

有用魚種は果して如何なる生産プロセスを経た結果の魚群であろうか。個々の魚種について生産と現存量の相互関係を知りたいものである。この漁場における近年のトロール漁でみとめられる CPUE の低下や釣数当りの漁獲尾数の低下傾向(佐々木, 1978)が認められつつある現在, 同漁場の本質が海山という超大型魚礁による単純な生物の集積現象ではないようであって欲しいと願うのである。

参 考 文 献

- FAVORITE, F., A. J. DODIMEAD and K. NASU (1976) Oceanography of the subarctic Pacific region, 1960-71. INPFC Bull., **33**, 1-187.
- 河村章人 (1973) 北太平洋 40°N 以南漁場におけるイワシ鯨の餌料並びに摂餌について. 水産海洋研究会報, 33-41.
- KAWAMURA, A. (1973) Food and feeding of sei whale caught in the waters south of 40°N in the North Pacific. Sci. Rep. Whales Res. Inst., **25**, 219-236.
- KAWAMURA, A. (1974) Food and feeding ecology in the southern sei whale. Sci. Rep. Whales Res. Inst., **26**, 25-144, pls I-IV.
- KAWAMURA, A. (1977) On the food of Bryde's whales caught in the South Pacific and Indian oceans. Sci. Rep. Whales Res. Inst., **29**, 49-58.
- 河村章人 (1978) 動物プランクトンの極端に偏った分布. その平面空間における偏在規模の推定. 海洋科学, **109**, 877-888.
- 鬼頭正隆 (1956) *Calanus helgolandicus* (Claus) の集群. プランクトン研連会報, **3**, 41.
- NEMOTO, T. and A. KAWAMURA (1977) Characteristics of food habits and distribution of baleen whales with special reference to the abundance of North Pacific sei and Bryde's whales. Rep. Int. Whal. Comm. (Spec. Issue 1), 80-87.
- 小達和子 (1966) 夏季の親潮水域とその北方隣接海域における動物プランクトン量の比較について. 東北水研報, **26**, 45-53.
- OMORI, M. (1965) The distribution of zooplankton in the Bering Sea and Northern North Pacific, as observed by high-speed sampling of the surface waters, with special reference to the copepoda. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **21**, 18-27.
- 佐々木 喬 (1978) 海山漁場開発の経過と現状. 水産海洋研究会報, **33**, 51-53.

3. 極前線付近の植物プランクトン

谷 口 旭 (東北大学農学部)

海洋前線あるいは潮境は, 渦流系や湧昇流等とならんで好漁場形成要因の一つとされる。その理由としては, 寒暖両海流の魚族が急激な水温傾斜にはばまれて狭い海域に密集することの他に, 前線域では富栄養化の原因となる湧昇流等が局地的に起こりやすい上に, 収束現象に伴ってプランクトンが濃密に集積されることが第1に強調されるべきであると, 一般的には信じられている。事実, 三陸沖合の前線域にはプランクトンの集積群によって形成される潮目が存在することもある(黒田, 1962)が, 一方では, 魚類の餌料となる動物プランクトンの現存量は, 南方の亜熱帯海域よりは多いが, 北方亜寒帯海域における量に比較すればむしろ少ないことも明らかである(小達, 1966)。果して極前線域のプランクトン生産は本当に高められているのであろうか。本報では, 基礎生産者たる植物プランクトンに的をしぼり, 北太平洋の極前線域における現存量・生産量およびその群集組成について総述する。漁場形成機構の理解の一助ともなれば幸いである。

極前線付近の基礎生産

北太平洋極前線域の北方に位置する亜寒帯海域と, 南方に広がる亜熱帯海域とにおける海洋環境は正に対照的である。亜寒帯では, 冬季冷却期には表層水の垂直混合が起こり, 夏季には有光層内に温度躍層が強く発達し, 年間の表面水温較差が大きい。これに対して亜熱帯海域の環境はほぼ逆で, 躍層は有光層以深に形成されかつ弱い上に, 表面水温は周年高くして年較差は小さく, 冬期間の表層水の垂直混合は極く弱いか, ほとんど起らない。このような海洋環境条件が, 両海域における表層水中の栄養塩量および植物プランクトンの分布量とその季節変動を決定し, 結果的には基礎生産量とその季節変動のパターンを支配しているのである(TANIGUCHI, 1972; 谷口, 1973; 秋葉・福岡, 1976)。既往の文献から両海域における植物プランクトン生産量に関する極く平均的な値を求めると, 親潮流域やベーリング海を含めた亜寒帯海域では, 年間基礎生産量は 100~150 gC/m²/year; 日間生産量の季節変動幅は 10 倍以上となり, 亜熱帯海域

第1表 北太平洋極前線付近の平均的な基礎生産量

海 域	季 節	日および年間基礎生産量		日間生 産量の 年較差
		(mgC/m ² /day)	(gC/m ² /year)	
亜寒帯海域	冬	<0.2	100—150	>10
	夏	0.2—2.0		
極前線水域	冬	0.1	80—100	2—6
	夏	0.2—0.6		
亜熱帯海域	冬	<0.1	<50	2
	夏	<0.2		

では、それぞれ 50 gC/m²/year 以下および約 2 倍となるであろう (第1表)。ここで留意しなければならないことは、冬期間の生産量が、亜寒帯海域では極めて少なくほと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じであるという点である。以上のように、基礎生産の特性が両海域では対照的な差を示していることにより、植食性動物プランクトンの生産生態もまた、両海域では根本的に異なっている。すなわち、日周垂直移動はさておき、亜熱帯海域の動物プランクトンは周年表層水中に分布し摂餌するのに対して、亜寒帯海域の動物プランクトンの多くは春から夏にかけて表層で飽食して体内の脂質を蓄積し、秋には中深層に潜入して表層から姿を消し、そのまま越冬する (谷口, 1975)。

ところで、今問題としている極前線付近の基礎生産量を、同様に既往の文献から総合すると、80~100 gC/m²/year および年較差は 2~6 倍となり、その南北両海域での値のほぼ中間的な値を示す (第1表)。ここでの冬期間の生産量は、亜寒帯海域のようにゼロ近くなることはなく、むしろ亜熱帯海域におけるよりも高い傾向が見られるので、極前線付近に生息する動物プランクトンの生産生態は亜熱帯型に近くなり、表層水中の動物プランクトン量は冬期間にも甚だしく減少することはないように思われる。

以上述べたことから、冬期間のプランクトン生産が極端に低下する亜寒帯海域の浮魚にとっては、極前線域が好適な冬の生息水域になり得ることを示すであろう。また、春から夏にかけて成長する亜熱帯性の浮魚にとっては、亜寒帯海域あるいは、より低水温耐性の弱い種にとっては極前線域が、好適な夏の索餌海域になり得ることも理解される。

極前線付近の植物プランクトン群集

前章に述べたような生産特性を示す、極前線域における植物プランクトン群集の種の組成はどのようなものなのか、また亜寒帯および亜熱帯両海域の群集とはどのように係りあっているのだろうか。その事実を見る前に、

植物プランクトンの地理的分布について一般的な知識を整理しておきたい。

植物プランクトンは小型である上に、一般に外部形態も複雑なので沈降速度は小さく、生きている間は長時間浮遊しつづける。そのため植物プランクトンの分布は、海洋を循環する海流系によって受動的に、かなり広大な地理学的範囲に拡げられる可能性はあるが、現実には種特有の環境嗜好、例えば好熱性の種は熱帯・亜熱帯海域にしか出現しないというように、それぞれの分布範囲はある程度制限されているのがふつうである。従って、特に極前線域のような異水塊が接するところで植物プランクトン群集の研究を行なうときには、各種の地理的分布の生態を良く知っておかなければならない。多くの場合、暖水種と冷水種とに区別し、さらにその中で沿岸性種と外洋性種を区別する方法が採られる。もちろんこの他にコスモポリタン種がある。海流指標種とされる種は、暖水および冷水種のうちの外洋性種であり、前線域で混合して変質した水塊の起源を指標する。沿岸性種が外洋域に出現するときには、その水塊が沿岸水と混合した履歴を示すのは当然であるが、同時にその季節をも示し得る場合がある。

ここで指摘しておかなければならないことは、動物プランクトンのある群に見られるような、極前線域に特徴的に分布する種というものが植物プランクトンにはないらしいということである。そのため我々は北太平洋の極前線域における混合水塊を、ある特定の植物プランクトン種によって示すことはできない。しかし、各種毎の水塊指標性の特性を考慮すれば、群集の種組成を明らかにすることにより、混合水塊の性質をかなり良く解析することは可能になる。もちろん、特定の指標種だけの分布を追跡することも、ある場合には有力な手掛りになることはいうまでもない。以上を換言すれば、極前線域の植物プランクトン群集は、基本的には、起源の異なる水塊にそれぞれ分布していた複数の群集の混合あるいはその変型した群集であるといつて良い。このことは、前章にあったように、この水域の基礎生産力が南北両海域での値の中間値を示すことと相似の現象である。

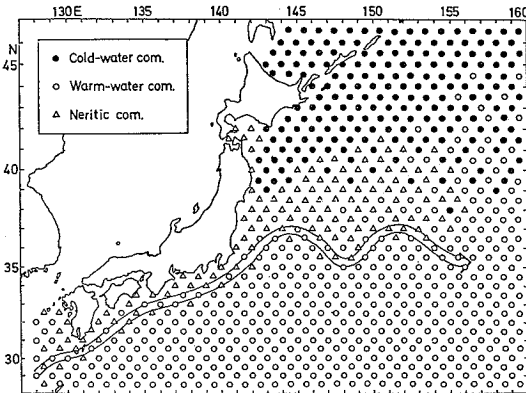
北太平洋の極前線付近の植物プランクトン群集研究のうち、最も広範囲に亘る研究の一つは OHWADA and ASAOKA (1963) によって行なわれている。彼等によれば、表面水中の植物プランクトン現存量は、極前線付近で多く、亜熱帯海域で少なく、測点数は少ないが亜寒帯海域で最も多いことが理解される。それぞれの群集の最優占種にも明らかな差がある。北方では典型的な冷水種

が、南方では典型的な暖水種が優占することは当然ながら、前線域ではコスモポリタン種が優占している。このことは、環境条件が変動しやすい混合域における群集というのは、基本的には混合群集とはいいながら、単純に移入して来た順に寄せ集められたものではなく、典型的な冷水種や暖水種が減少する一方でコスモポリタン種が生き残ることによって、ついには混合域に特有の組成を示すようになることを示している。

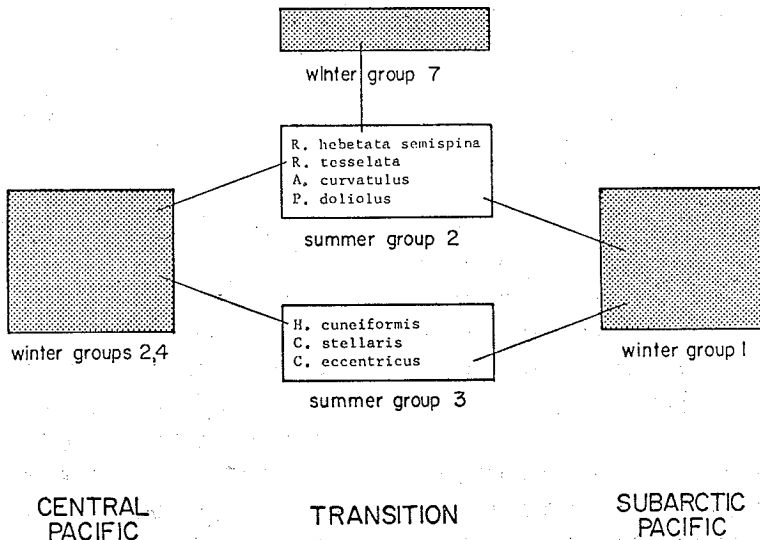
日本近海の前線域におけるより詳細な群集の解析が、特に気象庁の研究者によって広汎に行なわれてきてい

る。それらの示すところを総合すれば、事情は全く上と同じであり、日本近海の植物プランクトン群集の分布は第1図のように模式化される (MARUMO, 1967)。この図からも理解できるように、群集の組成を明らかにすることにより、その水塊の性質および混合程度を推定することができる。ただし、前線域では水塊の垂直構造もまた複雑に変化するから、ネットによる垂直曳採集では水塊判定を誤ることがある。従って、各層採水を行なう必要が生ずるが、この方法によれば、例えば親潮系水が暖水塊の下に潜流となって入り込む様が明瞭に示される (OHWADA, 1960; SANO, 1966 等)。このようなときには、出現量は少なくとも指標力の強い種に注目しなければならず、優占種だけについて論議するとの現象が覆いかくされてしまう恐れがある。この恐れや、採集および計数誤差を軽くするには、Recurrent Group Analysis が有利であろう。

VENRICK (1971) はこの方法により、アラスカ湾北端沿岸域から極前線域を縦断してハワイ北方に至る海域で採集した植物プランクトンの群集分布を解析した。その結果、沿岸水域・亜寒帯海域・前線域・亜熱帯海域の中に、それぞれ複数個のグループが存在することが示され、その数は冬に少なく夏に多くなり、各々のグループの分布範囲は冬に広く、夏に狭くなるということが明らかにされた。すなわち、夏には水塊が安定し、各々の海域内に



第1図 三陸沖の極前線付近海域における夏期間の珪藻プランクトン群集の分布。図中の矢印は黒潮の流れを示す (MARUMO, 1967 より)



第2図 環境条件が非保存的な極前線域における珪藻群集組成の季節による変化。図中の Transition は極前線域, Central Pacific は亜熱帯海域, Subarctic Pacific は亜寒帯海域に相当する (VENRICK, 1971 より)

においても環境条件の地理的変動が生ずるにつれて同一海域内のグループが分化するのに対して、冬には逆の理由によって同一海域内のグループは均一化されやすいことを示した。亜熱帯海域とか亜寒帯海域では夏と冬のグループ間で共通する種が多く、総体的に見た群集は同一海域内では安定している。しかし、環境条件の季節変化の大きな沿岸水域や前線域では共通種は少なく、群集は季節によって変化しやすいことも明らかになった。第2図は、前線域には独立した個有の群集が存在せず、そこに見られる群集の組成は、周囲の海域からの接種混合によって、その都度構成されるものであることを示している。すなわち、夏の前線域の2グループ種のうち、冬にもこの水域のグループに属していた種はわずかに1種にすぎず、半分以上の4種は、冬には亜寒帯あるいは亜熱帯海域中のグループに属していたものであった。この4種は、春から夏にかけて前線域に移入し、1時的に前線域グループを構成したものと解釈される。

Recurrent Group Analysis は大型計算機がなければ事実上解析不可能であること、これ自体ではグループの生物学特性を何ら示し得ないことなどによって、従来の水塊指標性に注目して群集組成を観察する方法に比較して、総体的に見れば、特別に勝れているとはいえないだろう。ただし、逆の見方をすれば、計算機を使用すれば大量の情報を研究者によってではなく、技術者によってすら短時間に処理し得るといふ絶大なる利点は強調されて良い。

いづれにしても、極前線域に出現する各植物プランクトン毎に分布生態学上の知見を取りまとめ、それらの水塊指標特性を確認しておくことは重要なことである。全出現種について述べるのは別の機会にゆずるとして、第2表には代表的な珪藻の水塊指標種の例を示した。もし三陸沖の極前線域で採水したプランクトン標本中に、第2表中の冷水・沿岸性種が出現すれば、その水塊は東北・北海道の沿岸近くで春期の珪藻大増殖を經過した親潮系水塊であると推定できる。同様に冷水・外洋性種はその他の亜寒帯水塊を、暖水・外洋性種は純粹の黒潮水塊を、暖水・沿岸性種は本州南方沿岸水の一部取り込んだ黒潮系水塊を、それぞれ指標するだろう。

おわりに

以上述べてきたように、北太平洋極前線域の植物プランクトン群集は、基本的にはその南北両海域の群集混合群であり、その生産量もまた両海域の中間値を示す。そこには特に濃密に集積した植物プランクトン群集は見られず、あるいは富栄養化のために特に高い生産を行なっ

第2表 三陸沖極前線付近に出現する代表的な水塊指標性珪藻

I. 冷水種	
I-1. 外洋性種	I-2. 沿岸性種
<i>Chaetoceros atlanticum</i>	<i>Asterionella kariana</i>
<i>Ch. boreale</i>	<i>Bacteriosira fragilis</i>
<i>Ch. concavicornis</i>	<i>Chaetoceros debile</i>
<i>Ch. convolutum</i>	<i>Ch. furcellatum</i>
<i>Ch. densum</i>	<i>Ch. sociale</i>
<i>Denticula seminae</i>	<i>Ch. subsecundum</i> ¹⁾
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Nitzschia grunowii</i> ²⁾
f. <i>hiemalis</i>	<i>Nit. frigida</i>
<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Thalassiosira decipiens</i>
	<i>Th'ra gravida</i>
	<i>Th'ra hyalina</i>
	<i>Th'ra nordenskioldii</i>
II. 暖水種	
II-1. 外洋性種	II-2. 沿岸性種
<i>Bacteriastrium comosum</i>	<i>Bacteriastrium</i>
<i>Chaetoceros atlanticum</i>	<i>delicaturum</i>
var. <i>neapolitanum</i>	<i>Chaetoceros</i>
<i>Ch. dadayi</i>	<i>bacteriastroides</i> ³⁾
<i>Ch. janischianum</i> ⁴⁾	<i>Ch. coarctatum</i>
<i>Ch. messanensis</i>	<i>Ch. lauderi</i>
<i>Ch. okamurai</i>	<i>Ch. seychellarum</i>
<i>Ch. pendulum</i>	<i>Detonula pumila</i> ⁵⁾
<i>Ch. rostratum</i>	<i>Hemiaulus hauckii</i>
<i>Ch. tetrastichon</i>	<i>Rhizosolenia cylindrus</i>
<i>Climacodium biconcavum</i>	
<i>Cl. frauenfeldianum</i>	
<i>Planktoniella sol</i>	
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	
<i>Rh. calcaravis</i>	
<i>Rh. castracanei</i>	

- 1) *Ch. diadema* と *Ch. paradoxum* とを含む。
- 2) かつて *Fragilaria oceanica* とされていた。
- 3) *Ch. pseudocurvisetum* を含む。
- 4) *Ch. dichæta* を含む。
- 5) *Schroederella delicatula* を含む。

ている群集も見られないようである。にもかかわらず、この海域が好漁場になっているとすれば、その理由としては他の要因を採らなければならないだろう。

ただし、このことはプランクトンが漁場形成の重要な要因にはなっていないことを意味するものではない。前線付近の植物プランクトン生産の在り方が中間的であるからこそ、中でも生産量が亜熱帯海域におけるよりも夏には高く、亜寒帯海域におけるよりも冬には高いことによって、夏には冷水域まで分布を拡大することのできない亜熱帯性浮魚類の、冬には亜寒帯性浮魚類の、索餌お

よび越冬海域となり得るものと考えられるのである。

ところで、最近漁場形成要因のうちでも重要なものの一つとして数え上げられる、プランクトンのパッチ状分布といわれる小さな空間スケールのプランクトン濃密群のことは、ここでは扱わなかった。我々は現在、三陸沖前線域におけるプランクトンの微細分布に関する研究を行なっている。一部の結果は、鋭く発達した前線域では、かなり短い空間スケールの中で群集組成・密度が急激に変化することを示している(河村, 1979; 山本・西沢, 1979)。その急激さの程度が、果して他の海域で見られるパッチ状分布の程度に比較してもなお顕著であるのか否かは、今のところ資料も少なく判断はできない。しかし、前線域のように環境条件が不安定なところではパッチ状分布も誘発されやすいということは、かなり確かなことであろう。そして、前述したような中間的な植物プランクトン生産の在り方に加えて、前線域の漁場価値を高めている浮遊生物学的要因は、生産量そのものの高低ではなく、ましてや前線域全体にまたがる生産量の平均値でもなく、プランクトンのパッチ状分布の発生する頻度が、実は前線域では高いことであるのかも知れない。この観点に立つ研究、すなわちプランクトン微細分布の研究は、従来用船の便利によって採集点を設定しなければならず、従って考察の空間スケールもそれに拘束されざるを得なかった人間の立場から離れて、魚類の摂餌生態に合せて、いわば魚類の立場から見た餌料環境を正しく把握するために必要な知見を提供し得る、最も重要な研究となるであろう。

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**, 61-74.
- 河村章人 (1979) 表面連続曳網結果. 1979年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 314.
- 黒田隆哉 (1962) 東北海区における潮目の出現状態. 東北水研研究報告, **22**, 45-115.
- MARUMO, R. (1967) General features of diatom communities in the North Pacific Ocean in summer. Inform. Bull. Planktol. Japan, Commem. No. Dr. Y. Matsue, 115-122.
- 小達和子 (1966) 夏季の親潮水域とその北方隣接海域における動物プランクトン量の比較について. 東北水研研究報告, **26**, 45-53.
- OHWADA, M. (1960) Vertical distribution of living and dead diatoms down to one thousand meters off Sanriku, Northern Japan. Mem. Kobe Mar. Observ., **14**, 1-5.
- 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 summer of 1957. Oceanogr. Mag., **14**, 73-85.
- SANO, A. (1966) Distribution of microplankton on a vertical section along 39°30'N, 142°E-150°E in the western Pacific. La mer, **4**, 98-107.
- TANIGUCHI, A. (1972) Geographical variation of primary production in the western Pacific Ocean and adjacent seas with reference to the interrelations between various parameters of primary production. Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., **19**, 1-33.
- 谷口 旭 (1973) 海洋植物プランクトン群集の生産力. 海洋科学, **5**(2), 19-25.
- 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(元田 茂編), 東海大学出版会, 東京, 117-235.
- 山本民治, 西沢 敏 (1979) LHPRによる三陸沖潮境域の植物プランクトンの連続採集. 1979年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 254-255.
- VENRICK, E.L. (1971) Recurrent groups of diatom species in the North Pacific. Ecology, **52**, 614-625.