Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.,
Vol. 42, pp. 31～46 (1993)

西部熱帯海域におけるマグロに関する水産学的研究－I

東　政能*，湯脇泰隆*

Fishery Study of Tuna in the Western Tropical Pacific－I

Masataka Higashi* and Yasutaka Yuwaki*

Keywords：Tuna longline, Western Pacific Ocean, Oceanographic environment

Abstract

The study for relation between the tuna fishing condition and the oceanographic environment are discussed on the basis of data obtained from tuna fishing experiments in the western Tropical Pacific Ocean in June, 1990. The hook depths of longline gear were measured with the depth meter and estimated by Yoshihara's method. The greater part of measured value of hook's depths were shallower than estimated one. The sinking rates of longline changed with respect to the time and stations. Though the actual depth of hooks varied due to many changing factors (e. g. an ocean current) & etc, the depths of capture of tuna were determined from estimated value of hook's depth. It was found that a lot of yellowfin tuna was captured in the upper layer of the thermocline and bigeye tuna near the center of the thermocline.

1. はじめに

まぐろ延縄漁業は明治以来，今日までわが国の重要な漁業であり，第2次世界大戦後，漁船の大型化および近代的設備の充実と共に急速に発展してきた。しかし近年，釣獲率の低下

* 鹿児島大学水産学部附属練習船敬天丸（Training Ship Keiten-Maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan）

をきたし，資源保護の面から深刻な問題となってきている。よって今後，資源保護と能率的漁獲の両立が可能な，より適正な漁具漁法によるまぐろ漁業が実施されなければならない。

まぐろ延縄の漁具性能および釣獲性能に関しては，盛田ほか (1955[24]；1956[25][26]；1962[27]；1964[28]；1965[29]；1969[30])，葉室ほか (1958)[17]，藤井ほか (1971)[23]，山口ほか (1965)[32] の研究があり，魚群探知器の記録によるまぐろ延縄の性能については，柴田ほか (1962[5]；1963[6][7])，藤石ほか (1969)[22] の研究がある。また，まぐろ延縄の釣針深度，まぐろ類の釣獲深度，遊泳層に関して，中込 (1958[12][13][14][15]；1961[16])，花本 (1974[18][19]；1979[20])，久田ほか (1980)[21]，吉原 (1951[33]；1952[34]；1954[35])，行縄ほか (1972)[31]，斎藤 (1974)[4]，鈴木 (1977)[8] の研究があり，渡辺 (1958[36]；1961[37]) は食餌組成の相違および餌付層からまぐろの遊泳層を研究している。まぐろ分布と漁場の物理的環境および生活領域について，須田ほか (1969)[9]，上村ほか (1963)[2]，川合 (1969)[3]，中村ほか (1943)[11]，宇田ほか (1957)[1] の研究がある。

まぐろ延縄漁業で，まぐろの釣獲深度を知ることは漁具構成の決定およびまぐろの適水温，あるいは遊泳層を知るうえで極めて重要である。西部太平洋熱帯海域はまぐろ類の好漁場として知られているが，この海域における延縄の釣針の到達深度（自記式深度計による）とまぐろの釣獲深度についての研究はなされていない。

本論では，1990年６月，西部太平洋熱帯海域の赤道反流域において実施したまぐろ延縄漁業調査および海洋観測で得られた資料に基づき，まぐろの釣獲状況ならびに漁場の物理的環境（水温，塩分）の特性について考察した。

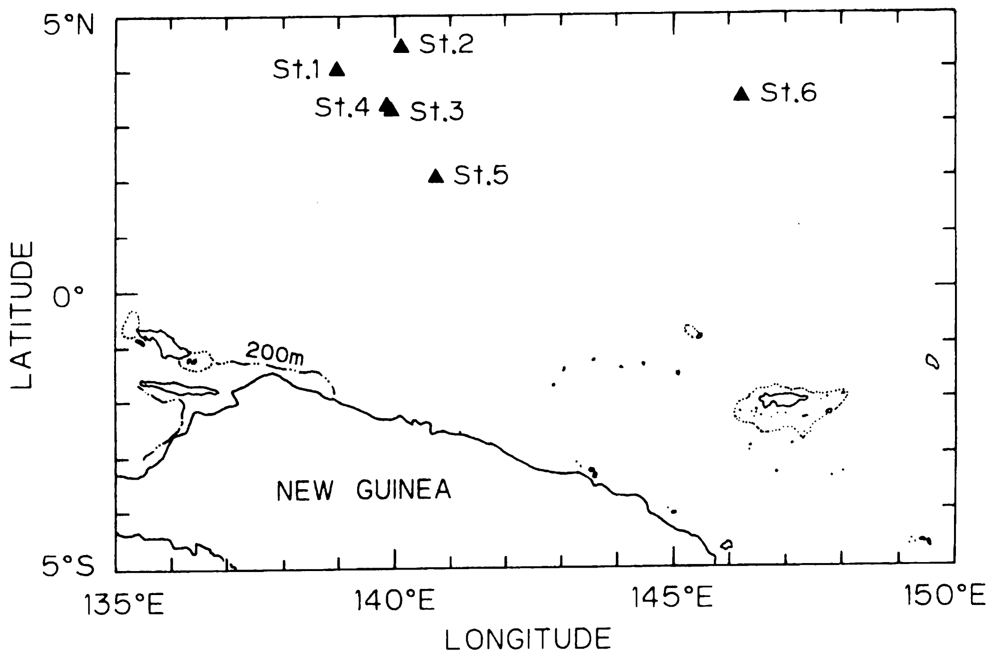

Fig. 1. Map showing the stations of the tuna fishing experiment and the oceanographic observation.

2. 調 査 方 法

1990年6月19～25日の期間，西部太平洋の熱帯域に位置する調査地点において（Fig. 1），鹿児島大学水産学部附属練習船「敬天丸」（860トン）により，まぐろ延縄漁業調査および海洋観測を実施した。漁業調査および海洋観測の位置はすべて衛星航法であるGPSにより求めた。GPSの公称精度は2drmsで100mであるので，本論における船位の誤差については無視できると考える。

まぐろ延縄漁具（Fig. 2, Table 1）は，幹縄，枝縄，浮子縄，浮きからなり，更に枝縄にはセキヤマ，釣り元ワイヤー，釣針がついている。

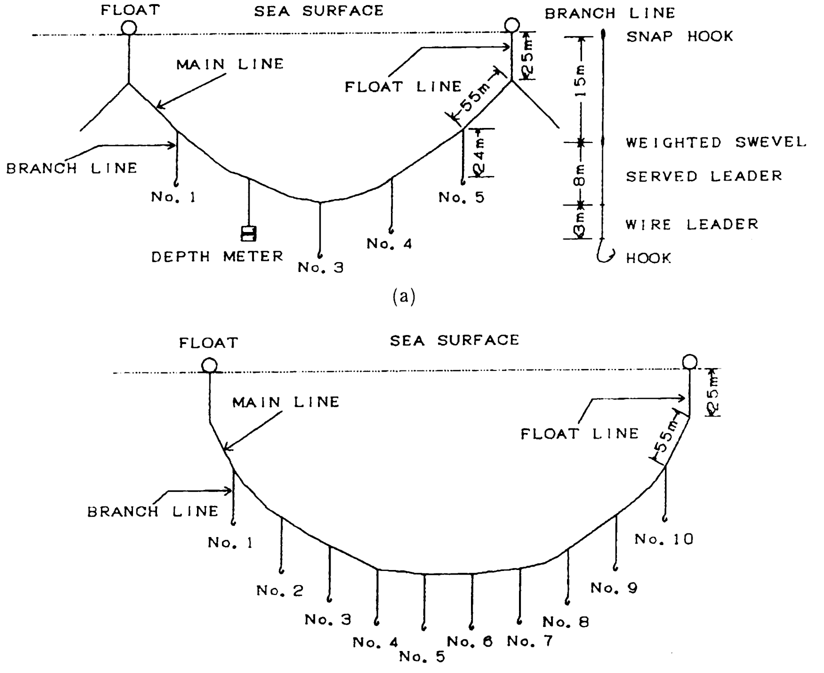

Fig. 2. Schematic diagram shows a basket of the tuna longline gear.
(a)：5 hooks type　(b)：10 hooks type

Table 1. Construction of two types of the tuna longline gear used in fishing experiment (per basket).

Name of part	Material	Length	Number
Main line	Mansen (#58 Dia 6.5mm)	605m	1 (10 hooks type)
〃	〃	330m	1 (5 hooks type)
Branch line	Mansen (#9 Dia 5.2mm)	15m	10 or 5
Served leader	M type (#28 3×3+3)	6m	10 or 5
Wire leader	Steel wire (#28 3×3+3)	3m	10 or 5
Hook	Steel		10 or 5
Float line	Mansen (#58 Dia 6.5mm)	25m	1

今回の調査では，St. 1 と St. 2 は 1 鉢から60鉢まで枝縄 5 本付けを，61鉢から120鉢まで枝縄10本付けの 2 種類を，St. 3～St. 6 は 1 鉢から91鉢まで枝縄10本付けを用いた。投縄は午前 5 時に開始し，6 時頃終了，投縄終了点で縄待ちし，揚縄は投縄とは逆方向に午後 4 時開始，午後10時頃終了した。

釣針の到達深度測定のため，下記仕様の自記式深度計（柳計器製 BS－04型 3 個，10Y-A型 5 個）を使用した。

	BS－04型	BS－10Y-A 型
計測範囲	250 m	250 m
耐用水深	800 m	300 m
精度	±1%	±2%
記録紙送り速度	1mm/min.	1mm/min.
自記記録時間 （1mm/min. 送りで）	90時間	72時間
空中重量	約 3.6kg	約 1.5kg
水中重量	約 1.4kg	約 0.8kg

自記式深度計は 5 本付け（Fig. 2, a）の場合，11鉢目の 1 番枝縄，12鉢目の 2 番枝縄，13鉢目の 3 番枝縄の釣針の位置にそれぞれ取付け，また，10本付け（Fig. 2, b）の場合，71鉢目の 1 番枝縄，72鉢目の 2 番枝縄，73鉢目の 3 番枝縄，74鉢目の 4 番枝縄，75番目の 5 番枝縄の釣針の位置にそれぞれ取付けた。各釣針深度は，深度計の連続記録紙より30分間隔で読み取った。漁場の物理的環境を調べるために，投縄開始点で XBT により水深 1,000 m までの水温を測定し，投縄終了点では CTD を用いて水深 1,000 m までの水温，塩分を測定した。

3.　結果および考察

1）　釣針深度の計算値（計算深度）

海中における幹縄は懸垂曲線を描くものとし，幹縄の中央から等距離にある釣針は同一水深にあるものと仮定した。よって便宜的に釣針の番号は 5 本付けの場合，両端のNo.1 と 5 の釣針をⅠ番，No.2, 4 の釣針をⅡ番，No.3 の釣針をⅢ番とし，10本付けの場合，No.1, 10 の釣針をⅠ番，No.2, 9 の釣針をⅡ番，No.3, 8 の釣針をⅢ番，No.4, 7 の釣針をⅣ番，No.5, 6 の釣針をⅤ番とした。各調査地点における幹縄の短縮率 κ〔幹縄の長さに対する浮子間の長さの比〕は，次式により求め Table 2 に示した。

$$\kappa = \frac{L}{\ell \cdot N} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

ここでL，ℓ，Nは，各々投縄開始位置，投縄終了位置間の距離，幹縄の 1 鉢の長さ，鉢数である。

Table 2. Shortening rates on each station.

Station No.	1	2	3	4	5	6
Shortening rate	0.62	0.66	0.60	0.58	0.60	0.50

海中において幹縄が懸垂曲線を描くものとして，釣針の到達深度の計算値を吉原の式（1951[33]；1954[35]）によって求めた（Table 3)。

Table 3. Calculated depths of hooks on the tuna longline gear.

Hook type	5 hooks type			10 hooks type				
Hook No. / St. No.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
1	100m	144m	166m	100m	150m	196m	235m	259m
2	98	140	160	99	147	191	227	249
3				101	151	199	240	266
4				101	152	200	242	269
5				101	151	199	240	266
6				102	155	205	252	285
Aver. val.	99	142	163	101	151	198	239	266

$$\text{最深部の釣針深度} = h_a + h_b + \ell\left(\sqrt{1+\cot^2\psi} - \cot\psi\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

$$\text{各釣針の深度} = h_a + h_b + \ell\left(\sqrt{1+\cot^2\psi} - \sqrt{(1-2j/n)^2 + \cot\psi^2}\right) \quad \cdots (3)$$

ただし，h_a：枝縄の長さ
h_b：浮縄の長さ
ℓ　：幹縄の１鉢の長さ
n　：１鉢の浮縄と枝縄，枝縄と枝縄間の間隔数
j　：１鉢の一端から釣に一連番号を付した場合の各釣の番号
ψ　：浮縄結着点の幹縄と水平線との角度で，短縮率κより求める。

この結果から，計算深度は５本付けの場合，Ⅰ番が98～100m，Ⅱ番が140～144m，Ⅲ番が160～166mとなった。10本付けの場合，Ⅰ番が99～102m，Ⅱ番が147～155m，Ⅲ番が191～205m，Ⅳ番が227～252m，Ⅴ番が249～285mであった。

今回の調査では投縄時の船速は12ノットにセットしたが，実際の船速は風潮に影響され必ずしも一定でなく，短縮率も各St.で異なり，10本付けの場合，短縮率が一番大きいSt.2と一番小さいSt.6の深度差はⅠ番釣針で3m，Ⅱ番釣針が8m，Ⅲ番釣針が14m，Ⅳ番釣針が25m，Ⅴ番釣針が36mであった。

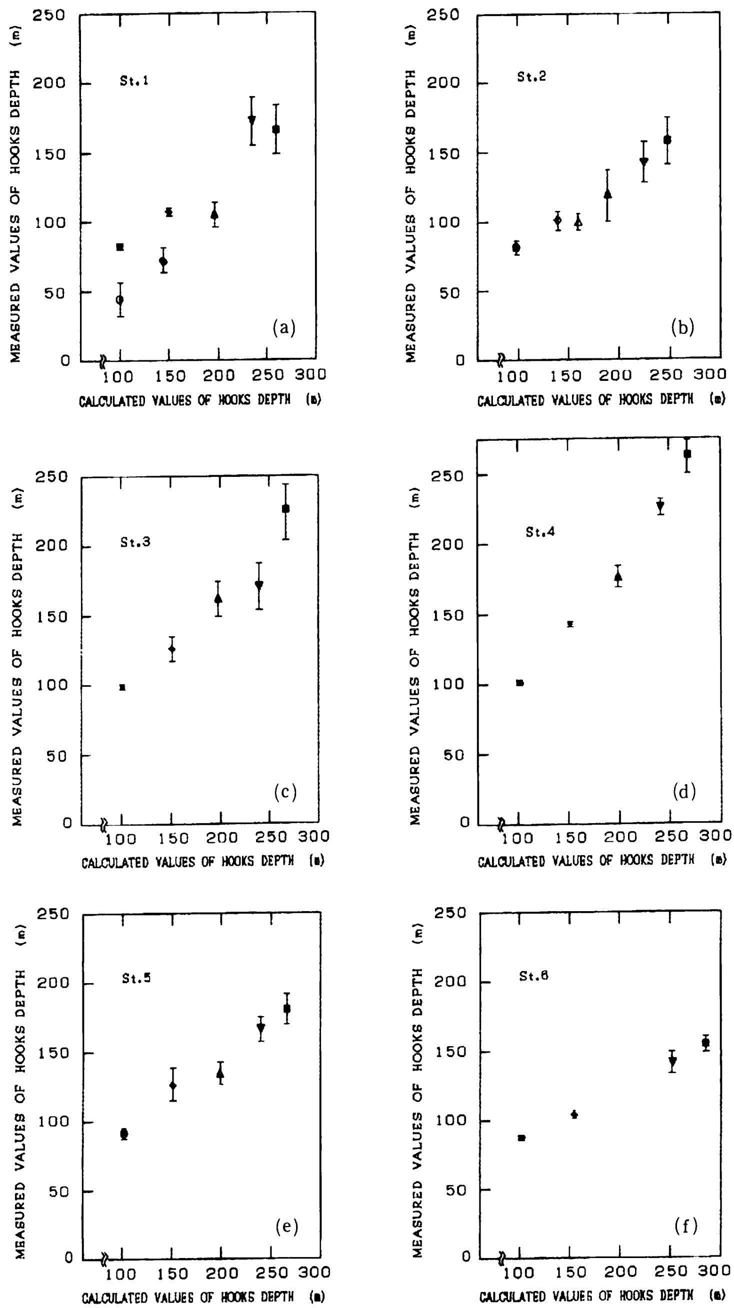

Fig. 3. Relationship between measured and calculated values of hook depths on the tuna longline gear.

5 hooks type	10 hooks type
○ : Ⅰ hook	● : Ⅰ hook
◇ : Ⅱ hook	◆ : Ⅱ hook
△ : Ⅲ hook	▲ : Ⅲ hook
	▼ : Ⅳ hook
	■ : Ⅴ hook

Table 4. Average value (X) of measured depths of hooks and standard deviation (δD) on the tuna longline gear.

Hook type	5 Hooks type			10 Hooks type				
Hook No.	I	II	III	I	II	III	IV	V
St. No.	X δD	X δD	X δD	X δD	X δD	X δD	X δD	X δD
1	44±12m	72±9m		83±2m	107±3m	105±9m	169±15m	165±18m
2		98±7	97±6	81±6		117±18	142±15	157±17
3				99±2	126±9	162±13	170±17	223±19
4				101±2	142±2	176±8	226±6	262±12
5				91±4	126±12	134±8	166±9	180±11
6				87±2	104±4		141±8	154±6
Aver. val.	44±12m	85±8m	97±6m	90±3m	121±6m	139±11m	169±12m	190±14m

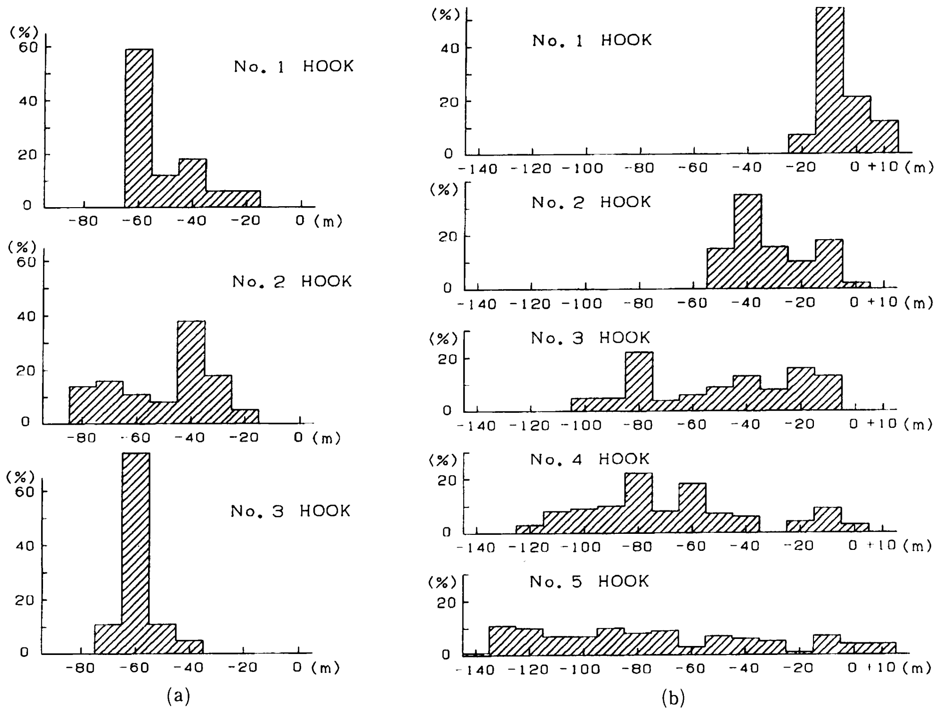

Fig. 4. Frequency on difference of hook's depth between survey value and catenary value.
Horizontal line ; (survey value − catenary value)

2） **釣針深度の実測値**（実測深度）

枝縄別の釣針実測深度を Table 4 に示し，計算深度（Table 3）との関係を Fig. 3（a～f）に示す。5本付けの場合，データが少なく釣針深度についての考察は削除するが，10本付けの場合，実測深度は計算深度より浅く，その深度差は浅層のＩ番釣針の場合大差はなかったが，深層のＶ番釣針の場合その差は大きく，最大は St. 6 で130m，最小は St. 4で7mであった。実測深度は浮縄近くで浅く，中央で深くなっていたが，測点により差がある。St. 6 の

釣針深度が一番浅く，St. 4の釣針深度が一番深く略計算深度に設定されていた。釣針の掃海範囲はSt. 6で約70mで最小，St. 4で約160mで最大であった。また，釣針深度の変動幅は設定深度が浅い釣針で小さく，深い釣針で大きい傾向にあるが，測点により異なる。St. 1, 2, 3は大きく，St. 4, 5, 6は小さい。

釣針深度の実測値と計算値との差（実測値－計算値）の分散について，その頻度分布をFig. 4 (a), (b)に示す。

釣針の実測深度はいずれも計算深度より浅い。5本付けの場合，釣針深度の実測値と計算値との差の分散は顕著な相違はみられないが，分散はⅠ番釣針が50m，Ⅱ番釣針が70m，Ⅲ番釣針が40mであった。Ⅰ番釣針とⅢ番釣針についての実測値と計算値との差の頻度分布は－55～－65mで，約60%，75%と高率となり，Ⅰ番釣針とⅢ番釣針の大部分は計算深度より55～65m浅く設定されていたことを示している。10本付けの場合，釣針深度の実測値と計算値との差の分散は，浅層の釣針から深層の釣針に移るに従い大きくなっており，Ⅲ番釣針を除き，差が正の値を示す釣針がいくらかあるが，あとは負の値を示し，その分散はⅠ番釣針で約40m，Ⅴ番釣針で約160mであった。実測値と計算値の差の頻度が高率なところは，Ⅰ番釣針は－5～－15m，Ⅱ番釣針は－35～－55m，Ⅲ番釣針とⅣ番釣針は－75～－85mであった。Ⅴ番釣針は＋10～－145mに分散して設定されていた。

3）釣針深度の推定値（推定深度）

海中における延縄は風潮による吹かれ，波浪による上下動，内部波による振動等により必ずしも懸垂曲線の状態を保ち続けることは現実的には考えられないことであり，また，魚がかかるか，魚によるもつれ，潮もつれによっても浮子間隔が変わり，枝縄は上下に動き，釣針の深さは変動する。したがって，釣針は計算深度に設定されるとは限らない。釣針の到達深度とまぐろの釣獲深度並びに遊泳層を考察するにあたり，釣針が最も実際にあるべき推定深度を求める必要がある。よって，計算深度と実測深度が直線回帰するものとして，各海域における両深度の回帰係数と相関係数を求め（Table 5），各測点での回帰直線式をもとに，釣針別に計算深度に対する釣針の推定値を求め，その結果をTable 6に示した。以後，まぐろの釣獲深度の考察にはこの釣針深度の推定値を用いる。

4）釣針の沈降率

海水が静止状態の場合に期待される釣針の到達深度，つまり吉原の方法により求められた計算深度（Table 3）に対する推定深度（Table 6）の比である沈降率Sは

$$S = \frac{D_1}{D_2} \qquad \cdots\cdots (4)$$

ここでD_1は推定深度，D_2は計算深度である。

(4)式より，釣針別沈降率（Table 7）を求めた。

延縄を布設する際の船速は，海象，気象等の外力の影響を受け必ずしも一定でなく，延縄の沈降率は短縮率と同様に各St.で異なり，釣針別の平均沈降率は5本付けの場合，測点数

Table 5. Coefficient of regression and Correlation coefficient for calculated and measured depths of hooks.

St. No.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
Coefficient of Regression	−22.1	−26.2	−28.4	−29.2	−29.7
Correlation Coefficient	−1.0	−0.8	−0.8	−0.7	−0.7

Table 6. Estimated depths for calculated depths of hooks calculated by regression expression.

Hook No. / St. No.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
1	77	105	130	152	165
2	78	102	124	141	152
3	95	129	161	189	207
4	95	143	188	228	253
5	93	119	143	165	178
6	86	105	124	141	153

Table 7. Sinking rates on the tuna longline gear.

Hook type	5 hooks type				10 hooks type					
Hook No. / St. No.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Aver.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Aver.
1	44%	50%		47%	77%	70%	66%	65%	64%	68%
2		70	61	66	79	69	65	62	61	67
3					94	85	81	79	78	83
4					94	94	94	94	94	94
5					92	79	72	69	67	76
6					84	68	60	56	54	64
Aver.	44	60	61		87	78	73	71	70	

が少ないので明らかではないが，Ⅰ番釣針が最も小さく，Ⅱ番，Ⅲ番釣針の沈降率はほぼ同じ値であった。10本付けの場合，平均沈降はSt. 1, 2, 6はほぼ同じ値で，St. 4が最も大きかった。また，平均沈降率は浅層のⅠ番釣針が87％で最も大きく，Ⅲ番，Ⅳ番，Ⅴ番と釣針深度が深くなるにつれ小さくなり，深い釣針ほど推定深度と計算深度との差が大きかった。ただし，St. 4においては，浅層から深層にいたる釣針の沈降率は同じ値で，釣針は略計算深度に設定されていたものと考えられる。

投縄開始地点と揚縄終了地点および投縄終了地点と揚縄開始地点間の実測位置の差の平均値を延縄の漂移量とし，漂移方向，漂移速度ならびに正午の風向，風力をTable 8に示し，

Table 8. Direction and speed of drift of tuna longline, and direction and force of wind at noon on each station.

Station No.	1	2	3	4	5	6
Drift direction	ESE	SE	E	E	E	ESE
Drift speed (kts)	1.10	0.91	0.25	0.29	0.52	0.70
Wind direction	SW	ESE	SE	SW	SSE	ENE
Wind force	3	3	1	3	5	4

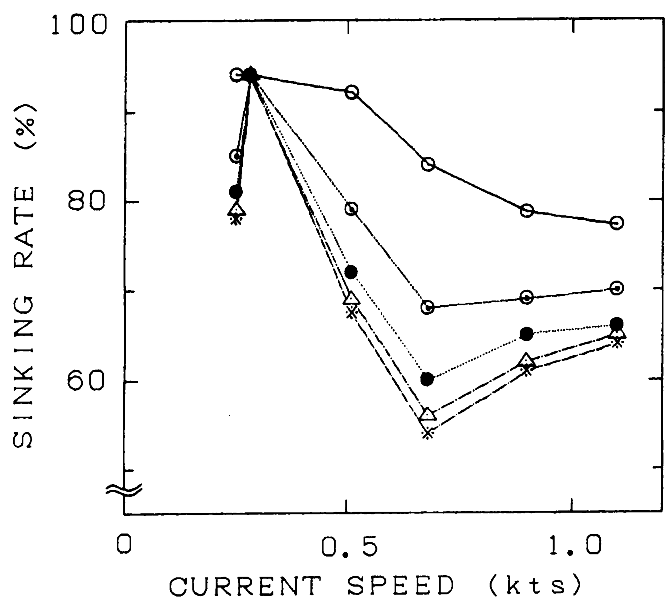

Fig. 5. Relationship between the sinking rate of hooks and the current speeds by the drift of the tuna longline.

○ : Ⅰ hook　　△ : Ⅳ hook
◉ : Ⅱ hook　　※ : Ⅴ hook
● : Ⅲ hook

Table 9. Coefficient of regression and correlation coefficient based on sinking rates of hooks and drift speed of tuna longline.

Hook No.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
Coefficient of Regression	−22.1	−26.2	−28.4	−29.2	−29.2
Correlation Coefficient	−1.0	−0.8	−0.8	−0.7	−0.7

延縄の漂移速度（ノット）と釣針別沈降率の関係を Fig. 5 に示す。

漂移方向は東～南東で，漂移速度は St. 4 が最小で毎時0.29ノットであった。St. 1，2 は St. 4 の約 3 倍，St. 6 が約 2 倍であった。風向は各測点で変わり，風力は St. 5 で最も大き

く，St. 3 で最小，他の St. ではほぼ同程度であった。風力は各 St. で大差はなかったが，漂移速度は St. 1，2，6 は大きく，St. 4 では微弱なことからして，沈降率は風による影響よりも，潮流による影響が大きいものと推察される。

また，釣針別の沈降率と延縄の漂移速度の関係をみるため，沈降率と漂移速度より回帰係数と相関係数を求め Table 9 に示す。釣針水深が深くなるにつれ負の傾きが大きくなる傾向がみられる。これは釣針水深が深い程，又，延縄の漂移速度が大きい程，釣針の沈降率はより小さくなり，釣針水深は計算深度より浅くなることを意味している。この傾向に関し，葉室ほか (1958)[17]，花本 (1974)[18)19)] ほかの推論と一致する。

5）海　況

本調査海域は赤道反流域で海流は概ね東流であるが，延縄の漂移方向は東北東～南東流で，漂移速度は 0.2～1.1ノットであった。

水温の垂直分布とT－S曲線を Fig. 6，7 に示す。表層水温は St. 1 で 28.6℃，St. 5 で 28.9℃，St. 6 で 29.3℃で，南で高く，東で高かった。表層混合層は St. 2 で 20 m で最も浅く

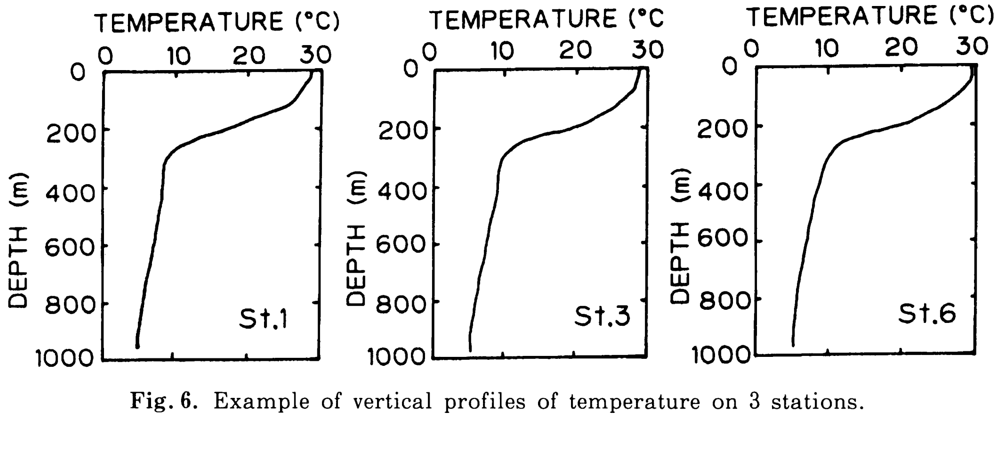

Fig. 6. Example of vertical profiles of temperature on 3 stations.

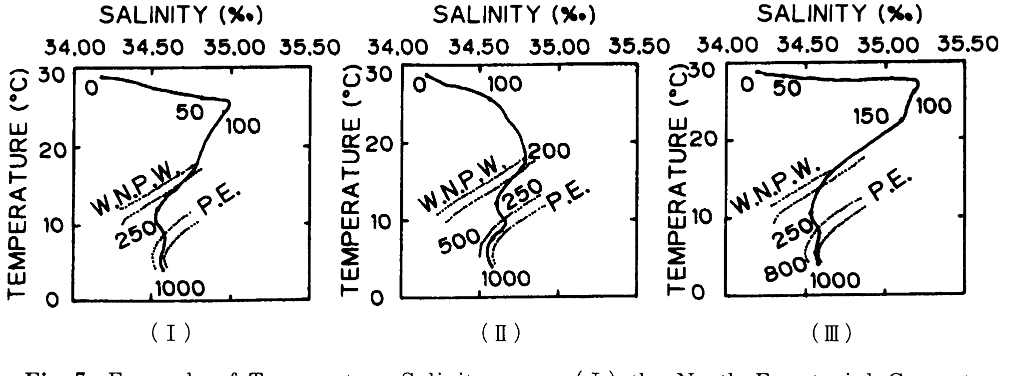

Fig. 7. Example of Temperature-Salinity curves (Ⅰ) the North Equatorial Current, (Ⅱ) the Upwelling area of Equatorial region, (Ⅲ) the Equatorial Counter Current. Observing depths are entered. (W. N. P. W : the western North Pacific Water. P. E : the Pacific Equatorial Water).

Table 10. Average values of temperature, and the depths, and vertical gradients of the thermocline on each station.

St. No.	1	2	3	4	5	6
Average value (℃)	17.4	16.3	18.2	18.3	19.4	19.3
Depth (m)	200	210	210	205	175	205
Vertical gradient (°/m)	0.10	0.11	0.10	0.99	0.11	0.10

南に向かって深くなり，St. 5 で75mであった。川合（1969）[3]に従って，鉛直水温傾度が5℃/100m以上になる部分の上限および下限の深度の間を水温躍層とすると，各測点で差はあるが，水温躍層の上限深度は100～125m，下限深度は270～280mであった。上限および下限の深度における水温の平均値の深さを水温躍層の深度として，各点の平均水温，深度および鉛直水温傾度をTable 10 に示す。水温躍層の中心水温は16.3～19.3℃で南で高く，その深さは175～200mで南で浅く，水温躍層の鉛直傾度は各点で殆ど変わらなかった。

T－S曲線は次の３つのタイプに分けられた。

タイプⅠ（St. 2）　北緯４度23分，東経140度08分に位置し，表層混合層が最も浅く20mで，表層で発散，下層で湧昇の存在が示唆された。表層（50m）の塩分は34.80‰で，塩分の最高部は75m付近で，35.00‰であった。塩分は深さと共に減少し，塩分の極小部は250m付近にあり，34.53‰であった。西部北太平洋中央水が水深200m付近に，太平洋赤道水が水深400m以深に認められた。

タイプⅡ（St. 1）　北緯３度59分，東経138度57分に位置し，表層混合層は40mで，表層（50m）の塩分は前海域（タイプⅠ）より低く34.35‰で，前海域の塩分の最高部はみられず，水深50～200mの間で上層水と下層水の混合の過程がみられた。

タイプⅢ（St. 6）　北緯３度25分，東経146度15分に位置し，St. 3，4，5 と同じ水系で，表層混合層は70mであった。表層（50m）の塩分の値は前海域（タイプⅡ）とほぼ同じであるが，塩分35.20‰の最高層が100m付近にあり，今回の調査海域で最も高かった。この最高塩分水は南半球に起源を有すると述べている（高橋，1959[10]）。

6）釣獲率と釣獲水深，水温，塩分

本調査の結果得られたまぐろの釣獲状況をみると，まぐろの釣獲割合（魚種別釣獲尾数／全釣獲尾数×100）は，キハダ74％，メバチ22％，カジキ４％で，キハダが釣獲の大部分を占めていた。また，釣獲率〔釣獲尾数÷使用釣針数（4,840本）×100〕はキハダ1.9％，メバチ0.6％，カジキ0.1％であった。キハダとメバチの釣獲尾数と推定深度の関係をFig. 8 に示す。

キハダもメバチも釣獲深度は80～260mの範囲で，キハダは100～160mの層で約65％釣獲され，160m以浅で多獲された。メバチは160～200mの層で約46％釣獲され，キハダより深い層で釣獲される傾向があり，キハダとメバチの釣獲深度には深浅の差が認められた。

キハダとメバチの釣獲尾数と水温，塩分の関係をFig. 9，10 に示す。キハダは上は30℃，下は10℃で釣獲され，23～27℃の高温層で釣獲率が最も良く約62％，20～23℃で約22％釣

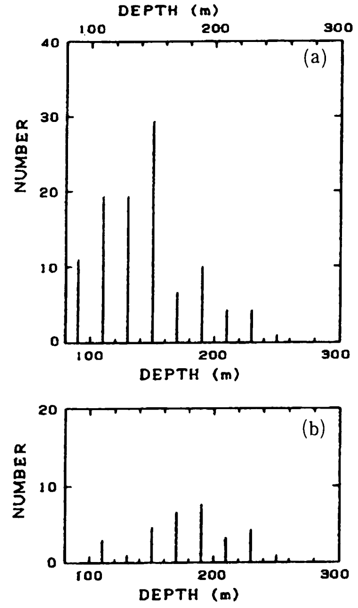

Fig. 8. Relationship between captured depth and catched number per 1000 hooks.
(a) : Yellowfin tuna
(b) : Bigeye tuna

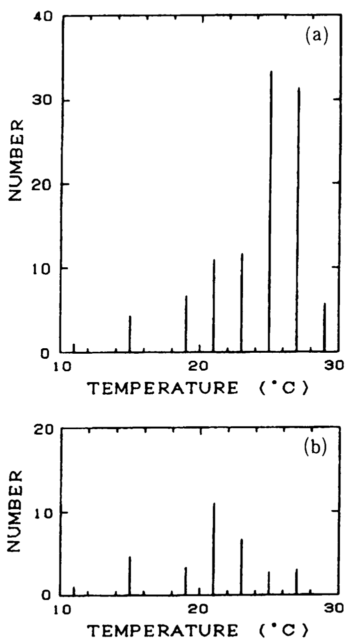

Fig. 9. Relationship between water temperature and catched number per 1000 hooks.
(a) : Yellowfin tuna
(b) : Bigeye tuna

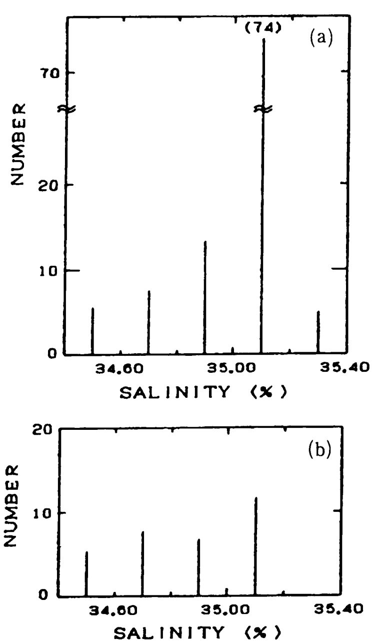

Fig. 10. Relationship between salinity and catched number per 1000 hooks.
(a) : Yellowfin tuna
(b) : Bigeye tuna

獲されていた。一方，メバチはキハダと同じ水温層で釣獲されたが，16～23℃で約56％釣獲された。また，キハダは塩分34.40～35.40‰の間で釣獲され，多獲層は35.00～35.20‰であった。メバチは下がキハダと同じく34.40‰で，上がキハダより低い35.20‰で釣獲されたが，多獲層は34.70～35.00‰であった。

4. む す び

まぐろ漁業調査で延縄の釣針の到達深度を測定し，釣針の海中での状況を述べ，海中における幹縄は懸垂曲線を描くものとして求めた釣針の計算深度と実測深度から，釣針の推定深度を求め，これに基づきまぐろの釣獲深度を推定し，まぐろ漁場の物理的環境について考察した。主な結果は次のとおりである。

(1) 延縄の釣針深度は浮子縄に近い釣針は浅く，中央部ほど深いが，同一仕立ての漁具を同じ鉢数用いても，延縄の計算深度は投縄時の船速により左右され，投縄開始地点と終了地点間の距離は各測点で異なり，その結果各測点における釣針の計算深度は同一でなかった。

(2) 投縄直後，幹縄は理論的には懸垂曲線に近い状態で安定し，釣針は計算深度に沈下すると思われるが，実際，釣針は潮流，波浪，躍層，内部波等の影響によって計算深度まで達しないことが殆どで，計算深度に達してもその深さを揚縄終了まで保ち続けることは少なく，釣針の実測深度はすべて計算深度より浅かった。その深度差は深い釣針ほど大きく，また，釣針の変動幅も浅い釣針で小さく，深い釣針で大きかった。各釣針深度の実測値と計算値の差の分散は，下層の釣針ほど大きくなっていた。

(3) 表層水温は約29℃で，表層混合層は20～75mで，北で浅く南で深くなっていた。水温躍層は上限が約100m，下限が約280mで，躍層の中心水温は16.3～19.3℃であった。調査海域の水塊は，赤道反流系と南赤道海流系とその中間の水系の3つのタイプに分けられ，水深200～250mには西部北太平洋中央水が，水深400～800mには太平洋赤道水があった。

(4) まぐろの釣獲割合はキハダが大部分を占め，メバチはキハダの約3分の1であった。キハダとメバチの多獲深度を水温，塩分から推定すると，キハダは表層混合層の下層から水温躍層の中心より上層の間で，メバチは水温躍層の中心付近で多獲されるものと推察された。

まぐろ類は垂直的にも水平的にも移動し，それぞれ固有の最適な生活環境があると考えられ，その詳細について究明するのは難しいが，本論ではまぐろ類の遊泳層と海洋の物理的環境の関係について若干の推論を試みた。資料不足で十分な結果が得られなかったが，今後も調査を継続し，まぐろ類の遊泳層と物理的環境についてより具体的に究明することが必要である。

文　　献

1) Uda, M. (1957)：A Condition on the Long Year Trend of the Fisheries Fluctuation in Relation to Sea Conditions. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., **23**, 368-372.

2) 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の分布．南水研報告，**17**，31-53.

3) 川合英夫（1969）：熱帯大西洋における水温構造とマグロはえなわ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**，275-303.

4) 斎藤昭二，佐々木成二（1974）：南太平洋の大型ビンナガの遊泳層について－Ⅱ，改良たて縄によるビンナガの釣獲層．日水誌，**40**，643-649.

5) 柴田恵司（1962）：魚群探知器に表われた記録解析の試み－Ⅰ，鮪延縄の水中形状についての二，三の知見．長大水紀要，**13**，9-17.

6) 柴田恵司（1963）：魚群探知器記録の解析－Ⅱ，使用魚探の技術的考察並びにマグロを含む魚族の生態について．長大水紀要，**14**，15-24.

7) 柴田恵司，矢田殖朗（1963）：魚群探知器に表われた記録解析の試み－Ⅲ，鮪延縄の水中形状変化の力学的考察および釣深度のコントロールについて．長大水紀要，**15**，49-57.

8) 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，120-134.

9) 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，**1**，99-114.

10) Takahashi, T. (1959)：Hydrographical Researches in the western Equatorial Pacific. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., **7**, 141-147.

11) 中村広司（1943）：マグロ，カジキ．海洋の科学，**3**，10，445-459.

12) 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**，518-522.

13) 中込　淳（1958）：キハダおよびメバチの遊泳層と塩素量垂直分布との関係．日水誌，**23**，523-524.

14) 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**，169-172.

15) 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**，173-175.

16) 中込　淳（1961）：マグロ延縄における釣針深度の実測値と計算値との比較．日水誌，**27**，119-123.

17) 葉室親正，石井謙治（1958）：自記式鮪延縄用深さ計による鮪延縄漁具の水中における形状その他についての二，三の考察．漁船研技報，**11**，39-119.

18) 花本栄二（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はえなわの漁獲深度．うみ，**12**，10-18.

19) 花本栄二（1974）：東部熱帯太平洋におけるメバチのマグロはえなわによる漁獲深度と水温躍層．水産海洋研究報，**25**，47-48.

20) 花本栄二（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**，6，687-690.

21) 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，220-224.

22) 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器による調査結果．水大校研報，**18**，18-25.

23) 藤井一朗，岡本久夫（1971）：マグロの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，45-103.

24）盛田友弐，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，4，8-11.
25）盛田友弐（1956）：マグロ延縄漁具の構造による漁獲性能に関する研究（第Ⅰ），延縄漁具における釣鈎の深度別漁獲の相異について．鹿大水紀要，5，30-35.
26）盛田友弐（1956）：マグロ延縄漁具の構造による漁獲性能に関する研究（第Ⅱ），釣鈎4本付，5本付マグロ延縄漁具の操業試験結果について．鹿大水紀要，5，36-41.
27）盛田友弐，肥後伸夫（1962）：マグロ延縄漁具の構造による漁獲性能に関する研究－Ⅲ，釣針2～5本付延縄漁具の比較試験結果について．鹿大水紀要，**11**，1，8-13.
28）盛田友弐，辺見富雄（1964）：マグロ延縄の揚縄中，幹縄にかかる張力について－Ⅰ，中型船による実験結果について．鮪漁業，**28**，54-58.
29）盛田友弐，今井健彦（1965）：マグロ延縄の揚縄中，幹縄にかかる張力について－Ⅱ，小型，大型漁船による実験結果について．鮪漁業，**32**，36-39.
30）盛田友弐（1969）：マグロ延縄漁具に関する研究．鹿大水紀要，**18**，145-215.
31）行縄茂理，山中　一，森田二郎（1972）：魚群探知器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.
32）山口裕一郎，小林　裕（1965）：鮪はえなわの漂移から得た掃海区域について．日本航海学会誌，**33**，59-65.
33）吉原友吉（1951）：鮪延縄の漁獲分布Ⅰ，垂直分布．日水誌，**16**，370-374.
34）吉原友吉（1952）：マグロ延縄の漁獲分布－Ⅲ，遊泳層の決定．日水誌，**18**，187-190.
35）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**，1012-1014.
36）渡辺久也（1958）：西部太平洋赤道海域におけるキハダとメバチの食餌組成の相違について．南水研報告，**7**，72-81.
37）渡辺博之（1961）：マグロ類の餌付層に関する研究．神水試資料，4，1-11.