

紀伊水道におけるタチウオの資源診断*

阪本 俊雄¹⁾・土井 長之²⁾・石岡 清英³⁾

Status Diagnosis of Ribbon Fish in the Kii Channel

Toshio SAKAMOTO¹⁾, Takeyuki DOI²⁾ and Kiyohide ISHIOKA³⁾

Abstract

The Kii Channel comprises the most productive fishing ground of ribbon fish, *Trichiurus lepturus* LINNÉ, in the eastern Seto Inland Sea Area. The species has been one of the major targets of small-sized bottom trawlers in the Kii Channel. As a first step of stock analysis, the present paper provides the information on fluctuation in the amount of catch, catch compositions and biological features including growth and reproduction of the fish. Present population parameters are estimated as follows: natural mortality coefficient $M=0.916$, survival rate $S=0.118$, fishing mortality coefficient $F=1.222$, rate of exploitation $E=0.504$, and availability of 0-age fish $Q=0.76$.

At the present age at first capture of 0.5, the present fishing intensity using the present fishing gear and method is expected to provide maximum yield. But if the age at first capture is raised to age 1-1.5, the expected yield would be increased than the present level and further, it is possible to keep the abundance of spawning at the level of 30-50% of that in unexploited stock. This may be desirable for the sake of safety in management of stock, though no detrimental effect has been observed even at a low level of 20%.

1. ま え が き

瀬戸内海東部海域におけるタチウオ *Trichiurus lepturus* LINNÉ の急増加現象が注目されてすでに10年近く経過したが、この間に当該海域における本種の年齢と生長、生殖生態、食性、分布・回遊、補給機構等の漁業生物情報（阪本, 1975, 1976, 1978, 1979, 1980; 林, 1978; 吉田, 1981）がかなり蓄積されて来た。

資源の診断については、土井（1973, 1975, 1977）の迅速解析手法を適用した結果が土井・阪本・石岡（1979）によって報告されている。本報告は上記の結果を1973～1981年の本種資源に対するモニタリング調査から得られ

た知見等をもとに吟味再検討し、本種資源の合理的利用について改めて考察し直したものである。

報告に入るに先だち、種々のご指導と有益なご教示を頂き、且つ本稿のご校閲を賜った東京大学教授田中昌一博士に衷心よりお礼申し上げる。

2. 漁獲量の変動と発生群

瀬戸内海における本種漁獲量の経年推移は Fig. 1 のとおりで、1964年以前にはわずかに約1,000トンの水準で変動していたものが、以後急増加して1972年には最高の約17,000トンに達し、1976年まで高い漁獲水準を保った。しかし1977年には激減して、この低い水準で現在に至っている。このような変動は、全国的あるいは全瀬戸内海的規模で起ったものではなく、瀬戸内海東部海域においてのみみられたものである。

Fig. 2 は瀬戸内海東部海域における灘別漁獲量の経年推移である。資源水準の高かった1976年以前には大阪湾、播磨灘ではイワシ類、イカナゴに次ぐ多獲性重要資源として高い位置を占めていた。しかしここでの漁獲量

* 1982年8月30日受理

¹⁾ 和歌山県水産試験場 Wakayama Prefectural Fisheries Experimental Station, Kushimoto, Wakayama 649-35

²⁾ 日本エヌ・ユー・エス Japan NUS, Otemachi, Chiyodaku, Tokyo 100

³⁾ 南西海区水産研究所 Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, Onomachi, Saiki, Hiroshima 739-04

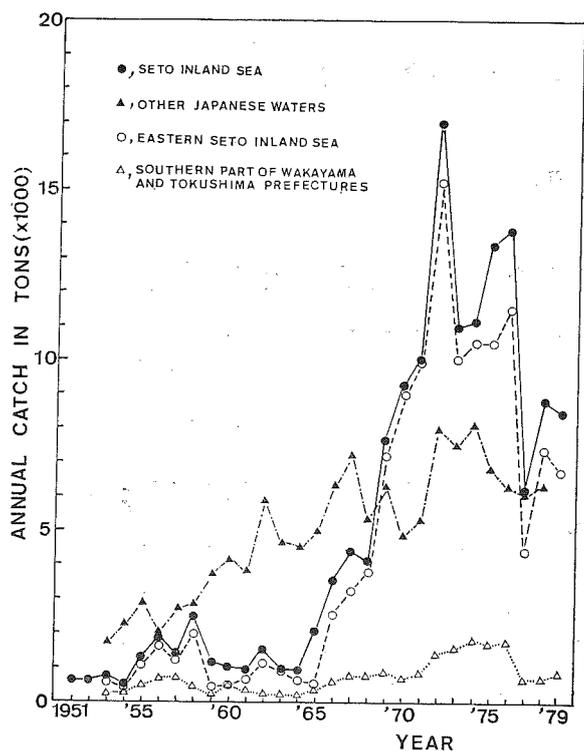


Fig. 1. Annual catch of ribbon fish in the Seto Inland Sea Areas and the other Japanese waters, 1951-1979.

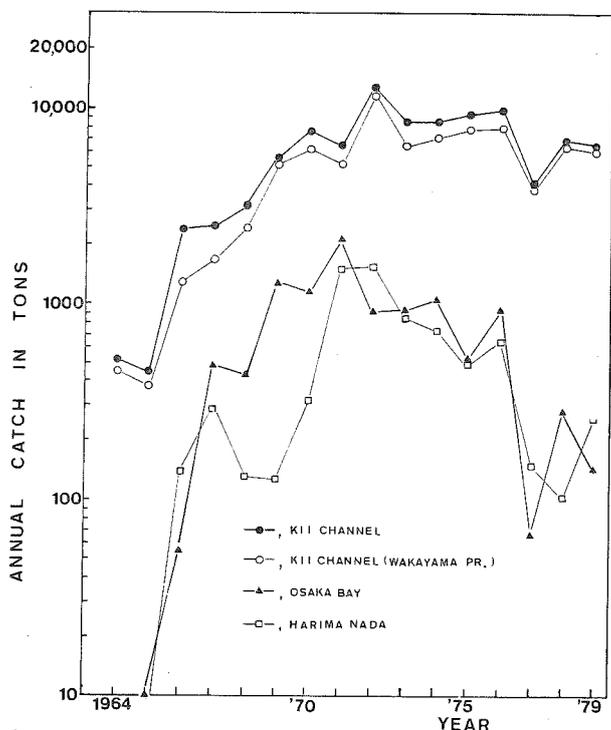


Fig. 2. Annual catch of ribbon fish in three subareas of the eastern Seto Inland Sea, 1964-1979.

は紀伊水道よりかなり低かった。また、紀伊水道外域においても同様であって (Fig. 1), 本種漁獲の中心は紀伊水道を漁場とする和歌山県の漁獲によっている。これは、主な漁獲手段が、紀伊水道和歌山県では本種を対象とする漁具改良の行われた底曳網に、他の隣接水域では曳縄釣と定置網に主によっているためである。

紀伊水道域での本種の産卵期は長く、本種資源を構成している発生群はおおよそ春仔群、夏仔群、秋仔群の3群から成っている。Figs. 1, 2 で1969年頃から1976年までの高い漁獲量は春仔群資源によって支えられて来たもので、1977年以降はこれが激減して、夏秋仔群が主なものとなっている。

3. 解析に直接用いた生物特性値と漁獲組成

生長 紀伊水道における本種 (春仔群) の年齢と体長、体長と体重の関係はそれぞれ次式で与えられる。

$$L_t = 568.3 \{1 - e^{-0.261(t+0.6435)}\} \quad (1)$$

$$W = 0.00001502 L^3 \quad (2)$$

但し、 L : 肛門長 AL (mm)*, W : 体重 (g), t : 年齢 (基点5月)。

上式より計算した生長を Table 1 に示す。

成熟年齢と成熟体長 満1才, 体長 200 mm

成熟割合と放出卵数

年齢	0	1	2	3	4	5	6
成熟割合 (%)	0	85	93	100	100	100	100
卵数 ($\times 10^3$)	0	11.4	33.6	66.6	91.9	111.0	125.6

性比 体長 201 mm 以上のものでは 1

年齢組成 1972~1974年に3,739個体を年齢査定した結果 (阪本, 1976) の内、当業船乗船によって漁獲組成を代表するよう努めて偏りなく採集したものについて、以下の3群にわけて年齢組成を整理して示すと Table 2, Fig. 3 のとおりである。

(A) 1978, 1979年5, 6, 7月産卵群 (体長約 200 mm 以上の無輪群及び秋仔群を含む),

(B) 1978, 1979年5, 6, 7月の春仔1輪以上群,

(C) 1977年9月から1979年8月の間に各月採集した春仔1輪以上群。

Fig. 3 より、いずれの群も1~3才の間において極めて相関の高い回帰式があてはめられ、それぞれの傾斜に若干の変動がみられるが、その年齢構成は1才群が約90%、2才群が約9%、3才以上群が約1%とみられよ

* 本報告で用いる体長 BL とは、すべて肛門長を指す。

Table 1. Calculated body length and body weight of ribbon fish.

Age in year	BL(mm) BW(g)	Month											
		May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
1	BL	198	206	213	221	229	236	243	250	257	264	270	276
	BW	117	131	147	163	180	198	216	236	255	276	297	319
2	BL	283	289	295	301	306	312	318	323	328	333	338	343
	BW	341	363	387	410	434	458	483	508	533	559	584	610
3	BL	348	353	358	362	367	371	375	379	383	387	391	395
	BW	636	663	689	716	742	769	795	822	849	875	902	928
4	BL	399	402	406	409	413	416	419	423	426	429	432	435
	BW	955	981	1007	1034	1060	1085	1111	1137	1162	1187	1212	1237
5	BL	438	440	443	446	448	451	453	456	458	461	463	465
	BW	1262	1286	1310	1334	1358	1381	1405	1428	1450	1473	1495	1517
6	BL	467	470	472	474	476	478	480	482	483	485	487	489
	BW	1539	1560	1581	1602	1623	1643	1663	1683	1702	1721	1740	1759

Table 2. Age composition of ribbon fish from the Kii Channel, determined by otolith reading.

Lot	Age				Total
	1	2	3	4	
A	793	90	11	2	896
B	721	77	8	2	808
C	1190	95	8	2	1259

Lot A. Spawners taken in May to July, 1978 and 1979. This lot consists of three stocks inclusive of the small 0-ring fish of about 200 mm in body length and minor autumn stock, in addition to the spring stock given in Lot B.

Lot B. Spring stock taken in May to July, 1978 and 1979. Only commercial significant members of 1 and more rings. This lot is included to both Lots A and C.

Lot C. Spring stock taken in September 1977 to August 1979.

う。これは、同一年級群の生残りの追跡によるものではないので今後更に検討の余地を残すものであるが、調査期間中の漁獲物の観察結果ならびに標本漁船の銘柄漁獲統計*をもととした推算等と比較しても、現在のところ

* 漁獲物は船上で小、中、大、特大の4つの銘柄に仕分けられる。小は体長200mm未満のもので、すべて0才群、中は約200~230mmのもので1才群、大は約250mmのもので1+才群、特大は約280mm以上で若干の1+才群と2才以上群である。小のものは当時としては大量に投棄されていた。

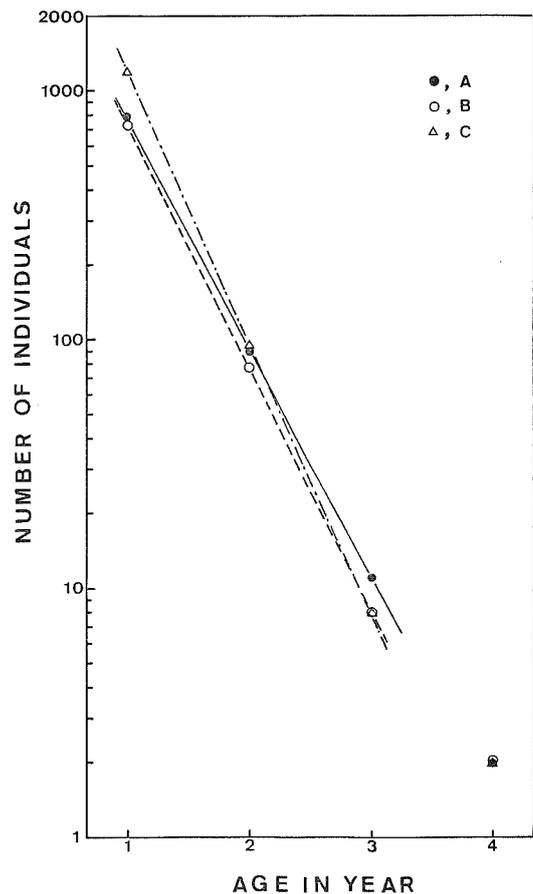


Fig. 3. Age composition of three groups of ribbon fish exploited in the Kii Channel. See Table 2 for sample size and definition of groups.

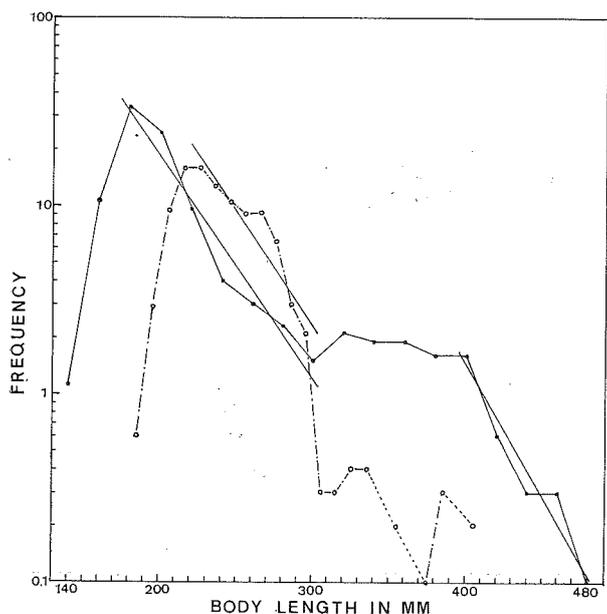


Fig. 4. Length composition of ribbon fish from the Kii Channel and the East China Sea and Yellow Sea.

Open circles: 896 fish from Kii Channel taken in May to July, 1978 and 1979.

Solid circles: 2,620 fish from East China Sea taken in April 1950.

After MATSUI and TAKAI (1952) for the East China Sea.

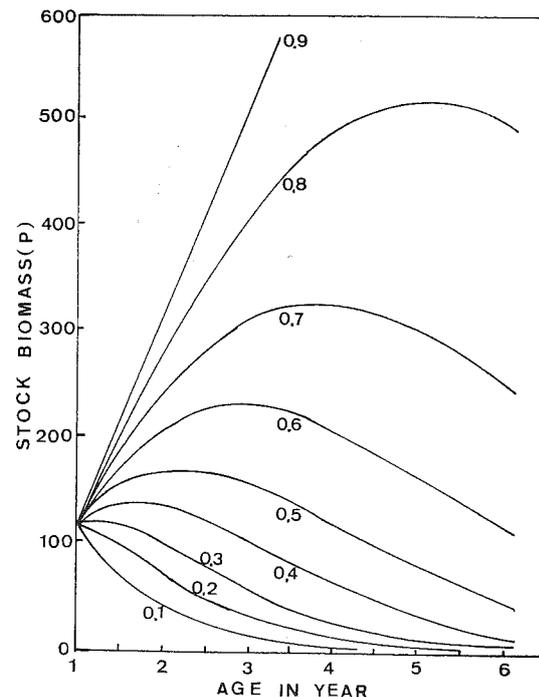


Fig. 5. Biomass of unexploited ribbon fish stock shown against age for nine postulated survival rates.

0.8, 0.1 と変化させ、それぞれの1年群から6年群(寿命)までの資源尾数 N_t 、資源重量 P_t を前述の紀伊水道産の生長則から

$$N_t = N_1 \cdot S^{t-1} \quad (3)$$

$$P_t = N_t \cdot W_t \quad (4)$$

で求めた。結果は Fig. 5 のとおりである。

実際の漁業における漁獲物からみて、5、6才群の漁獲に占める量は極めて少ないが、漁業が行われていない場合はこれがある程度存在しなければならないものである。また6才は寿命であるから、これがあまり多いことは魚類に一般的にみられる指数函数的生残のパターンを前提とする限り不自然である。

1973~1974年に箕島町漁業協同組合のタチウオ全漁獲物の中から最も魚体の大きいものを特別にある程度採集したが、この中で5才、6才群はそれぞれわずかに1尾という状態で、5、6才群の漁獲量に占める割合はまず無視してよい量である。5、6才魚は体長で約450~500mm、体重で約1,200~1,900gである。これを東シナ海・黄海における松井・高井(1952)の体長組成からみると、体長200mm以上のものの内450mm以上のものはわずかに約1%(尾数)である。東シナ海のように成魚越冬群に対する漁獲の非常に大きいところにおいてさえ、この

はもっともらしい生残過程を示しているものと考えられる。

上記5~7月の産卵群の体長組成を東シナ海における4月のもの(松井・高井, 1952)と比較して Fig. 4 に示す。1~2才の間にあるとみられる体長180~300mm及び400mm以上のものにおいて、それぞれの減少傾向はよく似ているが、約300mm以上の大型群の占める割合が東シナ海では高い。

漁船数と漁獲量 紀伊水道漁獲量の大半は箕島町漁業協同組合所属小型機船底曳網漁船約100隻による水揚げで、この春仔群資源水準の高かった年代におけるタチウオ漁従事漁船数は標本漁船漁獲日報記録(1973~1976年)から、年12,000~14,000日・隻と推定される。

また、1973~1976年度漁期における箕島町漁業協同組合の年平均漁獲量は約8,500トンと推定される。この期間の農林統計全紀伊水道漁獲量は9,140トンである。

4. 資源の諸特性値の推定

Biomass 解析と自然死亡係数 処女資源時の満1年群の資源尾数 N_1 を1,000として、生残率 S を0.9、

ように5, 6才群は少ないものであるが, この松井・高井 (1952) の体長組成は1950年のものであって, 戦後からこの年までの東シナ海・黄海での本種漁獲量は非常に少なく (三栖, 1964), これは漁場開拓時における処女資源の体長組成とみなしても不自然ではないように思われる。紀伊水道においても, 本種を対象とする本格的網漁業が1967年頃より行われだし, 当時の魚体は大きかったが, 5, 6才群のような大きな魚体のものはまれであったとみられる。

以上のようなことから, 本種の処女資源時の生残率 S_0 は Fig. 5 から 0.3~0.5 の間にあるとみられ, S_0 は 0.4 ぐらいと推定するのが妥当であろう。 $S_0: 0.4$ における6才群の1~6才における年齢組成に占める割合は約 0.6% (重量で 3.2%) で, 上記松井・高井の約 1% とほぼ一致する。これは漁業が行われていない場合のものであるから, $S_0 = e^{-M}$ で自然死亡係数 M に換算すると,

$$M = -\ln S_0 = 0.916 \quad (5)$$

を得る。

本種資源の解析にあたって最初につきあたる困難は自然死亡係数 M の推定である。田中 (1960) は $M: 0.36$ と推定し, 青山 (1961) も 0.5 以下に考えている。これら既往の推定値は今回の値と大きく異なって, かなり小さい。 $M: 0.36$ は生残率 S_0 で約 0.7 であって, この状態における6才群の biomass は Fig. 5 にみるように非常に大きいものである。既往の研究では, 漁場外への逸散等による大型群に対する漁獲の低下を想定しているものもあるが, 前述までの検討よりみれば, この値は不自然に思われる。

このように自然死亡の推定値に今回と既往のものでは大きなへだたりがあるが, このような場合に, 田中 (1958) は自然死亡についていろいろな値を仮定し, それぞれについて漁獲係数と漁獲量の関係を求めて M の効果を検討している。そこで, 既往の値に近い $M: 0.4$ と, 今回の推定値に近い $M: 0.9$ の場合について, 漁獲開始年齢を 0.5 才として, いろいろな F の値に対して以下の式により年平衡漁獲量を求めて, Fig. 6 に示した。

$$Y/R = Fe^{-M(t'_p - t_p)} \int_{t'_p}^{t_\lambda} W(t) e^{-(F+M)(t-t'_p)} dt \quad (6)$$

ここに, Y/R : 加入量当り年平衡漁獲量

M : 自然死亡係数

t'_p : 漁獲開始年齢

t_λ : 6才, 漁獲最高年齢 (寿命)

t_p : 0.5才, 加入年齢

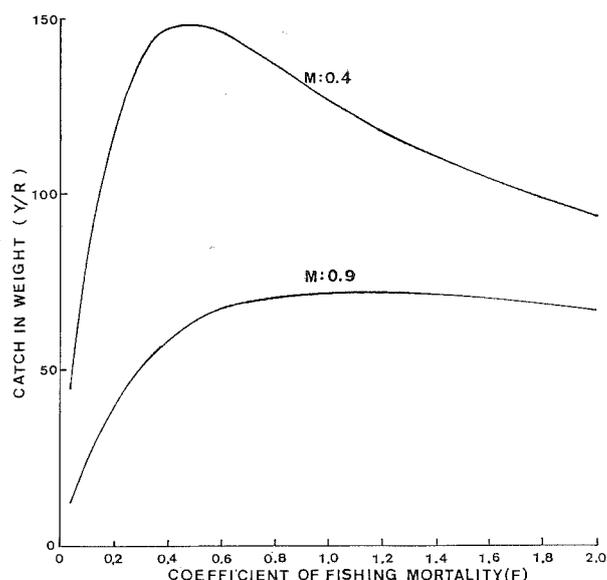


Fig. 6. Relative yield (Y/R) of ribbon fish on different fishing coefficient (F), computed by the Beverton-Holt method using $M=0.4$, or $M=0.9$.

$$W(t) = 2,756.8 \{1 - e^{-0.261(t+0.6435)}\}^3$$

図から $M=0.4$ の場合は最高の漁獲量は F が 0.4~0.6 のかなり小さいところにあり, $M=0.9$ の場合のそれは 0.8~1.6 と大きいところであって両者の漁獲曲線のパターンはかなり異なる。しかし両者とも F の値がほぼ 0.5~0.9 ぐらいのところ得られる漁獲量は最大の漁獲量に比べてさほど小さくない値となっている。従って M の範囲が 0.4~0.9 ぐらいであれば, 資源の利用法についての確かな判定は精密な M の推定がなければできないというわけではなさそうである。このように本種の場合資源の利用法に関して M の推定値にあまり厳密性は要求されないと思われるので, 本研究ではこれまでの検討から M のもっともらしい値として 0.916 とすることにする。

この場合 ($S_0=0.4$), ある年級の資源量が最も大きくなる年齢は, Fig. 5 から約 1.5 才である。従って本種の最高の加入量当り漁獲量は年齢が約 1.5 才に達した時に瞬時に漁獲し尽した時に得られる。漁獲強度が低い時には 1.5 才より少し小さいものから獲る必要がある。

漁獲係数と漁獲率及び資源量 年齢組成 (Table 2) は前述した 3 群のいずれをとってもたいした違いはないが, ここでは 5~7 月における産卵群 (無輪群及び秋仔群を含む, Table 2, A 群) の年齢組成から全減少係数 Z を求めると,

Table 3. Survival rates of ribbon fish in the Kii Channel and in the East China Sea and Yellow Sea.

Area	Kii Channel	East China Sea and Yellow Sea		
Source of data	Present authors (1981)	Tanaka(1960)	Mako(1963)	Misu(1964)
Survival rate	0.118	0.25	0.26-0.38	0.20-0.26

$$Z=2.138 \quad (7)$$

である。これより現在の漁業の状態における生残率 S は、

$$S=e^{-Z}=0.118 \quad (8)$$

と求められる。既往の東シナ海・黄海におけるものの調査結果と比較すると Table 3 のとおりで、紀伊水道のものの生残率は低い。紀伊水道の推定値の小さいことについては、紀伊水道が比較的沿岸水域であるため、そこへの来遊群が若齢群に偏っているのではないかという疑問が残る。しかし、水道外域における底曳網、釣等による漁獲魚体が特別に大きいというわけではなく、紀伊水道と同様のもので、春から夏にかけて紀伊水道へ親魚群が回遊して来ること等から現在のところ上記の産卵群の組成が紀伊水道系群の最も妥当なものともみられる。一方、東シナ海・黄海では、松井・高井 (1952) の組成からみると各季節の組成は各々全く異なっている。漁獲は冬期に大きく (三栖, 1964), しかも生長段階に応じて越冬水域を異にしている (山田, 1964), 漁獲が大型群に偏って行われる可能性がある。このために生残率がかなり大きく見積られているのかも知れない。

現在の漁獲死亡係数 F は、 Z と M が既知となったから、

$$F=Z-M=2.138-0.916=1.222 \quad (9)$$

となる。また漁獲能率を q , 漁獲強度を X とすると、

$$F=q \cdot X \quad (10)$$

であるが、 X は紀伊水道域の操業実態からみて箕島町漁業協同組合のタチウオ漁従事底曳網漁船数をとるのが適当と考えられ、これは標本漁船観察記録から前述のように 12,000~14,000 日・隻/年である。平均 \bar{X} を 13,000 とすると、漁獲能率 q は

$$q=F/\bar{X}=9.4 \times 10^{-5} \quad (11)$$

となる。

漁獲率 E は、成魚群は早いもので 4 月頃から来遊して冬期は水道外域にほぼ逸散するが、ここでは漁期が周

年続くとして、

$$E=F(1-e^{-Z})/Z=0.504 \quad (12)$$

と求められる。故に漁獲対象資源重量 P は、

$$P=8,500/0.504=17,000 \text{ トン} \quad (13)$$

と見積られる。

利用度 黒潮が接岸して春仔群補給の好条件下にあるとき、0 才魚は秋頃から大量に入網して来る。しかし、これは一般に商品価値が小さく、1 才群以上の成魚が沢山生息していた当時混獲はされることはあっても、漁獲対象とはされていなかった。1 才以上の大型群については、紀伊水道域での魚群発見と操業実態からして、夜間の通過群は別として、紀伊水道の全魚群に対して漁業が行われているとみるのが妥当である。一方、成魚と未成魚の生態的相違による棲み分けのため、0 才群に対する利用は全魚群に対しては行われておらず、1 才群以上の大型群に対する利用度 $Q(0 < Q \leq 1)$ を 1 とすると、0 才群の利用度 Q は 1 未満となる。

Table 4 は、春仔群資源の高水準期における 1973 年 4 月から 1976 年 3 月までの標本漁船 (2 隻) の 1 日 1 船あたりの 0 才群と 1 才群の年齢別漁獲量を*, 前出の生長式により月ごとの漁獲尾数に換算したものである。これより、0 才群と 1 才群の相対的な漁獲尾数は、それぞれ 54.3, および 29.2 である。

0 才群の漁獲尾数 54.3 は 0 才群資源全体の内の $Q(0 < Q < 1)$ から漁獲されたもので、 $(1-Q)$ が 0 才群未利用資源の割合である。従って未利用資源の相対的尾数 x は、

$$x=54.3(1-Q)/Q \quad (14)$$

で表わされる。

Table 4 からわかるように、0 才、1 才とも主要漁期は 7 カ月であるので、0 才の漁獲対象資源と 1 才のその漁獲率 E が等しいとすると、0 才群はふ化約半年後の秋 (1/2 年) から漁獲されて来るから、結局、1 年群

* 前述の標本漁船の銘柄別漁獲量

Table 4. Monthly averages of catch per boat-day of 0- and 1-age ribbon fish by two small-sized trawlers, April 1973 to March 1976.

Month	0-age fish		1-age fish	
	Weight (kg)	Number	Weight (kg)	Number
April	—	—	256	2,484
May	—	—	583	4,986
June	—	—	592	4,303
July	—	—	600	4,079
August	44	1,788	846	5,174
September	125	3,992	903	5,004
October	270	6,941	521	2,625
November	499	10,534	59	272
December	523	9,244	20	86
January	882	13,159	31	121
February	600	7,687	10	37
March	90	994	5	16
Total	54,319		29,187	

の漁獲尾数 29.2 と 0 才群との関係は,

$$x \cdot e^{-M/2} + 54.3 e^{-(M+F)/2} = 29.2 \quad (15)$$

である。(14), (15) 式から

$$Q \doteq 0.76 \quad (16)$$

と推定される。

5. 資源診断

漁業の強さが資源に及ぼした影響 ここでは、まず前節で推定された資源の諸特性値を用いて、資源量、産卵数、漁業生産性、漁獲量等を理論的に再構成し、漁獲の強さがこれらにどのように影響するか検討する。

1 才魚以上は完全加入 ($Q=1$) であるが、0 才魚は 0.5 才以降漁獲され、その利用度は $Q=0.76$ である。0.5 才の資源尾数を N_0 とすれば、満 1 才の資源量 N_1 は、

$$N_1 = N_0 [Qe^{-(M+F)/2} + (1-Q)e^{-M/2}] \quad (17)$$

である。2 才以降の N_i については、

$$N_i = N_{i-1} \cdot e^{-(M+F)} \quad (18)$$

$$i=2 \sim 6$$

このようにして、0.5 才の資源尾数 N_0 を適当に定めれば、前述の生長、成熟割合 MTR_i 、雌 1 個体当りの産卵数 H_i 、利用度 Q_i 等の数値をもとにして、いろいろ

な F の値に対して年齢 i 別に、

海の中の資源尾数	N_i
海の中の資源重量	$P_i = N_i \cdot W_i$
漁獲対象資源尾数	$Q_i \cdot N_i$
漁獲対象資源重量	$Q_i \cdot P_i$
漁獲重量	$Y_i = Q_i \cdot P_i \cdot E$
産卵親魚数	$A_i = MTR_i \cdot N_i / 2$
産卵数	$H_i \cdot A_i$

が計算され、年齢で総計すれば、それぞれの全量が求まる。また CPUE に比例する量 Y/F (漁業生産性と呼ぶ) も求まる。

0.5 才の資源尾数 N_0 を加入量として、一定の値 1,000 を仮定し、 $F=0, 0.1, 0.2 \dots 1.5$ の値で計算を行った。Fig. 7 は、処女資源 ($E=0$) に対するこれらの減少割合と漁獲量をまとめて F に対して示したものである。

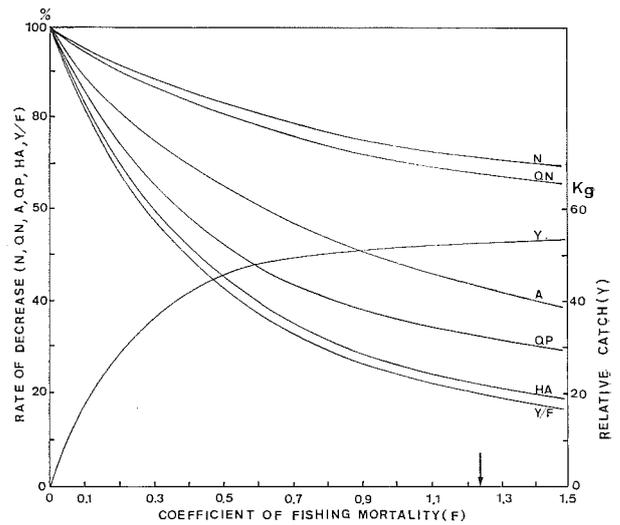


Fig. 7. Relative stock size and amount of catch of ribbon fish for different fishing coefficients.

- N : Relative size of whole stock in number.
- QN : Relative size of available stock in number.
- A : Relative size of spawner stock in number.
- QP : Relative size of available stock in weight.
- HA : Relative number of eggs expected from the spawners stock.
- Y/F : Catch rate in weight.
- Arrow: Present level of fishing mortality.
- Availability of 0-age fish, Q , is 0.76.

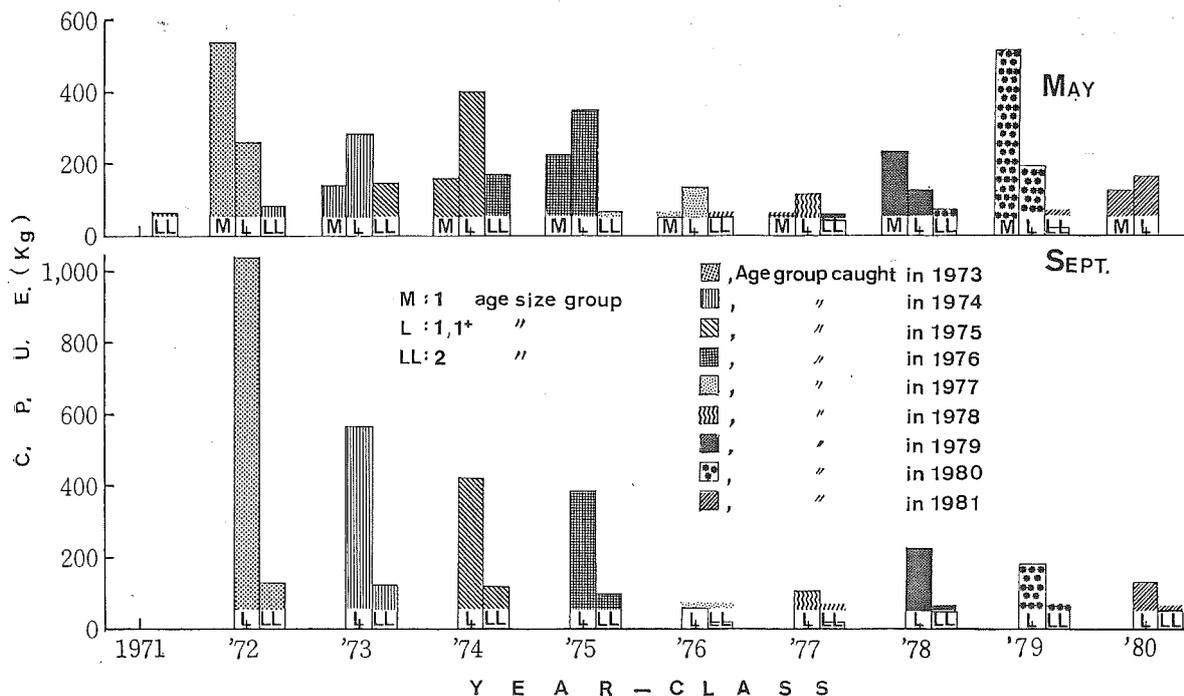


Fig. 8. Catch per unit effort (one boat a day) of ribbon fish taken by two sampling trawlers in the Kii Channel by size (or age) groups.

図には現在の漁業の強さの位置を矢印で示してあるが、そこでは加入量が一定に保たれていれば、産卵数 HA も漁業生産性 (Y/F) も処女資源の約 20% に、資源重量 QP で約 30% に減少していることが注目される。漁獲量 Y には極大点がみられず、 F が大きくなってもほぼ一定の値を示している。ここでは前述のように加入量を一定と仮定しているが、もし再生産力 HA (産卵数) が著しく減少すると一定の加入量が確保できなくなり、 F の大きいところで Y は下降線をたどるのであろう。また $N, QN, A, QP, Y/F$ の減少パターンは、 HA の減少とそれに伴う加入量減少の相乗作用によって、Fig. 7 の減少より更に低下するであろうことが考えられる。

次に、実際の漁業と漁獲量の状態はどのようなものであったか以下に検討しよう。Fig. 8 は、前述の標本漁船漁獲日報 (2 隻) から 1 日 1 隻当り銘柄別漁獲量 (主に春仔群) を求めて発生年級群別に整理したものである。これより、加入量の水準を 5 月における CPUE (親魚来遊量の水準) からみると、それは 1976 年以前においては毎年高い水準でほぼ安定したものであったとみられる。従ってこれまでの加入量一定という仮定はかなり実態に合ったものとみてよかろう。一方この 5 月の来遊群が索餌生長して 9 月に銘柄大 (体長 250 mm) として漁獲量に最も多く現われてくるが、これの CPUE は同じく

Fig. 8 から年々減少していた。漁獲量は Fig. 2 から紀伊水道では CPUE とは反対に年々若干上昇しているが、大阪湾、播磨灘では若干減少傾向にあった。紀伊水道の CPUE の減少と漁獲量の増加は、本種を対象とする漁船の増加によるものとみられ、盛期 9 月の延出漁獲数は標本漁船の観察から 1973 年には約 850 隻、1974 年で 1,550 隻、1975 年で 1,880 隻、1976 年には 1,690 隻とほぼ増加の傾向にあった。以上のこと等から総合的にみると、1973~1976 年までは一定の加入量のもとで、漁獲を強めながら資源を減少させ、結果的に一定の漁獲量を揚げていたとみられる。

和歌山県沿岸・浅海定線調査時における稚魚網表層曳によるタチウオ卵採集数 (堀木, 1979) は、1969~1975 年までは高い資源水準 (漁獲量) に対応して非常に多かった。ところが 1976 年も資源水準が高かったにもかかわらず海況パターンの変化 (紀州沖冷水塊出現による黒潮の離岸) により採集卵は非常に少なくなった。これは瀬戸内海東部海域における再生産関係は親魚量水準のみで計られないことを示すもので*、現状の漁業環境下では黒潮流軸の変動による海況のパターンによって再生産関係

* ここにおける採集卵数を産卵量の指標として用いてよいものか今後検討を要するが、採集卵数の対数値と翌年の 1 才群来遊量 (5 月における漁獲量水準) との間には RICKER 型の再生産関係が想定される。

が基本的に左右されているとみられよう。このように補給に適した海況の持続さえあれば、産卵数が約 20% に低下した状態にあっても、一応加入は保たれていたと考えられる。

Fig. 7 より、現状の資源利用形態では、漁業（隻数）を現状の強さより大きくしても、漁獲量はほとんど伸びず、漁業生産性は低下する。しかもこの場合は産卵数がより低下するから、毎年一定の加入量が得られるという保障はない。一方漁業規模を現在の 2/3 程度にまで小さくしても、漁獲量はほとんど変わることなく、生産性は伸びるのであることが読み取れる。

ともあれ、このように紀伊水道における漁業が当時の瀬戸内海東部資源の変動に及ぼした影響はこれまでみて来たようにさして大きなものではなかったと考えられるが、本種の合理的利用とそのため適正な漁業規模を明らかにしておくことは大切であるので、以下にこれらのことについて検討する。

資源の合理的利用 ここでは、毎年の加入量が一定であるとして、漁業規模と漁獲年齢を変えうることを前提に、資源の合理的利用を判断する。Fig. 9 に BEVERTON and HOLT の式 (6) で表される漁獲対象年齢期間における漁獲量を求めて、加入量当りの等漁獲量曲線として示した。但しここでは自然死亡係数 M の値は前 2 節で推定された 0.9163 を採っている。図には、また再生産関係を考慮して、前述した方法によって求めた産卵数の減少割合が 50% と 30% になる等値線（図中の太字線）を等漁獲量曲線群に重ねて示した。

図より、漁獲開始年齢 0.5 才の現在の漁業においては、現状の漁業の強さは最大の漁獲量上げる状態にあって、資源を最も有効に利用しているといえる。しかし現在の漁獲開始年齢 0.5 才を若干引き上げて 1~1.5 才にするとより高い漁獲量が期待できることがわかる。しかもこうした場合には、産卵数の減少割合を 30~50% のところに保つことができ、漁獲強度を若干強めることも可能である。前節から産卵数減少割合が現状の約 20% のところにおいても、補給に適した海況の持続さえあれば一定の加入量が得られたと考えられるが、30~50% 程度に保っておくことは資源の管理上より安全とみてよいであろう。

先の Biomass 解析において最も高い漁獲量が期待される漁獲年齢は 1.5 才と判断されたが、今回の場合もほぼこれに近い値がみられる。

上述の資源の利用法は、現在のように春仔群資源が全く縮小していても、これはそのまま通用するものであ

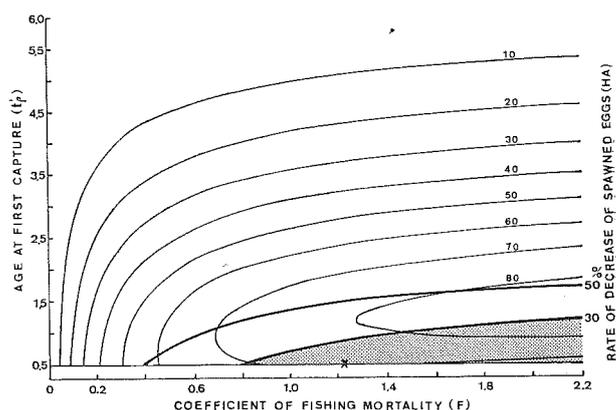


Fig. 9. Relative yield and number of eggs spawned by ribbon fish stock at different fishing coefficient and age of first capture. Fine line: Contour for the catch in weight. Thick line: Contour for the ratio of the number of eggs from a stock to that from the unexploited stock. Cross: Present point of exploitation. Dotted part shows the area where the number of eggs is depleted to less than 30% of the level of unexploited stock.

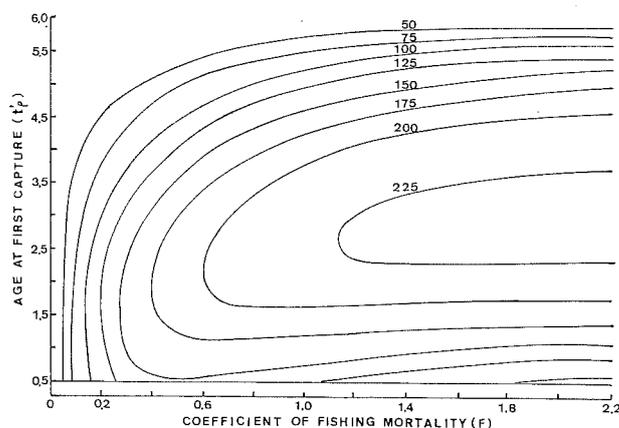


Fig. 10. Relative yield at different fishing coefficient and age of first capture. Natural mortality coefficient M is put at 0.4.

る。

なお、Fig. 10 には自然死亡係数 M を既往の推定値に近い 0.4 として同様の計算を行って得た等漁獲量曲線を示した。等量線のパターンは先のものとは比べて 1.5 才ほどずれているだけでほぼ同じである。しかしこの場合、漁獲係数 F は約 1.7 となって、現在の努力量はかなり過大と判断される。漁獲量増加は、漁獲開始年齢を高めることと努力量をかなり減らすことによって達せられる。しかし等量曲線の傾斜が水平に近いことからみ

て、前者はかなり有効であるが、後者の効果はあまり大きくない。従って本種の M の値が既往の 0.4 であっても、今回推定した 0.9 であっても、漁獲最小年齢を引き上げることが好ましいという方向については同じ結論が得られる。具体的な引き上げ年齢等の判断にはかなりくい違いが出て来るが、実際には現実漁業の実行可能な変換を通して検証を行い、最善の状態への漸近的接近を計るべきものであるから(田中, 1960, 1963), 現実の漁業を変換すべき方向こそが大切といえるであろう。

6. 要 約

瀬戸内海東部海域において1969年以降タチウオ漁獲量の急増加現象がみられ、この高い漁獲水準が1976年まで続いた。そして1977年以降は低い水準で経過している。本報告では、まず本種の漁獲量の変動と生長、再生産等の生物特性及び漁獲組成などを整理した。次いで資源の諸特性値を求め、資源水準の高かった当時の漁業の強さが資源に及ぼした影響を検討し、本種資源の合理的利用について考察した。

紀伊水道産本種資源の諸特性値は次のとおり推定される。

全減少係数 $Z=2.138$, 生残率 $S=0.118$, 自然死亡係数 $M=0.916$, 漁獲係数 $F=1.222$, 漁獲率 $E=0.504$, 0才魚の利用度 $Q_0=0.76$ 。

資源診断の結論は以下のとおりである。

漁業を現状の強さより大きくしても漁獲量はほとんど伸びず、漁業生産性は低下する。一方漁業規模を現在の2/3程度にまで小さくしても漁獲量はあまり変わることなく、生産性は伸びる。また現状の漁業の強さでは、産卵数が処女時の約20%に減少しているが、資源水準の高かった当時は補給に適した海況の持続があったので加入量は一応保たれたと考えられる。

現在の漁獲開始年齢は0.5才で、現状の漁業の強さは漁獲量を最大にする状態にあるが、現在の0.5才を若干引き上げて1~1.5才にする方がより高い漁獲量が期待される。こうした場合には産卵数の減少割合を30~50%のところに保つことができ、資源の管理上より安全で、漁船数の若干の増加も可能となろう。

文 献

青山恒雄(1961) 底びき網の選択作用とその以西底びき網漁業資源管理への応用。西海区水産研究所研究

報告, 23, 1-63.

土井長之(1973) 東シナ海・黄海産マダイの適正漁獲係数を見積る簡便法。日本水産学会誌, 39(1), 1-5.

土井長之(1975) 水産資源力学入門。日本水産資源保護協会, 66 pp.

土井長之(1977) メキシコ産あわびの資源診断, 迅速解析手法の一例として。日本水産資源保護協会月報, 154, 5-13.

土井長之, 阪本俊雄, 石岡清英(1979) 紀伊水道におけるタチウオの資源解析。関西国際空港漁業環境影響調査報告, 第三分冊, 漁業生物編(上)(日本水産資源保護協会), 769-782.

林 凱夫(1978) 大阪湾産タチウオの漁業生物学的研究。大阪府水産試験場研究報告, 5, 99-115.

堀木信男(1979) 紀伊水道およびその外域におけるタチウオ卵・稚仔魚の分布生態について。栽培漁業技術開発研究, 8(2), 1-11.

真子 渺(1963) 銘柄組成による底魚資源の解析(II), タチウオの年齢組成の推定。西海区水産研究所研究報告, 29, 37-43.

三栖 寛(1963) 東シナ海・黄海産タチウオの漁業生物学的研究。西海区水産研究所研究報告, 32, 1-57.

松井 魁, 高井 徹(1952) 東海・黄海産重要魚類の生態学的研究, 第6報, タチウオ(*Trichiurus lepturus* LINNAEUS)の生態学的研究。以西底魚資源調査研究報告, 4, 101-121.

阪本俊雄(1975) 紀伊水道におけるタチウオの生殖生態について。栽培漁業技術開発研究, 4(2), 9-20.

阪本俊雄(1976) 紀伊水道産タチウオの年令と生長。日本水産学会誌, 42(1), 1-11.

阪本俊雄(1978) 紀伊水道における底魚資源の動向。水産海洋研究会報, 32, 34-43.

阪本俊雄(1979) 紀伊水道におけるタチウオの食性。昭和53年度内海漁業研究会報, 南西海区水産研究所, 93-95.

阪本俊雄(1980) 瀬戸内海の水産と海洋環境。海と空, 56(2~3), 115-133.

田中昌一(1958) マイワシ資源利用の合理化についての一つの検討。東海区水産研究所研究報告, 21, 1-13.

田中昌一(1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理。東海区水産研究所研究報告, 28, 1-200.

田中昌一(1963) 生残・成長現象の解析。水産資源の診断に関する研究(東京水産大学), 39-55.

山田梅芳(1964) 東シナ海・黄海におけるタチウオの体長別魚群の分布・回遊について。西海区水産研究所研究報告, 32, 135-157.

吉田俊一(1981) 大阪湾におけるタチウオの資源生態調査。本州四国連絡架橋漁業影響調査報告(日本水産資源保護協会), 29, 248-256.