

# 東部インド洋におけるマグロ延縄による釣針深度の経時変化と キハダ・メバチの釣獲深度

西 徹

The hourly variations of the depth of hooks and the hooking depth of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacores*), and Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*), of Tuna Longline in the Eastern Region of the Indian Ocean

Tooru Nishi\*

**Keywords:** Tunas, Tuna Longline, Hooking depth, Records of depth meters,  
Hourly variation of the hook

## Abstract

The thirteenth fishing operation with a long-line having five branch lines was carried out in the Eastern Indian Ocean by "The T.S. KAGOSHIMA-MARU(G.T.1,293 Tons)", of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University, from May 19 to 31, 1987.

The hourly variations of the depth of hooks in the tuna long-line and the hooking depth of tunas and marlins were investigated.

The numbering method of hooks was adopted to name the first hooks lifted in each basket as No.1 and sequently as No.2, No.3, No.4 and No.5. The results of the analysis are as follows:

1. The recorded depths of hooks ranged from 69 m to 103 m(89 m in average) for No.1 and No.5 hooks, 111 m to 154 m (134 m in average) for No.2 and No.4 hooks and 122 m to 178 m (154 m in average) for No.3 hooks.
2. The patterns of hourly variations of the depth recordings were classified into three categories of A, B and C. In the case of the high current velocity obtained from the drift of the long-line, all the data were classified into B or C category.
3. The maximum differences between measured and calculated depths of the hooks were, in average, 16 m for No.1, and No.5 hooks, 20 m in same for No.2, No.4 and No.3 hooks.
4. The hooked ratio of yellowfin tuna in each branch line was high in No.3 and No.4 hooks showing same value of 27.4%, followed by No.2, No.1 and No.5 hooks in order. From these results, the main hooking stratum was estimated to be at the depths of 120 m to 150 m.
5. The hooked ratio of bigeye tuna was 33% for No.3 hooks, accounting for 30% of total catches, with 73.3% of total bigeye tuna catch attained No.2, No.3 and No.4 hooks. From these results, the main hooking stratum of bigeye tuna was estimated to be at the depths of 140 m to 170 m.

---

\* 鹿児島大学水産学部練習船敬天丸 (Training ship "Keiten-Mar", Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

マグロの遊泳層に的確に漁具を設置することは、経験と感に頼っている限り難しい。その対処方法は、対象魚種の正確な遊泳層を把握することであり、また、漁具の水中形状はどのようなになっているか、つまり各釣針の深度を知ることである。

筆者はマグロ延縄漁業において高効率の漁獲を上げるための要因であるマグロ延縄の釣針深度とマグロ類の釣獲深度を明らかにするために操業資料の解析を試みた。

マグロ延縄の釣針深度やマグロ類の釣獲深度と遊泳層に関する研究は数多くの研究者によりなされている。

吉原<sup>1)</sup>は幹縄の水中形状がカタナリー曲線をなすものとして、短縮率と釣針の深度を算出する計算式を導き、幹縄の鉛直的な形状とマグロ・カジキ類の垂直分布について論じている。それ以降、枝縄別の釣獲率を調べて、マグロ・カジキ類の遊泳層を推定しようとする試みが各種調査、研究機関において実施されてきた。

盛田ら<sup>2)</sup>は鹿児島湾の静穏な場所において幹縄にケミカルチューブを取り付けて幹縄がカタナリー曲線の状態であることを確かめた。

中込<sup>3-5)</sup>は、全漁獲尾数に対するマグロ・カジキ類の各水深の漁獲尾数の割合が最高となる水深を遊泳層とみなし、水温層の上下変化に従ってキハダ・メバチの遊泳層が季節変化することを述べている。また、中込<sup>5)</sup>はマグロ延縄における釣針水深のケミカルチューブを用いた実測水深値と計算値の比較検討を行っている。渡辺<sup>6)</sup>は最大値を記録する方式の深度計を用いて鯖類の餌付層と魚群の垂直分布について論じている。川合<sup>7)</sup>は大西洋熱帯マグロ延縄漁場分布を魚種別に各層水温水平分布図、20℃面高低図及び水温跳層高低図などと対比させて比較考察している。

ケミカルチューブには最大水深しか記録しない欠点があり、そこで投縄の浸漬時間の経過と深度変化を同時に記録する水圧式の自記式深度計が考案された。三重県浜島水産試験場では昭和39年度1次航海以降、漁研型自記式深度計を使用してマグロ延縄の水中形状とマグロ・カジキ類の釣獲状況調査を実施している。藤井および岡元<sup>8)</sup>は自記式深度計を使用して釣針の到達水深を調べ、又水中での釣針水深の経時変化の型を4種類に分類している。

花本<sup>9-10)</sup>は漁研型深度計を用いた釣針の実測深度と枝縄別漁獲割合から延縄の深さ及びマグロ・カジキ類の漁獲深度を推定している。斉藤および佐々木<sup>11)</sup>は改良立縄を使用してマグロ類の釣獲層を調査し、マグロ・カジキ類は浅層から深層と鉛直的に幅広い層で釣獲されることを示している。

鈴木および藁科<sup>12)</sup>、久田および森田<sup>13)</sup>は普通延縄と深延縄との漁獲結果を比較してキハダ・メバチ等の遊泳層と海洋構造との関係を検討している。また魚群探知機によるマグロ類の遊泳層と海洋構造に関する研究には俵ら<sup>14)</sup>、藤石ら<sup>15)</sup>、行縄ら<sup>16)</sup>等がある。

以上のように数多くの調査、研究論文が報告されている。

筆者は昭和62年5月東部インド洋において実施した13回のマグロ延縄試験操業からマグロ類の釣獲資料、海洋観測資料並びに自記式深度計を使用しての釣針深度の経時変化の記録を35枚得た。これらをもとに、キハダ・メバチの釣獲深度及び釣針深度の経時変化のパターンについて知見を得たので報告する。

## 実験材料と実験方法

鮪延縄による試験操業は本学部練習船かごしま丸(総トン数1293吨)を使用して,1987年5

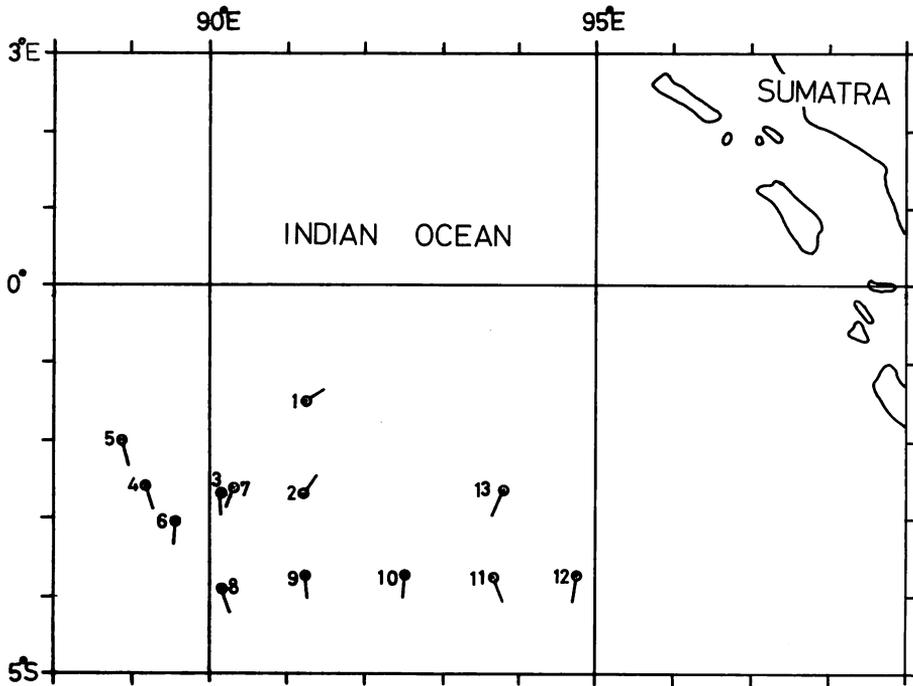


Fig. 1. Map showing the stations of fishing experiments. Figures, the serial number of the fishing experiments. Circles, the positions of oceanographic observation.

Table 1. Components of a basket of long line gear used in the fishing experiment.

Name of part	Material	Length	Units
Main line	Man-sen (#643 Dia. 6.35 mm)	56.0 m	6
Branch line	Man-sen (#8 Dia. 4.8 mm)	12.3 m	5
Served leader	Served steel wire rope (#28 3X3(M) Dia. 3.2 mm)	5.9 m	5
Wire leader	Steel wire rope (#28 3X3(M))	2.5 m	5
Hook	Steel	6.5 cm	5
Float line	Kuremona (20S Dia. 6.2 mm)	25.0 m	1

月19日から31日までの13日間、東部インド洋のスマトラ南西海域において実施した。その試験操業の位置をFig.1に示す。操業で用いた延縄の1鉢の仕様をTable 1に示した。

投縄開始は午前5時10分、終了は午前7時35分頃で、投縄終了後にCTDによる海洋観測をFig.1に示す地点で毎行行った。

揚縄は午後3時頃に開始し、午後8時30分前後に終了した。操業方法は最後に投縄した鉢から揚縄を開始するいわゆる正常操業であった。

釣針の番号の命名方法は各鉢ごとに最初に揚げられた釣針を1番とし、以後順番に2,3,4番、最後に揚げられた釣針を5番と呼ぶことにした。揚縄開始から終了まで各鉢、各釣針ごとに餌付きの状態、魚種別釣獲状況を克明に野帖に記録した。

釣針深度の経時変化を測定する為に毎回、柳計器株式会社製の自記式深度計BS-01型(記録範囲0~250m, 精度±1%)2台とBS-04型(記録範囲0~500m, 精度±1%)1台の合計3台を枝縄の釣針位置に取り付けた。これらの深度計は浮子により水中重量がゼロとなるように予め調整した。BS-01型は1,2番に、BS-04型は3番の枝縄に各々5鉢間隔で取り付けた。揚げ始めの縄端付近は、大旗等が取り付けられているため、風で流され縄の短縮率が大きくなり、揚げ終わり端付近では反対に短縮率が小さくなっていた。また、浮標灯も風下に圧流されて付近の縄をもつれさせる等のため、深度計を取り付けた鉢は延縄の両端部から10鉢以上、又浮標灯からは5鉢以上離すように心掛けた。

マグロ・カジキ類の鉛直分布を間接的に推定するために釣獲野帖を用い、枝縄別釣獲割合(枝縄別釣獲尾数の総釣獲尾数に対する割合)を魚種別に求めた。当漁場における主漁獲魚であるキハダ *Thunnus albacores* について各操業ごとに、メバチ *Thunnus obesus* については釣獲尾数が少なかったため、13回の合計に対する釣獲割合を求めて検討を加えた。尚、自記式深度計の記録紙はチャートデジタイザーで3分から10分の時間間隔で深度を読み取った。

## 実験結果

### 1. 釣針の実測深度と深度計投入後6時間の深度記録の経時変化パターン。

枝縄別の釣針の実測深度と計算深度との関係をTable 2とFig.2に示した。

釣針の平均実測深度(深度計の記録紙にあらわれた水深の経時変化の平均値)範囲は、最も浅い1と5番では69~103m(平均89m)、2と4番では111~154m(平均134m)、最も深い3番では122~178m(平均154m)であった。このように、操業位置によって変動があり、枝縄別の釣針深さの変動幅はそれぞれ33m, 43m, 56mと釣針水深の増加に伴い大きくなった。

操業回数別、枝縄別に深度計の記録を見ると一定の水深まで沈下した釣針は時間の経過とともに、深くなったり、浅くなったりと絶えず変動している。(Fig.3~Fig.8参照)

投縄後、枝縄別の釣針が安定した水深を示し始めるまでの時間は1と5番の釣針では3分から30分の幅があり平均すると12分、2と4番釣針では6分から40分の幅があり、平均20分、3番釣針では7分から35分の時間幅で、釣針が安定するまでの平均時間は18分であった。深度記録の経時変化のパターンを大きく分類すると次の3種類に分類できる。

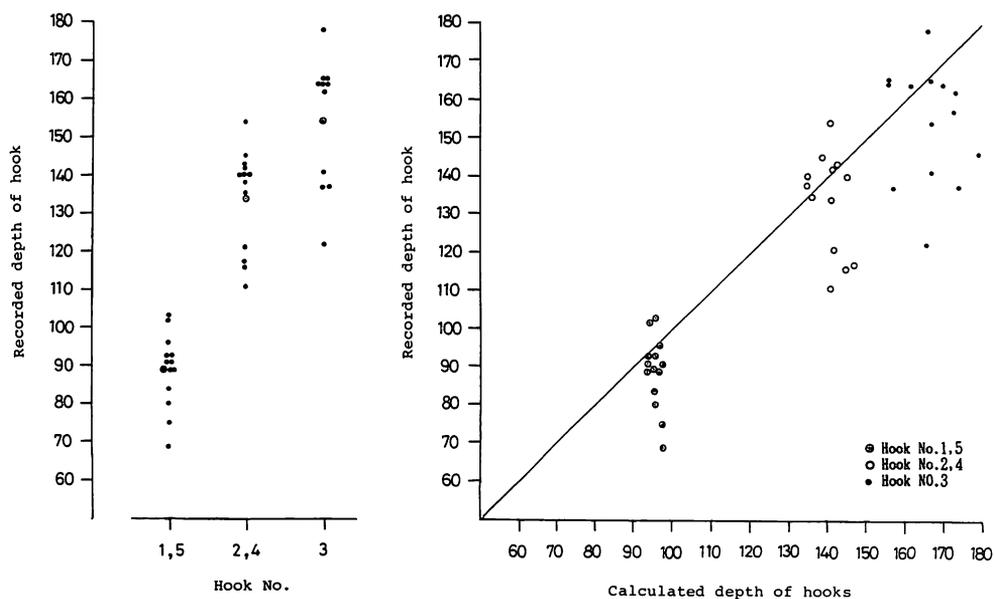


Fig. 2. Recorded depth of hooks (left) and relationship between recorded and calculated depths of hooks (right).

Table 2. Number of hooks used, number of fish caught, hook ratios, and Yellowfin tuna (Catch percent by hook)

Ope. No.	Date	No. of hooks	No. of fish hooked (hooked ratio %)	Yellowfin Tuna. Catch percent by hook					
				Catch and hooked ratio (%)	1	2	3	4	5
1	May 19	797	4 (0.50)	3 (0.38)			100.0		
2	20	802	10 (1.25)	8 (1.00)	50.0	12.5			37.5
3	21	797	25 (3.14)	20 (2.51)	5.0	15.0	30.0	25.0	25.0
4	22	797	8 (1.00)	5 (0.63)		40.0	60.0		
5	23	797	16 (2.01)	11 (1.38)	9.1	18.2	27.2	36.4	9.1
6	24	797	8 (1.00)	1 (0.13)		100.0			
7	25	798	13 (1.63)	6 (0.75)		16.7	33.3	33.3	16.7
8	26	797	23 (2.89)	21 (2.63)	9.5	42.9	23.8	14.3	9.5
9	27	802	22 (2.74)	16 (2.00)	25.0	18.8	18.7	37.5	
10	28	797	21 (2.63)	16 (2.01)	6.3	12.5	37.5	37.5	6.2
11	29	797	40 (5.02)	35 (4.39)	14.3	11.4	31.4	31.4	11.5
12	30	797	54 (6.78)	49 (6.15)	12.2	28.6	18.4	28.6	12.2
13	31	812	25 (3.08)	17 (2.09)	11.8	11.8	35.2	35.3	5.9
Total		10,387	269 (2.59)	208 (2.00)	12.5	21.2	27.4	27.4	11.5

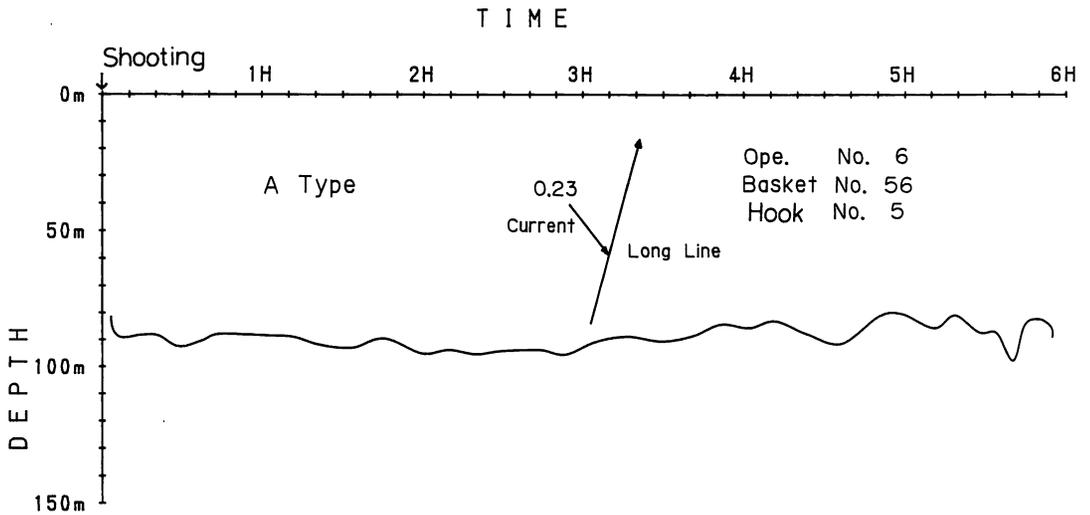


Fig. 3. Diagram showing the record of the depth-meter tied on the branch line. (A Type)

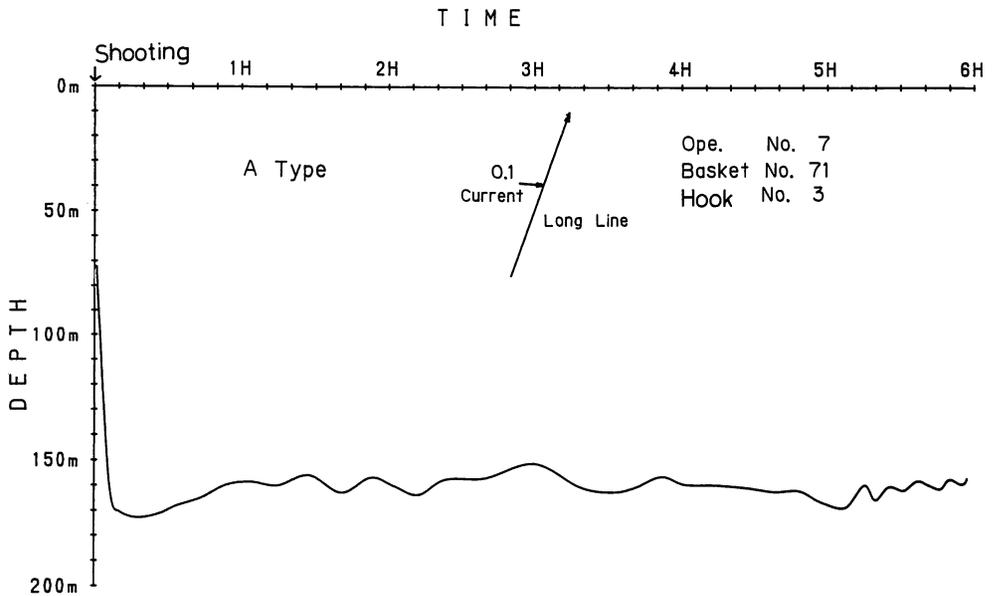


Fig. 4. Diagram showing the record of the depth-meter tied on the branch line. (A Type)

イ) A型

釣針の計算深度と実測深度の差が極めて小さく、釣針の上下運動の振幅が10~16mで、その周期も緩やかに変動している場合をA型とした。縄成りはカタナリー曲線に近いと推定される。設置した延縄の変位量から推定した流向、流速について見ると流速が0.3ノット以下の場合ほとんどがA型に分類された。

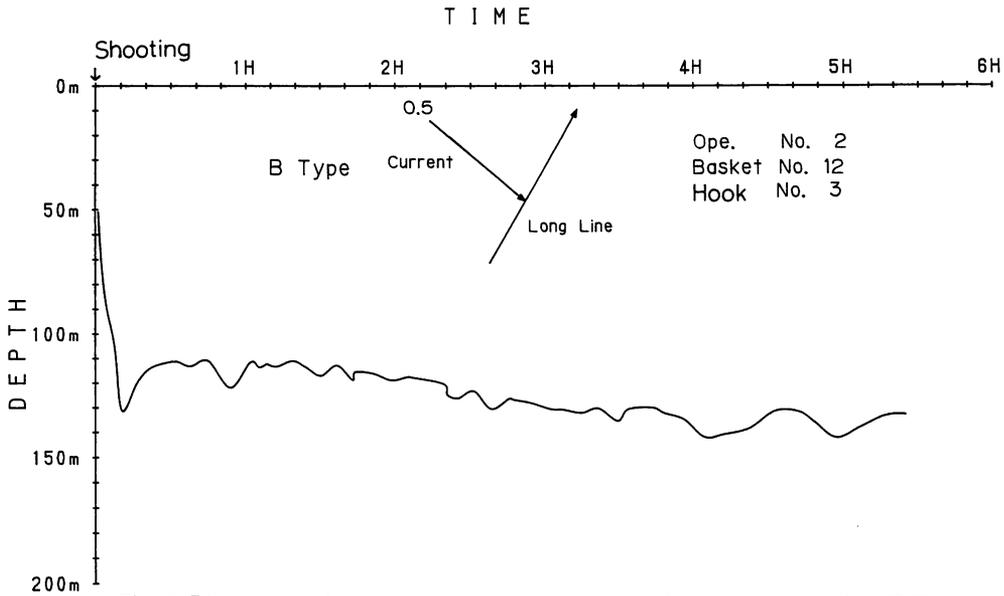


Fig. 5. Diagram showing the record of the depth-meter tied on the branch line. (B Type)

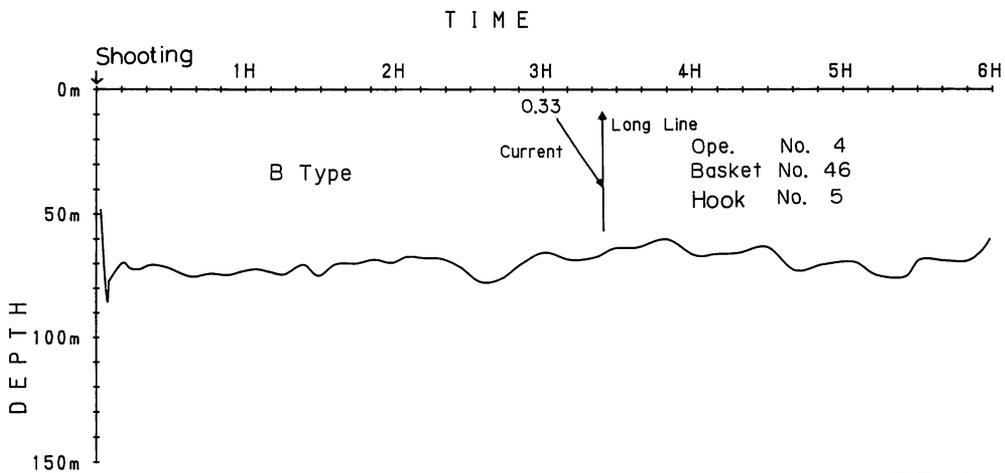


Fig. 6. Diagram showing the record of the depth-meter tied on the branch line. (B Type)

釣針深度別の変動には差はない。枝縄投入後釣針が安定するまでの時間は平均18分ぐらいかかっている。釣針が安定後の深度を終始維持する例が11例あり、経時変化により、暖やかではあるが縄の深度が浅くなっていく場合が5例、反対に深くなっていく場合が4例あった。しかし流向と幹縄敷設方向との関連はみられなかった。A型は1、5番釣針で9例、2、4番で4例、3番釣針で7例あった。(Fig. 3, 4参照)

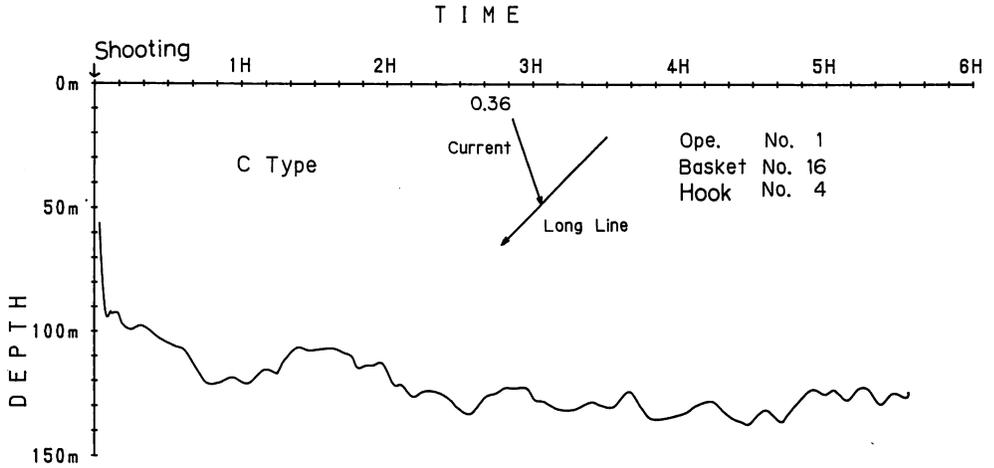


Fig. 7. Diagram showing the record of the depth-meter tied on the branch line. (C Type)

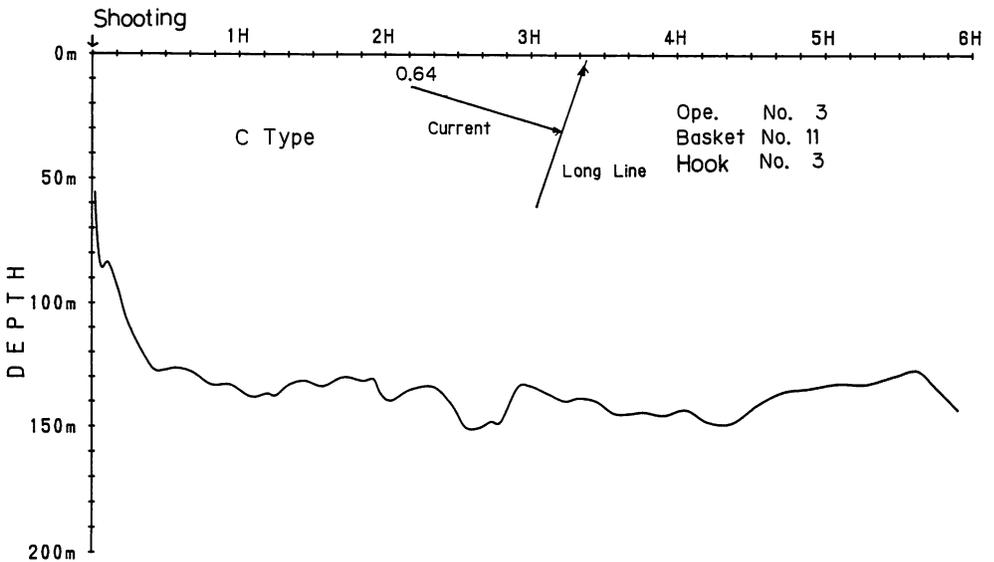


Fig. 8. Diagram showing the record of the depth-meter tied on the branch line. (C Type)

ロ) B型

釣針の計算深度と実測深度の差が大きく縄が吹き上げられており、釣針の上下運動の振幅が10~20mで、その周期が15~60分ぐらいで変動している場合である。流速は0.33ノット以上で、流向は幹縄敷設方向と鋭角に交わっており、実測深度は計算深度値より20m以上も浅く、幹縄はカタナリー曲線を描いていないと推測される。この場合枝縄投入後釣針が安定するまでの時間は1,5番釣針と2,4番釣針では8分、3番釣針では13分となっている。

この型は7例あるが、縄が潮下に流されて短縮率が小さくなり縄が次第に深くなっていく場合が5例あった。B型の出現状況は1, 5番釣針で2例, 2, 4番では1例, 3番釣針で4例あった。(Fig.5,6参照)

#### ハ) C型

B型の一つとみなされるが、釣針の振巾はB型より僅かに大きく10~30mであるが、その周期は1~5時間と大きなウネリを伴って上下運動しているのでC型と呼ぶことにした。B型と同様に実測深度は計算深度よりも浅く、流速が0.3ノット以上の場合に見られ、この場合も幹縄は外力の影響を受けて正常な縄成りとなっていないと推定される。

釣針が安定するまでの時間は1, 5番釣針で8分, 2, 4番で31分, 3番釣針では21分かかっている。この場合も潮下に流されて短縮率は小さくなっていき縄が深くなっていく場合が8例中, 5例あった。この型は1, 5番釣針で2例, 2, 4番で4例, 3番釣針では2例みられた。(Fig.7,8参照)

流速が0.3ノット以上であった第1回目操業から第4回目操業ではすべてB型とC型とに分類され、釣針は不安定に振動し幹縄も変形していたと推測される。

次に深度計を取り付けた鉢の釣針にキハダが釣獲された例をFig.9およびFig.10に示す。Fig.9は36鉢目の4番枝縄に釣獲された時の3番枝縄の上下動を記録したものである。この記録から9時39分に釣針に掛かった直後20m上方に逃避行動を行い、以後5分おきぐらいに上下運動を繰り返し、3時間15分後には枝縄、幹縄は65m上方に持ち上げられたことがわかる。このキハダは釣獲後7時間で活きたまま釣獲された。

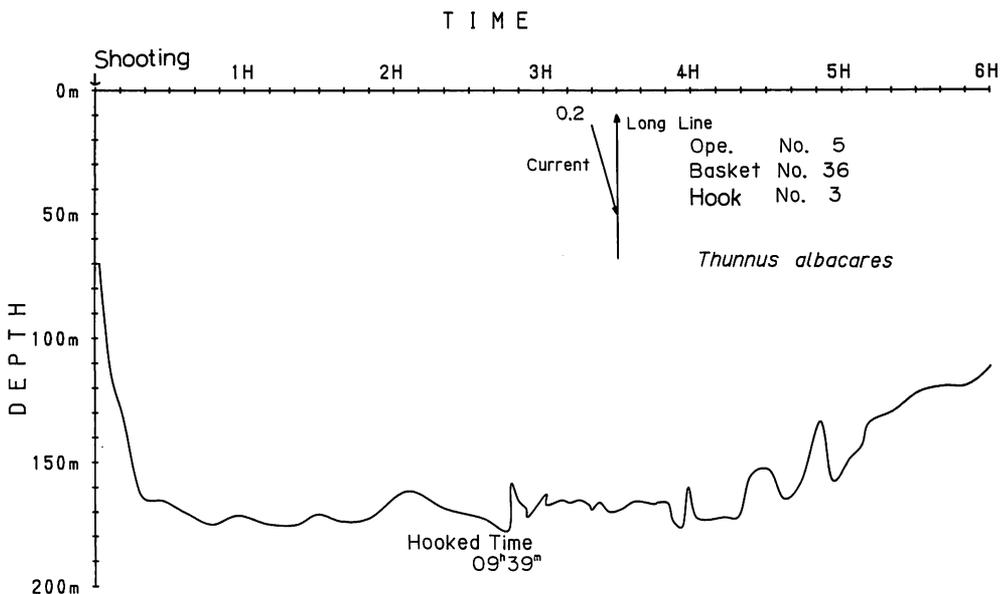


Fig. 9. A recording of the depth-meter showing the vertical movement of a hooked fish.

In this case, the depth-meter was tied to the No.3 branch-line, and a yellowfin tuna was hooked on the No.4 branch-line in the same basket.

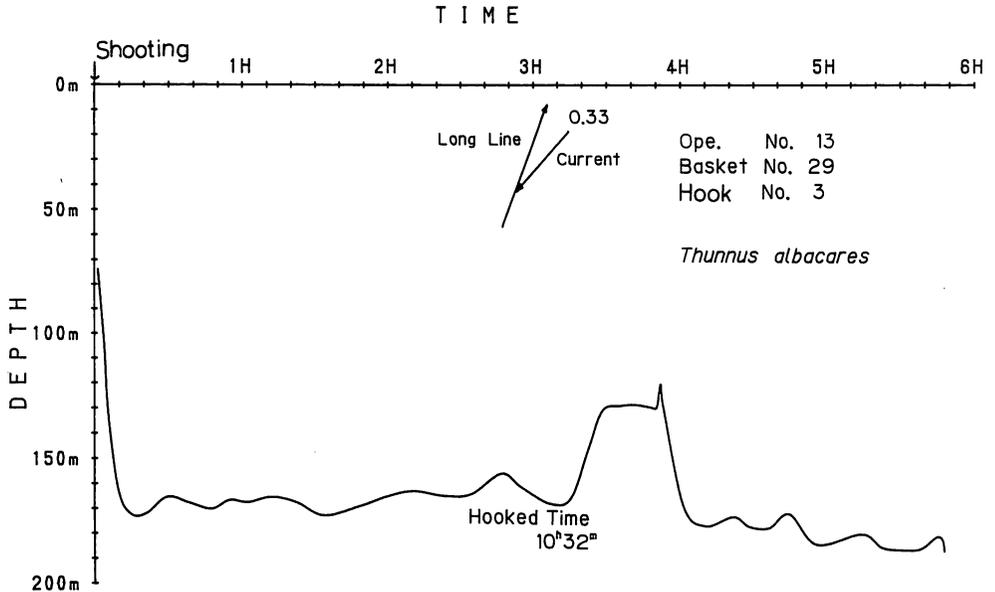


Fig. 10. A recording of the depth-meter showing the vertical movement of a hooked fish.

In this case, the depth-meter was tied to the No.3 branch-line, and a yellowfin tuna was hooked on the No.4 branch-line in the same basket.

Fig. 10は29鉢目の4番枝縄にキハダが釣獲された時の3番枝縄の上下動を記録したものである。10時32分釣針に掛かった直後、上方に逃避しており、3番の枝縄は10分間で上方に35m持ち上げられ、釣獲後38分後にさらに10m上方に移動したところで力尽き死にいたり、その後、魚の重みで枝縄は沈下していく様子を示している。

## 2. 魚種別枝縄別釣獲割合と釣獲層

枝縄別釣獲割合についてはTable 3, 4に、水深別の釣獲尾数をFig. 11に示した。

1) キハダの釣獲率は各操業ごとにばらつきが見られるが、枝縄別釣獲割合は平均すると、3番と4番の釣針では27.4%と等しくなっており以下2, 1, 5番の順になっている。2, 3, 4番の釣針での釣獲がキハダの全釣獲の76%を占めている。

2番と3番釣針、3番と4番釣針並びに4番と5番釣針について、それぞれ操業ごとの釣獲尾数の差及びその差の平均値、平方和、分散、標準偏差を求めて、各釣針間における釣獲差の有意差についてt検定をした。

2番と3番釣針については

$$t = -1.087, df = 12, P \approx 0.300$$

3番と4番釣針については

$$t = 0.000, df = 12, P \approx 1.000$$

となり、5%水準以下でそれぞれの釣針間の釣獲差に有意差は認められなかった。

4番と5番釣針については

$$t = 2.731, df = 12, P \approx 0.020$$

**Table 3.** Catch hooked ratios and hooking rate for three species.

		Serial number of branch line					Total No. of fish caught	Number of hooks used Hooked ratio
		1	2	3	4	5		
Bigeye	No. of fish caught	4	8	10	4	4	30	10.387
	Catch percent	13.3	26.7	33.3	13.3	13.3		0.29 %
Billfish	No. of fish caught	9	3	4	5	8	29	10.387
	Catch percent	31.0	10.3	13.8	17.2	27.6		0.28 %
Shark	No. of fish caught	22	22	21	25	26	116	10.387
	Catch percent	19.0	19.0	18.1	21.5	22.4		1.12 %

**Table 4.** List of tunas and marlins captured by tuna longline gear

Scientific name	Japanese name
1) Fam. Scombridae	サバ科
<i>Thunnus obesus</i> (Lowe)	メバチ
<i>Thunnus albacores</i> (Bonnatere)	キハダ
<i>Thunnus alalunga</i> (Bonnatere)	ビンナガ
2) Fam. Istiophoridae	マカジキ科
<i>Tetrapturus audax</i> (Philippi)	マカジキ
<i>Makaira macara</i> (Jordan et snyder)	クロカジキ
<i>Makaira indica</i> (Cuvier)	シロカジキ
<i>Istiophorus orientalis</i> (Temhinck schlegel)	バショウカジキ

となり,5%水準で釣針間の釣獲差に有意差が認められた。

但し,  $t=2.179$ ,  $df=12$ , である。

次にキハダの主釣獲層はFig.11によると2, 4番釣針の到達深度である120~150m深にみられる。又一つの山が1, 5番釣針の到達深度である90~100m深にもみられる。

2) メバチの枝縄別釣獲割合は3番の釣針で33.3%とメバチの全釣獲の3割を占め, 以下2番で26.7%, 1,5,4番釣針ではそれぞれ13.3%と低かった。2,3,4番釣針でメバチ全釣獲の73.3%を占めている。

1番と3番釣針及び2番と3番釣針についてキハダと同様に各釣針間における釣獲差の有

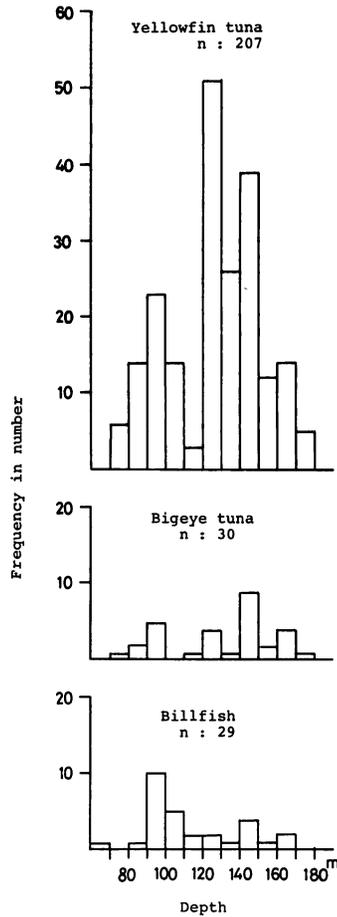


Fig. 11. The hooking depths of fishes

意差について  $t$  検定を試みた。

1 番と 3 番釣針については  
 $t = -1.704$ ,  $df = 12$ ,  $P \approx 0.100$

2 番と 3 番釣針については  
 $t = 0.250$ ,  $df = 12$ ,  $P > 0.500$

となり、5%水準以下でそれぞれの釣針間の釣獲差に有意差は認められなかった。

次にメバチの釣獲層について検討してみると、水深別の釣獲のピークは140~150m深に見られるが、2番釣針でも27%近くの釣獲があり、釣獲深度は2,3,4番釣針の到達深度内に存在する。メバチの釣獲のあった操業日(7回)の2,3,4番釣針深度の経時変化のパターンを見ると、2,4番釣針は136~150m深の範囲内で上下運動しており、3番釣針は140~171m深の範囲内に設置されている。それ故にメバチの主釣獲層は140~170m深にあると推定される。

カジキ類は1,5番釣針だけでカジキ類全釣獲の58%に達しており、カジキ類はマグロ類よ

り浅層に生息していることが推定できる。

## 考 察

### 1. 釣針の実測深度と深度計投入後6時間の深度記録の経時変化について

盛田ら<sup>2)</sup>は海潮流、波浪などの外力の影響の殆どない平穏な海洋において投縄中の幹縄はほぼカタナリー形状をなすが流速が大きくなると幹縄は変形していると述べている。また、盛田<sup>18)</sup>は幹縄がたるみ、潮流が速いほど縄の変形は大きくなり、枝縄と幹縄と殆ど平行状態になることを水槽実験で確かめている。釣針の平均実測深度は1,5番枝縄では89m,2,4番では134m,3番枝縄では154mとなっているが、藤井および岡本<sup>8)</sup>は自記式深さ計を使用して釣針の到達深度を調査し、釣針別の平均到達深度は1,5番釣針では75~77m,2,4番では96~104m,3番釣針では118mとしており、又花本<sup>9-10)</sup>は延縄の釣針の深さは海域により差異は見られるが平均すると1,5番釣針では60~90m,2,4番では90~140m,3番では100~160mとしており、今回の調査結果は花本の値に近い値を示している。

山口<sup>19)</sup>は枝縄は同一深度に敷設されていないので枝縄の特性はそれぞれ異なっていると考え、水中における動力学的な自由度は3番枝縄が一番大であり、2,4番はこれに次ぎ、1,5番は最も動きにくい状態にあるとしているが、今回の調査結果も3番枝縄で変動幅が大きいことと一致している。

投縄後の枝縄別の釣針が安定した水深を示しはじめるまでの時間にはそれぞれかなりの差異が見られるが流速が小さいほど安定するまでの時間は一般的に短くなっているようである。

13回の操業について各釣針別の計算深度を吉原の計算式<sup>1)</sup>を用いて求め、それぞれの実測深度と比較検討した。

$$D = ha + hb + \ell \left\{ \sqrt{1 + \cot^2 \phi_0} - \sqrt{(1 - 2j/n)^2 + \cot^2 \phi_0} \right\} \quad (1)$$

但し、 $D$ ：釣針の深さ(m)

$ha$ ：枝縄の長さ(m)

$hb$ ：浮子縄の長さ(m)

$\ell$ ：1鉢の幹縄の長さの1/2の長さ(m)

$n$ ：1鉢における幹縄の数(枝縄本数+1)

$j$ ： $j$ 番目の枝縄

$\phi_0$ ：幹縄の支点(浮縄と幹縄との連結点における切線がx軸となす角度)

$\phi_0$ は、延縄の短縮率(25鉢を投縄するに要する距離に対する25鉢の幹縄の全長の比)を用い、計算表及び図表<sup>17)</sup>より求めた。25鉢間の距離は衛星航法装置(NNSS)による船位より求めた。8回と13回目操業のすべての釣針、10回と11回目の2,4番と3番釣針を除くと平均実測深度はカタナリー計算深度よりいくぶん浅いか、似た値を示している。

流速が大きいかほど釣針の沈降率(実測深度÷計算深度×100)は小さくなり、流速が小さければ沈降率は大きくなっている。延縄の漂移から計算した流速が0.64ノットあった第4回目操業での釣針の沈降率は70~81%となっており枝縄だけでなく幹縄も大きく吹き上げられて

いることが推定できる。流速が小さい場合は沈降率は95~100%前後であり縄の吹かれも少なく正常な縄成りとなっていると思われる。

計算深度よりも実測深度が深くなっている場合が第8回と第13回目操業に見られる。流速は他の操業日とあまり差がないことからして、この事実はカテナリー計算深度を求める過程における短縮率計算において深度計を設置した鉢の浮子間の距離を直接求めたのではなく、深度計を設置した鉢を含む25鉢の浮子間の平均距離を使用したために生じたか、刻々とある振幅で上下運動している釣針の平均深度の求め方に問題があったのではないかと考えられる。

水中での釣針の最大振幅について枝縄別に平均してみると1,5番では16m,2,4番と3番釣針では20mであった。

藤井および岡本<sup>8)</sup>の報告によると平常状態における最大振幅の平均値は1,5番釣針で8.2m,2,4番で12m,3番釣針では21.6mであったとしており、今回の結果とは浅い釣針で大きな差がみられる。

山口<sup>19)</sup>は深さ計の記録による釣獲魚の行動について大勢丸の調査航海における漁研式深さ計の記録をもとにして解析している。それによると、同じ鉢の枝縄に釣獲された場合、釣針にかかった魚は幹縄を引きながら逃避する際、最も抵抗の少ない上方に向かって遊泳を開始し、釣獲後上方に泳ぐ時は他の枝縄はほとんど同時に浮上する。釣獲直後は小規模な逃避行動を試み、これに引き続いて大規模な急激な逃避を行い、1回の上下運動は5~10分間以内に行われることが多く、上下運動の深度差は初期に大であり、魚体の疲労と共に深度変化の範囲は次第に狭くなると述べている。今回の調査結果による2例も釣獲後、上方に20~35mも枝縄と幹縄を持ち上げている。最初のキハダ(尾又長105cm)は釣獲後7時間も生きていたことになり、2例目のキハダ(尾又長不明)は釣獲後38分で死んでいる。

斉藤<sup>20)</sup>は自記式深さ計の記録から得たマグロ類の致死時間はメバチ、キハダがそれぞれ3.37,2.03時間、ビンナガは2.06時間であることを示している。しかし各魚種ともばらつきは大きく、釣獲状態、個体差、水温等による影響が大であると述べている。

## 2. 魚種別枝縄別釣獲割合と釣獲層

キハダの枝縄別釣獲割合は3番と4番釣針で良く、次いで2番釣針で、1,5番釣針では悪くなっている。2,3,4番の釣針での釣獲がキハダの全釣獲の76%を占める結果となっている。盛田<sup>18)</sup>は幹縄が短縮すると一鉢の両端に近い釣針ほどその鉢の幹縄や隣接釣針の枝縄、幹縄などと互いに近接することになるので、その釣針に対する魚類の摂餌反応はその近くの縄類などの状態によって阻害される結果になり、マグロ延縄漁具などにおける釣針別の漁獲差は漁場現場における幹縄の水中形状に起因するものと考えるのが妥当であると述べている。今回の釣獲試験結果によると張り縄の場合は1と5番釣針にもある程度の釣獲があるが、最も吹かれの少ない弛み縄では1と5番釣針での釣獲は極めて少ない結果となり、盛田の報告を裏付けている。

しかし、山口<sup>19)</sup>は水中における各枝縄の動力的な自由度の点から枝縄別漁獲に差があらわれると論じている。それによると1,5番枝縄は抵抗が大で最も動きにくく、摂餌の初期遊泳時に枝縄に大きな力が伝わると魚は口中の餌料を異常に感じ、口を開いて餌料を吐き出してしまう。また枝縄先につけた餌料をむしり取る操作は枝縄の抵抗が大で動きにくい方が

容易であり、空針が多いと当然の結果として漁獲数は少なくなるという理由で、最も浅い1,5番釣針には釣獲が少ないのだと論じている。今回の調査結果について、2番と3番釣針、3番と4番釣針について釣獲差の有意差についてt検定を試みたが各釣針間に有意差は認められなかったが、4番と5番釣針については釣針間の釣獲差に有意差が認められることから山口<sup>19)</sup>の深い釣針の釣獲率と浅い釣針のそれとは同一でなく、一般に浅い釣針の釣獲率が低くなるという推論とも一致している。渡辺<sup>6)</sup>、花本<sup>9-10)</sup>、鈴木および藁科<sup>12)</sup>、がカジキ類は浅層に、キハダは浅層から中層に、メバチは中層から深層にかけて分布していると述べているように、深さによって魚種組成が異なるという結果をもとにして、枝縄別獲割合からマグロ類の釣獲層を推定した。

キハダは2,3,4番釣針にキハダの全釣獲の76%釣獲されるので深度計から得られた2,3,4番釣針の深さを主釣獲層と推定した。

キハダの主釣獲層は120~150m深にある。又90~100m深にも釣獲層があり、キハダは浅層から中層に分布するという既往の報告を裏付けている。平成2年6月下旬に敬天丸で西部北太平洋赤道反流域で行った10本付延縄による釣獲試験の結果によると、キハダの釣獲のピークは110~169m深にあり、90~100m深にも小さい山が見られた。

中込<sup>3-5)</sup>はカロリン、マーシャル諸島付近の海域でキハダ、メバチ等の遊泳層は水温の上下変化に従って季節変化することを指摘し、キハダは5月に最浅部(115m付近)、10月に最深部(150m付近)に多く、この間緩やかに上昇下降し明瞭な季節変化をしていると報告している。久田および森田<sup>13)</sup>の西カロリン海域での水深別漁獲状況によるとキハダは140m以浅に多く釣獲され60~180m深の範囲で釣獲があり、水温躍層の中心付近より以浅に釣獲層があると報告しており、主釣獲層は120~150m深とする今回の結果はこれらの報告と近似しており、妥当と考える。又藤井および岡本<sup>8)</sup>をはじめ多くの相模丸による調査報告によるとキハダは水温躍層上限あるいは下限付近で多獲されることが多く遊泳層中心層は水温躍層上部と推定されると報告している。

次にメバチの枝縄別釣獲割合は3番釣針でメバチの全釣獲の3割を占めており、花本<sup>9-10)</sup>はメバチの枝縄別釣獲割合は3番枝縄で特に高いと述べており、3番枝縄で高いのは鉛直的分布密度の差によるものと思われると述べている。メバチについて各釣針間の釣獲差についてt検定を試みたが釣獲魚が30尾と少ない関係もあり、釣針間の釣獲差には有意差はあられなかった。

メバチの主釣獲層は140~170m深と推定したが花本<sup>9-10)</sup>はメバチの主釣獲層は110~160mと推定しており、久田および森田<sup>13)</sup>はメバチは140m以深、特に140~180m付近に最も多くとられると推定している。水温鉛直断面図に対比すると、メバチの主釣獲層は水温躍層の中心付近(水温20℃前後)以深に当たるとしている。

川合<sup>7)</sup>の報告によるとメバチは水温躍層が急変するところで多獲され、遊泳層中心層は水温躍層の下部以深と推定している。平成2年6月下旬の敬天丸による釣獲試験結果でも130~170m深に釣獲が集中しており、メバチの主釣獲層は140~170mと推定してよい。

俵ら<sup>14)</sup>、藤石ら<sup>15)</sup>、行縄ら<sup>16)</sup>は魚群探知機を使用して、DSLの調査と魚群の分布状態の調査を行っているが藤石ら<sup>15)</sup>はマグロの個体記録は150~200mの範囲に最も多く出現したと述べており、これらの個体はメバチやピンナが主体であると考えられる。又齊藤および佐々

木は立縄を使用してマグロ、カジキ類の釣獲試験を行い、マグロ、カジキ類は浅層から深層までの幅広い層で釣獲されることをつきとめている。

LAEVASTU<sup>21-22)</sup>の報告によると、マグロ類の適水温の幅は非常に広く、同一魚種でも魚体の大きさによって適水温が異なると述べており、魚種別の適水温は、キハダは21℃～23℃、メバチは18℃～20℃、ビンナガは17℃～19℃と述べている。今回の調査海域の水温鉛直分布によるとキハダやメバチの釣獲深度は水温躍層内に存在していた。

## 要 約

1987年5月19日から31日の期間、インド洋東部海域において、鹿児島大学水産学部練習船かごしま丸(総トン数1293吨)を使用して5本付延縄による13回の釣獲試験操業を実施した。

鮪延縄の釣針の経時変化とマグロ、カジキ類の釣獲深度について検討を試みた。

枝縄別の釣針深度は1,2,3番の枝縄に装着した3台の自記式深度計の記録から求め、マグロ、カジキ類の釣獲深度については釣獲野帖から各枝縄別釣獲データを深度別に集計して釣獲層を推定した。釣針の番号の命名方法は各鉢ごとに最初に揚げられた釣針を1番とし、以後順番に2,3,4,5番釣針と呼ぶことにした。今回の解析の結果は次の通りである。

1. 1,5番釣針の実測深度は69～103m(平均89m),2,4番釣針で111～154m(平均134m),3番釣針では122～178m(平均154m)であった。

2. 投縄後、釣針が安定するまでの所要時間は1,5番釣針では平均すると約12分,2,4番釣針では平均20分,3番釣針では18分を要している。

3. 深度記録の経時変化のパターンをA型、B型、C型の3種類に分類して各々の記録を図示した。A型は流速0.3ノット以下であり釣針の計算深度と実測深度の差が極めて小さい。釣針の振巾は小さくてその周期も緩やかに変動している。B型とC型は釣針の計算深度と実測深度の差が20m以上あり、幹縄はカタナリー曲線を描いていないと推測される。

B型は釣針の上下動の振幅が10～20mで、周期が15～60分ぐらいで変動しておりC型は振幅は10～30m,周期が1～5時間と大きなウネりを伴って上下動している。縄の漂移から求めた流速が大きい時はすべてB型かC型に分類された。

4. 水中での釣針の最大振幅は枝縄別の平均値をとると、1,5番釣針では16m,2,4番釣針と3番釣針では20mと同じ値であった。

5. 深度計を取り付けた鉢の釣針にキハダが釣獲された記録から20m以上も上方に枝縄を持ち上げている例を図示した。

6. キハダの枝縄別釣獲割合は3番と4番で高く、27.4%と同じ値を示し、以下2,1,5番釣針の順となっている。これらの結果からキハダの主釣獲層は120～150m深と推定した。

7. メバチの枝縄別釣獲割合は3番釣針で33%と全体の3割を占め、2,3,4番釣針でメバチ全釣獲の73.3%に達している。これらの結果からメバチの主釣獲層は140～170m深と推定した。

8. 各枝縄間の釣獲差について、*t*検定を行った。キハダについては4番と5番釣針間には釣獲差について5%水準で有意差が認められたが、その他の枝縄間ではキハダ、メバチ共に枝縄間には5%水準以下で釣獲差に有意差は認められなかった。

9. 水温鉛直分布によるキハダやメバチの釣獲深度は水温躍層内に存在していた。

終わりに、この論文の取りまとめに当たり、懇切なる御指導、御助言を戴いた鹿児島大学水産学部の今井健彦教授に深謝の意を表するものである。又本研究の実施に当たり非常な御協力、御援助を賜った練習船かごしま丸船長東川勢二教授、同次席一等航海士有馬純宏講師、同二等航海士内山正樹助手、同三等航海士日高正康助手、練習船敬天丸船長湯脇泰隆助教授、同次席一等航海士益満 侃講師、同二等航海士東政能講師の各位に対して深く感謝するものである。

## 文 献

- 1) 吉原友吉(1951)：鯖延縄の漁獲分布Ⅱ．垂直分布，日水誌，16(8)，pp.370～378.
- 2) 盛田友式，藤田親男，田ノ上豊隆(1955)：マグロ延縄の縄成りについて．鹿大水紀要，4，pp.8～11.
- 3) 中込 淳(1958)：キハダ，メバチ，クロカワのカロリン，マーシャル諸島付近における遊泳層の季節変化について-Ⅰ．遊泳層の季節変化について，日水誌，23(9)，pp.518～522.
- 4) 中込 淳(1958)：キハダ，メバチ，クロカワのカロリン，マーシャル諸島付近における遊泳層の季節変化-Ⅱ．水温垂直分布の季節変化との関係，日水誌，24(3)，pp.169～172.
- 5) 中込 淳(1958)：キハダ，メバチ，クロカワのカロリン，マーシャル諸島付近における遊泳層の季節変化-Ⅲ．釣獲率の季節変化との関係，日水誌，24(3)，pp.173～175.
- 6) 渡辺博之(1961)：マグロ類の餌付層に関する研究Ⅰ．神水試資料，4，pp.1～11.
- 7) 川合英夫(1969)：熱帯大西洋における水温構造とマグロ延縄漁場分布との関係について-Ⅰ．水温水平分布図と水温躍層高低図などによる考察，遠水研報，2，pp.275～303.
- 8) 藤井一郎，岡本久生(1971)：マグロ延縄の水中形状とマグロ，カジキ類の釣獲状況について．昭和44年度，三重県浜島水試事業報告，pp.45～103.
- 9) 花本英一(1974)：メバチに関する水産海洋学的研究-Ⅰ．東部熱帯太平洋におけるマグロ延縄の漁獲深度，La.mer(日仏海洋学会誌)，12，pp.128～136.
- 10) 花本栄一(1979)：マカジキに関する水産海洋学的研究-Ⅳ．マグロ延縄漁場における遊泳層，日水誌，45(6)，pp.687～690.
- 11) 斉藤昭二，佐々木成二(1974)：南太平洋の大型ピンナガの遊泳層について-Ⅱ．改良たて縄によるピンナガの釣獲層，日水誌，40(7)，pp.643～649.
- 12) 鈴木治郎，藁科 生(1977)：中西部赤道太平洋で普通延縄と深延縄で漁獲されたメバチおよびキハダの分布，昭和51年度遠水研マグロ漁業研究協議会資料，pp.120～134.
- 13) 久田幸一，森田二郎(1980)：昭洋丸によるマグロ，カジキ類遊泳層調査結果，昭和54年度遠水研マグロ漁業研究協議会資料，pp.220～224.
- 14) 俵 悟，桜井五郎，藤石昭生，大村千之(1969)：魚群探知機による西部太平洋マグロ漁場における漁場調査について-Ⅰ．超音波散乱層とマグロ魚群の記録について．水大校研報，16(2,3)，pp.21～30.
- 15) 藤石昭生，俵 悟，広瀬 誠(1969)：インド洋マグロ漁場における魚群探知機による調査結果．水大校研報，18(1)，pp.18～25.
- 16) 行縄茂理，山中 一，森田二郎(1972)：魚群探知機によるマグロ類の遊泳層と海洋構造，マグロ漁業研究協議会資料，46-9，pp.21～31.
- 17) 吉原友吉(1954)：マグロ延縄の漁獲分布-Ⅳ．短縮率計算表及び図表，日水誌，19(10)，pp.1012～1014.
- 18) 盛田友式(1969)：マグロ延縄漁具に関する研究．鹿大水紀要，18，pp.145～215.
- 19) 山口裕一郎(1974)：マグロ延縄漁法の釣獲機序に関する研究．三重県立大水紀要，9(3)，pp.511～615.
- 20) 斉藤昭二(1976)：延縄によるマグロの釣獲時刻について．日水誌，42(9)，pp.975～985.
- 21) LAEVASTU, T. and ROSA, H.,(1962)：Distribution and relative abundance of tunas in relation

- to their environment. *FAO Fish. Rep.*, 6(3), pp. 1835 ~ 1851.
- 22) 山中 一(1974) : 個体群の分布移動と海洋環境, “資源生物論” (西脇昌治編), pp. 92~98 (東京大学出版会, 東京).