

Ⅱ 水産海洋研究会昭和42年度秋季シンポジウム

釧路沖暖水塊の消長と漁況の関連

日時：昭和42年8月25日(金) 午前900～午後500

場所：東北区水産研究所会議室

コンピナー：辻田時美(水産庁)

北部太平洋混合水域の海況と生産力の関係(東京水産大学) 宇田道隆

釧路沖暖水塊一特に近年の実況(東北区水産研究所) 黒田隆哉

釧路沖暖水塊一特に親潮との関連(函館海洋気象台) 泰克己

釧路沖暖水塊を中心とするサバの回遊と漁況(東北区水産研究所)

佐藤祐二

釧路沖暖水塊を中心とする重要魚の回遊分布—スルメイカ—北海道東部太平洋

域におけるスルメイカの分布と回遊について(北海道区水産研究所)

新谷久男

総括と問題点(水産庁)

辻田時美

1 北部太平洋の混合水域の海況と生産力

宇田道隆(東京水産大学)

緒言 東北海区の研究の歴史は古く、明治26年和田雄治博士の親潮寒流の海流瓶による調査以前の商船、軍艦の表面水温、海流報告もあり、明治33年からの水温分布図が安藤広太郎博士の東北凶冷報告にあり、明治40年からの沿岸水温変化報告が遠藤吉三郎博士の報告にあり、大正、昭和に入つては海洋調査要報その他に多数出ている。(例えば宇田、木村喜之助、川合英夫、黒田隆哉、増沢讓太郎などの諸研究報告がある。)

- (1) 北太平洋の親潮水塊(亜寒帯系水S. A.)、黒潮水塊(亜熱帯系水S. T.)とその混合水域[※](極前線 Polar Frontal Zone)の水型と構造T. S. O_2 、 σ_t 、P、N、 S_i 、プランクトン等に濁度、生物生産とその集積。(温度曲線による解析等)。(省略する)
- (2) 極前線海洋学(Polar Frontal Oceanography)水温傾度 $\nabla\theta$. max. 流速、流向

※混合水域とは最大変動水帯たる前線帯である。

変化、渦流 (Eddies): + (沈降、収束)、- (湧昇、発散)、渦度 $\zeta = \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \frac{1}{A} \oint v ds$
 $= \frac{1}{2} [u_1 + u_2 - u_3 - u_4 - v_1 + v_2 + v_3 - v_4]$ 、渦度保存式 $\zeta + f = \text{const.}$ ($f = 2\omega \sin\phi$, コリオリ因子)、Disturbance 最大、乱流度も最大の水帯である。収束帯は強流帯である。絶対渦度、ポテンシャル渦度は流線に沿って保存される。同前線で、その北側に $141^\circ \sim 143^\circ \text{E}$, $145^\circ \sim 148^\circ \text{E}$, $150^\circ \sim 153^\circ \text{E}$, $156^\circ \sim 158^\circ \text{E}$ に冷渦 (発散性)、 $144^\circ \sim 145^\circ \text{E}$, $148^\circ \sim 150^\circ \text{E}$, $153^\circ \sim 155^\circ \text{E}$, 159°E に暖渦 (収束性) の配列をみる。これらの波長は 300 哩前後のオーダーで、経度 5° ぐらいの間隔の山、谷の準プラネタリ波 (Rossby Wave, 波速 $= U - \beta (L/2\pi)^2$, $\beta = \frac{\partial f}{\partial y}$ Rossby parameter) とみられるが地形的準定常波的安定性があり、傾圧不安定で渦が生長し、切離が起つてもやがて回復する。渦の寿命は短期のものから数ヶ月にわたる。切離された暖冷渦を併せて格子状に配置されたパターンを大きく変えるのは気象の変化で、主に風の応力によるとみられる。極前線帯は渦性帯であり (宇田, 1938)、Vortex sheet (Berkley 1966) とみなされる。すなわち渦度極大狭水帯 (流速シア最大水帯) が注目される。亜熱帯旋流 (ST-Gyre) と亜寒帯旋流 (SA-Gyre) の縁辺、境界に相当し、運動エネルギーのはげしい変化、角運動量の乱渦流束極大をみる。すなわち海況最大変動水帯であり、季節的、年々、経年変動も最大であり、最高生産水帯に当る。この水域の 3 次元的構造をみると、中冷水、水温逆転、中暖水、乱流負鉛直安定度、中層水 (S-min.) の特性帯が推察できる。暖水渦 (Warm Core)、冷水渦 (Cold Core) を見出し、縁辺帯に特に生物群聚集積で高生産と関連する。暖水進入、冷水進入の発生 (Warm & cold Water Intrusion によるもの) で、温低 (前線を含む) 及び熱低通過、季節風吹き出しにより、暖冷渦の移動化から切離 (Cut-off) が起り、ブロッキング (Blocking)、閉塞 (Occlusion) の現象が気象学におけるそれらと相似的な原理で出現する。こうして孤立暖水塊又は冷水塊の発生、発達、衰弱、消滅の時、所、その生活史、寿命に関する力学的、現象学的 (精密観測を STD、超音波流速計、航空連続観測及び人工衛星写真による統計)、生物学的、モデル実験的諸研究を必要とする。

三次元的構造は一つの Eddy について、例えば釧路沖暖水塊についてその時空スペクトルを考慮したスケールの集中的観測設計を必要とする。

鉛直流 $W_0 = \frac{1}{\rho_0} \text{div } S = \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} \right)$ から下降 (上昇) 流の収束 (発散) 最大なる場所に現われるから天然餌料生物の集合、濃密化の最大なる水域に現われることを豫見できる。[ここに W_0 は海面付近の鉛直流速、 ρ_0 はその海水密度、 $S_x = \int_0^h \rho u dz$ 、 $S_y = \int_0^h \rho v dz$ は Mass-transport の x-成分、y-成分 (A. Defant Dyn. Ozeanogr. p. 42, 1929 参照)] 金華山沖の鯨の「塊」、釧路、八戸沖のサバ漁場、房州沖や三陸沖のカツオ、ビンナガの集中濃密漁場などいづれもの好例である。サンマ、イカ、クロマグロ等の漁場については十、一の差はあつても同様のことがいえる。暖冷渦消長の力学に結びつく。

暖冷渦発生は暖流（分枝）及び寒流（分枝）の強化、気象擾乱（低気圧通過等）によつて渦度（Vorticity） $= \frac{1}{A} \oint V ds$ 増大による。低気圧通過によつて切離しの顕著な発生をみることが多い。渦度も、収束、発散も u, v を網目状に測得すれば出せるから G. E. K. をもつ観測船数隻で潮境を切る密な測流を一斉に行ない、それをある期間継続すればよい。あるいはコーナ－レフリクター付浮標を多数バラまいて航空追跡観測又は船上レーダーモニタリング（連続撮影）すればよい。但し風が強いと誤差が出る。潮境、前線では摩擦項が無視できず、非定常的な生長、衰弱の速いときは従来の簡単に地衡流の式で出した値との偏差が出てくる。潮境の力学のため組織的な研究が必要になる。

Cyclonic な渦動である低気圧・台風は中心廻りの数 10 km ~ 200 km ぐらいの範囲に発散を起し、湧昇流を立体的に誘起する。しかも強風ではげしい乱渦混合を上層 100 ~ 200 m に生ずる。これらはいずれも東北海区のような躍層の浅い海（特に春、夏）では低温化、肥沃化を生じ、生産力を著しく高める結果になる。一方大きな気象擾乱は必ずず午線方向にも吹送流による移流の Intrusion を暖流、寒流ともに起す。すなわち乱流混合と共に前線の波形パターンを大きく生長させ、容易に切離を起すまでに不安定化に発達する。この波の安定度の判定条件、Richardson Number のようなものが求められるだろうが、実測が第 1 である。生物採集と魚群集散変化も航空機、魚探、試漁採捕によつて同時になされねばならない。傾圧場あるいは正圧場、2 層モデル海での時計廻り、反時計廻りの渦度の強化をこのようにして生じ、切離発生からエネルギー分散による拡散平均化に導かれ、ついに消滅にいたる間の渦動の半径、回転運動、寿命を追跡観測しなければならぬ。ただし沿岸、内湾などの浅海では移流効果による高温高塩化が太平洋側では著しく、いわゆる「急潮現象」として認められる。風湧昇については吉田耕造博士の有名なカリフォルニア沿岸イワン漁場における研究がある。

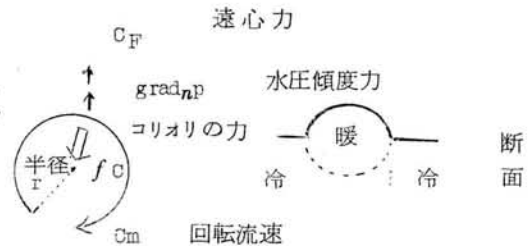
$$W_H = -\frac{\beta}{f} \int_H^D v dz$$
 渦を通じてフロントのエネルギー集中、物質集中化が起り、それが輸送されることになる。また低気圧自身西岸強化暖流に出あつて強化（Deepen）発達する。前線蛇行の伴う暖水渦（北半球）、時計廻りの暖水塊の式は、圧力傾度とコリオリの力および遠心力との釣合から、

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} = f c_m + \frac{c_m^2}{r}$$

$$\therefore c_m = \frac{r f}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(r f)^2 - \frac{4}{\rho} \text{grad}_n p} r$$

ここで、 $f = 2 \omega \sin \phi = \text{コリオリ因子}$

c_m は半径 r の円にそつ流速。



一方冷水渦（北半球）、反時計廻りの冷水塊の式は、

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} = f c_m - \frac{c_m^2}{r}$$

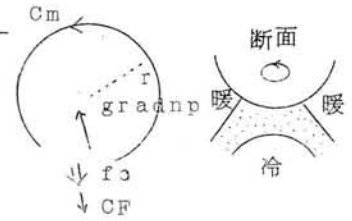
$$\therefore c_m = -\frac{r f}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(r f)^2 + \frac{4}{\rho} \text{grad}_n p} r$$

オ 1 図

潮境の水平傾斜角 γ , 重力加速度 g , 渦の半径 r , a, a' 両側の海水比容 (密度 ρ の逆数)、両側の流速 v, v' として

$$\tan \gamma = \frac{-f}{g} \frac{a' v - a v'}{a' - a} - \frac{1}{rg} \frac{a' v^2 - a v'^2}{a' - a}$$

従つて回転流速により遠心力が異なり、コリオリの力、水圧傾度力 3 者の釣合いが、上図、上式に従つて変化せるから暖冷渦のバターン、厚さなども変り、生物集散様式も変化するから、生産力も変る。すなわち生長前線 (Growing



第 2 図

Front) ならば地衡流的強化、風成強化にせよ、また消衰前線 (Decaying Front) にせよ、渦の老若があり、老渦 (Aged Eddies) と老化湧昇 (Aged Upwelling) の状態で水塊の生産力が内容的に栄養面で異なる。前線にも若返りがあり、若返り前線 (Revival Front) もある。

生産力の多次元構造



これらの trophic levels (栄養水準) 間の複雑な食餌網 (Food Web) を通してのエネルギー、物質の移り変り (Transfer) とバランスの力学を Trophodynamics (栄養力学) といい、これがどのように環境条件でくづれ変るかが、漁況変動予察上の大問題である。潮境と渦動中で極めて大きく現われる。湧昇、光→光合成→食餌プランクトン→有用魚濃密増大までに時間(t)がかかる。漁場の「熟度」、湧昇水の新、古が関連する。有効肥沃化 (Effective Fertilization) は時間の関数である。すなわち分解→合成の t から湧昇水域の縁辺潮境に最高生産帯が現われる。あまりナマ (生) の湧昇水は生肥のようで未熟でよくない。

力学的、運動学的生産の点から孤立 (切離) 暖水塊 (集約効果、エネルギーがある) と冷水塊 (誘引効果、栄養豊富) が会合して混合するところにエネルギーと栄養の両条件を兼備して高生産に開花する。沿岸水 (豊栄養) と外洋水 (黒潮など、高エネルギー) の会合する混合水域潮境 (陸棚縁辺など) も同様である。近岸河口水域前線でも類似した条件がある。前線の冬→春→夏→秋→冬と四季を通じての移動変化を、黒潮前線、親潮前線等について探究しなければならない。

1966年の例 6月→7月上旬梅雨期に黒潮前線が毎年のように躍進的变化をとげ、サバ、カツオ、ビンナガなどの漁場集群変化が明らかにみとめられる。6月26~28日台風4号通過で東

北暖流急に北上、暖渦切離 7 月上—中旬にみられた。百メートル層水温図から黒潮前線、親潮前線の暖渦消長をみるに、9 月→10 月に 9 月末台風 26 号通過で切離暖渦発生移動変化した。

問題 渦の細密モデル調査を総合水産海洋学的にその一生につき、気象、水理、漁場生物と観測、採集研究し、「塊」の構造を 4 次元的に明らかにし、発生、発達、衰滅の過程を通じて t を解析し、生産力構造を明らかにすること。

2 釧路沖暖水塊 特に近年の実況

黒 田 隆 哉 （東北区水産研究所）

ま え が き

道東～三陸近海における親潮・黒潮系水の混交状態を見ると、両者が単に北と南に波状の境（潮境）を距て、対峙しているといったものではなく、各所に黒潮系暖水塊・親潮系冷水塊がモザイク状に配列した形をとつて所謂混合水域（帯）を形成している。

このような水塊群のうちで特に道東釧路の近海に屢々出現する暖水塊は、大体において親潮接岸分枝と沖合分枝の分かれめのあたりに位置し、晩夏これが道東沿岸に極く接岸している場合には、接岸分枝の南下が阻まれて親潮系水の多くはこの暖水塊の沖（東）側を迂回して南西進し、逆にこの暖水塊が道東沿岸から速く離れた沖合にある場合には、親潮接岸分枝はこの暖水塊の西側に沿つて三陸近海に向かつて巾広く南西進する。昭和 25 年から毎年実施されて来たサンマ漁期前一斉観測の結果及び解禁以後の漁期前半の漁況の経過（特に漁場の推移）から、サンマ漁場（或いは魚群）の形成位置、移動経路がこの海域における親潮・黒潮両系水塊の分布のパターン及びその変動と密接な関係にあることが判つて来た。更にまたここ数年来道東沿岸では秋にサバの旋網漁が盛大に行なわれる様になつたが、この漁場形成にも前記道東近海に出現する暖水塊が関係すると考えられている。即ち黒潮北上分派沿いに北上して来たサバ群が、この暖水塊の接岸によつて道東沿岸に濃縮されるというものである。以上の様に道東近海の暖水塊の動向が、晩夏～秋季のこの近海におけるサンマ・サバ漁況の推移に大きな影響を及ぼすということが判つて来たが、今迄のところこの道東釧路沖に出現する暖水塊に特に焦点を当てた研究がなく、ここ数年この暖水塊に関する研究の重要性が次第に認識される様になつて来てはいるものの、未だどの方面からも殆んど手がつけられていないのが現状である。そこで筆者は、近年かなり量・質ともに増大したこの海域における気象庁・水産庁・海上保安庁・県水産試験場・水産高校の観測資料をとりまとめて、釧路沖暖水塊について現状ではどの程度のことが云えるかを調べた。