4	247.0	120.2	30.5	Thalassiothrix longissima
88.4	24.4	478.8	1623.6	5829.6	2041.6	6675.5	4953.3	38960.5	8635.8	4154.8	3419.0	44216.9	1744.6	Thalassiothrix frauenfeldii
210.8	323.3	33310.8	1947.0	9299.6	2752.0	7234.5	7477.8	53425.5	12424.6	5113.6	4400.5	61975.7	2982.9	SUM
5.0	4.0	2.0	8.0	6.0	7.0	6.0	5.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0	COUNT

Appendix 1. Continued

NO	WI		28-2	28-4	28-6	28-8	28-10	28-12	28-14	28-16	28-18	29-2
DAY			2.1	2.14	2.28	3.17	4.3	4.16	5.1	5.14	6.3	6.15
Dinophyceae												
Ceratium arietinum	WO							75.0	217.8	52.0	12.4	21.0
Ceratium belone												
Ceratium breve	WO											
Ceratium bucephalum	WN								13.2	6.5		
Ceratium carriense	WO											
Ceratium carriense v. volans f. ceyla	WO											
Ceratium contrtum	WO			30.1				457.7				
Ceratium deflexum	WO											
Ceratium furca	COSMO-N											
Ceratium fusus	WN							75.6	13.2		24.8	
Ceratium fusus v. seta	W				73.4							
Ceratium gibberum	WO								6.6			
Ceratium gibberum f. sinistrum	WO							15.0				
Ceratium gracile	WO									6.5		
Ceratium gravidum	WO								3.3			
Ceratium intermedium			10.7									
Ceratium inflexum	WO											
Ceratium kofoidii	W					346.5	10.2	15.0			6.2	10.5
Ceratium longissimum	WO											
Ceratium lunula f. brachyceros	WO											
Ceratium lunula f. eugecarous	WO											
Ceratium macroceros	WO		10.7						3.3		6.2	3.5
Ceratium macroceros var. gallicum	WO											
Ceratium massiliense	WO								23.1			
Ceratium oolle	WO											
Ceratium palmatum v. ranipes	WO								3.3			
Ceratium pentagonum	WO											
Ceratium pulchellum	WO											
Ceratium reticulatum v. spiralis	WO											
Ceratium schaidti	WO									6.5		
Ceratium sumatranum	WO											
Ceratium tenue	WO											
Ceratium trichoceros	WO											
Ceratium tripos typica	CN			30.1		69.3		7.5	33.0	26.0	6.2	3.5
Ceratium vulter v. tenue	WO											
Ceratocorys armatum	WO											
Dinophysis fortii												
Dinophysis ovum								37.5				
Prorocentrum sp.											2331.2	
Protoperidinium bidentatum								7.5				
Protoperidinium depressum	COSMO		21.4						231.0	45.5	55.8	45.5
Protoperidinium divergens	WN									13.0		3.5
Protoperidinium grande	WN								13.2			
Protoperidinium granii	COSMO-N							7.5				
SUM			42.8	60.2	73.4	415.8	10.2	698.3	561.0	156.0	2442.8	87.5
COUNT			3.0	2.0	1.0	2.0	1.0	9.0	11.0	7.0	7.0	6.0

NO	WI		28-2	28-4	28-6	28-8	28-10	28-12	28-14	28-16	28-18	29-2
DAY			2.1	2.14	2.28	3.17	4.3	4.16	5.1	5.14	6.3	6.15
Silicoflagellata												
Dictyocha fibula	COS-PAN				36.7	207.9	6.8					
Distephanus speculum				180.6	1908.4	1108.8	3.4					
SUM			0.0	180.6	1945.1	1316.7	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COUNT			0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TOTAL												
DAY			2.1	2.14	2.28	3.17	4.3	4.16	5.1	5.14	6.3	6.15
SUM			9513.7	93370.2	378725.8	1071308.7	10824.4	11695.8	2508.0	11505.0	3143.4	1154.5
COUNT			30.0	29.0	34.0	31.0	33.0	33.0	29.0	33.0	17.0	19.0

29-4	29-6	29-8	29-10	29-12	29-14	29-16	29-18	29-20	19-2	19-4	19-6	19-8	19-10	NO
7.2	7.17	8.1	8.20	8.30	9.3	9.17	10.2	10.15	11.1	11.15	12.5	1.16	1.30	DAY
														Dinophyceae
20.4	16.3		33.0		6.4							30.1	18.3	Ceratium arietinum
			13.2			13.0			14.8	6.8	13.0			Ceratium belone
3.4														Ceratium breve
									7.4					Ceratium bucephalum
														Ceratium carriense
			52.8											Ceratium carriense v. volans f. cey
6.8											26.0			Ceratium contrtum
				34.7	92.0	292.5	3.3	100.5	7.4	34.0		60.2		Ceratium deflexum
	85.4		26.4	104.1		6.5		33.5	14.8					Ceratium furca
3.4	42.7	205.2	145.2	138.8	32.0	201.5	13.2	301.5	170.2	156.4	45.5	120.4	6.1	Ceratium fusus
13.6														Ceratium fusus v. seta
10.2	24.4		6.6	34.7					14.8	6.8	13.0			Ceratium gibberum
														Ceratium gibberum f. sinistrum
														Ceratium gracile
														Ceratium gravidum
														Ceratium intermedium
	109.6				6.4					34.0				Ceratium inflexum
	12.2	68.4	6.6					167.5	7.4		13.0			Ceratium kofoidii
												12.2		Ceratium longissimum
84.6														Ceratium lunula f. brachyceros
3.4														Ceratium lunula f. megacerous
57.8	6.1		125.4	451.1	256.0	208.0		268.0	14.8	64.4	136.5	90.3	24.4	Ceratium macroceros
	103.7	478.8												Ceratium macroceros var. gallicum
				34.7										Ceratium massiliense
											26.5			Ceratium molle
														Ceratium palmatum v. ranipes
				34.7										Ceratium pentagonum
						6.5								Ceratium pulchellum
											6.5			Ceratium reticulatum v. spiralis
														Ceratium schmidti
											13.0			Ceratium sumatranum
10.2	140.3	205.2												Ceratium tenue
			52.8			45.5	693.0							Ceratium trichoceros
30.6	91.5	68.4	66.0	34.7	19.2	110.5		100.5	29.6	81.2	84.5		6.1	Ceratium tripos typica
			19.8											Ceratium vultur v. tenue
				138.8	108.8	52.0				6.8				Ceratocorys armatum
						6.5								Dinophysis fortii
														Dinophysis ovum
						1116.0	118.8	435.5	81.4	163.2	331.5	152.5		Prorocentrum sp.
														Protoperidinium bidentatus
44.2	54.9	72.6		34.7	44.8	110.5		167.5	51.8	47.6	78.0	30.1	48.8	Protoperidinium depressum
														Protoperidinium divergens
														Protoperidinium grande
														Protoperidinium granii
268.6	689.3	1098.6	547.8	1041.0	505.8	2171.0	828.3	1574.5	414.4	581.2	787.0	495.8	103.7	SUM
12.0	11.0	6.0	11.0	10.0	9.0	12.0	4.0	8.0	11.0	10.0	12.0	7.0	5.0	COUNT

29-4	29-6	29-8	29-10	29-12	29-14	29-16	29-18	29-20	19-2	19-4	19-6	19-8	19-10	NO
7.2	7.17	8.1	8.20	8.30	9.3	9.17	10.2	10.15	11.1	11.15	12.5	1.16	1.30	DAY
														Silicoflagellata
			19.8		32.0	110.5	33.0	1273.0	7.4	20.4	91.0	150.5		Dictyocha fibula
					6.4			33.5				210.7	12.2	Distephanus speculum
0.0	0.0	0.0	19.8	0.0	38.4	110.5	33.0	1306.5	7.4	20.4	91.0	361.2	12.2	SUM
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	COUNT

														TOTAL
7.2	7.17	8.1	8.20	8.30	9.3	9.17	10.2	10.15	11.1	11.15	12.5	1.16	1.30	DAY
11516.0	3294.0	94533.0	8771.4	144661.6	9038.8	17156.9	11244.8	131028.4	19565.6	14918.6	25396.3	1602558.3	19236.4	SUM
29.0	31.0	23.0	44.0	37.0	35.0	42.0	29.0	43.0	44.0	49.0	58.0	47.0	43.0	COUNT