

太平洋ではえなわ漁業の対象となった キハダ資源診断における資料の取扱い と 1950—1964 年資料への適用*

本間 操・上村忠夫**・林 繁一
(遠洋水産研究所)

Compilation of catch records for assessment of yellowfin
tuna stocks in longline fishery in the Pacific Ocean,
and application to data for the years of 1950 to 1964.

Misao HONMA, Tadao KAMIMURA** and Sigeiti HAYASI
(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

Synopsis

1. Analysis of abundance by age groups are more appropriate than the logistic models (*e. g.* SCHAEFER's model), for assessment of yellowfin tuna stocks in longline fishery that comprise several significant age groups older than two years after birth. Data required for this type of study are age composition of the catch as well as amounts of the catch and fishing efforts. It is expensive to collect sufficient amount of age and length data from the tunas caught in almost entire tropical and temperate zones and landed at several ports throughout the year. Described in detail are procedures of conversion of length composition data taken by various scientific missions to the age composition, and conversion of commercial body weight records taken at the fish markets to length composition.
2. Present report also covers description of procedures to compute regional catch in term of weight, relative abundance of the stock, and effective overall fishing intensity.
3. The procedures given in items 1 and 2 were applied to a series of data taken in the major fishing ground in the Pacific Ocean, western and central equatorial waters west of 120°W during 1950 through 1964. The computation is based on two extreme assumptions on the population structure, because there appear diverse opinions of degree of intermingling among the fish along the equator. The one is that all the fish under discussion belong to a single biological unit, and the other that two exclusively isolated groups inhabit the western area, west of the date line, and the central area of the east.
4. Density, and average and dominant ages of the yellowfin tuna have been on the decrease against increase of the fishing intensity during the fourteen years ending in 1964. Decreases in the abundance and ages were only slight in the western area, but remarkable in the central area.
5. Coefficients of mortality of four-age fish (3.5 to 4.5 years) and older were positively correla-

* 1970年4月1日受理. 遠洋水産研究所業績 第38号.

** 現在日本海区水産研究所勤務

** Present address: Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Niigata.

ted with fishing intensity. Assumption of the population structure exerted no influence over the slopes of the regression lines, *i. e.* catchability coefficients, which were averaged 0.028 per 1,000 hooks per one-degree square. On the other hand, the natural mortality coefficients varied depending the area; 1.2 for the whole waters under discussion, 2.5 for the western area, and 1.1 for the central area. All these three mortality coefficients appear far beyond the previous estimates, and then suggest that the yellowfin tuna emigrate from the equatorial waters, especially from the western area, after they reach around 3.5 years in age.

6. The locus of mortality of three-age fish (2.5 to 3.5 years) on the fishing intensity curved, and then indicates that three-age fish are not fully recruited to the fishery.

7. Number of fish at 1.5 year after birth was calculated to range between 1,700,000 and 5,000,000 for the assumed natural mortality coefficient of 0.3 based on the relationship with the maximum duration of life span or between 4,500,000 and 6,500,000 for the other assumption of 0.8 quoted from the studies on the young fish in the eastern equatorial Pacific. In the meantime, it is interesting to note that there appears no evidence for yearly decrease of the recruitment to the stock under study.

8. The present analysis of catch records seems to support KAMIMURA and HONMA's (1963) hypothesis on the population structure, *i. e.* the yellowfin tuna in the western area gradually shift eastwards during development in the life history.

The evidences for this are:

a). Dominant age groups are two- and three-year olds in the western area, and three- and four-year olds in the central area. Movement of the fish from the western area to the central area is likely attributed to the tremendously high natural mortality coefficient associated with the stocks in the former area.

b). The fishing intensity has been continuously higher in the western area than in the eastern area. If there were exclusively isolated groups in each of the two areas, therefore, the effects of exploitation on stocks would appear more evidently in the western area. However, abundance and average age in catch indicated more significant decrease in the central area of low fishing intensity than in the other.

9. Based upon the observed fluctuations in abundance, age composition and size of recruitment, it is concluded that the highest fishing intensity realized in 1963 might have not depleted the reproduction of the stock, and that, however, only a little marginal increment of yield is expected for further expansion of the fishery.

は し が き

1950年代での漁業の発展の歴史をみると、キハダは漁場開発の当初から漁獲の主対象であった。そのために他種に先立ってその資源の減少が論議的となり、許容される漁獲量の推定は緊急な課題とされてきた。そのために漁業管理への意見は、しばしば資料処理の背景にある考え方や計算過程が明らかにされないままに、発表されてきた（たとえば上村 1965, 上村他 1966）。

こゝでは、はえなわ漁業の対象となるストックの資源評価の方法と、それに必要な資料の処理、とくに年令組成の集計方法を報告する。なおこの手法を、試みに太平洋におけるキハダの主漁場でありかつ早くから開発が進められた中西部赤道海域のストックに適用して、その資源状態と系統群構造とを検討した。

本研究は旧南海区水産研究所以来継続して行われているマグロ協同資源調査の一環として進められた。したがってその完成には多くの方々の御協力と御援助とがあった。旧南海区水産研究所高芝愛治所長、遠洋水産研究所矢部博前所長は終始研究の進行を推進され、また同所員各位は資料の収集、解析に協力し、また貴重な御意見をあたえられた。50隻にのぼる練習船、調査船関係の各位、市場調査を担当された各位、ならびに漁獲記

録を報告された漁船関係の各位は、本研究の基盤となっている資料の収集に多大の労苦を払われた。さらに遠洋水産研究所木部崎修所長、須田明浮魚資源部長、福田嘉男企画連絡室長、山中一郎海洋部長は原稿を閲読された。これらの方々にあつく御礼申し上げます。

1. 研 究 史

太平洋のキハダの個体群の構造については形態比較、漁場分布、稚魚分布、標識放流など多面的な検討が行われているが、それらの結論には海域的な隔離を主張する立場と、海域間の交流を主張する立場とがある。両者は絶対的に排除しようともいいきれないが、この不一致は資源評価を進める上に大きな問題点の一つとなっている。

太平洋のキハダでは形態比較の結果、体の諸部分の体長にたいする相対長に地域差が認められている。大量の資料を人類学的手法で解析した ROYCE (1964) の研究を例にとると、赤道海域のキハダでは頭長、鰭の長さなどについて東西方向に *cline* が認められる。同氏はそれに注目して各形質の地域平均と変異とを吟味して、太平洋のキハダの多くは稚魚期を過ぎた場所から 200~300 哩のはんいで一生を送ると推論し、いくつかの系統群の存在を示唆している。

広い海域からはえなわでとられたキハダの密度や体長組成の分布は地理的に連続しており、この点からは十分隔離したいくつかの系統群の存在を指摘することはできない。上村・本間 (1963) は 1954 年 4 月から 1959 年 3 月に 150° E から 150° W のはんいでえられた資料にもとづいて、中西部赤道海域の魚群分布が東西にわたって連続し、断層的な変化はみられないこと、東西の海域の魚体組成に相補的な関係が見出され、西方の海域では小型群が多獲され中・大型群の漁獲が少なく、東方に向うにともなって小型群が減少し、中・大型群が増加することから、西方の小型群のかなりの部分が成長にともなって中部太平洋へ移動すると推定している。この考えに立脚して年令別漁獲尾数を解析した石井 (1968) は中・西部太平洋赤道水域で漁獲されるキハダのほとんどすべてが 180° 以西で加入したという結果をえている。しかし釣獲率の地域の変異に基づくこの考察には一つの問題が指摘される。キハダとは直接関係はないが、須田他 (1969) は太平洋のメバチが東方にむかって大きくなる現象に関して、次のような解釈もありうるとしている。すなわち、水温躍層の深度が東西の海域間で相違するので、躍層の深い西方の海域では、メバチの生活圏が深層へおし下げられるために、はえなわにとっては、遊泳層の浅い小型魚を漁獲する機会が多くなり、躍層の浅い東方の海域では生活圏が全体的に上層へ押しあげられて遊泳層の深い大型魚を漁獲する機会が多くなる。その結果として東西海域の魚体組成に見かけ上の差を生ずることがありうるとする考えである。もしもこの想定が、キハダのばあいにもなりつつならば、魚体組成の東西方向の変化も分布域を異にする複数の系統群の存在を決定的に否定する材料とはならないことになる。

JOSEPH 他 (1964) は標識放流、形態測定、成長度、卵巣内卵数、体長体重関係、漁獲統計、稚魚分布など多くの性質、とくに標識放流と漁獲統計については龐大な資料を処理した。それに基づいて同氏らは東部太平洋の魚群と、中・西部太平洋の魚群との関係については、決定的な見解を打ち出すほどの裏づけはないとしながらも、地域性が比較的強いという従来の見解を再び提唱している。

以上に述べた太平洋のストックの構造にかんする基本的な見解の違いが、今のところ早急に解決される見通しはすくない。個体群構造にこのような未解決な問題を残しながらも太平洋のキハダ資源の開発や評価の研究は行われてきた。これらの研究を担当したのは中西部のはえなわ漁場におけるストックを対象とした旧南海区水産研究所および遠洋水産研究所を中心とする日本の研究機関、ならびに東部の表層漁業の操業海域におけるストックを対象とした汎米熱帯マグロ委員会 Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC と略称) である。いずれもキハダ資源の合理的利用を目的とし、大規模な調査結果に基づいて進められてきたが、これら 2 つのグループの研究には、かなり異った経過がみられる。

日本における遠洋性マグロの研究は古く岸上 (1915) にまでさかのぼるが、その漁業資源としての組織的研究は第二次大戦直後に着手された。その当時は出漁海区の制限、漁船および前進根拠地の喪失、資材の不足な

どのために日本のマグロ漁業は潰滅にひとしい状態にあった。それをたてなおすにあたって、過去の経験からみて、計画性あるいは安定性の欠除がマグロ漁業の大きな欠点として指摘された（南海区水産研究所，1951）。つまりいつ、どこへ行けばどのような魚がどれだけとれるかを知る必要があり、そのためにまずマグロ類の漁獲記録から、各々の種の分布や回遊の究明に主力が注がれ、その結果 1953 年には漁獲分布図とそれに基づく生活史に関する仮説が設定された（南海区水産研究所，1954）。この過程で、種、発育段階に対応する環境つまり海流系があること、回遊には魚自体の発育、産卵に基づく海流間の移動と環境自体の季節変化に対応する海流内移動とが区別されることがわかり、それと同時に漁業生産を有利にするための漁船の大きさについても目安がえられるようになった（中村，1954，南海区水産研究所，1954）。

それについて先にえられた結論の妥当性をたしかめるために、大西洋を除いて、漁場つまりここでは海流系の性格に関する研究が重点的にとりあげられ、漁獲分布および海流系の特長から、マグロと環境との関係がとりまとめられた（南海区水産研究所，1959）。その結果はつぎのように要約される。一つの海流系はおおむね均質な漁場であるが、その内部では海洋構造に対応して通例漸進的な体長組成の変化がみられる。太平洋、すくなくとも 180 度以西では、どの種でも漁獲物の大きさは東に大きく西に小さい傾向を示している。各海域の生産性は年により大きく変動するが、漁場が広範囲にわたっているのでその主因は資源量の変動によるものであると考えられる（南海区水産研究所，1959，p.9，中村 1965，漁業資源研究会議 1965，p.83）。

この間にマグロ漁業自体もいちじるしい発展をとげ、それと同時に新漁場における釣獲率の低減が大きな問題として浮かびあがってきた。1960 年代に入って 国内的には 資源の減少による経営不振の問題が急速に表面化するとともに、マグロ資源の国際管理の気運が一段と高まると、行政当局からは 1967 年を目標に、合理的な漁業規模に関する見解がまとめられ *population dynamics* の手法が急速にとりいれられるにいたった（漁業資源研究会議，1966，p.65，上村他 1966）。

この段階でキハダについて発表された報告としてはまず上村（1965）の研究をあげなくてはならない。それによると分布の中心部に当る赤道海域では、加入量の年変動も大きい、漁獲努力量の増大にともなう釣獲率の低下、魚体の小型化も顕著で、とくに中・大型群の主分布域に当る中部、東部赤道海域では、生残率の低下による魚群量の減少がいちじるしいことが観察されている。また 1962 年における漁獲係数は 1.3~1.7 にたったと推定され、強い間びきが行なわれていること、漁獲強度を 1962 年の水準以上に増大しても総漁獲量の増加はほとんど期待できないことなどが推定されている。

上村他（1966）は 1952~64 年における釣獲率および体長組成の経年変化に基づいて資源状態をつぎのように評価している。太平洋中西部赤道水域では努力量の増大にともなう単位努力当漁獲量の低下は東に向かうにしたがって顕著となり、180°~150°W および 150°~120°W では 1963，1964 年までに夫々開発当初の 1/2，1/4 に低下している。この減少は漁場内における生き残りの低下を反映しているが、それでもこの間 1963 年を除けば、最大持続生産量に対応する水準以上の努力量の投下が行われたとはいきれない。1963 年の 3/4 程度に当る 1964 年の努力量は、将来において平均として最大の漁獲をあげる上に適当と思われるが、この水準で漁獲を続けると資源の年令組成が単純になり、加入量の年変動がそのまま漁獲に反映されて、年による豊凶の差がいちじるしくなる。しかしこの研究は当時の行政ならびに業界からの緊急な要請を背景として行われたもので、個体群構造についての明確な見通しがえられないままに、とりあえずはえなわが対象とする太平洋のキハダは単一の資源として解析がすすめられている。

IATTC の研究は委員会結成後直ちに漁業管理、すなわち持続的的最大漁獲量（MSY）の推定を明確な目的として出発した（SCHAEFER，1954，p.27）。そこでもっとも単純な、しかしそれだけでもっとも早く結論がだせる Logistic 曲線の理論がとりあげられ、それによって太平洋東部熱帯水域における持続的的最大漁獲量は約 8.6 万トンであると推定され（SCHAEFER，1957，p.255），1962 および 1963 年における資源量はこの MSY を実現する水準より低いので、漁獲努力の制限が勧告された（IATTC 1965，p.39）。

2. 資料の内容ならびに集計の方法

はえなわで漁獲されるキハダの資源状態を評価するために利用できる資料は、主として旧南海区水産研究所および遠洋水産研究所が水産庁、日本かつおまぐろ漁業協同組合連合会および漁船と協力して収集したはえなわ漁船の漁獲記録と都道府県水産試験場、水産高等学校およびそれらの試験船、実習船、ならびに日本かつおまぐろ漁業協同組合連合会および関係諸団体、釜石、東京、三崎、清水、焼津、勝浦、鹿児島各魚市場と協力して収集した漁獲物の体長組成資料である。漁獲重量の推定に当っては、この他に農林省統計調査部（1952~66）が刊行した「漁業養殖業生産統計年報」（以下農林統計と呼ぶ）も使用した。そしてこれらの資料は日本におけるまぐろのはえなわ漁業および漁獲物の大部分をカバーしている。

2-1 漁獲重量

マグロ類の漁獲重量は統計調査部（1965）から発表されている。それは操業形態別、つまり本土根拠、独航母船、とう載型母船、大西洋根拠および外地根拠に5大別されているが、海域別には集計されていない。一方水産庁（1967）の“まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告”には緯経度5度ずつ別の漁獲尾数が集計されており、これに平均体重をかければ海域別の漁獲重量が求められるけれども、その推定値は平均体重の僅かな誤差によっても大きな影響を受け、とくに太平洋のように漁獲尾数が大きいばあいには誤差は無視しえないものとなる。したがって漁獲重量の推定には、できるだけ尾数からの換算をさけるようにした。とくに太平洋の総漁獲重量は、日本船による総漁獲量から他の2大洋の漁獲量を差し引いて求めた。ただし、この当時は、比較的少なかったインド洋の漁獲物で、重量統計がないばあい、ならびに太平洋の内訳は、尾数から換算した。またとう載型母船操業、外地操業による漁獲量についてはきわめておおまかに取扱った。これらの取扱いによる誤差を直接推定することはできない。しかし大洋別漁獲量の和が総漁獲量と一致し、かつ労力を要しないといういみで、各大洋における漁獲重量を直接尾数から換算するよりも、すぐれていると考えた。

大西洋における漁獲量のうち、同地方沿岸に水揚げされたものは統計調査部の“大西洋操業”として記載されている。“とう載型母船式まぐろはえなわ”には大西洋でとられたものが含まれているが、それは水産庁海洋第二課によって調査されている（林・本間 1969, p.67）。したがってこれらの数値を除いた値が太平洋およびインド洋における漁獲量であるが、その操業形態は前記の5形態のうち大西洋操業を除いた4形態である。

ここでとりあげた年代では本土根拠船は、太平洋とインド洋とで操業していた。したがって、まずインド洋における漁獲重量を“まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告”記載の海域別漁獲尾数に平均体重をかけて求め、ついでこの漁船による総漁獲量から減じて、太平洋における漁獲量を求めた。

独航母船による太平洋の漁獲量は水産庁海洋第二課によって調べられている。とう載型母船式操業は太平洋とインド洋とで半ばづゝ漁獲していると見做した。

外地基地操業による 1963 年までの漁獲量は農林統計記載の数値、1964 年のそれは外地基地操業によるインド・太平洋漁獲量を基地操業以外の漁船によるそれぞれの漁獲量の比を用いて配分した。このように操業形態ごとにもとめた漁獲量を加え合せて太平洋からの総漁獲量とした。

太平洋のなかの主要な漁場における漁獲量 Y は漁獲尾数と平均体重から求めた（式1）。この計算は密度指数および年令組成が、その内部で均一になるように設定した海区別に行った。

$$Y = \sum_{i=1}^n \bar{w}_i C_i \dots \dots \dots (1)$$

\bar{w}_i : i 番目の海区における平均体重

C_i : i 番目の海区における漁獲尾数

n : 海区層の数

2-2 投下釣数および漁獲尾数

旧南海区水産研究所および遠洋水産研究所は、1948 年以来まぐろはえなわ漁業の漁獲記録にもとづく魚種別漁獲尾数、使用釣数、および海域別体長または体重組成の資料を蓄積してきた。漁獲記録は 1963 年以降は

原則として 20 トン以上の全船から提出されることになっているが一部の資料は提出のおくれなどの理由で集計されていない。しかし農林省統計調査部(1953~1963)による操業形態別・規模別航海数を用いて補正することによって、使用釣数、漁獲尾数が求められる(南海区水産研究所 1954, 1959, 水産庁調査研究部 1965, 1966, 1967)。ここでは未回収分を補正した投下釣数および漁獲尾数の資料を年別、小海区別に集計して用いた。集計の仕方は 1949~62 年と 1963, 1964 年とで若干異っている。

1962 年以前の資料は旧南海区水産研究所において手集計によって緯度 4 度、経度 10 度区画別に整理されている。この集計では本土根拠操業は 30~50, 50~100, 100~200, 200~500, 500 トン以上の 5 階層の規模に区分して未回収部を補正した。たゞしキハダの主漁場にはほとんど出漁していない太平洋岸千葉県および日本海岸山口県以北に入港した漁船の資料は除外した。これらの地域に水揚されたまぐろはえなわ船の漁獲量はキハダの総漁獲量の 3% にもたっしなかったからである(表 1)。

Table 1. Amount of yellowfin tuna landed by longliners based on Japan, and that landed on ports located in or north of Chiba and Yamaguchi Prefectures and the ratio to total, 1951-62.

Year	Total landing (A)	Landing in or north of Chiba and Yamaguchi Prefectures (B)	B/A
	tons	tons	%
1951	10,802	162	1.5
1952	13,449	266	2.0
1953	24,602	387	1.6
1954	39,113	649	1.7
1955	54,347	398	0.7
1956	71,259	338	0.5
1957	75,992	1,328	1.7
1958	69,647	941	1.4
1959	67,569	1,534	2.3
1960	81,433	1,318	1.6
1961	76,544	1,018	1.3
1962	91,043	1,046	1.1

Data from Statistics and Survey Division, Ministry of Agriculture and Forestry (1952-63).

1963 年以降は漁獲統計の電算機による処理刊行が定型化されたが(水産庁調査研究部, 1965, 1966, 1967), このばあいには緯度巾は 5 度, 本土根拠船の区分は 20~50, 50~200, 200 トン以上の 3 階層となった。集計における緯度巾が変わったので, こゝではつぎの方法で緯度巾 4 度に集計結果を組替えた(式 2)。緯度 0~5 度, 5~10 度, 10~15 度の海域における投下釣数, 漁獲尾数をそれぞれ g_0', g_5', g_{10}' ; C_0', C_5', C_{10}' , こゝで用いる 0~4 度, 4~8 度, 8~12 度の海域におけるそれらを $g_0, g_4, g_8, C_0, C_4, C_8$ とすると, 組替えは夫々,

$$\left. \begin{aligned} g_0 &= \frac{4}{5} g_0' \\ g_4 &= \frac{1}{5} g_0' + \frac{3}{5} g_5' \\ g_8 &= \frac{2}{5} g_5' + \frac{2}{5} g_{10}' \\ C_0 &= \frac{4}{5} C_0' \\ C_4 &= \frac{1}{5} C_0' + \frac{3}{5} C_5' \\ C_8 &= \frac{2}{5} C_5' + \frac{2}{5} C_{10}' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

として行われる。

2-3 体長組成および年令組成

体長組成は, 4 cm きざみで, 緯度 4 度, 経度 10 度区画別, 四半期別に集計されている。ここで体長とは上顎前端から尾叉中央までの長さをいい, 現場では 2 cm 単位で測定されたものである。たゞし階級の指標は上限であって, たとえば 60 cm クラスは 58 cm をこえ, 60 cm 以下の個体を含んでいる。

魚市場でえられた資料の一部は体長でなく、体重(えら、内臓抜き、1 kg 単位)で測定されている。体重組成は、太平洋のキハダについて求められた体長 l にたいする体重 w の相対成長曲線(上村・中間 1959, p.104)を用いて体長組成に換算した(式3)。

$$w = 6.64l^{3.1878} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(3)$$

ただし体長および体重の単位はそれぞれ cm および kg.

換算に当って生じる一つの問題は、一般に体重組成と体長組成との階級が一致しないことである。たとえば体重 3 kg の階級は 53~54, 55~56, 57~58, 59~60 cm の 4 階級に分けられるし、逆に二個以上の体重階級が 1 体長階級に含まれるばあいもある。このような場合のとりあつかいをのべる。

ある体重階級の指標 w_i はその上限であるから下限は w_{i-1} である。ここで式3によって求められるある体長にたいする体重を $f(l)$ で示す。 w_{i-1} をこえる $f(l)$ をもつ体長階級のうち、 w_i 以上で最小のものまでのものを $f(l_{ij})$ で示し、その数を m_i で表わす。さきののべた 3 kg という体重階級、つまり 2 kg をこえ 3 kg 以下の個体を含む階級には $f(54)=2.21$ kg, $f(56)=2.48$ kg, $f(58)=2.78$ kg, $f(60)=3.09$ kg をもつ 4 つの体長階級が対応していることになる。

体重区間 $w_{i-1} \sim f(l_i \cdot 1) \sim f(l_i \cdot 2) \sim \dots \sim f(l_i \cdot m_{i-1}) \sim w_i$ に含まれる個体数がそれぞれの区間の中に比例すると仮定して、この体重階級に含まれる個体が対応する各体長階級に属する割合 p_{ij} を求め、1 体重階級、つまり $w_{i-1} \sim w_i$ のはんいにおちた測定尾数 n_i を配分した(式4)。

$$\left. \begin{aligned} (p_{i \cdot 1})n_i &= \{f(l_i \cdot 1) - w_{i-1}\} n_i / \Delta w \\ (p_{i \cdot 2})n_i &= \{f(l_i \cdot 2) - f(l_i \cdot 1)\} n_i / \Delta w \\ (p_{i \cdot 3})n_i &= \{f(l_i \cdot 3) - f(l_i \cdot 2)\} n_i / \Delta w \\ &\vdots \\ (p_{i \cdot m_{i-1}})n_i &= \{f(l_i \cdot m_{i-1}) - f(l_i \cdot m_{i-2})\} n_i / \Delta w \\ (p_{i \cdot m_i})n_i &= \{w_i - f(l_i \cdot m_{i-1})\} n_i / \Delta w \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

ただし Δw は体重組成の階級巾をさす。

ふたたび 3 kg 級を例にとると、各体長階級に属させる個体の割合 (p_{ij}) は、

- 54 cm 級 : $2.21 - 2.00 = 0.21$
- 56 cm 級 : $2.48 - 2.21 = 0.27$
- 58 cm 級 : $2.78 - 2.48 = 0.30$
- 60 cm 級 : $3.00 - 2.78 = 0.22$ となる。

直接に求めた四半期別体長別出現頻度および式4によって四半期別体重組成から換算した体長別出現頻度を加え合わせて、各四半期の体長別出現頻度とし、それを標本数で割って各体長階級に属する個体の割合つまり体長組成を計算する。つぎに第1四半期から第4四半期における各体長階級に属する個体の割合を体長別に加えて4で割って年平均体長組成を求める。

つぎに成長曲線を用いて体長組成を年齢組成に換算した。換算にあたっては、太平洋のはえなわ対象群について妥当性が高い成長曲線として藪田他(1960)の推定結果をとった。同氏ら(p.73)は、輪が年2回生じると考え、キハダの成長度が BERTALANFFY の成長式 $l = l_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$ にたいする適合度の良いことを示し、 l_∞ が 190.1 cm であると推定している。この 190 cm という極大体長は、漁獲物には 180 cm 以上の個体がほとんど現われず、最大個体が 200 cm であるという事実を照しては Δ 妥当である。ただし同氏は、BERTALANFFY の成長式における 2 つのパラメーター k と t_0 とはあたえていない。なお同氏らが示した定差図をみると、成長式の上では第1輪より前に、さらに1輪が形成されるはずである。つまり輪は年2回生じるとしても、現実には読まれた第1輪は発生満一年後に形成されたと解釈される。このような解釈のもとに、同氏らが第1, 3, 5, 7, 9 輪にたいして計算した体長を用いて、 $l_\infty = 190$ cm, $k = 0.33$, $t_0 = 0$ を得た。そうするとキハダの成長は式5の如くなる。

$$l_t = 190(1 - e^{-0.33t}) \dots\dots\dots(5)$$

ここで体長および時間の単位はそれぞれ cm および年である。なお式5における体長極大値 190 cm は式3によって 122 kg と換算される。なお、年齢区分を 0.5~1.5 才, 1.5~2.5 才, 2.5~3.5 才, ……としたので、ここでいう1才魚は 0.5~1.5 才, 2才魚は 1.5~2.5 才, 3才魚は 2.5~3.5 才……の範囲を指している。この式によって体長組成から年齢組成に換算するさいには、体重組成から体長組成を求めるばあいと同様、体長の階級と年齢別平均体長とが一致しないので、年齢別平均体長を含む階級に属する個体数は、年齢別平均値を境に、二つの年齢へ配分した。たとえば満 1.5 才のときの平均体長は、74.1815 cm であるので 74 cm をこえ 76 cm 以下の個体を含む 体長級に属する 個体のうち $\frac{74.1815 - 74 \text{ cm}}{2.0000 \text{ cm}} \times 100 = 9.08\%$ は 1 才へ $\frac{76 - 74.1815 \text{ cm}}{2.0000 \text{ cm}} \times 100 = 90.92\%$ は 2 才へ配分した。

3 解折の方法

はえなわで獲られるキハダの体長は主として 100 cm から 160 cm にわたり(上村・本間, 1963, p.32) 3才~8才の6ケの年齢群を含む。その資源状態の評価には、年齢組成の変化を考えに入れなくてはならない。ここでは主漁場における年齢別の相対資源量と漁獲強度の関係を分析して、加入完了年齢、漁獲能率、自然死亡係数、加入尾数を推定する。

漁獲が資源にあたえる影響には、まず漁場に来遊した魚の生残りの低下によってその後におけるこの年齢からの漁獲量の減少をきたすという段階と、ついで漁業による間引きがさらに強くなって親魚の減少にともなう加入量の減少を招くという二つの段階がある。

前者について漁獲強度と年齢組成および死亡係数との関係から吟味する。後者については漁獲強度の増大にたいして、加入尾数が経年的に減少しているかどうかを検討する。これらの計算を進めるにあいだに求められる特性値の地域変異を用いて個体群構造をも検討する。

3-1 海域設定の方針

まぐろはえなわ漁業は広い範囲で操業されるが、各魚種の主漁場は比較的限られている。したがって、その資源評価を進めるに当たっては、主漁場のみをとり扱う方が便利な場合がある。主漁場の中で密度や年齢組成が地域的に異なるばあいには、資源量指数や漁獲強度を推定するに当り、内部が比較的均質に保たれるような小海区を設定する必要がある。小海区の面積はたとえばその中に含まれる 1° ますめの数とか、緯度 5° 経度 10° 区画といった一定の緯経度によって示される区画の数によって表わすのが便利である。ただし経度巾は緯度によって変化するので、坂本(1966 p.33)が提唱しているように赤道に接した陸地のまったくないますめを単位として補正する必要がある(式6)。

$$A_i = S_i \cos Q_i \dots\dots\dots(6)$$

A_i : i 番目のある単位海区の面積

S_i : i 番目の単位海区の陸地を除いた緯経度 1° ますめの数

Q_i : i 番目の単位海区における中央の緯度、つまり単位海区が緯度 $0-4$ 度にわたるばあいには、

$Q_i = 2^\circ$, $4-8$ 度にわたるばあいには $Q_i = 6^\circ$, $8-12$ 度にわたるばあいには $Q_i = 10^\circ$ をとる。

3-2 相対資源量と漁獲強度

密度指数としては、釣 1,000 本当りの漁獲尾数を用いる。この値は緯経度 1° ますめとか、緯度 4 度、経度 10 度毎といった、統計集計上の最小区画毎に計算されている。この値が均一になるように上述の小海区を設定してあるので、各小海区における四半期毎の漁獲尾数を投下釣数で割って、小海区別、四半期別密度指数が求められる(式7)。

$$d_{ij} = 1000 \frac{\sum_{k=1}^n C_{ijk}}{\sum_{k=1}^n g_{ijk}} \dots\dots\dots(7)$$

- d_{ij} : i 番目の小海区, j 番目の四半期における密度指数, 単位鈎 1,000 本当漁獲尾数 (‰)
- C_{ijk} : その小海区, 四半期に操業が行われた k 番目の区画における漁獲尾数
- g_{ijk} : その小海区, 四半期に操業が行われた k 番目の区画における投下鈎数

各小海区の年別密度指数は 4 つの四半期におけるその平均として求められる。

はえなわ漁業では漁獲物の体長組成の海域差と、漁場の急速な拡大とがあるので、有効努力量および漁獲強度の推定には、漁獲対象となったストックの年令および未利用であった漁場におけるストックの分布を考えにいれねばならない。須田・久米(1967, p.95)は太平洋のメバチにたいするはえなわの努力量および漁獲率を平年型の分布によって補正して求めている。しかし同氏らがのべているように、「平年型」そのものについてなお検討が必要である。ここでは、漁場の拡大の影響を除くために、操業が主分布域をおおったのちの資料のみを解析することとした。 i 小海区における a 年魚の密度指数 d_{ia} は j 四半期の全年令群の密度指数と a 年魚の割合, p_{ija} との積として求めた四半期別の密度指数, d_{ija} を歴年で集計し、その年の操業があった四半期の数で割って年平均とした。対象とした全海域の年令別資源量指数 N_a および年令別平均密度指数 d_a は、各小海区における年令別密度指数 d_{ia} と面積指数 A_i との積和およびその面積加重平均として求められる(式8)。

$$\left. \begin{aligned} N_a &= \sum_{i=1}^n A_i d_{ia} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} d_{ija} = 1000 \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{C_{ij} p_{ija}}{g_{ij}} \\ d_a &= N_a / A = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_{ia}}{\sum_{i=1}^n A_i} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

ただし n は海域内に含まれる小海区の数, m_i は i 小海区で資料がえられた 四半期の数を示す。ついで海
 区別に集計した総漁獲尾数 C_a をその海区の密度指数 N_a で割って緯度, 経度 1 度ずつの漁獲強度 f_a を
 計算する (式9)。

$$f_a = \frac{C_a}{N_a} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ia}}{\sum_{i=1}^n A_i d_{ia}} \dots\dots\dots(9)$$

3-3 漁獲率と自然死亡係数の推定

加入が完了したとみられる t_p 才以上の高令魚については、年令別死亡係数と漁獲強度とを用い、LEA (1930, p.109) および PALOHEIMO (1961, p.653) にしたがって生残率 S (式 10) および漁獲率 q , 自然死亡係数 M (式 11) が推定できる。

$$S_i = e^{-Z_i} = \sum_{a=t_p}^{k-1} N_{a+1,i+1} / \sum_{a=t_p}^{k-1} N_{a,i} \dots\dots\dots(10)$$

- S_i : i 年における t_p 才以上の推定生残率
- Z_i' : i 年における t_p 才以上の推定全死亡係数
- k : 問題となった魚の最高年令
- $N_{a,i}$: i 年における a 才魚の資源量指数

$$Z_i' = \frac{(f_{a,i} + f_{a+1,i+1})}{2} \cdot q + M \dots\dots\dots(11)$$

$f_{a,i}$: i 年における a 年魚にたいする漁獲強度

式 11 の直線性が満足されるためには計算の対象とした年令に達する前に加入が完了しているという条件が必要となる。後述のとおり、漁獲率はすべての年令魚にたいして一定と仮定している。したがって、加入が完了していない年令魚については availability が 1 より小さいことになる。このばあいには漁獲強度と死亡係数との関係は直線とはならない (WIDRIG 1954, p.149)。この関係から漁獲強度と死亡係数の直線性が満足されていない場合には加入が完了していないものと判断した。加入が完了していない若令魚にたいする漁獲率および自然死亡率は、式 11 からは直接推定できない。漁獲率は漁場に来遊している魚にたいして年令

にかかわらず一定であると仮定し、式 11 が満足される高令魚についてえられた値をそのまま適用した。したがって、計算の上では漁業の選択的な効果などは未加入率として評価される。加入完了前の自然死亡係数の計算は、つぎの二通りの方法によった。その一つは“魚の生存曲線の型が魚種によらず一定である(田中 1960, p. 166)”と仮定して、寿命から自然死亡係数を求める方法である。一つの目安としてキハダのばあいには、漁獲物にあらわれる 180 cm (9 才) 以上の個体の出現が非常に少ないので、寿命を 8~10 才とすると自然死亡係数は田中(前出 p. 167)の寿命との関係図から約 0.3 となる。別に直接若令魚の自然死亡係数を推定した例として、東部熱帯太平洋における表層漁業の 1, 2 才魚を主体とするキハダについて HENNEMUTH (1961, p. 13) が行った計算があり、それでは自然死亡係数は 0.77 と推定されている。それに基づいて第二の推定値は 0.8 とした。

3-4 加入尾数の推定

キハダのばあいには漁獲物のなかでもっとも卓越する年令でも加入は完了していない。たとえば石井(1968, p. 74)は、太平洋赤道海域で年令別の魚群量指数、漁獲尾数を検討した結果、はえなわ漁業の主漁獲年令は 3 才であるが、4 才魚でも 20% は未加入であると考えている。

再生産の経年変化を知るために、加入開始年令から加入終了年令までの漁獲尾数、漁獲係数、自然死亡係数を用いて、漁獲開始時の総個体数、つまり加入個体数と未加入個体数との和を計算した。計算に当っては、とりあえずつぎの 2 つの仮定をおいた。この仮定の妥当性については、今後資料から検討しなくてはならない。

仮定 1. 加入はどの年令群のばあいでも、毎年、年の初めに瞬間的に行われる。

仮定 2. a 才で加入した個体は、 $a+1$ 才時代にもすべて漁業の対象となる。

計算過程の説明を簡単にするために、2 才で加入が始まり、4 才当初に加入が完了するばあいを考える。とられ始めおよび加入完了年令が変わっても、もちろんこの計算過程は適用できる。

4 才始めの資源尾数 $N_{4.0}$ は、4 才になって始めて加入したものと、3 才初期に加入し、4 才初期迄生きのこったものからなる。3 才時代には前者はまったく漁獲されず M_1 という自然死亡を受けたのみであり、後者は M_1 の自然死亡と、 F_3 の漁獲によって減少して、 C_3 だけ漁獲されている。つまり 3 才始めにおける資源尾数 $N_{3.0}$ は、加入尾数 R_3 と未加入尾数 U_3 とに分けられる。 $N_{3.0}$ 、 R_3 、 U_3 、 $N_{4.0}$ 、 C_3 の関係はつぎのように模式化される。

$$\begin{array}{ccc} N_{3.0} & \longrightarrow & N_{4.0} \\ \parallel & & \parallel \\ U_3 & \longrightarrow & U_3 \cdot \exp(-M_1) \\ + & & + \\ R_3 & \longrightarrow & R_3 \cdot \exp\{-(F_3+M_1)\} \\ \hline & \longrightarrow & C_3 = \frac{F_3 R_3}{F_3 + M_1} [1 - \exp\{-(F_3+M_1)\}] \end{array}$$

2 才初期における資源尾数 $N_{2.0}$ は、2 才で加入するもの、 R_2 、3 才で加入するもの、 R_2' 、4 才で加入するもの、 R_2'' 、からなる。ここで R_2' 、 R_2'' を合わせたものが 2 才初期における未加入尾数、 U_2 である。2 才から 4 才にいたる資源尾数、加入尾数、漁獲尾数の関係を模式的に図 1 に示す。

図 1 に示した関係から判るように、 R_2 、 R_3 は漁獲尾数から直接計算される(式 12)。

$$\begin{array}{ccc} N_{2.0} & & N_{3.0} & & N_{4.0} = \left(\frac{(F_4 + M_2) \cdot C_4}{F_4 [1 - \exp\{-(F_4 + M_2)\}]} \right) \\ \parallel & & \parallel & & \parallel \\ U_2 & \left\{ \begin{array}{l} R_2'' \longrightarrow R_2'' \cdot \exp(-M_1) \\ R_2' \longrightarrow R_2' \cdot \exp(-M_1) \end{array} \right. & = & U_3 \longrightarrow U_3 \cdot \exp(-M_1) \\ + & & + & & + \\ R_2 & \longrightarrow R_2 \cdot \exp\{-(F_2+M_1)\} & & & R_3 \longrightarrow R_3 \cdot \exp\{-(F_3+M_1)\} \\ \hline & \downarrow & & & \downarrow \\ C_2 = \frac{F_2 R_2}{F_2 + M_1} [1 - \exp\{-(F_2+M_1)\}] & & & & C_3 = \frac{F_3 R_3}{F_3 + M_1} [1 - \exp\{-(F_3+M_1)\}] \end{array}$$

Fig. 1. Schematic representation of relationships between sizes of initial population, recruitment and catch at 2-, 3- and 4-ages.

$$\left. \begin{aligned} R_2 &= \frac{(F_2 + M_1) \cdot C_2}{F_2 [1 - \exp\{-(F_2 + M_1)\}]} \\ R_3 &= \frac{(F_3 + M_1) \cdot C_3}{F_3 [1 - \exp\{-(F_3 + M_1)\}]} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

同様に別途計算される 4 才以降における自然死亡係数, M_2 を用いて, $N_{4.0}$ も 4 才魚の漁獲尾数および漁獲係数から直接求まる (式 13)。

$$N_{4.0} = \frac{(F_4 + M_2) \cdot C_4}{F_4 [1 - \exp\{-(F_4 + M_2)\}]} \dots\dots\dots (13)$$

ここで $R_3 \cdot \exp\{-(F_3 + M_1)\}$ は 3 才で加入したものの 4 才初期における尾数であるから, それを $N_{4.0}$ から引いた値が 4 才になって始めて加入した尾数, $U_3 \cdot \exp(-M_1)$ である。したがって図 1 から明らかなように, U_3 , R_2'' は容易に求められる (式 14)。

$$\left. \begin{aligned} U_3 &= [N_{4.0} - R_3 \cdot \exp\{-(F_3 + M_1)\}] \cdot \exp(M_1) \\ R_2'' &= U_3 \cdot \exp(M_1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

同様にして 3 才で始めて加入した尾数 $R_2' \cdot \exp(-M_1)$ は, R_3 と $R_2 \cdot \exp\{-(F_2 + M_1)\}$ との差であるから, その 2 才初期における尾数 R_2' も求まる (式 15)。

$$R_2' = [R_3 - R_2 \cdot \exp\{-(F_2 + M_1)\}] \cdot \exp(M_1) \dots\dots\dots (15)$$

これらの値を用いて, 2, 3 才初期の尾数 $N_{a.0}$ は図 1 に示した通り容易に求まる。

この模型における統計量のうち毎年の漁獲係数 F_a は各年令の漁獲強度 f_a と漁獲能率 q とから推定し, 加入未完了の年令, この例では 2, 3 才の自然死亡係数は 3-3 でのべた方法にしたがって推定し, 加入が完了した 4 才魚のそれは年令別魚群量指数と漁獲強度とから推定した値を用いる。

4 太平洋中西部赤道海域, 1950~64 年 の資料への適用

4-1 モデル海域の設定

こゝではキハダの釣獲率がもっとも高いほど北緯 12 度から南緯 8 度, 東経 126 度から西経 120 度にわたる海域をとりあげる (図 2)。この海域は太平洋中西部におけるキハダの主分布域であり, そこにおけるはえなわ漁業の漁獲尾数は, 太平洋全域におけるその 45~60% に当る (表 2)。本報告ではこの海域をたんに中西部赤道海域とよぶことにする。

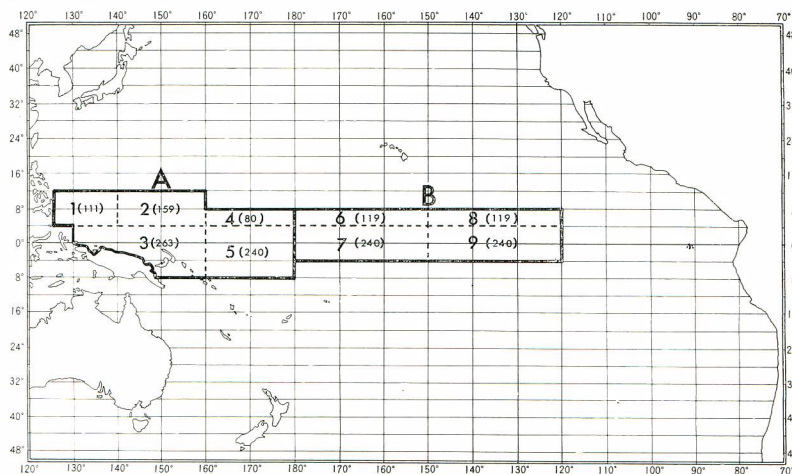


Fig. 2. Extent and division of the sea area under study.

Numerals out and in parentheses denote serial number of, and relative amount of space for nine subareas, respectively. A and B denote western and central areas, respectively.

Table 2. Numbers of yellowfin tuna caught by Japanese longliners in the whole area of Pacific and in the western and central equatorial Pacific, 1960-64.

Year	Catch in the whole Pacific (A)	Catch in the western-central equatorial Pacific (B)	B/A
	thousand fish	thousand fish	%
1960	2,132	1,284	60
1961	2,304	1,237	54
1962	2,368	1,062	45
1963	2,538	1,461	58
1964	2,130	1,074	50

See Fig. 1 for definition of western-central equatorial Pacific.

系統群構造はよく判らないので、とりあえずすべての個体が一つの系統群に属する、または分布域を異にする二つの系統群があるという二つの仮定をおいた。この二つの仮定に対する資源評価のちがいをみるために、この海域をそのほぼ中央に当る日付変更線を境に西部および東部の2海区に区分した。

この海域におけるキハダの分布については多くの知見がある。藪田・行縄(1957, 1958)は、 $140^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$ の範囲内では北赤道流(ほぼ 8°N 以北)、赤道反流($4^{\circ}\sim 8^{\circ}\text{N}$)、南赤道流(4°N 以南)の各々は固有の魚体組成を示すとのべている。上村・本間(1963)は、南北方向の釣獲率の分布について北太平洋では高緯度に向かって急激に低下し、南太平洋ではゆるやかに低下しているとのべている。さらに同氏は南北方向の釣獲率、魚体組成の変化ほど顕著でないが、東西方向にも釣獲率、魚体組成の変化のあることを指摘している。したがってキハダの地域分布にみられるこの特徴を考慮すると、基本統計量の集計上の最小区画としては東西に細長い区画を選ぶ必要がある。ここでは緯度巾4度、経度巾10度とした。つぎに釣獲率、体長組成が似通った数個の区画をあわせて小海区を設定した(図2)。

4-2 漁獲量、資源量の経年変化

マグロ類の魚種別、漁業種別漁獲統計調査が軌道にのった1953年と、最近の1964年のキハダ漁獲量を眺めてみよう。1953年にはまぐろはえなわがキハダ漁獲物の80%以上を水揚げした。1964年には、はえなわ漁獲物の割合はさらに高くなり、全漁獲の90%以上に達している。漁獲量の増大は日本本土を根拠とする漁業よりも、外地基地操業、母船式操業で著しい(表3)。

太平洋全域についてみると、キハダの漁獲量は1957年以降50,000~64,000トンの間にあり、それ以前にみられたような年々の顕著な漁獲量の増大はみられていない。その間中西部赤道水域の漁獲量は30,000~40,000トンで太平洋全域の漁獲量のおよそ50%以上を占めている(図3)。1950年代、とくにその初期における漁獲量の増大ははえなわ漁場の急速な拡大に対応している。すなわち太平洋におけるはえなわ漁場は従来日付変更線以西であったが、1952年にマッカーサーラインが撤廃されると、1954年に西経140度、1956年に120度をこえ1960年にはアメリカ大陸沿岸の竿釣、まき網漁場に到達した(たとえば上村他1966 p. 756)。

漁獲努力量を見ると、太平洋全域におけるはえなわ漁業が使用した釣数は1963年に3億本をこえるまでひきつづいて増加傾向を示している。中西部赤道海域のみについてみても、太平洋全域のそれと同様の経過をたどり、1963年には8,600万本に達した(図3)。

漁獲尾数も1957年までは急速に増加したが、それ以降になると総数で100~150万尾の範囲を変動している。その間西部海域における漁獲尾数が中西部赤道海域全体の60~80%を占めている(表4)。一方この期間の投下釣数は4,000万~9,000万本の範囲を変動し、やはり西部海域に多い。しかし西部海域における投下釣数の中西部赤道海域に対する割合は、1957~64年の間で55~75%であって、漁獲尾数におけるよりもやや

Table 3. Yellowfin tuna landed by Japanese fisheries, 1950-64.

Unit: metric tons

Year	Grand total	Subtotal for tuna longline	Domestic marine fisheries							Open sea fisheries (exclusively tuna longline)				
			Subtotal	Purse seine One-boat operation	Purse seine Two-boat operation	Skipjack pole-and-line	Tuna long-line	Large-sized set net	Others	Sub-total	Trip factory ships	Factory ship with loaded skiffs	Operation in Atlantic	Based on over-seas ports
1950	3,726	3,726	..	..	..	..	..	..	..	3,726	3,726	..	..	..
1951	21,231	15,692	16,305		923	3,559	10,766	439	618	4,926	4,926	..	..	..
1952	23,206	17,393	19,189		2,336	2,595	13,376	206	676	4,017	4,017	..	..	..
1953	35,881	28,936	31,534		1,192	5,236	24,589	150	367	4,347	4,347	..	..	..
1954	51,986	42,941	48,101	788	3,113	4,268	39,056	308	568	3,885	3,885	..	..	..
1955	67,826	59,857	62,280	240	2,340	3,983	54,311	544	862	5,546	2,921	..	..	2,625
1956	80,854	75,169	76,875	199	518	4,399	71,190	113	456	3,979	2,021	..	..	1,958
1957	99,515	95,817	79,613	8	1,088	1,669	75,915	214	719	19,902	5,153	..	13,198	1,551
1958	111,536	104,278	76,735	132	2,851	2,934	69,477	444	897	34,801	4,656	..	27,159	2,986
1959	126,399	116,780	76,866	116	3,916	4,119	67,247	316	1,152	49,533	2,920	..	44,071	2,542
1960	154,022	150,122	85,085	29	1,407	1,872	81,185	122	470	68,937	8,587	..	57,756	2,594
1961	148,142	141,289	83,105	146	2,620	3,259	76,252	256	572	65,037	7,032	1,951	52,631	3,423
1962	158,070	145,909	102,916	133	6,572	4,225	90,755	178	1,053	55,154	5,073	17,817	26,857	5,407
1963	130,874	126,067	78,453	188	1,990	2,071	73,646	47	511	52,421	3,383	23,379	20,137	5,522
1964	123,491	114,043	71,074	417	3,230	4,932	61,626	133	736	52,417	3,751	19,733	20,491	8,442

Data from Statistics and Survey Division, Ministry of Agriculture and Forestry (1951-65).

Numerals for 1951 are not yearly catch but during April, 1951 through March, 1952.

太平洋ではえなわ漁業の対象となったキハダ資源診断における資料の取扱いと1950～1964年資料への適用

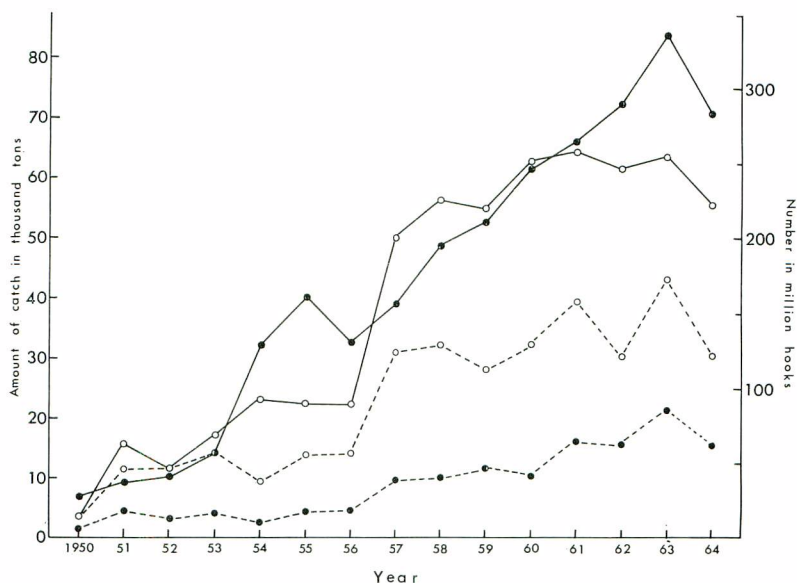


Fig. 3. Amount of yellowfin tuna catch in thousand tons (open circle) and fishing effort in million hooks (closed circle) of long-liners operated on the Pacific, 1950-64.

Straight and dotted lines denote the values in the whole Pacific, and its western and central equatorial parts, respectively.

Table 4. Number of yellowfin tuna caught by Japanese longliners from the western-central equatorial Pacific, 1951-64.

Unit: thousand fish

Year	Grand total	Western equatorial Pacific					Central equatorial Pacific					
		Sub-total	1	2	3	4	5	Sub-total	6	7	8	9
1951	377	352	49	62	147	52	42	25	16	9	..	..
1952	387	338	34	26	206	8	64	49	25	23	..	..
1953	441	341	62	58	137	44	40	100	25	75	..	..
1954	287	239	31	33	167	5	4	48	4	44	1	..
1955	401	278	24	48	115	20	71	123	16	101	6	0
1956	501	421	35	38	238	8	102	81	15	40	23	2
1957	1,000	746	29	55	289	70	303	253	79	103	37	34
1958	1,040	705	45	106	238	74	242	335	112	174	22	27
1959	1,057	777	151	250	113	60	203	279	59	187	31	3
1960	1,284	1,015	106	96	329	48	437	268	56	130	67	15
1961	1,237	793	57	212	245	66	213	444	80	183	85	95
1962	1,062	789	106	144	268	52	219	273	53	107	72	41
1963	1,461	946	30	103	396	75	342	515	66	289	50	111
1964	1,074	809	55	70	195	25	464	265	48	108	65	44

Totals and subtotals may not always agree with numerals for each subareas because of rounding up. Numerals in parentheses denote percentage to the grand total.

Table 5. Number of hooks used by Japanese long-liners in the western-central equatorial Pacific, 1951-64.

Unit: million hooks

Year	Grand total	Western equatorial Pacific					Central equatorial Pacific					
		Subtotal	1	2	3	4	5	Subtotal	6	7	8	9
1951	18.3	16.5	2.5	2.9	5.2	4.1	1.9	1.8	1.5	.3	..	..
1952	13.5	11.1	1.9	1.5	5.6	.6	1.5	2.4	2.0	.5	..	..
1953	16.5	12.8	2.7	2.5	3.8	2.6	1.2	3.7	1.9	1.7	..	..
1954	10.2	8.5	1.8	1.8	4.3	.4	.2	1.7	.5	1.1	.1	..
1955	17.7	12.7	1.8	2.8	3.8	1.9	2.5	5.0	1.5	2.8	.7	0
1956	19.0	14.7	1.6	2.4	6.5	.7	3.5	4.3	2.1	1.2	.9	.1
1957	39.2	28.7	1.9	4.9	6.8	4.4	10.6	10.5	4.0	3.2	2.0	1.4
1958	40.4	25.6	2.3	5.7	6.7	4.3	6.6	14.8	6.6	5.5	1.3	1.5
1959	46.5	35.1	5.2	15.8	3.8	4.3	5.9	11.4	3.1	6.0	2.1	.2
1960	41.4	28.9	4.3	6.1	7.0	3.0	8.5	12.5	3.9	3.2	4.5	.9
1961	65.3	36.8	3.5	12.2	9.2	3.9	8.2	28.4	6.0	6.4	9.5	6.5
1962	63.3	40.8	6.0	11.3	11.6	3.8	8.1	22.6	4.1	4.2	8.9	5.3
1963	86.1	44.5	2.4	10.0	13.8	4.6	13.8	41.6	6.0	16.1	5.3	14.2
1964	62.1	33.6	3.3	6.1	7.0	3.1	14.1	23.5	7.7	6.7	7.2	6.9

Totals and subtotals may not always agree with numerals for each subarea because of rounding up. Numerals in parentheses denote percentage to the grand total.

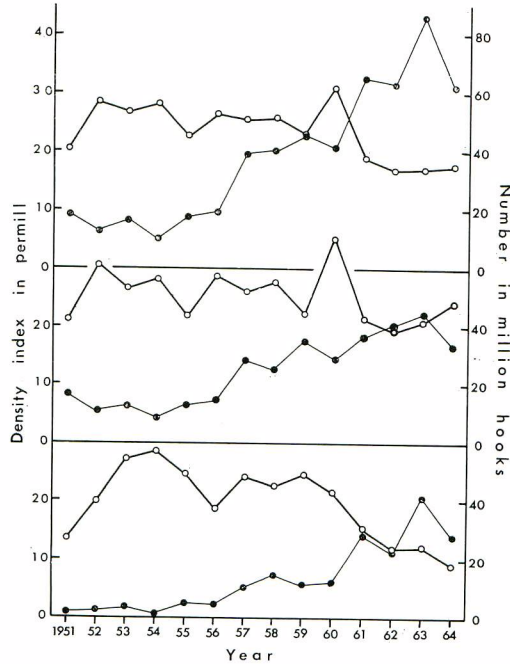


Fig. 4. Density index of yellowfin tuna (open circle) caught, and number of hooks (closed circle) used by Japanese long-liners operated in the western and central equatorial Pacific, 1951-64. Upper, middle and lower panels are for the whole western and central equatorial Pacific, and western and central parts, respectively.

低い(表5)。したがってこれらの数値から年別に釣獲率を求めると、一般に西部海域の釣獲率が中部海域のそれより高い。

キハダの釣獲率は1961年から急減し、全体としては1960年までは2.5%以上であったのに比べて1961~64年には1.75%に低下している(図4)。なお釣獲率が急減した1961年に先立って、1957年から1960年にかけて使用釣数が急増していることは、努力量の増大にともなう平均資源量の低下を示唆している。

釣獲率の減少傾向は海域によって異なっており、180度以西の西部海域では、1961年以降やや低下しているとはいえ2%前後であっておおむね安定している。一方180度から西経120度に至る中部海域では、釣獲率は1954年の2.8%を境にひきつゞいて減少し1964年には1%を下廻りその間約1/3に減少している。

この二つの海域における年令別資源量指数の内訳は異っており、西部海域では、3才魚がおおむね全体の1/2を占めて2才魚がそれについている。他方、中部海域では、3,4才魚が主漁獲物であり、しかも、1958年を境にして卓越年令が4才から3才に替っている(表6)。

Table 6. Population size index of I-age and older yellowfin tuna exploited by Japanese long-liners in the western and central equatorial Pacific, 1955-64.

Unit: fish per thousand hooks 1° degree square

Year	Western equatorial Pacific						Central equatorial Pacific					
	Total	I	II	III	IV	V and older	Total	I	II	III	IV	V and older
1955	19,336	163	3,139	11,200	4,488	346	14,863	3	494	4,240	6,717	3,409
1956	23,718	164	8,183	11,855	3,416	100	18,355	10	195	3,420	10,058	4,672
1957	22,437	168	5,481	14,109	2,544	135	18,759	30	555	7,549	7,234	3,391
1958	22,753	154	5,668	14,218	2,634	79	14,596	58	1,015	5,175	5,435	2,913
1959	22,814	323	9,428	10,301	2,694	68	14,825	13	1,993	7,374	3,875	1,570
1960	27,987	36	11,472	14,480	1,920	79	15,694	3	1,317	8,827	4,413	1,134
1961	19,638	23	3,256	13,184	3,127	48	12,788	7	927	5,535	5,171	1,148
1962	17,382	192	6,376	7,641	3,071	102	9,348	1	841	4,248	3,606	652
1963	19,105	108	5,696	11,151	2,059	91	8,296	6	703	3,847	3,374	366
1964	19,154	50	5,202	11,574	2,234	94	6,982	4	564	3,859	2,171	384

4-3 漁獲能率と年令別自然死亡係数

海域別、年令別に求めた漁獲強度 f_a は、投下釣数と同様1963年に顕著な極大を示すまで増大が続いている。これらの値は同じ海域、同じ年においては年令間でほとんど変わらない。年々の変動は西部海域に比べて中部海域で大きく、とくに1963年における増加がいちじるしい(表7)。

中西部全域、西部海域、中部海域毎に3才魚および4才魚以上の死亡係数を求め、それに関与した漁獲強度と比較した(図5)。それによると3才魚では死亡係数は漁獲強度と明瞭な関係をもたない。一応この現象を3才魚では加入が完了していないことによると考えておく。

これにたいして4才魚以上では正の一次回帰が認められ、魚の豊度にたいして、漁獲強度がそれ以外の要因よりも顕著な影響をあたえているといえそうである。ここではとりあえず4才で加入がおわったと見做しておく。図5に示した回帰直線から求めた漁獲能率は、0.025~0.031のはんいで海域による顕著な差はない。したがって平均漁獲能率は緯経度1度ますめ、釣1,000本当たり0.028とする。

一方自然死亡係数は西部海域では2.5に達しており中部海域におけるそれ1.1よりもはるかに高い。また両海域を合わせた自然死亡係数は1.2で中部海域のそれに近い(表8)。これは、4才以上の高令魚が主として中部海域で漁獲されたためである。こゝでは逸散を含めた自然死亡係数は西部海域で2.5、東部海域で1.1、両海域を含めて1.2としておく。

Table 7. Fishing intensity of Japanese longliners inserted to I-age and older yellowfin tuna stocks in the western and central equatorial Pacific, 1951-64.

Unit: 1000 hooks per one-degree square

Area	Year	Age of fish						
		I	II	III	IV	I and older	IV and older	V and older
Whole western and central areas	1955	14.51	13.44	12.83	11.19	11.72	10.12	6.93
	1956	17.59	17.70	15.11	7.50	11.91	6.53	3.78
	1957	25.63	29.68	27.79	18.18	24.26	16.06	10.16
	1958	29.69	30.13	31.06	24.46	27.86	20.83	11.03
	1959	32.10	32.20	29.38	21.96	28.07	19.32	8.75
	1960	35.07	34.36	29.30	22.17	29.39	21.21	16.18
	1961	37.07	39.50	38.29	37.12	38.14	37.24	38.08
	1962	46.57	43.93	38.86	36.76	39.72	36.84	37.57
	1963	43.60	50.85	53.31	56.31	53.35	56.28	55.93
	1964	37.06	41.37	41.58	39.18	41.08	39.21	39.55
Western area	1951	18.62	18.40	18.47	16.95	18.10	16.89	15.04
	1952	14.44	14.34	13.22	11.31	13.01	11.24	10.11
	1953	15.12	14.50	13.81	12.35	13.59	12.33	12.10
	1954	12.43	13.17	11.70	10.41	11.52	10.03	4.83
	1955	14.74	14.41	14.57	13.97	14.37	13.85	12.32
	1956	18.28	17.99	17.91	16.58	17.74	16.54	15.01
	1957	27.16	31.00	33.96	34.83	33.27	34.63	30.86
	1958	28.73	30.48	31.08	31.66	30.99	31.72	33.57
	1959	32.52	34.24	34.11	33.52	34.06	33.44	30.46
	1960	36.41	36.30	36.31	35.73	36.28	35.70	34.97
	1961	38.19	41.23	40.32	39.79	40.38	39.80	40.23
	1962	46.67	38.29	44.91	44.93	45.37	44.91	44.10
	1963	42.18	49.81	49.96	48.16	49.53	48.09	46.45
1964	36.90	41.82	42.93	39.86	42.23	39.79	38.21	
Central area	1955	1.38	7.22	8.24	9.33	8.27	8.34	6.38
	1956	6.21	5.42	5.40	4.42	4.39	4.14	3.54
	1957	17.03	16.57	16.25	12.33	13.50	11.37	9.34
	1958	32.23	28.15	30.99	20.98	22.96	17.29	10.42
	1959	21.91	22.54	22.79	13.93	18.85	12.16	7.80
	1960	18.92	17.08	17.81	16.28	17.10	15.99	14.88
	1961	33.52	33.43	33.47	35.50	34.69	35.95	37.99
	1962	21.33	27.22	28.00	29.80	29.22	30.83	36.54
	1963	68.05	62.80	62.99	61.27	62.07	60.98	58.31
	1964	38.93	37.29	37.51	38.47	37.92	38.68	39.88

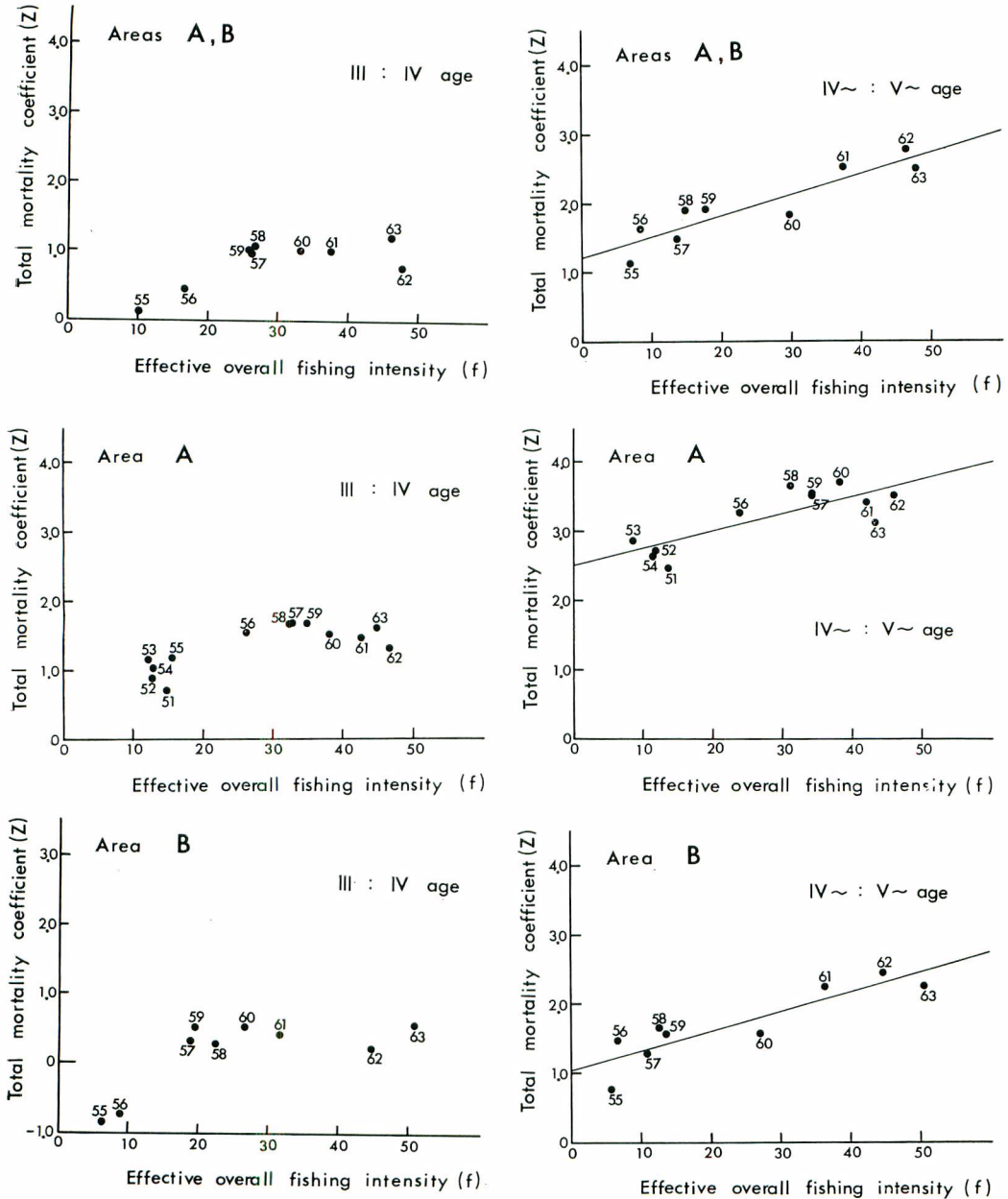


Fig. 5. Relation between fishing intensity and total mortality coefficient of III-age, and IV-age and older yellowfin tuna exploited by Japanese longliners in the western and central equatorial Pacific, 1951-63.

Left and light panels show the relations of III-age fish and IV-age and older fish, respectively.

Upper, middle and lower panels show the relations in the whole western and central areas, and western and central parts, respectively.

Numerals in figure denote year of fishing.

4-4 加入尾数の経年変化

加入が2才で始まり4才で終了すると仮定して、1955年から1964年までの資料を用いて、1953~60年級の2才始め、つまり発生1.5年後の加入尾数を逆算した。たゞし自然死亡係数としては、2.3才魚にたいしては

Table 8. Coefficients of natural mortality and catchability of IV-age and older yellowfin tuna exploited by Japanese longliners in the western and central equatorial Pacific, 1951-63.

Area	Natural mortality coefficient	Catchability coefficient
		per 1000 hooks per 1° sq.
Whole western and central area	1.213	0.0308
Western area	2.508	0.0253
Central area	1.054	0.0282

Table 9. Calculated number of yellowfin tuna at 1.5-year old (initial two-age class) recruited to Japanese longline fishery in the western and central equatorial Pacific, 1953-60 year classes.

Unit: thousand fish

Assumed natural mortality coefficients	Assumed population structure	Area	Age at recruitment	1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 Mean										
				1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	Mean		
0.3	Two isolated groups	Total		2,002	2,404	2,240	1,998	3,024	2,886	2,089	2,451	2,386		
		Western equatorial Pacific	Subtotal	963	1,492	1,510	1,182	1,929	2,031	1,211	1,719	1,504		
			II	158	428	324	330	577	745	216	497	409		
			III	728	895	1,006	713	1,055	938	649	952	867		
			IV	77	169	180	139	297	348	346	270	228		
		Central equatorial Pacific	Subtotal	1,039	912	730	816	1,095	855	878	732	882		
			II	23	7	27	59	114	65	59	47	50		
			III	139	476	397	547	555	437	307	414	409		
			IV	877	429	306	210	426	353	512	271	423		
		A single group	Western and central equatorial Pacific	Total	1,760	2,240	2,068	1,943	2,852	2,693	1,927	2,292	2,222	
	II			170	431	369	415	702	785	279	510	458		
	III			971	1,412	1,385	1,258	1,614	1,345	960	1,398	1,293		
	IV			619	397	314	270	536	563	688	384	471		
	0.8	Two isolated groups	Total		5,112	5,618	5,121	4,517	6,837	6,298	4,875	5,198	5,448	
Western equatorial Pacific			Subtotal	2,312	3,274	3,329	2,528	4,108	4,215	2,671	3,533	3,247		
			II	194	526	393	399	696	899	259	598	496		
			III	1,558	1,980	2,112	1,523	2,266	2,073	1,327	1,992	1,854		
			IV	560	768	824	606	1,146	1,243	1,085	943	897		
Central equatorial Pacific			Subtotal	2,800	2,344	1,792	1,989	2,729	2,083	2,204	1,665	2,201		
			II	28	8	33	72	139	80	72	57	61		
			III	303	968	805	1,126	1,173	903	635	816	841		
			IV	2,469	1,368	954	791	1,417	1,100	1,497	792	1,299		
A single groups			Western and central equatorial Pacific	Total	4,454	5,181	4,651	4,370	6,379	5,769	4,441	4,768	5,002	
		II		209	530	449	505	850	947	336	611	555		
		III		2,061	3,038	2,894	2,672	3,466	2,893	1,978	2,848	2,731		
		IV		2,184	1,613	1,308	1,196	2,063	1,929	2,127	1,309	1,716		

0.3および0.8（本報 p.10）を仮定し、4才魚にたいしては前節での推定値（表8）を採用した。

生後1.5才時点で存在した1953～60年級の資源尾数は、2～3才における自然死亡係数が0.3のばあい170万～300万尾であり、0.8のばあいでも700万尾以下である。いずれの海区においても傾向的な減少はみられず、また2才魚の推定尾数の経年変化は海区間で独立しているように思われる。一方東西両海域を併せて計算した2才始めの推定尾数は海区別に求めた値よりもやや少ないが、やはり経年的な増減の傾向はみられない。なお海域別にみると、西部海域で加入するものが中西部赤道海域の2/3前後を占めている。また漁獲物の年令組成から想像されるように、西部海域では、2,3才で加入するものが多く、中部海域では3,4才になって加入するものが多い（表9）。

4-5 個体群構造に関する考察

はえなわで漁獲されるキハダが西部海域で小さく、中部海域で大きいこと、これにもとづいて西部赤道海域のキハダが発育にともなって西部から中部に逐次移動してゆくとの推論がある（上村・本間1963, p.42～44）ことはすでにのべた。本報告でとり扱った資源量指数の経年変化と自然死亡率の海域による変異とは、上村・本間の推論の妥当性を二つの点で示唆している。

第一に西部海域と中部海域とでは漁獲強度はいずれも1963年まで漸増しており、かつ西部海域における漁獲強度が中部海域におけるそれよりも強いのに、豊度の低下は中部海域で顕著であったという現象があげられる。すなわち開発初期の密度指数にたいする1963, 1964年の比は、西部海域で3/4～4/5, 中部海域で1/2～1/3である（図4）。西部海域では2,3才魚、中部海域では3,4才魚が卓越することを考えると、海域による豊度低下の差はストックのかなりの部分の2,3才魚は西部海域で間引かれ、ついで3,4才魚は中部海域で漁獲の対象となったことを暗示しているともいえよう。

第二に自然死亡率の推定値にいちじるしい海域差のあることも、キハダが西部海域から中部海域に移動することを示唆している。すなわち西部海域では4才以上の自然死亡係数は2.5という極めて高い値となっているが、対象海域を中部までひろげていくと1.2でその値は小さくなる。これは4才群が西部海域から他海域に移動することを示している。その移動先の1つとしては大型魚の重要な漁場である中部赤道海域も含まれると考えてよいであろう。もっとも中部赤道海域における自然死亡係数1.1も、寿命から求めた生涯にわたる平均死亡係数0.3はもちろん、東部赤道海域の表層漁業対象ストックの自然死亡係数0.77に比べてかなり高く、やはり死亡のみでなく逸散を含んでいると考えられる。自然死亡係数の海域による変異は、西部から中部への移動を示唆する点で、上村・本間の推論を支持するとともに西部、中部各水域から南北方向または鉛直方向の移動をも暗示している。自然死亡係数の海域による違いから移動を論じるためには、今回とりあげた海域の周辺部にあたる中緯度海域における年令別資源量および赤道海域においてキハダの鉛直分布を支配する要因などの検討をしなければならない。いずれにしても太平洋のキハダの個体群構造については、漁獲統計および年令組成を再整理し、それによって発育および季節の推移にともなう移動経路を推定し、それを検証するように設計した形態比較、集団遺伝学的区分、および標識放流の諸調査を実施する必要がある。

4-6 資源評価に関する推論

中西部赤道水域に一つの系群が存在すると考えて全体を一括して推定しても、あるいは日付変更線を境に二つの系群が存在すると考えて別々に計算しても、4才以上の大型魚の死亡係数は漁獲強度とともに直線的に増大している。また漁獲強度にたいする死亡係数の回帰直線から求めた漁獲能率の値も変わらない。一方3才魚の死亡係数は漁獲強度の増大に対応して増えているとはいえ、後者にたいする前者の変化は直線的でなく、この年令では加入が完了していないといえそうである（図5）。また系統群をどのように設定しようと、未加入分を含めた2才初期における資源尾数は年々不規則に変動しており、傾向的に減少しているとはいえない。（表9）。しかし4才魚以上の自然死亡係数の推定値のみは、個体群構造によって変化し、中西部全域を一つの系統群の分布域とすると1.2であるのにたいして、日付変更線を境に東西にわけると西部海域では2.5, 中部海域では1.1となる。1.1とか1.2という自然死亡係数は、67%または70%という非常に高い自然死亡率に

対応している。そのたしからしさについて、なお検討の余地のあることは先に論じたところであり、今後中緯度における資料を含めて再検討しなければならない。

ここでとり扱った 1951 年から 1964 年の中西部赤道海域のキハダの釣獲率は 1957 年に西部で、1961 年に東部で努力量が急増すると、その後は減少し（図 4）、その結果 1957 年以降漁獲重量は、漁獲努力の増加にもかかわらず、ほとんど増えていない（図 3）。それと同時に 漁獲努力の増大にともなう 漁獲物の若令化は、西部海域ではさほど顕著でないが、中部海域では明瞭であり（表 6）、漁場内での生残りの低下を示した。つまり加入当り漁獲量は努力量の増加にもかかわらず実質的に増加していないことを示している。加入の減少をひきおこさないまでも、漁獲量の実質的な増加をとまなわない努力量の増大はやはり無駄な投資といわねばならないであろう。こゝで成長係数を 0.3、漁獲年令を 3~8 才としたばあいの漁獲強度と漁獲量との平均的な関係を BEVERTON・HOLT (1957, p. 310) にならって計算してみよう。平均的な自然死亡係数としては 4 才以上について求められた逸散を含む値 1.2、および別に 3 才以下にたいして仮定した 2 つの値のうち、やはり逸散を含めると現実に近いと判断した 0.8 を用いた。

自然死亡係数が 1.2 であっても現在までに実現した最高の漁獲強度 60、漁獲係数 1.7 付近になると努力量（漁獲強度）の増大に対する漁獲重量の増加はかなり小さくなる。自然死亡係数が 0.8 のばあいには 漁獲強度 60 前後では漁獲重量ののびはさらに小さくなるが、なお負の値はとっていない（図 6）。図 6 に示したような

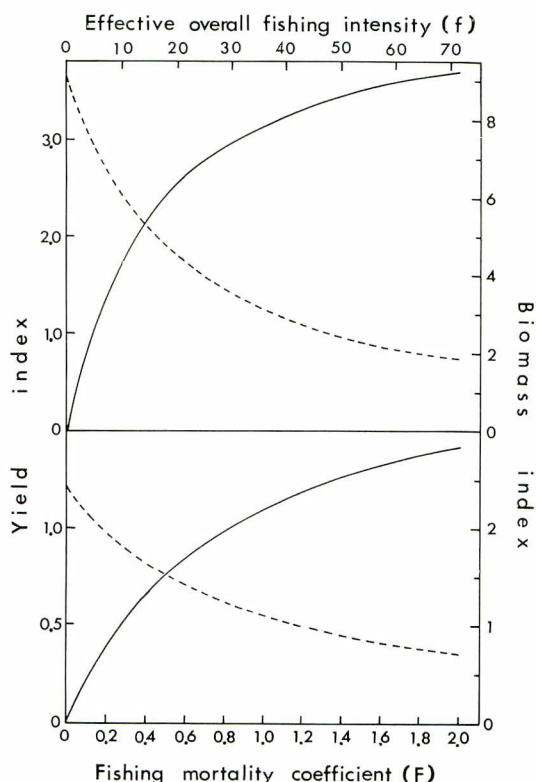


Fig. 6. Indices of yeild-per-recruit (straight line) and catch-per-unit-effort (dotted line) against fishing intensity and fishing mortality coefficient calculated on the bases of assumptions that coefficients of growth and catchability are 0.3 and 0.028, respectively, that the exploitable phase extends during three-through eight-ages, and that the natural mortality coefficient is 0.8 (upper panel) or 1.2 (lower panel).

平衡漁獲量、つまり十分な期間一定の努力量で開発しつづけたばあいに期待できる漁獲量と漁獲強度とのあいだには一般につきの関係がなり立つ。未開発のストックをある漁獲強度 f_a でひきつづいて開発すると、漁獲重量は次第に減少しついに図6に示したような曲線上の f_a に対応する値 Y_a の周囲を変動する。生体量が最大になる年令にたつる魚の割合をある大きさ以上に残す範囲内で漁獲強度を f_b まで増加させると漁獲量は増大する。強度を f_b で固定すると漁獲量ははじめは減少するが、ついに f_b に対する平衡値 Y_b の周囲を変動するようになる。このばあい Y_b は Y_a より大きい。逆に漁獲強度を f_b から f_c に減らすと、漁獲重量は減少し、前者が f_c に固定されると、後者ははじめは増加するが、ついに f_c に対応する $Y_c (< Y_b)$ に近づく。先にのべたはんい以上に漁獲強度を増大するとたとえ再生産をへらさなくとも漁獲量はまず増加したのち減少する。そのような漁獲強度 f_a で固定されると漁獲量も平均的なある値 Y_a に近づく。このさい Y_d は、 Y_a 、 Y_b あるいは Y_c より大きいとは限らない。

この法則は、こゝで取扱った中西部赤道海域のすべての年令魚にたいする漁獲強度(表7)と同海域からの漁獲重量(図3)との間でもみられる(図7)。たとえば1960年から61年にかけて強度が29から38に増大

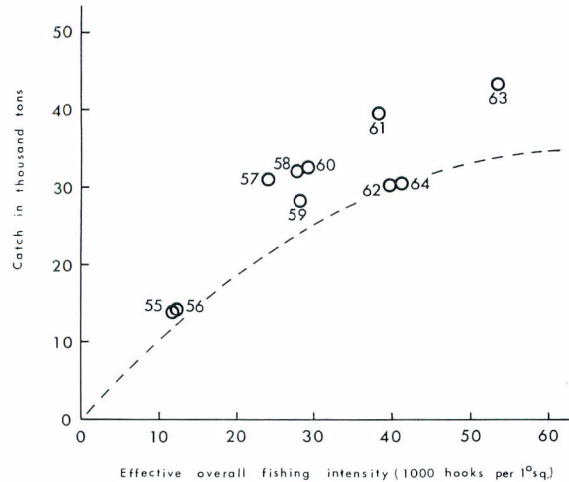


Fig. 7. Relation between fishing intensity and catch of yellowfin tuna by Japanese longliners in the western and central equatorial Pacific Ocean, 1955-64.

See Table 7 and Fig. 3 for fishing intensity and catch of yellowfin tuna, respectively.

Numerals in figure denote year of fishing.

すると漁獲量は 33,000 トンから 39,500 トンに増加した。1962 年には前年とほゞ同じ強度が加えられたが漁獲量は 30,000 トンに減少した(図7)。1964 年を除いて漁獲強度はひきつづいて増大しているので平衡漁獲量曲線はこれらの点列の下縁附近を通るはずである。もしそうであれば平衡漁獲量曲線は図7に目分量で描いたようなものとなる。もしこの想定に誤りがなければ漁獲強度を 1963 年の水準より多少高めても、なお漁獲量を増加できるが、その増加分はかなり小さいものになってしまう。上村他(1966, p.769)は、自然死亡係数を 0.6 とおいて漁獲強度と漁獲量との関係を検討し、前者を 1964 年に実現された努力量以上に増加させると後者はむしろ減少するとのべている。これを考え合わせると太平洋中西部赤道海域における漁獲努力の増大はおさえる必要がある。

5 要 約

1. はえなわ漁獲物は主として2才以上の高令魚からなり、年令はんいも広いので、その資源評価には、解析

的な方法を用いた方が良い。解析的な評価のためには、漁獲統計の他に漁獲物の年令組成を系統的に調べる必要がある。広い海域では周年にわたって漁獲されるマグロの年令組成は、実際的には、体長と年令との関係を用いて推定する他はない。さらに体長測定のみでも膨大な労力となるので、水産研究機関が行なう測定のみでなく、魚市場自身が行う個体別体重測定の結果を利用するのが便利である。本報告では、体長または体重測定値から年令組成を推定する手続きを詳細にのべた。

2. はえなわでとられるキハダの資源評価に当て用いられている海域別漁獲重量、資源の相対的な豊度、有効漁獲強度の推定方法を詳述した。

3. 上記の方法を太平洋におけるキハダを対象とするはえなわ漁業の主漁場である中西部赤道海域で 1950 年から 1964 年にえられた資料に適用し、その資源を評価した。資源評価を進めるに当たっては系統群について二つの仮定をおいた。その一つはこゝで設定したモデル海域に 1 個の系統群しか存在しないばあいであり、他の一つは日付変更線を境に別個の系統群が存在するばあいである。

4. 中西部赤道海域では漁獲努力の増大にともなって密度の低下と、漁獲物の若令化が起った。その程度は海域によって異り、日付変更線以西の西部海域ではやゝ不明瞭であるが、それ以東の中部海域ではきわめて顕著である(図4, 表6)。

5. 4才(生後 3.5~4.5 年)以上の死亡係数は漁獲強度と正の相関を示す。系統群についての仮定の如何にかかわらず漁獲能率は約 1,000 本/緯度 1° ますめ当り約 0.028 である。4才以上の自然死亡係数は全海域では 1.2, 中部海域では 1.1, 西部海域では 2.5 であって、全体として従来の推定値よりはるかに高く、とくに西部海域でいちじるしい。これは 4才以上になると赤道海域のはえなわ漁場から逸散するものが多いこと、とくに西部海域からの逸散がいちじるしいことを示している。

6. 3才魚(生後 2.5~3.5 年)については、漁獲強度にたいして死亡係数は対数曲線的に増大し、加入が完了していないことを示唆している。

7. 2, 3才時代(生後 1.5~3.5 年)における自然死亡係数を 0.3 および 0.8 と仮定して求めた生後 1.5 才における加入尾数はそれぞれ 170~300 万尾, および 450~700 万尾であって、系統群をどのように仮定しても経年的な減少は示さない。

8. キハダ個体群構造の資源量指数経年変化と自然死亡率の海域による変異は上村・本間(1963)が推論した発育にともなって西部から中部へ移動してゆくということの妥当性を示唆した。

a) 西部海域で 2, 3才, 中部海域で 3, 4才が卓越している。また自然死亡係数が西部海域でとくに高い値を示す。これらのことは西部から中部への移動を示唆している。

b) 漁獲強度は西部海域でも中部海域でも 1963 年まで漸増し、かつ西部海域で強かったにもかかわらず、キハダの豊度の減少と漁獲物の若令化は高令魚の多い中部海域で顕著であった。このことは西部海域での漁業の間引きの効果が中部海域のそれに影響していることを示唆するようである。

9. 1950 年から 1964 年にいたる 15 年間で最大であった 1963 年の漁獲強度は加入減少を招くに至っていないが、それ以上に努力量を増しても漁獲量の増分はかなり小さくなると思われる。この点に関して、もし自然死亡係数が 0.8 より多少小さければ漁獲強度の増大は、むしろ漁獲量の減少を惹き起すという計算結果もあるので(上村他 1966 p.769), 漁獲強度の増大はおさえるようにしたい。

文 献

BEVERTON, R. J. H. and S. J. HOLT 1957. "On the dynamics of exploited fish populations". *Min. Agr. Fish., Fish. Invest. Ser.*, II, 19 583p.

漁業資源研究会議 1965. "昭和 37・38 年度漁業資源協同研究経過報告". 漁業資源研究会議報, (3), 125 P.

漁業資源研究会議 1966. "昭和 39 年度漁業資源協同研究経過報告". 漁業資源研究会議報, (6), 109 P.

林繁一・本間操 1969. "延縄漁業の漁獲統計からみた大西洋のキハダ資源にかんする一考察, 1956~64". 遠洋水研報告, (2), 65-83.

- HENNEMUTH, R. C. 1961. "Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, for the year 1954-1958". *Bull., Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.* 5 (1), 5-112.
- IATTC 1965. "Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission". La Jolla, California, U. S. A.
- 石井丈夫 1968. "太平洋海域メバチ, キハダに関するパラメーターの推定". 昭和42年度マグロ漁業研究協議会議事録, 72~76.
- JOSEPH, J., ALVERSON, F. G., FINK, B. D. and DAVIDOFF, E. B. 1964. "A review of the population structure of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean". *Bull., Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.* 9 (2), 55-112.
- 上村忠夫 1965. "太平洋におけるキハダ資源の現状". 昭和39年度マグロ漁業研究協議会議事録, 201~206.
- 上村忠夫・本間操 1959. "太平洋におけるキハダ水揚げ物の体長と体重の関係". 南海水研報告, (11), 88~107.
- 上村忠夫・本間操 1963. "太平洋のマグロ延縄漁場におけるキハダ *Neothunnus macropterus* (TEMMINCK & SHLEGEL) の分布". 同誌, (17), 31~53.
- 上村忠夫・須田明・林繁一 1966. "まぐろ漁業に関するシンポジウム, 資源". 日水誌, 32(9), 756~786, 829.
- KISHINOUE, K. 1915. "Contributions to the comparative study of the so-called scombroid fishes". *Journal of the College of Agriculture, Tokyo Univ.* 8 (3), 293-475.
- LEA, E. 1930. "Mortality in the tribe of Norwegian herring". *Rapp. et Proc.-Verb., Cons. Inter. Expl. Mer.* 65, 100-117.
- 中村広司 1954. "海流とマグロ漁場". 水産科学, (14), 9-17.
- 中村広司 1965. "世界のマグロ資源, I, II". 水産研究叢書, 10(1,2), 111 P.
- 南海区水産研究所 1951. 南海水研報告, (1), 144 P.
- 南海区水産研究所 1954. "昭和27年版マグロ延縄漁業平年漁況図". 日本鯷鮪漁業協同組合連合会, 東京
- 南海区水産研究所 1959. "昭和33年版マグロ延縄漁業平年漁況図(本文, 附図)". 日本鯷鮪漁業協同組合連合会, 414 P. 東京
- 農林省統計調査部 1952-66, "漁業養殖業漁獲統計年表, 1951-1964".
- PALOHEIMO, J. E. 1961. "Studies on estimation of mortalities. I. Comparison of a method described by BEVERTON and HOLT and a new linear formula". *Jour. Fish. Res. Bd. Canada*, 18 (5), 645-662.
- ROYCE, W. F. 1964. "A morphometric study of yellowfin tuna *Thunnus albacares*(BONNEATRE)". *Fish. Bull., U. S. Fish and Wildlife Serv.*, 63 (2), 395-444.
- 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". 南海水研報告, (24), 31-40.
- SCHAEFER, M. B. 1954. "Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries". *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.* 1 (2), 27-56.
- SCHAEFER, M. B. 1957. "A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean". *ibid.* 2 (6), 245-268.
- 須田明・久米漸 1967. "まぐろはえなわ漁業の漁獲物から推定された太平洋メバチの加入と生残り". 南海水研報告, (25), 91~103.
- 須田明・久米漸・塩浜利夫 1969. "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". 遠洋水研報告, (1), 99-114.
- 水産庁調査研究部 1965. "昭和37年1-12月まぐろはえなわ漁業, 漁場別統計調査結果報告". 183 P.
- 水産庁調査研究部 1966. "昭和38年1-12月まぐろはえなわ漁業, 漁場別統計調査結果報告". 318 P.
- 水産庁調査研究部 1967. "昭和39年1-12月まぐろはえなわ漁業, 漁場別統計調査結果報告". 377 P.
- 田中昌一 1960. "水産生物の population dynamics と漁業資源管理". 東海水研報告, (28), 1~200.

- WIDRIG, T. M. 1954. "Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine". *Fish. Bull., U. S. Fish and Wildlife Serv.*, **56** (94), 141-166.
- 藪田洋一・行縄茂理 1957. "キハダの研究—I, 体長組成の季節変化(西カロリン諸島沿海)". 南海水研報告, (5), 119-126.
- 藪田洋一・行縄茂理 1958. "キハダの研究—II, 東カロリン諸島沿海における体長組成". 同誌, (7), 82-87.
- 藪田洋一・行縄茂理・薬科侑生 1960. "キハダの成長と年令II, 鱗にみられる輪紋からの検討". 同誌, (12), 63-74.