

## 黒潮前線域におけるカツオ漁場の形成機構に関する考察

二 平 章

### A Hypothetical Model for the Formation of the Kuroshio Frontal Fishing Grounds of Skipjack Tuna, *Katsuwonus Pelamis*

Akira N<sub>I</sub>HIRA

#### Abstract

This Report describes the Hypothesis on the Mechanisms of the Formation of frontal Fishing Grounds of Skipjack tuna. This hypothesis built up by mark-recapture experiments and measurement of size of skipjack tuna in waters near the kuroshio frontal zone. The Hypothesis is follows; Fishes which are immaturated and body size (fork length) are over 45cm, pass over the kuroshio front and enter lower temperature waters in perturbed area. But adult which are maturing turn south on this side of the front migrate to warm waters. And immature under fork length 45cm do not also pass over the front, stay in side of warm waters. When stock size of skipjack tuna is small, by density dependent factor they are rapidly developed and some fishes matured. In such years, few fishes stay and pass over the kuroshio front. On the other hand, when stock size is large, they are slowly developed and do not mostly matured. They stay at frontal zone for a time and after grow up they pass over the front. In former case, frontal fishery grounds are formed in poor and in the latter case in good.

Key words : Skipjack tuna, *Katsuwonus Pelamis*, Front, Fishing ground, Density-dependent, Mark-recapture

#### 目 的

潮境に魚が集り好漁場が形成されることは、北原(1918)や宇田(1936)によって指摘されて以来、多くの研究がなされている。潮境における漁場の形成機構や魚の集積機構については、①潮境が障壁となって行手をはばむための集積、②潮境

域に生じる湧昇などによって栄養が補給されて植物プランクトンの生産を促し、動物プランクトンの繁殖や仔稚魚の好成育場になること、③集積された餌生物を求めて捕食者が集ることによると考えられている。しかし、杉本ら(1988)は、これらの考えは環境面からの考察であり、生物に対する配慮に乏しく、もっと、生物としての特性を考

慮した考察がなされるべきであり、なぜ、潮境に好漁場が形成され、どの位ここに滞留し、そして何故この潮境を突っ切って他水塊に移っていかねばならないのかを、生態学的な立場で考え直すべきであるとの指摘をしている。たしかに、北原、宇田以来の前線における生物の集積機構に関する研究は集積記載と海洋物理的研究を中心として展開されてきたように思われる。潮境という海洋現象の水産海洋学的位置付けを科学的なものにするためには潮目論の一方の主役である生物側からの解析が重要になってきている。

カツオの前線漁場形成機構に関連して、川合・佐々木(1962)はカツオが黒潮前線を越えて黒潮分流暖水舌内へ移動する際の促進的水理条件として、黒潮前線から分岐する2次的黒潮前線の北寄りの強流帯が大きな役割を演じているとし、カツオ主群が混合水域に移行した直後に漁獲効率が良くなるのは、魚群が水平方向にも鉛直方向にも濃密に集中化されるためであるとした。また川崎(1963)は黒潮前線付近における漁場形成に関して初期のカツオ来遊量の大小と分布の仕方とは強い関連を持っており、不漁年には黒潮前線の南側でだけ漁獲され、豊漁年には黒潮前線の南側とともに黒潮前線上および、2次的黒潮前線上にも漁場形成され、この現象は、資源量が大きくなればカツオの分布域が広がるということを示しているとした。前線漁場形成に関し、川合・佐々木の報告では海洋学的側面だけが、川崎の報告ではカツオが広温・広塩性であること、資源量が増えると分布域が広がることだけが述べられ、かならずしもカツオの生物学的知見が充分取り入れられた前線漁場形成論ではなかった。

著者は長年にわたり黒潮前線周辺域におけるカツオの生物学的調査と標識放流を中心とした行動学的調査に取り組んできた。ここではそれらの調査結果をもとにして、カツオの前線漁場形成機構について主に生物学的側面から考察を試みたので報告す

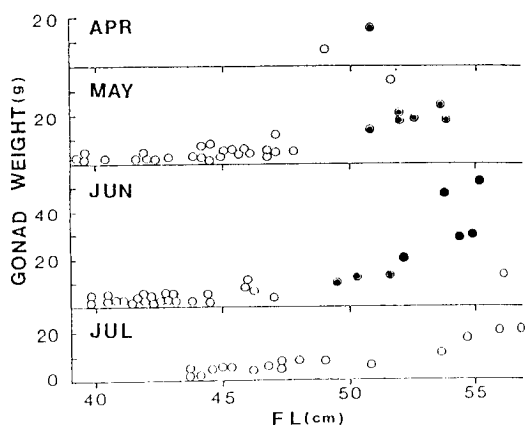


Fig. 1 Monthly change of gonad stage and weight of skipjack tuna of northward migration group. (○ : stage 1, ● : stage 2, ● : stage 3)

る。なお、考察するのにあたり用いた個々の調査結果については別途報文として発表する予定である。

### 資 料

資料としては1982年および1887年に実施した茨城県那珂湊港におけるカツオの生物測定データ、および、1981年と1982年に水丸で実施した標識放流調査結果を用いた。

### 結 果

#### 1. 北上期におけるカツオの生殖腺の発達状況

Fig. 1 に1987年の月別・体長別・生殖腺重量を3段階の stage 別に示した。stage.1は生殖腺が未発達なもの、stage.2は生殖腺がピンク色で血管が生殖腺上に現れたもの、stage.3は生殖腺が全体に黄色くなり、血管もかなり発達したものとして区分した。5月は体長50cm以下はstage.1、50cm以上では大半がstage.2、6月では50cm以上でstage.3のカツオが増加した。7月に入ると体長50cm以上でもstage.1のカツオばかりとなっている。

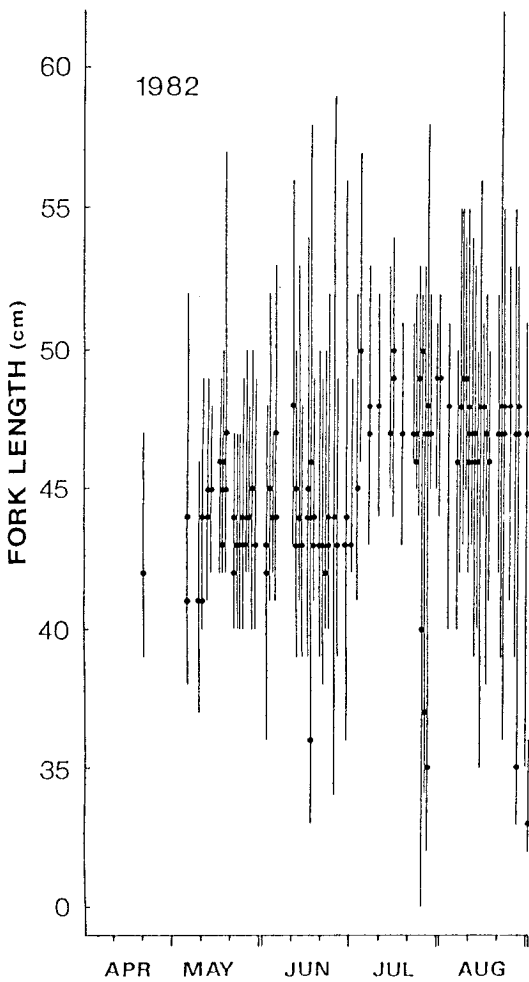


Fig. 2 Changes of modal fork length of skipjack tuna.

## 2. 黒潮前線を境とするカツオの体長モード値の相違

Fig. 2 に1982年の4月から8月にかけてのカツオの体長モード値の時間的推移を示した。5月から6月にかけては体長モード値は43~45cmにあるが、7月上旬を境として、モード値は47~48cmに段階的に変化している。この時期は漁場が黒潮前線の南側から黒潮分流暖水舌内へ移動した時期である。この変化の様子を水平分布に示したのが

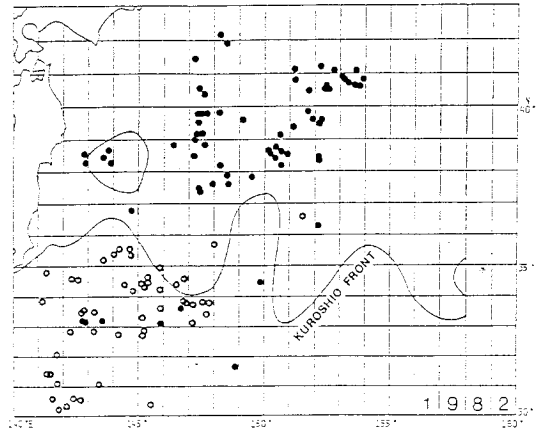


Fig. 3 Distributions of modal fork length of skipjack tuna, small and large size groups both distributed in the southern area of kuroshio front, only large size groups in the northern area.

Fig. 3である。図では体長モード45cm以上を黒丸で、以下を白抜き丸で示した。また、気象庁海況旬報から100m深水温15°Cの線を黒潮前線として図に記入した。この図によれば黒潮前線の南側では体長45cmモード以下の群と以上の群が混在しているが、前線の北側では45cm以上の群が大半を占め、黒潮前線をはさんで体長モード値の分布に明らかな違いが認められた。

## 3. 標識放流したカツオの再捕結果からみた黒潮前線通過時における群れ構成魚の魚体サイズ別分離

1982年5月に黒潮前線南側水域の野島崎南東海域において標識放流したカツオの再捕結果を時期別・緯度別に Fig. 4に示した。白丸が標識魚、黒丸が那珂湊港において体長を測定した民間漁船の漁獲物の漁場位置である。黒潮前線の南側で放流されたカツオは7月上旬までは前線南側漁場は勿論、7月以降の前線北側漁場内でも多く再捕された。

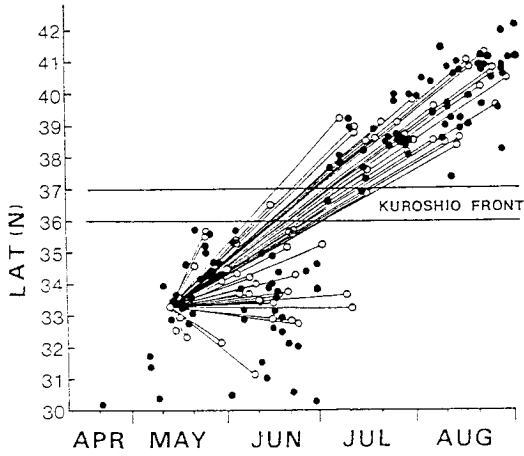


Fig. 4 Migration of tagged skipjack tuna released in the southern area of the kuroshio front. (○:location of recaptured ●:general fishery grounds)

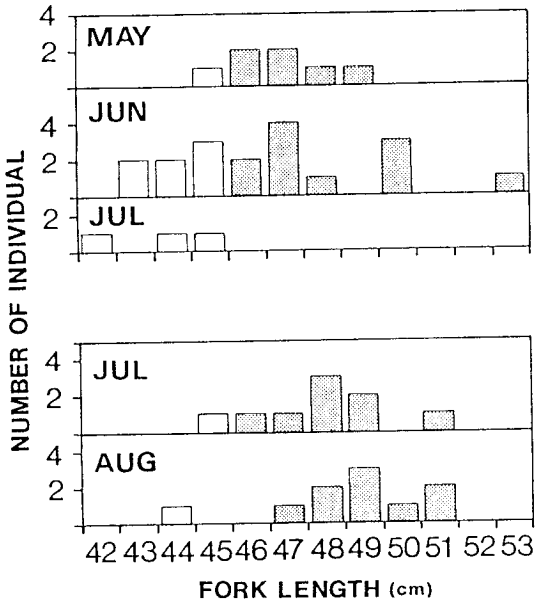


Fig. 5 Fork length of skipjack tuna recaptured in the southern and northern areas of kuroshio front. (Upper : southern area, Lower : Northern area)

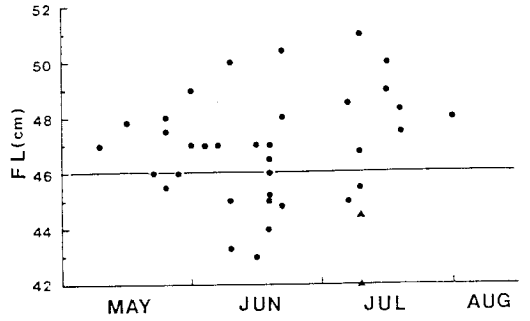


Fig. 6 Daily change of fork length of skipjack tuna recaptured

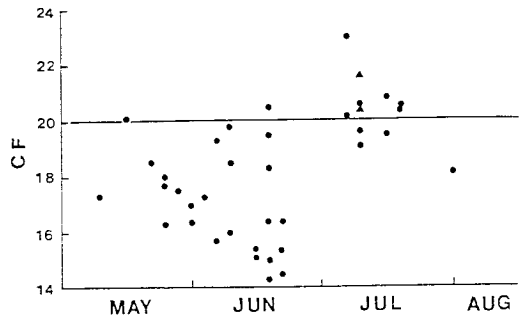


Fig. 7 Daily change of condition factor of skipjack tuna recaptured.

Fig. 5 に前線南側と北側の月別の標識再捕魚の体長分布を示した。前線南側漁場では、5、6月に体長45.9cm以下（以下小型魚）と46.0cm以上（以下大型魚）のカッコが共に再捕されたのに対し、7月には小型魚のみとなった。前線北側では、7月は小型魚1尾が再捕されたのみで残りすべては大型魚であった。8月にも小型魚は1尾のみであとはすべて大型魚の再捕であった。

Fig. 6, 7に再捕魚の再捕日別体長・肥満度の推移を示した。6月には体長・肥満度とも比較的広範囲の魚が再捕されたのに対し、7月以降は体長・肥満度とも高い値の魚で占められた。

Fig. 8, 9には再捕魚の再捕緯度別体長・肥

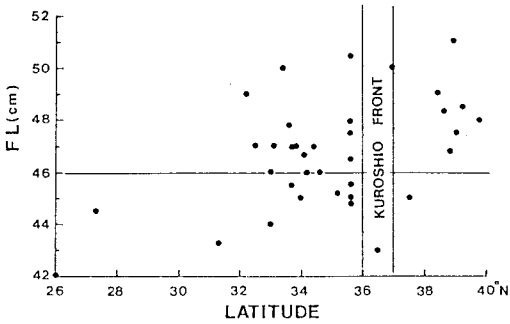


Fig. 8 Relations between location of kuroshio front and fork length of skipjack tuna recaptured from May to July in 1982.

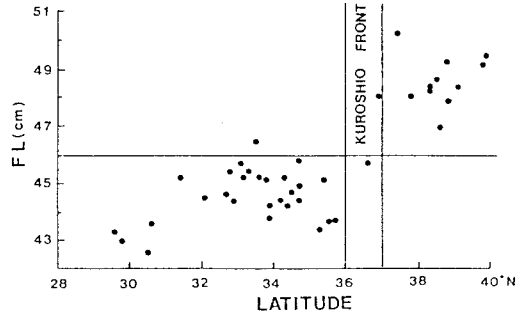


Fig.10 Relations between location of kuroshio front and mean fork length of skipjack tuna measured in market April to July in 1982.

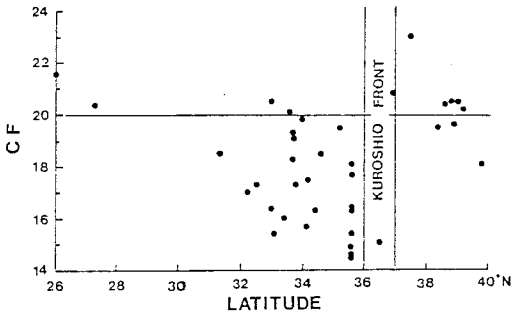


Fig. 9 Relations between location of kuroshio front and Condition factor of skipjack tuna recaptured from May to July in 1982.

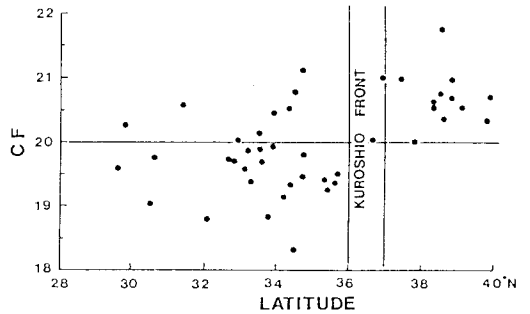


Fig.11 Relations between location of kuroshio front and mean condition of skipjack tuna measured in market from April to July in 1982.

満度の推移を示した。黒潮前線は36° N~37° N 付近にあると考えられたことから、前線南側では体長46cm以上と以下のカツオの両方が、北側では46cm以上のカツオが比較的多く再捕されたといえる。前線南側では14から21と幅広い値の肥満度をもつカツオが再捕されたのに対し、北側では18以上の高い肥満度のカツオだけであった。黒潮前線のすぐ南側と推定される35~36° Nで再捕された魚は、体長はそれほど小さくないにもかかわらず、35° Nよりも南側で再捕された魚よりも肥満

度が低い傾向を示した。

Fig. 10, 11には1982年の市場測定魚の群平均肥満度の緯度別推移を示した。群平均値においても、標識再捕魚と基本的には同様な結果を示した。

#### 4. 夏・秋季における標識放流再捕結果からみた小型魚の分離移動

1981年8月、三陸沖合より小型魚と大型魚の混合群に対し、497尾の標識放流を実施した。再捕結果を整理して時期別・緯度別に再捕位置を Fig.

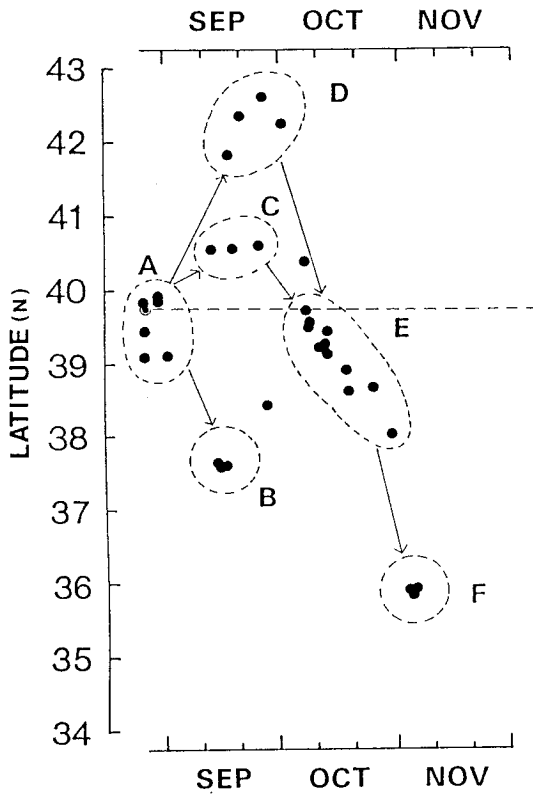


Fig.12 Migration of skipjack tuna released near the secondary kuroshio front in August 1981.

12に、漁場別の体長組成を Fig. 13に示した。時間の経過に伴って、漁場Aで放流された標識魚は9月にはB, C, Dの漁場で再捕され、さらには10月には主に漁場Eで、11月には漁場Fで再捕された。放流場である漁場Aの体長組成は小型魚と大型魚の混合群の組成であったが、漁場B, Cの体長組成は45cm以下の小型群が大半を占める組成を示した。また、それとは対比的に、漁場D, E, Fでは、小型群の割合はごく少なく、大型群主体の体長組成を示した (Fig. 13)。

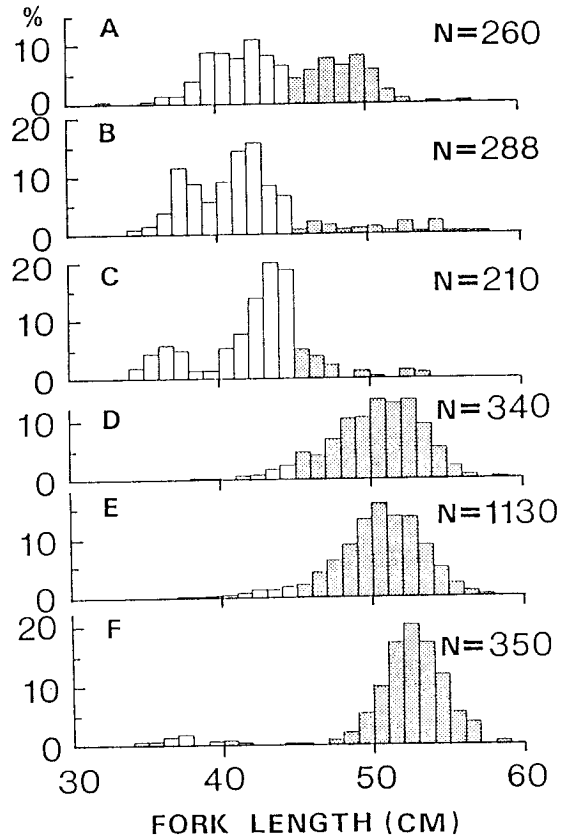


Fig.13 Fork length composition of skipjack tuna in every fishery grounds which tagged fishes migrated to.

混合群が分布したA漁場から、小型群のC漁場、大型群のD漁場にカツオが分離移動した9月に、各漁場がどのような海洋構造上に形成されていたかを調べるために、表層水温図（漁業情報サービスセンター 1981）と、人工衛星画像（東海大学海洋研究所 1987）にプロットして検討を加えた。C漁場は表層水温20°C台の暖水塊内に形成され、D漁場は水温18°C台の表層暖水舌の先端に形成されていた。

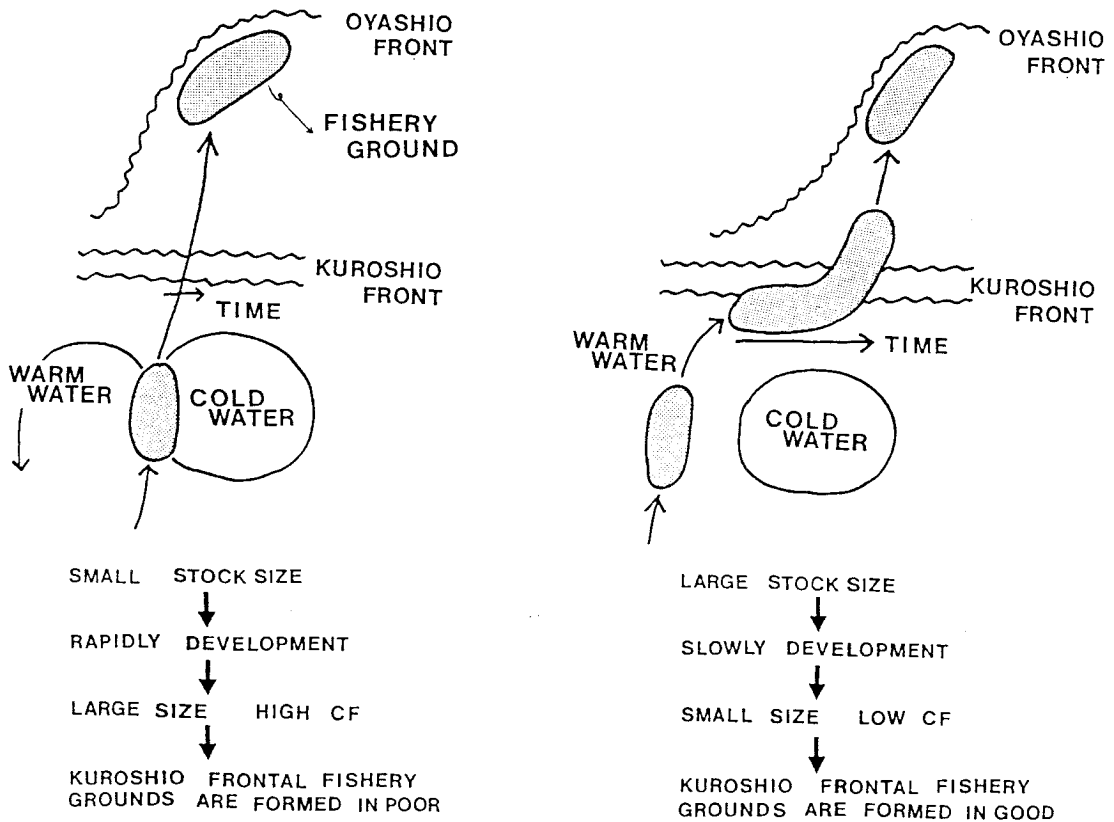


Fig.14 The model of relations between stock size and growth of skipjack tuna and formation of frontal fishery ground.

### 考 察

#### 1. 北上期におけるカツオの生殖腺の発達と黒潮前線「乗り越え」

Fig. 1 に示したように4月から6月にかけて体長50cm以上のカツオでは明らかに月を追うごとに生殖腺が発達している。しかし、7月以降になると50cm以上の魚でも生殖腺重量は低く、発達のstageも低くなった。このことから、黒潮前線の南側では比較的大型個体は生殖腺の発達が進行し、一旦発達した生殖腺をもったカツオは黒潮前線を越えず、未成熟な魚だけが前線を越えるものと考えられる。そして、黒潮前線の南側で成熟期に入った魚は、黒潮前線の手前でUターンした後、南下

して次の生活周期である産卵準備期に入るものと考えられる。

#### 2. 黒潮前線を境とするカツオの魚体サイズの相違と前線漁場形成

黒潮前線を境としてカツオの魚体サイズが異なったことから、黒潮前線の南側海域にカツオが北上来遊してきたときに、体長が大型（体長45cmないし46cm以上）で、未成熟の魚はそのまま黒潮前線を越え北上するが、前線の南側で体長が小型、肥満度が低い魚の場合は、前線を一気に越えることはなく、前線付近で一時滞留・成長してから北側へ入り込む機構が存在すると考えた。

以上の想定のもとに、カツオの stock size と魚体の成長量および前線漁場の形成機構の三者の関係について考察を試みた (Fig. 14)。カツオの stock size が小さい時は成長・発育速度が早く、黒潮前線南側水域に来遊する時には体長も大きく、肥満度も高い。なかには発育が進んで生殖腺熟度も高くなる個体も出現し、このような個体は黒潮前線まで到達せずにその南側で成熟が進んで、Uターンする。また、成熟するまでに至らない個体は、黒潮前線まで到達して、そのまま前線付近で滞留することなく、黒潮分流暖水舌内へ北上する。したがって、このような年には、もともと来遊量が低い上に、Uターンする個体の増加、黒潮前線を乗越える生理的条件に達する魚の増加によって、黒潮前線付近ではカツオの滞留現象は起きにくくなり、漁場形成は不活発となる。

それに対し、stock size が大きい時は、成長・発育速度が遅く、黒潮前線南側水域に来遊する時には体長は小さく、肥満度も低くなる。したがって、生殖腺の未熟個体が多いことからUターン個体は少なく、ほとんどが黒潮前線付近まで北上する。しかし、前線付近に達した個体の中にはまだ黒潮分流暖水舌内の低水温環境へ入り込む生理的条件を備えていない個体が多いことから、前線付近で滞留し、活発な索餌活動をした後、成長してから暖水舌内へ北上する。したがって、このような年には、もともと来遊量が高い上に、Uターンする個体が少なく、黒潮前線へ集結する個体が増加し、黒潮前線を乗越える生理的条件を備えるまで、前線付近で滞留することから、前線漁場の形成はきわめて活発となる。

### 3. 夏・秋季に来遊する小型群の移動と黒潮前線

1981年8月における小型魚と大型魚混合群に対する標識調査はサイズ別魚群の分離移動という興味のある結果を示した。二平・小沼 (1981) によれば、放流時における小型サイズの魚群は D size group、大型サイズの魚群は C size group に相当する<sup>\*</sup>。8月の放流地点は黒潮前線の北側に位置しており、この時期になると体長45cm以下である D size group も主黒潮前線の北側に入り込んでいる。このことについては次のように考えることが出来る。例年、D size group は夏季以降に東北海域に出現するが、この時期になると、すでに黒潮前線から派生する表層暖水はかなり広範囲で、しかも鉛直的にも厚みを増している。したがって表層を回遊しながら来遊するカツオにとってはこの時期、主黒潮前線はさしたる環境的障壁を形成していないものと考えられ、むしろ表層暖水の張り出しによって主黒潮前線の北側に形成される表層水温前線のほうが障壁的役割を演ずるものと推察される。したがって、春季に黒潮前線付近でみられた小型魚と大型魚の分離移動は、夏・秋季にはより北側の2次黒潮前線や親潮前線付近で認められることになる。

### 4. 黒潮前線南側水域から混合水域に来遊するカツオの発育段階・生活周期と前線「乗り越え機構」に関する仮説モデル

以上の様な考察に基づき、黒潮前線付近に来遊するカツオの発育段階・生活周期と前線との関係について検討した (Fig. 15)。

まず、4、5月に来遊する A・B size group の内、体長45cm以上、肥満度20以上の魚は栄養蓄積が進み脂肪の蓄積量も多く、発育が進んだ魚で

※二平・小沼 (1981) では春季より順次出現する体長群を I, II, III, IV, V 群としたが、年令群との混合を避けるために、ここではそれぞれを A, B, C, D, E 群とした。



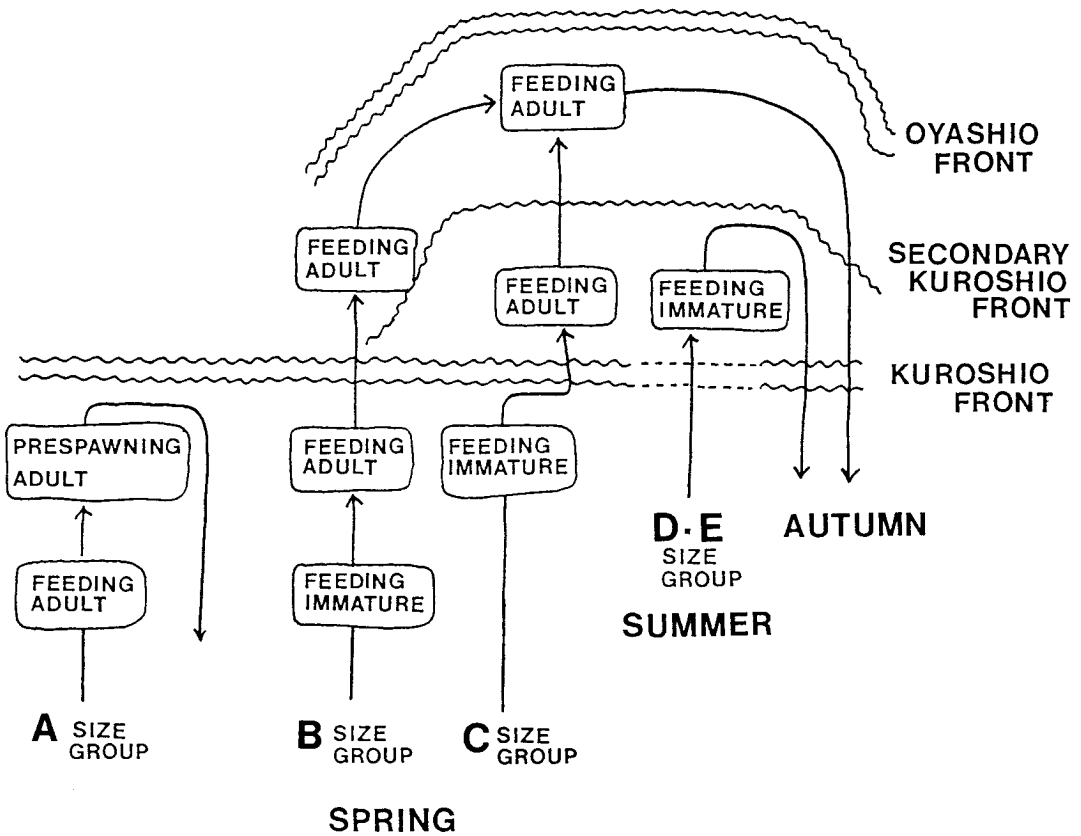


Fig.15 The hypothetical model for the biological mechanism of skipjack tunas passing over the kuroshio front. Size of A group is F.L 50~55cm, B group 45~30cm, C group 40~45cm in spring, D group 40~45cm, E group under 40cm in Autumn.

はすでに生殖腺の発達した魚も認められる。このことから、これらの魚は成魚栄養蓄積期から成魚成熟前期と考えた。したがって、この段階の魚は黒潮前線を越えることはなく、夏季の産卵の準備のためUターンをして黒潮前線南側水域から姿を消すものと考えた。

つぎに来遊するB, C size groupの内、体長45cm以下で、肥満度20以下の個体は未成魚索餌期のもとし、そのうち前線の南側で成魚栄養蓄積期(体長45cm以上、肥満度20以上)に入った個体はそのまま黒潮前線を乗越え、黒潮分流暖水舌内

へ入り込む。その後、親潮前線付近まで北上し、索餌活動したのち南下する。南下する時期は秋が大半であると考えられる。B, C size groupの内、未成魚索餌期のまま、黒潮前線まで達した個体は前線付近で一時滞留し、活発な索餌活動をした後成長して成魚索餌期に入ってから暖水舌内へ入り込む。

D, E size groupは未成魚索餌期の魚群であるが、これらの魚群が来遊するする夏季には表層部は著しく昇温して黒潮前線における表層潮境が比較的不明瞭になる(川合・佐々木1962)ことが

ら、D、E size group はそのまま北上して第2次黒潮前線付近まで達し、秋季に南下する。

これまで、東北海区へ来遊するカツオについては、未成魚索餌群であるとの単純な規定がなされていた。しかし、今回のモデルでは成魚栄養蓄積期、成魚成熟期、未成魚索餌期の発育段階および生活周期を持つ魚群が来遊をしているとして、その生物学および生理学的な相違性が前線に対する「通過」「滞留」「Uターン」といった行動の違いを引き起こしているものと考えた。そして、カツオの stock size の違いは密度効果作用をとうしてカツオの成長と発育のテンポに影響を及ぼし、テンポが早い場合は前線域での滞留魚を減少させ、テンポが遅い場合は前線域での滞留魚を増加させていると思われる。したがって、前線域における魚群集合の機構は単なる海洋学的な要因だけに、また、単に魚群の量的側面だけに起因するものでなく、来遊する魚群の質的な側面をとうして発現しているものと考えられる。

## 文 献

川合英夫・佐々木実 (1962) カツオが黒潮前線

を越えて北上回遊をする際の促進的な水理条件について. 東北水研報告, 20, 1-27.

川崎 健 (1963) 東北海区におけるカツオ竿釣漁業およびマグロ旋網漁業の海況との関連について. 漁業資源研究会議報告, 1, 5-13.

北原多作 (1918) 海洋調査と魚族の回遊, 水産講習所.

漁業情報サービスセンター (1981) 漁海況速報第575号

東海大学海洋研究所 (1987) 新観測調査手法評価試験研究報告書, 167pp.

二平 章・小沼伊佐男 (1981) 東北海域におけるカツオの生態研究 I, 成長過程の異なるいくつかの群について. 茨城水試創立80周年記念誌, 34-45.

杉本隆成・村野正昭・黒田隆哉 (1988) 潮境のドラマを描く, 21世紀の漁業と水産海洋研究, 恒星社厚生閣, 262-265.

宇田道隆 (1936) 東北海区の鰹漁場中心と潮境の関係. 日水誌, 4, 385-390.