

フェリーボートによる冬～春季の低次生産環境調査

長田 宏¹⁾・木谷 浩三¹⁾

Investigation of Environmental Factors Concerning Primary Productivity in Winter to Spring by Ferry Boats

HIROSHI NAGATA and KOZO KITANI

Abstract

The changes of salinity, nutrient salts and concentration of chlorophyll *a* were examined by using water sampled aboard ferry boats at the central part of the Sado Straits in the Japan Sea from January to April, 1986.

As a result, following features were revealed;

- 1) The sea water sampled by ferry boats was available to examine salinity, chlorophyll *a*, and phosphate-P in the sea.
- 2) In short period, change of salinity was well correlated with that of precipitation, but not with concentration of phosphate-P. It might be due to adhesion of nutrient salts to clay carried by land waters.
- 3) The concentration of chlorophyll *a* (standing crop of phytoplankton) increased immediately after March. At the early April, it reached 0.13 $\mu\text{g}/\text{l}$ in maximum. But this value was much smaller than that from other waters in spring.
- 4) In long period, the concentration of phosphate-P decreased gradually. But the increase in chlorophyll *a* did not pay decreased quantity of phosphate-P. It might be caused by grazing of zooplankton or scattering by water movements.

Key words chlorophyll *a*, ferry boat, Japan Sea, nutrients, Sado Straits, spring bloom

I. は じ め に

海洋の生物生産能力を把握するためには、一次生産者である植物プランクトンの現存量の変動に関する知見を得ることが不可欠である。一般に温帯域においては、冬季の鉛直混合によって供給された栄養塩を利用して春季に植物プランクトンが大増殖するが、やがて栄養塩の枯渇

1986年10月21日受理, 日本海区水産研究所業績A第441号

1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido cho, Niigata, 951, Japan)

や、動物プランクトンによる捕食等によって減少し、その後、秋季に再び小規模な増殖がみられることが多い(有賀 1973, 川原田 1975)。

日本海においても、これまでプランクトンの季節変動に関する調査は行われており、春、秋季の2回の増殖のピークが報告されている(元田・安楽 1958, 古橋 1980)。しかし、前者はネットサンプルに基づいた観測であり、後者は内湾性の極めて強い舞鶴湾における観測結果の紹介である。一方、舞鶴海洋気象台は長期間にわたって年4回の日本海の海洋観測を行い、クロロフィル量をはじめとした豊富なプランクトンデータが蓄積されている。ところが、春季の植物プランクトンの増加と減少は非常に短期間のうちに起こり、噴火湾では絶頂期は一週間も続かなかったことが示されている(角皆・乗木 1983)。そのため、年4回程度の調査では、これを見落とす可能性があり、春季大増殖の発生時期や規模を詳しく調べるには、冬季から春季にかけての高い頻度での調査が必要である。

しかし、日本海の冬季～春季においては、海況条件が悪く、小型の調査船による海洋観測が困難となっている。したがって日本海のこの時期における植物プランクトンや栄養塩などの短期的な変動に関する知見は、今のところ極めて乏しい。そこで著者らは佐渡汽船(株)所属の大型カーフェリーが毎日、新潟～両津間を往復していることに着目し、同社の協力によって得られた海水試料をもとにクロロフィル量、栄養塩濃度等の冬季から春季にかけての経日的変動を調査した。

II. 方 法

採水は1986年1月17日から4月28日までの間に実施した。この間、1月17日～2月28日と4月7日～4月28日は原則として月、水、金曜日の週3回、3月3日～4月4日は日曜日を除く毎日行った。調査回数は1月は6回、2月は11回、3月は25回、4月は12回の計54回であった。採水したフェリーボートは日によって異なったが、こさど丸(4000 t)、おとめ丸(3500 t)、こがね丸(3000 t)であり、いずれも05:30 AM 両津発新潟行きの便である。フェリー

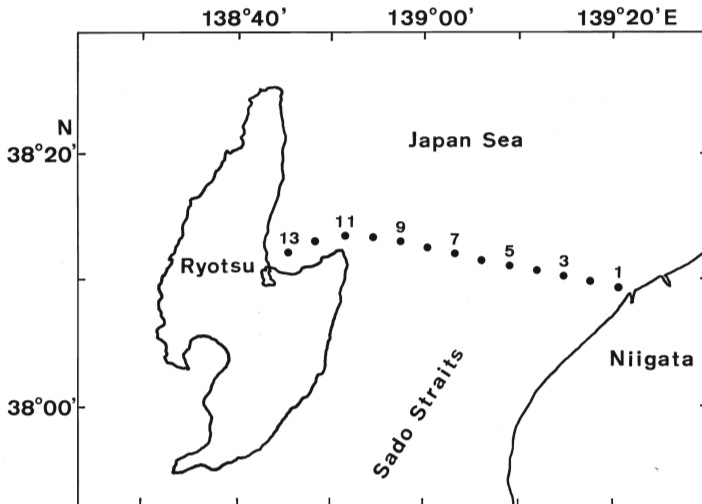


図1 観測点図

Fig. 1 Location of sampling stations.

の雑用海水の取水口は水面下約4.2mにあるが、採水法としては、出港直後から雑用海水の蛇口を全開し、配管内の水を一掃しながら、佐渡海峡のほぼ中央部に達した1時間後にそこから3リットルの海水をポリ瓶に採取するように依頼した。08:00 AM 新潟入港後、ポリ瓶を受け取り、塩分、クロロフィルa、栄養塩類分析のための試料とした。なお、栄養塩のうち、今回は磷酸態磷濃度だけを検討した。塩分はサリノメーター (Auto Lab 601 MK IV) を用い、クロロフィルaは蛍光法、栄養塩類は気象庁 (1970) に基づいて分析した。

ところで、クロロフィル量をそのまま植物プランクトンの現存量とみなすには問題がある (有賀 1978, 古橋 1980) もの、HOLM-HANSEN (1969) はクロロフィル量にある係数をかけた値が、直接検鏡によって求めた現存量によく一致したことを報告している。そこで、ここではクロロフィルa量を植物プランクトン量の指標として考えた。

本調査に先立ち、1985年12月10日、フェリー航路上に13の測点を設定し (Fig. 1), 各点にお

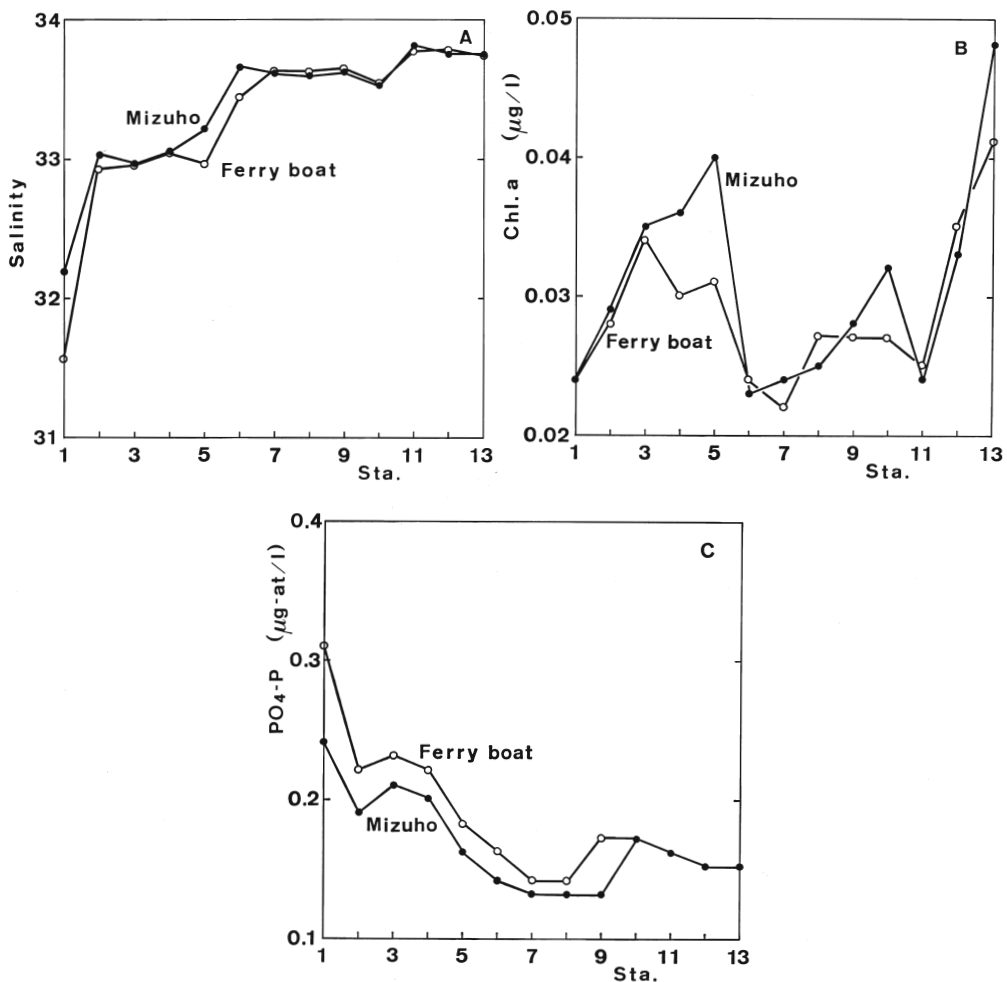


図2 1985年12月10日、みずほ丸 (黒丸) とフェリーボート (白丸) による佐渡海峡の塩分 (A), クロロフィル量 (B), 磷酸態磷 (C) 濃度の比較

Fig. 2 Salinity (A), concentration of chlorophyll a (B) and phosphate-P (C) in the Sado Straits sampled aboard R. V. Mizuho Maru (solid circles) and ferry boat (open circles) in December 10, 1985.

いて当所所属の調査船みずほ丸で5 m深の海水をバンドン採水器で採取した。一方、ほぼ同時刻に13の測点を通るフェリーでは各測点毎に蛇口から雑用海水を採取し、それぞれの分析結果を比較した。

なお、調査期間中の気象データについては、新潟地方気象台発行の新潟県気象月報によった。

III. 結果および考察

フェリーポートから採水した試水の有効性の検討

Fig. 2 にみずほ丸とフェリーポートで採取した海水の塩分、クロロフィル量、磷酸態磷量を比較した。前2者については多少の差はあるものの、絶対値、変動傾向ともによく一致していた。また、磷酸態磷については、フェリーポートの方がいくぶん高濃度に推移する傾向があった。

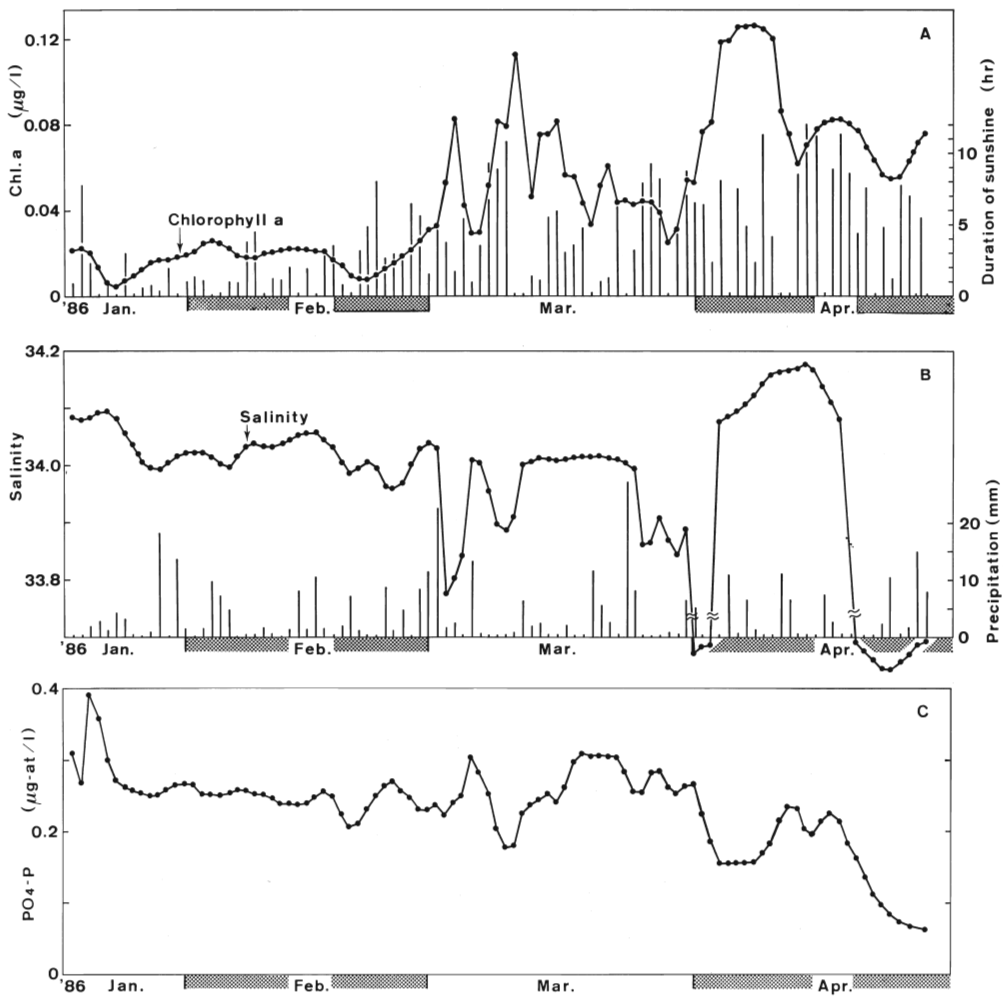


図3 1986年1～4月、佐渡海峡中央部におけるクロロフィル a と日照時間(A)、塩分と降水量(B)及び磷酸態磷(C)濃度の経日変化

Fig. 3 Daily changes of chlorophyll a , duration of sunshine (A), salinity, precipitation (B) and phosphate-P (C) at the central area of the Sado Straits from January to April, 1986.

たが、その差は小さかった。結果として、佐渡海峡の中央部 (Sta. 6~9) であれば、フェリーボートの雑用海水でも今回の調査目的は充分満たされることが示された。

フェリーポートによる冬~春季の海洋環境調査

Fig. 3は、フェリーポートで採取した海水による1986年1月から4月までのクロロフィル *a* 量、塩分、磷酸態磷量さらに日照時間と降水量の変動を示している。ただし、3月を除き、ほとんどの採水は、1~2日おきであるため、それぞれのデータは内挿計算によって毎日の値に置き換え、その後、3項移動平均法を用いて平滑化を行った。

塩分の変動は、降水量と短期的にはよく対応しており、特に3月2日、3月25日の極小日の数日前には、まとまった量の降水(雪)が記録されている (Fig. 3B)。4月21日~4月28日には対応はみられないが、これは河川からの融雪水等の流入によるものと思われる。磷酸態磷は調査期間を通じて漸減する傾向にあったが、塩分との対応はみられなかった (Fig. 3C)。陸水流入量等の増加を示唆する塩分濃度の低下が必ずしも磷酸態磷濃度の増加に対応しない現象は新潟北部沿岸域、および富山湾においても報告されており (永原 1984a, b)、この理由としては流入した河川水中の浮泥によって栄養塩類が吸着され、沈降することが考えられる。

クロロフィル *a* は1~2月は $0.02 \mu\text{g/l}$ 程度であったが、3月以降、日照時間の増加とともに急増し、大きな増減を繰り返しながら、4月7日には $0.13 \mu\text{g/l}$ に達した (Fig. 3A)。しかし、この値は噴火湾で1981年3月に春季増殖期の値として報告された量 (30m 以浅で $9\mu\text{g/l}$ 以上、中田 1982)、あるいは1981~84年の日本海の5月におけるPM線表層の平均クロロフィル *a* ($0.49 \mu\text{g/l}$ 、気象庁海洋気象観測資料) と比べ、極めて低濃度であった。

1月から4月までの全観測期間を通じて、磷酸態磷はおよそ $0.2\mu\text{g-at/l}$ 減少した (Fig 3C)。植物プランクトン乾重量中には、磷が0.7%、クロロフィル *a* が0.2~0.3% 含まれている (MARGALEF and VIVES 1967, cited by BOUGIS 1976) といわれており、減少した磷がすべて植物プランクトンの増殖に使われたと仮定すると、クロロフィル *a* は約 $1.8\sim 2.7 \mu\text{g/l}$ 増加するはずである。しかし、実際には $0.1\mu\text{g/l}$ 程度の増加にとどまった。今回は動物プランクトンの調査は行わなかったため、それらの捕食圧は不明であるが、増殖した植物プランクトンの多くが捕食されたため、見かけ上植物プランクトンの増加が少なかった可能性はある。あるいは移流による植物プランクトンの拡散も考えられる。

佐渡海峡における1986年冬~春季の植物プランクトン量は、他水域から報告されている同時期の植物プランクトン量に比べて著しく少なかったが、これが、この海峡域の平均的な姿であるかどうか今は明らかでない。しかし、高い頻度で往来しているフェリーポートによる採水調査は、今後、日本海の冬~春季の海洋環境に関して、新たな知見をもたらす調査法として注目される。

IV. 謝 辞

本調査に御協力いただいた佐渡汽船株式会社、および、日水研調査船みずほ丸の乗組員各位に感謝する。また、試料の分析、作図等には片桐久子技官、斎藤千保嬢の手を煩わせた。あわせて謝意を表す。

V. 要 約

1986年1~4月、フェリーポートから採取した佐渡海峡の海水を分析し、以下の知見を得た。

1. 佐渡海峡の中央部であれば、フェリーボートの雑用海水からでも塩分、クロロフィル、栄養塩類の変動は充分、把握できることが確認できた。
2. 短期的にみれば、塩分の変動は降水量とよく対応していたが、磷酸態磷との対応はみられなかった。これは流入した河川水中の浮泥によって栄養塩類が吸着され、沈降したためと考えられる。
3. 佐渡海峡におけるクロロフィル *a* (植物プランクトン) 量は3月以降、急増し、増減を繰り返しながら4月上旬には最大 $0.13 \mu\text{g}/\text{l}$ に達した。しかし、この濃度は、他の海域から春季大增殖として報告された値よりも極めて低い値であった。
4. 長期的にみれば、磷酸態磷濃度は漸減する傾向にあったが、これに比べてクロロフィル濃度の増加量は極めて小さかった。これに関しては、動物プランクトン等による植物プランクトンの捕食、あるいは移流による拡散などが考えられる。

文 献

- 有賀祐勝 (1973) 水界植物群落の物質生産 II, 植物プランクトン. 共立出版, 東京, 91pp.
- 有賀祐勝 (1978) 海洋の基礎生産. pp. 25-39, 海洋学講座 10 海洋プランクトン (丸茂隆三編), 東京大学出版会, 東京, 232pp.
- BOUGIS, P. (1976) *Marine Plankton Ecology*. North-Holland Publishing Company, 355 pp.
- 古橋賢造 (1980) 舞鶴湾のプランクトン. 海洋科学, Vol. 12, No. 10, 717-729.
- HOLM-HANSEN, O. (1969) Determination of microbial biomass in ocean profiles. *Limnol. Oceanogr.*, 14, 740-747.
- 川原田 裕 (1975) 植物プランクトンの生態. pp. 1-47, 海洋科学基礎講座 6 海洋プランクトン, 東海大学出版会, 東京, 240pp.
- 気象庁編 (1970) 海水の化学分析. 海洋観測指針, 日本海洋学会, 東京, 145-205.
- MARGALEF, R. and VIVES, F. (1967) La vida suspendida en las aguas. In *Ecologia marina*. Monografía n14, Fund. La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, 493-562.
- 元田 茂・安楽正照 (1958) プランクトンに関する研究. 対馬暖流開発調査報告書, 第2輯, 121-124.
- 永原正信 (1984 a) 新潟北部沿岸域の栄養塩類とクロロフィル *a* の季節変化. 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究, 北陸沿岸地域調査成果報告, 日本研, 85-97.
- (1984 b) 富山湾の栄養塩類とクロロフィル *a* の季節変動. 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究, 北陸沿岸地域調査成果報告, 日本研, 183-204.
- 中田 薫 (1982) 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. 水産海洋研究会報, 41, 27-32.
- 角皆静男・乗木新一郎 (1983) 海洋化学. 西村雅吉編, 産業図書, 東京, 286pp.