

シンポジウム「水産海洋」

亜寒帯水域の生物生産

——漁業生物の沿岸から外洋への移行——

共催 水産海洋研究会  
日本プランクトン学会  
日本海洋学会

日 時： 昭和58年10月3日（月） 09:20～17:00  
会 場： 北海道大学水産学部講義棟  
コンビーナー： 三島清吉（北海道大学水産学部）  
箕田嵩（北海道大学水産学部）  
鈴木秀弥（東海区水産研究所）  
大谷清隆（北海道大学水産学部）  
河村章人（北海道大学水産学部）  
挨拶： 辻田時美（水産海洋研究会会長）

話題および話題提供者

- |   |    |                   |
|---|----|-------------------|
|   | 座長 | 大谷清隆（北海道大学水産学部）   |
| 1. 北太平洋亜寒帯前線帯の生態系について                     |    | 辻田時美（東海大学）        |
| 2. 亜寒帯海域の海況変動と気象                          |    | 西山勝暢・稲川勝（函館海洋気象台） |
|   | 座長 | 谷口旭（東北大学農学部）      |
| 3. 外洋域のプランクトンの生産と変動                       |    | 小達和子（東北区水産研究所）    |
| 4. 北海道沿岸海域のプランクトンの生産と変動                   |    | 小鳥守之（北海道立中央水産試験場） |
|   | 座長 | 三島清吉（北海道大学水産学部）   |
| 5. 日本産サケ稚魚の沿岸域における生態                      |    | 入江隆彦（北海道区水産研究所）   |
| 6. 日本産サケの外洋域における生態                        |    | 高木健治（遠洋水産研究所）     |
|   | 座長 | 河村章人（北海道大学水産学部）   |
| 7. ホッケの生活史                                |    | 島崎健二（北海道大学水産学部）   |
| 8. ベーリング海北西部におけるウミガラス類<br>の胃内容物からみた餌生物の分布 |    | 小城春雄（北海道大学水産学部）   |
|   | 座長 | 箕田嵩（北海道大学水産学部）    |
| 総合討論                                      |    | 鈴木秀弥（東海区水産研究所）    |

# 1. 北太平洋亜寒帯前線帯の生態系について (要旨)

辻 田 時 美 (東海大学)

## はしがき

北太平洋の水温、塩分の分布など保存性の環境条件をもとに大規模環境区分をみると、大海流の影響を強く受ける海域と大陸の影響を受ける海域に区分できる。一方、このような物理的環境の設定がなされる他に、生態系の特性、特に生物生産力分布の時空間特性を取上げて北太平洋の生態系を更に区分し、漁業生物生産に直接関与する基盤となる生態系を解明することによって、資源の生産変動と関連の深い環境の許容力 (carrying capacity) の実体を探ろうとする方法は、漁業生態学が目的とする主要な研究分野のひとつの展開に意義あるものと思われる。

このような考えから、北太平洋亜寒帯海域の生態系を対象にして、まず生態系モデルの特性 (この場合は生物生産のシステム) について隣接生態系と比較することによって、その特性の一端を把握することを試みた。

## 1. 亜寒帯海洋の生産システムの特異性

海洋の生産システムは北太平洋においては時空間的に 2 つに区分できる。

CUSHING, D.H. (1959) は栄養塩類の循環に基盤において生産過程 (production cycle) を次のように類型を考えた。即ち、熱帯海域は水温が高くプランクトンの個体分布密度は小さいが、栄養塩類の再生産速度が大きく、また捕食 (grazing) の結果植食プランクトン (herbivore) から排泄される代謝産物からの栄養塩類再生産速度も大きいなどのことから、低緯度海洋では栄養塩類の欠乏 (nutrient lack) は起らない。

このことは、熱い方の海では植物プランクトンの増殖率と grazing による減耗率 (grazing mortality) の間にはバランスがとれていて、栄養塩類欠乏によって生産が停止することはない、即ち生産は定常システム (steady state system) が成り立っていて、季節変動が明らかでないと言う生産システムの特徴が低緯度海洋にみられる。

これに対して高緯度海洋においては、栄養塩類の循環からみた場合に季節的な変化が明瞭でしかも生産システムが連続的に機能していない。特に冬期間は生産が殆ん

ど停止の状態 (CUSHING, 1959; 谷口, 1981) がみられ、また年間を通して栄養塩類の再生産速度は小さい。

このようなことから、CUSHING (1959) は温帯の一部を含めて高緯度海洋の生産過程は不均衡の生産過程 (unbalanced productive cycle) と言う生産システムの第 2 の類型を設定することを論じた。

このように、CUSHING 説によれば亜寒帯海洋の生産過程の特徴にはシステムの中に大きな不連続がみられる。この系内不均衡の生産過程を特徴とする生態系のエネルギー流動モデルをシステム・生態学 [(systems ecology) の方法で試考してみた。

## 2. システム・生態学からみた亜寒帯の海洋モデル

前記のような不均衡生産システムの特徴をもつ亜寒帯海洋 (亜寒帯海洋前線を含む) では、生産システムの初期条件として環境システムにおいて機能を低レベルから高レベルに伝達する働きに主体となるエネルギー源の役割をもっている栄養塩類を系外から運び入れる外側の供給源 (outside source) は強制機能 (forcing function) とみなし、亜寒帯海洋生態系では runoff である。モデル (図 1) の中ではエネルギー回路用語 (energy circuit language) では source として円をもって表わす。

runoff によって運び込まれた後、生態系の機能に加入してゆく状態で亜寒帯海洋に存在 (溶存) して貯蔵の性質をもつ栄養塩類はひとつの貯蔵区画 (storage compartment) となる。このエネルギー貯蔵区画は別な意味で状態変量 (state variable) と呼び、エネルギー回路用語で tank としてエネルギー流動過程での位置づけをする。

一方ではまた系の内部空間においては下層に貯蔵されていた栄養塩類を上層の光合成層に輸送して生物生産システムに有効なエネルギーの供給を可能ならしめる物理過程、例えば鉛直乱流混合作用は、energy storage の区画を成すものとみて、これは tank としてエネルギー回路に位置づける。

このように、北太平洋の亜寒帯海洋生態系では系から forcing function として runoff を考え、この過程で生態系内部のエネルギー回路には tank の部分が設定される。一方系の内部では空間の物理過程 (前記 convection

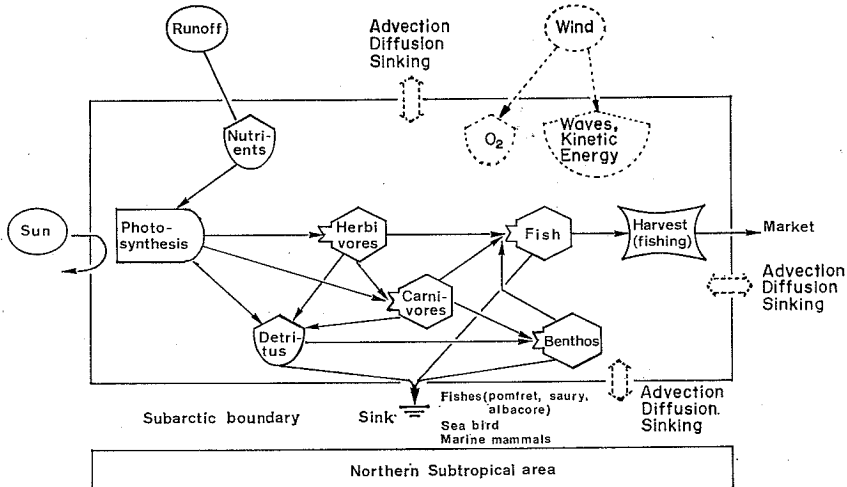


図1 亜寒帯海洋生態系について、エネルギー回路用語の記号で表わした生物学的過程、破線で表わした記号は環境システムの概略を示す。

など)によって前年夏に残された栄養塩類に加えて下層から上方輸送された栄養塩類も夏には基礎生産に加わるので、この部分もエネルギー貯蔵区画となり得る。従って、もう一つの過程から生ずるエネルギー貯蔵区画を tank と考えることが出来る。

亜寒帯海洋でこれら tank の栄養塩類は春から初夏に植物プランクトンの光合成に急速に利用される。即ち vernal blooming あるいは spring diatom flowering とされる珪藻類の大増殖が起る (SVERDRUP, 1953; PARSONS *et al.*, 1966)。この生態系の空間域では基礎生産が始ってから herbivore の seeding population が捕食行動を活発に開始するまでには時間のズレ (delay period) があり、この時間の遅れの間にも基礎生産は強烈に進行し、バイオマスは大きくなる。一方では増殖した植物プランクトンの死骸も大量に連続して発生し、所謂 organic detritus となって大量が系内空間に懸濁してエネルギーの大量貯蔵の役割を果している。これは時間の経過とともに分解して栄養塩類の再生体 (regenerator) として存在する。従ってこの detritus も tank としてエネルギー回路に位置づけられる。

これまでの多くの生物学的、海洋物理学的調査研究によれば、亜寒帯海洋生態系は開放系であり、機能の特徴となるエネルギーの経路には2つの対照的な状態がある。その一つは漁業によって系から運び去られる漁獲物である。これはエネルギー回路用語で表わすと trans-action となり、人間の経済活動に移行するエネルギーである。

他の経路としては年間のうちの短い期間、特に夏の間に北太平洋の低緯度海域から北上してこの亜寒帯海域で食物を取込んで生長(増重)し、秋以後水温冷却期になって南方に移動して生態系の空間構造から離脱するとともにエネルギー流動の回路から見るとこれはエネルギーの損失であり、生産系の機能からみるとシステムの高位に達したエネルギーが亜寒帯海洋生態系から隣接系に移流したことになり、これはしばしば sink と呼ばれる。

このように、系の境界を通り抜けて外側に出るエネルギーの outflow の役割を果す回遊性の生物群にはサケ・マス類、サンマ・シマカツオ・マグロ、海産哺乳類、海鳥などが知られており、これらの生物群はエネルギー回路用語では sink に該当する。

以上のような思考からひとつのモデルを提案したのであるが、今後繰返しこの方法を用いて北太平洋亜寒帯海域の生態学的研究がなされることによって、漁業資源の生産と変動および環境の作用を統一的に理解することが出来るよう期待をもちている。

#### 文 献

- 菊地 享・辻田時美 (1977) 北西部北太平洋における主要浮魚類の鉛直分布と海洋構造の比較研究。北大水産 北洋研業績集, 特別号, 397-438.
- 三島清吉 (1981) 夏期亜熱帯性生物の亜寒帯海洋前線の乗り越えについて。北大水産 北洋研業績集, 特別号, 61-71.
- 三島清吉・小城春雄・島崎健二・大迫正尚 (1981) 亜

寒帯海洋前線周辺海域における浮魚群集の類型化.  
 北大水産 北洋研業績集, 特別号, 105-118.  
 村上幸一・渡辺安広・中田 淳 (1981) 北太平洋におけるアカイカの成長と分布・回遊. 北大水産 北洋研業績集, 特別号, 161-179.  
 小達 繁 (1977) 北太平洋におけるサンマの分布. 北大水産 北洋研業績集, 特別号, 353-381.  
 谷口 旭 (1981) 動物プランクトン生産の環境条件としての基礎生産. 水産海洋研究会報, 39, 66-68.  
 辻田時美 (1977) 北太平洋亜寒帯の生産力に関するモデリングについて. 北大水産 北洋研業績集, 特別号, 1-5.  
 CUSHING, D. H. (1959) On the nature of production in the sea. Fish. Invest., Ser. II, 22(6), 1-40.  
 FAGER, E. W., and J. A. MCGOWAN (1963) Zooplankton species groups in the North Pacific. Science, London, 140(3566), 453-460.

KAWAMURA, A. (1982) Food habits and prey distributions of three rorqual species in the North Pacific Ocean. Sci. Rep. Whales Res. Inst., 34, 59-91.  
 ODUM, H. T. (1983) Systems Ecology; An Introduction. John Wiley & Sons, N.Y., 644 pp.  
 OGI, H. and T. TSUJITA (1977) Food and feeding habits of common murre and thick-billed murre in the Okhotsk Sea. Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ., Spec. Vol., 459-517.  
 PARSONS, T.R., L.F. GIOVANDO and R.J. LEBRASSEUR (1966) The advent of the spring bloom in the eastern subarctic Pacific Ocean. J. Fish. Res. Bd. Canada, 23(4), 539-546.  
 SVERDRUP, H. U. (1953) On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. J. Cons. Perm. Internat. Explor. Mer, 18, 287-295.

## 2. 亜寒帯海域の海況変動と気象

### 1. はじめに

わが国の北海道周辺は亜寒帯海域にあたり、海水に栄養塩類が多く含まれ基礎生産力が大きく、漁業上重要な海域となっている。一方、亜寒帯海域の表層の海水は、水温が低いため密度に対する塩分の寄与が大きく、低温で低塩分の水の下に、相対的に高温で高塩分の水がもぐり込むことによる水温逆転が多くみられたり、鉛直傾度の大きい主塩分躍層のため、後で述べる中冷構造をもつことがある。このように北太平洋西部の海水の運動には塩分の役割を無視することは出来ない。ここでは海水中の塩分構造に焦点をあわせ、オホーツク海の海水や親潮のことについて述べる。なお本会報第31号(1977年)に掲載されている大谷清隆氏による「北太平洋の海洋構造と変動」を是非参照していただきたい。

### 2. オホーツク海の海水

オホーツク海は北半球で最も南に海水が生成される所である。これはオホーツク海の表層の塩分が、同じ緯度の他の海域と比べて低いことや、冬の寒さが厳しいためである。オホーツク海の海水生成について 赤川 (1980) は、1976年から1978年に行われた科学技術庁による「オホーツク海に関する総合研究」で、オホーツク海中央部の冬の気温偏差  $1^{\circ}\text{C}$  の低高は、海水生成量の 10% 増減

西山勝暢・稲川 勝 (函館海洋气象台)

にあたると述べている。

オホーツク海の塩分鉛直構造は図に示さなかったが、水深 30~50 m にみられる  $0.02\text{‰ m}^{-1}$  程のかなり大きな傾度をもつ躍層と 50~100 m 付近にみられる  $0.004\text{‰ m}^{-1}$  位の大きな躍層からなっている。このため 30 m 以浅では著しく塩分の低い水が存在していて、海水生成の原因となっている。

図 1 にオホーツク海における海水最盛期の海水占有面積の変化を 1966 年から 1983 年まで示した。また図 2 には 1970 年から 1982 年までの毎夏函館海洋气象台の高風丸で観測している、オホーツク海の網走北東の観測線の 0~50 m 深の平均塩分を示した。1970 年から 1976 年までは、1973 年を除いては海水生成量は少なく、塩分は高め

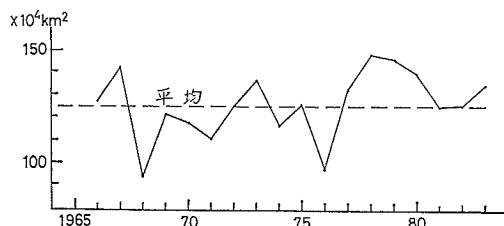


図 1 オホーツク海の海水最盛期の海水占有面積

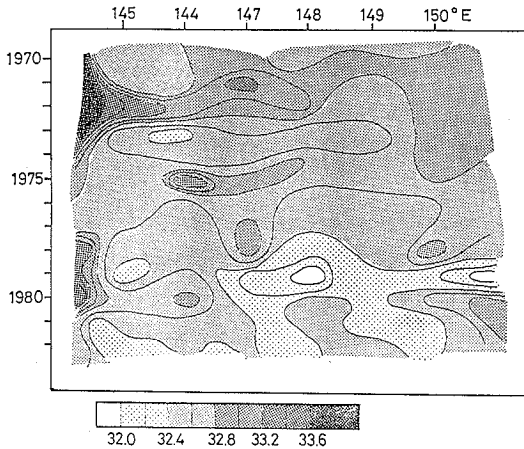


図2 オホーツク海網走北東線における水深0~50mの平均塩分

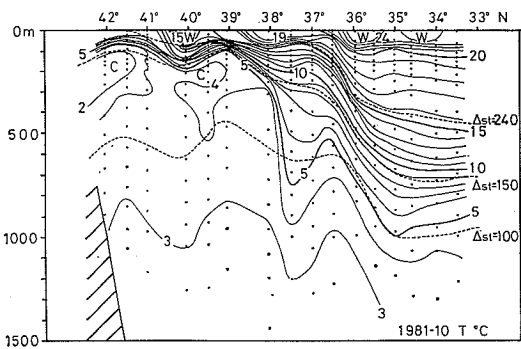


図3 144°E線における水温の鉛直断面、1981年10月凌風丸による

である。1977年以降は逆に生成量は多く、塩分は低い。

### 3. 親潮の変動

親潮とは北太平洋亜寒帯循環の一部をさし、南千島の列島沿いに南西流し、日本に接近する寒流といわれている。ここでは、144°E線に沿った海洋観測資料から、どのような海水を親潮と呼ぶのか改めて考えてみる。図3は1981年10月に気象庁の凌風丸が観測した水温断面である。図にはサーモステリックアノマリー( $\Delta_{st}$ , 単位  $10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )が100, 150, 240の等値線を点線で記入してある。36°N付近に黒潮前線があって、これより南を黒潮域と呼ぶ。また41°30'N付近には親潮前線があって、これより北を親潮域と呼び、2つの前線にはさまれる海域を混合域と呼ぶ。 $\Delta_{st}$ が100以下の38°N以北の水温は4°C以下、それより以南では5°C以下で両方とも深さが増すとともに水温が単調に低くなっている。 $\Delta_{st}$ 100

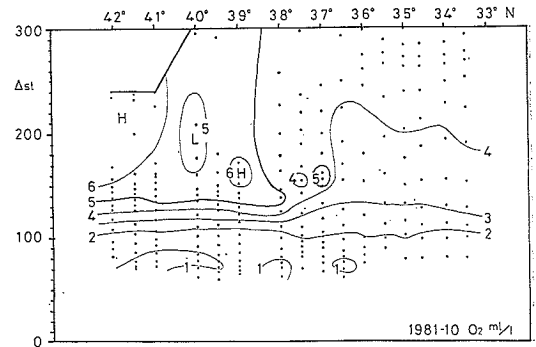
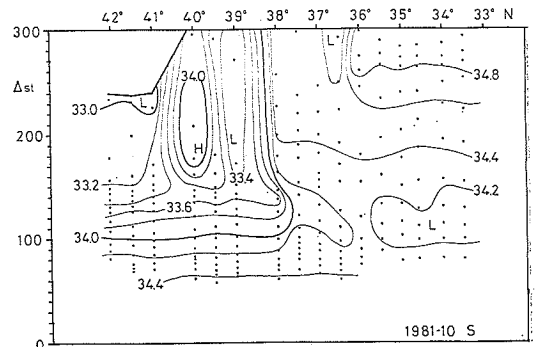


図4 144°E線におけるサーモステリックアノマリーに対する塩分(上図)と溶在酸素量(下図)の断面、1981年10月凌風丸による

~150の層は、黒潮域で厚さが300m以下であるが、混合域ではそれより厚くなり親潮域では400m以上ある。この層の水温は黒潮域で深さとともに低くなっているのに対して、親潮域では1°C台の極小をもつ中冷構造をしているが、4°C以下の比較的一様な低温を示している。 $\Delta_{st}$ 150~240の層は図3全域で水温躍層となっているが、この層は冬期の親潮域ではみられない。したがって $\Delta_{st}$ 150以上の層についてここではあまり論じない。

次に144°E線における塩分と溶在酸素量の断面を図4に示す。 $\Delta_{st}$ 100は38°N以北では塩分34.0の、また黒潮域では34.2の等値線と一致するようである。そしてこれより深いところでは深さが増すとともに塩分も単調に増加している。溶在酸素量2ml/lの等値線が $\Delta_{st}$ 100と全域にわたって一致し、これより酸素量は深さの増加とともに減じるが、 $\Delta_{st}$ 70~80の所で酸素極小となる。 $\Delta_{st}$ 110~150の層では、38°N以北は塩分躍層となっているのに対して、黒潮域は34.2以下の塩分極小となっている。38°N以北は酸素躍層ともなっているが、黒潮域では躍層といえるほどの鉛直傾度はない。 $\Delta_{st}$ が150より浅い親潮域は、塩分33.2以下・溶在酸素量

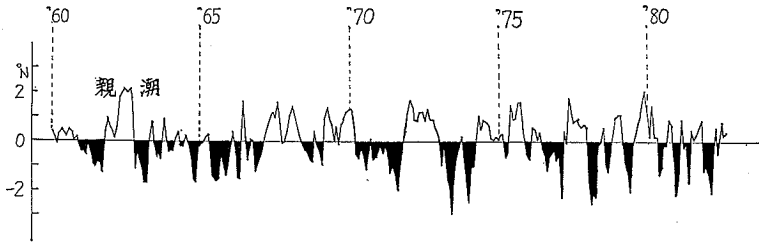


図5 親潮第1分枝の三陸近海における南限位置の偏差, 1960年から1982年までの毎月

6 ml/l 以上の低塩分・富酸素水で占められている。ここでは、親潮とは4°C以下の低温・低塩分の富酸素で中冷構造をもった水で、水温が5°C以下、塩分34.0以上、溶在酸素量が2 ml/l以下で $A_{st}$ 100以深の冷水の上に乗っかっている部分であると考えた。春以降は季節温度躍層が発達するため、表面近くは4°C以上となる。

次に三陸近海を南に張り出す、いわゆる親潮第1分枝の変動について述べる。図5には100m深4°Cの毎月の等温線が三陸近海を最も南に達したその位置の偏差を緯度で示した。上橋・西山(1982)は、この変動の周期は30カ月(2.5年)が最も卓越し、72カ月(6年)がこれに続いていると報告している。これより親潮の南への張り出しの季節変動を求めたのが本号32ページ図1\*で、黒潮の三陸近海における北偏もあわせて示した。親潮は4月に39°Nまで南偏し、10月・11月には41°Nにとどまっている。このようにはっきりした季節変動は黒潮の北偏にはみられない。また、親潮が年により著しく南に張り出す様子は本号33ページ図2\*に示した。200m深までの平均水温で5°C以下に斜線を施してある。1963年, 1974年, 1978年, 1981年の2月がこれにあたり、これらの年の冬はいずれも寒さが厳しかった。話は少し異なるが、これらの年の2.5年後の1965年, 1976年, 1980年, 1983年の夏の親潮は、三陸近海を南偏し、この海域の夏の海面水温は低く経過した。

#### 4. 中冷構造

図3で親潮域の水深100~400mの所に、1°C台の水温極小をもつ中冷構造がみられると述べた。図6は北太平洋亜寒帯海域の西部と東部の代表的な水温と塩分の鉛直構造を示したものである。DODIMEAD(1967)とDODIMEAD and PICKERD(1967)が示したもので実線は冬期、点線は夏期である。亜寒帯海域の塩分の鉛直構造には、水深が100~200mの所に主塩分躍層がある。はじめに述べたように、水温が低くなると密度に対する水

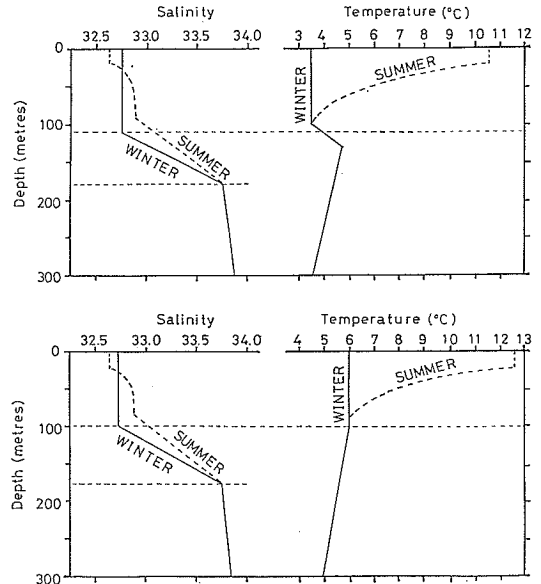


図6 北太平洋亜寒帯海域西部(上図)と東部(下図)の水温と塩分の鉛直構造の模式図, DODIMEAD(1967)とDODIMEAD and PICKERD(1967)による

温の寄与は小さくなり塩分のみがきいてくる。したがってこの主塩分躍層は大きな密度躍層となり、冬の表層混合層はこの躍層の上でしか発達しない。そして冬の冷却が厳しいとこの表層混合層の水温がその下層より低くなり水温逆転を生じる。更に冷却が進み水温が-2°C近くなると結氷するようになる。やがて海面付近に季節温度躍層が生じると中冷構造となる。東部海域は西部海域より冬の冷却が弱いため、水温逆転がみられるまでに至らない。主塩分躍層をはさんでの密度差が中冷構造を生じる位あると、上層に一旦貯えられた水はなかなか下方へ拡散しないことが考えられる。

#### 5. 親潮はなぜ栄養塩が多いのか

海洋の事典(東京堂, 1960)によると、栄養塩が暖海より寒海に多い理由として、第1に寒海の表層水はもと

\* 本号「北洋シンポジウム 1. 親潮前線」を参照

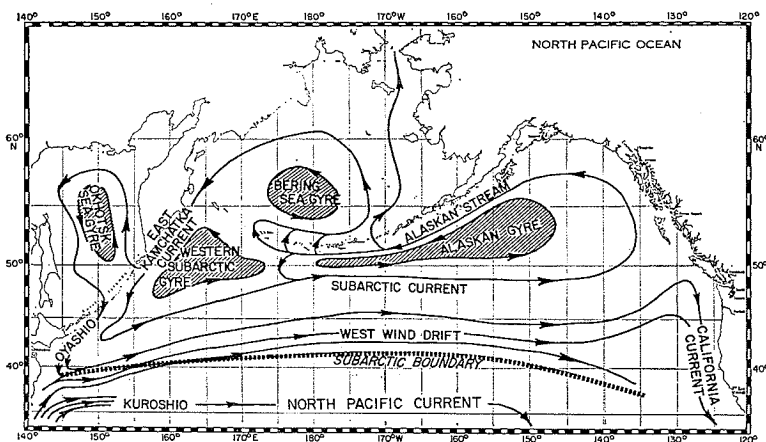


図 7 北太平洋亜寒帯循環の模式図, DODIMEAD ら (1963) による

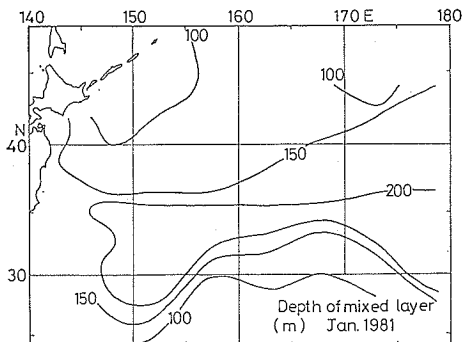


図 8 TRANSPAC の資料による 1981 年 1 月の北太平洋西部の表層混合層の厚さ, 佐伯 (1982) による

もと栄養塩類に富む極地の深層水に源を発している。第 2 は寒海では冬期表層水が冷却されて密度が大きくなり、沈降して栄養塩類に富む下層水と入れかわると述べてある。北太平洋の北縁はベーリング海であり、ベーリング海と北極海とは狭くて浅いベーリング海峡でつながっている。しかし図 7 の DODIMEAD ら (1963) の北太平洋の表面循環の模式図によると、亜寒帯循環を経てベーリング海に入った水の一部が北極海に流出している様子を示している。図 8 は TRANSPAC の 1981 年 1 月の資料より佐伯 (1982) が求めた北太平洋西部の表層混合層の厚さである。黒潮続流の南側で 200 m 以上あるのに対して、南千島列島沿いの親潮域では 100 m 未満しかなく、冬の親潮域の表層混合層があまり発達しないことを示している。

図 7 に示したように親潮は亜寒帯循環の一部である。その上流は、一部オホーツク海に流入して来たものもあるがベーリング海より流出した東カムチャッカ海流であ

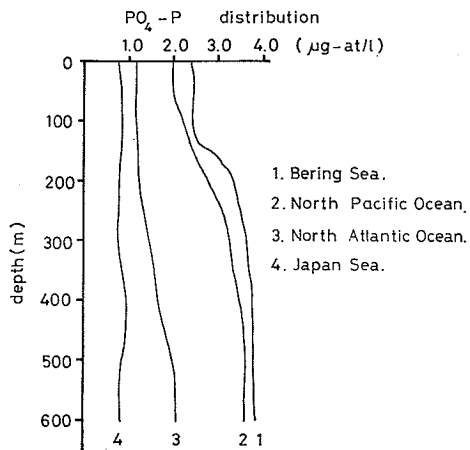


図 9 ベーリング海, 北太平洋亜寒帯海域, 北大西洋亜寒帯海域, および日本海におけるリン酸塩の代表的鉛直分布, 福岡 (1981) による

る。また、ベーリング海に入る水はアリューシャン列島の島々間の海峡を通して来たアラスカ海流である。図 8 は福岡 (1981) が示したベーリング海, 北太平洋亜寒帯海域, 北大西洋亜寒帯海域, 日本海のリン酸塩の各々代表的な鉛直分布である。ベーリング海の水は他の海域より栄養塩が多い。そもそも海中の栄養塩類は深い所の水ほど多く含まれている。これは上層で有機体より酸化分解された栄養塩類が、海中を沈んでゆくうちに溶けこんでゆくためである。同じ深い水でも古い海水ほど多く含まれることになる。深層大循環によると太平洋の深層水は最も古く、一説によると数千年の令ともいわれている。更に太平洋での深層水は南から北に向いアリューシャン列島に達するようである。

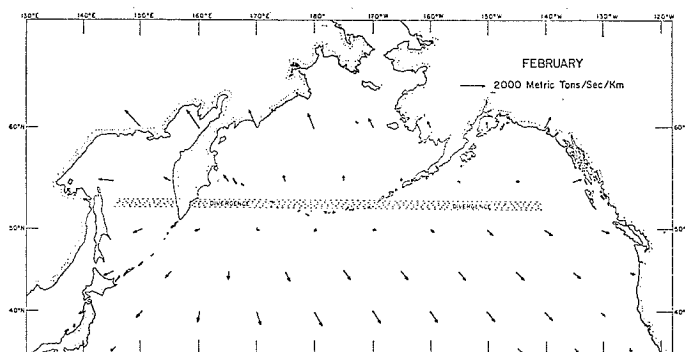


図 10 北太平洋亜寒帯海域の2月におけるエクマン輸送, FAVORITE ら (1976) による

大谷 (1977) は、北太平洋亜寒帯域で下層水が上層へ輸送される機構を次のように説明している。この海域には図7にみられるように低気圧性循環がいくつかある。これらの循環の中央部では湧昇が起る。また図10に示したように冬のアリューシャン列島付近では、アリューシャン低気圧が猛烈に発達するためエクマン輸送による表層水の発散のため湧昇が起る。一方アリューシャン列島や千島列島の島々間の海峡や陸棚斜面では海底まで均一水温となっている、上下の海水の混合が促進されていると述べている。

親潮はなぜ栄養塩が多いのか次のように考えてみた。そもそも栄養塩類を多量に含む深層水がアリューシャン列島で湧昇し、表層水と上下混合した水がベーリング海で中冷構造をもつ上層に貯えられ、亜寒帯循環のり親潮域に達する。

### 6. おわりに

北太平洋の亜寒帯海域の表層における海水温は低く、力学的に水温の寄与は小さく、海況変動を論じるには海水中の塩分の大小が大きいかかわりあっていることが考えられる。また三陸近海の親潮の変動には、季節変動がはっきりしていたり、厳冬に大きく変動したりして気象変動にかなり早く応答しているようで親潮の順圧的な運動が大きいことも考えられる。親潮に栄養塩類が多く含まれることは、アリューシャン低気圧の盛衰まで及ぶことが示唆され、今後は北太平洋亜寒帯海域の海況および気象の経年変動に注目して親潮について調べてゆきた

い。

この小論を書くにあたり北海道大学水産学部助教大谷清隆博士の貴重な御助言と、函館海洋気象台海洋課青山道夫技官の御意見があったことに深く感謝の意を記す。

### 文 献

- 赤川正臣 (1980) オホーツク海の流水と北海道・東北地方沖合海況との関連. 海と空, **55**, 169-182.
- DODIMEAD, A. J., F. FAVORITE and T. HIRANO (1963) Salmon of the North Pacific Ocean—Part II. Review of oceanography of the Subarctic Pacific Ocean. INPFC. Bull., 13 pp.
- DODIMEAD, A. J. (1976) Winter oceanographic conditions in the central subarctic Pacific. INPFC. Doc., 999 pp.
- DODIMEAD, A. J. and G. L. PICKARD (1967) Annual changes in the oceanic-coastal waters of the eastern subarctic Pacific. J. Fish. Res. Bd. Canada, **24**(11), 2207-2227.
- FAVORITE, F., A. J. DODIMEAD and K. NASU (1976) Oceanography of the Subarctic Pacific region, 1960-71. INPFC, Bull., **33**, 1-187.
- 福岡二郎 (1981) オホーツク海の家況解析. オホーツク海に関する総合研究報告, 科技庁, 241-248.
- 上橋 宏・西山勝暢 (1982) 親潮前線について. 東大海洋研究所大槌臨海研究センター報告, 第8号, 86-87.
- 大谷清隆 (1977) 北太平洋の海洋構造と変動. 水産海洋研究会報, **31**, 66-71.

### 3. 外洋域のプランクトンの生産と変動

小 達 和 子 (東北区水産研究所)

本表題で話題提供した内容は原著論文として水産海洋研究会報に投稿中。



## 4. 北海道沿岸海域のプランクトンの生産と変動

小鳥 守之 (北海道立中央水産試験場)

北海道沿岸海域とその周辺における植物・動物プランクトンの現存量とその変動に関する情報ならびに低次生産量の推定例などを紹介する。

## 1. 植物プランクトン現存量

北海道周辺の沿岸域においても、近年、クロロフィル定量法による植物プランクトン現存量の推定がしばしばおこなわれている。すなわち、厚岸湾 (TAGUCHI and ISEKI 1977), サロマ湖 (清河進氏らによる。その資料の一部は科学技術庁資源調査所 1980 に所載。さらに、HOSHIAI and FUKUCHI 1981 など)、津軽海峡中央部 (NAKAJIMA and NISHIZAWA 1968), 釧路沖 (TANIGUCHI and KAWAMURA 1972, NAKAJIMA 1973), 渡島半島西岸 (NAKAJIMA 1973), 石狩湾 (小鳥・渡辺 1978, 苫米地ら 1979, 1980, 箕田ら 1979, 1980, 茄子川ら 1982), 噴火湾 (西浜ら 1976, 西浜・川真田 1979, 西浜 1982, MAITA and YANADA 1978, 土肥 1982, 中田 1982, TSUNOGAI and WATANABE 1983) などにおける植物プランクトン現存量の記録を参照することができる。

図1には噴火湾内と同湾口の2海域で、クロロフィル

$a$  の有光層内平均濃度の季節変化を観察した結果 (科学技術庁資源調査所1980に所載の土肥和彦氏の資料) を示した。この図には、石狩湾で得られている同様の値も渡辺智視氏らの資料 (科学技術庁資源調査所1980および鹿又ら1983) に基づいて計算して示した。

以上のように、植物プランクトン現存量を海水中のクロロフィル濃度で代表させる方法は近年よく定着している。他方、古くから、植物プランクトンの多寡は海水中の細胞数を勘定することによって求められてきた。細胞計数法はクロロフィル定量法が定着した現在でも、目的によっては、調査手段としての価値を十分に持っている (SMAYDA 1978)。特に採水法によって得られた植物プランクトン細胞の計数結果は貴重と思われる。北海道周辺の海域においては、OHWADA (1957), KAWARADA (1960), 気象庁と函館海洋気象台 (古橋 1980) などによって、この種の調査が実施されている。

## 2. 動物プランクトン現存量

図2には、箕田 (1970), 小鳥ら (1979), 科学技術庁資源調査所 (1980, 主として北口孝郎, 佐野満広, 小野田豊, 鈴木孝行, 平川和正, 小林時正, 入江隆彦各氏の

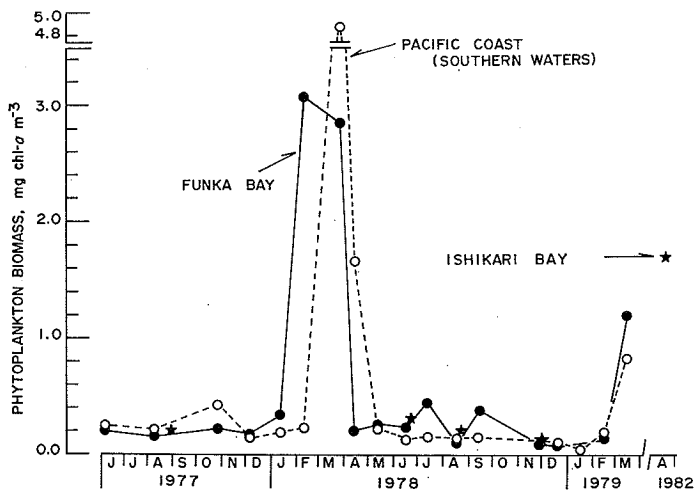


図1 噴火湾内外と石狩湾のクロロフィル  $a$  の有光層内平均濃度の季節変化 (黒丸は噴火湾内, 白丸は噴火湾外での値を示す。土肥和彦氏のデータによる。星印は渡辺智視氏らの資料による)。

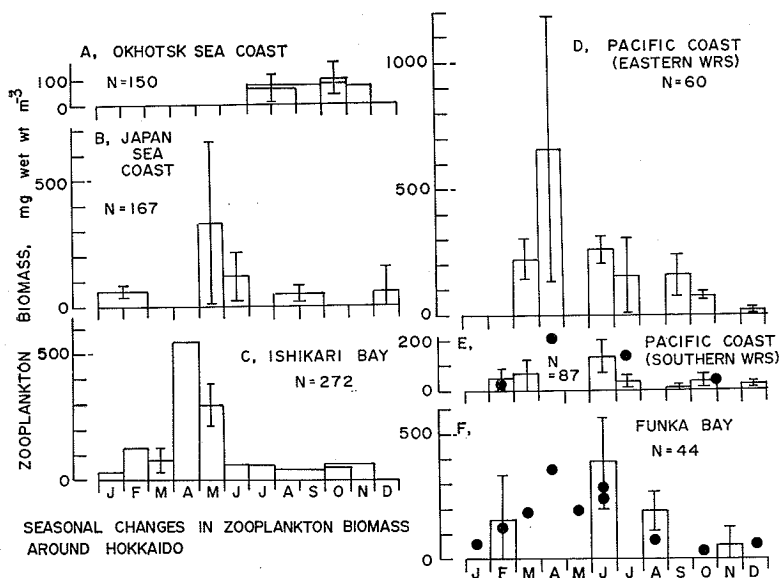


図 2 北海道周辺 6 海域 (A~F, 図 3) のネット動物プランクトン現存量の月別平均値 (±1SD)。データは全て同一年に得たものではない。E 海域の黒丸で示したデータは、41°30'N 線上の 6 つの気象庁定点 (図 3) で得た平均値 (古橋 1980) である。F 海域の黒丸で示したデータは土肥 (1982) が彼の定点 D82 (図 3) で得たものである。その他、データの出所については、本文を参照されたい。

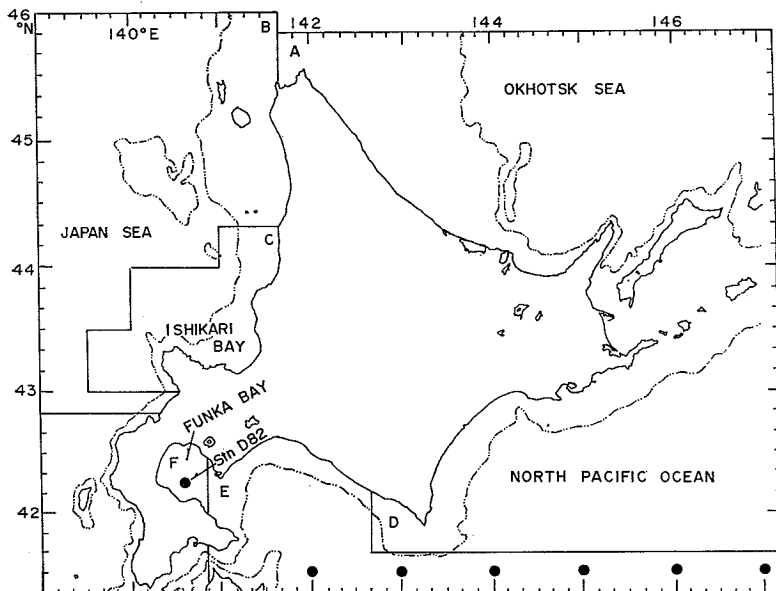


図 3 北海道周辺 6 海域, A~F. これらの海域毎月毎にネット動物プランクトン現存量の平均値を求めて、図 2 に示した。Stn D82 は土肥 (1982) の定点。41°30'N 線上の 6 定点は気象庁定点 (古橋 1980)。

資料)、北海道大学水産学部(1976-1979)、古橋(1980)、科学技術庁研究調整局(1981)、土肥(1982)、小鳥(1981, 1983)ならびに田村真樹氏の未公表資料(1962年1~2月、北海道西岸、日本海)および著者自身の資料に基づき、北海道沿岸6海域(図3のA~Fの海域)について、できる限り月別にネット動物プランクトン現存量(湿重量,  $\text{mg m}^{-3}$ )の平均値を求め、これを示した。用いたデータは、田村氏のマル特ネット(口径45 cm, 側長80 cm, 網目0.33 mm, 150-0 m 鉛直採集)標本の場合を除き、全てNORPAC ネット標準採集(元田1957)によって得た標本による。

図2のひとつの欠点は、用いたデータが同一年内に得られたものではないということである。動物プランクトン現存量は季節によって異なるが、同一季節に得たデータを毎年比較すれば、年変動も認められる(たとえば、MOTODA and MINODA 1974, 小鳥1981, 1983)。図2では、この年変動への配慮が不十分である。しかし、動物プランクトン現存量の年変動は季節変動に比べれば小さな変動のようである(古橋1980, 小鳥1983)。従って、図2から、次のことは指摘できるものと思われる。

すなわち、北海道南岸太平洋海域(E, F海域)では、冬季の現存量は少なく、春季には年間最大となり、夏はこれに次ぎ、秋にはさらに減少する。調査がEおよびF海域ほど各季節に及んではいないが、この傾向を北海道西岸の日本海海域(B, C海域)と北海道東岸太平洋海域(D海域)でも認めてよいかもしれない。さらに、北海道西岸(B, C海域)では、東岸および南岸の各海域(D, E, F海域)に比べて、春季の現存量極大値は短期間に急激に低下し、ほぼ6月以降冬季間に至るまで、低い水準を維持しつづけるようにも思われる。これに対し、北海道東岸海域(D海域)では、春季極大値以降の現存量低下は比較的ゆるやかであるように見える。また、北海道南岸の2海域(E, F海域)でも、極大値自身あまり高くはないが、春季極大以降の現存量の減少は比較的ゆるやかなように思われる。

図2を見る時、もうひとつ注意を払わねばならないことは、図2は約0.3 mmの網目幅のネットで採集できるプランクトンの現存量を表わしているということである。長い年月にわたって定常的に各海域で簡便な標準法によってプランクトン調査を行うことの重要性を否定するものでは決してないが、この種の調査の欠点を良く知っておくこともまた重要と思われる。

海産動物プランクトンの仲間として繊毛虫類や橈脚類幼生などの小型プランクトン・微小プランクトンを見

できないことは、谷口(1976, 1978)などによって強調されている。スケトウダラ幼稚魚(全長4.1~16.4 mm)の胃内容物の大半がサイズ0.07~0.30 mmの橈脚類の卵やノウプリウスであったという最近の観察結果(NISHIYAMA and HIRANO 1983)も、図2で示した以外の小型および微小プランクトンの重要性を強く示唆するものである。ただし、残念ながら、北海道周辺海域の小型および微小プランクトンに関する情報は不足している。従って、土肥(1982)の有鐘纖毛虫の現存量に関する調査結果は貴重であろう。同氏によれば、噴火湾内の定点D82(図3)で1977年6月~1978年6月に得た有鐘纖毛虫の現存量はネット動物プランクトン現存量の4.3~66.1%に達していた。

### 3. 基礎生産力とその変動

図4には、植物プランクトン生産力(基礎生産力)の測定例(TANIGUCHI and KAWAMURA 1972, TAGUCHI and NISHIZAWA 1977, MAITA and YANADA 1978, 西浜・川真田1979)を示した。西浜・川真田(1979)

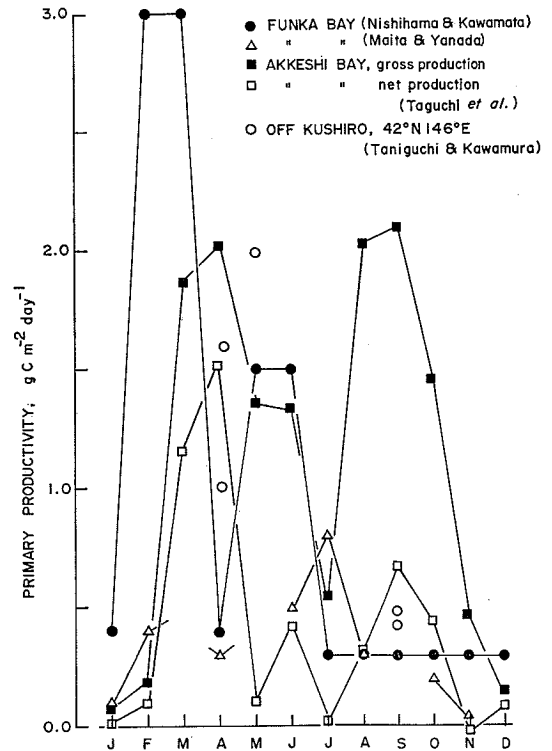


図4 北海道周辺海域における基礎生産力。TANIGUCHI and KAWAMURA (1972), TAGUCHI *et al.* (1977), MAITA and YANADA (1978), および西浜・川真田(1979)による。

を除き、測定法は  $^{14}\text{C}$  法 (STEEMAN- NIELSEN 1952) である。

図 4 に示したとおり、噴火湾と厚岸湾では周年にわたる基礎生産力のデータも得られている。MAITA and YANADA (1978) は噴火湾内の 1 定点で日間純生産量を求め、生産力の極大値を 7 月に認めた。西浜・川真田 (1979) は、附着珪藻の光-光合成曲線を酸素法によって求め、単位クロロフィル量当り光合成量と現場のクロロフィル量とから日間生産力を求めた。呼吸分は差し引いてあるから、これも純生産力に近い値と思われる。同氏らによれば、生産力の極大は 2~3 月に認められる。

生産力極大値が現われる時期に関する両者の違いは、同一時期でも日間生産力は空間的に大きく変動する可能性を示唆する (西浜・川真田 1979)。また、実測値といわれる  $^{14}\text{C}$  法による測定値といえども、かならずしも、ある時期のある海域の生産力を代表できるとは限らぬことを示しているのかもしれない。なぜなら、 $^{14}\text{C}$  法による測定値は、測定日の日照条件に左右され、試水中の微小プランクトン(消費者)の影響を除くことは困難であるなどの欠点を持っている(資源調査会1980)からである。しかし、そのような問題は残されているとはいえ、図 4 は北海道周辺海域の基礎生産力の大略を示すものであろうし、生産力は季節的にも変動することを示唆しているであろう。

#### 4. 年間低次生産量の推定例

表 1 には、北海道の近海の年間低次生産量の推定例を示した。なお、資源調査会(1980)による低次生産量推定は日本周辺の海域を対象にしたものであり、青山(1983)によって紹介されている。

植物プランクトンの年間生産量(年間基礎生産量)の推定の基礎は、資源調査会(1980)と西浜・川真田(1979)の場合を除き、 $^{14}\text{C}$  法により求められた日間生産力である。他方、資源調査会 (1980) は年間基礎生産量を現場

のクロロフィル  $a$  量の有光層内平均値の年平均を基礎データとし、これと RILEY (1965) が現場の燐酸塩濃度を基準としてモデル化した有光層内のクロロフィル  $a$  量と日光合成量との関係を用いて算出した。西浜・川真田 (1979) の基礎生産力の推定法については、前節で述べた。ただし、表 1 に示した値は、彼らの与えた日生産力を参照して、1, 4 月は 0.4, 2~3 月は 3, 5~6 月は 1.5, 7~12 月は  $0.3 \text{ gC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  として (図 4)、著者が試算した。

動物プランクトンの場合には、植物プランクトンの場合の  $^{14}\text{C}$  法のような生産力の簡易実測手段はまだない。資源調査会 (1980) は現場で得たネット動物プランクトン現存量のデータを基礎とし、一般の定常調査に使用されているプランクトンネットの網目(約 0.3 mm) から抜け落ちる小型プランクトンや微小プランクトンの現存量をも考慮に入れて、三者の年間平均現存量を定め、それぞれに仮定した年間回転数(365日を1代の寿命で割って得た仮定的年間世代数、年間平均現存量が1年間に入れ換る回数)を乗じて動物プランクトンの年間生産量を求めた。

IKEDA and MOTODA (1978) は、IKEDA (1970) の動物プランクトンの呼吸率と体重との関係を用い、現場の植食性動物プランクトンの平均現存量と平均体重とから現場の植食性プランクトンの呼吸率  $R$  を算定し、次に、IKEDA and MOTODA (1975) が与えた動物プランクトン生長率  $P$  と呼吸率  $R$  との関係式  $P=0.75R$  を用いて、日生産力 ( $43 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ) を求めた。この値に、生産がおこなわれると考えられる夏季間の日数 150 日 を乗じて、アリューシャン列島南部海域の動物プランクトン(植食者のみ)の生産量を推定した(表 1)。この時、IKEDA and MOTODA (1978) は、現場の年間基礎生産量(表 1 の LARRANCE 1971 の値)に動物プランクトンの最大総成長効率 30% を乗じて得られる動物プランク

表 1 北海道近海の年間低次生産量 ( $\text{gC m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ )

海	域	植物プランクトン	動物プランクトン	原	著	者
噴	火 湾	45	29	資源調査会	(1980)	
	"	100	—	MAITA and YANADA	(1978)	
	"	350	—	西浜・川真田	(1979)	
北海道南部沿岸	(太平洋)	43	29	資源調査会	(1980)	
厚 岸	湾	295	—	TAGUCHI and NISHIZAWA	(1977)	
アリューシャン列島南岸	(太平洋)	80-100	—	LARRANCE	(1971)	
	"	—	6.5*	IKEDA and MOTODA	(1978)	

\* 植食者のみの生産量

トン生産量 ( $30 \text{ gC m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ , 最大推定値) も示した。同時に、前述の資源調査会 (1980) と同様に、年間平均動物プランクトン現存量 (この場合は夏季の平均現存量  $2.0 \text{ gC m}^{-2}$ ) に生産に寄与するプランクトンの年間回転数 ( $1 \text{ year}^{-1}$ ) を乗じる方法によって得られる推定生産量 ( $2.0 \text{ gC m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ , 最小推定値) も示した。こうして、彼らは表1に示した動物プランクトンの呼吸率と体重とに基づく生産量推定値が両極値の間に入ることを示し、この方法の妥当性を強調した。

北海道沿岸の海域では基礎生産力の実測例はまだ少なく、動物プランクトン生産量の推定例も限られている現在、表1に示した値に細かく立入ることはできない。ただ、表1に示した資源調査会 (1980) の与えた動物プランクトン生産量がIKEDA and MOTODA (1978) の値よりもはるかに高いことには注目したい。この高い推定値は、おそらく、小型プランクトンと微小プランクトンとを考慮した結果だと思われる。噴火湾や北海道南部沿岸のネット動物プランクトンのみの推定生産量は  $2 \text{ gC m}^{-2} \text{ year}^{-1}$  をやや上まわるにすぎない (資源調査会 1980)。ここでもまた、小型プランクトンと微小プランクトンの重要性が強調されるのである。

## 5. あとがき

北海道周辺沿岸海域のプランクトンの現存量については、クロロフィル $a$ とネット動物プランクトン湿重量の測定結果が集積されつつある。基礎生産力の測定も不十分ながら実施されている。動物プランクトン生産量についても、これまで着実に実施されてきた動物プランクトンに関する生態学的・生理学的研究の成果を基礎として、問題を多く含むとはいえず、ある程度の見積りを行うことはできるようになってきた。北海道沿岸域のプランクトンの生産と変動に関する知識と情報は、もちろん充分とはいえないが、相当蓄積されつつあることは確かなことと思われる。それに伴って、従来、軽視されがちであったことがらが新たな問題となって登場してくるのはやむを得ない。それは、プランクトン学が確実に進歩発展している証だからである。たとえば、本文中でも何度か、強調せざるを得なかった小型プランクトンと微小プランクトンの問題は、今後益々重要になるであろう。水産資源学の立場からも、ネット動物プランクトンの幼生を含む小型プランクトンの重要性があらためて脚光をあびつつある (たとえば、NISHIYAMA and HIRANO 1983)。彼ら小さなプランクトンどもが水産資源学とプランクトン学を結合した水産資源生態学の復興 (谷口 1983) の扉を開く鍵のひとつである可能性は高い。この

ような観点からも、プランクトン主要種と水産資源生物の特に初期生活史の研究の重要性は益々高まるであろう。海産プランクトンの持つ空間的・時間的スケール (辻田 1983) に海産資源生物が最も近づくのは彼らの生活史の初期においてであると考えられるからである。

プランクトン学の新しい発展に目を注ぐことが必要であると同時に、従来から着実に実施されてきた地道な日常観測業務もまた決して軽視できない。地質年代規模で変動するであろう海洋の種々の特性の変遷を監視しつづけることは、人類が海のプランクトンの生産と変動を本当に理解しよく利用するための王道であるにちがいない。海の仕事は根気ももとである (宇田 1943)。本文で紹介した北海道周辺海域のプランクトン現存量資料はこのような日常的業務の積み重ねの貴重な結果であり、今後とも同様の作業を継続することによってのみ、その価値を益々高めることができる。関連する試験調査研究諸機関の関係者の一層の努力と理解を望んでやまない。

おわりに、未公表のデータの使用を許された北海道立中央水産試験場の田村真樹氏に深く感謝する。

## 文 献

- 青山恒雄 (1983) 海洋生物の生産力把握に関する調査をめぐって. 水産海洋研究会報, **42**, 45-48.
- 土肥和彦 (1982) 噴火湾における有鐘類の季節変化. 日本プランクトン学会報, **29**, 77-87.
- 古橋賢造 (1980) オホーツク海のプランクトン現存量について. 水産海洋研究会報, **37**, 36-42.
- 北海道大学水産学部 (1976-1979) 海洋調査漁業試験要報, Nos. 19-22.
- HOSHIAI, T. and M. FUKUCHI (1981) Sea ice colored by ice algae in a lagoon, Lake Saroma, Hokkaido, Japan. Antarctic Record, **71**, 113-120.
- IKEDA, T. (1970) Relationship between respiration rate and body size in marine plankton animals as a function of the temperature of habitat. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ., **21**, 91-112.
- IKEDA, T. and S. MOTODA (1975) An approach to the estimation of zooplankton production in the Kuroshio and adjacent regions. The Pacific Science Association, Special Symposium on Marine Science, 7-16 December, 1973, Hong Kong, Symposium Papers, Session 2, Fisheries and Oceanography, pp. 24-28.
- IKEDA, T. and S. MOTODA (1978) Zooplankton production in the Bering Sea calculated from 1956-1970 Oshoro Maru data. Marine Science Communications, **4**, 329-346.
- 科学技術庁研究調整局 (1981) オホーツク海に関する総合研究報告書, 248 pp.

- 科学技術庁資源調査所 (1980) 日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査, 274 pp.
- 鹿又一良・渡辺智視・田村真樹・小鳥守之 (1983) 春の余市沖定点におけるカラヌスの消長と外圍条件. 北水試月報, **40**, 297-303.
- KAWARADA, Y. (1960) A contribution of microplankton observations to the hydrography of the northern North Pacific and adjacent seas. III. Plankton diatoms in the western Okhotsk Sea in the period from June to August 1957. Mem. Kobe Mar. Observ., **14**, 1-7.
- 小鳥守之 (1981) 北海道石狩湾産プランクトン調査. V. 1975-1979年温暖季 (6~11月) における動物プランクトンの“現存量曲線.” 北海道立水産試験場報告, **23**, 1-7.
- 小鳥守之 (1983) 北海道石狩湾産プランクトン調査. VI. 1980年および1981年の動物プランクトン現存量. 北海道立水産試験場報告, **25**, 1-6.
- 小鳥守之・小林時正・大槻知寛・丸山秀佳・小野田豊・佐野満広・北口孝郎 (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.
- 小鳥守之・渡辺智視 (1978) 北海道石狩湾産プランクトン調査. II. 昭和50年夏季“沿岸水域”における植物プランクトン量と植食性プランクトン量との関係. 北海道立水産試験場報告, **20**, 1-12.
- LARRANCE, J. D. (1971) Primary production in the mid-Subarctic Pacific Region, 1966-68. Fish. Bull., **69**, 595-613.
- MAITA, Y. and M. YANADA (1978) Particulate protein in coastal waters, with special reference to seasonal variation. Mar. Biol., **44**, 329-336.
- 箕田 嵩 (1970) 沖合域浮遊生物調査. 栽培漁業開発調査資料, 北海道開発局, pp. 111-123.
- 箕田 嵩・志賀直信・金子 実 (1979) 沿岸域におけるさけ・ます稚魚の食性と動物プランクトン—2. さけ別梓 1978 河川型研究グループレポート (北水研), pp. 99-115.
- 箕田 嵩・金子 実・志賀直信 (1980) 沿岸域におけるさけ・ます稚魚の食性と動物プランクトン—3. 1979年春季石狩湾沿岸の動物プランクトンならびにクロロフィル量. さけ別梓1979河川型研究グループレポート (北水研), pp. 91-100.
- 元田 茂 (1957) 北太平洋標準プランクトンネットについて. 日本プランクトン研究連絡会報, **4**, 13-15.
- MOTODA, S. and T. MINODA (1974) Plankton of the Bering Sea. In, Oceanography of the Bering Sea, ed. D. W. HOOD and E. J. KELLEY, Inst. Mar. Sci. Univ. Alaska, Fairbanks, 207-241.
- NAKAJIMA, K. (1973) Suspended particulate matter in the western North Pacific Ocean. Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., **20**, 1-106.
- NAKAJIMA, K. and S. NISHIZAWA (1968) Seasonal cycles of chlorophyll and seston in the surface water of the Tsugaru Strait area. Rec. Oceanogr. Wks. Japan, **9**, 219-246.
- 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.
- 茄子川郁夫・渡辺智視・鹿又一良・土門和子・苫米地洋文 (1982) 石狩湾沿岸海域の環境. さけ別梓1981 河川型研究グループレポート (北水研), pp. 81-92.
- 西浜雄二 (1982) 噴火湾鹿部沖におけるクロロフィル量の季節変化に関する10年間の観測, 1973-1982年. 水産海洋研究会報, **41**, 62-64.
- 西浜雄二・川真田憲治 (1979) 噴火湾の一次生産. 水産海洋研究会報, **34**, 71-74.
- 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的变化, 特に栄養塩類と植物プランクトンの増殖との関係. 北水試月報, **33**(2), 1-22.
- NISHIYAMA, T. and K. HIRANO (1983) Estimation of zooplankton weight in the gut of larval walleye-pollock (*Theragra chalcogramma*). Bull. Plankton Soc. Japan, **30**, 159-170.
- OHWADA, M. (1957) Diatom communities in the Okhotsk Sea, principally on the west coast of Kamchatka, spring to summer, 1955. J. Oceanogr. Soc. Japan, **13**, 29-34.
- RILEY, G. A. (1965) A mathematical model of regional variations in plankton. Limnol. Oceanogr., **10**, R202-R215.
- 資源調査会 (1980) 海洋生物の生産力把握に関する調査. 科学技術庁資源調査所, 289 pp.
- SMAYDA, T. J. (1978) Estimating cell numbers. What to count? In, Phytoplankton Manual, ed. A. SOURNIA, Unesco, Paris, 165-166.
- STEEMAN-NIELSEN, E. (1952) The use of radio-active carbon ( $^{14}\text{C}$ ) for measuring organic production in the sea. J. Cons. int. Explor. Mer, **18**, 117-140.
- TAGUCHI, S. and K. ISEKI (1977) Phytoplankton Flora. Akkeshi Bay. In, Productivity of Biocenoses in Coastal Regions of Japan (JIBP Synthesis 14), ed. K. HOGETSU *et al.*, Univ. Tokyo Press, Tokyo, 227-230.
- TAGUCHI, S., K. ISEKI and T. KAWAMURA (1977) The estimation of annual production by phytoplankton in Akkeshi Bay, Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan, **33**, 97-102.
- TAGUCHI, S. and S. NISHIZAWA (1977) Primary production. Akkeshi Bay. In, Productivity of Biocenoses in Coastal Regions of Japan (JIBP Synthesis 14), ed. K. HOGETSU *et al.*, Univ. Tokyo Press, Tokyo, 237-240.
- 谷口 旭 (1976) 熱帯・亜熱帯外洋生態系における微小動物プランクトンの位置. 月刊海洋科学, **8**, 669-673.
- 谷口 旭 (1978) 微小動物プランクトン生体量測定 of

- 問題点. 月刊海洋科学, 10, 871-876.
- 谷口 旭 (1983) プランクトンと水産資源学. 月刊海洋科学, 15, 308-314.
- TANIGUCHI, A. and T. KAWAMURA (1972) Primary production in the Oyashio region with special reference to the subsurface chlorophyll maximum layer and phytoplankton-zooplankton relationships. In, Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean, ed. A.Y. TAKENOUTI *et al.*, Idemitsu Shoten, Tokyo, 231-243.
- 苔米地洋文・茄子川郁夫・渡辺智視・土門和子 (1979) 石狩沿岸海域の環境条件. さけ別枠1978河川型研究
- グループレポート (北水研), pp. 81-92.
- 苔米地洋文・茄子川郁夫・渡辺智視・土門和子・鹿又一良 (1980) 石狩湾沿岸海域の環境条件. さけ別枠1979河川型研究グループレポート (北水研), pp. 71-85.
- 辻田時美 (1983) 海洋 biomass の生産・分布・変動と環境. 月刊海洋科学, 15, 254-264.
- TSUNOGAI, S. and Y. WATANABE (1983) Role of dissolved silicate in the occurrence of a phytoplankton bloom. J. Oceanogr. Soc. Japan, 39, 231-239.
- 宇田道隆 (1943) 南海北溟, 小山書店, 東京, 293 pp.

## 5. 日本産サケ稚魚の沿岸域における生態

入江 隆彦 (北海道区水産研究所)

### はじめに

日本産サケ属の中で資源的に最も重要な種はシロザケであり、カラフトマスはオホーツク海沿岸あるいは道東などの一部の河川で再生産しているに過ぎない。日本のさけ・ますは、彼らの地理的分布から見れば、極東における分布の南限に位置し、その再生産はほとんどが人工ふ化放流によって行なわれている点が特徴的である。

河川から降海したさけ・ます稚魚は、沿岸域で1~2カ月間生活した後離岸して行く。そして、沿岸域での生活期は河川生活期以上に減耗が大きいと考えられている。しかし、これまでわが国においては、沿岸滞泳期から離岸期にかけての稚魚の分布や生態に関する知見は少なく、あってもごく沿岸域での知見に限られている。さらに、沿岸から沖合に回遊して行く経路や機構に関しては、不明な点が数多く残されている。

ここでは、北海道のオホーツク海側と太平洋側の海域で行なった調査結果に基づいて、沿岸滞泳期から離岸期にかけての時期の、主にシロザケ稚魚の分布と生態を明らかにするとともに、海域間の比較によって、得られた知見の一般化をはかり、日本産サケ稚魚が示す生態、とくに環境条件に対する対応に見られる特徴について述べる。さらに、サケ稚魚が沿岸を離脱して沖合に回遊して行く契機としての稚魚自身の内的要因(発育段階)と外的要因(環境条件)について検討する。

### 1. 調査の概要

1977~1980年には、オホーツク海の網走湾から知床半島にかけての海域を中心に計 11 航海の調査を行ない、

1981~1983年には、太平洋側の日高沖から根室半島沖にかけての海域で計 6 航海の調査を行なった。網走湾海域は宗谷暖流の影響を受けるのに対して、太平洋海域は親潮の影響が強く、両海域の海洋条件は異なっている。

調査は毎年 5~7 月の時期に、調査船によって同じ海域で反復調査を行なった。航海ごとに調査海域全域にわたる海洋観測を実施して海況を把握するとともに、サケ稚魚とプランクトンの採集を行なった。稚魚の採集は、主として夜間に集魚灯を用いて、灯下に来遊するものをタモ網によって抄う方法で行なった。集魚灯による採集は、30分間点灯 1人抄いを基準とし、逃がした数も記録した。その他、昼間に小型のまき網を用いて稚魚の採集を行なった。

### 2. サケ稚魚の分布

網走湾海域では、5月~7月上旬にかけて広く沿岸ぞいにさけ・ます稚魚が分布する。5月中旬~下旬には体長(尾叉長で表わす)3~6cmのシロザケ稚魚が距岸1~2マイル以内に分布し、とくに港内や入江に多く見られた。6月下旬~7月上旬には4~12cmの稚魚が距岸12マイル以内に分布し、岸寄りほど分布が多かった(図1)。また、沖合寄りほど大型魚が多い傾向が認められ、7cm以上の個体の採集尾数は減少した(入江ほか, 1981)。同時期、エトロフ島沖に大型の稚魚が多数分布するのが観察された(図2)。7月中旬には網走湾海域に稚魚の分布が極めて少なくなった。

太平洋海域では、5月上旬~6月上旬にかけて、3~6cmのシロザケ稚魚がごく沿岸の港内に多く分布し、沖

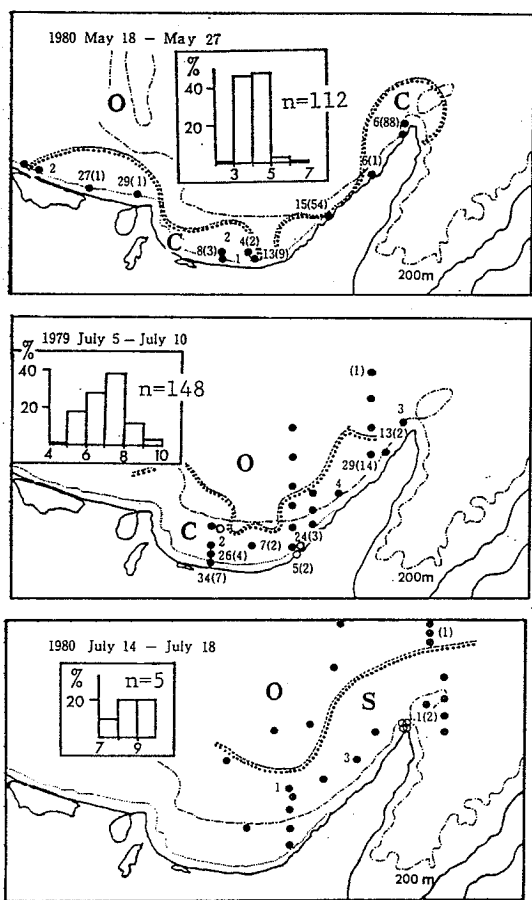


図 1 網走湾海域における表層の水塊配置とさけ・ます稚魚の分布, および採集されたシロザケ稚魚の体長組成。黒丸は集魚灯, 白丸はまき網による調査点。数字はシロザケ, カッコ内の数字はカラフトマスの採集尾数。数字のない所はゼロ。O: オホーツク海表層水 C: 沿岸水 S: 宗谷暖流水

合にはほとんど分布が見られなかった。わずかに日高沖あるいは津軽海峡東口に 8~13 cm の大型魚が分布した。6 月中旬~下旬には八戸沖~襟裳岬沖にかけての広い海域に本州起源と思われる 7~11 cm の稚魚が多数分布した。7 月上旬~中旬には日高~釧路にかけての陸棚上に 8~12 cm の稚魚が多数分布した (入江, 準備中)。

### 3. サケ稚魚の分布と海洋条件

さけ・ます稚魚は表層近くで生活すると考えられ, 海洋条件としては表層のそれが重要である。そこで, 表面の水温・塩分を用いて水塊区分を行ない, 稚魚の分布との関連を検討した。網走湾海域では, 5 月中旬~下旬には沿岸寄りに沿岸水が, その沖合にオホーツク海表層水

が分布し, 稚魚は沿岸水の分布域の中でもごく沿岸寄りに分布した (図 1)。6 月下旬~7 月上旬には, 普通の年であれば沿岸部は表層まで宗谷暖流水が分布し, その沖合にオホーツク海表層水が分布する。稚魚は宗谷暖流水中の低塩分部分 (塩分 33.8‰ 以下) と, オホーツク海表層水中に分布した (図 1, 2, 3)。海況の推移が遅れた 1979 年には, 沿岸寄りの表層に沿岸水が残り, 稚魚はその沿岸水中に多く分布した (図 1, 3)。網走湾海域では, 沿岸生活期を通じて稚魚が主に生活する水塊は沿岸水であり, 沿岸から姿を消す時期は宗谷暖流水が強勢となって, それまで沿岸ぞいに広く表層を覆っていた沿岸水にとって代わる時期であると考えられた (入江ほか, 1981)。

太平洋海域では, 6 月上旬~7 月中旬には沿岸寄りに沿岸水が, その沖合に親潮系水が分布し, シロザケ稚魚は沿岸水中および親潮系水中に多く分布した。また, 八戸沖では混合水中および暖流系水の低塩分部分 (塩分 33.9‰ 以下) に分布が見られた (入江, 準備中)。網走湾海域と太平洋海域を比較すると, 水塊に対する関係では類似した現象が認められ, 稚魚が分布した水温, 塩分の上限は 14°C, 33.9‰ でほとんど変わらなかった。

### 4. サケ稚魚の分布と動物プランクトンの分布

網走湾海域においては, 5 月中旬~下旬には沿岸水が分布する沿岸寄りほど動物プランクトンの分布密度が高く, 6 月下旬には逆にオホーツク海冷水が分布する沖合ほど分布密度が高い傾向が認められた。また, 7 月上旬には, 宗谷暖流水の分布する網走湾海域より, オホーツク海冷水の分布するエトロフ島沖の分布密度が高い傾向が認められた (図 4)。一方, 太平洋海域においては, 6 月上旬~中旬には沿岸水の分布するごく沿岸寄りに動物プランクトンの分布密度が高く, 7 月上旬~中旬には襟裳岬以東の海域, 中でも沿岸水の残る襟裳岬~十勝にかけての陸棚の沿岸寄りに分布密度が高い傾向が認められた (入江, 準備中)。これらのことから, 動物プランクトンの発生は沿岸の低塩分水塊と密接に関係し, 沿岸寄りほど発生時期も早くかつ量的にも豊富であることが推察される。ネット採集の動物プランクトンの組成では橈脚類の占める割合が最も高かった。また, サケ稚魚の胃内容調査結果によると, 時期や海域によって胃内容物は若干異なるが, 橈脚類の出現率が高いという点では共通していた (入江, 準備中)。以上の結果と前述したサケ稚魚の分布を考え合わせると, 動物プランクトンの分布と稚魚の分布は水塊を仲立ちとして一定の対応があることが示唆される。そして, サケ稚魚は結果的に餌料条件の好



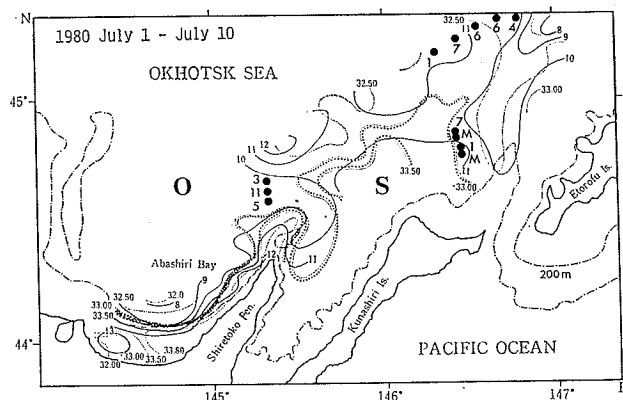


図 2 網走湾～エトロフ島沖合海域における表層の水塊配置とさけ・ます稚魚の分布。黒丸の数字は集魚灯点灯 30 分間の稚魚の観察数。M: 多数

適な水域をうまく利用するような形で分布移動しているように見受けられるが、今後さらに稚魚の生活域である表層近くのプランクトン分布との関連を追求する必要がある。

### 5. サケ稚魚の移動回遊経路

これまで述べてきたことから、沿岸滞泳期から離岸期にかけての時期のサケ稚魚は、最初淡水の影響を受けたごく沿岸の沿岸水の水域で生活し、成長とともにいく分沖合寄りに分布域を拡大しながら沿岸ぞいに移動して行き、その過程で水塊自体の移動・消長とも相まって、一部は混合水あるいは暖流系水の低塩分部分にも分布しながら、徐々に沖合冷水——オホーツク海側ではオホーツク海表層水、太平洋側では親潮系水——へ移行するものと推察される。このような水塊に対する移動回遊様式を模式的に図 5 に示す。淡水と沿岸水の重なる部分が河口や港、あるいは入江に相当し、沿岸水と沖合冷水の重なる部分が潮境あるいは混合水域に相当すると考えられる。また、それらの移行の過程では、サケ稚魚の分布する水温・塩分条件には飛躍的な変化はないように見受けられる。

次に今回得られた知見をもとに、岩手水試、東北水研、遠洋水研、および北大による調査結果(飯岡ほか, 1980; 橋場ほか, 1982; 伊藤, 1982; 三島ほか, 1982)も参考にして、サケ稚魚の移動回遊経路を想定し図 6 に示す。斜線がこれまでに明らかになった稚魚の分布範囲を示し、矢印が移動方向を示す。経路の幅は各海域の地形的条件あるいは海洋条件によって若干変化するが、いずれの海域でも沿岸ぞいの経路が想定される。襟裳岬の沖合を東に向う経路は 3 ヶ年の調査では確認されず、さらに

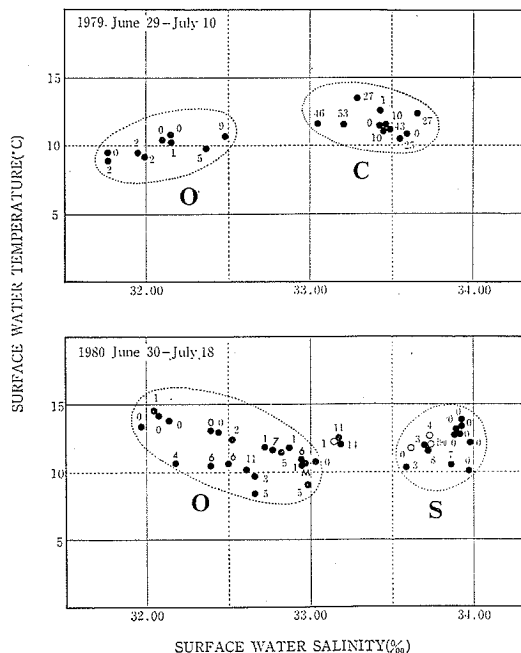


図 3 網走湾海域におけるさけ・ます稚魚の採集・観察点の表面水温と塩分、および水塊区分。白丸の数字はまき網による稚魚の採集尾数。(その他の説明は図 1 および図 2 を参照)

検討が必要である。積丹半島以南の日本海側における稚魚の分布は未調査であるが、沿岸水の分布から考えて沿岸ぞいの経路が予想される。回遊時期は放流群(起源)により、また海域によって異なり、5 月下旬～7 月下旬におよぶ。そして、道東海域は網走湾海域に比べて 1 旬以上遅れるように見受けられる。サケ稚魚の移動方向と海

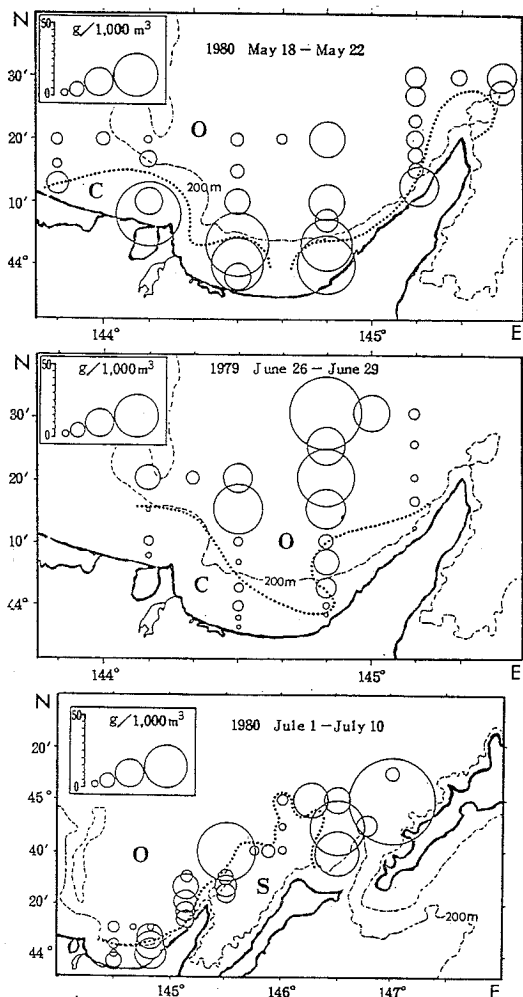


図 4 網走湾海域における動物プランクトンの湿重量の分布と表層の水塊配置。採集はNORPACネットの水深 150 m からの垂直びきによる。(その他の説明は図 1 を参照)

流系を比較すると、オホーツク海側では宗谷暖流と同方向であるが、太平洋側では親潮と逆方向であり必ずしも一致していない。

### 6. 日本産サケ稚魚の生態に見られる特徴

これまでサケ稚魚が沿岸から姿を消す時期は水温が制限要因と考えられ、具体的には 13°C (関, 1978), あるいは 15°C 前後 (小林, 1977) 等があげられてきた。今回調べた範囲では、稚魚が分布した水温の上限は 14°C であり、それらの値とそれほど差異はなかった。さらに今回得られた知見によって、それが単に水温との関係を表わすのではなく、沿岸水あるいは暖流系の水塊との対

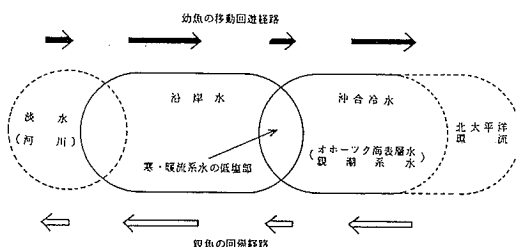


図 5 サケ稚魚の水塊に対する移動回遊様式の模式図

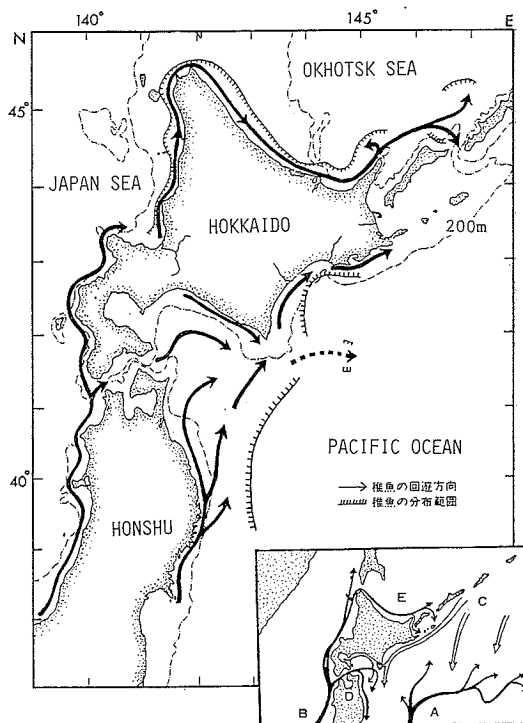


図 6 日本産サケ稚魚の移動回遊経路と分布範囲、および海流系模式図。A: 黒潮 B: 対馬暖流 C: 親潮 D: 津軽暖流 E: 宗谷暖流。(海流図は宇田, 1935 による)

応関係を内包していることが示唆された (入江ほか, 1981)。

一方、これまでサケ稚魚の塩分条件に対する反応については、稚魚期初期の段階で時間的経過に伴って、塩分に対する選択性が増加することが明らかにされ、それが稚魚の河川から海洋への移動の過程で重要な役割を果すことが推測されているが (McInerney, 1964), 高塩分が稚魚の分布の制限要因として働く可能性については、これまで指摘されたことはなかったように思われる。わずかに沖合生活期のシロサケの分布の南限が 34% の

等塩分線付近にあることが知られている (FAVORITE and HANAVAN, 1963)。今回調べた範囲でサケ稚魚が分布したのは、塩分条件が 33.9% 以下の所であり、それより高塩分の所には分布が見られなかった。この低塩分水に対する執着は、基本的にはさけ・ますの起源にかかわるものと考えられるが、北半球の高緯度地方ではこれほど高い塩分条件に出会うことはほとんどなく、これは日本のような分布の南限に近い地域においてのみ顕在化する現象であると考えられる。

### 7. サケ稚魚の発育段階と離岸

離岸期という言葉の定義は明確ではないが、ここでは稚魚自身が離岸するに十分な発育段階に達した時点と離岸期の始まりと考え、それ以前を沿岸滞泳期と考える (入江ほか, 1981)。これまでの研究で、シロザケ稚魚の食性および行動の変化、分布域の変化等の生態的变化と、稚魚の成長に伴う形態的变化を対応させて、発育段階を小区分した結果、海洋生活初期のシロザケ稚魚には以下にあげる4つの小段階が仮設された (IRIE, 1982)。**A**; 体長 3~5 cm, 港内や汀帯等のごく沿岸に分布し、まだ十分に海洋生活に適応していない段階。**B**; 体長 5~8 cm, 海洋生活への適応がすすみ、わずかに沖合寄りに生活域を拡大しながら、徐々に岸ぞいに移動を始める段階。**C**; 体長 8~11 cm, 海洋生活に完全に適応し、沖合冷水域へ移動を始める段階。**D**; 体長 11 cm 以上、普通はすでに沖合冷水域へ移動している段階。中でも体長 5~8 cm の間の形態的、生態的变化は最も顕著であり、これはまた生理的な変化の時期とも一致しているように見受けられる (KASHIWAGI and SATO, 1969; 柏木・飯岡, 1978)。従って、前述の離岸期の定義からすれば、体長 8 cm 以上の稚魚を離岸期に入ったものとみなすことができる。一方、サケ稚魚がこのような成長・発育をとげている間に、前述したように稚魚をとりまく環境条件も大きく変化する。すなわち、沿岸域ではサケ稚魚に好適な低塩分水塊が衰退し、同時期に水温・塩分の上昇および餌料条件の悪化が起こる。サケ稚魚は基本的には生理的、生態的、また形態的に海洋生活へ適応した段階で、恐らくは遺伝的なプログラムに従って、次の沖合生活へ移行するものと考えられるが、現象的にはこれらの環境条件の変化に対応して移動しているように見える。

#### おわりに

日本産サケ稚魚は春期 (北海道では 5~6 月) の沿岸域に形成される低塩分の沿岸水とそこでの動物プランクトン生産の極大期を、南から北に向かって移動することによって最大限に利用し、夏期に勢力を増す高温高塩分の

暖流系水の影響を巧みに避けることで、日本列島への適応戦略の一端を組み立てているように見受けられる。一方、サケ稚魚が生活する水域は予想以上に狭い沿岸域に限られることが明らかになったことから、そこでの餌料条件が稚魚の生産に対する制限要因として働く可能性がある。今後、汀帯や港湾を含む沿岸域における餌生物量の季節変化や年変化を明らかにして、稚魚放流の許容量を検討する必要がある。

最後に、本研究を行なう中で御助言と御助力を与えられた、北水研資源部大迫正尚室長ならびに小林時正技官、同海洋部藤井浄室長の各位に深く感謝する。

### 文 献

- FAVORITE, F. and M. G. HANAVAN (1963) Oceanographic conditions and salmon distribution south of the Alaska Peninsula and Aleutian Islands, 1956. INPFC Bull., 11, 57-72.
- 橋場敏雄・小滝一三・安井達夫 (1982) 三陸北部沿岸沖合におけるシロザケ幼魚の分布生態。さけ別枠研究 幼魚期および接岸期を中心とした沖合生態調査、総括報告、遠洋水産研究所, 23-29.
- 飯岡主税・武市正明・佐藤司朗・湊善明 (1980) 沿岸滞留放流シロサケ稚魚生態調査。さけ別枠研究 海中飼育放流技術による稚魚減耗の抑制、昭和53年度報告、東北水産研究所, 20-32.
- IRIE, T. (1982) Migration and ecology of young salmon in their early marine life. Symposium on salmon enhancement. UJNR, Aquaculture panel 11th meeting. (印刷中)
- 入江隆彦・小林時正・大迫正尚 (1981) 海洋生活初期のサケ・マス幼魚の生態に関する研究-I。網走湾海域における幼魚の分布と行動。北水研報告, 46, 15-36.
- 伊藤 準 (1982) 鱒切断標識魚の再捕からみた沿岸におけるシロザケ幼魚の回遊と生長、並びに減耗に関する若干の考察。さけ別枠研究 幼魚期および接岸期を中心とした沖合生態調査、総括報告、遠洋水産研究所, 49-65.
- 柏木正章・飯岡主税 (1978) シロサケ稚魚の海水抵抗性について。さけ養殖技術開発企業化試験総合報告、昭和45年度~昭和47年度、水産庁研究課ほか, 23-25.
- KASHIWAGI, M. and R. SATO (1969) Studies on the osmoregulation of the chum salmon, *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) I. The tolerance of eyed period eggs, alvins and fry of the chum salmon to sea water. Tohoku J. Agri. Res., 20(1), 41-47.
- 小林哲夫 (1977) 沿岸滞泳期におけるサケ・マス幼魚の生態。水産海洋研究会報, 31, 39-44.
- MCINERNEY, J. E. (1964) Salinity preference: an orientation mechanism in salmon migration. J.

Fish. Res. Bd. Canada, 21(5), 995-1018.  
 三島清吉・島崎健二・山本昭一・石井清彦・佐々木成二・  
 目黒敏美(1982) 離岸期さけ属幼魚の分布・生態  
 に関する研究、さけ別枠研究 幼魚期および接岸期  
 を中心とした沖合生態調査、総括報告、遠洋水産研  
 究所, 33-47.

関 二郎(1978) 気仙沼付近におけるサケの生態—II.  
 沿岸域の混獲稚魚の成長と餌料生物. 宮気水試研報,  
 4, 10-18.  
 宇田道隆(1935) 昭和8年盛夏における北太平洋の海  
 況. 水産試験場報告, (6), 1-103.

## 6. 日本産サケの外洋域における生態

高木 健治 (遠洋水産研究所)

### はじめに

日本産サケの人工孵化放流事業は沿岸回帰量が著しく増加していることから国の内外を問わず広く関係者の注目を集めている。放流技術の向上および放流稚魚数の増大がこの回帰量増加の最も主要な要因であるが、そのほかそれと結びつくような変化が海洋において起っていないかどうか、さらに今後放流稚魚数を増やし続けた場合に回帰量増大を制限するような作用が海洋において起こることがないかどうか、という疑問が提起されている。ここでは、素材提供という観点から外洋域における生態に関連する事項をいくつか拾い上げる。

#### 1. 漁獲量および地理的・時期的分布

近年における北太平洋 さけ・ます類の年間漁獲量(1976~80年平均値)は、2.42億尾、48.4万トンである。魚種構成上、カラフトマスが最も卓越し、次いでシロザケが第2位を占める。さけ・ます漁業の隆盛期(1935~39年)には現在よりかなり高い水準の漁獲量、平均3.46億尾、が持続していたことが知られ、さけ・ます類に関する海洋収容力を考える際に記録上の実績としてしばしば引用される。近年における北太平洋全域のシロザケ年間漁獲量は、4,400万尾、13.7万トンであり、そのうちアメリカ・カナダを除くいわゆるアジア系シロザケの年間漁獲量は3,400万尾、9.7万トンである。

シロザケ産卵場の地理的分布は、北太平洋さけ・ます類のうちで最も広く、北は北極海に面するレナ川あるいはマッケンジー川までおよび、日本産サケは、この魚種の地理的分布のなかで最も南に位置するストックである。また、シロザケの産卵期は、早いものは6月から、遅いものは1月までおよび、日本産サケは産卵期が最も遅いストックである。これらの産卵場の地理的位置および産卵期に関する日本産サケの特徴は、海洋生活期にお

ける生態的特徴とも関連するはずである。

日本産サケは変異に富み、複数のサブストックから構成される(OKAZAKI 1982)。溯上河川の地理的位置は南北に広がり、日本海においては北九州まで、太平洋側においては千葉県まで及ぶ。また、溯上期は、早いものは9月から遅いものは1月までであり、溯上期には地域による特徴がみられる。日本産サケは次の2点からみて特異的な存在といえる、すなわち、その殆どすべてが孵化場方式の人工的再生産によるものであり、かつそのストック・サイズが大きいことである。

最近5年間(1978~82年)における日本産サケの平均沿岸漁獲量は、2,400万尾、8.0万トンであり、同時期におけるソ連極東全域のシロザケ推定漁獲量、520万尾、1.9万トンを大きく上回る。日本産サケの放流稚魚から沿岸来遊までの回帰率は2.5%前後であり、これをバイオマス変化量からみると120倍前後の増加に相当する。

北海道さけ・ますふ化場資料によると、最近10年間平均の同一年級群の成熟到達年令は、2年魚1.1%、3年魚31.0%、4年魚59.2%、および5年魚8.7%であり、今までのところ成熟年令の若令化現象は認められない。平均すると、北海道産サケの海洋生活期間は約37カ月になる。

#### 2. 外洋域における豊度・分布・回遊

外洋域におけるさけ・ます類の分布水温は魚種毎に特徴がある(図1)。流し網調査による有漁率50%以上を目安として各魚種の好適水温域を低い方から順に並べると、ベニザケ(1°~9°C台)、シロザケ(1°~12°C台)、カラフトマス(3°~10°C台)、マスノスケ(4°~9°C台)、ギンザケ(6°~12°C台)およびスチールヘッド(7°~10°C台)となる。つまりシロザケは、全体としてみると冷水性のベニザケや暖水性のギンザケに比べて好適水温

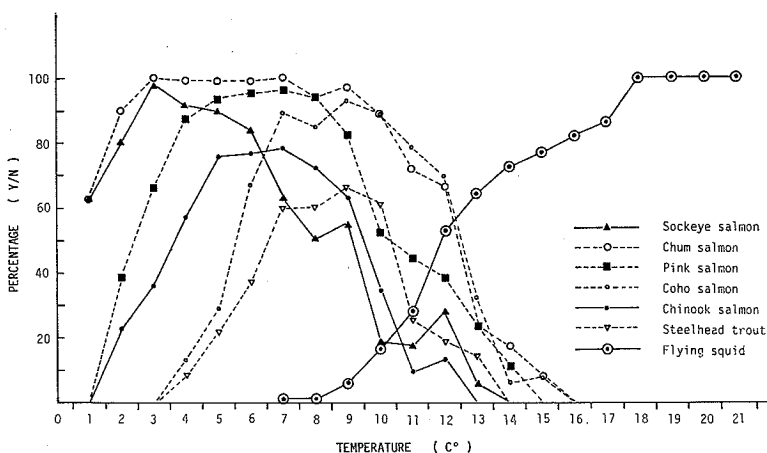


図 1 色々な表面水温における魚種別有漁率 (Y/N) の分布, 1978~82 年資料,  
N: 全操業回数, Y: その魚種が漁獲された操業の回数

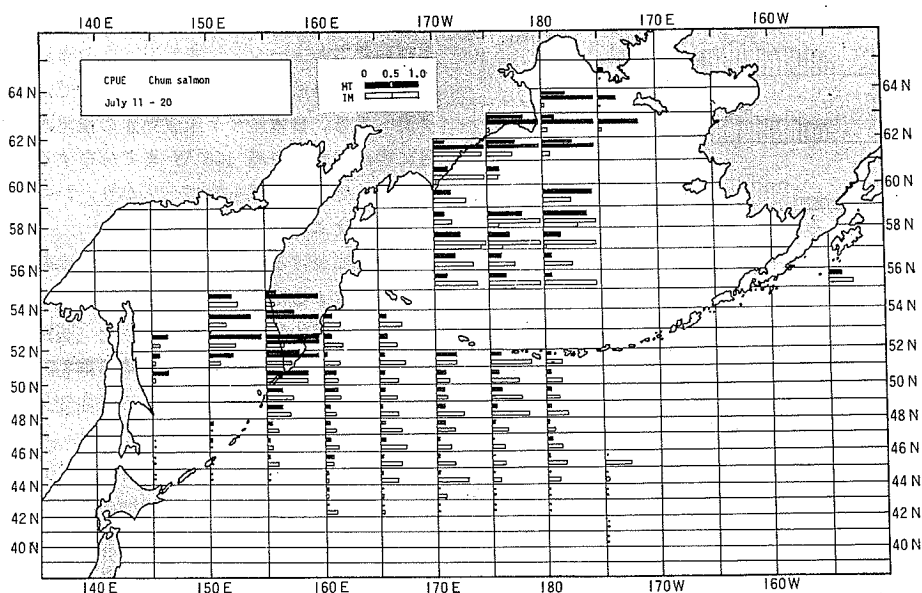


図 2 7 月中旬におけるシロザケ成熟魚および未成熟魚の相対的豊度,  
1972~82年調査船商業目合流し網資料

域が広い。分布水温は同一魚種でも系統群・成熟段階・時期・水域によって変化する。外洋域におけるさけ・ます類は、母川回帰のため沿岸域へ向って移動するほか、冬期に最も南側に分布し夏期に最も北側に分布するという南北方向の季節移動を行う。

図 2 は 7 月中旬におけるシロザケ成熟魚および未成熟魚の CPUE (商業目合流し網による 1972~82 年調査資料) を示す。シロザケ分布域のすべてに調査が及んでは

いないが、近年の調査水域内でもアナディールから本州にいたる多様なアジア系ストックが含まれる。シロザケ全体としてみると、時期が進むにつれて成熟魚の分布域が先に北側および沿岸域へ移り、未成熟魚はより南側から成熟魚の後を追うように出現し、移動する (図 2)。商業目合流し網によって採集されたシロザケ成熟魚の月旬別卵巣重量(対数変換)組成から、卵巣の増重過程がわかると同時に、月旬別組成が単峰型でなくむしろ多峰型

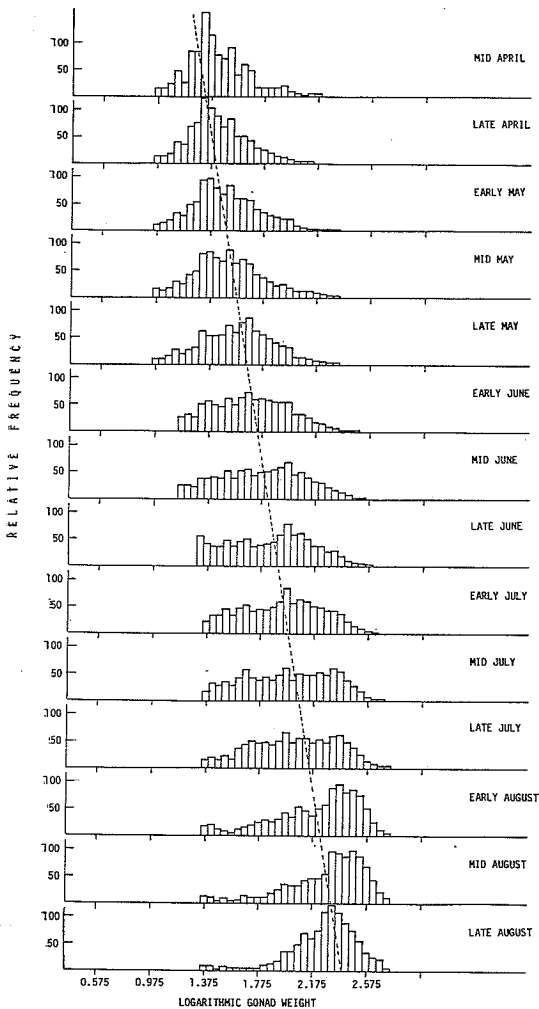


図 3 商業目合流し網により採集されたシロザケ成熟魚の月旬別卵巣重量(対数変換)組成, 1972~82年資料

であることがわかる(図 3)。年令群を同一にしても同様な傾向がみられることから、多峰型の理由は産卵期が異なる複数ストック構成のためと考えられる。7月上旬における0.3年魚を例として水域別に分解すると(図4)、北部ベーリング海において典型的にみられるように、成熟が進んだグループと成熟が遅れているグループの存在が示唆される。沿岸到達時における卵巣重量からみて、前者が夏ザケ系、後者が秋ザケ系の魚であると考えられる。

外洋域における日本産サケの存在を、最も直接的に示す資料は標識放流調査から得られてきた。図5~6は、1956~82年シロザケ標識沿岸再捕魚の月別放流水域別尾数を示す。各2度5度区画の中央円内に示す数値は北海

道・本州において再捕された標識魚尾数であり、4つの隅に示す数値はアジア側オホーツク・カムチャッカ地域(NW)、アムール・サハリン地域(SW)、北米のアラスカ半島北岸を含む北側(NE)、およびアラスカ半島南岸を含む南側(SE)における再捕尾数をそれぞれ示す。

日本産サケの外洋域における生態上の著しい特徴として、その分布域の広さがあげられる。日本産サケ成熟魚は、4月にアラスカ湾 140°W まで分布しており、西カムチャッカ、オホーツク地域およびアムール川起源シロザケの主要分布域が北太平洋中部および西部に限られるのと対照的である。最近の標識放流調査により、日本産サケ成熟魚が5~6月に北太平洋西部水域にも存在し、この時期には東西に広く帯状に分布するらしいことがわかってきた。時期が進むにつれて分布域は北方へ移る。6月のアラスカ湾ではすでに日本産サケ成熟魚はみられず、7月にはベーリング海およびアリューシャン列島水域が主要分布域となる。8~9月は東カムチャッカ沖および西部アリューシャン水域が主な分布域とみられ、その後千島列島沿いに南下回遊する。一部の魚はオホーツク海へ入る。日本産サケ未成熟魚の出現水域も広く、5月に西部アラスカ湾 156°W まで分布する。時期の推移に伴い、その分布域も北方へ広がり、7~8月にはベーリング海へ及ぶ。

外洋域におけるシロザケのうちで日本系が占める量的割合を推定するため、1980年採集シロザケ0.3年成熟魚に関する予備的鱗相分析が行われた(石田ほか 1982)。日本系、ソ連系、北米系の3系基準群を設定して沖合標本判別した結果は標識再捕による既往知見と大きく矛盾した。採集地別標本を用いてクラスター分析を行い類似しているもの同士をまとめて、日本系、北方系、カナダ系の3系基準群を設定した分析結果の方が判別精度が高く合理的と思われた。0.3年成熟魚沖合標本のうち日本系と判別された単純標本割合は、5月15.6%、6月24.0%および7月38.6%であった。図7には一例として7月における水域別混合割合を示した。分析対象としてとりあげた0.3年成熟魚は1980年母船式・基地式シロザケ漁獲物のうち約58%を構成するグループであった。この分析によって推定された日本産サケの分布域は、標識放流調査によって確認されている範囲に比べて広いものであった。しかしながら鱗相分析では基準群の設定の仕方によって結果がかなり影響され、標識再捕やアイソザイム分析を含む他の生物学的情報と併わせて吟味・解釈する必要がある。

標識放流再捕資料から求められたシロザケの回遊速度

シンポジウム「水産海洋」

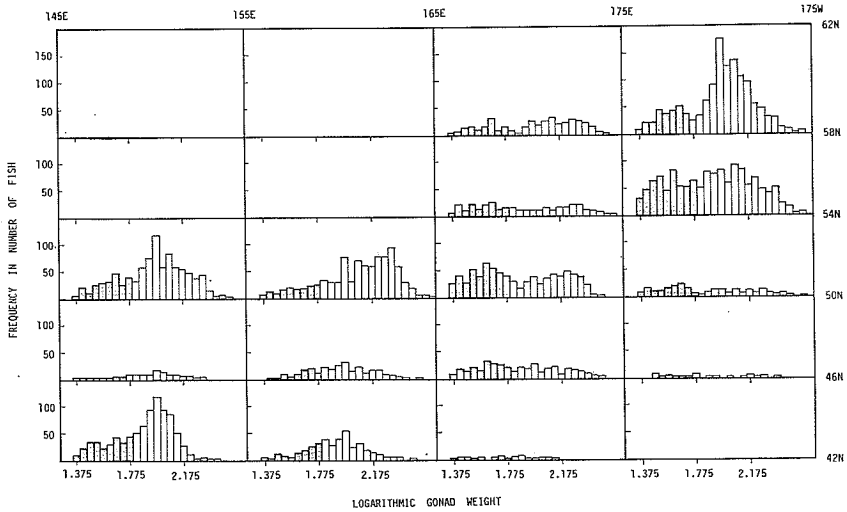


図4 7月上旬におけるシロザケ0.3年成熟魚の4°×10°水域別卵巣重量(対数変換)組成, 1972~82年資料

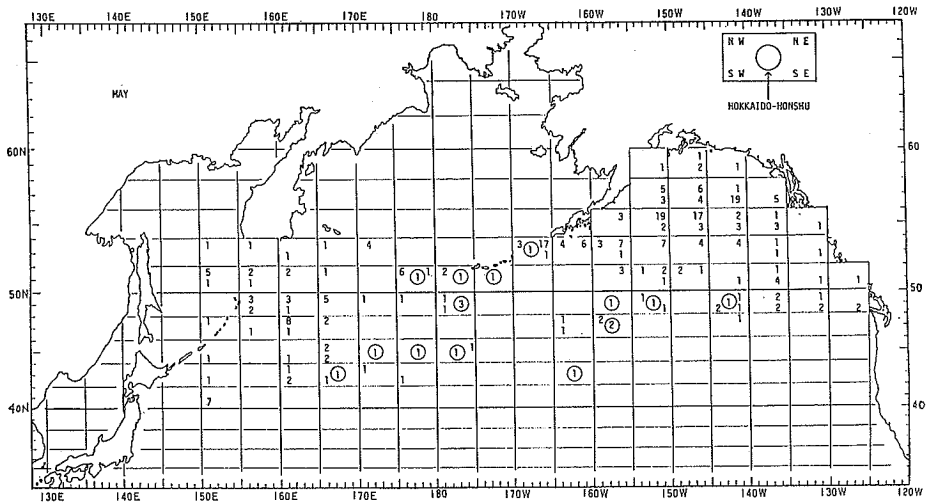


図5 沿岸再捕されたシロザケ標識魚の5月における放流水域別尾数。数字の記入位置は再捕地域を示す(本文参照), 1956~82年資料

は、遅い未成熟魚が1日当たり約5海里、早い成熟魚が1日当たり約21海里であった。後者はアラスカ湾中央部と日本沿岸を結ぶ直線距離を160日で移動する速度に相当する。

また、北海道・本州において再捕されたシロザケ標識魚の放流時における表面水温は、平均8.5°C(範囲3.6°~13.8°C)であった。これは外洋域における日本産サケの棲息水温が他のシロザケ系統群に比べて高いことを示唆する値である。

日本産サケの平均体重を1961~76年資料から求めると、0.2年魚2.6kg、0.3年魚3.7kgおよび0.4年魚4.5kgとなる。これらの値はカムチャッカ・オホーツク地域の夏ザケに比べて大きい。海洋生活期の月間成長係数は0.16~0.27である。

外洋域におけるシロザケの胃内容物組成は、海域間および採集年によって変動し、特定餌料への好みよりむしろ餌料の得られ易さの要因がより関連する。他のさけ・ます類に比べて消化が進み同定不可能なものが多いとい

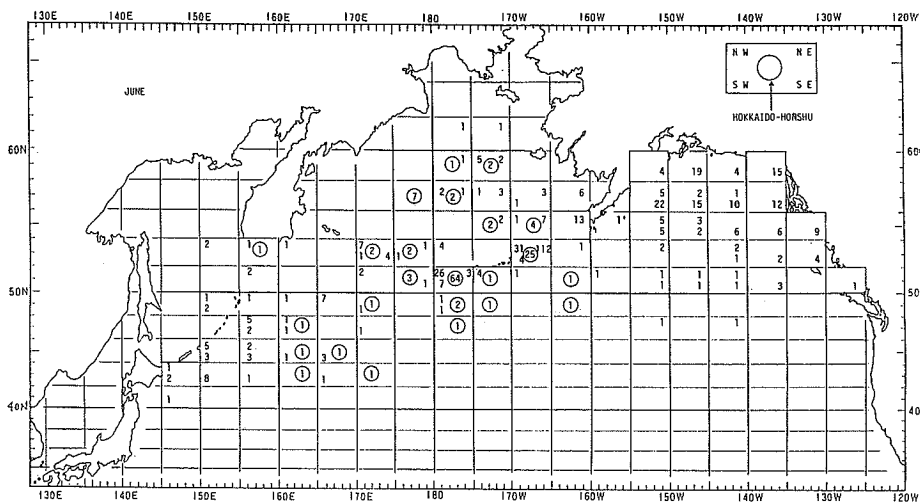


図 6 沿岸再捕したシロザケ標識魚の 6 月における放流水域尾数。  
数字の記入位置は再捕地域を示す (本文参照), 1956~82年資料

う特徴がある。オキアミ目, 翼足目, いか類, 魚類, 端脚目, かい脚目が主要餌料を構成する。平均胃内容重量として, 1尾当たり 3~18g が知られている。これらの値はいずれも夜間における流し網採集標本から得られたものであり日間餌料要求量を示すものではない。さけ・ますの体重当たり日間摂餌率は, 2.5% 前後と考えられている (LAEVASTU and LARKINS 1981)。

おわりに

日本産サケの沿岸回帰量増加に結びつくような変化が海洋において起っていないかどうかという問いに, 沖合漁業の存在をはなれて答えることはできない。北太平洋には伝統的な沖合さけます漁業があり, その漁業規模は 200 海里時代に到り大幅な縮小を余儀なくされた。母船式漁業は隆盛期に16船団 460 隻の規模を誇ったが現在は 4 船団 172 隻となり, 基地式中型漁業も往年は流し網・延網あわせて 893 隻という規模であったが現在は流し網 209 隻となった。このような漁業規模の縮小は, 沖合漁獲率の低下ひいては沿岸回帰量の増加をもたらすはずである。日本産サケの沖合分布・回遊と類似したパターンを持つサハリン系秋ザケに関し, その沿岸情報の詳細が不明であるが, それらの情報を入手することができれば, 日本系およびサハリン系のパラレル分析によって沖合漁業の変化に伴う影響度の推定が可能となろう。

文 献

石田行正・伊藤外夫・高木健治 (1983) 北太平洋の日本系シロザケに関する鱗相分析の一例。水産庁遠洋

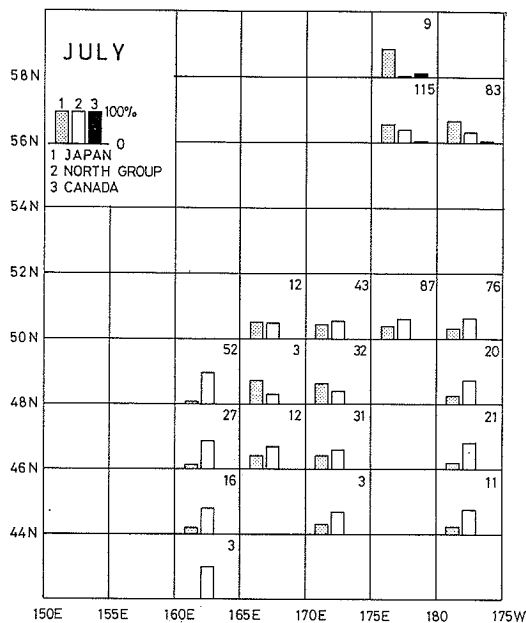


図 7 シロザケ 0.3 年成熟魚の鱗相分析による水域別混交割合推定値, 7 月 (石田ほか 1982 より)

水産研究所, 24頁

LAEVASTU, T. and H. A. LARKINS (1981) Marine Fisheries Ecosystem, Fishing News Books Ltd, 162 pp.

OKAZAKI, T. (1982) Genetic study on population structure in chum salmon (*Oncorhynchus keta*). Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 19, 25-116.



## 7. ホッケの生活史

島崎 健二 (北海道大学水産学部)

ホッケはマイワシ、マサバ、スルメイカ、スケトウダラ、サケ・マス類とともに北海道における産業的重要種である。1970～1979年の年漁獲量は 11.0～22.1 万トン(属地統計, 農林省 1970～1979)であり, この量は全国の本種漁獲量の 92% 以上に達する。本種の生態学的研究は1943年頃から始められ, 漁業と関連した未成魚および成魚については多くの知見が得られている。しかし, 稚仔・幼魚の生態に関しては未詳の点が非常に多い。本論では, 現在まで得られている資料を総括して, ホッケの生活史を概観し, 話題提供の材料としたい。

ホッケはアイナメ科 Hexagrammidae, ホッケ属 *Pleurogrammus* に属し, 同属のキタノホッケ *P. monopterygius* とよく似た形態の特徴をもつが臀鰭条数などの体節的形質や体色によって識別される(蒲原1957)。キタノホッケはベーリング海, アリューシャン列島および千島列島からオホーツク海に至る海域に広く分布してい

るが, ホッケは日本海, オホーツク海南部に, また, 太平洋側では千島列島南部から茨城県にかけて分布し, キタノホッケに比べて南方種であり, 分布域は広くない。

ホッケの主産卵場は我国では日本海を中心とした北海道の沿岸にある(図1)。すなわち, 積丹半島から噴火湾口に至る北海道南部の沿岸, 奥尻, 天売, 焼尻, 利尻, 礼文の諸島の沿岸および武蔵堆である(北水試 1953, 蒲原 1957, 北片ら 1967)。オホーツク海側では知床半島の沿岸に小規模な産卵場があったが, 現在では衰退している(入江 1980)。サハリンでは南西岸に, また, 沿海州では南部沿岸(EL'KINA 1962), ペーター大帝湾および東朝鮮湾に主産卵場のあることが知られている(GORBUNOVA 1962)。このように主産卵場は日本海側にあって, 日本列島沿いでは対馬暖流の北方流域の沿岸にあり, 沿海州ではリマン海流の南方海域で, 同じく暖流の影響を受ける沿岸海域にある。これらのことより, 本種は日

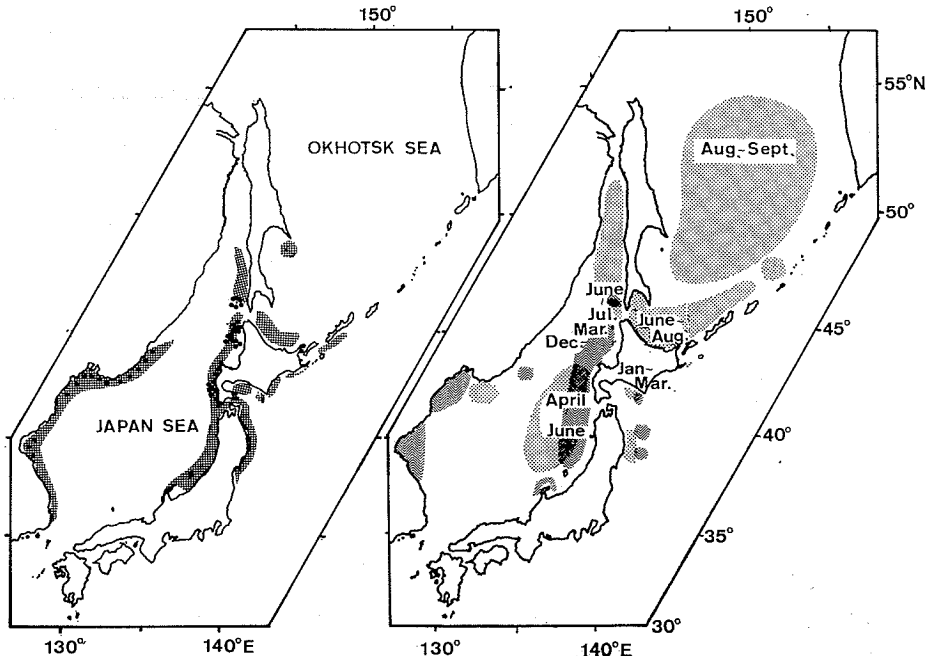


図1 ホッケの採集域。左, 黒点: 成魚, 格子: 未成魚。右, 波線: 稚仔魚, 点: 幼魚

本海に生活の基盤をもつ種であるとみなされている(久新 1977)。

北海道周辺海域の産卵期は9月中旬～12月上旬であり、北方海域ほど高い。沿岸の水温が $12^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{C}$ になると産卵群が接岸する(北水試 1983)。産卵場は沿岸部の岩礁地帯や堆水域の水深5～30mの岩場に限定されており、卵は沈性粘着性である。ふ化実験によると、約 $10^{\circ}\text{C}$ の水温でふ化所要日数は65日である(遊佐 1957)。稚仔の出現は北方域で早く、12月には利尻・礼文海域および武蔵堆で密度が高く南側で低いが、1月に入ると南方の積丹海域でも高くなる(北水試 1983)。

稚仔・幼魚の体色は青緑色で表層生活を行なう。4～5月頃には幼魚は日本海の沖合一帯に分布し、南は大和堆付近から北は武蔵堆に及んでいるが、6月には分布域はさらに北上する。5、6月の体長組成は3～7および7～9cmであるが、7月に6～9cmの幼魚群がサハリン西岸域に分布し、その北限は $50^{\circ}\text{N}$ にまでおよんでいる(EL'KINA 1962)。以上のように、本種は表層域において分布域を拡大しながら急速に成長して、秋期には体長17～20cmに達するが(青ボッケと呼ばれる)、このあと底棲性となる。着底する海域は水深50m以深の大陸棚上である。この時期の水温環境は表層の $11^{\circ}\sim 14^{\circ}\text{C}$ から底層の $5^{\circ}\text{C}$ 前後となり、体色も青緑色から褐色に変って、本種の大きい生態的变化期に当る。この発育段階(ローソクボッケ)に至って初めて漁獲の対象となり、10月頃から結氷期の1月頃まで、北海道北部の日本海やオホーツク海の大陸棚上で底曳網や底建網によって多獲される。北海道西岸では利礼海域から積丹半島付近まで、また、北側ではサハリン西岸まで分布する。北海道南部海域でも漁獲されるが、その量は少ない(北水試 1983)。これらの小型未成魚は大きな移動をせずに越冬するとみられる。翌春には日本海側で体長24～27cm、オホーツク海で21～26cmに成長して大型未成魚(春ボッケ)となり、活発な索餌活動をおこなう。日本海では岬周辺や沿岸域で、オキアミや橈脚類を求めて浮上し濃密群を形成する(辻崎ら 1957, 石垣ら 1958)。この期ののちには再び底棲性となり、日本海側では130～180mの大陸棚縁辺部に移動するが、オホーツク海域の群は7月以降から翌春にかけて日本海へ移動するとみられる(北口 1983)。この大型未成魚は成長とともに根付魚としての性質が強くなり、その年の秋には一部が性成熟に達し、産卵群に添加して産卵場へ移動する。一方、オホーツク海から日本海へ移動する2才魚の生殖腺はいずれも未成熟の状態にあって、産卵群への添加は3才で行なわれる

ものと思われる。群成熟は年令とともに高まるが、産卵期が終ると、魚群は各々の産卵場付近で索餌のため小移動を行ないながら大陸棚上に移動して根付魚的性格が強くなり、翌年の産卵期まで定棲する。

ホッケの移動・回遊を明らかにするために、秋期に着底した小型未成魚およびそれ以上の本種に対して、多数の標識放流実験が行なわれてきた(北水試 1958, 辻崎ら 1958, 北方ら 1967, 鈴木 1970, 佐々木ら 1974, 1975, 加賀 1983, 辻ら 1983)。これらの結果から、発育段階が進むに従って定住性の強くなることが明らかにされている。しかし、稚仔・幼魚の分布域は沿岸の岩場に限定された産卵場とは対照的に極めて広い(図1)。日本海における幼魚の分布域は中央部海域から間宮海峡まで及んでおり(EL'KINA 1962, GORBUNOVA 1962, 辻崎ら 1957, 深滝ら 1961)、オホーツク海では1973～1976年の調査によって中央部付近まで分布することが明らかにされた(島崎ら 1982)。オホーツク海における調査は8～9月に $48^{\circ}\text{N}$ 以北で実施されたが、幼魚の採集された水域は $54^{\circ}\text{N}$ 付近までである。 $48^{\circ}\text{N}$ 以南の海域では、調査年は異なるが7～8月の期間に、ウルップ島北方60～100mの表層域で稚魚ネットおよびたも網によって(辻崎ら 1957)、南千島列島北方域から北海道沖合までのオホーツク海域でサンマおよびサケ・マス流刺網によって(釧路水試 1975)、また、1977～1981年の6～7月に網走湾を中心としたオホーツク海域で、小目合刺網および小型まき網によって(三島ら 1982)、さらに、紋別沿岸では底建網によって(佐々木 1983)それぞれ採集または漁獲されている。これらのことから、夏期のオホーツク海における本種幼魚は中央部付近から北海道沿岸まで連続的に分布しているものと推定される。

北海道の日本海側でふ化した稚仔は日本海の極前線付近および北方海域に分布し(西内 1981, 加賀 1983)、沿海州の産卵場でふ化した稚仔は、リマン海流の影響をうけて日本海の中央部まで分布する可能性がある。北海道のオホーツク海側では9～12月の期間に底曳網によって着底後間もない小型未成魚が多量に漁獲され、好漁場がサハリンの亜鹿湾から宗谷海峡東口付近、網走湾にかけて大陸棚上に形成される。オホーツク海の表層域に分布する幼魚群とこの小型未成魚を直接結びつける確証はないが、両者の発育段階と体長および地理的な関係から、表層域の幼魚群が成長とともに沿岸に移動して大陸棚に着底し、漁業の対象になるものと考えられる。北口(1983)は北海道北部の日本海側とオホーツク海側で行なわれる底曳網の年漁獲量が類似していること(図2)か

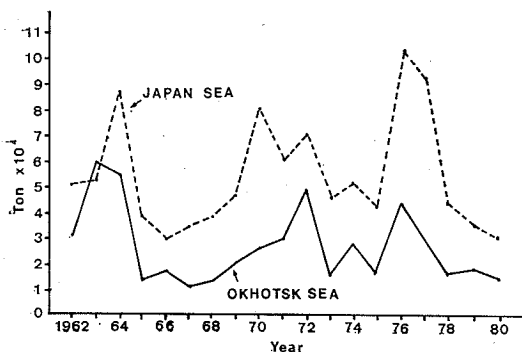


図 2 北海道北部日本海側およびオホーツク海側の沖合底曳網によるホッケ漁獲量の経年変化 (北口 1983 より)

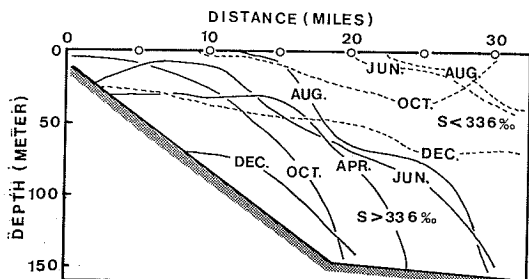


図 3 紋別沖の宗谷暖流域と表層低塩分水層の季節変動。実線：宗谷暖流水水塊，破線，オホーツク海固有の表層低塩分水 (青田 1979) より

ら、両海域の群が同じ系統に属す群であることを想定し、北海道の日本海側北部の産卵場からふ化した幼稚仔の成育場はオホーツク海表層域であろうとみている。また、島崎ら (1982) はこれらのホッケ幼魚群と関連づけられる既知産卵場が、地理的にみて知床半島か北部日本海沿岸域であり、個体群の密度が極めて高いと推定され、また、いずれの年でも体長組成、性比および脊椎骨数が群内で均質であることから、幼魚群が一つの主要な産卵場に起源を持つことを示唆して、主たる起源海域が日本海側にある可能性が高いことを報告した。しかし、これらの幼稚魚が日本海側から宗谷海峡を経てオホーツク海へ移動するであろう動態については、現在のところ明らかにされていない。宗谷海峡から北海道オホーツク沿岸にかけては冬期においても宗谷暖流が潜流として流れている (青田 1979, 図 3)。一方、流水接岸と前後して日本海北部に稚仔の分布が多くなることなどから、同海域における仔・稚魚期の生態に関する調査研究のさらに充実されることが望まれる。

以上のように、ホッケ稚仔・幼魚の生活領域は、限定された産卵場とは対照的に極めて広く、夏期を中心に亜寒帯表層域へ数百哩も拡大して急速に成長する。産卵場からの稚魚の拡散、幼魚の沖合分布、接岸と着底の過程を明らかにすることは、再生産機構を論じ漁況を予測する上で極めて重要な課題となる。今後は本種の全分布域をさらに把握し、仔・稚魚期や幼魚期の移動・回遊や起源海域を明らかにすることが望まれる。このためには、日本海を囲む国際的な研究体制を整えることも必要であろう。

文 献

青田昌秋 (1979) オホーツク海・北海道沿岸海域の海況変動。沿岸海洋研究ノート, 17(1), 1-11.  
 EL'KINA (1962) Greenlings. Acad. Sci. USSR. Trans. Inst. Oceanology, 59, 112-120. [translated by Israel Program for Scientific Translations.]  
 深滝 弘・尾形哲男・大内 明・町中 茂 (1961) 日本海極前線漁場の研究。第 3 章, 日本海産マス類の漁業生物学的研究。日水研, 1961。  
 GORBUNOVA, N.N. (1962) Greenlings. Acad. Sci. USSR. Trans. Inst. Oceanology, 59, 121-150. [translated by Israel Program for Scientific Translations.]  
 北海道立水産試験場 (1953) ホッケとその漁業。漁業指導資料, (2)。  
 北海道立水産試験場・ホッケ研究グループ (1983) 北海道周辺海域のホッケの分布, 回遊。44-59。  
 北海道立釧路水産試験場 (1975) 北辰丸によるオホーツク海のホッケ幼魚の混獲記録資料 (未発表)。  
 石垣富夫・中道克夫 (1958) ホッケの研究 (VI)。行動・食性および棲息条件。北水試月報, 15(1), 4-13。  
 入江隆彦 (1980) 根室海峡のホッケについて。昭和 55 年, GSK 北日本底魚部会。  
 加賀吉栄 (1983) ホッケ幼稚魚期の分布について。最近のホッケ調査研究 北水試・ホッケ研究グループ 1983, 60-68。  
 加賀吉栄 (1983) 最近のホッケ標識放流試験結果について。最近のホッケ調査研究 北水試・ホッケ研究グループ 1983, 69-76。  
 蒲原八郎 (1957) ホッケの研究 (I)。種類と分布。北水試月報, 14(6), 4-14。  
 蒲原八郎 (1957) ホッケの研究 (II)。産卵生態。北水試月報, 14(9), 3-23。  
 北口孝郎 (1983) 体長組成からみた道北系ホッケの魚群構造。最近のホッケ調査研究 北水試・ホッケ研究グループ 1983, 2-9。  
 北片正章・中道克夫・山本正義・石川政雄 (1967) ホッケの集合特性の研究。I 系統群についての一考察, 北水研報告 (33), 94-108。  
 久新健一郎 (1977) ホッケ, *Pleurogrammus axonus*

- JORDAN et METZ, の初期生活について. 水産海洋研究会報, 31, 29-31.
- 三島清吉・島崎健二・山本昭一・石井清彦・佐々木成二・目黒敏美 (1982) 離岸期さけ属幼魚の分布・生態に関する研究. さけ別枠沖合生態総括報告 遠洋水産研究所, 1982, 33-47.
- 農林省 (農林水産省) 北海道統計情報事務所. (1970~1979). 北海道農林水産統計年報 (水産編) 1970~1979.
- 西内修一 (1981) 北海道西岸およびオホーツク海南西部海域におけるホッケ幼魚について. 昭和57年度, 日本水産学会北海道支部大会発表.
- 佐々木 昭・小島伊織 (1974, 1975) 北海道立網走水産試験場事業報告. 昭和49および50年度.
- 佐々木 昭 (1983) オホーツク海域のホッケ. 最近のホッケ調査研究 北水試・ホッケ研究グループ 1983, 10-13.
- 島崎健二・久新健一郎 (1982) オホーツク海に出現するホッケ幼魚群. 北大水産集報, 33(4), 229-239.
- 鈴木梅二 (1970) オホーツク海におけるホッケ未成魚の回遊について. 北水試月報, 14(9), 3-23.
- 辻 敏・佐々木 昭 (1983) オホーツク海におけるホッケ標識放流と再捕結果の検討. 最近のホッケ調査研究 北水試・ホッケ研究グループ, 19-23.
- 辻崎久輝・石垣富夫 (1957) ホッケの研究 (V). 生育段階とその習性. 北水試月報, 14(12), 3-11.
- 辻崎久輝・蒲原八郎 (1958) ホッケの研究 (VII). 回遊. 北水試月報, 15(2), 3-18.
- 遊佐多津雄 (1957) ホッケの研究 (III). 魚卵の発生と稚魚. 北水試月報, 14(10), 3-18.

## 8. ベーリング海北西部におけるウミガラス類の胃内容物からみた餌生物の分布

小 城 春 雄 (北海道大学水産学部)

### 1. はじめに

全世界の鳥類の種類数は約 8,600 種で, そのうち海鳥は 260~285 種類である。従って海鳥種の割合は約 3% である (NELSON 1979)。地球上の鳥類の総数は 1,000 億羽といわれるが, 海鳥類は種類数は少ないが, 単一種類の生息数は陸鳥類より多いのが普通で, 総数の 3% 以上に及ぶ。世界で最も多い鳥はミズナギドリ科のフルマカモメであろうと DARWIN は述べた。しかしフルマカモメの研究者である FISHER はそれに反対でアシナガコシジロウミツバメの方が多くいと主張した。海鳥は Indo-Pacific Oceans に起源をもち, 進化し他の海洋へと適応放散して行った。約 6,000 万年以前に現在の人鳥目, 管鼻目, 全蹠目, 鵞鷗目などの 4 群に分岐した。現在の海鳥で南北または東西に長距離の渡りをするのは起源となった大陸が地質時代に移動してしまったためのなごりと見る研究者もいる。

海鳥類は気圏, 水圏, 地圏を生活空間として利用し海洋においては極めて特殊な生活様式をもつ生物群でありネクトンの特殊な例として位置づけられている(WYATT 1976)。

北太平洋亜寒帯域すなわち北部北太平洋, オホーツク海, ベーリング海には数億羽の海鳥類が生息しているとされている (NISBET 1979)。北半球亜寒帯以北のみ生息するウミスズメ科海鳥類の中でウミガラス類 (*Uria* spp.) の生息数は北太平洋域と北大西洋域合わせて 5,600

万羽, そして北太平洋域だけで 2,000 万羽といわれている (TUCK 1960)。体重は約 1 kg あり同所性海鳥として知られている。しかしウミガラス (*Uria aalge*) は沿岸ないし沿海性であり, ハシブトウミガラス (*Uria lomvia*) は外洋性が高い。骨学的研究から前者は魚食性が強く, 後者は無脊椎動物食性が強い (SPRING 1971)。以下ベーリング海におけるウミガラスとハシブトウミガラスの主要餌生物について紹介し, 特に北西ベーリング海で両種が同時に多数得られた地点における食性を比較する。

### 2. ウミガラス類の胃内容物

#### オキアミ類

ウミガラス類の胃中より見出された *Thysanoessa longipes*, *Thy. inermis*, *Thy. raschii* の出現地点を図 1 に示した。*Thy. longipes* は大陸棚斜面より外洋側で多く捕食され, *Thy. inermis* は大陸棚斜面域で, そして *Thy. raschii* は大陸棚上で捕食されていた。しかしアナディール湾とその周辺海域ではオキアミ類 3 種がウミガラス類に捕食されていた。これはベーリング海北部の大陸棚が南東ベーリング海の大 陸 棚 より水深が大きく, かつ海盆域よりベーリング海峡に向けて北に延びる海流が優勢なためと考えられた (COACHMAN *et al.* 1975)。ウミガラス類 1 羽当りの最大捕食数はウミガラスで 640 個体, ハシブトウミガラスで 940 個体であった。北西太平洋で 1 羽のハシブトウミガラスが *Thy.*

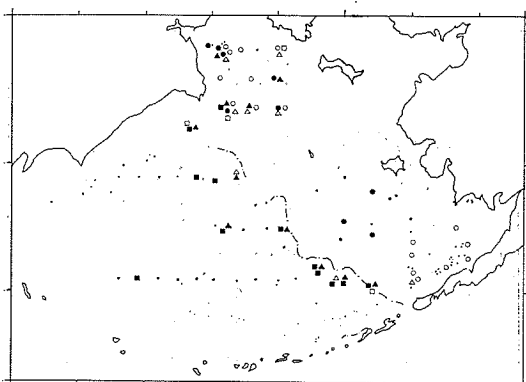


図1 ウミガラス類の胃中より見出されたオキアミ類。白抜き印はウミガラスにより、そして黒印はハシブトウミガラスにより捕食されたオキアミ類の出現地点をそれぞれ示す。四角印は *Thy. longipes*, 三角印は *Thy. inermis*, 丸印は *Thy. raschii* を示す。

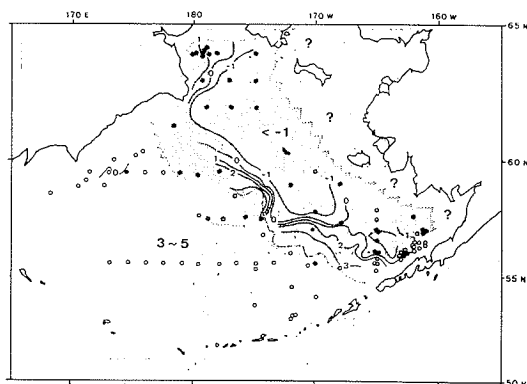


図2 ウミガラス類の胃中より *Parathemisto libellula* が見出された地点を黒丸、および見出されなかった地点を白丸で示す。参考のために夏季の 50 m 水深における水温分布 (°C) を示し、さらにスクリーントンの部分は表層曳プランクトンネットにより *P. libellula* が採集された海域を示す。(OGI and HAMANAKA 1982)。

*inermis* を 2,246 個体も捕食していた例のあることから (OGI 1980) 実際には両種共かなりのオキアミ類を捕食することがあると考えられる。

端脚類

*Hyperia galba*, *Hyperia medusarum*, *Parathemisto libellula* などがウミガラス類の胃中より主に出現した。捕食されていた端脚類の 90% 以上は大型端脚類の *Parathemisto libellula* (全長 15~35 mm) であった。この種類は、ベーリング海では冬季氷に覆われ夏季にも底層に寒冷な水塊が残存している大陸棚およびその斜面海域でハシブトウミガラスにより捕食されていた (OGI and HAMANAKA 1982) (図2)。恐らくこの端脚類は何か氷に関連した生活史を持っているのかもしれないが、生物学的情報は極めて少ない (DUNBAR 1946, 1957; WING 1976)。

魚類

ベーリング海には 300 種におよぶ魚類が生息し (WILIMOVSKY 1974), それらの多くは稚仔魚期を海洋表層で一時期生活する。従って、ウミガラス類により捕食される機会は多いと推定される。しかし、ウミガラス類に捕食された魚類稚仔は極めて消化が早く種まで同定できたものはなく、かろうじて *Hexagrammos* sp., *Ammodytes* sp., *Hemilepidotus* sp., *Sebastes* sp., *Pleurogrammus* sp., *Reinhardtius* sp. と少数個体が判別できた。幼魚以上となるとカラフトシシャモ (*Mallotus vilosus*), スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*), キタイカナゴ (*Ammodytes hexapterus*), トクビレ (*Agonus acipen-*

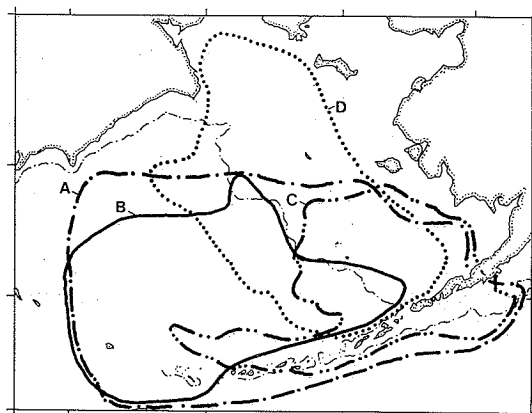


図3 ベーリング海における稚仔魚類の地理的分布型 (針生 1983)。A: 東西全域型, B: 海盆型, C: 大陸棚型, D: 南北全域型

*serinus*), ミズウオ (*Alepisaurus ferox*), イボダンゴ (*Eumicrotremus orbis*), ベニザケ (*Oncorhynchus nerka*), セッキハダカ (*Stenobranchius nannochir*), トガリイチモンジ (*Leuroglossus schmidti*) などが判別できた。魚類稚仔の分布生態について未だ不明な点が多いが近年針生 (1983) が約 5 万尾の稚仔魚を表層採集し 22 科 56 種 12 タイプに同定・分類し、そのうち 21 種についての地理的分布型を東西全域型, 海盆型, 大陸棚型, 南北全域型の 4 型に大別した (図3)。

魚類の中でウミガラス類により特に多く捕食されていたスケトウダラの出現地点を図4に示した。大陸棚上に

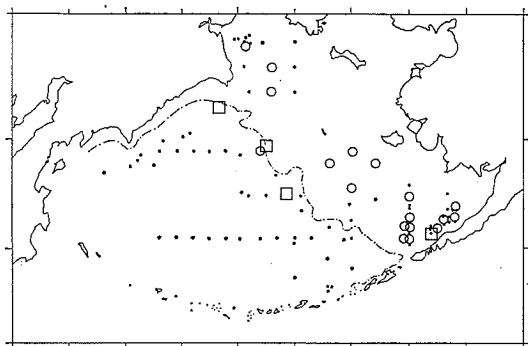


図 4 スケトウダラがウミガラス類の胃中から見出された地点。白丸印はウミガラス、白四角印はハシプトウミガラス

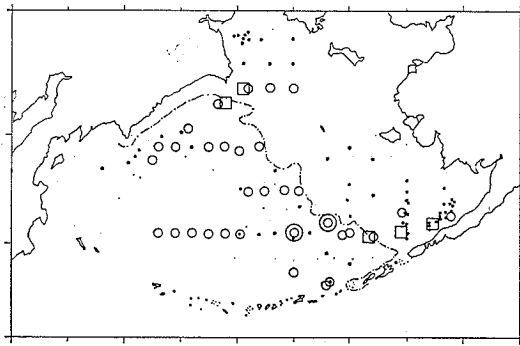


図 5 イカ類がウミガラス類の胃中より見出された地点。白四角印はウミガラス、白丸印はハシプトウミガラス

分布が多いウミガラスにより捕食されていたスケトウダラの体長(標準体長)は 73~196 mm, 大陸棚斜面より沖合側に分布の多いハシプトウミガラスは体長 128~267 mm のスケトウダラを捕食していた。吉田 (1984) はベーリング海海盆域において、夏季表層に出現するスケトウダラはすべてが経産卵魚で体長 40 cm 以上あり再度産卵群に加入すること、そして未産卵魚である体長 40 cm 以下のスケトウダラは大陸棚上および大陸棚斜面域だけに出現することを明らかにした。従って、ウミガラス類 2 種により捕食されていたスケトウダラの体長差はスケトウダラが体長の増加と共に陸棚上より斜面域へと移動する様相を反映しているともいえる。体長 100 mm 以下のスケトウダラもかなり捕食されているらしい。実際、ウミガラスの胃中よりスケトウダラの耳石が 100 個近く見出されたことがあったが、半ば消化されていて体長の復元ができなかった。また、アリューシャン列島南側で得られたハシボソミズナギドリ (*Puffinus tenuirostris*) 1 羽の胃中よりキタノホッケ稚魚が約 100 g 見出された。この胃内容物重量はこの海鳥の体重の約 20% をも占めていた。いずれにしる魚類幼稚仔の海鳥類による捕食はかなりの量に達すると考えられるが、その正確な推定を行なうに足る資料の蓄積がなく、今後の研究成果に期待したい。

### イカ類

ベーリング海におけるイカ類の分布は大陸棚斜面より沖合側に豊富である。一方大陸棚上で生活史を全うするイカ類は知られていない。従って、外洋性のハシプトウミガラスの方がイカ類を捕食する機会は沿海性のウミガラスより多いということになる(図 5)。ハシプトウミガラスが捕食していた種類はタコイカ (*Gonatopsis borea-*

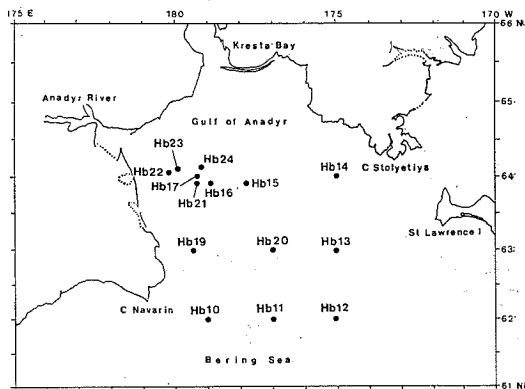


図 6 ベーリング海北西部におけるウミガラス類の採集地点

*lis*, ML [外套背長]: 4.5~14 cm), ドスイカ (*Berryteuthis magister*, ML: 7~8 cm), *Gonatus onyx* (ML: 不明) などであった。いずれも大陸棚斜面より沖合側で出現した。ハシボソミズナギドリがベーリング海中央域でヒメドスイカ (*Berryteuthis anonychus*) を捕食していた (OGI *et al.* 1980) ことから、ハシプトウミガラスもこのイカを捕食している可能性は高い。これら外洋性のイカ類は想像以上に資源量が大きく、それらの幼稚仔期には他の大型生物の餌生物としてかなり消費されているなど海洋生態系における役割は極めて重要と思われ、今後詳細な研究が望まれる分野である。

### 3. ベーリング海北西部におけるウミガラスとハシプトウミガラスの食性比較

ベーリング海北西部のアナディール湾にはウミガラス類が約 35 万羽生息している。内訳はウミガラス 85%, ハシプトウミガラス 15% である。しかし周辺海域の大陸

表1 ベーリング海北西部で採集されたウミガラス類の種類別、採集点別胃内容物組成。  
ハシプトウミガラスについては OGI and HAMANAKA (1982) より引用。

Sta.	Sp.**	N	Weight percentages*						
			F	E	A	Sh	Sq	Je	dm
Hb 22	CM	15	40.6	—	35.6	—	—	—	23.8
	TM	14	0.5	7.4	58.4	—	—	—	33.6
Hb 23	CM	12	3.0	2.4	91.8	1.5	—	—	1.3
	TM	10	—	—	91.4	—	—	—	8.6
Hb 17	CM	29	9.1	22.1	55.4	—	—	—	13.4
	TM	28	4.9	0.2	91.1	—	—	—	3.8
Hb 21	CM	10	1.5	11.3	76.2	—	—	0.2	10.8
	TM	10	0.2	2.0	83.2	—	—	—	14.6
Hb 24	CM	10	—	—	85.1	—	—	—	14.9
	TM	0	—	—	—	—	—	—	—
Hb 16	CM	42	5.2	58.0	35.9	tr.	0.4	tr.	0.5
	TM	21	—	tr.	87.2	—	—	—	12.8
Hb 15	CM	32	1.1	tr.	94.9	—	—	—	3.9
	TM	28	2.1	—	93.5	—	—	—	4.4
Hb 14	CM	38	53.3	24.9	19.2	—	—	—	2.6
	TM	35	—	—	96.1	—	—	—	3.9
Hb 19	CM	19	26.5	14.2	51.7	2.9	—	—	4.8
	TM	18	1.1	tr.	89.7	—	—	0.9	8.3
Hb 20	CM	20	41.1	10.5	39.2	—	—	—	9.2
	TM	19	—	—	84.0	—	—	—	16.0
Hb 13	CM	22	35.1	55.1	5.9	—	—	—	3.9
	TM	22	2.0	24.1	41.5	—	—	—	32.5
Hb 10	CM	63	5.7	42.1	46.6	—	—	—	5.7
	TM	49	0.6	15.8	64.8	—	—	—	18.8
Hb 11	CM	61	22.2	17.8	53.0	—	—	tr.	7.0
	TM	59	7.8	5.7	77.0	—	0.2	—	9.4
Hb 12	CM	52	41.5	34.8	7.8	—	—	—	16.0
	TM	56	29.8	6.6	52.3	0.5	0.2	—	10.5

\* F: Fish, E: Euphausiids, A: Amphipods, Sh: Shrimp, Sq: Squid, Je: Jellyfish, dm: Digested matter.

\*\* CM: Common Murre, TM: Thick-billed Murre.

棚上では両種の組成は逆転しウミガラス37%, ハシプトウミガラス 63% となる。すなわちアナディール湾内はウミガラスが優占し、湾外の陸地より遠く離れた大陸棚上ではハシプトウミガラスが優占した。1973年7月10日~24日, 14地点(図6)におけるサケ・マス流網操業により得られたウミガラス類794羽の胃内容物を解析し餌生物の種類別重量百分率を各採集地点についてまとめた(表1)。ウミガラス類2種共に端脚類が主要餌生物であり、ほとんどすべて *Parathemisto libellula* (全長: 15~35 mm) で占められていた。ハシプトウミガラスの方がこの大型端脚類を多く捕食していた。魚類はスケトウダラ, カラフトシシャモ, 少数の稚魚が出現したが、ウミガラスの方が魚類を捕食する傾向が強かった。オキアミ類は *Thy. longipes*, *Thy. inermis*, *Thy. raschii* な

どが捕食されていたが、ウミガラスの方がオキアミ類を多く捕食していた。その他イカ類, エビ類, クラゲ類が少数見出された。表1の胃内容物組成をもとに種々の解析を行った結果を模式的に図7に示した。図中のⅡ軸のマイナス側からプラス側に向うにつれて端脚類の占める割合が大きくなると共に魚類とオキアミ類の占める割合が減少する採集点の分布傾向を示す。また、Ⅱ軸をプラスからマイナス側に向う場合には端脚類の占める割合が減少し、それに伴って魚類が増加する採集点はⅢ軸のプラス側に分布し、一方オキアミ類が増加する採集点はⅢ軸のマイナス側に分布することを示す。図下部の括弧の範囲はウミガラス(CM)およびハシプトウミガラス(TM)の採集地点の図中における分布範囲を示す。ハシプトウミガラスの採集地点は端脚類が多く占める側の

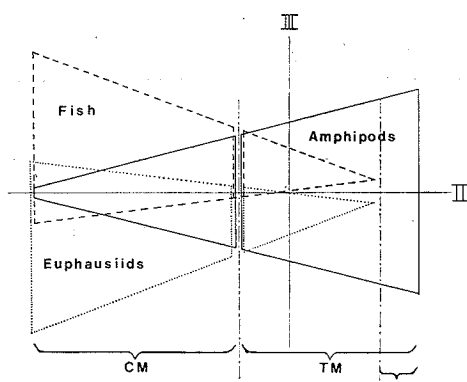


図 7 胃内容物組成からみたウミガラスおよびハシブトウミガラスの採集地点分布。魚類, オキアミ類, 端脚類の占める割合を相対的に示す。上向き括弧の範囲はウミガラス (CM) およびハシブトウミガラス (TM) の採集地点が分布している範囲を示す。

み限定されている。一方, ウミガラスの採集地点は魚類とオキアミ類が多い II 軸のマイナス側と, 端脚類だけが出現する II 軸のプラス側に分布していた。表 1 から明らかなようにたとえ同一採集地点でも多くの場合ウミガラス類兩種共の胃内容物組成は異なっている場合が多い。ほぼ同一組成の場合も少数があるが, この場合には兩種共に端脚類を専食している。従って, それらの採集地点での索餌空間には端脚類だけが優占していたためウミガラス類は兩種共にこの大型端脚類を主要餌生物としなければならなかったものと思われる。ウミガラスとハシブトウミガラスは同所性海鳥といわれるが, 両者の食性はかなり異なるといえる。同一索餌空間であってもウミガラスは端脚類よりも魚類やオキアミ類を捕食する傾向が強く, ハシブトウミガラスは端脚類を主要餌生物にする傾向が強い。これら 3 つの餌生物の索餌空間内における分布様式は明らかでないが, 魚類およびオキアミ類は比較的同一種による局所的なパッチ状分布をする傾向が強いと考えられ, 端脚類は特に濃密なパッチ状分布をするとは考えられず, 比較的ランダムな一様分布をしていると考えられる。以上の結果と仮定からウミガラスは局所的に分布する餌生物の分布を敏感に察知する能力をもち, それらを効率良く捕食する潜水索餌能力をもつと考えられ, 沿岸ないし沿海域の変動しやすい海洋環境に適応した海鳥とみなせる。一方, ハシブトウミガラスは索餌空間に一様に分布する最も豊富な生物を餌として利用するという比較的変動の少ない外洋環境での生活に適応しているとみなせる。索餌空間に魚類, オキアミ類,

端脚類が同時に豊富に存在する場合でも, 最も捕食しやすい端脚類を主に利用するのがハシブトウミガラスであり, 魚類やオキアミ類などを選択的に利用するのがウミガラスということになる。

#### 4. おわりに

海鳥はその生息数の多いこと, 移動能力が極めて高いこと, 水分含量の多い生物を捕食するため日間摂餌量が大きいこと, 食性の幅が広いこと, 好適な餌環境を求めて長距離の移動が可能なこと, 集群性の強い種類が多いことなどから海洋生態系における食物連鎖や物質循環において重要な役割を果たしていることは確実である。しかし, 実際のフィールドで正確な生態学的データを収集しようとする場合には困難が多い生物群である。近年我国では海鳥の繁殖場における排泄物に由来する栄養塩類について生物地球化学的側面から検討され始めている。繁殖場における排泄物の分解流出は意外に速いことから, 周辺の沿岸域での一次生産にも貢献しているのかもしれない。海鳥の海洋における高次捕食者としての側面からの検討と低次生産側からの検討がいずれつながらることを期待したい。

#### 文 献

- COACHMAN, L. K., K. AGAARD, and R. B. TRIPP (1975) Bering Strait: The regional physical oceanography. Univ. Washington Press, Seattle and London. 172 pp.
- DUNBAR, M. J. (1946) On *Themisto libellula* in Baffin Island coastal water. J. Fish. Res. Bd. Can., 6, 419-434.
- DUNBAR, M. J. (1957) The determination of production in northern seas. A study of the biology of *Themisto libellula* Mandt. Can. J. Zool. 35, 797-819.
- 針生 勤 (1983) ベーリング海表層域における魚類の初期生活史に関する研究. 北海道大学博士学位論文.
- NELSON, B. (1979) Seabirds Their Biology and Ecology. A & W Publishers Inc. New York, 224 pp.
- NISBET, I. C. T. (1979) Conservation of marine birds of northern north America—A summary. In, Conservation of Marine Birds of Northern North America, ed. J. C. BARTONEK and D. N. NETTLESHIP, Wildlife Research Report 11, 305-315.
- OGI, H. (1980) The pelagic feeding ecology of thick-billed murrens in the north Pacific, March-June. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 1, 50-72.
- OGI, H., T. KUBODERA and K. NAKAMURA (1980) The pelagic feeding ecology of the short-tailed shearwater (*Puffinus tenuirostris*) in the subarctic



- Pacific region. J. Yamashina Inst. Ornith. 12, 157-182.
- OGI, H. and T. HAMANAKA (1982) The feeding ecology of *Uria lomvia* in the northwestern Bering Sea region. J. Yamashina Inst. Ornith. 14, 270-280.
- SPRING, L. (1971) A comparison of functional and morphological adaptations in the common murre (*Uria aalge*) and thick-billed murre (*Uria lomvia*). Condor, 73, 1-27.
- TUCK, L.M. (1960) The murre: their distribution, populations and biology. Can. Wildl. Serv., Rep. Ser. No. 1, 260 pp.
- WILIMOVSKY, N. J. (1974) Fishes of the Bering Sea: The state of existing knowledge and requirements for future effective effort. In, Oceanography of the Bering Sea, ed. D. W. HOOD and E. J. KELLY, Institute of Marine Science, Fairbanks, 243-256.
- WING, B. L. (1976) Ecology of *Parathemisto libellula* and *P. pacifica* (Amphipoda: Hyperiidea) in Alaskan coastal waters. Ph. D. Thesis, Univ. Rhode Island.
- 吉田英雄 (1984) 夏季, ベーリング海の表層性スケトウダラの生態. 北海道大学博士学位論文.
- WYATT, T. (1976) Plants and animals of the sea. In, The Ecology of the Seas, ed. D.H. CUSHING and J.J. WALSH, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 59-77.