

インド，太平洋のメバチのはえなわ漁場形成と 生活領域に関する一解釈*

須田 明・久米 漸・塩浜利夫

(遠洋水産研究所)

An indicative note on a role of permanent thermocline as a factor controlling the longline fishing ground for bigeye tuna

Akira SUDA, Susumu KUME and Toshio SHIOHAMA

(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

NAKAMURA (1954) emphasized the good correspondence between ocean current and distribution of tunas and billfishes. Further examination on this matter by the same author (1959) led him to draw a theory that each species takes its own center of distribution in a specific ocean current. However, his theory, a working hypothesis in a sense, has not always been successfully applied to bigeye tuna, especially those inhabiting in the tropical waters. For instance, the spawning group of this species occurs in the North Equatorial Current area in the western and central Pacific Ocean as his theory explains, but lately the occurrence of the spawning group has been recognized even in the South Equatorial Current area in the eastern tropical Pacific.

In the present paper, the problem is re-examined from a different point of view from NAKAMURA's and an important role of the permanent thermocline is discussed as a factor controlling the formation of the longline fishing grounds for bigeye tuna.

In Fig. 5 are shown the areas, where the permanent thermocline, bottom of the surface mixing layer, is approximately 100-150 m deep. This fits well to the actual range of longline fishing grounds for bigeye tuna in the tropical Pacific and Indian Oceans shown in Fig. 1. Judging from the depth of longline hooks suspending in the water, approximately 100-120m on the average, it seems practical to assume that the formation of the longline fishing grounds for bigeye tuna depends on whether longline hooks successfully reach the permanent thermocline. This relation is schematically represented in Fig. 4, in which N- and S- series, designated after the Northern and Southern Bands of Tropical Pacific Ground as seen in Fig. 2 respectively, correspond to the actual commercial longline fishing ground for bigeye tuna.

In the temperate waters lacking the permanent thermocline, on the other hand, patterns of occurrence of high hooking-rate are well related to the current systems as already suggested by NAKAMURA (1959).

The followings are the "working hypotheses" on the occurrence of bigeye tuna brought out in this study:

- (a) In the tropical waters, major concentration of bigeye tuna does not occur in the surface mixing layer but does in or due below the permanent thermocline which indicates a discontinuity between the Tropical Mixing Water and the Equatorial Water or the Central Water. Under such circumstances, effective catch is expected only when the thermocline and longline hooks are nearly at the same depth.
- (b) North of southern margin of eastward current system of the Subtropical Current Linkage in the

* 1968年9月1日受理 遠洋水産研究所業績 第10号

northern hemisphere (vice versa in the southern hemisphere), the mixing layer is not developed. The Central Water occupies from surface to some depth in the eastward current system of the Subtropical Current Linkage. In this case, bigeye tuna occur at surface as well as deeper layer simultaneously. There is no barrier to prevent longline hooks from encountering the fish. No bigeye tuna are distributed on the polar side of northern margin of eastward current of the Subtropical Current Linkage where the Subpolar Water dominates.

- (c) Thus, the habitat of bigeye tuna is in the intermediate space between the Tropical Mixing Water and the Medium Layer Water including the Subpolar Water (Fig. 3).

On the basis of these hypotheses, some phenomena are successfully explained or interpreted as follows :

- (1) The water temperature of the permanent thermocline in which bigeye tuna inhabit ranges from 17°C to 22°C which well corresponds to the optimal water temperature suggested by UDA (1957).
- (2) In the past studies, bigeye concentration is not observed to coincide with the occurrence of high primary productivity in the tropical Pacific Ocean (Fig. 7). Probably primary productivity is concerned with the mixing layer above the thermocline, whereas the inhabiting depth of bigeye seems to be in or just below the thermocline, so that bigeye are screened from primary productive system. On the other hand, yellowfin has a habitat above the thermocline and consequently good coincidence is successfully observed between the distribution and the primary productivity.
- (3) A notably increasing gradient from west to east in the average size of the fish caught by the longline in the Pacific Ocean is reported (YABUTA and YUKINAWA 1958 and KUME 1969). In the eastern area of this Ocean, the thermocline is located in shallower depth, which raises the habitat of bigeye tuna as a result, and therefore longline hooks can reach the swimming layer of larger fish which is assumed to be deeper than that of smaller fish. In the western part of the ocean, the thermocline is too deep for hooks to reach for capturing larger fish. As a matter of fact, larger fish appear much more in the catch from the eastern part of the Pacific.
- (4) In the Indian Ocean, yellowfin abundance has recently decreased remarkably to 1/2-1/4 of the initial level in terms of hooking-rate, while bigeye population is still sustained at about 80 percent of that in earlier years, though both species are distributed horizontally in almost the same manner (Fig. 8). These observations indicate that bigeye tuna has a deeper habitat, so that the longline hooks are less effective for this species than for yellowfin tuna.

緒 言

メバチについては現在、漁場生物学的な研究が行なわれている。これらの研究結果について、より正しい解釈に到達するためには、漁業の背景についてより多くの理解が必要である。その背景とは魚群がどのように分布し、そのどの部分がどういう風に漁業によってまびかれるかということであり、本報はメバチについて多少ともこの種の理解をますことを目的としている。

本文にはいるに先だち、著者等に種々助言と指導を賜った矢部博遠洋水産研究所長、上村忠夫前浮魚資源部長、福田嘉男企画連絡室長、山中一郎海洋部長、木部崎修底魚海獣部長、しばしば討議に参加して頂いた海洋部山中一、浮魚資源部林繁一、木川昭二、上柳昭治、各研究室長に深甚の謝意を表すものである。就中、山中研究室長には立入ったところまで議論して頂いたことを記しておく。

I まぐろはえなわの漁獲を通してみたインド、太平洋におけるメバチのみかけ上の分布

単位漁具の catch ability (q) が一定ならば、その範囲内で単位努力当り漁獲量 (c. p. u. e.) は魚群の密度の相対量となるはずである。しかし、現在までのところ広汎なインド、太平洋全般にわたって分布するメバチに、この条件がみたされているという実証があるわけではない。が、ひとまず釣獲率 (c. p. u. e.) を用い

て、四半期毎の魚群分布図を第2四半期(4~6月)ならびに第4四半期(10~12月)について作ってみた。(Fig. 1-1, Fig. 1-2)。 q が一定という条件がみたまされているという確証はないから、この図は必ずしも魚群量の分布そのものを示すという保証があるわけではないが、すくなくとも available stock の分布図ということ是可以する。この図に用いた釣獲率は、例えば第2四半期(Fig. 1-1)についてみると、各1度区画毎に以下のような手つづきで計算されている。

- (1) 毎年、4月、5月、6月の各月について月毎の平均釣獲率を計算する。
- (2) 次に、1961年及びそれ以前の各年の月別平均値を加え合わせ資料のあった年度数で除し、月別の年平均値を求める。
- (3) ②の手つづきで、3ケの月別年平均値が求まるが、この中から最高値をとり出してその単位区画の釣獲率の代表値とする。

更に近年の漁場拡大を考慮して170°W以東の海域で、1961年及びそれ以前に漁業の行なわれなかった1度区画については、1965年における4月~6月の月別最高値が与えてある。また、10°S以南のインド洋海域についても、上記と同じ操作を施してある。平均値をとらなかったのは、月別の年平均値が旧南海区水産研究所の手

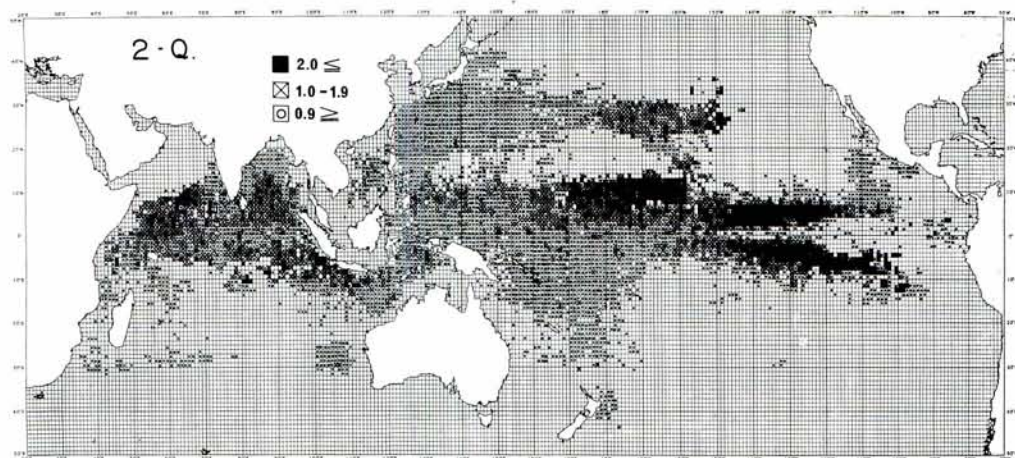


Fig. 1-1 Distribution of hooking-rate of bigeye tuna in the Pacific and Indian Oceans in the second quarter of the year, April-June

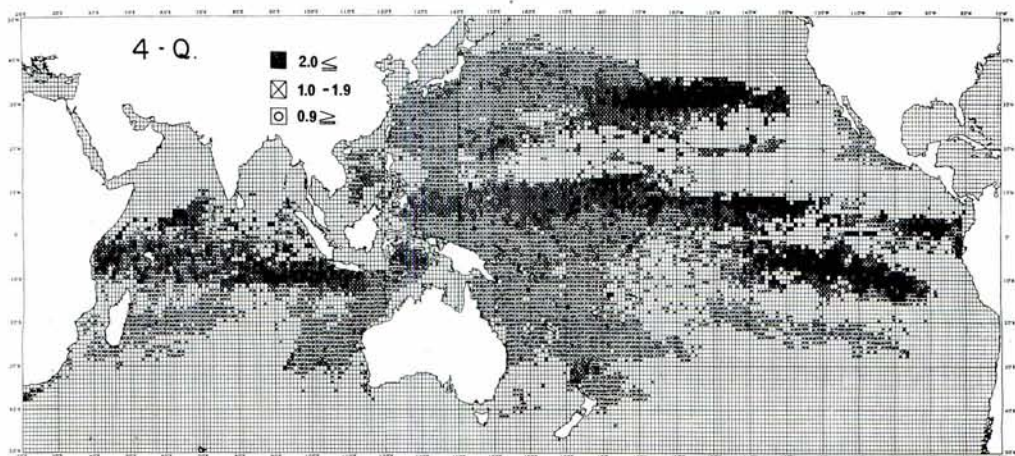


Fig. 1-2 Distribution of hooking-rate of bigeye tuna in the Pacific and Indian Oceans, in the fourth quarter of the year, October-December

ですすでに計算されており、その値をそのまま用いることによって作業を簡単にするため、結果として3ヵ月の平均値として求めた漁場図に比べて高釣獲率帯がややひろくなる傾向があると思われる。

これらの図からみると、インド、太平洋におけるメバチのみかけ上の魚群分布は以下のようなものである。

A 太平洋

特に顕著に東西に帯状にひろがる3本の高釣獲率帯が指摘される。

- (1) 最北のものはほぼ、 30°N を中心として北太平洋流域中に形成される。漁場の中心緯度や釣獲率には明瞭な季節変化がある。
- (2) 第2のものは、ミンダナオ島の沖合からはじまり、 5°N — 10°N の間の海域にそって東方へつらなり、太平洋を横断してガラパゴス島の北を経て、エクアドル、コロンビア沿岸に達する長大なものである。
- (3) 最南のものは、 140°W 、 5°S あたりからはじまり、東南東につらなって 90°W 、 15°S 附近に達するものである。(2)で述べた高釣獲率帯との間には赤道の冷水帯がある。

これらの漁場を、第2図に示すように、夫々(i)北部太平洋漁場、(ii)熱帯太平洋漁場・北帯、(iii)熱帯太平洋漁場・南帯とよぶ。

以上の3大漁場の他に、ニュージーランドの北側水域や、ハワイ東方の中緯度水域でも釣獲率のやや高いところが注目される。

逆にメバチの釣獲率の低い水域として指摘されるのは、

- (a) 赤道沿いの緯度巾にして 2° — 3° の範囲。ただし、 160°W 以東では、短期間ではあるが釣獲率が上昇する時期がある。
 - (b) 熱帯太平洋漁場・南帯とニュージーランド北方水域を除いた広汎な南赤道流域。
 - (c) メキシコ沿岸(15°N 以北、 125°W 以東)のカリフォルニア海流の影響を強くうける水域。
- (b)の南赤道流域にひろがる低釣獲率域はきわめて広汎であるため、全般的にみて、太平洋の南半球では釣獲率が非常に低い。反対に太平洋の北半球では、中緯度海域の西寄りの部分と、メキシコに近接した部分を除けば、全般に釣獲率が高い。その結果、太平洋ではメバチの分布はすくなくともみかけ上いちじるしく北半球に片寄っている。また、米国太平洋沿岸の表層漁業による魚種別漁獲量の分布(ALVERSON 1960, 1963, SHIMADA 1958)をも考慮に入れると、(a)の赤道沿いの海域や、(c)のメキシコ沿岸水域は、キハダの濃密分布域にあたり、メバチとキハダがすみわけ的な分布をするのが注目される。

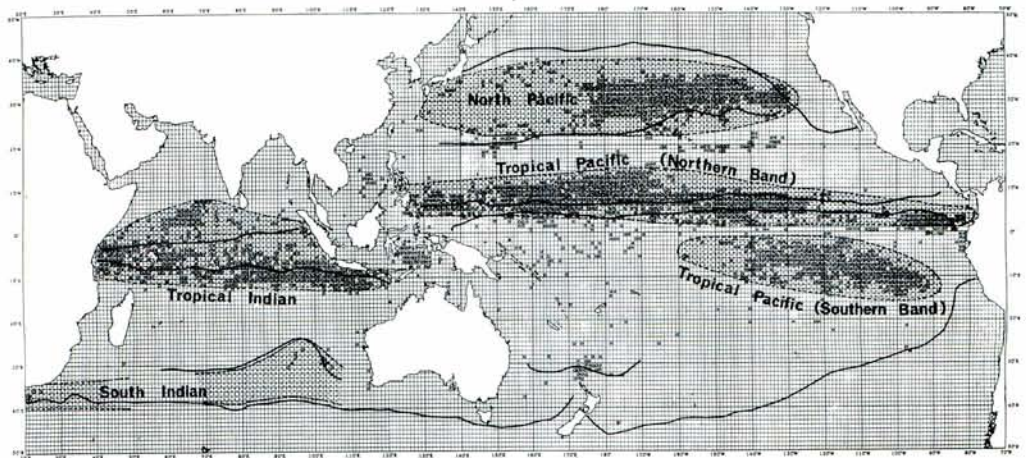


Fig. 2 Designation of major commercial longline fishing grounds for bigeye tuna (surrounded by dotted lines) in the Pacific and Indian Oceans superimposed by border lines between major ocean current systems (solid lines)

One degree square with a hooking-rate of more than 1.0 is marked by a small open circle.

B インド洋

10°S 以北の低緯度海域では、一様にメバチの釣獲率が高い。ただ、第2四半期に中・東部インド洋の赤道水域では釣獲率がやや低くなる傾向があるように思われる。10°S 以南、30°S 附近に至るまでの広汎な水域では釣獲率はいちじるしく低い。この図を作製した1965年までの段階では、30°S 以南の水域についての知見は殆んどなく、わずかに濃密魚群が出現する可能性を示唆するような資料が得られただけである。しかし、1967年にはいって、35°S 線への出漁が増し、濃密群の存在が実証されつつある。10°S 以北の高釣獲率帯を熱帯インド洋の漁場、30°S 以南の漁場を南部インド洋漁場とよぶ(第2図)。

II メバチの生活領域についての従来の考え方と問題点

マグロの生活領域については、これまでもかなりの研究者によって議論が行なわれてきた。その中で注目される考え方が、中村(1954)によって提出されている。中村は、

- 1) 海流によって魚種組成が異なる。
- 2) 海流によって、同一魚種でも魚体組成が相違する。
- 3) 海流によって生理生態を異にする。

ことを指摘し、マグロ、カジキ類の各魚種は、夫々の生活領域として特有な海流系をとり、かつ、成長とともに生活領域としてとる海流系が変わるという考え方を提出した。中村によれば、太平洋におけるメバチの生活領域は北赤道流域と北太平洋流域で、前者には成熟群、後者には未成熟群が分布するとされている。中村の考え方はその後も発展を続けた。一、二めぼしいものをあげると、上柳(1957)、木川(1957)の研究結果を考慮しつつ、各魚種の産卵も夫々特定の海流系と密接に関連している可能性を指摘している(中村1959)。また、中村・山中(1959)は魚種によって海流系に拘束される度合に差のあることを指摘し、ビンナガは海流系の相違を明瞭に反映した分布を示すのに反し、たとえば、クロカジキでは海流にあまり拘束されないと述べている。そうして、メバチについては(1)汐境に集る傾向が強いばかりでなく(後に KUME 1967)もこの点を指摘している)、(2)他魚種と重複して分布することが多いとしている。

しかし、その後メバチの漁場がインド洋、続いて140°W 以東の東部太平洋へと拡大するに至って、その分布については中村流の考え方では説明できないような現象がところどころで経験されるようになった。例えば、

- 1) 東部太平洋では、メバチの高釣獲率帯として熱帯太平洋漁場・北帯と南帯をあげることができるが、このうち南帯は北赤道流は勿論、北赤道流と赤道逆流の汐界からもへだたったずっと南の方の海域に出現している。これは同じ大洋の中でも、いちじるしく位置が異なる場合には「特定の種がその生活領域としてとる海流系」が変化することのあることを示唆するのか、或いは特定の種と特定の海流を対応させて考えること自体に根本的な問題のあることを意味するかのいずれかである。
- 2) マグロ延縄漁業年漁況図(日本鯉鱈漁業協同組合連合会1959)に示されているように、インド洋ではメバチの主分布域とキハダのそれとがきわめてよく一致し、太平洋でみられたような、メバチとキハダの間の“すみわけ的な隔離”はみられない。種と海流の間には特定の対応関係があるなら、それを通じてメバチとキハダの分布は常に一致するか、或いは常に隔離するかの何れかが期待されるはずで、海域によってその関係が変わるといったことは、最初の前提に問題があることを示唆している。

この段階で、中村の考え方に対する批判や、マグロの分布と環境との関係を、中村とはやや異った角度から観察することが、種々試みられた。

(1) 山中、安楽(1959, 1961, 1962)は海流系とマグロ類の分布との関係を水塊の集合状態(Mixing stage of water mass)とマグロ類の分布との関係におきかえて議論を行なっている。この考え方をもちこむと、これまで海流系との対応としてはうまく説明できなかった海流系内でのこまかい分布密度の変化や体長組成、魚種組成の変化も説明できる。ただし、山中等(1959, 1961)は、このような考え方に立って具体的にメバチの問題を取り扱うまでには至っていない。

水塊の集合状態という概念を用いて、魚種分布を論ずる場合には、次の点を考慮しておく必要があるように思われる。実際に経験されたことであるが、これは海流系理論より更に生活圏を細分し、同一種のしかも、同

一の発育段階にあると思われる魚群についても、複数の生活領域を設定する傾向が強い。細分された生活圏を全体としてどう統一するか、今後問題が残るように思われる。もうひとつ、水塊の集合は表面（山中等は特に表面～200m間の資料を加えた）からはじまって、数百メートルにわたる厚い水層の水温と塩分の変化の型としてあらわされるものである。²一方、魚群は比較的厚さのかぎられた游泳層をもつものであろう。したがってこのような取扱いでは、游泳層と海洋条件との対応がはっきりしなくなる嫌いがあるように思われる。

(2) 或る種が特定の環境をとるのは、その種がそういう必然性をもつためであると考えerことは正しい。しかしこの必然性はそれを反映した現象を繰返し経験し、それを整理することを通して認識されてゆくものである。充実した経験に先行して必然性が予想されるといったことがらば、一般には期待し得ないことであり、すくなくとも、こういった必然性の設定の仕方には客観性についての保証がない。BLACKBURN (1965) は中村の海流説を批判して「種と海流の間に、特別な関係が生ずる過程や、マグロがその海流の中に住んで得るところのものについては説明がない」といっているが、マグロの分布と環境との対応関係が未だ十分整理されていない現在の段階で、このような説明を求めると自体、無理なことであると考えられる。海流系理論は中村自身 (1954, 1959) が述べているように、分布についての現象を整理するための作業仮説である。作業仮説は、それによってどれだけの現象が説明されるかということを通して経験を整理する手段である。水温でも、滲透圧でも、こういった作業仮説としてとらえられ、議論も仮説としての手続きを十分ふみつつ展開されるのであれば、より実態に近づく方向への発展は十分期待できると思う。こういう意味で、筆者等も今後の研究の展開で、必然性についての説明にはあまりとらわれず、実際の現象をよりうまく説明し得るようなモデルの設定を旨とするつもりである。必然性はその後におのずと認識されるであろう。

(3) 最近の川合 (1966) の研究は注目される。川合は分布の“ところ”として水温構造を重点的にとり上げた。水温そのものではなくて、その分布構造が特に重要である理由は“水産生物が存在する場、時点の水温または他の属性をそれだけきりはなして扱うだけでは、それと生物の存在量との関係は一般にきわめて漠然としてしまう。水温構造として扱えば、その変化のうちに水塊・水型はもとより、水質・生産量・海流その他未知の要因の分布も或る程度反映させることができる”といった考え方によるものである。ここで、はじめてメバチの分布と温帯水域の季節躍層や熱帯水域の定常躍層との関連が注目された。川合によれば、メバチの場合は、熱帯・亜熱帯では温度躍層、すなわち下層汐境に沿って形成される。これには二種類あって、ひとつは亜熱帯環流内の均質水域の周辺部汐境、他は熱帯冷水域周辺汐境である。前者は、北太平洋ではいわゆる北太平洋流漁場と亜熱帯収斂線漁場に相当する。後者は、太平洋では赤道冷水舌及び、赤道逆流～北赤道流境界冷水舌の周辺汐境の漁場に相当する。今後この研究で展開される筆者等の考え方も、川合のこのような考え方とかなりの共通点をもったものである。

Ⅲ メバチの生活領域と漁獲のメカニズムについての著者等の解釈

著者等は、中村の作業仮説がマグロ・カジキ類各種の分布領域、特にそれを生態的な発育段階と対応させてかなりうまく説明してきたことに注目して、課題への approach をまず、この仮説の再検討からはじめたい。

メバチの分布に関して、中村の仮説でうまく説明がつかなかった点については、すでに前章で述べたが、(1) こういったことが、他の魚種にくらべて特にメバチで多く経験されたことに、まず注目したい。(2) また、それが特に熱帯海域の漁場で経験されたことも重要である。温帯水域……例えば北部太平洋漁場……でのメバチの出現状態はむしろ中村の仮説でよく説明できる。著者等は(1)に関連して、まずメバチという種の生活様式が他のマグロ・カジキ類と異なり、全く海流系に拘束されないか、或いは、中村の扱ってきた表層の海流系の外に住むかのいずれかであろうと想定してみた。

これについては、従来からメバチの游泳層は他の魚種よりも深いといわれ、更にそういった考え方のうらづけも或る程度、得られている点を重視したい。たとえば、深度計のスモーク・グラスの記録の乱れから推したメバチの漁獲水深は80～100mで、明らかにキハダのそれより深い(渡辺 1961)。また、メバチの餌料生物組成もキハダとはかなり異なり、且つ、この相違の原因はメバチの游泳層の深さに求められている(渡辺久也 1958)。中村のとってきたような、分布を表層海流とだけ関連づける説明では、メバチの生態に関するこのよ

うな知見が積極的に生かせない。(2)で指摘したように、メバチの分布が熱帯水域でうまく海流系と対応しないことも、本種的生活領域が熱帯では表層にないことを示唆するものである。熱帯水域の対流圏には一般にその表層に混合層 (Mixing layer) が発達し、その下に顕著な水温躍層があって、対流圏は上下2層に分かれている。メバチの游泳層は、この水温躍層に沿った部分、或いはその下側にあると考えてみればどうであろうか。

このように分布を立体的に考え、生息環境の平面的な分化だけでなく、垂直方向にも同様なことを考えるなら、まず、メバチの分布と表面海流の対応のわるさは気にしないで済む。ここで躍層の深度変化に注意してみる。

- (1) 太平洋：注目されるのは、赤道を中心にした水域での対流圏の海洋構造である。ここには表面混合層が発達し、その下面には顕著な温度躍層が形成される。温度躍層は赤道無風帯を中心にした海域では第3図 (日高 1955 より略写) に示すようなものと考えてよい。躍層は 10°N と 0° の2カ所でもち上って浅くなる。北側の 10°N にあるもち上りは北赤道流と赤道反流の境界に相当するところであり、 0° のそれは、赤道直下の南赤道流中に生ずるものである。そして、 10°N のもちあがりには特にいちじるしい。一方、東部太平洋では、赤道のもちあがりには湧昇を伴う。2つのもちあがりにはさまれた凹状部は南赤道流と赤道反流の境界線にあたる。

まぐろはえなわの釣の平均到達深度は $100\sim 120\text{m}$ であるが、この到達線がどのような形でこの温度躍層をきるかみてみよう。温度躍層の中心の深度の変化によって第4図に示したように、Type-A から Type-E までのいろいろな形で躍層がきられることになる。ところで、最初仮定したように、メバチが躍層のすぐ下、または躍

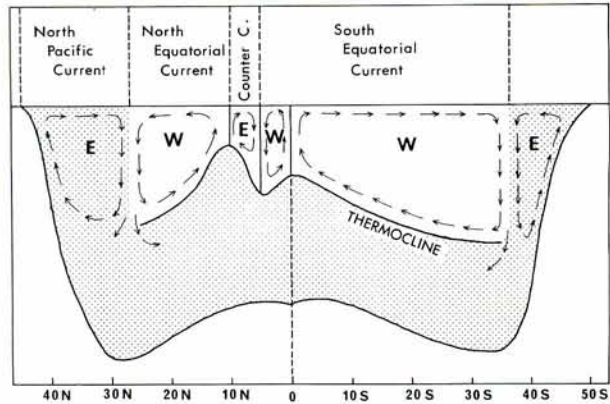


Fig. 3. Schematic illustration of oceanographic structure of the surface layer in the north and south direction in the Pacific Ocean (after Hidaka 1955) Dotted area is hypothetical habitat of bigeye tuna.

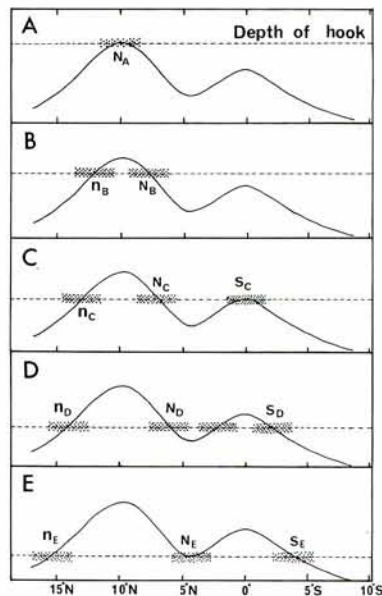


Fig. 4. Various supposed types of the formation of longline fishing grounds for bigeye tuna in the tropical Pacific Ocean where the permanent thermocline is in existence

Effective catch of bigeye tuna is expectable when longline hooks are suspended approximately at the depth of the thermocline, as pointed out by dotted areas in the panel. Each panel can be applied practically to the areas as follows:

Type A and B..... $120^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$
 Type C and D..... $160^{\circ}\text{W}-120^{\circ}\text{W}$
 Type EEast of 120°W

層に沿って分布したとしよう。この図では、鈎の到達線が躍層を切った点を中心に小点が施してあるが、メバチの游泳層についてはこの仮定が正しければ、図の小点を施した部分ではメバチが釣れてよいはずである。ここで、温度躍層の深度変化で留意しておかなければならないことは、その東西方向の変化である。太平洋の東側では温度躍層は浅く、西側では深い (SVERDRUP et. al. 1942)。したがって、西部太平洋→中部太平洋→東部太平洋と移行するにつれて、躍層全体が浅い方へもち上るために、鈎の到達線の躍層の切り方は西から東へ第4図の Type A→Type B→……Type E と変化してゆくはずである。今、説明の便宜のために鈎の到達線が水温躍層を切る部分に、第4図のように NA→NB→NC……NE と記号をつける。そして、これを東西に走る一連の漁場と考える。図からみると、NA-NB では、漁場は北赤道流と赤道反流の境界線辺りにあらわれ、NC-ND では南下して赤道反流に入り、NE では更に南下して赤道反流と南赤道流の境界に形成されることになる。NA-NB は $120^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ の海域、NC-ND を $160^{\circ}\text{W}-120^{\circ}\text{W}$ 、NE を 120°W 以東の海域と考えるならば、著者等の想定は実際とよく一致する。この場合、NA→Ns→NC→ND→NE と連る一連の漁場は熱帯太平洋漁場・北帯に相当する。同様に、SC→SD→SE のシリーズを南側の一連の漁場と仮定し、SC ははっきりしないけれども、 150°W 附近、SD を 140°W 附近、SE を 120°W 以東の海域と考えると、これは熱帯太平洋漁場・南帯にあたることになる。このような仮定にもとづけば、Type-D のように4ヶの漁場が期待される海域もあるはずであるが、実際には、接近した2つが互に連絡して相互の区別のできない場合が多い。 10°N 線の躍層のもちあがりの北側にも漁場が期待されてよいが、この海域では混獲される魚種——躍層の上側に分布する魚種——の分布密度が低くて、操業の実績が殆んどないために、この想定をたしかめることができない。しかし、第1図に示されるように、 170°W 以東、 $15^{\circ}\text{N}-20^{\circ}\text{N}$ の海域で釣獲率がかなり高いが、これは第4図の NB, NC 辺りに相当すると考えられる。第5図に温度躍層の深度が $100\sim 150\text{m}$ の海域を示す。この図は、太平洋の西半球については SVERDRUP 他 (1942) の、また、 140°W 以東については WYRTKI (1964) によって示された11月での等深度線を示したもので、黒地の水域では、躍層の深さが 100m と 150m の間にある。第1図に示したメバチの濃密分布域と黒地の海域との間におどろくべき一致が見出される。

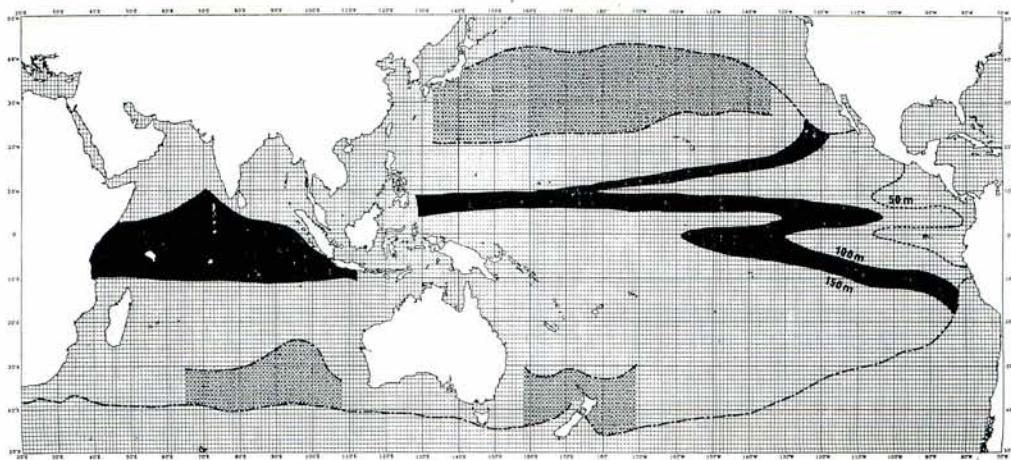


Fig. 5. Illustration of the area in which effective catch of bigeye tuna by longline is supposedly expected

Shaded area : Permanent thermocline is well developed. Depth of the thermocline is between 100 and 150m and approximately in accordance with that of longline hooks.

Dotted area : Permanent thermocline is not developed. Habitable water of bigeye tuna (the Central Water) ranges from surface level to some depth.

② インド洋：いくつかの海洋観測資料にもとづいて山中・安楽（1959, 1961）が示したいくつかの横断垂直水温分布図にもとづいて、温度躍層が100mと150mの間にある海域を大まかに推定し、第5図に示す。この図に示された温度躍層深度100~150mの海域と、メバチ漁場の一致もまた顕著である。

以上の観察結果からみて、表面混合層の存在する区域——北半球の亜熱帯収斂線と南半球の熱帯前線にはさまれた海域——での躍層深度とメバチ漁場の形成との間にはきわめて明瞭な関係があるといえる。

著者等は兩者の間にみられるこのような顕著な関連を次のように解釈する。「メバチは表面混合層を生活圏とするものではなく、その下面に沿った、或いはその下側の所謂、赤道水とか中央水といわれる水界の中にある。熱帯海域では、原則的には表面混合層が厚くメバチの分布水界の上を覆っているために、はえなわの釣はその生息圏に到達せず、好漁は期待できない。しかし、赤道無風帯付近では力学的に表面混合層が薄くなるために、はえなわ釣がメバチの生息水界に達するようになり漁業が可能になる。」

熱帯水域を除けば、メバチの分布についての中村の海流による説明はよく実際に合致している。北太平洋流域は、太平洋北半球に存在する亜熱帯環流の東行部にあたる。この海域には表面混合層は存在しない。いわばメバチの生息水界の露出部である。この海域には東西にわたりひろくメバチが出現する。時に、その分布密度は亜熱帯収斂線域や北太平洋流域の北よりの部分である Transition zone (SHOMURA and OTSU 1956, SETTE 1955) でも高くなるが、これは一種の推移帯における周縁効果とみてよいであろう。太平洋の北半球では、亜熱帯環流の東行部の発達が発著であるのに反し、南半球では、これはニュージーランドの周辺にみとめられるだけで、一般には発達がわるい。そのために、比較的高緯度海域にもひろく表面混合層が存在して、北半球のそれ程メバチ漁場は発達せず、漁場はニュージーランド北方水域に局限されることになったと考えられる。

インド洋では、亜熱帯環流は南半球にしか存在しない。その東行部に相当すると思われる水域に、かなり魚群密度の高い漁場が存在することが最近明らかになりつつあることは、既に述べた通りである。

亜熱帯環流の更に外側の部分、即ち、北半球の極前線の北側や、南半球の亜熱帯収斂線の南側の亜極水や中層水の卓越する水域には、すくなくともメバチのはえなわ漁場は全く形成されていない。

以上の観察をとりまとめて、メバチの分布の様相を統一的に解釈するなら以下のようなものである。

『熱帯域にひろく発達する表面混合層にはメバチは分布しない。また、亜極水や中層水にも分布しない。本種の生息圏は熱帯域の表面混合層と亜極水や中層水との間にある空間である。言葉を換えれば、中央水と赤道水によって占められる空間である。そうして、

- (1) 熱帯海域のメバチ漁場は、メバチの分布水界の表面が何らかの理由でもちあがり、はえなわの釣が到達し得る深度に達する水域に、
- (2) 温帯域のメバチ漁場、例えば、北太平洋流中に発達する濃密分布帯や南インド洋のそれは、メバチの分布水が直接海面に露出した部分に夫々形成される。』

東部太平洋で熱帯太平洋漁場が南帯と北帯に分離することについては、従来、湧昇、並びにフンボルト海流に起因する冷水がマグロ類の集積を妨げるといった見地から説明がなされていた（中村・山中 1959, 藪田・行繩 1959, 木川 1966）。しかし、著者等の作業仮説によれば、熱帯太平洋漁場の南北帯への分離はそれとは別の機構、即ち、第4図の TypeC~TypeE に示されたような赤道無風帯における躍層の変化、とそれにもとづく漁具の効率の変化によるものであり、これら両漁場の中間水域に魚群が分布することを積極的に否定するものではない。事実、東部太平洋でもっとも冷水が発達する第4四半期に100°W~120°Wの間の赤道沿いの水域に濃密な魚群が出現する（久米 1963, 1969 (2)）。

著者等は、メバチのように躍層の中、或いはすぐ下側に分布すると想定される魚群の“はえなわ”に対する availability が躍層の深さだけで決定されると考えているわけではない。

さらに、東部太平洋の100°W~120°Wの間の海域で、冷水が発達する時期にメバチの釣獲率が高くなることを述べたが、この時期、この海域の躍層の深度は50m前後で、はえなわの釣はメバチの游泳層を素通りしてしまうはずである。にもかかわらず、メバチの漁獲があるということは、何か別の海洋学的な機構にもとづいて、はえなわの釣の到達深度がメバチの游泳層に一致するようになるためであると思われる。これとは反対

のケースとして $130^{\circ}\text{W}\sim 150^{\circ}\text{W}$ の間では、躍層の深さから推してもっとメバチの漁獲があってもよいはずであるのに、実際にはあまり釣れていない。

こういった現象は、この海域に発達する赤道潜流の盛衰とつよく関連しているらしい。赤道直下の海域では躍層面に Cromwell 海流があって東行し、その上に南赤道流があって西行する。そのために、海流間の速度差は常時数マイルに達すると思われる。このような条件をもった水域にはえなわが敷設されると、その下の方の部分はおそらく強い潜流に上半分とは反対の方向に流されて、釣は $100\sim 120\text{m}$ の層には達せず、それより浅い層に維持されるものと思われる。 $130^{\circ}\text{W}\sim 150^{\circ}\text{W}$ の海域では、躍層の深さはえなわの平均深度に相当し、当然、相当の漁獲が期待されてよいのに漁がないのは、おそらく上述したような理由で、えなわの釣は温度躍層に達しないためであろう。逆に躍層の浅い $100^{\circ}\text{W}\sim 120^{\circ}\text{W}$ の海域では、潜流勢力の特に強い第4四半期に釣が丁度躍層の中心に維持されるようになり、メバチの好漁となるとと思われる。

IV 新解釈にもとづいた若干の議論

- (1) まず、メバチの生活領域をとらえる手段として適水温を考えてみる。いうまでもなく、分布域を適水温と結びつけて考えることは古くから行なわれてきた。例えば Uda (1957) によれば、メバチの適水温域は $17.5^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{C}$ である。第6図にメバチの高釣獲率帯と表面等水温線とを重ねて示してある。高緯度の海域—北太平洋流域やニュージーランド北方水域といったメバチの生息水界の露出部—では従来いわれてきたメ

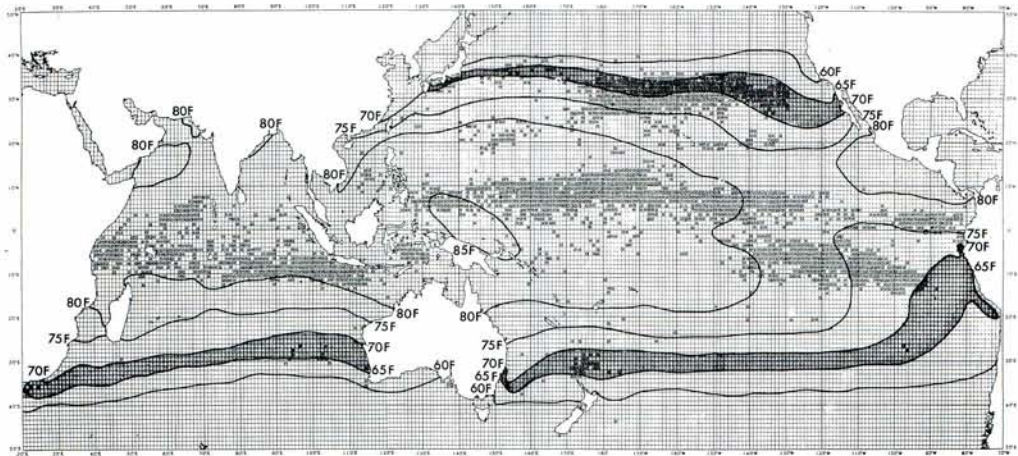


Fig. 6. Comparison between occurrence of effective catch of bigeye tuna by longline (one degree square with a small open circle) and distribution of surface water temperature, in November

The area having surface temperature ranging between 70°F (21.1°C) and 65°F (18.3°C) is shadowed. This temperature range is the optimal one for bigeye tuna reported by Uda 1957.

バチの適水温である 20°C 線とメバチの濃密分布との間には関連が指摘される。冬期のこの水域では温度の垂直安定度がきわめて小さいから、表面水温は同時にメバチの游泳層の水温とみてよい。一方、低緯度の熱帯海域ではメバチの濃密分布は所謂、適水温よりはるかに高い表面水温に適應してあらわれる。また、濃密分布帯は、時には表面等温線を直角に横切るような形で形成される。しかしながら、こういった海域でも、もう少し注意深く温度躍層の中心部の温度（山中・安楽 1959, 1961, WOOSTER and CROMWELL 1958, BRANDHORST 1958, CROMWELL 1958, SHOMURA 1955, 山中・安楽・森田 1965）を調べると、その温度は所謂適水温におどろく程よく一致することが見出される。これらの資料によれば、躍層の中心温度は太平洋でもインド洋でも、殆んど 20°C 前後となっている。結局、メバチの広汎な分布範囲全体をみわたして

みて、仮に、それが高緯度海域に位置するにせよ、また、低緯度海域で熱帯性表層水の下側に位置するにせよ、游泳層の温度そのものは、ほぼ 20°C 前後にあるとみてよいらしい。メバチの生息水界として熱帯域の表面混合層を除いた“上層水”を考えるとという著者等の立場は、結果的には適水温を含む水界を与えたことにもなるわけである。

但し、適水温帯といったらえ方では、生活領域とその外界との接し方（関係）がよくわからない。もう少し具体的にいうと、メバチの生息水温は何度から何度といっても、そういっただけでは、その水温限界がどのような海洋構造のもので、それが周囲との物質のやりとりによつてどのような影響を与え、更に周囲の生物社会との間にどのような関係が考えられるかといった問題については、手がかりを与えてくれない。著者等が提案した形で生活領域をとらえた方が、メバチの生息域が他魚種のそれとは躍層という不連続面で接していること、後述するように、本種の生息域では十分な光合成作用は期待されず、本種の生産力と海洋の基礎生産とはかなり特殊な形でつながっているらしいといったこと、更には本種の未成熟群は、中央水が表面に露出した部分にまでひろがるが、成熟群はそれが熱帯域の表面混合層に覆われた部分に集中するといった、機能的或いは生態的な側面をより理解しやすくするという面で効果的であると思われる。結局、適水温帯という考え方は、メバチの生活領域をとらえるための作業仮説としては、或る程度成功であるけれども、分布のもつ生態的、機能的な側面の説明力に欠けるといえる。

- (2) キハダの場合、海洋の基本生産性とその分布の間には、かなり直接的な関連のあることが指摘される (SETTE 1955)。しかし、メバチの場合、その濃密分布帯と基本生産性の高い水域との一致を積極的にうらづけるような材料は得られていない (SETTE 1955, KING and HIDA 1957) (第7図)。すくなくとも、著者等が想定したように熱帯水域で深い位置にメバチの生活領域を考えると、この領域は、基本生産の高い表層水界とは温度躍層をもって距てられることになる。海洋の基本生産性とメバチの濃密分布の間にはっきりした対応がでてこないのは当然のことといえよう。このような考え方が正しいとすれば、おそらく、メバチの生活領域内での基本生産量は、そんなに大きいものではないであろう。しかし、何等かの形で基本生産物

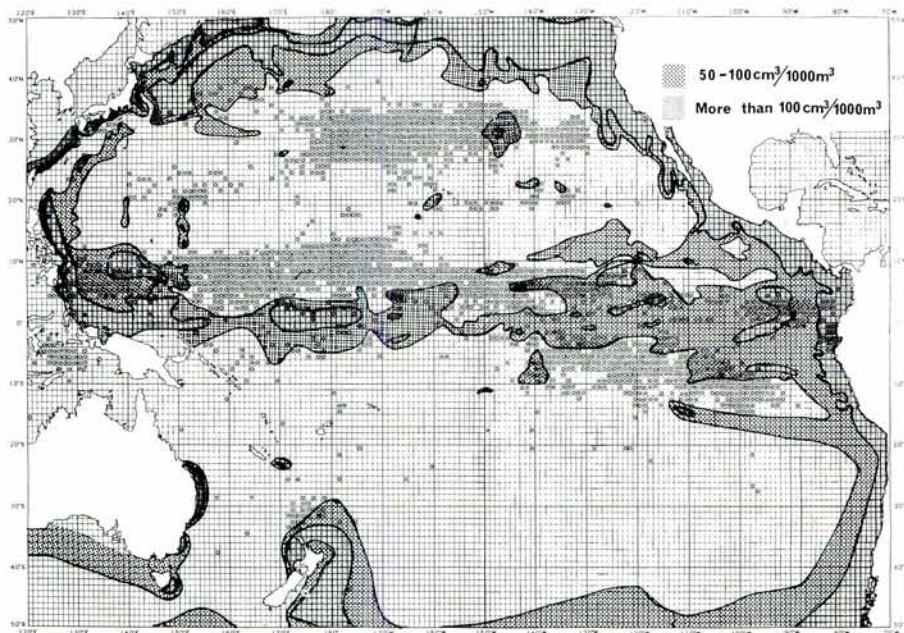


Fig. 7. Zooplankton abundance (after Reid 1962) compared with the distribution of high hooking-rate of bigeye tuna (represented by one degree square with a small open circle) in the Pacific Ocean

がメバチの生活圏へ移行し、これによってメバチの資源が支えられているはずである。おそらく、温度躍層の表面に表層水界で生産された種々の形の有機物や或いはそれに依存する生物、たとえば“いか”が集積されこれを躍層の中或いは下側からメバチが捕食するといった形で、基礎生産物の移行が行なわれるのではなからうか。この点を考えると、躍層を中心とした空間では所謂、周縁効果がいちじるしくあらわれていると思われる。こういった形の基本生産力とのむすびつきは、海水の対流とか、湧昇といった Fertilizing system の発達した悪いメバチの生活領域全体（中央水や赤道水）についていえることのようなのである。他の水界からの生産物をうけとりやすい形にメバチは分布することになるから、その分布を考える場合、周縁効果を特に重視する必要があると思われる。そうして、このような考え方は、更に、

(i) 久米 (1969(1)) が示したように、亜熱帯収斂線に魚群が集積することもある。(亜熱帯収斂線は表面混合水と中央水の境界である。)

(ii) 温帯水が表面に露出している時でも、魚群は寒帯水との接触面、即ち北太平洋流漁場の中でも特に transition zone (SHOMURA and OTSU 1956, MCGARY and STROUP 1956, 久米 1963) といわれる部分により多く集積される。

といった事実によって、うらづけられているように思われる。

- (3) 北部太平洋漁場に出現する魚群は、木川 (1957) によれば、性的に未成熟、或いは休止期にある群である。久米 (1969(2)) はガラパゴス島西方の赤道直下の水域に、湧昇流に起因する冷水 (25°C 以下) が発達する時期に出現する魚群の性的活性の低いことを指摘している。一方、熱帯太平洋漁場の南北帯や熱帯インド洋漁場の魚群の性的活性は高い (木川 1966)。また、稚魚の出現状態 (上柳 1967) から推すと、メバチは熱帯域の表面混合層中で産卵する可能性が大きいように思われる。これを考慮して、成熟群と未成熟群のすみわけ (久米 1967, 1969(2)) について以下のように解釈する。

「性的活性が高くなると、魚群は漸次熱帯域の表面混合層の下側に集り、やがて表面混合層の中で産卵する。結果として、北部太平洋漁場のように表面混合層が全く発達していないか、或いは湧昇流が発達して表面混合層の存在がはっきりしなくなるような海域には、未成熟個体だけが残ることになる。」

- (4) 太平洋では、温度躍層はその東側に至る程浅くなることは、既に述べたが、これと魚体が大洋の東側程大きくなる (久米 1969(2)) ことと関連があると考えることができる。この考え方は、一般に大型魚の游泳層は深く、逆に小型魚のそれは浅いという考え方を前提としている。

今、仮に大型のもの程、游泳層が深いとしても、生活圏全体が浅いところへもち上げられると、大型魚が漁具に遭遇するチャンスが多くなる。逆に躍層そのものが深いと、游泳深度の浅い小型魚がはえなわの鉤に遭遇するチャンスが多くなる反面、大型魚は漁具の到達深度より更に深いところに位置し、はえなわの有効範囲外に去ることになる。とすれば、躍層の浅い東部太平洋では西部より大型魚の釣れる機会が増し、結果として、体長組成には東側の方が大型魚の割合が大きく、西側の方では小型魚の割合が大きくなるという傾向があらわれてよいことになる。

もし、このような考え方が正しいならば、太平洋のメバチの魚群構造についてしばしば表明されたひとつの考え方、即ち太平洋のメバチは全体として単一のポピュレーションであり、成長とともに魚群は東部太平洋へ収斂するという考え方に対して、別の考え方が提出されることになる。それは「魚体が東方形大きくなるのは、必ずしも成長による東方への収斂によるのではなくて、単にみかけ上のものである。したがって、太平洋全体として、必ずしも単一の魚群体を考える必要はなく、複数の半独立の魚群が東西に並んで存在するといった考え方もできる。この場合、西方のもの程、游泳層が深いために、成長にともなってはえなわによる漁獲がまぬがれる機会が多くなる」といったものである。これら2つの考え方を比較検討することは、今後、太平洋メバチのポピュレーション構造を論ずる場合のきわめて重要なポイントになることを指摘しておきたい。

- (5) メバチの生活領域についての新しい解釈にたてば、インド洋の熱帯水域で漁獲されるキハダとメバチの釣獲率の経年変化にあらわれたいちじるしい差についても、一応説明を与えることができる。第8図は 12°S 以北の海域におけるキハダとメバチの釣獲率の経年変化を比較したものである。本図に示した魚群量指数は

以下のようにして計算されている。

- ① キハダ：林 (1966) は、インド洋のキハダの釣獲率を東部、中部、西部の3海区に分けて年別に示している。この釣獲率を加え合わせて、インド洋全体の魚群量指数とする。
- ② メバチ：1954年については、南海区水研が行なった魚市場でのききとり資料、1955～1963年については坂本 (1966) によって編集された資料、1964年については、水産庁編「まぐろはえなわ漁業、漁場別統計調査結果報告」に収録された資料を用い、坂本 (1966) にしたがっ

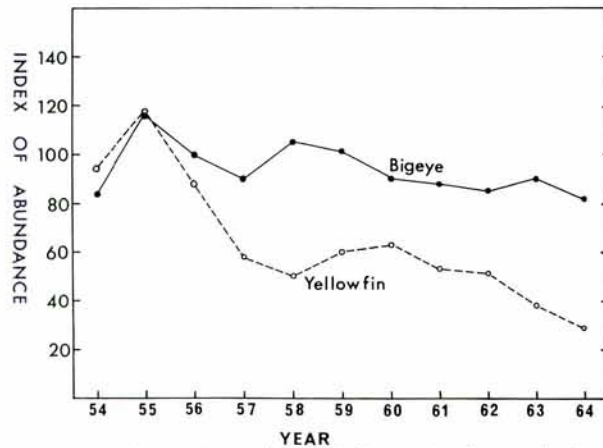


Fig. 8. Comparison of annual change in the population abundance between bigeye tuna and yellowfin tuna in the Indian Ocean
As an index of abundance, average hooking-rate of each species for first three years is taken to be 100.

て、 P (魚群量指数) = $\sum A_i \cdot r_i$ (A_i は i 番海区の面積, r_i は同じく釣獲率) として算出する。インド洋熱帯水域においては、メバチ、キハダ両種の分布はきわめてよく合致するにもかかわらず、釣獲率の経年の変化傾向にはいちじるしい差がある。キハダの釣獲率が1/3以下のレベルまで減少したのに反して、メバチでは釣獲率には殆んど低下があらわれていない。このような釣獲率の変化傾向の差については『何等かの理由で漁具の効率が魚種によって異り、メバチはまびかれにくい反面、キハダは効果的にまびかれて、その差が魚群量の減少過程にも反映した』と考えるのである。そうして、著者等の立場からいえば、このようなまびきの効率に差を生ぜしめる原因は、メバチとキハダの游泳層の差である。メバチの游泳層はキハダのそれよりも深いために、はえなわの釣はメバチの游泳層に十分達せず、魚群のごく一部分しかまびかれにくい反面、キハダは十分に漁具に遭遇する機会があり効果的にまびかれると考える。

V 今後の問題点

- (1) ここで著者等の提案したメバチの生活領域についての新しい解釈をメバチの生活史全体を通じてあてはめることは危険である。この作業仮説は、はえなわの漁獲記録にもとづいて組立てられたものであり、厳密にははえなわの対象となるような年令の魚群だけに適応されるものである。生活の場が比較的海洋の表層部にあって、はえなわの漁獲対象とはなりにくいと思われる若年魚群については、適応に先立って特に注意深い吟味が必要と思われる。最近、低緯度水域での表層漁業が漸次盛んになりつつあるが、この海域では表層でかなりまとまった量のメバチが漁獲されているようである。例えば、
 - (i) 珊瑚海南部水域で手釣りによって表層を游泳中のメバチ、キハダ混合群が漁獲されるのとことであるが、この時漁獲されるメバチの体長はほぼ 100cm である (久米 1969(2))。
 - (ii) また、マリアナ群島、パラオ諸島、カロリン群島周辺海域で、カツオを主対象とする竿釣り船が活動しているが、ここではカツオ群のみでなく、キハダ、メバチ混合群に遭遇することがかなり多いということである。

このようにみえてくると、メバチも、その生活史の初期には、熱帯性表層水を生息圏とし、ある年令に達してはじめて熱帯性表層水をはなれ、温帯水 (赤道水、中央水) に移るものであると考えられる。同一魚種でも、その発育段階で異った生活環境をとることは、すでにしばしば多くの研究者により指摘されたことがら

である。

- (2) メバチの生活領域に関する著者等の新しい解釈は、すくなくとも、木種の漁場形成、漁獲物の大きさ、釣獲率の経年変化といった漁具のはたらきと直接関係した現象についての過去のそれよりも、うまい説明を与え得たと考える。しかし、著者等の作業仮説によれば、熱帯水域に形成されるメバチの高釣獲率帯ははえなわのメバチに対する漁獲効率の高い海域のことであって、これがメバチの分布の元来の姿を示しているという保証はない。もちろん、躍層の深さははえなわの深さが一致して、メバチ漁場として能率的な開拓の行なわれている海域以外にも、メバチは分布していると考えられる。ただし、それが均一に分布しているとは考えていない。南太平洋に広汎に広がる中緯度海域では、躍層そのものがきわめて深く、光合成層からいちじるしく距っているために、躍層の深度では生物生産は盛んでなく、したがって、ここで生産されるメバチの量も大きいものとは思われない。しかし、反対に、ところによっては、濃密分布が現在開拓されている漁場の外側海域までひろがっている可能性も考えられる。特に、熱帯太平洋漁場の南帯と北帯の中間に位置する低釣獲率帯や、東部太平洋における北帯の北側海域では、躍層がきわめて浅くて光合成層の中にあるために、躍層の下、或いは中でもかなり活発な基礎生産が期待されるから、メバチが高い密度で分布する可能性が非常に大きい。しかし、この場合でも、たとえば、北帯の北側海域では躍層が浅いために、仮に相当量のメバチが分布しても、はえなわでは能率的な漁獲が期待できないのだと思われる。こういった点について、実証をつみ重ねつつ理解をましてゆかなければ、魚群の分布は十分把握できないであろう。
- (8) この研究で用いた躍層の形状に関する考え方はむしろ古典的なものである。ここで、注意しておかなければならないことは、近年観測網が充実し、水温躍層や海流についての情報が蓄積されるにつれて、東部太平洋で南赤道反流の存在がとりあげられるようになってきたことである。南赤道反流の存在は必然的に躍層の形状にも影響を及ぼすと考えられる。今後、この種の研究成果を注意しながら、現在のモデルを発展させてゆきたい。

Ⅵ 文 献

- 1) ALVERSON F. G. (1960): Distribution of fishing effort and resulting tuna catches from the eastern tropical Pacific by quarters of the year, 1951-1958, IATTC Bull. 4 (6), 321-446.
- 2) ALVERSON F. G. (1963): Distribution of fishing effort and resulting tuna catches from the eastern tropical Pacific ocean, by quarters of the year, 1959-1962, IATTC Bull. 8 (6), 319-379.
- 3) AUSTIN T. S. (1954): Mid-Pacific Oceanography III, Transequatorial Waters, Aug.-Oct. 1951, S.S.R. Fish. 131, 1-17.
- 4) BLACKBURN M. (1961): Distribution and Abundance of Eastern Tropical Pacific Tunas in Relation to Ocean Properties and Features, Man. inf. Pacific Tuna Conf. Honolulu 1961, V (4), 1-15.
- 5) BLACKBURN M. (1965): Oceanography and the Ecology of Tunas. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 3, 299-322.
- 6) BRANDHORST W. (1958): Thermocline Topography, Zooplankton Standing Crop and Mechanisms of Fertilization in the Eastern Tropical Pacific. Jour. Conseil, 24 (1), 16-31.
- 7) CROMWELL T. (1954): Mid-Pacific Oceanography II, Transequatorial Waters, June-Aug. 1950 Jan.-Mar. 1951, S.S.R. Fish. 131, 1-13.
- 8) CROMWELL T. (1958): Thermocline Topography, Horizontal Current and "Ridging" in the Eastern Tropical Pacific. IATTC Bull. 3 (3), 135-164.
- 9) 林 繁一 (1966): マグロ漁業に関するシンポジウム。第2部, 資源, 重要資源の動向と現状。3, キハダ, 日水会誌 32 (9), 767-774.
- 10) 日高孝次 (1955): 海流, 岩波全書, 182, 岩波書店 東京
- 11) 川合英夫 (1966): 赤道太平洋における水温垂直分布の季節変化, マグロ研究協議会議事録, 昭和41年度,

- 180—184.
- 12) 木川昭二 (1957) : 西太平洋のメバチの産卵水域, 南水研報告 5, 145—147.
 - 13) 木川昭二 (1966) : 太平洋のマグロ延縄漁場におけるメバチ及びキハダ成熟魚の分布と海域別産卵可能量の考察, 南水研報告 23, 131—208.
 - 14) KING J. and T. S. HIDA (1957) : Zooplankton Abundance in the Central Pacific, Part II, Fishery Bull. 57 (118), 365—395
 - 15) 久米 漸 (1963) : メバチの生態学的研究—I, 東部太平洋におけるメバチの分布について, 南水研報告 17, 121—132.
 - 16) KUME S. (1967) : Distribution and Migration of Bigeye Tuna in the Pacific Ocean, Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep. 25, 75—80.
 - 17) 久米 漸 (1969) (1) : メバチの生態学的研究-V, 北部太平洋 (16° N以北) における分布と魚体並びに魚群構造に関する既往の知見の集約と問題点, 遠水研報告 1, 33—51.
 - 18) 久米 漸 (1969) (2) : メバチの生態学的研究-VI, 赤道 (16° N以南) 並びに南部太平洋における分布と魚体に関する既往の知見の集約と若干の考察, 遠水研報告 1, 55—76.
 - 19) MCGARY J. W. and E. D. STROUP (1965) : Mid-Pacific Oceanography, Part VIII, Middle Latitude Waters, January-March 1954, U.S. Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept-Fish. No.180.
 - 20) 中村広司 (1954) : 海流とマグロ漁場, 水産科学 14, 9—17.
 - 21) 中村広司 (1959) : マグロ延縄漁業平年漁況図, 総説, 昭和33年版, 日本鯉鮪漁業協同組合連合会.
 - 22) 中村広司, 山中 一 (1959) : マグロ類の分布と海洋構造, 日海会誌 15 (3), 1—7.
 - 23) REID J.L. (1962) : On circulation, phosphate-phosphorus content, and zooplankton volumes in the upper part of the Pacific ocean, Limnology and Oceanography 7 (3), 287—306.
 - 24) 坂本久雄 (1966) : インド洋におけるメバチの魚群量と年令組成の変動, 南水研報告 24, 31—40.
 - 25) SETTE O. E. (1955) : Consideration of Mid-Ocean Fish Population as Related to Oceanic Circulatory Systems. Jour. Mar. Res. 14 (4), 398—414.
 - 26) SHIMADA B. M. (1958) : Geographical distribution of the annual catches of yellowfin and skipjack tuna from the eastern tropical Pacific Ocean from vessel log book records, 1952—1955, IATTC Bull. 2 (7), 289—363.
 - 27) SHOMURA R. S. (1955) : Long-Line Fishing for Deep-swimming Tunas in the Central Pacific, Aug.-Nov. 1952, S. S. R. Fish. 137.
 - 28) SHOMURA R. S. and T. OTSU (1956) : Central North Pacific Surveys, Jan. 1954—Feb. 1955, S.S.R., Fish. 173, 1—29.
 - 29) SVERDRUP H. U., JOHNSON M. W. and R. H. FLEMING (1942) : The Oceans. 1087pp, Prentice-Hall, New York.
 - 30) UDA M. (1957) : A Consideration on the Long Year Trend of the Fisheries Fluctuation in Relation to Sea Conditions. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. 23 (7,8), 368—372.
 - 31) 上柳昭治 (1957) : 西部太平洋におけるビンナガの産卵, 南水研報告 6, 113—121.
 - 32) 上柳昭治 (1967) : マグロ類の産卵場について, 鮪漁業 No. 60.
 - 33) 渡辺久也 (1958) : 西部太平洋赤道海域におけるキハダとメバチの食餌組成の相違について, 南水研報告 7, 72—81.
 - 34) 渡辺博之 (1961) : はえなわによる漁獲深度の研究, 神水試資料集 4.
 - 35) WOOSTER W. and T. CROMWELL (1958) : An Oceanographic Description of the Eastern Tropical Pacific. Bull. Scripps Inst. Ocean. Univ. Calif. 7 (3), 169—282.
 - 36) WYRTKI K. (1964) : The Thermal Structure of the Eastern Pacific Ocean. Ergänzungsheft Reihe A(8°), Nr. 6 zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, 1—84.

- 37) 藪田洋一, 行細茂理 (1959): 太平洋赤道海域の漁場, マグロ延縄漁業平年漁況図, 昭和 33年版, 263—307.
- 38) 山中 一, 安楽 昇 (1959): インド洋におけるマグロ漁場の海洋学的研究, I. 冬季における海況の概要とマグロ類の分布, 南水研報告 11, 147—164.
- 39) YAMANAKA H. and N. ANRAKU (1962): Relation Between the Distribution of Tunas and Water Masses of the North and South Pacific Oceans west of 160° W. Nankai Reg. Fish. Res. Lab. Rep. Special-1, 23—34.
- 40) 山中 一, 安楽 昇, 森田二郎 (1965): 西部太平洋における海況変動, 南水研報告 22, 35—70.
- 41) 山中 一, 安楽 昇 (1961): インド洋におけるマグロ漁場の海洋学的研究, II. 夏季における海況の概要とマグロ類の分布, 南水研報告13, 1—19.