

北海道噴火湾の 1981 年春季増殖期における 植物プランクトンの組成*

中 田 薫**

Species Composition of Phytoplankton Community of Funka Bay in the Spring Bloom, 1981

Kaoru NAKATA**

Abstract

The change in the species composition of phytoplankton community throughout the spring bloom was studied based on water samples of vertical series collected with Niskin bottles at intervals of 1-2 weeks from January 22 to May 19, 1981.

The maximum concentration of chlorophyll *a* (10.1 $\mu\text{g/l}$ at station 30, 9.0 $\mu\text{g/l}$ at station 1) was observed in the late half of March, with following rapid decrease to less than one-tenth.

Major phytoplankton species in the early bloom period were diatoms such as *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira nordenskiöldii*, and *T. hyalina* and then changed to *Chaetoceros debile*, *C. sociale* and *C. radicans* in the late bloom period. In the end of bloom (after Mar. 30), these *Chaetoceros* species formed resting spores and began to sink to the deeper layer.

Dinoflagellates showed considerably constant amount throughout the study period, but the species diversity became high in the end of the spring bloom.

1. 緒 言

噴火湾における植物プランクトンの春季増殖は通常 2 ~ 3 月の親潮流入期にみられるが、大増殖をする期間は極めて短いことが知られている。西浜ら (1976) によれば、この期間にクロロフィル *a* 量は 5~10 倍に急増する。また、大谷・木戸 (1980) はクロロフィル *a* 量および有光層内における $\text{PO}_4\text{-P}$ 量の季節的推移から、短期間ながら、春季増殖による一次生産は年間純生産量の過半に達するものと推測した。

箕田・岩崎 (1978) は親潮系植物プランクトン 8 種を冬期噴火湾水、親潮系水およびそれらの混合水中で培養したところ、その中 6 種までが冬期噴火湾水中で最もよく増殖したことから、親潮系水と冬期噴火湾水の接触が噴火湾における春季増殖の開始に重要な意味をもつものと推察した。また、これまで毎月 1 回程度の採集をもと

に、春季増殖時期には、*Chaetoceros* 属、*Thalassiosira* 属、*Asterionella* 属などの沿岸性珪藻類が優占するが (田村 1951, 西浜ら 1976)、春季増殖終了後は珪藻類に代って $\mu\text{-flagellates}$ と総称される微小な鞭毛藻類が優占するとされてきた (箕田・岩崎 1978)。通常、春季増殖の時期は天候が不順のため、採集間隔を短くして植物プランクトン群集の消長を詳細に研究するのは困難である。しかし、1981 年には幸いにも 1 月下旬から 5 月下旬にわたる計 11 回の観測によって、短期間に盛衰する春季増殖をとらえることができた。本稿では噴火湾春季増殖期における植物プランクトン群集の組成変化について報告する。

2. 材料と方法

海洋観測ならびに植物プランクトン採集は噴火湾湾央部水深 92m の定点 (Sta. 30. 42°15'N, 140°36'E) および湾口部の水深 88m の定点 (Sta. 1. 41°58'N, 140°59'E) において、北海道大学水産学部調査船“うしお丸”を使用して行なった。観測日は Sta. 30 では 1981 年 1 月 23

* 1982 年 10 月 12 日受理、本論文は第 13 回北洋研究シンポジウムで報告されたものである。

** 北海道大学水産学部 Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate 041, Japan

日, 2月3, 23日, 3月3, 12, 19, 30日, 4月14, 25日, 5月6, 19日, Sta. 1 では1月22日, 2月5, 19日, 3月2, 12, 19, 30日, 4月14, 25日, 5月19日であった。

塩分, クロロフィル a 量の測定および植物プランクトン細胞計数用試水はニスキン採水器を用い, 0~70m間は10m毎に8層, また深層は湾中央部では79m, 湾口部では75mからそれぞれ2m毎に7層, 計15層から採水した。ニスキン採水器には転倒温度計を取り付け, 各層の水温を測定した。

クロロフィル a 量は15層全てについて試水0.5~2.0 l をWhatman GF/Cフィルターで濾過し, SAIJO and NISHIZAWA (1969)の方法に従い, 日立204型蛍光光度計を用いて測定した。

植物プランクトン細胞数の計数には0~70mの各層水を供した。試水は1 l につきルゴール溶液を約6 ml 加えて固定した。24時間以上静置の後, 上澄液を捨てて20 ml に濃縮し, そのうち0.03~1.5 ml について検鏡を行った。珪藻類については出現種全てを計数したが, 渦鞭毛藻類については微細な種の同定が困難であったため, 長軸長が15 μm 以上のものについてのみ同定し,

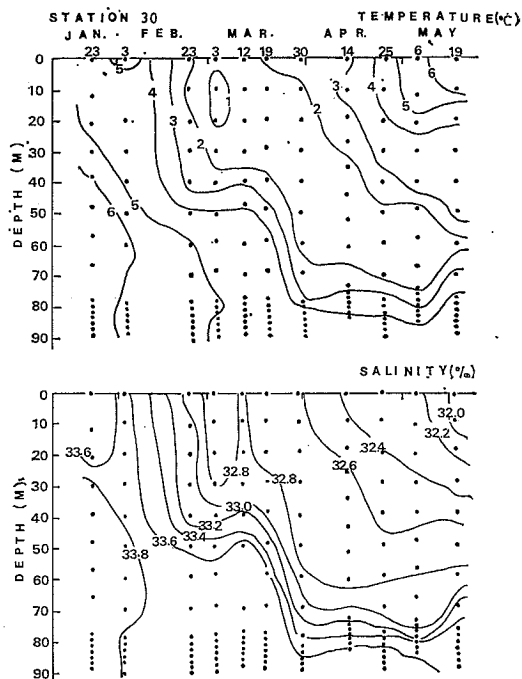


Fig. 2. Changes in depth profiles of temperature and salinity at station 30.

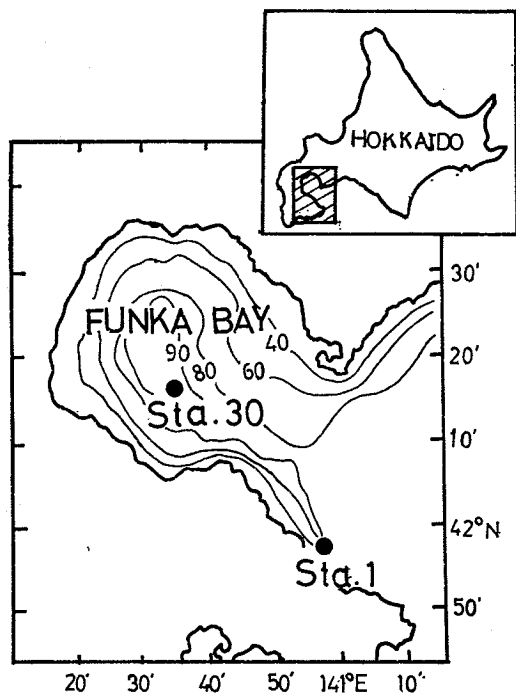


Fig. 1. Location of sampling stations in Funka Bay.

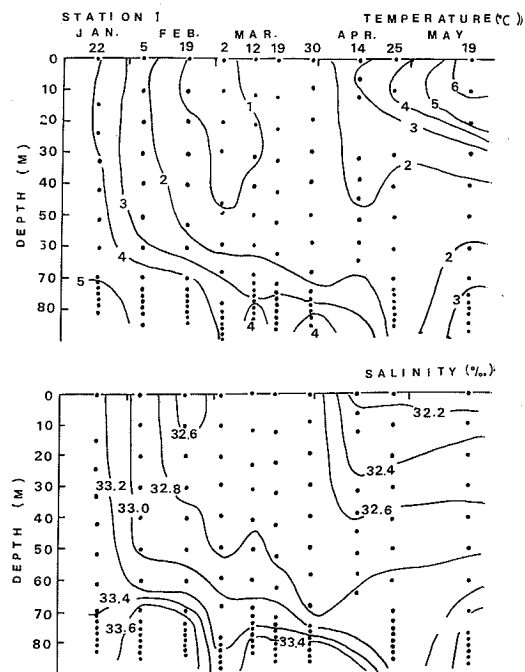


Fig. 3. Changes in depth profiles of temperature and salinity at station 1.

細胞の計数を行った。

3. 結果

1. 海況

噴火湾に流入する親潮系水は水温 3°C 以下、塩分 33.0‰ 以下の水塊特性によって確認される (大谷・木戸 1977)。

Sta. 30 では2月中旬頃まで全層ほぼ均一な冬期噴火湾水が滞留していたが、2月20日前後に表層付近から親潮系水の流入が始まった (Fig. 2)。親潮系水の流入深度はその後徐々に増加し、3月末には 60m 以深にまで達した。しかし、底層付近では高鹹な冬期噴火湾水が1月から5月の観測期間を通してみとめられた。5月に入ると高温低鹹な夏期噴火湾水が表層で形成され、次第に成層する傾向がみとめられた。

一方、Sta. 1 では親潮系水がすでに2月5日に 50m 以浅でみとめられ、4月25日には全層が親潮系水によって占められた。鉛直混合は4月上旬までかなり活発におこっており (Fig. 3)、Sta. 30 に比較して水の成層度合

は弱い。

2. クロロフィル a 量

両定点におけるクロロフィル a 量の鉛直分布を Fig. 4 に示した。

Sta. 30 においては、クロロフィル a 量は1月23日に 40m 以浅および 70m 層で $1\mu\text{g}\cdot\text{chl } a/l$ 以上の値を示すものの、それ以外の層では極めて少ない値を示していたが、1月末から急増し、2月3日 50m 以浅で $2\mu\text{g}\cdot\text{chl } a/l$ 以上、特に 30m 以浅では $4.2\sim 8.5\mu\text{g}\cdot\text{chl } a/l$ となった。わずか10日間のうちにクロロフィル a 量は約2倍となり、湾央では1981年春季増殖は1月末から2月初めに始まったとみられる。クロロフィル a 量はこの後更に増加し、3月19日頃に最大に達し、30m 以浅で $9\mu\text{g}\cdot\text{chl } a/l$ 以上となったが、3月末から急激に減少し、4月14日にはほとんどの層で $1\mu\text{g}\cdot\text{chl } a/l$ 以下となった。

一方、Sta. 1 においては、1月22日にほぼ全層で $1\mu\text{g}\cdot\text{chl } a/l$ 以下であったクロロフィル a 量は、この後小さな増減をくりかえすが、3月初めまで大きく増加することなく、また全層ほぼ均一な分布を示した。3月10

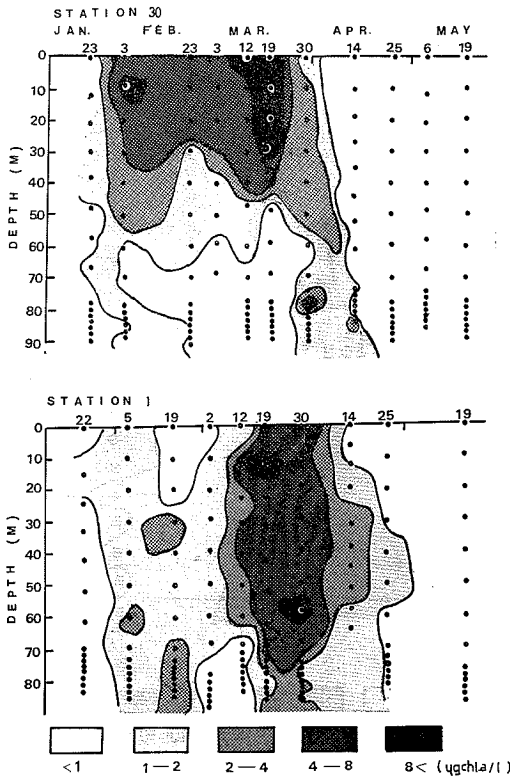


Fig. 4. Changes in depth profiles of chlorophyll a.

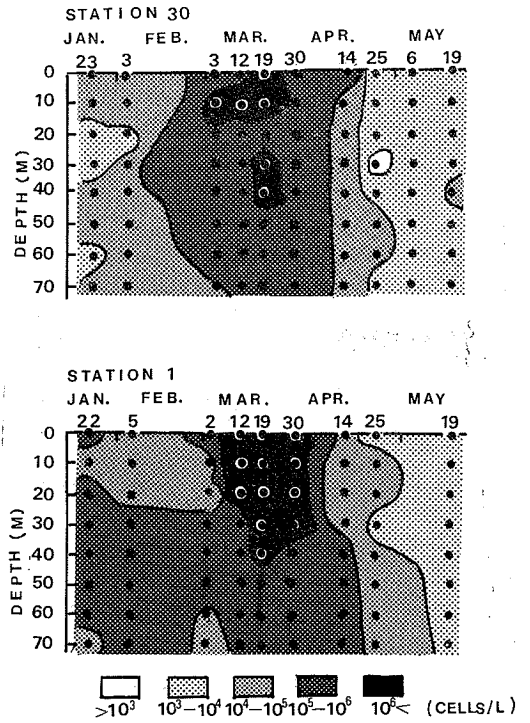


Fig. 5. Changes in depth profiles of the abundance of diatoms.

日頃からクロロフィル *a* 量は急激に増加し、3月下旬にピークを示した後表層から減少し始め、4月下旬にはほとんどの層で $1 \mu\text{g}\cdot\text{chl } a/l$ 以下となった。

3. 珪藻類

珪藻類の出現傾向を Fig. 5 に示した。珪藻類細胞数は両定点とも3月19日から30日頃最大に達した後、4月に入ると急減し、クロロフィル *a* 量とはほぼ対応した出現傾向を示した。

珪藻類は中心目45種、羽状目32種の計77種が同定された。中でも *Thalassionema nitzschoides*, *Thalassiosira hyalina*, *T. nordenskiöldii*, *Chaetoceros debile*, *C. sociale*, *C. radicans* の6種はそれぞれ春季増殖時期に 10^6 cells/l 以上に達し、クロロフィル *a* 量が最大に達する時期には、両定点ともこれら6種で珪藻類総細胞数の90%以上を占めた。観測期間中、有光層は10m程度から60m以上と大きく変化したが、平均30m程度であり、これら主要6種の細胞数の変化を30m以浅と30m以深で調べた (Fig. 6)。主要6種の細胞数はそれぞれ最大に達するまでは水柱の比較的上層で多く、最大を過ぎると下層で多くなる傾向があった。また、細胞数最大

時期は種による若干の差がみられ、*Thalassionema nitzschoides*, *Thalassiosira hyalina*, *T. nordenskiöldii* では比較的早く、*Chaetoceros debile*, *C. sociale*, *C. radicans* では幾分遅れた。

C. diadema, *Asterionella gracialis*, *Biddulphia aurita* など数種の沿岸性珪藻類は、占有率は高くないが春季増殖時期に顕著な増殖を示した。また、*Denticula seminae*, *C. atlanticus* など外洋性冷水種がこの時期に出現したが、両定点ともこれらが大きく増殖する傾向はみとめられなかった。珪藻類は出現種数が多かったが、その多くは細胞数が少なく、春季増殖との関連性は見出せなかった。

珪藻類の現存量がピークに達する3月下旬頃から *Chaetoceros* 属の休眠孢子が多量にみだされた。特にその出現が顕著な3月30日以降の試料について休眠孢子的数を計数した。3月30日には両定点ともほぼ全層で 10^6 cells/l 以上存在し、特に中層以深では 10^6 cells/l 以上見出される層もあった。4月に入るとこれら休眠孢子は表層からすみやかに減少し、4月14日には両定点ともほぼ

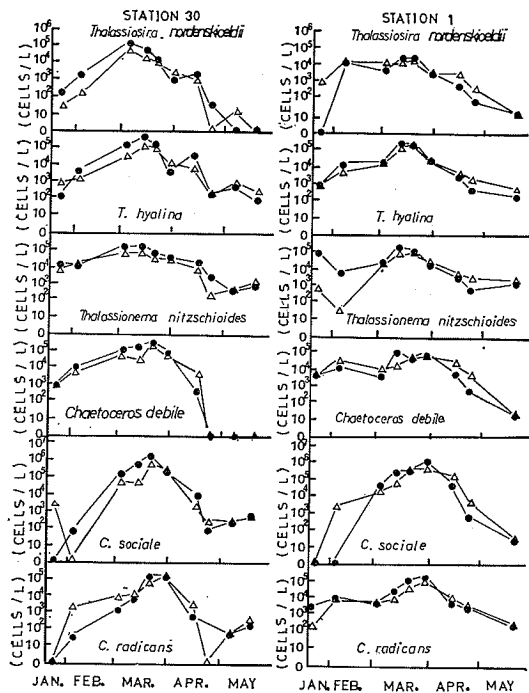


Fig. 6. Changes in mean cell number of dominant diatom species in 0-30 m layer (circle) and in 30-70 m layer (triangle).

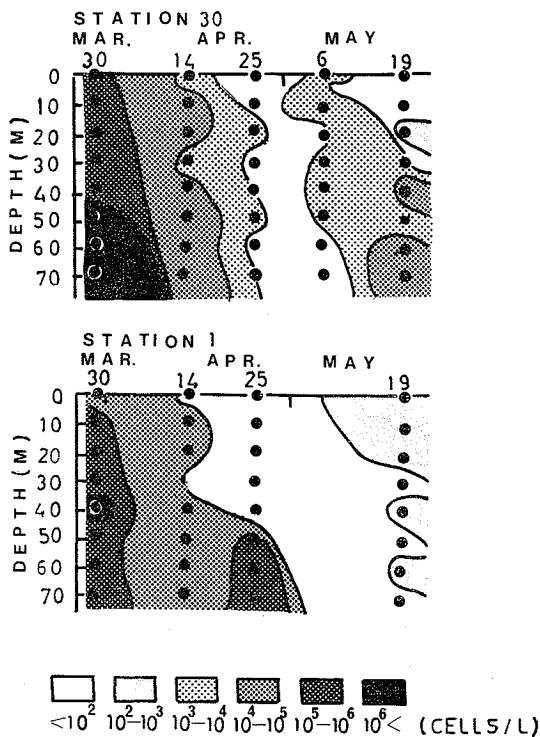


Fig. 7. Changes in vertical distribution of resting spores of *Chaetoceros* spp. from Mar. 30 to May 19.

全層で $10^4 \sim 10^5$ cells/l 以下となる。Sta. 30 では4月下旬に70m以浅で1度 10^3 cells/l 以下となるが、5月に入ると若干増加した。Sta. 1 では4月下旬に休眠胞子は表層付近でほとんどみられなくなるが、50m以浅ではまだ 10^3 cells/l 以上存在した (Fig. 7)。休眠胞子は底で高密度に、そして長期にわたり分布することから、珪藻類現存量がピークに達する頃、全層で作られた休眠胞子が急速に沈降していくようすがうかがえた。なお、これら休眠胞子の大半は春季増殖時期に爆発的に増殖した *C. sociale*, *C. radicans*, *C. debile* などである。

4. 渦鞭毛藻類

長軸長 $15 \mu\text{m}$ 以上の渦鞭毛藻類の出現傾向を Fig. 8 に示す。渦鞭毛藻類細胞数は両定点とも2月から3月中旬にかけて若干少ない層が見出されるものの、それ以外では常に 10^3 cells/l 以上存在した。特に珪藻類の現存量が最大に達する時期に渦鞭毛藻類も多い傾向があったが、珪藻類ほど大きな変動は示さなかった。

Fig. 9 に渦鞭毛藻類総細胞数に占める無殻類の割合を示した。1~3月には無殻類の占有率が高く、*Amphidinium* 属、*Gymnodinium* 属、*Oxyrrhis* 属に

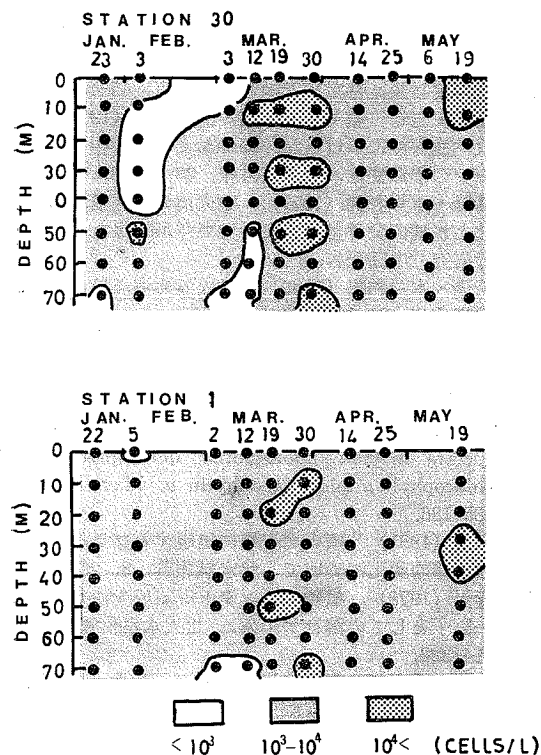


Fig. 8. Changes in depth profiles of the number of dinoflagellates.

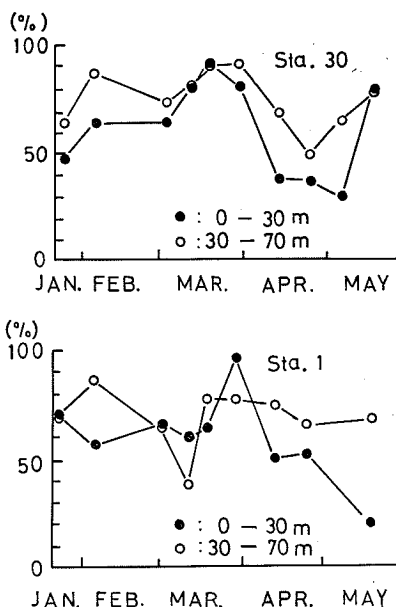


Fig. 9. Changes in mean percentage of non-thecate dinoflagellates in total dinoflagellates in 0-30 m layer and in 30-70 m layer.

多く出現する種がみられた (例えば、*Amphidinium*, *lougum*, *Oxyrrhis marina*)。3月30日以降無殻類の割合が小さくなったが、これはこの時期から *Prorocentrum* 属、*Dinophysis* 属、*Gonyaulax* 属、*Protoperidinium* 属、*Ceratium* 属などの有殻類の出現が顕著になったことによる。これに伴ない、渦鞭毛藻類の出現種数が増加し、多様度が増した。有殻類のうち *Protoperidinium brevipes* と *P. bipes* は観測期間を通して比較的多く出現した。また、有殻類は上層 (0~30m) で多くみだされる傾向があった。

4. 考 察

北方海域における春季増殖は一般に珪藻類、特に *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros* 属、*Thalassiosira* 属、*Rhizosolenia hebetata* の大増殖によっておこることが知られている (RAYMONT 1980)。一方、噴火湾では春季増殖時期に珪藻類の出現種数が最も多いことが報告されている (西浜ら, 1976) が、本研究ではこの時期に爆発的に増殖したのは *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira hyalina*, *T. nordenskiöldii*, *Chaetoceros debile*, *C. sociale*, *C. radicans* の6種であった。これらの種はすべて、沿岸域に広く分布する種類であり、噴火湾における春季増殖時期の植物プランク

トン群集の種組成は、北方沿岸域の春季増殖の一典型を示すものであろう。

これら主要 6 種の中で細胞数が最大に達する時期に若干の差があったが、その最大期が比較的遅い *Chaetoceros* 属 3 種は春季増殖末期に活発に休眠胞子を形成した。休眠胞子は栄養細胞の生長に不適な環境下で形成されることが知られている。HARGRAVES and FRENCH (1975) は、培養条件下で *C. sociale* の休眠胞子を 1 度暗所に保った後光をあてると発芽することを示した。また、KIDO and OHTANI (1981) は噴火湾における春季増殖末期頃海底付近に大量に出現するヌタ中に *Chaetoceros* 属の休眠胞子の存在を確認し、これら休眠胞子が寒冷な噴火湾深部に夏の間保たれ、冬季に鉛直混合が発達すると、栄養塩類とともに上層に運ばれて春季増殖が形成される可能性を示した。HOLLIBAUGH ら (1981) が *C. diadema*, *C. vanheurckii*, *C. didymus* の休眠胞子を用いて温度と照度の発芽に与える影響を調べたところ、発芽率は時間がたつにつれて低くなるが、2~4°C の条件で暗所に保つと *C. diadema* では少なくとも 645 日間は発芽能力をもつ休眠胞子がみられた。噴火湾の底層は夏中 5°C 以下の低温に保たれ (KIDO and OHTANI 1981), しかも形成された休眠胞子が莫大な数にのぼることから、休眠胞子が春季増殖に重要な意味をもつことが推察される。

角皆 (1979) は海水中に全ての栄養塩が揃っている時は珪藻類が繁殖するが、溶存態珪素濃度が 5~10 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ になると珪藻の優位性が失われ、多量のリンと窒素が残っている場合には鞭毛藻類の赤潮となるという仮説をたてた。一方、角皆ら (1981) は本研究のサンプリングと同時に行なわれた観測の結果、珪藻類の繁殖によって珪素は急減し、4 月に入ると 70m 以浅ではほとんど存在しなくなるが、窒素とリンは残っていると報告した。珪藻類の細胞数は 3 月後半に最大に達した後激減し、珪藻類の現存量と珪素の挙動はよく一致した。春季増殖終了後重要な群となる μ -flagellates は栄養塩要求が低く増殖速度が速いことが知られているが、噴火湾ではその主な構成種として *Amphidinium* 属や *Gymnodinium* 属などの無殻渦鞭毛藻類が挙げられている (鵜飼 1981)。本研究ではこれら無殻の渦鞭毛藻類は春季増殖期から相当量存在し、春季増殖末期以降は有殻類も多く出現するようになり、渦鞭毛藻類の組成は多様化することが明らかとなった。このことは噴火湾の春季増殖における珪素の重要性を示すとともに、“珪藻→鞭毛藻”という遷移がスムーズにおこり、春季増殖終了後増加する動物プランクトン現存量を支えるのに役立つことを示すものと考えられる。

謝 辞

本研究を通して、北海道大学水産学部浮游生物学講座 箕田嵩教授、河村章人助教授から有益な御指導御助言を賜った。また、同講座志賀直信助手ならびに院生諸氏から様々な御助言をいただいた。さらに観測および試料採集に際し、同学部分析化学講座諸氏とうしお丸乗組員の方々から多大な協力をいただいた。上記の方々に心から感謝の意を表する。

文 献

- HARGRAVES, P. E. and F. FRENCH (1975) Observations on the survival of diatom resting spores. *Nova Hedwigia* Beih. **53**, 229-238.
- HOLLIBAUGH, J. T., D. L. R. SEIBERT and W. H. THOMAS (1981) Observations on the survival and germination of resting spores of three *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) species. *J. Phycol.*, **17**, 1-9.
- KIDO and OHTANI (1981) Preservation of particulate organic matter in the cold basin water in Funka Bay after the vernal phytoplankton bloom. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **32**, 357-375.
- 箕田 嵩・岩崎 順 (1978) 噴火湾における植物プランクトンの季節的消長—とくに春季増殖とその盛衰。海洋環境保全の基礎的研究第 4 回総合シンポジウム要旨集, 特定研究総合班, 東京, 45-46.
- 西浜雄二・岩崎良教・金子 実・広海十朗 (1976) 噴火湾鹿部沖における海洋条件および動植物プランクトンの季節変化。北水試月報, **33**, 1-22.
- 大谷清隆・木戸和男 (1977) 噴火湾の海洋構造の年変化と水塊の交替量。特定研究海洋環境保全, 噴火湾の研究, 中間報告, 3-12.
- 大谷清隆・木戸和男 (1980) 噴火湾の海洋構造。北大水産集報, **31**, 84-114.
- RAYMONT, J. E. G. (1980) *Plankton and productivity in the oceans*. vol. 1, 2nd ed., *Phytoplankton*. Pergamon Press, London. 489 pp.
- SAIJO, T. and S. NISHIZAWA (1969) Excitation spectra in the fluorometric determination of chlorophyll *a* and phaeophytin *a*. *Mar. Biol.*, **2**, 135-136.
- 田村 正 (1951) 噴火湾近海に出現するプランクトンの季節的变化について。北水試報告, **8**, 26-38.
- 角皆静男 (1979) 植物プランクトン組成を決定する第一因子としての溶存ケイ素。北大水産集報, **30**, 314-322.
- 角皆静男・乗木新一郎・渡辺康恵・河原利幸 (1981) プランクトンブルームに果す溶存ケイ素の役割。1981 年日本海洋学会秋季大会講演要旨集。
- 鵜飼俊行 (1981) 有殻渦鞭毛藻類の分類に関する走査型電子顕微鏡的研究。北大水産修士学位論文。