

大西洋のキハダの資源状態の評価, 1956—1967年*

林 繁 一 ・ 本 間 操

(遠洋水産研究所)

Assessment of yellowfin tuna stocks in the Atlantic Ocean, 1956-1967.

Sigeiti HAYASI and Misao HONMA
(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

Synopsis

Examination of records from the logline and the surface fisheries, made available in early 1968, provided information on the status and conservation measures of yellowfin tuna stocks in the Atlantic Ocean.

1. Both catch and abundance of yellowfin tuna in the longline fishery decreased during 1960 through 1965. In the equatorial waters, major fishing grounds, the hooking rate in 1965 was as low as 15 percent of that in the initial stage of exploitation.

2. In the surface fisheries, on the contrary, the yield has been on a steady increase and the catch-per-unit-effort did not decrease at least until 1967.

3. In spite of remarkably different responses in the yields in the longline and the surface fisheries, the total yield has succeedingly stayed at around 60,000 metric tons during six years between 1960 and 1965.

4. Fragmental records of size composition from the Atlantic Ocean suggest it probable to assume that the exploited phases are one- to three-year for the surface gears, and three- to eight-year for the longline. Only a little information was available on coefficients of growth and natural mortality of yellowfin tuna in the Atlantic Ocean. Selected for the present analysis are 0.3 for growth coefficient and 0.8 for natural mortality coefficient among various estimates of these parameters for the Pacific stocks.

5. As far as the above assumptions listed in 4 are valid, it is expected that either the longline or the surface gears may harvest similar yield from the same year class.

6. Calculation, based on an assumption that maturity and growth are independent from density of the stocks and on the assumptions listed in 4, shows more depletion of eggs produced by the stocks for the surface fisheries than for the longline fishery causing the same mortality.

7. In the Atlantic Ocean the surface fisheries appear to expand very rapidly. While Japanese longline fishery has shrunk there after 1965, other longliners, especially those from Taiwan and Korea, seem to increase in number. The growing investment toward tuna fisheries may rise fishing intensity to the yellowfin tuna stocks under discussion, which have been already heavily depleted. Urgently proposed under such situation is regulation program of the fisheries, and tentatively recommended is a quota of 60,000 tons, the average yield for 1960 through 1965.

問題の発端

1956年以降大西洋に進出した日本のはえなわ漁業については詳細な漁獲統計が公表されており、それに基づ

*1970年12月1日受理, 遠洋水産研究所業績第43号

いて本漁業の対象となる マグロ類、とくに世界的に 需要の多いキハダの資源が減少していることが認められている。このような事態にたいしてキハダ資源をはえなわ漁業の調節によって維持しようという考えがある (WISE・LE GUEN 1966, LE GUEN・WISE 1967, LE GUEN 1967, 1968)。しかし大西洋のキハダははえなわ漁業のみでなく表層漁業によっても本格的に漁獲されているので、二つの漁業をあわせて調節しなくてはその資源を維持することはできない (上村他 1966, p.773, 林・本間 1969, p.72)。

従来、大西洋のキハダについては日本のはえなわ漁業の漁獲努力量のみが組織的に公表されていたにすぎないので、本種の個体群の構造や、表層漁業などについては具体的にふれることができなかった。近年断片的ではあるが大西洋のキハダにかんする表層漁業の資料が公表され (POSTEL 1965, LE GUEN 他 1965, 1968, LE GUEN・POINSARD 1966, 菅野 1967, BAUDIN-LAURENCIN 1967, POINSARD 1967, 本間 他 1969)、はえなわ漁業の対象となるストックの移動についても仮説がえられてきている (本間・久田1971)。ここでは1968年春までにえられた情報をできるだけ多く用いて、大西洋におけるキハダ資源を従来よりも具体的に評価しようとした。

本研究は大西洋のキハダとその漁業にかんする膨大な資料に基づいて進められており、したがって、本文内で引用した漁業およびその調査に従事された多くの方々の努力に負っている。またこの研究を行うに当っては遠洋水産研究所須田明浮魚資源部長、山中一郎海洋部長を始め両部員各位から終始懇切な助言と批判とをいただいた。また矢部博前所長、木部崎修所長、福田嘉男企画連絡室長は原稿を閲読し、有益な御意見をあたえられた。

資料および方法

資 料

はえなわ漁業：ほとんどすべての日本船からは操業毎の使用釣数、魚種別漁獲尾数が水産庁に報告されその資料は緯経度5度ずつごと、1ヶ月ごとに整理した上で3ヶ月ごとに集計公表されている (塩浜他 1965, 水産庁調査研究部 1965, 1966, 1967a, b)。漁船の漁獲物の体長 (年令) 組成はえられていないが、1956~80年、1965~67年には、水産庁の調査船および地方庁の試験船、練習船によって、操業毎に漁獲物の体長組成および生殖腺重量が調査されている (本間・久田1971)。このほかに韓国船、台湾船が1967年頃から非常に増勢されているといわれるが (WISE・FOX 1969, p.3)、その詳細な漁獲記録はえられていない。

表層漁業：大西洋でキハダを漁獲している主要な表層漁業はアフリカ西岸水域を漁場とする竿釣り、まき網である (本間他 1969)。このうち日本の竿釣り船については月別延航海数、漁獲量、まき網船については航海日数、日別漁獲位置、投網回数、魚種別漁獲量、漁獲物の体長組成、生殖腺重量が調べられている。しかし日本船は同水域における漁船のなかではわずかな部分を占めるにすぎない。たとえば Pointe-Noire および Abidjan における日本船の漁獲量は、資料のえられた範囲ではせいぜい全水揚量の10%である。この海域ではフランスおよびスペイン漁船の情報をもっとも重要である。

フランスの研究機関 ORSTOM は1961年以降大西洋のアフリカ沿岸水域におけるフランスの大型竿釣り船の漁獲記録を解析する準備を進め (POSTEL 1965, p.19)、1964年以降、Dakar, Abidjan, Pointe-Noire に入港する各国の漁船の航海日数、マグロを対象とした航海日数、漁獲位置、漁獲量、体長組成の調査を始め、その体制を充実しつつあるが (たとえば LE GUEN 他 1965, p.3)、組織的に公表されているのは半月毎緯経度30分または1度ずつ別の投網回数および1投網当り漁獲量にすぎない。表層漁業にはフランス、日本のみではなくスペインからも大きな規模の船団が出漁しているほかに、カナダ、ユーゴスラビアの漁船も進出しており、それらは上記3ヶ所だけでなく、Tema, Free Town などのアフリカ西岸各地や母国にも水揚げする (本間他 1969)。したがって ORSTOM の発表は中間的な漁獲記録のみが定期的に刊行されているにすぎないという以外に、特定の水揚地でえられた情報しか含んでいないという欠陥も持っている。フランス、日本以外の関係諸国からも漁獲記録を入手する必要があることを指摘したい。

つまり今回の研究に用いることができた資料はつぎの4種類である。

(1) 日本のはえなわ漁船の漁獲記録：1956—65年にわたって大西洋全域から組織的に収集，公表されている。
 (2) 日本の調査船，試験船，練習船がはえなわでえたキハダの体長組成：計画的なサンプリングを通して得られたものではないが，1956—60年，1965—67年にかけて22,600尾の測定値が収集されている（本間・久田1971）。

(3) 表層漁業の漁獲記録：1961年9月以降，断片的に収集されている。その中には次の4種類が含まれる。

(i) SOVETCO 所属竿釣船の海域別，月別延航海数および漁獲量が1961—62～1963—64年の3漁期にわたって集計されている。ただしキハダの漁獲量がわかっているのは1963—64年の1漁期のみである。

(ii) 日本の竿釣船，まき網船の詳細な漁獲記録が収集されている。しかし，日本船の隻数そのものは非常に少ない。

(iii) 1964—67年にPointe-Noireの海域で操業した竿釣船についてマグロ類月別漁獲量，延着業隻数および半月別，緯経度30分または1度ますめ別のキハダの1日1隻当漁獲量分布図がORSTOM, Pointe-Noire Centreから発表されている。

(iv) 1966年にAbidjan海域で操業した竿釣船，まき網船についてマグロ類月別漁獲量，延着業隻数，および半月別，緯経度1度ますめ別のキハダの1日1隻当漁獲量の分布図がORSTOM・Abidjan Centreから発表されている。

(4) 表層漁業漁獲物の体長組成

(i) 日本のまき網船漁獲物，1967年1—7月

(ii) Pointe-Noire海域の漁獲物，1965, 1967年。

解析の方法

入手した資料，とくに年齢組成は不十分であったので以下に記す4つの大まかな方法を用いた。

(1) 体長組成の経年変化：漁獲死亡が自然死亡に比べて無視しえない大きさであれば，漁獲努力の増大にともなって高令の大型魚の割合は減少する。ただし体長組成の変化だけからでは，漁獲の影響が年級内に限られているか，年級間にまでおよんでいるかの判断はできない。また漁獲による生残率の低下のみでなくて，漁場位置の変遷なども漁獲物の体長組成に影響を及ぼす。しかしながら，体長組成の経年変化は，漁獲統計によって示される資源量の変動の一つの傍証となるはずである。もっとも現実に資料がえられた期間は，竿釣ではわずかに1965, 1967年にすぎないし，まき網では1967年のみであるのでこの方法は使えない。はえなわでは1655～60年と1965～67年の二つの期間にそれぞれ約16,900尾，5,700尾ずつ測定されているので，両期の間における比較が可能である。

(2) 単位努力当漁獲量の経年変化：表層漁業については，漁獲量の変化を，漁獲努力量と関連づけて説明するに足る資料がえられていない。しかし月別単位努力当漁獲量はえられているので，その漁期平均をとってギニア湾に來游する若魚，未成魚の資源量に経年的な減少があるかどうかを調べた。

(3) 漁獲努力量と漁獲尾数との関係：自然死亡係数が一定値 M をとると仮定すると* 加入量が一定であれば a 年における漁獲尾数 C_a は

$$C_a = \frac{qX_a(1 - e^{-(qX_a + M)})R}{qX_a + M} \sum_{i=1}^m \exp\left\{-\left(q \sum_{j=1}^{ni} X_{ij} + n_i M\right)\right\} \dots \dots \dots (1)$$

とかける。ただし X_a は a 年における努力量， m は a 年にとられる年級の数， n_i は i 番目の年級が漁獲の対象となった年数， X_{ij} は i 番目の年級が加入後 j 年目に受けた努力量である。ここで年々の努力量がほぼ一定であれば，式(1)は

$$C_a \approx \frac{RqX_a}{qX_a + M} \dots \dots \dots (1)'$$

となる。したがって漁獲努力量と漁獲尾数との間にはつぎの関係がなりたつはずである。

加入を減らさないはんい内で漁獲努力量のある大きさ X_a に固定すると長い間には漁獲尾数はある値 C_a の

* 本報告における Population dynamics の用語および記号は原則として栗田(1964, p.941)によった。

周囲で変動する。努力量を X_a から X_b に増加すると加入が減少しない限り、漁獲尾数は増加する。そして努力量が X_b に固定されると、漁獲尾数ははじめは減少するがついには C_a より大きいある値 C_b の周囲を変動するようになる。逆に努力量を X_a より小さい値 X_c に減らすと漁獲尾数は減少し、前者が X_c に固定されると後者ははじめは増加するがついには C_a より小さいある値 C_c の周囲を変動する。努力量が再生産を減少させるほど大きい値 X_a まで増加すると、漁獲尾数は減少し、加入量が低い状態で安定したある値 C_a に近づく。このさい C_a は C_a より大きいとは限らない。ここでは努力量にたいして漁獲尾数が減少していなければ、とりあえず加入は減少していないと判断する。このばあいでも努力量の増大にたいして漁獲量が有意に増大しないとするとそのような努力は過剰な投資といえる。この方法ははえなわ漁業の漁獲統計の解析に適用した。

(4) ある年の漁獲努力量と、密度指数の逆数の関係：土井（1962, p.13）は式（1'）から

$$\frac{1}{d_a} = \frac{X_a}{C_a} = \frac{X_a}{R} + \frac{M}{qR} \dots\dots\dots(2)$$

を導きタラバガニの資源状態を評価している。この方法を漁獲努力量が著しく変化した大西洋のキハダの年々の資料に用いると偏りを生じるが（林・本間 1969, p.72）、とりあえず密度指数が漁獲努力の増大にたいして、式(2)で示されるよりも減少していれば加入の減少を示唆すると判断できる。もっとも逆に両者の間に直線関係があったり、努力量の増加に比例して密度指数が減少しなくてもかならずしも加入が安定しているとはい切れない。この方法も比較的継続してえられたはえなわの漁獲記録にたいして適用した。

はえなわの漁獲統計の整理方法

漁獲統計の解析に必要な漁獲努力量、資源量指数、密度指数はつきのようにして求めた。ここで用いた漁獲記録は月別緯度5度、経度5度ずつ別に集計されている。1つのますめの面積の緯度差を無視すると、陸地のかからないますめの面積を1、陸地がはいっているばあいにはその部分を緯経度1度ずつに換算して差し引き、0.96, 0.92, ……0.04 といった値をとるものとした。

i 番目のますめの面積 A_i をこのように定義しておく。そのますめ内で、ある年の j 月にはえなわの対象になったキハダは、均一に分布していたとして、そこでの密度指数 d_{ij} を釣獲率 H_{ij} とおく（式3）。

$$d_{ij} = H_{ij} = \frac{C_{ij}}{g_{ij}} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

C_{ij} : i —ますめ, j —月における漁獲尾数

g_{ij} : i —ますめ, j —月における使用釣数

資源量指数は密度指数と面積との積であるから、 j 月にはえなわの対象となったキハダの資源量指数 N_j はその月に操業が行われた $m(j)$ 個のますめにおける資源量指数の和である（式4）。

$$N_j = 100 \sum_{i=1}^{m(j)} \frac{A_i C_{ij}}{g_{ij}} \dots\dots\dots(4)$$

ここで求めた資源量指数 N_j はその月に漁場となっていた海域における存在量に比例するが、操業がなかった海域におけるそれについてはなんの情報もあたえない。漁場における存在量の全海域におけるそれにたいする比、つまり MARR (1951, p.5) の Availability および山中 (1961, p.33) の第一種の利用率を r , 全海域の資源量を N とおくと $N_j = rN$ であるが、はえなわ漁業にせよ、表層漁業にせよその操業域は漁場の一方の端から始まり漸次漁場全域を覆うように進んだので r の値は年々大きくなったと考えなくてはならない。したがって式(4)で求めた資源量指数の経年的な変化は資源量のみでなく漁場面積によっても変化する。漁場の拡がりによる変化をとりのぞくためにはいくつかの方法があるがその適用については今後検討することにし、こゝではとりあえず操業が行われた海域における資源量を取りあつかうことにした。

N_j から一つの漁期における資源量指数 N を見積るためには魚の漁場来遊過程が問題になる。もし一つの集団がひきつゞいて漁獲の対象となっていれば N_j の漁期間平均すなわち

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n N_j \dots\dots\dots(5)$$

がその漁期における資源量指数に当るであろう。またもしいくつかの集団が交互に漁業の対象となるならばその総和, つまり

$$N_T = \sum_{j=1}^n N_j \dots\dots\dots(5')$$

がその漁期における資源量指数に対応するはずである。

大西洋のキハダについてはいずれの条件がなり立つか明らかではない。しかし後述のようにはえなわについては漁場が広い分布域をおおっていると考えられるので前者がなり立つという前提をおいた。

同様にしてある漁期における密度指数 d にも二通りのばあいが考えられる。漁期間の密度指数は一つの集団がひきつゞいて漁業の対象となっていれば月別密度指数 d_j の平均となるし (式6),

$$d = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\sum_{i=1}^{m(j)} A_{ij} C_{ij}}{g_{ij}} \dots\dots\dots(6)$$

いくつかの集団が交互に漁獲されていれば, 月別の資源量指数の和を月別の漁場面積の和で割った値になる (式6')。

$$d = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m(j)} A_{ij} C_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m(j)} A_{ij}} \dots\dots\dots(6')$$

ここでは主として式(6)によって密度指数を求めた。なおキハダの移動は一つの群れを追跡できるほどはっきりしたものではないし, また全体としては12月に資源量指数も漁獲努力量も小さくなるので (本間・久田1971) 単位漁期を暦年とした。

漁獲努力量は漁獲量を密度指数で除して求めた (式7)。

$$X = \frac{C}{d} \dots\dots\dots(7)$$

厳密にはこの値は漁期間についてやされた努力量の地理的な配分のみでなく, 季節的な配分によっても変化する (田中 1960, p. 124)。

仮定された系統群

上述の諸数値は元来独立して繁殖する集団別に求められなければならないが, 大西洋におけるキハダの個体群にはそのような集団を定義することはむずかしい (本間・久田1971)。したがって大西洋におけるキハダの数量変動の単位集団としてはつぎの3通りを考えた (図1)。

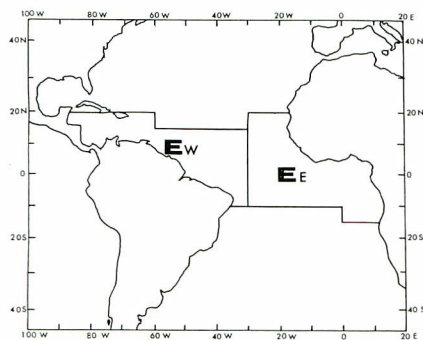


Fig. 1. Division of the Atlantic Ocean for assessment of yellowfin tuna stocks.

Based on HONMA and HISADA(1971).

(1) 大西洋全域におけるキハダは成魚索餌期においては二つの系群に分かれるけれども, その数量は共通した再生産によって支えられている。

(2) はえなわによる釣獲率が高い南北赤道海流およびその隣接水域におけるキハダのストックは他の水域とは独立していても大西洋で漁獲対象となる個体群の主要な部分を占めている。したがって実用上からはこの海域に関する情報だけをとりだして扱っても充分に大西洋におけるキハダ資源の合理的利用に必要な方策を考えることができる。

(3) 赤道海域に西経30度を境にして分かれる東西2つの系群がある。はえなわ漁業は双方の系群を漁獲し, 表層漁業は東部系群のみを対象とする。

結 果

はえなわ漁業の対象資源

1. 大西洋全域の漁獲記録

(1) 体長組成の変化：はえなわによる大西洋の漁獲物は体長 43~184 cm にわたるが、その主体は 120~170cm にわたっている。1960年以前と1965年以降との体長はんいには大きな変化はないが、モードの位置は開発当初の 150~160 cm から1965~67年の 140~150 cm にかわっている(本間・久田1971)。体長にみられるモードは、太平洋の成長曲線からは(本間他1971)、それぞれ 5, 6 才と4才とに対応し1965年以降では、1960年以前に比べて1, 2 才若い個体が多くなったといえる。つまりはえなわが少くとも年級内の生きのこりに影響をあたえたことは明らかである

(2) 漁獲統計の解析：漁獲尾数は、1960年に1,160,000尾にたったのち減少し、1962~65年には900,000尾前後を変動している。漁獲努力ははえなわの使用鈎数でも、漁場面積でも、キハダにたいする努力量でも年々増加している。密度指数は1959年以降平均して毎年前年の69%にへりつゞけ1965年にはわずかに0.70で1956~58年におけるその $\frac{1}{10}$ 以下となった。漁場の拡大によってはえなわ対象となった資源量指数は、1959年まで急増し、それ以降ゆるやかに減少した(表1)。

Table 1. Annual amount of catch, effort and relative size of yellowfin stock exploited by Japanese longliners in the Atlantic, 1956-65.

Year	Catch in number	Uncorrected Fishing effort	Relative stock number	Area of fishing ground	Density index	Corrected fishing effort
	thousand fish	thousand hooks	fish per 100 hooks $\times 5^\circ$ sq.	5° sq.	fish per 100 hooks in 5° sq.	thousand hooks
1956	12	131	26.14	3.21	7.4757	161
1957	259	3,376	78.21	11.89	7.3769	3,505
1958	746	8,001	81.26	10.71	6.9602	10,725
1959	1,098	15,312	117.30	19.50	6.6369	16,537
1960	1,159	20,727	113.17	24.35	5.1245	22,608
1961	958	26,202	88.73	32.32	3.0165	31,745
1962	974	54,101	63.04	36.20	1.7710	55,004
1963	886	55,004	71.49	46.15	1.5560	56,928
1964	879	84,998	58.58	62.14	0.9899	88,816
1965	927	97,581	53.48	82.40	0.7027	131,958

1960年以前においては1965年以降よりも大きい個体が多かったので、開発初期には高令魚が主体であったことになる。そうすると1959, 1960年には、1961年以降に比べて努力量が小さいにもかかわらず、漁獲量が大きかったということは、1957年以前にはほとんど漁業がなかったために開発初期には高令魚が長年にわたって蓄積されていたという可能性をうらづけているし、1961年以降漁獲努力の増大に対応して、漁獲量がへっていないということは、大西洋全域としてみると加入が大ききは減少しなかったことを示唆している。有効努力量と密度指数の逆数との関係をもても、1959年以降はほぼ一つの直線となり、この期間には加入の急激な減少が起ったとはいいい切れぬ。一方蓄積されていた高年魚を開発し、かつ漁場が拡大した1959年以前では努力量の漸増にたいして、密度指数はほぼ一定であった(図2)。

2. 赤道海域の漁獲記録

1963, 1964年を除いて大西洋で漁獲されるキハダの95%以上を生産している北緯20度から南緯15度の間を北西から南東に連なる赤道海域のストックについては式(6), (7)に基づく結果のみを示した。この海域における漁獲尾数, 努力量, 資源量指数の経年変化も大西洋全域と同様であるが増減の傾向は大西洋全域のそれに

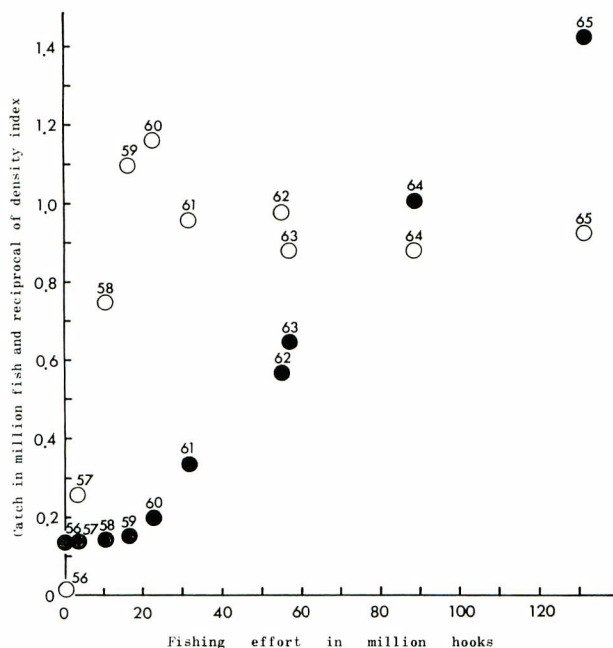


Fig. 2. Relation between fishing effort and either catch (open circle), or reciprocal of density index (closed circle) of yellowfin tuna taken by Japanese longline fishery in the Atlantic Ocean, 1956-65. Numerals denote years.

くらべてゆるやかである (表2)。

しかしながら大西洋赤道海域の密度指数は、全域におけるそれよりも高いが、やはり低下しつづけており、とくに1959~62年における減少は顕著であった。その結果、1965年における密度指数は開発当初の約15%となった。開発後3年を経過した1959年から1964年にかけて努力量の増加にたいして、漁獲尾数は低下し、密度指数の逆数は右下に凸な曲線にそって変化した (図3)。この現象からこの5年間には大西洋赤道海域におけるはえなわ対象ストックへの加入は年々減少したと考える必要がありそうである。

Table 2. Annual amount of catch, effort and relative size of yellowfin stock exploited by Japanese longliners in the equatorial Atlantic, 1956-65.

Year	Catch in number		Uncorrected fishing effort	Relative stock number	Area of fishing ground	Density index	Corrected fishing effort
	thousand fish	ratio to Atlantic total(%)	thousand hooks	fish per 100 hooks times 5°sq.	5° sq.	fish per 100 hooks in 5° sq.	thousand hooks
1956	12	100	131	26.14	3.21	7.4757	161
1957	259	100	3,369	78.12	11.63	7.4889	3,452
1958	746	100	7,919	81.10	10.54	7.6710	9,722
1959	1,090	99	13,679	116.44	17.71	7.0894	15,379
1960	1,152	99	18,651	111.66	22.02	5.4634	21,081
1961	944	99	22,747	81.64	25.94	3.4530	27,352
1962	926	95	38,447	57.58	25.51	2.2558	41,064
1963	784	89	35,481	61.17	32.01	1.9261	40,703
1964	713	81	44,373	42.90	32.07	1.3597	52,464
1965	888	96	60,552	47.38	41.82	1.1425	77,736

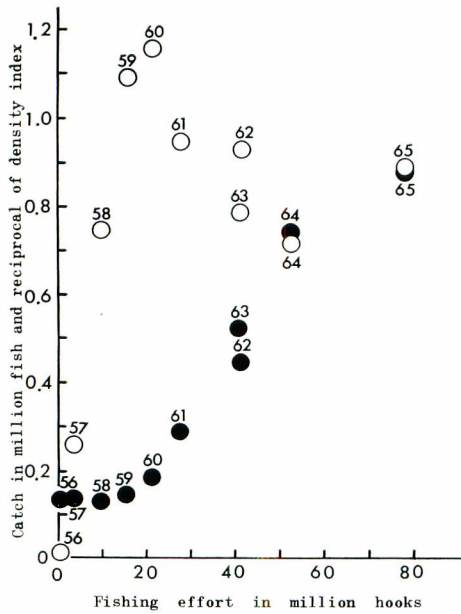


Fig. 3. Relation between fishing effort and either catch (open circle), or reciprocal of density index (closed circle) of yellowfin tuna taken by Japanese longline fishery in the equatorial Atlantic Ocean, 1956-65. Numerals denote years.

3. 東部系群の漁獲記録

西経 30 度以東の赤道海域のキハダは、1957 年以降強い漁獲にさらされてきた。はえなわについてみるとこの海域の漁獲量は大西洋全域で日本船がとったキハダの過半を占めてきたし (表 3), さらに沿岸水域では表層漁業の対象にもなっている (本間他 1969)。

開発当初の 1957~59 年には、この海域におけるキハダの密度は他の海域におけるそれよりも高く、1962 年までは本海域における漁獲努力量の増加がいちじるしかった。努力量は密度の低下にともなって 1964 年までの 3 年間には安定した。1965 年にはふたたび急増し、1964 年のほゞ 2 倍となった。このような努力量の増大にもかかわらず漁獲量は 1960 年の 92 万尾を最後として努力量が安定した 1962~64 年間にもひきつゞいて減少した。密度指数はさらに急減し、1965 年に開発初期の 15% に低下した。本海域における漁獲努力量の増大に対する漁獲尾数および密度指数の減少は加入の減少を示唆している (図 4)。

4. 西部系群の漁獲記録

西経 30 度以西の赤道海域を主分布域とするキハダは、大西洋に日本のはえなわ漁船が進出した当初から漁獲の対象となった。しかし 1956 年を除いて本海域における

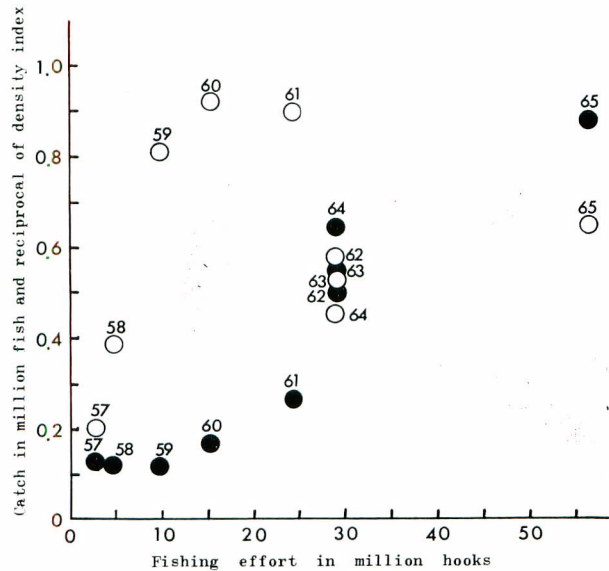


Fig. 4. Relation between fishing effort and either catch (open circle), or reciprocal of density index (closed circle) of yellowfin tuna taken by Japanese logline fishery in the eastern equatorial Atlantic Ocean, 1956-65. Numerals denote years.

Table 3. Annual amount of catch, effort and relative size of yellowfin stock exploited by Japanese longliners in the eastern equatorial Atlantic, 1956-65.

Year	Catch in number		Uncorrected fishing effort	Relative stock number	Area of fishing ground	Density index	Corrected fishing effort
	thousand fish	ratio to Atlantic total(%)	thousand hooks	fish per 100 hooks times 5° sq.	5° sq.	fish per 100 hooks in 5° sq.	thousand hooks
1956	0	0	0	—	0.00	—	0
1957	203	78	2,491	49.84	6.86	7.8617	2,579
1958	385	52	3,845	33.67	4.13	8.3313	4,617
1959	810	74	8,609	69.80	8.83	8.3711	9,674
1960	919	79	13,002	75.03	12.00	6.0892	15,098
1961	895	93	19,950	64.20	18.22	3.7069	24,133
1962	578	59	22,792	34.84	16.30	2.0047	28,851
1963	529	60	21,179	34.80	18.40	1.8225	29,045
1964	451	51	22,205	22.88	15.27	1.5617	28,905
1965	642	69	39,951	29.75	25.56	1.1393	56,372

Table 4. Annual amount of catch, effort and relative size of yellowfin stock exploited by Japanese longliners in the western equatorial Atlantic, 1956-65.

Year	Catch in number		Uncorrected fishing effort	Relative stock number	Area of fishing ground	Density index	Corrected fishing effort
	thousand fish	ratio to Atlantic total(%)	thousand hooks	fish per 100 hooks times 5° sq.	5° sq.	fish per 100 hooks in 5° sq.	thousand hooks
1956	12	100	131	26.14	3.21	7.4757	161
1957	56	22	878	34.57	5.84	5.9946	931
1958	361	48	4,074	47.43	6.41	5.8495	6,174
1959	280	26	5,069	46.65	8.88	5.3013	5,291
1960	232	20	5,649	36.62	10.02	3.3435	6,949
1961	50	5	2,796	17.44	7.71	1.8299	2,725
1962	348	36	15,655	23.74	9.21	2.0283	17,150
1963	255	29	14,302	26.37	13.61	1.7506	14,545
1964	262	30	22,169	20.01	16.80	1.2074	21,697
1965	246	27	20,601	17.63	16.26	1.0896	22,568

漁獲量は大西洋全域の半ばに達せず、とくに1961年にはわずかに5%にすぎなかった。

漁獲努力量は使用釣数でも、漁場面積でも増大傾向にあるとはいえ、やや不規則な変化を示してきた(表4)。この海域における漁獲尾数は600万本~2,000万本の努力量にたいして25万尾~35万尾のはんいにあり、密度指数の逆数は漁獲努力量とほぼ直線的な関係を示している(図5)。すなわちこの海域では、努力量600万本前後まではその増大にともなって漁獲量の増加を期待できるがそれをこえると単位努力当漁獲量が減少して収益性が低減するといえる。たゞし現在までに実現された最大努力量2,000万本以下の範囲では加入が減少したとは断定できない。

表層漁業の対象資源

FAO(1967, 1968 a, b)は竿釣・まき網等の表層漁業によるキハダの漁獲量を調べているが、その数値は

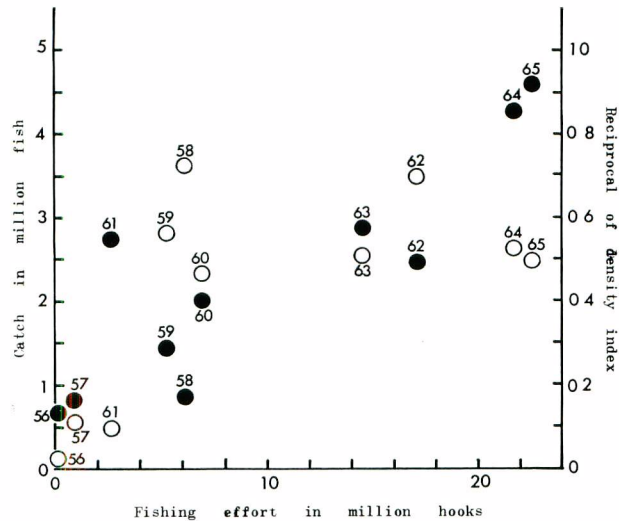


Fig. 5. Relation between fishing effort and either catch (open circle), or reciprocal of density index (closed circle) of yellowfin tuna taken by Japanese longline fishery in the western equatorial Atlantic Ocean, 1956-65. Numerals denote years.

かなり区々である (本間他 1969, p. 88)。それでも 1954 年から 1967 年にかけて 逐次増大し、1960 年代には 20,000~40,000 トンにたっていると考えられ部分的に集められた漁場別、季節別の漁獲統計もやはり竿釣船、まき網船の漁獲量が 1960~66 年にかけて増加したことを示している (本間他 1969, p. 94)。

SOVETCO の竿釣船 (POSTFL 1955)、Pointe-Noire 海区で操業した竿釣船 (LE GUEN 他 1965, 1968 LE GUEN・POINSARD 1966・POINSARD 1967)、日本の竿釣船およびまき網船の資料 (本間他 1969) の月別努力当漁獲量の漁期別平均によって、とりあえず表層漁業対象ストックの大きさを調べても、経年的に減少しているという傾向はみられない (表 5)。

以上の事実から表層漁業の対象となっているストックへの加入は 1967 年までは顕著には減少していないといえる。

Table 5. Annual means of various monthly catch-per-unit-effort of the surface fisheries having exploited tunas on the equatorial Atlantic, 1961-67.

Fisheries	Unie of effort	Species	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Pole-and line boats of SOVETCO	day-boat at sea	all tunas	2.00	2.45	2.01				
		yellowfin			1.69				
Pole-and-line boats at Pointe-Noire	day-fishing	all tunas				5.65	2.99	4.11	4.82
Japanese Pole-and-line boats	boat-month	all tunas		89.2	97.4	73.9	129.3		
		yellowfin		41.2	16.9	29.6	19.5		
Japanese purse-seiners	day of operation	all tunas				19.2	16.8	18.9	11.3
		yellowfin				17.9	14.5	13.1	7.2

二つの漁業の対象資源の関係

大西洋で日本のはえなわ船の対象となっているキハダの密度指数は、その系群をどのように設定しても、1960年以降努力量の単調な増大に対応して単調に減少し、その傾向はとくに東部海域で著しい。一方アフリカ西岸で等網、まき網の対象となったキハダのストックの大きさは、少なくとも1967年までは減少したとはいえない。はえなわの漁獲量の減少に対応して表層漁業のそれは増大し、両漁業を合わせた総漁獲量は1960年以降50,000~70,000トン前後で安定している(表6)。

Table 6. Amount of catch of yellowfin taken by Japanese longliners and by surface fisheries in the Atlantic Ocean, 1957-66.

Year	Total	Japanese longliners			Surface fisheries
		Subtotal	Based at foreign ports	Factory ship	
1957	..	13,198	13,198	—	..
1958	36,359	27,159	27,159	—	9,200
1959	53,671	44,071	44,071	—	9,600
1960	71,056	57,756	57,756	—	13,300
1961	65,331	52,631	52,631	—	12,700
1962	53,020	34,820	26,857	7,963	18,200
1963	60,041	36,041	21,181	14,860	24,000
1964	62,206	35,106	20,491	14,615	27,100
1965	60,419	36,619	20,416	16,203	23,800
1966	..	21,774	9,965	11,809	..

Data from Statistics and Survey Division (1968a, p. 40) for catch by Japanese longliners based at foreign ports except that in 1963 from Statistics and Survey Division (1967, p. 72) and 1966 from Statistics and Survey Division (1968b, p. 73), or from Statistics and Survey Division (1967, p. 89, 1968b, p. 73) for catch by Japanese longliners with factory ships, or from FAO (1968) for surface fisheries.

また表層漁業および西部赤道海域のはえなわの対象ストックへの加入は減少したとはいえないのに東部赤道海域におけるはえなわ漁業の対象ストックの加入は減少している。すなわちキハダの再生産はすくなくとも1967年までは大きく減少していないけれども、表層漁業は、同一魚群を利用している東部赤道海域のはえなわのストックへの加入を減少させたといえそうである。

これらの二つの漁業の対象となっているキハダの年齢は十分には明らかにされていないが、従来の知見からおしてはえなわは3~8才魚を、表層漁業は1~3才魚を主として漁獲していると考えてよいであろう。またギニア湾中南部ではキハダはまず7月から12月にわたって表層漁業、その後5月まではえなわ漁業でとられている。つまり、少なくとも東部赤道海域に來遊したストックは、まず表層漁業によって間引かれ、その残りがはえなわによってとられるということは十分にありそうなことである。

論 議

キハダ資源をどのような漁法でとればよいかという問題にたいする漁業生物学的見解は後述するが、まずはえなわの規制のみによっては、ストックを管理できないことを改めて示しておく。

WISE・LE GUEN (1965), LE GUEN・WISE (1967), LE GUEN (1967, 1968) は、日本の漁獲統計を詳細に検討して、ある年の漁獲量または努力量とそれから1~4年後の釣獲率との間に逆相関があることを見出し、それに基づいて、“最大持続生産量”を計算している。しかしこの取扱いはかなり一方的なものであって、つぎに示すように重大な欠陥を含んでいる。

まず上述の論文で注意されているように、ある年の漁獲量とその1~3年後の密度指数との間には逆相関はある。ところが1960年以降のみについてみると、明らかに正相関になる(図6)。漁獲物の年齢組成が判らないし、また年数も少ないのでこれらの相関の意味を説明することはできない。それよりも、まず最初の過程で漁獲量の増大にともなって密度指数が減少し、1960年からは第2の過程として漁獲量も密度指数も高い方から低い方へ移ってきていることに注意しなくてはならない。つまり開発初期には漁獲量は増大したが密度指数は漸減し、開発が完了してからは漁獲量も密度指数もともにへってきたというdynamicな経過にもっと注意しなくてはならない。換言すればWISE・LE GUENらが注目した相関はdynamicな過程の一部分にすぎない。開発初期を除くと漁獲量と資源量指数、密度指数との負の相関が見られなくなることは、他の3つの海区区分でも認められる。

漁獲努力量と1~3年後の資源量指数、密度指数との間には逆相関が認められる。たとえば大西洋全域についてみると、有効努力量と、1, 2, 3年後の密度指数との相関係数はそれぞれ-0.90, -0.92, -0.86となる(図7)。ところでこれらの図をよくみると2つの測定値の関係は直線ではなくて、GULLAND(1961)がIcelandのcod, plaice, hakeについて認めたように左下方に凸出した曲線となっている。一つの年級を問題

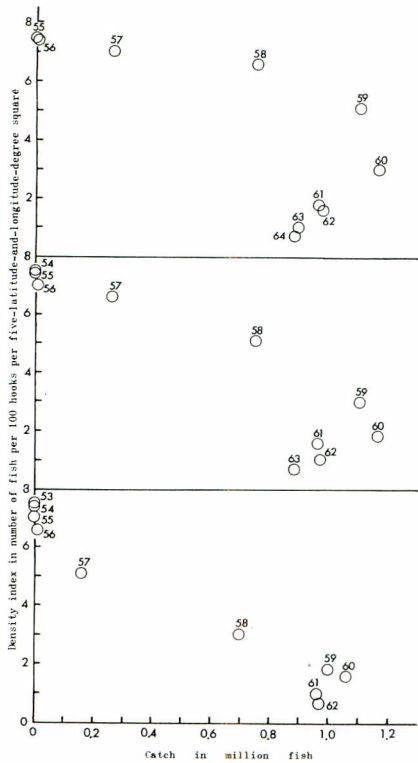


Fig. 6. Relation between catch of yellowfin tuna by Japanese longline fishery in a year and density index either in one (upper), two (middle), or three years later (lower), in the Atlantic Oceans 1956-65. Numerals denote years of catch.

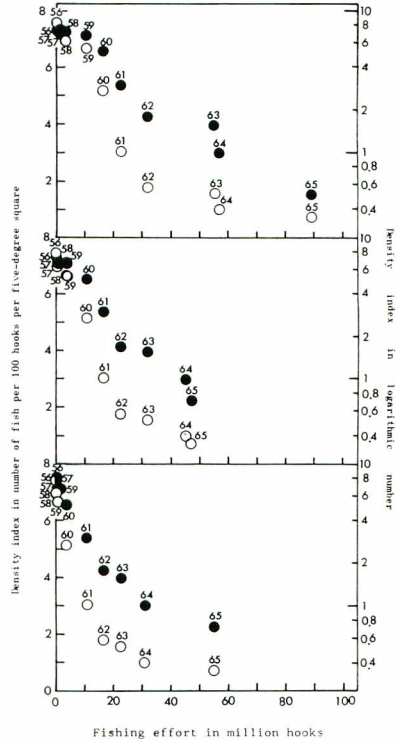


Fig. 7. Relation between fishing effort in a year and density index either in one (upper), two (middle), or three years later (lower), of yellowfin tuna taken by Japanese longline fishery in the Atlantic Ocean, 1956-65.

Numerals denote years of density index. Density index is given either in ordinal scale (open circle), or in logarithmic scale (closed circle).

とすれば努力量は, 当然 GARROD (1967) が示唆したように, その努力が加わった後の密度指数ではなくその対数との間に直線関係を示すのである。たとえばかりに漁獲物が3つの年令群からなっており, 年々の加入は一定であると仮定する。このばあい i 番目の年における密度指数 \bar{d}_i は

$$\bar{d}_i = \frac{(1 - e^{-(qX_i + M)})R}{qX_i + M} (1 + e^{-(qX_i + M)} + e^{-(q(X_{i-1} + X_{i-2}) + 2M)} \dots \dots \dots (10)$$

となるはずである (式10)。

密度指数の年令別内訳は判らないので, 現実にえられた資料に式10を適用することはできない。しかしこの式の性質からみて, 密度指数と漁獲努力量との間には LE GUEN・WISE (1967a, p. 11) が用いた直線関係ではなくて, 指数関係がなりたつと考えた方が良さそうである。事実, 密度指数の対数と漁獲努力量との関係はほぼ直線的である (図8)。したがって経験的には

$$\bar{d}_i = a \cdot \exp(-b\bar{X}_{(i)}) \dots \dots \dots (11)$$

という関係を考えることにする。ここで $\bar{X}_{(i)}$ は $\frac{1}{2}(X_{i-1} + X_{i-2})$ であって式(10)の右辺から R を除いたものではない。したがって式(11)においても LE GUEN・WISE のとりあつかいにおけると同様に年初の年令別資源量指数と年令をこみにした平均密度指数との混同が起きている。式(11)から形式的に“平衡”漁獲尾数 \hat{C}_i を

$$\hat{C}_i = \bar{X}_{(i)} \bar{d}_i = a \cdot \bar{X}_{(i)} \exp(-b\bar{X}_{(i)}) \dots \dots \dots (12)$$

とかくことはできるし, また $b\bar{X}_{(i)} = 1$ となるような努力量にたいして \hat{C}_i が最大となるという計算もできる。大西洋全域についていえば, 上述の漁獲量が最大値 707,000 尾にたつと計算される。この値は努力量と密度指数すなわち努力当漁獲量との直線関係を仮定して LE GUEN・WISE (1967) が求めた“最大持続漁獲量” 755,000尾とよく一致する。もっともここで計算した“適正努力量”は約 28,000,000 本で中下がりの曲線にたいして直線をあてはめた同氏らの“適正努力量” 15,000,000 本の約2倍となっている。

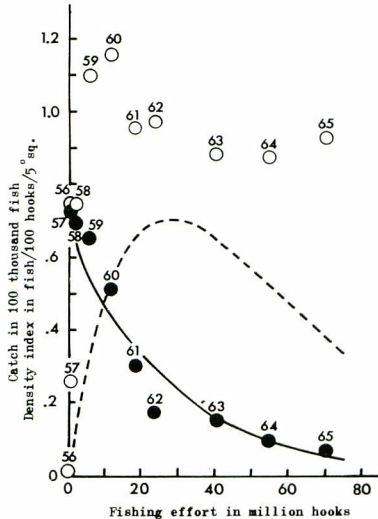


Fig. 8. Relation between density index (straight line) or “calculated” catch (dotted line) of yellowfin tuna taken by Japanese longline fishery and average effort in the two preceding years in the Atlantic Ocean, 1956-65.

Numerals denote years of actual catch (open circle) and density index (closed circle).

しかしながら形式的に進めた上述の計算は最大持続漁獲量でなく, 過去2年の間にとり残したストックから過去の平均努力量でとったばあいの漁獲量をあたえているにすぎないのである。もちろん現実の漁獲量はひきつづいて, ここで計算した“最大持続漁獲量”よりも多かった (図8)。

このように現実および理論の裏付けがないままに二つの主要な漁業の一方だけについて計算を進めることはむだである。そうではなくて現実の漁業およびそのストックにかんしてえられた情報から本質に基づいた理論を組立て, その理論の下に具体的に漁業を管理し, そこでえられた漁獲努力にたいするストックの反応を調べて, 管理の理論を発展させてゆくことが重要である。

大西洋でキハダを対象としている二つの主要漁業の漁獲統計からえた上述の観察結果はまずつぎのように整理される。

1. はえなわの対象となるキハダの密度指数は各海域とも顕著に減少し, 主分布域のみを考えても 1965年には初期の15%程度に低下している。漁獲物の若令化からも明らかとなっており, はえなわ漁業がその対象ストックを顕著にへらしたことは明らかである。
2. はえなわ漁場内での生残りの低下にもかかわらず

ず、大西洋のキハダの再生産量が減少したと断定する根拠はない。すなわち表層漁業が存在しない大西洋西部赤道海域における密度指数の低下傾向は、一定の加入を前提としたばあいに漁獲努力量の増大から期待される状態と有意に異なるとはいいい切れぬし、また未成魚を主対象とする東部赤道海域における表層漁業の対象資源量指数には経年的な減少はみられない。

3. 大西洋で生産されるキハダの数量はおおむね 50,000~70,000 トンの範囲内にある。表6に示した統計値を図化すると、1960年以降表層漁業による漁獲量の増大に対するはえなわ漁業によるその減少が明瞭にみと

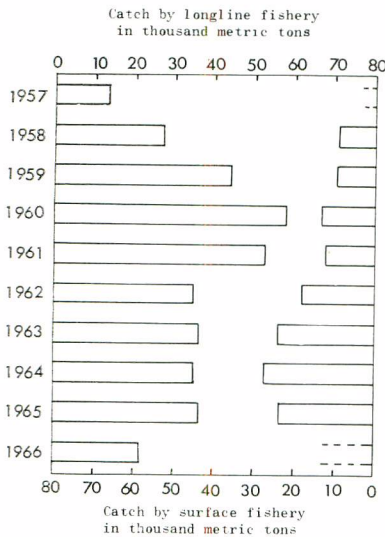


Fig. 9. Yearly catch of yellowfin tuna by Japanese longline fishery and by surface fisheries in the Atlantic Ocean, 1957-66. See Table 6 for source of data.

比較すると、これらの諸係数とくに加入当り漁獲重量の見積りに直接影響する成長係数 k が大洋および漁法によって顕著に異なることに気づく。大洋による差としては、大西洋のキハダは太平洋のキハダに比べて極限体長 l_{∞} が大きく成長係数 k が小さい。つまり前者は後者よりもゆっくりと成長し、大きくなると推定されており、その差ははえなわ漁獲物のばあいにとくに顕著である。漁法による成長係数の差は大洋間の差よりも顕著である。高令魚を対象とするはえなわ漁業によってえた資料から計算すると、若令魚のみを主対象とする表層漁業の資料によって求めたばあいに比べて、成長係数が小さく、極限体長が大きい。成長係数のみについていえば表層漁業漁獲物による結果は 0.6 前後ではえなわによるそれ約 0.3 の 2 倍になっている (表7)。その理由として、漁業によって異った系統群を対象にしているかも知れないということもあるが (SUDA・SCHAEFER 1965, p. 252), それと同時に表層漁獲物の成長はもっぱら体長組成の解析によって求められているのにたいして、はえなわ漁獲物についての研究では検鱗がとりいれられていて、みかけ上漁法の差にもとづく相違が実は年令査定方法の差と結びついていることに注意したい。漁業はある大きさの魚を選択的に漁獲するので、若令魚からは体長の大きいものが、高令魚からは小さいものがとられ易い。もし漁業の選択性があれば、その影響を受け易い体長組成の解析は、成長係数を過小に、極限体長を過大に評価しがちである。DIAZ (1963, p. 388) が単位期間内の増重量から求めた成長係数および極限体長が、通例の体長組成解析から求めたそれらよりも、検鱗によって推定された結果に近いという事実も、上述の可能性を示唆している (鈴木未発表)。したがって以下の論議では成長係数を 0.3 と仮定しておく。

はえなわの対象となるキハダの自然死亡係数を 0.6 前後と見込んだこともあった (たとえば上村 1965, p. 201)。最近この分野の研究は急速に進みつつあるが、石井 (1968, p. 74, 1969, p. 541) は漁場内における移動

められる (図9)。そして二つの漁業は同じストックをとり分け、主として未成魚を漁獲する表層漁業が、主として成魚を対象とするはえなわのストックへの加入を減らしてきたという想定を下すことも可能である。林・本間 (1969) はさきに大西洋のキハダについてえられた成長係数および自然死亡係数の推定値に基づいて二つの漁業にたいする漁獲量の配分およびストックの有効利用のための最小体長を論じている。その後大西洋のキハダの成長についてはいくつかの報告が発表され、また太平洋ではあるがキハダの自然死亡係数にかんする研究も進んできた。これらの報告によって、年令にともなうキハダの生体量の変化に関する上記二つの係数について現在もっとも妥当と思われる数値を吟味し、これを用いてさきの論議を進展させてみよう。

表7に示したようにキハダの成長を論じた従来の研究ではいずれも BERTALANFFY の式が用いられている。時間の単位を年として

$$l = l_{\infty}(1 - ae^{-kt}) \quad \text{ただし} \quad a = e^{l_0 k}$$

における l_{∞} , k , a の値を大洋別、漁法別、著者別に

Table 7. Estimates of growth coefficients of yellowfin.

Sea Area	Method of fishing	Author	Method of age determination	Range of body length cm	l_{∞} cm	k	a
Central and equatorial Pacific	longline	YABUTA <i>et al.</i> (1961) and HONMA <i>et al.</i> (1971)	Scale reading		190	.33	1.00
		YANG <i>et al.</i> (1969, p.10)		60-140	195.2	.356	
Eastern equatorial Pacific	Pole-and-line and purse seine	HENNEMUTH (1961a, p.27)	Mode progression	40-160	169	.60	1.65
		DAVIDOF (1963, p.211)		40-180+	167	.60	1.65
Northern part of eastern equatorial Pacific	Pole-and-line	DIAZ (1963, p.405)	Mode progression	as above	165.6	.708	
			Atelic progression		214.3	.360	
			Mode progression		167.2	.648	
			Atelic progression		179.8	.492	
Atlantic	longline	YANG <i>et al.</i> (1969, p.10)	Scale reading	65-193	222.8	.278	
Eastern Atlantic	pole-and-line	BAUDIN-LAURENCIN (1968)	Mode progression		218.5	.2952	
Pointe-Noir Sector of above		LE GUEN and CHAMPAGNAT (1968, p.8)			165.8	.5568	
Dakar Sector of above					166.5	.5418	
					182.3	.4308	

を考慮した模型を用いて、中西部赤道水域で漁獲される4才以上のキハダの自然死亡係数を0.92、加入が完了していない時代のそれを0.34と推定している。本間他(1971)は漁獲強度にたいする死亡係数の回帰から4才魚以上の自然死亡係数は1.2と計算している。ただしこの値には漁場からの逸散による減少が含まれていることと指摘している。

東部赤道海域で表層漁業の対象となるストックの自然死亡係数は、HENNEMUTH (1961b, p.13)によって、0.64~0.90、平均して0.77、SCHAEFER (1967, p.103)によって、0.55~1.05、平均して0.80と推定されている。これらの値を通観するとキハダの自然死亡係数を0.8前後と想定するのは一応妥当であり、どんなに小さくても0.4以上、大きくても1.2以下であろう(表8)。

成長係数と自然死亡係数とがあたえられたばあい一つの年級の生体量が最大となる年令は林・本間(1969, 図8)によって示されている。それによると成長係数0.3、自然死亡係数0.8のばあい、生体量がもっとも大

Table 8. Estimates of natural mortality coefficient of yellowfin stocks exploited in the Pacific.

Sea area	Method of fishing	Author	Range of age	Natural mortality coefficient
Central and western equatorial Pacific	longline	KAMIMURA (1965, p.201)	III IV and older	0.3-0.4 0.8 0.6
		ISHII (1968, p.74, 1969, p.541)	I to III IV and older	0.34 0.92
		HONMA <i>et al.</i> (1971)	II and III IV and older	0.3 or 0.9 1.2
Eastern equatorial Pacific	pole-and-line and purse seine	HENNEMUTH (1961b, p.13)	mainly I to	0.64-0.90(0.77)
		SCHAEFER (1967, p.103)	III	0.55-1.05

きくなる年齢は2.5才となる。したがって2.5才よりやゝ若い年齢から漁獲を開始すればある漁獲努力量で一つの年級からえられる漁獲重量を最大にできるはずである。もっとも生体量が最大となる年齢は成長係数と自然死亡係数とによって顕著に変化し、自然死亡係数が0.8であっても、成長係数が0.6であれば2才になり、さらに自然死亡係数が0.4であれば3才以上、1.2であれば2才以下になる。また成長係数を0.3、自然死亡係数を0.8とおくとしても、2.5才よりどれだけ早い時期からとり始めればよいかということは漁獲係数によっても変化するし、さらに各漁具が適合している魚の発育段階および漁場の海洋条件は異っている。論議をできるだけ固定するために当面成長係数および自然死亡係数をそれぞれ0.3、0.8と仮定しておく。

太平洋のはえなわ漁業は1才魚も漁獲するが、2、3才魚がもっとも多く、8才魚までは比較的多くとられる。またその対象ストックへの加入はほゞ4才で完了と考えられている(石井1968, 本間他1971)。大西洋でとられるキハダは太平洋におけるそれに比べて体長のモードは大きい、範囲はあまり違っていない(本間・久田1971)。したがってここでもはえなわ漁業は平均して3~8才魚を漁獲すると考えておく。表層漁業は体長120 cm以上の大型魚をとることもあるが、少なくとも大西洋東部赤道海域における主要な船隊であるフランス船の主漁獲物は体長100 cm以下の小型魚である(本間他1969)。したがって表層漁業の主な対象年齢魚は1~3才であると考えておく。

加入当漁獲重量の相対値 Y は

$$Y = F e^{-M(kr - tr)} \int_{tr}^{tr+1} (1 - a e^{-kt})^3 e^{-(k+M)(t-tr)} dt \dots \dots \dots (13)$$

とおける。いま $a=1$, $tr=1$, $k=0.3$, $M=0.8$ において F にたいする表層漁業およびはえなわ漁業の相対漁獲重量を求めると、漁獲努力が1.0より小さいうちは表層漁業による漁獲量が、1.0以上になるとはえなわ漁業がわずかに大きいけれどもどちらが有利であるとは断定できない(図10)。成長係数、自然死亡係数がこ

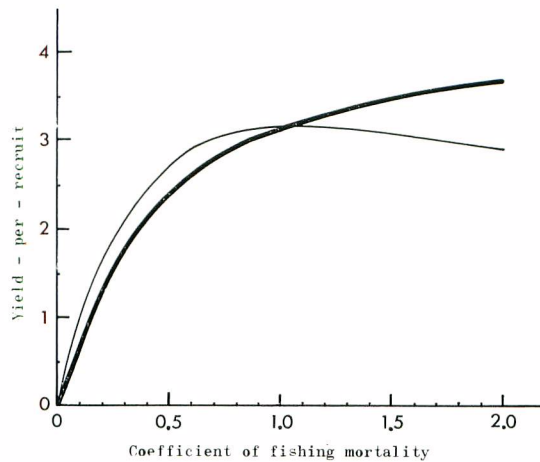


Fig. 10. Yield-per-recruit of yellowfin tuna calculated on an assumption that coefficients of growth and natural mortality be 0.3 and 0.8, respectively.

- yield by surface fisheries aiming I- to III-age fish.
- - - yield by longline fishery aiming III- to VIII-age fish.

こで仮定した値よりも大きければ表層漁業の方が大きい漁獲量をあげることになるが、それでも1才未満(体長53 cm以下、体重3 kg以下)の小型魚をとると加入当漁獲量は急減するから(木川1969, p. 154)、このような若魚をとれば明らかに不得策である。もっとも、漁業の有効さは、加入当漁獲量以外の多くの要因にも支配される。それらのうち生物学的にとくに重要な問題は再生産にあたる影響である。

林・本間(1969)は同じ漁獲係数をもつ二つの漁業があったら若い若令魚をとる漁業は、高令魚をとる漁業よりも、卵産出量に直接影響すると思われる成魚の生体量をいちじるしく減少させるとのべた。キハダはほ

ゞ周年産卵するので年令別平均資源尾数と年令別平均産出卵数との積つまり年令別産出卵数の二つの漁業の漁獲係数にたいする変化を考えてみる。自然死亡係数を M , 加入年令を a_r , 二つの漁業 S, L の漁獲開始年令を a_{cs}, a_{cl} 同終了年令を a_{ds}, a_{dl} , 漁獲係数を F_s, F_l とすると a 年魚の相対資源尾数 N_a はつぎのように表わされる (式 14)。

$$\left. \begin{aligned} N_a &= \frac{1 - e^{-M}}{M} e^{-(a-a_r)M} & a_r \leq a < a_{cs} \\ N_a &= \frac{(1 - e^{-(F's+M)})}{F_s + M} e^{-[(a-a_r)M + (a-a_{cs})F's]} & a_{cs} \leq a < a_{cl} \\ N_a &= \frac{(1 - e^{-(F's+F'l+M)})}{F_s + F_l + M} e^{-[(a-a_r)M + (a-a_{cs})F's + (a-a_{cl})F'l]} & a_{cl} \leq a < a_{ds} \\ N_a &= \frac{(1 - e^{-(F'l+M)})}{F_l + M} e^{-[(a-a_r)M + (a_{ds}-a_{cl})F'e + (a-a_{cl})F'l]} & a_{ds} \leq a < a_{dl} \end{aligned} \right\} \dots\dots(14)$$

a 年魚の平均産出卵数の相対値 P_a はつぎのようにして求めた。木川 (1966, p. 172) は太平洋のキハダについて体長別平均卵数をあたえている。同氏 (p. 176) はまた相対生殖腺重量の一つである生殖腺指数 $G. I.$ 1.6 以上のキハダを成魚とみなしてその出現頻度, つまり群成熟度を体長別, 季節別, 海域別に示している。同じ海域のキハダについてえられた成長曲線を用いて 0.5 年, 1.5 年, 2.5 年……における平均体長 $\bar{l}_0, \bar{l}_1, \bar{l}_2, \dots$ を求め二つのとなりあう年令魚の平均体長のはんいでは卵巣内卵数は体長に比例すると仮定して, a 年魚の平均体長 l_a に近い上限値 l_i をもつ i 番目体長階級の平均卵数 n_i から年令別平均産出卵数 n_a を計算した (式 15)。

$$n_a = n_i + \frac{n_{i+1} - n_i}{\Delta l} \cdot \left(\frac{\bar{l}_{a-1} + \bar{l}_a}{2} - l_i \right) \dots\dots\dots(15)$$

Δl は木川 (1966) による体長階級の中 20 cm

たゞ同氏の調べたはんいでは l_i の最少値は 61 cm であるので, 1 才魚 (平均叉長 74.2 cm) にたいしては \bar{l}_{a-1} つまり \bar{l}_0 としては 28.9 cm ではなく, 61 cm を用いた。群成熟度は体長のみでなく, 季節および海域によってもいちじるしく変化する。主分布域である赤道海域, つまり木川 (同上, p. 169) の b_2 を除く南緯 12 度以北の赤道海域においても群成熟度は年, 四半期, 海域によって異なっており, とくに 80 cm 以下の小型魚ではその差がいちじるしい。ここでは 61~80 cm の階級については海区毎に調査総個体数にたいする生殖腺指数 1.6 以上の個体数の割合を, 81 cm 以上の階級については四半期別, 群成熟度の年間平均値を海区別に求め, それをさらに平均した値を用いた。群成熟度がとなりあった年令間では体長とともに直線的に高まると仮定して上限を l_i とする i 体長階級の群成熟度 p_i から, 年令別のそれ p_a を計算した (式 16)。たゞ

$$p_a = \{p_i(l_i - l_{a-1}) + p_{i+1}(l_a - l_i)\} / l_i - l_{a-1} \dots\dots\dots(16)$$

し 1 年魚の群成熟度 p_1 のみは 61 cm 以上になって成熟すると考えて計算した (式 16')。

$$p_1 = p(80)(\bar{l}_1 - 61) / \bar{l}_1 - \bar{l}_0 \dots\dots\dots(16')$$

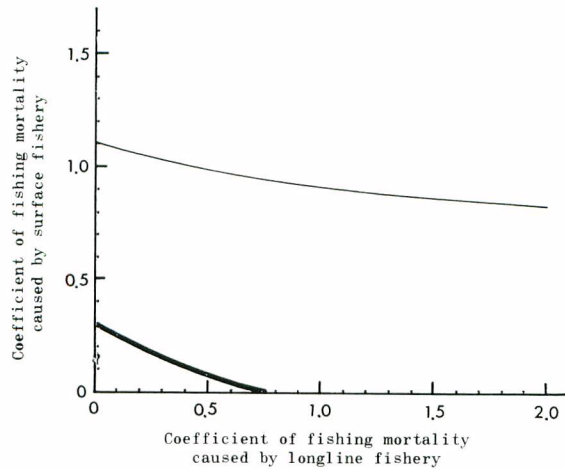
また体長が群成熟度を調べるさいにとった最大階級 141 cm をこえる 5 才以上についてはすべて 141 cm 以上の階級の群成熟度を用いた。

性による体長の差をとりあえず無視すると, 年令別の個体当卵産出量相対値は年令別の個体当平均産卵数と群成熟度との積に比例する値であり, ここでは 3 才魚のそれを 1 とした指数 P_a として求められた (表 9)。これらの値を用いると任意の漁獲係数で開発されているストックから産み出される卵数の相対値は $\sum_{a=1}^8 P_a N_a$ である。漁業がまったく行われなかったばあい, つまり $F_s = F_l = 0$, の産卵量指数にたいするある漁獲を加えたばあいの値の比を, かりに相対産卵量, relative stock fecundity, と呼んでおく, その値が 10% および 50% になるような漁獲係数を連ねると林・本間 (1969, p. 78) の計算と同様表層漁業の方がはえなわ漁業よりも卵産出量を大きく減らすことがわかる (図 11)。

キハダ資源の保存を考えるに当っては, さらに漁業による漁場の広がりや, 年間 1 隻当りの漁獲量も考慮にいれておく必要がある。それは, 漁業規制のための海域を設定したり, あるいはその緊急性を判断するため不可欠な条件である。

Table 9. Index of average fecundity of individual yellowfin by age.

Age	Mean body length in cm	Mean ovum counts in million	Average ratio of matured fish	Fecundity index
0	28.9	—	—	—
1	74.2	0.69	5.7	0.04
2	106.7	1.58	20.1	0.29
3	130.1	3.42	31.5	1.00
4	147.0	5.29	47.3	2.32
5	159.0	6.91	52.6	3.37
6	167.8	8.32	52.6	4.06
7	174.0	9.36	52.6	4.57
8	178.5	10.27	52.6	5.01

**Fig. 11.** Isopleth diagram of relative stock fecundity of yellowfin tuna exploited by longline and surface fisheries.

Bold and fine lines denote 50 and 10 percent levels, respectively. Assumptions given for calculating the curves are:

1. Average number of eggs produced by a female be determined by age of the fish as given for the Pacific stocks (see Table 9).
2. Number of females of an age group be proportional to mean stock number of the age group.
3. Surface and longline fisheries exploit 1-through 3-age and 3-through 8-age fish, respectively.
4. Coefficient of natural mortality be 0.8.

一般的にいえば、表層漁業の操業水域は限定されている。竿釣、まき網についていえば、いずれにしてもその漁場は表層に分布する未成魚を主体とする比較的若令魚の生息域で、かつ温度躍層が浅く、魚が水面近くに密集させられる場所であって、その主漁場は少くとも現在のところ、太平洋、大西洋の東部赤道海域に限られている。これにたいしてはえなわの漁場は、未成魚以上のキハダはほぼ全分布域にわたっている。各々の操業域の特性から、表層漁業にたいしては、比較的限定された海域における規制を進めれば良いが、はえなわ漁業にたいしては、少くとも、明確に区別される一つの系群の全分布域を規制の対象としなくては効果が望めないといえそうである。

一方キハダのみを考えると、操業が可能な限り、表層漁業の方が僅かな船数の増加によっても、資源に大きな影響をあたえていると考えなくてはならない。1963年、1964年の漁場別統計表（水産庁調査研究部 1966, p.43, 1967 a, p.340）によれば、東太平洋区における釣1,000本当りキハダ漁獲重量は夫々0.21, 0.26トンである。1回操業当り2,000本の釣を使用しているとみると、2年間の平均は、1回当り0.47トンとなる。はえなわ船の稼働率はほぼ50%であるので年間操業回数は185日で、1隻当り約87トンをとることになる。また1964年の資料によると、東太平洋区で操業した200トン以上の漁船によると釣1,000本当りのキハダ漁獲量は0.27トンであるから、1操業当り0.54トン、年間の漁獲量は約100トンとなる。すなわち太平洋東部赤道水域で操業する200トン以上の日本のはえなわ船が1年間にとったキハダは約100トンであると考えてよい。一方太平洋東部赤道海域で1961~67年に操業したまき網船の漁期別漁獲量は800トンであるが（表10）、同海域には漁獲制限があり、たとえば1967年には6月24日で本種にたいする自由操業は規制されるようにな

Table 10. Yearly average of yellowfin catch by a purse-seiner in the eastern equatorial Pacific, 1961-67.

Year	Amount of yellowfin catch	Number of boat	Catch-per-boat
	1,000 tons		ton
1961	109	114	954
1962	78	103	760
1963	65	111	590
1964	90	111	808
1965	86	111	771
1966	85	102	836
1967	82	101	811

Data from IATTC (1968, p.136)

ったので（IATTC 1968, p.7）、この海域のまき網船は、年間に1,500トン前後漁獲する能力をもつといえよう。大西洋東部赤道海域で日本のまき網船は1965年に1統出漁し、1966年6月に2統加わって、1967年までに1,134トン、4,813トン、4,860トンのキハダを漁獲している（本間他 1969, p.13）。したがって年間を通じて1965年には1統、1966年には2統、1967年には3統着業したことになるので、1統の年間漁獲量は太平洋東部のアメリカ船と同様1,000~2,400トンである。この数値を比較するとまき網船1隻の年間キハダ漁獲量は、はえなわ船1隻の10~20倍、平均して15倍に相当するはずであるので、規制のための十分な議論がないままに、まき網船を大規模に進出させることは、資源の有効利用を計るためには危険である。

大西洋のキハダについては判っていないことも非常に多いし、その結果としてここへのべた漁業管理の基礎となった理論も多くの問題点を含んでいる。しかしそれだからこそ逆に漁業を管理することによって誤りを見出す必要が大きいといえる。もちろんそのためには、主要なすべての漁業について、少なくとも漁船の行動はんに見合った時空間別の努力量、魚種別漁獲量の統計と、それに対応した体長、生殖腺重量その他の生物学的資料の収集が不可欠である。さらにキハダの移動にかんして、いくつかの推論がえられているので、可能な限り、それを実証するにたる諸調査（たとえば標識放流など）を実施することが望ましい。

要 約

主として1968年5月までにえられたはえなわ漁業および表層漁業の漁獲統計資料を解析し、大西洋におけるキハダ資源の状態およびそれを効率的に利用するための漁業管理にかんしてつぎの知見をえた。

1. はえなわ漁業の釣獲率は1956年から1965年の間にわたっていちじるしく低下した。たとえば主漁場である赤道海域における1965年の密度指数は、はえなわ漁業による開発が始った1956~60年における15%前後

になった。

2. 釣獲率の著しい減少にもかかわらず表層漁業の漁獲量は増加しており、しかも少くとも1967年までは単位努力当漁獲量の経年的な減少は認められない。

3. 1960年以降はえなわ漁獲量は減少、表層漁獲量は増大しつつあったが、総漁獲量は安定しており、約6万トン前後であった。

4. 資源の特性値を成長係数 0.3, 自然死亡係数 0.8, 表層漁獲年令 1~3 才, はえなわ漁獲年令 3~8 才とすると、表層漁業を用いてもはえなわを用いても期待される加入当漁獲量には大きな違いはない。

5. キハダの個体の成熟、成長がその属する個体群の大きさと無関係であるとするれば、若年魚を漁獲する表層漁業は同じ強さで高年魚を間引くはえなわ漁業よりも、産出卵数を減少させる。

6. 加入の減少が生じないうちに、一応大西洋東部赤道海域におけるキハダの漁獲量を1961~65年における平均値6万トンに規制する必要がある。この規制措置は緊急を要するもので、これを行うことなしに表層漁業の漁獲努力が増大すれば、再生産を阻害するおそれが大きく、その後においては規制の効果があがらず、その実施すら困難になるおそれがある。

文 献

- BAUDIN-LAURENCIN, F. C. 1967. "La pêche de l'albacore dans la région nord-equatoriale du Golfe de Guinée". *Doc. Centre ORSTOM Abidjan*, (15), 23p.
- BAUDIN-LAURENCIN, F. G. 1968. "Croissance et âge de l'albacore du Golfe de Guinée." *ibid.*, (21), 12p. cited from Le GUEN et CHAMPAGNAT (1968, p. 12).
- DAVIDOFF, E. B. 1963. "Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, 1951-1961". *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna comm.*, 8 (4), 199-251.
- DIAZ, E. L. 1963. "An increment technique for estimating growth parameters of tropical tunas, as applied to yellowfin tuna (*Thunnus albacares*)". *ibid.*, 8(7), 381-416.
- 土井長之 1962. "カムチャッカ西海岸のタラバガニ資源診断". 東海水研報, (33), 11-19.
- Food and Agriculture Organization, UN. 1967. "Yearbook of Fishery Statistics". 22.
- Food and Agriculture Organization, UN. 1968a. "Tuna catches by Atlantic fishing areas and by countries". Personal communication dated on May 23, 1968.
- Food and Agriculture Organization, UN. 1968b. "Catch statistics presented for the Meeting of A Group of Experts on Tuna Stock Assessment, Miami, 12 to 16 August 1968". 45 p.
- GARROD, D. J. 1967. "Population dynamics of the Arcto Norwegian cod". *Jour. Fish. Res. Bd. Canada*, 24 (1), 145-190.
- GULLAND, J. A. 1961. "Fishing and the stocks of fish at Iceland". *U. K. Fish. Invest.*, II, 23(4), 52p.
- 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年." 遠洋水研報, (2), 65-83.
- HENNEMUTH, R. C. 1961a. "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), 1-112.
- HENNEMUTH, R. C. 1961b. "Year class abundance, mortality and yield-per-recruit of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, 1954-1959". *ibid.*, 6 (1), 1-51.
- 本間操・久田幸一 1971. "大西洋におけるキハダ個体群の構造". 遠洋水研, (4), -
- 本間操・久田幸一・菅野昇十 1969. "アフリカ西岸におけるマグロ竿釣・まき網漁業の近況とその漁獲対象となるキハダの漁業生物学的考察". 遠洋水研報, (2), 85-113.

- 本間操・上村忠夫・林繁一1971. “太平洋ではえなわ漁業の対象となったキハダの資源診断における資料の取扱いと1950—1964年資料への適用”. 遠洋水研報, (4), —.
- 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, 遠洋水産研究所.
- 石井丈夫 1969. “逐次加入のある資源におけるパラメーターの推定について—V. 東西移動を考慮した太平洋海域キハダのパラメーターの同時推定”. 日水会誌, 35(6), 537-545.
- Inter-American Tropical Tuna Commission 1968. “Annual report, 1967”, 143p.
- 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. 南海区水産研究所.
- 上村忠夫・須田明・林繁一 1966. “マグロ漁業に関するシンポジウム, 第2部資源”. 日水会誌, 32(9), 756-786, 829.
- 管野進 1967. “マグロ漁業の実際について”. 昭和41年度マグロ漁業研究協議会議事録, 216-222, 南海区水産研究所.
- 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”, 南海水研報, (23) 131-208.
- 木川昭二 1969. “南洋漁場の竿釣り漁業による若年のキハダの漁獲と漁獲体長制限”. 昭和43年度マグロ漁業研究協議会議事録, 153-156. 遠洋水産研究所.
- 栗田晋 1964. “数理資源量における標準術語および記号について”. 日水会誌, 30 (11), 940-943.
- LE GUEN, J. C. 1967. “La pêche des palangriers dans l'Atlantique Africa de 1956 à 1963” *Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, (382), 6 p.
- LE GUEN, J. C. 1968. “Étude du stock l'albacores (*Thunnus albacares*) exploité par les palangriers Japonais dans l'Atlantique tropical Americain de 1956 à 1963”. *ibid.*, (398), 6 p.
- LE GUEN, J. C. et C. CHAMPAGNAT 1968. “Croissance de l'albacores (*Thunnus albacares*) dans les régions de Pointe-Noire et Dakar”. *ibid.*, (431), 24p.
- LE GUEN, J. C. et F. POINSARD 1966. “La pêche de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le sud du Golfe de Guinée”. *ibid.*, (331), 20p.
- LE GUEN, J. C., F. POINSARD et J. GAYDE 1968. “La campagne thoniere 1967 à Pointe-Noire (Congo)”. *ibid.*, (375), 29 p.
- LE GUEN, J. C., F. POINSARD et J. P. TROADEC 1965. “La pêche de l'albacore (*Neothunnus albacares* BONNATERRE) dans la zone orientale de l'Atlantique intertropical, Étude préliminaire”. *ibid.*, (263), 27 p.
- LE GUEN, J. C. et J. P. WISE 1967. “Méthode nouvelle d'application du modèle de SCHAEFER aux populations exploitées l'albacores (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique”. *ibid.*, (381), 18p. also *Cah. ORSTOM Ser. Oceanogr.*, 5 (2), 6-93.
- MARR, J. C. 1951. “On the use of terms, *abundance*, *availability* and *apparent abundance*, in fishery biology”. *Copeia*, 1951 (2), 163-169.
- 農林省統計調査部 1967. “昭和40年まぐろはえなわ漁業漁場別統計報告”. 111 p.
- 農林省統計調査部 1968a. “昭和41年漁業養殖業生産統計年報”. 390 p.
- 農林省統計調査部 1968b. “昭和41年まぐろはえなわ漁業漁場別統計報告”. 95 p.
- POINSARD, F. 1967. “La pêche du yellowfin (*Thunnus albacares*) dans le sud du Golfe de Guinée”. *Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, (375), 29 p.
- POSTEL, E. 1965. “Les thoniers congelateurs Français dans l'Atlantique Africain”. *Cah. ORSTOM, Ser. Oceanogr.*, 3 (2), 19-62.
- SCHAEFER, M. B. 1967. “Fishery dynamics and present status of the yellowfin tuna population

- of the eastern Pacific Ocean". *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 12(3), 89-136.
- 塩浜利夫・明神方子・坂本久雄 1965. "大西洋における既往の延縄操業資料とこれに関する二・三の考察". 南海水研報 (21), 1-31.
- SUDA, A. and M. B. SCHAEFER 1965. "Size-composition of catches of yellowfin tuna in the Japanese long-line fishery in the eastern tropical Pacific, east of 130°W". *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 10 (4), 265-331.
- 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". 322 p.
- 水産庁調査研究部 1967 a. "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". 379 p.
- 水産庁調査研究部 1967 b. "昭和 40 年 1-12 月まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告". 375 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, (28), 1-200.
- WISE, J. P. and W. W. FOX 1969. "The Japanese Atlantic longline fishery, 1965, and the status of the yellowfin tuna and albacore stocks". *U. S. Fish and Wildlife Serv., Spec. Sci. Rept. Fish.*, (582), 7 p.
- WISE, J. P. and J. C. LE GUEN 1966. "The Japanese Atlantic long-line fishery, 1956-1963". *Trop. Atlantic Biol. Lab., Contr.*, (35), 74p., also *Proceedings of the Symposium on the Oceanography and Fisheries Resources of the Tropical Atlantic-Review Papers and Contributions, UNESCO, Paris, 1969.*
- 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". 南海水研報, (12), 63-74, 2 pls.
- 山中一郎 1961. "利用度の変化を考慮した水産資源の数学的模型に関する研究". 日本海水研報, (8), 94 p.
- 楊栄宗・能勢幸雄・楡山義夫 1969. "太平洋水域と大西洋水域のキハダの年令及び成長の比較に関する研究". 遠洋水研報. (2), 1-21.