

マグロ延縄漁具に関する研究*

盛 田 友 式**

Studies on the Fishing Gear of Tuna Long-Line

Tomokazu MORITA**

Abstract

On the fish-catching-fluctuation of the respective hook, based on the variation in the construction of the yellowfin tuna drifting long-line gear and its deformation in the water some experimental researches were carried out, with the measurement of the tension coming on to the main-line and the clarification of the physical basic conditions of the main-line.

The results obtained may be summarized as in the following:—

- 1) The main-line of the tuna long-line in the water shows catenary form or its variation.
- 2) Feeding-ratio of the fish to the respective hook is highest at the hook attached to the dropper hanged from the main-line drifting deepest, and is lowest at the hook attached to the dropper hanged from either end of the main-line drifting shallowest. The shorter is the distance between the buoys at the both ends of the main-line, the bigger becomes the differences in the feeding-ratios of the hooks. On the other hand, by experiments, it was ascertained that in case of the long-line gear in which the depth at which the droppers are hanged is equal, the difference in the feeding-ratio is negligible. Accordingly, the ratio of the feeding frequency of the tuna at the hook of the dropper hanged deepest, to the feeding-difference between the hook of the dropper hanged from the main-line drifting deepest and the hook hanged from another location of the main-line (x); and the ratio of the main-line length between the above mentioned two hooks, to the depth-difference between them (y) were sought out, and the relationship of (x) and (y) was expressed in the following experimental formulas (1~8).

- 3) Within the range of the identical fishing gear, the effectiveness in the catching faculty of the long line at the respective hook is in the right proportion to the increase of the depth of the hook; while between the gears with different constructions there is no constant relationship between the depth of the fishing hook and the effectiveness in the catching faculty.

Hence it was assumed that the difference in the catching effectiveness between the hooks within one gear is not related with the difference in the vertical density of the fish school, but rather is due to the fluctuations in the arrangement of the hooks, based on the changing deformation of the catenary form of the main-line.

- 4) The relationship of the enrolling velocity (V) and the main-line tension (T) was measured experimentally, and an experimental formulars were made up.

- 5) Concerning the three fishing vessels of the three different sizes; large, middle and small, the main-line tensions under the fishing hours were measured: and the additional tensions of the main-line which is to be brought forth by the hook-dragging fed by tuna and others were also measured and examined.

* 本論文は故盛田友式教授の遺稿である。(This is from the manuscripts left by the late Dr. T. MORITA.)

** 鹿児島大学水産学部漁具漁学研究室 (Laboratory of Fishing Gear and Technology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University.)

目 次

I. 緒 言	146
II. マグロ延縄漁具の形状	147
2. 1. マグロ延縄の構造の概要	147
2. 2. 延縄の静水中における形状	149
2. 3. 延縄の流水中における形状	152
2. 4. 縄の自然懸垂形状	153
2. 5. 延縄の水中形状と枝縄の配置	156
III. マグロ延縄の構造と漁獲性能	157
3. 1. 蓄養池内における小型延縄の釣針別摂餌差	157
3. 1. 1. 釣針数と釣針別摂餌反応	157
3. 1. 2. 延縄の構造と釣針別摂餌反応	159
3. 1. 3. 延縄の形状と釣針の摂餌差	162
3. 1. 4. 延縄の釣針別摂餌差とその性能	167
3. 2. マグロ延縄の釣針別漁獲差	173
3. 2. 1. 各漁期、各漁場における釣針別漁獲差	175
3. 2. 2. 釣針別漁獲差の実験的検討	175
3. 2. 3. 延縄の深度と釣針別漁獲差	177
3. 3. マグロ延縄の構造別漁獲差	179
3. 3. 1. 釣針4本、5本付け延縄漁具の比較実験	181
3. 3. 2. 釣針2本～5本付け延縄漁具の操業比較	181
3. 4. マグロ延縄漁具の漁獲性能	182
3. 4. 1. 釣針別漁獲差とその深度差との関係	186
3. 4. 2. 釣針数の異なる延縄漁具の漁獲性能	186
IV. マグロ延縄の幹縄張力	187
4. 1. 幹縄張力の測定法	190
4. 2. 幹縄張力とその荷重及び揚縄速度との関係	191
4. 3. 漁場における揚縄中の幹縄張力	193
4. 3. 1. 船上における幹縄張力の測定法	199
4. 3. 2. 幹縄張力の階級別出現状況	199
4. 3. 3. 衝撃的な幹縄張力	200
4. 3. 4. 釣獲時における幹縄張力	203
4. 3. 5. 幹縄張力の計測結果とその破断抗張力	203
V. 結 論	209
文 献	214

I 緒 言

マグロ延縄漁業は日本の遠洋漁業の内、極めて重要な漁業であり、その漁場は太平洋、印度洋、大西洋の各海洋における熱帯海域を中心に広く伸びている。このような広大な漁場におけるマグロ、カジキ類は、その大部分が延縄漁具によって漁獲されている。

しかして、このマグロ延縄漁具は釣漁具における延縄類中の浮延縄類に属し、釣漁具中では比較的漁獲効率のよい漁具とされているが、その漁具、漁法に関する研究は余り進んでないようである。そこで、本研究はこのようなマグロ延縄漁具について、その漁獲性能に関する事項を主として論究したのである。すなわち、漁具の漁獲性能を論ずるには漁具そのものの構成上の条件と魚類自体の生態的な摂餌条件とが考えられなければならないので、これらに関する実験的な研究をなし、その結果の定量的な解析を行なったものである。

なお、この研究は初め小型延縄漁具を試作し、蓄養池の魚類について実験を行ない、その

結果をマグロ延縄漁具に適用して実験し、また、それに基づいて過去の操業資料を解析して論及した。更に、揚縄中に幹縄にかかる張力を計測し、その結果によって幹縄の所要張力、太さと延縄の構成とについて考究したのである。

このようなマグロ延縄の漁具、漁法に関する研究も従来相当になされて来たのではあるが、それらはいづれも断片的であって、マグロ延縄の水中形状及びそれに基づく釣針深度やマグロ類の釣獲深度、遊泳層などに関しては、吉原 (1951)^{1), 2)}, (1952)³⁾, (1954)⁴⁾, 橋本 (1959)⁵⁾, 柴田 (1962)⁶⁾, (1963)^{7), 8)}, 西村 (1961)^{9), 10)}, 河口 (1962)¹¹⁾, 葉室 (1958)¹²⁾, 石井 (1959)¹³⁾, 中込 (1961)¹⁴⁾, (1958)^{15), 16)}, 上条 (1962)¹⁷⁾, (1964)¹⁸⁾, 渡辺 (1961)¹⁹⁾, 平山 (1957)²⁰⁾, 田ノ上 (1953)²¹⁾, 盛田 (1955)²²⁾ らの研究がある。この内、橋本、柴田、西村、河口らは特に魚群探知機を高度に応用してマグロ延縄の水中形状を記録し、検討している。これらの研究は幹縄の鉛直的な形状とその釣獲状況について論じているものであるが、幹縄の水平的な形状とマグロ漁況との関係を論じた研究に辺見 (1964)²³⁾ の論文がある。また、本多 (1957)²⁴⁾, (1962)²⁵⁾, (1966)²⁶⁾, 小杉 (1964)²⁷⁾, 江波 (1953)²⁸⁾, 上条 (1963)²⁹⁾ らはマグロ延縄の材料学的な実験研究を行なっている、岡林 (1964)³⁰⁾, Sivasubramanian (1961)³¹⁾, (1963)³²⁾, らはマグロ延縄の餌料及び餌付きの問題について研究し、更に、マグロ延縄の漁具、漁法、副漁具などの改良試験、漁獲性能実験及びその合理化に関する研究としては、古谷 (1963)³³⁾, 黒木 (1953)³⁴⁾, (1961)³⁵⁾, 源河 (1955)³⁶⁾, (1956)³⁷⁾, 盛田 (1956)^{38), 39)}, (1962)⁴⁰⁾, (1964)⁴¹⁾, (1965)^{42), 43)}, Van Campen (1954)⁴⁴⁾, Mann (1957)⁴⁵⁾, (1955)⁴⁶⁾, Bullis, Jr, (1955)⁴⁷⁾, Captiva (1955)⁴⁸⁾, らの実験研究があげられる。アメリカにおいては特にマグロ延縄漁具の構造に関する研究が相当行なわれている。ドイツにおいては漁業研究所 (1959)⁴⁹⁾, (1960)⁵⁰⁾ や Steinberg (1963)⁵¹⁾ らによって日本のマグロ延縄漁具やその釣針などの研究がなされ、その改良試験が行なわれている。

以上のような研究においては、マグロ延縄漁具の漁獲性能に関する面の研究が極めて少ないようである。因って、本研究ではマグロ延縄漁具に関する構造上の本質的な条件とその漁獲性能について論及したものであって、今後、マグロ延縄漁具そのものの合理化研究にはこのようなマグロ延縄の本質的事項を前提にする必要があると信ずる。

この論文の取りまとめに当り、多大な御指導、御奨励を賜った北海道大学水産学部の井上、金森、黒木三教授に深甚なる敬意と謝意を表するものである。また、本研究の実施に当り非常な御協力、御援助を賜った鹿児島大学水産学部の藤田教授並びに各練習船（かごしま丸、敬天丸、しろやま）船長、航海士の各位に対し深く感謝するものである。

II マグロ延縄漁具の形状

漁具の構造に基づく水中形状は目的魚の漁獲に少なからず関連をもつものであると考えられるので、本項ではまずマグロ延縄の水中における一般的な形状について論及する。

2. 1. マグロ延縄の構造の概要

マグロ延縄漁具は漁具の分類上浮延縄に属するが、実際の漁場における漁具の使用状況及びその幹縄の深度などからして、ほとんどのマグロ延縄は中層延縄と解するのが妥当である。

マグロ延縄漁具は通常 Fig. II-1のような構造をなしており、その主要な部分は幹縄、枝縄、

釣針，浮縄，浮標（ボンデン）などから構成されている。

しかして，この延縄漁具の規模は目的とする魚種及びその魚体の大小などによって異なる場合もある．今村 (1953)⁵²⁾， 齊藤 (1960)⁵³⁾ らによればマグロ延縄を目的魚の種類によって大縄，トンボ縄，メジ縄の3種に区分している．筆者の調査においてもキハダ，ビンナガ，クロマグロ，カジキ類など，目的とする魚種によってそれぞれ使用する延縄の構造が異なっている。

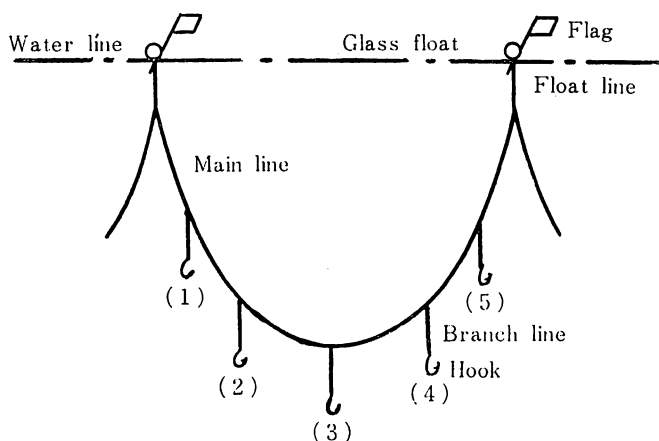


Fig. II-1. Form of catenary of tuna long-line in sea water.

Table II-1. General form of tuna long-line.

Name of part	Material	Length	Number used for 1 basket
Main line	Cremona (20S, 55×3×3)	250 m*	1
Branch line	"	11 m	4
Sekiyama	Steel wire (27 # 3×3) & hemp yarn coiled with thread No. 5)	5.5 m	4
Kanayama	Steel wire (27 #, 3×3, Type M)	3 m	4
Hook	Steel	3.8 sun**	4
Float line	Cremona (20S, 55×3×3)	22 m	1
Flag buoy	Flag, Bamboo, Float (glass ball or synthetic resin ball)	—	1
Radio buoy			2 or 3 (for all basket)

*: Length per one basket, **: 1 sun = 3.03 cm

現在キハダがマグロ類の総漁獲量の大部分を占めていることから，キハダを目的とする漁具がマグロ延縄の標準的な漁具になっている．その仕様内容の一例を示すと Table II-1 のようである．ビンナガは，その魚体が比較的小型であり，集群して遊泳する習性が強いので，その漁具は，キハダ延縄に比し概して縄の細い，枝縄数の多い延縄が専用されている．クロ

マグロは、その魚体がマグロ類中最も大きく、釣獲時には浮標に相当の浮力を必要としている。ゆえに、クロマグロ専用に構成される延縄は通常1鉢分の幹縄に1本の枝縄を結着してある。また、カジキ類は、マグロ類に比し概して表層を遊泳し、大陸棚上に出現して漁場を構成することも極めて多いので、東支那海方面に出漁する漁船の使用するカジキ延縄は、一般にキハダ延縄より浮縄、枝縄を短かくし、また、幹縄のカテナリー形状 (Catenary form) に伴う釣針深度を浅くするため1鉢の幹縄中央部に「中浮け」と称する浮標を1個追加することもある。

以上のようにマグロ延縄漁具は各目的魚種の漁獲に適応するようにその構造をそれぞれ多少異にしているが、いずれの漁具も幹縄、枝縄、釣針、浮縄、浮標などからなる基本的な構造には何ら差異がないのである。依って、本研究ではこのような基本的な構造に伴う共通的な事項となっている延縄の水中形状、漁獲性能及び揚縄中の幹縄張力などに関する問題を扱うこととなる。

2. 2. 延縄の静水中における形状

現在マグロ延縄に用いられている縄材料（クレモナ糸、綿糸など）は、その比重が海水より大きいので、投縄中の幹縄は、その各部分に常に均一な沈降力が作用し、海水中におけるその幹縄の状態は、各縄鉢ごとに幹縄の両端が浮標によってささえられたものの連結であり、各縄鉢の幹縄はそれぞれ自然懸垂状態をなしているものと思われる。この状態における幹縄形状も海潮流などの外力により種々変形するが、まず基礎的に静水中の幹縄形状について次のような実験を行なって検討した。

水槽実験 延縄の両端をささえ、その距離を適宜短縮した場合、その縄はカテナリー形状となる。このような縄の形状は、同一の縄であれば、空中においても等質な水の中においても理論的に同様な形をなすものと思われるが、このことに関し一応実験水槽内で次のような実験を行ない、縄の水中形状について確めた。

長さ 80cm の綿糸（20 番手、90 本合せ）の両端を同一短縮率になるように保持し、空中と水中における綿糸の形状を写真にとり、両者を重ねると Fig. II-2 のようである。

この実験は各短縮率別に行なったが、いずれも、図示するように水中と空中との綿糸はほとんど同じ形状で互に重なり合っている。つまり同率に短縮し、両端をささえ糸は水中で

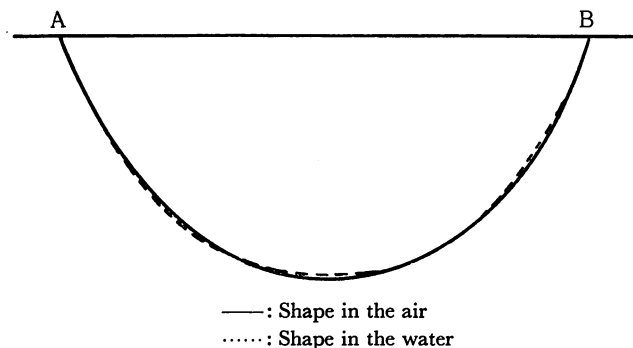


Fig. II-2. Catenary shape of the line.

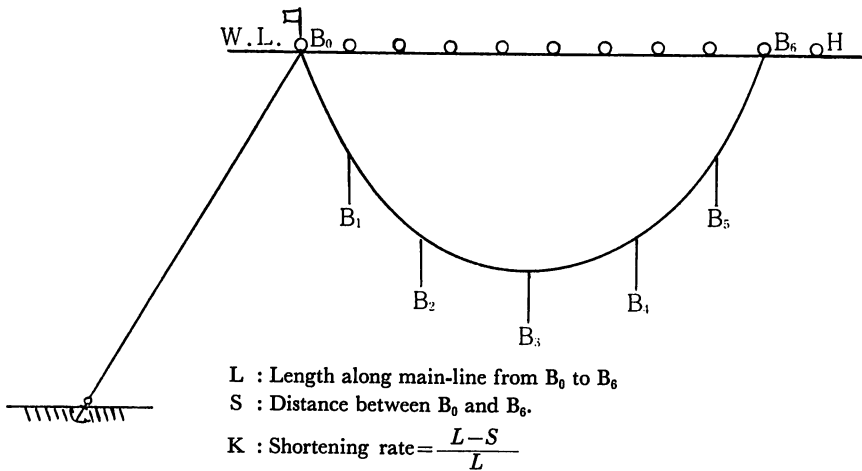


Fig. II-3. Arrangement of long-line for experiment in Kagoshima Bay.

も空中と同形のカテナリー曲線をなすものとみなしてよい。ただ、糸の吸水状態が不均一になっていると、糸の各部分の沈降力が均等にならず、その水中形状は変形する。また、糸の剛さが局部的に作用している場合には、その糸の水中形状に歪が生ずるようになる。

海上実験 漁場において投入されているマグロ延縄の幹縄は各鉢ごとにそれぞれの縄端を浮標でささえられて、カテナリー形状をなすものと考えられるが、このことについては鹿児島湾内と実際の漁場とにおける海上実験によって確めた。

鹿児島湾においては海潮流の影響のほとんど認められない静穏な場所を選んで基礎的な実験も行なった。この実験ではまず浮標間の直線距離を計測するため Fig. II-3 のように浮標の一端 B₀ を錨で固定し、他端を船につなぎ、その間に浮標を配置し、B₀, B₆, H の縄が海面上で一直線になるように浮かべて保持した。一方、長さ 250m の幹縄の一端を B₀ に結び B₁, B₂…B₅ の各点に深度測定装置を取り付けて幹縄を順次沈下せしめ、他端を B₆ に結着した。B₁, B₂…B₅ は幹縄の全長 (L) を 6 等分した点であり、枝縄はこれらの各点に結着されている。深度測定装置としては転倒しないように装置したケミカル・チューブを用いた。B₀, B₆ の水平距離 (S) は 130m と 190m とにし、それぞれの場合について各 2 回の測定実験を行なった。B₁, B₂…B₅ における測深結果を図示すると Fig. II-4 のようになる。また、吉原 (1954)⁴⁾ によるカテナリー計算の略式に基づいて求めた形状を作図すると Fig. II-4 の実線のようになる。この図において、いずれの場合も B₁, B₂…B₅ の各点の深度は、短縮率による計算値とケミカル・チューブによる実測値とがほとんど一致し、海潮流、波浪などの外力の影響がほとんどない平穏な海洋においては、投縄中の幹縄はほぼカテナリー形状をなすことがわかる。なお、S, 90m の縄の実験において B₄, B₅ が B₁, B₂ より多少深くなっているのは B₀ 側から測定装置と幹縄とを逐次投入し、初めの内に幹縄を多少張り過ぎたので、幹縄が総体的に B₆ 側に片寄ってしまったためであると考えられる。しかし、S 130m の場合には B₀, B₆ の両端を固定し、一応幹縄を全部投入した後、測定装置を B₀ と B₆ との両端から順次中央に向けて投入した。この場合の実験では前のように深度差はほとんど認められなかった。このよう

なことから考えても、両端の固定された幹縄は水中でカタナリー形状をなすものであると考えて差支えない。

マグロ漁場における実験は1954年12月実習船敬天丸(265噸, 500馬力)によってコラル海に出漁した際に実施した。この場合におけるケミカル・チューブの測深装置は投縄中の適当な縄鉢に装置してその釣針の深度を測定した。また、この時の浮標間距離は投縄終了後その附近の10鉢分について船速によって測定し、(流木試験法による)1鉢分の平均浮標間距離(S)を算出した。これから求めた短縮率によって計算された形状はFig. II-5の実線のようなになる。また、一方ケミカル・チューブの測深装置によって実測された枝縄結着点の深度を図中に記入し、点線で示した。この実測深度により作図的に浮標間距離(S')を求めた。このような実験の結果は、Fig. II-5において、実線の深度と点線の実測深度とが左図のようにほとんど一致している場合と右図のように余り一致しない場合とがある。前者については、一応幹縄が海水中においてカタナリー形状をなしているものと考えられ、後者については、海潮流、波浪などの外力の影響により海水中における幹縄のカタナリー形状が変形しているものと思考される。

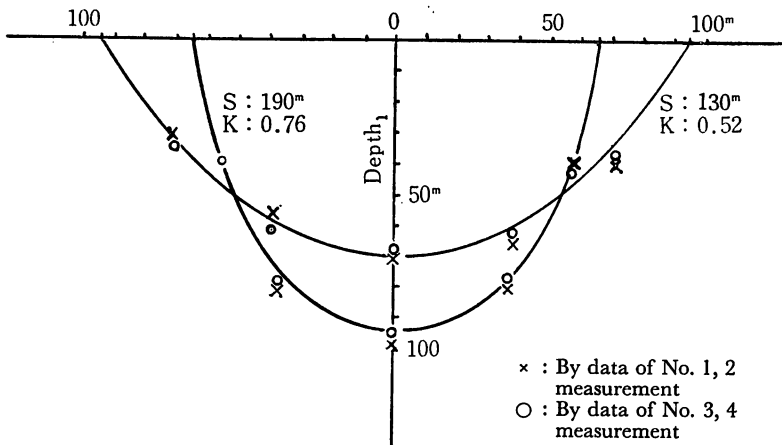


Fig. II-4. Results of measurement by experiment in Kagoshima Bay.

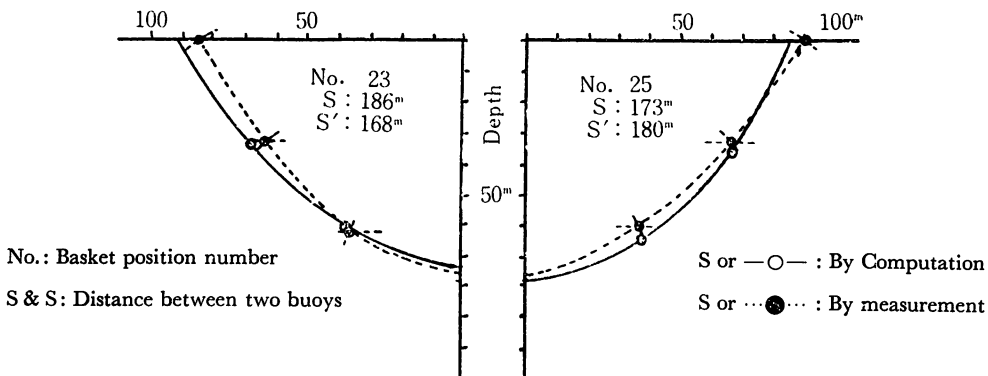


Fig. II-5. Result of measurement by experiment in the Coral Sea.

2. 3. 延縄の流水中における形状

延縄の幹縄が静水中で各縄鉢ごとにカタナリー形状をなすことを前項で論述した。しかし、このような形状の幹縄に海潮流などの外力が作用すると、その形状は種々変化する。これに関し、柴田 (1962)⁶⁾ は水中に展開された延縄について外力を受けた場合、その幹縄のカテナリー曲線は、その y 軸 (座標の縦軸) が ρ^0 傾き、

$$y = a \cos h \frac{x}{a}, \quad a = \frac{S_0 - f}{W} \quad (S_0 : \text{水平張力})$$

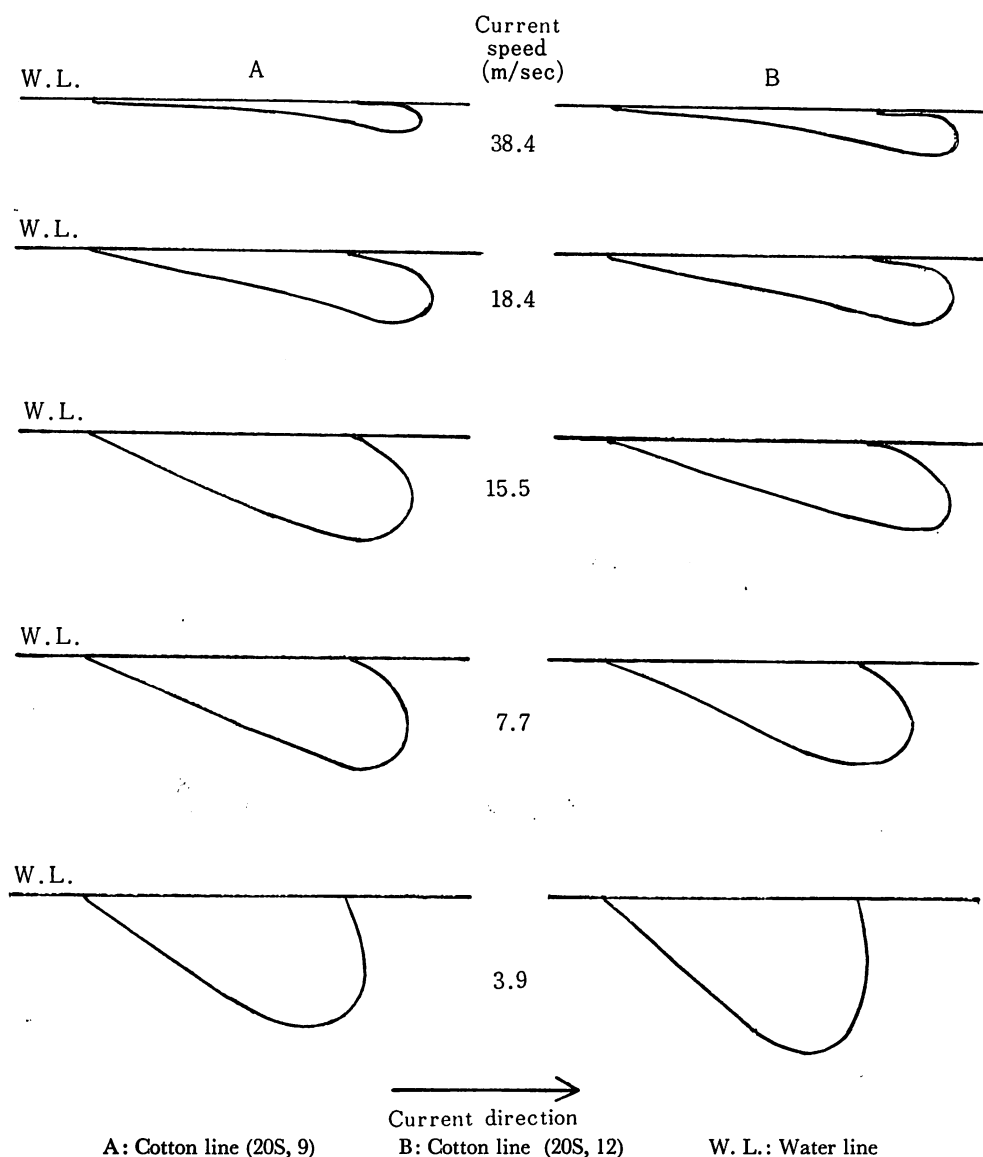


Fig. II-6. Form of the shortening line (K: 0.4) in the current.

の曲線にvari, その傾角は,

$$\tan \rho = \frac{f}{W}$$

(f : 海水の運動による影響の力, W : 単位長重量)

になると結論している。また, 並川 (1962)⁵⁹⁾ は水中における曳索に加わる外力を

$$X = R \sin \theta, \quad Y = w \cos \theta$$

θ : 曳索上の点における切線と座標 x 軸との交角)

と仮定し, その曳索のなす曲線が

$$2T_0y \pm Ry^2 = wx^2$$

(T_0 : 最低点の張力, R : 単位長の流水抵抗 w : 単位長重量)

で表わされ, その最低点を境に前半は双曲線, 後半は楕円をなすと論じている。

著者は, 流水中の糸の形状について次のような水槽実験を行なった。すなわち, 糸に平行な流れを与え, その流速を変え, その糸の形状について観察検討した。Fig. II-6 は綿糸 20 番手 9 本, 12 本合せの 2 種を長さ 50 cm とし, これらの糸を 40 % 短縮し (最も多く想定される短縮率), 実験水槽内にて流速を種々変え, その糸の形状の変化を例示したものである。図によれば, 糸の水中形状は流速によって相当異なり, 流速の小さい時は柴田の説のような Y 軸の傾いたカタナリー形状に類似しているが, 流速が大きくなると必ずしもカタナリー形状になっていないようである。

この現象については, 図に示されるように流速が次第に増加すると糸の湾曲が増して, その湾曲部に糸の剛さによる要因が影響するようになるので, 流水中における糸の各部に加わる流水抵抗がそれぞれ異なるようになり, 前述のようなカタナリー形状をなさなくなるものと考えられる。

2. 4. 縄の自然懸垂形状

実際の漁場におけるマグロ延縄漁具は通常 1 鉢毎にその幹縄の両端に浮標を結着して連続的に投入されていることは前にも述べた通りであるが, その浮標には人為的に何らの外力も加えられずに, 自然に放置されているのである。すなわち, その幹縄は, その両端が浮標でささえられ, その中央部が自然懸垂状態となっている。静水中において縄に剛さなどが全くないものと仮定するならば, 縄自身の沈降力によってその中央部が沈下し, 縄端の両浮標は互に近接して密着するものと考えられるが, 実際の漁場では両浮標がある間隔を保持しており, この間隔は海水や縄自身の各種物理的条件によって保持されているものと考えられる。

そこで静水中における各種のマグロ縄に関し, それ自身の物理的性質 (特に縄の剛さ) に基づく自然懸垂状態について実験的に検討した。この実験では供試縄の端をささえ得る最小の浮子をその縄の両端に結着して, その縄を張りながら静水中 (水槽) に入れて縄の形状を観察した。この場合, 縄の中央部は自重によって除々に湾曲し, 両端の浮子はある距離まで互いに近接して静止する。その時の縄は Fig. II-7 のようなカタナリー形状をなす。

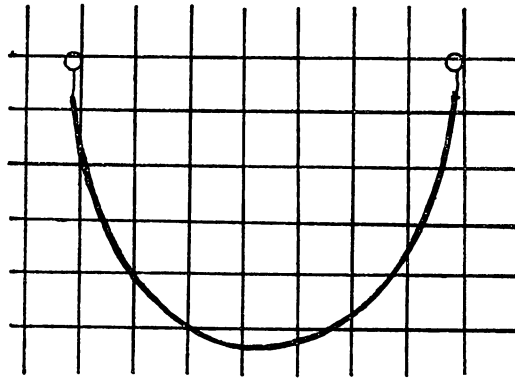


Fig. II-7. Natural catenary form of long-line in water.

この形状は供試縄の長さ（剛さ）とによって一定の形を保持する。実験の結果によれば、各種供試縄の長さ (L) とその両端間の距離 (S) との関係は Fig. II-8 のようである。

また、 L とその短縮率 $K = \left(\frac{L-S}{L} \right)$ との関係は Fig. II-9 のようになる。

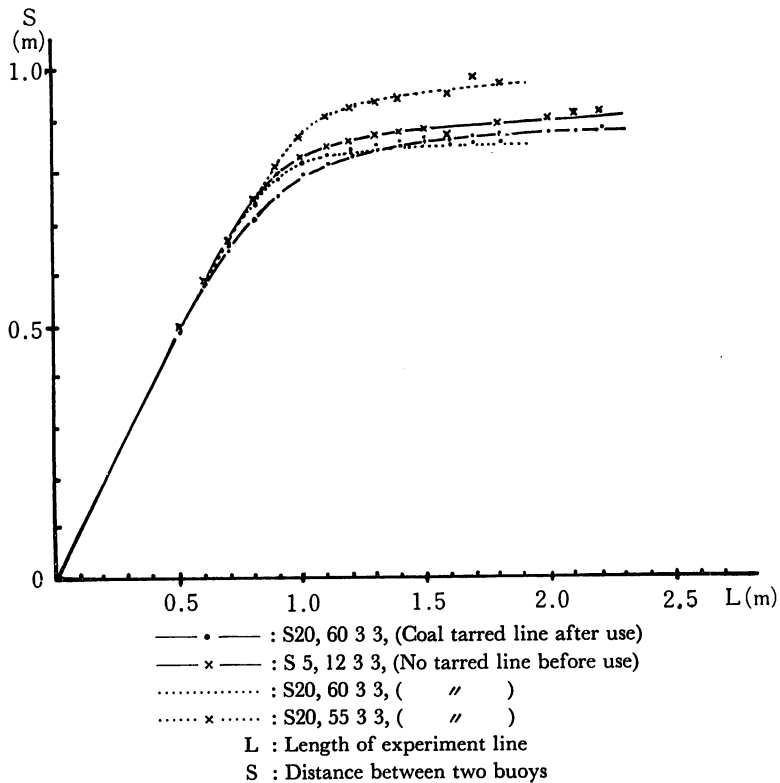
Fig. II-8. Relation between L and S of experiment line in the natural catenary form.

Fig. II-8 において、水中で自然懸垂状態にある縄は、約 1m 位までは L と S との差が極めて少ないが、 L がそれ以上に延長されると、縄の短縮が急に大きくなり、ある程度以上になると S の変化が少なくなる。すなわち、水中の縄がある長さ（供試縄では約 1m 内外）以上になると、その縄は両端においてほぼ鉛直に近い状態で水面から吊るされた形になる。

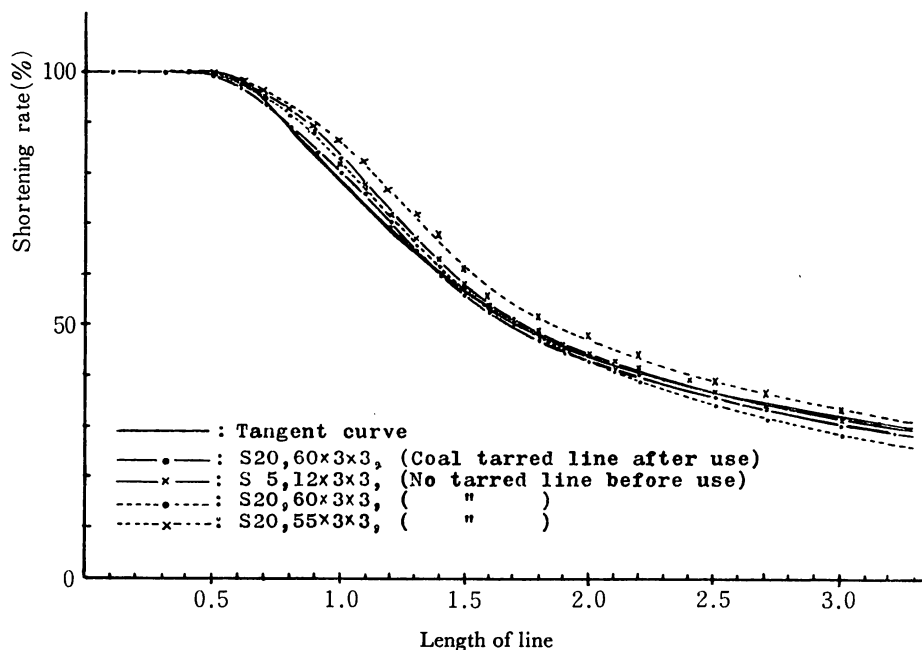


Fig. II-9. Relation between shortening rate and length of line in the natural catenary form.

縄の長さとその短縮率との関係を書き換えると Fig. II-9 のようになり、各縄は、約 50cm 位までその短縮率が 0 であり、それ以上の長さになると縄の短縮は急に大きくなり、更に、縄の長さが約 3m 以上に及ぶと、その短縮率の変化は漸次少なくなることがわかる。すなわち、各供試縄の短縮率 (K) と縄の長さ (L) との関係曲線は図中の実線で示す正切曲線に極めて類似しており、正切曲線をなすものと仮定するならば、次の式で表わされる。

$$\tan K \frac{90}{100} = L - a \quad 2 \cdot 1$$

$$(\text{但し } K = \frac{L - S}{L} \times 100, L = \text{縄の長さ}, S = \text{縄端間の距離})$$

この 2・1 式において、係数 a は、水中で縄の両端をささえ逐次延長した場合、その縄が自重によって短縮し始める時の長さに相当するものであり、これは縄の剛さによって異なるものと考えられる。また、この 2・1 式は縄の剛さに基づくものであると思われる、縄の長さの約 3m 位まではその縄の剛さを無視することは出来ないことを知る。しかし、実際の漁場で使用しているマクロ延縄の幹縄は約 250m (Table II-1) に及んでおり、このような長い幹縄の水中における自然懸垂形状の短縮率をこの式で計算すると非常に大きくなる。例えば、Fig. II-9 の供試縄 A（マクロ延縄に使用した縄）の場合、 $a = 0.6\text{m}$ であり、2・1 式よりそ

の短縮率は 99.7% となる。すなわち、このような長い幹縄はほとんど 100% 短縮することになる。ゆえに、このような場合縄の剛さなどによる影響は極めて微小なものであり、全体的にはほとんど無視して差し支えないものと思考する。しかし、漁場で操業中のマグロ延縄の浮標間距離は相当長くなっており、著者の調査の結果ではその短縮率は 40~70% 位に保持され、前述のようにその幹縄はカタナリー形状をなす。すなわち、この幹縄形状は自然懸垂実験に基づくような縄自身の剛さによるものでなく、非常に長い延縄や多数の浮標などに対する水の抵抗によって操業時間中浮標間の距離が保持されているものであると思われる。しかし、投縄中の延縄が途中で切断し流失したものを数日後に発見した場合、その延縄は、投縄当初の短縮率でなく、ほとんど 1 カ所に集まりもつれて 100% に近い短縮率となっていることが多いのである。このことは、投縄中の延縄が相当長時間にわたって放置されたので、その延縄の水中重量によって各浮標が極めて除々に近接し、ついには、各縄鉢ごと 100% 近く短縮する形になり、その延縄全体がほぼ 1 カ所に集まるようになったものと考えてよからう。

2. 5. 延縄の水中形状と枝縄の配置

マグロ延縄の枝縄は通常等間隔に幹縄に結着されている。しかし、海水中に投入されてい

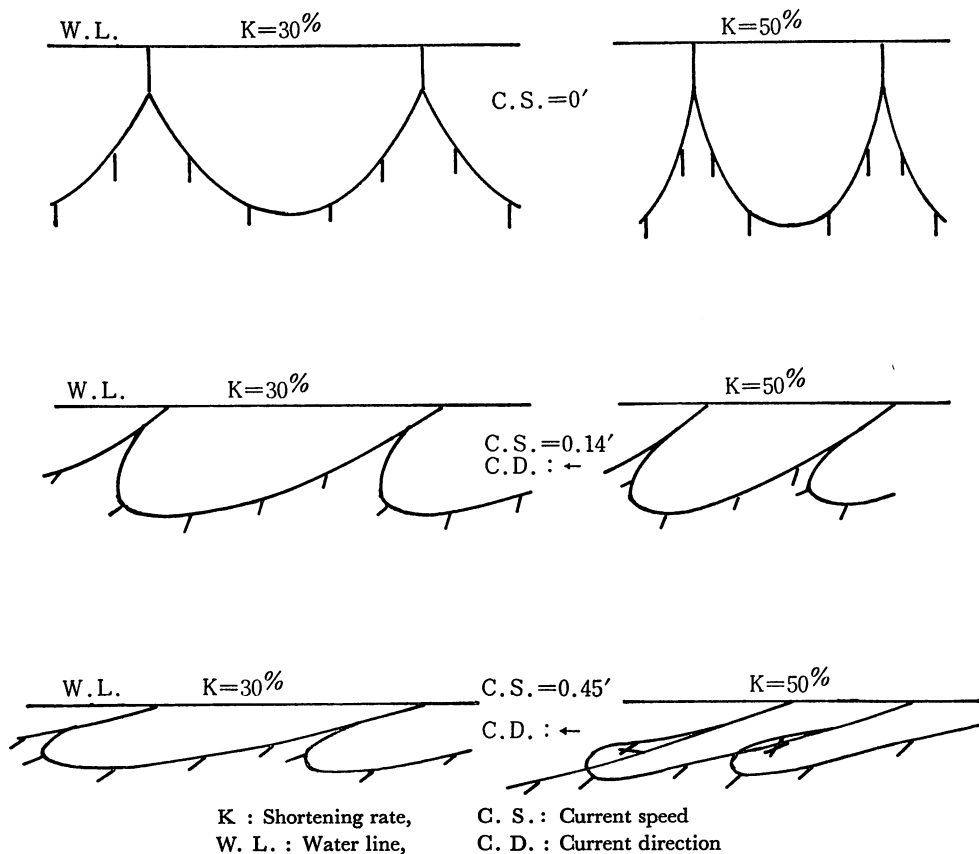


Fig. II-10. Forms of the model of tuna long-line in the current and standing water.

る幹縄は前述のようにカタナリー形状またはその変形に近い形状をなすから、垂下されている枝縄の間隔は等しくならない。従って釣針別の漁獲に影響するものと考えられるので、それについて実験的に次のような検討を試みた。

マグロ延縄漁具の模型を作製し、水槽内において静水中と流水中との実験を行なった。流水中の実験に当っては、水槽内において模型延縄の列に平行な流れを与え、その延縄の短縮率と流速とを種々変えて、その幹縄の水中形状と枝縄の配置とについて観察検討した。Fig. II-10 は、幹縄の短縮率が30%と50%とにおける静水中と流水中との幹縄形状を例示したものである。この図においてみられるように幹縄中央部の枝縄と両浮標に近接している枝縄とは、その配置状態が甚しく異なっている。すなわち、静水中における幹縄中央部の枝縄はほぼ幹縄のカテナリー形状の最深部に位置し、近接する縄類も少ないが、幹縄端の枝縄はその幹縄及び隣接縄鉢の枝縄に極めて近接している。

また、流水中においては流速が大きくなると、Fig. II-10 で観察されるように、延縄の枝縄は幹縄とほとんど平行状態となり、いわゆる「枝巻き」現象の原因になっていると思われる。このように延縄の水中における複雑な形状に伴う枝縄の配置は、当然各釣針の餌に対するマグロ類の摂餌反応に影響し、釣針別漁獲差の要因になるものとする。このことについては次項以下で論述する。

III マグロ延縄の構造と漁獲性能

マグロ延縄は前項で論じたようにその構造上水中における幹縄のカテナリー形状に基づき、各釣針の配置を異にし、そのため個々の釣針に対するマグロ類の摂餌条件が相異しており、このことが釣針別漁獲差の原因となって、延縄漁具の漁獲性能に非常に影響を与えているものと考えられる。

ゆえに、このような延縄漁具の釣針別漁獲差について、まず小型延縄漁具による釣針別摂餌反応の観察実験と実際の各マグロ漁場における釣獲資料とに基づいて解析検討を行ない、マグロ延縄の構造に基づく各釣針別の漁獲性能について論究したのである。

3. 1. 蓄養池内における小型延縄の釣針別摂餌差

延縄の釣針別摂餌反応の観察実験には、マグロ延縄のような大型漁具の使用は困難であるので、この延縄に相似の小型延縄漁具を試作し、蓄養池中にすむ各魚類の各釣針に対する摂餌反応を基礎的に観察した。この実験では特に水中の幹縄形状による釣針の配置と供試魚の釣針別摂餌反応の相異について観察検討した。

実験用漁具と供試魚：この実験に用いた延縄は Table III-1, Fig. III-1 に示す11種の小型漁具である。これらの漁具は釣針数の3, 4, 5本付け延縄であり、また、その構造を変えた漁具はその枝間と枝縄との長さをそれぞれ2倍に構成した延縄及び幹縄端の枝縄を除いた延縄などである。特に Fig. III-1, A-3 に示すように沈錘を用いて3本の枝縄が水中でほぼ同深になるように工夫した延縄も実験に使用した。なお、実用されている延縄の枝間はほとんど等間隔であるので、上記の実験漁具の内枝間の等しいものを標準漁具とし、その他改造したものを特殊漁具として論ずる。

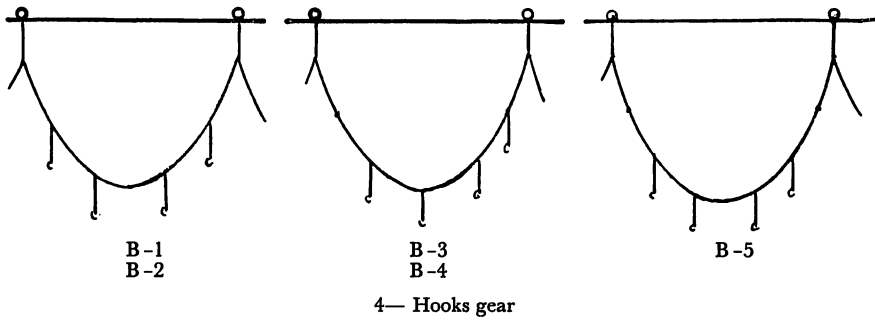
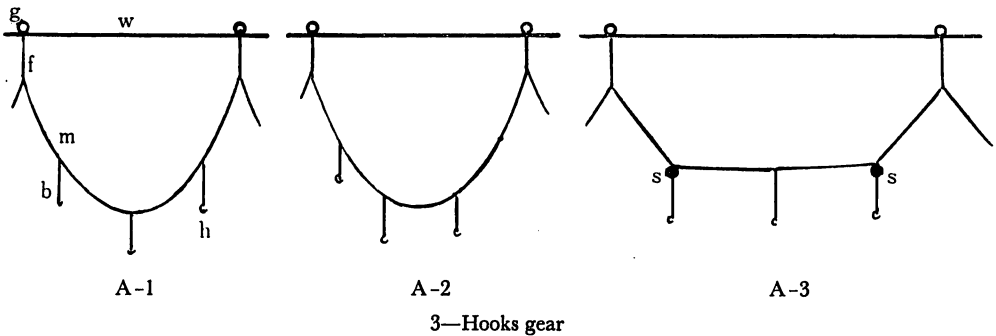
実験用の対象魚としては、桜島水族館の付属蓄養池の内外に自然に棲息遊泳するアジ、サ

Table III-1. Dimensions of every part in various kinds of experimental long-line.

Mark	Length and number of parts					
	Main line Length	Float line Length	Branch line Length	No.	Interval of branches	Sinker
A-1	100cm	10cm	10cm	3	25cm	0
A-2	"	"	"	"	20	0
A-3	"	"	"	"	25	2
B-1	100cm	10cm	10cm	4	20cm	0
B-2	200	20	20	"	40	0
B-3	90	8	8	"	15	0
B-4	180	15	15	"	30	0
B-5	210	"	"	"	"	0
C-1	90cm	8cm	8cm	5	15cm	0
C-2	180	15	15	"	30	0
C-3	105	8	8	"	15	0

Material of line: Cotton 20 S, 2 × 2

Hook: Steel, No. 8 (Marugata)



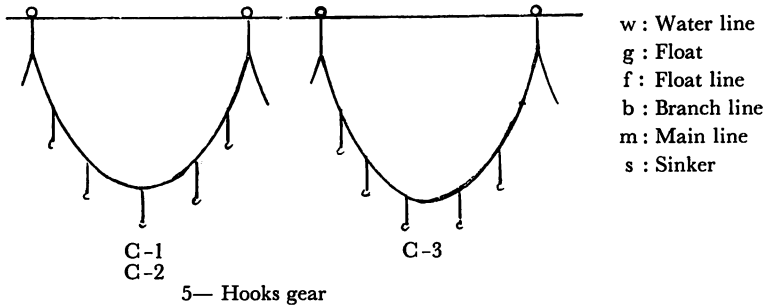


Fig. III-1. Forms of various experimental gears for one basket.

パ、セホシズメダイ、クロホシイシモチなどを利用した。なお、アジはその専用の蓄養池中に遊泳しているものを用い、サバはその供試魚が少なかったため、竹籠の生簀内に飼育したものについて実験した。また、セホシズメダイとクロホシイシモチとは蓄養池の石垣の内外附近に自然に棲息しているものを利用した。

実験方法 実験に当っては同種の延縄漁具を3鉢分連結し、いずれの縄鉢も一定の短縮率を保持するように投縄した。この3鉢の実験漁具の内、中央部の縄鉢について釣針1本ごとにあらかじめ供試魚の餌付きを観測する担当者を決めて、各釣針の餌に対する供試魚の摂餌回数を一定時間それぞれ分担者に監視測定させた。この測定時間は、供試魚の餌付きが極めて良好であったので、1回の計測時間を2分間として、同じ実験を3~4回繰り返して行なった。また、摂餌回数は、供試魚が自由に釣針の餌料に食いついて離れる動作を1回として、その供試魚が観測時間内に繰り返した動作の回数である。この実験は延縄漁具の種類とその短縮率及び供試魚の種類などをそれぞれ変えて実施し、その結果について次のような検討を行なった。

3. 1. 1. 釣針数と釣針別摂餌反応

標準的な釣針 3, 4, 5 本付け延縄漁具を用いアジ、サバ、セホシズメダイ、クロホシイシモチの各魚種に対する釣針別摂餌反応の実験結果について検討した。この実験は6月から9月の間において4回にわたって実施したものである。これらの実験資料はすべてその実験期日と短縮率別に区分整理し、同種の実験資料はその実験時間と釣針別摂餌回数とをそれぞれ集計し、その総摂餌回数に対する釣針別摂餌回数の割合を百分率で表示した。これらの結果は釣針 3, 4, 5 本付けの各延縄漁具ごとに Table III-2, III-3, III-4 にそれぞれ示した。

Table III-2 に示す釣針 3 本付け漁具の実験結果では、その幹縄の短縮率が0である場合の外はそれぞれ、常にその中央部の釣針に対する摂餌回数が多くなっている。

また、その短縮率の増大に従ってその摂餌回数の割合は、中央部の釣針のものが縄端のそれより大きくなっている。なお、縄端近くの1, 3番の釣針に対する摂餌回数は対象的な位置にあるのでほぼ等しくなる筈であるが、この実験では多少の差が出現している。これらの摂餌回数はいずれも中央2番の釣針のそれより小さくなっている。また、短縮率が0で幹縄の張っている場合には、その釣針別摂餌回数は、前記のような傾向的現象が全く認められず、極めて不規則な状態になっている。

Table III-2. Results of experiments on the feeding reaction of fishes to each hook in the 3-hooks gears. (1963)

Species	Date	Period of obs. (min.)	Shortening rate (K)	Number of feeding reaction to each hook			
				Hook position			Total
				1	2	3	
<i>Pomacentrus dorsalis</i> and <i>Apogon notatus</i>	Sep. 1	6	0	20 (23.9)	21 (25.0)	43 (51.1)	84 (100)
	"	4	0.1	7 (22.6)	13 (41.9)	11 (35.5)	31 (100)
	"	6	0.2	62 (31.5)	87 (44.1)	48 (24.4)	197 (100)
	"	6	0.3	37 (30.6)	63 (52.1)	21 (17.3)	121 (100)
	Sep. 27	6	0	91 (28.4)	112 (35.0)	117 (36.6)	320 (100)
	"	6	0.1	108 (32.0)	137 (40.7)	92 (27.3)	337 (100)
	"	6	0.2	167 (27.6)	252 (41.5)	187 (30.9)	606 (100)
	"	4	0.3	34 (15.1)	121 (53.5)	71 (31.4)	226 (100)
	July 13	4	0	13 (65.0)	4 (20.0)	3 (15.0)	20 (100)
	"	8	0.1	14 (25.9)	29 (53.7)	11 (20.4)	54 (100)
Mackerel	"	8	0.2	11 (12.5)	65 (73.8)	12 (13.7)	88 (100)
	"	4	0.3	9 (27.3)	22 (66.6)	2 (6.1)	33 (100)

() : Percentage, $K = \frac{L-S}{L}$, L : Length of main line
 S : Distance between two buoys

Table III-3 における釣針 4 本付け漁具の実験では、延縄の幹縄中央部における 2, 3 番の釣針の摂餌回数が幹縄端近くの 1, 4 番の釣針のそれよりも多くなっている。また、釣針別摂餌回数の割合も、幹縄の短縮が増大するに従って中央部の釣針のそれが増加する傾向になっている。しかし、幹縄の短縮がなく、緊張している場合には、各釣針に対する供試魚の摂餌回数は概して平均化している。

Table III-4 に示される釣針 5 本付け漁具による実験結果では、やはり、釣針 3, 4 本付け漁具の場合と同様に幹縄中央部の 3 番の釣針に対する摂餌回数が最も多く、縄端近くの釣針になるに従ってその回数が少なくなり、幹縄の短縮率が増加するとその中央と両端との釣針に対する摂餌回数の差が逐次増大している。しかし幹縄が張っている時には、前述の漁具の場合と同様に釣針別摂餌回数はほぼ平均化している。

以上、釣針数の異なる小型延縄漁具による釣針別摂餌反応の実験においては、いずれの魚種を供試魚に用いた場合でも、また、いつの時期の実験でもほぼ同様な結果となっている。

実験結果を要約すれば、すべての延縄漁具は、いずれの魚種についてもその幹縄が短縮すると、ほとんど必然的に幹縄中央部の釣針に対する摂餌回数が他の釣針のそれよりも多くなり、幹縄が張って直線状になると、そのような現象が全く認められず、釣針別摂餌回数がほぼ平均化している。すなわち、延縄漁具における釣針別摂餌回数はその幹縄の短縮の状態に

Table III-3. Results of experiments on the feeding reaction of fishes to each hook in the 3-hooks gears. (1963)

Species	Date	Period of obs. (min.)	Shortening rate (<i>K</i>)	Number of feeding reaction to each hook					
				Hook position				Total	
				1	2	3	4		
<i>Pomacentrus dorsalis</i> and <i>Apogon notatus</i>	Sep. 1	6	0	40 (22.9)	44 (25.1)	45 (25.7)	46 (26.3)	175 (100)	
	"	8	0.1	5 (7.0)	32 (45.1)	25 (35.2)	9 (12.7)	71 (100)	
	"	6	0.2	45 (10.5)	129 (30.1)	160 (37.3)	95 (22.1)	429 (100)	
	"	8	0.3	105 (16.3)	191 (29.6)	196 (30.2)	154 (23.9)	645 (100)	
	"	6	0.4	55 (16.4)	122 (36.3)	103 (30.6)	56 (16.7)	336 (100)	
	Sep. 27	6	0	130 (22.6)	163 (28.4)	99 (17.2)	183 (31.8)	575 (100)	
	"	4	0.1	55 (17.5)	105 (33.5)	98 (31.3)	56 (17.8)	314 (100)	
	"	4	0.2	84 (16.8)	181 (36.3)	149 (29.9)	85 (17.0)	499 (100)	
	"	6	0.3	96 (19.9)	161 (33.3)	140 (29.0)	86 (17.8)	483 (100)	
	Horsemackerel	Sep. 1	6	0	86 (53.1)	42 (25.9)	23 (14.2)	11 (6.8)	162 (100)
		"	4	0.1	6 (10.5)	9 (15.8)	27 (47.4)	15 (26.3)	57 (100)
		"	6	0.3	11 (5.1)	61 (28.5)	98 (45.8)	44 (20.6)	214 (100)
Oct. 2		6	0	127 (23.2)	149 (27.2)	154 (28.1)	118 (21.5)	548 (100)	
"		6	0.1	37 (15.5)	80 (33.5)	77 (32.2)	45 (18.8)	239 (100)	
"		8	0.2	26 (6.5)	148 (36.9)	156 (38.9)	71 (17.7)	401 (100)	
"		6	0.3	41 (7.8)	158 (30.1)	261 (49.7)	65 (12.4)	525 (100)	

$$() : \text{Percentage, } K = \frac{L-S}{L}$$

よって差異を生ずるようになる。

延縄漁具の幹縄が短縮すると、1鉢の両端に近い釣針ほどその鉢の幹縄や隣接鉢の枝縄、幹縄などと互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る。幹縄の短縮率が増加するほどその釣針の摂餌に対する障害度が大きくなるものと思われる。一方、幹縄の短縮の増減にかかわらず幹縄中央部における釣針の幹縄に対する相対位置はほとんど変わらないので、その釣針に対する魚類の摂餌反応にも、幹縄の短縮による影響がほとんどないものと考えられる。ゆえに、延縄漁具において幹縄の短縮による水中形状やその縄類の状態は、幹縄中央部の釣針に対する魚類の摂餌反応にはほとんど影響なく、幹縄各鉢の両端近くの釣針に対しては種々影響しており、このことが延縄漁具における摂餌回数の釣針別差異の主因になっているものと思われる。

また、幹縄が水中において短縮することなく、直線状をなす場合には、上記のような釣針別現象差は全く認められず、その釣針別摂餌回数は平均化する傾向にある。このような結果

Table III-4. Results of experiments on the feeding reaction of fishes to each hook in the 3-hooks gears. (1963)

Species	Date	Period of obs. (min.)	Shortening rate (K)	Number of feeding reaction to each hook					
				Hook position					Total
				1	2	3	4	5	
Horsemackerel	Oct. 2	8	0	84 (15.7)	117 (21.9)	106 (19.8)	110 (20.6)	118 (22.0)	535 (100)
	"	6	0.1	109 (15.2)	132 (18.5)	181 (25.3)	185 (25.9)	108 (15.1)	715 (100)
	"	6	0.2	89 (15.8)	133 (23.5)	164 (29.0)	131 (23.2)	48 (8.5)	565 (100)
	"	6	0.3	2 (0.8)	34 (13.1)	113 (43.6)	79 (30.5)	31 (12.0)	259 (100)
Mackerel	July 13	6	0.3	4 (10.3)	9 (23.1)	20 (51.2)	3 (7.7)	3 (7.7)	39 (100)
<i>Pomacentrus dorsalis</i> and <i>Apogon notatus</i>	Sep. 1	8	0	101 (19.7)	118 (23.0)	113 (22.0)	86 (16.8)	95 (18.5)	513 (100)
	"	6	0.1	98 (15.5)	149 (23.7)	154 (24.5)	135 (21.4)	94 (14.9)	630 (100)
	July 13	6	0.2	105 (18.1)	122 (21.2)	136 (23.4)	125 (21.5)	92 (15.8)	580 (100)
	"	6	0.3	89 (16.6)	110 (20.5)	144 (26.8)	103 (19.2)	91 (16.9)	537 (100)
	June 22	8	0.4	93 (13.6)	191 (27.9)	208 (30.4)	105 (15.3)	88 (12.8)	685 (100)

() : Percentage,
$$K = \frac{L-S}{L}$$

については、各釣針がいずれも幹縄上において形状的に同じ状態となっているので、各釣針は魚類の摂餌反応に関してもほぼ同一条件を保持するようになる。魚群の分布密度が一樣であれば、各釣針に対する摂餌回数は当然平均化するようになるものと思われる。しかし、釣針別摂餌回数が極めて不規則な状態となり、その摂餌回数が一方に偏在した実験結果もあった。これは延縄漁具そのものの構造に起因するものではなく、供試魚の分布状態が一樣でないため、各釣針に対する魚類の摂餌が局部的に偏在したことによるものと思われる。

以上のような実験結果から推論すれば、マクロ延縄漁具などにおける釣針別の漁獲差は、漁場現場におけるその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思う。

3. 1. 2. 延縄の構造と釣針別摂餌反応

前項の実験結果によれば、延縄の幹縄が短縮するに従ってその縄端近くの釣針に対する摂餌反応は逐次不良になるので、このような延縄の構造に起因する釣針別摂餌差を出来るだけ少なくし、その欠陥を除くため枝縄の配置などを種々変えた小型漁具によって実験を行なった。これらの漁具は Table III-1, Fig. III-1 に示すような構造のものである。この実験では主としてアジを対象とした。これらの実験結果は各漁具の釣針別摂餌率 $\left[\frac{\text{各釣針の摂餌回数}}{\text{総摂餌回数}} \times 100 \right]$ を幹縄の短縮率別に算出し、各漁具(釣針数別)ごとに整理して表示すると Table III-5, III-6, III-7 のようになる。また、各漁具における釣針別の摂餌率を幹縄の短縮率ごとに図示すると Fig. III-2 のようになる。以下この図に基づいて検討した。

枝間、枝縄の長さとの摂餌反応 Table III-1 において、B-2、B-4、C-2 の各漁具はそれぞれ B-1、B-3、C-1 の枝間と枝縄とをほぼ 2 倍の長さになるように構成した延縄である。Fig. III-2 によれば、各漁具の内 B-1 と B-2、B-3 と B-4、C-1 と C-2 との釣針別摂餌率はそれぞれ極めて類似している。また、いずれの漁具も中央部の釣針に対する摂餌率が大きく、幹縄の短縮の大きいほど高率となっており、前項で論じた結果と同様である。すなわち、延縄の枝間と枝縄とが多少長くなっても、幹縄の同一短縮率に基づくカタナリ形状が同じであれば、両漁具間の釣針別摂餌反応の割合はほとんど変わらないものと思われる。

3 本付け漁具の実験 この実験には A-1～A-3 の 3 種類の漁具を用いた。これらの内 A-1 は枝間の等しい標準漁具であり、A-2 は釣針 4 本付け標準漁具の 4 番の釣針を除いた延縄であり、A-3 は 3 本の釣針をほぼ同深にするように工夫された延縄である。この実験の結果は Table III-5、Fig. III-2 のようである。これらの漁具の釣針別摂餌率は、いずれも 2 番の釣針が高率となっているが、この釣針と 1 番、3 番の釣針との摂餌率の差は、A-1 漁具が特に大きく、A-2、A-3 の順に少なく、平均化している。

4 本付け漁具の実験：この実験には B-1～B-5 の 5 種類の漁具を使用した。これらの内、B-1、B-2 は標準漁具であり、B-3、B-4 は釣針 5 本付け標準漁具の 1 番の釣針を除いた延縄であり、B-5 は釣針 6 本付け標準漁具の 1 番、6 番の釣針 2 本を除去した延縄である。こ

Table III-5. Results of experiments on the feeding reaction of fishes to each hook in the various 3-hooks gears. (1963, 1964)

Mark	Date	Period of obs. (min.)	Shortening rate (K)	Number of feeding reaction to each hook			
				Hook position			Total
				1	2	3	
A-1	1963 July 3	4	0	13 (65.0)	4 (20.0)	3 (15.0)	20 (100)
	"	8	0.1	14 (25.9)	29 (53.7)	11 (20.4)	54 (100)
	"	8	0.2	11 (12.5)	65 (73.8)	12 (13.7)	88 (100)
	"	4	0.3	9 (27.8)	22 (66.6)	2 (6.1)	33 (100)
A-2	1964 Sep. 4	4	0	23 (26.1)	33 (37.5)	32 (36.4)	88 (100)
	"	4	0.1	27 (34.0)	33 (42.1)	19 (23.9)	79 (100)
	"	4	0.2	72 (29.3)	39 (42.4)	26 (28.3)	92 (100)
	"	4	0.3	19 (29.7)	31 (48.4)	14 (21.9)	64 (100)
	"	4	0.4	5 (25.0)	8 (40.0)	7 (35.0)	20 (100)
	"	4	0.4	5 (28.4)	44 (35.8)	44 (35.8)	123 (100)
A-3	1964 Sep. 3	5	0.1	68 (34.2)	77 (38.7)	54 (27.1)	199 (100)
	"	6	0.2	59 (31.2)	63 (34.4)	63 (34.4)	185 (100)
	"	6	0.3	36 (30.3)	50 (42.0)	33 (27.7)	119 (100)
	"	4	0.4	35 (28.4)	44 (35.8)	44 (35.8)	123 (100)

() : Percentage, $K = \frac{L-S}{L}$

Table III-6. Results of experiments on the feeding reaction of fishes to each hook in the various 4-hooks gears. (1963, 1964)

Mark	Date	Period of obs. (min.)	Shortening rate (K)	Number of feeding reaction to each hook					Total	
				Hook position						
				1	2	3	4			
B - 1	1963 Oct. 2	6	0	127 (23. 2)	149 (27. 2)	154 (28. 1)	118 (21. 5)	548 (100)		
	"	6	0. 1	37 (15. 5)	80 (33. 5)	77 (32. 2)	45 (18. 8)	239 (100)		
	"	8	0. 2	26 (6. 5)	148 (36. 9)	156 (38. 9)	71 (17. 7)	401 (100)		
	"	6	0. 3	41 (7. 8)	158 (30. 1)	261 (49. 7)	65 (12. 4)	525 (100)		
	"	6	0. 4	17 (6. 7)	87 (33. 5)	128 (49. 4)	27 (10. 4)	259 (100)		
B - 2	1964 Sep. 3	4	0. 1	4 (15. 4)	8 (30. 8)	9 (34. 6)	5 (19. 2)	26 (100)		
	"	3	0. 2	2 (2. 2)	32 (36. 0)	38 (42. 7)	17 (19. 1)	89 (100)		
	"	4	0. 3	35 (24. 8)	64 (45. 4)	32 (22. 7)	10 (7. 1)	141 (100)		
	"	4	0. 4	13 (10. 5)	62 (48. 5)	43 (34. 0)	9 (7. 0)	127 (100)		
				Hook position					Total	
1	2	3	4	5						
B - 3	1964 Aug. 7	7	0. 1	—	35 (24. 9)	52 (36. 9)	27 (19. 1)	27 (19. 1)	141 (100)	
	"	4	0. 2	—	20 (19. 4)	38 (36. 9)	33 (32. 0)	12 (11. 7)	103 (100)	
	"	6	0. 3	—	16 (15. 5)	49 (47. 6)	33 (32. 0)	5 (4. 9)	103 (100)	
	"	5	0. 4	—	16 (17. 4)	56 (51. 4)	28 (25. 7)	6 (5. 5)	109 (100)	
B - 4	1964 Aug. 8	3	0	—	17 (28. 3)	13 (21. 7)	14 (23. 3)	16 (26. 7)	60 (100)	
	"	5	0. 1	—	54 (18. 8)	95 (33. 1)	81 (28. 3)	57 (19. 9)	287 (100)	
	"	5	0. 2	—	28 (22. 0)	49 (38. 7)	30 (23. 6)	20 (15. 7)	127 (100)	
	"	5	0. 3	—	21 (17. 5)	43 (35. 8)	35 (29. 2)	21 (17. 5)	120 (100)	
	"	5	0. 4	—	23 (21. 9)	36 (34. 3)	25 (23. 8)	21 (20. 0)	105 (100)	
				Hook position						Total
1	2	3	4	5	6					
	1964 Sep. 4	5	0	—	24 (27. 3)	16 (18. 2)	26 (29. 8)	22 (25. 0)	—	88 (100)
	"	5	0. 1	—	56 (22. 6)	60 (24. 2)	68 (27. 4)	64 (25. 8)	—	248 (100)
	"	5	0. 2	—	31 (23. 0)	35 (25. 9)	39 (28. 9)	30 (22. 0)	—	135 (100)
	"	5	0. 3	—	9 (20. 5)	14 (31. 8)	16 (36. 3)	5 (11. 4)	—	44 (100)
	"	5	0. 4	—	23 (19. 2)	39 (32. 4)	31 (25. 8)	27 (22. 5)	—	120 (100)

() : Percentage, $K = \frac{L-S}{L}$

の実験の結果は Table III-6, Fig. III-2 に示した通りで、各漁具の釣針別摂餌率は、中央部の釣針が高率になっている。しかし、これらの釣針と縄端近くの釣針との摂餌率の差は、B-1, B-2 の漁具が概して大きく、B-3, B-4, B-5 の順に少なくなっている。特に B-5 は、その釣針別摂餌率の差が極めて少なく平均化しており、この漁具のように幹縄両端の枝間を長く構成することは延縄の構造上漁獲性能を非常に良く平均化するものと考えられる。更に、B-3, B-4 の釣針別摂餌率は、最深部の 3 番の釣針が最も高率となっているが、同深の 2 番と 4 番との釣針では、必ずしも同率とならないようである。

Table III-7. Results of experiments on the feeding reaction of fishes to each hook in the various 5-hooks gears. (1963, 1964)

Mark	Date	Period of obs. (min.)	Shortening rate (K)	Number of feeding reaction to each hook						Total
				Hook position						
				1	2	3	4	5	6	
C-1	1963 Oct. 2	8	0	84 (15.7)	117 (21.9)	106 (19.8)	110 (20.6)	118 (22.0)	—	530 (100)
	"	6	0.1	109 (15.2)	132 (18.5)	181 (25.3)	185 (25.9)	108 (15.1)	—	715 (100)
	"	6	0.2	89 (15.8)	133 (23.5)	164 (29.0)	131 (23.2)	48 (8.5)	—	565 (100)
	"	6	0.3	2 (0.8)	34 (13.1)	113 (43.6)	79 (30.2)	31 (12.0)	—	259 (100)
C-2	1964 Aug. 8	7	0.1	4 (6.0)	16 (23.9)	24 (35.8)	18 (26.8)	5 (7.5)	—	67 (100)
	"	4	0.2	0 (0)	11 (26.4)	16 (38.1)	12 (28.6)	3 (7.1)	—	42 (100)
	"	4	0.3	0 (0)	4 (21.1)	11 (57.9)	3 (15.7)	1 (5.3)	—	19 (100)
	"	4	0.4	3 (5.0)	13 (24.5)	28 (53.5)	7 (12.9)	2 (4.1)	—	53 (100)
C-3	1964 Sep. 3	4	0	49 (35.5)	28 (20.3)	22 (16.0)	18 (13.0)	21 (15.2)	—	138 (100)
	"	6	0.1	7 (4.4)	21 (13.3)	46 (29.1)	43 (27.2)	41 (26.0)	—	158 (100)
	"	6	0.2	2 (2.2)	19 (21.9)	25 (28.8)	28 (32.2)	13 (14.9)	—	87 (100)
	"	4	0.3	0 (0)	26 (15.3)	80 (47.1)	31 (18.2)	33 (19.4)	—	170 (100)
	"	6	0.4	0 (0)	21 (18.1)	50 (43.1)	44 (37.9)	1 (0.9)	—	116 (100)

() : Percentage, $K = \frac{L-S}{L}$

5 本付け漁具の実験 この実験では C-1~C-3 の 3 種類の漁具を用いた。これらの内 C-1, C-2 は標準漁具であり、C-3 は釣針 6 本付け標準漁具の 6 番の釣針 1 本を除いた延縄である。これらの実験結果によれば、各延縄漁具の釣針別摂餌率も、中央部の釣針が高率となり、この中央部と縄端近くとの釣針に対する摂餌率の差は 3 種の漁具とも互にほぼ類似している。ただ、C-3 の漁具では、1 番を除く他の各釣針ごとの摂餌率の差は概して少なくなっている。なお、これらの漁具のように釣針数が多くなると、縄端の釣針の摂餌率が釣針数の少ない漁具のそれに比して特に低下しており、このような釣針は、除くのが適切であろう。

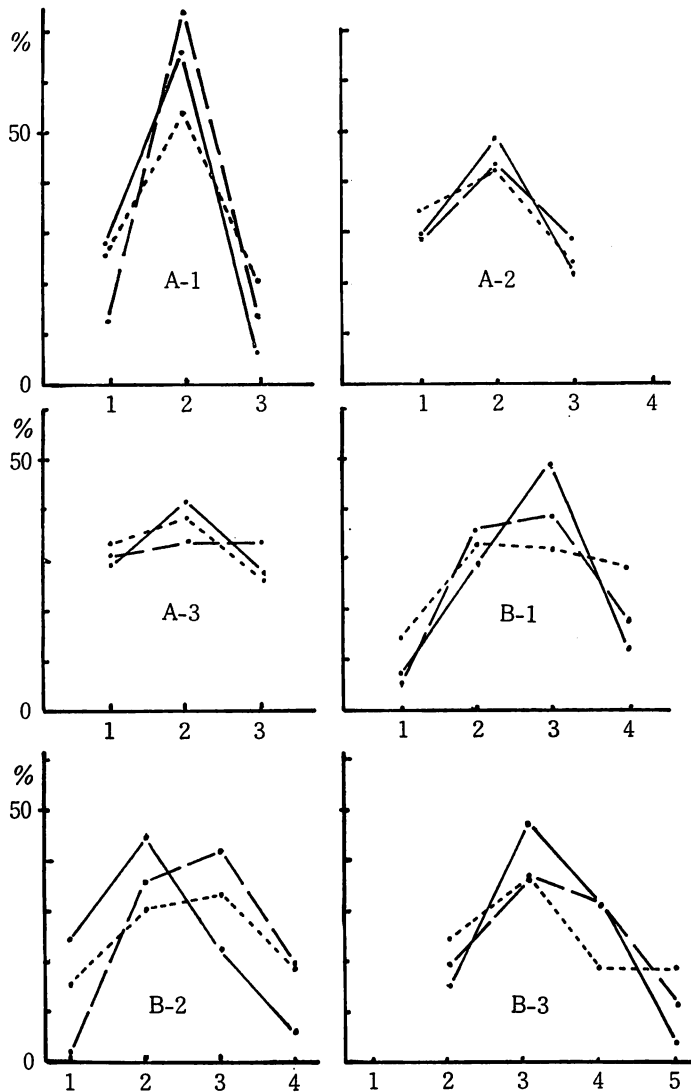


Fig. III-2a. Rate of feeding reaction to each hook in various experimental gears (3, 4-hooks gears).

以上、各漁具の検討結果を総合すると、枝間の等間隔な漁具よりも、その縄端の枝縄（釣針）を 1~2 本除いた漁具の方が各釣針の摂餌回数を平均化し、釣針 1 本当りの平均摂餌回数を向上させるようになると思われる。ゆえに、前にも考えたように縄端の枝間を他の部分よりも長くし、各釣針の深度を出来るだけ同深になるようにした延縄は、漁具そのものの構造からすれば、その好性能が期待出来るものと思考する。実際の漁場において、時にはその幹縄が甚しく緊張する場合もあり、このような時にはむしろ余り好漁の期待出来ないことが多く、本論の所説に反するように見える。この理由については、投縄中の延縄が自然に緊張

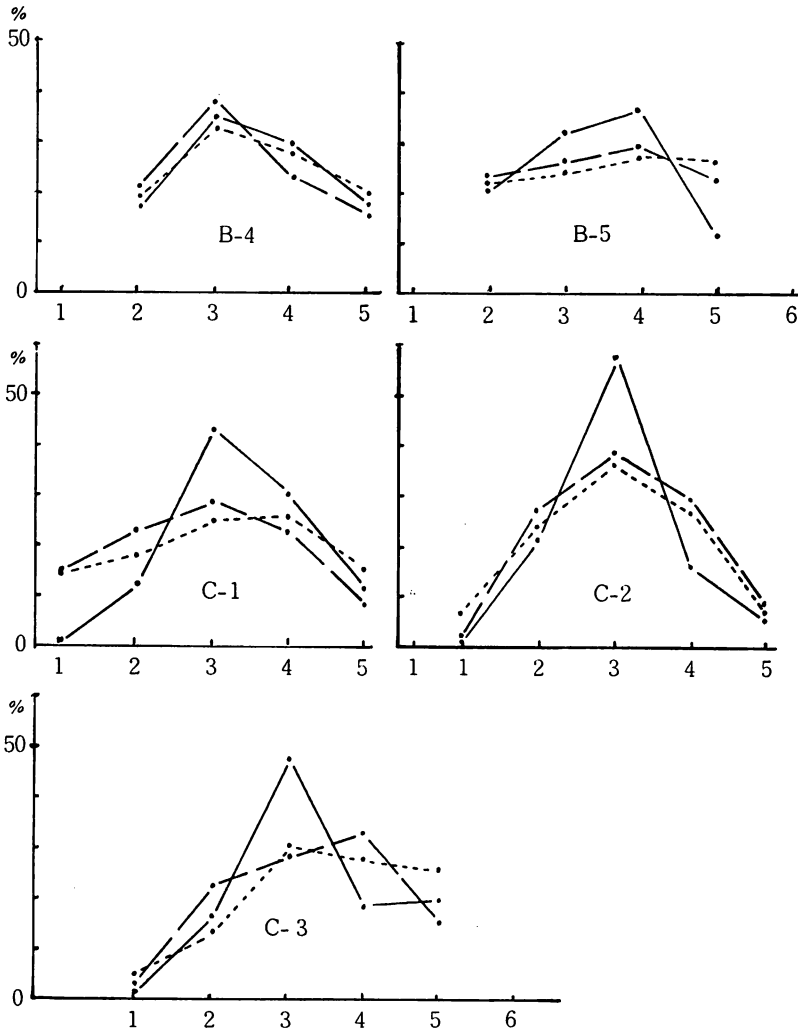


Fig. III-2b. Rate of feeding reaction to each hook in various experimental gears (4, 5-hooks gears).

する場合、通常その漁場が渦流、混合、拡散及び流向、流速の異なる海潮流の存在、顕著な二重潮現象の出現などによる極めて異状な海況になっており、延縄の水中形状はおそらく Fig. II-11 に示すような状態になるものと想定され、その枝縄が幹縄に近接して、その時の漁況が悪くなるものと考え。このような極めて異状な海況でなく、概して単調な海況の漁場において延縄の枝縄がほぼ垂下するようになれば、前述のように構成される延縄漁具の釣針別漁獲は平均化するものと考え。

3. 1. 3. 延縄の形状と釣針別摂餌差

前項の小型延縄漁具による釣針別摂餌反応の実験結果に基づけば、カテナリー形状をなす幹縄上の各釣針に対する魚の摂餌反応は、幹縄中央部の釣針が最も良好であり、縄端の釣針

になるに従って不良となる。なお、その傾向は、幹縄の短縮が増加するほど顕著になり、摂餌差が大きくなる。このような釣針別摂餌現象は各釣針の幹縄上における配置に基づく摂餌障害度の差異に原因するものと考えられる。すなわち、魚類の摂餌現象には延縄の構造や状態に基づきプラスとマイナスとの効果が想定される。田村 (1963)⁵⁴⁾、黒木 (1957)⁵⁵⁾、(1960)⁵⁶⁾らの説によると、魚類は、その視覚、聴覚から考えてその受感々覚の主軸方向は魚体軸より多少上方へ向いていると論じている。従って、魚類は、延縄などの障害物に行き当たると、その姿勢を下向きにして下方に潜泳逃避する可能性が多くなるものと思われる。ゆえに、カテナリー形状をなす延縄において上方縄端の釣針の餌をねらった魚は旋回遊泳中に近くの幹縄や枝縄に遭遇して潜行するようになり、このためその魚は下方の釣針に行き当たり、再び摂餌の機会を持つことになる。なお、下方の釣針ほど幹縄や枝縄などの障害条件は少なくなり、自由に摂餌出来るのである。また、多くの魚類は餌を発見した時には、直ちに摂餌することなく、餌を充分偵察しながら旋回遊泳するものと考えられている。従って、ある釣針の餌をねらった魚は旋回中に左右に隣接する釣針の餌に遭遇し、摂餌の機会が多くなる。この現象は互に隣接する釣針の餌によって魚がその釣針に遭遇する確率を多くすることになり、その隣接する釣針は、縄端の釣針に対しては各1本であるが、その他内側の釣針に対してはすべて左右2本宛になるので、それらによる摂餌の誘発効果は、縄端の釣針がその内側の釣針より少なく(約半分位)なり、内側の釣針はいずれもほとんど等しくなるものと考えられる。このような延縄における釣針別摂餌差の現象は多くの漁業調査結果にも現われている。以上のような考慮に基づき、両者の関係を次のように検討した。

すなわち、前項の実験結果に基づく Table III-2~III-7 の資料について、各漁具の幹縄最深部とその他の部位との両釣針の摂餌差に対する最深部釣針の摂餌回数との割合(x)及びそれら両釣針の深度差に対する両釣針間の幹縄長との割合(y)を求め、これら x と y との関係を多くの実験資料によって調べた。その資料は各供試魚ごとに漁具の構造別、釣針別に整理し、それぞれ図示すると Fig. III-3, III-4 のようになる。これらの図において x と y との関係をいずれも近似的に直線的な関係になるとしてこれを最小自乗法によって計算した。 x と y との関係式、両者の相関係数(r)及びその有意性の検討のための *student* の t^* の値はそれぞれ次のようである。

アジの場合 (Fig. III-3)

釣針3本付け漁具

釣針1,3番と2番との関係

$$x = 1.21y + 0.31$$

$$r = 0.82, t = 3.24 > 2.571$$

$$(df = 5 \dots 5\%)**$$

釣針4本付け漁具

釣針1,4番と2,4番との関係

$$* : t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$$

** : () 内は各自由度(df)における1%または5%の基準を示す

$$x=0.92 \ y+0.14$$

$$r=0.87, t=7.46 > 2.878$$

$$(df=18...1\%)^{**}$$

釣針 5 本付け漁具

釣針 1, 5 番と 3 番との関係

$$x=1.25 \ y+0.09$$

$$r=0.80, t=5.364 > 2.878$$

$$(df=16...1\%)^{**}$$

釣針 2, 4 番と 3 番との関係

$$x=1.44 \ y-0.03$$

$$r=0.76, t=6.048 > 2.807$$

$$(df=23...1\%)$$

セホシズメダイ, クロホシイシモチの場合 (Fig. III-4)**

釣針 3 本付け漁具

釣針 1, 3 番と 2 番との関係

$$x=0.95 \ y+0.08$$

$$r=0.78, t=4.29 > 3.055$$

$$(df=12...1\%)^{**}$$

釣針 4 本付け漁具

釣針 1, 4 番と 2, 3 番との関係

$$x=0.55 \ y+0.15$$

$$r=0.74, t=3.81 > 3.055$$

$$(df=12...1\%)^{**}$$

釣針 5 本付け漁具

釣針 1, 5 番と 3 番との関係

$$x=0.59 \ y+0.13$$

$$r=0.89, t=5.63 > 3.355$$

$$(df=8...1\%)^{**}$$

釣針 2, 4 番と 3 番との関係

$$x=0.66 \ y+0.03$$

$$r=0.66, t=2.47 > 2.306$$

$$(df=8...5\%)^{**}$$

以上のように各漁具の実験資料に基づく, x と y との相関々係については, いずれの場合も 99~95% の信頼限界内で最深部釣針とその他の釣針との摂餌差は両釣針の深度差に比例することになる。

上記の関係式を一般的に示すと次のようになる。

$$x=\alpha y+\beta$$

この式の α, β は生物反応に基づく係数であり, α は, 漁具間ではその差が概して小さく, その構造差による影響の少ないことを示すが, 魚種間ではその差が比較的大きく, 各魚種による特徴的な傾向が窺知される.

また, β については, 縄端の釣針 (1, n 番の釣針) の場合にはいずれも概して大きくなっているが, その内側の釣針 (2 \sim ($n-1$) 番の釣針) の場合には極めて小さく 0 に近い. この

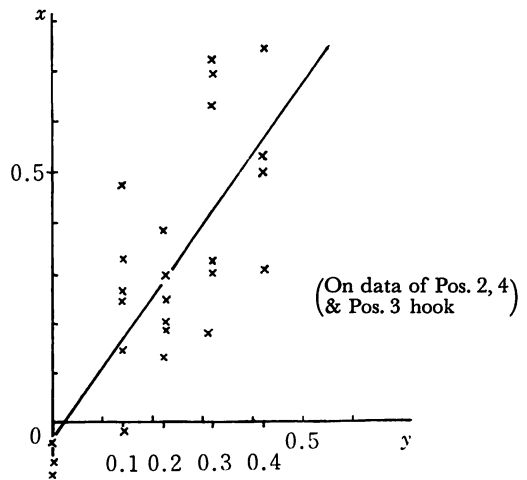
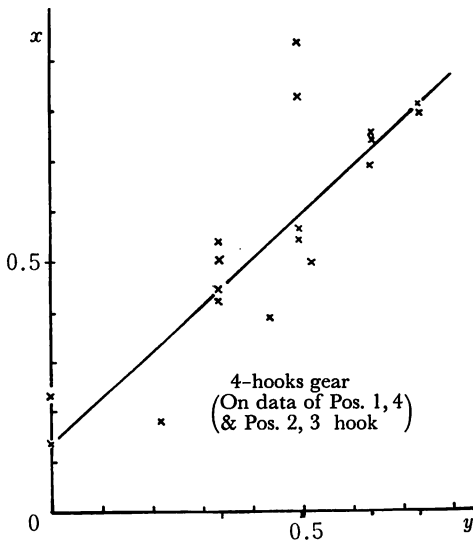
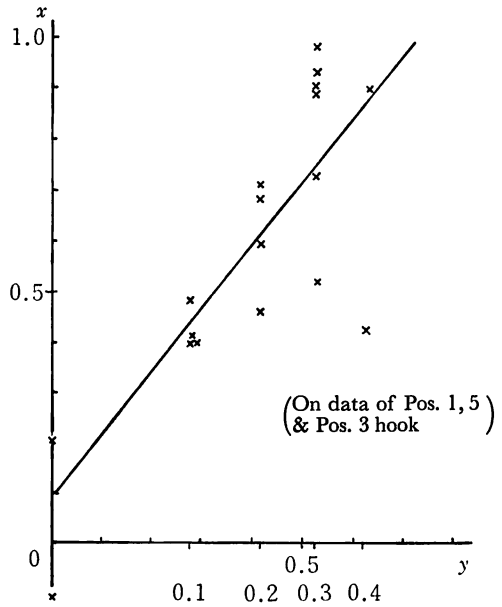
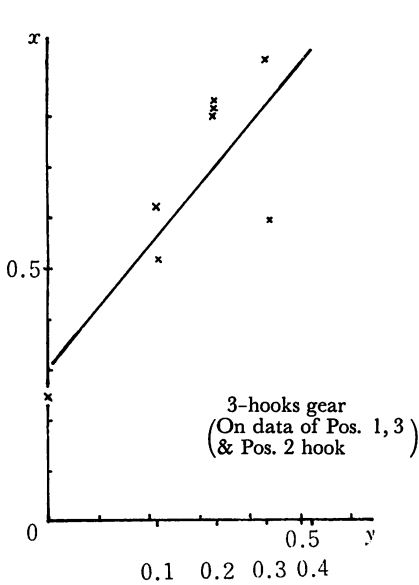


Fig. III-3a. Relation between x and y by experimental data of 3-hooks and 4-hooks gear for the horse-mackerel.

Fig. III-3b. Relation between x and y by experimental data of 5-hooks gear for the horse-mackerel.

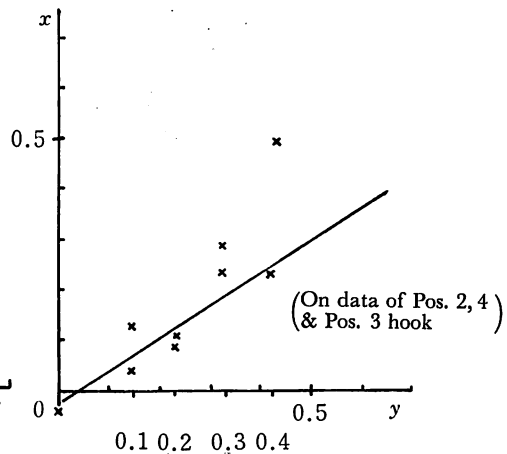
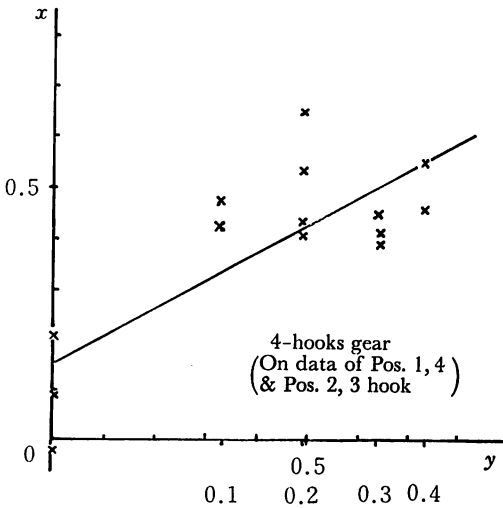
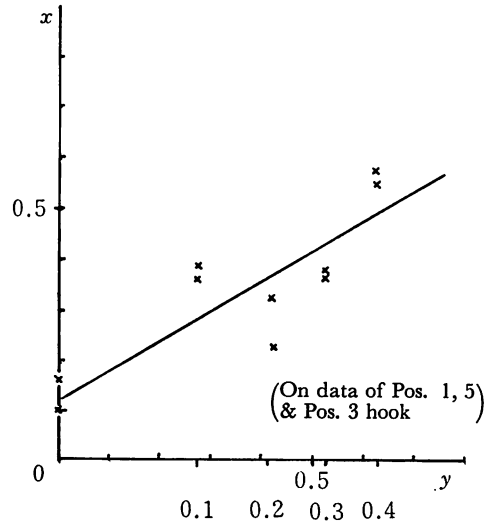
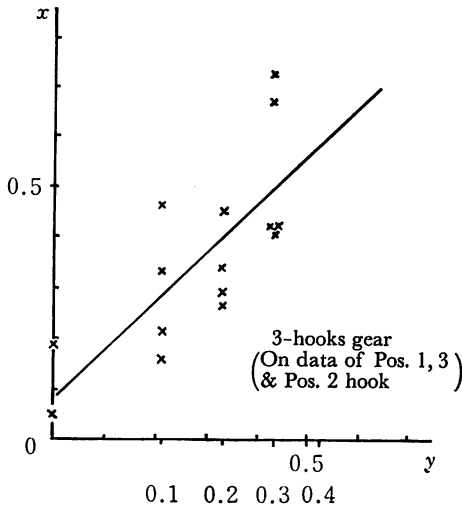


Fig. III-4a. Relation between x and y by experimental data of 3-hooks and 4-hooks gear for the *Pomacentrus dorsalis* & the *Apogon notatus*.

Fig. III-4b. Relation between x and y by experimental data of 3-hooks and 4-hooks gear for the *Pomacentrus dorsalis* & the *Apogon notatus*.

ことは、前述のように縄端の釣針に対する魚類の遭遇の確率がその他の釣針の場合よりも減少し、 β が比較的大きくなるのであり、また、その他内側の釣針に対する魚類の遭遇の確率はすべて互にほぼ等しくなって β は相殺され、理論的には 0 になることを示すものと考えられる。2番～ $(n-1)$ 番の釣針の場合における 3・1式は $\beta=0$ として次のようになる。

$$x = \alpha y$$

3・2

更に、 α に漁具の構造による影響が少ないことを考慮して各漁具による実験資料を総合検

討することが出来る。この資料を魚種別に区分し、縄端の釣針 (1, n 番の釣針) の場合について x, y の関係を図示すると Fig. III-5 のようになり、それらの関係式は次のようである。

アジの場合 (Fig. III-5の下図)

$$x = 0.95 y + 0.21$$

$$r = 0.77, t = 8.12 > 2.704$$

$$(df = 40 \dots 1\%)^{**}$$

セホシズメダイ, クロホシイシモチの場合 (Fig. III-5 の上図)

$$x = 0.63 y + 0.13$$

$$r = 0.71, t = 6.22 > 2.750$$

$$(df = 30 \dots 1\%)^{**}$$

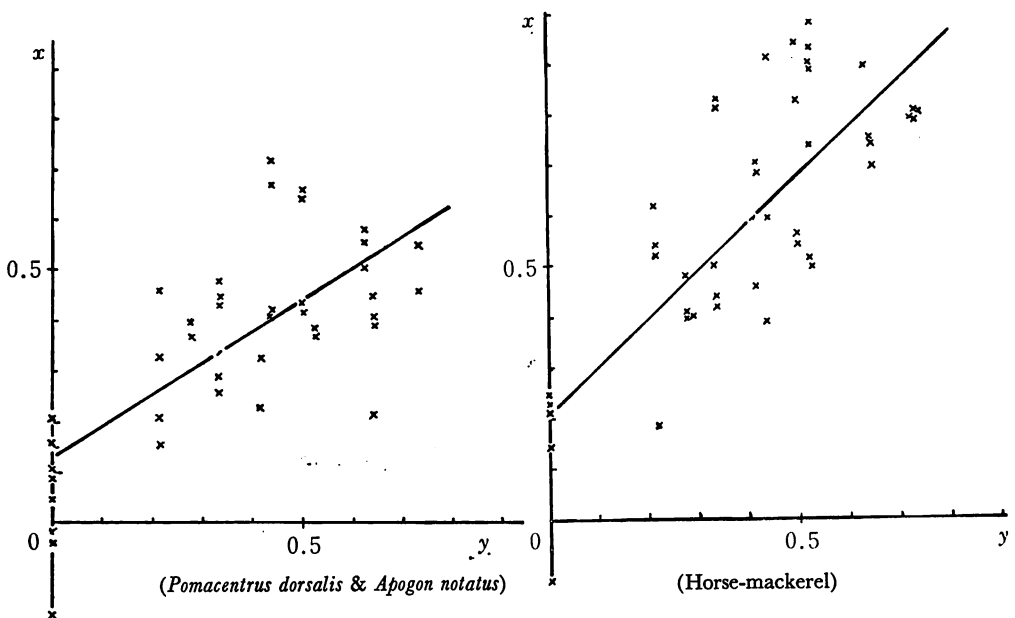


Fig. III-5. Relation between x and y by all experimental data of Pos. 1, (n) and Pos. $\frac{n}{2}, \left(\frac{n+1}{2}\right)$ hook on all long-line gears.

すなわち、これら関係式においても、 x と y との相関係数は 99~95% の信頼限界内で最深部の釣針とその他の釣針との摂餌差はその深度差に比例すると言える。また、これら両式において、 α は魚種によって明らかに相異している。ゆえに、延縄漁具の幹縄、枝縄などによる摂餌障害に対する魚類の反応度合は各魚種の習性によって異なるものと思われ、今回の実験結果では、アジの方がセホシズメダイなどより大であり、従って両釣針間の摂餌差が大きくなり、 α も大きくなったものと考えする。

結局、3・1式、3・2式において、 α は両釣針の深度差に基づいて生ずる幹縄などの摂餌障害

に対する魚類の反応度合によって相異なるものであり、 β は主として魚類が両釣針に遭遇する確率の差異によるものであると考えられる。

3. 1. 4. 延縄の釣針別摂餌差とその性能

前項で論述したように延縄漁具において、個々の釣針に対する摂餌反応がその幹縄の短縮による釣針の位置に基づいてそれぞれ相違するならば、延縄1鉢分の釣獲性能もその幹縄の短縮状態によって異なるものと考えられる。ゆえに、同一構造の延縄漁具を同時に用いても、その幹縄の短縮によってその総漁獲が相異なることになる。

1鉢の延縄において、その幹縄中央最深部の釣針は、幹縄、枝縄などによる摂餌障害が全くないものと考え、その釣針の摂餌回数 (P) を基準として縄端に至る各釣針に対する摂餌率を1番の釣針から順に a_1, a_2, \dots, a_n とすると、各釣針の摂餌回数 (B) は次のようになる。

$$B_i = a_i P \quad 3.3$$

但し、 $i: 1, 2, \dots, n$ 番の釣針

また、ある漁具、ある魚種について考えれば

3.1 式より

$$\alpha y_{1,n} + \beta = x_{1,n} = \frac{P - B_{1,n}}{P} = 1 - \frac{B_{1,n}}{P}$$

3.2 式より

$$\alpha y_{i'} = x_{i'} = \frac{P - B_{i'}}{P} = 1 - \frac{B_{i'}}{P}$$

但し、 $i': 2, 3, 4, \dots, (n-1)$ 番の釣針

ゆえに、各釣針に対する摂餌回数 (B) は次のようになる。

$$B_{1,n} = (1 - \alpha y_{1,n} - \beta) P \quad 3.4$$

$$B_{i'} = (1 - \alpha y_{i'}) P \quad 3.5$$

また、3.3 式より

$$a_{1,n} = 1 - \alpha y_{1,n} - \beta \quad 3.6$$

$$a_{i'} = 1 - \alpha y_{i'} \quad 3.7$$

これらの関係式によると、 B, a は幹縄の短縮に基づく y によって変化する。

なお、幹縄が水中でカテナリー形状をしていれば、その対象的な位置にある左右の釣針は、その構造上同様な条件となっているはずなので、両者に対する摂餌反応も理論的にはほぼ等しくなると考えられる。従って、延縄の各釣針の摂餌回数は次のような関係を生ずる。

$$B_1 = B_n = a_1 P = a_n P$$

$$B_2 = B_{n-1} = a_2 P = a_{n-1} P$$

$$B_3 = B_{n-2} = a_3 P = a_{n-2} P$$

$$(n \text{ が奇数のとき}): B_{\frac{n}{2}} = B_{\frac{n}{2}} = P = P$$

$$(n \text{ が偶数のとき}): B_{\frac{n+1}{2}} = B_{\frac{n+1}{2}} = P = P$$

また、延縄のカテナリ形状における最深部の釣針は、その釣針数 (n) が偶数の場合 2 本であり、奇数の場合 1 本である。ゆえに、延縄 1 鉢分の総摂餌回数は次のようである。

釣針数が偶数の場合

$$\begin{aligned}\sum_{n=1}^n B_i &= 2a_1P + 2a_2P + 2a_3P \dots \dots \dots 2a_{\frac{n}{2}-1}P + 2P \\ &= 2P(a_1 + a_2 + a_3 \dots \dots \dots a_{\frac{n}{2}-1} + 1)\end{aligned}$$

3・6, 3・7 式を代入すると

$$\sum_{n=1}^n B_i = 2P \left(\frac{n}{2} - \alpha y_1 - \alpha y_2 - \alpha y_3 \dots \dots \dots \alpha y_{\frac{n}{2}-1} - \beta \right) \quad 3 \cdot 8$$

釣針数が奇数の場合

$$\begin{aligned}\sum_{n=1}^n B_i &= 2a_1P + 2a_2P + 2a_3P \dots \dots \dots 2a_{\frac{n-1}{2}}P + P \\ &= 2P(a_1 + a_2 + a_3 \dots \dots \dots a_{\frac{n-1}{2}}) + P\end{aligned}$$

3・6, 3・7 式を代入すると

$$\sum_{n=1}^n B_i = 2P \left(\frac{n-1}{2} - \alpha y_1 - \alpha y_2 - \alpha y_3 \dots \dots \dots \alpha y_{\frac{n-1}{2}} - \beta \right) + P \quad 3 \cdot 9$$

なお、延縄 1 鉢における釣針 1 本当りの平均摂餌回数 (\bar{B}) は次のようになる。

釣針数が偶数の場合

$$\bar{B} = P \left(1 - \frac{2\alpha(y_1 + y_2 + y_3 \dots \dots \dots y_{\frac{n}{2}-1}) + 2\beta}{n} \right) \quad 3 \cdot 10$$

釣針数が奇数の場合

$$\bar{B} = P \left(1 - \frac{2\alpha(y_1 + y_2 + y_3 \dots \dots \dots y_{\frac{n-1}{2}}) + 2\beta}{n} \right) \quad 3 \cdot 11$$

これらの式において、右辺の第 2 項が小さくなれば、釣針 1 本平均の摂餌回数が大きくなる。このような延縄漁具が釣針別摂餌性能の良好な漁具である。なお、3・10, 3・11 式の右辺第 2 項を小さくする漁具の構造上の要素としては y と n とが考えられる。しかし、釣針数の定まった延縄漁具では幹縄の短縮に基づく y の変化にのみ支配されることになる。また、延縄の釣針数が少なくなると β の影響が比較的大きくなり、釣針 1, 2 本付け漁具では y の項がなくなる。

更に、実際漁場における浮延縄の釣獲率を 100 で割った釣針 1 本平均の釣獲尾数をこの実験の釣針 1 本平均の摂餌回数と同様にみなすと、 P に相当する幹縄最深部の釣針の釣獲尾数 (P') を算出することが出来る。この P' は前述のように幹縄、枝縄など漁具自身の摂餌障害の影響のない目的魚自身の摂餌反応に基づく釣獲尾数であると考えられる。ゆえに、この P' は漁場における魚群の密度によって変化するものであり、漁場の評価は厳密にはこのようにして求めた P' によるべきであると考え。また、現在用いられている釣獲率は、浮延

縄の各釣針がすべて同等な釣獲性能であることを仮定条件として論ぜられている。しかし、前述のようにカテナリー形状をなす延縄の各釣針に対する摂餌反応は決して同一条件となっていないのである。ゆえに、全く同じ仕様で造られた延縄漁具でも、両者の幹縄の短縮を等しくし、対象となる釣針の深度が互に等しくなるように投縄されない限り、両漁具の摂餌性能が等しくなると言えないのである。よって、現在広く用いられている釣獲率だけによって漁具性能、漁場評価、漁場資源、漁況などを論ずることについては今後更に充分な検討をなす必要がある。

3. 2. マグロ延縄の釣針別漁獲差

延縄漁具は、前項までに論述したようにその水中形状に基づき個々の釣針に対する摂餌反応が明らかに相異しており、実際のマグロ漁場の操業結果において前述のような釣針別の漁獲差が生ずるものと想定されるので、これについて各海域の漁場における調査資料の解析検討を行なった。

3. 2. 1. 各漁期、各漁場における釣針別漁獲差

マグロ延縄漁具の釣針別漁獲率と釣針深度に関し、1951～1956年の6カ年間における各調査機関の漁獲資料を集めて、漁具ごとに整理してTable III-8に示した。なお、この調査資料における延縄漁具の構造は釣針4本、5本、6本付けの各種漁具である。漁場についても、それぞれ海況条件の相違が考えられるので、その資料は太平洋及び印度洋にわたる広い海域の漁場におけるものを別々に示す。また、釣獲率は1航海の全操業における延使用鉢数に対するものである。1航海の操業回数は表示の通りであり、操業1回当りの使用鉢数は船によって異なるも、ほぼ300～400鉢位であるので、表中の釣針別釣獲率は相当の信頼度を持つものと考ええる。なお、釣針の深度は幹縄の平均短縮率に基づくカテナリーの計算による値と釣針のケミカル・チューブによる測定値とであり、これにより一応釣針別の相対的の深度差が想定出来る。

Table III-8によれば、いずれの調査結果も幹縄の中央に位置する釣針の漁獲が最も高率となっており、幹縄両端の浮標に近接する釣針ほどその漁獲は低率となっている。また、釣針5本付け漁具の場合、各漁場別に総体的な釣獲率の差があっても、幹縄のカテナリー形状における対称的な釣針（針番号の1番と5番、2番と4番）の釣獲率はいずれの漁場においても互に極めて類似している。ゆえに、調査機関によってはこの対称的な釣針の漁獲資料を同じように取扱って整理しているところもある。この表においても、釣針4本、6本付け漁具の資料はそうように取扱われたものである。

しかして、マグロ延縄における上記のような釣針別の漁獲差は漁期、漁場のいかにかわらず極めて必然的な現象のようである。従って、このような釣針別漁獲差の原因は、時間的、空間的な環境条件すなわち遊泳層の差異などに関係なく、幹縄上の対称的な釣針の釣獲率が互に類似している点より考えて、むしろ、幹縄のカテナリー形状に基づく、釣針の配置によるものと考えるのが妥当のようである。なお、幹縄のカテナリー形状により個々の釣針はTable III-8のように必然的にその深度を異にしている。また、釣針別漁獲差は前記のような幹縄上の釣針配置による漁獲差を無視するならば、魚群の鉛直的な密度差における釣

Table III-8. Average hooked rates of tuna* and depth for each hook of long-line gear. A. Results by 5-hooks gear.

Fishing ground (Mark)	1°~ 6°N 153°~170°E (A)	3°~ 5°N 140°~142°E (B)	9°5'~12°5'N 116°~145°E (C)	0°~ 8°N 174°~176°E (D)	6°~ 14°5'N 95°~104°E (E)	5°N~15°S 41°~52°E (F)
Term	1951. 1. 17 2. 27	1953. 9. 3 10. 3	1954. 11. 15 3. 24	1955. 7. 24 9. 28	1956. 1. 12 3. 5	1955. 11. 7 56. 2. 11
Hook pos.	H. R.**	Dep.***	H. R.	Dep.	H. R.	Dep.
(1)	1. 393	—	1. 262	83	2. 609	78~ 81
(2)	3. 697	—	2. 391	123~124	7. 596	109~115
(3)	5. 572	—	3. 303	141~152	8. 926	123~134
(4)	3. 862	—	2. 293	123~124	7. 033	109~115
(5)	1. 066	—	1. 143	83	2. 864	78~ 81
No. of fish	907	402	900	1417	1135	1239
Times of fishing	18	9	31	30	15	30
Vessel	Fuji Maru	Miyazaki Maru	Miyazaki Maru	Sinyo Maru	Keitan Maru	Daifuji Maru

B. Results by 6-hooks gear.

Fishing ground (Mark)	2°~ 9°N 160°~177°E (G)	0°5'N~ 10°S 121°~126°5'E (H)	H. R.	Dep.
Term	1951. 6. 17 9. 2	1952. 6. 21 8. 13		
Hook pos.	H. R.	Dep.	H. R.	Dep.
(1), (6)	1. 576	—	3. 228	72~ 81
(2), (5)	2. 664	—	3. 284	103~120
(3), (4)	4. 172	—	4. 417	110~141
No. of fish	2204	193		
Times of fishing	39	7		
Vessel	Sagami Maru	Kagoshima Maru		

C. Results by 4-hooks gear.

Fishing ground (Mark)	10°5'~ 12°5'S 118°~121°5'E (I)	6°~ 14°5'N 95°~104°E (J)	5°N~15°S 41°~52°E (K)
Term	1953. 10. 28 12. 10	1956. 1. 12 3. 5	1955. 11. 7 2. 11
Hook pos.	H. R.	Dep.	H. R.
(1), (4)	3. 561	84	4. 691
(2), (6)	4. 996	112	6. 927
No. of fish	846	227	2699
Times of fishing	17	15	30
Vessel	Iwate Maru	Keitan Maru	Daifuji Maru

*: Yellow-fin tuna, Big-eyed tuna, Albcore, **: Hooked rate, ***: Depth (m)

Remark: By the catch data from some examination facilities.

針の深度差に原因するのであるとも考えられる。このような考え方に基づいてマグロ類の遊泳層を推測した報告書もある。しかし、Table III-8 における釣針別の深度差はほぼ 30~70m 位であり、この程度の深度差によってマグロ類の鉛直的な遊泳密度が異なり、表値のように極めて明瞭な釣針別漁獲差の生ずることは、疑問であると考えるので、このことについて実験的に検討するため次のような試験操業を行なった。

3. 2. 2. 釣針別漁獲差の実験的検討

マグロ延縄の釣針別漁獲差の原因が、その幹縄の水中形状に基づくものか、マグロ類の遊泳密度差によるものかについて、練習船敬天丸により 1956 年 1 月に印度洋漁場で Fig. III-6 のような漁具を用い操業試験を行なった。

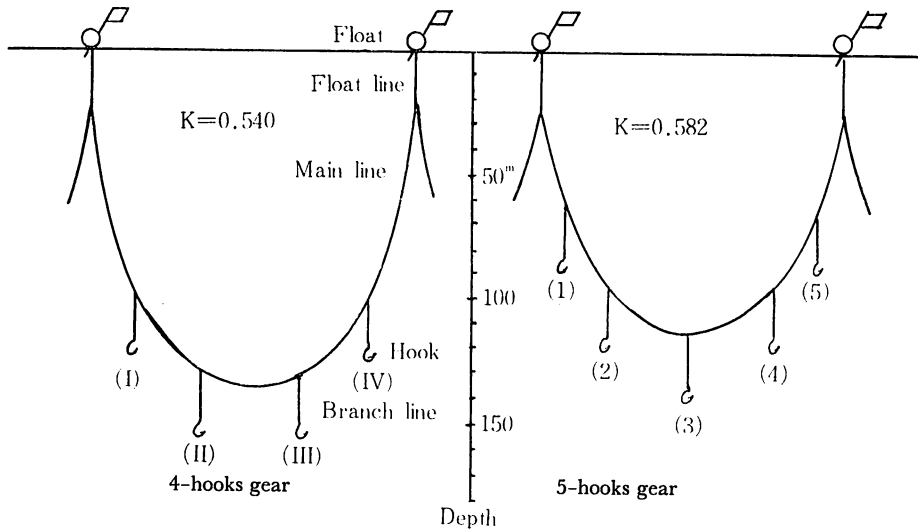


Fig. III-6. Forms of catenary of tuna long-line in the sea-water.

この操業では図示のような釣針 4 本、5 本付け漁具を同時に併用した。この場合における漁場の環境条件は時間的にも、空間的にもほとんど同一とみなされる。また、実験漁具の構造は、釣針 4 本付け延縄の場合浮縄に近い部分の枝縄までの長さを他の 2 倍とし、幹縄を約 280m とし、釣針深度をなるべく深くするように作製した。釣針 5 本付け延縄は常用縄であり、幹縄長を 240m に作った。なお、操業実験では毎回釣針 4 本付け漁具を常用縄約 300 鉢中に任意に混用した。その実験結果として互に相接する両漁具各 50 鉢分の漁獲資料を Table III-9 に示した。この表の釣針 4、5 本付け漁具の漁獲資料に基づいて、両漁具間の毎回の漁獲差とその平均・標準偏差とを求め、両者の漁獲差の有意性について検定した。その結果両漁具間に総漁獲尾数の優劣はほとんど認められないのである。

釣針別漁獲差 釣針 4 本、5 本付け漁具の水中形状に伴う最深部の釣針は (II)、(III) 及び (3) であり、これら 3 組の釣針に関する毎回の漁獲の平均値について有意の差を検定した。その結果、これら 3 組の釣針別漁獲には、それぞれ差があるとはいえない。また、両漁具の釣針 (1)、(IV) と (2)、(4) とについて、毎回の漁獲差の有意性を検定した。こ

Table III-9. Results of tests operated with 4-hooks gear and 5-hooks gear. (1956)

Date	4-hooks gear (X)					5-Hooks gear (Y)				
	Hook position				Total	Hook position				Total
	(I)	(II)	(III)	(IV)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Feb. 3	2	7	6	1	16	2	4	8	6	3
" 4	4	6	5	5	20	3	2	4	2	2
" 5	5	3	5	1	10	2	2	2	2	1
" 6	1	6	5	3	19	1	3	5	7	2
" 7	3	1	4	4	12	2	1	11	4	4
" 8	3	12	6	2	23	1	10	9	5	3
" 10	3	5	5	1	14	0	6	4	1	3
" 11	3	6	8	5	22	1	3	4	8	1
" 12	5	6	5	1	17	1	3	4	6	3
" 13	4	9	7	2	22	1	5	6	5	2
" 14	4	7	8	3	22	2	8	4	7	4
" 15	4	5	2	1	12	2	2	4	4	0
Total	41	73	66	29	209	18	49	67	55	28
										217

Remark: Results show the catch by 50 baskets respectively.

の場合、各釣針は漁具ごとに同一条件にあると考えられるので、漁具別に2組の資料となし、その差の有意性について検討した。それによると両組間には漁獲上の差があると考えられる。すなわち、釣針5本付け漁具の(2)、(4)の釣針が4本付け漁具の(I)、(IV)の釣針よりも多く漁獲されたことになる。

以上のような両漁具の釣針別漁獲差に関する検討において、釣針4本付け漁具には比較的漁獲効率の良い釣針が2本あり、また、5本付け漁具には概して漁獲率の悪い釣針が2本あることになり、結局、前述のように両漁具は、釣針数が異なっても、両者の総漁獲はほとんど相違しなくなったものと思う。このような結果は能率的な延縄漁具の作製に参考になるものと考えられる。

釣針の深度差 釣針4本、5本付け漁具の各釣針の深度は、各漁具ごとに水中のカテナリ一形状に基づき、それぞれ対称的位置にある釣針が互に同深となっている。また、漁具別には釣針(I)、(II)の深度は計算上それぞれ釣針(2)、(3)の深度より大きくなるのである。

前述のような釣針別の漁獲差と深度差とについて総合的に検討すると、釣針4本、5本付け両漁具の最深部の釣針(II)、(III)及び(3)は、漁具別に相当の深度差があるのに、それらの漁獲には差異が認められないのである。また両漁具の中間深度の釣針は、5本付け漁具の釣針(2)、(4)の方が4本付け漁具の釣針(I)、(IV)よりも浅いにもかかわらず、前者の釣針が後者の釣針よりも好漁となっている。なお、これらの漁具は前述のように同一漁場において、同時に互に接続して操業試験を行っており、ゆえに、個々の釣針に対する環境条件及び魚群密度はほとんど同様であるとみなされ、上記のような釣針別漁獲差の現象についてその操業環境の影響があるようには考えられないのである。

しかるに、この操業試験の場合、釣針4本、5本付け両漁具各について釣針別漁獲差を観察すると、前項で論じたようにいずれも釣針深度が大きくなるに従って好漁となるが、両漁具の釣針別の漁獲資料を一緒にして釣針の深度別漁獲差を検討すると、必ずしも釣針の深さに従って好漁になっていない。ゆえに、釣針の絶対深度と深度別漁獲差とは余り関係のないものとする。しかし、この点について更に充分な実験的検討をなす必要があると考えたの

で、次のような操業試験を行なった。

3. 2. 3. 延縄の深度と釣針別漁獲差

前項までの実験では、マグロ延縄の各釣針の深度差はその幹縄の水中形状と構造とにより生じているが、この実験では特に浮縄の長さを変え、各漁具間において互に対象的位置にある釣針の深度を変えて実験し、その漁具別、釣針別漁獲について検討した。

この操業実験は 1961 年 1 月印度洋漁場に実習船、かごしま丸で出漁の際に行なった。漁場は Table III-10 に示す A, B, C 海域である。A 漁場は北緯海域のマルジブ諸島西方にあり、B 漁場はその東方にあり、C 漁場はそれから南下した南緯海域となっている。ゆえに、これらの漁場における操業実験の条件は時間的にも、空間的にも相当異なっている。この操業に用いた漁具は 4 本付け延縄であり、その浮縄は 20, 27, 38m の 3 種の長さに設定し、毎回これらの浮縄を用いた漁具を同時に併用した。この操業実験の結果を漁場別に示すと Table III-10, Fig. III-7 のようである。

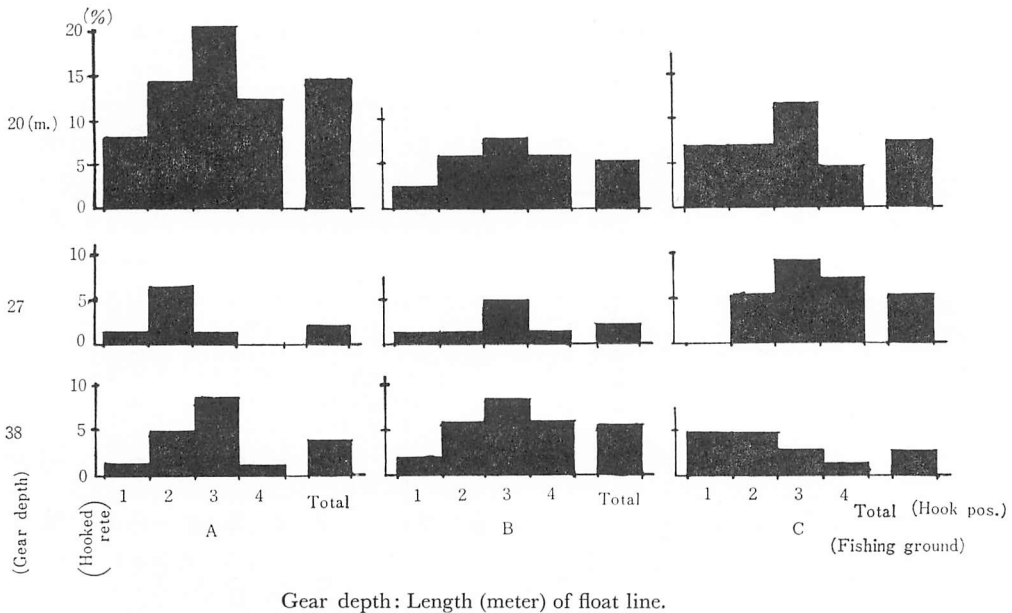


Fig. III-7. Hooked rates by hook No. and gear depth in A, B & C fishing grounds.

これらの図表によれば、A, B, C のいずれの漁場においても、各漁具ごとの釣針の深度別漁獲は、その幹縄の中央最深部に近い釣針ほど好漁となっている。この現象は前項までに述べた傾向と全く同様である。しかし、Fig. III-7 において各浮縄の深度による漁具別漁獲は、総体的にはむしろ水深の浅い浮縄 20m の漁具の場合が好漁となっている。なお、漁場別にはそれぞれ多少異なっているようであるが、区分した漁具の内では好漁となっているものは、A 漁場では浮縄 20m の浅い延縄であり、B 漁場では浮縄 38m の深い延縄であり、C

Table III-10. Results of tests operated with various lengths of float line in tuna long-line.

Fishing ground	Setting position (Lat. & Long.)	Date	Length of float line																	
			20 meters				27 meters				38 meters									
			H*	Catches of each hook position			Total	H*	Catches of each hook position			Total	H*	Catches of each hook position			Total			
				1	2	3			4	1	2			3	4	1		2	3	4
A	4°-01' N	1961 Jan. 4	44	2	4	3	3	12	72	1	1	0	1	3	68	1	1	3	1	6
	70°-20 E	" 5	76	1	1	3	1	6	72	0	1	2	1	4	32	0	2	1	0	3
	3°-17 N	" 6	72	1	2	4	2	9	56	0	1	2	1	4	68	2	0	1	1	4
	70°-44 E	" 6	72	1	2	4	2	9	56	0	1	2	1	4	68	2	0	1	1	4
	3°-29 N	" 6	72	1	2	4	2	9	56	0	1	2	1	4	68	2	0	1	1	4
	70°-55 E	" 6	72	1	2	4	2	9	56	0	1	2	1	4	68	2	0	1	1	4
	Total		192	4	7	10	6	27	200	1	3	4	3	11	168	3	3	5	2	13
	Hooked rate (%)			8.3	14.6	20.8	12.5	14.2		2.0	6.0	8.0	6.0	5.5		7.1	7.1	11.9	4.8	7.7
B	3°-57' N	1961 Jan. 9	80	1	2	1	0	4	80	0	1	1	0	2	80	0	0	3	2	5
	76°-09 E	" 10	76	0	1	0	0	1	80	1	0	1	1	3	80	0	3	1	2	6
	5°-03 N	" 21	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	0	1	56	0	0	1	0	1
	76°-09 E	" 21	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	0	1	56	0	0	1	0	1
	2°-14 N	" 21	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	0	1	56	0	0	1	0	1
	75°-31 E	" 21	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	0	1	56	0	0	1	0	1
	Total		236	1	4	1	0	6	240	1	1	3	1	6	216	0	3	5	4	12
	Hooked rate (%)			1.7	6.8	1.7	0	2.5		1.7	1.7	5.0	1.7	2.5		5.6	9.3	7.4		5.6
C	2°-16' N	1961 Jan. 23	80	0	2	3	0	5	80	0	1	2	1	4	76	0	1	0	0	1
	77°-56 E	" 24	80	1	1	3	0	5	80	1	3	3	2	9	32	1	0	0	0	1
	3°-53 N	" 26	80	0	0	1	1	2	80	1	1	1	1	4	84	1	1	2	1	5
	77°-59 E	" 27	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	1	2	80	1	1	0	0	2
	3°-57 N	" 27	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	1	2	80	1	1	0	0	2
	78°-22 E	" 27	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	1	2	80	1	1	0	0	2
	3°-48 N	" 27	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	1	2	80	1	1	0	0	2
	77°-52 E	" 27	80	0	1	0	0	1	80	0	0	1	1	2	80	1	1	0	0	2
	Total		320	1	4	7	1	13	320	2	5	7	5	19	272	3	3	2	1	9
	Hooked rate (%)			1.3	5.0	8.8	1.3	4.8		2.5	6.3	8.8	6.3	5.9		4.4	4.4	2.9	1.5	2.9
	All total		748	6	15	18	7	48	760	4	9	14	9	36	656	6	9	12	7	34
	Hooked rate (%)			3.2	8.0	9.6	3.7	6.1		2.1	4.4	7.7	4.7			3.7	5.5	7.3	4.3	5.2

*: Total hooks used

漁場では浮縄 27 m の中間水深の延縄となっている。また、浮縄の浅い漁具と深い漁具との深度差は約 18 m であり、一方、同一漁具内の釣針別深度差は、その幹縄の短縮率によって算出すると 15~20 m くらいである。

ゆえに、浅い漁具の深い釣針と深い漁具の浅い釣針との絶対水深はほぼ等深となるのに、両者の漁獲差は極めて大きく、前者の釣針が非常に好漁となっている。このことは深さの異なる漁具間において互に等深となる釣針の漁獲が異なっていることであり、一漁具内の釣針の深度別漁獲差が各釣針の絶対深度とは何ら関係のないことを意味するのである。また、各漁具の深度別漁獲は各漁場によって相当異なっており、一様な傾向となっていないのである。しかし、これらの漁具は同一構造であり、マグロ類の摂餌反応はほぼ同様であると考えられるので、漁具の深度別漁獲差はマグロ類の鉛直的な分布密度の差によるものであると考えられる。ゆえに、今回の場合も各漁場によってマグロ類の遊泳層に深度差のあることが認められる。

以上のようにこの操業試験では、一漁具の釣針の深度別釣獲と各漁具の深度別漁獲差とは必ずしも同様な傾向を示さないのである。ゆえに、同一漁具内の釣針の深度別漁獲差だけによって、マグロ類の鉛直的な遊泳層を推測することは妥当でない。その漁獲差はむしろ延縄そのものの構造や、幹縄形状に基づくものであると考えるべきであろう。すなわち、前項の小型延縄漁具における実験結果のような幹縄のカテナリー形状に基づく枝縄、釣針の配置上の差異が釣針別の摂餌反応を変え、このような釣針別釣獲差を生ずるようになったものと考えるのが適当であろう。

3. 3. マグロ延縄の構造別漁獲差

前項までの実験研究では、延縄漁具 1 鉢分における個々の釣針に対する漁獲について論じたが、前の 3. 1. 3 項において記述したように釣針 2 本以上の延縄漁具では、各釣針の餌料相互間による摂餌効果や各釣針の幹縄上の位置による摂餌差などが考えられるので、実際のマグロ延縄操業においてもそのような結果に基づいて、漁具の構造別漁獲差が認められるかどうかについて釣針数の異なる延縄漁具の比較実験を同時に同一海洋条件下で実施検討した。

3. 3. 1. 釣針 4 本、5 本付け延縄漁具の比較実験

この操業実験の結果は前項の Table III-9 のようである。この表における釣針 4 本、5 本付け漁具の漁獲資料に基づいて、両漁具による操業ごとの釣獲率の差 (Δ) 及びその差の平均値 (\bar{x})、標準偏差 (s) を求めて、両漁具間における漁獲差の有意性について検定した。

$$t = \frac{|\bar{x} - m|}{s} \sqrt{n} = 2.257 > 2.201$$

$$(df=11 \dots 5\%)**$$

$$m = \bar{x} \pm \sqrt{\frac{s}{n}} \quad t = 1.40 \pm 1.37$$

$$(df=11 \dots 5\%)**$$

この計算値によれば、95%の信頼限界で釣針4本付け漁具の釣獲率は、釣針5本付け漁具のそれより高率となり、前者の漁獲性能は総合的に良好であると言える。

このような結果は釣針4本、5本付け両漁具における個々の釣針に対する漁獲の良否に起因するものであると考えられる。すなわち、3. 2. 2. 項において論述したように、釣針4本付け漁具の(Ⅱ)、(Ⅲ)番の釣針と5本付け漁具の(3)番の釣針とは両漁具の全釣針中で最も好漁であり、これら釣針の漁獲差はほとんど認められず、釣針5本付け漁具の(1)、(5)番の釣針と4本付け漁具の(Ⅳ)番の釣針とは全釣針中で最も不漁となっている。結局、釣針4本付け漁具は、5本付け漁具に比して漁獲効率の良い釣針が多く、効率の悪い釣針が少ないことになり、これらの好条件が総合されるので、上記のように釣針数の少ない4本付け漁具と5本付け漁具との漁獲に優劣が認められない結果になったものと思われる。

3. 3. 2. 釣針2本～5本付け延縄漁具の操業比較

前項と同じ目的で、練習船かごしま丸によって1961年の1月と8月との2回にわたる印度洋漁場におけるマグロ延縄操業の際に、釣針2本～5本付け延縄を使用して比較実験がなされた。

実験漁具 この操業実験に用いた漁具は釣針2本、3本、4本、5本付け延縄の4種類で

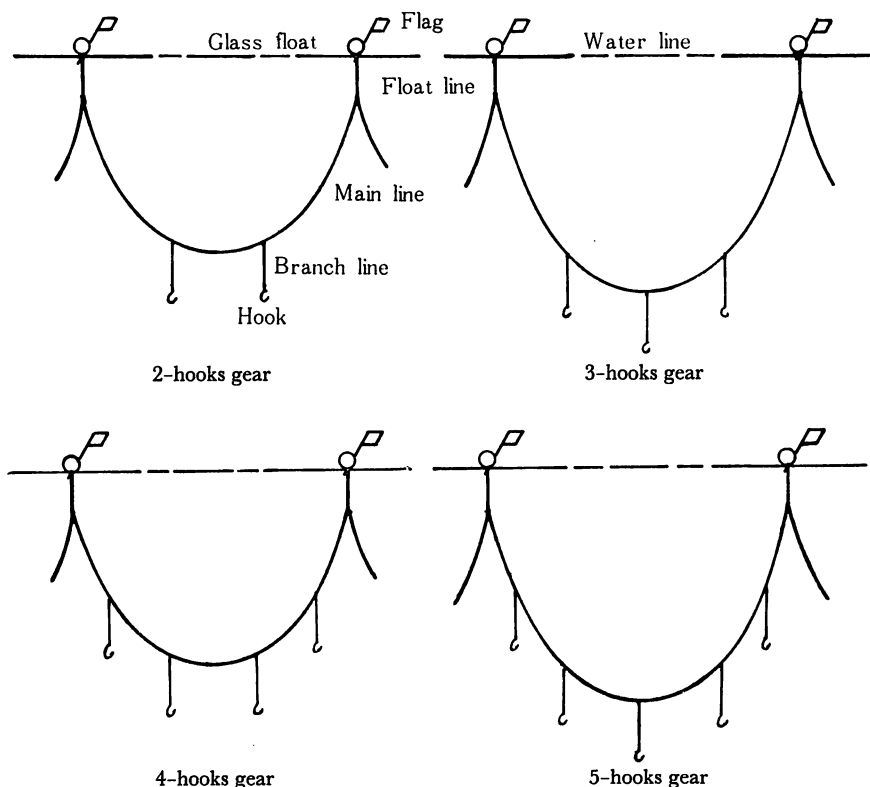


Fig. III-8. Forms of tuna long-line gear for one basket.

ある。その内の釣針 4 本, 5 本付け延縄漁具は, かごしま丸が常時使用しているものであり, 釣針 2 本, 3 本付け延縄漁具は前記の釣針 4 本, 5 本付け両漁具の幹縄両端近くにある枝縄と釣針を除去した構造のものである。なお, これらの延縄の浮縄は約 20 m, 枝縄は約 20 m, 枝間は 38~45 m であり, 各漁具 1 鉢分の構造は Fig. III-8 のようである。

実験方法 この操業実験においては, 季節的な漁場条件などの相異も考慮されるので, 1 月と 8 月との 2 回にわたるかごしま丸の実習航海において実施した。また, 操業に当っては, なるべく同一条件の下で実験するようにするため, 前記各種漁具を毎回同時に相接して連結し投縄したのである。

実験結果と考察 前記操業実験の結果を整理して航海別に表示すると Table III-11 及び Table III-12 のようになる。これらの実験結果は印度洋のマグロ漁場におけるものであり, 表示のようにその漁獲魚種は, マグロ類が最も多く, その大部分を占めているので, 各漁具の漁獲性能の検討はすべてマグロ類の漁獲資料に基づいて以下論述することにした。Table III-11, III-12 とにおいて, まず釣針 4 本付け漁具と釣針 5 本付け漁具との漁獲上の優劣について航海別に次のような検討を試みたのである。

1 月と 8 月との両航海において, 操業ごとの両漁具間の総漁獲に対する釣獲率の差及びその差の平均値と標準偏差とを求めて, 釣獲率の差の有意性について検定した。

(1 月の漁獲資料): $t_1 = 3.436 > 3.355$

$(df = 8 \dots 1\%)^{**}$

(8 月の漁獲資料): $t_2 = 3.937 > 3.250$

$(df = 9 \dots 1\%)^{**}$

これらの値により各航海とも両漁具間の釣獲率の差は明らかである。なお, これらの場合における m_1 と m_2 とのそれぞれの範囲を計算すると

$m_1 = 3.15 \pm 3.08$

$(df = 8 \dots 1\%)^{**}$

$m_2 = 1.93 \pm 1.59$

$(df = 9 \dots 1\%)^{**}$

となるので, 99% の信頼限界において, いずれの航海も釣針 4 本付け漁具は, 5 本付け漁具に比してその釣獲率が高率であり, 漁獲性能が良好であると言える。

上記の実験結果に基づいて, 釣針 2 本, 3 本付け両漁具の漁獲性能についても次のような検討を行なった。前述のように釣針 4 本, 5 本付け両漁具の漁獲性能は, 前者の漁具が良好となっているので, 釣針 2 本, 3 本付け両漁具の漁獲性能については釣針 4 本付け漁具の性能とそれぞれ比較検討する。釣針 2 本付け漁具は 8 月の航海における 7 回の操業結果を用い, 釣針 3 本付け漁具は 1 月, 8 月の操業を合せて 9 回の結果を用いた。釣針 2 本, 4 本付け両漁具間の t_3 と釣針 3 本, 4 本付け両漁具間の t_4 とを計算すると

$t_3 = 0.845 < 2.262$

$(df = 8 \dots 5\%)^{**}$

$t_4 = 0.6121 < 2.441$

$(df = 6 \dots 5\%)^{**}$

Table III-11. Results of test operated with various gears in January 1961.

Date	Station (Lat. Long.)	No. of Baskets	Species	3-hooks gear			4-hooks gear			5-hooks gear				
				Hook pos.		T. H.R.	Hook pos.		T. H.R.	Hook pos.				
				1	2		1	2		1	2	3	4	5
1960 Dec. 30	7°-40' N 53°-01' E	20	Tuna Marlin Shark				1	1	1	3 3.75 2 2.50		1		1 2 2.00 1 1.00 2 1 8.00
1961 Jan. 4	3°-55' N 70°-33' E	40 (3-H.G.) 15	Tuna Marlin Shark	2	2	6 13.3	7	3	4 4 1 1 0.62 1 1 0.62	14 8.75 2 2 1 1 0.62	2 3	3	3	2 10 5.00 2 2
"	3°-29' N 57°-54' E	30	Tuna Marlin Shark	4	5	1 10 11.11 2 2.22 2 1 2 2.22	3	5	5 2 15 12.50 4 3.33 1 1 1 0.83	1 2	2	2	2	7 4.67 2 3 2.00
"	4°-05' N 76°-21' E	40	Tuna Marlin Shark				2	2	3 5 3.13 1 1 3 5 3.13 1 1 3 1.88	1 1 1 1 1 1 1 1 1	1	1	1	3 1.50 3 1.50 3 1.50
"	5°-11' N 75°-27' E	30	Tuna Marlin Shark				3	3	3 1 10 8.33 3 1 3 7 5.00 1 2 2 5 4.17	1 2 2 2 2 3 2 2 3	1	2	2	1 0.67 6 4.00 5 3.33
"	2°-13' N 77°-51' E	40	Tuna Marlin Shark				1	2	1 4 8 5.00 1 3 4 2.50	2 3	2	3	2	1 8 4.00
"	3°-56' S 77°-38' E	50	Tuna Marlin Shark				1	5	3 1 10 5.00 1 4 5 2.50 1 1 0.50	3 2 2 1 1 1 1 1 1	2	2	3	10 4.00 5 2.00 2 3 1.20
"	5°-00' S 77°-59' E	40	Tuna Marlin Shark				3	3	2 8 5.00 2 1 3	1 3	1	3	1	5 2.50 3 1.50 2 1.00
"	3°-47' S 77°-52' E	40	Tuna Marlin Shark				2	2	2 6 3.75 1 2 1.25 1 1 0.63	1 1 1 1 1 1 1 1 1	1	1	2	1 5 2.50 3 1.50 2 1.00
Total				6	7	3 16 11.85 1 1 2 1.48 1 1 3 2.22	11	30	19 13 73 55.3 6 2 15 30 2.27 4 1 5 12 0.91	6 11 13 3 5 4 5 9 4	13 13	8	51	3.09 22 1.33 26 1.58
Hooked rate				13.33	15.56	6.67	3.33	9.09	5.76	3.94	1.82	3.33	3.94	2.42
				2.22	2.22		2.12	1.82	0.61	4.55	0.91	1.52	1.21	1.82
				2.22	2.22	2.22	0.61	1.21	0.30	1.52	1.51	2.73	1.21	0.91 1.51

T.: Total, H.R.: Hooked rate.

Table III-12. Results of test operated with various gears in August 1961.

Station Date (Lat. Long.)	No. of Species Baskets	2-hooks gear			3-hooks gear			4-hooks gear			5-hooks gear				
		Hook pos.	T. H.R.	Hook pos.	Hook pos.	T. H.R.	Hook pos.	Hook pos.	T. H.R.	Hook pos.	Hook pos.	Hook pos.	Hook pos.	T. H.R.	T. H.R.
1961 11-°48' S Aug. 114-45 E 5	Tuna 25 Marlin E Shark	1 2 3 6.00 3	3 4.00 1	1 2 3 4	1 2 3 4	1 5 5.00 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1.00	3 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	3 2.40 2 1.60 1 0.80	3 2.40 2 1.60 1 0.80
" 18-50 S 8 114-49 E	Tuna 25 Marlin E Shark	1 1 2 4.00 1	2 5 6.66 1	3 2	1 1 1.00	1 1 1.00	1 1 1.00	1 1 1.00	1 1 1.00	3 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	4 3.20	4 3.20
" 13-22 S 11 116-28 E	Tuna 30 Marlin E Shark	1 1 2 3.33 1	1 1 3 3.33	1 1 1	1 1 1.33	1 1 1.33	1 1 1.33	1 1 1.33	1 1 1.33	2 3	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 1.33 1 0.67	2 1.33 1 0.67
" 11-19 S 12 117-20 E	Tuna 25 Marlin E Shark	1 1 2.00 1	2 1 4 5.33 1	1 1 1	1 1 1.33	1 1 1.33	1 1 1.33	1 1 1.33	1 1 1.33	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	3 2.40 1 0.80	3 2.40 1 0.80
" 10-36 S 13 117-03 E	Tuna 25 Marlin E Shark	7 1 8 16.00 6	2 8 10.69 1	3 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 3	2 3 2	1 1 1	1 1 1	8 6.40	8 6.40
" 10-23 S 14 117-29 E	Tuna 25 Marlin E Shark	2 1 3 6.00 3	5 3 11 14.66 1	5 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	6 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	7 5.60	7 5.60
" 10-20 S 16 118-11 E	Tuna 30 Marlin E Shark	4 1 5 8.33 1	2 3 3.33 3	3 3 3	2 2 2	11 9.17 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	3 4	2 3 13	8 6.7	8 6.7	8 6.7	8 6.7
" 10-23 S 17 118-18 E	Tuna 60 Marlin E Shark	10 11 5 4 30 12.50 6	6 6 7	4 4	6 6 7	4 4	6 6 7	4 4	6 6 7	4 4	6 6 7	4 4	6 6 7	29 9.67	29 9.67
" 10-38 S 19 118-23 E	Tuna 60 Marlin E Shark	2 2 3 2 9 3.76 2	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	4 10 3.33	4 10 3.33
" 10-14 S 20 118-29 E	Tuna 60 Marlin E Shark	5 8 3 24 10.00 1	5 6	2 2	16 5.32	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3
Total	No. of fishes	17 7 24 6.49 16 12 9 37 6.67 25 38 29 15 107 7.33 11 27 27 12 18 95 5.21													
	Hooked rate	2 0.54 2 1 3 0.54 2 2 3 7 0.48 3 1 1 1 1 7 0.38													
	Shark	1 0.27 2 3 1 6 1.08 3 3 2 3 11 0.75 1 1 2 2 7 0.38													
Total		9.19 3.78 8.65 6.49 4.86 6.85 10.42 7.95 4.11 3.01 7.40 7.40 3.29 4.93													
Hooked rate		1.08 1.08 0.54 0.55 0.55 0.82 0.82 0.55 0.82 0.82 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27													
Shark		0.54 1.08 1.62 0.54 0.82 0.82 0.55 0.82 0.82 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.55													

T.: Total, H.R.: Hooked rate.

となるので、釣針2本、4本付けの両漁具間及び釣針3本、4本付けの両漁具間には、それぞれ釣獲率の差異があると言えないことになる。ゆえに、これら3漁具間の優劣は各延縄漁具の構成資材量及びそれらの操作上の点などについて検討して論ずるべきであると思う。すなわち、各実験漁具の内、釣針2本、3本付け漁具はそれぞれ釣針4本、5本付け漁具の各縄端の枝縄を除いたものであり、幹縄の全長はこれら漁具の幹縄と同長である。なお、これら漁具の枝間 (l) はすべてほぼ等しく作られているので、釣針2本、3本、4本付け各漁具の幹縄の全長 (L) はそれぞれ $5l, 6l, 5l$ となる。また、浮縄数は通常延縄1鉢に対し1本を用いている。ゆえに、各漁具の枝縄1本に対する幹縄の長さ (l') 及び浮縄数 (f) は次のようになる。

$$\text{釣針2本付け漁具: } l' = \frac{5}{2} l \quad f = \frac{1}{2} \text{本}$$

$$\text{釣針3本付け漁具: } l' = \frac{6}{3} l \quad f = \frac{1}{3} \text{本}$$

$$\text{釣針4本付け漁具: } l' = \frac{5}{4} l \quad f = \frac{1}{4} \text{本}$$

ゆえに、釣針4本付け漁具は、釣針2本、3本付け漁具に比して枝縄1本当りの幹縄の長さが最も短くなり、また浮縄数も少ないことになる。このように延縄漁具における枝縄(釣針)1本に対する漁具の構成資材量は、上記の3漁具中釣針4本付け漁具が最も少ないので経済的であり、その操業時における漁具の操作労力もそれだけ軽減され、能率的になるものと思われる。

結局、釣針2本、3本、4本、5本付け漁具の比較実験において、前3者の漁具間の漁獲差は統計的にほとんど認められないが、釣針5本付け漁具の漁獲はこれらの漁具に比して余り良くないのである。前3者の漁具においては釣針4本付け漁具は、他の2漁具に比して漁具の構成資材やその操作労力などが相当に軽減されることになる。ゆえに、前記4種類の延縄漁具の内釣針4本付け漁具は、総合的に最も優れているものと考えてよい。

3. 4. マグロ延縄漁具の漁獲性能

マグロ延縄漁具における釣針別の漁獲差は、前述のように多くの操業資料及び実験結果に基づきほとんど魚群密度鉛直分布に関係なく起こる現象であり、この現象は前項の小型延縄漁具の実験結果と同様に幹縄のカテナリー形状に基づく枝縄の結着位置による釣針の深度差に原因するものと考察して来たが、ここでも小型延縄漁具におけると同様に数量的な検討を試みる。

3. 4. 1. 釣針別漁獲差とその深度差との関係

マグロ延縄におけるその幹縄上の釣針の深度差とその釣針別漁獲差との関係を実験的に求めるには幹縄の短縮をある時間一定に保持しなければならない。しかし、実際のマグロ漁場ではこのような操業実験は不可能であるので、その幹縄の短縮率を計算することの出来る操業結果に基づいて、種々な短縮率の場合における各釣針の深度差とその漁獲差との関係を小

型延縄漁具の場合と同様に検討した。この検討に用いた資料は Table III-8～III-12 である。これらの資料に基づいて幹縄最深部とその他の部位との漁獲差に対する、最深部釣針の漁獲との割合 (X) 及びそれらの釣針の深度差に対する両釣針間の幹縄の長さとの割合 (Y) を求め、これら X と Y との関係を釣針 1, n 番の場合と釣針 2, $(n-1)$ 番の場合とを別々に図示すると Fig. III-9 のようになる。この図において X と Y との関係を近似的に直線的な関係になるとし、これを最小自乗法によって計算した。 X と Y との関係式、両者の相関係数 (r) 及びその有意性を検討するための t 値はそれぞれ次のようになる。(3. 1. 3 項に準じて検討した)

釣針 1, n 番の場合 (Fig. III-9 の上図)

$$X = 0.49 Y + 0.13$$

$$r = 0.77, t = 5.93 > 2.797$$

$$(df = 24 \dots 1\%)$$

釣針 2, $(n-1)$ 番の場合 (Fig. III-9 の下図)

$$X = 0.55 Y - 0.008$$

$$r = 0.55, t = 2.26 > 2.179$$

$$(df = 12 \dots 5\%)$$

なお、Fig. III-9 において X, Y の関係直線はある巾をもって描くことが出来るが、その直線の傾角はいずれの場合もほぼ等しく一定になっている。つまり、関係式の β はある巾を持つが、 α はほぼ一定になると見る。すなわち、 β は前項でも述べたように各釣針に対する魚類の遭遇条件が加味された要素であるので、実際の漁場ではその環境条件、魚群の集群状態、漁期などによって、 β がそれぞれ多少相違すると考えてよからう。殊に、この図に用いた漁獲資料は前述のように時間的にも空間的にも相当異なっているものを総合して用いているので、 β の数値には前述のようにある巾があるのは当然であろう。なお、 α がいずれの場合にもほとんど等しく、ほぼ一定になっているのは、漁期、漁場の相違や漁具の深淺、魚群の状態などにはあまり関係なく、延縄の水中形状に基づく幹縄、枝縄などの漁具そのものによるマクロ類の摂餌障害が常にほとんど差のないことを意味しているものと思われる。

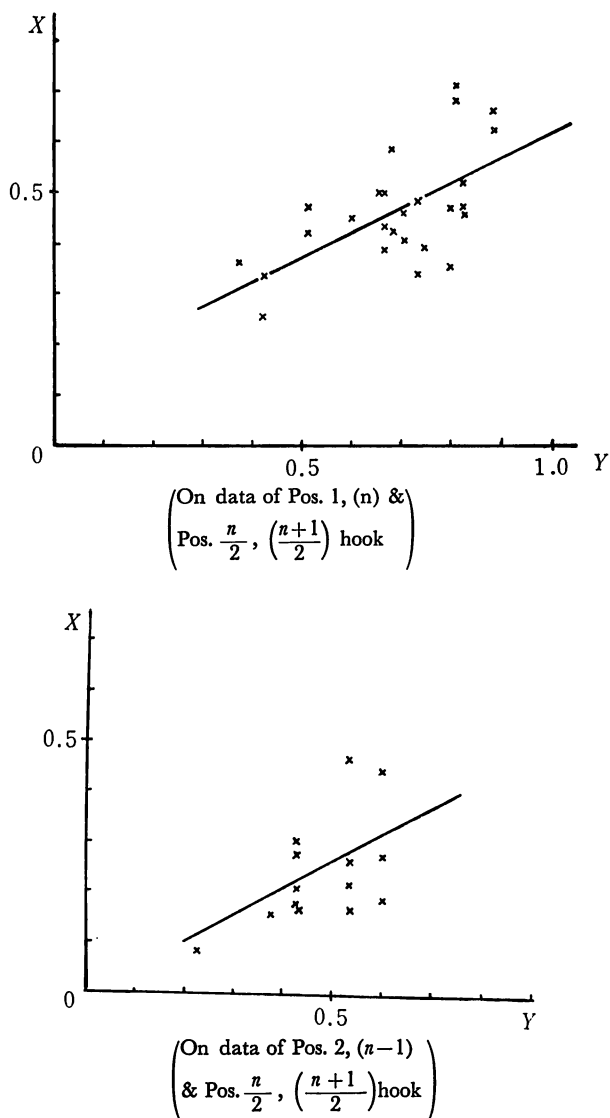
3. 4. 2. 釣針数の異なる延縄漁具の漁獲性能

前項では、マクロ延縄漁具における各釣針の最深部釣針との深度差による漁獲差の関係について論じた。このような関係に基づいて、幹縄の形状により各釣針相互に深度差の生ずるマクロ延縄漁具の漁獲性能について次のような検討を行なった。

3・7 式、3・8 式における各釣針の摂餌回数を釣獲尾数とみなして、これらの式を引用すれば次のようになる。

n が偶数の場合

$$B' = P' \left\{ 1 - \frac{2(\alpha Y_1 + \alpha Y_2 + \alpha Y_3 \dots \alpha Y_{\frac{n}{2}-1} + \beta)}{n} \right\} \quad 3 \cdot 12$$

Fig. III-9. Relation between X and Y by all data on the test operation of tuna long-line.

n が奇数の場合

$$\bar{B}' = P' \left\{ 1 - \frac{2(\alpha Y_1 + \alpha Y_2 + \alpha Y_3 + \dots + \alpha Y_{\frac{n-1}{2}} + \beta)}{n} \right\} \quad 3.13$$

但し \bar{B}' = 平均釣獲尾数

P' = 最深部釣針の釣獲尾数

これらの式において、前にも述べたように \bar{B}' が大きくなるほど、その漁具の漁獲性能は良好となる。前項で求めた α, β を参考にし、 P' は前述のように幹縄最深部の釣針に対する

漁獲尾数であるが、延縄漁具の構造とはほとんど関係がないと考えられるので、いずれの漁具の場合も P' を等しいとすれば、各式の \bar{B}' の値はその右辺の大括弧内の数値 (Q とする) によって決定する。すなわち、この Q の値が大きくなればその漁具の漁獲は良好になる。しかして、実際の漁場における幹縄の短縮は通常 60~70% 内外であり、また、 β は前項の検討によると 0.1~0.3 の範囲であると考えられるので、これらの要素に基づいて、釣針 3 本、4 本、5 本付け延縄漁具の Q の数値を算出して表示すると Table III-13 のようになる。この表によると、漁具別の Q の値は、いずれの条件においても釣針 4 本付け漁具が最も大きくなっている。すなわち、マグロ延縄の漁具別漁獲性能は、常に釣針 4 本付け漁具が最も良好であると思考する。また、各漁具の Q の値は、いずれの場合にも K が大きく、 β が小さくなると増大する。この Q の変化は、個々の漁具によって相当の差異が生じている。例えば、釣針 3 本付けと 5 本付けとの両漁具間において $K=0.3$ の場合、 Q の数値は $\beta=0.3$ の時に釣針 5 本付け漁具の方が大きく、 $\beta=0.2$ 以下になると釣針 3 本付け漁具の方が大きくなる。

なお、前述の 3. 3. 2 項において釣針 2~5 本付け延縄漁具の操業結果について統計的に各漁具間における漁獲差の有意性を検討した結果では釣針 2~4 本付け漁具の間には差が認められず、釣針 5 本付け漁具の漁獲が他に比し多少低下していることを知る。しかして、このような結果と本項において計算した結果とを比較し検討すると、ほぼ次のようである。

Table III-13. Computation of "Q" by the operation data of 2-hooks~5-hooks gear.

	K	Y_1	Y_2	Q		
β				0.1	0.2	0.3
2-hooks gear				0.90	0.80	0.70
3-hooks gear	0.40 0.30	0.524 0.437		0.795 0.788	0.692 0.721	0.625 0.654
4-hooks gear	0.40 0.30	0.733 0.639		0.767 0.790	0.717 0.741	0.667 0.691
5-hooks gear	0.40 0.30	0.827 0.725	0.472 0.323	0.700 0.750	0.660 0.710	0.620 0.669

$$Q = \left\{ 1 - \frac{2(\alpha Y_1 + \alpha Y_2 + \alpha Y^{\frac{n-1}{2}} + \beta)}{n} \right\} \text{ or } \left\{ 1 - \frac{2(\alpha Y_1 + \alpha Y_2 + \alpha Y^{\frac{n}{2}-1} + \beta)}{n} \right\}$$

K : Shortening rate of main line

Y_1 : By data of position 1, (n) and position $\frac{n}{2}$, $\left(\frac{n+1}{2}\right)$ hook.

Y_2 : By data of position 2, $(n-1)$ and position $\frac{n}{2}$, $\left(\frac{n+1}{2}\right)$ hook.

α & β : Coefficient

実際の操業実験に用いた釣針 3 本付け漁具は前述のように釣針 5 本付け漁具の幹縄両端近くの枝縄 2 本を除いた構造のものであるので、その Y_1 の値は釣針 5 本付け漁具の Y_2 に相

当し、その数値によって釣針3本付け漁具の場合の Q を再計算した。更に、釣針2本付け漁具の場合は $Y_1=0$ として Q を求めた。これらの結果によると釣針2～5本付け各延縄漁具の Q の数値は

$$\begin{aligned} Q_2 &= 0.700, & Q_3 &= 0.693 \\ Q_4 &= 0.691, & Q_5 &= 0.669 \end{aligned}$$

であり、釣針2～4本付け漁具の Q 値はいずれも非常に近似な数値となっており、この結果においても各漁具間の漁獲差はほとんど認められないものと思われる。なお、釣針5本付け漁具の Q_5 は他の3漁具の Q に比し多少低く、前述の統計的な処理の場合と同様な結果になっている。

ゆえに、前述の釣針の深度差による計算式に基づく検討結果も実際の漁場における操業結果とある程度符合するものと考えられるので、これらの計算式は延縄漁具の構造上における漁獲性能の検討に応用出来るものと思考する。

IV マグロ延縄の幹縄張力

前節まではマグロ延縄の水中形状に伴う釣獲現象について論述して来たが、延縄の水中形状はこれに使用されている縄そのものの物理的性状と密接な関係を持つものである。殊に、延縄の揚縄中における幹縄張力はその幹縄の太さを決定する重要な要素である。また、この幹縄の太さに基づく流水抵抗は延縄の水中形状を変えるものであり、このことについては既に論じた通りである。なお、幹縄の太さは目的魚の視覚を刺激し、前にも述べたように摂餌反応の障害要因になるものであり、釣糸の太さは、釣魚具の原則としてなるべく細くし、魚類の視覚を極力刺激しないことが必要な条件である。マグロ延縄の場合も釣魚具の原則に基づき、必要限度の張力を保持する最も細い延縄を使用し、釣獲性能の向上を計る必要がある。

現在使用されているマグロ延縄の太さの決定については何ら理論的な論拠はほとんど見当たらない。ただ、経験的に、伝承的にその幹縄の太さが決められているに過ぎないようである。最近マグロ延縄漁況の不振に伴ない、幾分以前より細目の縄が使用されつつあるが、これにも別に理論的な理由はないようである。結局、実際の操業において必要な幹縄張力に基づいてその縄の太さの決定を理論付けるべきであると考ええる。更に、幹縄張力の測定は、単に延縄の太さを決めるためのみでなく、延縄操業の作業内容を根本的に決定付ける要素となる。すなわち、延縄の操業方法、ライン・ホーラーの規模、その原動力及び作業員の労働量などを決める基礎的な要素にもなるのである。ゆえに、このような幹縄張力の測定はマグロ延縄の漁具、漁法を理論的に究明し、その漁獲性能の向上を計る基本的な事項であると考ええる。

巻き揚げ中の幹縄張力の測定に当ってはまず陸上の実験室においてその測定方法について検討し、次に、想定される各種の条件に基づいて幹縄の巻き揚げ中の張力を計測し、その結果についても考究せねばならない。本章ではこれらを論じ、又実際の洋上漁場において大中小3隻のマグロ延縄漁船による計測実験も行なったので、あわせて述べるものである。

このような実験結果の検討によるとマグロ延縄の幹縄は従来のものの約 $\frac{1}{2}$ 程度の抗張力を持つ太さの縄で充分使用に耐えるものと思われ、この結果が実際の操業に適用されると、マグロ延縄は、その漁具、漁法及び船上の操業作業などが非常に軽減改善され、極めて能率的

になるものと信ぜられる。

4. 1. 幹縄張力の測定法

漁場におけるマグロ延縄の巻き揚げ中には、その幹縄に種々な張力が加わっているものと想定される。すなわち、その幹縄の張力は、その荷重の大小やライン・ホーラーの回転数によって変化する。また、特異な瞬間衝撃的な張力も想定される。これらの幹縄張力の測定方法について次のような計測装置を検討し、陸上の実験室において計測実験を行なった。

実験装置：幹縄張力の計測実験に必要な各種装置及びその計測器の配置の概要は Fig. IV-1, IV-2 に示すようである。Fig. IV-1 における E 部は屋外の高所へ滑車を装着した部であり、実験用の幹縄はこの滑車を通して実験室内のライン・ホーラーに導かれている。この実験用ライン・ホーラーは泉式の中型であり、V. S. モーターによって駆動するように装置してある。この V. S. モーターは自動制御装置によって特に設定した回転数を常に一定に保持することが出来るようになっていいる。ゆえに、ライン・ホーラーは、必要に応じ特定の回転数を設定し、常にそれを維持して実験を完了することが可能である。

この実験装置におけるライン・ホーラーと V. S. モーターとの回転数の関係について調べた結果は Fig. IV-3 のようになる。

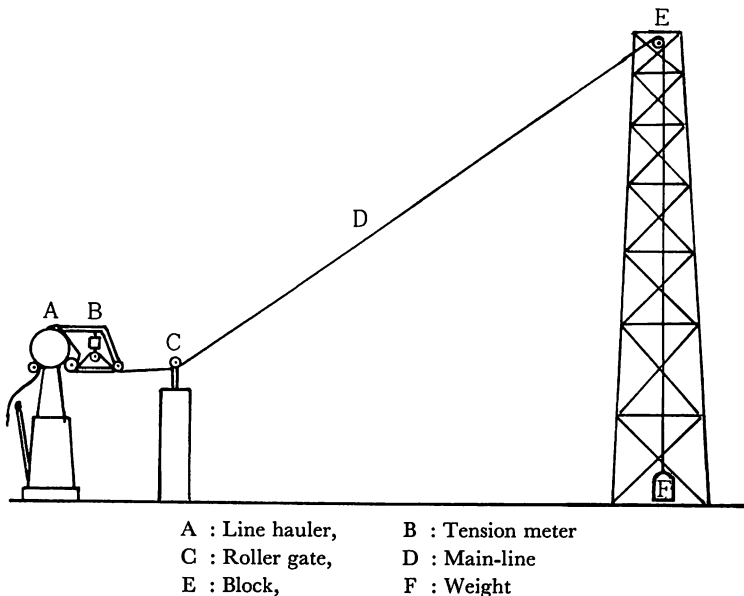


Fig. IV-1. Arrangement of apparatus for tension experiment.

実験用の計測器については、草間 (1954)⁵⁷⁾ らによって張力、巻上速度同時自記々録装置が製作され、この装置を用いて延縄の揚縄速度と張力とを計測している。しかし、本実験の場合における計測装置は金森⁵⁸⁾ らの方法を参考にして LT 型張力計と SP7-L 型歪計とを用いて、巻き揚げ中の幹縄張力の変化を連続的にペン・オシロに自記させて測定した。これらの計測器の配置は Fig. IV-2 に示すようである。

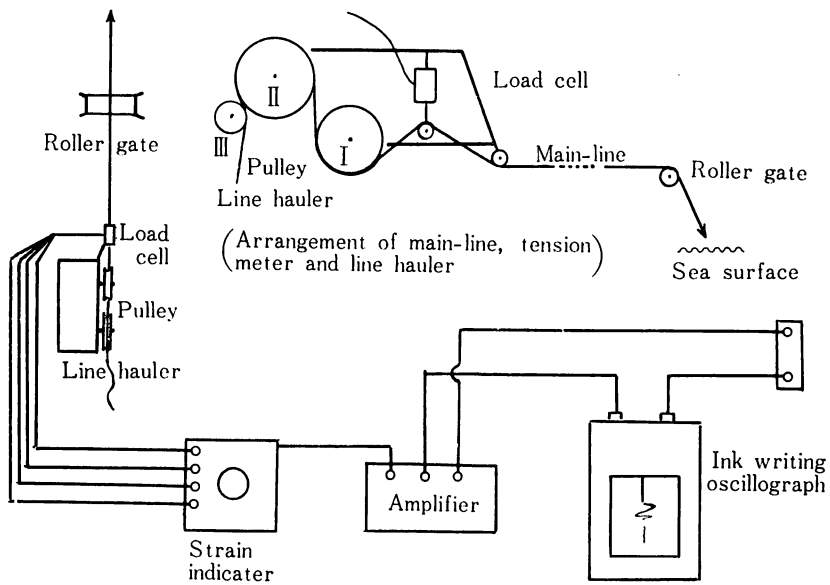


Fig. IV-2. Equipments for tension measuring

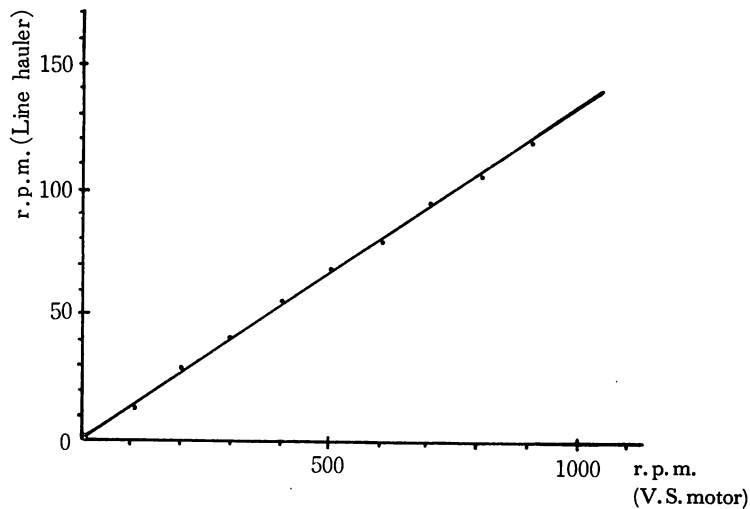


Fig. IV-3. Relation between revolution of line hauler and the one of V. S. motor.

実験方法：陸上における幹縄張力の計測実験では幹縄の荷重とライン・ホーラーの回転数の変化とによる幹縄張力の変動状態について基礎的に計測するのであり、そのためあらかじめ計量された重錘を大小各種準備し、この重錘を幹縄に結着することによって幹縄の荷重を規定した。ライン・ホーラーの回転数は V. S. モーターの自動制御装置によって 27~160 r.p.m. の範囲で 6 段に規定した。また、衝撃的な幹縄張力はライン・ホーラーのクラッチを急激に陥入する時に予想されるので、その場合に生ずる幹縄張力について特に計測したのである。

計測記録 上記の実験装置によって巻き揚げ中の幹縄張力を計測したペン・オッシロの記録を例示すると Fig. IV-4 のようである。

この図における記録の形状は同一荷重でも幹縄の巻き揚げ速度によって変化している。

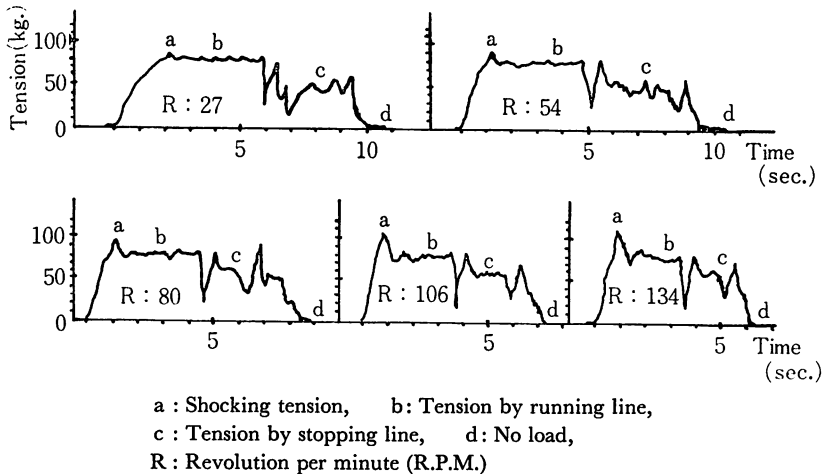


Fig. IV-4. Tension records of hauling long-line.

また、この記録中の *a* 部は概して急激な峯になっている。この部分はライン・ホーラーのクラッチを急激に陥入した時の瞬間衝撃的な過大な幹縄張力を示すものであると考えられ、ライン・ホーラーの回転が速くなるに従ってその張力は大きくなり、その記録は鋭くなっている。*b* 部は *a* 部より多少低下し、ほぼ様な連続的記録になっている。この記録は極めて普通状態で幹縄を巻き揚げている場合の幹縄張力である。*c* 部はライン・ホーラーを停止した時の静的な幹縄張力を示すものであり、縄端の荷重とほぼ等しくなる。*d* 部は幹縄をライン・ホーラーから取りはずし、全く荷重のかかっていない場合の記録である。しかして、実際の漁場においては、このような各段階の幹縄の巻き揚げ状態が常に繰り返されているものと想定される。

4. 2. 幹縄張力とその荷重及び揚縄速度との関係

マグロ延縄の巻き揚げ中における幹縄の張力とその幹縄荷重及び走縄速度との関係について、次のような基礎的な実験を陸上で実施し検討した。

この実験はまず幹縄端に 10, 20, 30, … 90 kg までの荷重を結着し、各荷重別に幹縄の巻き揚げ速度を 13m/min. から 160 m/min. まで変化させて実施した。この実験による計測記録を整理検討すると次のようである。

幹縄端の荷重 (W) を一定とした場合における幹縄の巻き揚げ速度 (V) と幹縄張力 (T) との関係は Fig. IV-5 に示すようになり、その実験式は次の一次式で表わされる。

巻き揚げ中の幹縄張力とその速度との関係

$$V_h = a_h T_h - b_h$$

衝撃的な幹縄張力とその速度との関係

$$V_s = a_s T_s - b_s$$

一般的には

$$V = aT - b$$

4・1

となる。なお、

$$V=0 \text{ のとき, } T = \frac{b}{a}$$

次に a_h, b_h, a_s, b_s と幹縄荷重の関係は Fig. IV-5 から導かれ、Fig. IV-6 の各点のように示される。これらの関係を次式のように仮定して計算し、図示すると各太線のように描かれ、

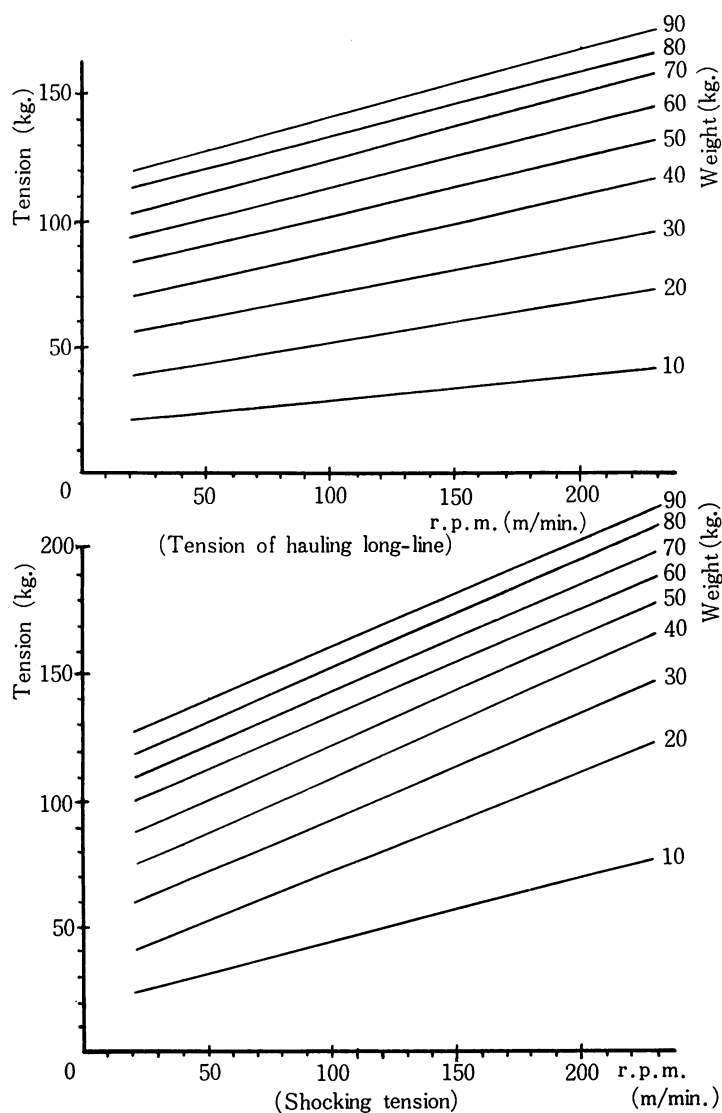


Fig. IV-5. Relation between tension of main-line and hauling speed of line.

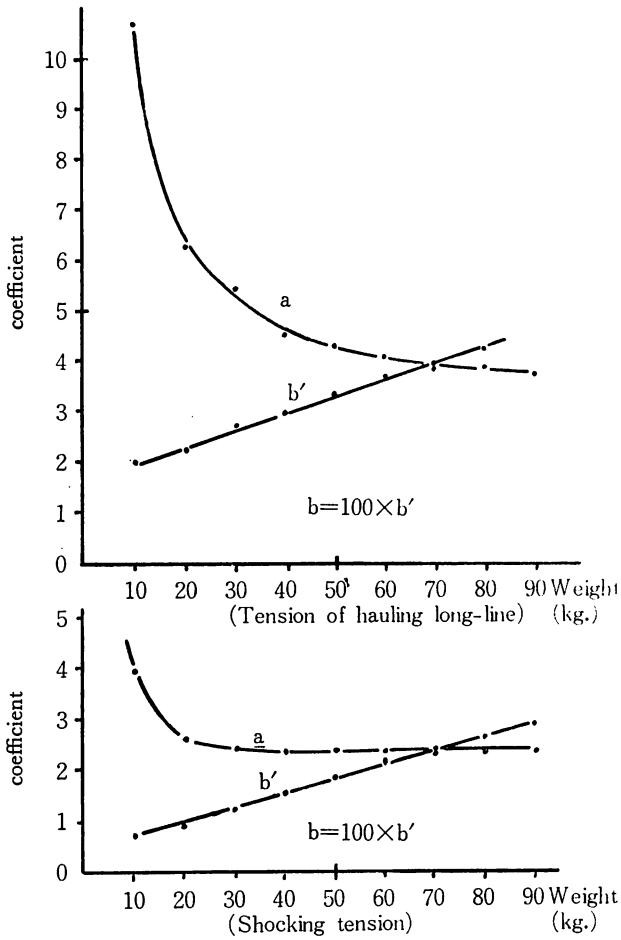


Fig. IV-6. Relation between weight and coefficient (a & b).

図中の係数の各点はほぼそれぞれの各線上に乗るようになる。ゆえに、各係数と幹縄荷重との関係は次式で表わして差し支えないと考える。

巻き揚げ中の幹縄張力の場合

$$\begin{cases} a_h = \frac{c_h}{W_h} + d_h & 4.2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} b_h = \alpha_h W_h + \beta_h & 4.3 \end{cases}$$

衝撃的な幹縄張力の場合

$$\begin{cases} a_s = \frac{c_s}{W_s} + d_s & 4.4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} b_s = \alpha_s W_s + \beta_s & 4.5 \end{cases}$$

一般的には

$$a = \frac{c}{W} + d \quad 4.6$$

$$b = \alpha W + \beta \quad 4.7$$

となる。これらを 4.1 式に代入すると

$$V = \left(\frac{c}{W} + d \right) T - (\alpha W + \beta)$$

$$\begin{aligned} \therefore T &= \frac{V + \alpha W + \beta}{\left(\frac{c}{W} + d \right)} \\ &= \frac{\alpha W^2 + (V + \beta) W}{c + d W} \\ &= \frac{\alpha}{d} W + \frac{\left(V + \beta - \frac{c\alpha}{d} \right)}{d} - \frac{c \left(V + \beta - \frac{c\alpha}{d} \right)}{(c + d W) d} \quad 4.8 \end{aligned}$$

となる。この 4.8 式は幹繩にかかる張力と荷重との関係式であり、Fig. IV-7 における T , W の関係曲線に相当する。なお、この図は幹繩の巻き揚げ速度を一定に保持した場合におけるそれぞれの関係曲線である。この 4.8 式において $W \rightarrow 0$ になれば、4.8 式の右辺の第 2 項と第 3 項とが等しくなり、

$$T = \frac{\alpha}{d} W$$

となって、 $W=0$ の附近での切線は $\frac{\alpha}{d}$ の傾きをなすことがわかる。

更に、各実験結果 (Fig. IV-6) に基づいて、4.2~4.5 式の各式の係数を算出すると次のようになる。

$$c_h = 7.8, \quad d_h = 2.6$$

$$\alpha_h = 4.2, \quad \beta_h = 126$$

$$c_s = 20.5, \quad d_s = 1.85$$

$$\alpha_s = 3.0, \quad \beta_s = 33$$

これらの数値によれば、

$$\beta_h - \frac{c_h \alpha_h}{d_h} = 0$$

$$\beta_s - \frac{c_s \alpha_s}{d_s} = 0$$

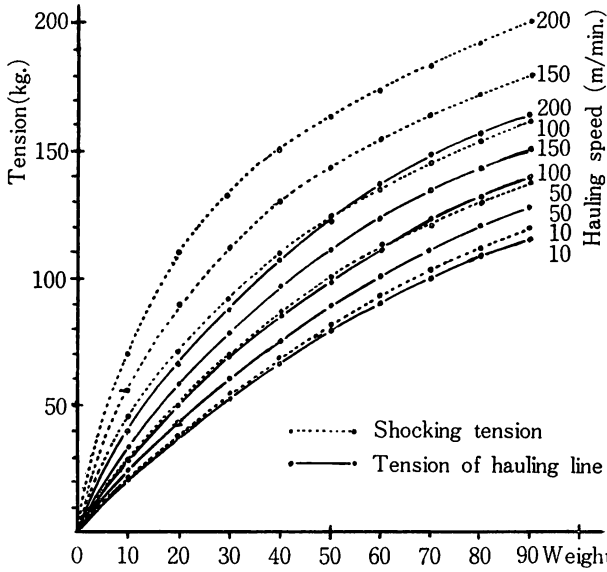


Fig. IV-7. Relation between weight and tension of main line by hauling speed.

となるので、4・8 式は、

$$T = \frac{\alpha}{d} W + \left(1 - \frac{c}{c + dW}\right) \frac{V}{d}$$

$$\therefore T = \frac{\alpha}{d} W + \frac{WV}{c + dW} \quad 4 \cdot 9$$

に変形出来る。ゆえに、この 4・9 式において、 $V=0$ の時はその第 2 項が 0 になり、

$$T = \frac{\alpha}{d} W$$

となって、 T と W とは直線的な関係になる。

しかして、マグロ漁場における延縄の操業時にはライン・ホーラーのクラッチは常に陥脱されており、特に、幹縄の巻き揚げ開始時には幹縄に相当な衝撃的張力の加わることが想定される。この場合、ライン・ホーラーを低速運転にすれば、その衝撃的な幹縄張力を低下させることが可能である。ゆえに、揚縄開始時にはライン・ホーラーの回転を低速にして、その後高速に切り替えればよいことになるが、その時における揚縄速度の設定について検討した。今、4・9 式を変形すると次のようになる。

$$T = W \left(\frac{\alpha}{d} + \frac{V}{c + dW} \right) \quad 4 \cdot 10$$

なお、揚縄開始時の衝撃的な幹縄張力は最高速度で巻き揚げ中の幹縄張力を限度とすべきであり、また、その時における幹縄の荷重は同一であると考えられるので、 $T_h = T_s$, $W_h = W_s$ とし、4・10 式を引用すれば、

$$W_h \left(\frac{\alpha_h}{d_h} + \frac{V_h}{c_h + d_h W_h} \right) = W_s \left(\frac{\alpha_s}{d_s} + \frac{V_s}{c_s + d_s W_s} \right)$$

$$\therefore \frac{\alpha_h}{d_h} + \frac{V_h}{c_h + d_h W_h} = \frac{\alpha_s}{d_s} + \frac{V_s}{c_s + d_s W_s} \quad 4 \cdot 11$$

となり、この式を前述の各係数の値によって計算すると、

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{78 + 2.6 W_h}{20.5 + 1.85 W_s} \quad 4 \cdot 12$$

となる。なお、 $W_h = W_s$ であるから、この式は $\frac{V_h}{V_s}$ と W との関係式となる。その関係を図示すれば Fig. IV-8 のようである。また、この式によれば、

$$W=0 \quad \frac{V_h}{V_s} = 3.80$$

$$W=\infty \quad \frac{V_h}{V_s} = 1.4$$

となる。すなわち、幹縄の巻き揚げ中に張力と衝撃的な張力とが幹縄にかかる場合における両者の揚縄速度の比はその幹縄荷重により求められ、その荷重の大小によって異なることになる。

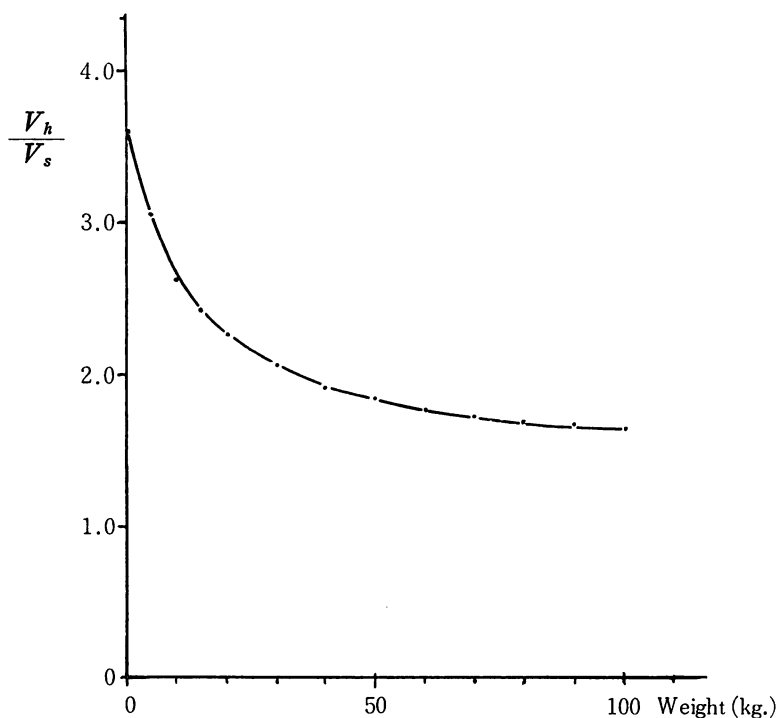


Fig. IV-8. Relation between weight and $\frac{V_h}{V_s}$

また、漁場における揚縄中の幹縄張力を計測すれば、前述のようにその時の幹縄荷重は求められ、これらの資料に基づいて、最も適切な揚縄速度を設定し、 V_h とするならば、衝撃的な幹縄張力の想定されるライン・ホーラーのクラッチ陥入時の揚縄速度 V_s を決定することが可能である。しかして、現実的に想定されるマグロ延縄の幹縄荷重は通常 50~100 kg 位であり、この場合 $\frac{V_h}{V_s}$ は 1.5~2.0 の範囲内に設定すればよいことになる。

4. 3. 漁場における揚縄中の幹縄張力

前項でも述べたようにマグロ延縄の巻き揚げ速度は実際の漁場における揚縄中の幹縄張力に基づいて設定すべきである。また、その幹縄の強さ、太さ、材料、及びライン・ホーラーの原動力などもこのような幹縄張力の測定結果を基礎的な資料として理論的に決定されるべきである。

漁場における幹縄張力の計測実験については本学の漁業実習船かごしま丸 (1038 屯, 1700 馬力)、敬天丸 (268 屯, 500 馬力)、しろやま (18.5 屯, 60 馬力) の大中小 3 隻の漁船によって実施した。いずれの船も実際の漁場においてマグロ延縄の揚縄中に幹縄にかかる張力を連続的に計測したのである。

4. 3. 1. 船上における幹縄張力の測定方法

実験用の延縄漁具と装置：この船上における幹縄張力の計測実験に用いた延縄漁具は、各船がマグロ漁場で通常使用しているものであり、かごしま丸は延 169 鉢分について、敬天丸と「しろやま」とは各船延 40 鉢分について計測実験を実施した。また、各船の延縄漁具 1 鉢分の仕様概要は Table IV-1 に示すようである。

Table IV-1. Three forms of long-line experimented. (Per one basket)

Name of part	Kagoshima Maru			Keiten Maru			Shiroyama		
	Material	Length	No*	Material	Length	No*	Material	Length	No*
Main line	Cremona (20S, 55, 3×3)	250m**	1	Cremona (20S, 55, 3×3)	226m**	1	Cremona (20S, 26, 3×3)	240m**	1
Branch line	"	11m	4	"	13m	5	"	9.5m	4
Sekiyama	Steel wire (27#, 3×3) & hemp yarn coild with thread (No. 5)	5.5m	4	Steel wire (26#, 3×3) & hemp yarn coild with thread (No. 5)	6m	5	Steel wire (28#, 3×3) & hemp yarn coild with thread (No. 5)	6m	4
	Steel wire (27#, 3×3, Type M)	3m	4	Steel wire (26#, 3×3)	3m	5	Steel wire (28#, 3×3)	3m	4
Hook	Steel	3.8sun***	4	Steel	3.8sun***	5	Steel	3.8sun***	4
Float line	Cremona (20S, 55, 3×3)	22m	1	Cremona (20S, 55, 3×3)	19m	1	Cremona (20S, 26, 3×3)	12m	1

* : Number used for one basket. ** : Length per one basket.

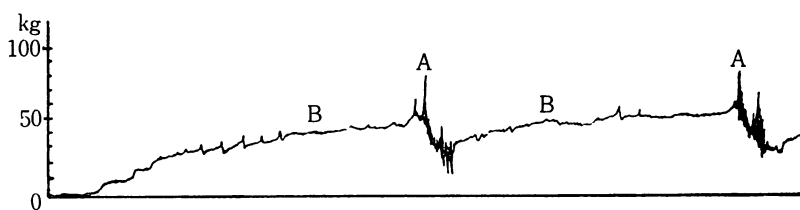
*** : 1sun = 3.03cm

実験用の計測器は前項の陸上実験で用いた LT 型張力計, PS7-L 型歪計及びペン・オシロなどを Fig. IV-2 と同様に配置した。

実験方法 「しろやま」、敬天丸では鹿児島島の南部近海で洋上における計測方法を検討しながら実験した。かごしま丸は印度洋のマグロ漁場において操業実習の際に実験した。

これらの洋上実験においては、各種計測器の内張力計はライン・ホーラーの前部に装着し、その他の計測器は一括してライン・ホーラーの前方の離れた場所に設置した。幹縄張力の計測に当っては、その直前に必ずペン・オシロの記録について目盛り調べをなし、続いて揚縄開始と同時にペン・オシロを作動して、幹縄張力を連続的に自記させた。計測時におけるライン・ホーラーの運転速度は各船とも主に全速とした。

計測記録 前項の計測装置を用い各船で計測したペン・オシロの記録の内、幹縄が最も普通な状態で巻き揚げられている部分を例示すると Fig. IV-9 のようである。



A : Tension record by branch line attachment on the main-line

B : Tension record of running line

Fig. IV-9. Tension record of tuna long-line by pen-oscillograph.

この図において、A部の異常な記録は、浮縄や枝縄の幹縄に結着されている結び目が舷上のローラー・ゲートや張力受感部のローラーを通過する時に自記されるものであり、この記録はその時に生ずる瞬間衝撃的な幹縄張力によるものであると考えられる。その他の部分はライン・ホーラーの順調な運転による極めて単調な記録となっている。なお、魚の釣れている場合における幹縄張力の記録は Fig. IV-10 に例示するようである。この図においては、延縄操業で最も懸念される瞬間衝撃的な幹縄張力の記録はほとんど出現していないのである。ゆえに、このような張力はむしろ前述のように浮縄、枝縄がローラー・ゲートなど通過する場合に多く出現することになる。

しかして、このような異常張力は、その原因も一応想定出来るので、今後機構学的な検討に基づいて実験し、出来るだけ除去する必要がある。

更に、この送出速度 (5 mm/sec) を一定にした計測記録を、釣獲魚のない最も普通な場合と釣獲されている時及び瞬間衝撃的な張力の加わっている特殊な場合とに区分して次のような検討を行なった。

4. 3. 2. 幹縄張力の階級別出現状況

マグロ延縄の揚縄においては、通常総釣針数に比してその釣獲尾数は極めて少なく、その幹縄の巻き揚げ状態は、Fig. IV-9 に見られるように大きな変化が少なく、非常に単調な場合が最も多くなっている。

このような計測記録について、10 kg ごとの張力階級に属する記録の長さを計り、その長さの記録の全長に対する割合を求めて、その結果を各船ごとに整理して Table IV-2 に示し

た。この計測結果について、延縄全体のほぼ 90% 以上を巻き揚げている張力を一応常用張力とし、その他の張力を過大張力と考えて検討した。

各船の常用張力 Table IV-2 に基づいて、各船別の常用張力を検討した。すなわち、小型船「しろやま」の場合は、40 kg 以内の幹縄張力が全体の96 %余を占めており、その内 10~20 kg の張力が最も多くなっている。

ゆえに、「しろやま」の延縄操業では 40 kg 以内の概して小さな幹縄張力によって揚縄されていることになる。また、中型船敬天丸の場合は、60 kg 以内の幹縄張力が全体の 95% 余となっており、その内 30~40 kg の範囲内の張力が最も多くなっている。次に、大型船かごしま丸による計測実験は印度洋のマグロ漁場において 3 回実施した。これらの全実験を通じ最も多く出現している幹縄張力は 30~40 kg であり、また、全体の 95% 以上を占める幹縄張力は、第 1, 3 回の実験ではほぼ 60 kg 以内であり、第 2 回の実験ではほぼ 70 kg 以内となっている。すなわち、かごしま丸の延縄操業における幹縄の常用張力は敬天丸の場合における出現状況によく類似している。

以上、マグロ延縄の巻き揚げ操業において、その全延縄の 90% 以上を揚げる常用張力は各船によって多少異なるも、案外軽小な張力であり、「しろやま」の場合は 40 kg 以内、敬天丸、かごしま丸の場合は 60 kg 以内となっている。かごしま丸は屯数にして敬天丸の約 4 倍の大型船であるのに、両船の揚縄中における幹縄の常用張力は、前述のようにその差がほとんどないのである。つまり、250 屯位の中型船から 1,000 屯位の大型船に及ぶ漁船においては、その船型の大小にかかわらず揚縄中の幹縄張力をほぼ 60 kg 以内に保持しながら巻き揚げていることになる。

過大張力 各船型別の揚縄中における常用張力以上の幹縄張力は極めて少なく、わずかに 10% 以内の出現率となっており、これを一応 幹縄にかかる過大張力として考える。 Table

Table IV-2. Occurrence frequency (%) of each range to all one of tension recorded in long-line hauling.

Tension of main line (Kg.)		Name of vessel					
		Kagoshima Maru				Keiten Maru	Shiroyama
		No. of experiment			Total		
		1	2	3			
0	10	2.5%	2.7%	3.9%	2.9%	4.1%	20.0%
10	20	6.4	10.2	10.5	8.4	9.6	41.2
20	30	17.9	20.5	22.8	19.6	15.6	24.8
30	40	29.6	32.4	25.0	29.4	30.9	10.6
40	50	23.1	28.0	17.3	23.3	25.6	2.6
50	60	15.1	5.5	11.2	11.4	9.5	0.5
60	70	4.8	0.6	6.5	3.9	4.5	0.2
70	80	0.8	0.7	2.5	1.0	0.2	0.1
80	90	0.04		0.3	0.09		
90	100	0.01		0.01	0.01		
100		0.01					
Maximum tension		105	76	97.5	105	101	76
Number of basket		86	48	35	169	40	40
T & HP of vessel		T : 1,033 HP : 1,700				T : 268 HP : 500	T : 18.5 HP : 60
Hauling speed		200m/min.				200m/min.	107m/min.

Table IV-3. Sea conditions on fishing grounds experimented.

Name of vessel		Date	Noon position (Lat.&Long.)	Weather	Wind direction	Wind class	Current direction	Current speed	Wave class
Kagoshi- ma Maru	(1)*	1964 Jan. 13	18°-23°.0'S 86°-04. 7 E	B	E	3	S 67° E	0. 7Kt.	3
	(2)*	" 16	11 -28. 6 S 86°-14. 1 E	C	E	5	N 77 W	0. 3Kt.	4
	(3)*	" 20	7 -36. 0 S 88°-14. 1 E	B C	W	3	N 55 W	0. 7Kt.	2
Keiten Maru		1964 Oct. 12	31-03. 0N 130-15. 0 E	B	N	2	E	—	1
Shiroyama		1963 July 26	28-50. 0N 129-40. 0 N	B	S E	1	N E	—	1

*: No. of experiment

IV-2 において各船の過大張力は、「しろやま」で40~79 kg, 敬天丸で 60~101 kg, かごしま丸では 60~105 kg, になっている。特に各船における最高限界附近の幹縄張力は余り大きなものでなく、その出現も非常に少ないことを知る。ゆえに、これら幹縄の過大張力を自動的に制御処理することが可能であれば、「しろやま」の場合は 60 kg 以内の幹縄張力によって、敬天丸, かごしま丸の両船の場合では 70 kg 以内の幹縄張力によってほとんど全部の延縄(約 98% 以上)を巻き上げることが可能となるであろう。

幹縄張力と海況 「しろやま,」敬天丸の計測実験を鹿児島南方海域で実施した時の海況は Table IV-3 に示されるように概して平穏な海面であり、揚縄中の幹縄張力にはほとんど影響していない。また、かごしま丸の計測実験においては、第 1 回, 第 3 回の操業環境は風力 3, 波浪 2~3 の概して普通な海況状態であったが、第 2 回目の実験の場合は風力 5, 波浪 4 であり、多少時化気味な海況であると言える。しかし、その時の幹縄張力の出現状況もその

Table IV-4. Occurrence frequency (%) of each range to all one of tension recorded in long-line shocks.

Shocking tension (Kg.)	Name of vessel											
	Kagoshima Maru								Keitn Maru		Shiroyama	
	(1)*		(2)*		(3)*		Total					
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
0 10	1	0.2					1	0.1				
10 20	6	1.7			2	1.3	8	1.0			12	6.7
20 30	16	3.9	8	3.5	12	7.5	36	4.5	6	2.6	59	33.1
30 40	37	9.1	25	10.8	15	9.1	77	9.7	20	8.5	58	32.6
40 50	44	10.8	40	17.3	28	17.6	112	14.1	25	10.7	27	15.6
50 60	61	15.0	49	21.2	28	17.6	138	17.3	37	15.8	14	7.9
60 70	74	18.2	62	26.8	33	20.8	169	21.2	51	21.8	5	2.8
70 80	54	13.2	46	19.9	14	8.8	114	14.3	44	18.8	3	1.7
80 90	56	14.5	1	0.5	14	8.8	74	9.3	26	11.1		
90 100	30	7.2			6	3.8	36	4.5	23	9.8		
100 110	25	6.1			5	3.1	30	3.8	2	0.9		
110					2	1.3	2	0.2				
Total	407	100	231	100	159	100	797	100	234	100	178	100
Maximum tension	109 kg.		82. 5 kg.		128 kg.		128 kg.		105 kg.		178 kg.	

*: No. of experiment

他の場合とほぼ同じ傾向にあり、特に顕著な差異は認められないようである。

すなわち、かごしま丸のような大型船でも風力 5、波浪 4、くらいまでの海況変動では揚縄中の幹縄張力に余り大きな影響を与えないものと思われる。これは、この程度の海況変動では揚縄中における幹縄張力の変化が技術的に調整され、結果的に余り大きな幹縄張力となって現われなかったものとする。

4. 3. 3. 衝撃的な幹縄張力

衝撃的な幹縄張力は前述のように計測中の瞬間的な記録に基づくものである。ゆえに、前項の場合のように時間的に連続した記録とならないので、その瞬間的な出現回数について張力の階級別にそれぞれの出現回数と出現率を算出した。その結果は Table IV-4 に示すようである。

この表によれば、各船において延縄の巻き揚げ中にその幹縄にかかる衝撃的な張力は船型によって異なっている。大型船かごしま丸の場合 3 回の実験を通じ 60~70 kg くらいの張力が最も多く出現しており、また、全体的にもこの張力範囲が最も多くなっている。なお、衝撃的な張力における全出現回数の約 90% を占める張力の限界は、第 1, 3 回の洋上実験においては 100 kg くらいであり、第 2 回の実験では 80 kg くらいとなり、平均して 90 kg くらいとなっている。また、中型船敬天丸の実験結果はかごしま丸の場合とほぼ類似した傾向となっている。

その衝撃的な張力は 60~70 kg の範囲内に最も多く出現しており、90 kg 以内の張力は全体の約 90% を占めている。更に、小型船「しろやま」の実験結果は前記の両船の場合に比して極めて小さな衝撃的張力であり、最も多い張力範囲は 20~40 kg となっており、全体の 65% 余を占めている。なお、約 90% を占める衝撃的な張力の限界はほぼ 50 kg くらいである。

各実験船の最高の衝撃的な張力は当初に予想したような極端に強大なものにはならなかったようである。すなわち、かごしま丸の場合、ただ 1 回だけ 128 kg の張力を記録しているが、これは極めて特殊な条件のものであり、その他はすべて 110 kg 以内であり、かごしま丸の衝撃的な張力はほとんど 110 kg を越えていない。敬天丸の場合もかごしま丸の場合とほぼ同様であり、その衝撃的な張力の最高限界は 110 kg を越えないであろう。また、「しろやま」の場合における衝撃的な張力の最高は比較的大きく 79 kg に及んでいるが、80 kg を越えることはほとんどないであろう。

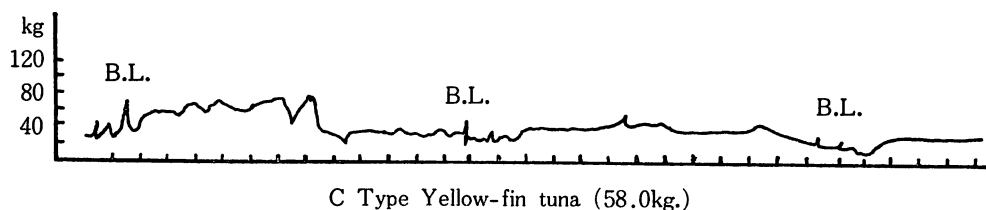
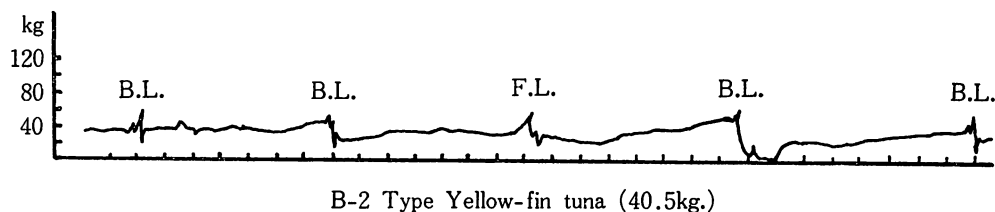
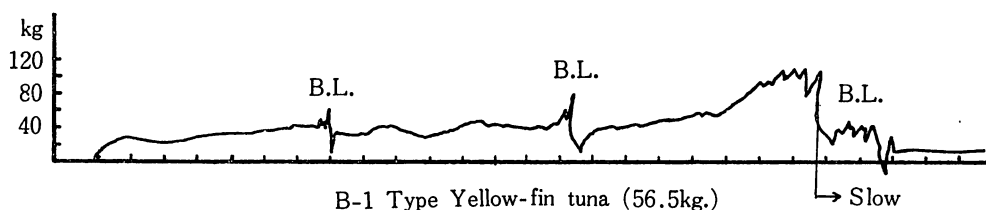
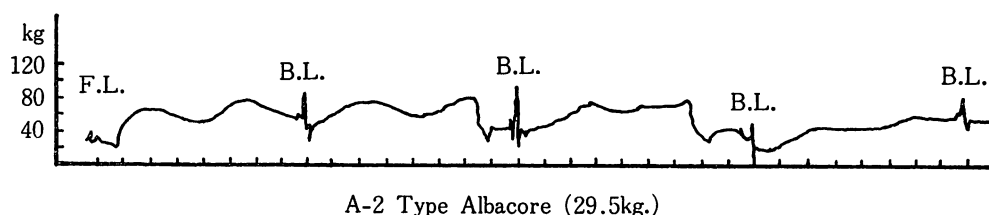
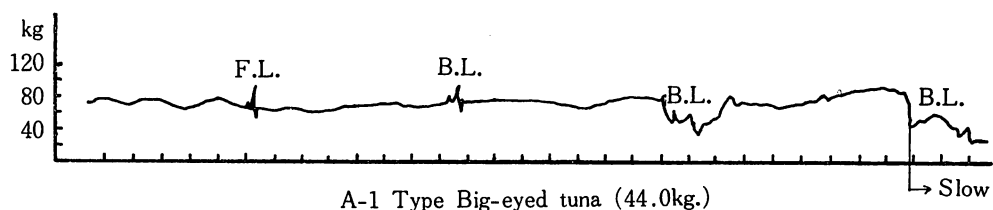
以上、各実験船の瞬間衝撃的な幹縄張力は前述のような走縄中の常用張力に比して全体的に相当増加されているが、各実験とも極端に強大な張力はほとんど記録されていないようである。

4. 3. 4. 釣獲時における幹縄張力

かごしま丸によるマグロ延縄操業において、その幹縄張力の計測実験を実施した際に 34 尾のマグロ、カジキ類が釣獲されたので、これらの魚類の釣獲時における幹縄張力の計測記録について次のような検討をなした。なお、敬天丸における幹縄張力の計測実験の場合には、マグロ類が全く釣獲されなかったため、特に船上において揚縄中釣獲魚によって幹縄が甚だ

しく緊張しライン・ホーラーからその幹縄をはずす時における幹縄張力を想定し、その張力を乗組員数名によって再現し、その幹縄張力を計測して参考にした。

釣獲魚による張力記録の形状 マグロ延縄の揚縄中にその釣獲魚によって幹縄にかかる張力が増加する状態はその時の計測記録の形状を分析検討することによって解明されと考え



B. L. : Branch line, F. L. : Float line,
(B. L.): Branch line angling for a tuna

Fig. IV-10. Records of tension fluctuation by tuna angling.

る。かごしま丸における釣獲時の計測記録の形状は Fig. IV-10 のようにほぼ3種類の形状(A, B, C型)に大別される。A型は、比較的大きな張力が釣獲魚の巻き揚げの相当前から幹縄に連続して加わっている。また、この型はその巻き揚げ直前になってその張力が更に増大する場合 (Fig. IV-10, A-1) と余り増加しない場合 (Fig. IV-10, A-2) とがある。すなわち、このA型は、釣獲魚の活力が極めて大きく、その逆行抗力が相当前から幹縄に作用している場合である。

なお、このような型の内には、巻き揚げ直前になって一層強い抗力を生ずる場合があると思われる。B型は、幹縄張力が釣獲魚の巻き揚げ直前になって急に増大し、その前方では増加張力がほとんど認められない場合である。また、この型も、釣獲魚による増加張力の比較的強大な場合 (Fig. IV-10, B-1) と余り大きくない場合 (Fig. IV-10, B-2) とがある。すなわち、このB型は、釣獲魚が幹縄の巻き取りに追従しており、その抗力が初めの内ほとんど幹縄に作用しないで、釣獲魚の巻き揚げ直前になってその逆行抗力が幹縄に影響するようになる場合であり、その抗力も、釣獲魚の活力の強弱によって極めて強い時と余り大きくない時とがあるように思われる。また、C型は、釣獲魚を巻き上げる相当前から比較的大きな張力が幹縄に加わっており、その途中でライン・ホーラーを低速に切り替え幹縄張力を低下させて揚縄している記録である。すなわち、この場合は、釣獲魚の活力が強大であったり、操船上の条件などによって幹縄が非常に緊張し、相当前から幹縄に強い張力が加わっており、その過大張力をライン・ホーラーの運転の遅速によって調整しているが、更に、幹縄張力が増加する傾向にあるので、ライン・ホーラーを低速運転とし、その張力を下げて揚縄している場合のものである。今回の実験においては、張力記録のB-1, A-2型が比較的多く出現しており、これらが最も普通な形状であると思われる。また、C型の出現は極めて少なく、この型は特殊な場合における幹縄張力の記録であり、余り出現しないものと考ええる。

釣獲魚による幹縄張力とその想定張力 延縄の揚縄中にマグロ類が釣獲された場合における計測記録に基づいて、釣獲魚の抗力による釣獲枝 (マグロ類の釣れている枝縄) の直前附近の幹縄に加わっている最高張力を計測すると、最高 102 kg, 最低 31 kg となっており、張力を階級別に整理すると Table IV-5 のようになる。

この表によれば、マグロ類が釣獲されている時にその幹縄に加わっている張力は、40~80 kg の範囲がその大部分を占めている。また、この時の幹縄張力を魚種別にみると、ビンナガの釣獲されている場合には、40~50 kg の幹縄張力が最も多くなっているが、キハダ、メバチの場合にはいずれもビンナガに比し概して大きな幹縄張力となっている。すなわち、釣獲魚の幹縄に対する抗力は魚種別の習性や魚体の大きさによって異なるものであると思われる。

延縄の巻き揚げ中に釣獲魚があれば、その幹縄の張力は相当前から増加するので、ライン・ホーラーを操作する船員は、常に幹縄の緊張している程度を感じ取ってライン・ホーラーの運転速度を適切に調整している。しかし、釣獲魚の接近により幹縄張力が更に増大すると、通常幹縄をライン・ホーラーのプーラーから離脱して手引きに移るのである。この時幹縄にかかる張力は最高となるが、その張力はライン・ホーラーの操作者の勘によって人為的に制御調整されている。ゆえに、このような幹縄張力は実験的に再現することが可能であり、敬天丸において次のような実験を試みた。すなわち、経験豊富な6人の船員を選び、幹縄をラ

イン・ホーラーから張り、その張力を逐次強め、釣獲魚によって幹縄を離脱させる直前の張力を彼等の勘に基づいて想起再現させ、その時の幹縄張力を各人ごとに計測した。その結果は Table IV-6 のようである。この表によれば、釣獲時において想定される幹縄張力の最高は船員別の個人差もあって、48~72 kg の範囲であり、また、ライン・ホーラーの操作者 6 人による平均の張力は約 58 kg となっている。

この計測実験によって想定される幹縄張力は Table IV-6 に示される実際の釣獲時における幹縄張力の 40~80 kg の範囲内にあり、且つその中央値に近くなっており、実際の場合と余り大きな差異がないようである。すなわち、揚縄中に釣獲魚のあった場合の幹縄張力はほとんど前述のような 40~80 kg の範囲内にあって 80 kg を越えることは極めて少ないものと考えられる。

Table IV-5. Occurrence frequency of each range to all one of tension recorded by angling fish in main-line.

Tension range (Kg.)	Species of angling fish				Total	
	Albacore	Yellow fin tuna	Big-eyed tuna	other	No.	
					%	
30 ~ 40	1			1	2	5.9
40 ~ 50	5	1	1	2	9	26.5
50 ~ 60	3	1		2	6	17.6
60 ~ 70	2	1	1	2	6	17.6
70 ~ 80	3		1	3	7	20.6
80 ~		2	1	1	4	11.8
Total	14	5	4	11	34	100

Table IV-6. Man-estimation values of main-line tension in angling of tuna.

Line hauler man	Estimated main-line tension
A	48 Kg.
B	52 "
C	61 "
D	56 "
E	72 "
F	50 "
Average	57.7 Kg.

釣獲魚による幹縄の増加張力 この幹縄の増加張力としては、釣獲魚があった時にその枝縄の前方において釣獲魚の抗力による最高の幹縄張力とその枝縄の巻き揚げ直後における幹縄張力（釣獲魚の影響がない張力）との差を以て示す。その結果では、釣獲魚による幹縄張力の増加は最高 58 kg 最低 6 kg くらいであり、その増加張力の階級別出現回数は Table IV-7 のようである。すなわち、その幹縄の増加張力は、総体的に 20~30 kg の範囲内が最も多くなっており、特殊な場合を除き、40 kg をほとんど越えないものと思われる。また、ビンナガの釣獲された場合は、その大部分の張力が 30 kg 以内であり、その大半が 20~30 kg の範囲内にある。なお、その他の魚種については、資料不足で余り明きらかでないが、ビン

ナガの場合よりもそれぞれ幾分大きくなっているようである。

釣獲魚の体重と幹縄の増加張力 延縄における釣獲魚の体重とその幹縄の増加張力との関係も一応考えられるので、これらの関係について Fig. IV-11 のように図示して検討した。この図において釣獲魚の体重と幹縄の増加張力との間には全魚種を通じほぼ比例的にふえる傾向がうかがわれる。しかし、ビンナガが釣れた場合には、体重差が少ないのに、増加張力の範囲が概して広く、上記の傾向も余り明きらかでないようである。すなわち、増加張力の要因は、釣獲魚の体重もその一つと考えられるが、その外に船速、揚縄速度、釣獲魚の活力など種々な要素が添加されるものであろう。

Table IV-7. Occurrence frequency of each range to all ones of tension increased by angling fish in main-line.

Tension range (Kg.)	Species of angling fish				Total	
	Albacore	Yellow fin tuna	Big-eyed tuna	other	No.	%
0 ~ 10	3			2	5	14.7
10 ~ 20	2	1	1	2	6	17.6
20 ~ 30	8	2	1	3	14	41.2
30 ~ 40	1		2	3	6	17.6
40 ~ 50		1			1	3.0
50 ~ 60		1		1	2	5.9
Total	14	5	4	11	34	100

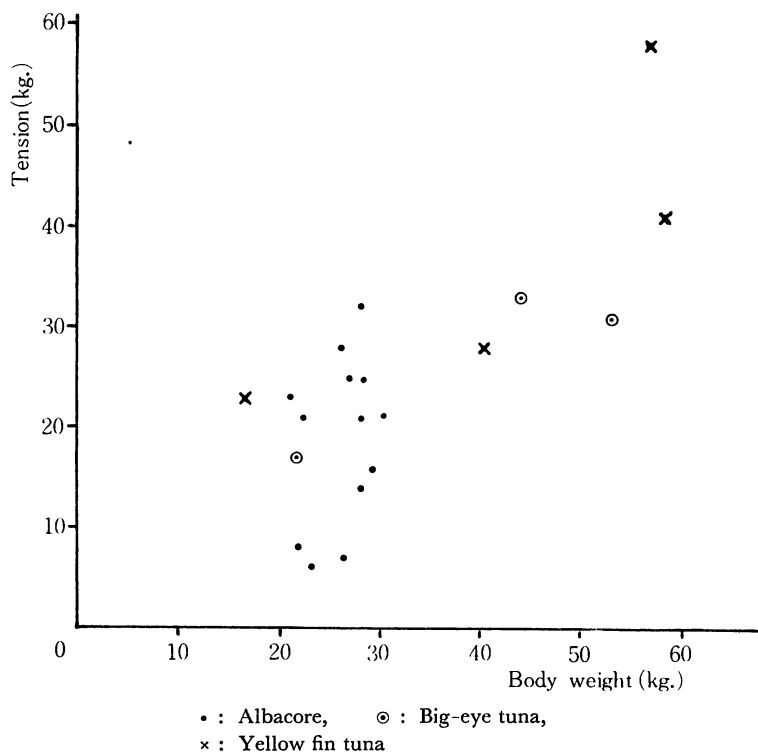


Fig. IV- 11. Relation between body weight of fish and tension of long-line.

釣獲魚による幹縄上の増加張力の影響範囲 マグロ延縄の揚縄中に釣獲魚の抗力を出来るだけ早く勘知することは操船やライン・ホーラーの運転を適切に実施し、釣獲魚を完全に釣り揚げるのに極めて重要なことである。このため釣獲魚による幹縄上の増加張力の影響について検討した。すなわち、釣獲枝を基準とし、その前方の幹縄における増加張力の及ぶ範囲を釣獲魚別に調べた。その結果について釣獲枝の前方 50 m ごとの幹縄上における各区分間に増加張力が最初に出現した回数を調べて、Table IV-8 のように示した。この表によれば、幹縄長の 50 m 以内に増加張力の現われる場合が最も多く、全体の 32% 余となっている。また、幹縄長 250 m 以内ではその大部分 (97% 余) の増加張力が出現している。しかし、増加張力の影響範囲が 250 m に及ぶ場合は極めて少なく、この長さは実験漁具 1 鉢分の幹縄長に相当しているので、このような場合は延縄の縄端に釣獲されている魚の影響が他端の浮標附近の幹縄を巻き揚げている頃に受感されたものであると推定される。この際の増加張力の影響範囲 250 m 以上の出現頻度はわずか 1 回である。Table IV-8 の釣獲魚による増加張力の出現頻度を片対数グラフに記入すると (Fig. IV-12 参照) 各範囲の点はほぼ直線上に乗るのに、250~300 m 範囲の 1 点はこの直線に乗っていない。この現象は、250~300 m 範囲にある

Table IV-8. Frequency of each range of distance affected by angling fish along main-line.

Distance range affected	Frequency	%
m m		
0 ~ 50	11	32.4
50 ~ 100	8	23.5
100 ~ 150	7	20.6
150 ~ 200	4	11.8
200 ~ 250	3	8.8
250 ~ 300	1	2.9

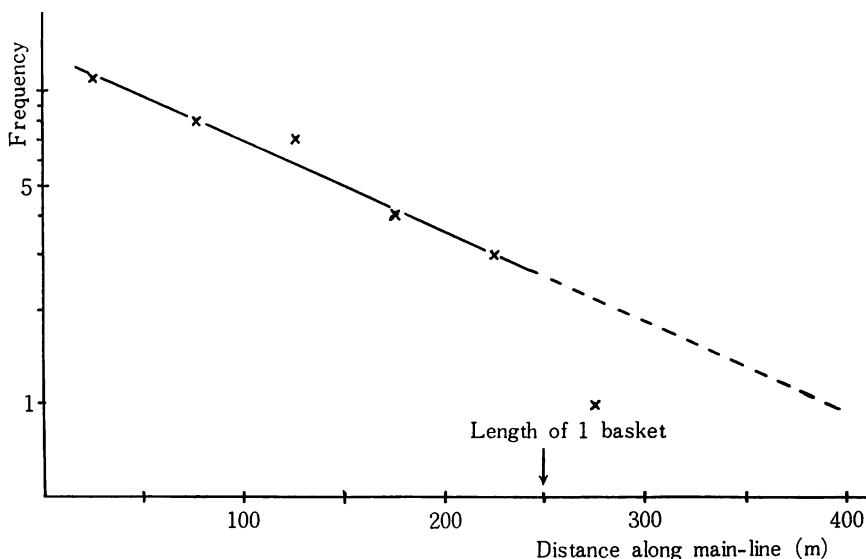


Fig. IV-12. Relation between frequency and distance affected by angling fish along main-line.

浮標が釣獲魚の増加張力を著しく吸収する性質をもつことによるものと推察される。ゆえに、このような浮標がない場合には、図中の直線を延長することが可能であり、その時には、出現頻度1の加力範囲は約390mとなる。すなわち、延縄1鉢の幹縄長が400m以上の漁具の場合には、釣獲魚による受感の限界は約390mに及ぶものと推定される。

4. 3. 5. 幹縄張力の計測結果とその破断抗張力

マグロ延縄漁場における揚縄中の幹縄張力は前述のように各種の条件下で計測し検討したが、この実験に基づく大、中型船の場合における揚縄中の最大幹縄張力は、Table IV-2, IV-4により走縄中が105 kgであり、衝撃的張力が128 kgとなっている。現在マグロ延縄に広く用いられているクレモナ縄の破断抗張力は、本多²⁴⁾の報告によるとTable IV-9のようである。この表によれば最も細いA縄の場合でも、その破断抗張力は前記のような計測結果の最大幹縄張力よりも大きくなっている。

Table IV-9. Breaking strength of long-line.

Mark	Material for line		Breaking strength
A	Cremona	20S, 45×3×3	215 kg. (2.6)
B	"	20S, 47×3×3	225 " (1.9)
C	"	20S, 50×3×3	238 " (3.4)
D	"	20S, 55×3×3	290 " (13.1)

(): Coefficient of variation

今、大張力の生ずる頻度を高い方から5%程度無視して、95%発生の最大張力を見れば走縄中(Table IV-2)では約70 kg、衝撃時(Table IV-4)は約100 kgであるから、安全使用張力としては100 kgを設定せねばならない。すると、Table IV-9の各縄の安全率*は、それぞれA縄が2.2, B縄が2.3, C縄が2.4, D縄が2.9となる。この安全使用張力は、いずれもTable IV-2, IV-4のように全実験を通じ極めてまれにしか出現していない強大な張力であり、最も多く現われている幹縄張力は表示の通り更に低いのである。実際の場合いずれの縄も2~3の安全率を持っていることになり、現在用いられている延縄を、更に細くして使用したい場合でも直径で $1/\sqrt{2\sim3}$ 以下に細くすることは慎まなければならないことを知る。

V 結 論

マグロ延縄の漁具、漁法の合理化に関する基礎的研究は現在まで余り進んでおらず、延縄漁具の設計、作製、操法などは、ほとんど過去の経験に基づいて処理されているのが実情である。よって筆者はマグロ延縄漁具の構成に基づく漁獲性能の理論的な研究を実施し次のような結論を得た。

本研究の主要な点はマグロ延縄の個々の釣針に対する摂餌反応、釣獲現象など魚類の生態的な現象と延縄の水中形状、幹縄張力など物理的条件とに関する実験的な究明である。延縄

*: 安全率 = $\frac{\text{破断抗張力}}{\text{安全使用張力}}$

漁具の水中形状に関する実験の結果ではすでに知られているようにその幹縄は両端を浮標でささえた自然懸垂状態となり、カタナリー形状またはそれに近似な形状になる。このため幹縄上に等間隔に配置されている3本以上の枝縄、釣針は、それぞれの深度が異なり、その深度差は幹縄の短縮の多少によって変化するようになる。ゆえに、このような幹縄の水中形状に伴ない、各釣針の水中における空間的な配置は同じ状態ではないので、魚類の各釣針に対する摂餌反応もおおのずから相異し、このことが釣針数の異なる個々の延縄漁具の漁獲性能を変えるであろうと考えた。そこで、小型延縄漁具を試作し、その幹縄の短縮によって各釣針の深度差を変えた延縄を使用し蓄養池中で数種の魚について実験したところ、魚類の釣針別摂餌差が確認され、これに基づいて各釣針の深度差と釣針別摂餌差との関係について論及した。その結果によれば、各釣針の摂餌回数は、幹縄中央部の釣針が最も多く、縄端の釣針になるに従って減少している。すなわち、その中央部の釣針は常に延縄最深部に位置し、幹縄による摂餌障害が最も少なく、釣針が縄端に近くなるに従ってその障害が増加し、その摂餌回数が減ずるものと考えられる。しかし、幹縄に短縮のない場合でも縄端の釣針の摂餌回数は他の釣針より幾分低下している場合が多い。これは、各釣針相互の隣接状態の差異によって魚類の釣針に遭遇する確率が異なることによるものであると考えた。すなわち、延縄の釣針別摂餌差の要因は幹縄のカタナリー形状による各釣針の深度差と一つの釣針についてその隣接する釣針の水平配置の差異とに関するものである。次にこれらの両要因効果を定量的に表わすため簡単な仮定を作って理論式を組み立てた。更に実験的に得た各釣針の摂餌回数と釣針の番号との間の関係をこの理論式にあてはめ式中の係数を算出した。

また、このような関係がマグロ延縄の場合においてもあてはまるかどうかを調べた。まず、実際のマグロ延縄漁場における多くの操業結果を調べると、その漁場や漁期がどのように相異しても延縄漁具における釣針別の漁獲差はほとんどどの場合にも現われており、また、釣針数の異なる延縄漁具による同時の比較操業実験においても、同じような現象が認められた。そして、この現象は魚群の遊泳層の差異によるものではないことをつきとめた。すなわち、マグロ延縄漁具における釣針別の釣獲状態も前記の小型延縄漁具における釣針別摂餌反応の実験結果に極めて類似しているのである。よって、マグロ延縄の操業資料に基づいて各釣針の深度差と漁獲差との関係を検討し、前記蓄養池中における実験の理論式にあてはまることを確かめた。更に、この式に基づいて延縄の構造と形状とによる各釣針の釣獲性能及びこれを総合した漁具別漁獲性能について論究した。理論的には釣針2本～5本付け延縄漁具の場合、最も能率のよい延縄は釣針4本付け漁具であり、このことは実際のマグロ漁場における操業資料に関する統計的な比較結果ともよく合っている。

このようにマグロ延縄の漁獲性能はその延縄の構造や水中形状によって大きく影響されるが、その延縄の構造や水中形状に大きな関係を持つ幹縄はなるべく細いものがよく、また、これは資材の節約や操業の点からも言えることである。しかし、その太さは実際の漁場において幹縄に加わる張力を基礎にして決定されるべきである。このような延縄の幹縄張力は揚縄の種々な条件によって変化し、特に、瞬間衝撃的な過大張力は大きな問題になると思われるので、これらについて実験的に検討した。まず、張力測定装置を製作し、陸上で基礎的な実験を行なった後操業時の揚縄に際して幹縄にかかる張力について計測実験をなした。この実験では揚縄速度別、船型別及び再現した種々な幹縄張力について計測した。その結果によ

れば、最も懸念された瞬間衝撃的な張力は、マグロ延縄操業の場合、余り強大ではなく、漁場におけるその出現も余り多くないようである。また、このような過大な幹縄張力は揚縄装置の機構的な処理による制御や揚縄速度の調整によって適度に低下させることが可能であり、これにより幹縄として適切な太さを決定することが出来るものと考ええる。

しかして、マグロ延縄漁具は、目的魚の体重や「引き」の強さなどにより1鉢の釣針数には限度があり、また、幹縄を直線状に投入することがほとんど不可能であるが、前述のように釣針数をある程度多くし、各釣針の深度差をなるべく少なくするよう適切に使用することが効果的であり、この点については今後更に現場的な検討を必要とするものと考ええる。また、マグロ延縄は揚縄速度の適切な制御調整によって幹縄の太さを適度に細くし、その流水抵抗を減じて水中の幹縄形状も良くなる。これらの条件によってマグロ延縄漁具は、摂餌反応が良好になり、資材が節約され、総合的な漁獲性能の向上が期待出来るものと思う。

更に、本研究によってマグロ延縄に関して、次のようなことが考えられる。

(1) マグロ延縄における縄類特に幹縄の太さ、材質、枝縄数、釣針数及び幹縄上の枝縄間隔などを理論的に決め、漁獲効率のよい延縄漁具の設計製作の検討が可能である。

(2) 釣獲率の良い幹縄の水中形状について理論付けがなされ、適正な幹縄の短縮率を推定して漁法の参考に供することが出来る。

(3) 本研究ではマグロ延縄のような浮延縄について、魚群の遊泳密度が同じであっても、その時に使用した延縄の釣針数、幹縄の短縮など漁具の状態によって同じ構造の漁具間であっても漁獲差の生ずることを明らかにした。ゆえに、このような漁具の状態が無視されている従来の釣獲率（総釣獲尾数／総釣針数×100）のみによる漁場評価は余り適切でなく、その正確を期するには漁具の状態による漁獲差の修正をなす必要がある。本研究ではその修正を可能にしている。

(4) 幹縄張力に関する研究は、適当な幹縄の太さを決定出来る外にライン・ホーラーの原動力、回転数、揚縄速度などを適当に決定し、それに基づき効率的なライン・ホーラーの設計を可能にし、延縄操業の能率化による近代化を完成させる基礎的な実験である。

この研究結果に基づいて、今後更に性能のよい漁具、漁法及び漁撈装置に関する実際的な試験研究が促進されるならば、マグロ延縄漁業の合理化も一層進み、総合的な漁業効率の向上もまた期待出来るであろう。

要 約

マグロ延縄の構造と魚類の摂餌生態との関連性および幹縄の物理的性状に関して実験し、幹縄の水中形状による各釣針間の釣獲差に基づく漁具の釣獲性能および揚縄中の幹縄張力の計測による幹縄の基礎的条件などを究明した。これらの要点は次のようである。

1. 延縄の水中形状 マグロ延縄の水中形状はほぼカテナリー状をなすか、またはその変形となる。静水中における縄の自然懸垂形状は、その剛さ、太さ、長さなどによりある短縮率を保つが、その縄の長さが3 m以上になると、自重によってその短縮が急に増加するようになる。ゆえに、250m 余におよぶマグロ延縄では、幹縄の剛さ、太さが、自然懸垂形状の形成を妨げることはほとんどなく、投縄当初に張っている幹縄も時間の経過と共に自重によって次第に短縮の割合が増加するようになるものと思われる。

2. 蓄養池実験による小型延縄の釣針別摂餌差とその摂餌性能 延縄の水中形状に基づき、幹縄と枝縄との隣接状態は各枝縄ごとに異なり、魚類の釣針別摂餌反応も当然相違するものと考えられるので、小型延縄漁具を試作し、蓄養池中のアジ、サバ、セホシスズメダイ、クロホシイシモチに対する釣針別摂餌反応の観察実験を行なった。その結果、釣針別の摂餌は、幹縄最深部の釣針が良く、縄端の釣針になるほど不良であり、釣針別摂餌差は、幹縄の短縮するほど大きくなることが判った。また、幹縄端を長くしたり、各釣針の深さを等しくした漁具の実験では、釣針別摂餌差が少なくなるという結果を得た。以上の実験で延縄の釣針別摂餌は幹縄上の釣針深度に比例するものと考えて、次のような実験式を導いた。すなわち、摂餌障害の最も少ない幹縄最深部の釣針を基準にして他の釣針との摂餌差、深度差を求め、各釣針の摂餌差との割合を x 、また、その釣針までの幹縄長と深度差との割合を y とすると、両者の関係は次式で表わされる。

$$x_{i,n} = \alpha y_{i,n} + \beta (1, n: 1, n \text{ 番の釣針})$$

$$x_{i'} = \alpha y_{i'} \quad (i': 2 \sim (n-1) \text{ 番の釣針})$$

ここで、 α は幹縄形状による摂餌障害の割合により、また β は釣餌の相互位置に関係する魚類の遭遇確率によってきまる恒数と考えられる。

上記の関係式によって延縄1鉢分中の i 番目釣針の摂餌回数 (B_i) を検討し、釣針1本当りの平均摂餌回数 (\bar{B}) を求めると次のようになる。($i: 1 \sim n$ 番の釣針)

$$(n \text{ が偶数のとき}) : \bar{B} = P \left(1 - \frac{2\alpha(y_1 + y_2 + y_3 \dots y_{\frac{n}{2}-1}) + 2\beta}{n} \right)$$

$$(n \text{ が奇数のとき}) : \bar{B} = P \left(1 - \frac{2\alpha(y_1 + y_2 + y_3 \dots y_{\frac{n-1}{2}}) + 2\beta}{n} \right)$$

但し、 n : 延縄1鉢分の釣針数

P : 最深部釣針の摂餌回数

この式において、釣針1本平均の摂餌回数は y によって異なるので、同じ漁具でも幹縄の形状すなわち短縮率の差によって、釣針1本平均の摂餌回数もまた差異が生ずることになる。

3. マグロ延縄の釣針別釣獲差とその釣獲性能 前項の結果はマグロ延縄の場合にもあてはまるかどうか、その操業資料を解析して調べてみた。その結果いずれの延縄も、幹縄最深部の釣針が好漁で、幹縄端の釣針になるほど不漁であり、この現象は漁期、漁場の如何によらずほぼ同様な傾向であることがわかった。更に釣針数や浮縄の長さなどによる構造の異なる漁具を同時に併用して実験してみると、釣針別釣獲率は、同一漁具内の場合においては深い釣針ほど高率になるが、構造の異なる別々の漁具間では釣針深度と釣獲率の間に一定の関係がない。ゆえに、一漁具内の各釣針間における釣獲差は魚群の鉛直的密度差によるものではなくて、幹縄形状に基づく各枝縄と幹縄との隣り合わせる形状の差異によるものと考えられる。更に、前項の実験式における摂餌回数を釣獲尾数におきかえて、各釣針の釣獲差と深度差との関係を検討してみると、前と全く同様な関係式の成立することがわかった。

4. 幹縄張力の基礎的計測実験 マグロ延縄の釣獲性能が幹縄の水中形状に影響を受けることは、前述の式中の α, β についてのべたが、それに最も関係のあると思われる幹縄

の太さは操業時の幹縄張力に基づいて決めるべきであると考え、この張力に関して先ず陸上で基礎的な実験研究を行なった。この実験結果によると、幹縄の巻き揚げ速度 (V) と幹縄張力 (T) との関係は、幹縄荷重 (W) が一定の時、走縄中も、衝撃時も次式で表わされる。

$$V = aT - b$$

なお、 a, b と W とは次の関係になる。

$$a = \frac{c}{W} + d$$

$$b = \alpha W + \beta$$

但し、 c, d, α, β は定数である。

更に、これらによって T, W, V の関係として次式を得た。

$$T = W \left(\frac{\alpha}{d} + \frac{V}{c + dW} \right)$$

この式に基き延縄の巻揚時の衝撃的張力 (T_s) と走縄中の張力 (T_n) とが等しくなるような幹縄の巻揚速度 (V_s, V_n) を検討することによって、衝撃的張力の予想されるクラッチ陥入時の巻揚速度は常用巻揚速度の約 $1/2$ くらいが適切であるという結果を得た。

5. 揚縄時の幹縄張力 操業時における幹縄張力の計測実験は大・中・小型3種の船で行なった。その結果では 130 kg 以上の張力は計測されず、延縄の大部分は、大・中型船では走縄中の張力 60 kg 以内、衝撃的張力 60 kg 以内で揚縄されている。また大・中型船間の張力についてはその差が認められず、この範囲の船型では技術的にこの張力の限界内で揚縄調整が可能であると考えられる。更に、大型船の場合、多少時化気味な海況でも、総体的な幹縄張力は平穏な時と余り差がなく、この場合にも揚縄が技術的に調整制御出来るものと思われる。しかして、現在用いられているマグロ延縄の破断抗張力は 240~290 kg ぐらいであり、上記のような幹縄張力の計測結果によれば、この延縄は 2~3 倍の安全率を持っていることになる。
6. 釣獲時の幹縄張力 マグロ類が釣針にかかった時の増加張力は 6~58 kg で、その影響は釣れている枝縄のほぼ 1 鉢くらい前方に及ぶ時とその直前に現われる場合とがある。釣率時の総張力は 31~102 kg の範囲内で、その内 40~80 kg の場合が最も多い。揚縄中このような張力になると幹縄や枝縄を手引きに移すので、釣獲時にはそれ以上の張力はほとんど出現しないのであろう。また、釣獲魚の体重と幹縄張力との関係はほぼ比例的な傾向になっている。

以上、本研究においては、マグロ延縄の構造及びその水中形状に基づく各釣針間の釣獲差を解明し、その漁獲性能を究明し、且つ適正な延縄の構造、縄の太さ及びライン・ホーラーの揚力などの理論的な決定を可能にした。この研究結果に基づいて、今後更に漁具、漁法に関する実際的な試験研究が促進されるならば、マグロ延縄漁業の合理化も進み、総合的な漁業効率の向上も期待出来るであろう。

文 献

- 1) 吉原友吉 (1951): 鮪延縄の漁獲分布-I, 水平分布. 日水誌, **16** (8), 367~369.
- 2) ——— (1951): 鮪延縄の漁獲分布-II, 垂直分布. 日本誌, **16** (8), 370~374.
- 3) ——— (1952): マグロ延縄の漁獲分布-III, 游泳層の決定. 日水誌, **18** (5), 187~190.
- 4) ——— (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), 1012~1014.
- 5) 橋本富寿・門庭愛信 (1959): 鰹用魚群探知機の技術的考察とその試作並びに海上実験. 漁船技報, **13**, 103~111.
- 6) 柴田恵司 (1962): 魚群探知機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.
- 7) ——— (1963): 魚群探知機記録の解析-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.
- 8) ——— 矢田殖朗 (1963): 魚群探知機に現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及び釣深度のコントロールについて. 長大水紀要, **15**, 49~57.
- 9) 西村 実 (1961): マグロ用魚群探知機の研究. 鮪漁業, **76**, 1~8.
- 10) ——— (1961): New Zealand 北東海域におけるマグロ用魚群探知機の実験. 漁船技報, **15**, 91~109.
- 11) 河口喬太郎・平野正勝・西村実 (1962): 魚群探知機によるマグロ延縄形状の測定. 鮪漁業, **4**, 16~20.
- 12) 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. 漁船技報, **11**, 39~119.
- 13) 石井謙治・葉室親正 (1959): 漁研型自記式水深水温計の試作研究. 漁船技報, **14**, 35~56.
- 14) 中込 淳 (1961): マグロ延縄における釣鈎水深の実測値と計算値との比較. 日水誌, **27** (2), 119~123.
- 15) ——— (1958): キハダ及びメバチの游泳層と塩素量垂直分布の関係. 日水誌, **23** (9), 523~524.
- 16) ——— (1958): キハダ, メバチ, クロカワのカロリン, マーシャル諸島附近に於ける游泳層の季節変化について-I, 游泳層の季節変化について. 日水誌, **23** (9), 518~522.
- 17) 上条清光 (1962): 鮪延縄の釣針の深さの簡易算法. 鮪漁業, **3**, 32~37.
- 18) ——— (1964): 深さ計によるマグロ延縄漁具試験. **25**, 28~30.
- 19) 渡辺博之 (1961): マグロ類の餌付層に関する研究-I. 鮪漁業, **79**, 11~15, **80**, 8~13.
- 20) 平山信夫 (1957): マグロ延縄の釣獲分布からみたキハダ魚群の構造について. 日水誌, **23** (7 & 8), 373~375.
- 21) 田ノ上豊隆 (1953): マンゴ島, チモール島沿海に於ける鮪延縄漁業試験. 長大水紀要, **3** (1), 1~34.
- 22) 盛田友式・藤田親男・田ノ上豊隆 (1955): マグロ延縄の縄成りにについて. 長大水紀要, **4**, 8~11.
- 23) 辺見富雄 (1964): セレベス海におけるマグロ延縄の水平的形状と漁況について. 長大水紀要, **13**, 93~103.
- 24) 本多勝司 (1957): 鮪延縄漁業における揚り縄について. 日水誌, **23** (7&8) 383~387.
- 25) ——— (1962): マグロ延縄の磨耗. 日水誌, **28** (1), 1~4.
- 26) ——— (1966): マグロ延縄の揚り縄の性質と延縄漁具の消耗. 鮪漁業, **43**, 36~48.
- 27) 小杉邦洋・上条清光 (1964): 鮪延縄用枝縄の摩擦強度試験報告. 鮪漁業, **19**, 20, 28~32.
- 28) 江波澄雄・田ノ上豊隆 (1953): カネビヤン鮪延縄の性状についての考察. 長大水紀要, **3** (1), 35~43.
- 29) 上条清光 (1963): 材料及び仕立てによるマグロ延縄の漁獲性能の相異について. 鮪漁業, **8**, 43~46.
- 30) 岡林正十郎 (1964): 釣漁業における餌料の研究-II, マグロ延縄活魚餌料の死亡および離脱について. 日水誌, **30** (11), 889~892.
- 31) K. Sivasubramanian (1961): Relation between Soaking Time and Catch of Tunas, in Long Line Fisheries. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **27** (9), 835~845.

- 32) ——— (1963): A Comparative Study of Tuna Longline Baits.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **29** (3), 245~250.
- 33) 古谷 清 (1963): マグロ延縄漁業の合理化について, 鮪漁業, **19** & **20**, 28~32.
- 34) 黒木敏郎・盛田友弼・福留達郎 (1953): 低周波衝撃電力による漁法の実用化試験研究-III, 延縄漁業における電気捕殺について, 日水誌, **18** (8), 359~364.
- 35) Toshiro Kuroki (1961): Dimensions of Albacore Shoals in the Pacific Ocean. *Proceeding of the Ninth Pacific Science Congress*, **10**, 46~53.
- 36) 源河朝之 (1955): レーダーによる鮪延縄の探知について (第1報). 鹿大水紀要, **5**, 53~59.
- 37) ——— (1956): レーダーによる鮪延縄の探知について (第2報). 鹿大水紀要, **5**, 53~59.
- 38) 盛田友弼 (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.
- 39) ——— (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本附, 5本附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.
- 40) ———・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.
- 41) ———・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**, **29**, 54~58.
- 42) ———・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.
- 43) 盛田友弼 (1965): マグロ延縄の揚縄中, 幹縄にかかる張力について-III, 釣獲魚による幹縄張力について. 鮪漁業, **37**, 34~38.
- 44) Wilan G. Van Campen (1954): Tuna Fishing at American Samoa, January-April 1954, Small Boat Experiment. *Commercial Fisheries Review*, **16** (11), 5~6.
- 45) Herbert J. Man (1957): A New Method of Handling Long Line Gear A Description of POFI "Tub" Gear. *International Fishing Gear Congress 1957*, Paper No. **40**-(b), 1~5.
- 46) ——— (1955): Construction Details of Improved Tuna Long Line Gear Used by Pacific Oceanic Fishery Investigations. *Commercial Fisheries Review*, **17** (12), 1~10.
- 47) Harvey R. Bullis, Jr. (1955): Preliminary Report on Exploratory Long-line Fishing for Tuna in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea, Part I Exploratory Fishing by the Oregon. *Commercial Fisheries Review*, **17** (10), 1~15.
- 48) Francis J. Captiva (1955): Preliminary Report on Exploratory Long-line Fishing for Tuna in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea, Part II Long-line Gear Used in Yellow fin Tuna Exploration. *Commercial Fisheries Review*, **17** (10), 16~20.
- 49) Institut für Küsten- und Binnenfischerei, Hamburg. (1959): Japanische Angelhaken in der deutschen Thunfischerei. *Informationen für die Fischwirtschaft*, **6** (415), 108.
- 50) ——— (1960): Thunselbstmarkierung. *Informationen für die Fischwirtschaft*, **7** (516), 150.
- 51) R. Steinberg. (1963): Versuchsfischerei mit Thunangleinen im Gebiet zwischen den Azoren und Madeira mit dem Forschungsschiff "Delaware" (USA). *Informationen für die Fischwirtschaft*, **10** (3), 112~116.
- 52) 今村豊 (1953): マグロ漁業. 水産講座, 漁業編, **6**, 160~168.
- 53) 斉藤市郎 (1960): マグロ漁業. 水産学全集, **4**, 69~74.
- 54) 田村保 (1963): 魚の眼の機能の研究法. 日水誌, **29** (1), 75~89.
- 55) 黒木敏郎 (1957): 魚類の聴覚特性に関する研究-I, 片側線による方向知覚について. 日水誌, **23** (7&8), 400~404.
- 56) ——— (1960): 魚類の聴覚特性に関する研究-II, 側線の線型による方向知覚差について. 鹿大水紀要, **8**, 89~100.
- 57) 草間秀俊・佐々木忠義 (1954): 延縄の張力と巻き揚げ速度. 水産講座, 漁業編, **2**, 231~233.
- 58) 金森政治・黒木敏郎 (1956): ブリ落網の改良に関する研究 (第3報), 土俵網の張力計と測定結果について. 鹿大水紀要, **5**, 17~20.
- 59) 並川能正 (1962): 懸垂曲線. 航海数学, 132~137.
- 60) 野村 正・野沢 靖 (1955): 水中を動く網地が受ける水の抵抗-IV, 網糸の吹かれ. 日水誌, **20** (9), 762~769.