

図5. 噴火湾における過去と現在の溶存酸素の鉛直変化, 左: 実測値, 右: 酸素飽和度
破線 1932年8月中旬の資料(春風丸)
実線 1979年8月中旬の資料(うしお丸)
● St. 30 ▼ St. 23

年夏のそれとを比較してみた。

図5に示すように、溶存酸素は中層にふくらみを有する夏期成層期の典型的な鉛直分布であり、50m層までは過飽和ないし飽和、それ以下では減少の傾向を示し、また過去と現在とではほぼ完全に同一の分布であった。

一般に溶存酸素は水質変化、とりわけ有機物の負荷に対して敏感に変化する成分であるから、少なくとも図5に示す観測点では過去と現在とで顕著な有機物負荷量の変化は起っていないと思われる。

今迄述べてきたように、夏期噴火湾における生態系に関する事実は湾固有の自然条件に支配されて起っている

6. オホーツク海のプランクトン現存量について

古橋賢造 (函館海洋気象台)

緒言

オホーツク海のプランクトンについての研究は1930年代に始まり、1950年代に入ると、採水法によるマイクロプランクトンの資料が、気象庁の研究者を主として数多く発表されている。しかし、領海200海里時代に入って、入域する観測船の数は急減し、過去の資料を見直す必要がでてきた。

近年、日本周辺海域の生産力に関心が高まっているが、気象庁の資料は専ら海況解析に重点が置かれ、量的な取り扱いは不便な面がある。本稿では、過去の資料について現存量に重点を置いて再計算し、隣接海域との比較を行い、栄養塩の現存量と関連して、二、三の考察を行

といえるだろう。物理的要因として春期から夏期に至る間の親潮系水の流入と滞留、化学的要因として栄養元素の枯渇とアンモニア態窒素の相対的増加は夏期の湾内の生態系に最も重要な影響を与えているものと考えられる。

参考文献

- 岩崎 順 (1978) 噴火湾における植物プランクトン群集の季節変化とその要因について. 修士論文 (北海道大学).
- MAITA, Y. and M. YANADA (1973) Particulate protein in coastal waters, with special reference to seasonal variation, *Mar. Biol.*, **44**, 329-336.
- 米田義昭 (1979) 太平洋沿岸の海洋構造と生産力. 水産海洋研究会報, **34**, 66-70.
- 箕田 嵩 (1979) 噴火湾の植物プランクトン群集における鞭毛藻の位置. 噴火湾の貝毒発生に関する資料, 北海道水産資源技術開発協会編 28 pp.
- 西浜雄二, 岩崎良教, 金子 実, 広海十郎 (1976) 噴火湾鹿部沖における海洋条件および動物プランクトンの季節変化. 北水試月報, **33**, 1-22.
- 高杉新弥 (1980) 噴火湾海域におけるホタテガイの毒化および退消過程と環境要因との関連調査 (礼文華). 全国総点検調査報告書, 北海道, 11 pp.
- YANADA, M. and Y. MAITA (1978) Production and decomposition of particulate organic matter in Funka Bay, Japan. *Estuarine and Coastal Marine Science*, **6**, 523-533.
- 柳沢忠實 (1934) 夏期浮游生物. 噴火湾海洋観測報告, 海洋時報, **6**, 217-219.

った。

本文に入る前に、この機会を与えて頂き、種々助言を賜った北海道大学水産学部長の秋場稔教授と北洋研の福岡二郎教授に心からの謝意を表します。

植物プランクトンの現存量

ネット採集による報告もあるが、ここでは採水法によるけい藻類総細胞数とクロロフィルaの積算値に限って述べる。

OHWADA (1957) は1955年4月から8月まで、オホーツク海アリューシャン列島西岸の漁場で、海面けい藻類の季節変化を報じている。これによると、4月は 5×10^2 cells/l から 1×10^4 cells/l の間にあったが、5月に

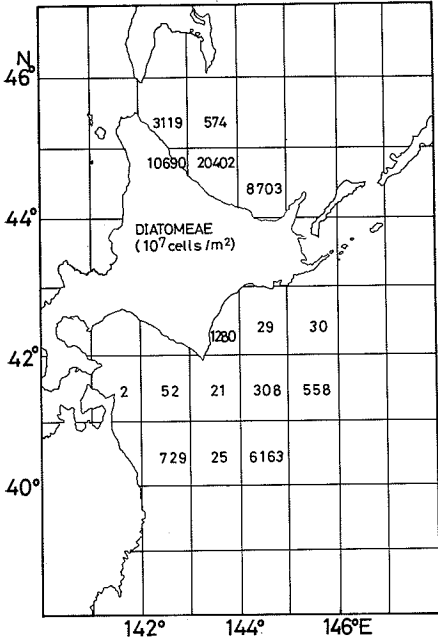


図1-1. 北海道海域における珪藻の現存量 (0-100m 積算 cells/m²) (1957年~1958年, 3月~4月)

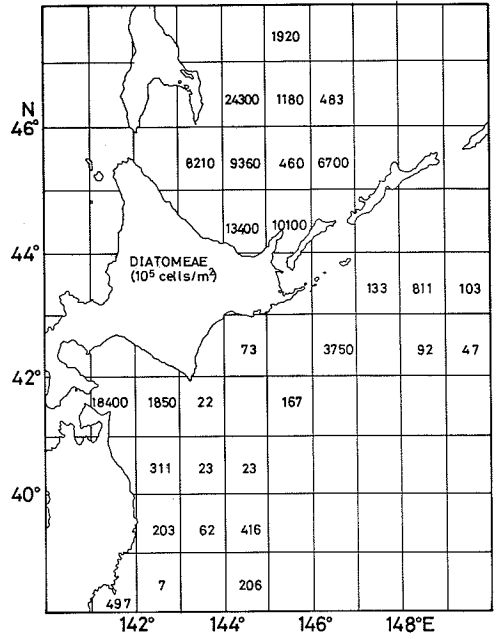


図1-3. (1957年~1958年, 8月~9月)

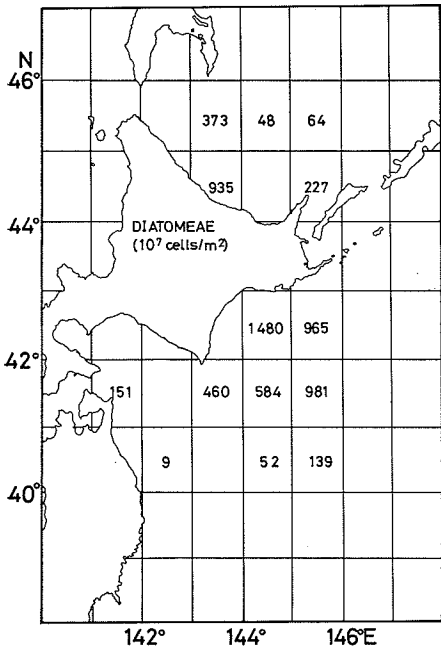


図1-2. (1958年~1959年, 5月)

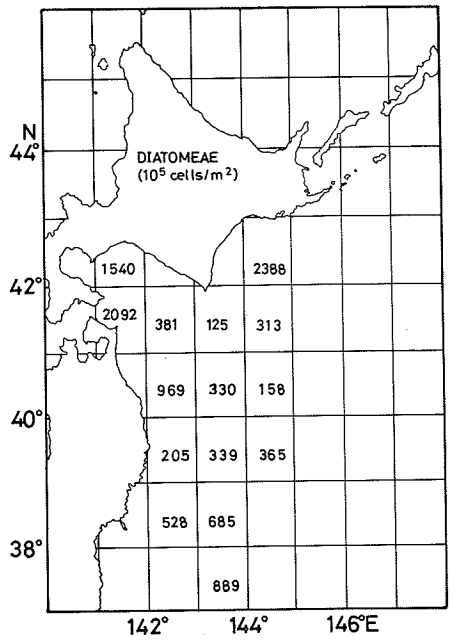


図1-4. (1957年~1958年, 11月)

表1. 最近数年間の四季別のクロロフィルaの積算値平均
(0~200 m, mg chl a/m²), () 内標本数

	春	夏	秋	冬
道南 (1972~1978)	418.2 (42)	72.1 (42)	47.8 (42)	47.1 (36)
日本海 (1973~1977)	85.7 (54)	36.0 (53)	33.0 (52)	62.8 (37)

入ると $4\sim 5 \times 10^6$ cells/l に急増し、5月中旬から6月上旬にかけて漸減して 5×10^5 cells/l となり、以後8月まで、 $2 \times 10^2 \sim 2 \times 10^5$ cells/l の間で変動している。

KAWARADA (1960) はオホーツク海を南北に縦断する観測線で、1957年6月~8月の海面けい藻類の性状を述べている。即ち、6月16日から20日にかけて全域で $3 \times 10^4 \sim 4 \times 10^5$ cells/l 出現し、最大で 2×10^6 cells/l を示した。6月下旬には 3×10^3 に、7月上旬が 5×10^2 以下、最大で 3×10^3 に、8月に入り、 3×10^2 以下、最大で 10^3 、中旬には 3×10^3 cells/l を示している。

気象庁と函館海洋気象台は1957年から1959年にかけて、オホーツク海および三陸沖におけるけい藻類について100m深まで採水法による定量を行っている。気象庁海洋気象観測資料(1958~1960)を基に、1度升目ごとに計算した海面から100m深までのけい藻総細胞数の積算値を季節別に図1-1~1-4に示す。

3月~4月にはオホーツク海の北海道沿岸部で 2×10^{11} cells/m² と年間での最大値を示す。道南では1けた低いが、 $40^\circ \sim 41^\circ \text{N}$ に 6×10^{10} cells/m² を示す水域がある。前記アリューシャン西部海域のピークが5月であることと比べると1か月早い。100mまでの積算値、 2×10^{11} cells/m² と海面での 5×10^6 cells/l とは同じオーダーと見なせる。

5月(図1-2)に入ると、オホーツク海では 9×10^9 cells/m² 以下となり、道南よりも小さな値を示す。図中の数字の単位は 10^7 cells/m² で、夏と秋については 10^9 cells/m² である。

8月~9月には更に減少して、オホーツクで 2.4×10^9 cells/m² 以下となり、道南および道東でも 3.7×10^9 cells/m² 以下と小さい。特に、道南から三陸沖にかけて 10^6 cells/m² 台の水域が広くみられる。反面、津軽海峡東部で 1.8×10^9 cells/m² という高い値がみられる。

11月はオホーツク海の資料は無く、三陸沖で 10^7 cells/m² 台、道南でも 2.3×10^8 cells/m² 以下と小さいが、夏のように 10^6 cells/m² 台を示す水域はみられない。

以上の結果は、結氷期のオホーツク海の資料が無いこと、統計年数が2年しか無いこともあって、季節変化をみるには不十分である。

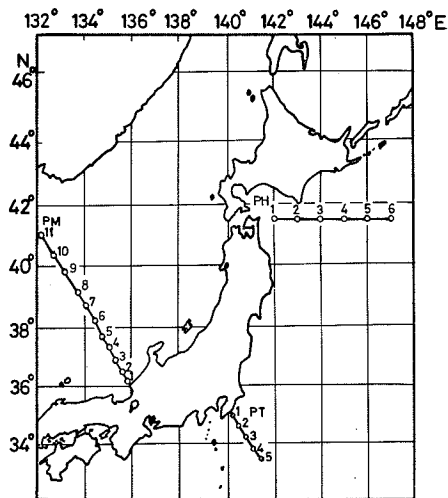


図2. 気象庁海洋バックランド汚染監視観測線配置図

道南 ($41^\circ 30' \text{N}$) の定線 (PH 線) で、1972年から1978年までの7年間(2月のみは1973年~1978年)クロロフィルaの測定を行っている。0~200m深までの積算値の季節別平均を表1に示す。津軽暖流域と親潮域の混在する観測線での値を単純に平均するのは、大胆な試みではあるが、ここでは水塊による差よりも、季節による差が遥かに大きいため、2月の平均値を1とした場合4月は8.9となり、7~8月は1.5、10~11月は1.0となっている。これらの比率は、けい藻類の現存量とおおよその対応を示している。参考までに日本海中央定線での1973年から1977年までの平均値は下段に示す。日本海中央部では季節による変動は小さい。

他海域との比較

MARUMO (1955) は1954年5月2日~6月26日にかけての北太平洋でのけい藻類の性状を述べ、 153°E 付近で 5×10^8 cells/l の極値を示している。KAWARADA and OHWADA (1957) によると、同年5月末には道南で 4×10^6 cell/l の最大値がみられ、7月にベーリング海南部で 2×10^6 cells/l の極値の出現を報じている。

KAWARADA (1957) は1955年夏にベーリング海のほぼ全域で海面けい藻類の性状を調査し、 $4 \times 10 \sim 1 \times 10^6$ cells/l の範囲で分布したことを示している。また、4点

表2.A 夏季 41°N~42°N (150°E 以西) での湿重量の経年変化

年	*1958	1959	1960	1961	1962	1964	1965
mg/haul	4,108	2,470	414	1,414	935	1,510	3,609
mg/m ³	185	218	31	103	83	124	214
標本数	6	4	5	6	7	8	9
haul/m ³ 比	22	11	13	14	11	12	17

0~100 m (ワイヤー長), 0 ネット (*0~150 m 長)

表2.B 夏季 41°N~42°N (150°E 以西) での湿重量の経年変化

年	1966	1967	1968	1970	1971	1972	1973*	1974	1975	1976	1977	1978
mg/haul	5,462	3,178	4,603	3,524	3,628	1,682	7,928	3,771	3,528	2,679	1,627	2,136
mg/m ³	182	107	152	118	196	66	291	149	121	106	64	100
標本数	9	8	8	3	6	4	5	6	6	6	6	6
haul/m ³ 比	30	30	30	30	19	25	27	25	29	25	25	21

0~150 m 深, ノルパックネット (*6月中旬)

で200 mまでの鉛直分布を述べ、10⁵ cells/l以上の現存量は25 m~50 m深までであることを示している。

OHWADA and ASAOKA (1963) は1957年5月から9月上旬にかけて、北太平洋とベーリング海の海面けい藻類の性状を論じている。これによると、黒潮域では10² cells/l以下で、道南で10⁵ cells/l以上を示し、亜寒帯水域で4×10²~1.4×10⁵ cells/l、アメリカ西岸で4.2×10⁵ cells/lと報じている。

MARUMO *et al.* (1958) は1958年5月19日に親潮域でけい藻類の鉛直分布を調査し、46 m以浅で1.6~6.5×10⁴ cells/lを示し、55 m深で急減して3×10² cells/lになることを報じている。

OHWADA and KON (1963) は1960年6月~8月にかけて、北太平洋とベーリング海における海面けい藻類の分布を調べ、アメリカ西岸で最大値3.08×10⁶ cells/lの出現を示している。

上に挙げた例からは、親潮域、ベーリング海を含む北方亜寒帯水域では、極値を取る限り10⁶ cells/lのオーダーまで、オホーツク海との差はみられない。注目されることは、観測日のずれによって出現量に差が生じ、一連の観測結果は、あたかも海域による差であるかのようにみえる点である。

動物プランクトンの現存量

ネットを用いた鉛直採集から得られた湿重量によって、動物プランクトンの現存量を代表させることには問題がある。ひとつは、昼夜による差である。日本海のように、固有冷水の上を薄く暖水が覆っている海域では、水塊による差よりも、昼夜による差が大きく、時には、昼と夜の区別以外のなにものでもない例がでてくる(舞

鶴海洋気象台: 1976)。

第2に、1網当りの重量と、沓水計によって1 m³当りに換算した値との関係の複雑さ、曳網深度の違いによる差などの問題がある。

表2に最近20年間に、気象庁が41°N~42°N間の150°E以西の亜寒帯水域で行ったネット採集で得られた湿重量の夏季の平均値を、1網当りのmg数とmg/m³で示す。使用したネットや深度が違うので表をAとBに分けてある。

mg/m³の値でみる限り、採集深度が異なるにも拘わらず、この20年間で特定の傾向は認められない。mg/haulの変動幅はmg/m³の2倍に達する。1973年のみは6月中旬の観測で1カ月早いため高い値を示している。

ワイヤー長を一定にした場合(傾角により水深が変化する)よりも、深度を一定にした場合(沓水量の変動が大きい、B表)の方が1 m³当りと1網当りの量の比(平均沓水量)が安定していることが注目される。

植物プランクトンでも触れたように、亜寒帯水域でのプランクトン現存量は、年による変動よりも、季節による変動が遥かに大きいように思われる。これを詳しくみるために、北海道南方41°30'Nにそった定線で1972年から1978年に観測したネットプランクトン湿重量の季節別現存量を図3に示す。

図から明らかなように、冬季は現存量が最も小さく、値のばらつきが大きい、水塊による差は小さい。春季は年による変動が小さく、測点によるばらつき(水塊、昼夜の差など)も少なく、年間を通じて最も高い値を示す。夏季は春季に次ぐ量を示すが、津軽暖流域で小さく、水塊による差が顕著になる。秋季は春季の1/5となり、

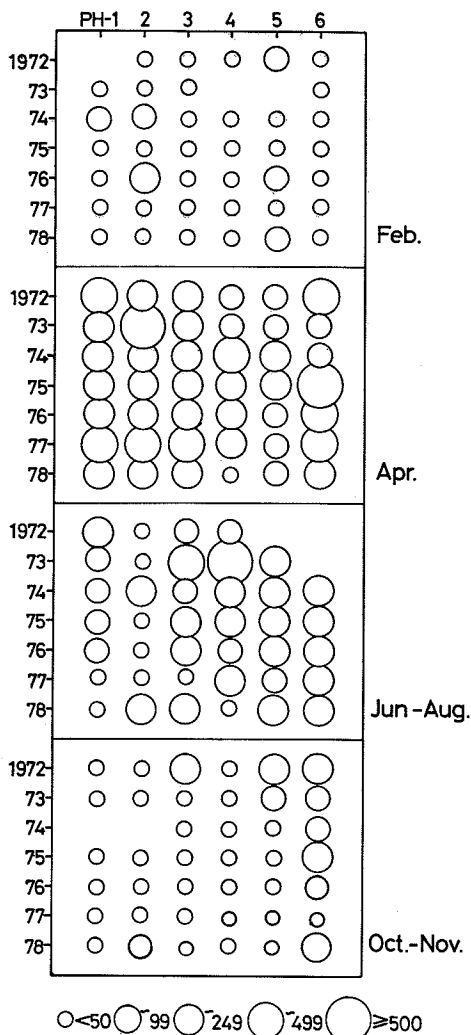


図3. 41°31'N 定線 (PH) における1972年から1978年までの季節ごとの湿重量 (0~150 m, mg/m³) の現存量

測点によるばらつきが大きい。

これらの現存量を季節毎に平均した値を表3に示す。比較のため1973年から1977年の日本海中央定線での値を下段に示す。

道南の冬の平均値を1とすると、春季7.3、夏季4.4、秋季1.5となり、クロロフィルaの場合と違って、夏季にも高い値を示す。日本海では春季(5月)と夏季(7月)は道南の1/2の現存量であるが、冬季(2月)は逆に道南が日本海の59%に過ぎない。谷口(1979)も冬期間の基礎生産量が亜寒帯海域では極めて少なく殆んどゼロであるのに対して、亜熱帯海域では夏期間のそれとほぼ同

表3. 最近数年間の四季別の湿重量平均値 (mg/m³) ()内標本数

	春	夏	秋	冬
道南(PH)	212(42)	127(39)	42(40)	29(39)
日本海(PM)	102(72)	58(70)	44(66)	49(62)

表4. クロロフィルa積算値の深度による差 (200mに対する50mの比%)

	周年	冬	春	夏	秋
道南(1972~1978)	67.3	34.9	71.1	62.9	69.3
日本海(1973~1977)	50.7	40.5	56.8	42.1	55.7

じである点を強調している。

ただ、表1に示したように、道南のクロロフィルa積算値は冬と秋とではほぼ等しい。このくい違いを考えるために、クロロフィルa積算値の深度による差を計算した結果を表4に示す。

日本海中央部では、クロロフィルaは50m以浅で0~200m層内のほぼ50%を占めている。これに対し、道南では春から秋にかけて50m以浅に70%前後が存在する。一方冬季にはクロロフィルaは50m以浅に35%しか存在しないことを表4は示している。この違いが冬季における湿重量現存量の差となって出ているのではなかろうか。加えて谷口(1975)の指摘するように、亜寒帯の動物プランクトンが秋に中深層に潜入して越冬するのであれば、冬季に表層で動物プランクトンの現存量が少ないことがうなずけるのである。

オホーツク海の現存量

オホーツク海での動物プランクトン資料は極めて少ない。小鳥ら(1979)は北大水産学部の資料による北部北太平洋の195.0g/1000m³、ベーリング海の464.1g/1000m³に比べオホーツク海の夏季の現存量67.9g/1000m³は前者の35~15%程度であると述べている。しかし、ベーリング海の資料は6月、7月および6~7月であるのに対し、オホーツク海の資料は9月および7~8月であり、今まで述べてきたように季節変動を考えると同一に取り扱えない。秋葉・福岡(1976)が過去の動物プランクトン資料から統計し表示しているように、オホーツク海で1.0~3.0cm³/m³、ベーリング海で1.5~2.5cm³/m³という値は、植物プランクトンの現存量の傾向と良く一致する。

気象庁では1977年と1978年にオホーツク海の観測を行っているが、1978年11月に行った17点の湿重量の平均値67.9mg/m³は前記小鳥らの値と一致し、道南の秋の

表5. 1971年~1979年夏季オホーツク海のリン酸態リン

経度 (E)	144°	145°	146°	147°	148°	149°	150°	151°
標本数	4	7	8	8	7	7	7	7
0, 10 m 平均 PO ₄ -P	0.45	0.46	0.40	0.40	0.42	0.41	0.69	0.68
0~50m 平均(μg-at/l)	0.66	1.02	0.84	0.83	0.88	0.87	1.16	1.09

表6. 1977年11月の黒潮域での PO₄-P (μg-at/l)

測点	PT-1	PT-2	PT-3	PT-4	PT-5
均一層の深さ(m)	50	50	39	77	74
均一層の PO ₄ -P 平均	0.13	0.06	0.10	0.00	0.00

平均値 42 mg/m³ よりは大い。

竹内 (1980) は 1979 年 7 月中旬にオホーツク海の北海沿岸でワイヤー長 270 m から海面まで、ノルパックネットによる鉛直採集を 30 点で行い、陸棚上の沿岸域で 40 g/1000 m³ 以下、その沖合には 120 g/1000 m³ 以下の点が多く、最大値は 343 g/1000 m³ であると述べている。これは道南の夏季の平均値 127 mg/m³ とほぼ対応している。また、MTD ネットによる鉛直分布の調査で、夜半に *Metridia* spp. が 100 m 層で優先し、96.2 g/haul の最大値を示したと報じている。これは昼夜垂直移動の影響が湿重量に大きな変動を与えることを示す好例である。

以上に述べたように、オホーツク海の動物プランクトンの現存量に関する資料は断片的であり、結氷期の資料を欠くことは致命的であるけれど、植物プランクトンの現存量と、道南での湿重量の季節変化から類推すると、冬季のオホーツク海での動物プランクトン現存量はかなり小さいと見積もられる。

考 察

福岡 (1979) は亜寒帯海域で生産力が大きい原因としてベーリング海西部の PO₄-P の高濃度と中冷層の存在を挙げている。秋葉・福岡 (1976) は亜寒帯海域での海洋の不連続性に注目し、鉛直方向の海洋構造からみて、中間に不連続層がある場合に生産が多いと述べている。

1971年から1979年まで、高風丸によって行われた千島列島内側のオホーツク海定線の資料から、経度ごとに 0 と 10 m および 0~50 m の PO₄-P (μg-at/l) 単純平均値を表5に示す。149°E 以西では 10 m 以浅で 0.40~0.46 μg-at/l とほぼ様な値を示す。これは、オホーツク海で利用されるリン酸態リン平均残存量を示すものとみてよい。

表6には1977年11月の野島崎南東定線 (PT 線) での均一層内の PO₄-P (μg-at/l) の単純平均を示す。PT-4

表7. 1967年7月と1977年10月のオホーツク海の栄養塩の現存量 (μg-at/l)

	深度	PO ₄ -P	Si	NO ₃ -N
K O-1124	0m	0.21	0	0.3
	49-00N	0.23	0	0.2
	149-00E	0.23	1	0.1
	7月18日	0.53	0	2.6
	51	1.24	11	12.4
R Y-5118	0m	0.35	5	0.0
	46-46N	0.40	4	0.0
	149-01E	0.40	4	0.0
	10月12日	0.70	7	3.4
	48	1.40	21	14.3

では 77 m まで完全に消費され尽してしまふ。日本海中央部の定線でも秋には 30 m まで 0.00 を示す。

表7に1969年7月の高風丸と1977年の凌風丸の観測による 50 m 以浅の栄養塩の値を示す。7月には Si が 0 となり、10月には NO₃-N が 0.0 となっていて、その深度は 20 m までである。どちらの場合も、PO₄-P は 50 m までの平均で 0.22, 0.39 μg/l とかなりの量が残存している。

これらのデータから、亜熱帯海域では N, P, Si がそれぞれ植物プランクトンの生産について制約要因となり得るが、オホーツク海の場合は N と Si が主たる制約要因となっていると考えられよう。

1978年11月上旬に気象庁が行ったオホーツクの観測結果から計算すると、クロロフィル a の 200 m 深までの積算値は 29 点平均で 58.2 μg-at/l で表3の道南の秋季の平均値よりやや高い程度である。

注目される点は、栄養塩と対応して、50 m までの積算値の平均が 200 m までのその 78% (最高 96%) を占め、30 m まででも 56% (最高 78%) を占めることである。これは表4にみられる道南や日本海に比べて極めて高い値である。植物による栄養塩の消費が 50 m まで及んでいる例は今までの所みられない。オホーツク海の透明度は 30 m に達する例もあり、有光層の深度とは必ずしも一致しない。オホーツク海の場合、50 m 前後に存在する密度的に極めて安定な中冷水の影響が無視で

きない。オホーツク海南部中央海域では、結氷期までは鉛直混合は中冷水の上部に限られる。このため、冬期の生産力は高くないと推定されるのである。

引用文献

- 秋葉芳雄, 福岡二郎 (1976) 海洋の不連続性と生産との関連. 日本プランクトン学会報, **23**(2), 61-74.
- 福岡二郎 (1979) 極前線付近の海洋環境. 水産海洋研究会報, **36**, 33-36.
- KAWARADA, Y. and M. OHWADA (1957) A contribution of microplankton observations to the hydrography of the northern North Pacific and adjacent seas. I. Observations in the western North Pacific and Aleutian Waters during the period from April to July 1954. *Oceanogr. Mag.*, **9**(1), 149-158.
- KAWARADA, Y. (1957) Ditto. II. Plankton diatoms in the Bering Sea in summer of 1955. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan* **13**(4), 151-155.
- KAWARADA Y. (1960) Ditto. III. Plankton diatoms in the western Okhotsk Sea in the period from June to August 1957. *Mem. Kobe Mar. Observ.*, **14**, 1-7.
- 気象庁海洋気象観測資料 (1958-1960)
- 小鳥守之ほか (1979) 北海道日本海沿岸およびオホーツク沿岸の動物プランクトン現存量. 水産海洋研究会報, **34**, 62-66.
- 舞鶴海洋気象台海洋課 (1976) 1976年2月~3月, 日本海海洋観測報告. 海洋速報, **290**, p. 5 & 21.
- MARUMO, R. (1955) Analysis of water masses by distribution of the microplankton (I). Distribution of the microplankton and their relation to water

- masses in the North Pacific Ocean in the summer of 1954. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **11**(3), 133-137.
- MARUMO, R., M. KITOU and M. OHWADA, (1958) Vertical distribution of plankton at 40°N, 150°E in the Oyashio water. *Oceanogr. Mag.*, **10**(2), 179-184.
- OHWADA, M. (1957): Diatom communities in the Okhotsk Sea, principally on the west coast of Kamchatka, spring to summer, 1955. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **13**(1), 29-34.
- OHWADA, M. and O. ASAOKA (1963) A microplankton survey as a contribution to the hydrography of the North Pacific and adjacent seas (I). Distribution of the microplankton and their relation to the character of water masses and currents in the North Pacific Ocean in the summer of 1957. *Oceanogr. Mag.*, **14**(2), 73-85.
- OHWADA, M. and H. KON (1963) Ditto. (II). Distribution of the microplankton and their relation to the character of water masses in the Bering Sea and northern North Pacific Ocean in the summer of 1960. *Oceanogr. Mag.*, **14**(2), 87-99.
- 竹内 勇 (1980a) 放流幼魚の沿岸離脱時の海況と餌料環境. 昭和52年度及び昭和53年度プログレスレポート, 157-169.
- 竹内 勇 (1980b) 放流幼魚の沿岸離脱時の海況と餌料環境. 昭和54年度プログレス・レポート, (印刷中).
- 谷口 旭 (1975) 動物プランクトンの生産生態. 海洋プランクトン, 東海大学出版会, 東京, 117-235.
- 谷口 旭 (1979) 北海道日本海沿岸およびオホーツク海沿岸の動物プランクトン現存量. 水産海洋研究会報, **34**, 62-66.