

討論

題目 3. 北洋の海洋気象環境

座長 函館海洋气象台 渡 辺 貫太郎

概説 函館海洋气象台 滝 波 千之介

問題抽出 日水捕鯨気象課 馬 場 邦彦

討論

綜合討論

座長 東京水産大学 宇 田 道 隆

各題目の討論結果の概要

海洋物理環境 東海区水産研究所 平 野 敏 行

海洋生物環境 東北区水産研究所 辻 田 時 美

海洋気象環境 函館海洋气象台 渡 辺 貫太郎

討論

討論とりまとめ 座長 宇 田 道 隆

## 1. 北洋の海洋物理環境

### 概 説

小 藤 英 登 (北海道大学水産学部)

北方海域の海洋調査は、我が国でもはやくから水産関係の官庁、会社、学校および旧海軍水路部によつて行なわれてはいたが、その多くは非常に局地的なものであつた。それらの中には、水路部の駒橋、巖島、凌風丸等によるオホーツク海、北西太平洋およびベーリング海西部海域のかなり大規模な観測もあつて、相当の知識が得られていたようであるが、いずれも公表が避けられ一般の目には触れられなかつた。戦後、それらの観測資料が1951年現海上保安庁から公表され、次いで1954年農林技術協会の努力によつて、それまでのあらゆる資料をまとめて一括集成して出版されたことは、一般の北洋に対する知識を深めるのに大いに貢献したものである。

1952年北洋漁業が再開され、北太平洋漁業国際委員会は1955年以降、日米加3国の分担によつて北洋全域の海洋調査を継続することを申し合わせ、以来わが国では水産庁の計画のもとに実施されて来ている。

この間、部分的な海域毎に数多くの調査研究結果が報告されて来たが、この程、3国の Dodimead, Favorite and Hirano (1963) (以下 Dodimead et al. と略す) によつて、それらを総括し、更に 1955 年から 1959 年に至る間の 3 国の観測結果を総合して、各年の太平洋亜寒帯水域の海流海洋構造とその変動の全貌が書き出された。また Uda (1963) は、大体同じ観測資料にもとづいて、1955 年から 1958 年の間について、やゝ異つた観点から海況とその変動を論じている。

以上の結果は、周年変化する海の現象に対する夏の一時期における断面的な我々の認識であるが、さけ・ますを主体としたこれら物理的環境の現象が、主体たる魚族の生活に、直接、また間接にいかん作用するかの接触面が明らかにされて、将来の海洋調査の方向づけがなされなければならない。筆者は、従来得られた海洋面の結果に、主要漁場を主にその後の観測から得られた海洋面の結果に、主要漁場を主にその後の観測から得られた二三の知見を附加して概説を試み、その討論の素材としたい。

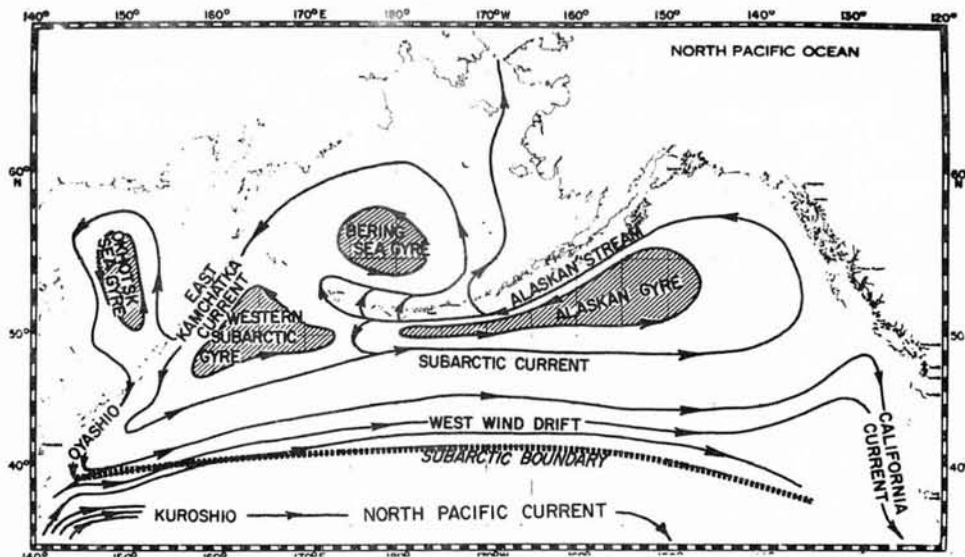
## 1. 海流系

比較的調査のおかれていた北洋海域の中でも、ベーリング海及びアリューシャン海域は特に観測の行われたことが少なく、海流の形態についても不明のまま残されていた。ベーリング東部については、はやくから Barnes や Goodman その他によつて、いくつかの調査結果が報告されていたが、ベーリング海全域については、1950 年頃までは想像の域を脱していなかつた。駒橋等の旧海軍の観測の結果は、すでに、現在我々が知り得ている程度に近い知識を示していたのであるが、さきに述べたように公表が避けられていた。そのため、ベーリング海には、東流する北太平洋の亜寒帯流 (Subarctic Current) の一部が、アツツ島附近からそのまま北東に流入するように考えられていたようである。1951 年以降、既往の観測結果の公表に引続き、同海域の観測が行われるようになって、その一帯の状況は急速に明らかになり、力学的地形図から得られる地衡流として、現在ではほとんど確定的に Fig. 1 に示されたような海流系による循環が認められている。

全般に流れはおそく、比較的速いアリューシャン列島南側で 0.3 Knot、カムチャツカ東岸で 0.4 Knot 程度である。流速は約 100 m 深まではあまり変化なく、200~300 m 深で表面の約半分になるが、流れの特徴は大体表面と同様である。たゞ、日本沿岸では南向きの親潮潜流が現われ、北米沿岸では北に向うカリフォルニア潜流が現われる。

## 2. 海洋構造

上記のような海流系を経て循環する過程で、海水はそれぞれの海域の気象条件のもとで温度、塩分に変化をうける。しかし、この海域の周年の余剰降水量のために、表層には常に塩分のう



(Dodimead et al. による)

オ1図 1000デシバール面基準表面海流模式図

すい水が存在する。この低塩分の水は、冬の冷却期には対流のため100~150mまで低塩分の一様な層となり、それ以下深の下層部との間に顕著な塩分躍層を形成し、この躍層は夏季にも明瞭に認められる。このような塩分構造は、北部北太平洋全域にわたる周年を通じての一つの特徴である。従来、太平洋の亜寒帯水域の範囲については、いろいろの定議づけがなされてきたが、Dodimead et al. は上記の塩分構造の海域を以て、亜寒帯水域を規定している。これより南方に向つて、塩分は急速に増加し3.4%に達するあたりで上層に塩分極大を有する亜熱帯水域に移る。これら両水域の間には、両者中間の転移域があるが、これは西部では狭く、東部に向うにしたがつて巾を増している。

Dodimead et al. は転移域までを含めて亜寒帯域となし、その大体の境界位置がFig. 1に入れられている。

亜寒帯水域の特徴は、上記の塩分躍層により上下に境される三つの層、すなわち上層部、塩分躍層、およびそれ以下深の下層部に分けて論ぜられる。この三つの層の区分は、東部海域においては特に明瞭で、1955年Doeは、TullyのSuggestionにより、カナダ沖の海洋構造を論ずる際に、温度、塩分、密度を深さの対数の函数としてプロットすることにより明瞭に区分している。この方法は、著しい鉛直混合の起る水道内部や、水平混合の効果の現われる海域を除けば、亜寒帯域の広範囲にわたつて海水層重の区分を明瞭に示す。すなわちそれぞれの層の境界が、三つの直線の屈折点として認められる。

Dodimead et al. もこの方法によつて全域の区分を行なつている。

上層部は周年を通じ、季節的に気象の影響を受けて変化するわけであるが、周年の変化が観測されているのはカナダで実施している海洋定点P ( $50^{\circ}\text{N}$ ,  $145^{\circ}\text{W}$ ) におけるものだけである。

1961年Tabataは、定点Pにおける海面の熱交換の計算により、9月に冷却が始まり、3月に加熱が始まることを示している。同点の加熱と冷却に伴う内部構造の変化が詳細に観測されているが、要約すれば次の通りである。

冷却期の終りに、表面から対流層の下底(塩分躍層上限)まで温度、塩分共に一様になつた上層部は、加熱期に入ると、昇温しながら降水により稀釈された表層水が風による攪乱のおよぶ範囲の浅い層で一様となり、上層部内の約30m深に才2次塩分温度の躍層を形成する。才2次躍層以深は、表層混合と深部の躍層を通しての高塩分の下層水の上部輸送のために稍塩分が増加し、上記二つの躍層の間には塩分の勾配が生じる。またこの間、海面状況が平穏な時には、表面の加熱が数米の層に蓄積されて、一時的に水温躍層を形成することがある。しかし、これはその後の強い風力によつて、容易に下層との混合によつて才2次躍層の中に解消してゆく。

冷却が始まると、先づ才2次躍層までが対流によつて等温等塩分となり、その後才2次躍層は衰えながら深くなり、遂に消滅して対流が下の塩分躍層までおよび、再び冬の躍層を再現する。この対流層の深さは殆ど一様な速さで進行している。

同じ過程は、亜寒帯水域のほとんど全域にわたつて繰返されているものと考えられるが、冷却の酷しいベーリング海北部では、その深さが200mに達する所がある。

冷却の酷しい北部及び西部での著しい特徴は、冬季の上層部の温度が下の塩分躍層の温度以下に下り、夏の加熱期にも上層部下底に極小温度を示す中冷層として残存することである。従つて、この場合には極小温度の下に極大温度が存在するわけで、この極大温度の深さは塩分躍層の下限(下層部上限)とほぼ一致し、約200~300mの深さにある。さきに、Koto, FujiiはAlaskan Streamの南方およびWestern Subarctic Gyreの東方では、極小温度が冬季の対流層の下底以深、つまり塩分躍層の内部に存在することを指摘して、従つてそのような極小温度は西部のWestern Subarctic Gyreの中層部との横混合によつて生じたのがadvectionによつて運ばれたものであろうと述べている。このような海域では、極大温度も深くなり、400m程度に現われる。

### 3 温度、塩分の水平分布

#### (1) 表面

表面における温度、塩分は、日周および短期間の気象変化の影響を容易に受けるので、10mあるいは表面と10mとの平均値をとつた方が、その海域の持続的な一般性を与えるものと考えられる。夏季における塩分観測値が、上層部下限において海域による差が小さく、外洋域では表層と上層部下限との差が小さいことから、夏季に観測される沿岸近くの低塩分水は、陸

水又は融氷水の影響およびその advection のおよぶ範囲と考えられる。

ベーリング海アラスカ沖の浅い陸棚上には、周年32%。以下の低塩分の水があり、カムチャツカ側には32.8%。以下の沿岸水がみられる。アラスカ湾周辺を流れて西流する Alaskan Stream は、アラスカ沿岸で稀釈されるため低塩分ではあるが、その流れの西部では列島沿いですでに冬季の対流を経過しており、表層ではやゝ塩分が増加している。加熱期に入ってからアラスカ湾を西流して来た水は、塩分32.4%。程度以下の範囲であろうと考えられる。Alaskan Stream 西部では32.8%。程度となる。これら以外の外洋域では33.0%。前後で、全般に年による差違もあるが、等塩分線は流れの大体の傾向を示す。

表面温度は、塩分に比して短期間の気象の影響による変化はげしく、1カ月以上にもわたつて現在の観測結果からは、同一時期と見做せる温度の分布状態を知ることは不可能である。6~7月の頃は、定点Pにおいては1カ月に3°Cの温度上昇が観測されており、またカムチャツカ南端東方沖においても5月下旬から7月下旬までに6~7°Cに上昇が報告されている(進士・1962)。したがって10日間に平均1°Cの温度上昇があることになる。今かりに、年々の観測値を旬別に分けて同一図に記入すると、局部的に1°C程度の高温値が出る時もあるが、あまり無理のない状態で等温線が画ける。6月中旬には、Alaskan Stream の影響でアリューシャン海域で5~7°C(東方が高い)、北及び西方に向つて低く、カムチャツカ沖では3°C台である。その後6月下旬頃よりカムチャツカ沖の温度が急速に上昇し始めて、東西の温度差がなくなり、7月にはカムチャツカ東方沖が最高温帯となる。このような層は10mかせいぜい20m程度の浅いもので著しい躍層をなす。陸棚附近にも同様の現象があり、Koto, Fuji は8月上旬のこの状態を指摘して、上下の塩分差にもとづく密度差が、下方への熱輸送を阻止するために起るものと述べている。

## (2) 上層部下限との中冷層

上層部下限は、冬の対流層の下底であるから、その温度は冬季間の最低温度を示すわけで、Dodimead et al は、その深さ、塩分、温度をもつて上層部の特徴を述べている。その深さは Alaskan Gyre 内で75m程度で浅い以外は一般に100~150m、ベーリング北部の冷却のはげしい所では200mに達するところがある。アリューシャン列島北側では、水道を越えるときの攪乱のため深くなる。夏季に陸水、融氷水の影響を受ける海域を除いて、全域にわたつて塩分には変化少なく33.2%。程度である。温度は、それぞれの海域の気象条件に応じて冷却された結果が、海流系の属性として明瞭に現われている。亜寒帯境界近くで温度が高いほか、Alaskan Stream の範囲が3.5~5°Cの高温部として認められる。ベーリング海から流出する水は1°C以下で、オホーツク海では-1.0°Cとなる。千島列島中南部から低温な水が Alaskan Stream の南方を遙か東方まで延び、Dodimead et al. はその範囲を3.5°Cより低いことによつて決められるとしている。

Uda (1963) は、亜寒帯水域の大部分にわたって夏季の対流層の下底が夏季には温度極小層としてみとめられることから、この極小温度をもつて海洋構造の特徴を述べている。これら二つの方法による図示は可なりよく一致している。たゞ、さきに述べた温度極小が塩分躍層中に現われるようなところでは、多少異つてくるものと思われる。

### (3) 塩分躍層の下限と極大温度層

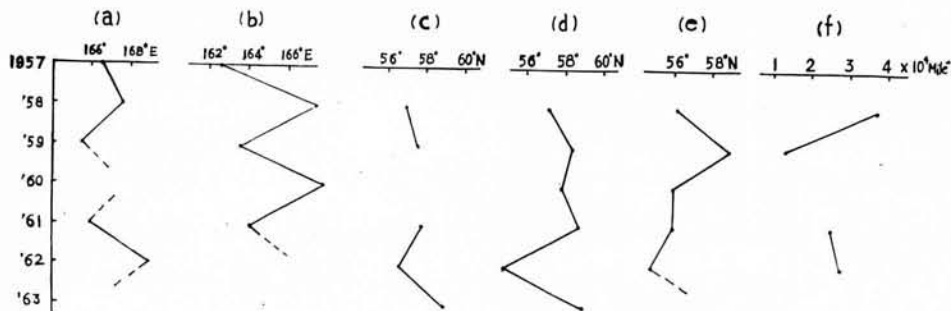
塩分躍層の下限が、亜寒帯の大部分で大体 33.8‰ の塩分を有するとして、Dodimead et al. は 33.8‰ の等塩分面の深さ、温度によつて塩分躍層と下層部の境界の特徴を表わしている。その深さは大体 150~300 m で、上層部下限の深さに対応する。

塩分躍層の下限は、上層部の影響のおよぶ限界であるから、極小温度の存在する海域では塩分躍層の下限は極大温度を示すことになるが、極大温度はしばしばこの下限のやゝ上層にも見出される。冬季の対流の深くおよぶベーリング海北部や、Western Subarctic Gyre の隆起部では、その塩分は 33.8‰ よりやゝ高く示すようである。また極小温度が塩分躍層内に存在するところでも深さ、塩分共に増加する。しかし、この層附近の鉛直温度傾度は小さく、いずれによる図示も、この等温線の位置は大体よく一致する。こゝでも、Alaskan Stream は 4℃以上の高温水帯として西に延び、千島列島中南部からは冷たい水が東に延びており、Dodimead et al. はこの水の範囲を 34.0‰ の等塩分面の上で 3.75℃以下の水温で規定しているが、33.8‰ 等塩分面上でも同じく 3.75℃あるいは 4.0℃以下の範囲として決められよう。ベーリング海では、カムチャツカ半島とアツツ島との間に、Western Subarctic Gyre の北縁に相当するあたりに 3.5℃以下の最も低い温度が現われる。

この層以深は、温度は徐々に下り、塩分は逆に増加して行き、次第に海域の差は小さくなつてゆく。塩分躍層の下限は、同時に下層部の上限でもあるわけで、この層は塩分躍層の密度傾度のために上層の変動の影響を受けることが少なく、この層は下層部に近い特徴を示すものと見做せる。また、さけ・ますが何等かの意味で温度を選択するとすれば、極小温度の層を含めて、この極大温度の層までの特徴と変動を考えれば充分であろうと考えられる。

## 4. 累年変動

東部亜寒帯における 1955年から1959年間の最も大きな変動について Dodimead et al. は、ブリテイッシュ・コロンビア沖で下層部の亜熱帯への移行領域が 1958年に最も北に出て、同時に東流する Subarctic Current の南北に分岐する海域が最も南にあり、そのため多量の暖水が Alaskan Stream に流入して著しく西方に延びたと述べている。更に 1959年には、移行領域の北の限界は前年と同じであつたが、南北に分岐海域は北に戻つたと述べている。



オ 2 図

- (a) Alaskan Stream 極小温度 3.0℃等温線の西端の位置
- (b) Alaskan Stream 極大温度 4.0℃等温線の西端の位置
- (c) ベーリング海東部極小温度 3.0℃等温線の北端の位置
- (d) ベーリング海東部極大温度 3.9℃等温線の北端の位置
- (e) ベーリング海北部極小温度 1.5℃等温線が 170°E 線を通る位置
- (f) カムチャツカ半島南端を通る経緯度線と極小温度 1.0℃等温線の囲む面積

ベーリング海の変動は、北氷洋から流入する水量は極めて少いので、ほとんど Alaskan Stream の変動に左右される。

1957 年以降のおしよろ丸、北星丸の観測結果により、主要漁場であるベーリング海域の変動を検討してみる。

各年の温度分布と力学的地形図を照応することにより、西流する Alaskan Stream の先端は、極小温度で 3℃の等温線により、又カムチャツカ東岸を流出するベーリング海の水は 1℃の等温線により夫々の範囲が表わされるものと推定される。又 Alaskan Stream の先端として極大温度 4℃線を選び得る。ベーリングに流入して東部陸棚沿いに北上する水の影響の一つの指標として、3℃の極小温度、3.9℃の極大温度を便宜的にとる。またベーリング北部を西流する海域の冷却の指標として、極小温度 1.5℃の等温線的位置を選ぶ。以上について、Alaskan Stream の先端の経度 (Fig. 2-a, b) ベーリング海を流出する水の範囲をカムチャツカ半島南端を通る経緯度線と極小温度 1℃等温線の囲む面積、( Fig. 2-f ) 東部ベーリングを北上する 3℃極小温度等温線と 3.9℃極大温度等温線の北限の緯度 (Fig. 2-d, e)、および極小温度 1.5℃等温線が 170°E 線 (オリシートル岬) を通る緯度 ( Fig. 2-e ) をそれぞれ表示す

ると Fig. 2 のようになる。もち論、観測間隔が粗い場合は大体の位置を示すに過ぎない。しかし、大体の傾向としてうかゞえることは、Alaskan Stream の西方への延びが大きいときは、ベーリング東部および北部の水温がやゝ高く、カムチャツカ東岸に沿つてベーリングから流出する水の範囲は狭いということである。更に、年々の温度極大層の温度を比べると、観測点の不足から各年必ずしも正確な比較は出来ないが、 $0.1^{\circ}\text{C}$ 毎の等温線の位置により、大体同じ傾向で高低の変動がうかゞえるようである。こゝで特に注意を引くのは、さきに述べた Western Subarctic Gyre の北縁に相当する極大温度  $3.5^{\circ}\text{C}$  の等温線は、1961年と1962年(1960年、1963年には観測点がない)には、カムチャツカ南端とアツツ島を結ぶ線からほとんど南下してしまつてるとみられることである。これを1955年の状態と比べると明瞭な差異があることがわかる。1000 decibar または 800 decibar 面に対する 200 decibar 面の力学的高低図では Western Subarctic Gyre は1958年以降可なり南に移つていようである。

一方、Dodimead et al. は、1958年東部亜寒帯で移行領域が北上したことに伴つて上層、下層共に西部の冷たい水が東と南に延び出したことを指摘している。それは、上層部下限では  $3.5^{\circ}\text{C}$ 、下層部では  $3.40\%$  等塩分面の  $3.75^{\circ}\text{C}$  等温線の東方へ張り出しとして示されている。ブリテイツシユ・コロンビア沖における移行領の北方張り出しは、1960年以降も、わずかな変動はあるが、続いていることが観測されている(I.N.P.F.C. 1961, 1963)。これらのことを、前記の Alaskan Stream を通してのベーリング海の変動と考へ合せると、亜寒帯全域が、本部は北西に、東部は南西に、西部が東方に一つの循環系の中を大きく左廻りに変位している観がある。

Dodimead et al. は、海洋各部の持つ一連の属性の構造上の共通性のある範囲を "Domain" という概念でまとめて、前記上層部の下限の温度が  $3.5^{\circ}\text{C}$  以下の範囲に対して Western Subarctic Domain,  $3.5^{\circ}\text{C}$  以上の東方の範囲を Central Subarctic domain と名づけ、下層部に対しては、塩分  $3.40\%$  の面で  $3.75^{\circ}\text{C}$  より低い温度の部分を Western Subarctic Domain, それ以上の温度の範囲を Central Subarctic Domain と名づけている。この言葉にしたがへば、前記のことは、Transitional Domain の東部が北に張り出すと共に、Central Subarctic Domain の北部が西方に延び、Western Subarctic Domain が東方に延びているということになる。

## 引 用 文 献

Dodimead et al. (1963) の Review of Oceanography には、それまでのあらゆる文献が紹介されているから、こゝでは、それ以降の分のみを記す。



Dodimead, A. J., F. Farvorite and T. Hirano. 1963 Review of Oceanography of the Subarctic Pacific Region. Bull. Int.

I. N. P. C. 1961, 1963, 1964. Oceanography. International North Pacific Fisheries Commission, No. 13 Annual Report, 1960, 1961, 1962.

Uda, M. 1963. Oceanography of the Subarctic Pacific Ocean. J. Fish. Res. Bd. Canada, 20 (1)

進士 1962, さけ・ます漁場附近の海況、水産海洋研究会会報 162  
北大水産学部 1961, 1962, 1963, 1964 海調漁試要報(北大水産)才5,  
6, 7, 8号

## 問題抽出

花村 宣彦 (北海道区水産研究所)

[ 1 ] 北洋のさけ・ます資源の研究で吾々が最も力を入れているのは、

(Ⅰ) 数量変動と (Ⅱ) 魚群行動 の2つの問題です。もちろんこの2つの面は別個の独立したのではなく、1つの魚群体の持つ2つの側面にしか過ぎませんし、また相互に関連し合っているものであることはいまでもありません。しかしここでは便宜上それぞれの側面について問題を抽出して見ることにします。

[ 2 ] (Ⅰ) 数量変動

さけ・ますは

産卵親魚⑩→卵①→淡水期幼稚魚②→沿岸期幼稚魚③→海洋期幼魚④→未成熟若令魚⑤→成魚⑥→産卵回游⑦→沿岸来游⑧→そ上⑨→産卵親魚⑩の生物的生産行程を繰返しています。

この行程に要する時間及びこの行程が行なわれる場はさけ・ます各魚種の各地方別魚群によりそれぞれ特徴があります。

(ます)では

① → ⑩ の行程が 約2カ年

③ → ⑩ " 15カ月

ですから数量変動におよぼす海洋環境の影響という点では単一年を考えれば良いことになります。